ÓBUDAI EGYETEM

Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar
Automatizálási és Energiarendszerek Intézet

SZAKDOLGOZAT

ÓE-KVK Hallgató neve: Horváth László

2023. Hallgató törzskönyvi száma: T005600/FI12904/K

ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar
Villamosenergetikai Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Horváth László
Szakdolgozat száma: SZD2310191101284707JGBM27
Törzskönyvi száma: T005600/FI12904/K **Neptun kódja:** [redacted]

Szak: villamosmérnöki (Budapest)
Specializáció: Villamosenergetika specializáció Villamosenergia-rendszerek modul

A dolgozat címe: Várpalota, Szociális Otthon villamosenergia-ellátása a területen fennálló feszültségpanasz megszüntetésével és transzformátor állomás átépítéssel
A dolgozat címe angolul: Supplying electricity of a Social Home by eliminating voltage complaints in the area and rebuilding a transformer station in Várpalota
A feladat részletezése: 1. Probléma ismertetése
2. A tárgyi energiaigény biztosításához szükséges, lehetséges műszaki megoldások ismertetése.
3. A kiválasztási folyamat ismertetése és indoklása.
4. Szükséges méretezési számítások elvégzése.

Intézményi konzulens neve: Mitrik Zsolt József

Külső konzulens neve: Tolonits Péter
Munkahelye:

A kiadott téma elévülési határideje:2025. 12. 15.
Beadási határidő: 2023. 12. 15.

A szakdolgozat: Titkos.

Kiadva: Budapest, 2023. 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, 2023. DECEMBER 14.

hallgató aláírása

ÓBUDAI EGYETEM

Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar
Villamosenergetikai Intézet

KONZULTÁCIÓS NAPLÓ

Hallgató neve: Horváth László Neptun Kód: JGBM27 Tagozat: Távoktatás

Telefon: +36303983283 Levelezési cím: 8100. Várpalota, Aradi Vértanúk útja 15.

Szakdolgozat címe magyarul: Várpalota, Szociális Otthon villamosenergia-ellátása a területen fennálló feszültségpanasz megszüntetésével és transzformátor állomás átépítéssel

Szakdolgozat címe angolul: Supplying electricity of a Social Home by eliminating voltage complaints in the area and rebuilding a transformer station in Várpalota

Intézményi konzulens: Mitrik Zsolt Külső konzulens: Tolonits Péter

Kérjük, hogy az adatokat nyomtatott nagy betűkkel írja!

Alk.	Dátum	Tartalom	Aláírás
1.	2023.09.27.	Dolgozat céljának meghatározása, téma egyeztetése	
2.	2023.10.11.	Témavázlat bemutatása	
3.	2023.11.07.	A dolgozat áttekintése	
4.	2023.11.28.	A dolgozat ellenőrzése, szükséges javítások egyeztetése	

A Konzultációs naplót összesen 4 alkalommal, az egyes konzultációk alkalmával kell láttamoztatni bármelyik konzulenssel.

A hallgató a „Szakdolgozat” tantárgy aláírási követelményét teljesítette.

Budapest, 2022. 12. 08.

.....
Intézményi konzulens

V/8. számú melléklet[35]

Kérelem

Tisztelt Szervezeti Egység Vezető!

Alulírott Horváth László,

(szül. hely, idő:) Várpalota, 1984.05.06.

az Óbudai Egyetem

Kandó Kálmán Villamosmérnöki karának

villamosmérnök szakos hallgatója, kérem az általam elkészített,

Várpalota, Szociális Otthon villamosenergia-ellátása a területen fennálló feszültségpanasz megszüntetésével és transzformátor állomás átépítéssel című diplomamunka, az

Óbudai Egyetem Tanulmányi Ügyrendjének 5:10.§ szerinti titkosítását és annak 5év időtartamú titkos kezelését, tekintettel arra, hogy a dolgozatomhoz adatot, információt szolgáltató E.ON Észak-dunántúli Áramhálózati Zrt. (név, cégnév) a birtokomba került információkra vonatkozóan titoktartásra kötelezett, melyről szóló igazolást jelen kérelmemhez mellékelem.

Budapest, 2023. 12. 12.

Tisztelettel,

Horváth László

(hallgató neve)

.....

Dr. Semperger Sándor

Tanszék vezető

TARTALOM

1. Probléma felvetése 9

1.1. Energiaigény 9

1.2. Feszültségpanasz 9

1.3. Az érintett fogyasztói körzetet ellátó transzformátorállomás és az azt megtápláló középfeszültségű hálózat nyomvonalvezetésének szabványosítása. 9

2. Probléma kifejtése 10

2.1. Szociális intézmény villamosenergia igénye 10

2.2. Alapadat gyűjtés 10

2.3. A meglévő hálózati és terhelési viszonyok megállapítása 12

2.3.1. I-TRS program számítási hátterének leírása 12

2.3.2. Lehetséges műszaki megoldási javaslatok kidolgozása 19

2.4. Feszültségpanasz kivizsgálásának ismertetése 20

2.5. Transzformátorállomást ellátó középfeszültségű légvezetékes hálózat nyomvonalának szabványosítása 26

3. A feladat megoldásának folyamata 28

3.1. A felmerült problémák kezelésének lehetőségei 28

3.2. A meglévő kis és középfeszültségű hálózat ismertetése 30

3.3. Bontandó hálózatok, valamint OTR állomás ismertetése 30

3.3.1. Bontandó középfeszültségű hálózat 30

3.3.2. Bontandó kisfeszültségű hálózat 39

3.4. Az építendő transzformátor állomás és középfeszültségű hálózat nyomvonalának ismertetése 40

4. Hálózat méretezése 42

4.1. Középfeszültségű légvezetékes hálózat 42

4.1.1. Oszlopok méretezése 42

4.1.2. 20kV-os szabadvezeték 64
4.2. 20kV-os földkábeles hálózat 81
4.3. Transzformátor állomás 83
4.4. Kisfeszültségű hálózat méretezése 86
4.4.1. B1. áramkör 87
4.4.2. B2 áramkör 91
4.4.3. B3 áramkör 93
4.4.4. B4 áramkör 96
4.4.5. B5 áramkör 99
4.4.6. B6 áramkör 104
4.5. Fogyasztói csatlakozó 109
5. Összefoglalás 111
6. Abstract 112
7. Ábrajegyzék 113
8. Irodalomjegyzék 118

BEVEZETÉS

Az E.ON Észak-dunántúli Áramhálózati Zrt. Székesfehérvári Üzemének alkalmazottjaként (Hálózat Üzemeltető, Területgazda) kezdtem meg tanulmányaimat az Óbudai Egyetem Kandó Kálmán Villamosmérnöki Karán. Munkahelyem segített a dolgozat témájának megválasztásában. Egy valós folyamat kapcsán megjelent probléma megoldásának lehetőségét kaptam feladatként.

A feladat egy villamosenergia-ellátási igény megoldására épül, amely az újonnan megjelent fogyasztói igény biztosítását célzó lehetőségek kivizsgálása, figyelembe véve a település Szabályozási Tervének előírásait.

A dolgozat célja, hogy bemutassa az E.ON Észak-dunántúli Áramhálózati Zrt. Székesfehérvári Üzemének folyamatain keresztül egy felmerülő probléma kezelését az elemzésétől a műszaki megoldás kidolgozásáig.

1. PROBLÉMA FELVETÉSE

1.1. Energiaigény

Várpalota Város Önkormányzatától energiaigény érkezett az E.ON Észak-dunántúli Áramhálózati Zrt. Székesfehérvári Üzeméhez, miszerint 3x80 A-nek megfelelő teljesítményre van szükségük Várpalota, Bercsényi utca 3644/3. hrsz-ú ingatlanon létesítendő Szociális Intézményben.

1.2. Feszültségpanasz

Várpalota, Inota városrészéből megkeresés érkezett az E.ON Észak-dunántúli Áramhálózati Zrt. Székesfehérvári Üzeméhez (továbbiakban: DSO). A bejelentésben alacsony feszültség értéket jelöltek meg hibaként, mely problémát okoz a bejelentő által üzemeltetett villamos gépek működésében.

1.3. Az érintett fogyasztói körzetet ellátó transzformátorállomás és az azt megtápláló középfeszültségű hálózat nyomvonalvezetésének szabványosítása.

Várpalota, Bercsényi utca villamosenergia-ellátását biztosító kisfeszültségű hálózat táplálását a 28542 azonosítójú Vízmű gépház elnevezésű transzformátorállomás biztosítja. A transzformátorállomás egy domb oldalában található, megközelítése nehézkes, biztonságos kezelése nem biztosítható.
A fenti transzformátorállomás energia ellátását biztosító középfeszültségű (22 kV) légvezetékes hálózat nyomvonala a lakott területen magán ingatlanok felett halad.
A középfeszültségű légvezetékes hálózat, valamint a transzformátorállomás áthelyezése javasolt az üzemeltetés biztonságának növelése érdekében.

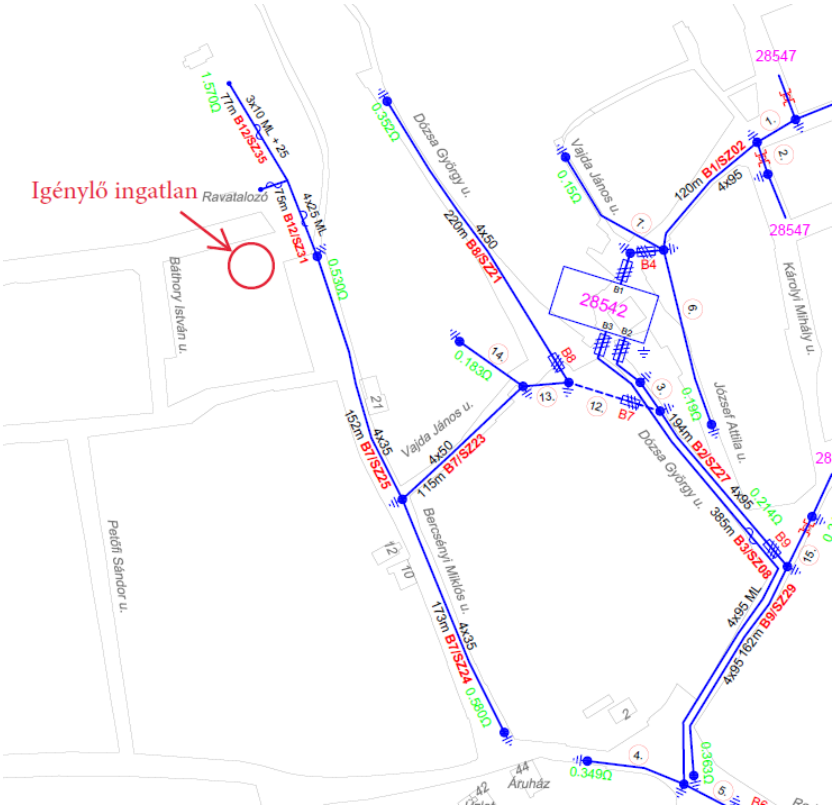
2. PROBLÉMA KIFEJTÉSE

2.1. Szociális intézmény villamosenergia igénye

Várpalota, Bercsényi utcában épülő Szociális intézmény villamosenergia-ellátásával kapcsolatosan érkezett igénybejelentő nyomtatvány az Áramszolgáltató Székesfehérvári Üzeméhez, miszerint fázisonként 80A szükséges az intézmény üzemeltetéséhez. Az E.ON Észak-dunántúli Áramhálózati Zrt. Székesfehérvári Üzemében a villamosenergia igény beérkezését követően a területileg illetékes berendezésfelelős, a területgazda feladata az igény biztosításához szükséges műszaki megoldások kidolgozása.

2.2. Alapadat gyűjtés

Az igénylő által – a villamosenergia igénybejeltő nyomtatványon - jelzett ingatlanig a meglévő villamos hálózati elemek adatait összegyűjtöttem (transzformátor teljesítménye, hálózat hossza, vezetékek típusa és keresztmetszete, adott áramkörökön lévő fogyasztók darabszáma).
Jelen igény biztosítására kézenfekvő leágazási pontként azonosítottam a Bercsényi utcát ellátó kisfeszültségű légvezetékes közcélú hálózatot, melynek az energiaigénnyel érintett áramkörét az 1. ábrán láthatjuk.



1. ábra
Energiaigénnyel érintett hálózatszakasz vázrajza (Forrás: DSO érintésvédelmi vázrajz)

Az érintett kisfeszültségű hálózatot tápláló transzformátorállomás ellátási körzetét bemutató egyvonalas, úgynevezett érintésvédelmi vázrajz segítségével megállapítható a táppontban elhelyezett transzformátor gép teljesítménye, az igénylő ingatlanig haladó kisfeszültségű hálózat hossza, a beépített vezetők típusa és keresztmetszete, valamint a táplálási pont és az igénylő ingatlan leágazási pontja közötti távolság.

Az igénylő ingatlan irányába kiépített meglévő kisfeszültségű hálózat a 28542 azonosítójú, Vízmű gépház elnevezésű transzformátorállomásból induló B2 jelű áramkör.

Leágazási pontként az igénylő ingatlannal szemben található oszlopot jelöltem ki, mely a tápláló transzformátorállomástól mintegy 359m távolságban található.

Ezt követően összegyűjtöttem a meglévő villamos hálózat adatait:

Transzformátor:

- Típusa: NA 400/20, 22/0,4 kV
- Teljesítménye: 400 kVA

Kisfeszültségű hálózat:

- 16 m nyomvonalhosszban: szigetelt 4x95 mm^2 NFA2X légvezeték
- 11 m nyomvonalhosszban: szigeteletlen 4x95 mm^2 ASC légvezeték
- 26 m nyomvonalhosszban: SZAMKAtVM 4x185 mm^2 földkábel
- 154 m nyomvonalhosszban: szigeteletlen 4x50 mm^2 ASC légvezeték
- 152 m nyomvonalhosszban: szigeteletlen 4x35 mm^2 ASC légvezeték

2.3. A meglévő hálózati és terhelési viszonyok megállapítása

A Székesfehérvári Üzemben két módszer is rendelkezésre áll a villamos hálózat üzemi adatainak megismerésére:

- Az egyik lehetőség az úgynevezett I-TRS hálózat számító szoftver, amely átlag terhelési és feszültség viszonyokkal számol.
- A másik a mérés, melynek során regiszteres mérőműszereket az érintett hálózat stratégiai pontjain helyezünk el. Az egy hetes mérési intervallum elteltével a mért értékeket kielemezve valós és pontos információkhoz jutunk a hálózat feszültség és terhelési viszonyairól. A gyakorlatban a kisfeszültségű hálózatok modellezésével állapítjuk meg az érintett hálózatszakasz kihasználtságát, mivel az energiaigények rövid átfutási ideje (melyet rendelet szabályoz) regiszteres mérésre alapuló terhelési adatok beszerzését nem teszi lehetővé.

A dolgozat elkészítése során az E.ON Észak-dunántúli Áramhálózati Zrt. Belső Írásos Rendelkezéseiben meghatározott számítási és méretezési eljárásokat, valamint szoftvereket alkalmaztam.

2.3.1. I-TRS program számítási hátterének leírása

<u>Hurokimpedancia számítás</u>

Transzformátor impedancia számítás:

$$Z_{TR} = \frac{U_{TR\,szek}^2}{S_n} \cdot \frac{\varepsilon}{100}$$

$$R_{TR} = \frac{P_{rz} \cdot U_{TR\,szek}^2}{S_n^2}$$

$$X_{TR} = \sqrt{Z_{TR}^2 - R_{TR}^2}$$

Z_{tr} a transzformátor impedanciája [Ω]

R_{tr} a transzformátor ellenállása [Ω]

X_{tr} a transzformátor reaktanciája [Ω]

$U_{tr,szek}$ a transzformátor névleges szekunder feszültsége [V]

S_n a transzformátor névleges teljesítménye [kVA]

ε a transzformátor rövidzárási feszültsége (drop) [%]

P_{rz} a transzformátor rövidzárási vesztesége kW]

Csatlakozó vezeték impedancia számítás:

$$R_{cs} = \left(R_{f,cs} + R_{n,cs}\right) \cdot \frac{L_{cs}}{1000}$$

$$X_{cs} = \left(2 \cdot X_{fn,cs}\right) \cdot \frac{L_{cs}}{1000}$$

R_{cs} a csatlakozó vezeték ellenállása [Ω]

X_{cs} a csatlakozó vezeték reaktanciája [Ω]

$R_{f,cs}$ a csatlakozó vezeték fázisvezetőjének fajlagos ellenállása $\left[\frac{\Omega}{km}\right]$

$R_{n,cs}$ a csatlakozó vezeték nullavezetőjének fajlagos ellenállása $\left[\frac{\Omega}{km}\right]$

$X_{fn,cs}$ a csatlakozó vezeték fázis- és nullavezetőjének fajlagos reaktanciája $\left[\frac{\Omega}{km}\right]$

L_{cs} a csatlakozó vezeték hossza [m]

Kábelhálózaton:

$$ZH_i = \sqrt{\left(\sum_i R_{f,i} + R_{TR} + \sum_i R_{n,i}\right)^2 + \left(\sum_i X_{f,i} + X_{TR} + \sum_i X_{n,i}\right)^2}$$

Szabadvezetékes hálózaton:

$$ZH_i = \sqrt{\left(\sum_i R_{f,i} + R_{TR} + \sum_i R_{n,i} + R_{cs}\right)^2 + \left(\sum_i X_{f,i} + X_{TR} + \sum_i X_{n,i} + X_{cs}\right)^2}$$

ZH_i hurokimpedancia [Ω]

$R_{f,i}$ a vezeték szakasz fázisvezetőjének ellenállása [Ω]

$R_{n,i}$ a vezeték szakasz nullavezetőjének ellenállása [Ω]

$X_{f,i}$ a vezeték szakasz fázisvezetőjének reaktanciája [Ω]

$X_{n,i}$ a vezeték szakasz nullavezetőjének reaktanciája [Ω]

R_{TR} a transzformátor ellenállása [Ω]

X_{TR} a transzformátor reaktanciája [Ω]

R_{CS} a csatlakozó vezeték ellenállása [Ω]

X_{CS} a csatlakozó vezeték reaktanciája [Ω]

Hálózati terhelés számítás

Mértékadó fogyasztószám:

$$Fm_i = \frac{E_i + 2 \cdot H_i}{3}$$

(szimmetrikus terheléseloszlás, háromfázisú = 2db egyfázisú)

Fm_i a vezeték szakasz mértékadó fogyasztószáma [db]

E_i egyfázisú fogyasztók száma [db]

H_i háromfázisú fogyasztók száma [db]

$$Fm_s = \sum_i Fm_i$$

Fm_s az áramkör mértékadó fogyasztószáma [db]

Mértékadó fogyasztónkénti terhelés:

$$P_s = \left(0{,}2 + \frac{0{,}8}{\sqrt{Fm_s}}\right) \cdot P_0$$

P_s az áramkör mértékadó fogyasztónkénti terhelése [kW/fogyasztó]

Fm_s az áramkör mértékadó fogyasztószáma [db]

P_0 mértékadó fogyasztónkénti terhelés [kW/fogyasztó]

Megoszló terhelés:

$$I_{i,mszl} = P_s \cdot Fm_i \cdot \frac{1}{U_T}$$

$I_{i,mszl}$ a vezeték szakasz megoszló terhelése [A]

Ps az áramkör mértékadó fogyasztónkénti terhelése [kW/fogyasztó]

Fmi a vezeték szakasz mértékadó fogyasztószáma [db]

UT a táppont feszültsége [kV]

Koncentrált terhelés:

$$I_{i,ko} = \frac{P_k \cdot K_{cs}}{3 \cdot U_T \cdot 100}$$

(háromfázisú koncentrált terhelés)

$I_{i,ko}$ a vezeték szakasz szakaszon lévő koncentrált terhelő áram [A]

P_k a koncentrált fogyasztó lekötött teljesítménye [kW]

K_{cs} kihasználtsági szorzó [%]

U_T a táppont feszültsége [kV]

Teljes terhelés:

$$I_{i,er} = I_{i,mszl} + I_{i,ko}$$

$I_{i,er}$ a vezeték szakasz teljes terhelése [A]

$I_{i,mszl}$ a vezeték szakasz megoszló terhelése [A]

$I_{i,ko}$ a vezeték szakaszon lévő koncentrált terhelés árama [A]

Feszültségesés számítás

(cosφ=1)

(A megoszló terhelés eloszlása egyenletes, a vezeték szakasz közepére van redukálva, a koncentrált terhelést a vezeték szakasz végén vesszük figyelembe)

$$\Delta U_i = R_{f,i} \frac{I_{t,i} + I_{v,i}}{2}$$

$$I_{v,i} = \sum_k I_{T,i+k} + I_{i,ko}$$

$$U_v = U_T - \Delta U_i$$

$$U[\%] = \frac{U_v}{U_n} \cdot 100$$

$\Delta U_i i$ a vezeték szakasz végponti feszültségesése [V]

$R_{f,i}$ a vezeték szakasz fázisvezetőjének ellenállása [Ω]

$I_{T,i}$ a vezeték szakasz induló árama [A]

$I_{V,i}$ a vezeték szakasz végponti árama [A]

$I_{T,i+k}$ a vezeték szakaszt a topológiában követő a vezeték szakaszok áramai [A]

$I_{i,ko}$ a vezeték szakaszon lévő koncentrált terhelés árama [A]

U_V a vezeték szakasz végponti feszültsége [V]

U_T a táppont feszültsége [V]

U[%] a vezeték szakasz végponti feszültségének a névleges értéktől való eltérése [%]

U_n a névleges feszültség [V]

Biztosító számítás

$$I_{i,BNA} \geq I_{i,össz}$$

$$I_{i,BNF}^{ZH} \leq \frac{\frac{400}{\sqrt{3}}}{\alpha \cdot ZH_i}$$

$$I_{i,BNF}^{T} \leq I_{b\,max}$$

$I_{i,BNA}$ a vezeték szakaszhoz rendelt legkisebb biztosítóérték [A]

$I_{i,össz.}$ a vezeték szakasz összegzett árama [A]

$I_{iZH,BNF}$ a vezeték szakaszhoz rendelt legnagyobb biztosítóérték, ha csak a hurokimpedanciát, mint korlátozó tényezőt vesszük figyelembe [A]

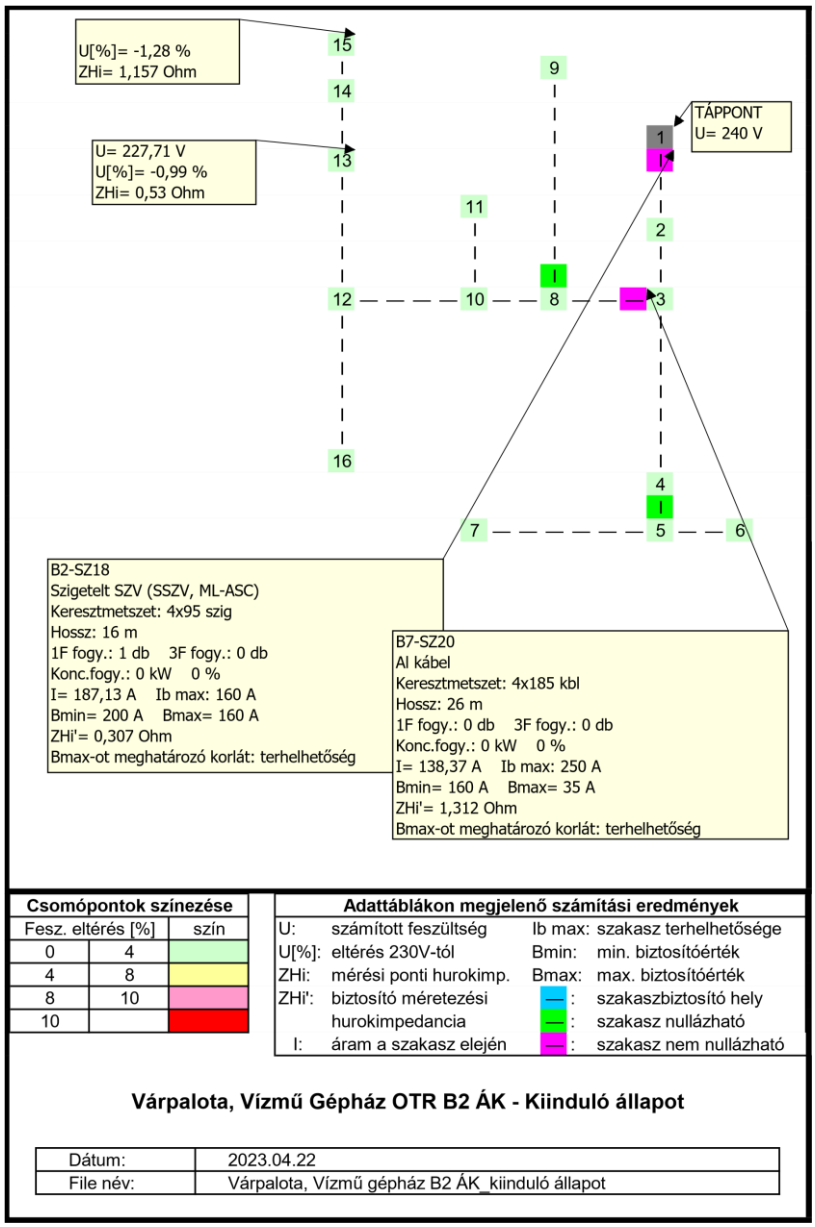
α a biztosító kiolvadási szorzója (kábeles hálózatnál α = 4, légvezetékes és vegyes hálózatnál α = 2,5)

ZH_i hurokimpedancia [Ω]

$I_{iT,BNF}$ a vezeték szakaszhoz rendelt legnagyobb biztosítóérték, ha csak a vezeték terhelhetőségét, mint korlátozó tényezőt vesszük figyelembe [A]

$I_{b\ max}$ a vezeték szakaszhoz előírt maximális behelyezhető biztosítóbetét értéke [A] (paraméter táblázatból vett érték) [1]

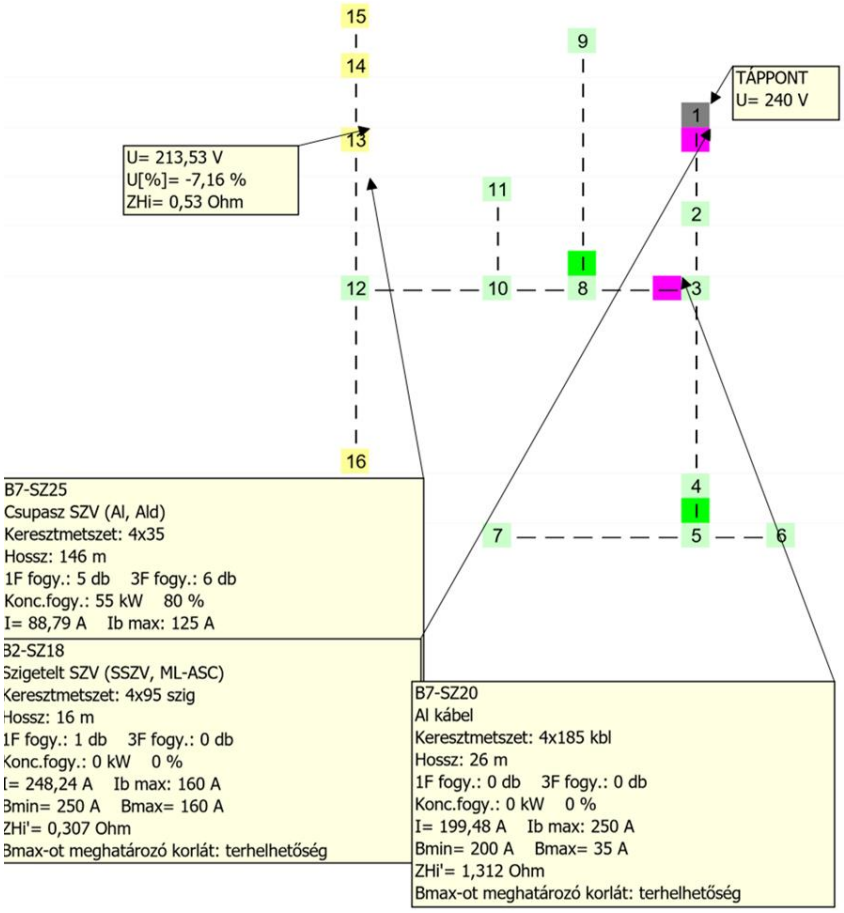
Az I-TRS alkalmazásban elkészítettem az energiaigénnyel érintett áramkör modelljét (2. ábra).



2. ábra
Az energiaigénnyel érintett áramkör modellje (Forrás: saját I-TRS számítás)

A modellel végzett számítás alapján megállapítottam, hogy a villamosenergia igénnyel érintett közcélú hálózat már jelen állapotában sem felel meg az előírásoknak. Az igényelt villamos energia biztosítására nem alkalmas. A transzformátorállomás kisfeszültségű elosztójából induló B2 jelű áramkörön a számított terhelőáram I_{tB2}=187,13 A, ezzel szemben az áramkör maximálisan megengedhető biztosító érteke I_{B2}max=160 A, tehát az áramkör túlterhelt.
Megállapítottam továbbá, hogy a B7 jelű szakaszbiztosító (modellben 3. sz. csomópont) maximálisan megengedett értéke I_{B7}max=35 A, azonban az itt átfolyó terhelőáram I_{tB7}=138,37 A, tehát az áramkör ezen része sem felel meg az előírásoknak, számítások alapján túlterhelt.

Az érintett kisfeszültségű áramkör modelljébe a lehetséges hálózati leágazási ponthoz koncentrált teljesítményként felvettem a 3x80 A-nek megfelelő 55,2 kVA teljesítményt (3. ábra). A számítási adatok alapján egyértelműen látható, hogy a meglévő hálózat terhelhetőség, illetve feszültségesés szempontjából sem felel meg az igényelt teljesítmény biztosításához. A közcélú hálózaton a megengedett feszültségesés mértéke maximálisan 5 %, a számítás alapján ez az érték a 7 %-ot is meghaladja a végponton.



3. ábra
Az energiaigénnyel érintett áramkör modellje koncentrált teljesítménnyel (Forrás: saját I-TRS számítás)

2.3.2. Lehetséges műszaki megoldási javaslatok kidolgozása

A rendelkezésemre álló adatok alapján megállapítottam, hogy az igényelt többlet teljesítmény szabványos minőségi paraméterek megtartása mellett a közcélú hálózatot érintő beavatkozás nélkül nem biztosítható.

Az energiaigény kapcsán az alábbi műszaki megoldásokat látom lehetségesnek:

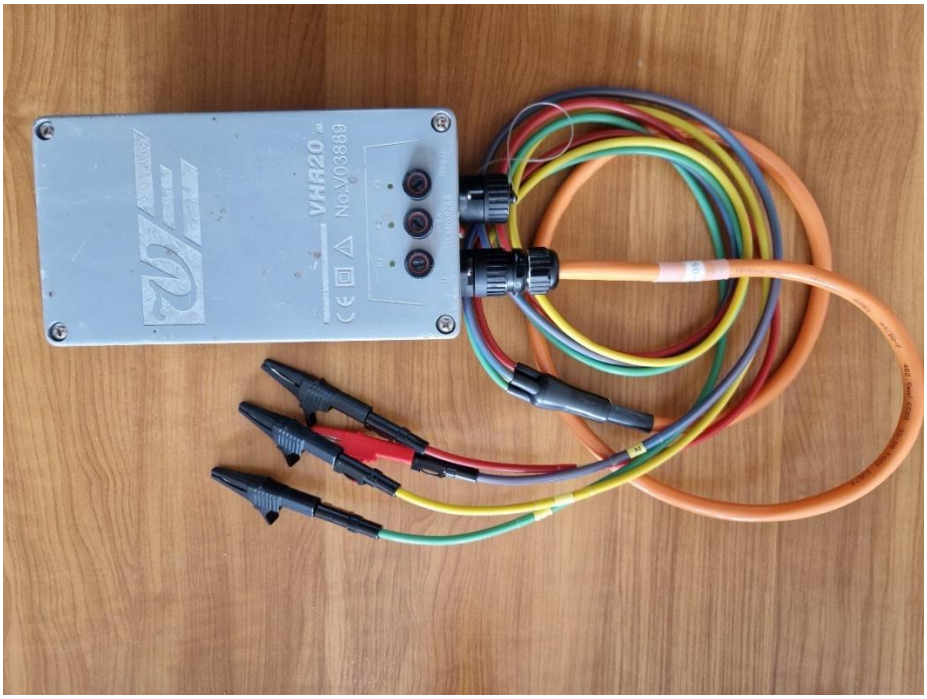
- Transzformátor ellátási körzetek módosítása.
- A meglévő kisfeszültségű áramkör megerősítése.
- Meglévő transzformátorállomásból új kisfeszültségű áramkör kiépítése.
- Táppontsűrítés

2.4. Feszültségpanasz kivizsgálásának ismertetése

Feszültségpanasszal kapcsolatos megkeresés érkezett az Engedélyeshez Várpalota, Bercsényi utcában található papíripari vállalkozás részéről, miszerint a csatlakozási pontjukon a hálózati feszültség letörése oly mértékű, hogy az gondot okoz a technológiai folyamataik üzembiztos működtetésében.
Az E.ON Észak-dunántúli Áramhálózati Zrt. a Garantált Szolgáltatások (továbbiakban GSZ) elnevezésű dokumentumban szabályozza a feszültségpanaszok kivizsgálásának eljárását, valamint a fogyasztói csatlakozási ponton a szolgáltatott villamosenergia minőségét.
A fenti problémával kapcsolatos pontok az Engedélyes Garantált Szolgáltatásai közül:
Feszültségpanasz esetén az Engedélyes 15 munkanapon belül megkezdi a regiszteres mérést. A mérés befejezése után 15 napon belül a Felhasználót tájékoztatja.
Az Engedélyes a felhasználási hely csatlakozási pontján a névleges feszültség +/- 7,5 % tartományán belüli villamos energiát szolgáltat az egy hetes mérés ideje alatt a nap bármely 10 percre átlagolt értékek 95 %-ában. A legnagyobb feszültségnövekedés mértéke 1 perces átlagban a névleges feszültség 115 %-át, feszültségcsökkenés mértéke a névleges feszültség 80 %-át nem haladhatja meg. [2]
A fogyasztói panasz jogosságának megállapításához regiszteres mérés szükséges, melyet a hálózatot üzemeltető berendezésfelelősként megrendeltem.
A mérés kapcsán VHR 20 típusú regiszterrel ellátott mérő berendezés került elhelyezésre a panaszos Ügyfél leágazási pontjára a Bercsényi u. 23. sz. ingatlan előtti hálózati oszlopra.
A mérés során az eredmények 1 hetes időintervallumban kerülnek rögzítésre, a feszültségmérés 1 perces effektív érték regisztrátumokkal történik, amelyekből 10 perces átlagok is képződnek. A szabványosságnak és az Elosztói Üzletszabályzatnak való megfelelést az 1, illetve a 10 perces regisztrátumok összes számához viszonyított nem megfelelő 1, illetve 10 perces effektív értékek mutatják. Amennyiben a regisztrátumok beleesnek az alábbi követelményekben megadott feszültség sávba, akkor a szolgáltatás szabványos, megfelel az Üzletszabályzat előírásának.
Az előírt értékek:
Kisfeszültségen a névleges feszültség 400/230 V (Un).

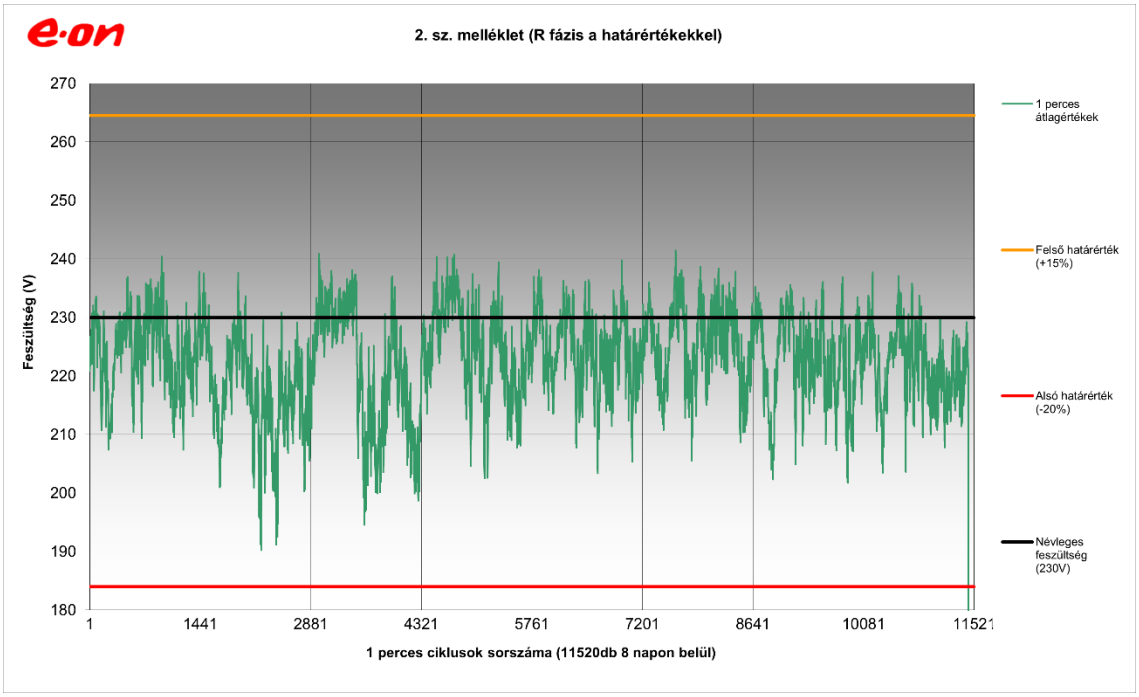
A GSZ IX. pontja szerint a fázisfeszültségek effektív értékének egyhetes mérése alatt (bármely napon) a 10 perces átlagolt értékek 95 %-ának az Un +8/-7 % tartományában kell lennie (248,4 V-213,9 V), valamint az egy hetes mérés valamennyi (100 %) 10 perces átlagértékének a névleges érték +10/-10 %-os tartományába kell esnie (253 V-207 V). Ezen túlmenően az egy hetes mérés valamennyi (100%) 1 perces átlagértékének a névleges érték +15/-20% tartományban kell lennie (264,5-184V).
A sikeres mérési ciklus végén előállítható a mérési jegyzőkönyv, amely tartalmazza a mért értékek statisztikai elemzését, valamint a GSZ és az MSZ EN50160 határértékeivel jelölt feszültség-idő diagramokat. [3]

A 4. ábrán látható a VHR 20 típusú végponti regiszteres műszer.

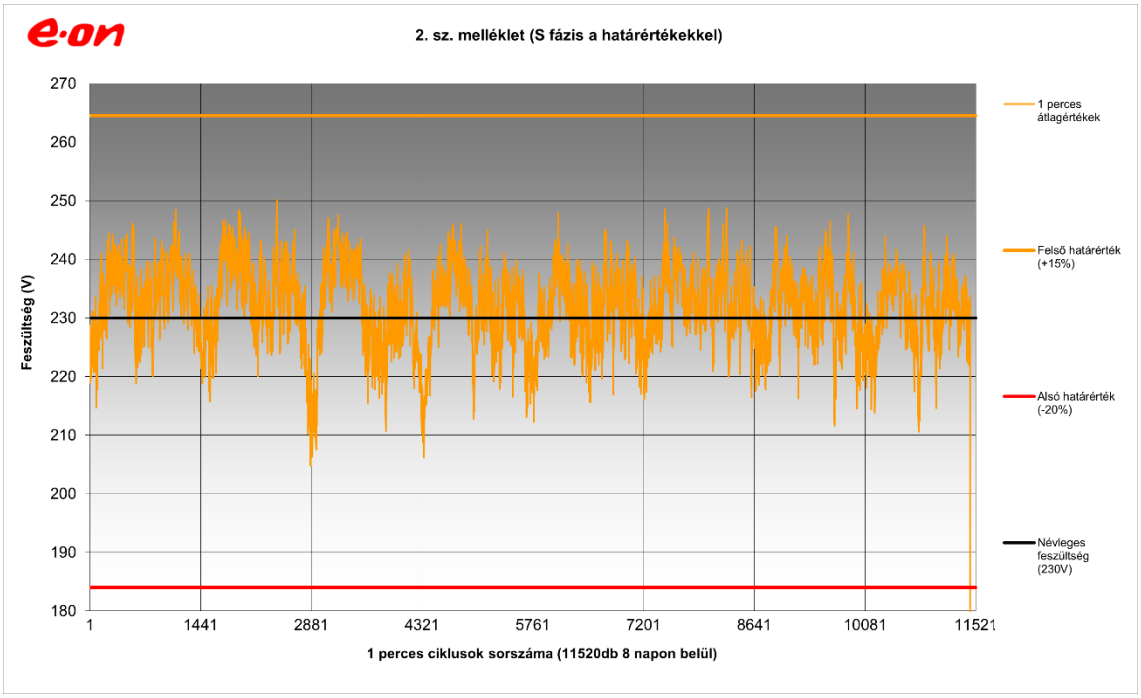


4. ábra
VHR 20 típusú végponti regiszteres műszer (Forrás: saját fotó)

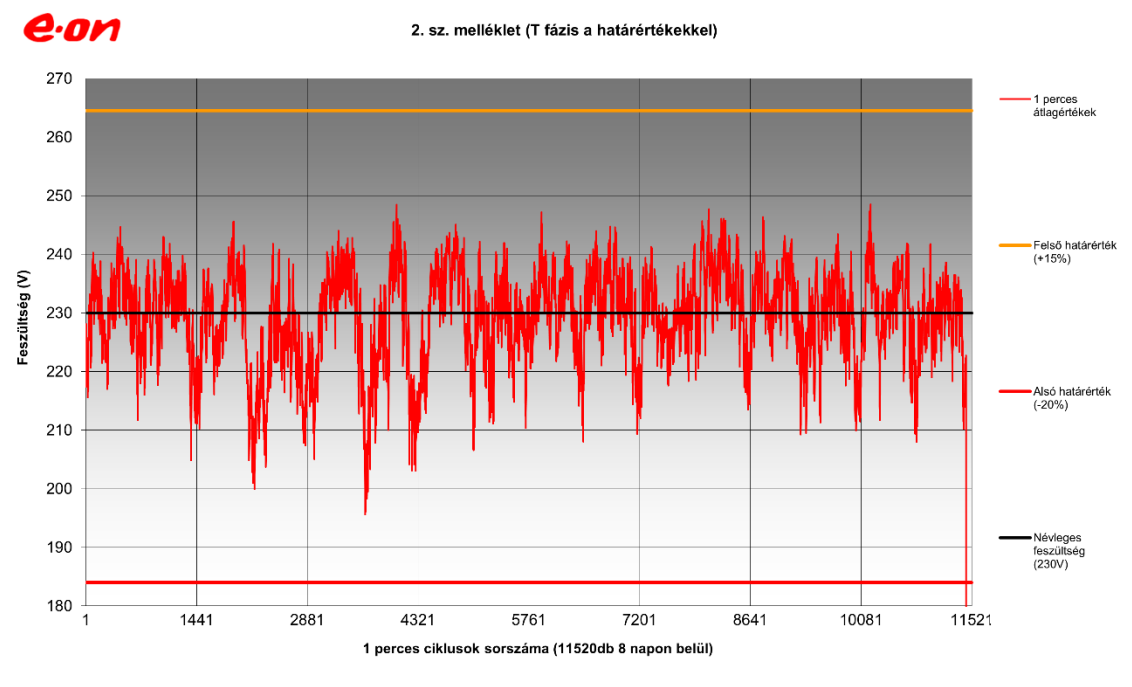
A mérést követően a regisztrált adatok alapján elkészítettem a mérési jegyzőkönyvet, melynek 2. számú mellékletét alkotja a fázisonként az 1 perces átlagértékekből előállított mérési diagram. (5. ábra, 6. ábra, 7. ábra)



5. ábra
R fázis 1 perces átlagérték diagram (Forrás: Mérési jegyzőkönyv)

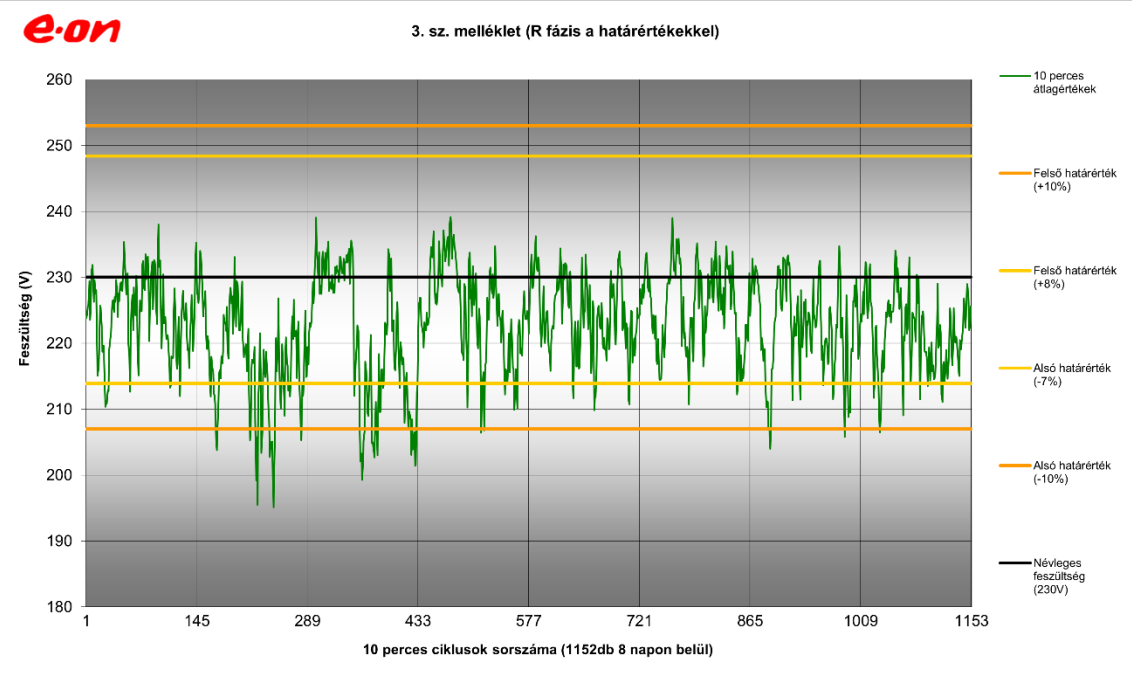


6. ábra
S fázis 1 perces átlagérték diagram (Forrás: Mérési jegyzőkönyv)

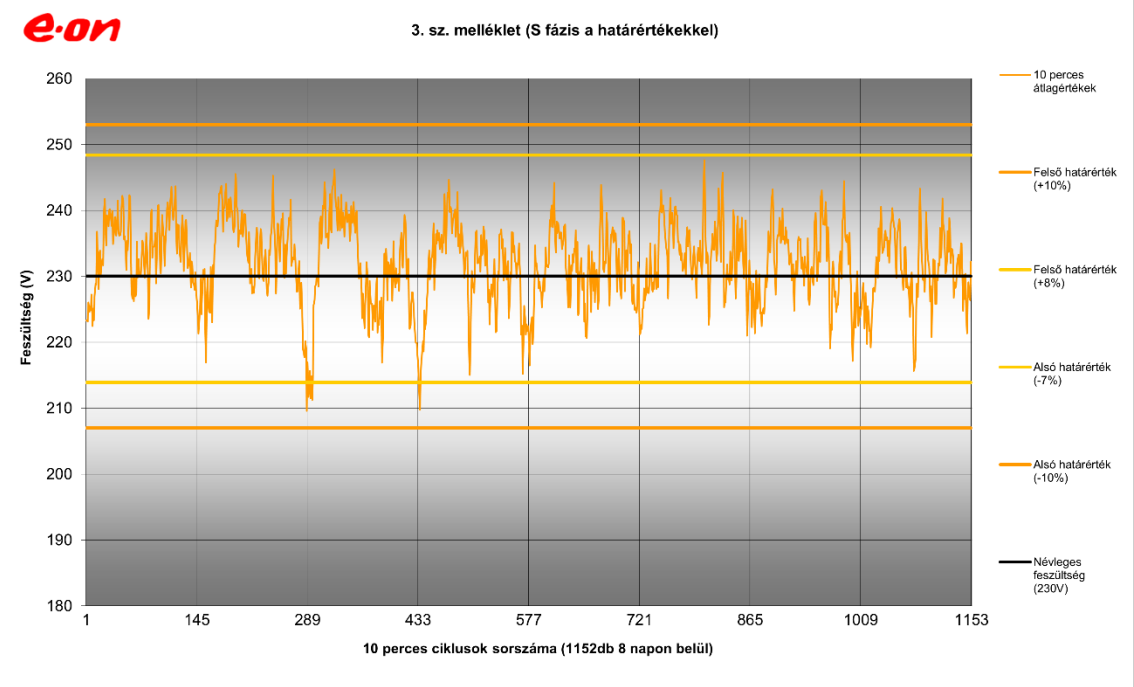


7. ábra
T fázis 1 perces átlagérték diagram (Forrás: Mérési jegyzőkönyv)

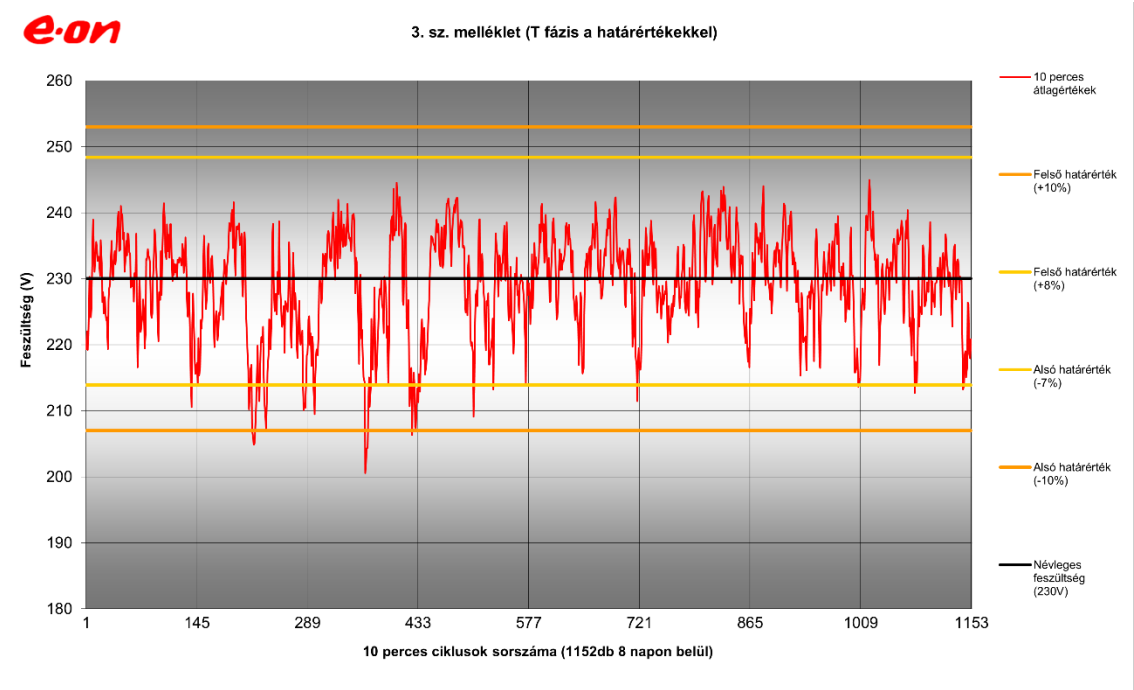
A mérési jegyzőkönyv 3. számú mellékletét a 10 perces átlagértékekből előállított diagram alkotja (8. ábra,9. ábra , 10. ábra)



8. ábra
R fázis 10 perces átlagérték diagram (Forrás: Mérési jegyzőkönyv)



9. ábra
S fázis 10 perces átlagérték diagram (Forrás: Mérési jegyzőkönyv)



10. ábra
T fázis 10 perces átlagérték diagram (Forrás: Mérési jegyzőkönyv)

A mérés lezárását követően készített jegyzőkönyv (11. ábra) kiértékelő lapján leolvashatjuk az egyes minőségi feltételeknek való megfelelőséget.
Megállapítottam, hogy a panaszos fogyasztó leágazási pontján a hálózati feszültség a három minőségi feltételből kettőben nem tesz eleget az előírásoknak, tehát a feszültségpanasz jogos.

A statisztika **11586** db 1 perces mintán alapul. Ez **elegendő** a szabványok szerinti kiértékeléshez.

I. GSZ IX. pontja szerint (1 hetes mérés 10 perces átlagainak max. 5 %-a eshet kívül a határértékeken)					
Feltétel I.	248,4 V (+8%) 213,9 V (-7%)	6	nem GSZ szerinti nap →	**85,7 %**	**NEM MEGFELELŐ**
Naponkénti kiértékelés	1. szakasz	12	nem GSZ szerinti érték →	**8,3 %**	NEM MEGFELELŐ
	2. szakasz	53	nem GSZ szerinti érték →	**36,8 %**	NEM MEGFELELŐ
	3. szakasz	54	nem GSZ szerinti érték →	**37,5 %**	NEM MEGFELELŐ
	4. szakasz	14	nem GSZ szerinti érték →	**9,7 %**	NEM MEGFELELŐ
	5. szakasz	8	nem GSZ szerinti érték →	**5,6 %**	NEM MEGFELELŐ
	6. szakasz	4	nem GSZ szerinti érték →	**2,8 %**	MEGFELELŐ
	7. szakasz	20	nem GSZ szerinti érték →	**13,9 %**	NEM MEGFELELŐ
	Legalacsonyabb 10 perces átlag:	195,1 V	Legmagasabb 10 perces átlag:	247,6 V	
	* egy szakasz 144 darab 10 perces átlagot jelent				

II. GSZ IX. pontja és MSZ EN50160 szerint (1 hetes mérés 10 perces átlagai nem eshetnek kívül a határértékeken)					
Feltétel II.	253,0 V (+10%) 207,0 V (-10%)	49	db nem szabványos minta →	**4,9**	**%**	**NEM MEGFELELŐ**

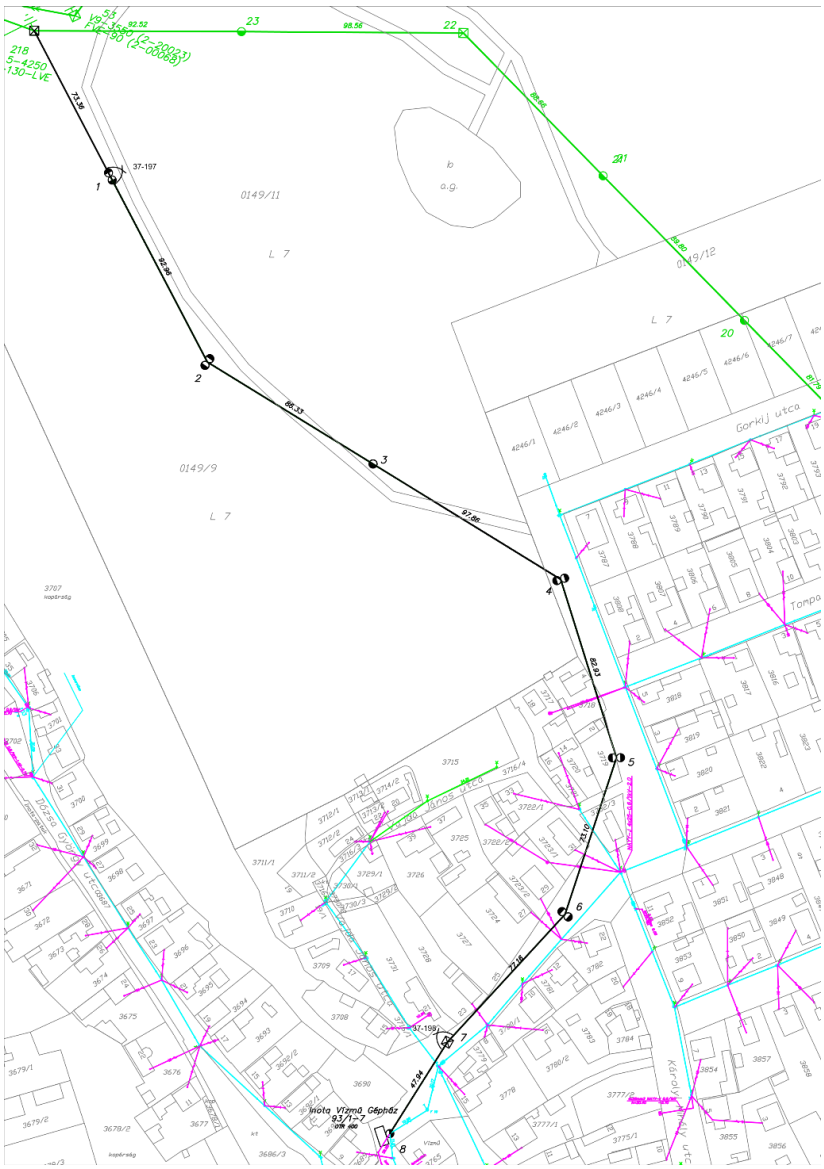
III. GSZ IX. pontja szerint (1 hetes mérés 1 perces átlagai nem eshetnek kívül a határértékeken)						
Feltétel III.	264,5 V (+15%) 184,0 V (-20%)	0	db nem szabványos minta →	**0,0**	**%**	**MEGFELELŐ**
	Legalacsonyabb 1 perces átlag:	190,3 V	Legmagasabb 1 perces átlag:	250,1 V		

A statisztikában nem számított értékek darabszáma	**0 db (1 perces átlag)**

11. ábra
Mérési jegyzőkönyv kiértékelő lap (Forrás: Mérési jegyzőkönyv)

2.5. Transzformátorállomást ellátó középfeszültségű légvezetékes hálózat nyomvonalának szabványosítása

A 28542 jelű Vízmű gépház elnevezésű transzformátorállomás megtáplálását a Várpalota-Inota elnevezésű 20 kV feszültségszintű elosztó gerinchálózatról leágazó légvezetékes hálózat biztosítja. Ezen hálózatszakasz nyomvonalhossza 632 m, a beépített vezető 3x35 mm^2 keresztmetszetű AASC típusú légvezeték.
A fenti hálózat tartóoszlopain lévő fejszerkezetek és szigetelők elöregedtek, valamint a nyomvonal a lakott területen belül több magáningatlant keresztez, vagy megközelít. A meglévő középfeszültségű hálózat jelenlegi nyomvonala a 12. ábrán látható.



12. ábra
Meglévő középfeszültségű légvezetékes hálózat nyomvonala (Forrás: általam szerkesztett DSO szakági rajz)

A középfeszültségű hálózat nyomvonalának lakott területen belüli korrekciója szükséges, oly módon, hogy a légvezeték magán tulajdonú ingatlanokat ne keresztezzen, valamint azokat még a biztonsági övezettel se érintse számottevően. A 28542 azonosítójú transzformátorállomás (annak kezelhetősége és biztonságos üzemeltetése miatt) áthelyezése, esetleg kiváltása javasolt.

3. A FELADAT MEGOLDÁSÁNAK FOLYAMATA

3.1. A felmerült problémák kezelésének lehetőségei

- Az egyes feladatokat külön-külön vizsgálva, azokra egyedi műszaki megoldások kidolgozása.
- A felmerülő problémák együttes kezelése.

Mivel mindhárom megoldandó feladat ugyanazon transzformátorállomás ellátási körzetét érinti, műszaki és gazdasági szempontokat figyelembe véve egyetlen, valamennyi probléma együttes kezelését célzó műszaki megoldás kidolgozását választottam.
A korábban ismertetett üzemeltetési és kezelhetőségi problémák miatt elsőként a Vízmű gépház elnevezésű transzformátorállomásnak kellett egy erre alkalmas helyszínt kijelölnöm, valamint megvizsgáltam az állomást ellátó középfeszültségű hálózat nyomvonal módosításának lehetőségeit.
Várpalota város Helyi Építési Szabályzata (HÉSZ) [4] előírja, hogy belterületen új villamosenergia ellátást biztosító hálózat kizárólag föld alatti elhelyezéssel építhető, illetve rekonstrukció esetén törekedni kell a talajszint alatti kialakításra. Az előírásoknak megfelelően a meglévő oszloptranszformátor (OTR) állomás áthelyezésére nincs lehetőség, új, földre telepített, külső kezelőterű transzformátorállomás kivitelezésére van szükség.
Az új helyszínen megépített transzformátorállomás ellátását biztosító 22 kV feszültségszintű hálózat a település belterületi szakaszán csak föld alatt építhető.
A transzformátorállomás helyszínének kiválasztásához és az építendő földkábelek nyomvonalának meghatározásához a területen megtalálható közművek elhelyezkedését egyeztettem az E-közmű felületen (https://www.e-epites.hu/kozmuvek).
A környezeti adottságok, valamint a földben elhelyezett közművezetékek figyelembevételével meghatároztam az új transzformátorállomás elhelyezésére legalkalmasabb közterületi besorolással rendelkező helyszínt a Vajda János utcában a 3757. és 3758. hrsz-ú ingatlanok által határolt területen (13. ábra).

13. ábra
Új transzformátor állomás telepítési helyszíne (Forrás: általam szerkesztett DSO szakági rajz)

Az új transzformátor állomás pontos helyének ismeretében belefogtam az állomást ellátó a középfeszültségű földkábeles hálózat, valamint a meglévő kisfeszültségű hálózat megtáplálását biztosító földkábeles hálózatok nyomvonalának kialakításához.

3.2. A meglévő kis és középfeszültségű hálózat ismertetése

Az OTR állomás ellátását biztosító középfeszültségű légvezetékes hálózat 1982-ben épült, üzembehelyezése is ebben az évben volt. A meglévő 3x35 mm^2 keresztmetszetű AASC típusú légvezeték több helyen sérült, szálkisodródások láthatóak rajta. A hálózat oszlopaira szerelt fejszerkezetek, szigetelők elöregedtek, korrodáltak, így azokat újra felhasználni nem lehet. Az oszlopokon mechanikai sérülések találhatóak. Mivel a meglévő légvezetékes hálózat több ponton keresztez, illetve megközelít magán ingatlanokat, valamint az új állomás ellátása belterületen kizárólag földben elhelyezett hálózattal lehetséges, ezért úgy döntöttem, hogy a jelenleg üzemelő középfeszültségű hálózat belterületen haladó négy oszlopköznyi (4.sz. oszlop és az OTR állomások közötti) szakaszát teljesen el kell bontani.

A 35 mm^2 keresztmetszetű légvezeték és az ehhez szükséges szerelvények már nem rendelkeznek áramszolgáltatói rendszerengedéllyel, emiatt úgy határoztam, hogy a meglévő légvezetéket a leágazás teljes nyomvonalhosszában el kell bontani.

Az OTR állomásból három közcélú légvezetékes áramkör indul az ellátási körzet ellátására. Mindhárom áramkör induló szakasza 3x95+25/95 mm^2 keresztmetszetű csupasz tartósodronyos szigetelt légvezeték.

3.3. Bontandó hálózatok, valamint OTR állomás ismertetése

3.3.1. Bontandó középfeszültségű hálózat

Bontandó oszlopok:

<u>218. sz. oszlop:</u>

Oszlop típus: V9,5-4250: 9,5 m magasságú vasoszlop. Fy = 42500 N

Fejszerkezet: FVE-130-LVE (VÁT-H2-00073) feszítő, egysíkú vezetőelrendezés

Szigetelők: 9 db EER 20 típusú porcelán, 6db SGH-24 típusú kompozit rúdszigetelőből kialakított feszítőlánc, 4 db műgyanta terelő szigetelő. Az oszlop betonalapja erősen porlad, az oszlopcsonk szerkezete meggyengült, korrodált (14. ábra).

A fenti okok miatt az oszlop cseréje mellett döntöttem.

14. ábra
218.sz. oszlop (Forrás: saját fotó)

<u>1. sz. oszlop:</u>

Oszlop típus: BB12-1350: 12 m magasságú beton bak oszlop. Fy = 13500 N

Fejszerkezet: FBHO-180 (VÁT-H2-00011) feszítő, háromszögű vezetőelrendezés, oszlopkapcsoló huzalhajtással.

Szigetelők: EER 20 típusú porcelán rúdszigetelőből kialakított feszítőlánc

Az oszlopon az időjárási és korrózió okozta hatások miatt mechanikai sérülések láthatóak. Az oszlop egyik lába egy korábbai sérülés miatt felbetonozásra került. Az utólagos betonréteg elvesztette mechanikai szilárdságát. (15. ábra) A feltárt hibák miatt az oszlop cseréjét írom elő.

15. ábra
1.számú oszlop (Forrás: saját fotó)

<u>2. sz. oszlop:</u>

Oszlop típus: BB12-1350: 12 m magasságú beton bak oszlop. Fy = 13500 N

Fejszerkezet: SBEk-150: saroktartó, egysíkú elrendezés, kettős szigetelő (VÁT-H2-00008) Szigetelők: kettős szigetelőelrendezés ER 20 típusú porcelán állószigetelő. (16. ábra)

Az oszlopot annak mechanikai sérülései (repedések) miatt cserélem.

16. ábra
2. számú oszlop (Forrás: saját fotó)

<u>3. sz. oszlop:</u>

Oszlop típus: B12-400: 12 m magasságú beton oszlop. Fy = 4000 N

Fejszerkezet: TBHk-150: saroktartó, egysíkú elrendezés, kettős szigetelő (VÁT-H2-00001) Szigetelők: kettős szigetelőelrendezés SMT-24 típusú kompozit állószigetelő. (17. ábra) Az oszlopot alkotó beton porlad, a fém szerkezet több helyen kilátszik, emiatt az oszlop cseréje mellett döntöttem.

17. ábra
3. számú oszlop (Forrás: saját fotó)

<u>4. sz. oszlop:</u>

Oszlop típus: BB12-1350: 12 m magasságú beton bak oszlop. Fy = 13500 N

Fejszerkezet: SBEk-150: saroktartó, egysíkú elrendezés, kettős szigetelő (VÁT-H2-00008)

Szigetelők: kettős szigetelőelrendezés ER 20 típusú porcelán állószigetelő. (18. ábra)

Az oszlopon mechanikai sérülések láthatóak, valamint az átépítést követően a légvezetékes hálózat végoszlopa ez lesz, így ezen oszlop helyére egy nagy csúcshúzású feszítőoszlop beépítését tervezem.

18. ábra
4. számú oszlop (Forrás: saját fotó)

5. sz. oszlop:

Oszlop típus: BB12-1350: 12 m magasságú beton bak oszlop. Fy = 13500 N

Fejszerkezet: SBEk-150: saroktartó, egysíkú elrendezés, kettős szigetelő (VÁT-H2-00008)

Szigetelők: kettős szigetelőelrendezés ER 20 típusú porcelán állószigetelő (19. ábra).

Földkábeles hálózatépítés miatt bontandó.

19. ábra
5. számú oszlop (Forrás: saját fotó)

<u>6. sz. oszlop:</u>

Oszlop típus: BB12-1350: 12 m magasságú beton bak oszlop. Fy = 13500 N

Fejszerkezet: SBEk-150: saroktartó, egysíkú elrendezés, kettős szigetelő (VÁT-H2-00008)

Szigetelők: kettős szigetelőelrendezés 3db ER 20, 3 db TS20 típusú porcelán állószigetelő (20. ábra).

Földkábeles hálózatépítés miatt bontandó.

20. ábra
6. számú oszlop (Forrás: saját fotó)

<u>7. sz. oszlop:</u>

Oszlop típus: V12-1850: 12 m magasságú beton bak oszlop. Fy = 18500 N

Fejszerkezet: FVEO-130: feszítő, egysíkú elrendezés, oszlopkapcsoló huzalhajtással, független hajtású földelő berendezéssel. (VÁT-H2-00069)

Szigetelők: kettős felfüggesztésű EER 20 típusú porcelán rúdszigetelőből kialakított feszítőlánc (21. ábra).

Földkábeles hálózatépítés miatt bontandó.

21. ábra
7. számú oszlop (Forrás: saját fotó)

Bontandó légvezeték:

Típusa: 3x35 mm^2 AASC sodrony

Nyomvonalhossz: 632 m

Bontandó OTR állomás

Állomás típusa: OTRL 20/400

Transzformátor gép típusa: NA 400/20, 22/0,4 kV

Teljesítménye: 400 kVA

A transzformátor állomáson a közcélú, kommunális elosztószekrényen kívül található egy fogyasztói tulajdonú elosztó is. Ezen elosztóban található áramváltós teljesítmény-mérést az elosztóval együtt megszüntetem, mivel az erről a pontról ellátott fogyasztási hely idő közben felszámolásra került.

Az állomáson található transzformátor gép az állomással egy időben került beüzemelésre. Kora és állapota miatt nem építhető át az újonnan kialakított transzformátorállomásba. (22. ábra)

22. ábra
Vízmű gépház elnevezésű OTR állomás (Forrás: saját fotó)

3.3.2. Bontandó kisfeszültségű hálózat

A bontandó transzformátor állomás és a Dózsa György utcai 1.sz. kitápláló oszlop közötti szakasz SSZV típusú 3x95+25+95 mm^2 keresztmetszetű csupasz tartósodronyos szigetelt légvezeték. Mivel a Dózsa György utca irányába két kitápláló áramkör indul, mindkét áramkör vezetékszakasza bontandó az 1. sz. oszlopig egyenként 16 m nyomvonalhosszban.

A Dózsa György utcában lévő 2. sz. oszlop és a Vajda János utcában lévő 83. sz. oszlop között meglévő SZAMKAtVM 3x185 mm^2 típusú osztott nullás földkábel 26 m nyomvonalhosszban.

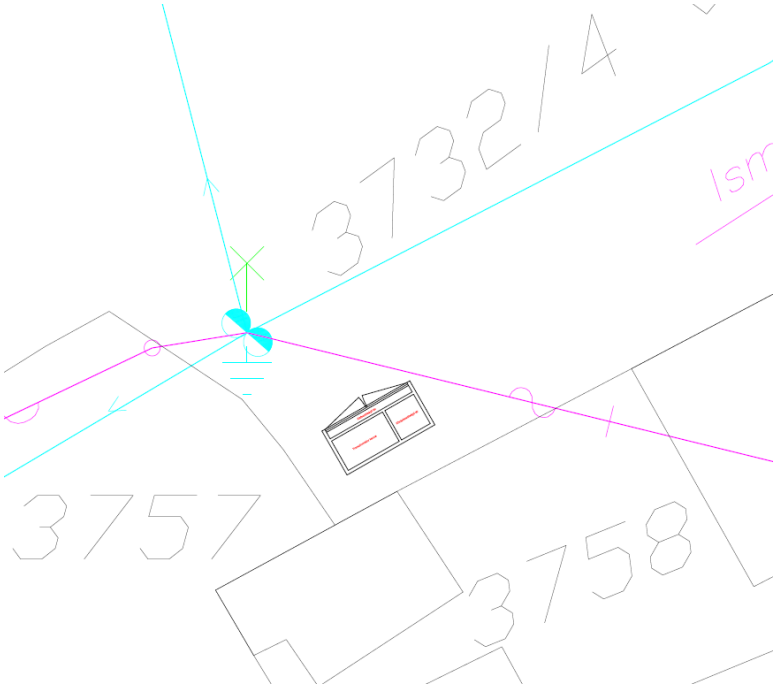
Az OTR állomástól a József Attila utca irányába induló SSZV 3x95+95 mm^2 csupasz tartósodronyos szigetelt légvezeték 40 m nyomvonalhosszban.

A bontás során keletkező hulladékot anyaguk szerint csoportosítani kell, elszállításukról, ideiglenes és végleges tárolásukról az erre vonatkozó előírásoknak megfelelően gondoskodni kell.

3.4. Az építendő transzformátor állomás és középfeszültségű hálózat nyomvonalának ismertetése

Az új hálózat és hálózati elemek kialakítása során a hatályos szabványok, belső írásos rendelkezések, műszaki utasítások, kézikönyvek és típustervek előírásait figyelembevéve jártam el.

A 23. ábrán látható az újonnan létesítendő transzformátorállomás számára általam kijelölt helyszín a 3757. és 3758. hrsz-ú ingatlanok által határolt közterület besorolású 3732/4. hrsz-ú ingatlanon.



23. ábra
Új BHTR állomás helyszín (Forrás: általam szerkesztett DSO szakági rajz)

A középfeszültségű gerinchálózat leágazási pontjától (218. sz. oszlop) a fent megjelölt helyszínre tervezett transzformátor állomásig a meglévő hálózat átépítését az alábbiak szerint terveztem:

A 218. sz. oszlop és a leágazás 4. sz. oszlopa között 3x50 mm^2 keresztmetszetű AASC típusú légvezetékes hálózat kiépítése szükséges mintegy 344 m nyomvnoalhosszban. A 218. és 4. számú oszlopokat nagy csúcshúzású áttört gerincű oszlopokra kell cserélni.

Az 1., 2. és 3. számú oszlopokat helyben cserélni kell áttört gerincű vasbeton oszlopokra madárbarát vegyes kialakítású fejszerkezet kiépítése mellett.
A 4. számú oszlopról indítható az új helyszínen létesítendő transzformátor állomás megtáplálását biztosító középfeszültségű földkábeles hálózat, mely nyomvonalának hossza megközelítőleg 385 m.

4. HÁLÓZAT MÉRETEZÉSE

A hálózat kialakítása, a hálózati elemek tervezése során a Villamos-ágazati típustervekben (VÁT-H) megfogalmazott ajánlások, hatályos szabványok, Belső Írásos Rendelkezések (BIR), Műszaki utasítások és kézikönyvek alapján jártam el.

4.1. Középfeszültségű légvezetékes hálózat

4.1.1. Oszlopok méretezése

Az oszlopok földelőrendszerének méretezéséhez szükséges alállomási alapadatok:

Un: 22 kV

Csillagpont kezelés: Kompenzált

FÁNOE: $R_{FÁNOE}$=100 Ω

FÁVA előkésleltetési idő: $t_{FÁVA}$=2 s

Teljes földzárlat hárítási idő (beállított védelmi késleltetés + megszakító működési idő):

Alapvédelem: $t_{véd}$=1,04 s

Tartalék védelem: $t_{tart=}$1,34 s

A közvetett földelésű hálózatok érintésvédelmi módja a védőföldelés.

1000 V-nál nagyobb feszültségű berendezések esetén az érintési és a lépésfeszültséget kívánjuk korlátozni. A méretezés szempontjából a megengedett legnagyobb érintési feszültség (U_L) értéke függ a földzárlat fennállásának időtartamától (t_k).

A 2013 előtt épült középfeszültségű hálózatok esetén az MSZ-172-2 szabvány előírásait kell alkalmazni:

A kikapcsolás idejére megengedett érintési feszültség értékek:

U_L=1000 V, ha t_k<0,5 s

U_L=500 V, ha 0,5<t_k<1,5 s

U_L=65 V, ha t_k≥1,5 s, vagy önműködő kikapcsolás nincs.

Az E.ON ellátási területén tiltott a földzárlat tartás, így az U_L=65 V esetre nem kell megfelelni.

A 2013 után épített középfeszültségű hálózatok esetén az MSZ EN 50522 és az MSZ 50341 szabványokban megfogalmazottak szerint kell eljárni. A fenti szabványok a

szabadvezetékes hálózat nyomvonalát I., II., és III. szintre kategorizálja. Az egyes szintekhez a lekapcsolási idő függvényében határoz meg érintési és lépésfeszültség értéket.
I. szint: ahol emberek gyűlnek össze meztelen lábbal.
II. szint: belterület, ahol feltételezhetően az emberek cipőt viselnek.
III. szint: kis látogatottságú terület, ahol feltételezhető, hogy az emberek cipőt viselnek. [5] [6]

Földelés méretezés elméleti háttere:
A földelés feladata, hogy áramutat biztosítson a föld felé, villamosan vezető összekötés a környezet talajával. A jó vezetőképességű fém és a rossz vezetőképességű talaj összekötése nagy felületű fém tárggyal, földelővel valósul meg. A talajba bevezetett áram szétterjedésével szembeni talajellenállás az összeköttetésnek az ellenállása.
Függőleges rúdföldelő szétterjedési ellenállása:

$$R_{sz} = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \ln \cdot \frac{4l}{d}$$

l: rúd hossza [m]
d: rúd átmérője [m]
ρ: talaj fajlagos ellenállása [Ωm]

A rúdföldelő szétterjedési ellenállásának becslése:

$$R_{sz} \approx \frac{\rho}{l}$$

Rúd, vagy cső esetében a vízszintes földelő szétterjedési ellenállása:

$$R_{sz} = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \ln \cdot \frac{l^2}{dm}$$

l: rúd hossza [m]
d: rúd átmérője [m]
ρ: talaj fajlagos ellenállása [Ωm]
m: rúd fektetési mélysége [m]

A vízszintes szétterjedési ellenállásának becslése:

$$R_{sz} \approx \frac{2\rho}{l}$$

Gyűrűföldelő szétterjedési ellenállása:

$$R_{sz} = \frac{\rho}{2 \cdot \pi^2 \cdot D} \cdot \left(\ln \cdot \frac{4 \cdot \pi \cdot D^2}{dm} \right)$$

D: gyűrű átmérője [m]

d: gyűrű rúdanyagának átmérője [m]

ρ: talaj fajlagos ellenállása [Ωm]

m: gyűrű fektetési mélysége [m]

Szalagföldelő esetén alkalmazható a vízszintes rúdföldelő szétterjedési ellenállásához meghatározott összefüggés. A szalag keresztmetszetének kerülete alapján az egyenértékű rúdátmérőt meg kell határozni.

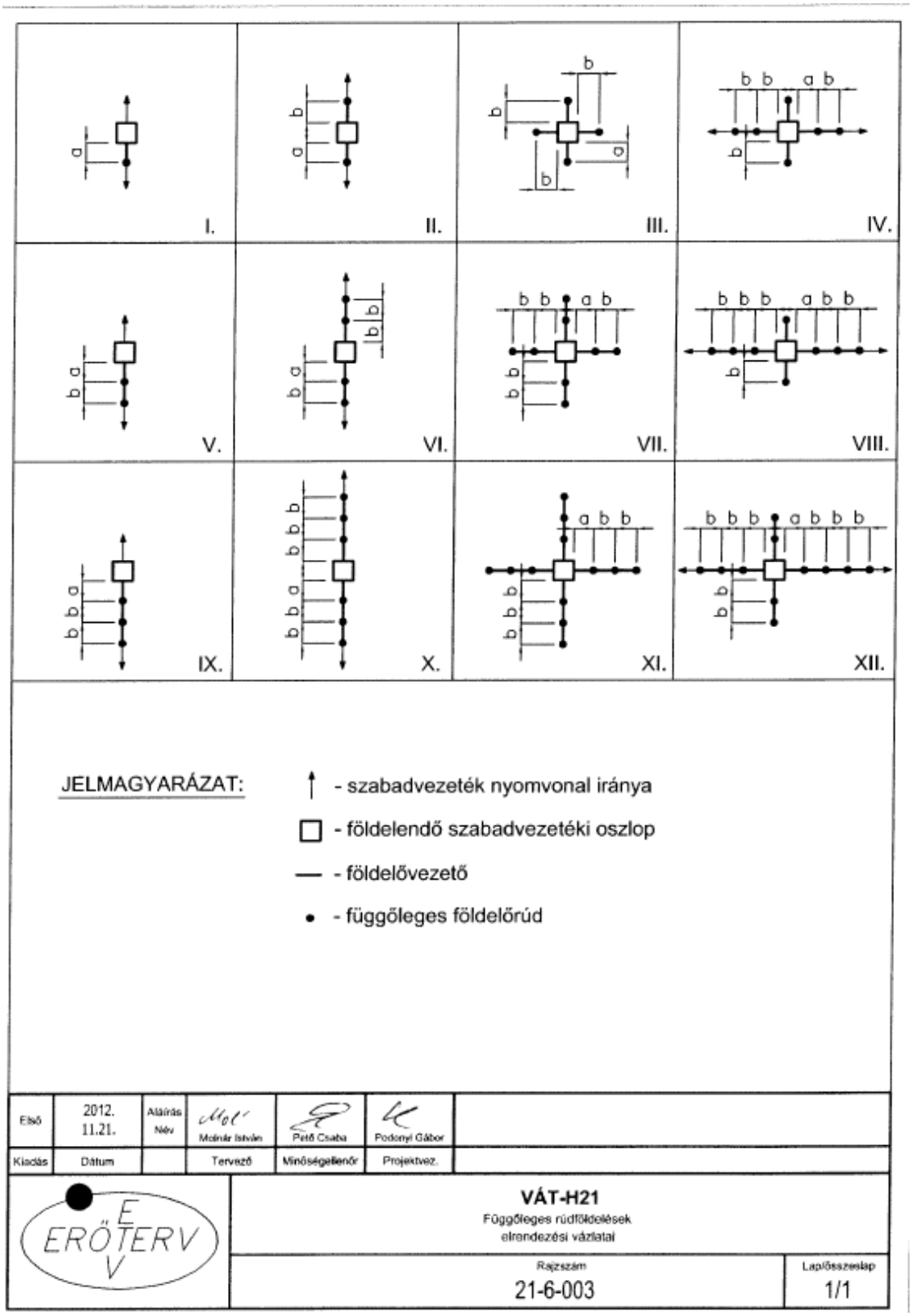
$$d = \frac{2\rho}{\pi} \cdot (b + v)$$

A földelő fő részei:

- mérőhely: csatlakozást biztosító bontási pont
- földelő
- a földelőt és a csatlakozási pontot összekötő földelő vezető [5]

Az oszlopok üzemi földelésének méretezésére az Áramszolgálató Belső Írásos Rendelkezéseiben meghatározott, az MSZ EN 50522 szabvány ajánlásait alkalmazó méretező alkalmazást használtam.

A függőleges rúdföldelések VÁT-H [7] [8] szerinti elrendezési vázlatai láthatóak a 24. ábrán.



24. ábra
Földelőrendszerek elrendezési vázlata (Forrás: VÁT-H21)

Oszlopok méretezésének elméleti háttere:

Feladatunk, hogy meghatározzuk az oszlopszerkezetre háruló terheket. Az MSZ-151/3 alapján a terheléseket két csoportba soroljuk: rendes és rendkívüli terhelés. Rendes terhelésre (Rendes 1a, Rendes 1b, Rendes 2, Rendes 3) minden oszlopot, míg rendkívüli terhelésre (Rendkívüli 4) csak a nagyfeszültségű hálózat oszlopait kell méretezni.

Méretezésnél figyelembe kell venni: Állandó terhet (oszlopszerkezet önsúlya, felszerelt elemek súlya, vezetők súlya), változó terheket (vezetőhúzás vízszintes irányú összetevője, szélteher, pótteher), járulékos terhet (pl.: hőmérsékletváltozás hatása).

A szerkezet mértékadó igénybevétele az alábbiak szerint számítható:

$$Y_m = k_a \cdot Y_a + k_v \cdot Y_v + Y_j$$

Ya: állandó teherből származó igénybevétel

Yv: változó teherből származó igénybevétel

Yj: járulékos hatásból származó igénybevétel

k_a: állandó teher szórási tényezője

kv: változó teher biztonsági tényezője

A tartószerkezet megfelel, ha a mértékadó igénybevétel (Y_M) kisebb, mint a határ igénybevétel (Y_H)

$$Y_M < Y_H$$

A kis és középfeszültségű oszlopok terhelhetőségre történő kiválasztása:

Az oszlopokat jellemző csúcshúzás, illetve határerő az az oszlop csúcsán, vízszintes síkban megengedett maximális igénybevételt jelenti. A méretezéshez tehát az oszlop csúcsára kell redukálni a tartószerkezetre ható erőket, ezáltal a tényleges igénybevétel összevethető a terhelhetőséggel.

Mivel az oszlopra ható külső erők nem csak támadáspontjukban, hanem irányukban is eltérőek, emiatt azokat x és y irányú komponensekre kell bontani. Az egy síkba eső erőkomponenseket redukáljuk az oszlop csúcsra.

Általánosan:

$$F_{xk} = \frac{F_{1x} \cdot h_1 + F_{2x} \cdot h_2 + F_{3x} \cdot h_3}{h_0} \text{ [N]} \qquad F_{yk} = \frac{F_{1y} \cdot h_1 + F_{2y} \cdot h_2 + F_{3y} \cdot h_3}{h_0} \text{ [N]}$$

$$F_{xk} = \frac{1}{h_0} \cdot \sum_{i=1}^{n} F_{ix} \cdot h_i \text{ [N]} \qquad F_{yk} = \frac{1}{h_0} \cdot \sum_{i=1}^{n} F_{iy} \cdot h_i \text{ [N]}$$

Az oszlop kiválasztásának feltétele, hogy az áramvezetők által az oszlopra redukált külső erők eredője a legkedvezőtlenebb esetben sem haladja meg az oszlop megengedett terhelhetőségének értékét.

Az oszlop alkalmazásának előfeltétele:

$$\frac{F_{xk}}{F_{x0}} + \frac{F_{yk}}{F_{y0}} \leq 1$$

F_{xk}, F_{yk}: külső erők eredőjének fősíkokra vonatkozó komponense.

F_{x0}, F_{y0}: oszlop fősíkokban megengedett terhelhetősége. [9]

Az oszlopkihasználtság vizsgálatot az E.ON Észak-dunántúli Áramhálózati Zrt. által alkalmazott tervezőszoftverrel végeztem.

A programba rögzítettem a hálózat adott szakaszának adatait: vizsgálandó oszlop és fejszerkezet típusa, oszlopköz, vezeték típus és keresztmetszet, valamint a húzófeszültséget (N/mm^2). A légvezeték létesítése során alkalmazandó húzófeszültség: σ = 80 N/mm^2

A vizsgálat során a 25. ábrán látható terhelések esetén kialakuló igénybevételek esetén kialakuló maximális terhelésre kaptam választ.

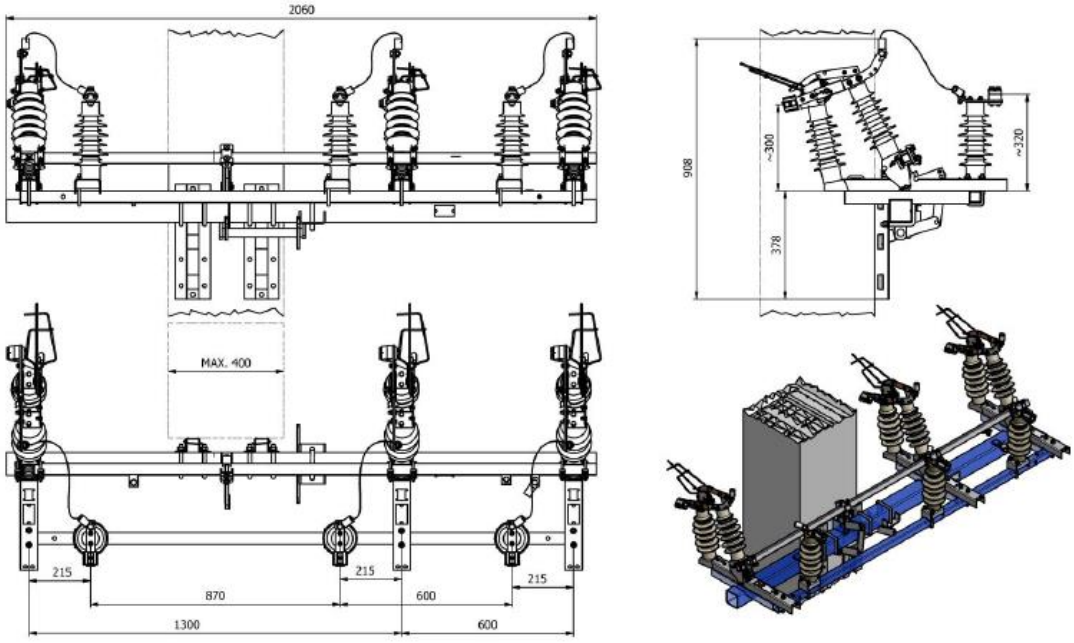
Program szerinti megnevezés	**Szabvány szerinti terhelési eset**	**Terhelési eset leírása**
Kombinált terhelések		
Eset 1	1a	0°C vezető hőmérséklet, szélsőséges szél
Eset 2	1a	-20°C vezető hőmérséklet néveleges szél
Eset 3	2a	Egyenletes jégterhelés az összes oszlopközben
Eset 4	3	nagy valószínűségű jégteher, kis valószínűségű szél
Eset 5	3	kis valószínűségű jégteher, nagy valószínűségű szél
Kiegyensúlyozatlan terhelések		
Eset 6	2c	Kiegyensúlyozatlan jégterhelés, hosszirányú hajlítás
Eset 7	5a	Biztonsági terhelések, torziós terhelések
Eset 8	5b	Biztonsági terhelések, hosszirányú terhelések

25. ábra
Oszlop méretezés terhelési esetek (Forrás: Méretező szoftver felhasználói kézikönyv)

218. számú oszlop

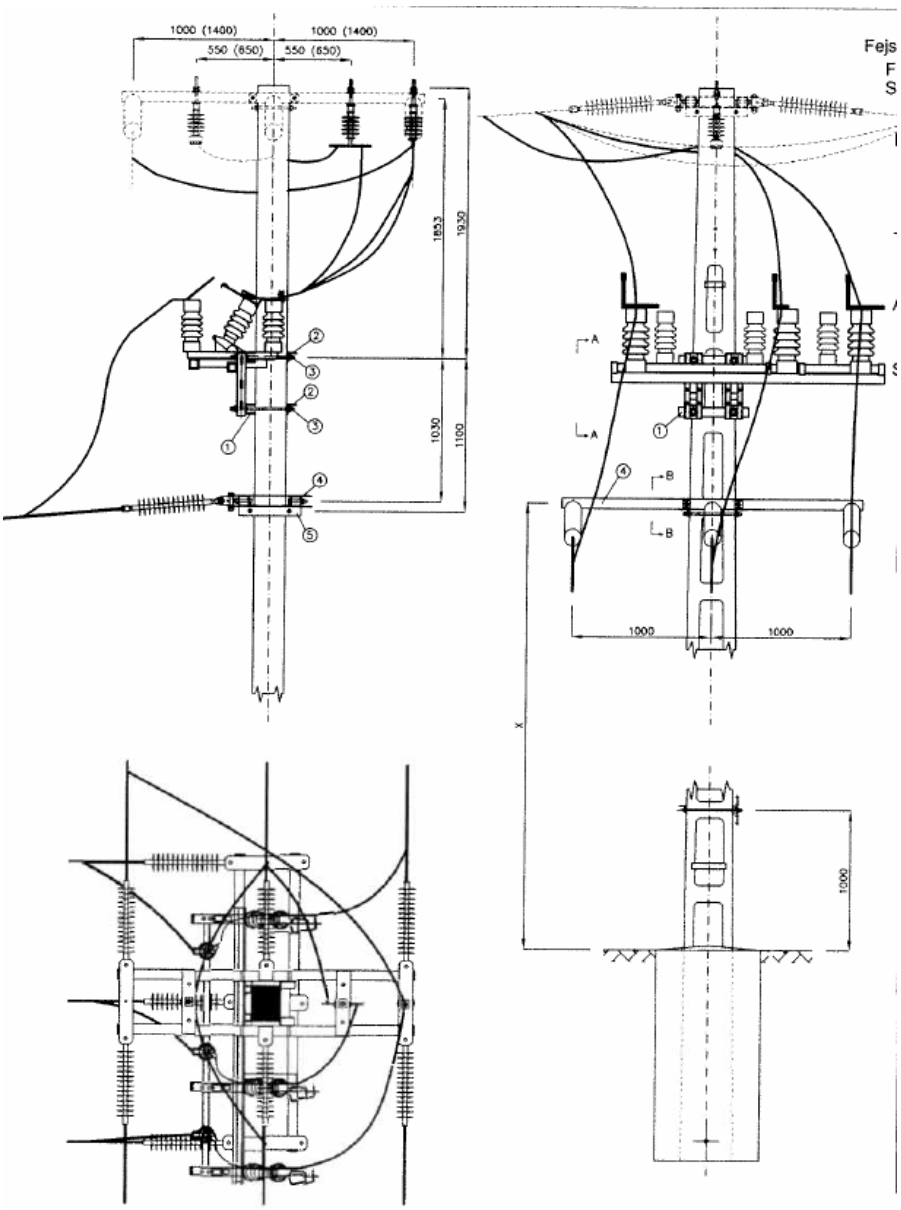
A meglévő V9,5-4250 vasoszlop kiváltására B14-2800 típusú áttört gerincű vasbeton oszlopot választottam. Az oszlopon a gerinchálózat számára egysíkú, vonalfeszítő fejszerkezet kialakítását, valamint a leágazás irányába leágazó kar felszerelését terveztem. Az Áramszolgáltató EHU-MK 01-02 azonosítójú Műszaki irányelv 5.3.1. pontja általános szabályként kimondja, hogy transzformátor leágazó vezeték leágazási pontjába leágazó, a transzformátor állomás előtt közvetlenül leválasztó oszlopkapcsolót kell beépíteni. [10]

A műszaki irányelvben megfogalmazott szabály értelmében úgy döntöttem, hogy a transzformátor állomás irányába induló leágazás leválaszthatóságát biztosító 37-197 azonosítójú oszlopkapcsolót a 218. sz. leágazó oszlopon kell kialakítani. Az általam kiválasztott berendezés: OK8 típusú földelőszakaszoló nélküli oszlopkapcsoló (26. ábra).



26. ábra
OK8 jelű aszimmetrikus elrendezés oszlopkapcsoló (Forrás: KVGY gyártmányú OK8 jelű oszlopkapcsoló műszaki leírás)

A kialakítandó fejszerkezetet a madárvédelmi irányelveket figyelembe véve választottam ki. A választásom a VÁT-H21 jelű típusterv 21-1-062 azonosítójú oszlopkialakításra esett. Az oszlop elrendezési rajza a 27. ábrán látható.



27. ábra
218. számú oszlop tervezett oszlopelrendezése (Forrás: VÁT-H21)

A kiválasztott feszítő szigetelők 780mm szerelési hosszúságú SBSI-35 E17-E17 780 típusú kompozit szigetelők. Ezen szigetelők legnagyobb üzemi feszültsége 40,5 kV. Alkalmazásukat a madarak védelme érdekében tett erőfeszítések indokolják. A szigetelő teljes szerelési hosszából adódóan az oszlopra szálló madár kevesebb eséllyel szenved sérülést.

A felszerelendő OK8 típusú oszlopkapcsoló aszimmetrikus kialakítású, így annak a felszerelése a korábbi gyakorlattal ellentétben nem az oszlop csúcsában, hanem a

vonalfeszítő fejszerkezet kereszttartója alatti síkban történhet, ezáltal minimalizálható az oszlopra szálló madarak sérülésének esélye.

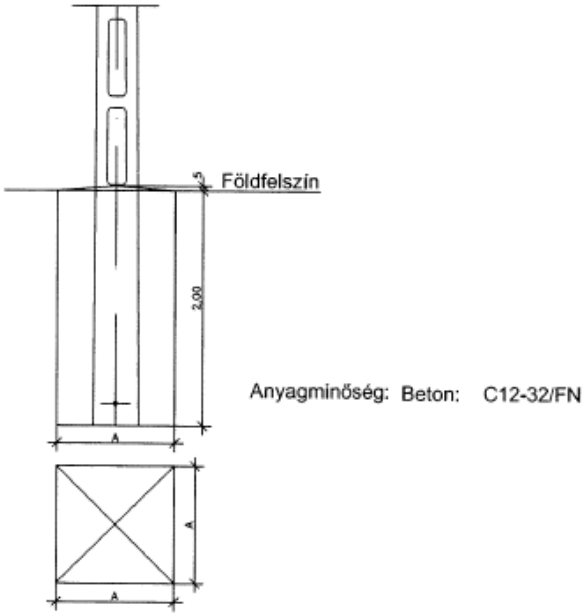
Az oszlopon az áramkötéseket a fejszerkezet alatti elvezetéssel, fejszerelvényes terelő szigetelők alkalmazásával burkolt szabadvezetékkel kell kialakítani.

Az oszlop alapja befogott alap, melyet a típustervből választottam ki, és az abban meghatározott paraméterek szerint kell kialakítani.

Általánosan elmondható, hogy a kis és középfeszültségű hálózat oszlopai befogott alappal készülnek.

A 28. ábrán látható a VÁT-H21 típusterv 21-3-005 rajzszámú B14-2800 típusú vasbeton oszlopra vonatkozó alapozási ajánlása.

B12/18, B14/18, B12/28, B14/28 áttört gerincű betonoszlopok



talaj határfeszültség: 300kN/m2 esetén

Oszlop jele	A	Beton	Zsalu	Simítás	Földkiemelés kézi		Földkiemelés gépi		
	m	m3	m2		kiemelés	elszáll.	kiemelés	visszatölt	elszáll.
B12/18	1,40	3,38	—	1,71	3,92	3,92	5,54	1,62	3,92
B14/18	1,45	3,54	—	1,80	4,21	4,21	5,88	1,67	4,21
B12/28	1,70	5,25	—	2,64	5,78	5,78	7,74	1,96	5,78
B14/28	1,85	6,21	—	3,12	6,84	6,84	8,98	2,14	6,84

28. ábra
B14-2800 típusú oszlop alapozása (Forrás: VÁT-H21)

Az oszlophoz az általam kiválasztott földelő elrendezés VÁT-H21 szerinti típusa: VI.

Alapadatok:

Szigorítási szint: III.

Wenner-módszerrel végzett talaj fajlagos ellenállás mérés eredményei:

- 4 méter szondatávolsággal: ρ_{4m}=92 Ωm
- 7 méter szondatávolsággal: ρ_{7m}=113 Ωm
- 10 méter szondatávolsággal: ρ_{10m}=150 Ωm

Számítás eredményei (29. ábra):

RÉSZEREDMÉNY MEZŐK

Várható mértékadó áram		
I_Z [A]	127	<-- Földzárlati áram várható maximális értéke (hosszúföld ellenállás vagy *FÁNOE bekapcsolása után*
$I_{MARADÉK}$ [A]	13	<-- Maradékáram várható maximális értéke (*beállítás, nem változtatható*)

R_F, U_E, U_{vTp}			
	3 m hosszú rúdföldelők esetén	6 m hosszú rúdföldelők esetén	
R_F [Ω]	7,8	9,2	<-- Földelési ellenállás várható legnagyobb értéke (*az oszlop földelőjé önmagában*) (max 5 vagy 10
U_E [V]	989	1171	<-- Várható földpotenciál emelkedés (*földzárlati áramra hosszúföld vagy FÁNOE bekapcsoláskor*)
U_{vTp} [V]	769		<-- Megengedett független érintési feszültség (*határérték, földzárlati áramra*)
U_E [V]	101	120	<-- Várható földpotenciál emelkedés (*maradékáramra*)
U_{vTp} [V]	606		<-- Megengedett független érintési feszültség (*határérték, maradékáramra*)

EREDMÉNY

Eredmény				
	3 m hosszú rúdföldelő esetén	6 m hosszú rúdföldelő esetén		
KöF földelőrendszer földelési ellenállás maximális értéken belül (?)	Igen	Igen	<-- Kezelőoszlop esetén az oszlopföldelési ellenállás megengedett legnagyobb értéke 10 Ω. Ha az oszlopon túlfeszültségvédelmet is alkalmaznak, 10 Ω, de ebben az esetben ajánlott az 5 Ω	
Földzárlati áramra: UE <= 2UvTp (?)	Igen	Igen	<-- "IGEN" esetén az UE<=2*UvTp feltétel teljesül, a földelés érintési- és lépésfeszültség szempontjából megfelelő (keretföldelő létesítése viszont ekkor is kötelező).	<-- "NEM" esetén az UE<=4*UvTp feltétel vizsgálata szükséges.
Maradékáramra: UE <= 2UvTp (?)	Igen	Igen		
Földzárlati áramra: U_E <= 4UvTp (?)			<-- "IGEN" esetén az UE<=4*UvTp feltétel teljesül, a földelés érintési- és lépésfeszültség szempontjából csak akkor megfelelő, ha egyéb, a gyakorlat által igazolt "M" intézkedés is történik	<-- "NEM" esetén a ténylegesen fellépő UT érintési feszültség számítása szükséges (MSZ EN 50522:2011 5. ábra alapján)
Maradékáramra: U_E <= 4UvTp (?)				

29. ábra
218. számú oszlop földelő méretezése (Forrás: földelés méretező szoftverrel végzett saját számítás)

A számítás alapján megállapítottam, hogy az általam kiválasztott elrendezés szerint 3 m hosszúságú rúdföldelőkből kialakított rendszerrel biztosíthatóak a szabvány előírásai. Az oszlop földelési ellenállásának maximálisan megengedett értéke 10 Ω. Oszlopföldelési ellenállás számított értéke: R_F=7,8 Ω, tehát a kiválasztott elrendezés megfelel.

Az oszlopra oszlopkapcsoló kerül felszerelésre, így a kialakított kezelőhely miatt az oszlophoz az üzemi földelő beépítésén túl, potenciálbefolyásoló földelőkeret kiépítése is szükséges.

Elvégeztem az oszlop kihasználtság vizsgálatát, melynek eredményeképp megállapítottam, hogy az általam választott B14-2800 típusú oszlop igénybevétele a szabvány szerinti 3. esetben (kis valószínűségű jégteher mellett fellépő szélteher) a legnagyobb, értéke: 68,3 % (30. ábra), tehát a kiválasztott oszlop megfelelő.

VÁRP-Inota 20kV - 218.sz.o.

Megbízhatósági szint	1
Terepkategória	II.
Alap szélsebesség	23,6
Mértékadó jégteher	1,0

Oszloptípus	B 14/28
Fejszerkezet	FBE(180-150)-L2 (VA'T-H20)

	Vezető 1.	Vezető 2.
Sodronytípus	3x95 AASC	3x95 AASC
Húzófeszültség (N/mm²)	80	80
Oszlopköz (m)	61,0	92,0
Karral bezárt szög	48,0	112,0

	Leágazás 1.	Leágazás 2.
Sodronytípus	3x50 AASC	-
Húzófeszültség (N/mm²)	80	-
Oszlopköz (m)	73,0	-
Karral bezárt szög	90,0	-

	Kif, vagy hírközlés 1.	
Sodronytípus	-	
Húzófeszültség (N/mm²)	-	
Felfügg. mag. (m)	-	
Oszlopköz (m)	-	-
Irányszög	-	-

	Kif, vagy hírközlés 2.	
Sodronytípus	-	
Húzófeszültség (N/mm²)	-	
Felfügg. mag. (m)	-	
Oszlopköz (m)	-	-
Irányszög	-	-

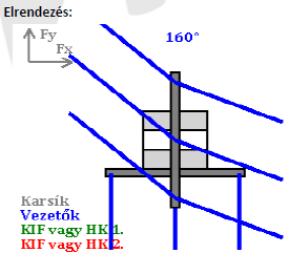
Kombinációs terhelési esetek				
Eset	Sodrony hőmérséklet	Kombinációs tényező jég	Kombinációs tényező szél	Kihasználtság
1	0	0	1	52,6 %
2	-20	0	0,76	34,5 %
3	-5	1	0	50,6 %
4	-5	0,35	0,8	56,8 %
5	-5	1	0,608	68,3 %

Kiegyensúlyozatlan terhelési esetek				
Eset	Sodrony hőmérséklet	Egyik oldalon	Másik oldalon	Kihasználtság
6	-5	Jég: 0,7, Húzófesz.: 1	Jég: 0,3, Húzófesz.: 1	53,9 %
7	-5	Jég: 1, Húzófesz.: 1	Jég: 1, Húzófesz.: 0,75	65,8 %
8	-5	Jég: 1, Húzófesz.: 1	Jég: 1, Húzófesz.: 0,95	60,6 %

Oszlop kihasználtsága	68,3 %

Az oszlop állékonysága megfelelő!

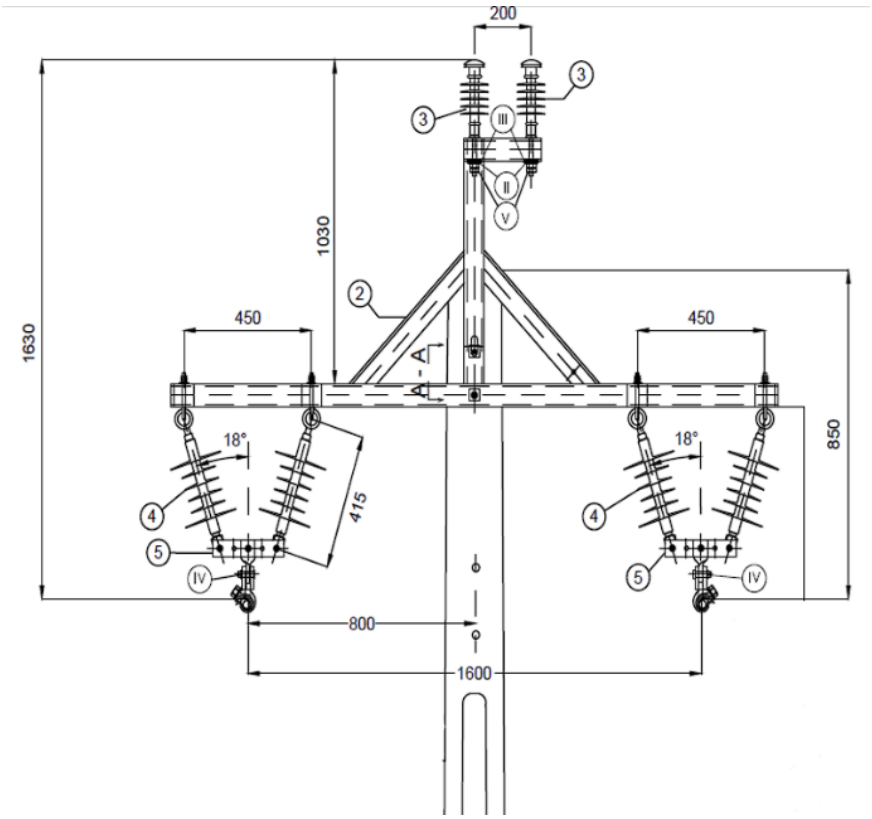
Elrendezés:



30. ábra
218. számú oszlop kihasználtság vizsgálat (Forrás: oszlop méretező szoftverrel végzett saját számítás)

1. számú oszlop

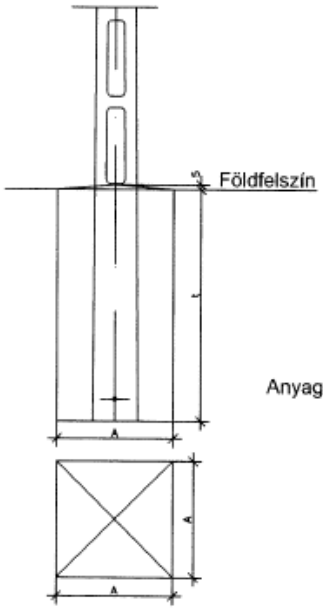
A meglévő BB12-1350 típusú oszlopot annak állapota miatt cserélni kell. A meglévő oszlopon oszlopkapcsoló található, emiatt az oszlop vonalfeszítő kialakítású. Mivel a leágazó oszlopkapcsolót áthelyezem a 218. számú oszlopra, ezen oszlop feszítő funkciója már nem szükséges. Az oszlop kiváltására B12-800 típusú áttört gerincű vasbeton oszlopot választottam, TvBH I. típusú tartó fejszerkezet (31. ábra) kialakítása mellett. Ezen fejszerkezet alapvetően háromszög elrendezésű, azonban három tartó szigetelő helyett két tartó és négy függő szigetelőből épül fel. A fejszerkezet kialakítását szintén a madárvédelemi törekvések indokolják.



31. ábra
TvBH I. tartó fejszerkezet (Forrás: Elinor Mérnökiroda Kft. - Tervezési irányelvek MSZ EN 50341-1 ÉS MSZE 50341-2 szabványok szerint)

A 32. ábrán látható a VÁT-H21 típusterv általam kiválasztott 21-3-008 rajzszámú B12-800 típusú vasbeton oszlopra vonatkozó alapozási ajánlása. Az oszlop befogott alapját a típusterv előírásai szerint kell elkészíteni.

B12/8, B12/13, áttört gerincű betonoszlopok és
Bo12/13, Bo 14/13 pörgetett betonoszlopok



Anyagminőség: Beton: C12-32/FN

talaj határfeszültség: 300kN/m2 esetén

Oszlop jele	A	t	Beton	Zsalu	Simítás	Földkiemelés kézi		Földkiemelés gépi		
	m	m	m3	m2		kiemelés	elszáll.	kiemelés	visszatölt	elszáll.
B12/8	1,00	2,00	2,05	—	1,00	2,00	2,00	3,15	1,15	2,00
B12/13	1,25	2,00	3,21	—	1,57	3,13	3,13	4,57	1,44	3,13
Bo12/13	1,25	2,10	2,93	—	1,57	3,28	3,28	4,76	1,48	3,28
Bo14/13	1,30	2,10	3,09	—	1,69	3,55	3,55	5,15	1,60	3,55

32. ábra
B12-800 típusú oszlop alapozása (Forrás: VÁT-H21)

Az általam kiválasztott földelő elrendezés VÁT-H21 szerinti típusa: II.

Alapadatok:

Szigorítási szint: III.

Wenner-módszerrel végzett talaj fajlagos ellenállás mérés eredményei:

- 4 méter szondatávolsággal: ρ_{4m}=50 Ωm
- 7 méter szondatávolsággal: ρ_{7m}=67 Ωm
- 10 méter szondatávolsággal: ρ_{10m}=100 Ωm

Számítás eredményei (33. ábra):

RÉSZEREDMÉNY MEZŐK

Várható mértékadó áram		
I_Z [A]	127	<-- Földzárlati áram várható maximális értéke (hosszúföld ellenállás vagy *FÁNOE bekapcsolása után*)
$I_{MARADÉK}$ [A]	13	<-- Maradékáram várható maximális értéke (*beállítás, nem változtatható*)

Földelési ellenállás, EPR, U_{vTp}			
	3 m hosszú rúdföldelők esetén	6 m hosszú rúdföldelők esetén	
R_F [Ω]	7,5	5,5	<-- Földelési ellenállás várható legnagyobb értéke (*az oszlop földelőjé önmagában*)
U_E [V]	952	700	<-- Várható földpotenciál emelkedés (*földzárlati áramra hosszúföld vagy FÁNOE bekapcsoláskor*)
U_{vTp} [V]	769		<-- Megengedett független érintési feszültség (*határérték, földzárlati áramra*)
U_E [V]	97	72	<-- Várható földpotenciál emelkedés (*maradékáramra*)
U_{vTp} [V]	606		<-- Megengedett független érintési feszültség (*határérték, maradékáramra*)

EREDMÉNY

Eredmény			
	3 m hosszú rúdföldelő esetén	6 m hosszú rúdföldelő esetén	
Zárlati áramra: U_E<=2U_{vTp} (?)	IGEN	IGEN	<-- "IGEN" esetén az U_E<=2*UvTp feltétel teljesül, a földelés érintési- és lépésfeszültség szempontjából megfelelő. "NEM" esetén a ténylegesen fellépő U_T érintési feszültség számítása vagy mérése szükséges (MSZ EN 50341-1:2013 6.2. ábra alapján)
Maradékáramra: U_E<=2U_{vTp} (?)	IGEN	IGEN	

33. ábra
1. számú oszlop földelő méretezése (Forrás: földelés méretező szoftverrel végzett saját számítás)

A számítás elvégzését követően megállapítottam, hogy az oszlopföldelési ellenállás számított értéke: R_F=7,5 Ω. A földelés érintési és lépésfeszültség szempontjából megfelelő. A kiválasztott elrendezés szerint 3 m hosszúságú rúdföldelőkből kialakított földelőrendszerrel biztosíthatóak a szabvány előírásai.

Az oszlop kihasználtság vizsgálat eredményeképp megállapítottam, hogy a tervezett B12-800 típusú oszlop igénybevétele a szabvány szerinti 2. esetben (-20 °C vezető hőmérséklet és névleges szélteher) a legnagyobb, 75 % (34. ábra), tehát a kiválasztott oszlop megfelelő.

VÁRP-Inota 20kV-Vízmű gépház leág. 1. sz. o.

Megbízhatósági szint	1
Terepkategória	II.
Alap szélsebesség	23,6
Mértékadó jégteher	1,0

Oszloptípus	B 12/8
Fejszerkezet	H/SvBH I. (VÁT-H20 kieg. 0102

	Vezető 1.	Vezető 2.
Sodronytípus	3x50 AASC	3x50 AASC
Húzófeszültség (N/mm^2)	80	80
Oszlopköz (m)	73,0	93,0
Karral bezárt szög	90,0	90,0

	Leágazás 1.	Leágazás 2.
Sodronytípus	-	-
Húzófeszültség (N/mm^2)	-	-
Oszlopköz (m)	-	-
Karral bezárt szög	-	-

	Kif, vagy hírközlés 1.	
Sodronytípus	-	
Húzófeszültség (N/mm^2)	-	
Felfügg. mag. (m)	-	
Oszlopköz (m)	-	-
Irányszög	-	-

	Kif, vagy hírközlés 2.	
Sodronytípus	-	
Húzófeszültség (N/mm^2)	-	
Felfügg. mag. (m)	-	
Oszlopköz (m)	-	-
Irányszög	-	-

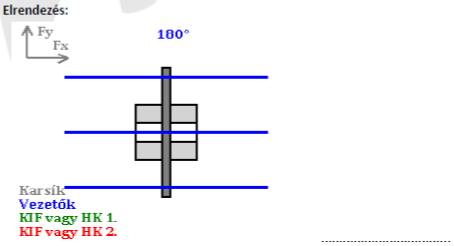
Kombinációs terhelési esetek				
Eset	Sodrony hőmérséklet	Kombinációs tényező jég	Kombinációs tényező szél	Kihasználtság
1	0	0	1	43,6 %
2	-20	0	0,76	75,0 %
3	-5	1	0	0,6 %
4	-5	0,35	0,8	32,0 %
5	-5	1	0,608	36,3 %

Kiegyyensúlyozatlan terhelési esetek				
Eset	Sodrony hőmérséklet	Egyik oldalon	Másik oldalon	Kihasználtság
6	-5	Jég: 0,7, Húzófesz.: 1	Jég: 0,3, Húzófesz.: 1	27,7 %
7	-5	Jég: 1, Húzófesz.: 1	Jég: 1, Húzófesz.: 0,75	26,3 %
8	-5	Jég: 1, Húzófesz.: 1	Jég: 1, Húzófesz.: 0,95	16,0 %

Oszlop kihasználtsága	75,0 %

Az oszlop állékonysága megfelelő!

Elrendezés:



34. ábra
1. számú oszlop kihasználtsági vizsgálata (Forrás: oszlop méretező szoftverrel végzett saját számítás)

2. számú oszlop

A meglévő BB12-1350 típusú oszlopot annak állapota miatt helyben cserélni kell. A meglévő oszlop saroktartó funkciót lát el. Az oszlopon vegyes tartó TvBH fejszerkezetet szerettem volna kialakítani, azonmban az érintett oszlopon a vezetők által bezárt szög 149 °, tehát az iránytörés 31 °. A TvBH II típusú fejszerkezeti elrendezés mindösszsze 2 ° maximális iránytörés mellett alkalmazható, a TvBH I típus esetén a maximális iránytörés 30 °. Eszerint egyik vegyes tartó kialakítást sem alkalmazhatom. A fenti okok miatt vonalfeszítő oszlopkép kialakítás mellett döntöttem. Az általam kiválasztott oszlop B12-1300 típusú áttört gerincű vasbeton oszlop. A fejszerkezetet a VÁT-H20 típustervből kerestem. A választásom a 20-1-102 azonosítószámmal ellátott SFBE (150-90) sarokfeszítő fejszerkezetre esett, 780 mm hosszúságú feszítő szigetelőkkel szerelve.s Az oszlopon az áramkötéseket 50 mm^2 keresztmetszetű burkolt szabadvezetékből kell kialakítani a kereszttartó alatt történő vezető átvezetéssel. Az áramkötések rögzítéséhez fejszerelvényes terelőszigetelő alkalmazása szükséges.

Az oszlop alapot szintén a VÁT-H21 típusterv 21-3-008 rajzszámú B12-1300 típusú vasbeton oszlopra vonatkozó alapozási ajánlás szerint választottam.

Az általam kiválasztott földelő elrendezés VÁT-H21 szerinti típusa: VI.

Alapadatok:

Szigorítási szint: III.

Wenner-módszerrel végzett talaj fajlagos ellenállás mérés eredményei:

- 4 méter szondatávolsággal: ρ_{4m}=87 Ωm
- 7 méter szondatávolsággal: ρ_{7m}=114 Ωm
- 10 méter szondatávolsággal: ρ_{10m}=136 Ωm

Számítás eredményei (35. ábra):

RÉSZEREDMÉNY MEZŐK

Várható mértékadó áram		
I_Z [A]	127	<-- Földzárlati áram várható maximális értéke (hosszúföld ellenállás vagy *FÁNOE bekapcsolása után*)
$I_{MARADÉK}$ [A]	13	<-- Maradékáram várható maximális értéke (*beállítás, nem változtatható*)

Földelési ellenállás, EPR, U_{vTp}			
	3 m hosszú rúdföldelők esetén	6 m hosszú rúdföldelők esetén	
R_F [Ω]	7,4	9,3	<-- Földelési ellenállás várható legnagyobb értéke (*az oszlop földelőjé önmagában*)
U_E [V]	935	1182	<-- Várható földpotenciál emelkedés (*földzárlati áramra hosszúföld vagy FÁNOE bekapcsoláskor*)
U_{vTp} [V]	769		<-- Megengedett független érintési feszültség (*határérték, földzárlati áramra*)
U_E [V]	96	121	<-- Várható földpotenciál emelkedés (*maradékáramra*)
U_{vTp} [V]	606		<-- Megengedett független érintési feszültség (*határérték, maradékáramra*)

EREDMÉNY

Eredmény			
	3 m hosszú rúdföldelő esetén	6 m hosszú rúdföldelő esetén	
Zárlati áramra: U_E<=2U_{vTp} (?)	IGEN	IGEN	<-- "IGEN" esetén az U_E<=2*UvTp feltétel teljesül, a földelés érintési- és lépésfeszültség szempontjából megfelelő. "NEM" esetén a ténylegesen fellépő U_T érintési feszültség számítása vagy mérése szükséges (MSZ EN 50341-1:2013 6.2. ábra alapján)
Maradékáramra: U_E<=2U_{vTp} (?)	IGEN	IGEN	

35. ábra
2. számú oszlop földelő méretezése (Forrás: földelés méretező szoftverrel végzett saját számítás)

A számítást elvégezve megállapítottam, hogy az általam kiválasztott földelő elrendezés esetén az oszlopföldelési ellenállás számított értéke: R_F=7,4 Ω. A földelés érintési és lépésfeszültség szempontjából megfelelő. A kiválasztott elrendezés szerint 3 m hosszúságú rúdföldelőkből kialakított földelőrendszerrel biztosíthatóak a szabvány előírásai.

Az oszlop kihasználtság vizsgálat eredményeképp megállapítottam, hogy az általam kiválasztott B12-1300 típusú oszlop igénybevétele a szabvány szerinti 4. esetben (nagy valószínűségű jégteher és kis valószínűségű szélteher esetén) a legnagyobb, 89,9 % (36. ábra), tehát a kiválasztott oszlop megfelelő.

VÁRP-Inota 20kV-Vízmű gépház leág. 2. sz. o.

Megbízhatósági szint	1
Terepkategória	II.
Alap szélsebesség	23,6
Mértékadó jégteher	1,0

Oszloptípus	B-12-1300
Fejszerkezet	FBE (150-90) (VÁT-H20 20-1-10

	Vezető 1.	Vezető 2.
Sodronytípus	3x50 AASC	3x50 AASC
Húzófeszültség (N/mm²)	80	80
Oszlopköz (m)	93,0	86,0
Karral bezárt szög	74,0	75,0

	Leágazás 1.	Leágazás 2.
Sodronytípus	-	-
Húzófeszültség (N/mm²)	-	-
Oszlopköz (m)	-	-
Karral bezárt szög	-	-

	Kif, vagy hírközlés 1.	
Sodronytípus	-	
Húzófeszültség (N/mm²)	-	
Felfügg. mag. (m)	-	
Oszlopköz (m)	-	-
Irányszög	-	-

	Kif, vagy hírközlés 2.
Sodronytípus	-
Húzófeszültség (N/mm²)	-
Felfügg. mag. (m)	-

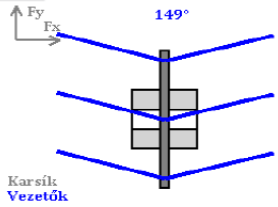
Kombinációs terhelési esetek				
Eset	Sodrony hőmérséklet	Kombinációs tényező jég	Kombinációs tényező szél	Kihasználtság
1	0	0	1	80,7 %
2	-20	0	0,76	64,2 %
3	-5	1	0	48,6 %
4	-5	0,35	0,8	89,9 %
5	-5	1	0,608	86,7 %

Kiegyensúlyozatlan terhelési esetek				
Eset	Sodrony hőmérséklet	Egyik oldalon	Másik oldalon	Kihasználtság
6	-5	Jég: 0,7, Húzófesz.: 1	Jég: 0,3, Húzófesz.: 1	72,0 %
7	-5	Jég: 1, Húzófesz.: 1	Jég: 1, Húzófesz.: 0,75	58,9 %
8	-5	Jég: 1, Húzófesz.: 1	Jég: 1, Húzófesz.: 0,95	54,8 %

Oszlop kihasználtsága	89,9 %

Az oszlop állékonysága megfelelő!

Elrendezés:



36. ábra
2. számú oszlop méretezése maximális terhelésre (Forrás: oszlop méretező szoftverrel végzett saját számítás)

3. számú oszlop

A meglévő B12-400 típusú oszlop szerkezete sérült, betonporladás jelei mutatkoznak, a vasbeton szerkezet vázát képező acélhuzal kilátszik, emiatt az oszlop helyben történő cseréjét választottam. Az általam kiválasztott oszlop B12-400 típusú áttört gerincű vasbeton oszlop. Az oszlopra szintén vegyes TvBH I. fejszerkezet kialakítása mellett döntöttem.

Az oszlop alap elkészítését szintén a VÁT-H21 típusterv 21-3-008 rajzszámú alapozási ajánlása alapján választottam.

Az általam kiválasztott földelő elrendezés VÁT-H21 szerinti típusa: VI.

Alapadatok:

Szigorítási szint: III.

Wenner-módszerrel végzett talaj fajlagos ellenállás mérés eredményei:

- 4 méter szondatávolsággal: ρ_{4m}=84 Ωm
- 7 méter szondatávolsággal: ρ_{7m}=104 Ωm
- 10 méter szondatávolsággal: ρ_{10m}=116 Ωm

Számítás eredményei (37. ábra):

RÉSZEREDMÉNY MEZŐK

Várható mértékadó áram		
I_Z [A]	127	<-- Földzárlati áram várható maximális értéke (hosszúföld ellenállás vagy *FÁNOE bekapcsolása után*)
$I_{MARADÉK}$ [A]	13	<-- Maradékáram várható maximális értéke (*beállítás, nem változtatható*)

Földelési ellenállás, EPR, U_{vTp}			
	3 m hosszú rúdföldelők esetén	6 m hosszú rúdföldelők esetén	
R_F [Ω]	6,9	8,1	<-- Földelési ellenállás várható legnagyobb értéke (*az oszlop földelőjé önmagában*)
U_E [V]	871	1024	<-- Várható földpotenciál emelkedés (*földzárlati áramra hosszúföld vagy FÁNOE bekapcsoláskor*)
U_{vTp} [V]	769		<-- Megengedett független érintési feszültség (*határérték, földzárlati áramra*)
U_E [V]	89	105	<-- Várható földpotenciál emelkedés (*maradékáramra*)
U_{vTp} [V]	606		<-- Megengedett független érintési feszültség (*határérték, maradékáramra*)

EREDMÉNY

Eredmény			
	3 m hosszú rúdföldelő esetén	6 m hosszú rúdföldelő esetén	
Zárlati áramra: U_E<=2U_{vTp} (?)	IGEN	IGEN	<-- "IGEN" esetén az U_E<=2*UvTp feltétel teljesül, a földelés érintési- és lépésfeszültség szempontjából megfelelő. "NEM" esetén a ténylegesen fellépő U_T érintési feszültség számítása vagy mérése szükséges (MSZ EN 50341-1:2013 6.2. ábra alapján)
Maradékáramra: U_E<=2U_{vTp} (?)	IGEN	IGEN	

37. ábra
3. számú oszlop földelő méretezése (Forrás: földelés méretező szoftverrel végzett saját számítás)

Elvégeztem a méretezési számításokat, mely során megállapítottam, hogy az oszlopföldelési ellenállás számított értéke: R_F=6,9 Ω. A földelés érintési és lépésfeszültség szempontjából megfelelő. A kiválasztott elrendezés szerint 3 m hosszúságú rúdföldelőkből kialakított földelőrendszerrel biztosíthatóak a szabvány előírásai.

Az oszlop kihasználtság vizsgálat elvégzése után megállapítottam, hogy a tervezett B12-400 típusú oszlop igénybevétele a szabvány szerinti 4. esetben (nagy valószínűségű jégteher és kis valószínűségű szélteher esetén) a legnagyobb, 56,7 % (38. ábra), tehát a kiválasztott oszlop csúcshúzás szempontjából megfelelő.

VÁRP-Inota 20kV-Vízmű gépház leág. 3. sz. o.

Megbízhatósági szint	1
Terepkategória	II.
Alap szélsebesség	23,6
Mértékadó jégteher	1,0

Oszloptípus	B 12/4
Fejszerkezet	H/SvBH I. (VÁT-H20 kieg. 0102

	Vezető 1.	Vezető 2.
Sodronytípus	3x50 AASC	3x50 AASC
Húzófeszültség (N/mm²)	80	80
Oszlopköz (m)	86,0	92,0
Karral bezárt szög	90,0	90,0

	Leágazás 1.	Leágazás 2.
Sodronytípus	-	-
Húzófeszültség (N/mm²)	-	-
Oszlopköz (m)	-	-
Karral bezárt szög	-	-

	Kif, vagy hírközlés 1.	
Sodronytípus	-	
Húzófeszültség (N/mm²)	-	
Felfügg. mag. (m)	-	
Oszlopköz (m)	-	-
Irányszög	-	-

	Kif, vagy hírközlés 2.	
Sodronytípus	-	
Húzófeszültség (N/mm²)	-	
Felfügg. mag. (m)	-	
Oszlopköz (m)	-	-
Irányszög	-	-

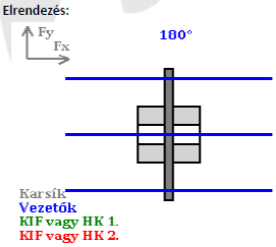
Kombinációs terhelési esetek				
Eset	Sodrony hőmérséklet	Kombinációs tényező jég	Kombinációs tényező szél	Kihasználtság
1	0	0	1	45,9 %
2	-20	0	0,76	46,5 %
3	-5	1	0	0,7 %
4	-5	0,35	0,8	56,7 %
5	-5	1	0,608	55,7 %

Kiegyensúlyozatlan terhelési esetek				
Eset	Sodrony hőmérséklet	Egyik oldalon	Másik oldalon	Kihasználtság
6	-5	Jég: 0,7, Húzófesz.: 1	Jég: 0,3, Húzófesz.: 1	50,1 %
7	-5	Jég: 1, Húzófesz.: 1	Jég: 1, Húzófesz.: 0,75	52,1 %
8	-5	Jég: 1, Húzófesz.: 1	Jég: 1, Húzófesz.: 0,95	31,5 %

Oszlop kihasználtsága	56,7 %

Az oszlop állékonysága megfelelő!

Elrendezés:



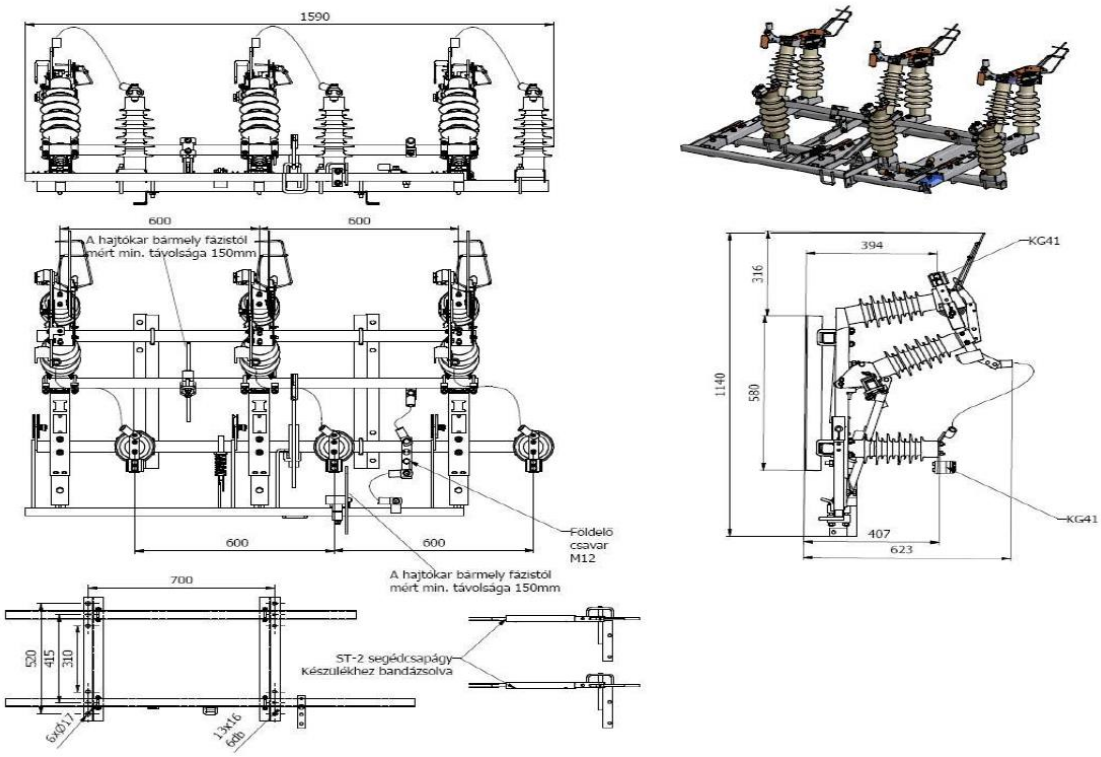
38. ábra
3. számú oszlop méretezése legnagyobb igénybevételre (Forrás: oszlop méretező szoftverrel végzett saját számítás)

4. számú oszlop

A 4. számú oszlopon kerül kialakításra a transzformátor állomást megtápláló középfeszültségű leágazó hálózat légvezetékes szakaszának végfeszítése.

A meglévő BB12-1350 típusú oszlop tartó funkciót lát el, az oszlopon a légvezeték lefeszítése nem lehetséges, emiatt az oszlop cseréje mellett döntöttem. Ezen 4. számú oszlopon kerül alakítom ki a légvezetékes hálózat végfeszítésére szolgáló fejszerkezetet, valamint innen indítom a transzformátor állomás megtáplálását biztosító középfeszültségű földkábeles hálózatszakaszt. A kábelszakasz leválasztását és a transzformátor állomás esetleges feszültségmentesítését biztosító oszlopkapcsolót a 4. számú oszlopon alakítom ki, melynek az azonosítója: 37-198.

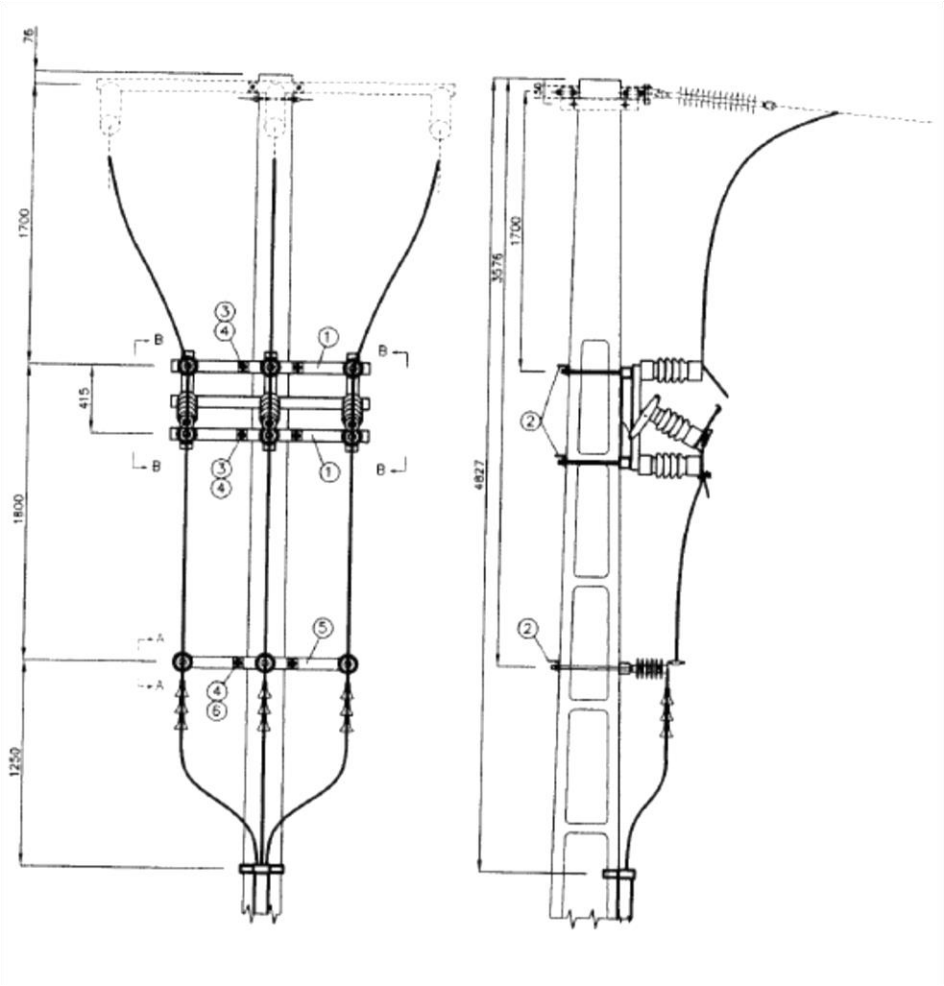
Erre a feladatra függőleges elrendezésű, független működtetésű földelő szakaszolóval ellátott OK6 típusú oszlopkapcsolót (39. ábra) választottam.



39. ábra
Függőleges elrendezésű OK6 jelű oszlopkapcsoló (Forrás: KVGY gyártmányú OK6 jelű oszlopkapcsoló műszaki leírás)

A 4. számú oszlop kiváltására B12-1800 típusú áttört gerincű vasbeton oszlopot választottam VÁT-H21 jelű típusterv 21-1-071 azonosítójú végfeszítő oszlopkialakítás mellett. Az oszlopra a VÁT-H21 típustervben található 21-7-016 azonosítójú feszítő kereszttartót és 780 mm szerelési hosszúságú SBSI-35 E17-E17 780 típusú kompozit szigetelőket választottam. Az áramkötéseket a fejszerelvény alatti elvezetéssel kell kialakítani. Az áramkötések biztonságos rögzítéséhez fejszerelvényes tartószigetelőket kell használni. A vezeték sodrony feszítő szigetelőhöz rögzítésére csavaros végfeszítő szerelvént kell alkalmazni.

A típusterv alapján ugyanezen oszlopon kerül kialakításra a 37-198 azonosítójú oszlopkapcsoló (40. ábra).



40. ábra
Függőleges oszlopkapcsoló elrendezési rajza (Forrás: VÁT-H21)

Az oszlop alapozásához szintén a VÁT-H21 típusterv 21-3-008 rajzszámú ajánlást választottam.

Az általam kiválasztott földelő elrendezés VÁT-H21 szerinti típusa: X.

Alapadatok:

Szigorítási szint: II.

Wenner-módszerrel végzett talaj fajlagos ellenállás mérés eredményei:

- 4 méter szondatávolsággal: ρ_{4m}=97 Ωm
- 7 méter szondatávolsággal: ρ_{7m}=109 Ωm
- 10 méter szondatávolsággal: ρ_{10m}=128 Ωm

Számítás eredményei (41. ábra):

RÉSZEREDMÉNY MEZŐK

Várható mértékadó áram		
I_F [A]	127	<-- Földzárlati áram várható maximális értéke (hosszúföld ellenállás vagy *FÁNOE bekapcsolása után*
$I_{MARADÉK}$ [A]	13	<-- Maradékáram várható maximális értéke (*beállítás, nem változtatható*)

R_F, U_E, U_{vTp}			
	3 m hosszú rúdföldelők esetén	6 m hosszú rúdföldelők esetén	
R_F [Ω]	6,2	3,9	<-- Földelési ellenállás várható legnagyobb értéke (*az oszlop földelőjé önmagában*) (max 5 vagy 10
U_E [V]	782	491	<-- Várható földpotenciál emelkedés (*földzárlati áramra hosszúföld vagy FÁNOE bekapcsoláskor*)
U_{vTp} [V]	422		<-- Megengedett független érintési feszültség (*határérték, földzárlati áramra*)
U_E [V]	80	50	<-- Várható földpotenciál emelkedés (*maradékáramra*)
U_{vTp} [V]	336		<-- Megengedett független érintési feszültség (*határérték, maradékáramra*)

EREDMÉNY

Eredmény				
	3 m hosszú rúdföldelő esetén	6 m hosszú rúdföldelő esetén		
KöF földelőrendszer földelési ellenállás maximális értéken belül (?)	Igen	Igen	<-- Kezelőoszlop esetén az oszlopföldelési ellenállás megengedett legnagyobb értéke 10 Ω. Ha az oszlopon túlfeszültségvédelmet is alkalmaznak, 10 Ω, de ebben az esetben ajánlott az 5 Ω	
Földzárlati áramra: U_E <= 2UvTp (?)	Igen	Igen	<-- "IGEN" esetén az UE<=2*UvTp feltétel teljesül, a földelés érintési- és lépésfeszültség szempontjából megfelelő (keretföldelő létesítése viszont ekkor is kötelező).	<-- "NEM" esetén az UE<=4*UvTp feltétel vizsgálata szükséges.
Maradékáramra: U_E <= 2UvTp (?)	Igen	Igen		
Földzárlati áramra: U_E <= 4UvTp (?)			<-- "IGEN" esetén az UE<=4*UvTp feltétel teljesül, a földelés érintési- és lépésfeszültség szempontjából csak akkor megfelelő, ha egyéb, a gyakorlat által igazolt "M" intézkedés is történik	<-- "NEM" esetén a ténylegesen fellépő UT érintési feszültség számítása szükséges (MSZ EN 50522:2011 5. ábra alapján)
Maradékáramra: U_E <= 4UvTp (?)				

41. ábra
4. számú oszlop földelő méretezése (Forrás: földelés méretező szoftverrel végzett saját számítás)

Az elvégzett számítás alapján megállapítottam, hogy a kiválasztott földelő elrendezés esetén az oszlop földelési ellenállásának számított értéke: R_F=6,2 Ω, tehát a földelés érintési és lépésfeszültség szempontjából megfelelő.

Az oszlopra független földelőszakaszolóval ellátott oszlopkapcsoló kerül felszerelésre, így a kialakított kezelőhely miatt az oszlophoz az üzemi földelő beépítésén túl, működtető berendezésenként egy-egy potenciálbefolyásoló földelőkeret kiépítését írom elő.

Az oszlop terhelés vizsgálatát elvégeztem, ami alapján megállapítottam, hogy az általam választott B12-1800 típusú oszlop maximális igénybevétele a szabvány szerinti 5. esetben (kis valószínűségű jégteher és nagy valószínűségű szélteher esetén) 92,7 % (42. ábra), tehát a kiválasztott oszlop megfelelő.

VÁRP-Inota 20kV-Vízmű gépház leág. 4. sz. o.

Megbízhatósági szint	1
Terepkategória	II.
Alap szélsebesség	23,6
Mértékadó jégteher	1,0

Oszloptípus	B 12/18
Fejszerkezet	BE végoszlop (VÁT-H20 20-1-10

	Vezető 1.	Vezető 2.
Sodronytípus	3x50 AASC	-
Húzófeszültség (N/mm²)	80	-
Oszlopköz (m)	92,0	-
Karral bezárt szög	90,0	-

	Leágazás 1.	Leágazás 2.
Sodronytípus	-	-
Húzófeszültség (N/mm²)	-	-
Oszlopköz (m)	-	-
Karral bezárt szög	-	-

	Kif, vagy hírközlés 1.	
Sodronytípus	-	
Húzófeszültség (N/mm²)	-	
Felfügg. mag. (m)	-	
Oszlopköz (m)	-	-
Irányszög	-	-

	Kif, vagy hírközlés 2.
Sodronytípus	-
Húzófeszültség (N/mm²)	-
Felfügg. mag. (m)	-

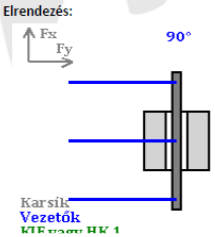
Kombinációs terhelési esetek				
Eset	Sodrony hőmérséklet	Kombinációs tényező jég	Kombinációs tényező szél	Kihasználtság
1	0	0	1	73,4 %
2	-20	0	0,76	61,5 %
3	-5	1	0	64,5 %
4	-5	0,35	0,8	86,8 %
5	-5	1	0,608	92,7 %

Kiegyensúlyozatlan terhelési esetek				
Eset	Sodrony hőmérséklet	Egyik oldalon	Másik oldalon	Kihasználtság
6	-5	Jég: 0,7, Húzófesz.: 1	Jég: 0,3, Húzófesz.: 1	39,4 %
7	-5	Jég: 1, Húzófesz.: 1	Jég: 1, Húzófesz.: 0,75	59,1 %
8	-5	Jég: 1, Húzófesz.: 1	Jég: 1, Húzófesz.: 0,95	61,3 %

Oszlop kihasználtsága	92,7 %

Az oszlop állékonysága megfelelő!

Elrendezés:



42. ábra
4. számú oszlop méretezése legnagyobb igénybevételre (Forrás: oszlop méretező szoftverrel végzett saját számítás)

Valamennyi oszlopra figyelmeztető táblát, valamint az oszlop beazonosíthatóságát biztosító - az oszlop azonosítószámát - tartalmazó táblát kell elhelyezni.

4.1.2. 20kV-os szabadvezeték

Az építendő négy oszlopköznyi szabadvezetékes hálózat a jelenlegi, bontásra kerülő, hálózatszakaszhoz hasonlóan AASC típusú szigeteletlen kivitelű szabadvezetékes hálózat lesz.

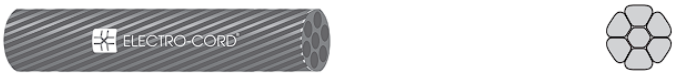
Az újonnan építendő szabadvezeték általam kiválasztott keresztmetszete 3x50 mm^2.

Az Áramszolgáltató középfeszültségű légvezeték létesítésekor jelenleg kizárólag az AASC típust alkalmazza 50, illetve 95 mm^2 keresztmetszetben. A vezető szabályos sodrással készített koncentrikus csupasz sodrat, amely ötvözött alumíniumból készül.

Az AASC sodrony szerkezeti felépítése a 43. ábrán, a technológiai paraméterei a 44. ábrán láthatóak.

Betűjelzés	Megnevezés	Előírás, szabvány
ASC AASC	Alumínium szabadvezeték-sodronyok	MSZ 149/2-83 MSZ 149/3-83

Felépítése: alumínium huzalokból szabályos sodrással készített koncentrikus csupasz sodrat, az AASC esetében a sodrat ötvözött alumíniumból készül.
Felhasználási terület: villamosenergia-átvitele- és elosztása (kisfeszültségű elosztóhálózatok, közvilágítás), szabadtéri körülmények között tartószerkezetekre szerelve.
Környezeti hőmérséklet: szabadban.



43. ábra
AASC légvezeték szerkezeti kialakítása (Forrás: https://electrocord.hu/wp-content/uploads/2020/09/asc_aasc.pdf - letöltés ideje: 2023.12.03. 18:05)

Méretek (mm2)	Sodratszerkezet (mm)	Külső átmérő (mm)	Min. szakítóerő (kN)	Vill. ellenállás 20C-on (Ohm/km)	Max. áramterhelhetőség (A)	Táj. tömeg kg/km
AASC						
16	7 x 1,70	5,10	4,4	2,091	105	44
25	7 x 2,10	6,30	6,8	1,370	135	67
35	7 x 2,50	7,50	9,6	0,967	170	94
50	7 x 3,00	9,00	13,9	0,672	210	136
70	19 x 2,10	10,50	18,4	0,511	255	183
95	19 x 2,50	12,50	26,1	0,361	320	260

44. ábra
AASC légvezeték paraméterei (Forrás: http://kabelgyar.hu/katalogus/089_AASC.htm - letöltés ideje: 2023.12.03. 18:05)

Vezeték méretezése melegedésre:

Melegedésre történő ellenőrzés során a számított fázisáramot vetem össze a szabványban, illetve a katalógusban megadott, a vezetőre meghatározott maximális terhelő áram értékével. Amennyiben az előírt értéket nem haladja meg az általam számított érték, a kiválasztott vezető melegedés szempontjából megfelelő. Ha számított érték meghaladja az előírt maximális értéket, nagyobb keresztmetszetű légvezetéket kell választani.

Terhelő áram meghatározása:

$$I_f = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{400\text{kVA}}{\sqrt{3} \cdot 22\text{kV}} = 10{,}4972 \approx 10{,}5\ \text{A}$$

Az 50mm^2 keresztmetszetű AASC vezető katalógus adatai szerint a maximálisan megengedett terhelő áram értéke $I_{t\,max} = 210A$.

A kiválasztott 50 mm^2 keresztmetszetű AASC típusú csupasz légvezeték megfelel az előírásoknak termikus igénybevétel szempontjából.

$$I_f = 10{,}5\text{A} < I_{t\,max} = 210\ \text{A}$$

Vezeték méretezése belógásra és összelengésre

Feladatom, hogy a vezetéket terhelő valamennyi erő figyelembevételével megállapítsam a biztonsági szempontból legmegfelelőbb igénybevételt, ennek ismeretében pedig a belógást.

A vezetőre ható erők:

A vezető saját tömege által keltett súlyerő:

$$s = m \cdot g = c \cdot A \cdot \rho \cdot g \; [N/m]$$

m: vezeték fajlagos tömege [kg/m]

A: vezető keresztmetszete [m^2]

ρ: huzal sűrűsége [kg/m^3]

g: nehézségi gyorsulás [m/s^2]

c: sodrási tényező

A vezető pótterhének értéke:

$$Z = m_z \cdot g \; [N/m]$$

m_z=0,325+0,025d [kg/m]: zúzmara fajlagos tömege

d: vezető átmérője [mm]

g: nehézségi gyorsulás [m/s^2]

Zúzmarás sűrűség: a zúzmarával terhelt vezetőt úgy tekintjük, mintha annak a sűrűsége változna meg a mechanikai tulajdonságainak változtatása nélkül.

$$\rho_z = \frac{m + m_z}{A} \; [kg/m^3]$$

m: vezető fajlagos tömege [kg/m]

m_z: zúzmara fajlagos tömege [kg/m]

A: vezető keresztmetszete [m^2]

Szélteher az MSZ-151 szabvány szerint:

A szélteher időszakosan fellépő, megoszló, vízszintes irányban ható erő. Mértékét meghatározza: a szél sebessége, a felület alakja és nagysága, a szél felülethez viszonyított iránya.

Szélerő:

$$F = \alpha \cdot c \cdot \frac{v^2}{1{,}6} \cdot A \cdot \sin\varphi \text{ [N]}$$

α: szélerőt csökkentő tényező

c: alaki tényező

v: szélsebesség [m/s]

φ: szél és a felület által bezárt szög [°]

A szélnyomás hatására a vezető kileng, a kilengett vezető terhelése megnövekszik, amely megoszló erőként hat a vezetékre. Ez úgy fogható fel, mintha a nehézségi gyorsulás nőtt volna meg.

A vezetőre ható zúzmara pótterhet a vezető sűrűség növekedéseként, míg a szélterhet megnövekedett nehézségi gyorsulásként lehet számítani.

Vezeték belógása:

Belógás: a vezeték felfüggesztési pontjait összekötő húrral párhuzamos érintő függőleges távolsága az érintési ponttól.

Láncgörbének nevezzük a két pont között kifeszített homogén anyagú vezető felvett alakját. A gyakorlatban azonban a görbét parabolával közelítjük, a legtöbb esetben ennek a közelítésnek a pontossága kielégítő.

MSZ 151 szabvány szerint a láncgörbét csak abban az esetben kell alkalmazni belógás számítás során, ha a belógás értéke nagyobb, mint az oszlopköz 7,5 %-a, vagy nagyobb 20 m-nél.

$$\beta = 100 \cdot \frac{b}{a} \text{ [\%]}$$

Belógás β <7,5 % és b <20 m estén:

$$b = \frac{a^2 \cdot \rho \cdot g}{8 \cdot \rho_h} \text{ [m]}$$

Belógás β >7,5 % és b >20 m estén:

$$b'' = b + \frac{4}{3} \cdot \frac{b^3}{a^2} \text{ [m]}$$

Legnagyobb igénybevétel:
Kritikus oszlopköz:

$$a_{kr} = \frac{\sigma_{max}}{g} \cdot \sqrt{\frac{360 \cdot \alpha}{\rho_z^2 - \rho^2}} \text{ [m]}$$

Ha a $<a_{kr}$, akkor -20 °C-on csupaszon, ha a $>a_{kr}$, akkor -5 °C-on pótteherrel lép fel a legnagyobb igénybevétel.

Legnagyobb belógás:
-5 °C-on pótteherrel, vagy +40 °C-on csupaszon következik be a vezeték legnagyobb belógása. Ha a $>a_{kr}$, akkor ki kell számolni a felső kritikus hőmérsékletet (t_{fkr}), amely az a hőmérséklet, amelyen a vezető belógása megegyezik -5 °C-on pótteherrel és +40 °C-on csupaszon. Ha t_{fkr} >40 °C, a legnagyobb belógás -5 °C-on pótteherrel lép fel. [11]

Vezeték belógás és összelengés méretezésére az Áramszolgáltató a Műszaki Utasításokban és Kézikönyvekben meghatározott és előírt alkalmazásokat használtam. A méretezéshez szükséges alap adatokat a méretezőben rögzítettem, majd a számítások elvégzése után kapott eredmények kiértékelésével megállapítottam, hogy a vezeték talaj feletti magassága megfelel-e a szabványban és az előírásokban meghatározott mértéknek.
A MSZE 50341-2:2019 1 kV-nál nagyobb váltakozó feszültségű szabadvezetékek 2. rész: Nemzeti előírások szabvány rögzíti a szabadvezeték földtől mért legkisebb távolságát, az Áramszolgáltató saját, belső Műszaki Utasítása azonban a szabványban megadott értékeknél szigorúbb feltételt támaszt.
A 45. ábrán látható a vezeték földtől mért legkisebb megengedett távolsága 35 kV feszültségszintig. Az ábrán feltüntettem a szabványban, illetve az Áramszolgáltató előírásaiban rögzített távolságokat.

A terület jellege	A földtől mért legkisebb távolság (m)	
	Szabvány szerint	E.ON szigorítás
Külterület	6	7
Töltés, meredek hegyoldal, part megközelítésénél a vezetőnek a szél által kilengetett helyzetétől a talajig mért távolság, ha		
ott csak gyalogosok közlekednek	5,6	6
ott járművek is közlekednek	6	7
Belterület (ideértve a zártkerteket is, ha a növények magasságára nem kell figyelemmel lenni)	6,5	7
Kert (külterületen, ha a növények magasságára nem kell figyelemmel lenni)	6	7

45. ábra
20kV-os légvezeték földtől mért legkisebb távolsága (Forrás: saját készítésű ábra)

A vezeték összelengés vizsgálatához az oszlop terhelés vizsgálathoz is használt szoftver erre a feladatra szánt modulját alkalmaztam. A program a megadott fejszerkezet kilendített áramvezetői közötti távolságokat ellenőrzi az MSZ EN 5341-1:2013, és MSZE 50341-2:2019 előírásai szerint, feltételezve az azonos szél-, és súlyoszlopközt.

A program által vizsgált esetek (46. ábra):

Eset 1	40°C-os vezető hőmérséklet, 3 éves visszatérési szél
Eset 2	40°C-os vezető hőmérséklet, 50 éves visszatérési szél
Eset 3	Baloldali vezető csupasz, a jobboldali vezetőn nagy valószínűségű jégteher, kis valószínűségű szél
Eset 4	Baloldali vezető csupasz, a jobboldali vezetőn kis valószínűségű jégteher, nagy valószínűségű szél
Eset 5	Jobboldali vezető csupasz, a baloldali vezetőn nagy valószínűségű jégteher, kis valószínűségű szél
Eset 6	Jobboldali vezető csupasz, a baloldali vezetőn kis valószínűségű jégteher, nagy valószínűségű szél

46. ábra
Vezeték összelengés során vizsgált esetek (Forrás: Összelengés vizsgáló program felhasználói kézikönyv)

218. számú és a leágazás 1. számú oszlopköz:

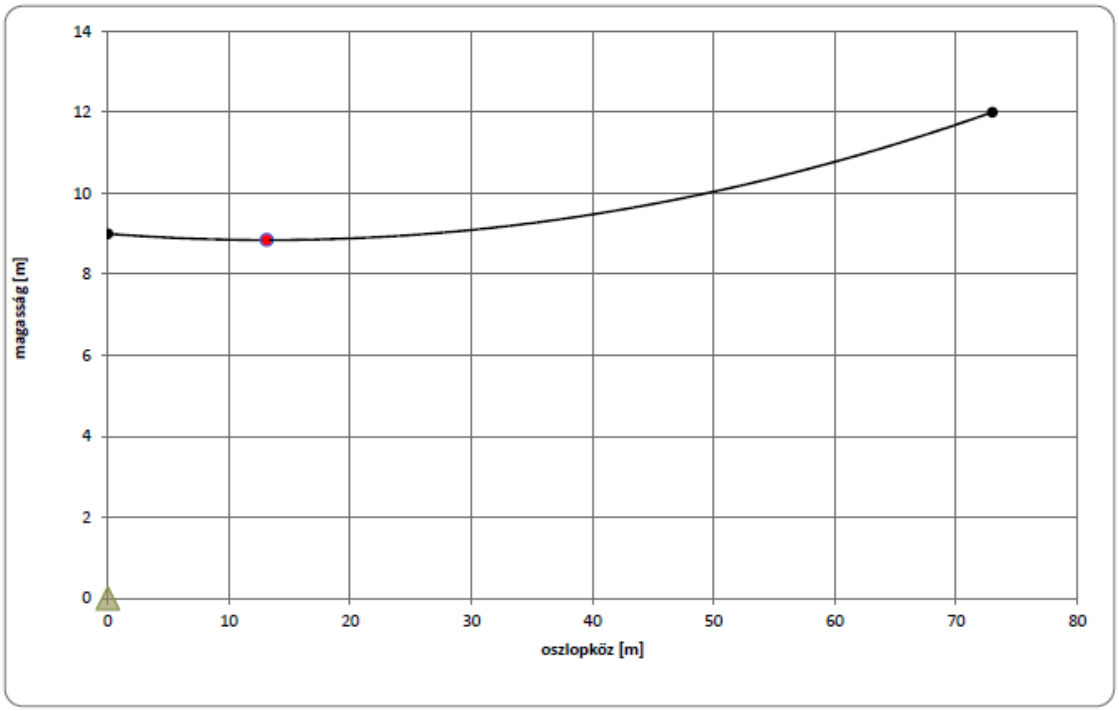
Belógás számítás:

A tervezés méretező paraméterei		
Vezetősodrony típusa		AASC 50
Vezetősodrony tartós szilárdsága [N/mm²]		205
Legnagyobb megengedett húzófeszültség [N/mm²]		110
Oszlopköz [m]		73
Talajszint különbség a 2. oszlopnál [m]		2
A vezeték felfüggesztési magassága [m]	az 1. oszlopon	9
	a 2. oszlopon	10
Szerelési hőmérséklet [°C]		-5 C° + pótteher
A tervezett legnagyobb húzófeszültség [N/mm²]		80

Eredmények	
Határoszlopköz [m]	158
Kritikus oszlopköz [m]	52,49
A szerelési hőmérsékleten a legnagyobb belógás [m]	1,18
A vezeték legkisebb talajszint feletti magasságának helye az 1. oszloptól, a szerelési hőmérsékleten [m]	13,1
A vezeték legkisebb talajszint feletti magassága a szerelési hőmérsékleten [m]	8,85
A vezeték legkisebb talajszint feletti magassága [m]	8,85
Vezeték húzóerő [N]	3882
Csúcsponti húzófeszültség [N/mm²]	78,34
Felfüggesztési húzófeszültség [N/mm²]	78,48
A vezetőben kialakuló legnagyobb igénybevétel	-5 °C-on + pótteher
A méretező paraméterek által meghatározott legnagyobb belógás	-5 °C-on + pótteher

A vezeték magasságának ellenörzése adott helyen

Tereptárgy az 1. oszlophoz képest	magassága [m]	0
	helye [m]	0
A vezeték és a tereptárgy közötti távolság [m]		9



47. ábra
1. oszlopköz belógás méretezés (Forrás: belógás méretező szoftverrel végzett saját számítás)

Az oszlopközt határoló két oszlop között megközelítőleg 2m szintkülönbség van. A 218. számú oszlopon a leágazó kereszttartó szerelési magassága 9 m, míg az 1. számú oszlopon a vezeték felfüggesztési magassága 10 m.

Az általam elvégzett számítás alapján megállapítottam, hogy 73 m nagyságú oszlopköz esetén a vezetőben kialakuló legnagyobb igénybevétel -5 °C hőmérsékleten zúzmara pótteherrel lép fel. A vezeték legnagyobb belógása esetén a földtől mért távolság 8,85 m, tehát megfelel a szigorított előírásnak is (47. ábra).

Összelengés vizsgálat:

Elvégeztem az összelengés vizsgálatot. Megállapítottam, hogy az L1-L2 fázis között a szél által kilendített vezetők között fellépő legkisebb távolság 0,7 m, tehát összelengésre megfelel. (48. ábra)

Szélirány Vezető I felől					
Eset	Sodrony hőmérséklet	Kombinációs tényező jég Vezető I	Vezető II.	Kombinációs tényező szél	Legkisebb távolság
1	40	0	0	0,58	1,15
2	40	0	0	1	1,13
3	-5	0	0,35	0,8	0,97
4	-5	0	1	0,608	0,70
5	-5	0,35	0	0,8	1,50
6	-5	1	0	0,608	2,00

Szélirány Vezető II felől					
Eset	Sodrony hőmérséklet	Kombinációs tényező jég Vezető I	Vezető II.	Kombinációs tényező szél	Legkisebb távolság
1	40	0	0	0,58	1,34
2	40	0	0	1	1,34
3	-5	0	0,35	0,8	1,00
4	-5	0	1	0,608	0,85
5	-5	0,35	0	0,8	1,67
6	-5	1	0	0,608	2,02

Legkisebb távolság	0,70

A kialakítás összelengésre megfelelő!

48. ábra
1. oszlopköz összelengés vizsgálat L1-L2 fázis (Forrás: összelengés méretező szoftverrel végzett saját számítás)

A vizsgálatot elvégeztem az L2-L3 fázis között is. Megállapítottam, hogy a szél által kilendített vezetők között fellépő legkisebb távolság 0,64 m, tehát összelengésre megfelel. (49. ábra)

Szélirány Vezető I felől					
Eset	Sodrony hőmérséklet	Kombinációs tényező jég Vezető I	Vezető II.	Kombinációs tényező szél	Legkisebb távolság
1	40	0	0	0,58	1,34
2	40	0	0	1	1,34
3	-5	0	0,35	0,8	1,67
4	-5	0	1	0,608	2,02
5	-5	0,35	0	0,8	1,00
6	-5	1	0	0,608	0,64

Szélirány Vezető II felől					
Eset	Sodrony hőmérséklet	Kombinációs tényező jég Vezető I	Vezető II.	Kombinációs tényező szél	Legkisebb távolság
1	40	0	0	0,58	1,15
2	40	0	0	1	1,13
3	-5	0	0,35	0,8	1,60
4	-5	0	1	0,608	2,03
5	-5	0,35	0	0,8	0,97
6	-5	1	0	0,608	0,70

Legkisebb távolság	0,64

A kialakítás összelengésre megfelelő!

49. ábra
1. oszlopköz összelengés vizsgálat L2-L3 fázis (Forrás: összelengés méretező szoftverrel végzett saját számítás)

1. számú és a 2. számú oszlopköz:

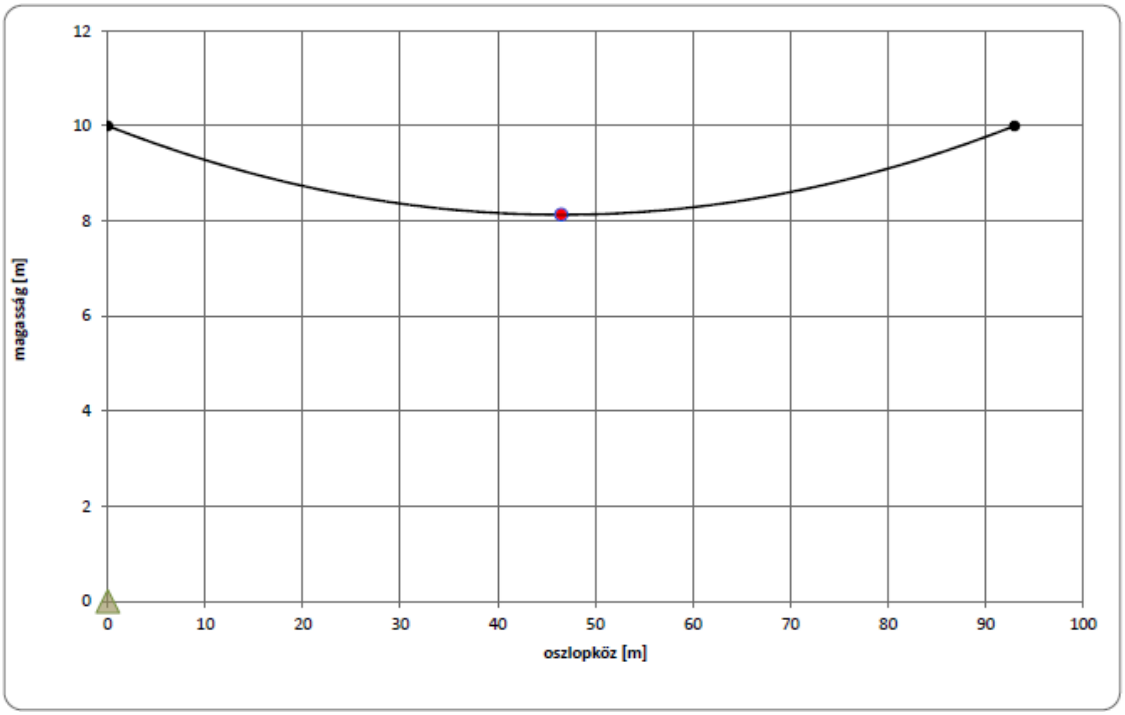
Belógás számítás:

A tervezés méretező paraméterei		
Vezetősodrony típusa		AASC 50
Vezetősodrony tartós szilárdsága [N/mm²]		205
Legnagyobb megengedett húzófeszültség [N/mm²]		110
Oszlopköz [m]		93
Talajszint különbség a 2. oszlopnál [m]		0
A vezeték felfüggesztési magassága [m]	az 1. oszlopon	10
	a 2. oszlopon	10
Szerelési hőmérséklet [°C]		-5 C° + pótteher
A tervezett legnagyobb húzófeszültség [N/mm²]		80

Eredmények	
Határoszlopköz [m]	158
Kritikus oszlopköz [m]	53,61
A szerelési hőmérsékleten a legnagyobb belógás [m]	1,87
A vezeték legkisebb talajszint feletti magasságának helye az 1. oszloptól, a szerelési hőmérsékleten [m]	46,5
A vezeték legkisebb talajszint feletti magassága a szerelési hőmérsékleten [m]	8,13
A vezeték legkisebb talajszint feletti magassága [m]	8,13
Vezeték húzóerő [N]	3960
Csúcsponti húzófeszültség [N/mm²]	80
Felfüggesztési húzófeszültség [N/mm²]	80,05
A vezetőben kialakuló legnagyobb igénybevétel	-5 °C-on + pótteher
A méretező paraméterek által meghatározott legnagyobb belógás	-5 °C-on + pótteher

A vezeték magasságának ellenörzése adott helyen

Tereptárgy az 1. oszlophoz képest	magassága [m]	0
	helye [m]	0
A vezeték és a tereptárgy közötti távolság [m]		10



50. ábra
2. oszlopköz belógás méretezés (Forrás: belógás méretező szoftverrel végzett saját számítás)

Az elvégzett számítás alapján megállapítottam, hogy 93 m nagyságú oszlopköz esetén a vezetőben kialakuló legnagyobb igénybevétel -5 °C hőmérsékleten zúzmara pótteherrel lép fel. A vezeték legnagyobb belógása esetén a földtől mért távolság 8,13 m, tehát megfelel a szigorított előírásnak is (50. ábra).

Összelengés vizsgálat:

Az általam elvégzett számítás alapján megállapítottam, hogy az L1-L2, valamint az L2-L3 fázisok között a szél által kilendített vezetők között fellépő legkisebb távolság megegyezik, 0,37 m, tehát összelengésre megfelel. (51. ábra, 52. ábra)

Szélirány Vezető I felől					
Eset	Sodrony hőmérséklet	Kombinációs tényező jég Vezető I	Vezető II.	Kombinációs tényező szél	Legkisebb távolság
1	40	0	0	0,58	1,00
2	40	0	0	1	0,97
3	-5	0	0,35	0,8	0,63
4	-5	0	1	0,608	0,37
5	-5	0,35	0	0,8	1,62
6	-5	1	0	0,608	2,20

Szélirány Vezető II felől					
Eset	Sodrony hőmérséklet	Kombinációs tényező jég Vezető I	Vezető II.	Kombinációs tényező szél	Legkisebb távolság
1	40	0	0	0,58	1,32
2	40	0	0	1	1,32
3	-5	0	0,35	0,8	0,91
4	-5	0	1	0,608	0,82
5	-5	0,35	0	0,8	1,74
6	-5	1	0	0,608	2,17

Legkisebb távolság	0,37

A kialakítás összelengésre megfelelő!

51. ábra
2. oszlopköz összelengés vizsgálat L1-L2 fázis (Forrás: összelengés méretező szoftverrel végzett saját számítás)

Szélirány Vezető I felől					
Eset	Sodrony hőmérséklet	Kombinációs tényező jég Vezető I	Vezető II.	Kombinációs tényező szél	Legkisebb távolság
1	40	0	0	0,58	1,32
2	40	0	0	1	1,32
3	-5	0	0,35	0,8	1,74
4	-5	0	1	0,608	2,17
5	-5	0,35	0	0,8	0,87
6	-5	1	0	0,608	0,67

Szélirány Vezető II felől					
Eset	Sodrony hőmérséklet	Kombinációs tényező jég Vezető I	Vezető II.	Kombinációs tényező szél	Legkisebb távolság
1	40	0	0	0,58	1,00
2	40	0	0	1	0,97
3	-5	0	0,35	0,8	1,76
4	-5	0	1	0,608	2,20
5	-5	0,35	0	0,8	0,63
6	-5	1	0	0,608	0,37

Legkisebb távolság	0,37

A kialakítás összelengésre megfelelő!

52. ábra
2. oszlopköz összelengés vizsgálat L2-L3 fázis (Forrás: összelengés méretező szoftverrel végzett saját számítás)

2. számú és a 3. számú oszlopköz:

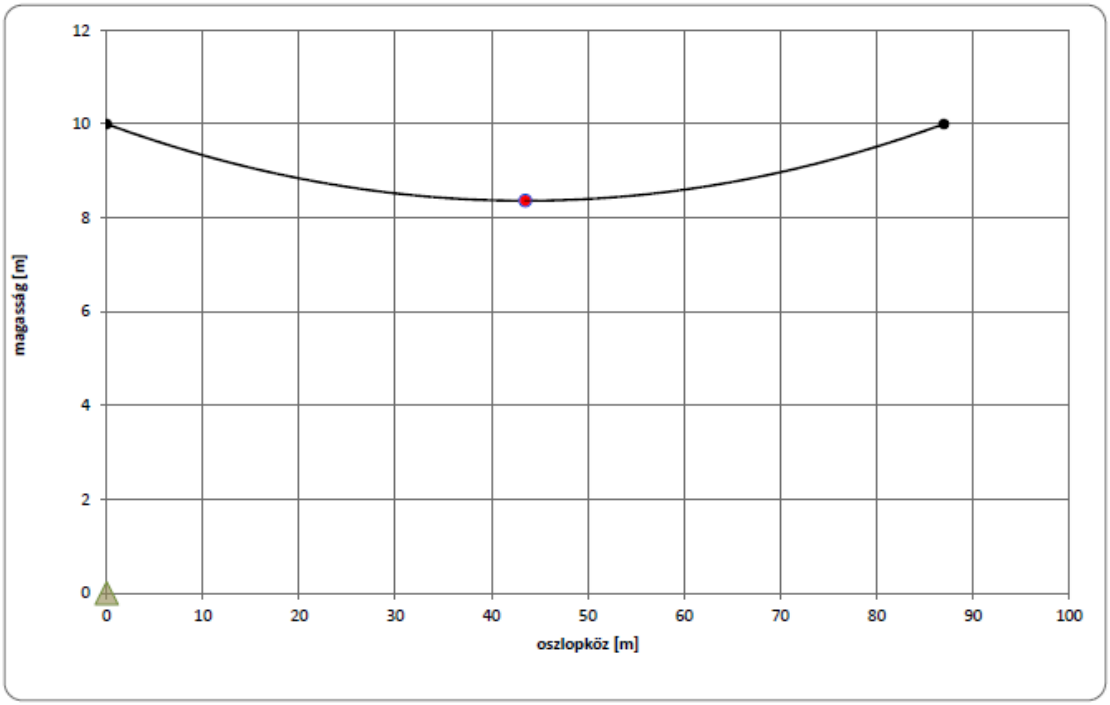
Belógás számítás:

A tervezés méretező paraméterei		
Vezetősodrony típusa		AASC 50
Vezetősodrony tartós szilárdsága [N/mm²]		205
Legnagyobb megengedett húzófeszültség [N/mm²]		110
Oszlopköz [m]		87
Talajszint különbség a 2. oszlopnál [m]		0
A vezeték felfüggesztési magassága [m]	az 1. oszlopon	10
	a 2. oszlopon	10
Szerelési hőmérséklet [°C]		-5 C° + pótteher
A tervezett legnagyobb húzófeszültség [N/mm²]		80

Eredmények	
Határoszlopköz [m]	158
Kritikus oszlopköz [m]	53,61
A szerelési hőmérsékleten a legnagyobb belógás [m]	1,64
A vezeték legkisebb talajszint feletti magasságának helye az 1. oszloptól, a szerelési hőmérsékleten [m]	43,5
A vezeték legkisebb talajszint feletti magassága a szerelési hőmérsékleten [m]	8,37
A vezeték legkisebb talajszint feletti magassága [m]	8,37
Vezeték húzóerő [N]	3960
Csúcsponti húzófeszültség [N/mm²]	80
Felfüggesztési húzófeszültség [N/mm²]	80,04
A vezetőben kialakuló legnagyobb igénybevétel	-5 °C-on + pótteher
A méretező paraméterek által meghatározott legnagyobb belógás	-5 °C-on + pótteher

A vezeték magasságának ellenörzése adott helyen

Tereptárgy az 1. oszlophoz képest	magassága [m]	0
	helye [m]	0
A vezeték és a tereptárgy közötti távolság [m]		10



53. ábra
3. oszlopköz belógás méretezés (Forrás: belógás méretező szoftverrel végzett saját számítás)

Elvégeztem a belógás méretezési számítást, ami alapján megállapítottam, hogy 93 m nagyságú oszlopköz esetén a vezetőben kialakuló legnagyobb igénybevétel -5 °C hőmérsékleten zúzmara pótteherrel lép fel. A vezeték legnagyobb belógása esetén a földtől mért távolság 8,37 m, tehát megfelel a szigorított előírásnak is (53. ábra).

Összelengés vizsgálat:

Az általam elvégzett összelengési számítás eredménye alapján megállapítottam, hogy az L1-L2, valamint az L2-L3 fázisok között a szél által kilendített vezetők között fellépő legkisebb távolság megegyezik, 0,47 m, tehát összelengésre megfelel. (54. ábra, 55. ábra)

Szélirány Vezető I felől					
Eset	Sodrony hőmérséklet	Kombinációs tényező jég Vezető I	Vezető II.	Kombinációs tényező szél	Legkisebb távolság
1	40	0	0	0,58	1,05
2	40	0	0	1	1,02
3	-5	0	0,35	0,8	0,75
4	-5	0	1	0,608	0,47
5	-5	0,35	0	0,8	1,58
6	-5	1	0	0,608	2,17

Szélirány Vezető II felől					
Eset	Sodrony hőmérséklet	Kombinációs tényező jég Vezető I	Vezető II.	Kombinációs tényező szél	Legkisebb távolság
1	40	0	0	0,58	1,32
2	40	0	0	1	1,32
3	-5	0	0,35	0,8	0,92
4	-5	0	1	0,608	0,83
5	-5	0,35	0	0,8	1,73
6	-5	1	0	0,608	2,15

Legkisebb távolság	0,47

A kialakítás összelengésre megfelelő!

54. ábra
3. oszlopköz összelengés vizsgálat L1-L2 fázis (Forrás: összelengés méretező szoftverrel végzett saját számítás)

Szélirány Vezető I felől					
Eset	Sodrony hőmérséklet	Kombinációs tényező jég Vezető I	Vezető II.	Kombinációs tényező szél	Legkisebb távolság
1	40	0	0	0,58	1,32
2	40	0	0	1	1,32
3	-5	0	0,35	0,8	1,73
4	-5	0	1	0,608	2,15
5	-5	0,35	0	0,8	0,89
6	-5	1	0	0,608	0,61

Szélirány Vezető II felől					
Eset	Sodrony hőmérséklet	Kombinációs tényező jég Vezető I	Vezető II.	Kombinációs tényező szél	Legkisebb távolság
1	40	0	0	0,58	1,05
2	40	0	0	1	1,02
3	-5	0	0,35	0,8	1,71
4	-5	0	1	0,608	2,17
5	-5	0,35	0	0,8	0,75
6	-5	1	0	0,608	0,47

Legkisebb távolság	0,47

A kialakítás összelengésre megfelelő!

55. ábra
3. oszlopköz összelengés vizsgálat L2-L3 fázis (Forrás: összelengés méretező szoftverrel végzett saját számítás)

3. számú és a 4. számú oszlopköz:

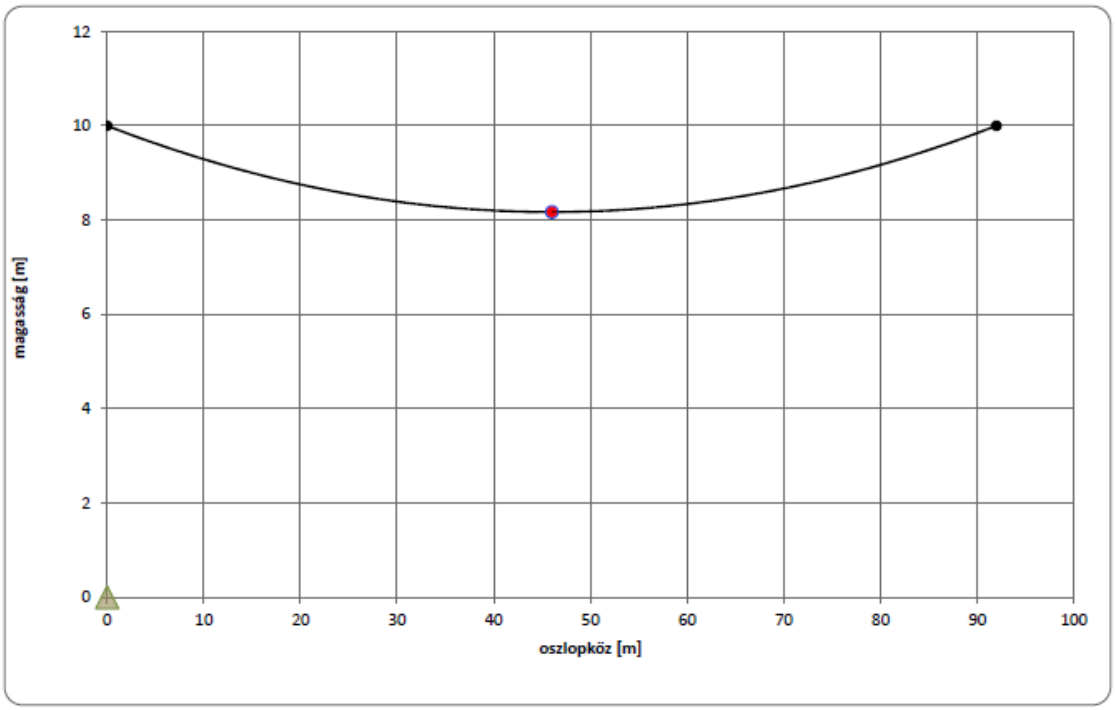
Belógás számítás:

A tervezés méretező paraméterei		
Vezetősodrony típusa		AASC 50
Vezetősodrony tartós szilárdsága [N/mm²]		205
Legnagyobb megengedett húzófeszültség [N/mm²]		110
Oszlopköz [m]		92
Talajszint különbség a 2. oszlopnál [m]		0
A vezeték felfüggesztési magassága [m]	az 1. oszlopon	10
	a 2. oszlopon	10
Szerelési hőmérséklet [°C]		-5 C° + pótteher
A tervezett legnagyobb húzófeszültség [N/mm²]		80

Eredmények	
Határoszlopköz [m]	158
Kritikus oszlopköz [m]	53,61
A szerelési hőmérsékleten a legnagyobb belógás [m]	1,83
A vezeték legkisebb talajszint feletti magasságának helye az 1. oszloptól, a szerelési hőmérsékleten [m]	46
A vezeték legkisebb talajszint feletti magassága a szerelési hőmérsékleten [m]	8,17
A vezeték legkisebb talajszint feletti magassága [m]	8,17
Vezeték húzóerő [N]	3960
Csúcsponti húzófeszültség [N/mm²]	80
Felfüggesztési húzófeszültség [N/mm²]	80,05
A vezetőben kialakuló legnagyobb igénybevétel	-5 °C-on + pótteher
A méretező paraméterek által meghatározott legnagyobb belógás	-5 °C-on + pótteher

A vezeték magasságának ellenörzése adott helyen

Tereptárgy az 1. oszlophoz képest	magassága [m]	0
	helye [m]	0
A vezeték és a tereptárgy közötti távolság [m]		10



56. ábra
4. oszlopköz belógás méretezés (Forrás: belógás méretező szoftverrel végzett saját számítás)

Az általam elvégzett számítás alapján megállapítottam, hogy 93 m nagyságú oszlopköz esetén a vezetőben kialakuló legnagyobb igénybevétel -5 °C hőmérsékleten zúzmara

pótteherrel lép fel. A vezeték legnagyobb belógása esetén a földtől mért távolság 8,17 m, tehát megfelel a szigorított előírásnak is (56. ábra).

Összelengés vizsgálat:

Elvégeztem az összelengés vizsgálatot, mely eredményeképp megállapítottam, hogy az L1-L2, valamint az L2-L3 fázisok között a szél által kilendített vezetők között fellépő legkisebb távolság megegyezik, 0,39 m, tehát összelengésre megfelel. (57. ábra, 58. ábra)

Szélirány Vezető I felől					
Eset	Sodrony hőmérséklet	Kombinációs tényező jég Vezető I	Kombinációs tényező jég Vezető II.	Kombinációs tényező szél	Legkisebb távolság
1	40	0	0	0,58	1,01
2	40	0	0	1	0,98
3	-5	0	0,35	0,8	0,65
4	-5	0	1	0,608	0,39
5	-5	0,35	0	0,8	1,62
6	-5	1	0	0,608	2,20

Szélirány Vezető II felől					
Eset	Sodrony hőmérséklet	Kombinációs tényező jég Vezető I	Kombinációs tényező jég Vezető II.	Kombinációs tényező szél	Legkisebb távolság
1	40	0	0	0,58	1,32
2	40	0	0	1	1,32
3	-5	0	0,35	0,8	0,91
4	-5	0	1	0,608	0,82
5	-5	0,35	0	0,8	1,74
6	-5	1	0	0,608	2,17

Legkisebb távolság	0,39

A kialakítás összelengésre megfelelő!

57. ábra
4. oszlopköz összelengés vizsgálat L1-L2 fázis (Forrás: összelengés méretező szoftverrel végzett saját számítás)

Szélirány Vezető I felől					
Eset	Sodrony hőmérséklet	Kombinációs tényező jég Vezető I	Vezető II.	Kombinációs tényező szél	Legkisebb távolság
1	40	0	0	0,58	1,32
2	40	0	0	1	1,32
3	-5	0	0,35	0,8	1,74
4	-5	0	1	0,608	2,17
5	-5	0,35	0	0,8	0,87
6	-5	1	0	0,608	0,65

Szélirány Vezető II felől					
Eset	Sodrony hőmérséklet	Kombinációs tényező jég Vezető I	Vezető II.	Kombinációs tényező szél	Legkisebb távolság
1	40	0	0	0,58	1,01
2	40	0	0	1	0,98
3	-5	0	0,35	0,8	1,75
4	-5	0	1	0,608	2,20
5	-5	0,35	0	0,8	0,65
6	-5	1	0	0,608	0,39

Legkisebb távolság	0,39

A kialakítás összelengésre megfelelő!

58. ábra
4. oszlopköz összelengés vizsgálat L2-L3 fázis (Forrás: összelengés méretező szoftverrel végzett saját számítás)

4.2. 20kV-os földkábeles hálózat

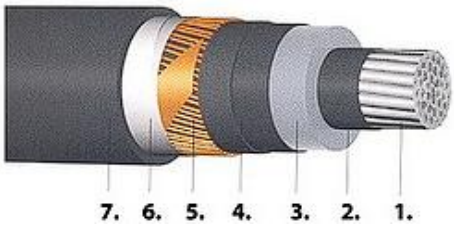
A 4. számú végfeszítő oszlop és a létesítendő földre telepített transzformátor állomás közötti szakaszon középfeszültségű földkábeles hálózat építése szükséges, mintegy 385 m nyomvonalhosszban.

Az építendő földkábeles hálózatszakasz kialakítására kiválasztott földkábel terhelhetősége nem lehet kisebb a légvezeték maximális terhelhetőségénél. A légvezetékes hálózat számára általam kiválasztott vezető 50 mm^2 keresztmetszetű AASC típusú szabadvezeték, amelynek maximális terhelhetősége 210 A. Ekkora maximális terhelőáram esetén elegendő lenne a NA2XS(F)2Y 1X70RM/16 típusú 70 mm^2 keresztmetszetű földkábel alkalmazása, azonban az Áramszolgáltató rendszerében kizárólag 50, 95, 150 és 240 mm^2 keresztmetszetű egyerű középfeszültségű földkábelek érhetőek el.

A fenti okok miatt a transzformátor állomás ellátására NA2XS(F)2Y 1X95RM/16

típusú 95 mm^2 keresztmetszetű, térhálósított polietilén érszigetelésű földkábelt választottam (59. ábra).

A földkábel szerkezeti kialakítása:



Felépítés
1. Durván sodrott alumíniumvezető
2. Belső extrudált réteg
3. Térhálós XLPE érszigetelés
4. Külső extrudált réteg
5. Rézszövet árnyékolás
6. Vízzáró gumiréteg
7. Fekete PE külső köpeny, méterenkénti számozással

59. ábra
NA2XS(F)2Y típusú földkábel szerkezeti ábrája (Forrás: https://kabelgyar.hu/katalogus/088_na2xsF2y.htm - letöltés ideje: 2023.12.06. 23:28)

A földkábelre vonatkozó technikai adatok:

- Névleges feszültség: 12/20 kV
- Külső átmérő: min.: 31mm, max.: 36 mm
- Terhelhetőség: földben: 252 A, levegőben: 278 A
- Tömeg: 1050 kg/km
- Maximum hajlítási sugár: 15 x külső átmérő [12]

A 4. számú oszlopon kialakított oszlopkapcsoló alatt elhelyezett túlfeszültségkorlátozó berendezéstől a transzformátor állomásban kialakított középfeszültségű kapcsoló berendezésig a földkábel nyomvonalát a környezeti adottságok, terepviszonyok, valamint a földben elhelyezett meglévő közművek alapján határoztam meg.
A 4. számú oszlopon a kábelre szabadtéri melegzsugor végelzáró szerelvényt kell felszerelni. A végelzáró feladata, hogy a kábel végéhez erősítve lezárja azt, valamint a vezetőérnek külső berendezéshez történő csatlakoztatását biztosítja.
Az általam kiválasztott típus a Raychem POLT 24D/1XO (60. ábra) típusú melegzsugor szabadtéri végelzáró szerelvény.

60. ábra
Raychem POLT 24D/1XO típusú melegzsugor szabadtéri végelzáró szerelvény (Forrás: https://www.elfetex.cz/10-652-788-raychem-koncovka-polt-24d1xo-70-240-kss - letöltés ideje: 2023.12.12. 9:58)

A kábel általam tervezett nyomvonala a 4. számú oszlopról indul. A Pápay Zoltán utcában az út nyugati telekhatárával párhuzamosan halad egészen a Vajda János utcáig, ahol a Baglyasi út felé vezető utat keresztezve nyugatra fordul. A Károlyi utca keresztezését követően a Vajda János utcában az út keresztezése után az út páratlan oldalán a telekhatárral párhuzamosan halad, majd végül a Dózsa György utcát keresztezve érkezik meg a transzformátor állomás középfeszültségű elosztójába. A nyomvonal kialakítása során figyelembe vettem a földben elhelyezett közművek helyzetét és az azok kapcsán előírt védőtávolságok megtartását.

4.3. Transzformátor állomás

Mivel a transzformátor állomás tervezett helyszínét több oldalról is kerítés határolja, speciális kialakítású, egyoldalról kezelhető állmás építése mellett döntöttem. A létesítendő transzformátor állomásként a Kaposvári Villamossági Gyár által forgalmazott KTW-630R típusú külső kezelőterű, földre telepített, betonházas (BHTR) állomást választottam (61. ábra). Az állomás maximum 630 kVA teljesítményű transzformátor beépítésére alkalmas. A kisfeszültségű elosztóban 8db 400 A terhelhetőségű erőátviteli

leágazás található, melyekbe maximálisan 240 mm^2 keresztmetszetű földkábel csatlakoztatására van lehetőség. Az állomásban 12 db maximum 32 A terhelhetőségű közvilágítási áramkör kialakítására alkalmas leágazás található.
A biztonságos kezelhetőség érdekében az állomás elhelyezését út felé nyíló ajtókkal terveztem.

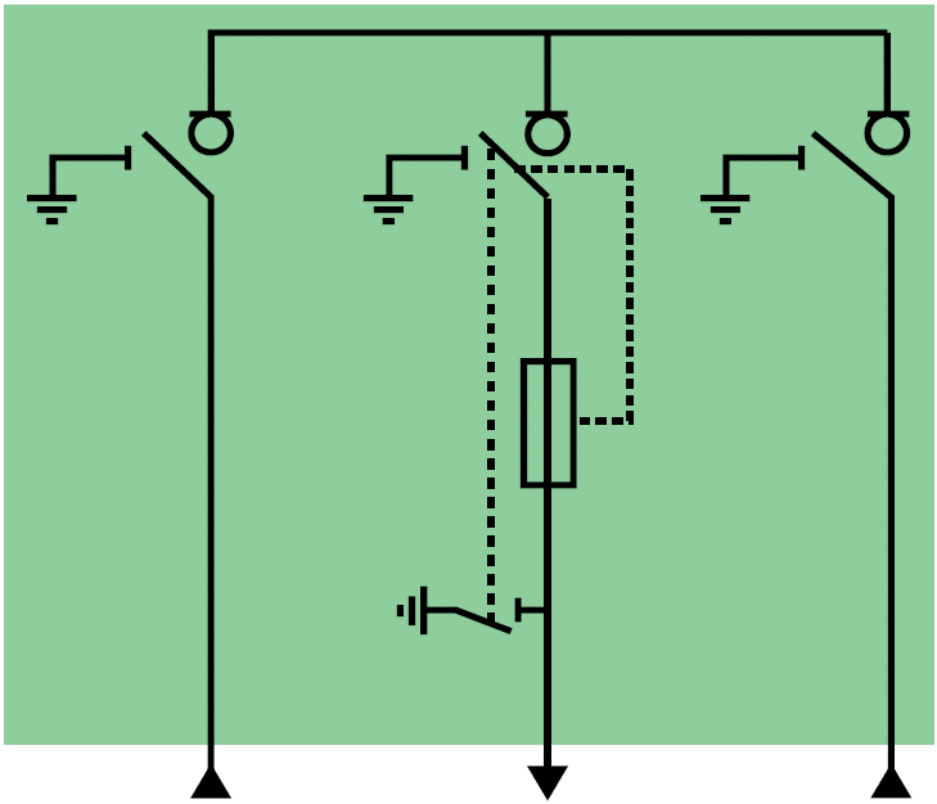
61. ábra
KVGY KTW-630R típusú BHTR állomás (Forrás: KVGY KTW-630R állomás gépkönyv)

A településrendezési terv alapján új utcák nyitása várható, így feltételezhetően újabb energiaigények jelenhetnek meg. A várhatóan jelentkező fogyasztói igényeket figyelembevéve az állomásban két vonali mező kialakítása mellett döntöttem, így ezen leágazási pontból új középfeszültségű hálózatszakasz építésére nyílik lehetőség a jövőben létesítendő táppontok megtáplálására.
A fent ismertetett ok miatt az állomásba SF_6 gáz szigetelésű KKT cellakiosztású tokozott középfeszültségű kapcsoló berendezés beépítése mellett döntöttem.

K: Vonali terhelésszakaszoló és földelő szakaszoló,

T: HH biztosító aljzat terhelés és földelő szakaszolóval

KKT tokozott berendezés esetén a körhálózati elosztóberendezés (RMU) két darab vonali, földelő szakaszolóval ellátott terhelésszakaszolóból és egy a transzformátor csatlakoztatását biztosító primer biztosító aljzattal ellátott terhelés szakaszolóból áll. A transzformátor leágazás természetesen szintén rendelkezik földelő berendezéssel. Ebben az esetben a transzformátor túlterhelés és zárlatvédelmét primer olvadóbiztosítók látják el. A választásom a Schneider-Electric cég által forgalmazott RM6 készülékcsalád NB-IQI típusú készülékére esett (62. ábra).



62. ábra
RM6 NB-IQI RMU (Forrás: Schneider Electric – RM6 körhálózati elosztó berendezés katalógus)

A beépítendő transzformátor teljesítménye: 400 kVA

A regiszteres mérés eredményei alapján megállapítottam, hogy az érintett transzformátor állomáson jelenleg üzemelő 400 kVA teljesítményű transzformátor terhelése a legnagyobb igénybevétel időszakában éppen eléri a névleges teljesítmény 50 %-át, így 400

kVA teljesítményű transzformátor továbbra is elegendő az ellátási körzet energiaigényének biztosítására. A jelenleg üzemelő Csepel gyártmányú transzformátoron a korrózió jelei láthatóak, így azt nem kívánom az új állomásba áthelyezni, új transzformátor beépítése mellett dönöttem.

Az új földre telepített KTW állomásba az Áramszolgáltató raktárán elérhető berendezések közül egy Siemens gyártmányú 4HB5667 típusjelzésű ONAN transzformátort választottam.

A transzformátor főbb villamos paraméterei:

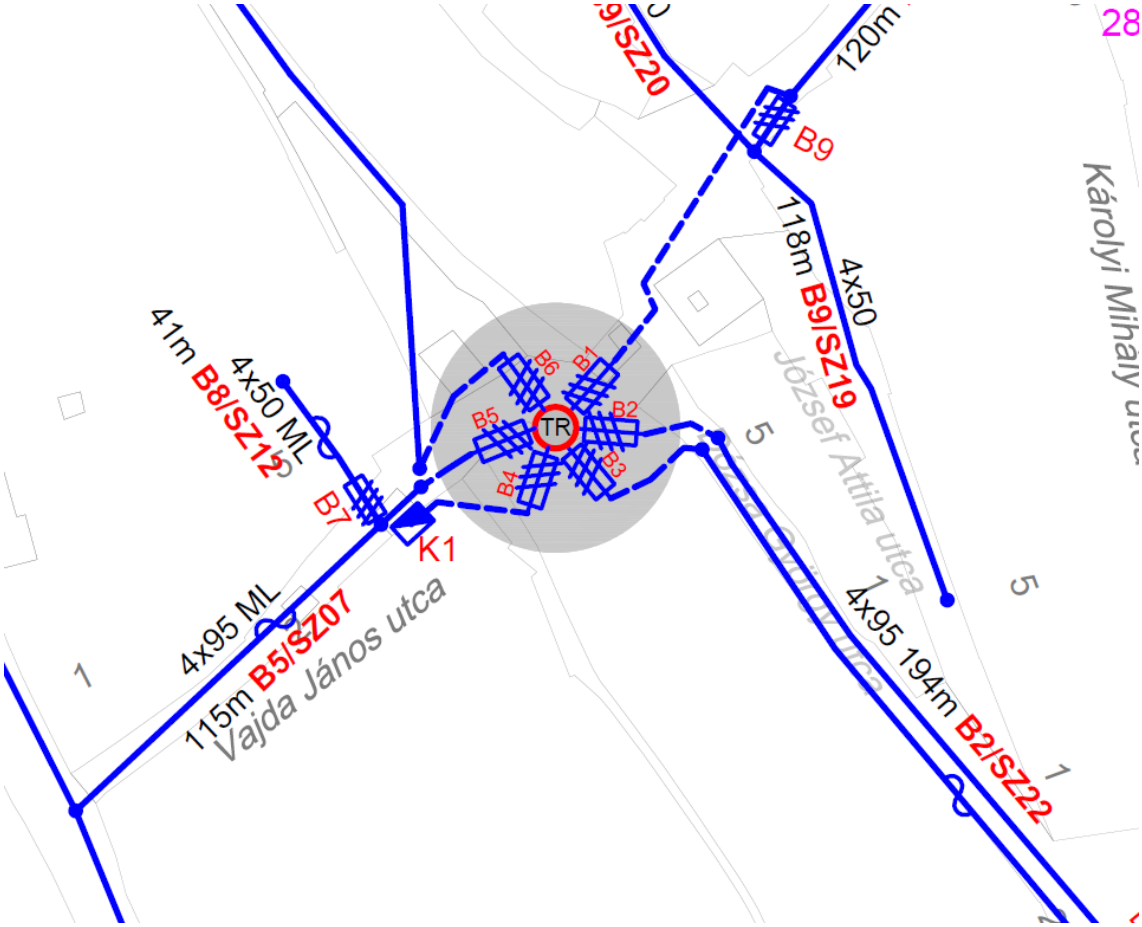
- Névleges primer feszültség: 22 kV
- Névleges szekunder feszültség: 0,4 kV
- Névleges teljesítmény: 400 kVA
- Rövidzárási feszültség: 4 %
- Kapcsolási csoport: Dyn5 [13]

Az Áramszolgáltató ide vonatkozó Műszaki Utasítása előírja a primer áramkorlátozó olvadóbiztosító betétek névleges áramerősség értékét a transzformátor névleges teljesítményének függvényében. Az előírásnak megfelelően 400 kVA teljesítményű transzformátor esetén 40 A értékű NNGK típusú olvadóbiztosítót választottam.

4.4. Kisfeszültségű hálózat méretezése

Az érintett ellátási körzet villamosenergia-ellátását a jelenleg üzemelő Vízmű Gépház elnevezésű transzformátor állomásból kiinduló 3 különálló áramkör biztosítja. A korábban általam elvégzett számításokat és a jelentkező teljesítmény igényt figyelembe véve alakítottam ki az új állomásból induló kisfeszültségű áramköröket.

Az újonnan épülő transzformátor állomás kisfeszültségű elosztójából hat közcélú áramkör indítását tervezem az alábbiak szerint (63. ábra).



63. ábra
Az új BHTR-ből induló áramkörök (Forrás: általam tervezett biztosítási vázrajz részlet)

Az állomásból induló áramkörök:

B1 jelű áramkör: Vajda János, József Attila utca irányába

B2 jelű áramkör: Dózsa György utca, Polyán utca irányába

B3 jelű áramkör: Radnóti Miklós utca irányába

B4 jelű áramkör: A Vajda János utcában lévő K1 jelű elosztó irányába

B5 jelű áramkör: Vajda János utca, Bercsényi utca irányába

B6 jelű áramkör: Dózsa György utca (Észak) irányába

4.4.1. B1. áramkör

A jelenleg üzemelő OTR állomás bontása miatt az onnan a Vajda János, József Attila utcák irányába induló áramkör vezetékét a József Attila utcában található 68. számú

oszlopig két oszlopközben el kell bontani. Az új BHTR állomásból az állomást megtápláló középfeszültségű földkábel nyomvonalán haladva egy új kisfeszültségű földkábeles hálózatszakasz építése mellett döntöttem a 68. számú oszlopig mintegy 100 m nyomvonalhosszban. A közvilágítási hálózat ellátását biztosító áramkört az erőátviteli kábellel együtt, azzal azonos nyomvonalon kiépített földkábeles hálózatszakasszal terveztem. A közcélú hálózat megtáplálására NAYY-J 4X240SM típusú 4x240 mm^2 keresztmetszetű PVC érszigetelésű földkábelt választottam. A közvilágítási hálózat ellátására a választásom a NYY-J 4X25RM típusú 4x25 mm^2 keresztmetszetű földkábelre esett.
A 68. sz. oszlop típusa BB10-1350. A Vajda János utca irányába V4+2 végfeszítő fejszerkezettel. Itt került kialakításra a 4x95+25 mm^2 típusú ASC légvezetékes hálózat végfeszítése. Az oszlopon tartó fejszerkezet is található, melyen a József Attila utcai áramkör 4x50+25 mm^2 keresztmetszetű ASC csupasz légvezetékes hálózat halad. Az oszlop állékonyságát ellenőriztem, mivel az oszlopról el kell távolítani a bontandó transzformátor állomás felől érkező vezetéket. Az oszlop terhelés vizsgálatát az Áramszolgáltató Műszaki Utasításában előírt, az Erőterv Zrt. által készített méretező szoftverrel végeztem.
Az ASC légvezeték esetében az alkalmazott húzófeszültség: σ=30 N/mm^2.
Fogyasztói csatlakozó légvezeték esetén az alkalmazott húzófeszültség: σ=10 N/mm^2
Az oszlop méretezési eredményeit a 64. ábrán láthatjuk.

68. sz. oszlop
terhelés számítása

Oszlop adatai

Oszlop típusa: BB-10-1350 (2) N
Csúcshúzás x irányban: 13500 N
Csúcshúzás y irányban: 4000 N
Oszlop magassága: 8,3 m

Kisfeszültségû vezeték(ek)

Gerinc vezeték(ek)

Felf. mag.	*Törésszög*	*Húzóerõ*	*Húzóerõ x*	*Húzóerõ y*
7,5 m	0	11400 N	10 301 N	0 N
7 m	90	6000 N	0 N	5 060 N
7 m	249	6000 N	-1 814 N	-4 724 N

Fogyasztói lecsatalakozó vezeték(ek)

Felf. mag.	*Törésszög*	*Húzóerõ*	*Húzóerõ x*	*Húzóerõ y*
7,5 m	272	1000 N	31 N	-903 N

Kábeltévé vezeték(ek)

Gerinc vezeték(ek)

Felf. mag.	*Törésszög*	*Húzóerõ*	*Húzóerõ x*	*Húzóerõ y*
6 m	0	1806 N	1 306 N	0 N
6 m	90	1806 N	0 N	1 306 N
6 m	249	1806 N	-468 N	-1 219 N

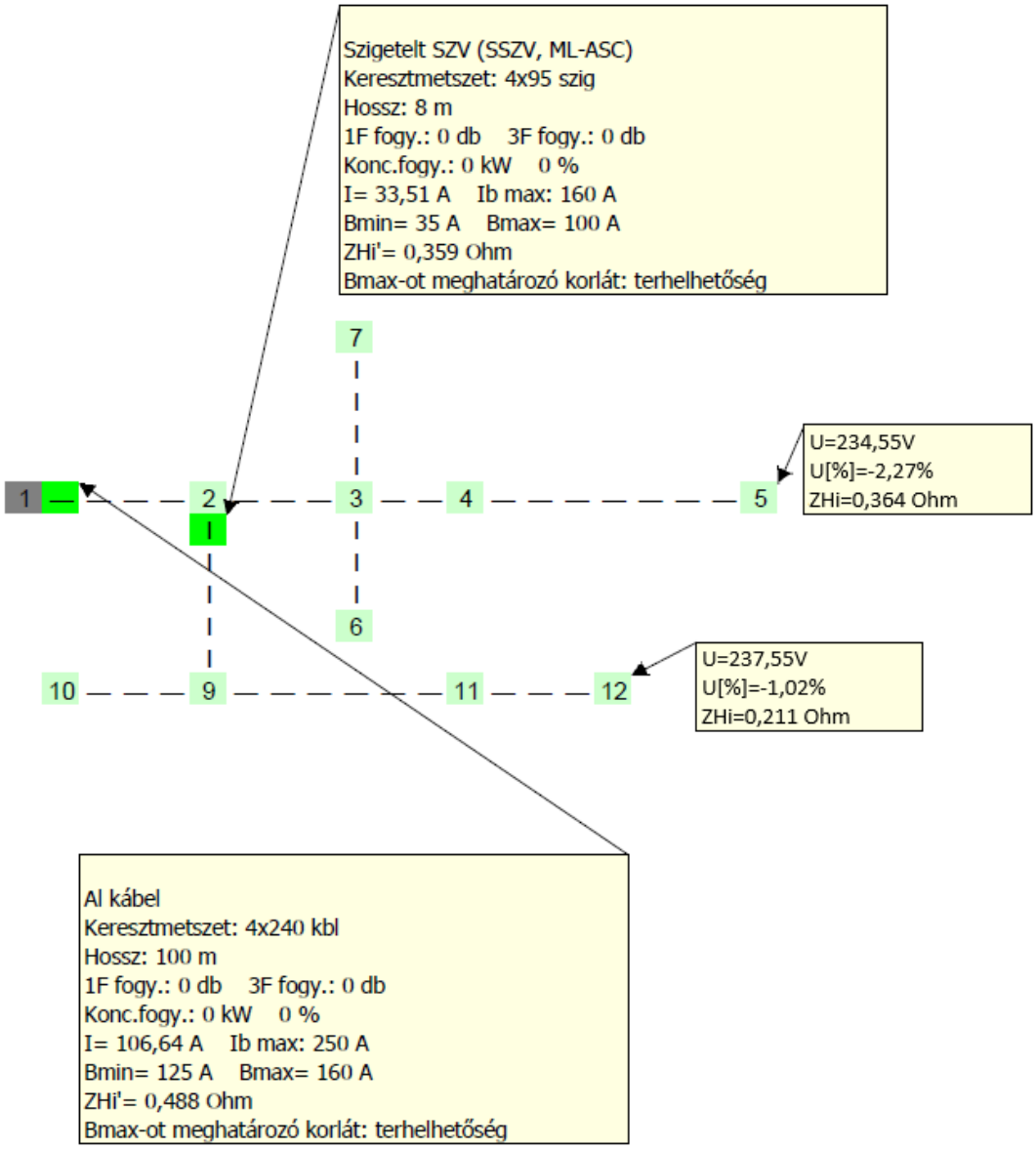
Kisfesz. vez.-bõl adódó igénybevétel X és Y irányban:	8 519 N	-567 N
KábelTV vez.-bõl adódó igénybevétel X és Y irányban:	838 N	87 N
Eredõ igénybevétel X és Y irányban:	9 356 N	-480 N

Az oszlop kihasználtsága: 81 % (Az oszlop megfelelo !)

64. ábra
68. számú oszlop kihasználtság vizsgálata (Forrás: oszlop terhelés számító programmal végzett saját számítás)

Az általam elvégzett méretezés alapján megállapítottam, hogy az oszlop kihasználtsága 81 %. Az oszlop nem sérült, állaga megfelelő, így sem terhelés, sem állag miatt nem szükséges cserélni. Az oszlopon található meglévő szakaszbiztosítási pontra ezen túl is szükség lesz.

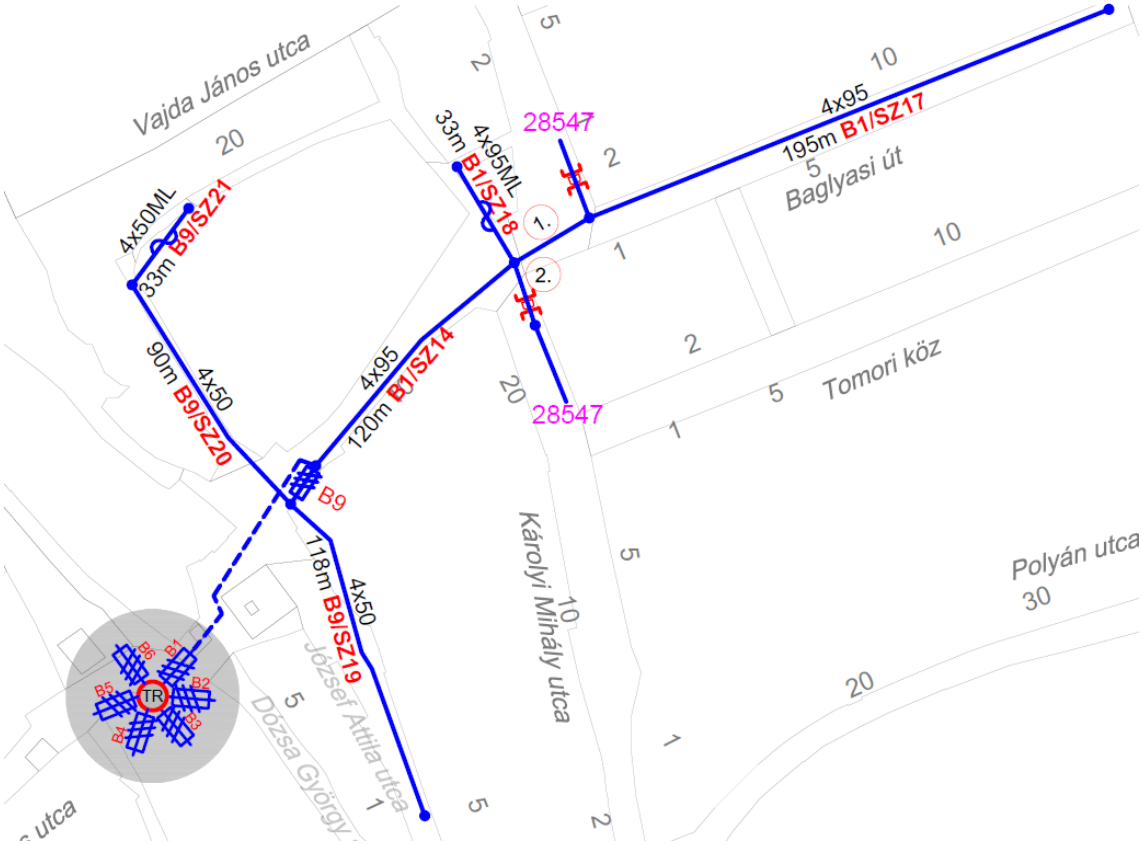
Az újonnan kialakított áramkör modelljét elkészítettem az I-TRS alkalmazásban (65. ábra)



65. ábra
B1 jelű áramkör modellje (Forrás: I-TRS programmal végzett saját számítás)

Az áramköri modellen általam végzett számítások során a 68. számú oszlopon (modellen 2. számú csomópont) szakaszbiztosítási pontot alakítottam ki, így a József Attila utcát ellátó 50 mm^2 keresztmetszetű légvezeték maximális terhelhetősége nem korlátozza a transzformátor állomásból induló áramkör maximális terhelhetőségét. A biztosítások kialakítására NH típusú teljes tartományú megszakító képességű (g), különlegesen gyors kiolvadású (R) késes olvadó biztosítót alkalmazok.

A számítás alapján megállapítottam, hogy a B1 biztosító maximálisan behelyezhető értéke 160 A gR, a 68. számú oszlopon kialakított B9 jelű biztosító maximális értéke 100 A gR. A hálózati végponton a feszültségesés mérték 5 % alatti, így feszültségesésre is megfelel az általam kialakított hálózat. A számításoknak megfelelően kialakított áramkör látható a 66. ábrán.



66. ábra
B1 jelű áramkör biztosítási vázrajza (Forrás: általam készített biztosítási vázrajz)

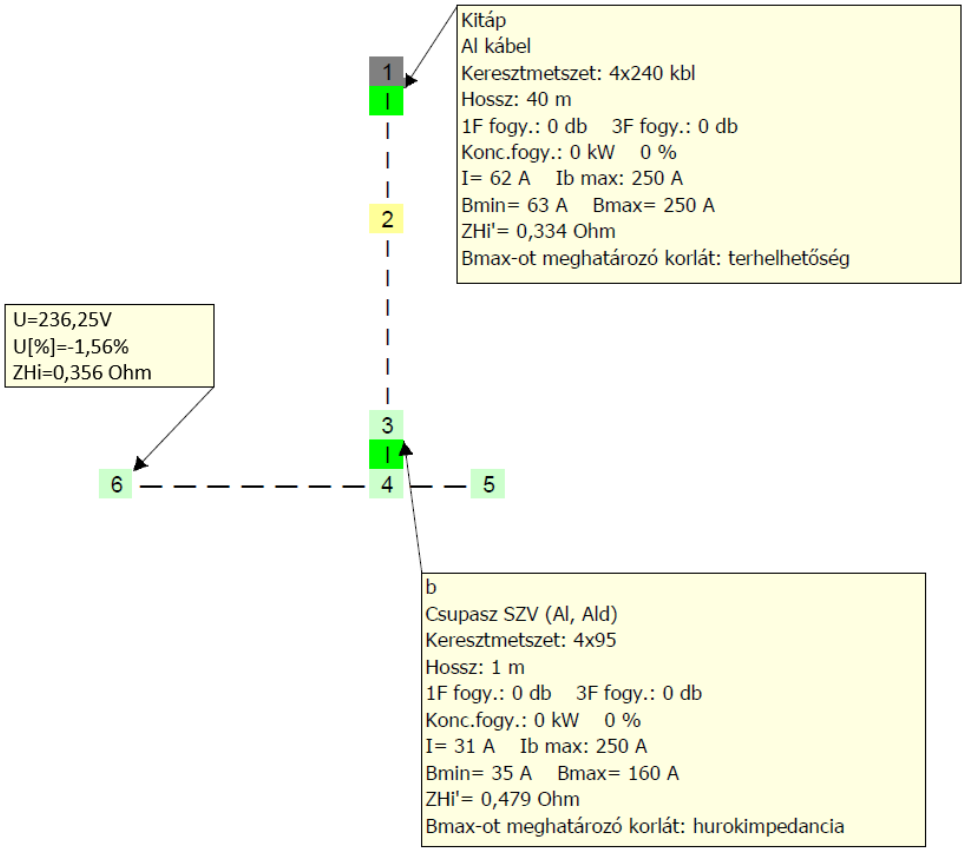
4.4.2. B2 áramkör

A Dózsa György és Polyán utcákat ellátó áramkör első szakaszát az OTR állomás bontásakor szintén le kell szerelni. Az új BHTR állomás kisfeszültségű elosztójából új földkábeles áramkör kiépítése mellett döntöttem a Dózsa György utcában található 2. számú oszlopig. Az építendő szakasz hossza 40 m. A meglévő hálózat 4x95+25 mm^2 keresztmetszetű csupasz ASC típusú légvezeték. Ezen légvezeték maximális terhelhetősége az Áramszolgáltató előírásai szerint 250 A. Azért, hogy a későbbiekben a terhelhetőségét

ne korlátozzam, az állomásból induló hálózatszakasz NAYY-J 4X240SM típusú 4x240 mm^2 keresztmetszetű PVC érszigetelésű földkábelt választottam, melynek a maximálisan megengedett terhelése szintén 250 A.

Mivel a közvilágítási hálózatot megtápláló vezetékszakasz az OTR állomás bontásakor megszűnik, szükségszerű, hogy ezen ellátási terület irányába is kiépítsünk egy új betáplálást. A közvilágítási hálózat ellátására újfent NYY-J 4X25RM típusú 4x25 mm^2 keresztmetszetű PVC érszigetelésű földkábelt választottam.

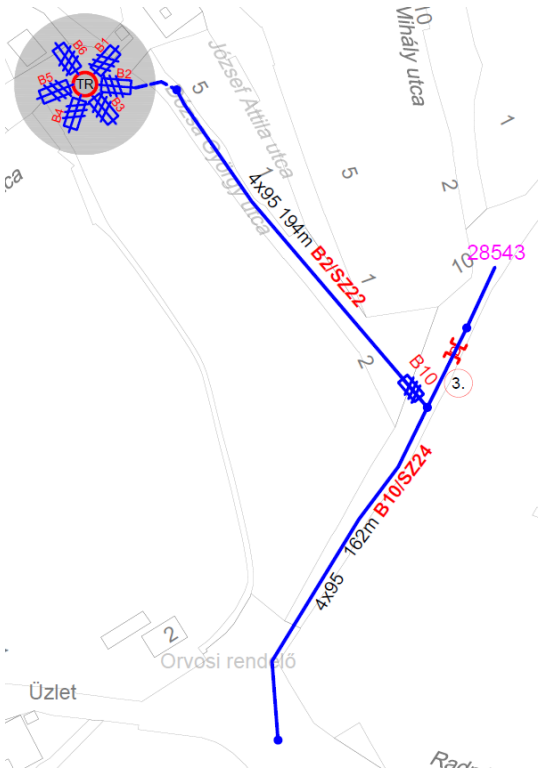
Az áramkör I-TRS alkalmazásban elkészített modellje a 67. ábrán látható.



67. ábra
B2 jelű áramkör modellje (Forrás: I-TRS programmal végzett saját számítás)

A modellen általam végzett számítások alapján az 1. számú pontban található B2 jelű biztosító maximálisan behelyezhető értékét a hálózatszakasz terhelhetősége határozza

meg. A maximálisan behelyezhető biztosító értéke 250 A. A számítás alapján a 3. számú ponton kialakított B10 jelű biztosító maximális értékét a hálózat hurokimpedanciája korlátozza, az általam meghatározott biztosító érték 160 A. Természetesen az alkalmazott NH típusú késes biztosítók gR típusúak. A számításoknak megfelelően kialakított áramkör általam készített biztosítási vázrajza látható a 68. ábrán.

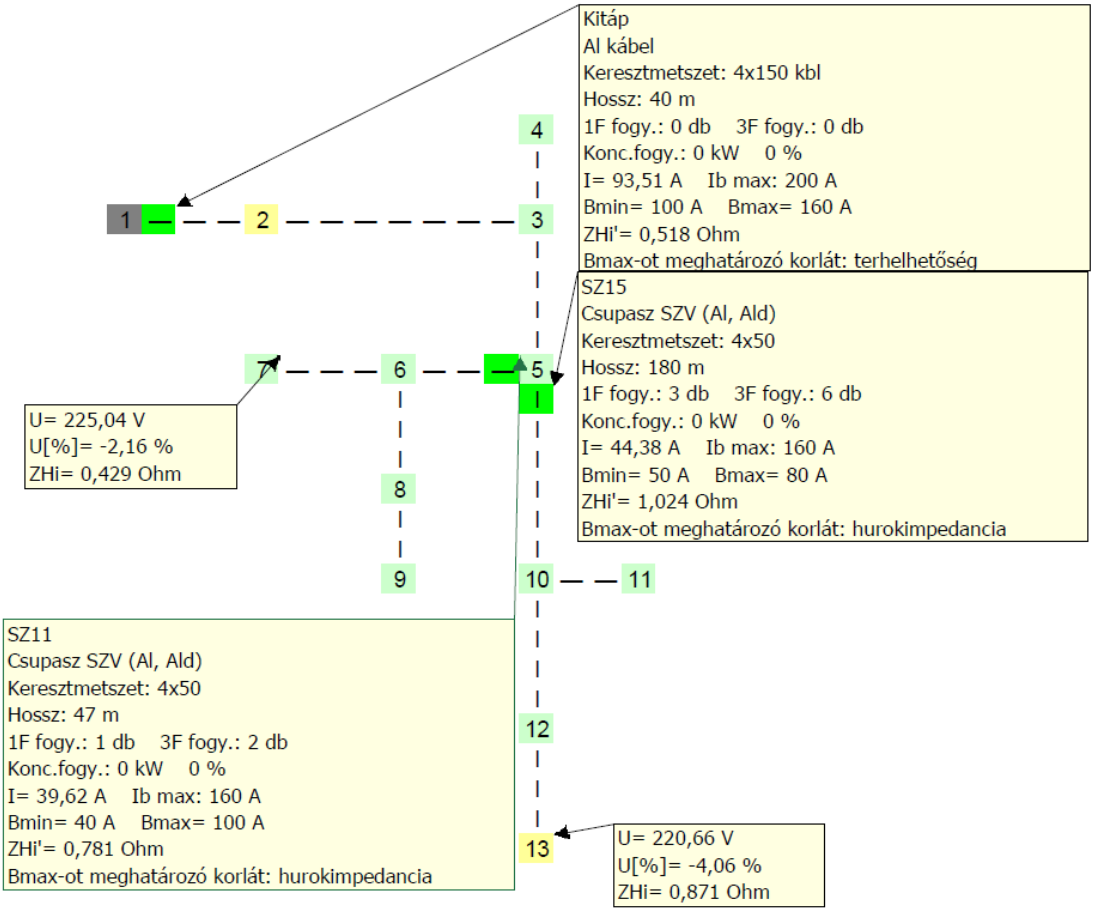


68. ábra
B2 jelű áramkör biztosítási vázrajza (Forrás: általam készített biztosítási vázrajz)

4.4.3. B3 áramkör

A fenti áramkör SSZV 3x95+50 MLC + 95 mm^2 Ald típusú légvezetékes hálózat a Dózsa és Polyán utcákon keresztül terheletlenül haladva a Radnóti utcában lévő 13. számú oszlopon kapcsolódik az ott lévő közcélú hálózathoz. Ezen áramkör ellátására a B2 áramkörrel azonos nyomvonalon haladó földkábeles szakaszt terveztem. A transzformátor állomásból 40 m nyomvonalhosszban haladó NAYY-J 4X150SM típusú 4x150 mm^2 keresztmetszetű földkábel szakasz kiépítése szükséges a Dózsa György utcában lévő 2. számú oszlopig. Itt kapcsolódik az új földkábeles hálózatszakasz a már meglévő

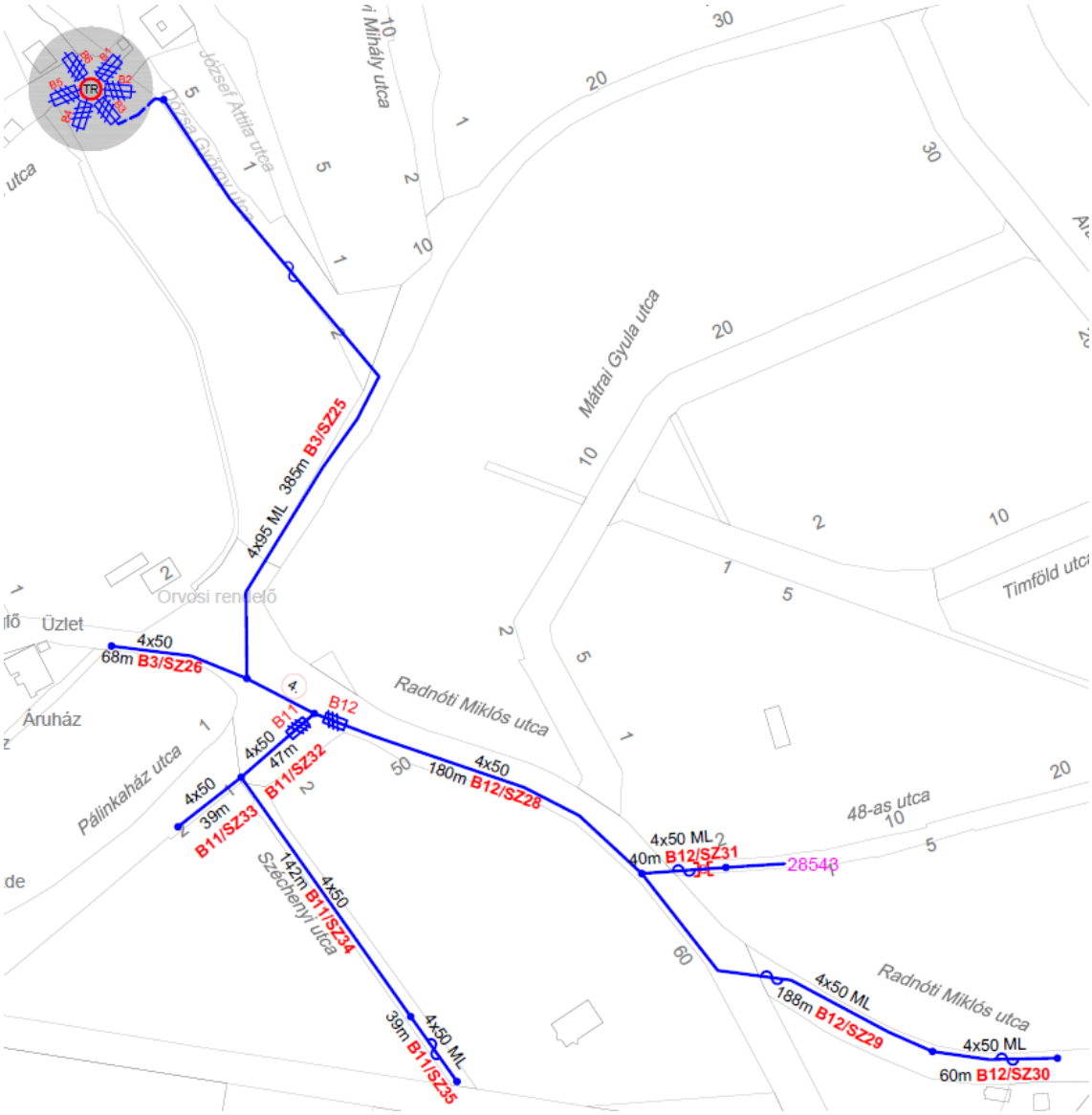
csupasz tartósodronyos szigetelt légvezetékes hálózathoz. Az így kialakított áramkör hálózati modellje látható a 69. ábrán.



69. ábra
B3 jelű áramkör modellje (Forrás: I-TRS programmal végzett saját számítás)

A modellel végzett számítások alapján megállapítottam, hogy a transzformátor állomásban a B3 jelű áramkör maximálisan megengedett biztosító értéke 160 A gR. A hálózat hossza indokolja, hogy a már meglévő szakaszbiztosítási pontokat meghagyjam (modellen 5. számú csomópontban). Az SZ32 jelű áramköri szakasz irányába induló hálózat biztosítását a B11 azonosítójú biztosító látja el. Az általam elvégzett számítás alapján megállapítottam, hogy a B11 jelű biztosító maximálisan megengedett értéke 100 A gR, melynek értékét nem a vezeték maximális terhelhetősége, hanem a hurokimpedancia határozza meg. Az SZ28 jelű áramköri szakasz irányába induló hálózat a B12 jelű biztosítón keresztül kapcsolódik a hálózatra. A B12 jelű biztosító maximálisan behelyezhető

értékét a számítások alapján 80 A gR értékben határoztam meg, mely értéket szintén a hálózat hurokimpedanciája korlátoz. A számítások alapján meghatározott feltételek szerint elkészítettem az áramkör biztosítási vázrajzát, mely a 70. ábrán látható.



70. ábra
B3 jelű áramkör biztosítási vázrajza (Forrás: általam készített biztosítási vázrajz)

A B2 és a B3 áramkör OTR állomás felőli kitápláló vezetékeit el kell bontani, emiatt a Dózsa György utcában lévő 1. számú BB10-1350 típusú feszítő oszlop OTR felőli oldalán megszűnik a feszítés. Az oszlop állékonyságát számítással ellenőriztem. Mivel az

oszlopot egy oldalról terheli a csupasz, a szigetelt és a gyengeáramú hálózat, a meglévő oszlop túlterheltté válik, így az oszlop cseréje mellett döntöttem. Az oszlop kiváltására általam kiválasztott oszlop típussal kapcsolatosan elvégeztem a méretezési feladatot. A méretezés (71. ábra) alapján megállapítottam, hogy az általam kiválasztott B10-1800 típusú oszlop terhelése 98 %, tehát megfelel a feladatra. Az oszlopon V4+2 végfeszítő fejszerkezetet kell kialakítani a szigeteletlen hálózat számára. A szigetelt vezeték rögzítése szemes csavar és kúpos végfeszítő szerelvénnyel történik.

1. sz. o
terhelés számítása

Oszlop adatai
Oszlop típusa: B10-1800 N
Csúcshúzás x irányban: 18000 N
Csúcshúzás y irányban: 9000 N
Oszlop magassága: 8 m

Kisfeszültségû vezeték(ek)
Gerinc vezeték(ek)

Felf. mag.	*Törésszög*	*Húzóerõ*	*Húzóerõ x*	*Húzóerõ y*
8 m	0	11400 N	11 400 N	0 N
7,9 m	0	4750 N	4 691 N	0 N

Kábeltévé vezeték(ek)
Gerinc vezeték(ek)

Felf. mag.	*Törésszög*	*Húzóerõ*	*Húzóerõ x*	*Húzóerõ y*
7 m	0	1800 N	1 575 N	0 N

Kisfesz. vez.-ből adódó igénybevétel X és Y irányban:	16 091 N	0 N
KábelTV vez.-ből adódó igénybevétel X és Y irányban:	1 575 N	0 N
Eredő igénybevétel X és Y irányban:	17 666 N	0 N

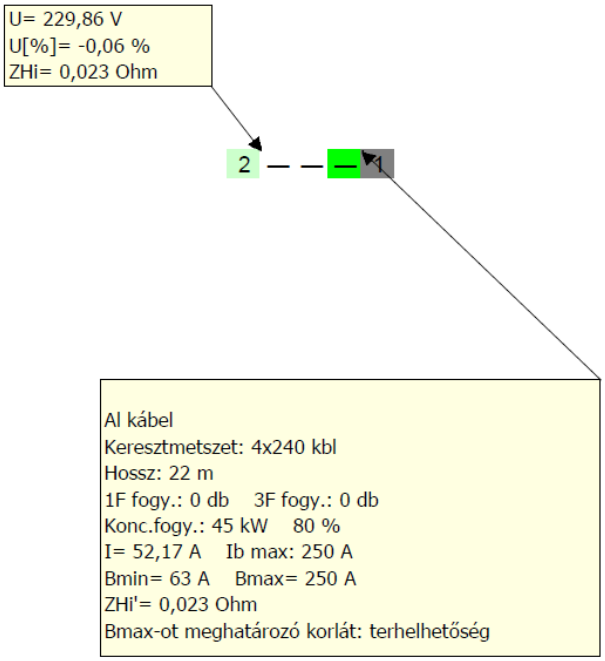
Az oszlop kihasználtsága: 98 % (Az oszlop megfelelo !)

71. ábra
1. számú KIF oszlop terhelés számítása (Forrás: oszlop terhelés számító programmal végzett saját számítás)

4.4.4. B4 áramkör

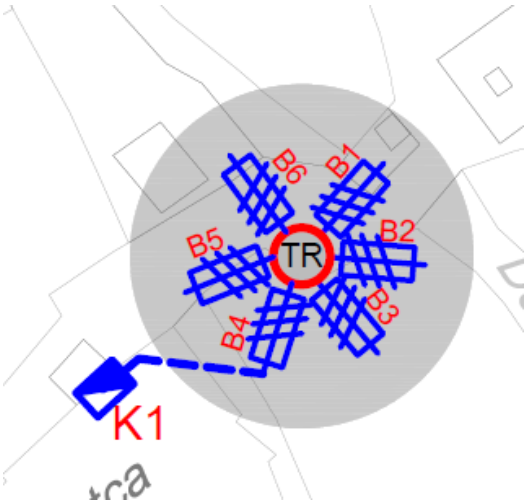
A B4 jelű áramkör kialakítására a Vajda János utcában található két Vízközműmű védterület energia ellátása miatt volt szükség. A két létesítmény egyenként 3x32 A-nek megfelelő lekötött teljesítménnyel rendelkezik, jelenlegi ellátásuk a közcélú légvezetékes hálózatról történik. A tervezett transzformátor állomástól távolabb a 3733. hrsz-ú ingatlanon található ivóvízkút meglévő csatlakozó földkábele a 83., míg a közelebbi

létesítmény egy szennyvíz átemelő a 3686/4. hrsz-ú ingatlanon, melynek a csatlakozója a 84. számú oszlopról indul. A vízátemelő berendezések közcélú hálózattól független ellátása érdekében az új transzformátor állomásból egy különálló áramkör építését tervezem, kizárólag az ipari jellegű felhasználás ellátására. Ennek megfelelően a transzformátor állomástól mintegy 22 m távolságban egy 400 A terhelhetőségű gyűjtősínnel szerelt 4 áramkör befogadására alkalmas elosztószekrényt tervezek kialakítani. A vízmű területeket jelenleg ellátó csatlakozó földkábeleket be kell forgatni az új szekrénybe. Az ivóvíz kutat ellátó csatlakozó földkábelt az új elosztó mellett el kell vágni, majd be kell forgatni a szekrénybe. A későbbi baleset, vagy tévesztés elkerülése érdekében a csatlakozó földkábelt nem elegendő kizárólag a szekrény mellett elvágni, a leágazó oszlopig a meglévő nyomvonal teljes hosszában el kell távolítani azt. A szennyvíz átemelő csatlakozó földkábelét az ellátott telekhatár mellett el kell vágni, majd az új elosztóból indított földkábellel össze kell toldani. Mivel a meglévő, immár felhagyott csatlakozót az út alól annak rongálása nélkül eltávolítani nem lehet, így a megszűnő csatlakozó kábelt a leágazó oszlop tövében a föld alatt el kell vágni. A föld mélyén húzódó vízkészlet méretei miatt a területen több, átmenetileg lezárt, illetve tartalékolt vízközmű védterület található. A későbbiekben jelentkező vízi közműszolgáltatóhoz köthető energiaigény biztosítása lehetséges lesz a fent megjelölt elosztóból. A később várható igények biztosíthatóságának érdekében az új elosztó ellátására NAYY-J 4X240SM típusú 4x240 mm^2 keresztmetszetű PVC érszigetelésű földkábelt választottam, melynek a maximálisan megengedett terhelése 250 A. Az így körvonalazódó hálózat modelljét elkészítettem, mely a 72. ábrán látható.



72. ábra
B4 jelű áramkör modellje (Forrás: I-TRS programmal végzett saját számítás)

A szakasz végpontjára felvettem koncentrált teljesítményként a vízmű területek rendelkezésre álló összes teljesítményét egyidejűség nélkül (2x3x32 A-nek megfelelő teljesítmény: 44,16 kVA). A B4 áramkör biztosítására a transzformátor állomásban 250 A értékű gG típusú NH rendszerű késes olvadó biztosítót választottam. A biztosítási vázrajz a 73. ábrán látható.

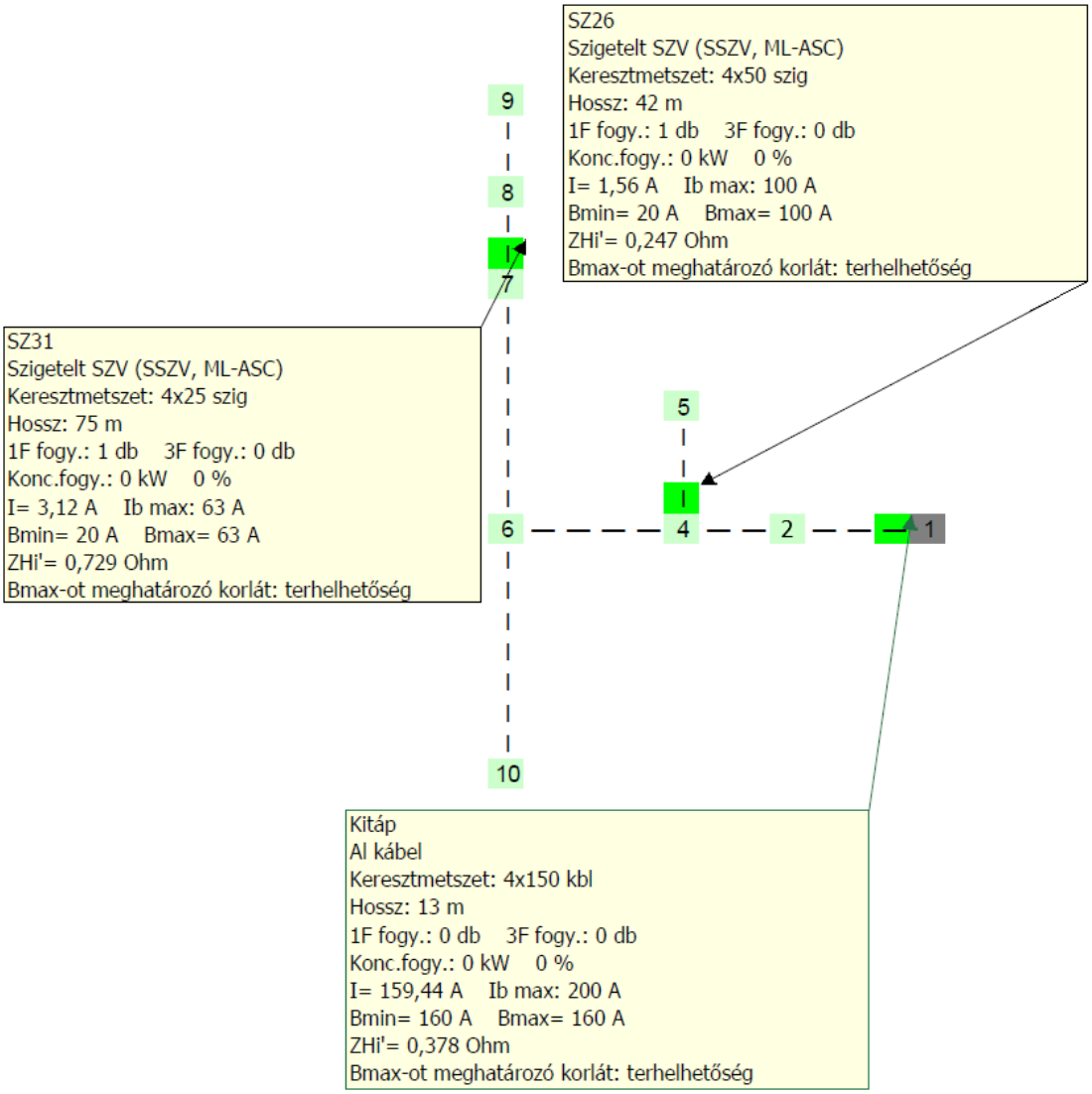


73. ábra
B4 jelű áramkör biztosítási vázrajza (Forrás: általam készített biztosítási vázrajz)

4.4.5. B5 áramkör

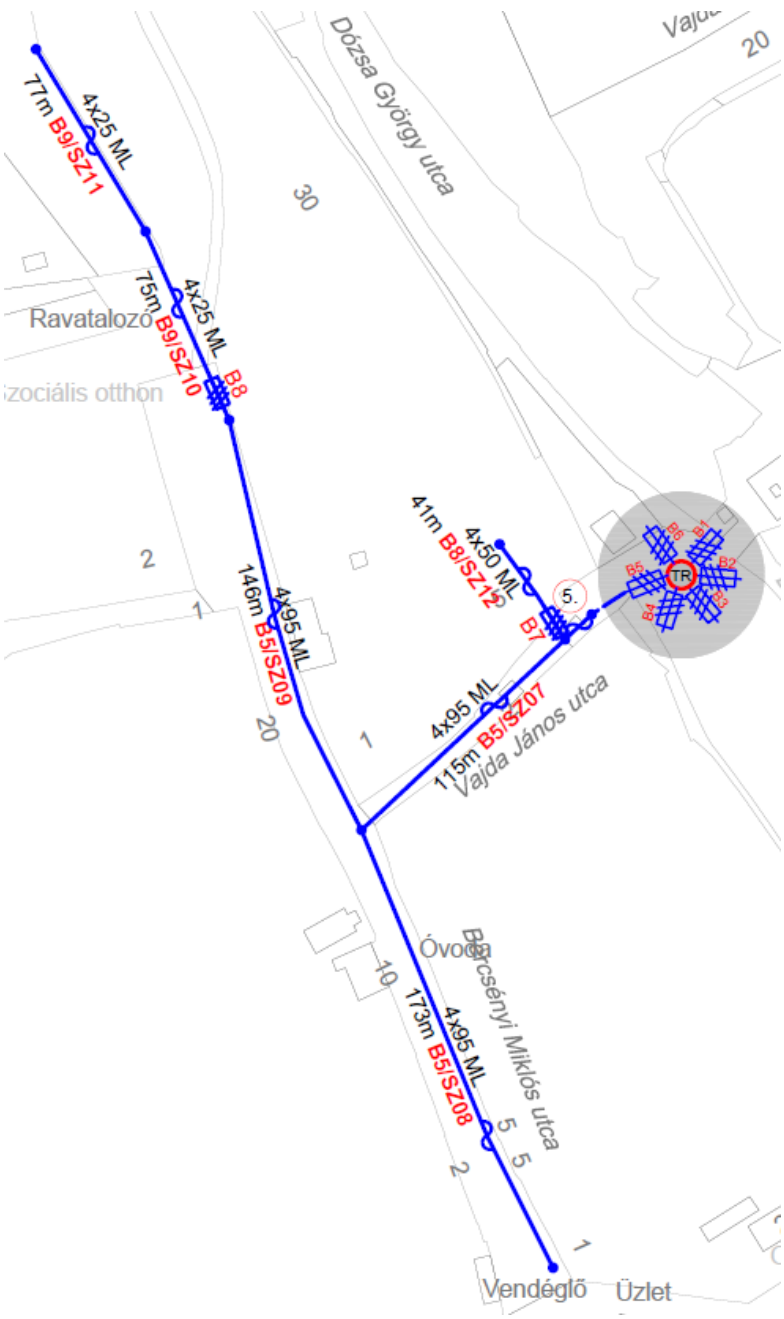
A Vajda János és Bercsényi utcákat ellátó áramkör a Szociális Intézmény villamosenergia-igényével és a feszültséganasszal egyidejűleg érintett áramkör. A meglévő villamos hálózat az új transzformátor állomásból induló B5 jelű áramkörhöz a Vajda János utcában lévő 83. számú oszlopon kapcsolódik. A jelenlegi légvezetékes hálózat Vajda János utcai szakasza a 83. és 88. számú oszlopok között 4x50+25 mm^2 keresztmetszetű ASC típusú csupasz szabadvezetékes hálózat. A Vajda János utcát ellátó hálózat közvetlenül csatlakozik a Bercsényi utcában a 92. és 101. számú oszlopok közötti 4x35+25 mm2 keresztmetszetű ASC típusú csupasz szabadvezetékes hálózathoz. A Bercsényi utcai hálózat északi végpontjától a temető irányába a vezeték keresztmetszete már csupán 25 és 10mm^2. Mint azt korábban az energiaigénnyel kapcsolatos vizsgálat során megállapítottam, ezen áramkör nem csupán a többlet energia igény biztosítására nem megfelelő, hanem jelen állapotában sem felel meg az üzemeltetési és életvédelmi előírásoknak.
Az áramkör átalakítását az alábbiak szerint terveztem:
Az új BHTR állomásból NAYY-J 4X150SM típusú 4x150 mm^2 keresztmetszetű PVC érszigetelésű földkábelt kell a 83. számú oszlopig kiépíteni mintegy 6m nyomvonalhosszban. A 83. és 88. számú oszlopok között a meglévő csupasz szabadvezetéket el kell bontani, helyére szigetelt vezetéket kell kiépíteni 154 m nyomvonalhosszban. Az általam kiválasztott vezeték: négyszálfeszítésű NFA2X típusú 4x95+25 mm^2 keresztmetszetű szigetelt szabadvezeték. A Bercsényi utcai csupasz légvezetékes hálózatot szintén bontani kell, ezután a 92. és 101. számú oszlopokkal határolt szakaszon szigetelt NFA2X típusú 4x95+25 mm^2 keresztmetszetű légvezetékes hálózatot kell kiépíteni. A temető irányába induló szakasz vezetékét szintén cserélni kell. Ezen szakasz a temető és a ravatalozó helyiség villamosenergia-ellátását biztosítja. A két létesítmény csekély energia szükséglete miatt a meglévő légvezetéket elegendő NFA2X típusú 4x25 mm^2 keresztmetszetű szigetelt vezetékre cserélni. A 84. számú oszlopról leágazó egy oszlopköznyi 35mm2 keresztmetszetű ASC légvezetéket cserélni kell. Az általam választott vezeték típusa NFA2X 4x50+25 mm2. A közvilágítási hálózat megtáplálása kapcsán a transzformátor állomásból a 83. számú oszlopig NYY-J 4X25RM típusú 25 mm^2 keresztmetszetű földkábelt kell építeni.

A fenti elgondolás alapján elkészítettem az áramkör modelljét (74. ábra) A 6. és 7, csomópontok közé a szakasz végpontjára koncentrált teljesítményként felvettem a Szociális intézmény 3x80 A-nek megfelelő 55,2 kVA igényelt teljesítményét.



74. ábra
B5 jelű áramkör biztosítási vázrajza (Forrás: I-TRS programmal végzett saját számítás)

A modell alapján kialakítottam a B5 jelű áramkör biztosítási vázrajzát (75. ábra).



75. ábra
B5 jelű áramkör biztosítási vázrajza (Forrás: általam készített biztosítási vázrajz)

Az áramkörön a modellel végzett számítások alapján három biztosítási pontot hoztam létre. Az első a B5 jelű a transzformátor állomásban található. A B5 jelű biztosító maximálisan megengedett értéke 160 A gR, melyet a légvezeték maximális terhelhetősége határoz meg. A 84. számú oszlopon a 95 mm^2 keresztmetszetű hálózatról a 85. számú

oszlop irányába induló 50 mm^2 keresztmetszetű leágazás biztosítása miatt létrehoztam egy szakaszbiztosítási pontot B7 jelzéssel (modellben 4. számú csomópont). Az általam elvégzett számítások alapján meghatároztam B7 biztosító maximálisan behelyezhető értékét, amely 100 A gR. A Bercsényi utca északi végén a 92, számú oszlopon a temető irányába induló hálózatszakasz biztosítására kialakítottam a B8 jelű szakaszbiztosítási pontot. Az általam elvégzett számítás alapján meghatároztam a B8 jelű biztosító maximális értékét, amely 63 A gR. Ezt az értéket a vezeték terhelhetősége korlátozza.
A számítás alapján megállapítottam, hogy a B5 jelű áramkör várható maximális terhelése 159 A lesz. Az általam tervezet 95 mm^2 keresztmetszetű szigetelt szabadvezetékes hálózat maximálisan megengedhető terhelése 160 A, tehát az általam létrehozott áramkör nem rendelkezik tartalékkal, emiatt bármely az áramkör területéről érkező többlet villamosenergia igény esetén megvizsgálandó a táppontsűrítés lehetősége.
A hálózaton történő beavatkozás kapcsán megvizsgáltam a nagyobb igénybevételnek kitett, jellemzően feszítőoszlopok terhelési viszonyait.
A hálózat 84. és 85. számú fa bak oszlopai állaga és állékonysága leromlott, így az oszlopok cseréje mellett döntöttem. Az oszlopok méretezésének elvégzését követően a kiváltásukra B10-800 típusú oszlopokat választottam. A méretezés során a szigetelt vezeték esetén általam alkalmazott húzófeszültség: σ=15 N/mm^2. A méretezések elvégzését követően megállapítottam, hogy a 84. számú oszlop kihasználtsága 50 % (76. ábra), míg a 85. számú oszlop kihasználtsága 66 % (77. ábra), tehát a választott B10-800 típusú oszlop mindkét esetben megfelelő.

84. sz. o
terhelés számítása

Oszlop adatai
Oszlop típusa: B-10-800 N
Csúcshúzás x irányban: 9600 N
Csúcshúzás y irányban: 6000 N
Oszlop magassága: 8 m

Kisfeszültségű vezeték(ek)
Gerinc vezeték(ek)

Felf. mag.	*Törésszög*	*Húzóerő*	*Húzóerő x*	*Húzóerő y*
8 m	90	5700 N	0 N	5 700 N
8 m	270	5700 N	-1 N	-5 700 N
8 m	0	3000 N	3 000 N	0 N

Fogyasztói lecsatalakozó vezeték(ek)

Felf. mag.	*Törésszög*	*Húzóerő*	*Húzóerő x*	*Húzóerő y*
7,9 m	26	1000 N	888 N	433 N
7,9 m	196	1000 N	-949 N	-272 N

Kábeltévé vezeték(ek)
Gerinc vezeték(ek)

Felf. mag.	*Törésszög*	*Húzóerő*	*Húzóerő x*	*Húzóerő y*
7 m	0	1800 N	1 575 N	0 N

Kisfesz. vez.-ből adódó igénybevétel X és Y irányban:	2 938 N	161 N
KábelTV vez.-ből adódó igénybevétel X és Y irányban:	1 575 N	0 N
Eredő igénybevétel X és Y irányban:	4 513 N	161 N

Az oszlop kihasználtsága: 50 % (Az oszlop megfelelo !)

76. ábra
84. sz. B10-800 típusú oszlop terhelési vizsgálata (Forrás: oszlop terhelés számító programmal végzett saját számítás)

85. sz. o
terhelés számítása

Oszlop adatai
Oszlop típusa: B-10-800 N
Csúcshúzás x irányban: 9600 N
Csúcshúzás y irányban: 6000 N
Oszlop magassága: 8 m

Kisfeszültségű vezeték(ek)
Gerinc vezeték(ek)

Felf. mag.	*Törésszög*	*Húzóerő*	*Húzóerő x*	*Húzóerő y*
8 m	0	3000 N	3 000 N	0 N

Fogyasztói lecsatalakozó vezeték(ek)

Felf. mag.	*Törésszög*	*Húzóerő*	*Húzóerő x*	*Húzóerő y*
7,9 m	76	1000 N	239 N	958 N

Kábeltévé vezeték(ek)
Gerinc vezeték(ek)

Felf. mag.	*Törésszög*	*Húzóerő*	*Húzóerő x*	*Húzóerő y*
7 m	0	1800 N	1 575 N	0 N

Kisfesz. vez.-ből adódó igénybevétel X és Y irányban:	3 239 N	958 N
KábelTV vez.-ből adódó igénybevétel X és Y irányban:	1 575 N	0 N
Eredő igénybevétel X és Y irányban:	4 814 N	958 N

Az oszlop kihasználtsága: 66 % (Az oszlop megfelelo !)

77. ábra
85. sz. B10-800 típusú oszlop terhelési vizsgálata (Forrás: oszlop terhelés számító programmal végzett saját számítás)

A vezetékcserével érintett feszítőoszlopok esetén is elvégeztem az oszlopok terhelésének vizsgálatát.

A 88. számú B10-1300 típusú oszlop kihasználtsága a vezeték csere után 30 %

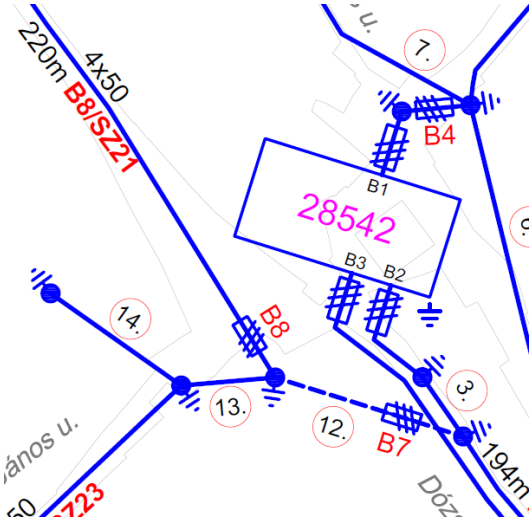
A 92. számú BB10-1350 típusú oszlop kihasználtsága a vezeték csere után 50 %

A 101. számú BB10-1350 típusú oszlop kihasználtsága a vezeték csere után 75 %

A méretezések elvégzését követően megállapítottam, hogy ezen oszlopok továbbra is megfelelőek, cseréjük nem indokolt sem maximális terhelés, sem állag miatt.

4.4.6. B6 áramkör

A B6 jelölésű áramkör terveim szerint a Dózsa utca északi irányba tartó hálózatát látja el. A korábbi hálózatkép esetén ez a vezeték is a Vajda János és Bercsényi utcákat ellátó hálózatról kapott ellátást (78. ábra) B8/SZ21 szakasz.

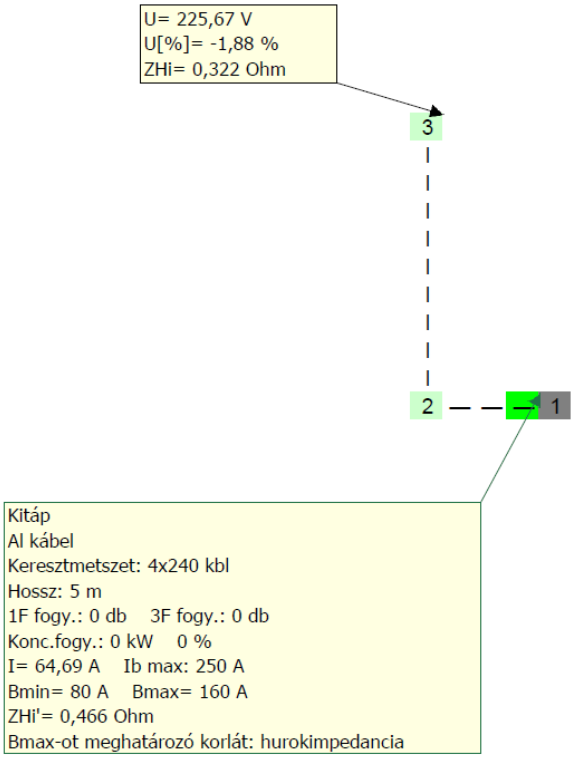


78. ábra
Bercsényi -Dózsa u. meglévő áramkör (Forrás: meglévő biztosítási vázrajz részlete)

A Bercsényi utca irányába induló áramkör terhelése miatt a Dózsa utcai áramkört külön választottam. A transzformátor állomás közel van az áramkör induló oszlopától, így jelentős többlet költséget nem jelent a hálózat szétválasztása. A Dózsa utcát ellátó áramkör megtáplálására a transzformátor állomásból induló NAYY-J 4X150SM típusú

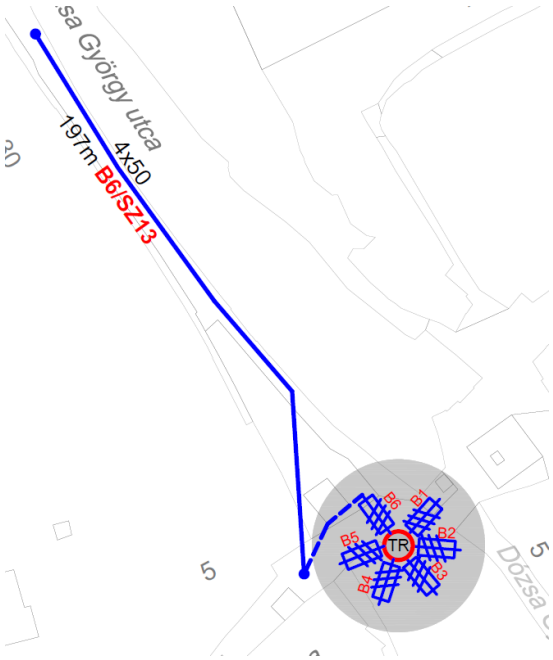
4x150 mm^2 keresztmetszetű PVC érszigetelésű földkábelt választottam, melyet a 83. számú oszlopig kell kiépíteni mintegy 6 m nyomvonalhosszban.

Elkészítettem az áramkör méretezéséhez szükséges modellt (79. ábra). A modellen végzett számítás alapján megállapítottam, hogy a B6 jelű áramkör biztosító aljzataiba maximálisan 160 A gR típusú NH rendszerű késes olvadóbiztosító helyezhető. A biztosító értékét a hurokimpedancia határozza meg.



79. ábra
B6 jelű áramkör modellje (Forrás: I-TRS programmal végzett saját számítás)

Az általam készített hálózati modell alapján elkészítettem a B6 jelű áramkör biztosítási vázrajzát (80. ábra).



80. ábra
B6 jelű áramkör biztosítási vázrajza (Forrás: általam készített biztosítási vázrajz)

A B5 és B6 áramkörök kitápláló földkábelei a 83. számú oszlopon csatlakoznak a légvezetékes hálózatokra. Mivel a hálózaton végzett vezetékcsere érinti ezt az oszlopot is, elvégeztem az oszlop terhelés vizsgálatát. A méretezés (81. ábra) elvégzését követően megállapítottam, hogy a meglévő BB10-1350 típusú beton bakoszlop a vezeték cserét követően már nem lesz alkalmazható, mivel annak kihasználtsága 184 % lesz, tehát az oszlopot cserélni kell.

Az oszlop kiváltására B10-1300 típusú oszlopot választottam. A méretezést elvégeztem ezen oszlop esetében is (82. ábra). A méretezés alapján megállapítottam, hogy az általam kiválasztott oszlop kihasználtsága a vezeték cseréjét követően 97 %, tehát alkalmazható.

83. sz. o. BB10-1350 terhelés számítása

Oszlop adatai

Oszlop típusa: BB-10-1350 (2) N
Csúcshúzás x irányban: 13500 N
Csúcshúzás y irányban: 4000 N
Oszlop magassága: 8,3 m

Kisfeszültségû vezeték(ek)

Gerinc vezeték(ek)

Felf. mag.	*Törésszög*	*Húzóerő*	*Húzóerő x*	*Húzóerő y*
8 m	0	6000 N	5 783 N	0 N
8 m	106	5700 N	-1 514 N	5 281 N

Fogyasztói lecsatalakozó vezeték(ek)

Felf. mag.	*Törésszög*	*Húzóerő*	*Húzóerő x*	*Húzóerő y*
7,9 m	258	1000 N	-198 N	-931 N

Kábeltévé vezeték(ek)

Gerinc vezeték(ek)

Felf. mag.	*Törésszög*	*Húzóerő*	*Húzóerő x*	*Húzóerő y*
7 m	0	1800 N	1 518 N	0 N
7 m	106	1800 N	-418 N	1 459 N

Kisfesz. vez.-ből adódó igénybevétel X és Y irányban:	4 071 N	4 350 N
KábelTV vez.-ből adódó igénybevétel X és Y irányban:	1 100 N	1 459 N
Eredő igénybevétel X és Y irányban:	5 171 N	5 810 N

Az oszlop kihasználtsága: 184 % (Túl nagy az igénybevétel !)

81. ábra
83. számú BB10-1350 típusú oszlop terhelés számítása (Forrás: oszlop terhelés számító programmal végzett saját számítás)

83. sz. o. B10-1300
terhelés számítása

Oszlop adatai

Oszlop típusa: B-10-1300 N
Csúcshúzás x irányban: 15600 N
Csúcshúzás y irányban: 9600 N
Oszlop magassága: 8 m

Kisfeszültségû vezeték(ek)

Gerinc vezeték(ek)

Felf. mag.	*Törésszög*	*Húzóerõ*	*Húzóerõ x*	*Húzóerõ y*
8 m	0	6000 N	6 000 N	0 N
8 m	106	5700 N	-1 571 N	5 479 N

Fogyasztói lecsatalakozó vezeték(ek)

Felf. mag.	*Törésszög*	*Húzóerõ*	*Húzóerõ x*	*Húzóerõ y*
7,9 m	258	1000 N	-205 N	-966 N

Kábeltévé vezeték(ek)

Gerinc vezeték(ek)

Felf. mag.	*Törésszög*	*Húzóerõ*	*Húzóerõ x*	*Húzóerõ y*
7 m	0	1800 N	1 575 N	0 N
7 m	106	1800 N	-434 N	1 514 N

Kisfesz. vez.-ből adódó igénybevétel X és Y irányban:	4 224 N	4 513 N
KábelTV vez.-ből adódó igénybevétel X és Y irányban:	1 141 N	1 514 N
Eredõ igénybevétel X és Y irányban:	5 365 N	6 027 N

Az oszlop kihasználtsága: 97 % (Az oszlop megfelelo !)

82. ábra
83. számú B10-1300 típusú oszlop terhelés számítása (Forrás: oszlop terhelés számító programmal végzett saját számítás)

4.5. Fogyasztói csatlakozó

Az igénylő leendő felhasználási helye a 3644/3. hrsz-ú ingatlan. A fogyasztásmérő helyet a telekhatáron kívánják elhelyezni. Az ingatlant ellátó csatlakozó leágazási pontját mindig úgy kell kiválasztani, hogy a létesítendő mérőhely és leágazási pont közötti távolság lehetőség szerint a legkisebb legyen. Jelen esetben leágazási pontként a 92. számú oszlop jelöltem meg. A leágazási pont és a mérőhely között a létesítendő csatlakozó földkábel nyomvonalhossza 31m. Az oszlopra történő feljutás, valamint a mérőhelybe történő bekötés miatt a tényleges kábelhossz 40m.

Csatlakozó földkábel méretezéséhez szükséges adatok:

Energia igény: minden napszakban: 3x80 A

- Vezérelt időszakban: -
- H tarifa: -
- Kábelhossz: l= 40 m
- Max. terhelő áram Iterh= 80 A
- Vonali feszültség Uv= 400 V (aszimmetrikus 3F-u terhelés)
- Fajlagos ellenállás ϱ = 0,0286 $\Omega mm^2/m$
- Megengedett fesz. esés ε= 1 % (méretlen csatlakozó vezeték)
- Teljesítmény tényező: cos Φ = 1

Háromfázisú hálózat terhelési aszimmetriáját figyelembe vevő tényező: 0,75

Egy vezetőre jutó megengedett feszültségesés:

$$e = 0{,}75 \cdot \frac{\varepsilon}{100} \cdot \frac{U_V}{\sqrt{3}} = 0{,}75 \cdot \frac{1}{100} \cdot \frac{400V}{\sqrt{3}} = 1{,}732\ V$$

Minimális keresztmetszet:

$$A_{min} = \frac{\rho \cdot l \cdot I_{terh}}{e} = \frac{0{,}0286 \cdot 40 \cdot 80}{1{,}732} = 52{,}84\ mm^2$$

A számított kábel keresztmetszet 52,84 mm^2. A számítás alapján 70 mm2 keresztmetszetű kábelt lehetne alkalmazni az igény biztosításához, azonban ezen keresztmetszetű földkábelt nem alkalmaz az Áramszolgáltató, ezért NAYY 4x95 mm^2 keresztmetszetű földkábelt választottam a csatlakozó építéséhez.

Egy vezetékre jutó tényleges feszültségesés:

$$e = \frac{\rho \cdot l \cdot I_{terh}}{A} = \frac{0{,}0286 \cdot 40 \cdot 80}{95} = 0{,}963\ V$$

Tényleges feszültségesés százalékos értéke:

$$\varepsilon = \frac{\sqrt{3} \cdot \rho \cdot l \cdot I_{terh}}{0{,}75 \cdot U_v \cdot A} \cdot 100 = \frac{\sqrt{3} \cdot 0{,}0286 \cdot 40 \cdot 80}{0{,}75 \cdot 400 \cdot 95} \cdot 100 = 0{,}5562\ \%$$

A kiválasztott keresztmetszetű földkábeles csatlakozó teljes hosszán a tényleges feszültségesés százalékos értéke 0,5562 %, tehát eleget tesz az előírásokban meghatározott maximális feszültségesésre vonatkozó 1 %-os előírásnak.

A fogyasztásmérő hely kialakítása során az MSZ 447:2019 szabványban megfogalmazottak szerint kell eljárni. A szabványos mérőhely kiépítését a fogyasztó köteles elvégeztetni egy az elosztói engedélyes által regisztrál szakvállalkozóval. A bekapcsolás előfeltétele a szabványos mérőhely megléte. Amennyiben a bekapcsolást végző szakember az előírásoktól való eltérést tapasztal, megtagadja a mérőhely beüzemelését.

5. ÖSSZEFOGLALÁS

Dolgozatomban az E.ON Észak-dunántúli Áramhálózati Zrt. Székesfehérvári Üzemében felmerült három megoldandó feladatot vizsgáltam meg és azok lehetséges megoldási lehetőségeinek kiértékelése után javaslatot tettem a végleges műszaki megoldással kapcsolatosan.

Az első feladat egy új fogyasztói villamosenergia-igény biztosítása, a második feladat az új energiaigénnyel érintett hálózaton megjelent feszültségpanasz kezelése, a harmadik pedig az érintett ellátási körzetet megtápláló transzformátor állomás és középfeszültségű hálózat átalakítása volt.

Elsőként ismertettem a felmerült problémákat, azok az Áramszolgáltató folyamataihoz és egymáshoz viszonyított kapcsolódását. Megvizsgáltam a problémák megoldásával kapcsolatos lehetőségeket, majd kiválasztottam egy, a felmerült problémák együttes kezelését célzó műszaki megoldást, amely a meglévő transzformátor állomás áthelyezését és új kisfeszültségű áramkörök kialakítását foglalta magában.

Az általam kiválasztott megoldással kapcsolatosan kialakítottam a középfeszültségű hálózat nyomvonalát, a transzformátor állomás telepítési helyének kiválasztását követően. A meglévő kisfeszültségű hálózat megtáplálására a transzformátor állomásból a meglévő három helyett hat induló áramkört alakítottam ki. A nyomvonal és a transzformátor állomás pontos helyének ismeretében elvégeztem a szükséges méretezési számításokat. Az általam kialakított középfeszültségű hálózat és transzformátor állomás biztosítja a berendezések biztonságos üzemeltetésének lehetőségét. A dolgozatban ismertetett műszaki megoldás egyszerre kínál megoldást a fennálló feszültségpanasz elhárításával és a megjelent többlet villamosenergia-igény biztosításával kapcsolatosan.

6. ABSTRACT

In my paper, I examined three tasks that need to be solved at the E.ON North Transdanubian Power Grid Ltd.'s facility in Székesfehérvár, and after evaluating their potential solutions, I proposed a final technical solution.

The first task involved providing new consumer electricity demand, the second dealt with managing voltage complaints arising from the new energy demand on the network, and the third focused on transforming the transformer station and medium-voltage grid supplying the affected supply area.

Firstly, I presented the identified problems, their connection to the Electricity Supplier's processes, and their interrelation. I explored possible solutions to address these problems, then selected a technical solution aiming to handle the identified issues collectively. This solution involved relocating the existing transformer station and establishing new low-voltage circuits.

Regarding the solution I chose, I designed the route of the medium-voltage grid after selecting the installation site for the transformer station. To supply the existing low-voltage network, I created six starting circuits instead of the existing three from the transformer station. Once the route and the exact location of the transformer station were determined, I performed the necessary sizing calculations.

The medium-voltage grid and transformer station I designed ensure the safe operation of the equipment. The technical solution presented in the paper simultaneously addresses the existing voltage complaints and ensures the provision of additional electricity demand.

7. ÁBRAJEGYZÉK

1. ábra Energiaigénnyel érintett hálózatszakasz vázrajza (Forrás: DSO érintésvédelmi vázrajz) ... 11
2. ábra Az energiaigénnyel érintett áramkör modellje (Forrás: saját I-TRS számítás) ... 17
3. ábra Az energiaigénnyel érintett áramkör modellje koncentrált teljesítménnyel (Forrás: saját I-TRS számítás) ... 19
4. ábra VHR 20 típusú végponti regiszteres műszer (Forrás: saját fotó) ... 21
5. ábra R fázis 1 perces átlagérték diagram (Forrás: Mérési jegyzőkönyv) ... 22
6. ábra S fázis 1 perces átlagérték diagram (Forrás: Mérési jegyzőkönyv) ... 22
7. ábra T fázis 1 perces átlagérték diagram (Forrás: Mérési jegyzőkönyv) ... 23
8. ábra R fázis 10 perces átlagérték diagram (Forrás: Mérési jegyzőkönyv) ... 23
9. ábra S fázis 10 perces átlagérték diagram (Forrás: Mérési jegyzőkönyv) ... 24
10. ábra T fázis 10 perces átlagérték diagram (Forrás: Mérési jegyzőkönyv) ... 24
11. ábra Mérési jegyzőkönyv kiértékelő lap (Forrás: Mérési jegyzőkönyv) ... 25
12. ábra Meglévő középfeszültségű légvezetékes hálózat nyomvonala (Forrás: általam szerkesztett DSO szakági rajz) ... 27
13. ábra Új transzformátor állomás telepítési helyszíne (Forrás: általam szerkesztett DSO szakági rajz) ... 29
14. ábra 218.sz. oszlop (Forrás: saját fotó) ... 31
15. ábra 1.számú oszlop (Forrás: saját fotó) ... 32
16. ábra 2. számú oszlop (Forrás: saját fotó) ... 33
17. ábra 3. számú oszlop (Forrás: saját fotó) ... 34
18. ábra 4. számú oszlop (Forrás: saját fotó) ... 35
19. ábra 5. számú oszlop (Forrás: saját fotó) ... 36
20. ábra 6. számú oszlop (Forrás: saját fotó) ... 37
21. ábra 7. számú oszlop (Forrás: saját fotó) ... 38
22. ábra Vízmű gépház elnevezésű OTR állomás (Forrás: saját fotó) ... 39
23. ábra Új BHTR állomás helyszín (Forrás: általam szerkesztett DSO szakági rajz) ... 40
24. ábra Földelőrendszerek elrendezési vázlata (Forrás: VÁT-H21) ... 45
25. ábra Oszlop méretezés terhelési esetek (Forrás: Méretező szoftver felhasználói kézikönyv) ... 47

26. ábra OK8 jelű aszimmetrikus elrendezés oszlopkapcsoló (Forrás: KVGY gyártmányú OK8 jelű oszlopkapcsoló műszaki leírás) 48
27. ábra 218. számú oszlop tervezett oszlopelrendezése (Forrás: VÁT-H21) 49
28. ábra B14-2800 típusú oszlop alapozása (Forrás: VÁT-H21) 50
29. ábra 218. számú oszlop földelő méretezése (Forrás: földelés méretező szoftverrel végzett saját számítás) 51
30. ábra 218. számú oszlop kihasználtság vizsgálat (Forrás: oszlop méretező szoftverrel végzett saját számítás) 52
31. ábra TvBH I. tartó fejszerkezet (Forrás: Elinor Mérnökiroda Kft. - Tervezési irányelvek MSZ EN 50341-1 ÉS MSZE 50341-2 szabványok szerint) 53
32. ábra B12-800 típusú oszlop alapozása (Forrás: VÁT-H21) 54
33. ábra 1. számú oszlop földelő méretezése (Forrás: földelés méretező szoftverrel végzett saját számítás) 55
34. ábra 1. számú oszlop kihasználtsági vizsgálata (Forrás: oszlop méretező szoftverrel végzett saját számítás) 56
35. ábra 2. számú oszlop földelő méretezése (Forrás: földelés méretező szoftverrel végzett saját számítás) 57
36. ábra 2. számú oszlop méretezése maximális terhelésre (Forrás: oszlop méretező szoftverrel végzett saját számítás) 58
37. ábra 3. számú oszlop földelő méretezése (Forrás: földelés méretező szoftverrel végzett saját számítás) 59
38. ábra 3. számú oszlop méretezése legnagyobb igénybevételre (Forrás: oszlop méretező szoftverrel végzett saját számítás) 60
39. ábra Függőleges elrendezésű OK6 jelű oszlopkapcsoló (Forrás: KVGY gyártmányú OK6 jelű oszlopkapcsoló műszaki leírás) 61
40. ábra Függőleges oszlopkapcsoló elrendezési rajza (Forrás: VÁT-H21) 62
41. ábra 4. számú oszlop földelő méretezése (Forrás: földelés méretező szoftverrel végzett saját számítás) 63
42. ábra 4. számú oszlop méretezése legnagyobb igénybevételre (Forrás: oszlop méretező szoftverrel végzett saját számítás) 64
43. ábra AASC légvezeték szerkezeti kialakítása (Forrás: https://electrocord.hu/wp-content/uploads/2020/09/asc_aasc.pdf - letöltés ideje: 2023.12.03. 18:05) 65

44. ábra AASC légvezeték paraméterei (Forrás: http://kabelgyar.hu/katalogus/089_AASC.htm - letöltés ideje: 2023.12.03. 18:05) 65
45. ábra 20kV-os légvezeték földtől mért legkisebb távolsága (Forrás: saját készítésű ábra) 69
46. ábra Vezeték összelengés során vizsgált esetek (Forrás: Összelengés vizsgáló program felhasználói kézikönyv)..... 69
47. ábra 1. oszlopköz belógás méretezés (Forrás: belógás méretező szoftverrel végzett saját számítás) 70
48. ábra 1. oszlopköz összelengés vizsgálat L1-L2 fázis (Forrás: összelengés méretező szoftverrel végzett saját számítás) 71
49. ábra 1. oszlopköz összelengés vizsgálat L2-L3 fázis (Forrás: összelengés méretező szoftverrel végzett saját számítás) 72
50. ábra 2. oszlopköz belógás méretezés (Forrás: belógás méretező szoftverrel végzett saját számítás) 73
51. ábra 2. oszlopköz összelengés vizsgálat L1-L2 fázis (Forrás: összelengés méretező szoftverrel végzett saját számítás) 74
52. ábra 2. oszlopköz összelengés vizsgálat L2-L3 fázis (Forrás: összelengés méretező szoftverrel végzett saját számítás) 75
53. ábra 3. oszlopköz belógás méretezés (Forrás: belógás méretező szoftverrel végzett saját számítás) 76
54. ábra 3. oszlopköz összelengés vizsgálat L1-L2 fázis (Forrás: összelengés méretező szoftverrel végzett saját számítás) 77
55. ábra 3. oszlopköz összelengés vizsgálat L2-L3 fázis (Forrás: összelengés méretező szoftverrel végzett saját számítás) 78
56. ábra 4. oszlopköz belógás méretezés (Forrás: belógás méretező szoftverrel végzett saját számítás) 79
57. ábra 4. oszlopköz összelengés vizsgálat L1-L2 fázis (Forrás: összelengés méretező szoftverrel végzett saját számítás) 80
58. ábra 4. oszlopköz összelengés vizsgálat L2-L3 fázis (Forrás: összelengés méretező szoftverrel végzett saját számítás) 81
59. ábra NA2XS(F)2Y típusú földkábel szerkezeti ábrája (Forrás: https://kabelgyar.hu/katalogus/088_na2xsF2y.htm - letöltés ideje: 2023.12.06. 23:28) 82

60. ábra Raychem POLT 24D/1XO típusú melegzsugor szabadtéri végelzáró szerelvény (Forrás: https://www.elfetex.cz/10-652-788-raychem-koncovka-polt-24d1xo-70-240-kss - letöltés ideje: 2023.12.12. 9:58) 83
61. ábra KVGY KTW-630R típusú BHTR állomás (Forrás: KVGY KTW-630R állomás gépkönyv) 84
62. ábra RM6 NB-IQI RMU (Forrás: Schneider Electric – RM6 körhálózati elosztó berendezés katalógus) 85
63. ábra Az új BHTR-ből induló áramkörök (Forrás: általam tervezett biztosítási vázrajz részlet) 87
64. ábra 68. számú oszlop kihasználtság vizsgálata (Forrás: oszlop terhelés számító programmal végzett saját számítás) 89
65. ábra B1 jelű áramkör modellje (Forrás: I-TRS programmal végzett saját számítás) 90
66. ábra B1 jelű áramkör biztosítási vázrajza (Forrás: általam készített biztosítási vázrajz) 91
67. ábra B2 jelű áramkör modellje (Forrás: I-TRS programmal végzett saját számítás) 92
68. ábra B2 jelű áramkör biztosítási vázrajza (Forrás: általam készített biztosítási vázrajz) 93
69. ábra B3 jelű áramkör modellje (Forrás: I-TRS programmal végzett saját számítás) 94
70. ábra B3 jelű áramkör biztosítási vázrajza (Forrás: általam készített biztosítási vázrajz) 95
71. ábra 1. számú KIF oszlop terhelés számítása (Forrás: oszlop terhelés számító programmal végzett saját számítás) 96
72. ábra B4 jelű áramkör modellje (Forrás: I-TRS programmal végzett saját számítás) 98
73. ábra B4 jelű áramkör biztosítási vázrajza (Forrás: általam készített biztosítási vázrajz) 98
74. ábra B5 jelű áramkör biztosítási vázrajza (Forrás: I-TRS programmal végzett saját számítás) 100
75. ábra B5 jelű áramkör biztosítási vázrajza (Forrás: általam készített biztosítási vázrajz) 101
76. ábra 84. sz. B10-800 típusú oszlop terhelési vizsgálata (Forrás: oszlop terhelés számító programmal végzett saját számítás) 103

77. ábra 85. sz. B10-800 típusú oszlop terhelési vizsgálata (Forrás: oszlop terhelés számító programmal végzett saját számítás) 103
78. ábra Bercsényi -Dózsa u. meglévő áramkör (Forrás: meglévő biztosítási vázrajz részlete) 104
79. ábra B6 jelű áramkör modellje (Forrás: I-TRS programmal végzett saját számítás) 105
80. ábra B6 jelű áramkör biztosítási vázrajza (Forrás: általam készített biztosítási vázrajz) 106
81. ábra 83. számú BB10-1350 típusú oszlop terhelés számítása (Forrás: oszlop terhelés számító programmal végzett saját számítás) 107
82. ábra 83. számú B10-1300 típusú oszlop terhelés számítása (Forrás: oszlop terhelés számító programmal végzett saját számítás) 108

8. IRODALOMJEGYZÉK

[1] E. É.-d. Á. Zrt., „I-TRS program használati utasítása," 2018.

[2] „E.ON Elosztói üzletszabályzat," [Online]. Available: https://www.eon.hu/content/dam/eon/eon-hungary/documents/hatarozatok-szabalyzatok-aram/EED/usz-2023/EED_elo_usz_melleklet_20230123.pdf. [Hozzáférés dátuma: 01 december 2023 16:42].

[3] E. É.-d. Á. Zrt., *Mérési jegyzőkönyv Várpalota, Bercsényi u. 23.,* 2023.

[4] T.-T. -. K. -. K. K. konzorcium, „https://www.varpalota.hu," július 2018. [Online]. Available: https://www.varpalota.hu/wp-content/uploads/2018/08/III_V%C3%A1rpalota_H%C3%89SZ_180729.pdf. [Hozzáférés dátuma: 25 10 2023 18:50].

[5] D. N. Ferenc, Villamosenergia-ellátás II., Budapest: Óbudai Egyetem, 2011.

[6] D. Zrt., Villamos hálózat ellenőrzése és üzemeltetése, Dorog: Dunagáz gázipari oktatási és minősítő Zrt., 2018.

[7] E. Zrt., VÁT-H20 Villamosenergia-ágazati típusterv, 2002.

[8] E. Zrt, VÁT-H21 Villamosenergia-ágazati típusterv, 2013.

[9] D. N. Ferenc, Villamosenergia-rendszerek I., Budapest: Óbudai Egyetem, 2010.

[10] E. H. Zrt., Műszaki irányelv oszlopkapcsolók telepítéséhez, 2008.

[11] D. N. Ferenc, Villamosenergia-ellátás I., Budapest: Óbudai Egyetem, 2010..

[12] „www.kabelgyar.hu," [Online]. Available: https://kabelgyar.hu/katalogus/088_na2xsF2y.htm. [Hozzáférés dátuma: 06 12 2023 23:28].

[13] Siemens, „assets.new.siemens.com," [Online]. Available: https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:37d4cd51-a5d1-461d-be61-72beff40c354/fitformer-en.pdf. [Hozzáférés dátuma: 27 november 2023. 10.27].