



SZAKDOLGOZAT

ÓE-KVK

Hallgató neve:

Skolnyik Norbert

2021.

Hallgató törzskönyvi száma:

T009423/FI12904/K

Kötelezően választható tantárgycsoport: Elosztott villamos energia
termelés
Napelemes rendszerek
Megújuló erőművek létesítése és üzemé



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar
Villamosenergetikai Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Skolnyik Norbert

Szakedolgozat száma: SZD21090213455938

Törzskönyvi száma: T009423/FI12904/K

Neptun kódja: XXXXXXXXXX

Szak: Napelemes rendszerek létesítése (szakmérnök)

Specializáció:

A dolgozat címe: Épületvillamosság tervezése - Orvosi rendelő és gyógyszerár

A dolgozat címe angolul: Building's electricity Planning - Doctor's office and pharmacy

A feladat részletezése: 1. Villamosenergia-igény, napenergiával ellátás felmérése.

2. Vonatkozó műszaki előírások ismertetése.

3. Tervezés, szükséges számítások elvégzése.

4. Készülék és anyag kiválasztás.

5. Túláram-, túlfeszültség-, áramütés elleni védelem kialakítása

Intézményi konzulens neve: Dr. Novothny Ferenc Miklós

A kiadott téma elévülési határideje: -

Beadási határidő: 2021. 12. 15.

A szakedolgozat: 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. december. 14.

.....
hallgató aláírása

TARTALOM

BEVEZETÉS	5
1. A PROJEKT BEMUTATÁSA	6
2. VONATKOZÓ MŰSZAKI ELŐÍRÁSOK	8
3. ELLÁTÁS NAPENERGIÁVAL	10
4. VILÁGÍTÁSTERVEZÉS	13
4.1 Világítástechnika alapfogalmak	13
4.2 A világítás méretezése	15
4.3 Lámpák kiválasztása	16
4.4 A belsőtéri világítás méretezése	16
4.5 Tartalékvilágítás	20
4.6 Külsőtéri világítás	20
5. ALAPRAJZI TERVEZÉS	22
6. VILLAMOSENERGIA-ELOSZTÁS	24
6.1 Áramkörök kialakítása	24
6.2 Kábelek és vezetékek kiválasztása	25
6.3 Kapcsolókészülékek kiválasztása	32
6.3.1 Alkalmazott védelmi készülékek	32
6.3.2 Védelmek kiválasztása	36
6.3.3 Leválasztó kapcsolók kiválasztása	38
7. VILLÁM- ÉS TÚLFESZÜLTSG-VÉDELEM	40
7.1 Kockázatelemzés	41
7.2 Villámvédelem tervezése	44
7.3 Túlfeszültség-védelem kialakítása	46
8. NAPELEMES RENDSZER	48
8.1 Inverter kiválasztása	49
8.2 Stringek meghatározása	49
8.3 Vezetékek méretezése	50
8.4 Napelemes rendszer védelme	53
ÖSSZEFOGLALÁS	56
IRODALOMJEGYZÉK	57
ÁBRAJEGYZÉK	59

TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE.....	61
ELEKTRONIKUS MELLÉKLETEK	62

BEVEZETÉS

Szakedolgozatom tárgya egy orvosi rendelő és gyógyszerár épületvillamossági tervezése, amely épületnél az energiafelhasználás részben napelemes rendszerrel történik. Jelenleg társtervezőként dolgozom egy villamos tervezői cégnél, így ezért esett a választásom erre a témára. Célom, hogy a dolgozatban bemutassam a rendelő és gyógyszerár épületvillamos tervezésének lépéseit, napelemes szakmérnök hallgatóként kitérve a napelemmel való energiaellátásra.

Az emberiség villamos-energiaigény szinte folyamatosan növekszik, 2009 óta 2020 volt az első év, amikor csökkent a világ villamos energia felhasználása. Az utóbbi három évtizedben jelentősen változtak a felhasználói szokások és az elektronikában nagymértékű fejlődés figyelhető meg. Egyre nagyobb a törekvés a megújuló energiaforrások használatára, és a villamos tervezőknek is egyre nagyobb a felelőssége, hogy hosszútávon élhető és gazdaságos épületeket hozzunk létre. [2]

A villamos tervezőnek feladata, hogy elemzések, számítások és méretezések alapján létrehozzon egy egységes tervdokumentációt, amely szerint a meghatározott feladat megérthető és megvalósítható.

A villamos tervdokumentációt, az érvényes szabványokat, rendeleteket szem előtt tartva, egyeztetve a szakági társtervezőkkel, szakhatóságokkal, megrendelőkkel alakítja ki. A tervezés során mindig figyelembe kell venni az adott műszaki, pénzügyi, megbízói adottságokat és igényeket.

A villamos tervező szerepét a tervezendő munka jellege határozza meg. Egy épület vagy építmény tervezésénél több szaktervező együttműködése szükséges. A villamos tervező munkája függ a társtervezők által meghatározott elektromos és egyéb szabályozási, stb. feladatoktól. A dolgozatomban szeretném bemutatni a villamos tervezőnek hogyan kell elkészíteni a terveket, meghatározó szerepet betöltve a világítástechnika, a hibavédelem, az energiaellátás, a villámvédelem és a túlfeszültség elleni védelem szaktervezésében, és milyen új kihívások jelentkeznek ezeken a területeken, ha napelemes rendszer tervezése is a feladat. [1]

1. A PROJEKT BEMUTATÁSA

A létesítményben műtét és nagyobb beavatkozások nélküli egészségügyi szolgáltatások lesznek. Az épületben rendelő lesz, kezelő helyiséggel, konzultációs szobával és váróval valamint külön részként tanácsadás, szintén konzultációs szobával és váróval. A személyzet részére külön bejáratot, személyzeti öltözőt, zuhanyzót és tartózkodót tervezett az építész. Ezek mellett lesz vizes blokk, akadálymentes WC-vel.

A tervezett épület bruttó alapterülete $308,99 \text{ m}^2$, és az épülethez kialakítanak egy parkolót is, amihez térvilágítás szükséges. A parkoló bejáratánál egy sorompót helyeznek el, ehhez villamos betáplálás szükséges. Az orvosi rendelő és a gyógyszertár is akadálymentesített lesz.

Az orvosi rendelő és gyógyszertár egy földszintes épület lesz összetett nyeregtetővel. Az épület alatt monolit vasbeton alapozás készül. A teherhordó falak előregyártott Porotherm 30N+F falazóelemekből készülnek, a külső falak 20 cm vastag expandált PS hab homlokzati hőszigeteléssel ellátva. A válaszfalak 10 cm vastagságban gipszkarton falazatok. A földem vasbeton, 30 cm lépésálló hőszigeteléssel ellátva. A tető hagyományos fa szerkezetű nyeregtető, acél megerősítéssel, betoncserép héjazattal.

A gyógyszertári részt épületszerkezetekkel elhatárolva létesül. A gyógyszertár helyiségei: officina (gyógyszertári helyiség), személyzeti vizes blokk, hűvös raktár.

A projekt korai szakaszában, már az engedélyes műszaki leírás elkészítésekor szükséges megadni egy előzetes beépített és várható egyidejű teljesítmény értéket. Ebben a korai szakaszban, ezeket a teljesítményeket a tervező, a gyakorlat alapján megbecsüli a beruházói igények és a szakági tervezőktől kapott adatszolgáltatások alapján. Beruházói oldalról felmerült az igény napelemes rendszer kialakítására.

Jelen esetben az orvosi rendelő és gyógyszertárnál számolni lehet az általános világítást területnagyság és megvilágítási szükség alapján, térvilágítást is figyelembe véve a külső terület nagyságára vonatkoztatva, a számítógépes munkahelyek számait illetve az épületgépészeti engedélyes tervdokumentációban feltüntetett fűtési-hűtési berendezések villamos teljesítményeit.

Ha az építési engedélyezési folyamat során megkapja az építési engedélyt az épület, kezdődhet a kiviteli tervdokumentáció elkészítése. A kiviteli tervek elkészítéséhez minden esetben szükséges a szakági tervezők adatszolgáltatása.

A tervek elkészítéséhez az AutoCAD tervező és a DIALux világítástervező szoftvert használok, amelyek jelentősen könnyítik és gyorsítják a tervezés folyamatát. Az AutoCAD által használt egyik fájlformátum a DWG, ennek használata elterjedt és a DIALux program is képes használni.

2. VONATKOZÓ MŰSZAKI ELŐÍRÁSOK

A szabványok szakmailag mértékadó és elismert szervezet által alkotott, illetve jóváhagyott, közmegegyezéssel elfogadott műszaki dokumentumok, amelyek általános és ismételten alkalmazható szabályokat, útmutatókat vagy jellemzőket tartalmaznak. Ezek alkalmazásával a rendező hatás az adott feltételek között a legkedvezőbb és a legbiztonságosabb. Általában a szabvány alkalmazása nem kötelező, de jogszabály elírhatja a kötelező alkalmazását. [1]

A tervezési munka során alkalmazott szabványok:

MSZ 447:2009	Csatlakozás kisfeszültségű, közcélú elosztóhálózatra
MSZ 2364	Épületek villamos berendezéseinek létesítése
MSZ HD 60364	Kisfeszültségű villamos berendezések
MSZ EN 12464-1:2012	Fény és világítás. Munkahelyi világítás. 1. rész: Belsőtéri munkahelyek
MSZ EN 62305	Villámvédelem
MSZ 13207:2000	0,6/1 kV-tól 20,8/36 kV-ig terjedő névleges feszültségű erősáramú kábelek és jelzőkábelek kiválasztása, fektetése és terhelhetősége
MSZ EN 1838:2014	Alkalmazott világítástechnika. Tartalékvilágítás

1. táblázat: Szabványok

Az MSZ 2364 és az MSZ HD 60364 szabvány sorozatokat jelölnék, ezeknek csak bizonyos részei alkalmazandók a tervezés során, amelyekre a vonatkozó részeken ismertetek. Az MSZ EN 62305 is szabványsorozat, ennek minden része alkalmazandó a tervezési munka során.

Egy villamos tervezésnél foglalkozni kell az Országos Tűzvédelmi Szabályzat (OTSZ) villamos hálózatokkal kapcsolatosan elvárt követelményeivel, valamint a tűzeseti fogyasztók villamos ellátását biztosító hálózatokkal.

„A Tűzvédelmi Műszaki Irányelvek az Országos Tűzvédelmi szabályzatról szóló 54/2014 (XII. 5.) BM rendeletben (egyszerűbben: OTSZ) előírt követelmények teljesítésére

tartalmazznak megoldásokat. Az irányelvek alkalmazásával az OTSZ vonatkozó követelményei teljesülnek, az OTSZ által elvárt biztonsági szint megvalósul.” [25]

A tervezésnél figyelembe vett irányelvek és szabályzat:

54/2014. (XII. 5.) BM rendelet	Országos Tűzvédelmi Szabályzat
TvMI 1.4:2020.07.20.	Tűzvédelmi Műszaki Irányelvek

2. táblázat: Szabályzat és irányelvek

A terveket a szabályzat, a szabványok és az irányelvek figyelembe vételével végeztük el.

3. ELLÁTÁS NAPENERGIÁVAL

Az orvosi rendelő és gyógyszerertárban hálózatra kapcsolt napelemes rendszer lesz. A napelemek által megtermelt egyenáramot az inverter 230V/50Hz-es váltakozó áramra konvertálja. A fel nem használt megtermelt villamos energiát Magyarországon az áramszolgáltató megvásárolja. Ehhez egy kétirányú (ad-vesz) fogyasztásmérő óra szükséges, amin keresztül vezetve bekerül a villamos energia az áramszolgáltató rendszerébe, és ha az ingatlan villamos energiaigénye nagyobb, mint az áramtermelő rendszer pillanatnyi teljesítménye, akkor a hálózatról vételez energiát. Ezzel biztosítható, hogy elsősorban a megújuló energiát használják fel, és ellátás nélkül soha nem marad az intézmény. Gazdasági szempontból érdekesebb minél többet felhasználni a megtermelt energiából.

Az épületgépész tervező az engedélyes tervekben elősorban villamos energiát felhasználó berendezéseket tervezett az épülethez. A fűtési feladatot elektromos kazán látja el, a hűtési feladatot split klímák, a melegvíz előállításához elektromos vízmelegítőt választott. Emiatt az épület várható egyidejű villamos teljesítménye jelentősen megnő, így van létjogosultsága a napelem telepítésének, a megtermelt energiát helyben fel tudja használni.

Az építészirodától kapott tervek alapján tudjuk a beépítési módot, az épület illetve az építési telek alapterületét, a rendeltetési egységeket, az épület tájolását.

A napelemes rendszer teljesítményét illetően érdemes a gépészeti berendezések teljesítményét figyelembe venni, illetve a megrendelő igényét és pénzügyi kereteit. Előzetes éves fogyasztás becslése alapján megállapítható, hogy mekkora legyen a telepítendő napelemes rendszer teljesítménye.

Az előzetes becslés során a számolást három fő egységre illetve időszakra bontottam. Mivel a legnagyobb teljesítmény az elektromos kazán, ami csak a hideg hónapokban üzemel, így van egy hideg hónapos számolás (4 hónap). Egyéb nagyobb villamos fogyasztók a klímák, amit nyáron használnak, általában csak a legmelegebb időszakokban, itt egy hónapos időtartamot számoltam. Az orvosi rendelőben és gyógyszerertárban napi 8 órát tartózkodnak. Egész évben üzemelő fogyasztónak vettem a munkahelyi dugaszolós aljzatokat (egyenként 0,4 kW-ot számolva) és a vízmelegítőt. A

munkahelyi dugaszoló aljzatokra számítógépek illetve kisebb nyomtatók csatlakoznak majd, napi üzemidejét 6 órában határoztam meg, mivel a megrendelő tájékoztatása alapján nem lesz mindegyik munkahelyi csatlakozás napi 8 órában használva. A világítás fogyasztása nem mérhető, ezért azt kihagytam a számolásból. Az egyéb napi üzemidőket a tervezői tapasztalat, illetve a megrendelővel egyeztetett adatok alapján adtam meg.

Hideg hónapok

Berendezés	Teljesítmény [kW]	Napi üzemidő [h]	Fogyasztás 1 nap [kWh]	Fogyasztás 1 hónap [kWh]	Fogyasztás 4 hónap [kWh]
Kazán	18	6	108	3240	12960

3. táblázat: Téli fogyasztás

Nyári hónap

Berendezés	Teljesítmény [kW]	Napi üzemidő [h]	Fogyasztás 1 nap [kWh]	Fogyasztás 1 hónap [kWh]
Klíma 1.	2,3	6	13,8	414
Klíma 2.	2,3	6	13,8	414
Klíma 3.	2,3	6	13,8	414
Klíma 4.	2,3	6	13,8	414
Klíma 5.	2,3	6	13,8	414
Klíma 6.	2,3	6	13,8	414
Klíma 7.	2,3	6	13,8	414
Klíma 8.	2,3	6	13,8	414
			Összesen	3312

4. táblázat: Nyári fogyasztás

Egész évben

	Teljesít- mény [kW]	Darab- szám	Napi üzemidő [h]	Fogyasztás 1 nap [kWh]	Fogyasztás 1 hónap [kWh]	Fogyasztás 1 év [kWh]
Munkahelyi dug. aljzatok	0,4	8	6	19,2	576	6912
Vízmelegítő	1,2	1	2	2,4	72	864
					Összesen	7776

5. táblázat: Egész éves fogyasztás

Összesített fogyasztás

Téli fogyasztás [kWh]	12960
Nyári fogysztás [kWh]	3312
Egész éves munkahelyi [kWh]	7776
Összesen [kWh]	24048

6. táblázat: Összesített fogyasztás

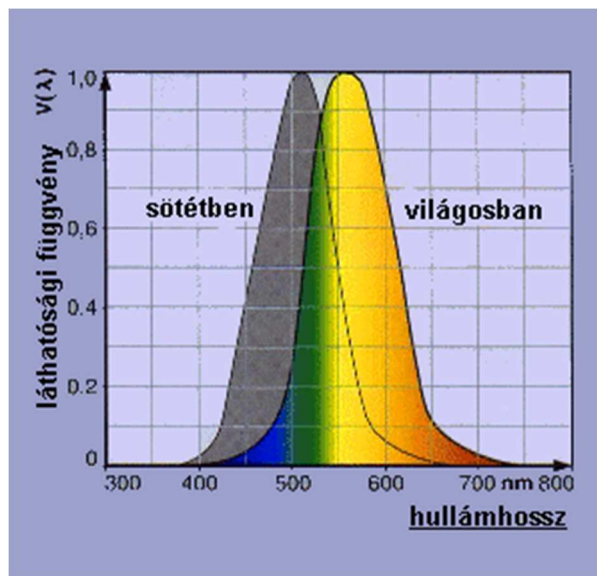
Az előzetes fogyasztás eredménye szerint egy 20 kW-os napelemes rendszer csatlakoztatásával számolunk a tervezés során.

4. VILÁGÍTÁSTERVEZÉS

Az épületvillamosságban többféle világítási hálózatot kell kialakítani a létesítmény jellege alapján, ide tartozik a normál vagy üzemi világítás, tartalékvilágítás, dekorációs világítás illetve térvilágítás. A tartalékvilágítás lehet biztonsági világítás vagy helyettesítő világítás. Az orvosi rendelő és gyógyszerhához normál világítási, biztonsági világítási és térvilágítási hálózat tervezése szükséges.

4.1 Világítástechnika alapfogalmak

Az elektromágneses sugárzás szemünk által érzékelhető része a fény, ezt nevezzük a látható tartománynak. A világítótestek által kibocsátott fény megvilágítja a környezetünkben lévő tárgyakat, felületeket. A megvilágított felületekről a szemünkbe is érkezik a fény, így keletkezik az agyban a megvilágított felületnek megfelelő képi információ. A különböző hullámhossz-értékekhez különböző színek tartoznak, ezért szemünk a spektrum színeit nem azonos módon érzékeli. A relatív érzékenységet a hullámhossz függvényében ábrázolva megkapjuk a láthatósági vagy $V(\lambda)$ függvényt. [4]



1. ábra: Láthatósági függvény

Fényáram: egy fényforrás által kisugárzott fény összes teljesítményének az emberi szem által érzékelhető része. Jele: Φ . Mértékegysége: lumen (lm).

Fényerősség: a fényáram adott irányú $d\Omega$ elemi térszögbe sugárzott $d\Phi$ fényáramnak és az elemi térszögnek a hányadosa. Jele: I . Mértékegysége: kandela (cd).

$$I = \frac{d\phi}{d\Omega}$$

A világítástechnikai gyakorlati számításhoz a fényerősség térbeli eloszlása szükséges. A kandela ismeretében a lumen pontosabb meghatározása: „1 lumen az a fényáram, melyet a minden irányban 1 kandela fényerősséggel sugárzó fényforrás 1 szteradián térszögben kibocsát”.

Megvilágítás: „valamely felület adott pontjában az adott pontot tartalmazó felületelemre eső fényáramnak és a felületelemnek a hányadosa”. Jele: E. Mértékegysége: lux (lx).

$$E = \frac{d\phi}{dA}$$

„1 lux a megvilágítás egy 1 m²-es felületen, ha arra egyenletesen 1 lumen fényáram esik”. A fényforrástól távolodva csökken a megvilágítás.

Fotometrikai távolságtörvény: kifejezi a megvilágítás változását a távolság (R) függvényében.

$$E = \frac{I}{R^2}$$

Fénysűrűség: „egy adott felület fénysűrűségén (L) a felületről merőlegesen kisugárzott fényerősségnek (I) és a felületnek (A) a hányadosát értjük”. Mértékegysége: cd/m².

$$L = \frac{I}{A}$$

Ha egy sugárzás valamilyen anyag felületével találkozik háromféle kölcsönhatás következhet be:

- Reflexió (visszaverődés): a sugárzás visszaverődik a határfelületről.
- Transzmisszió (áteresztés): a sugárzás az anyagba behatol és az átellenes határfelületén kilép.
- Abszorpció (elnyelés): a sugárzás elnyelődik az anyagban.

Minden anyagnak van egy világítástechnikai anyagjellemzője. A beltéri világításban a reflexiós tényezőnek (ρ) fontos szerepe van, a falak és tárgyak fényvisszaverő képessége befolyásolja egy helyiség világosságát. [4]

4.2 A világítás méretezése

Egy munkahely kialakításánál fontos szempont a megfelelő megvilágítás. Erre vonatkozólag a munkahelyek mesterséges megvilágításának előírásaival az MSZ EN 12464-1 európai szabvány foglalkozik.

A tervezés tárgyát érintő fontosabb megvilágítási követelmények [5]:

Terület jelleg, tevékenység	Megvilágítás
Orvosi vizsgáló	500 lx
Gyógyszertár általános világítás	500 lx
Személyzeti tartózkodók egészségügyi intézményben	300 lx
Várószobák	200 lx

7. táblázat: Megvilágítás értékek

A világítás méretezésére több módszer létezik. Az egyik módszer a hatásfok módszer. A gyakorlatban egy helyiség világítására egy fényforrás katalógusban leírt fényáramánál kevesebb fog jutni, a felületi visszaverődéseknél veszteség keletkezik, így maga a hasznos fényáram kisebb, mint amit a fényforrás sugároz. Egy világítási berendezés hatásfokát meghatározza a lámpatest hatásfoka, a helyiség reflexiós tényezői, a helyiség mérete, a lámpatestek elhelyezése és a lámpatest fényeloszlása. Képlet alapján kiszámítható a szükséges lámpatestek darabszáma. A számításhoz figyelembe kell venni az avulási tényezőt amely a világítási berendezés öregedését és szennyeződését jellemzi. [4]

A másik számítási módszer a pontmódszer. A pontmódszer gyakoribb és megbízhatóbb számítási módszer. A fotometriai távolságtörvényre alapszik, aminek a segítségével a világítótestek által létrehozott megvilágítás számítható, a felület egy-egy adott pontjában. Az eljárás során ki kell számítani az adott lámpatest fényerősségének a vízszintes és függőleges összetevőjét. Ezután képzeletben egy hálót fektetünk a megvilágítandó területre és a háló egyes metszéspontjaira meghatározzuk a vertikális és horizontális megvilágítást. [4]

4.3 Lámpák kiválasztása

A lámpák kiválasztása során figyelembe kell venni a helyiségben végzett munka jellegét, a por- és pára képződés mértékét. A külső mechanikai behatások elleni védelem fokozatát IP számokkal jelölik. Az IP fokozat két számjegyből áll, az első számjegy a szilárd idegen testek, a második a víz behatolása elleni védelmet jelenti. Az IP 20 védettség jelenti az alapvédettséget, alacsonyabb védettséggel nem készülnek lámpatestek. [6]

Két csoportra oszthatók a belsőre, helyhez kötött lámpák: felületre szerelhető és álmennyezetbe süllyeszthető típusokra. A lámpatesteknek van egy termikus jellemzője is, amely a külső környezet hőmérsékletének felső határa. [6]

Ezekén kívül szempontok még egy lámpatest kiválasztásánál a külső megjelenés, kezelhetőség, pótalkatrészek beszerezhetősége, energiatakarékosság, és egyéb szempontok, mint az adott helyiség sajátosságai és a megrendelő igényei. Szerelési módjuk alapján két nagy csoportra oszthatók a belsőre, helyhez kötött lámpatestek: a felületre szerelhető és álmennyezetbe süllyeszthető lámpatestekre. [6]

A világítástechnikában gyorsuló ütemben fejlődik a LED (fénykibocsátó dióda) technológia. Nagy előnye a LED-es lámpatesteknek, a hosszú élettartam, karbantartás-mentesség, érzéketlenség a mechanikai behatásokkal, rázkódással szemben, nagy megbízhatóság és a törpefeszültségről való működés. [6]

Az orvosi rendelőben és gyógyszerárban tartós pára képződése csak a zuhanyzó helyiségben lehetséges, tartós por képződése nem várható az épületben. Ezért a zuhanyzóba IP 65 védettségű lámpát választottunk, az épület többi helyiségébe az alapvédelemmel ellátott lámpatestek kerültek betervezésre. A létesítményben álmennyezet nem készül, így a tervezett lámpatestek mennyezetre szerltek, kivételt képez a két WC helyiség ahol oldalfalra kerülnek a lámpatestek. A mosókhoz tükör fölé szerelt LED lámpatesteket terveztünk.

4.4 A belsőtéri világítás méretezése

A méretezés folyamatának a bemutatásához a rendelő és asszisztens helyiség világítás tervezését írom le. A világítás méretezéséhez a DIALux világítástervező szoftvert használtam, ami jelentősen megkönnyíti a számítást. A program egy adott helyiség

megvilágítását számítja ki a kiválasztott és elhelyezett lámpatestek alapján. A helyiség vagy épület megrajzolható a DIALux-ban, vagy importálható DWG formátumú terv is. A DIALux-ban sok paraméter beállítható, például a felületek reflexiója, színe, anyaga, lámpák szerelési magassága.

A DIALux programba a DWG formátumú építész terveket importáltam, ezen felvettem a nullpontot és az X tengelyt, kijelöltem egy ismert hosszúságú távolság kezdő- és végpontját, így megkaptam a méretarányos alaprajzot. Ezek után rajzoltam a határoló szerkezeteket, beállítva a falvastagságot, belmagasságot.

Az MSZ EN 12464-1 szabvány útmutatást ad a felületek visszaverődési tényezőjének ajánlott tartományára:

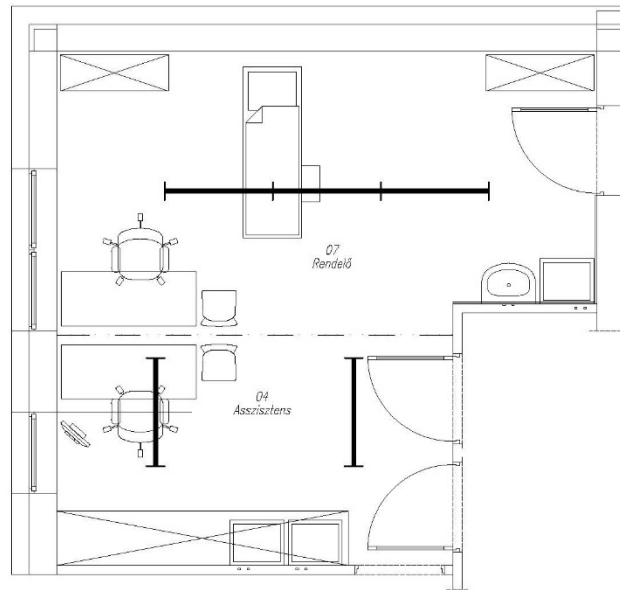
- mennyezet: 0,7-0,9
- falak: 0,5-0,8
- padló: 0,2-0,4. [5]

Az általam beállított várható visszaverődési tényezők értékei:

- mennyezet: 0,8
- falak: 0,65
- padló: 0,2.

A lámpatestgyártók jelentős része lámpatestfájlokat készít támogatásként a különböző termékekhez, amelyek használhatóak a DIALux programban. Ezek a fájlok tartalmazzák többek között a fényforrás típusát, teljesítményét, fényáramát, színhőmérsékletét, a lámpatest hatásfokát, fényeloszlási görbét.

Munkatársammal az adott helyiség berendezése és funkciója alapján megterveztük a lámpák elhelyezését, és kiválasztottuk a lámpatest típusát. A választott lámpatestet többféle méretben és teljesítményben forgalmazzák. A lámpák elhelyezésénél fő szempont, hogy a vizsgáló asztalnál és a munkahelyi asztaloknál legyen a legnagyobb a megvilágítás értéke.



2. ábra: Rendelő és asszisztens helyiség

Munkánk során a lámpákat elsősorban a SIMOTRADE gyártó termékei közül választjuk ki. A SIMOTRADE Magyarország egyik meghatározó lámpatestgyártója. Széles választék áll rendelkezésre a katalógusában, köztük már több a LED-es lámpatest is.

A gyártó által rendelkezésünkre álló lámpatestfájlok alapján elvégezhetjük a számítást a kiválasztott lámpatest többféle teljesítményű és méretű változataival.

A munkasíkot a rendelő és asszisztens helyiségben 0,7 m-re állítottam, mivel a látási feladat ebben a magasságban történik az asztaloknál és a kezelő asztalnál. A helyiség rendeltetése alapján az avulási tényező értékét 0,8-ra választottam.

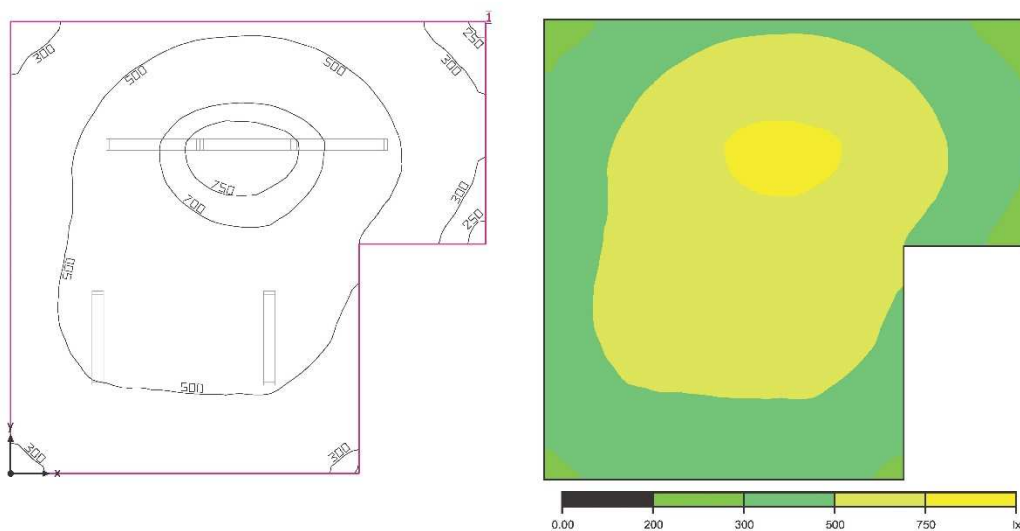
A rendelő és asszisztens helyiségbe tervezett lámpatest a SIMOTRADE STM PLAST-228 LED 5200 VZ típusú LED lámpatest.



3. ábra: SIMOTRADE STM PLAST-228 LED 5200 VZ lámpatest

A program számítása alapján a tervezett lámpatestekkel az átlagos megvilágítás értéke 512 lx. Ez eléri a szabványban meghatározott 500 lx-ot. A megvilágítás értéke mellett láthatjuk a megvilágítás eloszlását is. A betervezett lámpatestek és elrendezésük megfelelőek a végzett tevékenységek helyein (kezelő asztal, orvos és asszisztens asztala).

Rendelő és asszisztens



4. ábra: A megvilágítás eloszlása

4.5 Tartalékvilágítás

Tűzeset, elektromos zárlat illetve hálózati feszültség kimaradása esetén a normál vagy üzemi világítás megszűnhet. A tartalékvilágítás egy gyűjtőfogalom, amely magába foglalja a biztonsági és helyettesítő világítást. A helyettesítő világítás célja, hogy a szokásos tevékenység változatlanul elvégezhető legyen. [7]

Jelen esetben csak a biztonsági világítási hálózat, ezen belül csak a kijáratútvonalak biztonsági világítása a tervezési feladat, amelynek célja, hogy lehetővé tegye a helyiség biztonságos elhagyását, amennyiben megszűnik a normál világítási hálózat tápellátása.

Minden épületnél a tűzvédelmi tervező megállapítja a menekülési útvonalakat, a tervezés során ezt figyelembe véve kell a kijáratútak mentén a biztonsági világítás elhelyezését megtervezni.

A szabvány szerint a kiürítési folyamat végrehajtásához szükséges tér megvilágítása akkor teljesül, ha a legfeljebb 2 m széles kijáratútak középvezonájában, a padlószinten horizontálisan mért megvilágítás ne legyen 1 lx-nál kevesebb, és az út fél-szélességének megfelelő középű sávájában a megvilágítás sehol se csökkenjen ezen érték 50%-a alá. [7]

A biztonsági világítást a normál világítási hálózattól független áramforrásról kell működtetni. Ezt általában úgy oldható meg, hogy a gyártók kifejezetten biztonsági világítás céljára forgalmaznak lámpákat saját akkumulátorral ellátva, amelyek kielégítik a szabványban előírt működési időt a hálózati feszültség kimaradása esetén. Az épületbe 1,5 órás készenléti lámpatesteket terveztünk a menekülési útvonalakra. A biztonsági világítás részére külön állandó üzemű áramkört terveztünk.

4.6 Külsőtéri világítás

A külső terület megvilágítása is tervezési feladat. Az épület minden oldalára oldalfali lámpatesteket terveztünk, kézi és automatikus kapcsolással. Az automatikus kapcsolást mozgásérzékelő biztosítja. A kézi-automatikus átkapcsolásra csillárkapcsolók kerültek betervezésre. A nyitott – fedett előtérbe mennyezeti lámpatestek biztosítják a megfelelő láthatóságot, szintén kézi és automatikus kapcsolással. A parkoló megvilágítása a tervezett két darab tűzihorganyzott acéloszlopra szerelt LED térvilágítási lámpatestekkel

megoldott. A térvilágítás részére külön áramkör kerül betervezésre, amely szintén automatikus és kézi kapcsolású, az automatikus üzemet itt alkonykapcsoló működteti.

5. ALAPRAJZI TERVEZÉS

A megrendelői megbeszélések és a szakági tervezők adatszolgáltatása után megkezdődhet az épület alaprajzi tervezése. Az építészirodától az AutoCAD tervező szoftver által is használt DWG formátumban kapjuk az építész terveket. Ezeket használok alapnak a belsőtéri és külsőtéri villanszerelési tervek elkészítéséhez.

A rajzok elkészítése során, az alaprajzon saját készítésű blokkokat használva helyezem el a tervezett berendezéseket, szerelvényeket, és megrajzolom a vezetékek fő nyomvonalát. A világításméretezés alapján elhelyezem a szükséges lámpatesteket, ezek kapcsolóit.

Két pólusú, földelt; 250V névleges üzemi feszültségű, 16A névleges üzemi áramú csatlakozóaljzatokat terveztünk általános és takarítási célra illetve külön munkahelyi felhasználásra. A dugaszoló aljzatoknak céljuknak és a helyiségek funkciójának megfelelően különböző szerelési magasságokat adtunk:

- általános, munkahelyi és takarítói célú 0,3 m;
- mosdóknál 1,6 m;
- rendelőkben és kezelőkben 1,4 m.

Az akadálymentes WC akadálymentes WC-szettet terveztünk, nyugtázható hang- és fényjelzéssel.

Az épületgépész tervezőtől kapott adatszolgáltatások alapján az épület fűtését egy elektromos kazán fogja ellátni. Az épület hűtését 8 db split klíma biztosítja. A gépész melegvíz előállítására elektromos vízmelegítőt tervezett. Ezeknek a berendezéseknek saját áramköröket terveztünk, függetlenül a többi áramkörtől. A gépészeti berendezésekhez teljesítményüknek megfelelő nagyságú tiltókapcsolókat terveztünk külön-külön. A vizes blokk szellőzését egy közös elszívó ventilátor látja el, amit mozgásérzékelők működtetnek, a világítási áramkörre csatlakoztatva.

A megrendelő tájékoztatása szerint a rendelő helyiségben használni fognak a páciensek kezeléséhez villamos készülékeket. A tervezés során figyelmet kell fordítani arra, hogy a gyógyászati helyekre más követelmények is vonatkoznak a kisfeszültségű villamos berendezések esetében. Az MSZ HD 60364-7-710 szabvány előírja, hogy a gyógyászati helyeken biztosítani kell a páciensek biztonságát, akik ki lehetnek téve a gyógyászati

villamos készülék hatásainak. A gyógyászati villamos készülékek csatlakoztatásához medikai csatlakozó táblát terveztünk a rendelő helyiségbe. A csatlakozó tábla dugaszoló aljakat és saját EPH sít is tartalmaz. A táblára biztonsággal csatlakoztatható egy gyógyászati villamos készülék. [11]

A szabvány meghatároz csoportokat, attól függően, hogy a villamosenergia-ellátás megszakadása (hibája) okozhat-e életveszélyt, illetve a gyógyászati villamos készülék pácienssel fizikai érintkezésbe kerülő részét hogyan használják. A vizsgáló- vagy kezelőhelyiség az 1. csoportba tartozik. Az 1. csoporthoz tartozó gyógyászati helyen, védő egyenpotenciálú összekötést kell létesíteni és a kiegészítő védőösszekötő-vezetőket csatlakoztatni kell az egyenpotenciálú gyűjtősínhez, abból a célból, hogy az kiegyenlítsse a potenciálkülönbségeket a meghatározott részek között, amelyek a pácienskörnyezetben találhatók, vagy oda bevihetők. Ezért a terven jelöltem a védőösszekötő-vezető csatlakozást a rendelőben lévő kezelő ágyhoz és radiátorhoz a medikai csatlakozó tábla egyenpotenciálú gyűjtősínétől kiindulva. [11]

Ezután következik az elosztó szekrények helyének kiválasztása. Az épület főelosztó szekrénye az 'A' jelű főelosztó szekrény, amit az orvosi rendelő szélfogójába helyeztünk el. A gyógyszerár külön rendeltetési egység az orvosi rendelőtől, így a gyógyszerárnak egy külön 'B' jelű elosztó szekrényt terveztünk, amit a gyógyszerár szélfogójába helyeztünk el.

A külsőtéri villanyszerelésnek külön tervet készítettünk. A külsőtéri alaprajzi tervezés során a tervező szoftver segítségével, a helyszínrajzon elhelyeztem a térvilágítási lámpatesteket, a parkolóhoz tartozó sorompó csatlakozását, a külső gyalogos bejáratához a kaputelefon csatlakozást, a telekhatárban a fogyasztásmérőt. A terven szerepel az 'A' jelű főelosztó betáplálásának nyomvonala a fogyasztásmérő szekrénytől, és a többi külsőtéri villamos fogyasztók nyomvonalai.

6. VILLAMOSENERGIA-ELOSZTÁS

Az áramköri elosztók egy épület villamos hálózatának csomópontja, mivel itt kerülnek elhelyezésre az áramköri védelmek és innen indulnak a méretezett áramköri vezetékek. Az elosztószekrényekben üzemelnek a különféle jellegű védelmi eszközök, valamint a csatlakozó, illetve leágazó áramkörök ki-be kapcsoló elemei. [6]

Az épület főelosztó szekrénye az 'A' jelű főelosztó szekrény. Az 'A' jelű főelosztóból indulnak az orvosi rendelő áramköri vezetékei és innen kap betáplálást a „B” jelű elosztó. A 'B' jelű elosztó szekrény a gyógyszerertár energiaellátását biztosítja.

6.1 Áramkörök kialakítása

A kiépítendő áramkör-számot a tervezés során a biztonságos energiaellátás és az egyes rendeltetések alapján állapítjuk meg. Az elosztók megtervezése előtt tisztázzuk a fogyasztók villamos jellemzőit, kialakítjuk a hálózati struktúrát, megállapítjuk a különböző áramkör-típusokat. [1]

A tervezés során kialakított áramkörök:

1. Világítási áramkörök:
 - biztonsági világítás,
 - külső világítás,
 - térvilágítás,
 - normál világítás.
2. Fűtési, hűtési áramkörök:
 - kazán,
 - relédoboz kazán működtetéséhez,
 - klímák,
 - vízmelegítő,
 - szellőző ventilátor.
3. Általános dugaszoló aljzatok és mobil csatlakozásokat ellátó áramkörök.
4. Munkahelyi dugaszoló aljzatok.
5. Medikai csatlakozó.

6. Egyéb áramkörök:

- napelem inverter,
- hűtő,
- router,
- kaputelefon.

A villamos fogyasztók áramköreinek kialakítása után kezdetét veszi az elosztó szerkények tervezése. Az elosztó szekrények rajzolásához is az AutoCAD programot használtam. Az elosztók rajzai tartalmazzák a fogyasztói leágazásokat és a védelmi-, és kapcsolókészülékeket jelöléseikkel.

Az orvosi rendelő és a gyógyszerár elosztóit úgy alakítottuk ki, hogy azok a fogyasztók, amiknek nem szükséges állandó üzem, külön főkapcsoló utánra csatlakoznak. Miután kialakul a fogyasztók üzem szerinti szakaszolása, egy táblázatot készítünk a leágazások megnevezésével, beépített teljesítményükkel, terhelő áramaikkal, a vezetékek típusával és a vezetékek keresztmetszetével. A táblázat tartalmazza az elosztó beépített teljesítményét, amit a fogyasztók teljesítménye alapján összegez a programban használható Sum függvény. Ezen összegzések segítségével tervezzük a vezetékek, kábelek típusát, keresztmetszetét és a védelmi készülékeket.

Ha a feszültség $3 \times 400/230$ V; akkor a fázissorrendet is feltüntetjük az áramköröknél. A fázissorrend kialakítása során eldöntjük, hogy az egyfázisú fogyasztók melyik fázisra (L1; L2; L3) csatlakozzanak. Ennek során szimmetrikus elosztásra törekszünk, hogy a három vezető közül egyiken se legyen túl nagy terhelő áram a többihez képest. A fázissorrend alapján összegzem, melyik fázisra kerül a legnagyobb áram és ezt az értéket beírom a betáplálás áramához.

6.2 Kábelek és vezetékek kiválasztása

A betervezett fogyasztók áramfelvétele és a feszültségesés alapján számítjuk a vezeték keresztmetszetét. A méretezés során a biztonságra és gazdaságosságra kell törekedni. Szükséges a vezeték terhelhetőségét (melegedését) figyelembe venni, ide értve az üzemi áram és a zárlati áram okozta melegedést. Gazdaságossági szempontból minimalizálni kell a veszteséget. [6]

A vezetékek terhelhetősége a vezető anyagától (réz, alumínium) és a vezető szigetelő anyagának hőállóságától függ. A feszültségesés értékétől függően a vezeték ellenállásán ohmikus és induktív veszteség keletkezik. A tervezett kiefeszültségű hálózatoknál az induktív veszteség elhanyagolható, ezért csak az ohmikus veszteséggel számoltunk a méretezésnél. [6]

A vezetőn átfolyó áram hőt termel. A melegedés függ a hőleadás képességétől, amit jelentősen befolyásol a vezeték környezetben való elhelyezése és a környezeti hőmérséklet. Az MSZ HD 60364-5-52 szabvány írja elő a vezeték terhelhetőségét. Terhelési csoportokat ad meg többek között a környezeti hőmérséklet, szerelési mód, vezető és szigetelés anyaga szerint. A szabványban 80 fajta szerelési mód közül lehet kiválasztani a megfelelő terhelési csoportot.

Az alapterhelhetőséget a szabvány PVC szigetelésű vezetékek esetén 70 °C vezetőér, és 30 °C környezeti hőmérsékletre adja meg. A szabvány figyelembe vesz az alapterhelhetőségen túl további csökkentő tényezőket, például 30 °C-nál magasabb környezeti hőmérséklet. Ezeket a tényezőket általában ipari környezetben kell alkalmazni, jelen esetben az orvosi rendelőnél és gyógyszerháznál ezek mértéke elhanyagolható. [6]

A méretezésnél nem lényeges a vezeték kihasználtsága és terhelőáram időtartama. A méretezési terhelő áram ismeretében a szabvány táblázatából kiválasztható a vezető anyaga és keresztmetszete, és az így kiválasztott vezeték melegedés szempontjából is biztonságos. [6]

A számoláshoz során használt szerelési módok a keresztmetszet kiválasztásához:

A1	Köpeny nélküli szigetelt vezetékek, hőszigetelt falba ágyazott védőcsőben
D1	Köpenyes vezeték, többerű kábel közvetlenül földbe fektetve, védőcsőben

8. táblázat: Szerelési módok

Az installációs hálózat kialakításához falazatba süllyesztett védőcsöves szerelési módot terveztünk. A védőcsőbe húzott vezeték típusa H07V-U 450/750 V, PVC szigetelésű, tömör réz vezető, tehát a táblázat A1 oszlopából kell kiválasztani a keresztmetszetet.

A vezető névleges kereszt- metszete [mm ²]	Elhelyezési módok PVC szigetelés, két terhelt vezető Környezeti hőmérséklet max 30 °C megengedett terhelő áram (A)
Réz	A1
1,5	14,5
2,5	19,5
4	26
6	34
10	46
16	61
25	80
35	99
50	119
70	151
95	182
Alumínium	
10	36
16	48
25	63
35	77
50	93
70	118
95	142

9. táblázat: Megengedett áramterhelés
két terhelt vezető esetén (A1)

A vezető névleges kereszt- metszete [mm ²]	Elhelyezési módok PVC szigetelés, három terhelt vezető Környezeti hőmérséklet max 30 °C; Talaj hőmérséklet max 20 °C megengedett terhelő áram (A)	
Réz	A1	D1
1,5	13,5	18
2,5	18	24
4	24	30
6	31	38
10	42	50
16	56	64
25	73	82
35	89	98
50	108	116
70	136	143
95	164	169
Alumínium		
10	32	39
16	43	50
25	57	64
35	70	77
50	84	91
70	107	112
95	129	132

10. táblázat: Megengedett áramterhelés
három terhelt vezető esetén (A1; D1)

A világítási áramkörök egyfázisúak és általában kis teljesítményigényűek. Az orvosi rendelő esetében két normál világítási áramkört terveztünk, a lámpák teljesítményét összegezve a beépített teljesítményük 0,4 és 0,5 kW. A gyógyszerertárba egy normál világítási áramkör terveztünk, melynek összessített beépített teljesítménye 0,3 kW. A legnagyobb teljesítménnyel számolva, vagyis abban az esetben, ha a legnagyobb beépített teljesítményű áramkörön minden lámpatest egyszerre működik, a vezeték terhelése:

$$I_T = \frac{P_B}{U_f} = \frac{500 \text{ W}}{230 \text{ V}} = 2,17 \text{ A}$$

I_T : terhelő áram

P_B : beépített teljesítmény

U_f : fázisfeszültség

A terhelő áram alapján a szabvány terhelési táblázatából kiválasztva az A1 szerelési mód szerinti oszlopot réz esetén elegendő a 1,5 mm² keresztmetszetű vezető.

A dugaszoló aljzatos áramkörökben a terhelő áramot, áramkörönként 2 kW beépített teljesítménnyel számolom:

$$I_T = \frac{P_B}{U_f} = \frac{2000 \text{ W}}{230 \text{ V}} = 8,7 \text{ A}$$

A szabvány táblázata alapján a dugaszoló aljzatos áramkörökre elegendő lenne az 1,5 mm²-es vezető, de a biztonságot szem előtt tartva 2,5 mm²-es vezetéktervezettünk.

Az egyéb betervezett fogyasztók áramköreit ugyanígy a feszültségük és a beépített teljesítmény alapján, a terhelő áram ismeretében számoltam ki és választottam ki a megfelelő keresztmetszetet.

A gyógyszerertár 'B' jelű elosztójának a beépített teljesítménye a fogyasztók beépített teljesítményének összegeként: 14,28 kW $\approx$ 15 kW. Az elosztó betápláló vezetékének méretezési terhelő áramnak a legnagyobb mértékben terhelt vezető áramát vettem, ami a fázisorrend kiosztása után számoltam. A vezeték típusa köpeny nélküli H07V-K 450/750 V, PVC szigetelésű sodrott réz vezető. A szerelési mód falazatba süllyesztett védőcsöves, a három terhelt vezetőre megengedett táblázat A1 oszlopában lévő értékeket kell figyelembe vennem.

A 'B' jelű elosztó betápláló vezeték méretezési árama: 28,35 A.

A szabvány táblázata alapján 6 mm² keresztmetszetű vezeték elegendő, de a jövőbeni bővíthetőség miatt a 10 mm² keresztmetszetű vezetőt választottam.

Az épület 'A' jelű főelosztó szerkeny betáplálása a fő betápláló vezeték, ami a telekhatárba tervezett fogyasztásmérő szekrénytől indul védőcsőbe húzva, földbe fektetve illetve épületen belül aljzatbetonba és falba süllyesztve. A betápláló kábel típusának NAYY-J-1kV, PVC érszigetelésű kábel választottunk, alumínium vezetővel.

Az 'A' jelű főelosztó beépített teljesítménye: $P_{beép} = 70,11 \text{ kW}$.

A betápláló kábel méretének megállapítása során az épület egyidejű teljesítményével számoltunk. Munkatársammal a tervezői tapasztalat, az épület rendeltetése és a beépített fogyasztók üzemi ideje alapján 0,7 értékű egyidejűségi tényezővel számoltunk.

Az épület egyidejű teljesítménye:

$$P_e = 0,7 \cdot P_{beép} = 0,7 \cdot 70,11 \text{ kW} = 49,1 \text{ kW}$$

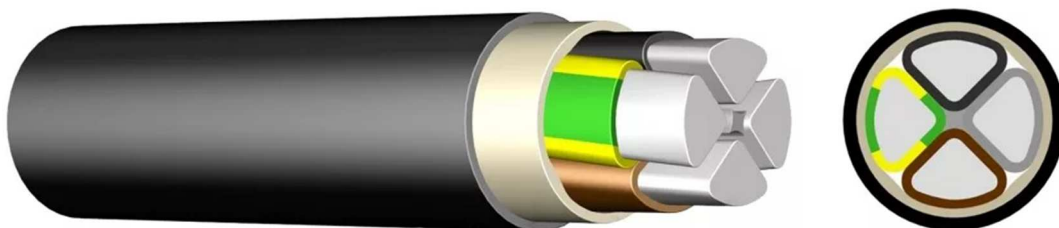
Az 'A' jelű főelosztó betápláló vezeték méretezési árama:

$$I_T = \frac{P_e}{\sqrt{3} \cdot U_v} = \frac{49100 \text{ W}}{\sqrt{3} \cdot 400 \text{ V}} = 70,87 \text{ A}$$

U_v : vonali feszültség

A kiválasztott kábeltípus és szerelési mód alapján a három terhelte vezetőre vonatkozó táblázatban a D1 oszlop szerint kellett választanunk keresztmetszetet alumíniumra vonatkozóan. A 35 mm² keresztmetszetű kábel 77 A-ig terhelhető, de a bővíthetőség és biztonság miatt 50 mm² keresztmetszetű betápláló kábelt választottunk, ami 91 A-ig terhelhető.

NAYY-J-1kV kábel:



5. ábra: NAYY-J-1kV

A vezetékeken létrejövő feszültségesés számítása fontos gazdaságossági szempontból. A feszültségesés az épület táppontján mérhető feszültség és a fogyasztóberendezésen mérhető feszültség különbsége.

$$e = U_{\text{táp}} - U_{\text{fogy}}$$

Egyfázisú hálózat esetében a feszültségesés a két vezetőre azonos mértékű, háromfázisú hálózat esetében a három vezetőre egyenletesen megoszló. Az egyfázisú és háromfázisú rendszerekben is az egy vezetőre létrejövő veszteség a mértékadó feszültségesés. Jele: e' . [6]

A megengedett feszültségesést a névleges hálózatheszültség (U) százalékában adják meg. Jele: ε . Számítási képlete háromfázisú vezeték esetén:

$$\varepsilon = \frac{\sqrt{3} \cdot e' \cdot 100}{U}$$

Mért fővezeték ellenőrzésre feszültségesésre:

Az MSZ 447 szabvány szerint a megengedett feszültségesés méretlen fővezeték esetében a közcélú elosztóhálózat névleges feszültségének legfeljebb 2 %-a. Ebből 1 % legyen a csatlakozóvezeték és legfeljebb 1 % legyen valamennyi fővezeték együttes feszültségesése. [9]

Az orvosi rendelő és gyógyszerár esetében a fogyasztásmérő szekrénytől a 'B' jelű főelosztóig tart a mért fővezeték.

A feszültségesés számításához tudnunk kell a vezetékeken folyó áramot és a vezeték ellenállását. Egy vezeték ellenállásához tudnunk kell a vezető anyagát, hosszát és a keresztmetszetét. A vezető anyagát a fajlagos vezetőképesség jellemezi. A feszültségeséshez a teljesítménytényező ($\cos \varphi$) ismerete is szükséges. A létesítmény rendeltetése, a beépített fogyasztók jellege és a tervezői tapasztalat szerint munkatársammal 0,9 értékű teljesítménytényezővel számoltunk. [6]

A feszültségesés meghatározásához használt képlet:

$$e' = \frac{I \cdot l \cdot \cos \varphi}{\kappa \cdot A}$$

A 'B' jelű elosztó betápláló vezeték

- hossza: $l = 17 \text{ m}$
- fajlagos vezetőképesség: $\kappa = 56 \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2}$
- keresztmetszete: $A = 10 \text{ mm}^2$
- méretezési árama: $I = 28,35 \text{ A}$
- feszültségesése:

$$e'_B = \frac{28,35 \cdot 17 \cdot 0,9}{56 \cdot 10} = 0,77 \text{ (V)}$$

Az 'A' jelű elosztó betápláló vezeték

- hossza: $l = 27 \text{ m}$
- fajlagos vezetőképesség: $\kappa = 35 \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2}$
- keresztmetszete: $A = 50 \text{ mm}^2$
- méretezési árama: $I = 70,87 \text{ A}$
- feszültségesése:

$$e'_A = \frac{70,87 \cdot 27 \cdot 0,9}{35 \cdot 50} = 0,98 \text{ (V)}$$

A fővezeték feszültségesésének összege:

$$e' = e'_B + e'_A = 0,77 + 0,98 = 1,75 \text{ (V)}$$

Százalékos értéke:

$$\varepsilon = \frac{\sqrt{3} \cdot 1,75 \cdot 100}{400} = 0,75 (\%)$$

A számolt feszültségesés 1 % alatt van, tehát a választott keresztmetszetek megfelelőek.

6.3 Kapcsolókészülékek kiválasztása

A vezetékek, kábelek méretezése után következik a túláramvédelmi készülékek kiválasztása, amelyek az áramkörök túlterhelés- és zárlatvédelmét látják el.

Hazánkban az áramszolgáltatói hálózatok érintésvédelmi rendszere csaknem minden esetben TN-rendszerű (nullázott). A TN rendszerben a tápláló rendszernek közvetlenül földelt üzemi vezetője van és az arról leágaztatott védővezetőt (PE vezetőt) kötik az érintésvédelemmel ellátandó szerkezetek testére. [14]

A TN-rendszernek három típusa van, jelen esetben a TN-C-S rendszer alkalmazása előírt, ami azt jelenti, hogy a nullavezető és a védővezető a rendszer egy részében közös, a közös rész a PEN vezető. Az MSZ 447:2019 szabvány előírja, hogy „TN rendszer esetén a szükséges PE-N szétválasztás a csatlakozó főelosztóban lévő csatlakozási pontnál, vagy – ha ez műszakilag nem lehetséges – a csatlakozási pont utáni valamely elosztó villamos kötéspontjánál (pl. a méretlen főelosztóban, a betápláló fővezeték végpontjánál) történjen.” [9] Az orvosi rendelő és gyógyszertár esetében ez a szétválasztás az 'A' jelű főelosztóban történik. [14]

6.3.1 Alkalmazott védelmi készülékek

Az MSZ HD 60364-4-41 szabvány alapján a TN-rendszerben hibavédelemre túláramvédelmi eszközök és áram-védőkapcsolók alkalmazhatók, illetve előírja, hogy váltakozó áramú rendszerekben kiegészítő védelmet kell biztosítani áram-védőkapcsoló alkalmazásával a képzetlen személyek által használt és általános használatra szánt legfeljebb 20 A névleges áramú csatlakozóaljzatok számára. [15]

A védelmi készülékeket úgy választottuk, hogy a túlterhelésvédelem, a zárlatvédelem és a hibavédelem feladatát is ellássák.

Az elosztókból leágazó áramköri vezetékek és fogyasztók védelmére kismegszakítót, olvadóbiztosítót illetve túláramvédelemmel felszerelt védőkapcsolót választottunk, amelyek a túlterhelés- és a zárlatvédelmet is el tudják látni. Kiegészítő védelemként, a szükséges áramköröknél áram-védőkapcsolót terveztünk. [12]

„A (kis)megszakító olyan mechanikus kapcsolókészülék, amely alkalmas üzemszerű áramköri viszonyok mellett az áram bekapcsolására, vezetésére és kikapcsolására, ezen kívül az üzemszerűtől eltérő, meghatározott áramköri viszonyok (mint pl. a zárlatok) esetén az áram bekapcsolására, meghatározott ideig való vezetésére és annak önműködő megszakítására.” [13]

A PVC szigetelésű vezetékek és kábelek gyártója a névleges áram tartós átfolyása során, 70 °C vezető hőmérséklet elviselését garantálják a teljes élettartam során. A névleges áram 1,45-szöröse már 100 °C-os melegedést okoz. [6]

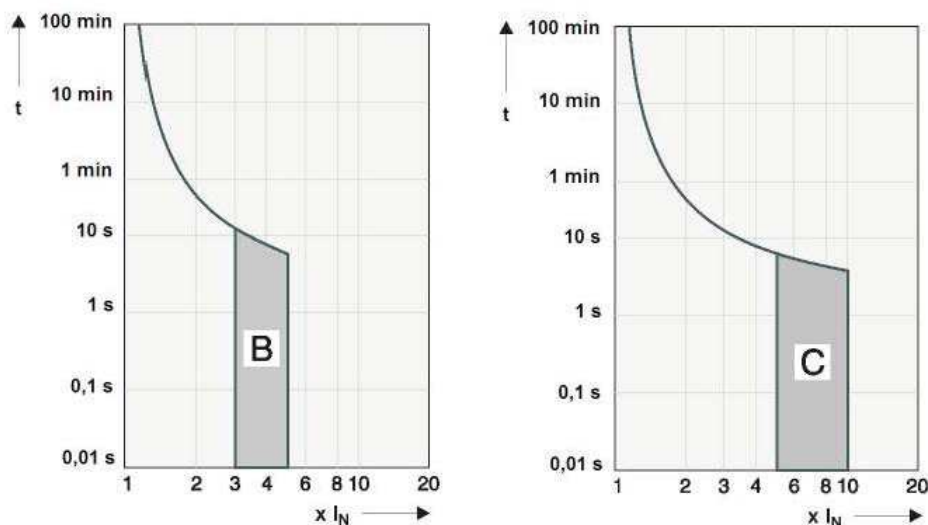
A kismegszakító típusát a védeni kívánt fogyasztó jellege és áramköri szerepe szerint választottuk ki. A kismegszakító névleges árama (I_n) a gyártó által megadott érték, amelynek folytonos üzemben történő vezetésére a kismegszakítót tervezték. A kismegszakító típusokat különböző idő-áram jellegörbék jellemzik, amit a kismegszakító kioldója határoz meg. [13]

A kismegszakító kioldó áramának tartományai:

Típus	Tartomány
A	$2 - 3 I_n$
B	$3 - 5 I_n$
C	$5 - 10 I_n$
D	$10 - 50 I_n$

11. táblázat: Kismegszakító tartományai

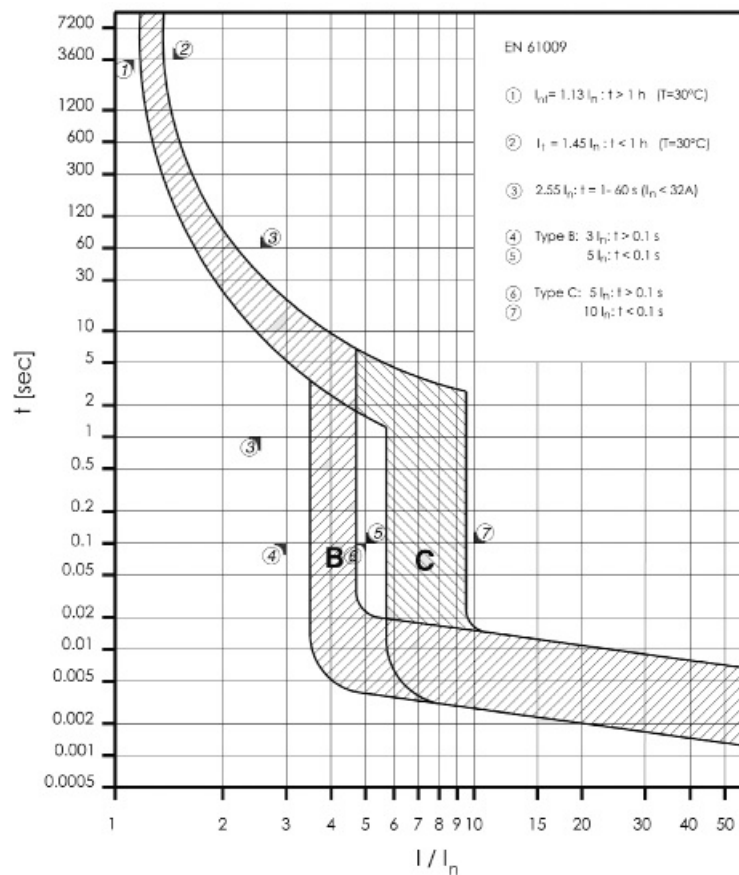
A fogyasztók jellege alapján az áramkörök védelmére B és C karakterisztikájú kismegszakítókat terveztünk.



6. ábra: Kismegszakító jelleggörbék

Az áram-védőkapcsoló egyszerre érintésvédelmi és életvédelmi készülék. Az áram-védőkapcsoló olyan differenciálkapcsolás, amely az áramkörben elhelyezett áramváltón átfolyó áramokat vektoriálisan összegzi, és ha különbséget érzékel, kikapcsolja a készüléket. Két névleges áramerőssége van: az egyik azt mutatja, milyen nagy üzemi áramerősséget tud tartósan vezetni, a másik az érzékenysége, vagyis az a különbözeti áram, amelynek fellépése esetén kikapcsol. Személyvédelemre a szabványok 30 mA érzékenységű áram-védőkapcsolót követelnek. [6]

A kismegszakítók mellett védelmi készülékként beépített túláramvédelemmel felszerelt védőkapcsolót terveztünk. A szakmai köznyelv kombinált védőkapcsolónak hívja, mivel műszakilag a kismegszakító és az áram-védőkapcsoló összeépítésével alakították ki, és mindkét funkció ellátására képesek. A kombinált védőkapcsolókból túláramvédelem szempontból B, C és D jelleggörbéjű készülékeket gyártanak. [6]



7. ábra: Kombinált védőkapcsoló jelleggörbék

Védelmi készüléknek olvadóbiztosítót is terveztünk. Az olvadóbiztosítóban lévő biztosítóbetét elolvad a túláram következtében létrejövő hő hatására, így megszakítja az áramkört. A biztosítóbetét cserélhető és többféle működési jellegű betétet gyártanak. Az olvadóbiztosító előnyei, hogy igen nagy zárlati teljesítmény lekapcsolására képesek, a zárlati áramot nagyon rövid idő alatt szakítja meg, beépítésük és üzemük olcsó. A biztosítóbetétek megszakítási tartományát és az alkalmazási kategóriáját két betűből álló jelölés határozza meg. [6]

Néhány biztosítóbetét típus:

- gG: teljes tartományban megszakítóképes, általános alkalmazású betét,
- gM: teljes tartományú, motoráramkörök védelmére alkalmas,
- gR: teljes tartományú, különlegesen gyors betét. [6]

6.3.2 Védelmek kiválasztása

Az egyes fogyasztók áramterhelései alapján állapítottuk meg az egyes áramköri leágazásokba tervezett kismegszakítók és védőkapcsolók névleges áramát. Az épület hálózatán minden vezetékkeresztmetszet csökkenésnél túláramvédelmet iktattunk be. A vezeték megengedhető áramánál kisebb névleges áramú védelmi készüléket választottunk.

Az elosztókban a leágazásokat a fogyasztók szükséges üzeme szerint csoportosítjuk. Amely fogyasztóknak nem szükséges az állandó üzem külön csoportosítjuk és egy főkapcsoló utánra csatlakoznak, így biztosítjuk az áramtalanítás lehetőségét, anélkül, hogy az állandó üzemet igénylő áramkörök (hűtő, sorompó, térvilágítás, stb.) feszültség nélkül maradnának. A nem állandó üzemű áramkörökhöz tartoznak az általános és munkahelyi dugaszoló aljzatok, a normál világítás, és a kaputelefon.

A főkapcsoló utánra csatlakozó áramköröknél az általános dugaszoló ajzatos áramkörökhöz C típusú kismegszakítót terveztünk. A dugaszoló aljzatoknál a terhelő áram értéke a korábbi számolás szerint 8,7 A. Ezekhez az áramkörökhöz 10 A névleges áramú kismegszakítókat választottunk, ami megfelelően védi a 2,5 mm²-es vezetéket is.

A dugaszoló ajzatos áramkörökhöz kiegészítő védelemként egy 40 A névleges áramú és 30 mA érzékenységgű áram-védőkapcsolót terveztünk. A munkahelyi dugaszoló ajzatos áramkörök is főkapcsoló utánra csatlakoznak, de külön C típusú kombinált védőkapcsolókra. Itt is 8,7 A terhelő árammal számolva, 10 A névleges áramú védőkapcsolót terveztünk, kielégítve a 2,5 mm² keresztmetszetű vezeték védelmét.

A világítási áramkörökre B típusú kismegszakítót terveztünk védelemként, a vizes helyiségek világítási áramköreinél B típusú kombinált védőkapcsolók látják el a védelem feladatát.

Az állandó üzemű áramköröknél csoportos áram-védőkapcsolót nem terveztünk, de bizonyos áramköröknél szükséges a hibaáramok érzékelése, így kombinált védőkapcsolót terveztünk többek között a külső világítás, a térvilágítás, a hűtő és a router áramköreinek.

A medikai csatlakozótáblára csatlakoztatott gyógyászati eszközök teljesítménye alapján, a védelemre elegendő a C karakterisztikájú 6 A névleges áramú kismegszakító. Az MSZ

HD 60364-7-710 szabvány előírja, hogy 32 A névleges áramerősségig legfeljebb 30 mA névleges kioldóáramú áram-védőkapcsolót kell alkalmazni, ezért külön ennek az áramkörnek terveztünk egy 25 A névleges áramú, és 30 mA névleges kioldóáramú áram-védőkapcsolót. A zárlatvédelmi kikapcsolás szelektivitása érdekében kiegészítő védelemként olvadóbiztosítót is terveztünk a medikai csatlakozás áramköréhez. A biztosító névleges áramerősségét a kismegszakító névleges áramának minimum háromszorosára választottunk, így 20 A-es, gR karakterisztikájú biztosító betéttel terveztük a védelmet. [11]

Az elosztó védelmi eszközeit a szelektivitást figyelembe véve választottuk, így hiba esetén a hibaforráshoz legközelebb lévő védőeszköznek kell kikapcsolnia.

A 'B' jelű elosztó betápláló vezetéke az elosztószekrényben egy kismegszakító kapcsaira érkezik. A 'B' jelű elosztó méretezési áramának a vezetékméretezés során 28,35 A-t választottunk. Mivel ez az érték a legnagyobb terhelő áram, a beépített fogyasztók teljesítménye alapján, elegendő a kismegszakító névleges áramát 25 A értékre választani. Az 'A' jelű főelosztóban a 'B' jelű elosztó betápláló vezetékének védelmére 32 A-es kismegszakítót terveztünk, a szelektivitás kielégítésére, ami megfelelő védelmet nyújt a 'B' jelű elosztó 10 mm² keresztmetszetű betápláló vezetékének, mivel a megengedett terhelő áram az MSZ HD 60364-5-52 szabvány szerint 46 A. [10]

Az épület egyidejű teljesítménye 49,1 kW, így a főelosztó betápláló kábelének terhelő árama 70,87 A. Az 'A' jelű főelosztó első kismegszakítójának értékét 63 A-ra választottuk.

A kismegszakító véges megszakítóképeséggel rendelkezik, de alapkövetelmény, hogy a zárlatkor fellépő legnagyobb áramerősséget meg tudja szakítani, és védelem időben kapcsoljon ki. Ehhez ismerni kell a hálózaton felléphető legnagyobb zárlati áramot. Az orvosi rendelő és gyógyszerár fogasztásmérő szerkénye a közcélú elosztóhálózathoz csatlakozik. A zárlati áram meghatározásához ismernünk kell a fogasztásmérő előtti hálózatot, többek között a csatlakozóvezeték hosszát, a hálózatot megtápláló transzformátor teljesítményét. Az MSZ 447 szabvány szerint „minden fogasztásmérő berendezéshez a felhasználói szerződésben meghatározott névleges, illetve beállítási áramerősségű zárlat és túlterhelésvédelmet kell létesíteni”. „Ennek a túláramvédelemnek

a célja kizárólag a közcélú elosztóhálózat védelme a felhasználói szerződésben meghatározottnál nagyobb terhelési és zárlati áramok ellen, ennek megfelelően ennek beállítását nem a felhasználói berendezés kialakítása, hanem a felhasználói szerződés határozza meg.” [9] Az áramszolgáltató a szerződésben meghatározott áram értékére választja a fogyasztásmérő előtti védelmi eszköz névleges áramát, attól függetlenül, hogy mekkora névleges áramú védelmi eszközt alkalmazunk a főelosztóban. Biztonsági védelemként a fogyasztásmérő előtti védőeszközt a saját ismert hálózatán kialakulható zárlati áramra méretezi, amely minden esetben megszakítja a zárlati áramot. Az elosztókba 6 kA zárlati áram megszakítóképességű készülékeket terveztünk. [9]

6.3.3 Leválasztó kapcsolók kiválasztása

Minkét elosztóba tűzvédelmi leválasztó főkapcsolót terveztünk, ami megfelel a TvMI 7.4:2020.01.22. által meghatározott tűzeseti főkapcsolónak. A tűzeseti főkapcsoló feladata az építmény villamos berendezésének egészét vagy meghatározott részét lekapcsolja az áramforrásról. Erre vészhelyzetben van szükség, így ezeket a kapcsolókat a lehető legegyszerűbb és legáttekinthetőbb formában kell megvalósítani. [3]

Az elosztókba tervezett tűzvédelmi leválasztó főkapcsolók és főkapcsolók sorbaépíthető kivitelűek. Az elosztók első túláramvédelmi készülékének néveleges áramerősségétől nagyobb áramú kapcsolókat terveztünk, a 'B' jelű elosztóba 40 A-es, az 'A' jelű főelosztóba 80 A-es kapcsolókat terveztünk, a funkciójuknak megfelelő felirati táblákkal. A betervezett tűzeseti főkapcsolók sárga előlappal és piros kapcsolókarokkal rendelkeznek.

A tűzvédelmi leválasztó főkapcsoló:



8. ábra: Tűzvédelmi főkapcsoló

A gépészeti berendezések közül a kazán, a vízmelegítők és a klímák részére a tiltókapcsolók kiválasztása a beépített teljesítményükből számolt terhelő áram alapján történt. A kapcsolókat a Ganz KK gyártó termékei közül választottuk, melyek tokozott kivitelűek és IP 65 védeettséggel rendelkeznek.

A berendezések és a kiválasztott kapcsolók:

Berendezés	Terhelő áram [A]	Kiválasztott kapcsoló	Kapcsoló névleges tartós árama [A]
Kazán	26,1	KKM2-40-6002	40
Vízmelegítő	5,2	KKM0-20-6002	20
Klíma	10	KKM0-20-6002	20

12. táblázat: Leválasztó kapcsolók

KKM0-20-6002 20A-es kapcsoló:



9. ábra: 20A-es kapcsoló

7. VILLÁM- ÉS TÚLFESZÜLTSG-VÉDELEM

Feladatunkhoz tartozott a munkánk során, hogy az épülethez villámvédelemi rendszert tervezzünk. A villámcsapások az emberekre és az építményekre is veszélyt jelentenek. A veszélyt teljesen megszüntetni nem lehet, de a villámvédelem feladata, hogy csökkentsék az építményekben bekövetkező sérülések, veszteségek nagyságát, tehát biztonságossá tegyék az építményeket villámvédelmi szempontból. [17]

A villámvédelem szükségességét több tényező határozza meg. Az első a jogszabályok által előírt követelmények. Villámvédelem kialakítása szempontjából a tervezéskor hatályos 54/2014. (XII. 5.) BM rendelettel kiadott Országos Tűzvédelmi Szabályzat (OTSZ) a követendő.

A másik tényező az MSZ EN 62305 szabvány és a Tűzvédelmi Műszaki Irányelvek. Az MSZ EN 62305-2 alapján elvégzett kockázatelemzés segítségével megállapítható milyen intézkedésekkel tehető egy építmény adott mértékig biztonságossá. A szabvány és a TvMI tartalmazza a módszereket és műszaki megoldásokat, amelyekkel a jogszabályokban előírt biztonsági normák teljesíthetők.

Harmadik tényezőként megemlíthető a megrendelő kérése szerint az egyéni illetve gazdasági jellegű érdekek védelme. Az orvosi rendelő és gyógyszerár esetében ez az igény nem merült fel.

A villámvédelem két intézkedésrendszerre bontható:

- Villámvédelmi rendszer (LPS): a villámcsapás következtében létrejövő veszteségek kockázatát csökkenti.
- Villámimpulzus elleni védelmi intézkedés (SPM): a villámimpulzus által okozott meghibásodások kockázatát csökkenti. [17]

Mindkét rendszernek I-től IV-ig négy fokozata van, amelyek különböző intézkedéseket határoznak meg a védelem kialakításához. [17]

A külső villámvédelmi rendszer feladata az építménybe csapó villám felfogása a felfogórendszerrel, a villámáram biztonságos levezetése a földbe a levezetőrendszerrel és a villámáram földben való szétesztatása a földelési rendszerrel. A belső villámvédelem

feladata a veszélyes másodlagos kisülések megakadályozása az építményen belül potenciálkiegyenlítéssel vagy biztonsági távolság kialakításával. [17]

7.1 Kockázatelemzés

Az 54/2014. (XII. 5.) BM rendelet alapján a tervezett épület egészségügyi rendeltetésű épület, így villámvédelmet kell kialakítani, és a 12. melléklete alapján a villámvédelmi fokozatnak LPS III-nak, a koordinált túlfeszültség-védelemnek pedig SPM III/IV-nek kell lennie. A kockázatelemzést is elvégeztük, mivel a kockázatelemzés szigorúbb villámvédelmi kialakítást is előírhat. [23]

A villámvédelmi kockázatelemzés egy egységesített számítási módszer, amely a villámvédelmi biztonság meghatározására szolgál. A kockázatelemzés elvégzéséhez a DEHNsupport programcsomagban lévő DEHN Risk Tool szoftvert használtuk, amely az IEC 62305 szabványon alapul. Jelentős segítséget nyújt a program használata a tervezés során. Készült hozzá magyar nyelvi kiegészítés is és a nyelvi kiegészítések mellett tartalmazza az országok villámvédelmi szabványának nemzeti kiegészítéseit is, amelyek az adott országban érvényesek. [14]

A számítás első lépéseként megadtam a projekt helyszínét, az országot és a települést. A program számára fontos információ az építmény helyszíne, mivel az adott terület villámsűrűség értékével is számol.

A következő lépésben kiválasztom azokat a kockázatokat, amelyeket vegyen figyelembe a program a számítás során. Jelen projekt esetében a kiválasztott kockázatok az R₁: emberi élet elvesztésének kockázata.

Ezután az épület méretit adtam meg, majd az építmény elhelyezkedési tényezőjét kiválasztva, hogy az objektum legfeljebb azonos magasságú objektumokkal van körülvéve.

A zónák (övezetek) pontban egy belső övezet opciót választottam ki, így egy külső és egy belső övezetre osztja fel a védendő épületet. Megadtam az időtartamot, amíg a személyek az egyes övezetekben tartózkodhatnak. A belső és külső övezetben is a heti 5 napon 8 óra időtartamot adtam meg, így az érték 2080 óra/év. A veszélyeztetett személyek számát a belső övezetben 30 főre a külső övezetben 10 főre adtam meg.

Következő lépésben a csatlakozóvezetékek adatait adtam meg. Két darab csatlakozóvezetékkel számoltam egy erősáramú vezetékkel és egy telekommunikációs csatlakozóvezetékkel.

Az erősáramú csatlakozóvezeték adatai:

- installációs tényezőt: földkábel,
- vezeték hossza: 1000 m (alapbeállítás, mivel nem ismert),
- környezeti tényezőt: vidéki környezet,
- transzformátor tényező: kisfeszültségű erősáramú csatlakozóvezeték,
- vezeték árnyékolása: árnyékolatlan földkábel,
- vezeték csatlakozása: nincs különleges feltétel.

A belső rendszerek jellemzésére a belső övezetre beállítottam, hogy vegye figyelembe a csatlakozóvezetékek az övezetben. Itt megadtam a szabvány által villamos készülékekre előírt méretezési lökőfeszültséget, ami 1,0 kV-nál nagyobb és maximum 1,5 kV. [26]

A telekommunikációs csatlakozóvezeték adatai:

- installációs tényezőt: földkábel,
- vezeték hossza: 1000 m (alapbeállítás, mivel nem ismert),
- környezeti tényezőt: vidéki környezet,
- transzformátor tényező: telekommunikációsvezeték,
- vezeték csatlakozása: nincs különleges feltétel.

A belső rendszerek jellemzésére a telekommunikációs vezetéknél a lökőfeszültséget, 1,0 kV vagy annál kisebbre állítottam.

Az épület tulajdonságainál az alábbi beállításokat választottam az építészeti adatszolgáltatások alapján:

- Talaj/padló tulajdonságai a belső övezetben: Márvány, kerámia.
- Talaj/padló tulajdonságai a külső övezetben: Mezőgazdasági használatú felület, beton.

- A belső övezet esetében a tűz kockázatát csökkentő tényezők: Normál tűzkockázat. Az övezet feletti tető éghető, de ezen a tetőn keresztül nem lép be csatlakozóvezeték.

A programban kiválasztható az épület rendeltetése az 54/2014. (XII. 5.) BM rendelet (Országos Tűzvédelmi Szabályzat) alapján. Itt kiválasztottam az egészségügyi rendeltetésű épületnek az építményt.

A veszteségek adatainál beállítottam milyen és mekkora veszteségek következhetnek be az emberi élet területén. Meg kell határozni a tűz tényezőjét az építmény rendeltetése alapján, a pánikveszély mértékét az épületben tartózkodók maximális száma szerint. Kórház illetve robbanásveszélyes épület esetén a program a túlfeszültség káreseti tényezőjével is számol.

Megadott beállítások:

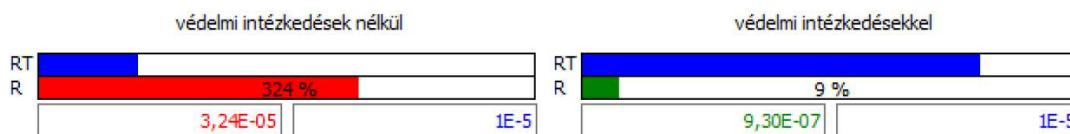
- Érintési- és lépésfeszültség tényezője: Tipikus érték.
- Tűz tényezője: Egészségügyi rendeltetés.
- Rendkívüli veszélyeztetés: Csekély pánikveszély.
- Túlfeszültség káreseti tényezője: Nincs veszteség.

Az adatok, tulajdonságok felvitele után megkapjuk, hogy védelem nélkül mekkora a kockázata az emberi élet elvesztésének. Ezek után választhatunk a védelmi intézkedések közül, és amint kiválasztunk egy védelmi intézkedést láthatjuk, hogy megfelelően csökkenti-e a kockázatot. A kiválasztott védelmi intézkedések:

- LPS villámvédelmi rendszer. LPS III védelmi fokozat.
- Villámvédelmi potenciálkiegyenlítés: LPL III vagy LPL IV szint szerint.

A kockázatelemzés eredménye:

- R1 számított kockázat (védelem nélkül): 3,24E-05
- R1 számított kockázat (védelemmel): 9,30E-07



10. ábra: Kockázatelemzés eredmény

Az eredményből látható, hogy intézkedésekkel a kockázat értéke megfelelő értékre csökkenthető.

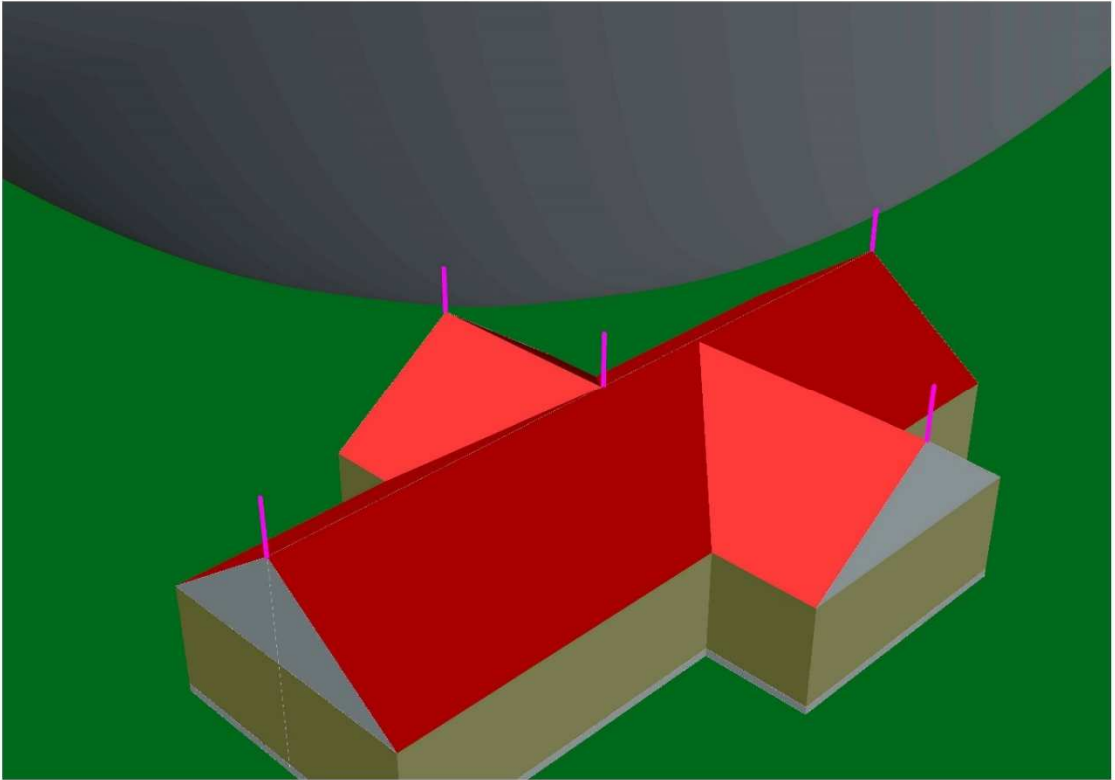
7.2 Villámvédelem tervezése

A villámáram épületbe való behatolásának valószínűségét a megfelelően megtervezett felfogórendszer csökkenti jelentősen. A felfogórendszert felfogórudak, felfogóvezetők illetve vezetőhálók tetszőleges kombinációjából lehet kialakítani. A felfogórudak elrendezéséhez a gördülőgömb-módszert alkalmaztuk, amely univerzális, mert minden esetben alkalmazható. Az MSZ EN 62305 szabvány előírja a villámvédelem kialakítását a fokozatok függvényében. [18]

LPS III. fokozat szerinti villámvédelmi rendszer:

- Gördülőgömb-sugár: 45 m.
- Hálóosztás: 15x15 m.
- Levezetők jellemző távolsága: 15 m. [18]

A gördülőgömbös-módszer során az épületen úgy helyezem el a felfogókat és olyan nagyságú felfogókat választok, hogy a 45 m sugarú képzeletbeli gömböt ne lehessen felülről – a felfogó érintése nélkül - az épülethez érinteni. A gördülőgömbös szerkesztést az AutoCAD tervezői programban végeztem el. Háromdimenziós környezetben megrajzoltam az épületet, elhelyeztem a felfogókat a villámcsapásnak leginkább kitett pontjain. Ilyen pontok az épület sarkai a homlokzatok legfelső szintjén. 45 m sugarú gömb segítségével vizsgáltam meg megfelelőek-e a felfogók száma, magassága illetve elhelyezésük. A megfelelő elhelyezés után a felfogók magasságát addig növeltem, amíg teljesen védett övezetbe került az egész épület. Az épület tetejére 2 m hosszú felfogórudat terveztünk 16 mm átmérőjű horganyzott köracélból. A gördülőgömb-módszerrel megállapított felfogók által az épület tetejére telepítendő napelemeknek is védett térbe fognak kerülni, megvédve a villámcsapások ellen.



11. ábra: Gördülőgömb-szerkesztés

A villámvédelmi levezetőkkel lehet biztonságosan levezetni a villámáramot a felfogótól a földelőhöz. A levezetőket elhelyezésénél törekedni kell az épület kerülete mentén történő egyenletes elosztásra, így biztosítható a villámáram lehető legnagyobb értékű megosztása. Az épület kerülete mentén 7 db levezetőt terveztünk egymástól 15 m átlagtávolságra. [14]

A felfogókat egymással és a levezetőkkel történő összekötésére felfogó összekötő vezetőkter terveztünk. A felfogórendszer így felfogórudakból és felfogó összekötő vezetőkterből áll. A levezető és felfogóvezető is 8 mm átmérőjű horganyzott köracél, az épülettől 40 mm-es távolságra. [18]

A levezetővezetékek 'A' típusú földelőkterhez csatlakoznak, azaz rúdföldelőkterhez, amelyek függőlegesen vannak elhelyezve a talajban. A rúdföldelőkter 20 mm átmérőjű, 3 méter hosszú horganyzott köracél földelőkter. A hatékonyabb potenciáeloszlás érdekében 'B' típusú földelőkter is terveztünk az épülethez, amelyet vízszintesen kell elhelyezni a talajban. A 'B' típusú földelőkter szalagföldelőkter 12 mm átmérőjű horganyzott köracélból. A

szalagföldelőket úgy terveztük, hogy 0,7 méter mélyen az épület szélétől 1 m-re az épület alapját körbezárja, és össze van kötve minden egyes rúdföldelővel.

A felfogók, levezetők és szalagföldelők is horganyzott acélból készült kör szelvények. Ezek átmérőjét az MSZ EN 62305-3 szabványban található táblázatok alapján választottuk, ahol anyag és alak szerint megadták a legkisebb keresztmetszeteket. A rúdföldelő minimális hosszúsága LPS III esetében nem függ a talaj fajlagos ellenállásától. A rúdföldelő hosszának meghatározásához az MSZ EN 62305-3 szabvány szerinti földelők legkisebb l_1 hossza alapján meghatározott számítást használtam. Az l_1 értéke LPS III estében 5 méter. A szabvány függőleges földelők esetében $0,5 \cdot l_1$ hosszt határoz meg. Mivel ajánlatos a talaj fagyhatára feletti részének (1 méter) figyelmen kívül hagyása, 3 méter hosszú rúdföldelőket terveztünk. A szalagföldelőt 0,7 méter mélyre terveztük, ebben a mélységben csatlakozik a rúdföldelő a szalagföldelőhöz, így 3,7 méter mélyen lesz a rúdföldelő vége a talajban, tehát megfelel a szabványnak. A földelők létesítése során lehetővé kell tenni az ellenőrzést, ezért mérőpontokat terveztünk. [18]

7.3 Túlfeszültség-védelem kialakítása

Az 54/2014. (XII. 5.) BM rendelet 12. melléklete alapján a koordinált túlfeszültség-védelemnek SPM III/IV-nek kell lennie. A készülékeket a villámáram levezetéshez és túlfeszültség korlátozáshoz a gyártó segédlete alapján választottuk. A túlfeszültség-védelmi eszközöket (SPD) az MSZ EN 62305-4 szabvány szerint a zónahatáron kell beépíteni. Ennek következtében a zónahatárokat átlépő vezetékeken a túlfeszültség-védelmi eszköz biztosítja a védelmet a túlfeszültség-impulzusok ellen. [27]

A feszültség alatt álló rendszereket közvetett módon, 1-es típusú villámáram levezetőn keresztül kell csatlakoztatni a földeléshez (fő földelőkapocs). A villámvédelmi potenciálkiegyenlítést, a villámáramok épületbe való behatolásának megakadályozása érdekében, az épületbe való belépési pont közelében kell kiépíteni. Jelen esetben ez a pont az 'A' jelű főelosztó. Ide terveztük az első túláramvédelmi eszközt, itt kerül szétválasztásra a PEN vezető, így itt van fő földelőkapocs. A főelosztóba 1-es és 2-es típusú SPD-t terveztünk, a kiválasztott kombinált villámáram-levezető: DEHN DSH TNS 255 FM. [5]



12. ábra: 1-es és 2-es típusú SPD

A főelosztóból megáplált 'B' jelű elosztó egy zónahatárnak minősül, ezért ide szintén túlfeszültség-védelmi eszközt terveztük. Ide 2-es típusú SPD-t választottunk, a kiválasztott túlfeszültség-korlátozó: DEHN DG M TNS 275 FM.



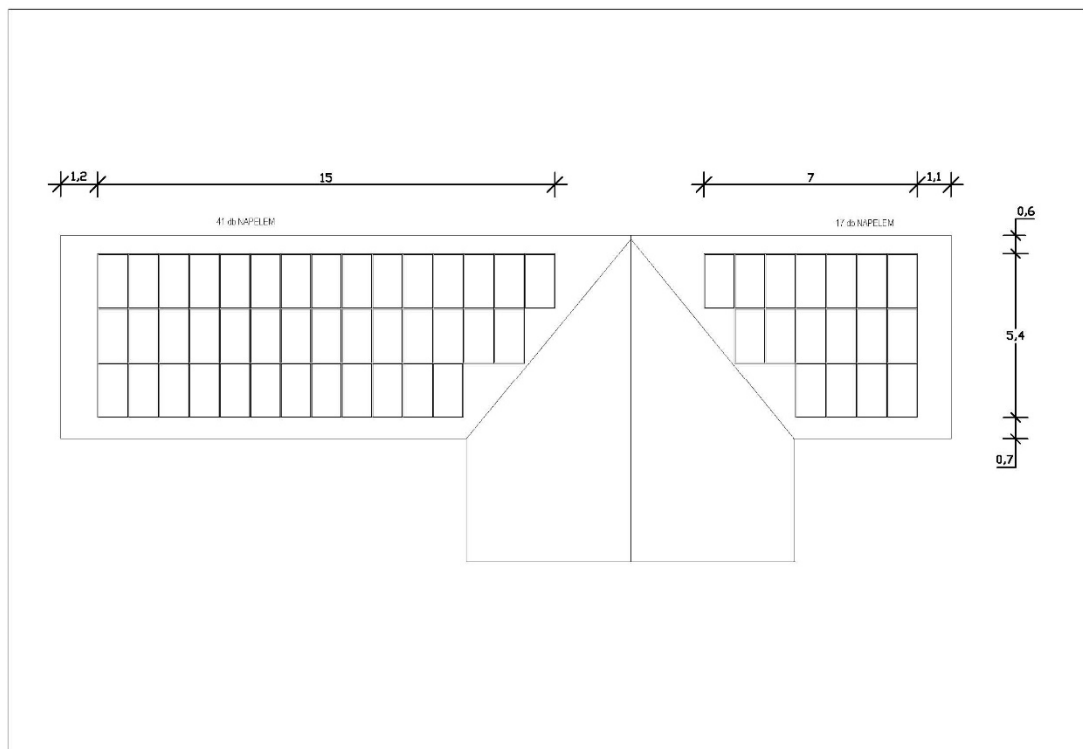
13. ábra: 2-es típusú SPD

8. NAPELEMES RENDSZER

Az épületre az energiaigény számítás és megrendelői egyeztetések után egy 20 kVA-es napelemes rendszert terveztünk. A dél-keleti tető teljes felületére telepíthető napelem, az épületnek nincs kéménye, ami árnyékolná a paneleket. A cseréptető terhelhető, elbírja a telepíteni kívánt mennyiséget.

A napelemek piacán rengeteg modul található hasonló adatokkal, méretekkel, csak apró különbségekkel. Ezért legtöbbször a megrendelő gazdasági megfontolása illetve a terület méretei alapján születik a döntés. A hazai piacon a tervezés idején a napelemek 310-370 W teljesítmény között voltak elérhetőek. A választott napelem modul a CanadianSolar HiKu CS3L-335P. A modul névleges teljesítménye 335 W. A modul méretei alapján kiosztottam a napelemeket a déli tetőre, a biztonsági távolságok betartásával, így 58 db fér el.

A síkba kiterített déli tető a napelemekkel:



14. ábra: Panelek elrendezése

8.1 Inverter kiválasztása

Az inverter kiválasztása általában a stringek darabszámának meghatározása után történik, de jelen esetben SolarEdge invertert terveztünk. Az előzetes becslés alapján 20 kVA-es inverter szükséges. Ehhez a teljesítményhez legközelebb a SolarEdge által gyártott inverterek a 17 és a 25 kVA teljesítményűek. Egy darab SE25K típusú 25000 kVA-es, háromfázisú invertert választottunk. Az inverter három pár bemenettel rendelkezik, maximális DC bemeneti teljesítménye 33750 W. [28]

Az inverter teljesítményének kiválasztása befolyással van a megtermelt energiára. Általában a katalógus adat a névleges teljesítményre vonatkozik. Ha megnézzük a megengedett bemenő áramokat és feszültségeket, azok szorzata nagyobb, mint a névleges teljesítmény. Ez némi rugalmasságot engedélyez. Az áramerősség a stringek számától, a feszültség a stringekbe kötött napelemek számától függ. Ez is befolyásolja a kiválasztást. A bemenő határértékeknél még figyelembe kell venni a hőmérséklet-változást is, mivel a hőmérséklet szempontjából negatív jelleggörbe jellemző a napelemekre. Az invertert (amennyiben a gyártó ezt megengedi, mivel túlterhelésnél leszabályoz) érdemes teljesítményben kissé fölétervezni, ezzel a naperőművünk éves termelése szintén megnövekszik, hiszen a névleges teljesítmény környékén a legjobb a hatásfok, és több ideig van a termelés ebben a tartományban.

8.2 Stringek meghatározása

A napelem modulok sorosan kapcsolódnak egymáshoz. A sorosan kapcsolt egy stringen belül kötött napelemek feszültsége összeadódik. Az inverter maximális bementi feszültsége 1000V. A SolarEdge inverter meghatározott bemeneti DC feszültséggel működik. Az inverterhez, egyenletesen elosztva egy 20 db-os és két 19 db-os stringeket terveztünk. [28]

A panelek üresjárási feszültsége (U_{OC}) a leghidegebb állapotban (pl. $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ esetén) sem lehet nagyobb mint az optimalizáló max. bemenő DC feszültsége. A K_U korrekciós tényezővel a modulok üresjárási feszültségének változása miatt kell számolni, amely függ a telepítés helyén legalacsonyabb környezeti hőmérséklettől (T_{MIN}), valamint a PV modul gyártója által megadott üresjárási feszültségre vonatkozó hőmérséklet-változási együtthatótól (αU_{OC}) :

$$K_U = 1 + \left(\frac{\alpha U_{OC}}{100} \right) \cdot (T_{MIN} - 25)$$

αU_{OC} : a modul U_{OC} -re vonatkozó hőmérséklet-változási együtthatója [%/°C]

T_{MIN} : a napelemes rendszer telepítésének helyén előforduló legalacsonyabb hőmérséklet °C-ban [24]

Napelem panel maximális feszültsége:

$$U_{OC\ MAX} = K_U \cdot U_{OC\ STC}$$

$U_{OC\ MAX}$ számítása:

$U_{OC\ STC}$ (üresjárási feszültség 25 °C cella hőmérsékletnél) = 39,4 V.

$T_{MIN} = -15$ °C.

$\alpha U_{OC} = -0,28$ %/°C.

$$K_U = 1 + \left(\frac{-0,28}{100} \right) \cdot (-15 - 25) = 1,112$$

$$U_{OC\ MAX} = 1,112 \cdot 39,4 = 43,8\ (V)\ [24]$$

A napelem panelek sorosan vannak kötve, ezért egy stringen belül a feszültségek összeadódnak. A legnagyobb string 20 db panelből áll. Ennek a stringnek az összefeszültsége:

$$U_{string} = 20 \cdot 43,8\ V = 875\ V$$

Az inverter maximális bemeneti feszültsége 1000 V; tehát egyik string sem lépi túl a megengedett feszültséget.

Az inverter DC bemenetén lévő stringek maximális árama 37 A. Egy string legnagyobb árama a sorosan kapcsolt napelemeknek a gyártó által megadott rövidzárási árama. A tervezett napelem panel rövidzárási árama 10,9 A. Három string összaráma:

$$I_{össz} = 3 \cdot 10,9\ A = 32,7\ A$$

A számítások alapján a stringek megfelelőek. [24] [28] [29]

8.3 Vezetékek méretezése

A string kábeleket általában a modulokkal együtt szállítják, és a gyártó is megadja a kábelek keresztmetszetét, tehát nem szükséges méretezni a DC oldali vezetékeket. A tervezett panelekhez a gyártó a 4 mm² keresztmetszetű vezetékét határozza meg. [29]

Feszültségére viszont érdemes ellenőrizni a legtávolabbi modul hosszúságával. A legtávolabbi DC vezeték hossza (l): 20 m. A panelekhez kiválasztott szolár vezeték RADOX 125. A vezeték egyeres, sodrott, ónozott rézvezeték, RADOX 125 szigeteléssel.

Ellenőrzés feszültségesésre:

$$e' = \frac{2 \cdot I \cdot l}{\kappa \cdot A}$$

- vezeték hossza: $l = 20 \text{ m}$
- fajlagos vezetőképesség: $\kappa = 56 \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2}$
- keresztmetszete: $A = 4 \text{ mm}^2$
- méretezési árama: $I = 10,9 \text{ A}$

$$e' = \frac{2 \cdot 10,9 \cdot 20}{56 \cdot 4} = 1,95 \text{ (V)}$$

Százalékos értéke a rendszer feszültségéhez (U) képest:

$$\varepsilon = \frac{2 \cdot e' \cdot 100}{U} = \frac{2 \cdot 1,95 \cdot 100}{875} = 0,44 \text{ (\%)}$$

A feszültségesés értéke elfogadható, megfelel a 4 mm^2 keresztmetszetű vezeték.

Az AC oldalai vezeték méretezése során az összes többi áramköri vezetéknél alkalmazott módszer szerint választottunk védelmi készüléket és keresztmetszetet. Az inverter AC oldali tervezett vezetéke réz vezetőanyagú H05VV-F (MT) típusú műanyag tömlővezeték, PVC érszigeteléssel, és külön külső köpennyel, mely szinten PVC anyagú. A vezeték szerelési módja falon kívül, vezetékcsatornában. A beépített modulok száma alapján a beépített teljesítmény:

$$P_B = \frac{19430 \text{ W}}{\sqrt{3} \cdot 400 \text{ V}} = 28 \text{ A}$$

Az inverter védelmére C karakterisztikájú, 32 A névleges áramú kismegszakító megfelelő. A 32 A névleges áramú védelemhez az MSZ HD 60364-5-52 szabvány vonatkozó táblázata alapján a 10 mm^2 keresztmetszetű vezeték kielégítő. Az inverter

képes 25 kW teljesítményre (P_{INV}) is, ezért a vezeték keresztmetszetét erre a teljesítményre ellenőrzöm, hogy a napelemes rendszer bővíthető legyen. A méretezési áram:

$$I_T = \frac{P_{INV}}{\sqrt{3} \cdot U_v} = \frac{25000 \text{ W}}{\sqrt{3} \cdot 400 \text{ V}} = 36,08 \text{ A}$$

A 10 mm² keresztmetszetű vezeték 50 A-ig terhelhető tehát bővíthetőség szempontjából is megfelel a vezeték. [10]

A vezető névleges kereszt- metszete [mm²]	Elhelyezési módok PVC szigetelés, három terhelt vezető Környezeti hőmérséklet max 30 °C megengedett terhelő áram (A)
Réz	B2
1,5	16,5
2,5	23
4	30
6	38
10	52
16	69
25	90
35	111
50	133
70	168
95	201
50	133
70	168
95	201

13. táblázat: Megengedett áramterhelés három terhelt vezető esetén (B2)

8.4 Napelemes rendszer védelme

A napelemek villámvédelme a tervezett villámvédelmi rendszerrel megoldott, a napelemeket a tető védett terébe terveztük és a felfogók nem árnyékolják a paneleket.

A védelem részeként fontos az AC és DC oldali védelmi készülékek, kapcsolók és túlfeszültség-levezetők tervezése. A gyártó a napelem paneleket IP 68 védettségű kötődobozzal szállítja, amelyek tartalmazzak három darab bypass diódát. Ezek a diódák megakadályozzák, hogy zavar esetén az áram a hibás modulsoron rossz irányba folyjon, míg a többi modulsor továbbra is normál üzemállapotban termel. A diódáknak véges a túlfeszültségekkel szembeni ellenálló képességük. Teljes védelemhez olvadóbiztosítókat terveztünk a DC oldali szekrényekbe, amelyek méretezéséhez a modulsor legnagyobb üzemi áramával kell számolni. Az üzemi áram függ az éghajlati viszonyoktól és a tapasztalati adatok alapján legalább 25 %-kal nagyobbra tehető, mint a normál körülmények közötti rövidzárási áram (I_{OC}). Ezért a méretezési áramot a következő képlettel számítottam:

$$I_N = 1,4 \cdot I_{SC} = 1,4 \cdot 10,9 \text{ A} = 15,26 \text{ A}$$

A napelem modul gyártója maximális biztosító értéknek 20 A-t adott meg, tehát 16 A névleges áramú, egyenáramú olvadóbiztosítót választottunk. Az olvadóbiztosító megakadályozza a visszáramot és a vezetékek túlterhelésvédelmét is ellátja. A 16 A névleges áramú biztosító az MSZ HD 60364-5-52 szabvány megengedett terhelő áramok táblázata alapján megfelelően védi a 4 mm² keresztmetszetű DC vezetékeket. [29] [20] [10]

A napelemes rendszer túlfeszültségek elleni védelmére AC és DC oldalra is túlfeszültség-levezetőket terveztünk. A kiválasztásnál segítségünkre volt a gyártó kiválasztási mátrixa. A DC oldali védelmet a hőmérséklet-változással figyelembe vett üresjárási feszültségre méreteztük, ami korábbi számításokból 875 V. A tetőn külső villámvédelem van, és a biztonsági távolság betartásával terveztük a napelemek elhelyezését a DC oldalra 2-es típusú túlfeszültség-levezetőt választottunk. A kiválasztott típus: DEHN DG M YPV SCI 1000 FM. A tervezett készülék névleges feszültsége 1000 V; névleges levezető árama 12,5 kA; a maximális levezető árama 40 kA; ami megfelel a tervezett napelemekhez. DC túlfeszültség-levezetőt minden string csatlakozószekrényébe terveztünk. [16] [21]



15. ábra: DC oldali SPD

Az AC oldalra tervezett túlfeszültség-levezető nem tér el a szokásos háromfázisú védelmekről. A főelosztóba terveztünk 1-es és 2-es típusú túlfeszültség-levezetőt. Ebben a készülékben egyesítve van a villámáram-levezető és túlfeszültség-korlátozó funkció. A készülék gyártója 10 m-es távolságot határoz meg a főelosztó túlfeszültség-levezetője és az inverter között, amíg nincs szükség kiegészítő túlfeszültség-védelmi eszközre. Az invertert a főelosztó mellé terveztük, tehát 10 méteren belül van, nem szükséges kiegészítő túlfeszültség-levezető az AC oldalra. [21]

Az MSZ HD 60364-7-712 szabvány leírja: „A PV-szerkezeteket az egyenáramú oldalon feszültség alatt állónak kell tekinteni még akkor is, ha a rendszer le van kapcsolva a váltakozó áramú oldalról.” [22] Tehát bármilyen leválasztást tervezünk, mindig a DC oldalt mindig feszültség alatt állónak kell tekintenünk. A TvMI szerint az ebből adódó kockázat miatt törekedni kell olyan rendszer kialakítására, amelynél a DC hálózatrész minél kisebb része található az épületen belül. A TvMI előírja, hogy ha az épületen belüli DC kábel hossza az épületbe való belépési pontjától meghaladja az 5 métert, a DC kábelszakaszon leválasztás szükséges. Az orvosi rendelő és gyógyszerár esetében a DC kábelszakasz nem haladja meg az 5 métert, de a megrendelői egyeztetés és biztonsági szempontok alapján leválasztó kapcsoló tervezése mellett döntöttünk. A betervezett tűzvédelmi kapcsoló Santon 4P DFS-14 típusú kapcsoló, amely egy motorikus kapcsolóval működik, ami az épület váltakozó áramú villamos hálózatához csatlakozik, és ha a váltakozó áramú betáplálás megszűnik, a kapcsoló automatikusan leválasztja a

napelemes mezőt. Egy kapcsoló két stringet is tud kezelni, ezért csak két darab kapcsolót terveztünk a napelemes rendszerhez. A kapcsolók az inverter mellett a DC vezetékek legelső belépési pontjához terveztük. [3] [30]

A Santon 4P DFS-14 tűzvédelmi főkapcsoló:



16. ábra: Santon 4P DFS-14

Az MSZ HD 60364-7-712 előírja, hogy az inverter AC oldalán is leválasztó kapcsolót kell alkalmazni karbantartás céljából. Ezért a napelemes rendszer teljesítményéből számolt terhelő áram szerint választottunk leválasztó kapcsolót. Ez az áramérték a korábban számolt 28 A; tehát a leválasztó kapcsolónak 40 A névleges áramú sorbaépíthető kézikapcsolót terveztünk. [22]

A védelmi készülékeknek és az AC oldali kapcsolónak külön AC és DC oldali szekrényt terveztünk.

ÖSSZEFOGLALÁS

Szaktervezésemben meg akartam mutatni milyen új kihívásokkal kell szembenéznie egy villamos tervezőnek a mai időkben. Egy villamos tervezőnek munkája során több szabványt, szabályzatot és irányelvet szem előtt tartva kell megfelelni egy épület biztonságos és hosszútávú működésért villamos szempontból. Betekintést nyújtottam az épületvillamossági tervezés lépéseibe és ismerttettem, hogy a tervezés során milyen eljárásokon, számításokon megy végig egy tervező, amíg a tervek elkészülnek. A dolgozatomban kitértem a világítástervezés, energiacelosztás, túláramvédelem, túlfeszültség-védelem, áramütés elleni védelem és villámvédelem területére, illetve a készülék és anyagkiválasztás lépésire.

A napelemes rendszerek újabb feladatokat adtak a villamos szakmának, az eddigi szemléletmódot megváltoztatta több területen, többek között az energiaellátás és a villámvédelem területén is. A napelemes rendszer tervezése már az épületvillamossági tervezés korai szakaszában megváltozott szemléletmódot és számításokat igényel.

Remélem sikerült szemléltetnem hogyan dolgozik egy villamos tervező és milyen módon megváltoztatja a hozzáállást az épületvillamossági tervezéshez egy épület villamos hálózatába integrált napelemes rendszer.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Ambró Péter - Darvas István – Dely Kornél – Kőhegyi László – Rajkai Ferenc: Villamos tervezési alapismeretek (ÓE KVK 2089, Budapest, 2011.)
- [2] <https://yearbook.enerdata.net/electricity/electricity-domestic-consumption-data.html>
- [3] TvMI 7.4:2020.01.22
- [4] Dr. Borsányi János: Világítástechnika (41/2007, Budapest, 2010.)
- [5] MSZ EN 12464-1:2012
- [6] Dési Albert: Épületvillamosság (8. átdolgozott kiadás, Budapest, 2019)
- [7] MSZ EN 1838:2014
- [8] Dr. Novothny Ferenc (PhD): Villamos energetika I. (ÓE KVK 2050, Budapest, 2010.)
- [9] MSZ 447:2019
- [10] MSZ HD 60364-5-52:2011
- [11] MSZ HD 60364-7-710:2012
- [12] Kemény József: Túláramvédelem (Budapest, 2004.)
- [13] Dr. Kemény József: Kapocslástechnika (ÓE KVK 2069, Budapest, 2010.)
- [14] Dr. Novothny Ferenc (PhD): Villamosenergia-ellátás II. 1. kötet Villamos biztonságtechnika (ÓE KVK 2079/I; Budapest, 2011.)
- [15] MSZ HD 60364-4-41:2018
- [16] Kruppa Attila: Villámvédelem a gyakorlatban
- [17] MSZ EN 62305-1:2011
- [18] MSZ EN 62305-3:2011
- [19] DEHN: Védelmi javaslat Tetőre telepített napelemes rendszerek villám- és túlfeszültség védelme

- [20] Dr. Novothny Ferenc (PhD): Napelemek zárlatvédelme (Elektroinstallateur 2010/10, 34-37. old.)
- [21] DEHN Kiválasztási mátrix Túlfeszültség-védelem napelemes rendszerekhez
- [22] MSZ HD 60364-7-712
- [23] 54/2014. (XII. 5.) BM rendelet az Országos Tűzvédelmi Szabályzatról
- [24] Bodnár István: Napelem hőmérsékletfüggésének kísérleten és szimuláción alapuló vizsgálata (Jelenkori társadalmi és gazdasági folyamatok, (2017) XII. évfolyam, 4. szám, pp. 195-206.)
- [25] <https://www.katasztrofavedelem.hu/213/tuzvedelmi-muszaki-iranyelvek>
- [26] MSZ HD 60364-4-443:2016
- [27] MSZ EN 62305-4:2011
- [28] SolarEdge Háromfázisú inverter SE12.5K – SE27.6K katalógus:
<http://www.naploposhop.hu/custom/naplopo/image/data/pdf/SolarEdge/se-three-phase-inverter-setapp-datasheet-hu.pdf>
- [29] CanadianSolar HiKu CS3L-P katalógus: https://www.canadiansolar.com/wp-content/uploads/2019/12/Canadian_Solar-Datasheet-HiKu_CS3L-P_EN.pdf
- [30] Santon 4P DFS-14 adatlap (<https://www.e-mile.hu/files/Adatlap%20Santon%20DFS%20tűzvédelmi%20kapcsoló.pdf>)

ÁBRAJEGYZÉK

1. ábra: Láthatósági függvény [<https://mek.oszk.hu/00500/00572/html/vlambda.gif>]
2. ábra: Rendelő és asszisztens helyiség [Saját készítésű ábra]
3. ábra: SIMOTRADE STM PLAST-228 LED 5200 VZ lámpatest [SIMOTRADE katalógus]
4. ábra: A megvilágítás eloszlása [Saját készítésű ábra]
5. ábra: NAYY-J-1kV [https://elektroprofishop.hu/img/50864/NAYY-J_4_X_50_SM/NAYYJ-4X50-NAYYJ-4x-50-SM-mm2-kabel-0-61kV.webp?time=1619777710]
6. ábra: Kismegszakító jelleggörbék [SCHRACK TECHNIK katalógus Energiaelosztás és vezérlés 1/5 rész: Sorbaépíthető készülékek]
7. ábra: Kombinált védőkapcsoló jelleggörbék [SCHRACK TECHNIK katalógus Energiaelosztás és vezérlés 1/5 rész: Sorbaépíthető készülékek]
8. ábra: Tűzvédelmi főkapcsoló [SCHRACK TECHNIK katalógus Fő- és vezérlőkapcsolók, működtető és jelző készülékek]
9. ábra: 20A-es kapcsoló
[<https://static.daniella.hu/GN/Z3/AC/60/02/XB/00/S2/0/0/BIG.jpg?hash=e9fed54e54d71b47249ea742b9677b1c>]
10. ábra: Kockázatelemzés eredmény [Saját készítésű ábra]
11. ábra: Gördülőgömb-szerkesztés [Saját készítésű ábra]
12. ábra: 1-es és 2-es típusú SPD [<https://asset.conrad.com/media10/isa/160267/c1/-/hu/001967989PI00/image.jpg?x=400&y=400>]
13. ábra: 2-es típusú SPD [<https://asset.conrad.com/media10/isa/160267/c1/-/hu/001968184PI00/image.jpg?x=400&y=400>]
14. ábra: Panelek elrendezése [Saját készítésű ábra]

15. ábra: DC oldali SPD [<https://asset.conrad.com/media10/isa/160267/c1/-/hu/001967978PI00/image.jpg?x=400&y=400>]

16. ábra: Santon 4P DFS-14
[https://www.napelemmarket.hu/custom/napelem/image/cache/w1000h1000wt1/product/Santon/santon_tuzvedelmi_kapcsolo.JPG?lastmod=1615468367.1497012925]

TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE

1. táblázat: Szabványok [Saját készítésű táblázat]
2. táblázat: Szabályzat és irányelvek [Saját készítésű táblázat]
3. táblázat: Téli fogyasztás [Saját készítésű táblázat]
4. táblázat: Nyári fogyasztás [Saját készítésű táblázat]
4. táblázat: Egész éves fogyasztás [Saját készítésű táblázat]
6. táblázat: Összesített fogyasztás [Saját készítésű táblázat]
7. táblázat: Megvilágítás értékek [MSZ EN 12464-1:2012]
8. táblázat: Szerelési módok [MSZ HD 60364-5-52:2011]
9. táblázat: Megengedett áramterhelés két terhelt vezető esetén (A1) [MSZ HD 60364-5-52:2011]
10. táblázat: Megengedett áramterhelés három terhelt vezető esetén (A1; D1) [MSZ HD 60364-5-52:2011]
11. táblázat: Kismegszakító tartományai [Dr. Kemény József: Kapcsolástechnika (ÓE KVK 2069, Budapest, 2010.)]
12. táblázat: Leválaszó kapcsolók [Saját készítésű táblázat]
13. táblázat: Megengedett áramterhelés három terhelt vezető esetén (B2) [MSZ HD 60364-5-52:2011]

ELEKTRONIKUS MELLÉKLETEK

1. számú melléklet: Energiellátás és térvilágítás
2. számú melléklet: Földszint villanyszerelés
3. számú melléklet: 'A' jelű főelosztó
4. számú melléklet: 'B' jelű elosztó
5. számú melléklet: Villámvédelem
6. számú melléklet - Napelem egyvonalas