



SZAKDOLGOZAT



ÓE-KVK

2021.

Hallgató neve: **Hallai Márk Domonkos**

Hallgató törzskönyvi száma: **T008098/FI12904/K**

Kötelezően választható tantárgycsoport: **Energetikai informatika**



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar
Villamosenergetikai Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Hallai Márk Domonkos

Szakdolgozat száma: SZD21090213457516

Törzskönyvi száma: T008098/FI12904/K

Neptun kódja: XXXXXXXXXX

Szak: villamosmérnöki (magyar nyelven)

Specializáció: Villamosenergetikai specializáció

A dolgozat címe: Közcélú elosztóhálózat fejlesztésének tervezése

A dolgozat címe angolul: Planning the development of a public distribution grid

A feladat részletezése: 1. A jelenlegi helyzet elemzése, a fejlesztés indokai

2. Függőleges oszlopkapcsolós leállítás tervezése

3. Betonházas transzformátorállomás kiválasztása

3. Földkábeles hálózat tervezése

4. Kötegezt szabadvezetékes hálózat tervezése

Intézményi konzulens neve: Dr. Novothny Ferenc Miklós

A kiadott téma elévülési határideje: -

Beadási határidő: 2021. 12. 15.

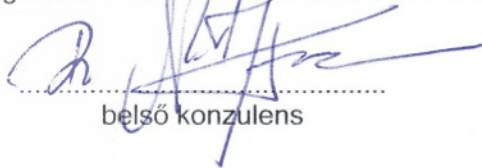
A szakdolgozat: Nem titkos.

Kiadva: Budapest, 2021. 11. 29.

P.H

Intézetigazgató

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találom:


belső konzulens


külső konzulens



HALLGATÓI NYILATKOZAT

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

Budapest, 2021. 12. 01.

.....
hallgató aláírása

TARTALOMJEGYZÉK

BEVEZETÉS.....	6
1. TERVEZÉS ELŐKÉSZÍTÉSE – EXPOZÍCIÓ	7
1.1. A tervezési feladat.....	7
1.2. A tervezés első lépései.....	9
1.3. Vasoszlop típusának méréssel történő meghatározása	10
2. FÜGGŐLEGES OSZLOPKAPCSOLÓ TERVEZÉSE KÁBELES LEÁGAZÁSHOZ.....	12
2.1. Az oszlopkapcsoló alkalmazása és tulajdonságai	12
2.2. Az oszlopkapcsoló műszaki jellemzői	13
2.3. Az oszlopkapcsoló elhelyezése és biztonsági övezete	14
3. BETONHÁZAS TRANSZFORMÁTORÁLLOMÁS KIVÁLASZTÁSA.....	16
3.1. A BHTR-állomás szerkezeti felépítése	16
3.2. A BHTR-állomás műszaki paraméterei	19
3.3. Középfeszültségű kapcsolóberendezés és műszaki jellemzői	21
4. FÖLDKÁBELES HÁLÓZAT TERVEZÉSE	23
4.1. Földkábel létesítésére vonatkozó általános előírások	23
4.2. 20 kV-os földkábel kiválasztása.....	25
4.3. 20 kV-os földkábel nyomvonalának meghatározása	26
4.4. 1 kV-os földkábel kiválasztása.....	28
4.5. 1 kV-os földkábel nyomvonalának meghatározása	29
5. SZIGETELT SZABADVEZETÉKES HÁLÓZAT TERVEZÉSE	30
5.1. 0,4 kV-os szigetelt szabadvezeték kiválasztása	30
5.2. Tartószerkezetek kiválasztása	31
5.3. Tartószerkezetek méretező számítása	33
5.4. Alapozás tervezése és ellenőrző számítása.....	40
5.5. Szabadvezeték belógás számítás	43

6. FOGYASZTÓI MÉRŐHELY ELLÁTÁSA FÖLDKÁBELES	
CSATLAKOZÓVAL.....	47
6.1. A földkábeles csatlakozó kiválasztása és nyomvonalának kijelölése	47
7. HÁLÓZAT MÉRETEZÉS FESZÜLTÉSÉGESÉSRE	49
7.1. Az utca végpontjainak feszültségesés vizsgálata.....	49
7.2. A földkábeles csatlakozó méretezése feszültségesésre	52
ÖSSZEGZÉS.....	53
SUMMARY	54
IRODALOMJEGYZÉK	55
MELLÉKLETJEGYZÉK.....	56

BEVEZETÉS

A XXI. század társadalma által diktált technológiai fejlődés következtében, a magyar villamosenergia fogyasztás hosszú távú trendje növekvő tendenciát ír le. Annak érdekében, hogy minden energiaigény kiszolgálásra kerüljön, a szükségletekhez kell igazítani a villamosenergia ellátó rendszert, ennek megfelelően a villamos hálózat folyamatos fejlesztésére van szükség.

Tahitótfalu, Pest megye északi részén, Budapest agglomerációjában található, 5722 fő lakta község. A települést ketté szelő Szentendrei-Dunaág nyugati oldalán, a Móricz Zsigmond utcában lévő egyik ingatlan tulajdonosa, új villamosenergia igényt nyújtott be az ELMŰ Hálózati Kft.-nek. A körzet megfelelő mértékű és minőségű energiaigényének kiszolgálása érdekében szükségessé vált a meglévő elosztóhálózat fejlesztése, átalakítása és új közcélú hálózat létesítése.

A közcélú villamoshálózat tervezés egy olyan összetett folyamat, amely nem csupán a műszaki megoldásmenet meghatározásával és annak folyamatával foglalkozik, hanem az engedélyezési folyamat jogi eljárásrendjének betartásával és a hozzáigazodásával egyaránt. A szakdolgozatom keretében betekintést nyerünk a közcélú kis és közép feszültségű villamos hálózat tervezés folyamatába, a fenti tervezési feladaton keresztül.

Bemutatásra kerülnek a napjainkba használt korszerű műszaki megoldások, berendezések és hálózati elemek, számítások alapján méretezett, szabványoknak megfelelő kiválasztása. A dolgozat megírásában, külső konzulensem és kollégáim (Czinki László és Bassó László) nyújtottak segítséget, akik sok éves tapasztalattal és számtalan eredményesen lezárt projekttel rendelkeznek a villamoshálózat tervezés területén. A belső konzulensem Dr. Novothny Ferenc - okleveles villamosmérnök-tanár és címzetes egyetemi tanár, aki az egyetem részéről nyújtott szakmai támogatást.

1. TERVEZÉS ELŐKÉSZÍTÉSE – EXPOZÍCIÓ

A Móricz Zsigmond utcában található ingatlan tulajdonosa, lakóházi felhasználásra 3x63 A és éjszakai vezérelt felhasználásra 3x40 A energiaigényt nyújtott be a szolgáltatóhoz. A jelenlegi, közel 100 fogyasztót ellátó 250 kVA teljesítményű oszloptranszformátor és elosztóhálózat nem bírná el az új igénnyel érkező többletterhelést. Ezért a hálózatkép átrendezésével, egy új transzformátorkörzet kialakításával, a jelenlegi szakaszhatárok módosításával és fogyasztók átcsoportosításával kell biztosítani az MSZ EN 50160:2011 szabvány által előírt, a közcélú elosztóhálózatokon szolgáltatott villamos energia feszültségének minőségi jellemzőit.

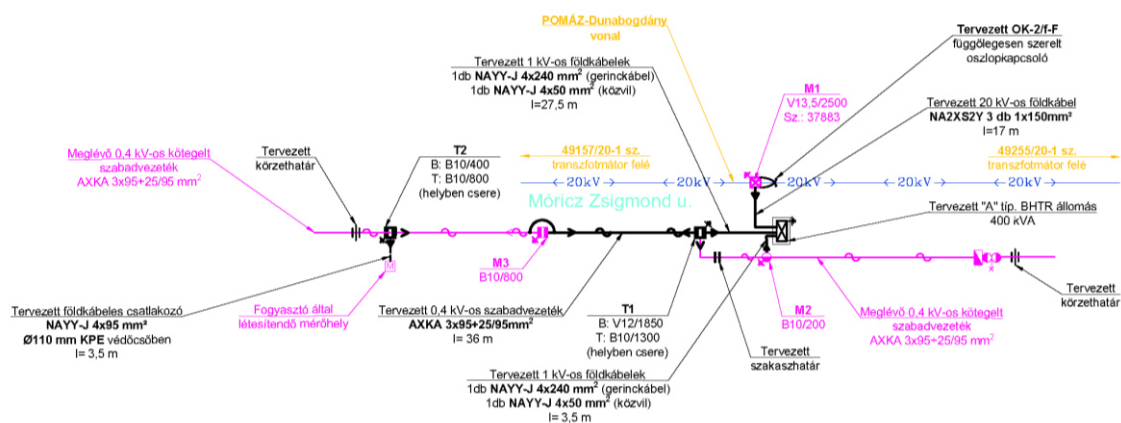
1.1. A tervezési feladat

A hálózati engedélyes a hozzá beérkező fogyasztói igénybejelentések alapján egy tervfeladatlapot és egy ellátási vázrajzot készít a villamos hálózattervező részére, melyben leírja a műszaki elvárásokat és javaslatot tesz azok megtervezésére. Ezekkel a dokumentumokkal a területileg illetékes projektirányító a munkahelyemet, az Észak-Budai Zrt. tervezési csoportját bízta meg a tervezési feladat elvégzésével. A tervezési csoport vezetője, miután megkapta a fenti dokumentumokat, engem jelölt ki a projekt megtervezésére és engedélyeztetésére.

A tervfeladatlap elemzése során kiderült, hogy egy 22 kV-os szabadvezetékes hálózatról kell megválasztani a tervezendő kisfeszültségű hálózatrészt, ehhez egy kb. 25 fm hosszú, oszlopkapcsolóval indított közepfeszültségű kábel-leágazást kell megtervezni. A közepfeszültség- lakossági igénybevételéhez egy „A” típusú betonházas transzformátorállomást kell elhelyezni. Az energia elszállításához két darab 1 kV feszültségű földkábeles leágazást, kell létesíteni transzformátorállomásból. Az egyik földkábelrel, a tervezett transzformátorállomás mellett elhelyezkedő, „M2” jelölésű B10/200-as típusú, áttört gerincű, tartó betonoszlopra kell felállni, amely a Móricz Zsigmond utca elejét fogja ellátni villamosenergiával, az új körzethatár kialakítását követően. A másik, 30 méter hosszan létesítendő földkábelrel egy meglévő vasoszlop

cseréjét követően létesített, „T1” jelölésű oszlopra felállva kerül megáplálásra a meglévő kötegelt szabadvezetékhalózat, amely az utca másik felét látja majd el energiával. Az ellátandó ingatlan előtt jelenleg elhelyezkedő betonoszlop, áttört gerincű feszítő betonoszlopra való cserélést követően, földkábeles csatlakozóval ellátható a kért energiaigény. A földkábeles csatlakozó érkeztetése, a műszaki előírásoknak megfelelő és a kiépített földkábelt fogadására alkalmas rendszerhasználói fogadóban (csatlakozószekrény vagy mérőszekrény) történik, amelyet a munkaterület átadása kezdetéig a tervezővel leegyeztetett és közösen elfogadott csatlakozási pontnak megfelelő helyen a fogyasztónak kell telepíteni.

A feladathoz hozzátartozik az is, hogy a kiválasztott betonházas transzformátorállomás rendelkezzen beépített közvilágítási modullal, hiszen a környék közvilágítási rendszerének megáplálását, hálózatképét üzemeltetői szempontok szerint, és a hálózatszerelés folyamán bekövetkezett balesetek csökkentése érdekében hozzá szükséges igazítani a gerinchálózat megváltozott sémájához. Ezért az erősáramú kábellel közös nyomvonalon, egy kábelárokban kell létesíteni a közvilágítási hálózatot tápláló kábelhálózatot is.



1. ábra: Egyvonalas nyomvonalrajz

1.2. A tervezés első lépései

A feladatleírás alapján meghatározom a pontos tervezési területet, amelyet érint a fejlesztés és ez alapján megrendeljük egy külső vállalkozótól a geodéziai alaptérképet. A tervezési alaptérkép tartalmazza a jogi határokat, a terepi adottságokat (pl. árkok, rézsűk), út- és járda burkolatokat, a különböző tereptárgyakat (pl. kerítéseket, táblákat, fákat és egyéb növényzeteket, épületfalakat, közműelzárókat, aknákat stb.), és ezek magassági viszonyát az Egységes Országos Vetületű koordináta-rendszer szerint. [1]

A tervezési alaptérkép beszerzését követően, a föld felett és a föld alatt elhelyezett közműrendszer térképét is be kell szerezni az egységes e-közmű nyilvántartói rendszerből, hiszen az engedélyezés folyamán figyelembe kell venni a különböző közművek elhelyezkedését és azoktól betartandó. A tervezési alaptérképre illesztett közműhálózati térkép már elegendő információval szolgál, hogy az engedélyezési rajz alapját képezze, és a tervezői organizációs bejárás során iránymutató legyen a tervezett nyomvonal meghatározásához.

Egyik kulcseleme a tervezési folyamatnak a tervezői organizációs bejárás, amely nélkül egyetlen munka érdemi tervezése sem kezdődhet meg. A helyszíni bejáráson részt vett az igénybejelentő, az üzemeltetői oldalról a területfelelős, egy műszaki ellenőr, és személyem, a tervező. A helyszínt szemrevételezve fotókkal dokumentálva és egy organizációs jegyzőkönyvben rögzítettem azokat a megállapításokat, amelyek irányadóak lettek a tervezési folyamat elindításában.

Általánosan a közműhálózatok nyomvonalának meghatározásakor arra kell törekedni, hogy azok közterületen helyezkedjenek el. Ez alól nem kivétel az erősáramú kábelhálózat és a hozzátartozó berendezések. Ezért a tervezés során a helyrajzszámok alapján, a földhivaltaltól lekért tulajdoni lapok segítenek meghatározni a tulajdoni viszonyokat. Figyelembe kell venni, hogy a nyomvonal és a hálózat bizonyos berendezései (pl. oszlopkapcsoló) biztonsági övezettel rendelkeznek, amelyet - ha az magánterületet érint, be kell jegyeztetni az ingatlan tulajdoni lapjára, vezetékJog jogcímen.

1.3. Vasoszlop típusának méréssel történő meghatározása

Egy oszlop típusának szemrevételezéssel történő meghatározása- nem minden esetben ad pontos eredményt. A több évtizede elhelyezett- korrodált, cserélendő vasoszlop nem rendelkezik adattáblával, hogy típusát meghatározhassuk, ezért helyszíni mérésre volt szükség. A mérés során két oszlopot mértem meg, egy kisfeszültségű és egy közép feszültségű tartó vasoszlopot. Az Erőterv Rt. által készített, VÁT-H4 típusú tervek alapján létesült vasoszlopok beazonosítása 3 paraméter mérése alapján történik alapvetően, de egy vezetéktávolság-mérővel is megmértem a legfelső vezeték magasságát.

Méréshez használt eszközök:

- HoldPeak HP-940 – Ultrasonic Cable Height Meter
- Mérőszalag

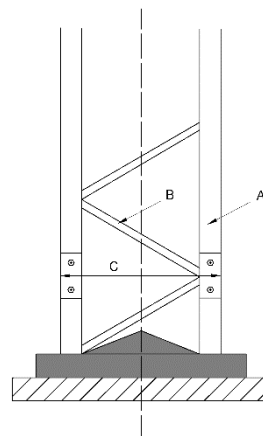
1. Mérés mérőszalaggal

Az alábbi ábrán ábrázolt, három szögacél elem méretének és egymástól való távolságának (A, B, C) mérőszalaggal történő lemérése a feladat.

A: „L” szögacél mérete

B: „L” szögacél mérete

C: Az oszlop terpesz távolsága



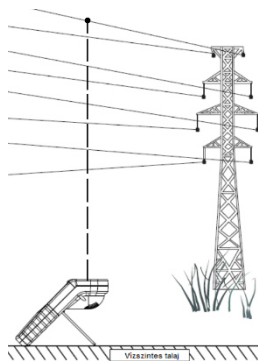
2. ábra: Oszlop méretei

Mérési eredmények:

	A [mm]	B [mm]	C [mm]
KIF vasoszlop	63x63x6	36x36x4	1038
KÖF vasoszlop	70x70x8	40x40x4	1120

2. Vezetéktávolság mérése

Az általunk használt HoldPeak HP-940, digitális ultrahangos vezetéktávolság mérő a mérés során 15° -os szögben, ultrahangos jelet bocsát ki a felette lévő vezetékrendszer felé, és a visszavert ultrahang idejéből számítja ki a vezetékektől való távolságot. [2]



3. ábra: Vezetéktávolság mérés műszerrel [2]

A fenti ábra alapján végeztem el a mérést, mivel egyenletes volt a talaj, így a műszert a földre lehetett helyezni. Ekkor a mérési magasság a kiválasztott (legfelső) vezeték és a készülék teteje közötti távolság.

Mérési eredmények:

	Távolság [m]
KIF vasoszlop	9,41
KÖF vasoszlop	11,65

Mérési eredmények kiértékelése:

A gyártó által megadott oszlop kiválasztó táblázat és a mérőszalaggal mért eredmények alapján megállapíthatóak az oszlopok alapvető tulajdonságai:

KIF oszlop: **V12/1850** – 12 méter magas és 1850 kp csúcs húzású

KÖF oszlop: **V13,5/2500** – 13,5 méter magas és 2500 kp csúcs húzású

Az ultrahangos módszer során kapott eredmények alátámasztják a mérőszalagos mérés során mért eredményeket.

2. FÜGGŐLEGES OSZLOPKAPCSOLÓ TERVEZÉSE KÁBELES LEÁGAZÁSHOZ

Az ELMŰ EEGIS rendszerében azonosítottam az utcában futó szabadvezeték hálózatot, amelyből kiderült a vonal neve, a szabadvezeték típusa és az oszlop nyilvántartás béli száma. A 22kV-os POMÁZ alállomás - Dunabogdány vonalról történő földkábeles leágazás indítása a 37883-as számú közép feszültségű vasoszlopra felszerelendő függőleges oszlopkapcsoló beiktatásával történik. Az oszlopkapcsoló felhelyezését megelőzően a meglévő vasoszlopot le kell festeni, a csomózólemezeit le kell cserélni, az oszlop alját fel kell betonozni és el kell távolítani az oszlopra felfutó növényzetet.

2.1. Az oszlopkapcsoló alkalmazása és tulajdonságai

Az ELMŰ Hálózati Kft. területén alkalmazandó berendezéseket és anyagokat, az általa meghatározott költségvetési táblázat tartalmazza. Ebből adódóan a Kaposvári Villamossági Gyár Kft. által forgalmazott különböző típusú oszlopkapcsolók közül kell kiválasztani a megfelelő modellt. Az általam választott modell az **OK - 2/f-F**, amely egy szelektív (kézi) földelőképes 3 fázisú földelőkapcsolóval felszerelt huzalhajtásos függőleges oszlopkapcsoló.

Ez a modell kiválóan alkalmas a szárnyvezetékek bontására, szakaszolásra, a vezetékszakasz kézi földelésére és akár több transzformátorállomást ellátó leválasztásra. A zártlati áram megszakítására ugyan nem alkalmas, de képes a névleges áram ki és bekapcsolására az ívöltő berendezésének segítségével. Az automata földelőkapcsolós készülékek hátránya, hogy kikapcsolt állapotban automatikusan földeli a hálózatot eleget téve a feszültségmentesítés követelményeinek, de ebben az esetben nem végezhetők mérések a hálózat ezen szakaszán. A helyszíni bejárás során tapasztaltak szerint, és a biztonságos kezelhetőségnek a szempontjait figyelembe véve, az oszlopkapcsolót a közép feszültségű vonal alá kell elhelyezni, oly módon, hogy annak kezelői használata során, az oszlop melletti út jármű forgalmát ne akadályozza.

Működési mechanizmusa: [3]

Kézi hajtással, bekapcsoláskor egy bizonyos holtpontig kell a készüléket működtetni, az átbillenést követően a segédrugós megoldásnak köszönhetően a mozgó érintkező nagy sebességgel záródik az önbeálló érintkezőkbe. A bekapcsolás folyamán az úgynevezett beakadó horog beakad az ívhúzó segédérintkezőbe.

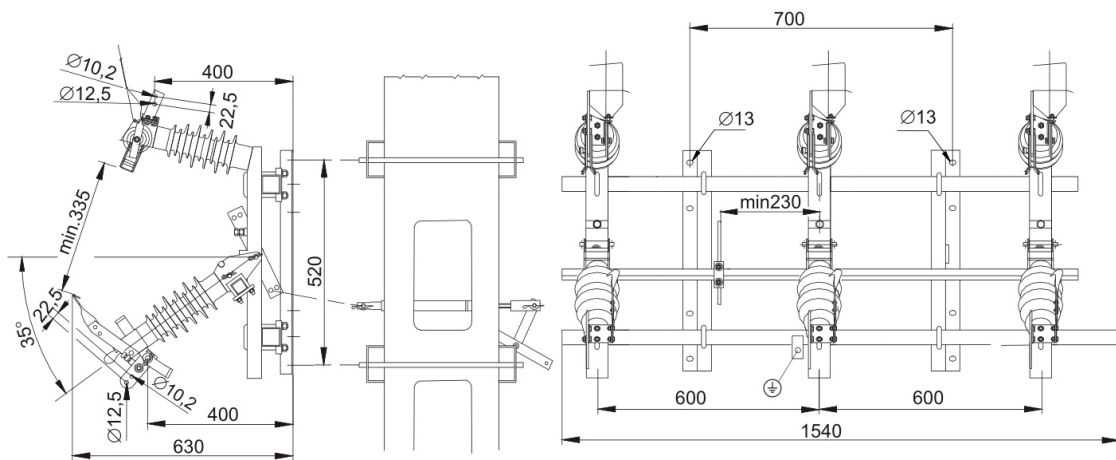
A kikapcsoláskor ismét csak az említett holtponton kell kézi erővel átbillenteni a készüléket, átbillenés után rugóerő működteti a mozgószigetelőt. Kikapcsolás folyamán a berendezés főérintkezői válnak el egymástól, a holtpont elérése után elpattan az úgynevezett ívhúzó rugó, ami a nagy mozgási-sebességének köszönhetően megszakítja a keletkező villamos ívet.

A madárvédelmi szempontokat a VÁT-H21 típusterv tartalmazza, figyelembe kell venni, hogy az oszlopkapcsoló elhelyezése, kizárólag a kereszttartó alatt történhet, a bekötéseket fekete, egyrétegű, burkolt vezetékkel kell szerelni, szükség esetén terelő szigetelőt kell alkalmazni. Az oszloptörzsön szerelt kapcsolókat a madarak sokkal kevésbé használják ülőhelyként, ezért közel azonos szerkezeti kialakításuk ellenére veszélyességük jelentősen kisebb a madárállományra nézve. [6]

2.2. Az oszlopkapcsoló műszaki jellemzői

A készülék jellemzői a következők: [3,4]

- rugó rásegítéses kézi hajtással van ellátva, amely a kezelőtől független, nagy zárlati bekapcsoló képességet biztosít
- nagy megszakítóképeséggel rendelkező érintkezők
- a földelőkapcsolója rugós működtetésű
- a földelés és a kapcsolás egyidejű működését mechanikus reteszelés akadályoz
- rendelhető motoros hajtással is
- tűzi horganyzott kivitel
- korrózióálló – 25 évnél hosszabb várható élettartam
- fázisonkénti szerelhetőség
- kiegészítőkkel utólag szerelhető, egyedi megoldások esetén
- könnyű, mindössze 86kg össztömeg (alapkivitel)



4. ábra: OK-2/f függőleges oszlopkapcsoló felépítése [3]

A kiválasztott oszlopkapcsoló műszaki és villamos paramétereit az 1. számú melléklet tartalmazza.

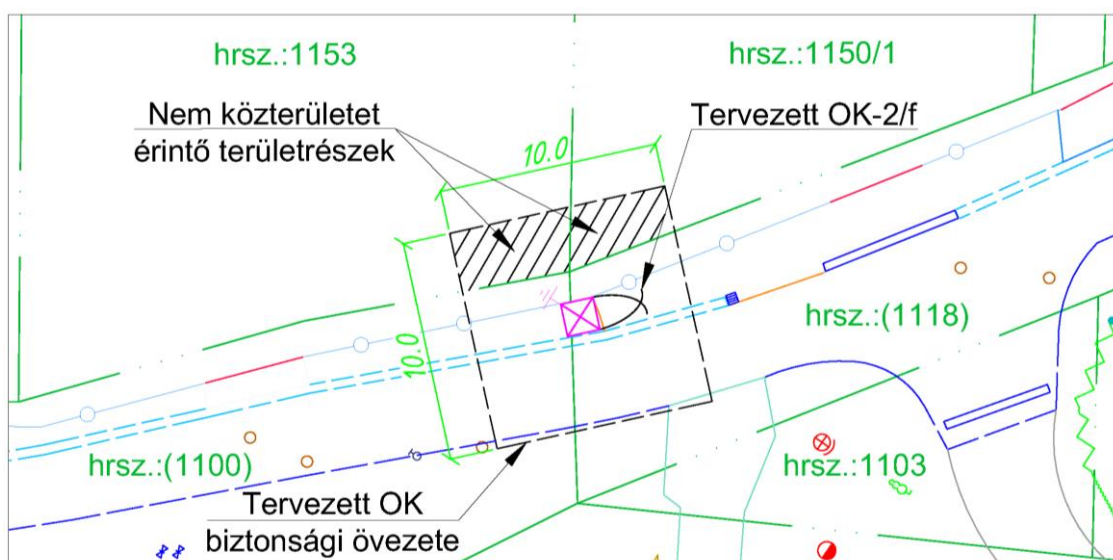
A berendezés gyártása folyamán alkalmazott szabványok betartását és alkalmazását független akkreditált vizsgaállomás igazolja. A készülék megfelel az MSZ EN 62271-102, MSZ EN 60265-1, MSZ EN 60694, MSZ-09-00.0295 és MSZ 1580/1 szabványok előírásainak. Az oszlopkapcsoló felszereléséhez figyelembe kell venni a VÁT H-2, VÁT H-3 és VÁT H-20 típusterveket. A készüléket csak földelőkerettel kiépített oszlopra lehet felszerelni, amelynél a földelés ellenállás maximum $10\ \Omega$. A potenciálbefolyásoló földelőkeret védi a kezelőt a lépésfeszültségtől földzárlat esetén. [3]

2.3. Az oszlopkapcsoló elhelyezése és biztonsági övezete

A tervezés során, úgy próbáljuk megválasztani a villamos berendezéseknek az elhelyezését, hogy azok közterületen helyezkedjenek el és a biztonsági övezetük ne érintsenek magánterületet. Közcéli hálózat, nem közterületre kiterjedő biztonsági övezete tekintetében a hatóság vezetékjogot állapít meg és a jogerős határozattal megkeresi az ingatlanügyi hatóságot a vezetékjog ingatlannyilvántartásba történő bejegyzése iránt.

A villamos művek, termelői, magán és közvetlen vezetékek biztonsági övezetéről a 2/2013. (I. 22.) NGM rendelet rendelkezik, amelynek erre az esetre vonatkozó paragrafusát az 2. számú melléklet tartalmaz.

Jelen esetünkre a 6. számú paragrafus ae) pontjában szereplő rendelkezése érvényes, ami azt jelenti, hogy az oszlopkapcsoló biztonsági övezetét egy 10x10 méter területű négyzet segítségével ábrázolhatunk rajz-technikailag. Az ábrázolást követően vizuálisan láthatóvá válik, hogy a biztonsági övezet mely földhivatali telekhatárokat keresztez.



5. ábra: Oszlopkapcsoló biztonsági övezete

Az 5. számú ábra a sraffozással jelölt területtel érintett 1153 és 1150/1-es helyrajzszámú ingatlan tulajdoni lapját lekérve kiderült, hogy a művelési áruk – kivett ház, udvar – amelyek nem a közterület részei, így vezetékjogi bejegyzésük szükséges.

3. BETONHÁZAS TRANSZFORMÁTORÁLLOMÁS KIVÁLASZTÁSA

Az oszlopkapcsolóval történő leállítás után ahhoz, hogy a középvezettségű villamos energia a lakossági célú felhasználásra alkalmas legyen, kisméretűre kell áttanformálni. Az ELMŰ által kiadott tervfeladatlapban jelen esetben egy betonházas transzformátorállomást szükséges létesíteni, amely egy korszerű, kisméretű, hatékony és nem utolsó sorba esztétikus megoldás. Az ELMŰ területén alapvetően az „A” típusú állomás különböző kiépítéseit lehet használni, más típus csak abban az esetben használható, ha a szükséges teljesítmény miatt 630 kVA-nél nagyobb teljesítményű transzformátorgépet kell beépíteni és a beépítési helyen ez a típus nem férne el, vagy az állomásba több berendezés beépítése szükséges.

3.1. A BHTR-állomás szerkezeti felépítése

A költségvetésben szereplő opciók közül a Kaposvári Villamosági Gyár Kft. által gyártott KTW-630 típust választottam, amelybe közvilágítási modul és egy 400 kVA-es transzformátor gép kerül. Gyárilag előszerelt, hosszú élettartam, fehér nemesvakolattal ellátott oldalfalak, tűzihorganyzott nyílászárók és sátoztető vagy lapostető jellemzi ezt a típust. Telepítése egyszerű, néhány óra alatt kivitelezhető, egy munkagödröt kell előkészíteni, amelynek mélysége 1 méter a talajszint alatt. Az alját vízszintezve 10 cm vastag kavicságy és 5 cm homokágy kerül. Erre kell rádaruzni a betonházat és elvégezni a gép beszerelését és kábelezését.

A konstrukció előnyei: [8,9,10]

- kis helyigény, gyorsan telepíthető, nem igényel alapozást
- időjárás- állóság, ellenáll az időjárás viszontagságainak
- 25-30 évig nem igényelnek jelentősebb karbantartást a szerkezeti elemek
- biztonságos kezelés, egyszerű karbantartás
- nagyfokú üzembiztosság
- vevőorientált konstrukció kialakítás (egyedi megjelenés, különböző berendezés típusok, igény szerinti szín összeállítás)

A konstrukció kis helyigénye azonban nem csak előnyt jelent, hanem rendkívül magas külső hőmérséklet mellett hátrányt is, hiszen a belső tér túlzott felmelegedésével üzemzavar jöhet létre. A régen használt, még ma is működő, nagy belsőtérrel rendelkező építettházias transzformátorállomások belső tere nem melegedik fel annyira, hogy az problémát jelentsen az üzemelésben.



6. ábra: Betonházas transzformátorállomás

Felépítését tekintve, 5 szerkezeti egységből áll: [8,9,10]

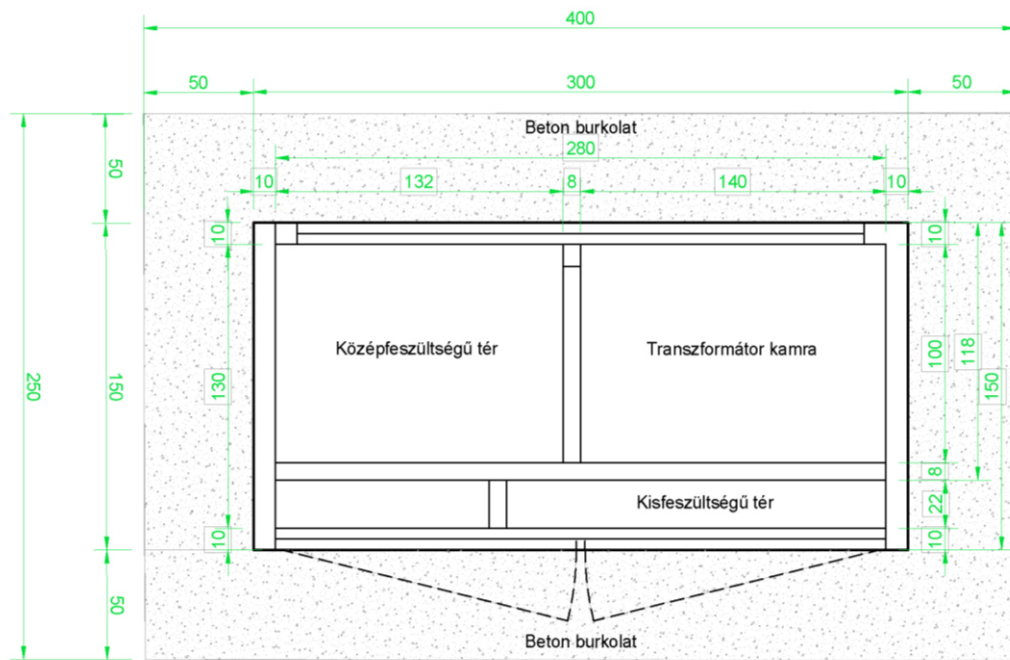
Betonház, ami B45-ös betonból készült, 10 cm vastag határoló falakkal és 8 cm vastag válaszfalakkal rendelkezik. A megfelelő hőáramlást és szellőzést, a transzformátortér és a kisfeszültségű tér nyílászáróin lévő szellőző nyílások biztosítják. A speciális acél zsaluzatnak köszönhetően repedésmentes és teljesen vízzáró a helyiség.

A **középfeszültségű tér** ad helyet a korszerű SF₆ gázszigetelésű középfeszültségű kapcsoló-berendezésnek. A kapcsolóberendezés alatt egy rácsos szerkezettel elválasztott expanziós nyíláson keresztül van csatlakozási lehetőség a transzformátortérbe.

Transzformátor tér, amelyben egy 400 kVA teljesítményű transzformátorgép kap helyet. Ha a körzetben növekednének a fogyasztási igények, akkor KTW-630-as BHTR állomásba 630 kVA nagyságú transzformátorgép is elhelyezhető.

A **kisfeszültségű térben** található a kisfeszültségű elosztóberendezés, melynek kialakítása a felhasználói igényekhez igazítható. A berendezés rögzítésére az acéllemezről készült vasszerkezet szolgál, amelyre a panelek csavaros kötással szerelhetők fel. A szerkezet közepén helyezkedik el a betáplálás, ami kábelsarus összeköttetésben van a transzformátor szekunder kapcsaival. A leágazási mezőben az EFEN EKDEO 1/2 1P V2 típusjelű eszközök találhatóak, amelyekben függőleges elrendezésben, pólusonként működtethető szakaszkapcsoló, biztosítóaljzatok vannak beépítve. Az alap konstrukcióban 6 db leágazás kap helyet, de lehetőség van 2 további aljzat beépítésére is. Továbbá a kisfeszültségű térben kap helyet a segédüzemi panel is, amin védelmi készülékek és egy mutatós árammérő van.

A kisfeszültségű elosztóberendezés mellé beépíthető még egy 4 leágazásos bővítőmodul, vagy közvilágítási modul, vagy 1 db ETM vezérlőberendezés. Jelen esetben egy KEB/KZV típusú közvilágítási modult szükséges beépíteni.



7. ábra: BHTR állomás felépítése a katalógus alapján

Az állomás egy összetett földelési hálózattal rendelkezik, a telepítése során kell kialakítani körülötte a földelését, továbbá az érintésvédelmi előírásoknak megfelelően, a kisfeszültségű berendezés alatt kialakított EPH sín biztosítja a földelő hálózatot.

Erre a sínre kell rácsatlakoztatni a BHTR állomás főbb szerkezeti egységeit:

- Betonház alaptest földelő kábelét és a betonház tetejét
- Közvilágítási modul földelő kábelét
- KIF kábeltartó földelő kábelét
- KÖF kapcsolóberendezés földelő kábelét
- Transzformátor földelő kábelét

A betonház földelő gerincvezetéke egy laposvasból kerül kialakításra, a többi elem pedig flexibilis vezetékkel kerülnek összekötésre. Az ELMŰ területen az állomás köré, 0,3 méter mélyen a talajszint alatt el kell helyezni egy lépésfeszültség csökkentő keretet, kiegészítve az állomás földelőhálóját. A keretföldelőt és a PEN sít összekötő csavaros kötés bontásával, egyszerűen ellenőrizhető későbbi mérésekkel a földelés állapota. A berendezés földelésére és biztonságos üzemeltetésére vonatkozó előírásait, az MSZ HD 2364, MSZ 1585 és MSZ EN 60439-es szabványok írják elő. [8,9]

3.2. A BHTR-állomás műszaki paraméterei

A transzformátorállomás méretei:

Hosszúság	300 cm
Szélesség	150 cm
Magasság (talajszint felett)	173 cm
Mélység (talajszint alatt)	65 cm
Betonház tömege (nem beépítve)	5000 kg
Villamosan készre szerelt tömeg	6000 – 6700 kg
Vasbeton tető tömege	1100 kg
Transzformátor tér mérete	100x140 cm

8. ábra: A KTW-630-as BHTR állomás méretei [8]

Ismerve a transzformátorállomás méreteit, figyelembe kell venni a helyszíni bejárás során az odaszállítás és a bedaruzás lehetőségeit. Tahitótfalun, a szabadvezetékektől való megfelelő távolságtartással a bedaruzás kivitelezhető, illetve az odaszállítás sem ütközhet akadályba az aszfaltozott utcáknak köszönhetően. A transzformátorállomás szállításához egy legalább 15 tonna teherbírású tehergépkocsi szükséges, a bedaruzáshoz pedig egy 12 tonna teherbírású daru, amely a kijelölt helyeken elhelyezett emelőfüleknél fogva, az előkészített alapra helyezi a berendezést.

A transzformátorállomás villamos paraméterei: (400 kVA-es transzformátorgéppel)

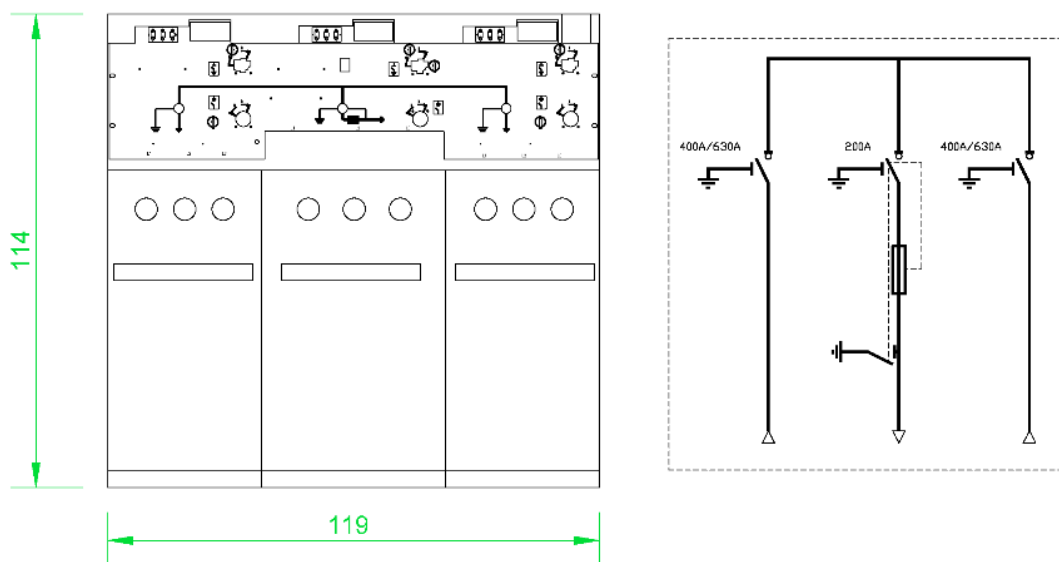
Transzformátorgép adatai	
Névleges teljesítmény	400 kVA
Maximális tr. veszteség	5400 W
Névleges feszültség	24/0,4 kV
Névleges primer áram	400 A
Névleges szekunder áram	630 A
Szellőzés osztálya	10 K
Zajszint	39,5 dB
Termikus primer határáram	16 kA - 1 sec
Termikus szekunder határáram	20 kA
Ívállóság	12,5 kA – 1 sec
Védettség	IP 33 D

9. ábra: A KTW-630-as BHTR állomás 400 kVA-es transzformátorral szerelt villamos paraméterei [8]

A villamos jellemzők határozzák meg alapvetően a megfelelő konstrukció kiválasztását. Jelen esetben a fenti táblázat szerinti összeállítás szerepel a feladatkiírásban, amely maradéktalanul kielégíti az ellátandó fogyasztói körzet villamos energia szükségleteit. A kiválóan szigetelt BHTR állomás által kibocsátott 39,5 db zajszint érték nem zavarja a közvetlen lakókörnyezetet sem, így elhelyezési szempontból ez a paraméter szinte elhanyagolható.

3.3. Középfeszültségű kapcsolóberendezés és műszaki jellemzői

A betonházas transzformátorállomás egyik kiemelkedően fontos berendezése a Ring Main Unit (RMU), ami egy hurkolt középfeszültségű hálózatra kialakított, középfeszültségű elosztóberendezés. Feladata, hogy a körhálózati kialakítás során beavatkozási pontként szolgáljon, így üzemzavar esetén csak kisebb hálózatrészt befolyásol a hiba, és a másik oldalról egyaránt biztosítható a betáplálás. A berendezés egy kompakt, kis méretű, fémtokozott házban kap helyet, ami SF₆ gázzal van megtöltve.



10. ábra: Középfeszültségű kapcsolóberendezés felépítése és egyvonalas rajza a katalógus alapján

Az ELMŰ Hálózat területén alkalmazandó Schneider Electric által gyártott RM6 típusú berendezést választottam, amely két vonali mezővel és egy transzformátor mezővel rendelkezik. Az RM6 termékcsaládon belül is rengeteg mező kombináció állítható össze, ebben az esetben az RM6 IQI két szakaszolós – egy biztosítóval társított terheléskapcsolós cellakombinációt választottam, hiszen ez a modell alkalmas a gyakran fellépő zártas leágazásokban. A kapcsolóegységek egy SF₆ gázzal feltöltött, króm-nikkel korrózióálló tartályban helyezkednek el. A berendezés zárlati szilárdsága 16 kA 1s-nál ezzel megfelel az egyik legfontosabb kiválasztási szempontnak egyaránt.

A típus jellemzői és előnyei a következők: [11,12]

- Az IEC 62271-200-as szabvány belső ívállósági feltételeinek megfelel
- Látható földelési csatlakozásokkal rendelkezik – földelőkapocs állapotjelzése
- Tartós kialakítását és minőséget az ISO 9001 és ISO 9002 minősítés garantálja
- Könnyen telepíthető és rögzíthető
- 30 éves várható élettartam

4. FÖLDKÁBELES HÁLÓZAT TERVEZÉSE

A közép feszültségű villamosenergia transzformátorhoz történő elszállítására a meglévő kisfeszültségű hálózatra és a fogyasztói mérőhelybe csatlakozáshoz is földkábeles hálózat létesítése szükséges. Ezen fejezet tartalmazza, az ELMŰ területen létesítendő földkábeles hálózatokra vonatkozó általános irányelveket, a földkábelek kiválasztását, azok műszaki jellemzőit és szó esik a hálózat létesítésre vonatkozó műszaki előírásokról, jogi szabályozásokról egyaránt.

4.1. Földkábel létesítésére vonatkozó általános előírások

A közcélú, földkábeles hálózat tervezés során legtöbbet alkalmazott műszaki előírás az MSZ 13207:2020 sz. szabvány, amely a 0,6/1 kV-tól 20,8/36 kV-ig terjedő névleges feszültségű villamosenergia-kábelek és jelzőkábelek kiválasztásával, fektetésével és terhelhetőségével kapcsolatos előírásokat tartalmazza.

A kábelnyomvonal kijelölését az MSZ 13207:2020 sz. szabvány 5.1. pontja a következőképpen határozza meg:

„A kábel nyomvonalát és elhelyezési módját (kábelárokban, kábelvédőcsőben, csatornában, alagútban, közműalagútban, közműfolyosóban, egyéb vezetékcsatornában stb.) a kábel és az általa ellátott létesítmények üzembiztonsági követelményei, a talajviszonyok és a terepadottságok, továbbá az egyéb meglévő és tervezett létesítmények figyelembevételével úgy kell megválasztani, hogy a célnak megfelelő, gazdaságos és üzembiztos megoldást adjon.” [13]

A kijelöléskor figyelembe kell venni azt is, hogy a nyomvonal a meglévő és tervezett létesítményekkel párhuzamosan, vagy azok keresztezése esetén merőlegesen keresztezve haladjon. A kábelvonal részzszakaszai egyenesek lehetnek, az íves nyomvonalvezetés nem megengedett. Külterületen a nyomvonal lehetőleg a telekhatár mentén, minimum 1 méter távolságra legyen kijelölve. A meglévő létesítmények (vasút, épületek, nyomvonalas létesítmények) keresztezését a lehetőségekhez mérten kerülni

kell, amennyiben ez nem lehetséges, a földkábelt kiegészítő mechanikai védelemre használható, közepes nyomásállósági és normál ütésállósági osztályú műanyag, acél- és betoncső védelemmel kell ellátni, vagy irányított fűrásos technológiával kell elvégezni a fektetést. [10,13]

Az út alatt úgy kell elhelyezni a földkábelt, hogy a védőcső felső alkotója és az útburkolat felszíne közötti legkisebb függőleges távolság legalább 1 méter legyen és a védőcső az útszegélytől 0,5-0,5 méter-re túlnyúljon. Távközlési berendezés keresztezésekor a megengedett legkisebb megközelítési távolság 0,5 méter, de helyhiány esetén, ha a híradástechnikai kábel és a villamosenergia-kábel is védőcsőbe van fektetve, akkor 0,2 méter. Vízvezeték vagy csatorna keresztezése esetén, a két létesítmény közötti legkisebb távolság legalább 0,5 méter legyen, amennyiben ez a távolság nem tartható, védőcsövet kell alkalmazni, amely 0,5-0,5 méter távolsággal túlnyúlik. Gáz- és hőolajtermék szállító vezetékek keresztezési, illetve megközelítési feltételeit az üzemeltető szabja meg. [13]

Figyelembe kell venni a földkábeles hálózat létesítésekor a megengedett legkisebb fektetési hőmérsékletet, amely -5°C . Ez azt jelenti, hogy ennél alacsonyabb hőmérséklet mellett csak előmelegítve lehet a kábelt lefektetni. Meghatározó mechanikai paraméter a kábel hajlítási sugara, amelyet a termék műszaki leírása tartalmaz. Ennek hiánya esetén a szabvány többféle kábelnél 12-szeres átmérőt, egyenes kábelnél 15-szörös átmérőt határoz meg. [13,14]

Nyíltárokos kábelfektetési technológia esetén, az árok kiásásakor ügyelni kell a földalatti építmények biztonságára, ezért bizonyos esetekben kézi feltárással szükséges elvégezni a földmunkákat. Ha a talaj hőellenállása $2,5 \text{ KJ/m}^2$ -nél nagyobb, akkor javasolt a talajt jobb hővezetésű talajra cserélni. A II. és VII. talajosztály csoportok esetén legalább 5 cm vastagságú homokágy ágyazórétegre kell fektetni a földkábelt és legalább 5 cm-es homokággal kell lefedni. A szabályozott terepen történő kábelfektetés esetén a fektetési mélység 0,6 - 0,8 méter legyen, szabályozatlan terep esetén pedig legalább 1 méter. Védőcső alkalmazása esetén kisebb mélységben is elhelyezhető a földkábel. [13]

A kábelfektetés során figyelembe kell venni a kábel gyártója által meghatározott legnagyobb húzóigénybevételt. Ha a műszaki előírás nem áll rendelkezésre, akkor a szabvány által meghatározott formulát kell alkalmazni:

$$P = S\sigma$$

ahol, S : a megfogott vezetők keresztmetszete [mm^2]

σ : megengedett húzófeszültség

$\sigma_{\text{AL}} = 30 \text{ N/mm}^2$ (Alumínium esetén)

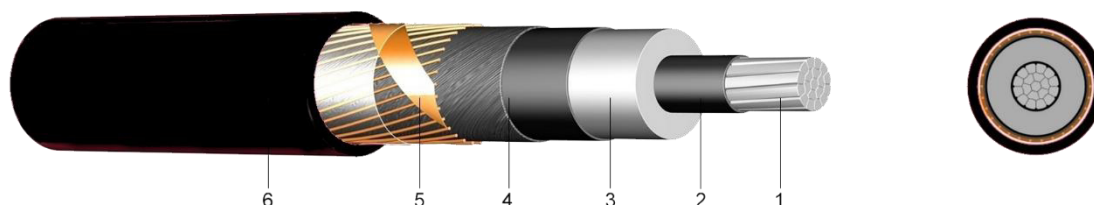
$\sigma_{\text{CU}} = 50 \text{ N/mm}^2$ (Réz esetén) [13]

A kábelárokban, ha több földkábel fektetünk, akkor azokat lehetőség szerint egy mélységben kell elhelyezni. A szélső kábel külső síkja és a kábelárok széle közötti távosság legalább 10 cm legyen. Minden föld alatt elhelyezett erősáramú földkábel felett el kell helyezni egy folyamatos jelzőszalagot. A jelzőszalagot a védőcső felett 0,3 méter távolságra kell elhelyezni, amelyen legalább 2 méterenként szerepel a vörös színű villám szimbólum, a „villamosenergia-kábel” megnevezés és az üzemeltető neve. [13]

4.2. 20 kV-os földkábel kiválasztása

Olyan közép feszültségű, extrudált szigeteléssel rendelkező kábelt kell választani, amely megfelel az MSZ HD 620 S2 szabvány előírásainak. Általános szempont, hogy a kábel külső vízzáró burkolata csak műanyag lehet. A megfelelő földkábel típusának meghatározását a környezeti szempontok figyelembevételével szükséges megválasztani. Tahitótfalu ezen része II. osztályú talajtípussal rendelkezik, ennek megfelelően a korrózió hatásának ellenálló polietilén burkolatú kábelt kell használni, vízzárással ellátva. Közép feszültségű létesítmények esetén, az MSZ EN 619936-1 szabvány hőállósági és tűzállósági előírásait kell figyelembe venni. A névleges feszültségnek, zárlati szilárdságnak, üzemi melegedésnek, a dinamikus és termikus igénybevételnek megfelelően szükséges kiválasztani a kábelt.

Az ELMŰ területen alkalmazott és költségvetésében szereplő lehetőségek közül, az NA2XS2Y 1x150 RM/25 12/20 kV típusú kábelt választottam. Az egyerű kábeltől 3 darabot kell lefektetni egysíkú elrendezésben.



11. ábra: NA2XS2Y földkábel szerkezeti felépítése [15]

Jelmagyarázat: [14]

- N: Szabványosság jele
 A: Alumínium vezető (1)
 Belső félvezető réteg (2)
 2X: Térhálós polietilén (THPE) szigetelés (3)
 Külső félvezető réteg (4)
 S: Rézhuzal árnyékolás (5)
 2Y: Polietilén (PE) kábelköpeny (6)
 RM: Sodrott körszelvényű a vezető szerkezete

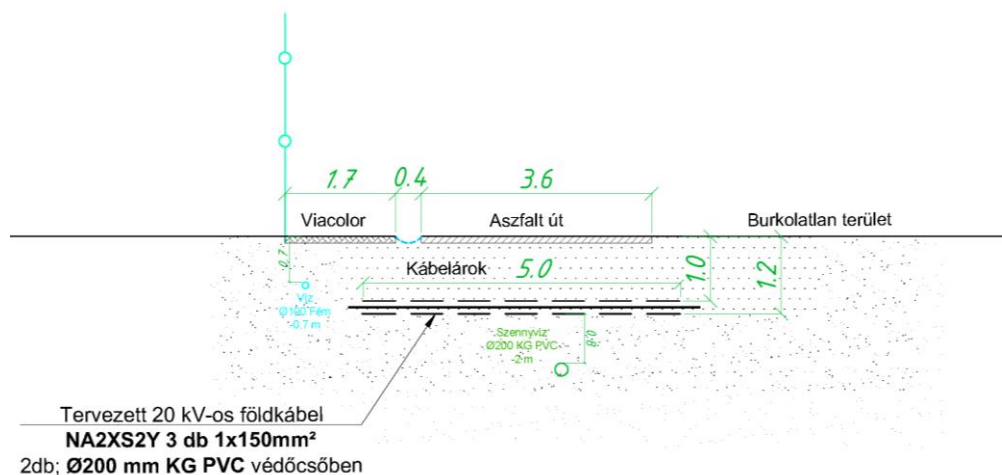
A kiválasztott földkábel villamos jellemzőit az 3. számú melléklet tartalmazza.

4.3. 20 kV-os földkábel nyomvonalának meghatározása

Az oszlopkapcsolóval történő leágazást követően a földkábeleket, a talajszinttől mért 3 méter magasságig védőcsőbe kell vezetni és acélszalaggal az oszlophoz kell rögzíteni. A leágazást követően az előkészített nyílt kábelárokba, 1,2 méter fektetési mélységen egy 200 mm átmérőjű KG PVC védőcsőben kell elhelyezni a földkábeleket, háromszög elrendezésben. Az aszfalt úttest keresztezése átvágással történhet, hiszen az út tulajdonosa és kezelője hozzájárult a burkolat felbontásához, bizonyos feltételek teljesülése esetén. Az úttest burkolatának helyreállításáról a kivitelező cég gondoskodik,

a közútkezelői nyilatkozatban szereplő helyreállítási kritériumoknak megfelelően. 22 kV-os földkábelek esetén műanyag fedlap használata szükséges, illetve egyéb közművezeték érintése esetén elválasztó idomot kell használni. A kábeleket időtálló jelzéssel és felirattal kell ellátni 10 méterenként és a védőcsövek elején és végén, amelyen felvan tüntetve a kábel típusa, fektetés éve, a vonal neve.

A kábelárok jellemző metszetrajzát aszfalt-beton úttest átvágása esetén, a 8. számú melléklet nyomvonalrajza illusztrálja. Aszfalt út alatti keresztezés esetén el kell helyezni egy tartalék védőcsövet is, a védőcsöveknek az út szegélyétől 0,5-0,5 méterrel túl kell nyúlniuk. A keresztezendő út alatt elhelyezkedő azzal párhuzamosan haladó, 200 mm átmérőjű, 2 méter mélyen található KG PVC szennyvíz vezeték keresztezésére is figyelmet kell fordítani. A Duna Menti Regionális Vízmű Zrt. által üzemeltetett szennyvízvezeték megközelítéséhez, illetve keresztezéséhez hozzájárulást kell kérni.

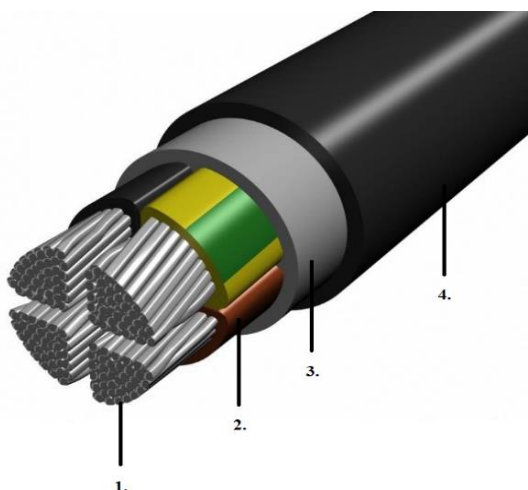


12. ábra: Móricz Zsigmond utca keresztezésének metszetrajza

Az úttest keresztezését követően, egy beton gyepráccsal ellátott autóbeállót kell keresztezni a földkábelekkel, ahol az esetlegesen fellépő mechanikai behatás miatt KG PVC védőcsövet kell alkalmazni. A gépkocsibehajtó keresztezése után egy burkolatlan füves területen kell vezetni a nyomvonalat 0,7 méter fektetési mélységen. A kábelárok jellemző metszetrajzát gyeprácsos gépkocsibehajtó és burkolatlan terület esetén a 8. számú melléklet tartalmazza. A 20 kV-os földkábeleket ezt követően a BHTR állomás középfeszültségű terébe kell beforgatni. A tervezett nyomvonalrajzot, a 8. számú melléklet tartalmazza.

4.4. 1 kV-os földkábel kiválasztása

Az 1 kV-os földkábel kiválasztása esetén is ugyanazokat a szempontokat kell megvizsgálni, mint a 20 kV-os kábel esetében. A kisfeszültségű, extrudált szigetelésű kábelek szereléséhez az MSZ EN 50393 szabvány szerinti szerelvényeket szabad alkalmazni. Az oszlopra történő felállásnál a földkábelt napsugárzás érheti, ezért olyan PVC burkolattal kell ellátni, amely legalább 1% polietilén esetén legalább 2% koromtartalommal bír. Hőállóság és tűzállósági szempontból KIF létesítmények esetén az MSZ HD 60364-esz szabvány az irányadó. [13] Az ELMŰ költségvetéséből választottam ki az NAYY-J 4x240 mm² SM 0,6/1 kV típusú földkábelt, a 4. számú melléklet alapján.



13. ábra: NAYY-J földkábel szerkezeti felépítése

Jelmagyarázat: [14]

- N: Szabványosság jele
- A: Alumínium vezető (1)
- Y: Polivinil-klorid (PVC) szigetelés (2)
- Y: PVC kábelköpeny (3,4)
- J: Zöld/sárga ér -jelölés
- SM: Sodrott szektorszelvényű a vezető szerkezete

4.5. 1 kV-os földkábel nyomvonalának meghatározása

A betonházas transzformátorállomás kisfeszültségű teréből kitápláló egyik földkábelrel, és közvilágítási modulból induló, NAYY-J 4x50 mm² SM 0,6/1kV típusú földkábelrel fel kell állni az M2 jelölésű B10/200-as típusú áttört gerincű betonoszlopra, amely a BHTR mellett található. A kábeleket az oszloptótól számítva, 3 méter magasságig védőcsőben kell vezetni és acélszalaggal kell az oszlophoz rögzíteni. Ez a két kábel látja el a BHTR állomás és a Móricz Zsigmond utca 1. közötti szakaszt és annak közvilágítási hálózatát.

A másik kisfeszültségű kitápláló gerinckábel és közvilágítási kábelt burkolatlan területen kell tovább vezetni 0,6 méter fektetési mélységen. A gyeprácsos gépkocsibehajtó alatt a kábeleket, egy kábelárokban, egy 160 mm és egy 110 mm átmérőjű KG PVC védőcsőben kell vezetni, amelyek 0,5-0,5 méterrel túlnyúlnak a behajtón. A védőcsövek átmérőjét úgy kell megválasztani, hogy a földkábel külső átmérőjének a kétszeresénél nagyobbak kell lennie. A gyeprácsos gépkocsibehajtó védőcsőben történő keresztezését, a 8. számú melléklet metszetrajza tartalmazza. Ezt követően a kábelt ismét burkolatlan területen kell tovább vezetni az utcával párhuzamosan, 18,5 méter hosszan. A nyomvonalat keresztező, DN63 méretű KPE földgáz vezetékét védőcsőben kell megközelíteni és keresztezni a földkábelrel úgy, hogy a védőcső 0,5-0,5 méterrel nyúljon túl a keresztezési ponton. Az érintettség következtében, külön nyilatkozat beszerzése szükséges a földgázvezeték üzemeltető vállalatától, amelyben hozzájárul a keresztezéshez.

A másik kábelpár, a T1 jelölésű B10/1300-as típusú, tervezett- áttört gerincű feszítő betonoszlopon csatlakozik a létesítendő 0,4 kV-os szabadvezeték-hálózathoz. A kábeleket az oszlopra ebben az esetben is 3 méter hosszan, védőcsőben kell vezetni, és acélszalaggal rögzíteni az oszlophoz. Ezek a kitápláló gerinc- és közvilágítási kábelek táplálják meg a BHTR állomás és Móricz Zsigmond utca 22. szám közötti hálózatrészt és annak közvilágítási hálózatát. A 9. számú melléklet tartalmazza a tervezett nyomvonalrajzot.

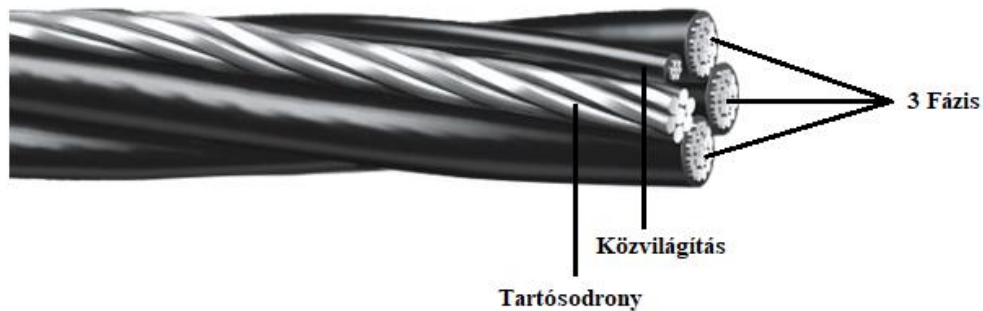
5. SZIGETELT SZABADVEZETÉKES HÁLÓZAT TERVEZÉSE

A villamosenergia szállítása nem csupán földkábelben keresztül történik, a létesítendő és meglévő szigetelt szabadvezetékes hálózatot használva kerülnek kiszolgálásra a fogyasztók. A manapság egyre inkább elterjedt, szigetelt szabadvezeték hálózat elemeinek kiválasztását, létesítését és méretező számítását ismerteti ez a fejezet. A Móricz Zsigmond utcában található meglévő szabadvezeték hálózat tartószerkezetei áttört gerincű betonoszlopok és vasoszlopok, amelyek közül két darabot helyben cserélni szükséges a nem megfelelő funkcionalitás és műszakiállapot okán. Az MSZ 151-8:2002-es szabványt vettem alapul a hálózat méretezése és eleminek kiválasztása során, amely a legfeljebb 1 kV névleges feszültségű szabadvezetékek létesítési előírásait tartalmazza.

5.1. 0,4 kV-os szigetelt szabadvezeték kiválasztása

A szabadvezeték típusát úgy kell kiválasztani, hogy a vezető anyaga és keresztmetszete kellően ellenálljon a káros légköri behatásoknak (pl. füstgáz, UV sugárzás, hőmérséklet.) A szabadvezeték szerkezetét tekintve sodronyszerkezetű legyen. A vezető megengedett legkisebb keresztmetszete 16 mm^2 lehet. A vezetőt olyan húzóerővel kell feszíteni, hogy $-5 \text{ }^\circ\text{C}$ hőmérsékleten pótteherrel, szélteher nélküli és $-20 \text{ }^\circ\text{C}$ hőmérsékleten pótteher és szélteher nélküli esetben sem keletkezhessen a benne megengedettnél nagyobb húzófeszültség. A vezetőköteg tartósodronya ötvöztött alumíniumból kell, hogy készüljön és legalább 50 mm^2 keresztmetszetűnek kell lennie. A választott szigetelt vezető anyagának és keresztmetszetének az MSZ HD 626 S1 vagy az MSZ 1166-32 szabvány előírásainak kell megfelelnie. Szigetelt szabadvezeték hálózat esetén a megengedett legnagyobb oszlopköz 50 méter és a maximális megengedett feszítőköz 500 méter. [18]

Áramszolgáltatói javaslat és a költségvetés alapján az AXKA 3x95+25/95 mm^2 típusú AASC tartósodrat köré sodort $-40 \text{ }^\circ\text{C}$ -ig hidegálló XPLE érszigetelésű kötegelt szabadvezetékot választottam.



14. ábra: Az AXKA szigetelt szabadvezeték szerkezeti felépítése

Műszaki jellemzői:

AXKA 3x95+25/95 mm ²	
Méret:	3x95+25/95 RM
Külső átmérő:	41,3 mm
Szakítószilárdság:	13,5/4 kN
Terhelhetőség:	240/107 A
Tömeg:	1382 kg/km

5.2. Tartószerkezetek kiválasztása

A tervezett oszlopokat úgy kell kiválasztani, hogy azok megfeleljenek az üzemeltetés során fellépő, vezetőre ható erők igénybevételeinek és a földrajzi fekvés következtében adódó környezeti feltételeknek egyaránt. Tehát olyan teherbíró és állékony oszlopot kell választani, ami a várható terhelések során nem dől meg, nem mozdul el és nem süllyed el a talajban.

Az oszlopot érő terhelések: [10]

- Állandó terhek: Az oszlopszerkezet saját súlya, az oszlopra felszerelt elemeknek a súlya, a vezető pótteher nélküli súlya
- Változó terhek: vezetőhúzások vízszintes irányú összetevője, szélteher, szerelő és a szerszámainak súlya
- Járulékos terhek: Minden olyan típusú terhelés, amely az oszlop teherbíró-képességét befolyásolja

Az oszlopok teherbíró-képességét, határerővel vagy másnéven csúcshúzással jellemezzük, amely az oszlop csúcsán fellépő vízszintes síkban megengedett legnagyobb igénybevételt jelenti. Mértékegysége a newton. Egy oszlop csúcshúzását úgy határozhatjuk meg, hogy az oszlopra ható erőket az oszlop csúcsára redukáljuk, így összevethető lesz a tényleges terhelhetőséggel. Az áttört gerincű betonoszlop csúcsára ható erő x irányú komponenseit az alábbi formulával lehet meghatározni: [10]

$$F_{xk} = \frac{1}{h_0} \times \sum_{i=1}^n F_{ix} \times h_i \quad [N]$$

Az y irányú komponenseket is hasonló módon lehet meghatározni.

Az oszlop akkor megfelelő, amennyiben az alábbi feltétel teljesül:

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

Ahol a nevezőben szereplő F_{x0} és F_{y0} az oszlop maximális terhelhetősége az adott síkokban.

A meglévő szabadvezetékhalózat tartószerkezetei közül egy jelentősen korrodált és műszakilag rossz állapotban lévő, az 1.3-as fejezetben, mérésel meghatározott, V12/1850 típusú vasoszlopot kell helyben kicserélni, a nyomvonalrajzon „T1” jelöléssel ellátott, áttört gerincű feszítő betonoszlopra. A másik kicserélendő oszlop a Móricz Zsigmond utca 22. ingatlan előtt álló, B10/400-as típusú áttört gerincű tartó betonoszlop, amelyet egy nagyobb csúcshúzású, „T2” jelölésű áttört gerincű feszítő betonoszlopra kell cserélni.

Az áramszolgáltató költségvetésében szereplő, áttört gerincű betonoszlopok közül, a T1 jelöléssel ellátott oszlopnak egy B10/1300-as feszítő oszlopot választottam áramszolgáltatói javaslatra, hiszen az oszlopot két oldalról fogja húzó igénybevétel érni. Az új transzformátor körzet kialakításához egy B10/800-as feszítőoszlopra van szükség, amely a T2 jelölést kapta. Mindkét választott oszloptípus esetében ellenőrző számítást kell végezni, amely alátámasztja a hosszútávú, üzembiztos feladatellátást.

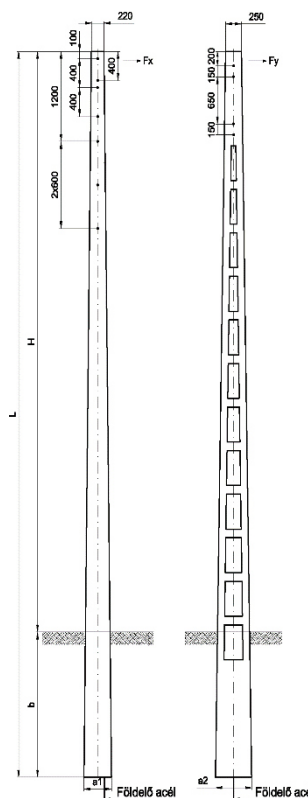
Az oszlopok elnevezése az anyagra jellemző betűjelből, az utána következő magasságát meghatározó számból és a terhelhetőségéből adódik (pl. B10/800, ahol B: beton, 10: 10 m magas, 800: 800 N csúcshúzású).

5.3. Tartószerkezetek méretező számítása

A tervezett nyomvonalrajzon a „T1” jelölésű feszítő betonoszlopot úgy kell beállítani, hogy mindkét irányba megtudja feszíteni a kötegelt szabadvezetékét. Ennek megfelelően az oszlop áttörésinek merőlegesen kell állniuk a szögfelező irányához képest. A méretezési számítás során, az oszlopot érő négy terhelési esetet vizsgálunk meg.

Adatok: [20,21]

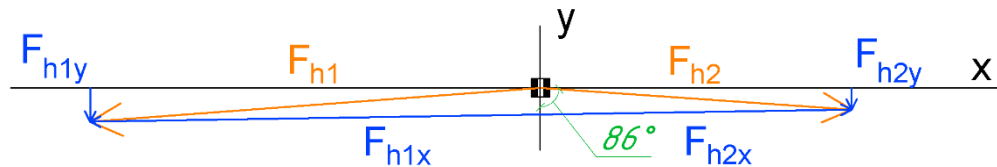
- Nyomvonal törési szöge: $\delta = 172^\circ$
- Felfüggesztési magasság: $h = 8 \text{ m}$
- Húzófeszültség: $\sigma_{\text{meg1}} = 60 \text{ N/mm}^2$
 $\sigma_{\text{meg2}} = 30 \text{ N/mm}^2$
- x irányú terhelhetőség: $F_{x0} = 13 \text{ kN}$
- y irányú terhelhetőség: $F_{y0} = 7,5 \text{ kN}$
- Tartósodrat keresztmetszete: $A_t = 93,25 \text{ mm}^2$
- Sodrony alaki tényezője: $c_s = 1,1$
- Sodrony egyenlőtlenségi tényezője: $\alpha = 1$
- Szélsebesség: $v = 31 \text{ m/s}$
- Oszlopközök: $l_1 = 36 \text{ m};$
 $l_2 = 26 \text{ m}$
- Oszlop méretei: $b = 2 \text{ m} \quad H = 8 \text{ m} \quad L = 10 \text{ m}$



15. ábra: B10/1300 oszlop metszetrajza [20]

A. „Rendes 1a” terhelés

- Vezetőhúzás: Mindkét oldalon a teljes vezetőhúzás 2/3-a
- Szélteher: Szögfelező irányban
- Pótteher: Nincs



16 ábra: T1 jelű oszlop vezetőhúzásai

Az „F_h” húzóerők kiszámítása:

$$F_{h1} = \frac{2}{3} \cdot \sigma_{\text{meg1}} \cdot A_t = \frac{2}{3} \cdot 60 \cdot 93,25 = 3730 \text{ N}$$

$$F_{h2} = \frac{2}{3} \cdot \sigma_{\text{meg2}} \cdot A_t = \frac{2}{3} \cdot 30 \cdot 93,25 = 1865 \text{ N}$$

A húzóerők x és y irányú komponenseinek meghatározása:

$$F_{h1x} = F_{h1} \cdot \sin \frac{\alpha}{2} = 3730 \cdot \sin \frac{172}{2} = 3720,91 \text{ N}$$

$$F_{h1y} = F_{h1} \cdot \cos \frac{\alpha}{2} = 3730 \cdot \cos \frac{172}{2} = 260,19 \text{ N}$$

$$F_{h2x} = F_{h2} \cdot \sin \frac{\alpha}{2} = 1865 \cdot \sin \frac{172}{2} = 1860,46 \text{ N}$$

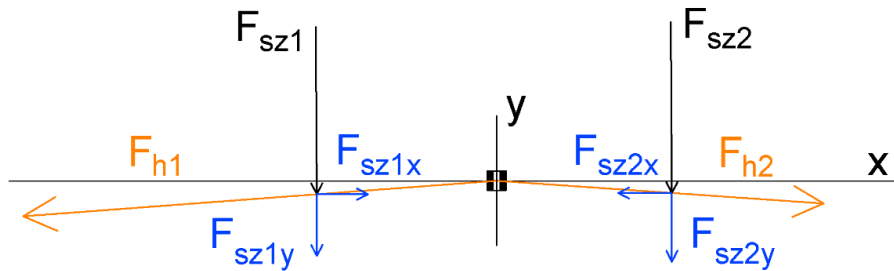
$$F_{h2y} = F_{h2} \cdot \cos \frac{\alpha}{2} = 1865 \cdot \cos \frac{172}{2} = 130,10 \text{ N}$$

Az x és y irányú húzóerők összesítve:

$$F_{hx} = F_{h1x} - F_{h2x} = 3720,91 - 1860,46 = 1860,45 \text{ N}$$

$$F_{hy} = F_{h1y} + F_{h2y} = 260,19 + 130,10 = 390,29 \text{ N}$$

A szélteher számolása:



17. ábra: „Rendes 1a” eset során fellépő szélterhelések

$$F_{sz1x} = \alpha \cdot c \cdot \frac{v^2}{1,6} \cdot d \cdot \frac{l_1}{2} \cdot \sin 4 = 1 \cdot 1,1 \cdot \frac{31^2}{1,6} \cdot \left(12,5 \cdot \frac{36}{2} \cdot 10^{-3}\right) \cdot 0,069 = 10,37 \text{ N}$$

$$F_{sz1y} = \alpha \cdot c \cdot \frac{v^2}{1,6} \cdot d \cdot \frac{l_1}{2} \cdot \sin 86 = 1 \cdot 1,1 \cdot \frac{31^2}{1,6} \cdot \left(12,5 \cdot \frac{36}{2} \cdot 10^{-3}\right) \cdot 0,997 = 148,29 \text{ N}$$

$$F_{sz2x} = \alpha \cdot c \cdot \frac{v^2}{1,6} \cdot d \cdot \frac{l_2}{2} \cdot \sin 4 = 1 \cdot 1,1 \cdot \frac{31^2}{1,6} \cdot \left(12,5 \cdot \frac{26}{2} \cdot 10^{-3}\right) \cdot 0,069 = 7,49 \text{ N}$$

$$F_{sz2y} = \alpha \cdot c \cdot \frac{v^2}{1,6} \cdot d \cdot \frac{l_2}{2} \cdot \sin 86 = 1 \cdot 1,1 \cdot \frac{31^2}{1,6} \cdot \left(12,5 \cdot \frac{26}{2} \cdot 10^{-3}\right) \cdot 0,997 = 107,1 \text{ N}$$

Az x és y irányú szélterhelések összesítve:

$$F_{szx} = F_{sz1x} - F_{sz2x} = 10,37 - 7,49 = 2,88 \text{ N}$$

$$F_{szy} = F_{sz1y} + F_{sz2y} = 148,29 + 107,1 = 255,39 \text{ N}$$

Az oszlopra ható erők oszlopcsúcsra redukálása:

$$F_{xk} = \frac{(F_{hx} + F_{szx}) \cdot h}{h} = \frac{(1860,45 + 2,88) \cdot 8}{8} = 1863,33 \text{ N}$$

$$F_{yk} = \frac{(F_{hy} + F_{szy}) \cdot h}{h} = \frac{(130,09 + 255,39) \cdot 8}{8} = 386,48 \text{ N}$$

Az oszlop terhelhetőségének az ellenőrzése:

$$\frac{F_{xk}}{F_{x0}} + \frac{F_{yk}}{F_{y0}} = \frac{1863,33}{13000} + \frac{386,48}{7500} = 0,19$$

A $0,19 \leq 1$ feltétel teljesül, így a T1-es jelölésű, B10/1300-as oszlop megfelel a „Rendes 1a” esetre.

B. „Rendes 1b” terhelés

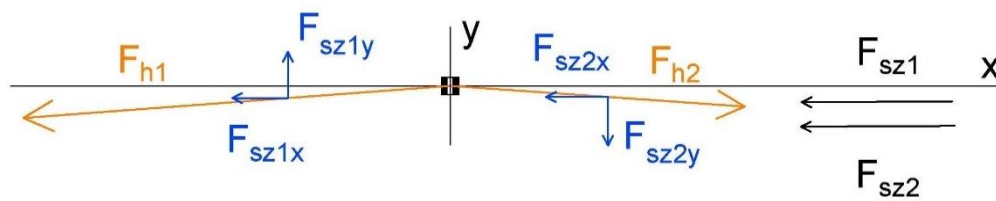
- Vezetőhúzás: Mindkét oldalon a teljes vezetőhúzás 2/3-a
- Szélteher: Szögfelező irányára merőleges
- Pótteher: Nincs

„Rendes 1a” esetében meghatározott x és y irányú húzóerők:

$$F_{hx} = 1860,45 \text{ N}$$

$$F_{hy} = 130,09 \text{ N}$$

A szélterhek x és y irányú komponensei megegyeznek a „Rendes 1a” esetben számolt értékekkel:



18. ábra: A „Rendes 1b” eset során fellépő szélterhelések

$$F_{sz1x} = 10,37 \text{ N}$$

$$F_{sz1y} = 148,29 \text{ N}$$

$$F_{sz2x} = 7,49 \text{ N}$$

$$F_{sz2y} = 107,1 \text{ N}$$

$$F_{szx} = F_{sz1x} + F_{sz2x} = 10,37 + 7,49 = 17,86 \text{ N}$$

$$F_{szy} = F_{sz1y} - F_{sz2y} = 148,29 - 107,1 = 41,29 \text{ N}$$

Oszlopcsúcsra redukálás:

$$F_{xk} = \frac{(F_{hx} + F_{szx}) \cdot h}{h} = \frac{(1860,45 + 17,86) \cdot 8}{8} = 1878,31 \text{ N}$$

$$F_{yk} = \frac{(F_{hy} + F_{szy}) \cdot h}{h} = \frac{(130,09 + 41,29) \cdot 8}{8} = 171,38 \text{ N}$$

„Rendes 1b” terhelhetőség ellenőrzése:

$$\frac{F_{xk}}{F_{x0}} + \frac{F_{yk}}{F_{y0}} = \frac{1878,31}{13000} + \frac{171,38}{7500} = 0,17$$

A $0,17 \leq 1$ feltétel teljesül, így a T1-es jelölésű, B10/1300-as oszlop megfelel a „Rendes 1b” esetre.

C. „Rendes 2” terhelés

- Vezetőhúzás: Teljes húzófeszültség
- Szélteher: A szélteher szabványos értékének 1/3-a, a mértékadó irányba
- Pótteher: Függőleges teherként kell rá tekinteni, így nem vesszük figyelembe számítás során

Az „F_h” húzóerők kiszámítása:

$$F_{h1} = \sigma_{\text{meg1}} \cdot A_t = 60 \cdot 93,25 = 5595 \text{ N}$$

$$F_{h2} = \sigma_{\text{meg2}} \cdot A_t = 30 \cdot 93,25 = 2797,5 \text{ N}$$

A húzóerők x és y irányú komponenseinek meghatározása:

$$F_{h1x} = F_{h1} \cdot \sin \frac{\alpha}{2} = 5595 \cdot \sin \frac{172}{2} = 5581,37 \text{ N}$$

$$F_{h1y} = F_{h1} \cdot \cos \frac{\alpha}{2} = 5595 \cdot \cos \frac{172}{2} = 390,29 \text{ N}$$

$$F_{h2x} = F_{h2} \cdot \sin \frac{\alpha}{2} = 2797,5 \cdot \sin \frac{172}{2} = 2790,68 \text{ N}$$

$$F_{h2y} = F_{h2} \cdot \cos \frac{\alpha}{2} = 2797,5 \cdot \cos \frac{172}{2} = 195,14 \text{ N}$$

Az x és y irányú húzóerők összesítve:

$$F_{hx} = F_{h1x} - F_{h2x} = 5581,37 - 2790,68 = 2790,69 \text{ N}$$

$$F_{hy} = F_{h1y} + F_{h2y} = 390,29 + 195,14 = 585,43 \text{ N}$$

Az első esetben számolt szélteher értékeket hárommal osztom.

$$F_{szz} = \frac{2,88}{3} = 0,96 \text{ N}$$

$$F_{szy} = \frac{255,39}{3} = 85,13 \text{ N}$$

Oszlopcsúcsra redukálás:

$$F_{xk} = \frac{(F_{hx} + F_{szz}) \cdot h}{h} = \frac{(2790,69 + 0,96) \cdot 8}{8} = 2791,65 \text{ N}$$

$$F_{yk} = \frac{(F_{hy} + F_{szy}) \cdot h}{h} = \frac{(585,43 + 85,13) \cdot 8}{8} = 670,56 \text{ N}$$

„Rendes 2” eset terhelhetőség ellenőrzése:

$$\frac{F_{xk}}{F_{x0}} + \frac{F_{yk}}{F_{y0}} = \frac{2791,65}{13000} + \frac{670,56}{7500} = \mathbf{0,30}$$

A $0,30 \leq 1$ feltétel teljesül, így a T1-es jelölésű, B10/1300-as oszlop megfelel a „Rendes 2” esetre.

D. „Rendes 3” eset:

- Vezetőhúzás: Az oszlop egyik oldalán teljes, a másik oldalán 50%-os
- Szélteher: Nincs
- Pótteher: Függőleges teherként kell rá tekinteni, így nem vesszük figyelembe számítás során
-

A húzóerők meghatározása:

$$F_{h1} = \sigma_{meg1} \cdot A_t = 60 \cdot 93,25 = 5595 \text{ N}$$

$$F_{h2} = 0,5 \cdot \sigma_{meg2} \cdot A_t = 0,5 \cdot 30 \cdot 93,25 = 1398,75 \text{ N}$$

A húzóerők x és y irányú komponenseinek meghatározása:

$$F_{h1x} = F_{h1} \cdot \sin \frac{\alpha}{2} = 5595 \cdot \sin \frac{172}{2} = 5581,37 \text{ N}$$

$$F_{h1y} = F_{h1} \cdot \cos \frac{\alpha}{2} = 5595 \cdot \cos \frac{172}{2} = 390,29 \text{ N}$$

$$F_{h2x} = F_{h2} \cdot \sin \frac{\alpha}{2} = 1398,75 \cdot \sin \frac{172}{2} = 1395,34 \text{ N}$$

$$F_{h2y} = F_{h2} \cdot \cos \frac{\alpha}{2} = 1398,75 \cdot \cos \frac{172}{2} = 97,33 \text{ N}$$

Az x és y irányú húzóerők összesítve:

$$F_{hx} = F_{1hx} - F_{2hx} = 5581,37 - 1395,34 = 4186,03 \text{ N}$$

$$F_{hy} = F_{1hy} + F_{2hy} = 390,29 + 97,33 = 487,62 \text{ N}$$

Oszlopcsúcsra redukálás:

$$F_{xk} = F_{hx} = 4186,03 \text{ N}$$

$$F_{yk} = F_{hy} = 487,62 \text{ N}$$

„Rendes 3” eset terhelhetőség ellenőrzése:

$$\frac{F_{xk}}{F_{x0}} + \frac{F_{yk}}{F_{y0}} = \frac{4186,03}{13000} + \frac{487,62}{7500} = \mathbf{0,38}$$

A $0,38 \leq 1$ feltétel teljesül, így a T1-es jelölésű, B10/1300-as oszlop megfelel a „Rendes 3” esetre.

A számítással bebizonyítottuk, hogy az áramszolgáltató javaslatára választott B10/1300-as oszlop állékonyság és teherbírás szempontjából bőven megfelel a feladat ellátására és erre egy kisebb csúcshúzású áttört gerincű B10/800-as oszlop is alkalmas lenne. Üzemeltetői szempontból indokolt lehet a nagyobb csúcshúzású oszlop választása a későbbi hálózatbővítésekre való tekintettel, azonban a kisebb oszlop alacsonyabb beruházási költsége gazdaságosabb megoldás lenne.

A T2-es jelölésű tervezett feszítő oszlopokra is hasonló módon kell elvégezni az ellenőrző számítást, a korlátozott terjedelemre való tekintettel a megoldás menetét nem rögzítettem a dolgozatban, de a választott B10/800-as oszlop is megfelel állékonyság, illetve teherbírás szempontjából.

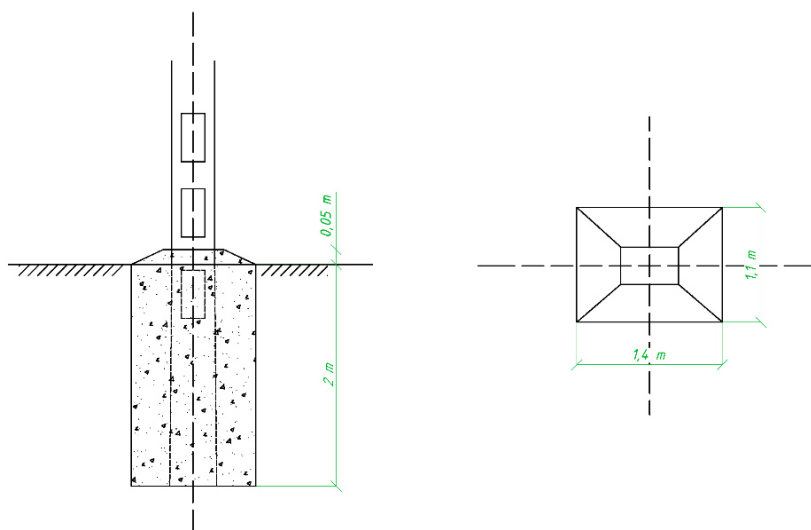
5.4. Alapozás tervezése és ellenőrző számítása

A helyszíni bejárás során szemrevételezéssel megállapítottuk, hogy az igénybejelentő ingatlanja előtt, a vízelvezetőárok partján elhelyezett betonoszlop megsüllyedt és kismértékben be van dőlve. Előzetes felmérések alapján arról kaptunk tájékoztatást, hogy a domboldal aljában az érintett terület talajvíz szintje az átlagnál magasabb és a talajminősége vegyes szemnagyságú iszapos tömör állapotú homok. Figyelembe véve a környezeti szempontokat, az új oszlopot befogott alappal szükséges ellátni a hosszútávú üzembiztonság érdekében.

A befogott alap állékonyságának vizsgálata: [19]

Adatok:

- Szemcsés talaj térfogatsúlya: $\gamma = 0,02 \text{ N/cm}^3$ 5. sz. melléklet
- Hozzá tartozó súrlódási szög: $\varphi = 30^\circ$ 5. sz. melléklet
- Altalaj kohéziója: $c = 8 \text{ N/cm}^2$ 6. sz. melléklet
- Szemcsés talaj ρ együtthatója: $\rho = 0,8$
- Oszlop csúcsára ható erő: $F = 8 \text{ kN}$
- Oszlop magassága (földfelszín felett): $m = 8 \text{ m}$
- Befogott alap méretei: $a = 1,4 \text{ m}; b = 1,1 \text{ m}; t = 2 \text{ m}; k = 0,05 \text{ m}$
- Vizsgált pont mélysége: $h = 2/3 \cdot t = 1,33 \text{ m}$



19. ábra: Befogott alap oldal- és felülnézete

A talaj határfeszültségének számítása:

$$\sigma_h = e \cdot f + g$$

$$e = 0,85 \cdot \operatorname{tg}\left(45^\circ + \frac{\varphi}{2}\right) \cdot \gamma \cdot h = 0,85 \cdot \operatorname{tg}\left(45^\circ + \frac{30^\circ}{2}\right) \cdot 0,02 \frac{\text{N}}{\text{cm}^3} \cdot 133,333 \text{ cm} =$$

$$= 3,92 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} = 39,26 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$f = \operatorname{tg}\left(45^\circ + \frac{\varphi}{2}\right) + \rho \cdot \frac{h}{b} \cdot \operatorname{tg}\varphi = 0,85 \cdot \operatorname{tg}\left(45^\circ + \frac{30^\circ}{2}\right) + 0,8 \frac{1,33}{1,1} \cdot \operatorname{tg}30^\circ = 2,17$$

$$g = 1,25 \cdot \operatorname{tg}\left(45^\circ + \frac{\varphi}{2}\right) \cdot c \cdot \left(1 + \frac{h}{b}\right) = 1,25 \cdot \operatorname{tg}\left(45^\circ + \frac{30^\circ}{2}\right) \cdot 8 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} \cdot \left(1 + \frac{1,33}{1,1}\right) =$$

$$= 38,26 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} = 382,6 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

A határfeszültség értéke:

$$\sigma_h = e \cdot f + g = 39,26 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 2,17 + 382,6 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$= 467,79 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

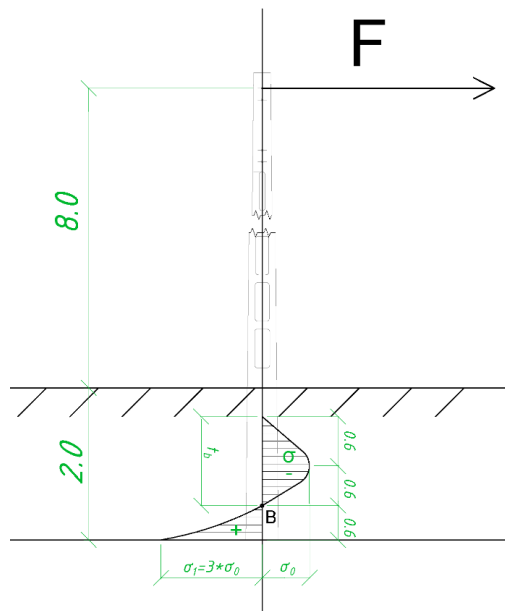
Az alap t/3 mélységében fellépő feszültség:

$$\sigma_0 = \frac{4 \cdot M}{b \cdot t^2}$$

M = oszlop csúcsára ható eredő erő
nyomatéka a billenési pontra:

$$M = F \cdot (m + t_b) =$$

$$= 8 \text{ kN} \cdot \left(8 + \frac{2}{3} \cdot 2\right) \text{ m} = 74,66 \text{ kNm}$$



20. ábra: talajban fellépő feszültség eloszlása

Az alap oldalán fellépő feszültség érték:

$$\sigma_0 = \frac{4 \cdot M}{b \cdot t^2} = \frac{4 \cdot 74,66 \text{ kNm}}{1,1 \text{ m} \cdot 2^2 \text{ m}^2} = 67,87 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Az állékonysággal szembeni biztonsági tényező:

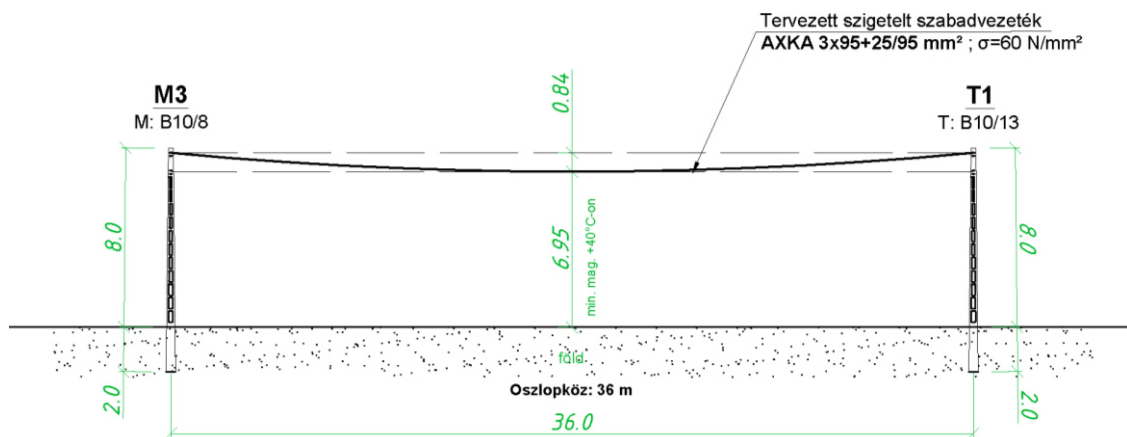
$$\mu_a = \frac{\sigma_h}{\sigma_0} = \frac{467,79}{67,87} = 6,89$$

A $\mu_a = 6,98 \geq 1,5$ feltétel teljesül, tehát a befogott alap állékonysága megfelelő.

5.5. Szabadvezeték belógás számítás

A szigetelt szabadvezeték adatai: [21, 22]

- Oszlopköz: $a = 36 \text{ m}$
- Nehézségi gyorsulás: $g = 10 \text{ m/s}^2$
- Húzófeszültség értéke: $\sigma = 60 \text{ N/mm}^2$
- Szerkezet sűrűsége: $\rho = \rho_0 = 17550 \text{ kg/m}^3$
- Szerkezet zúzmarás sűrűsége: $\rho_z = 34708 \text{ kg/m}^3$
- Rugalmassági tényező: $\varepsilon = 7 \cdot 10^4 \text{ N/mm}^2$
- Hőtágulási együttható: $\alpha = 23 \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$
- Hőmérséklet: $T_{-20} = -20 \text{ }^\circ\text{C}$; $T_{-5} = -5 \text{ }^\circ\text{C}$; $T_{20} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$; $T_{40} = 40 \text{ }^\circ\text{C}$



21. ábra: Tervezett szabadvezeték belógása

$$a_{\text{krit}} = \frac{\sigma}{g} \cdot \sqrt{\frac{360 \times \alpha}{\rho_z^2 - \rho^2}} = \frac{60 \cdot 10^6}{10} \cdot \sqrt{\frac{360 \cdot 23 \cdot 10^{-6}}{34708^2 - 17550^2}} = 18,23 \text{ m}$$

A kritikus oszlopköz értéke kisebb, mint a vizsgált oszlopköz, ezért a maximális igénybevétel -5°C -on jelentkezik pótteherrel.

$$T_{\text{krit}} = \frac{\sigma}{\alpha \cdot \varepsilon} \cdot \left(1 - \frac{\rho}{\rho_z}\right) - 5 = \frac{60}{23 \cdot 10^{-6} \cdot 7 \cdot 10^4} \cdot \left(1 - \frac{17550 \cdot 10^{-3}}{34708 \cdot 10^{-3}}\right) - 5$$

$$T_{\text{krit}} = 13,42 \text{ }^\circ\text{C}$$

A kritikus felső hőmérséklet értéke +40°C alatt van, tehát a legnagyobb belógás pótteher nélkül, +40°C-on fog bekövetkezni.

Megvizsgáljuk standard hőmérsékleten (20°C), pótteher nélkül mekkora a kötegelt vezeték belógása és kiszámítjuk, hogy +40°C-on mekkora a legnagyobb belógás értéke, és összevetjük a VÁT-H4 típusútervben szereplő értékekkel.

Belógás értékének meghatározása 20°C-on:

Az állapotegyenlet:

$$\frac{a^2 \cdot \rho^2 \cdot g^2}{24 \cdot \sigma_{h20}^2} - \frac{a^2 \cdot \rho_0^2 \cdot g^2}{24 \cdot \sigma_{h0}^2} = \alpha \cdot (T_{20} - T_{-5}) + \frac{1}{\varepsilon} \cdot (\sigma_{h20} - \sigma_{h0})$$

Az σ_{h20} változóra történő átrendezés az iterációs megoldáshoz:

$$\sigma_{h20} + c = \frac{d}{\sigma_{h20}^2}$$

c és d együtthatók értékeinek meghatározása:

$$c = \frac{a^2 \cdot \rho_0^2 \cdot g^2 \cdot \varepsilon}{24 \cdot \sigma_{h0}^2} + \alpha \cdot \varepsilon \cdot (T - T_0) - \sigma_{h0}$$

$$c = \frac{36^2 \cdot (17,550 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 10^2 \cdot 7 \cdot 10^4}{24 \cdot 60^2} + 23 \cdot 10^{-6} \cdot 7 \cdot 10^4 \cdot 25 - 60 =$$

$$= 12,59$$

$$d = \frac{a^2 \cdot \rho^2 \cdot g^2 \cdot \varepsilon}{24} = \frac{36^2 \cdot (17,550 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 10^2 \cdot 7 \cdot 10^4}{24} = 116424,945$$

Behelyettesítve:

$$\sigma_{h20} + 12,59 = \frac{116424,945}{\sigma_{h20}^2}$$

Az egyenlet megoldása próbálgatással történt.

Ha $\sigma_{h20}=44,97 \text{ N/mm}^2$, akkor:

$$44,97 + 12,59 = \frac{116424,945}{41,76^2}$$

$$57,56 = 57,56$$

A σ_{h20° húzófeszültség értéke tehát: $44,97 \text{ N/mm}^2$.

A feszítőköz belógása $+20^\circ\text{C}$ -on:

$$b_{20} = \frac{a^2 \cdot \rho \cdot g}{8 \cdot \sigma_{h20^\circ}} = \frac{36^2 \cdot 17550 \cdot 10}{8 \cdot 44,97 \cdot 10^6} = 0,63 \text{ m}$$

$$\beta_{20} = 100 \cdot \frac{b_{20^\circ}}{a} = 100 \cdot \frac{0,63}{36} = 1,75 \%$$

A belógás százalékos értéke $1,75 \% < 7,5\%$, ezért nem szükséges láncgörbe korrekciót végezni.

Belógás értékének meghatározása 40°C -on:

Az állapotegyenlet:

$$\frac{a^2 \cdot \rho^2 \cdot g^2}{24 \cdot \sigma_{h40}^2} - \frac{a^2 \cdot \rho_0^2 \cdot g^2}{24 \cdot \sigma_{h0}^2} = \alpha \cdot (T - T_0) + \frac{1}{\varepsilon} \cdot (\sigma_{h40} - \sigma_{h0})$$

Az σ_{h40} változóra történő átrendezés az iterációs megoldáshoz:

$$\sigma_{h40} + c = \frac{d}{\sigma_{h40}^2}$$

c és d együtthatók értékeinek meghatározása:

$$c = \frac{a^2 \cdot \rho_0^2 \cdot g^2 \cdot \varepsilon}{24 \cdot \sigma_{h0}^2} + \alpha \cdot \varepsilon \cdot (T - T_0) - \sigma_{h0}$$

$$c = \frac{36^2 \cdot (17,550 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 10^2 \cdot 7 \cdot 10^4}{24 \cdot 60^2} + 23 \cdot 10^{-6} \cdot 7 \cdot 10^4 \cdot 60 - 60 = 68,64$$

$$d = \frac{a^2 \cdot \rho^2 \cdot g^2 \cdot \varepsilon}{24} = \frac{36^2 \cdot (17,550 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 10^2 \cdot 7 \cdot 10^4}{24} = 116424,945$$

Behelyettesítve:

$$\sigma_{h40} + 68,94 = \frac{116424,945}{\sigma_{h40}^2}$$

Az egyenlet megoldása próbálgatással történt.

Ha $\sigma_{h40^\circ}=33,68\text{N/mm}^2$, akkor:

$$33,68 + 68,94 = \frac{116424,945}{33,68^2}$$

$$102,62 = 102,626$$

A σ_{h40° húzófeszültség értéke tehát $33,68\text{ N/mm}^2$.

A feszítőköz belógása $+40^\circ\text{C}$ -on:

$$b_{40} = \frac{a^2 \cdot \rho \cdot g}{8 \cdot \sigma_{h40^\circ}} = \frac{36^2 \cdot 17550 \cdot 10}{8 \cdot 33,68 \cdot 10^6} = \mathbf{0,84\text{ m}}$$

$$\beta_{40} = 100 \cdot \frac{b_{140^\circ}}{a} = 100 \cdot \frac{0,84}{36} = \mathbf{2,33\ \%}$$

A belógás százalékos értéke kisebb mint $7,5\ \%$, ezért nem szükséges láncgörbe korrekciót végezni. 8 méteres felfüggesztési magasságnál, a kötegelt vezeték legnagyobb belógási pontja és a földfelszín közötti távolság $6,96$ méter. Az MSZ 151-8:2002 -es szabvány előírásai alapján, jelen esetben 4 méter, illetve $5,5$ méter földtől mért legkisebb távolságot kell betartani, így a 40°C -on számolt $0,84$ méter legnagyobb belógás érték megfelelő.

6. FOGYASZTÓI MÉRŐHELY ELLÁTÁSA FÖLDKÁBELES CSATLAKOZÓVAL

A hálózatfejlesztés utolsó fázisa, az elosztóhálózatról való földkábeles csatlakozás az igénybejelentő által létesített mérőhelybe. A tervezett T2-es jelölésű B10/800-as áttört gerincű betonoszlopról történik a leágazás, az MSZ 447:2019-es szabvány előírásainak megfelelően kiválasztott földkábellel. A fogyasztó által létesítendő mérőhely pozícióját előzetesen szükséges leegyeztetni, ezért a helyszíni bejárás alkalmára az igénybejelentőt is meginvitáltam. A fogyasztói mérőhelyet azonban nem lehet akárhova telepíteni az ingatlan területén, ezért az elosztói engedélyes egy műszaki-gazdasági tájékoztatóban ismerteti ennek feltételeit.

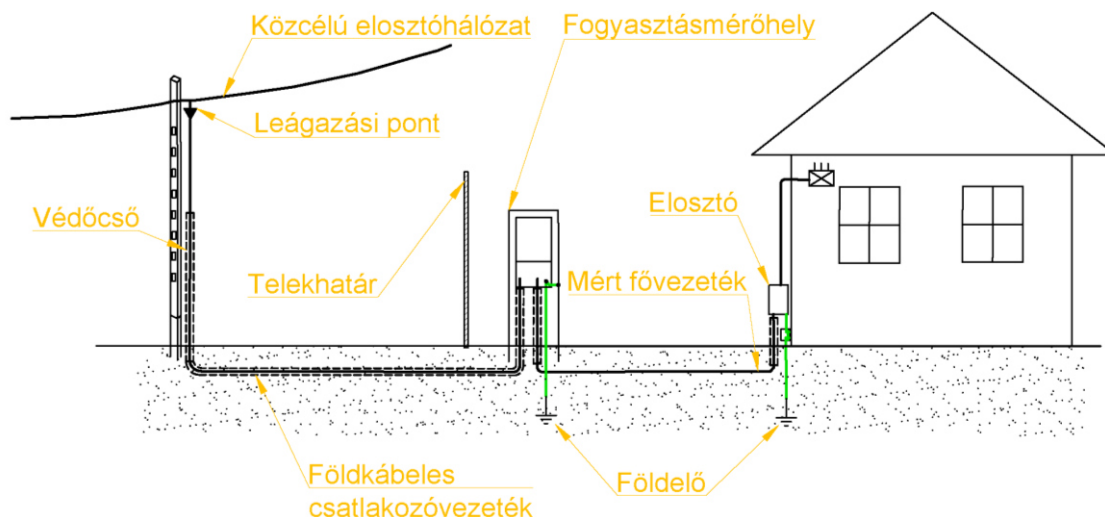
6.1. A földkábeles csatlakozó kiválasztása és nyomvonalának kijelölése

A földkábeles csatlakozó kiválasztásánál a 4.4.-es fejezetben részletezett szempontokat kell figyelembe venni, tehát feszültségesés, áramütés elleni védelem és melegedés szerint kell méretezni. Az ingatlanra bemenő csatlakozó feszültségesése a méretezési teljesítményből adódó terheléssel az elosztóhálózat névleges feszültségének maximum 1%-a legyen. A földkábellelre vonatkozó mechanikai követelményeket és a fektetés követelményeit a 4. fejezetben részleteztem, az erre vonatkozó előírásokat az MSZ 13207 szabvány tartalmazza.

A földkábeles csatlakozót úgy kell elhelyezni, hogy az ne haladjon keresztül sem elzárt helyen, sem idegen ingatlanon. Ha az idegen ingatlan területének érintését nem lehet elkerülni, ezesetben az ingatlan tulajdonosától jogérvényes hozzájáruló nyilatkozatot kell kérni. Egy csatlakozó csak egyetlen épület ellátását biztosíthatja, kivételt jelent az elosztói engedéllyel megkötött külön megegyezés. Jelen esetben az ellátandó ingatlan területén egy lakóház kap helyet, ezért nem szükséges figyelembe venni a társasházak lakásainak egyidejű fogyasztását jellemző, egyidejűségi tényezőt.

[23]

Az MSZ 447:2019 szabvány előírásainak megfelelő, a 10. számú mellékletben szereplő műszaki adatok és üzemeltetői javaslat alapján, az NAYY-J 4x95mm² SM (AL) típusú földkábelt választottam. Az oszlopról való leállásnál, a földkábeles csatlakozót a földtől számított 3 méter magasságig KG PVC védőcsőbe kell helyezni és acélszalagokkal kell rögzíteni az oszlophoz. A burkolatlan területen létesített, nyílt kábelárokban 0,7 méter fektetési mélységen, 110 mm keresztmetszetű KPE védőcsőbe kell vezetni a földkábelt. A tervezett nyomvonalhossz 3,5 méter, amelynek a végpontja a fogyasztó által telekhatáron létesített mérőhely. A tervezett nyomvonalrajzot és a kábelárok jellemző metszetrajzát burkolatlan területen földkábeles csatlakozó esetén, a 9. számú melléklet tartalmazza.



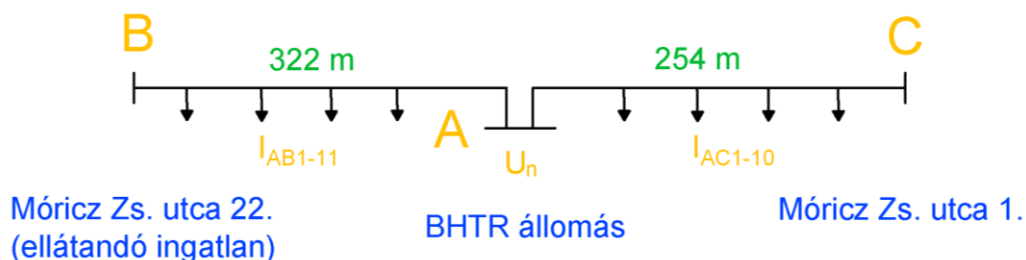
22. ábra: Az ingatlan ellátása földkábeles csatlakozón keresztül

7. HÁLÓZAT MÉRETEZÉS FESZÜLTÉSÉGESÉSRE

A hálózat megtervezését követően a nyomvonalrajzot szakaszaira bontva ellenőrző, méretező számításokat kell végrehajtani. Az ellenőrző méretezések lényege, hogy biztosak legyünk abban, hogy megfelelő típusú, keresztmetszetű, anyagú és terhelhetőségű vezetékét választottunk ki. Akkor megfelelő a hálózat elemeinek kiválasztása, ha az elosztóhálózat üzembiztos működése mellett, a fogyasztók hozzájutnak az MSZ EN 50160:2001 szabvány által előírt feszültségű villamosenergiához.

7.1. Az utca végpontjainak feszültségesés vizsgálata

A Móricz Zsigmond utcát két részre bontottam. Az „A” pont jelöli a BHTR állomást, a „B” pont jelöli a Móricz Zsigmond utca 22. számot a „C” pont jelöli az utca elejét, a Móricz Zsigmond utca 1. számot. Az utca A és B pontja közötti szakasza 322 méter hosszú, 7 db 1 fázisú, 24 db 3 fázisú fogyasztó csatlakozik rá. Az utca A és C pontja közötti szakaszára 11 db 1 fázisú és 10 db 3 fázisú fogyasztó csatlakozik, hossza 254 méter. A teljesítmények meghatározásához egy átlagos háztartás energiaigényét vettem figyelembe, amely az egyfázisú fogyasztók esetén $1 \times 32 \text{ A}$, a háromfázisú fogyasztók esetén $3 \times 16 \text{ A}$, kivétel az ellátandó ingatlan (Móricz Zsigmond utca 22.), ahol az energiaigény $3 \times 103 \text{ A}$. A fogyasztók transzformátortól való távolságát az oszlopközök figyelembevételével határoztam meg, ennek megfelelően olyan fogyasztói csoportokat alakítottam ki, amelyekben a fogyasztók egyenlő távolságra vannak a transzformátorállomástól. Háztartásonként átlagosan 3 lakossal számoltam.



23. ábra: A feszültségesés számítás egyvonalasrajza

Adatok:

- Névleges feszültség: $U_n = 3 \times 400/230 \text{ V} \sim 50 \text{ Hz}$
- Vezetők anyaga: Alumínium
- Feszültségesés százalékos értéke: 10 %

	A-B szakasz	A-C szakasz
Hossz:	322 m	254 m
Fogyasztók száma:	31 fogyasztó; 93 lakos	14 fogyasztó; 42 lakos
Egyidejűségi tényező:	$E_{AB} = 0,28$	$E_{AC} = 0,32$

Fogyasztók felvett árama	
$I_{AB1} = 16 \text{ A}$	$I_{AC1} = 128 \text{ A}$
$I_{AB2} = 80 \text{ A}$	$I_{AC2} = 160 \text{ A}$
$I_{AB3} = 32 \text{ A}$	$I_{AC3} = 96 \text{ A}$
$I_{AB4} = 16 \text{ A}$	$I_{AC4} = 32 \text{ A}$
$I_{AB5} = 48 \text{ A}$	$I_{AC5} = 96 \text{ A}$
$I_{AB6} = 64 \text{ A}$	$I_{AC6} = 128 \text{ A}$
$I_{AB7} = 48 \text{ A}$	$I_{AC7} = 80 \text{ A}$
$I_{AB8} = 48 \text{ A}$	$I_{AC8} = 32 \text{ A}$
$I_{AB9} = 64 \text{ A}$	$I_{AC9} = 128 \text{ A}$
$I_{AB10} = 64 \text{ A}$	$I_{AC10} = 48 \text{ A}$
$I_{AB11} = 151 \text{ A}$	

Megengedhető feszültségesés meghatározása:

$$e' = 0,75 \cdot \frac{\varepsilon}{100} \cdot \frac{U_n}{\sqrt{3}} = 0,75 \cdot \frac{10}{100} \cdot \frac{400}{\sqrt{3}} = \mathbf{17,32 \text{ V}}$$

Gerincvezeték számított keresztmetszete az A-B szakaszra:

$$\begin{aligned} \sum_{k=1}^n (I_{ABk} \cdot l_{0k}) &= (28 \cdot 16) + (64 \cdot 80) + (99 \cdot 32) + (137 \cdot 16) + (166 \cdot 48) \\ &+ (196 \cdot 64) + (228 \cdot 48) + (254 \cdot 48) + (260 \cdot 64) + (292 \cdot 64) \\ &+ (322 \cdot 151) = 138526 \end{aligned}$$

$$A_{szAB} \geq \frac{\rho}{e'} \cdot \sum_{k=1}^n (I_{ABk} \cdot l_{0k}) \cdot E_{AB} = \frac{138526 \cdot 0,28}{17,32 \cdot 35} = \mathbf{63,98 \text{ mm}^2}$$

Ez azt jelenti, hogy a meglévő AXKA 3x95 mm² kötegelt szabadvezeték hálózat keresztmetszete megfelelő. A szakasz névleges keresztmetszete tehát 95 mm².

Feszültségesés értéke a gerincvezetéken az A-B szakaszra:

$$\begin{aligned} I_{AB} \cdot (I_{AB} \cdot E_{AB}) &= 322 \cdot [(2 \cdot 16 + 32 + 3 \cdot 48 + 3 \cdot 64 + 80 + 151)] \cdot 0,28 \\ &= 56890,96 \end{aligned}$$

$$e'_{AB} = \frac{\rho}{A_{nAB}} \cdot I_{AB} \cdot (I_{AB} \cdot E_{AB}) = \frac{1}{95 \cdot 35} \cdot 56890,96 = \mathbf{17,11 \text{ V}}$$

Az A-B szakasz feszültségesése belefér ± 10%-os tűréshatárba, azaz a megengedhető feszültségesés értéknél kisebb.

Gerincvezeték számított keresztmetszete az A-C szakaszra:

$$\begin{aligned} \sum_{k=1}^n (I_{ACk} \cdot l_{0k}) &= (3 \cdot 64) + (29 \cdot 160) + (66 \cdot 32) + (99 \cdot 32) + (129 \cdot 96) \\ &+ (161 \cdot 64) + (186 \cdot 48) + (208 \cdot 32) + (229 \cdot 64) + (254 \cdot 16) \\ &= 67104 \end{aligned}$$

$$A_{szAC} \geq \frac{\rho}{e'} \cdot \sum_{k=1}^n (I_{ACk} \cdot l_{0k}) \cdot E_{AC} = \frac{67104 \cdot 0,28}{17,32 \cdot 35} = \mathbf{30,99 \text{ mm}^2}$$

A meglévő AXKA 3x95 mm² keresztmetszetű kötegelt szabadvezeték megfelelő keresztmetszetű.

Feszültségesés értéke a gerincvezetéken az A-C szakaszra:

$$I_{AB} \cdot (I_{AB} \cdot E_{AB}) = 254 \cdot [(16 + 3 \cdot 32 + 160 + 48 + 3 \cdot 64 + 96)] \cdot 0,28 = 43240,96$$

$$e'_{AB} = \frac{\rho}{A_{nAB}} \cdot I_{AB} \cdot (I_{AB} \cdot E_{AB}) = \frac{1}{95 \cdot 35} \cdot 43240,96 = \mathbf{13 \text{ V}}$$

Az A-C szakasz feszültségesése belefér $\pm 10\%$ -os tűréshatárba, azaz a megengedhető feszültségesés értéknél kisebb.

7.2. A földkábeles csatlakozó méretezése feszültségesésre

Adatok:

- Névleges feszültség: $U_n = 3 \times 400/230 \text{ V} \sim 50 \text{ Hz}$
- Vezetők anyaga: Alumínium
- Feszültségesés százalékos értéke: 10%
- Fogyasztói áramigény: $I_{CS} = 103 \text{ A}$
- Tényleges nyomvonalhossz: $l_{CS} = 12 \text{ m}$

Megengedhető feszültségesés meghatározása:

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

A földkábeles csatlakozó szükséges keresztmetszetének meghatározása:

$$A_{szcs} \geq \frac{\rho}{e'} \cdot (I_{CS} \cdot l_{CS}) = \frac{103 \cdot 12}{1,73 \cdot 35} = \mathbf{23,81 \text{ mm}^2}$$

Erre a célra az NAYY-J 4x95 mm² keresztmetszetű földkábelt választottam, mert a katalógus szerinti terhelhetősége 186 A és az előre jelzett további bővítés esetében sem kell cserélni a kábelt nagyobb keresztmetszetűre.

Feszültségesés értéke a földkábeles csatlakozón:

$$e'_{CS} = \frac{\rho}{A_{nCS}} \cdot l_{CS} \cdot I_{CS} = \frac{1}{95 \cdot 35} \cdot 3,5 \cdot 103 = \mathbf{0,37 \text{ V}}$$

A földkábeles csatlakozó feszültségesése belefér $\pm 1\%$ -os tűréshatárba, azaz a megengedhető feszültségesés értéknél kisebb, tehát a választott földkábelt feszültségesésre megfelelő.

ÖSSZEGZÉS

A szakdolgozatom készítésével párhuzamosan, jelenleg is dolgozom a projekten, ezért igyekeztem a legaktuálisabb szabványok és kormányrendeletek keretei szerint bemutatni egy tervezési folyamatot. Mérnöki szemszögből a tervezési folyamat műszaki oldalának bemutatására törekedtem, külön nem tértem ki a különböző engedélyezési és jogi folyamatok eljárásrendjére. A hálózati elemek, berendezések és nyomvonalak kiválasztását követően készülhetett el az engedélyezési nyomvonalrajz, a vezetékjogi eljáráshoz készített rajz és a hozzájuk tartozó műszaki leírás. Ezeknek a dokumentumoknak a birtokában rendelkeznek az érintett közműszolgáltatók és megkeresett magántulajdonosok a létesítéssel kapcsolatban. A hozzájárulások beszerzését követően áramszolgáltatói ellenőrzésre küldöm a tervet, amelyet ezután a Mérésügyi és Műszaki Biztonsági Hatósághoz küldenek tovább, hogy megkapja a vezetékjogi engedélyt. A vezetékjogi engedély beszerzését követően leszállítom a tervet és megkezdődhet annak kivitelezése.

Egy villamoshálózat-tervezéssel foglalkozó szakember munkaköre rendkívül szerteágazó. A beérkező feladat nyomvonalának megrajzolásához tudni kell alkalmazni a különböző tervező szoftvereket, magasfokú műszaki ismeretekkel kell rendelkeznie, hogy méretező számításokkal alátámassza a kiválasztott berendezés és hálózati elem megfelelőségét, elengedhetetlen számára az aktuális szabványok és érvényben lévő jogszabályok ismerete, hogy az általa készített terv szabályszerűen kivitelezhető legyen.

Szeretném megköszönni kollégáimnak és külső konzulensemnek a rengeteg szakmai segítséget, ötletet és iránymutatást. Külön szeretnék köszönetet mondani Dr. Novothny Ferenc Tanár Úrnak, hogy elvállalta az iskola részéről a belső konzulens szerepét, hogy javaslataival és véleményezésével hozzájárult a szakdolgozatom sikeres elkészítéséhez.

SUMMARY

In parallel with the completion of my thesis, I am currently working on this project, so I tried to present the planning process in the most up-to-date way in the term of technical standards and governmental decrees. From an engineering point of view, I sought to present the technical side of the planning procedure, so I did not specifically go into the details of the various licensing and legal processes. After selecting the elements and the equipment's of the grid, the trail drawing and the technical specification could be prepared. Having these documents provided to the reviewers of the relevant utility providers and the involved private homeowners, they issue their permissions, instructions, or limitations in connection with the establishment. After obtaining the consents, I will send the plan for the power company for inspection, which will then be forwarded to the Measurement and Technical Safety Authority to acquire the cabling license. After getting the cabling license, I will deliver the plan so the implementation can begin.

The job of a power grid engineer is extremely diverse. In order to draw the trail of the incoming tasks, they need to be able to use various designing softwares, they must have a high level of technical knowledge, to confirm the adequacy of the selected equipment with calculations, and it is essential for them to know the current standards and operative laws.

I would like to thank my colleagues and my external consultant for all the technical help, ideas and guidance. I would particularly like to thank Dr. Ferenc Novothny, Professor, for his suggestions and opinions that contributed to the successful preparation of my thesis.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Geodézia Kft. – Tervezési alapterkép készítés [olvasva: 2021.10.15]
Elérhetőség: <http://geodeziakft.hu/tevekenysegek/tervezesi-alapterkep-keszites/>
- [2] HoldPeak HP-940 - Felhasználói kézikönyv
- [3] KVGY Kft. – Műszaki leírás az OK-2/f 3 sor típusú oszlopkapcsolóhoz (2019.)
- [4] KVGY Kft. – Oszlopkapcsolók és hajtások prospektus (2008.)
- [6] ERŐTERV - VÁT-H21 típusterv
- [7] 2/2013. (I. 22.) NGM rendelet a villamosművek, valamint a termelői, magán- és közvetlen vezetékek biztonsági övezetéről
- [8] KVGY Kft. – KTW-630R1 Üzemeltetési dokumentáció (2012.)
- [9] KVGY Kft. - Betonházas transzformátor állomások katalógus (2009.)
- [10] Dr. Novothny Ferenc (PhD) - Villamosenergia-rendszerek I., ÓE KVK 2022 (2010.)
- [11] Schneider Electric – A vezető erő, termék katalógus (2017)
- [12] Schneider Electric – RM6 Catalog 2021
- [13] MSZ 13207:2020 - 0,6/1 kV-tól 20,8/36 kV-ig terjedő névleges feszültségű villamosenergia-kábelek és jelzőkábelek kiválasztása, fektetése és terhelhetősége
- [14] Prysmian kábelkatalógus
- [15] VLG Kábelkereskedelmi Kft. – Online kábelkatalógus
- [16] Kábelgyár – Online kábelkatalógus
- [17] Elektrocentrum – Online katalógus
- [18] MSZ 151-8:2002 – Erősáramú szabadvezetékek. A legfeljebb 1 kV névleges feszültségű szabadvezetékek létesítési előírásai.
- [19] Dr. Novothny Ferenc (PhD) - Villamosenergia-rendszerek I. Példatár, ÓE KVK 2039 (2010.)
- [20] ERŐTERV – VÁT-H40 típusterv
- [21] ERŐTERV – VÁT-H4 típusterv
- [22] Dr. Novothny Ferenc (PhD) - Villamosenergia-ellátás I. Példatár, ÓE KVK 2053 (2010.)
- [23] MSZ 447-2019 – Kisfeszültségű, közcélú elosztóhálózatra való csatlakoztatás
- [24] Dr. Novothny Ferenc (PhD) - Energetika I. Példatár, ÓE KVK 2051 (2009.)

MELLÉKLETJEGYZÉK

1. számú melléklet:

Az oszlopkapcsoló műszaki adatai: [3,4,5]

Névleges feszültség	24 kV
Névleges frekvencia:	50 Hz
Névleges áram:	400 A
Névleges termikus határáram/időhatár:	16 kA / 1 s
Névleges dinamikus határáram:	40 kA
Névleges hatásosáram megszakító képesség:	50 A
Névleges hurokáram megszakító képesség:	50 A
Névleges földzárlati áram megszakító képesség:	25 A
Zárlatra kapcsolás árama:	5 kA csúcs / 5C
Ipari frekvenciájú próbafeszültség földhöz és fázisok között:	50 kV
Ipari frekvenciájú próbafeszültség szakaszolási távolságra:	60 kV
Lökőpróba feszültség földhöz és fázisok között:	125 kV
Lökőpróba feszültség szakaszolási távolságra:	145 kV
Mechanikai élettartam:	1000 kapcsolás
Tömege:	86 kg

2. számú melléklet:

„6. § (1) Föld feletti vezetékek - ideértve a vezetékek tartószerkezetén (oszlopán) elhelyezett átalakító és kapcsoló berendezést is az a) pont af) alpontjában és a b) pontban foglalt eltéréssel - biztonsági övezete a vezetékek névleges feszültségétől függően, a vezetékek mindkét oldalán a szélső, nyugalomban lévő áramvezetőktől vízszintesen és nyomvonalukra merőlegesen mért, következő távolságokra lévő függőleges síkokig terjed:

a) föld feletti szabadvezetékek esetében:

aa) 500 kV-ot meghaladó névleges feszültség szint felett 40 méter,

ab) 300 kV felett 500 kV névleges feszültség szintig 28 méter,

ac) 200 kV felett 300 kV névleges feszültség szintig 18 méter,

ad) 35 kV felett 200 kV névleges feszültség szintig 13 méter,

ae) 1 kV felett 35 kV névleges feszültség szintig 5 méter, de a vezetékek azon szakaszán, amely a belterületre és a fokozott biztonságra vonatkozó előírásainak megtartásával létesült, 2,5 méter” [7]

3. számú melléklet:

A kiválasztott 20 kV-os (KÖF) földkábel műszaki jellemzői: [14,15,16]

Névleges feszültség:	12/20 kV
Méret:	1x150RM/25
Névleges keresztmetszet:	150 mm ²
Külső átmérő:	30-35 mm
Terhelhetőség talajban:	320 A
Terhelhetőség levegőben:	363 A
Tömeg:	1350 kg/km
Hajlítási sugár:	15d
Rövidzárlati idő max.:	5 s
Vizsgálófeszültség:	42 kV/5 min.
Működési hőmérséklet min. / max.:	-20 °C/ 90 °C

4. számú melléklet:

A kiválasztott 1 kV-os (KIF) földkábel műszaki jellemzői: [14,15,16]

Névleges feszültség:	0,6/1 kV
Méret:	4x240 SM
Névleges keresztmetszet:	240 mm ²
Külső átmérő:	54 mm
Terhelhetőség talajban:	338 A
Tömeg:	2784 kg/km
Hajlítási sugár:	12d
Vizsgálófeszültség:	4000 V
Működési hőmérséklet min. / max.:	-20 °C/ 70 °C

5. számú melléklet: Szemcsés talajok térfogatsúlya és súrlódási szöge [19]

Az altalaj								
jele	megnevezése	állapota	Száras vagy nyirkos talajra		Nedves, Igen nedves talajra		A talajvíz Szintje alatt	
			$[\gamma]$ N/cm ³	$[\varphi^0]$	$[\gamma]$ N/cm ³	$[\varphi^0]$	$[\gamma]$ N/cm ³	$[\varphi^0]$
a	Durva kavics és finom kavics	laza tömör	0,018 0,02	35 40	0,019 0,022	35 40	0,009 0,012	35 40
b	Homokos, de iszapmentes kavics, vegyes szem nagysággal	laza tömör	0,018 0,02	32 38	0,019 0,022	32 38	0,009 0,012	32 38
c	Durva és közepes szem nagyságú homok egyenletes szem nagysággal	laza tömör	0,017 0,02	32 35	0,018 0,02	32 35	0,008 0,01	32 35
d	Vegyes szem nagyságú iszapos homok	laza tömör	0,016 0,02	28 32	0,018 0,02	26 30	0,008 0,01	26 30
e	Finom homok, egyenletes szem nagyságú, iszapmentes	laza tömör	0,016 0,02	30 34	0,018 0,02	30 34	0,008 0,01	30 34
f	Finom homok, iszapos, vegyes szem nagyságú	laza tömör	0,016 0,019	25 28	0,017 0,02	22 25	0,007 0,01	22 25
g	Homokliszt, egyenletes szemelosztású	laza tömör	0,016 0,019	25 27	0,017 0,02	22 25	0,007 0,01	22 25
h	Homokliszt, iszapos	laza tömör	0,016 0,019	23 26	0,017 0,02	20 23	0,007 0,01	20 23

5. táblázat. Szemcsés talajok térfogatsúlya (γ) és súrlódási szöge (φ^0)

6. számú melléklet: A talaj kohéziója [19]

7. táblázat. A talaj kohéziója [c]

A talaj állapota	A talaj kohéziója, [c] =N/cm ²
Nagyon lágy talaj.....	1,2
Lágy talaj.....	1,2...2,5
Közepes talaj.....	2,5...5,0
Kemény, merev talaj.....	5,0...10
Nagyon merev talaj.....	10...20
Rendkívüli merev talaj.....	20

7. számú melléklet: Szigetelt szabadvezeték adatai [20]

3 x 95 + 35/95			
Szigetelt szabadvezeték ADATLAP			
Tartósodrony anyaga:	nemesített alumínium		
Tartósodrony tényleges kereszt- metszete:	$q_t =$	93,25	mm^2
Tartósodrony átmérője:	$d_t =$	12,50	mm
Tartósodrony fajlagos tömege:	$\gamma_t =$	$2,8 \cdot 10^{-3}$	$\text{kg/m} \cdot \text{mm}^2$
A szigetelt vezető anyaga:	alumínium		
A szigetelés anyaga:	hideg-, fény- és kopás- álló fekete PVC		
A szigetelt vezetők együttes tömege:	$g_{sz} =$	1,3754	kg/m
A szerkezet tömege:	$g_o =$	1,6365	kg/m
A szerkezet zúzmara pótterhe:	$z =$	1,600	kg/m
A szerkezet pótterhes tömege / $g_o + z$ /:	$g_z =$	3,2365	kg/m
A szerkezet redukált fajlagos tömege / g_o / q_t /:	$\gamma_{ro} =$	$17,550 \cdot 10^{-3}$	$\text{kg/m} \cdot \text{mm}^2$
A szerkezet redukált pótterhes fajlagos tömege / g_z / q_t /:	$\gamma_{rz} =$	$34,708 \cdot 10^{-3}$	$\text{kg/m} \cdot \text{mm}^2$
A szerkezet szélterhe:	$f_{sz} =$	22,95	N/m

Tervező	<i>[Signature]</i>	Tervezési táblázat	ERŐTERV	
Ellenőr	<i>[Signature]</i>		4-80325	
Osztt. vez.	<i>[Signature]</i>			
Dátum	80.VI.30.			

8. számú melléklet: Tervezett nyomvonalrajz 1.

https://obudaiegyetem-my.sharepoint.com/:f:/g/personal/hallai_mark_stud_uni-obuda_hu/Enq3GS9POX1FkarbjPcYav8B6TWnHZA5brQb9vsLxhrlZw?e=ozUEK2

9. számú melléklet: Tervezett nyomvonalrajz 2.

https://obudaiegyetem-my.sharepoint.com/:f:/g/personal/hallai_mark_stud_uni-obuda_hu/Enq3GS9POX1FkarbjPcYav8B6TWnHZA5brQb9vsLxhrlZw?e=ozUEK2

10. számú melléklet:

A kiválasztott 1 kV-os földkábeles csatlakozó műszaki jellemzői: [14,15,16]

Névleges feszültség:	0,6/1 kV
Méret:	4x95 SM
Névleges keresztmetszet:	95 mm ²
Külső átmérő:	39,1 mm
Terhelhetőség talajban:	186 A
Tömeg:	4247 kg/km
Hajlítási sugár:	12d
Működési hőmérséklet min. / max.:	-5 °C/ 70 °C