



ÓBUDAI EGYETEM

Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar
Villamosenergetikai Intézet

SZAKDOLGOZAT



ÓE-KVK

Hallgató neve: Balogh Benjámin

2021.

Hallgató törzskönyvi száma: T007924/FI12904/K

Modul csoport: Energetikai informatika



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar
Villamosenergetikai Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Balogh Benjámin

Szaktervezési száma: SZD21090213458057

Törzskönyvi száma: T007924/FI12904/K

Neptun kódja: XXXXXXXXXX

Szak: villamosmérnöki (magyar nyelven)

Specializáció: Villamosenergetikai specializáció

A dolgozat címe: Többcélú ipari épület épületvillamossági tervezése

A dolgozat címe angolul: Electrical design of a multi-purpose industrial building

A feladat részletezése: 1. Villamosenergia-igény meghatározása

2. Az épület hálózatra csatlakozása

3. Kábelek villamos méretezése

4. Világítás méretezése

5. Revit szoftverben való modellezés

A kiadott téma elévülési határideje: -

Beadási határidő: 2021. 12. 15.

A szaktervezési feladat: Nem titkos.

Kiadva: Budapest, 2021. 12. 14.

P.H

.....
Intézetigazgató

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találom:


.....
belső konzulens

.....
külső konzulens



HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott hallgató 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, 2021. 12. 14.

.....
hallgató aláírása

TARTALOMJEGYZÉK

BEVEZETÉS	5
1. A TERVEZENDŐ ÉPÜLET BEMUTATÁSA.....	6
2. VILLAMOSENERGIA-IGÉNY MEGHATÁROZÁSA	7
2.1. Megrendelői igények kiértékelése	7
2.2. Egyidejűségi tényező.....	9
3. AZ ÉPÜLET HÁLÓZATRA CSATLAKOZÁSA	10
3.1. Vezetékek villamos méretezése.....	10
3.2. Az épület éves energiafogyasztásának kiszámítása	14
3.3. Megtérülési számítások	17
4. KÁBELSZERELÉSI ESZKÖZÖK ISMERTETÉSE	18
5. ELOSZTÓSZEKRÉNYEK HELYÉNEK KIVÁLASZTÁSA, NYOMVONALAK MEGHATÁROZÁSA	21
6. HÁROMFÁZISÚ ZÁRLATSZÁMÍTÁS.....	22
7. KÁBELEK VILLAMOS TERVEZÉSE	25
7.1. Az áram wattos komponensének számítása	25
7.2. Feszültségesés számítása	26
7.3. Kábelek keresztmetszetének számítása és típusának kiválasztása	27
7.4. A választott kábelek műszaki adatai.....	33
7.4.1. NYCWY	33
7.4.2. NYY	34
7.4.3. NHXH FE180/E90	35
8. VILÁGÍTÁS MÉRETEZÉSE	36
8.1. Világítástechnikai alapfogalmak.....	36
8.2. DIALux szoftverben történő világításméretezés.....	36
8.3. Az irodahelyiség világítás méretezése	37
8.4. Az épület további részének a világítás méretezése	41
9. REVIT SZOFTVERBEN VALÓ 3D MODELLEZÉS.....	42
ÖSSZEFOGLALÁS.....	45
SUMMARY.....	46
IRODALOMJEGYZÉK.....	47
ÁBRAJEGYZÉK	50
MELLÉKLETEK.....	51

BEVEZETÉS

A villamos energia elengedhetetlen mind a hétköznapi életben, mind a különböző iparágakban. Szakdolgozatomban egy többcélú ipari létesítmény épületvillamosságát tervezem meg. Részletesebben az épület energiaellátásával, a hálózatra csatlakozás lehetőségeiről és a világítás méretezésével foglalkozom. Jelenleg a STUDIO IN-EX Építészeti és Mérnöki Zrt.-nél dolgozom villamosmérnök gyakornokként, ez nagyban befolyásolta témaválasztásomat.

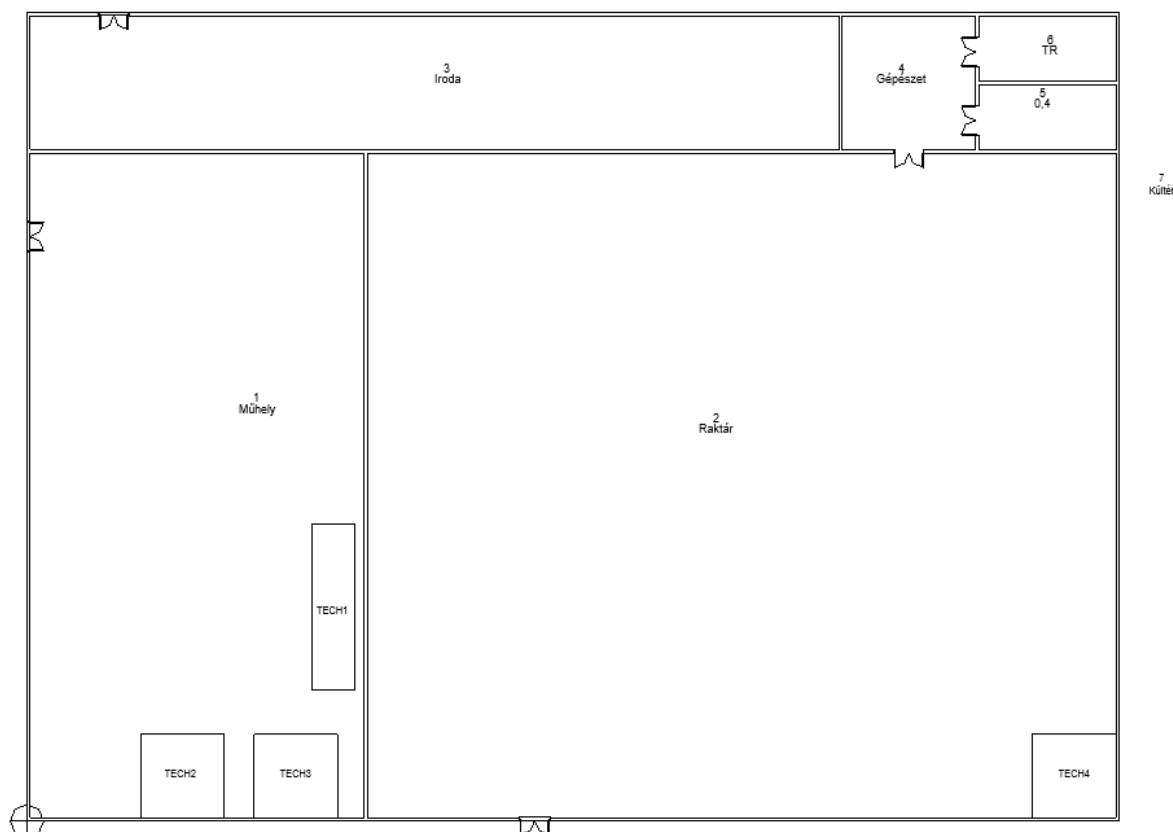
A tervezés során tisztában kell lennünk a törvényekkel, a rendeletekkel, a szabályzatokkal és a szabványokkal.

A projekt azzal indult, hogy megkaptam a megrendelőtől az épület alaprajzát, valamint helyiségekre lebontva energiaigényeket. Ezek ismeretében hozzá tudtam kezdeni a munkához. El kellett döntenem, hogy az áramszolgáltatótól milyen feszültség szinten érdemes vételezni a villamos energiát. A világítás méretezéséhez a DIALux nevű szoftver használtam, a szabványok betartásával minden nehézség nélkül lehet vele tervezni. Magához, a tervezéshez Autodesk Revit 2021-es verziójú programot használtam. Egyik óriási előnye az, hogy 3D-ben is lehet benne modellezni, így a megépített modellekben a térbeli koordinációs hibák a tervezéssel egyidejűleg elkerülhetők. Magyarországon a Revit szoftvert egyelőre még nagyon kevés cég alkalmazza.

1. A TERVEZENDŐ ÉPÜLET BEMUTATÁSA

A tervezés megkezdése előtt ismerni kell az építmény rendeltetését, felépítését. Az épület rendeltetés szempontjából egy ipari létesítménynek mondható. A földszinten helyezkedik el a transzformátor-, a 0,4 kV-os-, a gépészeti helyiség, az iroda, a műhely és a raktár.

Az 1. ábrán a 3120 m²-es ipari létesítmény alaprajza látható:



1. ábra: Alaprajz [1]

A megrendelő meghatározta, hogy a fogyasztók hol helyezkedjenek el. Az építmény saját transzformátorral rendelkezik. A transzformátor helyiségből jelen esetben tokozott sínrel csatlakozunk be a főelosztó berendezésbe, ami ellátja energiával az épületet. Gépészeti helyiségből történik például a fűtés- és hűtés berendezések vagy akár a különböző légkezelők megváplálása. Valamint itt helyezkedik el a tűzeseti alelosztó szekrény is. Az ilyen típusú épületeknek az üzemeltetése az irodából történik. A műhelyekben mindig meghatározott pontokon van szükség energiára. Itt végzik például az esztergálás vagy a hegesztési munkálatokat. A raktárban pedig a kész árú mozgatása történik.

2. VILLAMOSENERGIA-IGÉNY MEGHATÁROZÁSA

A villamosenergia-igény meghatározásához a megrendelői igényeket kiértékelem, meghatározom a beépített teljesítményt. Az egyidejűségi tényezőt figyelembe véve pedig kiszámítom a csatlakozási pontot terhelő egyidejű teljesítményt.

2.1. Megrendelői igények kiértékelése

A megrendelő meghatározta az energiaigényeket, amelyeket az 1. táblázatba rögzítettem:

	Elosztó neve	Teljesítmény [kW]
Épületvillamosság	DB1	10
	DB2	60
	DB3	30
	DB4	55
	DB5	30
Gépészet	MCC1	50
	MCC2	30
	MCC3	70
Technológia	TECH1	40
	TECH2	60
	TECH3	60
	TECH4	15
Tűzeseti fogyasztók	ESB	40

1. táblázat: Megrendelői igények [9]

Az elosztóberendezéseket és a fogyasztókat elneveztem, később a fővezetékterven, valamint a Revit szoftverben való tervezés során is a fenti elnevezéseket fogom használni. A fővezetékterv a mellékletek között tekinthető meg, ami tartalmazza az összes elosztóberendezést, kábel típusokat, illetve a teljesítményigényeket. (1. sz. melléklet)

A berendezések hatásos teljesítményét összegezve megkapjuk az épület beépített teljesítményét:

$$\begin{aligned} P_{b_{\text{épületvillamosság}}} &= P_{\text{DB1}} + P_{\text{DB2}} + P_{\text{DB3}} + P_{\text{DB4}} + P_{\text{DB5}} = \\ &= 10 \text{ kW} + 60 \text{ kW} + 30 \text{ kW} + 55 \text{ kW} + 30 \text{ kW} = 185 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$P_{b_{\text{gépészet}}} = P_{\text{MCC1}} + P_{\text{MCC2}} + P_{\text{MCC3}} = 50 \text{ kW} + 30 \text{ kW} + 70 \text{ kW} = 150 \text{ kW}$$

$$\begin{aligned} P_{b_{\text{technológia}}} &= P_{\text{TECH1}} + P_{\text{TECH2}} + P_{\text{TECH3}} + P_{\text{TECH4}} \\ &= 40 \text{ kW} + 60 \text{ kW} + 60 \text{ kW} + 15 \text{ kW} = 175 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$P_{b_{\text{tűzeseti}}} = P_{\text{ESB}} = 40 \text{ kW}$$

$$\begin{aligned} P_{b_{\text{összes}}} &= P_{b_{\text{épületvillamosság}}} + P_{b_{\text{gépészet}}} + P_{b_{\text{technológia}}} + P_{b_{\text{tűzeseti}}} = \\ &= 185 \text{ kW} + 150 \text{ kW} + 175 \text{ kW} + 40 \text{ kW} = 550 \text{ kW} \end{aligned}$$

Ahol:

- P_b – A beépített teljesítmény [kW]

2.2. Egyidejűségi tényező

Egy épületben sosincs minden készülék egyidejűleg és teljes teljesítménnyel bekapcsolva, tehát a terhelések időben megoszlanak. Az egyidejűségi tényező ezt a tényt veszi figyelembe. Ha a beépített teljesítményt vennénk alapul kábelméretezéskor, az jelentős többletköltségeket jelentene.

Tapasztalatok alapján az egyidejűségi tényezők a különböző fogyasztók esetén:

- Épületvillamosság: $e_{DB} = 0,6$
- Gépészet: $e_{MCC} = 0,8$
- Technológia fogyasztók: $e_{TECH} = 0,8$
- Tűzeseti fogyasztók: $e_{ESB} = 1$

Az egyidejű teljesítmény egyszerűen kiszámolható, a beépített teljesítményt megszorozzuk az egyidejűségi tényezővel.

Az épület egyidejű teljesítmény igénye összesen:

$$\begin{aligned}
 P_{e_{\text{épületvillamosság}}} &= (P_{DB1} + P_{DB2} + P_{DB3} + P_{DB4} + P_{DB5}) * e_{DB} = \\
 &= (10 \text{ kW} + 60 \text{ kW} + 30 \text{ kW} + 55 \text{ kW} + 30 \text{ kW}) * 0,6 = 111 \text{ kW} \\
 P_{e_{\text{gépészet}}} &= (P_{MCC1} + P_{MCC2} + P_{MCC3}) * e_{MCC} = (50 \text{ kW} + 30 \text{ kW} + 70 \text{ kW}) * 0,8 = \\
 &= 120 \text{ kW} \\
 P_{e_{\text{technológia}}} &= (P_{TECH1} + P_{TECH2} + P_{TECH3} + P_{TECH4}) * e_{TECH} = \\
 &= (40 \text{ kW} + 60 \text{ kW} + 60 \text{ kW} + 15 \text{ kW}) * 0,8 = 140 \text{ kW} \\
 P_{e_{\text{tűzeseti}}} &= P_{ESB} * e_{ESB} = 40 \text{ kW} * 1 = 40 \text{ kW} \\
 P_{e_{\text{összes}}} &= P_{e_{\text{épületvillamosság}}} + P_{e_{\text{gépészet}}} + P_{e_{\text{technológia}}} + P_{e_{\text{tűzeseti}}} = \\
 &= 111 \text{ kW} + 120 \text{ kW} + 140 \text{ kW} + 40 \text{ kW} = 411 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

Ahol:

- P_e – A csatlakozási pontot terhelő egyidejűsített teljesítmény [kW]
- e – Egyidejűségi tényező

3. AZ ÉPÜLET HÁLÓZATRA CSATLAKOZÁSA

Az energiavételezés vagy kisfeszültségen, 0,4 kV-on vagy közepfeszültségen, 22 kV-on történhet. Azt fogom megvizsgálni, hogy melyik a költséghatékonyabb megoldás. A döntéshez két darab vezeték méretezést kell elvégeznünk, valamint az épület éves energiafogyasztását szükséges meghatároznunk. Megtérülési számítással pedig eldönthető, hogy melyik feszültség szinten javasolt az energiavételezés. A csatlakozási pont és a fogyasztási hely közötti távolság 165 m.

3.1. Vezetékek villamos méretezése

A számításokhoz az alábbi képletek szükségesek:

A mértékadó feszültségesés értéke:

$$e' = 0,75 * \frac{\varepsilon}{100} * \frac{U_n}{\sqrt{3}} [4]$$

Az áram wattos komponense:

$$I_W = \frac{P}{\sqrt{3} * U_n} [4]$$

A vezeték szükséges keresztmetszete:

$$A_{sz} \geq \frac{\rho}{e'} * \Sigma I_W * l [4]$$

Az áram meddő komponense:

$$I_m = I_W * \tan \varphi [4]$$

A kábelben folyó áram nagysága:

$$I = \sqrt{I_W^2 + I_m^2} [4]$$

Teljesítményvesztés általános összefüggése:

$$v' = I^2 * \left(\rho * \frac{l}{A} \right) [4]$$

Ahol:

- e' – Feszültségesés [V]
- ε – Százalékos feszültségesés [%]
- U_n – Névleges feszültség [V]
- P – Hatásos teljesítmény [W]
- ρ – A vezeték fajlagos ellenállása [$\frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}}$]
- I_W – Az áram wattos komponense [A]
- l – Kábel hossza [m]
- I_m – Az áram medő komponense [A]
- v' – Teljesítményveszteség [W]
- A – Keresztmetszet [mm^2]
- $\cos\varphi$ – Teljesítménytényező
- I – Áramerősség [A]

A számításokhoz szükséges adatok:

$$P = 411 \text{ kW}$$

$$\cos\varphi = 0,95$$

$$l = 165 \text{ m}$$

$$\varepsilon = 2\%$$

Kisfeszültségen történő energiavételezés esetén:

Méretezés feszültségesésre:

A mértékadó feszültségesés értéke:

$$e' = 0,75 * \frac{\varepsilon}{100} * \frac{U_n}{\sqrt{3}} = 0,75 * \frac{2\%}{100} * \frac{400 \text{ V}}{\sqrt{3}} = 3,46 \text{ V}$$

Az áram wattos komponense:

$$I_W = \frac{P}{\sqrt{3} * U_n} = \frac{411 \text{ kW}}{\sqrt{3} * 400 \text{ V}} = 593,22 \text{ A}$$

A vezeték szükséges keresztmetszete:

$$A_{sz} \geq \frac{\rho}{e'} * \Sigma I_W * l = \frac{1}{56 * 3,46 \text{ V}} * 593,22 \text{ A} * 165 \text{ m} = 505,17 \text{ mm}^2$$

A választott keresztmetszet a konzulensem javaslatára:

$$A = 240 \text{ mm}^2$$

Ebben az esetben 3 db 240 mm² keresztmetszetű kábelre lesz szükség.

Méretezés teljesítményvesztésre:

Az áram meddő komponense:

$$I_m = I_W * \operatorname{tg} \varphi = 593,22 \text{ A} * 0,328 = 194,58 \text{ A}$$

A kábelben folyó áram nagysága:

$$I = \sqrt{I_W^2 + I_m^2} = \sqrt{593,22^2 \text{ A} + 194,58^2 \text{ A}} = 624,32 \text{ A}$$

$$\frac{624,32 \text{ A}}{3} = 208,1 \text{ A}$$

Teljesítményvesztés általános összefüggése:

$$v' = I^2 * \left(\rho * \frac{l}{A} \right) = 208,1^2 \text{ A} * \left(\frac{1}{56} * \frac{165 \text{ m}}{240 \text{ mm}^2} \right) = 531,65 \text{ W}$$

$$531,65 \text{ W} * 3 = 1594,95 \text{ W}$$

Középfeszültségen történő energiavételezés esetén:

Méretezés feszültségesésre:

A mértékadó feszültségesés értéke:

$$e' = \frac{\varepsilon}{100} * \frac{U_n}{\sqrt{3}} = \frac{2 \%}{100} * \frac{22 \text{ kV}}{\sqrt{3}} = 254,03 \text{ V}$$

Az áram wattos komponense:

$$I_W = \frac{P}{\sqrt{3} * U_n} = \frac{411 \text{ kW}}{\sqrt{3} * 22 \text{ kV}} = 11,57 \text{ A}$$

A vezeték szükséges keresztmetszete:

$$A_{sz} \geq \frac{\rho}{e'} * \Sigma I_W * l = \frac{1}{56 * 254,03 \text{ V}} * 11,57 \text{ A} * 165 \text{ m} = 0,134 \text{ mm}^2$$

A választott keresztmetszet a konzulensem javaslatára:

$$A = 95 \text{ mm}^2$$

Ebben az esetben 3 db egyerű kábelre lesz szükség.

Méretezés teljesítményvesztésre:

Az áram meddő komponense:

$$I_m = I_W * \operatorname{tg} \varphi = 11,57 \text{ A} * 0,328 = 3,79 \text{ A}$$

A kábelben folyó áram nagysága:

$$I = \sqrt{I_W^2 + I_m^2} = \sqrt{11,75^2 \text{ A} + 3,79^2 \text{ A}} = 12,35 \text{ A}$$

Teljesítményvesztés általános összefüggése:

$$v' = I^2 * \left(\rho * \frac{l}{A} \right) = 12,35^2 \text{ A} * \left(\frac{1}{56} * \frac{165 \text{ m}}{95 \text{ mm}^2} \right) = 4,73 \text{ W}$$

$$4,73 \text{ W} * 3 = 14,19 \text{ W}$$

A fenti számításokból megállapítható, hogy középfeszültségen, azaz 22 kV-on kisebb a teljesítményvesztés.

3.2. Az épület éves energiafogyasztásának kiszámítása

A következő feladat az épület éves energiafogyasztásának a kiszámítása. Hétfőtől péntekig dolgoznak az üzemben, kétszer 8 órás műszakban, így két tarifás szerződés köthető az áramszolgáltatóval. A völgyidőszakban a technológiai fogyasztók egyáltalán nem, a gépészeti berendezések pedig 30 %-on üzemelnek.

Az épület energiaigénye csúcsidőszakban:

$$\begin{aligned}
 P_{\text{épületvillamosság}} &= (P_{\text{DB1}} + P_{\text{DB2}} + P_{\text{DB3}} + P_{\text{DB4}} + P_{\text{DB5}}) * e_{\text{DB}} = \\
 &= (10 \text{ kW} + 60 \text{ kW} + 30 \text{ kW} + 55 \text{ kW} + 30 \text{ kW}) * 0,6 = 111 \text{ kW} \\
 P_{\text{gépészet}} &= (P_{\text{MCC1}} + P_{\text{MCC2}} + P_{\text{MCC3}}) * e_{\text{MCC}} = (50 \text{ kW} + 30 \text{ kW} + 70 \text{ kW}) * 0,8 = \\
 &= 120 \text{ kW} \\
 P_{\text{technológia}} &= (P_{\text{TECH1}} + P_{\text{TECH2}} + P_{\text{TECH3}} + P_{\text{TECH4}}) * e_{\text{TECH}} = \\
 &= (40 \text{ kW} + 60 \text{ kW} + 60 \text{ kW} + 15 \text{ kW}) * 0,8 = 140 \text{ kW} \\
 P_{\text{tűzeseti}} &= P_{\text{ESB}} * e_{\text{ESB}} = 40 \text{ kW} * 1 = 40 \text{ kW} \\
 P_{\text{összes}} &= P_{\text{épületvillamosság}} + P_{\text{gépészet}} + P_{\text{technológia}} + P_{\text{tűzeseti}} = \\
 &= 111 \text{ kW} + 120 \text{ kW} + 140 \text{ kW} + 40 \text{ kW} = 411 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

Az épület energiaigénye völgyidőszakban:

$$\begin{aligned}
 P_{\text{épületvillamosság}} &= (P_{\text{DB1}} + P_{\text{DB2}} + P_{\text{DB3}} + P_{\text{DB4}} + P_{\text{DB5}}) * e_{\text{DB}} = \\
 &= (10 \text{ kW} + 60 \text{ kW} + 30 \text{ kW} + 55 \text{ kW} + 30 \text{ kW}) * 0,6 = 111 \text{ kW} \\
 P_{\text{gépészet}} &= ((P_{\text{MCC1}} + P_{\text{MCC2}} + P_{\text{MCC3}}) * e_{\text{MCC}}) * 0,3 = \\
 &= ((50 \text{ kW} + 30 \text{ kW} + 70 \text{ kW}) * 0,8) * 0,3 = 36 \text{ kW} \\
 P_{\text{technológia}} &= ((P_{\text{TECH1}} + P_{\text{TECH2}} + P_{\text{TECH3}} + P_{\text{TECH4}}) * e_{\text{TECH}}) * 0 = \\
 &= ((40 \text{ kW} + 60 \text{ kW} + 60 \text{ kW} + 15 \text{ kW}) * 0,8) * 0 = 0 \text{ kW} \\
 P_{\text{tűzeseti}} &= P_{\text{ESB}} * e_{\text{ESB}} = 40 \text{ kW} * 1 = 40 \text{ kW} \\
 P_{\text{összes}} &= P_{\text{épületvillamosság}} + P_{\text{gépészet}} + P_{\text{technológia}} + P_{\text{tűzeseti}} = \\
 &= 111 \text{ kW} + 36 \text{ kW} + 0 \text{ kW} + 40 \text{ kW} = 187 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

Ahol:

- P_e - A csatlakozási pontot terhelő egyidejűsített teljesítmény [kW]
- e - Egyidejűségi tényező

Az áramszolgáltató honlapján utánanéztem az aktuális energiadíjaknak, amelyekkel a továbbiakban számításokat fogok végezni.

A szakdolgozatomhoz szükséges energiadíjakat a 2. táblázatba gyűjtöttem össze:

A3 KIF - völgyidőszak

Áramdíjak (Ft/kWh, nettó)	Rendszerhasználati díj (FT/kWh, nettó)*	ÁFA mértéke (Ft/kWh)	Áramdíjak összesen (Ft/kWh, bruttó)**
27,59	9,86	9,7	47,15

A3 KIF - csúcsidőszak

Áramdíjak (Ft/kWh, nettó)	Rendszerhasználati díj (FT/kWh, nettó)*	ÁFA mértéke (Ft/kWh)	Áramdíjak összesen (Ft/kWh, bruttó)**
42,87	9,86	13,82	66,55

A3 KÖF - völgyidőszak

Áramdíjak (Ft/kWh, nettó)	Rendszerhasználati díj (FT/kWh, nettó)*	ÁFA mértéke (Ft/kWh)	Áramdíjak összesen (Ft/kWh, bruttó)**
27,59	6,34	8,75	42,67

A3 KÖF - csúcsidőszak

Áramdíjak (Ft/kWh, nettó)	Rendszerhasználati díj (FT/kWh, nettó)*	ÁFA mértéke (Ft/kWh)	Áramdíjak összesen (Ft/kWh, bruttó)**
42,87	6,34	12,87	62,08

2. táblázat: E.ON aktuális áramdíjai üzleti ügyfelek részére [10]

Az éves villamosenergia-fogyasztás csúcsidőszakban:

$$411 \text{ kW} * 16 \text{ óra} * 261 \text{ nap} = 1\,716\,336 \text{ kWh}$$

Az éves villamosenergia-fogyasztás völgyidőszakban:

$$187 \text{ kW} * 8 \text{ óra} * 261 \text{ nap} = 390\,456 \text{ kWh}$$

A csúcsidőszakban a fizetendő összeg az áramszolgáltató felé kiskeszültségen történő energiavételezés esetén:

$$1\,716\,336 \text{ kWh} * 66,55 \frac{\text{Ft}}{\text{kWh}} \approx 114\,222\,161 \text{ Ft}$$

A völgyidőszakban a fizetendő összeg az áramszolgáltató felé kiskeszültségen történő energiavételezés esetén:

$$390\,456 \text{ kWh} * 47,15 \frac{\text{Ft}}{\text{kWh}} \approx 18\,410\,000 \text{ Ft}$$

A csúcsidőszakban a fizetendő összeg az áramszolgáltató felé közepeszültségen történő energiavételezés esetén:

$$1\,716\,336 \text{ kWh} * 62,08 \frac{\text{Ft}}{\text{kWh}} \approx 106\,550\,139 \text{ Ft}$$

A völgyidőszakban a fizetendő összeg az áramszolgáltató felé közepeszültségen történő energiavételezés esetén:

$$390\,456 \text{ kWh} * 42,67 \frac{\text{Ft}}{\text{kWh}} \approx 16\,660\,756 \text{ Ft}$$

Kiskeszültségen történő energiavételezés esetén az összes fizetendő éves díj az áramszolgáltató felé:

$$114\,222\,161 \text{ Ft} + 18\,410\,000 \text{ Ft} = 132\,632\,161 \text{ Ft}$$

Közepeszültségen történő energiavételezés esetén az összes fizetendő éves díj az áramszolgáltató felé:

$$106\,550\,139 \text{ Ft} + 16\,660\,756 \text{ Ft} = 123\,210\,895 \text{ Ft}$$

A további felmerülő költségeket a 3. táblázatba rögzítettem:

	Kisfeszültségen történő energiavételezés esetén	Középfeszültségen történő energiavételezés esetén
Fizetendő energiadíj	132 632 161 Ft / év	123 210 895 Ft / év
Kábel ára	27 225 000 Ft	1 485 000 Ft
Munkadíjak	27 225 000 Ft	1 485 000 Ft
Transzformátor ára	0 Ft	2 500 000 Ft
Karbantartás	0 Ft / év	400 000 Ft / év
Transzformátor helyiségre szánt terület (30 m ²), amit nem tudunk üzemeltetésre használni	0 Ft	18 000 000 Ft (600 000 Ft / m ²)

3. táblázat: Egyéb költségek [9]

22 kV-on nagyobb a beruházás, mert a KÖF/KIF transzformátort meg kell vásárolni, valamint számolni kell az éves karbantartási díjakkal is, viszont 1 kWh energia díja közepfeszültségen kevesebb.

3.3. Megtérülési számítások

Azt fogom utolsó sorban megvizsgálni, hogy 10 év eltelte után melyik feszültség szinten kifizetődőbb az energiavételezés.

Kisfeszültségen történő energiavételezés esetén:

$$132\,632\,161 \text{ Ft} \cdot 10 \text{ év} + 27\,225\,000 \text{ Ft} + 27\,225\,000 \text{ Ft} = 1\,380\,771\,610 \text{ Ft}$$

Középfeszültségen történő energiavételezés esetén:

$$123\,210\,895 \text{ Ft} \cdot 10 \text{ év} + 400\,000 \text{ Ft} \cdot 10 \text{ év} + 1\,485\,000 \text{ Ft} + 1\,485\,000 \text{ Ft} \\ + 18\,000\,000 \text{ Ft} + 2\,500\,000 \text{ Ft} = 1\,259\,578\,950 \text{ Ft}$$

Az eredményből látható, hogy gazdaságosabb a közepfeszültségen történő energiavételezés. Olyan szempontból is előnyösebb ezen a feszültség szinten történő csatlakozás, mert kevesebb a teljesítményvesztés, mint kisfeszültségen történő vételezés esetén.

Az eredmények ismeretében egy 630 kVA teljesítményű, 22/0,4 kV-os Siemens GEA FOL típusú száraz transzformátor kerül az ipari létesítményben elhelyezésre.

4. KÁBELSZERELÉSI ESZKÖZÖK ISMERTETÉSE

A gyakorlatban többnyire kábeltálcákat alkalmaznak. (2. ábra). A kábeltálca egy kábelszerelési eszköz, amit leginkább acéllemezről, de egyéb fémllemezről is gyártanak. Nagy mennyiségű kábel esetén számottevően csökkenti a helyszíni szerelési időt. A kábeltálcán perforációk találhatóak, amelyek a kábelek hűtését segítik elő. Leginkább 3000 mm hosszúságban, 50 mm és 600 mm között szélességben, valamint 35 mm, 60 mm, 85 mm és 110 mm oldalmagasságban elérhető.



2. ábra: Acéllemez kábeltálca [12]

Ezenkívül léteznek nagy fesztávú kábeltálcák is, amelynek hossza 6000 mm, oldalmagassága pedig 110 mm, 160 mm és 200 mm is lehet. Nagy előnyük, hogy 11-12 méter felfüggesztési vagy alátámasztási ponttal is szerelhetők. Használható szabad téren, száraz helyiségekben és a környezeti igénybevételnek jobban kitett helyeken. [3]

Az acélszerkezetek korrózióval szembeni védelmére különböző horganyzási technológiát alkalmaznak. Száraz helyiségekben galvanikus horganyzást alkalmaznak, amely olcsóbb, utómunkát nem igényel, 20-24 mikrométer vastagságú védőréteg alakítható így ki. A cinket galvanikus módon viszik fel a felületre. A cinklemezeket savas közegbe mártják, amint ez oldódni kezd úgy teszik mellé a horganyozni kívánt kábeltálcát. Szabad téren, valamint nedves helyiségekben 70 mikrométer a horganyzás vastagsága. Ebben az esetben a védelmi mód az úgynevezett tűzhorganyzás. A megtisztított acélszerkezetet olvasztott cinkbe mártják, aminek hőmérséklete körülbelül 450 °C. Minél több időt tölt a fém a cinkfürdőben, annál vastagabb horganyréteg alakul ki a felületen. Ennek hatására éveken keresztül ellenállnak a korróziónak. Azonban, ami a legnagyobb védeltséget nyújtja az a rozsdamentes „VA” anyagból készült kábeltálca. Az ilyen típusú kábeltálcákat például a konzerviparban, a gyógyszeriparban és a vegyiparban alkalmazzák. [3] [11]

A kábeltálcáknál különféle rögzítési módokat alkalmaznak. Az egyik ilyen sokszor előforduló rögzítési mód az, hogy a kábeltálcákat az épület oldalfalain tartókonzolra vagy függesztő szerkezetekre rögzítik. Például az oszlop lehet egy függőszerkezet, amire konzolokat csavaroznak. A kábeltálcákat félgömbölyű csavarokkal erősítik a tartókonzolokhoz. A másik

gyakran előforduló rögzítési mód az, hogy a mennyezetbe dűbeleket helyeznek el és ehhez rögzítik menetes szárral a kábeltálcákat tartó „C” síneket. Akár tartószerkezetekhez is történhet a rögzítés. Lényeges megemlíteni, hogy léteznek különböző idomelemek. Például: 45°-os sarok, 90°-os sarok, T-idom, keresztidom. [3]

A kábellétrák szintén elterjedtek a gyakorlatban (3. ábra), annyiban különbözik a kábeltálcától, hogy ezeket a falra rögzítik függőleges helyzetben. Valamint nehezebb súlyú kábelek sem jelentenek gondot. A kábellétráknál a létrafokokat „C” sínek képezik, amelyek 300 mm-re helyezkednek el egymástól. A kábeleket tartóbilincsekkel rögzítik a „C” sínekhez. A kábellétrák 200 mm és 600 mm közötti szélességben kaphatóak, nagyteherbírásúak.



3. ábra: Kábellétra [13]

A nagy fesztávú kábellétrák hosszúsága a kábeltálcához hasonlóan 6000 mm. [3]

A tűzvédelmi célú biztonsági berendezések határozzák meg az épület és az emberek biztonságát. Különböző területekre más szabványok és jogszabályok léteznek. Az Országos Tűzvédelmi Szabályzat (OTSZ) a tűzvédelmi célú, kiemelt rendeltetésű épületvillamossági és gépészeti berendezések kiépítésére, funkciótartására és megengedő legkisebb üzemidejére vonatkozik. Ilyen berendezések: tűzjelző berendezés, a menekülési útvonalak légutánpótlása, hő- és füstelvezetése, vészvilágítása, valamint a tűzgátló csappantyúk, sprinkler berendezések, biztonsági felvonók, önműködő ajtók. Ezek működési idejét jogszabály határozza meg, villamos fogyasztók esetén ez az idő legalább 1 óra. A tűzvédelmi szempontból kiemelt jelentőségű tűzvédelmi berendezéseknek üzemelniük kell, funkciótartónak kell lenniük ez idő alatt. Szigorú előírás, hogy csak speciális kivitelű tűzálló kábeleket lehet alkalmazni. Nem következhet be rövidzárlat az kábelereknél, az ér szakadása, valamint a tartószerkezetük sem szakadhat le. [3]

A kábellétrákból kivitelezett kábelnyomvonalak az E 30 és E 90 funkciómegtartó képességű osztályba tartoznak. 200 mm-400 mm szélességű és 1,5 mm falvastagságú kábellétrákat 1,2 m támaszközzel, 200 mm-500 mm szélességű és 2 mm falvastagságú kábellétrákat 1,5 m támaszközzel szerelik. Kulcsfontosságú a gyártók által előírt tartószerkezetek alkalmazása. [3]



4. ábra: Tűz ellen védett kivitelű kábellétrák [14]

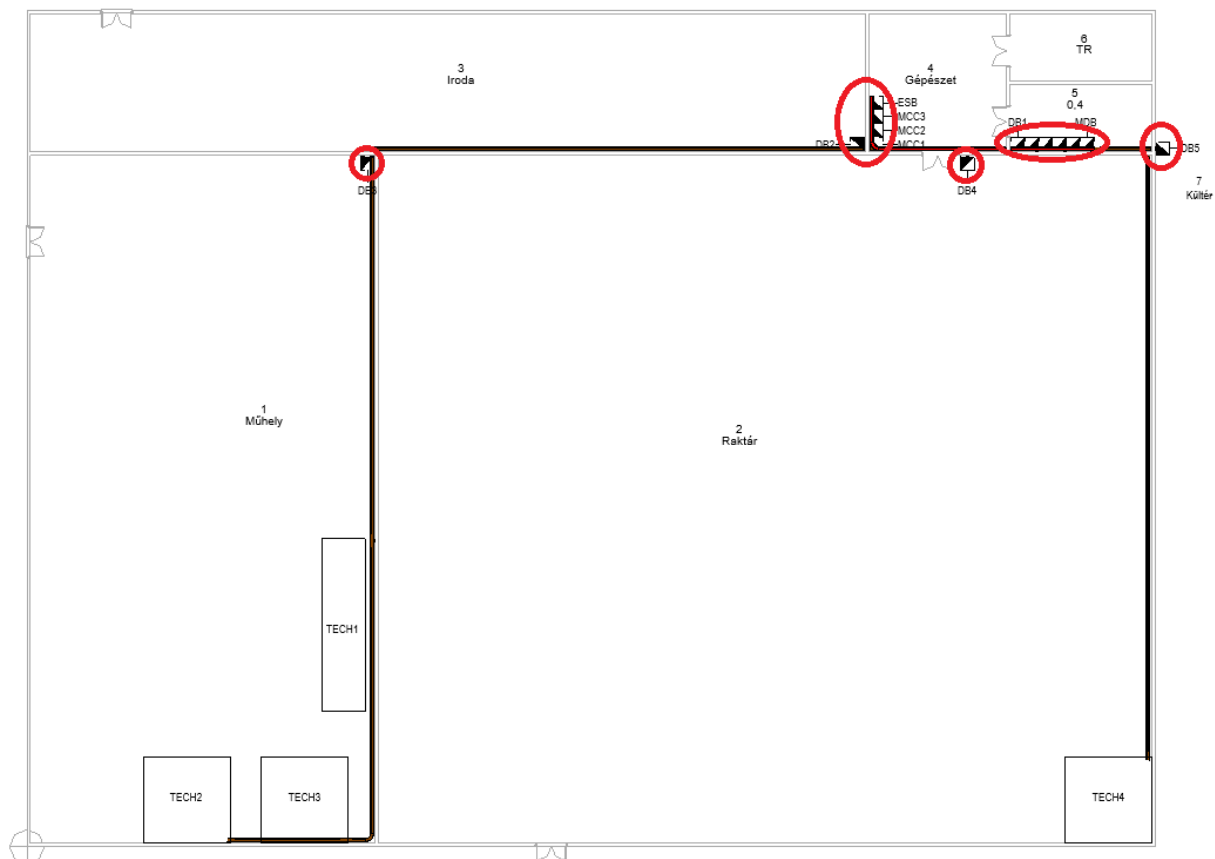
A kábeltálcákból megvalósított kábelnyomvonalak is szintén az E 30 és E 90 funkciómegtartó képességű osztályba tartoznak. A kábeltálcák elhelyezése a gyártók által előírt tartószerkezeteken történik. A kábeltálcák hosszúsága 3000 mm, szélessége 100 mm-300mm, valamint 100 mm-150 mm, oldalmagassága 60 mm, lemezvastagsága pedig 1,5 mm vagy 2 mm. Fali- és mennyezeti rögzítésnél is növeli a biztonságot menetes rúdnak a tálcán, illetve a konzolvég mellett egy csatlakozóelemhez történő rögzítése. [3]



5. ábra: Tűz ellen védett kábeltálcák [14]

5. ELOSZTÓSZEKRÉNYEK HELYÉNEK KIVÁLASZTÁSA, NYOMVONALAK MEGHATÁROZÁSA

Meghatároztam az elosztószekrények helyét, valamint a kábelnyomvonalakat, ami a 6. ábrán látható. A Schneider Electric Prisma Plus P típusú főelosztószekrényt a 0,4 kV-os helyiségbe helyeztem el. Minden főbb egységbe elhelyeztem egy Schneider Electric Prisma Plus G típusú alelosztóberendezést. Az elosztószekrényeket úgy szokás elhelyezni, hogy könnyen hozzájuk lehessen férni. A kisebb helyiségekben az elosztószekrények elhelyezése a hosszabb falra történt az esetleges későbbi bővítések miatt. Elhelyezés szempontjából az is fontos, hogy minél rövidebb betápláló kábeleket tudjunk alkalmazni. A kábelnyomvonalat kábeltálcákból valósítottam meg. A kábeltálcák 5 m magasan kerültek rögzítésre, viszont az E 30 osztályú kábeltálcák rögzítése 20 cm-rel feljebb történt.



6. ábra: Elosztószekrények, kábelnyomvonal [1]

6. HÁROMFÁZISÚ ZÁRLATSZÁMÍTÁS

A villamos energia megszakítására, elosztására, kapcsolására alkalmas készülékeket a kapcsolószekrény tartalmazza. A főelosztószekrény betáplálása tokozott sínen keresztül történik egy 630 kVA teljesítményű, 22/0,4 kV-os Siemens GEAFOL típusú száraz transzformátorról, ami az épületben helyezkedik el. A zárlati áram nagyságát leginkább a transzformátornak a teljesítménye határozza meg.

A számításokhoz szükséges képletek:

Az áram wattos komponense:

$$I_w = \frac{P}{\sqrt{3} * U_n * \cos\varphi} \quad [4]$$

A transzformátor saját zárlati teljesítménye:

$$S_z^{Tr} = \frac{100}{\varepsilon_{Tr}} * S_n^{Tr} \quad [2]$$

A fajlagos reaktancia l hosszúságra:

$$X_t = x_t * l \quad [2]$$

A tokozott sínrendszer saját zárlati teljesítménye:

$$S_z^t = \frac{U_n^2}{X_t} \quad [2]$$

A fő-elosztóberendezésben fellépő zárlati áram nagysága:

$$I_z^{3F} = \frac{S_z^{3F}}{\sqrt{3} * U_n} \quad [2]$$

Ahol:

- P – A csatlakozási pontot terhelő egyidejűsített teljesítmény [kW]
- U_n – Névleges feszültség [V]
- $\cos\varphi$ – Teljesítménytényező
- ε_{Tr} – A transzformátor rövidzárási feszültsége [%]
- x_t – Fázis reaktancia $\frac{\Omega}{m}$
- l – Távolság [m]
- X_t – Fajlagos reaktancia adott hosszúságra [Ω]
- S_n^{Tr} – A transzformátor látszólagos teljesítménye [VA]

A rendelkezésre álló adatok:

$$P = 411 \text{ kW}$$

$$\cos\varphi = 0,95$$

$$S_n^{Tr} = 630 \text{ kVA}$$

$$\varepsilon_{Tr} = 6 \%$$

$$U_n = 400 \text{ V}$$

Az áram wattos komponense:

$$I_w = \frac{P}{\sqrt{3} * U_n * \cos\varphi} = \frac{411 \text{ kW}}{\sqrt{3} * 400 \text{ V} * 0,95} = 624,4 \text{ A}$$

A tokozott sínrendszeren folyó áram nagysága 624,4 A.

A mögöttes hálózat zárlati teljesítménye:

$$S_z^M = \infty$$

A transzformátor saját zárlati teljesítménye:

$$S_z^{Tr} = \frac{100}{\varepsilon_{Tr}} * S_n^{Tr} = \frac{100}{6 \%} * 630 \text{ kVA} = 10,5 \text{ MVA}$$

A tokozott sínrendszer fázis reaktanciája 20°C hőmérsékleten:

$$x_t = 0,062 \frac{\Omega}{\text{m}}$$

A transzformátor és a fő-elosztóberendezés közötti távolság:

$$l = 21 \text{ m}$$

A fajlagos reaktancia l hosszúságra:

$$X_t = x_t * l = 0,062 \frac{\Omega}{\text{m}} * 21 \text{ m} = 1,302 \Omega$$

A tokozott sínrendszer saját zárlati teljesítménye:

$$S_z^t = \frac{U_n^2}{X_t} = \frac{400^2 \text{ V}}{1,302 \Omega} = 122,8 \text{ kVA}$$

Annyira kis értéket kaptunk eredményül, hogy a 122,8 kVA elhanyagolható.

A saját zárlati teljesítmény a zárlat helyén:

$$S_z^{3F} = S_z^{\text{Tr}} = 10,5 \text{ MVA}$$

A 122,8 kVA elhanyagolása miatt, tulajdonképpen számolhatunk a transzformátor saját zárlati teljesítményével a zárlati áram meghatározásához.

A fellépő zárlati áram nagysága:

$$I_z^{3F} = \frac{S_z^{3F}}{\sqrt{3} * U_n} = \frac{10,5 \text{ MVA}}{\sqrt{3} * 400 \text{ V}} = 15,16 \text{ kA}$$

A számítások alapján arra jutottam, hogy betáplálás megszakítónak egy Schneider Electric NSX630F típusú kapcsolókészülékre van szükség, ugyanis a hálózat háromfázisú zárlat esetén 15,16 kA nagyságú terhelést kaphat.

7. KÁBELEK VILLAMOS TERVEZÉSE

Ebben a fejezetben a kiefeszűtsűgű kábeleket fogom mēretezni, majd a kapott ertēkek alapján kiválasztom a megfelelő kábel típusokat. Méretezēskor fontos figyelembe venni a műszaki és gazdasági követelményeket.

7.1. Az áram wattos komponensének számítása

Az áram wattos komponensének kiszámításához a teljesítményre, a teljesítménytényezőre és a vonali feszűltség ismeretere van szükség.

$$I_w = \frac{P}{\sqrt{3} * U_n * \cos\varphi} \quad [4]$$

Ahol:

- P – A csatlakozási pontot terhelő egyidejűsített teljesítmény [kW]
- U_n – Névleges feszűltség [V]
- $\cos\varphi$ – Teljesítménytényező

Tapasztalatok alapján az egyes fogyasztók az alábbi teljesítménytényezővel rendelkeznek:

- Épűlevillamosság: $\cos\varphi = 0,9$
- Gépészet: $\cos\varphi = 0,75$
- Technológiai fogyasztók: $\cos\varphi = 0,8$
- Tűzeseti fogyasztók: $\cos\varphi = 0,75$

7.2. Feszültségesés számítása

Miután a Revit szoftverben megtörtént a kábelnyomvonalak meghatározása és a kábeltálcák modellezése, megmérhető az adott kábelnek a hossza, ugyanis a feszültségesés számításakor erre is szükség van.

$$\Delta U_{3f} = \frac{\sqrt{3} * I * \cos\varphi * l * \rho}{U_n * A} * 100 \%$$

Ahol:

- I – Áramerősség [A]
- $\cos\varphi$ – Teljesítménytényező
- l – Mért távolság [m]
- ρ – A vezeték fajlagos ellenállása [$\frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}}$]
- U_n – Névleges feszültség [V]
- A – Keresztmetszet [mm^2]

A kábelek kiválasztásának fő szempontjai a feszültségesés és a terhelhetőség. Ha főelosztóberendezésből táplálunk meg egy al-elosztószekrényt abban az esetben a megengedett feszültségesés 1% az MSZ 447:2019 szabvány szerint.

Ha számításkor a feszültségesés meghaladja az 1%-os értéket, akkor a kábel keresztmetszetét szükséges növelni. A keresztmetszet meghatározása után lehet kiválasztani a megfelelő kábeleket. Ez minden berendezés méretezésének az alapja.

7.3. Kábelek keresztmetszetének számítása és típusának kiválasztása

Egy példán keresztül szeretném részletesebben bemutatni a számítást. Jelen esetben a főelosztó berendezésből (MDB) táplálunk meg egy épületvillamossági al-elosztószekrényt (DB1).

Első lépésben meghatározzuk az áram wattos komponensét.

$$I_w = \frac{P}{\sqrt{3} * U_n * \cos\varphi} = \frac{10 \text{ kW}}{\sqrt{3} * 400 \text{ V} * 0,9} = 16 \text{ A}$$

A szakmában mai napig a 4. táblázatot használják, bár ez már nem szabványos. Közelítőleg kiválasztható a megfelelő névleges áramú megszakító és a kábel keresztmetszet is, majd szabványos módszerekkel visszaellenőrizhető.

A vezető keresztmetszete mm ²	Megengedett terhelés „A” www.novill.hu						Biztosító betétek
	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	-

4. táblázat: Vezetékek megengedett áramterhelése [5]

Következő lépés pedig a feszültségesés számítása.

$$\Delta U_{3f} = \frac{\sqrt{3} * I * \cos\varphi * l * \rho}{U_n * A} * 100 \% = \frac{\sqrt{3} * 16 \text{ A} * 0,9 * 16 \text{ m}}{56 * 400 \text{ V} * 2,5 \text{ mm}^2} * 100 \% = 0,7 \%$$

Választott kábel típus: NYY

Látható, hogy a kábel keresztmetszet megfelelő, a kábel megfelel az 1%-os feszültségesés értékre.

A további számításokhoz a megjegyzéseket mellőzni fogom, a fenti elvet követtem a többi kábel méretezéséhez is.

Főelosztó berendezés (MDB) - épületvillamossági al-elosztószekrény (DB2):

Az áram wattos komponense:

$$I_w = \frac{P}{\sqrt{3} * U_n * \cos\varphi} = \frac{60 \text{ kW}}{\sqrt{3} * 400 \text{ V} * 0,9} = 96,2 \text{ A}$$

A feszültségesés számítása:

$$\Delta U_{3f} = \frac{\sqrt{3} * I * \cos\varphi * l * \rho}{U_n * A} * 100 \% = \frac{\sqrt{3} * 96,2 \text{ A} * 0,9 * 30 \text{ m}}{56 * 400 \text{ V} * 25 \text{ mm}^2} * 100 \% = 0,8 \%$$

Választott kábel típus: NYY

Főelosztó berendezés (MDB) - épületvillamossági al-elosztószekrény (DB3):

Az áram wattos komponense:

$$I_w = \frac{P}{\sqrt{3} * U_n * \cos\varphi} = \frac{30 \text{ kW}}{\sqrt{3} * 400 \text{ V} * 0,9} = 48,1 \text{ A}$$

A feszültségesés számítása:

$$\Delta U_{3f} = \frac{\sqrt{3} * I * \cos\varphi * l * \rho}{U_n * A} * 100 \% = \frac{\sqrt{3} * 48,1 \text{ A} * 0,9 * 58 \text{ m}}{56 * 400 \text{ V} * 25 \text{ mm}^2} * 100 \% = 0,8 \%$$

Választott kábel típus: NYY

Főelosztó berendezés (MDB) - épületvillamossági al-elosztószekrény (DB4):

Az áram wattos komponense:

$$I_w = \frac{P}{\sqrt{3} * U_n * \cos\varphi} = \frac{55 \text{ kW}}{\sqrt{3} * 400 \text{ V} * 0,9} = 88,2 \text{ A}$$

A feszültségesés számítása:

$$\Delta U_{3f} = \frac{\sqrt{3} * I * \cos\varphi * l * \rho}{U_n * A} * 100 \% = \frac{\sqrt{3} * 88,2 \text{ A} * 0,9 * 25 \text{ m}}{56 * 400 \text{ V} * 16 \text{ mm}^2} * 100 \% = 1 \%$$

Választott kábel típus: NYY

Főelosztó berendezés (MDB) - épületvillamossági al-elosztószekrény (DB5):

Az áram wattos komponense:

$$I_w = \frac{P}{\sqrt{3} * U_n * \cos\varphi} = \frac{30 \text{ kW}}{\sqrt{3} * 400 \text{ V} * 0,9} = 48,1 \text{ A}$$

A feszültségesés számítása:

$$\Delta U_{3f} = \frac{\sqrt{3} * I * \cos\varphi * l * \rho}{U_n * A} * 100 \% = \frac{\sqrt{3} * 48,1 \text{ A} * 0,9 * 26 \text{ m}}{56 * 400 \text{ V} * 10 \text{ mm}^2} * 100 \% = 0,9 \%$$

Választott kábel típus: NYY

Főelosztó berendezés (MDB) - gépészeti al-elosztószekrény (MCC1):

Az áram wattos komponense:

$$I_w = \frac{P}{\sqrt{3} * U_n * \cos\varphi} = \frac{50 \text{ kW}}{\sqrt{3} * 400 \text{ V} * 0,75} = 96,2 \text{ A}$$

A feszültségesés számítása:

$$\Delta U_{3f} = \frac{\sqrt{3} * I * \cos\varphi * l * \rho}{U_n * A} * 100 \% = \frac{\sqrt{3} * 96,2 \text{ A} * 0,75 * 30 \text{ m}}{56 * 400 \text{ V} * 25 \text{ mm}^2} * 100 \% = 0,7 \%$$

Választott kábel típus: NYY

Főelosztó berendezés (MDB) - gépészeti al-elosztószekrény (MCC2):

Az áram wattos komponense:

$$I_w = \frac{P}{\sqrt{3} * U_n * \cos\varphi} = \frac{30 \text{ kW}}{\sqrt{3} * 400 \text{ V} * 0,75} = 57,7 \text{ A}$$

A feszültségesés számítása:

$$\Delta U_{3f} = \frac{\sqrt{3} * I * \cos\varphi * l * \rho}{U_n * A} * 100 \% = \frac{\sqrt{3} * 57,7 \text{ A} * 0,75 * 31 \text{ m}}{56 * 400 \text{ V} * 10 \text{ mm}^2} * 100 \% = 1 \%$$

Választott kábel típus: NYY

Főelosztó berendezés (MDB) - gépészeti al-elosztószekrény (MCC3):

Az áram wattos komponense:

$$I_w = \frac{P}{\sqrt{3} * U_n * \cos\varphi} = \frac{70 \text{ kW}}{\sqrt{3} * 400 \text{ V} * 0,75} = 134,7 \text{ A}$$

A feszültségesés számítása:

$$\Delta U_{3f} = \frac{\sqrt{3} * I * \cos\varphi * l * \rho}{U_n * A} * 100 \% = \frac{\sqrt{3} * 134,7 \text{ A} * 0,75 * 32 \text{ m}}{56 * 400 \text{ V} * 25 \text{ mm}^2} * 100 \% = 1 \%$$

Választott kábel típus: NYY

Főelosztó berendezés (MDB) – technológiai fogyasztó (TECH1):

Az áram wattos komponense:

$$I_w = \frac{P}{\sqrt{3} * U_n * \cos\varphi} = \frac{40 \text{ kW}}{\sqrt{3} * 400 \text{ V} * 0,8} = 72,2 \text{ A}$$

A feszültségesés számítása:

$$\Delta U_{3f} = \frac{\sqrt{3} * I * \cos\varphi * l * \rho}{U_n * A} * 100 \% = \frac{\sqrt{3} * 72,2 \text{ A} * 0,8 * 81 \text{ m}}{56 * 400 \text{ V} * 35 \text{ mm}^2} * 100 \% = 1 \%$$

Választott kábel típus: NYCWY

Főelosztó berendezés (MDB) – technológiai fogyasztó (TECH2):

Az áram wattos komponense:

$$I_w = \frac{P}{\sqrt{3} * U_n * \cos\varphi} = \frac{60 \text{ kW}}{\sqrt{3} * 400 \text{ V} * 0,8} = 108,3 \text{ A}$$

A feszültségesés számítása:

$$\Delta U_{3f} = \frac{\sqrt{3} * I * \cos\varphi * l * \rho}{U_n * A} * 100 \% = \frac{\sqrt{3} * 108,3 \text{ A} * 0,8 * 102 \text{ m}}{56 * 400 \text{ V} * 70 \text{ mm}^2} * 100 \% = 1 \%$$

Választott kábel típus: NYCWY

Főelosztó berendezés (MDB) – technológiai fogyasztó (TECH3):

Az áram wattos komponense:

$$I_w = \frac{P}{\sqrt{3} * U_n * \cos\varphi} = \frac{60 \text{ kW}}{\sqrt{3} * 400 \text{ V} * 0,8} = 108,3 \text{ A}$$

A feszültségesés számítása:

$$\Delta U_{3f} = \frac{\sqrt{3} * I * \cos\varphi * l * \rho}{U_n * A} * 100 \% = \frac{\sqrt{3} * 108,3 \text{ A} * 0,8 * 109 \text{ m}}{56 * 400 \text{ V} * 95 \text{ mm}^2} * 100 \% = 0,8 \%$$

Választott kábel típus: NYCWY

Főelosztó berendezés (MDB) – technológiai fogyasztó (TECH4):

Az áram wattos komponense:

$$I_w = \frac{P}{\sqrt{3} * U_n * \cos\varphi} = \frac{15 \text{ kW}}{\sqrt{3} * 400 \text{ V} * 0,8} = 27,1 \text{ A}$$

A feszültségesés számítása:

$$\Delta U_{3f} = \frac{\sqrt{3} * I * \cos\varphi * l * \rho}{U_n * A} * 100 \% = \frac{\sqrt{3} * 27,1 \text{ A} * 0,8 * 61 \text{ m}}{56 * 400 \text{ V} * 10 \text{ mm}^2} * 100 \% = 1 \%$$

Választott kábel típus: NYY

Főelosztó berendezés (MDB) - tűzeseti al-elosztószekrény (ESB):

Az áram wattos komponense:

$$I_w = \frac{P}{\sqrt{3} * U_n * \cos\varphi} = \frac{40 \text{ kW}}{\sqrt{3} * 400 \text{ V} * 0,75} = 77 \text{ A}$$

A feszültségesés számítása:

$$\Delta U_{3f} = \frac{\sqrt{3} * I * \cos\varphi * l * \rho}{U_n * A} * 100 \% = \frac{\sqrt{3} * 77 \text{ A} * 0,75 * 58 \text{ m}}{56 * 400 \text{ V} * 16 \text{ mm}^2} * 100 \% = 0,9 \%$$

Választott kábel típus: NHXH FE180/E90

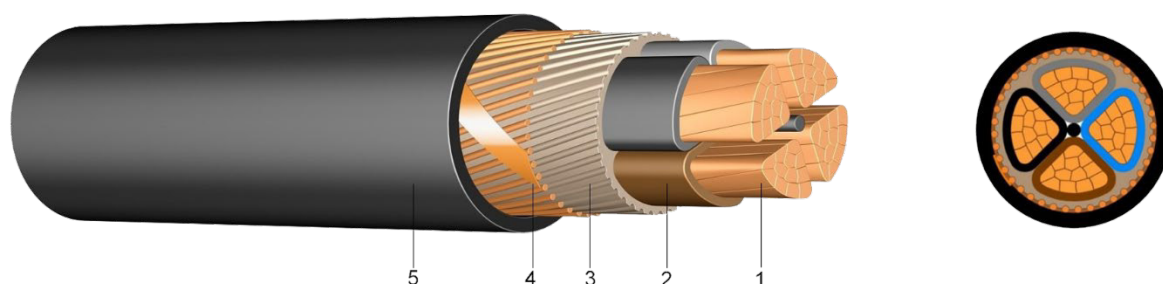
Miután bebizonyításra került, hogy minden kábel megfelel az 1%-os feszültségesés értékre az eredményeket táblázatba rögzítettem, ami a mellékletek között tekinthető meg. (2. sz. melléklet)

7.4. A választott kábelek műszaki adatai

A méretezés során három típusú kábelt alkalmaztam. Ezen kábelek műszaki adatait szeretném bemutatni.

7.4.1. NYCWY

Száraz, nedves és vizes helyiségekben, kábelcsatornában, kültéren, földbe fektetve és vízben alkalmazzák. [6]



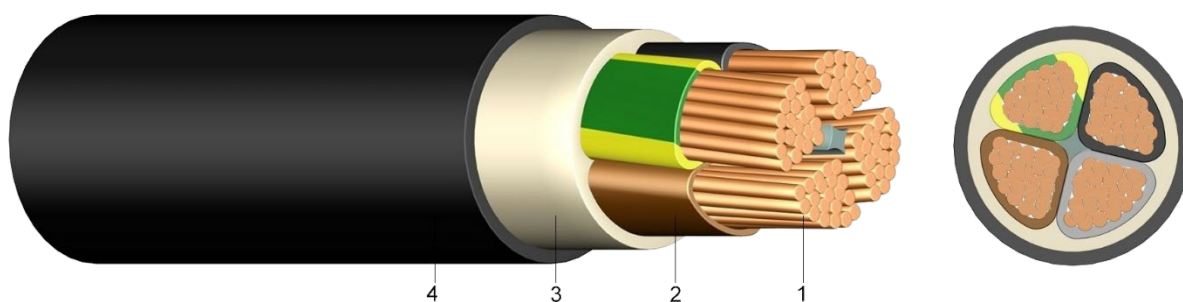
7. ábra: NYCWY típusú kábel [6]

Műszaki adatok:

Névleges feszültség U_0/U [V]	600 / 1000 Volt
Vizsgálófeszültség [V] _{AC}	4000
Működési hőmérséklet mozgatva [min/max]	-5°C / +70°C
Működési hőmérséklet rögzítve [min/max]	-20°C / +70°C
Üzemi hőmérséklet rövidzár esetén [°C]	160
Rövidzárlati idő max. [s]	5
Hajlítási sugár egyszeri/rögzített x külső átmérő	12
Hajlítási sugár mozgatva x külső átmérő	15
Égési tulajdonság szabvány	EN 60332-1-2

7.4.2. NYY

Belső térben és a szabadban, kábelcsatornában, rögzített elhelyezéssel falon és fémszerkezeteken, vagy közvetlenül a földre fektetve alkalmazzák. Legfőképpen közcélú elosztóhálózatokban, erőművekben, ipari üzemekben és kapcsoló-berendezésekben, ha a felhasználás során a kábel mechanikai sérüléseknek nincs kitéve. [7]



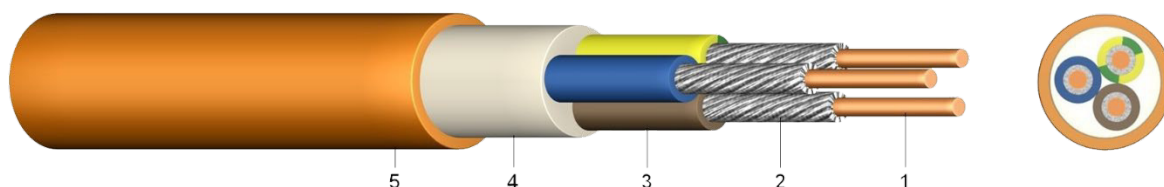
8. ábra: NYY típusú kábel [7]

Műszaki adatok:

Névleges feszültség U_0/U [V]	600 / 1000 Volt
Vizsgálófeszültség [V] _{AC}	4000
Működési hőmérséklet mozgatva [min/max]	-5°C / +70°C
Működési hőmérséklet rögzítve [min/max]	-20°C / +70°C
Hajlítási sugár egyerű kivitel x külső átmérő	15
Hajlítási sugár többberű kivitel x külső átmérő	12
Égési tulajdonság szabvány	EN 60332-1-2

7.4.3. NHXH FE180/E90

Felhasználható olyan helyeken, ahol különleges szabályok vonatkoznak a tűz elleni védekezésre, fontos a személyek és értéktárgyak védelme, tűz esetén a füst és korrozív gázok keletkezése nem megengedhető, magas biztonsági követelményeket kell teljesíteni. Használhatók kültéren és beltéren, de nem fektethető közvetlenül földbe és víz alá. A 2. védelmi osztály előírásait teljesíti. Funkcionális integritását a kábel 90 percig tartja meg, a szigetelési tulajdonságát 180 percig. [8]



9. ábra: NHXH FE180/E90 típusú kábel [8]

Műszaki adatok:

Névleges feszültség U_0/U [V]	600 / 1000 Volt
Vizsgálófeszültség [V] _{AC}	4000
Működési hőmérséklet mozgatva [min/max]	-5°C / +90°C
Üzemi hőmérséklet rövidzár esetén [°C]	250
Rövidzárlati idő max. [s]	5
Hajlítási sugár egyerű kivitel x külső átmérő	15
Hajlítási sugár többes kivitel x külső átmérő	12
Égési tulajdonság szabvány	EN 50266-2-4
Égési tulajdonság szabvány	IEC 60332-3 Kat.C

8. VILÁGÍTÁS MÉRLETEZÉSE

A világítás tervezése előtt szeretnék bemutatni néhány világítástechnikában használatos alapfogalmat.

8.1. Világítástechnikai alapfogalmak

Fényáram: „A sugárzott teljesítményből leszármaztatott mennyiség, amely az optikai sugárzást a szabványosított spektrális fényhatásfok szerint értékeli. Jele: Φ , Φ_v . Egysége: Lumen (lm).”¹

Megvilágítás: „Az adott pontot tartalmazó felületelemre beeső fényáramnak és a felületelemnek a hányadosa. Jele: E_v , E , Egysége: $\text{lux} = \text{lm}/\text{m}^2$ (lx).”¹

Fényerősség: „Valamely sugárzó adott irányban értelmezett fényerőssége a sugárzóból adott irányt tartalmazó elemi térszögbe sugárzott, $d\Phi_v$ fényáramnak és a $d\Omega$ térszögnek a hányadosa. Mértékegysége: cd (kandela), jele: I.”¹

Fénysűrűség: „A felületegységre jutó fény fényerősséggel kifejezve. Mértékegysége: Kandela/négyzetméter. Rövidítése: cd/m^2 . Jele: L.”²

8.2. DIALux szoftverben történő világításméretezés

Az ipari létesítmény világításának tervezését egy ismert szoftverben, a DIALux evo 10-ben végeztem el. Világítási kalkulációkat végezhetünk beltéren és kültéren is. A tervezéshez szükséges értékeket az MSZ EN 12464-1:2012 szabványból gyűjtöttem ki. A szabványból meg lehet tudni, hogy adott helyiséghez milyen megvilágítás karbantartási érték tartozik, valamint tudomást szerezhetünk a megvilágítás egyenletességének legkisebb értékéről.

¹ Dr. Husi Géza, Világítástechnika (Létesítménymérnököknek), Budapest, 2013

² Dési Albert, Épületvillamosság - Építési kézikönyvek 7., Budapest, 2003

A szabványból kinyert értékeket az 5. táblázatba rögzítettem az átláthatóság érdekében:

A terület, feladat vagy tevékenység típusa	Megvilágítás karbantartási értéke (E_m)	Megvilágítás egyenletességének legkisebb értéke (U_0)
Műhely	500 lux	0,6
Iroda	500 lux	0,6
Raktár	100 lux	0,4
Gépészeti helyiség	200 lux	0,4
Transzformátor helyiség	200 lux	0,4
0,4 kV helyiség	200 lux	0,4

5. táblázat: A világítás tervezéshez szükséges értékek [15]

8.3. Az irodahelyiség világítás méretezése

Szakdolgozatomban a terjedelem miatt csak az irodahelyiség világításának tervezését fogom részletesen bemutatni. Az építmény alaprajzát dwg CAD fájltypusból lehet importálni a DIALux programba. Az épület és a helyiség felépítése a szoftverben már a tervező feladata. Az importálás után be kell állítanunk a létesítmény méreteit és magasságát. A helyiségek megrajzolását és azok elnevezéseit követően a szabványban leírt és egyéb különböző paramétereket is szükséges konfigurálni.

Ilyen paraméterek a következők lehetnek:

- Használati szint magassága: Ez a magasság azt mutatja meg, hogy a szabványban előírt lux értéket milyen magasan kell, hogy biztosítsuk. Jelen esetben ez az érték 0,8 m.
- Hasznos szint peremzóna: A zónával az állítható be, hogy a faltól nézve mekkora területet vagy sávot hagyjon el a szoftver, ahol már nem fog számításokat végezni. Tehát itt számítási pontok nem kerülnek kiosztásra. Az irodák esetében ez az érték 0,5 m, a többi helyiségre vonatkozólag 0,3 m.

A helyiségekbe bármilyen objektumot el tudunk helyezni, ami szükséges lehet. Több opció is rendelkezésünkre áll, választhatunk az előre telepített katalógusból, de az internet segítségével már bármilyen bútorzat beilleszthető.

Példaképpen megfigyelhető a 10. ábrán, hogy az irodában elhelyeztem néhány tárgyalóasztalt és széket, ami a világítás kalkuláció során fontos szerepet fog játszani. Ebben a helyiségben álmennyezet is létrehozásra került 3 m magasságban.



10. ábra: Iroda bútorzata [1]

Ha minden beállítással elkészültünk, a következő lépés a világítótestek kiválasztása a katalógusból. Az épületben mindössze négy különböző típusú LED fényforrás kerül majd elhelyezésre. A továbbiakban felsorolnám a világítótesteket és ezeknek a műszaki paramétereit.

A gépészeti-, a transzformátor helyiségbe és a műhelybe választott világítótest adatai: [17]

- Gyártó: Philips
- Típusa: WT470C LED64S/840 PSU WB L1600
- Világítótest fényárama: 6500 lm
- Csatlakozási teljesítménye: 46,5 W
- Fényhasznosítása: 140,0 lm / W
- Színhőmérséklete: 4000 K

A 0,4 kV-os helyiségbe választott világítótest adatai: [18]

- Gyártó: Philips
- Típusa: WT470C LED42S/840 PSU WB L1300
- Világítótest fényárama: 4300 lm
- Csatlakozási teljesítménye: 30,5 W
- Fényhasznosítása: 141,0 lm / W
- Színhőmérséklete: 4000 K

A raktárba választott világítótest adatai: [19]

- Gyártó: Philips
- Típusa: WT470C LED35S/840 PSD WB TC5 L1600
- Világítótest fényárama: 3600 lm
- Csatlakozási teljesítménye: 24,5 W
- Fényhasznosítása: 147,0 lm / W
- Színhőmérséklete: 4000 K

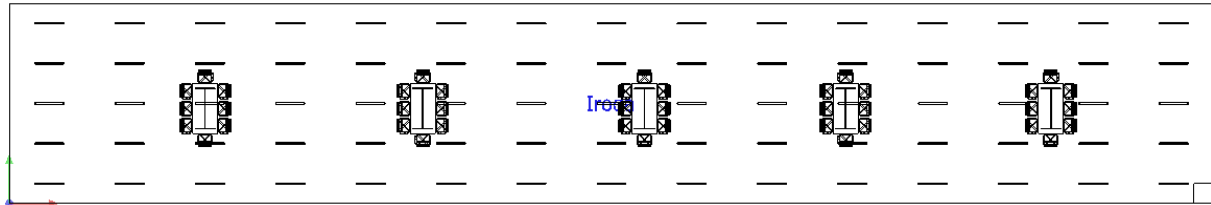
Az irodába választott világítótest adatai: [20]

- Gyártó: Philips
- Típusa: SP532P LED58S/940 PSD PI5 SM2 L1130 ALU
- Világítótest fényárama: 5800 lm
- Csatlakozási teljesítménye: 40,5 W
- Fényhasznosítása: 143,0 lm / W
- Színhőmérséklete: 4000 K

Az iroda kivételével minden egyes helyiségben kábeltálcára szerelhető a lámpatestek kerültek elhelyezésre.

Az irodában álmennyezetre függesztett világítótesteket alkalmaztam. Az inga hosszúságát is szükséges megadni, ami ebben az esetben 0,5 m. A DIALux szoftver a beállított értékek alapján kalkulálja, hogy milyen távolságra hány darab világítótestre van szükség az adott helyiségen belül. Utólagos kisebb igazításokkal elérhető a kívánt eredmény.

A 11. ábrán látható, hogy a 387 m²-es irodában, a Philips SP532P LED58S/940 PSD PI5 SM2 L1130 ALU típusú lámpatestből 75 darabra van szükség az MSZ EN 12464-1:2012 szabványban megadott értékek eléréséhez.



11. ábra: Az iroda 2D-s metszete [1]

A méretezésről a program automatikusan dokumentációt is készít, amelyben feltüntetésre kerül a választott lámpatestek tulajdonságai, valamint a világítási kalkuláció eredményei helyiségekre lebontva.

A dokumentációból kimetszett 12. ábrán megfigyelhető, hogy a világítás méretezés az előírásoknak megfelelő. A megvilágítási értéknek 507 lux-ot sikerült elérni, megvilágítás egyenletességnek pedig 0,77 értéket kaptunk.

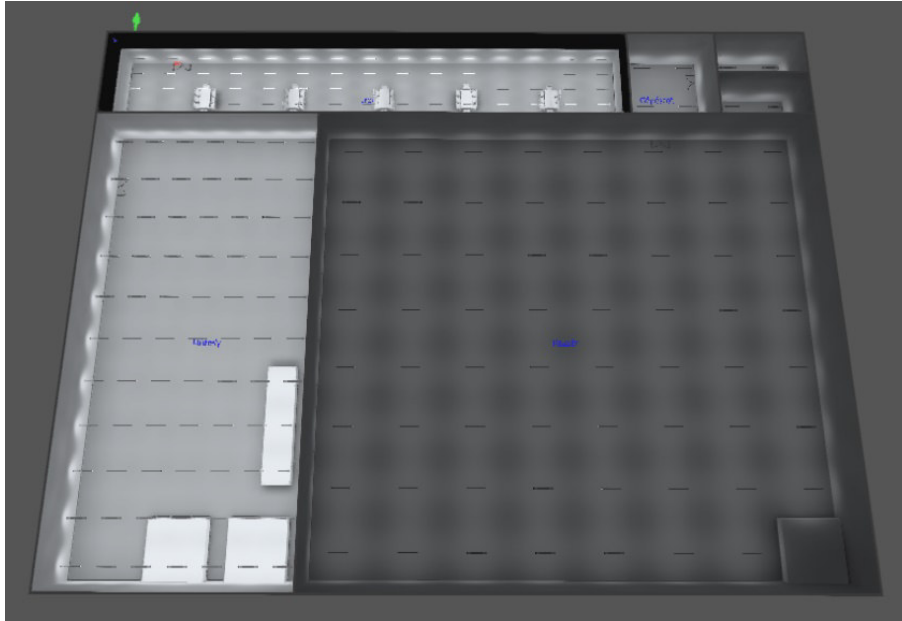
Tulajdonságok	$\bar{E}$ (Előírt)	$E_{min.}$	$E_{max.}$	g_1	g_2	Index
Iroda	507 lx	392 lx	600 lx	0.77	0.65	CG1
Merőleges megvilágítási erősség Magasság: 0.800 m, Szélső övezet: 0.500 m	(≥ 500 lx) ✓					

12. ábra: Világítási kalkuláció eredménye [1]

8.4. Az épület további részének a világítás méretezése

Az előbb említett lépéseket az épületben lévő összes helyiségre vonatkozólag elvégeztem, az MSZ EN 12464-1:2012 szabványban előírtaknak megfelelő eredményeket kaptam.

A 13. ábrán egy 3D-s metszeten szeretném bemutatni az épületen belül lámpatestek elhelyezkedését:



13. ábra: Az épület 3D-s metszete [1]

Végül a 6. táblázatba rögzítettem azt, hogy a további helyiségekben milyen típusú világítótesteket használtam a tervezés során, valamint azt is, hogy hány darab került elhelyezésre az épületben.

Lámpatest gyártója, típusa	Helyiség	Darabszám
Philips WT470C LED64S/840 PSU WB L1600	Műhely	77 db
	Gépészeti helyiség	4 db
	Transzformátor helyiség	2 db
Philips WT470C LED42S/840 PSU WB L1300	0,4 kV helyiség	2 db
Philips WT470C LED35S/840 PSD WB TC5 L1600	Raktár	63 db
Philips SP532P LED58S/940 PSD PI5 SM2 L1130 ALU	Iroda	75 db

6. táblázat: Világítótestek összesítése [9]

9. REVIT SZOFTVERBEN VALÓ 3D MODELLEZÉS

A tervezés során a szakágak közötti kommunikáció elengedhetetlen. A másik fél munkáját folyamatosan segíteni kell, ezért jó az, ha több szakág egy irodában dolgozik. Egy építésznek például meg kell tudni mondanunk, hogy milyen méretű transzformátor kerül az épületben elhelyezésre, mert ennek függvényében fogja hozzá a helyiséget kialakítani. Ismernie kell a megfelelő üzemeltetési- és karbantartási távolságokat. Valamint információt kell szolgáltatnunk azzal kapcsolatban, hogy a tokozott sínek és a kábeltálcák miatt hol lesz szükség a falak áttörésére. A gépészeknek fontos a hűtési rendszerek tervezésének szempontjából, hogy az általunk elhelyezett berendezések mekkora hőt fognak termelni.

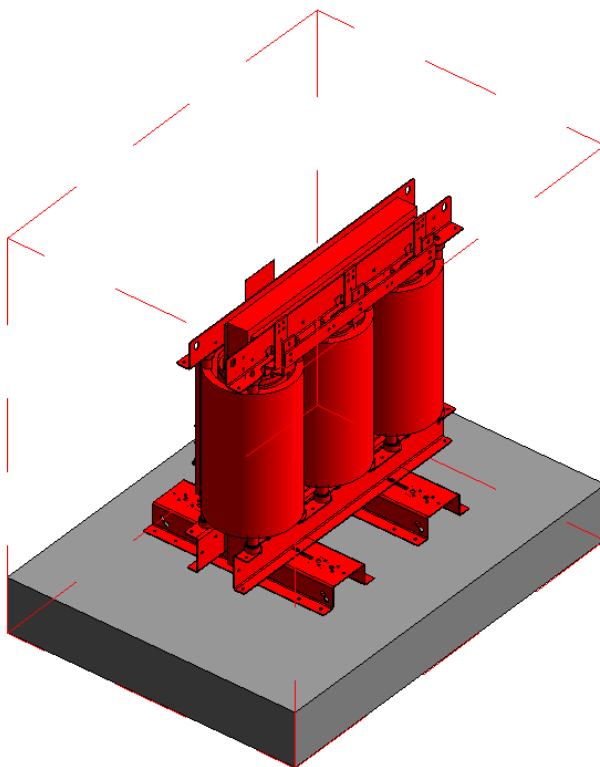
Szakágak, amelyek a tervezés során együtt dolgoznak:

- BIM szakértők
- Épületvillamossági tervezők
- Tartószerkezeti tervezők
- Épületgépész tervezők
- Beépített oltórendszer tervezők
- Építész tervezők
- Látványtervezők
- Közmű tervezők

A Revit szoftverben való 3D modellezés drasztikusan növeli a hatékonyságot. A projektek precízebb, gyorsabb és átláthatóbb tervezhetőségét teszi lehetővé. Minden szakág egy modellen dolgozik, így az esetleges ütközések azonnal orvosolhatóak.

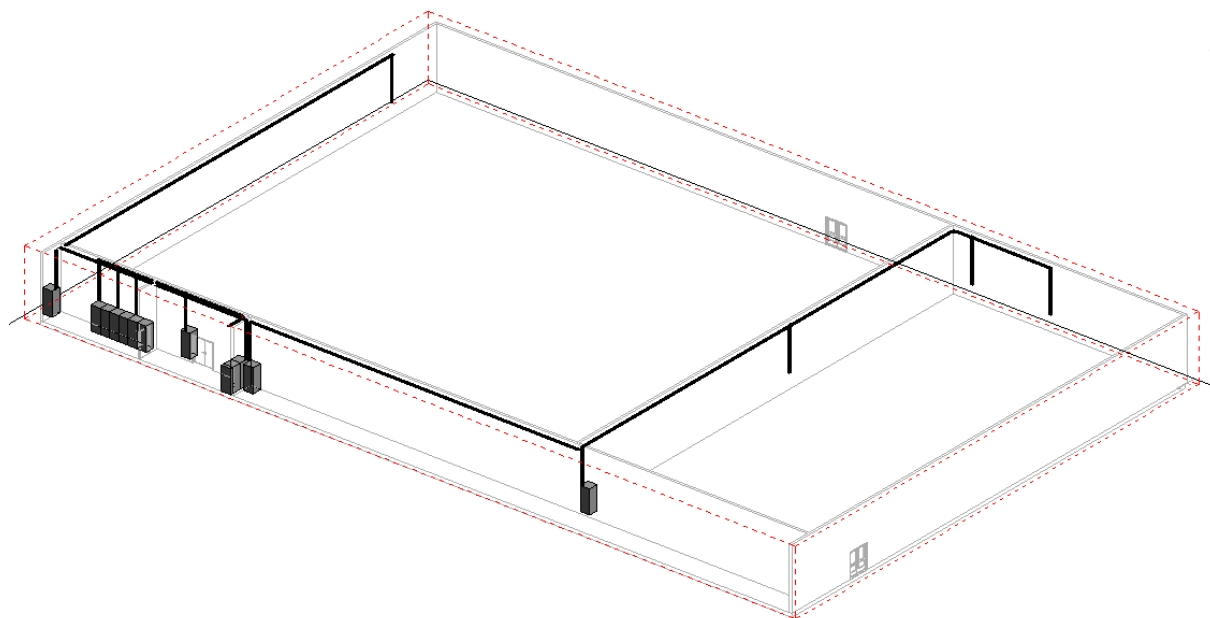
Végezetül néhány 3D-s metszetet szeretnék bemutatni, amelyen láthatóak, hogy milyen modellezéseket végeztem a szakdolgozatom készítése során.

A 14. ábrán látható az épületben elhelyezkedő 630 kVA teljesítményű, 22/0,4 kV-os Siemens GEAFOL típusú száraz transzformátor metszete:



14. ábra: 22/0,4 kV-os Siemens GEAFOL típusú száraz transzformátor 3D-s metszete [1]

A 15. ábrán az ipari létesítmény 3D-s metszete tekinthető meg, amelyben kiemeltem főelosztó- és az alelosztó kapcsolószekrények, valamint kábeltálcák elhelyezkedését:



15. ábra: Az épület 3D-s metszete [1]

ÖSSZEFOGLALÁS

Szakdolgozatomban egy többcélú ipari létesítmény épületvillamosságát terveztem meg. Megismerkedtem az erre vonatkozó törvényekkel, rendeletekkel, szabályzatokkal és szabványokkal. Az egyes fejezetekben ismertettem a munkám során alkalmazott tervezési folyamatokat.

Bemutattam az épületet, majd meghatároztam a villamosenergia-igényeket. Megvizsgáltam azt, hogy milyen feszültség szinten gazdaságosabb vételezni a villamos energiát. Kiválasztottam az elosztószekrények helyét, majd ezt követően a kábelnyomvonalakat határoztam meg. Kábelek villamos tervezése csak ezután következett. A világítás méretezést a DIALux nevű szoftverben végeztem el. A 3D modellezéshez a Revit nevezetű programot használtam.

Szakdolgozatom írása során nagyon sok új ismerettel lettem gazdagabb. Bakos Istvántól, a külső konzulensemtől nagyon sok segítséget kaptam. Betekintést nyerhettem abba, hogy hogyan kell egy épület épületvillamosságát megtervezni.

SUMMARY

In my dissertation, I designed the building electricity of a multi-purpose industrial facility. I have read the relevant laws, regulations, rules and standards. In each chapter, I described the design processes used in my work.

I introduced the building and then determined the electricity needs. I examined at what voltage level it is more economical to receive electricity. I selected the location of the distribution cabinets and then determined the cable traces. The electrical design of the cables only followed. The lighting sizing was done in software called DIALux. I used a program called Revit for 3D modeling.

During the writing of my dissertation, I became richer with a lot of new knowledge. I received a lot of help from István Bakos, my external consultant. I was able to gain insight into how to design the building electricity of a building.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Saját készítésű kép
- [2] Dr. Novothny Ferenc (PhD), Villamosenergia-ellátás I. Példatár ÓE KVK 2053., Budapest, 2015.
- [3] Dési Albert, Épületvillamosság - Építési kézikönyvek 7., Budapest, 2003
- [4] Dr. Novothny Ferenc (PhD), Villamosenergetika I. Példatár ÓE KVK 2051., Budapest, 2010.
- [5] kábel átmérő számítás Vezetékek terhelhetősége, méretezése - hu.outletstore2021.ru, <https://hu.outletstore2021.ru/content?c=k%C3%A1bel%20%C3%A1tm%C3%A9r%C5%91%20sz%C3%A1m%C3%ADt%C3%A1s&id=4> [megtekintés dátuma: 2021.04.20]
- [6] NYCWY - VLG Kábelkereskedelmi Kft., <http://www.vlg.hu/arukinalatunk/kabelek-es-vezetek/eroatviteli-kabelek-1-30-kv-rez-sodratok/nycwy> [megtekintés dátuma: 2021.04.22.]
- [7] NYY - VLG Kábelkereskedelmi Kft., <http://www.vlg.hu/arukinalatunk/kabelek-es-vezetek/eroatviteli-kabelek-1-30-kv-rez-sodratok/nyy> [megtekintés dátuma: 2021.04.22.]
- [8] NHXH FE180/E90 - VLG Kábelkereskedelmi Kft., <http://www.vlg.hu/arukinalatunk/kabelek-es-vezetek/halogenmentes-kabelek-es-vezetek/nhxx-fe180-e90> [megtekintés dátuma: 2021.04.22.]
- [9] Saját készítésű táblázat
- [10] Áram árak - Üzleti - E.ON, <https://www.eon.hu/hu/uzleti-es-kozigazgatasi/aram/arak-tarifadijak.html> [megtekintés dátuma: 2021. 12. 04.]
- [11] Dr. Németh György: Korrózióvédelem, Széchenyi István Egyetem, Szerkezetépítési és Geotechnikai Tanszék, 2012, <http://www.sze.hu/~nemethgy/korrozio.pdf> [megtekintés dátuma: 2021. 11. 15.]

- [12] Kábeltálca, SKS 60 FS | OBO, <https://www.obo.hu/termek/vedelmi-rendszerek/tuzallo-kabelrendszerek-szabvanyos-tuzallo-kabeltarto-szerkezetek-es-elhelyezesi-modok/kabeltalca/kabeltalca-sks-60-fs.html> [megtekintés dátuma: 2021. 11. 15]
- [13] Kábelletra LG 60, 6 m VSF | OBO, <https://www.obo.hu/termek/vedelmi-rendszerek/tuzallo-kabelrendszerek-szabvanyos-tuzallo-kabeltarto-szerkezetek-es-elhelyezesi-modok/kabelletra/kabelletra-lg-60-6-m-vs.html> [megtekintés dátuma: 2021. 11. 15]
- [14] KNS 2009, https://www.kopos.hu/sites/default/files/catalog/2019/01/po_hu.pdf [megtekintés dátuma: 2021. 11. 15.]
- [15] MSZ EN 12464-1:2012 szabvány
- [16] LV432876 - 3P3D Micrologic 2.3 630A NSX630F komplett megszakító | Schneider Electric Magyarország, <https://www.se.com/hu/hu/product/LV432876/3p3d-micrologic-2-3-630a-nsx630f-komplett-megszak%C3%ADt%C3%B3/> [megtekintés dátuma: 2021. 12. 08.]
- [17] WT470C LED64S/840 PSU WB L1600 | 910925863832 | Philips, https://www.lighting.philips.com/main/prof/indoor-luminaires/waterproof-and-cleanroom/waterproof-luminaires/pacific-led-gen4/910925863832_EU/product [megtekintés dátuma: 2021. 11. 30.]
- [18] WT470C LED42S/840 PSU WB L1300 | 910925863819 | Philips, https://www.lighting.philips.com/main/prof/indoor-luminaires/waterproof-and-cleanroom/waterproof-luminaires/pacific-led-gen4/910925863819_EU/product [megtekintés dátuma: 2021. 11. 30.]
- [19] WT470C LED35S/840 PSD WB TC5 L1600 | 910925863817 | Philips, https://www.lighting.philips.com/main/prof/indoor-luminaires/waterproof-and-cleanroom/waterproof-luminaires/pacific-led-gen4/910925863817_EU/product [megtekintés dátuma: 2021. 11. 30.]

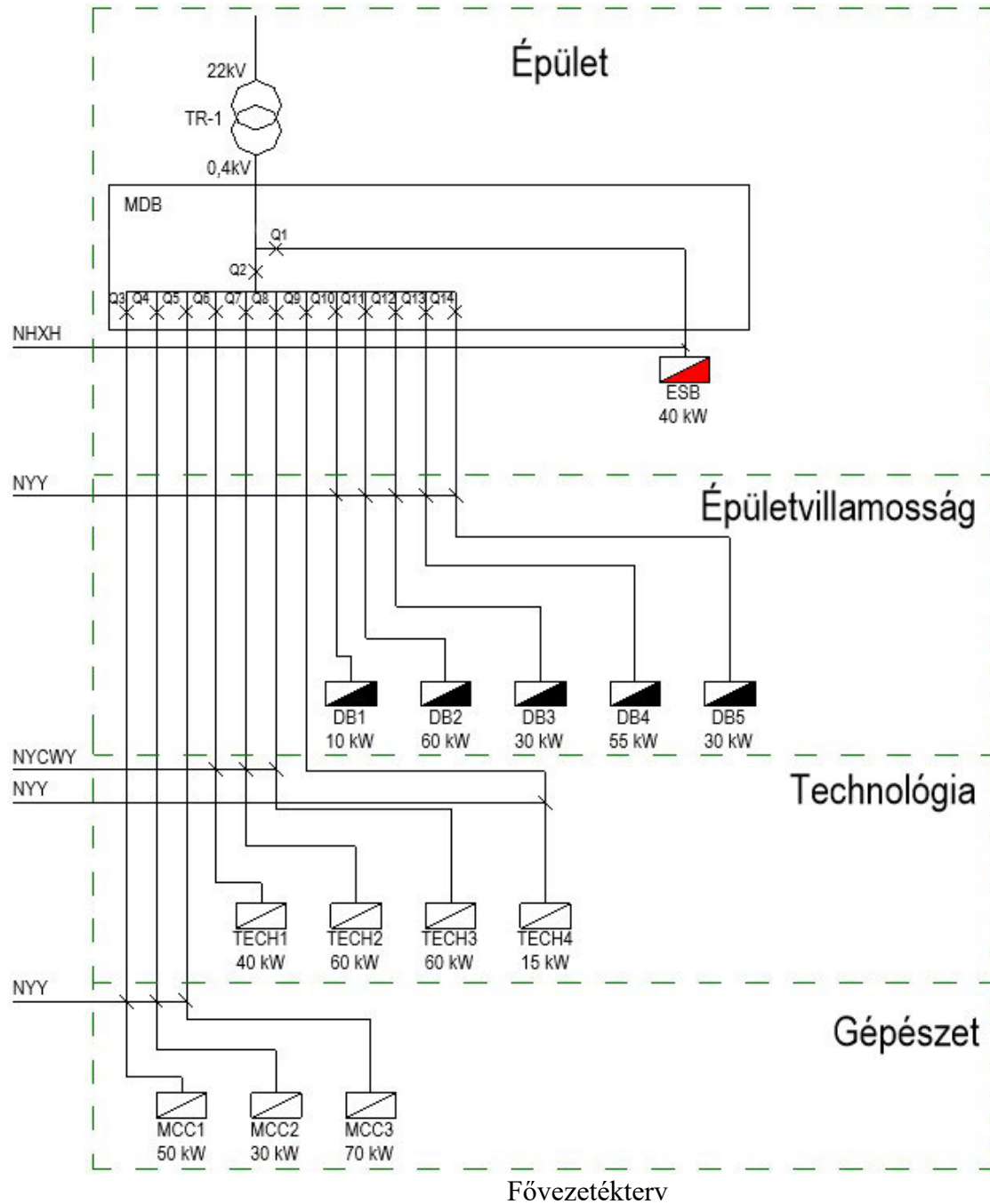
- [20] SP532P LED58S/940 PSD PI5 SM2 L1130 ALU | 910505100123 | Philips,
https://www.lighting.philips.hu/prof/belteri-lampatestek/fueggesztett-lampatestek/linear-pendant/trueline-fueggesztett/910505100123_EU/product
[megtekintés dátuma: 2021. 11. 30.]

ÁBRAJEGYZÉK

1. ábra: Alaprajz [1]	6
2. ábra: Acéllemez kábeltálca [12]	18
3. ábra: Kábelletra [13].....	19
4. ábra: Tűz ellen védett kivitelű kábelletrák [14]	20
5. ábra: Tűz ellen védett kábeltálcák [14]	20
6. ábra: Elosztószekrények, kábelnyomvonal [1].....	21
7. ábra: NYCWY típusú kábel [6].....	33
8. ábra: NYY típusú kábel [7]	34
9. ábra: NHXH FE180/E90 típusú kábel [8]	35
10. ábra: Iroda bútorzata [1]	38
11. ábra: Az iroda 2D-s metszete [1].....	40
12. ábra: Világítási kalkuláció eredménye [1]	40
13. ábra: Az épület 3D-s metszete [1]	41
14. ábra: 22/0,4 kV-os Siemens GEAFOL típusú száraz transzformátor 3D-s metszete [1] ...	43
15. ábra: Az épület 3D-s metszete [1]	44

MELLÉKLETEK

1. sz. melléklet:



2. sz. melléklet:

	Elosztó neve	Honnan	Hová	Teljesít- mény [kW]	Feszültség- szint [V]	Teljesítmény- tényező	Vezető fajlagos ellenállása [Ωmm ² /m]	Kábel- hossz [m]	Kereszt- metszet [mm ²]	Áram- erősség [A]	Feszültség- esés [%]	Kábel típus
Épületvillamosság	DB1	0,4	0,4	10	400	0,9	0,018	16	2,5	16	0,7	NYN
	DB2	0,4	Iroda	60	400	0,9	0,018	30	25	96,2	0,8	NYN
	DB3	0,4	Műhely	30	400	0,9	0,018	58	25	48,1	0,8	NYN
	DB4	0,4	Raktár	55	400	0,9	0,018	25	16	88,2	1	NYN
	DB5	0,4	Külér	30	400	0,9	0,018	26	10	48,1	0,9	NYN
Gépészet	MCC1	0,4	Gépészet	50	400	0,75	0,018	30	25	96,2	0,7	NYN
	MCC2	0,4	Gépészet	30	400	0,75	0,018	31	10	57,7	1	NYN
	MCC3	0,4	Gépészet	70	400	0,75	0,018	32	25	134,7	1	NYN
Technológia	TECH1	0,4	Raktár	40	400	0,8	0,018	81	35	72,2	1	NYCWY
	TECH2	0,4	Műhely	60	400	0,8	0,018	102	70	108,3	1	NYCWY
	TECH3	0,4	Műhely	60	400	0,8	0,018	109	95	108,3	0,8	NYCWY
	TECH4	0,4	Műhely	15	400	0,8	0,018	61	10	27,1	1	NYN
Tűzeseti f.	ESB	0,4	Gépészet	40	400	0,75	0,018	33	16	77	0,9	NHXX

Összesített táblázat