

Dr. Somfai Attila\*

# ÓVATOSSÁGI AJÁNLÁSOK NAGYFESZÜLTSGŰ TÁVVEZETÉKEK EMBERLAKTA ÉPÍTETT KÖRNYEZETBEN TÖRTÉNŐ ELHELYEZÉSÉHEZ

## PRECAUTIONARY RECOMMENDATIONS FOR THE PLACEMENT OF HIGH-VOLTAGE POWER LINES IN A POPULATED BUILT ENVIRONMENT

### KIVONAT / HUN

Az írás kitér a nagyfeszültségű távvezetékek által keltett extrém alacsony frekvenciájú elektromágneses erőtterekre, köztük különös tekintettel a mágneses erőtterekre, mivel azok aggályosabbak lehetnek az egészségre, leginkább gyermekekre és magzatokra. Bár a statisztikai eredmények elgondolkodtatóak, tudományosan még nincs kielégítő magyarázat az epidemiológiai eredményekre a mágneses tér ok-okozati összefüggés tekintetében, és a megállapításokat nem támasztják alá laboratóriumi adatok vagy elfogadott biológiai mechanizmusok.

Ez a téma több tudományág együttműködését igényli. Az írás kitér a hazai jogszabályi háttérre, műszaki kérdésekre, a környezetre gyakorolt hatásokra, az orvostudományi kutatásokra, a WHO által ajánlott óvatossági intézkedésekre, valamint arra, hogy számos ország a mágneses indukciós erőtérre vonatkozó egészségügyi határérték lecsökkentését fontolgatja az állampolgárai egészségének védelmében. Számos országban megfigyelhető az egészségügyi határértékek szigorodása, ajánlásként. Ezen felül további kihívást jelent a nagyfeszültségű távvezetékek kialakításmódja, különös tekintettel az érintett ingatlanok és a települések megfelelőbb védelmére. Az írás rámutat arra is, hogy a légkábelek helyett előnyösebb lenne a földkábelek használata, és hogy a transzformátorokat lehetőleg ne az épületekbe, hanem azoktól távolabb lenne célszerű elhelyezni.

**Kulcsszavak:** nagyfeszültségű távvezetékek, elektromágneses erőtterek, egészségügyi kockázat, biztonsági övezet, várostervezés

### ABSTRACT / ENG

The paper covers extremely low-frequency electromagnetic fields generated by high-voltage power lines, including magnetic fields in particular, as they can be more of a health concern, especially to children and fetuses. Although the statistical results are thought-provoking, there is no accepted biological mechanism to explain the epidemiological results; indeed, the relation may be due to chance or confounding. This topic requires the collaboration of several disciplines. The paper covers the legal background in Hungary, technical issues, the effects on the environment, medical research, the precautionary measures recommended by the WHO, and the fact that many countries are considering lowering the health limit for magnetic induction fields to protect the health of their citizens. The tightening of health limit values as a recommendation can be observed in many countries. In addition, an additional challenge is the design of high-voltage transmission lines, especially with regard to the better protection of the properties and settlements concerned. The paper also points out that a ground cable would be preferable to overhead cables. Finally, it noted that transformers should preferably be located not in buildings but further away from them.

**Keywords:** high-voltage power lines, electromagnetic fields, health risk, safety zone, urban planning

\* okl. építészmérnök, PhD, egyetemi docens, Széchenyi István Egyetem, Győr, e-mail: somfai@sze.hu

### Megjegyzés a Magyar Építőipar szerkesztőbizottságának elnökétől:

Az cikk témája ugyan nem tartozik lapunk szigorúan vett kompetenciájába, de a szerkesztőbizottság hosszú vita után úgy döntött, hogy a szaklektorok észrevételei alapján több részletében átdolgozott írást az abban található építési-városrendezési összefüggései, az esetleges veszélyekre való figyelemfelhívás miatt közzé teszi azzal a megjegyzéssel, hogy nem minden megállapítását vélte igazoltnak. A szerzővel együtt örömmel vennénk, ha a téma körül egyfajta szakmai vita bontakozna ki, szívesen közölnénk a cikkhez érkező hozzászólásokat!

1. | BEVEZETÉS

Bár nincs elégséges, mindent kizáró bizonyíték arra, hogy az ún. extrém alacsony frekvenciájú elektromágneses tér (ELF-EMF: extremely low-frequency electromagnetic field) biztosan rákot okoz, a címben felvetett téma mégis időszerű. Az utóbbi években ugyanis a fejlett világ országainak jó része ún. óvatossági ajánlásokat – sőt Kaliforniában miniszteri rendeletet – vezetett be a kórházak ill. gyermeknevelési intézmények építéskor a nagyfeszültségű távvezetésektől való megfelelő védőtávolságok betartására annak érdekében, hogy a tartós mágneses indukciós kitettség az ajánlott határértéknél ne legyen magasabb. Ez az ajánlott egészségügyi határérték az 50 Hz-es villamoshálózatra számos országban 0,4 µT-ra szigorodott, azonban hazánkban ennek 250-szerese maradt, azaz 100 µT (mikrotesla).

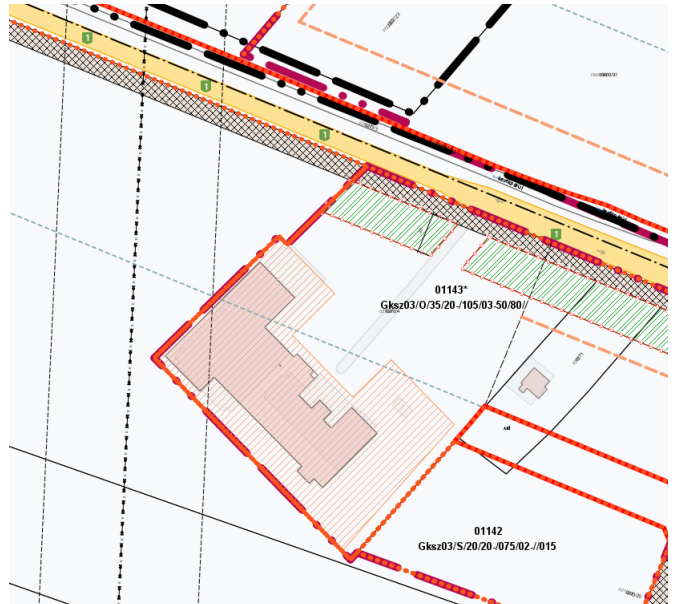
A távvezetékek és gigantikus tartóoszlopaik esztétikai megjelenése – és vele az emberi pszichére gyakorolt hatása – előnytelen környezetünkben, ha a távvezetékét légvezeték-ként építették ki, és nem földkábelként, bár az utóbbi költségesebb [1. és 2. ábra]. Még lényegesebb, hogy a nagyfeszültségű távvezetékek, alállomások, transzformátorok túlzott közelsége számos átfogó orvostudományi kutatómunka szerint aggályos életlenül is, ha tartós kitettségről van szó (közelben lakás, tartós munkavégzés). Van olyan betegségtípus, amelynek statisztikai korrelációt mutatnak a keltett jelentősebb mágneses erőterrel, amely erőteret azonban nem csak nagyfeszültségű távvezetékek, hanem közép- és kisméretű létesítmények és berendezések is kelthetnek. A Nemzeti Népegészségügyi Központ Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Főosztály által írt „Veszélyes-e az elektromágneses tér az egészségre?” című lakossági tájékoztatóban – amely az

Európai Bizottság SCENIHR nevű tudományos bizottságának 2015. évi elemzéseit tekinti át – az olvasható, hogy ilyenféle statisztikai összefüggés bár kimutatható, de a jelenség tudományos magyarázatával adós a tudomány (így az összefüggés nem tekinthető ok-okozati összefüggésnek): „Epidemiológiai (járványtani) tanulmányok az extrém alacsony frekvenciájú terek (ELF) expozíciójához – amely származhat például abból, hogy valaki hosszabb időn keresztül egy nagyfeszültségű távvezeték közvetlen környezetében él – kötik a gyermekkori leukémia (egy ritka vérrák fajta) nagyobb gyakoriságát. Ezt az összefüggést nem magyarázzák és támasztják alá az állatokon és a sejteken végzett kísérletek. Az eddigi kutatási eredmények nem találták meg azt a lehetséges mechanizmust, amely megmagyarázná ezt az összefüggést. További kutatások kellene, hogy a lehetséges ok-okozati összefüggést megerősítsék, vagy cáfolják. (...) Az eddigi adatok teljes vizsgálata nem szolgáltatott semmilyen perdöntő bizonyítékot az elektromágneses tér (EMF) veszélyességére. Ennek ellenére ajánlatos további vizsgálatokat végezni, különösen a nagyon hosszú idejű és a több forrásból származó expozíciók lehetséges kockázataival kapcsolatban” [3, 4].

Megjegyzendő, hogy az említett SCENIHR (Újjonnan felmerülő és újabban azonosított egészségi kockázatok tudományos bizottsága) utódja 2016-tól a SCHEER (Egészségügyi, környezeti és újjonnan felmerülő kockázatok tudományos bizottsága) lett. A SCHEER a 2022. augusztus 16-án kiadott munkaközi előzetesében a korábbi EU-direktívák felülvizsgálatának általános szándékát fogalmazta meg. A részleteket illetően az extrém kisméretű elektromágneses terek (ELF-EMF) vizsgálatai mellett a hangsúly érzékelhetően áttolódik a 100 kHz – 3 GHz frekvenciájú ún. rádiófrekvenciás elektromágneses terek (RF-EMF) vizsgálatára, mivel a jelenlétük egyre fokozódik életünkben – a rádióadó-tornyokon túlme-



1. ÁBRA: A jelenleg is érvényes védőtávolság-előírások negligálása: 400kV-os légtávvezeték szélső szála a 2004-ben épült Győr, Bécsi úti ipari csarnoktól mindössze kb. 8 m-re, az előírt 28 m helyett [a szerző mérése, Google Earth [1]]



2. ÁBRA: Rendezési terv részlet [2], melyen szembetűnően látszik, hogy a bécsi úti 400 kV-os Bős-Győr távvezeték védőtávolsága sajnos erősen ráharap a kereskedelmi szolgáltató övezetben elhelyezett csarnoképületre. A rendezési terv nem mutatja a 400KV távvezeték szélső szálait, csak a tengelyét, és a tengely mindkét oldalán 38 m sávot jelöl, mint védőtávolságokat.

nően a mobiltelefonía és wifi-berendezések formájában – így borítékolható, hogy lényeges újdonságok várhatók a SCHEER jövőbeli állásfoglalásaiban is. De jelen írásban visszakanyarodunk az ELF-EMF témakörhöz, benne különös tekintettel a nagyfeszültségű távvezetésekre.

## 2. | A HAZAI VEZETÉKHÁLÓZATRÓL ÉS AZ ÚN. VEZETÉKJOGRÓL

A hazai nagyfeszültségű villamosenergia-hálózat ún. átviteli hálózata 1 db 750 kV-os távvezetékéből és jónéhány 400 kV-os, valamint 220 kV-os távvezetékéből áll. A főelosztó hálózat nagyszámú 132 kV-os (korábban 120 kV-os) nagyfeszültségű távvezetékéből áll [5], az elosztóhálózat pedig 35, 20 és 10 kV-os távvezetésekből. Fogalmilag 35 kV felett beszélünk nagyfeszültségről (NAF), 35 és 1 kV között középfeszültségről (KÖF), 1 kV alatt pedig kisméretű feszültségről (KIF).

A hazai földhivatali nyilvántartásba – törvényi szabályozás alapján, a lakosok akaratától is függetlenül – be kell jegyezni a telkekre a távvezeték-jelenlételet ún. vezetékjog formájában. A vezetékjog egyfajta szolgalmi jog, amelynek a jogosultja – a villamoshálózat üzemeltetője – a vezetékjoggal megterhelt ingatlanon föld feletti vagy föld alatti vezeték építhet, valamint szükség esetén használhatja az ingatlan tulajdonos engedélye nélkül is. Hazai specialitás, hogy „a villamosenergia-ipari építészeti hatósági engedélyezési eljárásokról” szóló 382/2007. (XII. 23.) Kormányrendelet [6] még arra is lehetőséget biztosít, hogy a már meglévő vezeték esetében is be lehessen jegyeztetni a vezetékjogot, ha ez a korábbi időkben még nem történt meg – erre ugyanis a hálózatüzemeltetőknek még mindig lehet fennmaradási engedélyt kérniük. A vezetékjog gyakorlása ingatlanérték-csökkenéshez vezet, ezért kártalanításra tarthat igényt a tulajdonos, kivéve sajnos, ha már egy meglévő vezetékre jegyeznek be utólag vezetékjogot [7]. Leendő nagyfeszültségű távvezeték létesítése esetén az építési engedélyezési eljárás során jogorvoslattal lehet élni az engedélykiadás ellen, pl. ha az ingatlanból túl nagy terület foglalna el a tervezett vezeték, a telek rendeltetészerű használatát is akadályozva, kártalanítás helyett az ingatlan kisajátítását kérve. Mivel a kisajátítás jóval költségesebb, mint a kártalanítás, így a hálózat-üzemeltetők arra törekednek, hogy még az eljárás előtt megkeressék az érintett ingatlanok tulajdonosait és megállapodást köthessenek velük a kártalanításról.

## 3. | AZ ÚN. BIZTONSÁGI ÖVEZETRŐL

„A villamosművek, valamint a termelői, magán- és közvetlen vezeték biztonságai övezetéről” szóló 2/2013. (I. 22.) NGM rendelet határozza meg a távvezeték mentén az ún. biztonsági övezet méretét [8].

Föld feletti szabadvezeték – azaz szigetetlen légkábél – esetén a biztonsági övezet a vezeték mindkét oldalán, a szélső áramvezető kábeltől – vízszintesen és a kábelnyomvonalra merőlegesen – mért, következő távolságokra lévő függőleges síkokig terjed: 500 kV-ot meghaladó névleges feszültségű

felett 40 m, 300-500 kV között 28 m, 200-300 kV között 18 m, 35-200 kV között 13 m, 1-35 kV névleges feszültségű között pedig 5 m [de az utóbbi vezeték azon szakaszán, amely a belterületre és a fokozott biztonságra vonatkozó előírásainak megtartásával létesült, csak 2,5 m]. Ha azonban nem szigetetlen légkábélről hanem – a közvetlen érintésvédelem követelményeit is teljesítő – szigetelt légkábélről van szó, akkor a szélső áramvezetőktől mindössze 0,5 m-re kell legyen biztonsági övezet szélét képező függőleges sík. Ha pedig ún. burkolt légkábélről van szó, amelynek bevonata nem elégíti ki a közvetlen érintésvédelem követelményeit – akkor a vezeték-től 2,5 m-re van a biztonsági övezet szélét képező függőleges sík [de az utóbbi vezeték azon szakaszán, amely a belterületre és a fokozott biztonságra vagy a különleges biztonságra vonatkozó előírásoknak megtartásával létesült, csak 1,25 m]. A föld alatti vezeték előírt biztonsági övezete kisebb, mint a légkábélké. A legfeljebb 35 kV-os föld alatti vezeték esetén a vezeték-től 1 m-re kell legyen biztonsági övezet szélét képező függőleges sík, 35 kV feletti feszültség esetén pedig 1,5 m-re. Még kedvezőbb a védőcsővel / kábelcsatornával védett szigetelt földkábél esete, ahol a védőszerkezet szélétől mért 0,2 m-re van a függőleges sík [több védőszerkezet esetén a távolságot csak a szélső szerkezettől kell megtartani]. Falra szerelt szigetelt vezeték biztonsági övezete a vezeték köpenyétől a légtér felé mért 0,5 m-ig terjed, ha alépítményben, vagy építményben belül (de elkülönített légtérben) van, akkor csak a vezeték légtérét határoló falak külső felületéig terjed a biztonsági övezet.

A jogszabály kiterjed még a szabadtéri átalakító- és kapcsoló berendezésekre (pl. transzformátorokra) a névleges feszültségtől függően 5-től 15 m-ig terjedő védőtávolságaira valamint arra is, hogy föld feletti vagy föld alatti épületben / építményben elhelyezett átalakító és kapcsoló berendezés biztonsági övezetét a berendezés falainak külső felületei határolják.

## 4. | AZ ÉPÍTÉSI ÉS MÁS TEVÉKENYSÉGEK KORLÁTOZÁSA TÁVVEZETÉKEK KÖZELÉBEN

A jelenleg érvényes szabályozás szerint a nagyfeszültségű távvezeték vonalát követő, a távvezeték névleges feszültségétől függő szélességű kísérő zónában – néhány tíz méteres ún. biztonsági övezetben – korlátozzák az építési tevékenységet, de egyértelműen csak az 500 kV feletti feszültségű biztonsági zónájában tiltott a huzamosabb emberi tartózkodásra szolgáló létesítmények építése. A baj ott van, hogy a kisebb névleges feszültségű távvezeték esetén országosan nem egységes a korlátozás. Dr. Hajász Bertalan szegedi jogász már 2008-ban felhívta a figyelmet arra [9], hogy a 120 kV-os (újabbán 132 kV-os) távvezeték esetében Kazincbarcika, Miskolc vagy Pécs építési szabályzatával szemben Szegeden nem tiltott, hogy bárki a 132 kV-os légtávvezeték biztonsági zónáján belülre építkezzen, így 2-4 m-re is állnak házak a vezeték-től. Ez a fajta engedékenység hibának tekinthető a helyi jogszabályalkotók részéről, tekintettel arra is, hogy egy ilyen hálózat a mai előírások értelmében már nem is épülhetne meg szabad légvezeték-ként, hanem csak földkábellel.



A már említett 2/2013. (I. 22.) NGM rendelet [8] a föld feletti távvezetékek biztonsági övezetében – többek között – tiltja az oszlopok és toronyszerű építmények, szerkezetek, daru vagy állványzat létesítését, mint ahogy a gémeskút, benzinkút, vagy tűzveszélyes anyagot tartalmazó tartály létesítését is. A növénytelepítést is korlátozza, hiszen 5 m-nél magasabb növényzet nem lehet a biztonsági övezetben, és erdő / gyümölcsös is csak a MAVIR Zrt. hozzájárulásával telepíthető a távvezeték közelébe. A jogszabály kiter az anyagátrolás, munkagépek, táblák elhelyezésének korlátaira, sőt még a repülő alkalmatosságokkal való megközelítés tilalmára, ill. a jogosulatlan felmérés tilalmára is. A jogszabály előírja az antennák és villámhárítók legkisebb megengedett távolságát is a távvezetékektől. Tábor, kemping, vásártér, sportpálya, játszótér, gyakorlótér, karám, kijelölt autóparkoló, tömegközlekedési járművek megállóhelye 100-500 kV közötti névleges feszültségű vezeték esetében csak akkor létesíthető, ha az említett védőtávolságokra vonatkozó előírások megtarthatók.

A jogszabály szerint a föld alatti távvezetékek biztonsági övezetében is tilos bármilyen olyan építményt, berendezést építeni, elhelyezni, üzemeltetni, amely a vezeték-üzemeltető hozzájárulása nélkül történne, vagy rontja a vezeték hűlési viszonyait, vagy megnehezíti a vezeték üzemeltetését, karbantartását vagy az üzemzavarok elhárítását. A jogszabály üzemeltetői hozzájáruláshoz köti a robbantást, útfelbontást, árok- és gödörásást, tűz- és robbanásveszélyes anyagok tárolását stb.

**5. | AZ ÉPÍTETT KÖRNYEZETRE ÉS AZ EGÉSZSÉGRE GYAKOROLT KÁROS HATÁSOKRÓL**

Sajnos arra is voltak példák a múltban, hogy – városfejlesztési kényszer okán – oly módon építették ki a nagyfeszültségű légtávvezeték légkabelét sűrűn lakott településrészekben, hogy a vezeték egyes helyeken a meglévő épületek fölé került be utólagosan (3. ábra). Mindez az előnytelen esztétikai megjelenésen túlmenően fokozott pszichés terhet is jelent a lakosság számára.

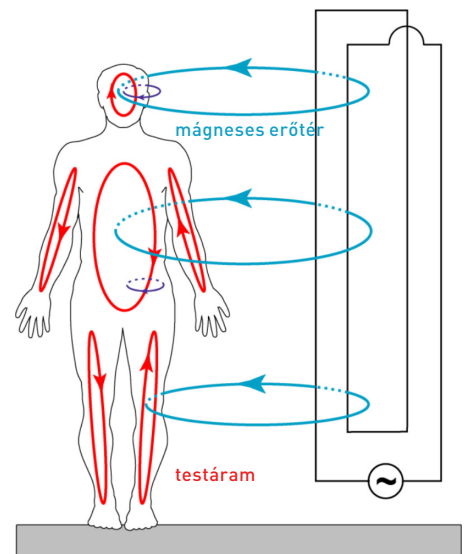


3. ÁBRA: 132 kV-os távvezeték Győr sűrűn lakott részén, a nádorvárosi városárcsarnoknál, amely a közeli Tihanyi Árpád utcai lakóházak felett is áthalad (fotó: Google Earth [10])

A nagyfeszültségű távvezetékek ún. extrém kismagfrequentiajú elektromágneses erőtereket (ELF-EMF) keltenek. A nagyfrequentiajú elektromágneses sugárzástípusokkal (ionizáló sugárzás, látható fény, nem ionizáló sugárzás) szemben az extrém kismagfrequentiajú erőterek jellemzője, hogy a keltett villamos erőter és a keltett mágneses erőter jól különválasztható [11]. A nagyfeszültségű távvezetékek által keltett villamos erőter (elektromos mező), valamint a keltett mágneses erőter (mágneses mező) hatásai eltérőek az élő szervezetre. A kettő közül a keltett mágneses mező tűnik károsabbnak az egészségre, azonban ezt még nem tekinthetjük tudományosan bebizonyítottknak. Bár az Egészségügyi Világszervezet (WHO) már 1998-ban úgy vélekedett, hogy a villamos erőter egészen 20 kV/m térerősségig nem jelent veszélyt az egészségre, azonban a mágneses erőteret a gyermekkori leukémiás esetek alapján „lehetséges emberi rákkeltőnek” sorolta be, azzal a megjegyzéssel, hogy e kérdésben további kutatások szükségesek [12]. Ez a besorolás a legenyhébb a három kategória közül („emberi rákkeltő”, „valószínű emberi rákkeltő” és „lehetséges emberi rákkeltő”), amelyet a Nemzetközi Rákkutató Ügynökség (IARC) használ a lehetséges rákkeltőknek a közzétett tudományos bizonyítékokon alapuló osztályozására (ilyen „lehetséges emberi rákkeltő” ágens például: a kávé, a benzinmotor kipufogó gáza, az ELF mágneses tér).

Lényeges szempont az is, hogy a nagyfeszültségű távvezetékek által keltett mágneses erőter változó (pulzáló) mivolta is egészségkockázati szempont, szemben például a Föld mágneses terével, amelynek erőssége bár 54 µT, azonban az nem szinuszosan változó erőter, hanem állandó erőter, ezért nem indukál ún. testáramot (4. ábra) [11].

Később a WHO 2001-ben és 2007-ben is lehetséges emberi rákkeltőnek minősítette a nagyfeszültségű vezeték által keltett elektromágneses tereket [9]. Sente Magdolna, az SZTE Élettani, Szervezettani és Idegtudományi Tanszék tanára szerint az élő szervezetre gyakorolt további káros hatások közé tartozhatnak az idegi panaszok, krónikus fáradtságtünetek, mozgásszervi gyengeség, fejfájás, szorongásos állapotok és alvászavarok is [14, 15]. Bár ezen tünetek valóságosak, pillanatnyilag semmilyen bizonyíték nincs arra, hogy ezeket valóban az EMF okozza.



4. ÁBRA: A változó mágneses erőter által indukált rendellenes örvényáramok, az ún. testáramok [13]

**1. TÁBLÁZAT:** Különbéle ráktípusok relatív kockázata 0-14 évesek között, a születés kori lakóhely és a nagyfeszültségű légtávvezetékek között mért távolság függvényében, az azonos lakóhelyeken született gyermekekből álló kontrollcsoport adataihoz képest, [16] alapján. Piros számok emelik ki a gyermekleukémia kiugróan magas kockázati értékeit.

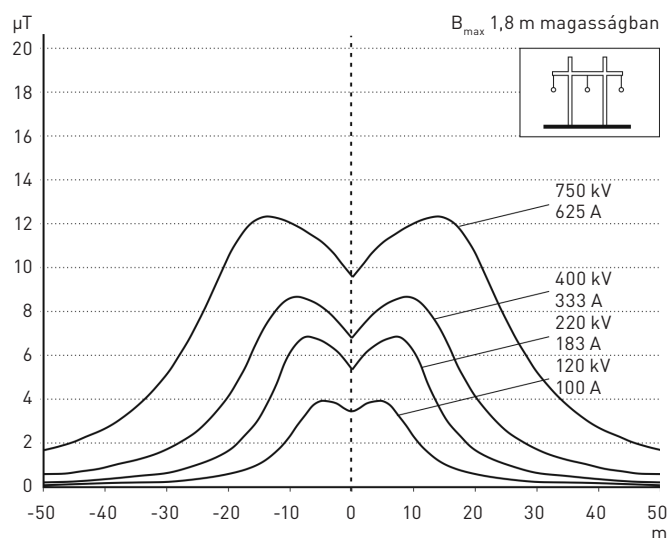
távolság a vezetéktől (m)	leukémia			központi idegrendszeri / agyi daganat			egyéb diagnózisok		
	eset	kontroll	rel. kockázat	eset	kontroll	rel. kockázat	eset	kontroll	rel. kockázat
0-49	5	3	1,67	3	7	0,44	7	6	1,17
50-99	19	11	1,79	4	6	0,69	15	16	0,91
100-199	40	25	1,64	26	32	0,82	37	45	0,81
200-299	44	39	1,16	38	28	1,35	66	75	0,87
300-399	61	54	1,15	35	30	1,19	79	65	1,21
400-499	78	65	1,23	40	42	0,96	80	97	0,82
500-599	75	56	1,36	54	41	1,33	86	85	1,01
≥600 (kontrollcsoport)	9378	9447	1,00	6405	6419	1,00	12406	12386	1,00
összesen	9700	9700		6605	6605		12776	12776	

Az egészségkárosodás kockázatának gyanúját mutatták ki 2005-ben a tudományos összehasonlító vizsgálatok is, amely során a – főként 275 kV-os és 400 kV-os, elvétve 132 kV-os – távvezetékek közelében lakók egészségromlási statisztikáit vetették össze a távvezetésektől távolabb lakókéval. A British Medical Journalban közzétett publikáció [16] nagyszámú (29 ezer) 0-14 éves angliai és Wales-i daganatos gyermek adatai alapján végzett összehasonlító vizsgálatának táblázatában kimutatta, hogy a nagyfeszültségű távvezetékek 200 m-es körzetén belül lakó gyermekek körében 69%-kal nagyobb az akut limfoid leukémia (ALL) kockázata, de még 200-600 m-es távolságban is 23%-kal nagyobb a rizikó, a 600 m-nél tovább lakó kontrollcsoport adataihoz képest (1. táblázat). Fontos leszögezni azonban, hogy a gyermekleukémiával szemben az egyéb gyermekkori rosszindulatú daganatok vonatkozásában az említett táblázat nem mutat kapcsolatot a távvezeték távolsága és a kockázat között [17]. Mivel a BMJ-publikációban ismertetett kutatás során nagyszámú beteget vizsgáltak meg – a 29081 daganatos gyermek harmada (9700 fő) szenvedett akut limfoid leukémiában – így a gyermekleukémiás megbetegedéseknek a nagyfeszültségű távvezeteki távolságtól függő előfordulási valószínűségi eredményei figyelmet keltettek. Bár a 2005-ös BMJ-publikáció úgy fogalmazott, hogy „nincs még kielégítő magyarázat az eredményekre a mágneses térrel való ok-okozati összefüggés tekintetében, és a megállapításokat még nem támasztják alá laboratóriumi adatok vagy felismert biológiai mechanizmusok”, mégis az eredmények később sok hasonló statisztikai vizsgálat elvégzésére ösztönözték a kutatókat (maga a BMJ-publikáció is alapozott hasonló korábbi eredményekre, mivel kitér arra is, hogy a 2005. évnél korábban kanadai és svédországi kutatók tanulmányai is hasonló eredményre jutottak, amikor a gyermekleukémia fokozott előfordulását mutatták ki a nagyfeszültségű távvezetékek közelében, miközben másfajta gyermekkori ráktípusoknál ők sem tapasztaltak fokozott előfordulást).

Annak ellenére, hogy az IARC (a WHO rákkutatásra specializálódott nemzetközi ügynöksége) az ún. ELF mágneses teret lehetséges emberi rákkeltőként sorolta be, a lehetőség megmaradt, hogy más a magyarázata az ELF mágneses téri expozíció és a gyermekkori leukémia között mutatkozó statisztikai összefüggéseknek. Mivel az újabb keletű kutatások nem tudták megcáfolni az említett BMJ-publikációnak a statisztikákra alapozott aggályait – de a tudománytól elvárható szintű bizonyosság sem született meg – ezért a fejlett világ

országainak jó része ajánlásokat készített, benne ún. óvatossági határértékekkel a mágneses indukciót illetően. Erre bővebben is kitérek még jelen írásban, előrebocsátva azon elgondolkodtató tény, hogy Magyarországon sok éve rendíthetetlenül 100  $\mu\text{T}$  az elfogadott határérték, miközben sok fejlett országban az ún. óvatossági határértéket 0,4  $\mu\text{T}$ -ra csökkentették le, épp az említett 2001-es és 2007-es WHO-tanulmányok hatására [9].

Az 50 Hz-es villamoshálózat által keltett mágneses indukcióra vonatkozó ominózus 100  $\mu\text{T}$ -ás hazai egészségügyi határérték története még 1999-re nyúlik vissza. A különféle egészségügyi határértékeket az Európai Tanács 1999/519/EC irányelve foglalta egységbe, később a 2004/40/EC irányelv vette át, ez utóbbira alapozva került bevezetésre hazánkban a „0 Hz – 300 GHz közötti frekvenciatartományú elektromos, mágneses és elektromágneses terek lakosságra vonatkozó egészségügyi határértékeiről” szóló 63/2004. (VII. 26.) ESzCsM rendelet [18]. A rendelet frekvenciatartományként eltérő szabályozást tartalmaz, az 50 Hz-es (azaz 0,05 kHz-es) frekvenciájú (f) villamoshálózat a 0,025-0,8 kHz-es rendeleti kategóriába esik. E kategóriában a mágneses indukcióra vonatkozó egészségügyi határérték az 5/f képlettel



**5. ÁBRA:** Különböző névleges feszültségű távvezetékek mágneses indukció gőrbéje a földtől 1,8 m-es magasságban, a vezetékre merőlegesen mért távolság függvényében [12]

számítandó, ami az 50 Hz-es villamoshálózatra vonatkozólag  $5/0,05=100 \mu\text{T}$ -t ad ki [11].

Az **5. ábrán** látható Dr. Varjú György professzor úr ábrája a különböző feszültségű távvezetékek által keltett mágneses indukcióról [12], a vezetékre merőlegesen mért távolság függvényében. Az ábrán eltűnődve megállapítható, hogy a nagyfeszültségű légtávvezetékeknél a jelenlegi hazai szabályozás szerinti ún. biztonsági övezetek szélességi méreteihez képest sajnos jóval szélesebb kitétségi területen lehet számítani arra, hogy a több ország által óvatossági határértékként figyelembe vett  $0,4 \mu\text{T}$  értéket is meghaladó lesz a mágneses indukció mértéke és vele a lehetséges egészségkárosodási kockázat. E lehetséges emberi rákkeltő kockázatot egy 2007-es átfogó WHO-tanulmány adatai alapján feltételezhetjük [19]. Az 50 Hz-es nagyfeszültségű villamoshálózat által keltett ún. extrém kisméretű (ELF) erőterek környezeti hatásaival foglalkozó 543 oldalas említett WHO-tanulmány ugyanis lehetségesnek tartja a tartós mágneses indukciós erőter gyermekek leukémiát keltő hatását, még ha tudományosan nem is tekinti ezt bizonyítottnak. A WHO-tanulmány 262. oldalán a számos átfogó kutatómunkát összefoglaló **2. táblázatban** a relatív kockázati adatok kiugróak, különösen a  $0,4 \mu\text{T}$ -t meghaladó tartós mágneses indukciós kitétség oszlopában. Többek között ez a 2007-es WHO-tanulmány ösztönzött később számos országot arra, hogy a  $0,4 \mu\text{T}$ -nál nagyobb kitétséget aggályosnak tekintse a kiadott ún. óvatossági ajánlásaiban.

Bár nem tekinthető tudományosan bebizonyított ténynek, mégis a nagy mintán alapuló orvostudományi összehasonlító vizsgálatok alapján az akut limfoid leukémia (ALL) fokozott előfordulása összefügghet a nagyfeszültségű légtávvezeték-től mért távolsággal és vele a mágneses indukciós kitétség intenzitásával, valamint a kitétség tartósságával, sőt a betegek életkorával is, mivel gyermekek esetén fokozottabbnak mutatkoznak a kockázati adatok [16, 17, 19].

Megjegyzendő, hogy nem csak a nagyfeszültségű létesítmények, hanem a kisméretű háztartási eszközök (por szívó, villanyborotva, hajszárító) is kelhetnek meglepően jelentős mágneses indukciót, azonban a készüléktől 1 m-nél nagyobb távolságban az indukció már csak kb. századrésze

a készülékközeli értéknek [12], ráadásul az otthoni használati eszközök java része csak alkalmi terhelést jelent az emberre, szemben a nagyfeszültségű légtávvezetékek által keltett tartós mágneses indukciós expozícióval (mágneses indukciós kitétséggel). Sajnos a háztartási eszközökhöz képest is jóval nagyobb a kitétség bizonyos elektromos munkaeszközök közelében, vagy bizonyos tevékenységi körökben. Ezekre az "A fizikai tényezők (elektromágneses terek) hatásának kitett munkavállalókra vonatkozó minimális egészségi és biztonsági követelményekről" szóló 33/2016. (XI. 29.) EMMI rendelet [20] nevez meg határértékeként ún. beavatkozási szinteket a napi kitétség időtartamától is függően. A beavatkozási szint túllépése esetére ún. cselekvési terv elkészítését és végrehajtását írja elő a rendelet. A 4. melléklet sorolja fel a kockázattértékelés jóváhagyásának kötelezettségével érintett tevékenységi köröket: 1. Villamoshálózatok üzemeltetése (100 kV fölött, ill. 100 A nominális terhelés fölött); 2. Dielektromos fűtés, illetve dielektromos hegesztés; 3. Indukciós fűtés, ill. indukciós forrasztás; 4. Rádiófrekvenciás plazmaeszközök használata; 5. Ipari elektrolízis alkalmazása; 6. Ívolvasztó kemencék üzemeltetése; 7. Indukciós olvasztó kemencék üzemeltetése; 8. Mikrohullámú szárítás; 9. Fizioterápiás diatermiás készülékek használata; 10. MRI berendezések üzemeltetése; 11. Polgári célú légiforgalmi és meteorológiai radarok üzemeltetése; 12. Villamos vasúti és városi közlekedés; 13. Rádió- és televízió műsorszórás; 14. Mikrohullámú telekommunikációs berendezések karbantartása.

**6. | EGÉSZSÉGÜGYI HATÁRÉRTÉK SZIGORÍTÁSA, LÉGKÁBELEK CSERÉJE FÖLDKÁBELRE**

Az újabb vizsgálati eredmények tükrében jelen cikk felveti, hogy a mágneses térerősség egészségügyi határértéke – ami hazánkban jelenleg  $100 \mu\text{T}$  – felülvizsgálatra szorul és az egészség védelmében legalább ún. óvatossági határértékként szigorítandó (azaz lecsökkentendő) más fejlett országok megvalósult példáit követve.

**2. TÁBLÁZAT:** A gyermekek leukémia relatív kockázata a különféle erősségű mágneses indukciós erőternek való tartós kitétség esetén, a  $0,1 \mu\text{T}$  alatti erőternek kitett gyermekekből álló kontrollcsoport adataihoz képest, [19] alapján. Piros számok emelik ki a  $0,4 \mu\text{T}$ -s kitétséghez tartozó kiugróan magas értékeket.

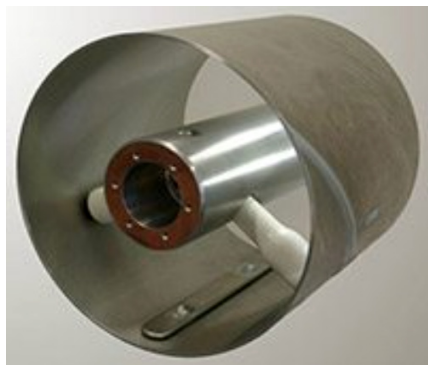
szerzők	0,1-<0,2 $\mu\text{T}$	0,2-<0,4 $\mu\text{T}$	>0,4 $\mu\text{T}$	megfigyelt	várt	folyamatos elemzés
mérés alapú tanulmányok						
Kanada, McBride és mtsai, 1999	1,3 [0,84-2,0]	1,4 [0,78-2,5]	1,6 [0,65-3,7]	13	10,3	1,2 [0,96-1,5]
Németország, Michaelis és mtsai, 1998	1,2 [0,58-2,6]	1,7 [0,48-5,8]	2,0 [0,26-15]	2	0,9	1,3 [0,76-2,3]
Új-Zéland, Dockerty és mtsai, 1998, 1999	0,67 [0,20-2,2]	4 eset, 0 kontroll	0 eset, 0 kontroll	0	0	1,4 [0,40-4,6]
Egyesült Királyság, UKCCSI, 1999	0,84 [0,57-1,2]	0,98 [0,50-1,9]	1,0 [0,30-3,4]	4	4,4	0,93 [0,69-1,3]
Amerikai Egyesült Államok, Linet és mtsai, 1997	1,1 [0,81-1,5]	1,0 [0,65-1,6]	3,4 [1,2-9,5]	17	4,7	1,3 [1,0-1,7]
számításon alapuló tanulmányok						
Dánia, Olsen, Nielsen és Schulgen, 1993	2,7 [0,24-31]	0 eset, 8 kontroll	2 eset, 0 kontroll	2	0	1,5 [0,85-2,7]
Finnország, Verkasalo és mtsai, 1993	0 eset, 19 kontroll	4,1 [0,48-35]	6,2 [0,68-57]	1	0,2	1,2 [0,79-1,7]
Norvégia, Tynes és Haldorsen, 1997	1,8 [0,65-4,7]	1,1 [0,21-5,2]	0 eset, 10 kontroll	0	2,7	0,78 [0,50-1,2]
Svédország, Feychting és Ahlbom, 1993	1,8 [0,48-6,4]	0,57 [0,07-4,7]	3,7 [1,2-11,4]	5	1,5	1,3 [0,98-1,7]
összegzés, Ahlbom és mtsai, 2000 alapján						
mérés alapú tanulmányok	1,1 [0,86-1,3]	1,2 [0,85-1,5]	1,9 [1,1-3,2]	36	20,1	1,2 [1,0-1,3]
számításon alapuló tanulmányok	1,6 [0,77-3,3]	0,79 [0,27-2,3]	2,1 [0,93-4,9]	8	4,4	1,1 [0,94-1,3]
minden tanulmány	1,1 [0,89-1,3]	1,1 [0,84-1,5]	2,0 [1,3-3,1]	44	24,2	1,2 [1,0-1,3]

A WHO már 2002-től szorgalmazza különféle óvatossági intézkedések szükségességét. Egy 2019-es francia összefoglaló tanulmány szerint Franciaországban miniszteri ajánlás, hogy kórházak és gyermekgondozási létesítmények ne épüljenek olyan helyre, ahol  $1 \mu\text{T}$ -nál nagyobb a tartós kitettség [21]. Hollandiában  $0,4 \mu\text{T}$  az ún. óvatossági határérték, ami azonban nem jogszabályban előírt határérték [22]. Számos további ország szerint nem ajánlott iskola, kórház, lakóépület építése oda, ahol tartós mágneses indukciós kitettség  $0,4 \mu\text{T}$  értéknél magasabb – ilyen értelmű ajánlás van érvényben Dániában, Finnországban, Norvégiában – sőt Belgiumban és Izraelben már mindez előírt követelményé is vált [21]. A kaliforniai oktatási minisztérium pedig rendeletben írt elő a nagyfeszültségű távvezetésektől mért növelt védőtávolságokat új iskolák építése esetére [21].

Felmerülhet hazánkban is a nagyfeszültségű távvezetékhez előírt ún. biztonsági övezetek méreteinek a megnövelése is, különösen légtávvezeték kiépült távvezeték esetén, amelyek kiterjedtebb mágneses erőteret keltenek, mint a földkábelként kiépült távvezeték. A biztonsági övezetek utólagos megnövelése külterületen javarészt megvalósítható lenne, viszont akadályokba ütközne a megnövelés lakott területen, különösen meglévő légtávvezeték esetén.

A biztonsági övezetek utólagos megnöveléséhez képest hatékonyabb lenne – egészségvédelmi, ingatlan-értéki, helyfoglalás-csökkentési, környezetvédelmi, környezet-esztétikai és vezeték-fenntartási szempontokból is – az, ha a meglévő nagyfeszültségű légtávvezeték lévkábeleit fokozatosan földkábelekre cserélnék ki, legalább a sűrűn lakott településrészekben, vállalva ennek kilométerenkénti 100 milliós (két rendszerű vezeték esetén 200 milliós) nagyságrendű költségét [23], mégis lecsökkentve így az egészségügyi aggályoknak alapot adó mágneses indukció mértékét. A mágneses indukció mértéke ugyanis annál kisebb, minél közelebb futnak egymással párhuzamosan a vezetők (a földkábelben csak néhány centiméterre futnak egymástól). Földkábelek esetére jóval kisebb szélességű biztonsági övezetet írnak elő a lévkábelekehez képest, ráadásul sok helyen már csak a földkábel mint korszerű megoldást engedélyezik lakott területen belül [9].

A nagy- közép- és kisfeszültségű vezetékekből álló magyar villamosenergia-hálózat 78%-a lévkábel (ún. szabadvezeték), 22%-a pedig földkábel volt 2017-ben. Lakott területen kívül szinte kizárólag lévkábeleket használnak, egyes – főként természetvédelmi indokoltaságú – esetekben fordul elő földkábel. Lakott területen belül viszont vegyes a kép, folyamatosan



6. ÁBRA: GIL rendszerű nagyfeszültségű vezeték kialakítása [25]



7. ÁBRA: Zord időjárás miatt egy 400 kV-os távvezetéken 14, egy 220 kV-oson 6 oszlop dőlt ki, és 87 oszlop megsérült Kelet-Magyarországon 2014-ben [26]

nő a földkábelek aránya, de egyelőre csak a kis- és közepfeszültségű hálózatra jellemző ez [24]. Földkábel esetén az elektromos tér elhanyagolható, a mágneses tér pedig jelentősen kisebb a kábel tengelyétől távolodva a légtávvezetékkel összehasonlítva. Mégis, a földkábel tengelyvonala fölötti szűk sávban a ketténél nagyobb is lehet a mágneses indukció, mivel a földkábelek relatíve kis mélységben futnak a földben. Azonban e probléma is kiküszöbölhető, mivel már használnak gáz szigetelésű (GIL) rendszert is föld alatti hálózat esetében, amely egy alumínium csőbe szigetelő távtartók segítségével központosan elhelyezett alumínium vezetőből és a közéjük töltött nem gyúlékony szigetelő gázból áll [6. ábra] [25].

Összességében egy nagyfeszültségű földkábel létesítése költségesebb egy légtávvezeték építéséhez képest, azonban jóval keskenyebb biztonsági övezet hasít csak ki az értékes településterületből, ráadásul a földkábellel eleve megelőzhető a légtávvezetékkel időnként előforduló veszélyes tönkremenetek is, amelyeket szélsőséges szél- és jégterhek okozhatnak. Bár egy szabványváltozásnak köszönhetően 2014 után már nagyobb teherbírású légtávvezetéseket és oszlopokat terveznek, azonban a szakemberek szerint a légtávvezeték-rendszerek építésénél még további teherbírás-növelésre lenne szükség – további költségek árán –, figyelemmel a lokális domborzatra és jelentősebb lokális szelekre is [7. ábra] [26]. A földkábel viszont nem igényli e többletköltségeket, sőt a földkábel mellett környezetvédelmi érvek is szólnak. A Kiskunsági Nemzeti Park területén például 35 km-es távolságban váltották ki földkábellel a légtávvezeték az ún. Akadálymentes Égbolt megállapodás részeként, az áramütés vagy ütközés miatti madárpusztulás megelőzésére [27].

## 7. | VÉDEKEZÉS ÉPÜLETEINKEN BELÜL

A cikk elején említettem, hogy a nagyfeszültségű távvezeték által keltett kisfrekvenciájú erőterek jellemzője az, hogy a keltett villamos erőter és a keltett mágneses erőter jól választható egymástól:



A) A külső villamos erőterrel szemben árnyékolással aránylag könnyű védekezni belső térben, mivel egy vékony fém fóliaborítás – ami gipszkartonnal eltakarható – is teljes védelmet tud adni épületek belterében akkor, ha legalább egy ponton földelt [12]. Még az ablakok esetén is jelentős csillapítás érhető el, például rendkívül finomszövésű rozsdamentes fémhálóval, ami a fény kb. 70%-át átengedi.

B) Sajnos más természetű a külső mágneses erőter, mert ellene az épületek belső tereit még nagy költségek árán is csak részben lehetséges megvédeni. Bár eladásra kínálnak mágneses árnyékoló filmrétegeket is, azonban a nagyfeszültségű távvezetékek által keltett mágneses erőter ellen teljesen leárnyékolni valójában csak kisméretű forrásokat lehet, ferromágneses anyagból készült teljes tokozással [12]. Ennélfogva lakások, nagyobb terek megfelelő árnyékolása gyakorlatilag nem lehetséges a mágneses erőter ellen, mivel ablakok is vannak rajta. Ezért is lenne célszerűbb inkább a külső mágneses erőteret enyhíteni olymódon, hogy településen belül a meglévő nagyfeszültségű légtávvezetéseket földkábelekre cseréljük, az új távvezetéseket pedig eleve földkábelként építjük ki, mivel a földkábelnél kisebb a keltett mágneses indukció mértéke, a kábel belsejében futó vezetők közelségének köszönhetően.

A nagyobb épületekben további specialitás, hogy a legnagyobb tartós mágneses erőtereket nem is a nagyfeszültségű, hanem éppen hogy a kisfeszültségű – viszont annál nagyobb áramerősségű – létesítmények közelében találjuk: egészségtelen az, ha épületen belül, ráadásul közvetlenül az emberi tartózkodásra szolgáló helyiségek alatt (vagy mellett) üzemel transzformátor. Az épületen belüli transzformátorkamrában ugyanis a nagyobb teljesítményű, például 1 MVA vagy 1,6 MVA (utóbbi névleges áramerőssége 2300 A) teljesítményű transzformátortól indulóan egészen a kisfeszültségű elosztószekrényekig kiépített kapcsolat – a mennyezethez rögzített ún. csatlakozó sínezés – által létrehozott tartós mágneses erőter indukciója a közvetlenül szomszédos terekben a 100  $\mu\text{T}$ -t is megközelítheti [12]. Az egészségünk védelmében az épületen belüli transzformátor-telepítés helyett az épülettől különálló megoldások ajánlatosak: utcai légtávvezeték esetén oszloptranzformátor-állomás, utcai földkábel esetén pedig építettházas transzformátor-állomás, vagy akár a földfelszín alá süllyesztett transzformátor-állomás, amely utóbbi műemléki környezetben sem zavaró [28].

## FORRÁSOK

- [1] **Google Earth** légifelvétel, <https://earth.google.com/web/@47.67939664,17.57896376,109.93196897a,510.02696775d,35y,0h,0t,0r>  
 [2] **Győr** rendezési terve, <http://195.228.178.212/mapguide/gyor/internet.php>  
 [3] **Szerző nélkül**: Veszélyes-e az elektromágneses tér az egészségre? Nemzeti Népegészségügyi Központ, Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Főosztály oldala, <http://www.osski.hu/info/emfph/emfph7/emfph7.html>  
 [4] **SCENIHR**: Opinion on potential health effects of exposure to electromagnetic fields (EMF). Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks, 2015, p. 288. [https://health.ec.europa.eu/system/files/2016-11/scenihr\\_o\\_041\\_0.pdf](https://health.ec.europa.eu/system/files/2016-11/scenihr_o_041_0.pdf)  
 [5] **MAVIR**: A Hálózatfejlesztési Terv kiindulási adatai 2021. Magyar Villamosenergia-ipari Átviteli Rendszerirányító ZRt., Budapest, 2021. p. 76. [https://www.mavir.hu/documents/10258/239341965/HFT2021\\_A+HFT+kiindul%C3%A1si+adatai\\_kivonatolt.pdf](https://www.mavir.hu/documents/10258/239341965/HFT2021_A+HFT+kiindul%C3%A1si+adatai_kivonatolt.pdf)

- [6] **382/2007. (XII. 23.) Korm. rendelet** a villamosenergia-ipari építésiügyi hatósági engedélyezési eljárásokról. <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a0700382.kor>  
 [7] **Szerző nélkül**: Mi is az a vezetékjog? szakmai cikk, 2021. március 24. <https://das.hu/jogi-esetek-es-hirek/vezetekjog-mi-is-az/>  
 [8] **2/2013. (I. 22.) NGM rendelet** a villamosművek, valamint a termelői, magán- és közvetlen vezetékek biztonsági övezetéről. <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a1300002.ngm>  
 [9] **Pintér M. Lajos**: Nagyfeszültség: a lét a tét. Szeged!Ma Hírmagazin, 2008. június 19, <https://szegedma.hu/2008/06/nagyfeszultseg-a-let-a-tet>  
 [10] **Google Earth** utcakép, <https://earth.google.com/web/@47.67853241,17.64600545,114.83041382a,0d,60y,252.49960852h,104.53040609t,0r/>  
 [11] **Varjú György**: Milyen hatással van a villamos hálózat mágneses tere az egészségünkre? lakossági konzultáció, Pitisszántó, 2017. március 7. <https://docplayer.hu/106105539-Milyen-hatással-van-a-villamos-halozat-magnesses-tere-az-egeszsegunkre.html>  
 [12] **Varjú György**: Kisfrekvenciás erőterek egészségi és elektromágneses összeférhetőségi kérdései. Magyar Tudomány, 2002/8. pp. 1048-1064. [http://epa.oszk.hu/00700/00775/00045/pdf/EPA00691\\_magyar\\_tudomany\\_2002-08\\_1048-1064.pdf](http://epa.oszk.hu/00700/00775/00045/pdf/EPA00691_magyar_tudomany_2002-08_1048-1064.pdf)  
 [13] **Peter Jeschke, Carsten Alteköster**: Elektromagnetische Felder am Arbeitsplatz – Regelungen und praktische Beispiele, Karlsruhe, 2019. július 3. [https://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/documents/10184/731821/7\\_Elektromagnetische+Felder+am+Arbeitsplatz.pdf](https://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/documents/10184/731821/7_Elektromagnetische+Felder+am+Arbeitsplatz.pdf)  
 [14] **Pintér M. Lajos**: Növekvő feszültség a nagyfeszültség árnyékában. Szeged!Ma Hírmagazin, 2008. június 10, <https://szegedma.hu/2008/06/novekvo-feszultseg-a-magasfeszultseg-arnyekaban>  
 [15] **Nagy Szilvia**: Részletek a 400 kV-os távvezetésekről. 2007. november 5, <http://www.pomazicseresznye.hu/reszletek-a-400-kv-os-tavvezetekrol/>  
 [16] **Gerald Draper, Tim Vincent, Mary E. Kroll, John Swanson**: Childhood cancer in relation to distance from high voltage power lines in England and Wales: a case-control study. British Medical Journal, BMJ 2005;330:1290-1293. <https://www.bmj.com/content/bmj/330/7503/1290.abridgement.pdf>  
 [17] **Szerző nélkül**: Leukémiát okoz a távvezeték. Magyar Nemzet Online, 2005. július 13, <https://magyarnemzet.hu/tudomany-es-technika/2005/07/leukemi-at-okoz-a-tavvezetek>  
 [18] **63/2004. (VII. 26.) ESzCsM rendelet** a 0 Hz – 300 GHz közötti frekvenciatartományú elektromos, mágneses és elektromágneses terek lakosságra vonatkozó egészségügyi határértékeiről. <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a0400063.esz>  
 [19] **WHO**: Extremely Low Frequency Fields – Environmental Health Criteria Monograph No.238. Technical document, WHO, 2007. márc. 13, <https://www.who.int/publications/i/item/9789241572385>  
 [20] **33/2016. (XI. 29.) EMMI rendelet** a fizikai tényezők [elektromágneses terek] hatásának kitett munkavállalókra vonatkozó minimális egészségi és biztonsági követelményekről. <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a1600033.emm>  
 [21] **Szerző nélkül**: Reduce exposure to children: French Health Agency Issues 2019 report on health effects of low frequency electromagnetic fields. Environmental Health Trust, 2019. augusztus 8, <https://ehtrust.org/reduce-exposure-to-children-french-health-agency-issues-2019-report-on-health-effects-of-low-frequency-electromagnetic-fields>  
 [22] **Szerző nélkül**: Messung und Grenzwerte. 2022. máj. 15, <https://www.tennet.eu/de/stromnetz/unsere-stromnetz/netzausbau>  
 [23] **Szerző nélkül**: Baj van a Dunakeszi feletti nagyfeszültségű vezetékkel. Budapest Környéke, 2019. október 3, <https://budapestkornyeke.hu/csak-a-baj-van-a-dunakeszi-feletti-nagyfeszultsegu-tavvezetekkel/>  
 [24] **FICÉP**: A magyarországi villamosenergia-ellátás éghajlati szempontú értékelése. FICÉP Építőipari Kereskedelmi és Szolgáltató Kft, Budapest, 2019, 58 p. [https://nater.mbfz.gov.hu/sites/nater.mfqi.hu/files/files/FICEP\\_NATeR\\_villamosenergia\\_serulekenyseg\\_tanulmany.pdf](https://nater.mbfz.gov.hu/sites/nater.mfqi.hu/files/files/FICEP_NATeR_villamosenergia_serulekenyseg_tanulmany.pdf)  
 [25] **Vizi Gergely Norbert**: Épületszerkezetek hatása a beltéri elektromágneses terekre. Doktori értekezés, Szent István Egyetem, Gödöllő, 2018, p. 101, [https://archive2020.szie.hu/sites/default/files/vizi\\_gergely\\_ertekezés.pdf](https://archive2020.szie.hu/sites/default/files/vizi_gergely_ertekezés.pdf)  
 [26] **Kovács Gábor, Tárczy Péter**: A nagyfeszültségű átviteli hálózat klímaváltozással kapcsolatos kockázatainak felmérése és menedzselése. Meteorológiai Tudományos Napok, 2018. november 22-23. <https://www.met.hu/doc/rendezvenyek/metnapok-2018/19-Kovacs-Tarczy.pdf>  
 [27] **Szerző nélkül**: Föld alá viszi a villanyvezetéseket az állami közműcég. NRRReport, 2019. április 10, <https://nrrreport.com/cikk/2019/04/10/fold-ala-viszi-a-villanyvezeteket-az-allami-kozmuceg/>  
 [28] **Filetőth Levente**: Épületek villamos ellátása (tervezési segédlet), BMGE Épületenergetikai és Épületgépészeti Tanszék, Budapest, 2017, <https://adoc.pub/komplex-1-es-diploma-tervezesi-segedlet.html>