

Kiss Adrienn¹

Létfontosságú rendszerelemek vizsgálata 1. – Hálózatosságvizsgálat²

Critical Infrastructure Analysis 1 – Network Analysis

Absztrakt

A létfontosságú rendszerelemek – más néven kritikus infrastruktúrák – interdependens kapcsolatban álló létesítmények és rendszerek, amelyek működésük szempontjából létfontosságúak egy adott ország általános biztonságának, gazdasági működőképességének, illetve a lakosság létszükségeinek fenntartásához. Bár a létfontosságú rendszerelemről tudjuk, hogy elengedhetetlenek egy ország normális működéséhez, nem teljesen feltárt, hogy egy rendszerelem működésének változása milyen módon befolyásolja a többiét. A kutatásom során először a kritikus infrastruktúrák hálózatossága általi interdependenciát, vagyis kölcsönös függőségét vizsgálom. A kritikus infrastruktúrák hálózatosságát hazai viszonylatban egy nyílt forráskódú hálózatelemző és -ábrázoló szoftver (Gephi) segítségével vizsgáltam. A tanulmány három darab létfontosságú szektorhoz tartozó objektumokat, az egészségügyi ellátó intézmények, a víziközművek és a villamosenergia-termelő egységek és -alállomások közötti kapcsolatokat vizsgálja. A vizsgálat során 189 darab objektumot rögzítettünk a Gephiben földrajzi koordináta alapján, majd vizsgáltuk közöttük a hálózatosságot.

Kulcsszavak: létfontosságú rendszerelem, hálózatosság, interdependencia, kritikus infrastruktúra

¹ Doktori hallgató, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola, e-mail: adriennk73@gmail.com

² A mű az NTP-SZKOLL-Z1-0027 számú projekt keretében, a Miniszterelnökség támogatásával, a Nemzeti Tehetség Program című pályázati program finanszírozásában valósult meg.

Abstract

Critical infrastructures are interdependent interconnected facilities and systems that are vital to the overall security, economic viability, and livelihood of a country's population. Although critical infrastructures are known to be essential for the normal functioning of a country, how changes in the functioning of one system element affect others is not fully examined. In my research, I will examine the interdependence, or interdependence through networking, of critical infrastructures. I examined the networking of critical infrastructures in a domestic context using an open-source network analysis and mapping software (Gephi). The study examines the interconnections between three critical sector objects: healthcare facilities, water utilities, and electricity generation units and substations. In the study, 189 objects were recorded in Gephi according to their geographical coordinates, and the connectivity between them was examined.

Keywords: critical infrastructure, network, interdependence

Bevezetés

A létfontosságú rendszerelemekre egyre nagyobb figyelem terelődött az elmúlt években a kutatások, illetve a szakpolitikai és politikai viták során, miután a rendszerelemek egyre nagyobb kitettsége, a katasztrófák okozta zavarok vagy akár az infrastrukturális rendszerek, eszközök tulajdonjogának és felelőségének a változása aggodalomra adott okot.³ Magyarországon vagy a világ bármely más térségében a létfontosságú rendszerelemek jelentős szerepet töltenek be az emberek életében. Nap mint nap kiszolgálják a létszükségleteinket, és hozzájárulnak a gazdasági működőképesség, illetve a közbiztonság fenntartásához is. Ilyen rendszerelem többek között az ivóvízhálózat, a villamosenergia-rendszer és a közúthálózat is. Azt pedig mindenképpen szükséges nyomatékosítani mind a társadalom tagjai számára, mind pedig a döntéshozók részére, hogy milyen fontos számunkra a létfontosságú rendszerelemek védelme.⁴ A hazai jogszabályi környezet a létfontosságú rendszerelemet a következőképpen definiálja:

„[...] szolgáltatás, eszköz, létesítmény vagy rendszer olyan rendszerleme, továbbá azok által nyújtott szolgáltatások, amelyek elengedhetetlenek a létfontosságú társadalmi feladatok ellátásához – így különösen az egészségügyhöz, a lakosság személy- és vagyonbiztonságához, a gazdasági és szociális közszolgáltatások biztosításához, az ország honvédelméhez – és amelynek kiesése e feladatok folyamatos ellátásának hiánya miatt jelentős következményekkel járna.”⁵

A világnak mindig szüksége volt az infrastruktúrára, idővel az emberek, a világ és a környezet változásával pedig megjelentek a hálózatos infrastruktúra-rendszerek, mint például az ókorban is használatos vízvezetékrendszer vagy Kína úthálózata. Az idő

³ STEELE–HUSSEY–DOVERS 2017.

⁴ HORVÁTH 2010.

⁵ 2012. évi CLXVI. törvény.

előrehaladtával pedig ezeknek az infrastruktúráknak a védelme már nem opcionális, hanem szükségszerű. Ami még szükségszerűbbé teszi a védelmüket, az például a napjainkban egyre gyakrabban megmutatkozó kiberhadviselés,⁶ amelynek részét képezi az elektronikai hadviselés⁷ vagy a kiberfenyegetettség, amely többek között olyan létfontosságú rendszerelemeket is érint, mint például a közlekedési ágazat⁸ vagy akár a tanulmány részét képező víziközmű-szolgáltatás.⁹ Amit érdemes megemlíteni még az infrastruktúrák tekintetében az az, hogy az egyik milyen hatással van a másikra. Az emberek életében folyamatosan jelen lévő alapvető szükségleteket kielégítő szolgáltatásokat az infrastruktúrák és rendszerei biztosítják, ezért vizsgálatuk, a feladatuk fontosságát tekintve is elengedhetetlen. A létfontosságú rendszerelemek és védelmük kapcsán nem csak az egyes fenyegetési tényezőket, jogszabályokat, humán erőforrást és más módon felmerülő szempontokat lehet figyelembe venni, de annak a vizsgálata sem elhanyagolható, hogy az adott létfontosságú rendszer elem működése, kiesése vagy esetleg megszűnése milyen hatással van más rendszer elemekre és azoknak a működésére. Az évek során már számos szakember foglalkozott a kritikus infrastruktúrákkal, illetve, hogy egy-egy katasztrófa bekövetkezése milyen hatással volt a létfontosságú rendszerekre,¹⁰ azonban azt is figyelembe kell vennünk, hogy az infrastruktúrák milyen hatással vannak egymásra. Jelen tanulmány középpontjában a hazai létfontosságú rendszer elemek hálózatossága, kölcsönös függőségük és Magyarország területi egységeinek a kritikussági vizsgálata áll. A nemzetközi jogszabályi környezet kritikus infrastruktúráként, a hazai jogszabályi rendszer 2012 óta létfontosságú rendszer elemekként hivatkozik ezekre az alapvető szolgáltatást nyújtó szervezetekre. A két megnevezés szinonimája egymásnak, így a tanulmány során mindkettő alkalmazható.

Létfontosságú rendszer elemek hálózatossága

A hálózatok mindenhol jelen vannak. Gyakori és ismert példává vált a mindenhol jelen lévő hálózatokra vonatkozóan az internet, az infrastrukturális hálózatok, a társadalmi, politikai és gazdasági hálózatok, a tudományometriai hálózatok, de akár említhetnénk a táplálékhálózatot is.¹¹ Ezek mellett számos más, jobban vagy kevésbé említett hálózat létezik több kutatási területen is. Erre példaként említhető többek között a mobilhálózatok által nyújtott lehetőségek használata a pandémia terjedésének követése esetében is.¹² A hálózattudomány fejlődése több tényezőre vezethető vissza, mint például a dinamikus és sokrétű hálózatokhoz elengedhetetlen, fejlettebb matematikai képességek, a nagy mennyiségű humán adathoz történő hozzáférés, a nagy számítási kapacitással rendelkező számítógépes technológia, amely nagy

⁶ BÁNYÁSZ 2017.

⁷ FARKAS-TÓTH 2012.

⁸ BÁNYÁSZ 2016

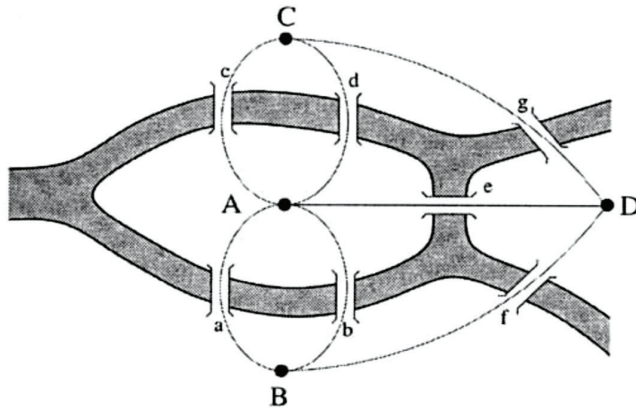
⁹ SZÁDECKY 2021.

¹⁰ BÁNYÁSZ 2013.

¹¹ BARABÁSI 2013: 13–15.

¹² NÉMETH-MAGYAR 2020.

adatrendszerek rögzítésére és kezelésére képes, valamint az egyetemek, kormányzatok vagy az ipar részéről történő hálózati gondolkodás elfogadása.¹³ A hálózatelemzés alapjait Leonhard Euler fektette le még 1736-ban, amikor a Königsbergi hidak esetét egy új matematikai módszerrel oldotta meg. A kérdés az volt, hogy a négy szárazföldet összekötő hét hídön végig lehet-e úgy sétálni, hogy minden szárazföldet érintve egynél többször egyik hídon se menjünk át.¹⁴ Euler elemezve a város 1. ábrán látható, akkori infrastrukturális adottságait konkrét matematikai bizonyítást adott arra, hogy nem létezik olyan útvonal, amelyen minden szárazföldet érintve minden hídon csak egyszer tudunk átmenni. Euler bizonyítása úttörőnek tekinthető módszertanát tekintve annak ellenére vagy talán pont emiatt is, hogy magyarázata még a matematikában kevésbé jártasak számára is testközelbe hozza a probléma megoldását.¹⁵



1. ábra: Königsberg elrendezése 1875 előtt, Kneiphof-sziget (A) és Pregel folyó két ága közötti D terület látható az ábrán

Forrás: BARABÁSI 2013: 13–15.

Így nem is maga a megoldás került végül a történelemkönyvekbe, hanem a módszer, ahogy a bizonyítás készült, ugyanis Euler a hidakat – mai szemszögből nézve – gráfoknak tekintette, vagyis olyan éleknek, amelyek valamilyen fajta pontokat kapcsolnak össze. A folyóval elválasztott területeket betűkkel jelölte, az élek a hidak voltak. Olyan ábrázolásmódot vezetett be, ahol a pontok és élek rendszerét átlátható módon, a szükséges információkat közvetítve lehet illusztrálni. Euler matematikai módszerekkel bizonyította be, hogy a felvetődött kérdésnek nincs lehetséges megoldása. Mivel a hálózattudomány kialakulásának alapjairól van szó, fontos tisztázni, hogy szükséges-e a gráfnak és a hálózatnak az elhatárolása.

A hálózatok matematikai terminológia szerint gráfok, így azok szinonimaként használhatóak. A gráfokban lévő pontok és kapcsolatok mennyiségének drasztikus

¹³ AUER-JÓÓ 2019: 9.

¹⁴ EULER 1736: 128–140.

¹⁵ BARABÁSI 2013: 13–15.

növekedésével egy új terület kezdett kibontakozni, a hálózatelemzés, amelynek fókuszában a nagy méretű gráfok és az azokban lévő összefüggések vizsgálata áll.¹⁶ Mind a gráfelmélet, mind pedig a hálózatelemzés függetleníti magát a vizsgálat tárgyától és a pontok és élek kapcsolatrendszerére, struktúrájára vonatkozóan von le következtetéseket, mutat rá összefüggésekre. Ezen eredmények pedig adaptálhatók a vizsgálat tárgyára. Összefoglalva a fontos tudnivalókat, a gráfok, hálózatok tulajdonságai magukban a felépítésükben, vagyis a pontok és az élek kapcsolatrendszerében rejlenek. Egy él hozzáadása úgy meg tudja változtatni a gráf felépítését, hogy az egyes feltételek akár meg is szűnhetnek, míg mások akár életre is kelhetnek.¹⁷ A hálózattudomány arra is alkalmas, hogy megmutassa: a Földön egymástól csak hatlépésnyi távolságban vagyunk egymástól. A hatlépésnyi távolság röviden azt jelenti, hogy a Földön létező összes ember közül átlagosan öt más egyénen keresztül – akik közül az egyik személyes ismerős – kapcsolatot lehet létesíteni egy, a világban bárhol lakó, véletlenszerűen vagy meghatározott módon kiválasztott személlyel. Az elmélet alapján a világ társadalmi kapcsolatrendszerének (vagyis hálózatának) sajátossága tehát, hogy az egymástól való távolságunk együttesen, átlagosan hat.¹⁸ A hálózati szemlélet hozzásegít minket ahhoz, hogy mélyreható kérdésekkel foglalkozzunk az emberi, biológiai, gazdasági és egyéb, egymástól függő szervezetséget mutató rendszerekkel kapcsolatban.

Hálózatosság és összetevői

A hálózattudományt fel tudjuk használni arra, hogy elemezzünk, tervezzünk és összetett társadalmi, technikai rendszereket irányítsunk. Alkalmas többféle tartomány együttes modellezésére, és irányítani tudjuk az előbb említett társadalmi, technikai rendszerek közösségi viselkedésre gyakorolt hatását, a hálózati struktúrán keresztül.¹⁹ A hálózatelemzés pedig arra a feltételezésre épül, hogy egy ok, egy effekt vagy egy szempontok közötti kapcsolat magában foglal valamit, ami hálózatként fogalmazható meg. Az oka annak, hogy egyre gyakrabban fordul elő egy absztrakt vagy konkrét rendszerről való hálózatos gondolkodás az, hogy egyre több összetett, nagyszámú és egymással kölcsönhatásban lévő egységet magában foglaló, komplex rendszert vagyunk képesek áttekinteni, legfőképp az információtechnológia hatalmas, robbanásszerű fejlődésének következtében.

A kutatás tárgyát szem előtt tartva a vizsgálat során a részletes matematikai elemzések helyett a hálózatok összefüggései kerültek a fókuszba. A hálózatosság mutatja meg, hogy mely rendszerek milyen összeköttetésben állnak egymással. Az ábrázoláshoz csomópontokra és élekre, kapcsolatokra van szükség, így lehet érzékelteni a rendszerelemek hálózatát.²⁰ A kutatás részeként ezért információt kellett gyűjtenem magyarországi viszonylatban az országban található – és a jelen kutatás szempontjából is releváns – kritikus infrastruktúrák hollétéről.

¹⁶ BARABÁSI 2013.

¹⁷ BARABÁSI 2013: 13–15.

¹⁸ BARABÁSI 2013: 25–36.

¹⁹ VICSEK 2006.

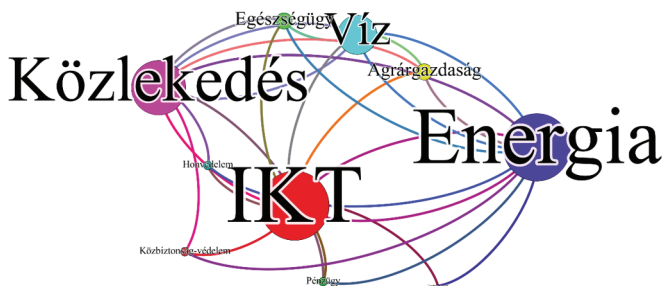
²⁰ PLATT 2019: 12.

Létfontosságú szektorok hálózatossága

Egy adott hálózatot egy nagy rendszerként lehet leírni, amely adott számú részből, részegységből áll. Ezek a részegységek össze vannak kötve, és így teszik lehetővé a kommunikációt egymás között, egymás mentén vagy az egységek és a központ között. A tanulmányban tárgyalt hálózatok kapcsán a részletes matematikai ismérvek bemutatása nem szükséges, az összefüggések feltárása a kutatás folyamán anélkül is kivitelezhető és levezethető. Két aspektusból közelíthető meg a létfontosságú rendszerelemek vizsgálata, egyrészt az európai uniós irányelv alapján:

„Az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2016/1148 irányelve (2016. július 6.) a hálózati és információs rendszerek biztonságának az egész Unióban egységesen magas szintjét biztosító intézkedésekről” („Directive 2016/1148 of the European Parliament and of the Council of 6 July 2016 concerning measures for a high common level of security of network and information systems across the Union”, továbbiakban: NIS-D).

Másrészt pedig megközelíthető a már említett 2012-es Lrtv. alapján. Mivel az interdependenciák azonosítását célozza meg a tanulmány, ebben a NIS-D általi alapvető szolgáltatást nyújtó szektorok vizsgálata akadályokba ütközött. A jelenleg hatályos NIS-D nem ad lehetőséget arra, hogy az általa kijelölt alapvető szolgáltatást nyújtó szektorok körében kölcsönös függőséget lehessen vizsgálni, ugyanis e szektorok kijelölésének listája szűkebb, mint az Lrtv.-ben megnevezettek. A 2. ábrán szemléltetem a vizsgált létfontosságú szektorokra vonatkozó kölcsönös függőséget. Az energiaszektor függésben áll a vízszektorról, példának okáért az utóbbinak az Lrtv. alapján van vízbázisok védelme alszektora, ami összeköthető azzal, hogy vannak energiát termelő, megújuló energiaforrások. A NIS-D alapján e szektoron belül csak ivóvízellátás és -elosztásról beszélhetünk, amely esetében az interdependencia-vizsgálat nem reális eredményeket hozna, hiszen e terület sok más alszektora kiesne a vizsgálat tárgya alól, amelyek viszont szoros függőségben állnak más szektorokkal. Azonban nem ez az egyetlen olyan eset, amikor az interdependencia nem jelenik meg megfelelőképpen a vizsgálat során, így az Lrtv. mint hazai jogszabály alkalmasabb a szektorok, infrastruktúrák vizsgálatára.



2. ábra: Az Lrtv. alapján létfontosságúnak azonosított ágazatok és az ezáltal kiválasztott szektorok interdependenciája

Forrás: a szerző szerkesztése RINALDI–PEERENBOOM–KELLY 2002 alapján

Az energiaszektor létesítményeinek egy részéhez elengedhetetlen a víz mint létfontosságú szektor alszektorának, a vízbázisok védelmének a megléte. Általánosságban beszélhetünk az energiaszektor közlekedéstől való függéséről is, ugyanis egyes energiát termelő aggregátorok nem működnek üzemanyag nélkül, amely pedig a logisztika, mint olyan nélkül nem tudna Magyarországra és Magyarországon belül mozogni. Itt kerül előtérbe például az az evidencia, miszerint a villamosenergia-szektor kiemelt szerepet játszik a kritikus infrastruktúrák között. Ez a megközelítés pedig feltételezhető olyan szempontból, hogy áram nélkül nem működik más infrastruktúra, de mivel maga az energia léte is kötött más-más szektorokhoz, így a kritikusságot vissza is tudnánk vezetni azon tényezőkhöz, amelyek elengedhetetlenek az energia termeléséhez. Emellett az infokommunikációs technológiák (továbbiakban: IKT-technológiák) azok, amelyeket kiemelhetünk az infrastruktúrák közül kritikusság szempontjából. Ennek megalapozása az, hogy az összes többi szektor függ tőle, ugyanúgy, mint az energiától.

Amennyiben a kölcsönös függőséget számszerűsíténénk, az IKT-technológiák szektora minősülhetne a legkritikusabb szektornak, ugyanis az összes létfontosságú szektor függésben áll tőle, azonban az IKT-technológiák szektora nem áll függésben annyi létfontosságú szektortól, mint például maga az energiaszektor is. Ezért a számszerűsítést tekintve is különbséget lehet tenni a kritikus és kritikussabb szektor között. Az egészségügy mint szektor más módon lehet legkritikusabb kritikus infrastruktúra, ugyanis, ha a szektorok függőségét vizsgálom, megállapítható, hogy egyik sem függ tőle. Amennyiben a kritikusságot úgy mérném, hogy ettől a szektortól emberi életek függenek, ilyen szempontból feltételezhetően ez lehetne a legkritikusabb kritikus infrastruktúra. Ezt egészíti ki az is, hogy egészséges emberek szükségesek ahhoz, hogy üzemeltessék, működtessék a rendszereket, ellássák a feladatokat, nyújtsanak szolgáltatásokat. A vízszektortól nemcsak az egészségügyi szektor, de akár a közlekedés, agrárgazdaság, ráadásul az energiaszektor egy része is függ. Ivóvíz nélkül sem lennének képesek az emberek hosszú ideig élni, ilyen megközelítésből következtethetünk arra, hogy az ivóvízellátás mint szerezlem a legkritikusabb kritikus infrastruktúra. A hálózatos szemlélettel végiggondolt interdependenciákkal azt kívántam kifejezni, hogy egyrészt egyik-másik szektor függésben áll egymástól, így még jobban oda kell figyelniük a védelmükre, hiszen sérülésük, működésük hatással van egymásra. A másik, amit szemléltetni kívántam az az, hogy a villamosenergia-rendszerek összessége vagy konkrétan az energiaszektor adott szempontok alapján lehet a legkritikusabb kritikus infrastruktúra, de ez akár túl általánosnak is minősülhet, így meg kell először határozni, hogy mely tekintetben minősül annak, ugyanis más-más módon, de valamennyi létfontosságú rendszerelemet feltételezhetően nevezhetnénk a legkritikusabb kritikus infrastruktúráknak.

A vizsgált rendszerelemek bemutatása

Hazánkban az MVM Csoport törekszik arra, hogy kihasználja a villamosenergia-piacok nyújtotta lehetőségeket, és a villamos energiához kötődő kereskedelmi, ellátási-elosztási tevékenységen kívül aktív szereplő a villamosenergia-termelésben

is.²¹ A hazai energiapiacra kívül az MVM Csoport a nemzetközi piacon is jelen van, de a tanulmány szempontjából nem releváns az MVM nemzetközi részvételének a bemutatása. Az MVM célja többek között a megfizethető, tiszta energia biztosítása a lakosság részére fenntartható és ügyfélelvárásokhoz méltó módon. Az MVM Csoport tagjai Magyarországon szerte üzemeltetnek áramtermelő egységeket, amelyek között van atomerőmű,²² vannak hagyományos erőművek és megújuló energiaforrások is. Az MVM infrastruktúrái által a magyar villamos energia kulcsfontosságú ellátója.²³ Az MVM Csoport termelőegységei 2020-ban az országos nettó erőművi termelés több mint 60%-át adták, a megújuló alapon megtermelt villamos energia pedig az összes előállított mennyiség 3,5%-a.²⁴

Az ivóvíz az egyik, ha nem a legszigorúbban ellenőrzött élelmiszer. Az ivóvíz-szolgáltatás nagy felelősséggel járó közszolgálat, a csapvíz rendszeresen kell ellenőrizni, és minden szolgáltatónak törvényben van előírva az a kötelezettsége, hogy mintákat vegyenek és ellenőrizzék azokat.²⁵ Hazánkban a víziközmű-ellátás, -szolgáltatás aktuális, illetve jövőbeni kérdéskörével az elmúlt években fokozottan foglalkoztak. Ilyen kérdéskör a vízbázisok biztonságának fenntartása, az ivóvízellátás vízminőségi problémáinak megoldása vagy akár a szabályozásoknak megfelelő víziközmű-struktúra fenntartása.²⁶ Magyarországon minden település rendelkezik közüzemi vízművel és a településeken belül teljesen kiépített a vízellátó hálózat. A víziközmű közcélú vízellátási rendszer, amely többek között a települések ivóvízellátását, az ivóvíztermelést, így az ehhez kapcsolódó ivóvízbázis-védelmet, az ivóvízkezelést, -tárolást, -elosztást, -szállítást, illetve a felhasználási helyekre való eljuttatást biztosítja.²⁷ Összesen 41 víziközmű társaság rendelkezik engedéllyel, hogy hazánkban szolgáltatást nyújtsanak.²⁸

Magyarországon az egészségbiztosítás által, adott jogosultságok alapján a magyar állampolgárok természetbeni ellátás keretében nyújtott egészségügyi és pénzben nyújtott pénzügyi ellátásokat vehetnek igénybe. Minden betegnek joga van ahhoz, hogy az egészségügyi állapotához viszonyítottan, indokoltan, megfelelő és állandó jelleggel hozzáférhető módon, az egyenlő bánásmód követelményéhez hűen egészségügyi ellátást kaphasson, a jogszabályi keretek között.²⁹ Hazánkban az alapellátáson kívül – amelyet a beteg lakóhelyén vagy legalábbis annak közelében biztosítani kell – elérhető a járóbeteg-szakellátás és a fekvőbeteg-szakellátás. Utóbbi kettőt gyógyintézeti, egészségügyi intézményi keretek között lehet igénybe venni, így ezen intézmények védelme kulcsfontosságú.³⁰

²¹ MVM Energetika Zrt. – Termelés, lásd: <https://mvm.hu/hu-HU/Tevekenysegunk/Termeles>

²² Az Lrtv. alapján az atomerőművek nem minősülnek létfontosságú rendszerelemnek, csak a működésük kritikus.

²³ MVM Csoport. Energiát adunk. Lásd: <https://bit.ly/3M7I2b5>

²⁴ MVM Energetika Zrt. Termelés. Lásd: <https://mvm.hu/hu-HU/Tevekenysegunk/Termeles>

²⁵ Magyarország kiváló minőségű ivóvizei. Lásd: www.maviz.org/fogyasztoi_informaciok/magyarorszag_kivalo_minosegu_ivovizei

²⁶ Lásd: www.ovf.hu/hu/ovf-vizikozmu

²⁷ 2011. évi CCIX. törvény.

²⁸ Lásd: www.maviz.org/46_vizikozmu_tarsasag_szolgaltathat_az_orszagban

²⁹ Lásd: www.neak.gov.hu/felso_menu/lakossagnak/ellatas_magyarorszagon/egeszsegugyi_ellatasok

³⁰ Lásd: www.eubetegjog.hu/az-ellatorendszer-felepitese.html

Hálózatosság

Hazai viszonylatban az energia-, egészségügyi és vízszektorhoz tartozó létfontosságú rendszerelemeket szemléltettem. A szemléltetés tárgya, hogy Magyarországon, adott földrajzi koordináták alapján pontosan hol helyezkednek el a vizsgált szektorokhoz tartozó infrastruktúrák, mint a villamosenergia-termelő egységek és állomások; a víziközművek és egészségügyi ellátó intézmények. Ezek az ország szempontjából kritikus infrastruktúráknak tekintendők, és a cél az, hogy hazai viszonylatban látni lehessen, hol és milyen formában (például szétszórta; több fajta infrastruktúra egy területen) helyezkednek el, továbbá cél az infrastruktúrák hálózatosságának szemléltetése. A hálózatosság vizsgálatát a Gephi³¹ elnevezésű szoftverrel végeztem. A Gephi-hez tartozik egy GeoLayout elnevezésű kiegészítés, amelynek segítségével az egyes pontokat földrajzi elhelyezkedésük alapján lehet ábrázolni, ehhez pedig a pontok hosszúsági és szélességi fokára van szükség. Ahhoz pedig, hogy vizsgálni tudjam hazai viszonyok között a létfontosságú rendszerelemeket, először is meg kellett határozni a pontos elhelyezkedésüket. A meghatározáshoz segítségemre voltak különböző, hiteles forrásból származó aktuális kiadványok és listák, amelyeket az üzemeltető vagy az adott területen elismert intézmény publikált. Azon kritikus infrastruktúráknál, amelyeknek csak az elnevezése volt meg, segítségemre volt a Google Maps, ahonnan az infrastruktúrákhoz tartozó koordinátákat kinyerhettem. A létesítmények helyének Gephibe való felvétele manuális úton történt a név és a földrajzi koordináta adatainak megadásával, amelyet a 3. ábrán lehet látni.

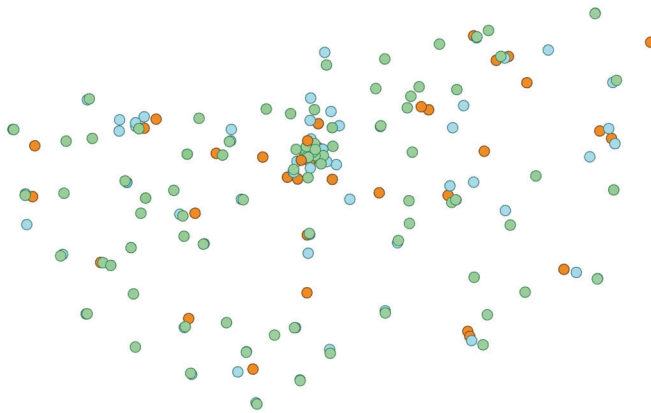
Label	Interval	latitude	longitude
Mártonlelék		47.138152	18.822636
Ócsa		47.1002	18.20208
Órmeny		47.102246	18.287147
Pécs		46.171811	18.845703
Pécs		46.17272	18.308411
Sopronkő		46.181256	20.39203
Sárbogárd		47.843025	20.872481
Sárbogárd		46.100423	20.120189
Szeged		46.29461	20.139952
Székesfehérvár		47.204893	20.151002
Szombathely		47.202752	20.62781
Tüskevár		46.413585	17.835289
Zalaegerszeg		47.030986	18.12851
Hévíz		46.760085	17.176653
ALFÖLDI Regionális Vízellátó-és Vízellátó Zrt.		46.888887	21.111365
Árva Északkeleti Zrt.		47.868384	17.252571
BÁCKÖZ Víz- és Csatornázási Zrt.		46.888818	18.888887
BÁCKÖZ Észak és Délkelet Víz- és Csatornázó Vt.		46.199231	18.966111
BÁCKÖZKEZELT Víz- és Csatornázó Zrt.		47.181881	17.888738
BAKONYVÍZ Zrt. Keszthely		46.181881	18.220004
BAKONYVÍZ Zrt. Hévíz		45.856125	18.286204
BAKONYVÍZ Zrt. Szigetmonostor		46.447128	17.73661
BAKONYVÍZ Zrt. Ménfőcsanak		46.802678	18.688683
BŐRŐSŐRŐZ Önkormányzati Községi Szolgáltató Zrt.		46.189463	21.209710
BŐRŐSŐRŐZ Észak és Délkelet Vt.		47.188884	18.328176
Délkelet-Magyarországi Vízellátó Zrt.		47.131203	18.624299
Délkelet-Magyarországi Vízellátó Zrt.		47.874708	18.248702
Délkelet-Víz- és Csatornázó Zrt.		46.413582	18.999308
Duna-Menti Regionális Vízellátó Zrt. - Jókai-parti Üzemeltető		46.856661	18.322746
Duna-Menti Regionális Vízellátó Zrt. - Balparti Üzemeltető		47.861489	18.131814
Duna-Menti Regionális Vízellátó Zrt. - Jókai-parti Üzemeltető		47.712081	18.079889
Duna-Menti Regionális Vízellátó Zrt.		47.770225	18.284475
Duna-Menti Regionális Vízellátó Zrt. - Gőzhalászi Üzemeltető		47.675294	18.135662
Duna-Menti Regionális Vízellátó Zrt.		46.905615	18.504813
Duna-Menti Regionális Vízellátó Zrt. - Csatorna- és Hálózatkezelő Vt.		46.938498	18.945182
E.Á.É.V. Északkelet-Regionális Csatornázási Zrt.Északon MKK&A.		46.445576	18.70882
Érd és Térsége Regionális Víz Vt.		47.171254	18.887409
Érd és Térsége Regionális Víz Vt. Zrt.		46.417121	18.818189
Érd és Térsége Regionális Víz Vt. Zrt.		47.186463	18.420234

3. ábra: Illusztráció a Gephi programról – a kritikus infrastruktúrák földrajzi koordináták alapján történő felvétele

Forrás: a szerző szerkesztése a <https://gephi.org> alapján

³¹ A Gephi egy nyílt forráskódú hálózatkezelő és -ábrázoló szoftvercsomag.

Miután a rendelkezésemre álló adatokat felvittem a Gephibe, a következő lépés a pontok közötti kapcsolatok megállapítása volt. Kapcsolatok nélkül e pontok földrajzi elhelyezkedéséből mindössze azt tudhatjuk meg, hogy egy adott létfontosságú rendszerelem hol helyezkedik el az országban, mely területen van nagyobb számú, több fajtájú és melyik területen van kisebb számú, kevesebb fajtájú infrastruktúra, így elengedhetetlen feltérképezni a feltárható összefüggéseket, kapcsolatokat a pontok között. Az alaphelyzet látható a 4. ábrán, ahol már a koordináták alapján kinyerjük a létesítmények elhelyezkedését. Az ábrából jól látszódik, hogy a GeoLayout segítségével milyen módon rajzolódik ki a Magyarország tekintetében vizsgált kritikus infrastruktúrák földrajzi eloszlása. A földrajzi elhelyezkedést figyelembe véve vannak olyan területek, ahol többfajta és nagyobb számú vizsgált infrastruktúra helyezkedik el, illetve olyan területek is, ahol elszórtan találhatóak meg ezek. Le kell szögezni, hogy összességében ennél több létfontosságú szektor is van, illetve egy adott infrastruktúra sem pusztán egy létesítményből áll, hanem például vezetékekből és egyéb elemekből, rendszerekből is. A rendelkezésre álló adatokat figyelembe véve a tanulmány a három kiválasztott és vizsgált szektor bázislétesítményeire fog koncentrálni. Az ábrázolások során három színt alkalmaztam, az energiaszektorhoz kapcsolódó narancssárga, a vízszektorhoz tartozó kék és az egészségüghöz kapcsolható zöld színjelzéseket. Az infrastruktúrák ellátáshoz kapcsolódó pontjait az alapján kötöttem össze, hogy mekkora a fizikai távolság egy-egy pont között. Például egy villamosenergia-termeléshez kapcsolódó alállomás a legközelebb található pontot fogja ellátni árammal, ugyanígy a víziközmű-szolgáltató is a hozzá közel fekvő létesítményeket látja el ivóvízzel.



4. ábra: A kritikus infrastruktúrák földrajzi koordinátáinak felvitele utáni állapot

Forrás: a szerző szerkesztése

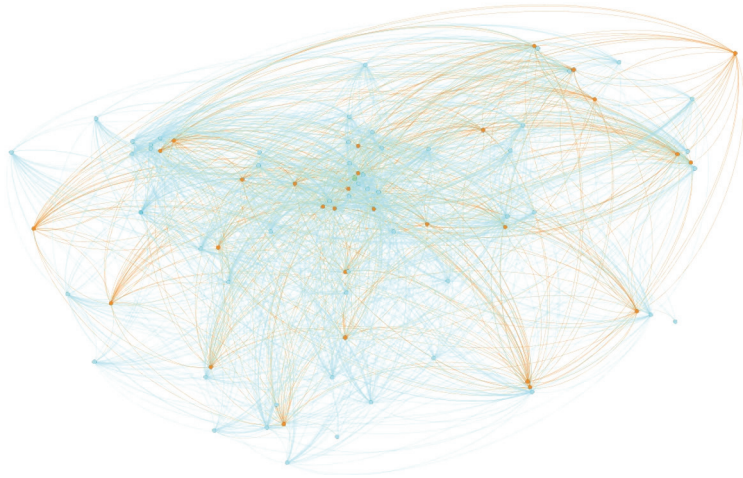


5. ábra: A villamosenergia-termelő egységek és alállomások logikai kapcsolatai

Forrás: a szerző szerkesztése

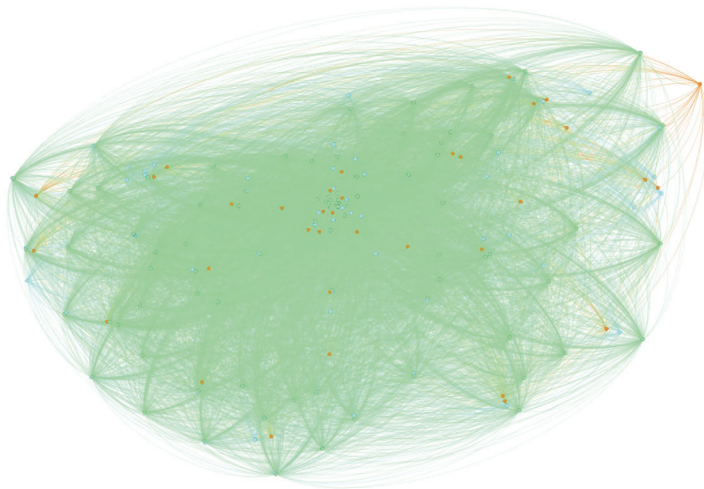
A vizsgált kritikus infrastruktúrák közötti kapcsolatok, bár valós adatok, koordináták alapján ábrázolom őket, nem fizikai, hanem logikai kapcsolatként vannak feltüntetve, mivel nem ismerjük a villamosenergia-, az ivóvíz- és az ellátásban részt vevő egyéb infrastruktúrák pontos rendszerét. Az 5. ábrán a földrajzi koordináták alapján látható Magyarországon a villamosenergia-termelő egységek és alállomások pontos helye. A villamosenergia-termelő egységek kapcsolatban állnak a víziközműekkel és az egészségügyi létesítményekkel is. Mivel a pontos útvonalat nem ismerjük, így csak feltételezhető – a felvázolt termelőegységek és alállomások okán –, hogy az egyes rendszerelemek áramot kell hogy szállítsanak a közelben található többi infrastruktúrának. A villamosenergia-termelő egységek és alállomások között is vélelmezhetően logikai kapcsolat áll fenn. Ez a logikai kapcsolat kimerülhet egy virtuális központi nyilvántartásban is, de akár a kibertérben összekapcsolt információs hálózatban is. Így tehát a villamosenergia-termelő egységek és alállomások egyenként nemcsak a közelben lévő más típusú infrastruktúrákkal, de egymással is összeköttetésben vannak.

A 6. ábrán szemléltetett vízszektorba tartozó víziközmű-szolgáltatók szempontjából is hasonló a helyzet a korábbiakhoz, vagyis hogy az ivóvízellátás és a szennyvízelvezetés útvonalát pontosan nem ismerjük, de a szolgáltatók üzemi telephelyeit igen. Feltételezhetően a vízszektoron belüli logikai kapcsolat is érzékelhető, illetve a szektoron átívelő kapcsolat is, ugyanis a szolgáltatók biztosítják az ivóvízellátást mind az egészségügyi ellátó intézményekbe, mind pedig a villamosenergia-termelő egységekbe. Végezetül pedig az egészségügyi intézmények hálózatosságát bizonyítandó, hogy az ivóvíz- és az áramellátás szintén biztosított ezeknél – így látható, hogy a különböző szektorokhoz tartozó objektumok kapcsolatban állnak egymással, tehát az intézmények közötti logikai kapcsolat is hasonló módon vélelmezhetően fennáll. Az egészségügyi létesítményeken belül pedig megemlíthetjük logikai kapcsolatként itt is a virtuális központi nyilvántartást. A 7. ábra alapján jól látható, hogy mivel számszerűen az egészségügyi intézmények száma volt a legmagasabb, szinte teljesen elfedi a többi ábrázolt létfontosságú rendszerelemet és azok kapcsolatait.



6. ábra: A villamosenergia-termelő egységek és alállomások, illetve a víziközmű-létesítmények logikai kapcsolatai

Forrás: a szerző szerkesztése



7. ábra: A villamosenergia-termelő egységek, illetve a víziközmű-létesítmények és egészségügyi létesítmények logikai kapcsolatai

Forrás: a szerző szerkesztése

Következtetések

A kutatás célja a vizsgálat alapjául választott létfontosságú szektorokhoz tartozó infrastruktúra-elemek vizsgálata volt hazai viszonylatban. A vizsgálat az elemek közötti kapcsolatok, hálózatosság, illetve a kölcsönös függőségek azonosítására terjedt ki. Magyarország tekintetében a hálózatosságot alapul véve megállapítható, hogy az infrastruktúrákból eredő hálózatok körbevesznek bennünket. Továbbá fontos, hogy a jogszabály által meghatározott tíz darab létfontosságú szektorból már három szektor vizsgálata is interdependenciát feltételez, így a jelen tanulmány alapján logikai – de további vizsgálatokat igénylően, feltételezhetően az infrastruktúrák hálózata okán fizikai – kölcsönös függés is fennáll. A kritikus infrastruktúrák földrajzi értelemben is, illetve virtuális értelemben is hatással vannak egymásra, befolyásolják egymás működését. Továbbá megállapítható az is, hogy a vizsgált kritikus infrastruktúrák körében a kölcsönös függőség mértéke nem egyenlő, a különböző létfontosságú szektorokhoz tartozó infrastruktúrák más-más hatással vannak egymásra.

Összességében tehát feltételezhetően a területileg egymáshoz közel lévő infrastruktúrák fizikai, az egymástól nagy távolságra találhatóak pedig logikai kapcsolatban állnak egymással és így hatnak egymás működésére. Az is megállapítható, hogy ezek a függőségek nem minden esetben állnak fent, hiszen nem minden rendszerlem nyújt olyan szolgáltatást, amely egy másik működéséhez elengedhetetlen. A kutatás során elért eredmények hasznosíthatósága kapcsán mindenképpen érdemes megjegyezni, hogy az interdependencia-vizsgálata – bár számos tanulmány létezik a modellezésére – még jelenleg is újszerű területnek minősül, így szükséges a tanulmányozása. A tanulmányban felvázolt eredményeket fel lehet használni a kritikus infrastruktúrák kockázatelemzése szempontjából, hiszen a kockázatok felmérése során elengedhetetlen, hogy a kölcsönös függőségeket és az ebből eredő hatásokat számba vegyük. Megjegyzendő, hogy a kockázatelemzés során a rendelkezésre álló kockázatregiszteren felül olyan kockázatok is számításba kerüljenek, amelyekkel pár évvel ezelőtt még nem feltétlenül számoltunk volna, mint például a social engineering támadások³² vagy akár az álhírekkel való küzdelem is.³³ Ezenfelül célszerű lehet a Magyarországon túli területekre is gondolni, tehát az országon kívül található kritikus infrastruktúráknak, így például a katonai vonalon maradvány a NATO kommunikációs rendszerének³⁴ a vizsgálata is lényeges. A jövőben tervezem a többi szektor – mint például a kormányzati célú infokommunikációs hálózatok³⁵ – egymáshoz fűződő interdependens kapcsolatait is felmérni, annak érdekében, hogy a kritikus infrastruktúrák kockázatelemzése során – amelynek elvégzése a védelem kiépítéséhez szükséges – számba tudjuk venni az interdependenciákat is, így kapva még pontosabb kockázati eredményeket.

³² BÁNYÁSZ–BÓTA–ZÁGON 2019.

³³ INÁNCSI–FARKAS 2022.

³⁴ TÓTH 2014; FARKAS 2020; FARKAS 2021.

³⁵ FARKAS–PRISZNYÁK 2017.

Irodalomjegyzék

- AUER Ádám – JOÓ Tamás (2019): *Hálózatok a közszolgálatban*. Budapest: Dialóg Campus. Online: <https://bit.ly/3nYkQoB>
- BÁNYÁSZ Péter (2013): A közösségi média szerepe a katasztrófaelhárításban a Sandy hurrikán példáján keresztül. In HORVÁTH Attila (szerk.): *Fejezetek a kritikus infrastruktúra védelemből: Kiemelten a közlekedési alrendszer*. Budapest: Magyar Hadtudományi Társaság, 281–292. Online: http://real.mtak.hu/94342/1/A_kozossegi_media_szepe_a_katasztrofae.pdf
- BÁNYÁSZ Péter (2016): Az ellátási lánc kiberfenyegetettsége, különös tekintettel a közlekedési alrendszer biztonságára, a szervezett bűnözés hatásai. In CSENGERI János – KRAJNC Zoltán (szerk.): *Humánvédelem – békeművelési és veszélyhelyzetkezelési eljárások fejlesztése*. Budapest: Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, 643–673.
- BÁNYÁSZ Péter (2017): A közösségi média, mint az információs hadszíntér speciális tartománya. *Hadmérnök*, 12(2. KÖFOP-szám), 108–121. Online: http://real.mtak.hu/72504/1/170kofop_07_banyasz2.pdf
- BÁNYÁSZ Péter – BÓTA Bettina – ZÁGON Csaba (2019): A social engineering jelentette veszélyek napjainkban. In ZSÁMBOKINÉ FICSKOVSKY Ágnes (szerk.): *Biztonság, szolgáltatás, fejlesztés, avagy új irányok a bevételi hatóságok működésében*. Budapest: Magyar Rendészettudományi Társaság Vám- és Pénzügyőri Tagozat. Online: <https://doi.org/10.37372/mrtvpt.2019.1.1>
- BARABÁSI Albert László (2013): *Behálózza – A hálózatok új tudománya*. Budapest: Helikon.
- EULER, Leonard (1736): *Solutio Problematis ad Geometriam situs pertinentis*. [H. n.]: [K. n.]. Online: <https://scholarlycommons.pacific.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1052&context=euler-works>
- FARKAS, Tibor (2020): Communication and Information Services – NATO Requirements, Part I. *Revista Academiei Fortelor Terestre / Land Forces Academy Review*, 25(4), 281–289. Online: <https://doi.org/10.2478/raft-2020-0034>
- FARKAS, Tibor (2021): Communication and Information Services – NATO Requirements, Part II. *Revista Academiei Fortelor Terestre / Land Forces Academy Review*, 26(1), 9–15. Online: <https://doi.org/10.2478/raft-2021-0002>
- FARKAS Tibor – PRISZNYÁK Szabolcs (2017): Kormányzati célú infokommunikációs hálózatok: A rendészeti szervek infokommunikációs rendszere. *Hadtudományi Szemle*, 10(4), 583–596.
- FARKAS Tibor – TÓTH András (2012): Electronic Warfare in Full Spectrum Operation. In SOTAK, Milos – SOSTRONEK, Mikulas – BERESIK, Roman (szerk.): *Proceedings of the International Scientific Conference: New Trends in Signal Processing*, Armed Forces Academy of General Milan Rastislav Štefánik, 181–188.
- HORVÁTH Attila (2010): Hogyan értesük meg a kritikus infrastruktúra komplex értelmezésének szükségességét és védelmének fontosságát? *Hadmérnök*, 5(1), 377–386. Online: www.hadmernok.hu/2010_1_horvatha.pdf
- INÁNCSI Mátyás – FARKAS Tibor (2022): Álhírek ellenőrzése a közösségi médiafelületeken a COVID-19 járvány alatt. *Hadtudomány*, 32(1), 42–53. Online: <https://doi.org/10.17047/Hadtud.2022.32.E.42>

- NÉMETH Attila – MAGYAR Sándor (2020): An Investigation of Data Used to Support Contact Tracing to Curb the Spread of Covid-19 Pandemic from the Aspect of Possible National Security Application (part 1). *National Security Review*, 6(2), 52–64. Online: www.knbsz.gov.hu/hu/letoltes/szsz/2020_2_NSR.pdf#page=52
- PLATT, Edward L. (2019): *Network Science with Python and NetworkX Quick Start Guide: Explore and Visualize Network Data Effectively*. Birmingham: Packt Publishing. Online: <https://public.ebookcentral.proquest.com/choice/publicfullrecord.aspx?p=5762394>
- RINALDI, S.M. – PEERENBOOM, James – KELLY, T. K. (2002): Identifying, Understanding, and Analyzing Critical Infrastructure Interdependencies. *IEEE Control Systems Magazine*, 21(6), 11–25. Online: <https://doi.org/10.1109/37.969131>
- STEELE, Wendy – HUSSEY, Karen – DOVERS, Stephen (2017): What's Critical about Critical Infrastructure? *Urban Policy and Research*, 35(1), 1–13. Online: <https://doi.org/10.1080/08111146.2017.1282857>
- SZÁDECZKY Tamás (2021): Víz 4.0? A digitális víziközmű-infrastruktúra kiberbiztonsági kitettsége. *Hadtudomány*, 31(4), 111–117. Online: <http://doi.org/10.17047/HADTUD.2021.31.4.111>
- TÓTH András (2014): A NATO kommunikációs rendszerének elméleti és gyakorlati vizsgálata. In FEKETE Károly (szerk.): *Kommunikáció*. Budapest: Nemzeti Közszolgálati Egyetem, 65–77.
- VICSEK Tamás (2006): Hálózatok. *Magyar Tudomány*, 167(11), 1296–1297. Online: https://epa.oszk.hu/00600/00691/00035/pdf/EPA0691_magyar_tudomany_2006-11_1296-1297.pdf

Jogi források

2011. évi CCIX. törvény a víziközmű-szolgáltatásról
2012. évi CLXVI. törvény a létfontosságú rendszerek és létesítmények azonosításáról, kijelöléséről és védelméről
- A Tanács 2008/114/EK irányelve (2008. december 8.) az európai kritikus infrastruktúrák azonosításáról és kijelöléséről, valamint védelmük javítása szükségességének értékeléséről. Online: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0114&from=EN>
- Directive (eu) 2016/1148 of the European Parliament and of the Council of 6 July 2016 concerning measures for a high common level of security of network and information systems across the Union. Online: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:32016L1148&from=HU>