

Tóth András

## Az 5G-technológia jellemzői és a kialakításában rejlő kihívások

Jelen tanulmány elkészítése során a szerző alapvető célja volt egy olyan mű elkészítése, amely átfogó képet nyújt az 5G-technológia működésének alapvető jellemzőiről, valamint kialakításának és üzemeltetésének kihívásairól. Az 5G-technológia alapját képező mobiltávközlési rendszereket eredetileg hantávitelre tervezték, de ez fokozatosan kiegészült a széles sávú mobilinternet biztosításával. Az 1980-as években bevezetett első generációs (1G) mobiltávközlési rendszerek és az 1990-es években megjelenő 2G mobiltávközlési rendszerek még kifejezetten beszédközpontú távközlési szolgáltatásokat nyújtottak. A 2000-es évek elején jelentek meg az első 3G-rendszerek, amelyek a hangszolgáltatás mellett széles sávú mobilinternetet is biztosítottak. A 2009-ben indult 4G a széles sávú mobilinternetre összpontosított. Ezek a kommunikációs technológiák voltak azok, amelyek támogatták a különböző polgári és nem polgári információs és kommunikációs technológiákat (IKT).<sup>1</sup> Ez a hangsúly az 5G-nél is megmarad, de más felhasználási módok is megjelennek majd, ami a hálózat kialakításában, működésében és teljesítményében is tükröződni fog. A mobilkommunikáció 4. generációja (Long Term Evolution, LTE) IP-alapú, széles sávú és differenciált szolgáltatásminőségű (Quality of Service, QoS) adathálózat kialakítására és üzemeltetésére adott lehetőséget. Az LTE támogatja a hálózatmegosztást, amely megnyitotta az utat a hálózati szeletelés felé, különösen akkor, amikor a virtuális funkciók és a szolgáltatásláncok összekapcsolása a kezelési sík fejlesztései révén lehetővé vált. Segítségével lehetővé vált a masszív Internet of Things (mIoT) telepítése, kihasználva a keskeny sávú IoT (NarrowBand IoT, NB-IoT) és az LTE for Machines (LTE-M) előnyeit, hogy hatékonyan alkalmazza a masszív összeköttetést az elszigetelt és dedikált maghálózat felé. Az 5G a New Radio (NR) rádiótechnológia bevezetésével nagyobb sebességeket tesz lehetővé, és kihasználja a virtualizáció fejlődését a szoftvervezérelt hálózatok (Software Defined Networks, SDN) és a virtuális hálózati funkciók (Network Function Virtualization, NFV)

<sup>1</sup> FEKETE 2014: 314.

előnyeinek kihasználásával, a vezérlő és felhasználói sík szétválasztásával és a szolgáltatásalapú architektúrával. Az 5G segítségével számos új szolgáltatás vezethető be, amelyek nagyobb kapacitásra, másodpercenként terabitet (Tbps) elérő csúcsteljesítményre és alacsony késleltetésre támaszkodnak, miközben kihasználják az IoT és a nagy méretű adatok előnyeit. Új, könnyű eszközök vagy viselhető eszközök jelennek meg, amelyek az elosztott számítástechnikára, az intelligens számítási felületekre és felhőinformatika által lehetővé tett tárolásra támaszkodnak.<sup>2</sup>

E tanulmány elkészítéséhez a szerző az elemző-értékelő módszert alkalmazta az 5G-rendszerek tervezésének és üzemeltetésének kihívásaival kapcsolatos, jelenleg rendelkezésre álló releváns szakirodalom megvizsgálása céljából. A tudományos cikkek és művek összegyűjtéséhez a szerző megvizsgálta az Elsevier Scopus és a Web of Science adatbázisait, és a két adatbázisból kapott szakirodalmakat vetette össze. A duplikált irodalmak kiszűrését követően, kulcsszavas szűkítéssel csökkentette a releváns szakirodalmak listáját. Mindezek mellett a szerző megvizsgálta az Európai Unió, például Digitális Gazdaság és Társadalom Index, és Magyarország által készített, 5G-területeket érintő szakmai jelentéseket. A szerző a releváns irodalmakat elemezve állította össze ezt az összefoglaló tanulmányt, amelynek elkészítése során a szerző alapvető célja az eddig elért eredmények szintetizálása volt.

## **Az 5G-technológia jellemzői**

Az 5G vezeték nélküli technológia célja, hogy nagy adatátviteli sebességet, megbízhatóságot, rendelkezésre állást, rendkívül alacsony késleltetési időt, hatalmas hálózati kapacitást és a korábbi generációs technológiákhoz képest egységesebb felhasználói élményt biztosítson több felhasználó számára. Az 5G-hálózatok teljesítményét három paraméter alapján tudjuk értékelni: a felhasználói sáv szélesség, az eszközsűrűség és a késleltetés.

Alapvetően elmondható, hogy az 5G a hálózati technológia következő generációja, amely egyes esetekben felhasználhatja a meglévő 4G-hálózati infrastruktúrát, építhet a meglévő infrastruktúrára. Azonban fontos megjegyezni, hogy az 5G óriási mértékű változást hoz a korábbi távközlési rendszerekkel kapcsolatosan, és teljesen új hálózati technológiai megoldásokat

<sup>2</sup> SAMDANIS–TALEB 2020: 136.

hoz létre. Az 5G által új berendezések és szoftverek, valamint spektrum jön létre, úgymint például a kis cellás, szoftveresen definiált hálózatok és a nagyon magas frekvenciájú spektrumot. Az 5G-technológia masszív összeköttetéseket alkalmaz, amelyek hozzájárulnak, hogy a rádiós hozzáférési hálózat (Radio Access Network, RAN) százszor több csatlakoztatott eszközt képes támogatni, mint a korábbi hálózatok. A 4G-hálózatok négyzetkilométerenként körülbelül tízezer eszközt támogatnak, míg az 5G-nek ennek százszorosát kell támogatnia, ami egymillió eszközt jelent négyzetkilométerenként. A rendkívül alacsony késleltetés eredményeképpen az 5G jelentősen gyorsabb, mint a 4G, ami kiemelten fontos az időérékeny alkalmazások és szolgáltatások, például a nagy felbontású streamingvideó, az intelligens járművek, a precíziós gyártás, valamint a kritikus szolgáltatások és az infrastruktúra-ellenőrzés számára. Az 5G segítségével olyan hálózatok alakíthatók ki, amelyek garantálják, hogy a kommunikációs kapcsolatok nagy sebességű mozgás közben sem szakadnak meg, minőségük nem romlik. Képes támogatni például a nagy sebességű vasúti közlekedést. A magasabb spektrumfrekvencia kihasználásával megnövekedett kapacitás segítségével az 5G előreláthatólag százszor nagyobb adatforgalmat támogat majd, mint a 4G.

A Nemzetközi Távközlési Egyesület (International Telecommunication Union, ITU) az ITU-R M.2083-0 ajánlásban határozta meg az e paraméterek minimális értékeire vonatkozó követelményeket. Ez az ajánlás meghatározza a nemzetközi mobiltávközlés (International Mobile Telecommunications, IMT) kereteit és általános célkitűzéseit 2020-ra és az azt követő időszakra. Szintén ez az ajánlás fogalmazza meg a jövőbeli fejlesztés kereteit, beleértve a tervezett felhasználási forgatókönyvekhez kapcsolódó képességek széles körét, valamint az IMT meglévő képességeinek továbbfejlesztését és az IMT-2020 fejlesztését. Az ajánlás a hagyományos ember-ember vagy ember-gép kommunikáción túlmenően az intelligens készülékek, gépek és egyéb tárgyak széles körének emberi beavatkozás nélküli összekapcsolásával a dolgok internetét (IoT) és a gépek közötti kommunikációs képességet (Machine-to-Machine, M2M) is megteremti. Az ajánlásban leírt jövőbeli 5G képességfejlesztési célokat az 1. táblázat foglalja össze, ahol az IMT-2020 nyolc kulcsfontosságú képességparamétere látható.

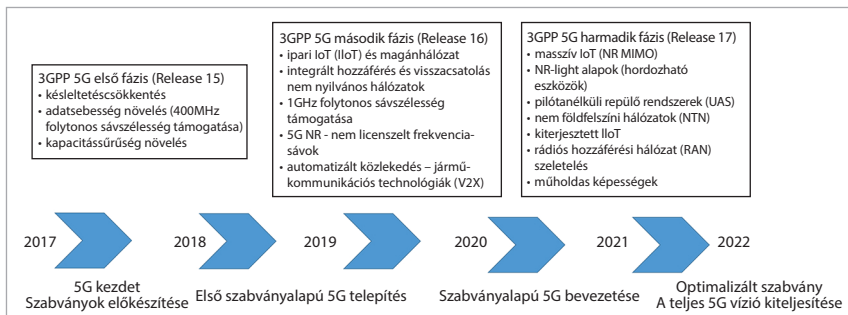
1. táblázat: Az 5G-képesség-fejlesztési célok

Képességparaméterek	5G-képesség-fejlesztési célok
Maximális adatátviteli sebesség: ideális körülmények között elérhető maximális adatátviteli sebesség felhasználónként/készülék-ként (Gbit/s-ban).	10–20 Gbit/s
A felhasználók által tapasztalható adatátviteli sebesség: a mobil felhasználó/készülék számára a lefedettségi területen mindenütt elérhető adatátviteli sebesség (Mbit/s-ban vagy Gbit/s-ban).	100 Mbit/s (nagy kiterjedésű lefedettség esetén, például városi és külvárosi területeken) és 1 Gbit/s (hotspot esetében, például beltérben)
Késleltetés: a forrás általi csomagküldéstől a célállomás általi fogadásig eltelt idő a rádióhálózaton (ms-ban).	1 ms
Mobilitás: maximális sebesség, amellyel meghatározott szolgáltatásminőség és zökkenőmentes átvitel valósítható meg a különböző rétegekhez és/vagy rádió-hozzáférési technológiákhoz tartozó rádiócsomópontok között (km/h-ban).	500 km/h (például nagy sebességű vonatok esetében)
Csatlakozások sűrűsége: a csatlakoztatott és/vagy elérhető eszközök teljes száma területegységenként (km <sup>2</sup> -enként).	106 eszköz/km <sup>2</sup>
Energiahatékonyság (ennek két aspektusa van): a hálózati oldalon az energiahatékonyság a felhasználóknak továbbított, illetve tőlük fogadott információs bitek mennyiségére utal, a rádió-hozzáférési hálózat energiafogyasztásának egységére vetítve (bit/Joule-ban); az eszköz oldalán az energiahatékonyság a kommunikációs modul energiafogyasztásának egységére jutó információs bitek mennyiségére utal (bit/Joule-ban).	100× nagyobb, mint az LTE esetén
Spektrumhatékonyság: átlagos adatátviteli teljesítmény spektrumegységenként és cellánként (bit/s/Hz).	3× nagyobb, mint az LTE esetén
Területi forgalmi kapacitás: földrajzi területenként kiszolgált teljes forgalmi teljesítmény (Mbit/s/m <sup>2</sup> ).	10 Mbit/s/m <sup>2</sup>

*Forrás:* ANCANS 2017: 71. alapján a szerző szerkesztése

A táblázat azokat a kulcsfontosságú célkitűzéseket szemlélteti, amelyeket a Nemzetközi Távközlési Szövetség az 5G fejlesztésének prioritásaként jelölt meg. Ezek a célkitűzések nagyban hozzájárulhatnak a modern infokommunikációs környezetben jelenleg használt kommunikációs képességek fejlesztéséhez is. Az 5G számos olyan képességet kínál, amely előnyös lehet a különböző hálózatok számára, mint például a kezelhetőség, a dinamikus spektrumkezelés, a bőséges sávzélesség és az alacsony késleltetés. A 3. generációs partnerségi

projekt (3rd Generation Partnership Project, 3GPP) által kidolgozott szabványosítási keretrendszer jó alapot nyújt ehhez, mivel meghatározza az 5G-rendszerek és -hálózatok kiépítéséhez szükséges alapvető követelményeket. Ez a fejlesztés azonban különböző fázisokban zajlik, amelyek közül a 17. kiadást 2022 márciusában befagyasztották. Így az abban meghatározott keretrendszer és követelmények valamennyi 5G-hálózatra érvényesíthetők lesznek, és az alkalmazott eszközök és rendszerek képesek lesznek megfelelni az ITM-2020-ban meghatározott követelményeknek. Az egyes fejlesztési fázisokat az 1. ábra szemlélteti.



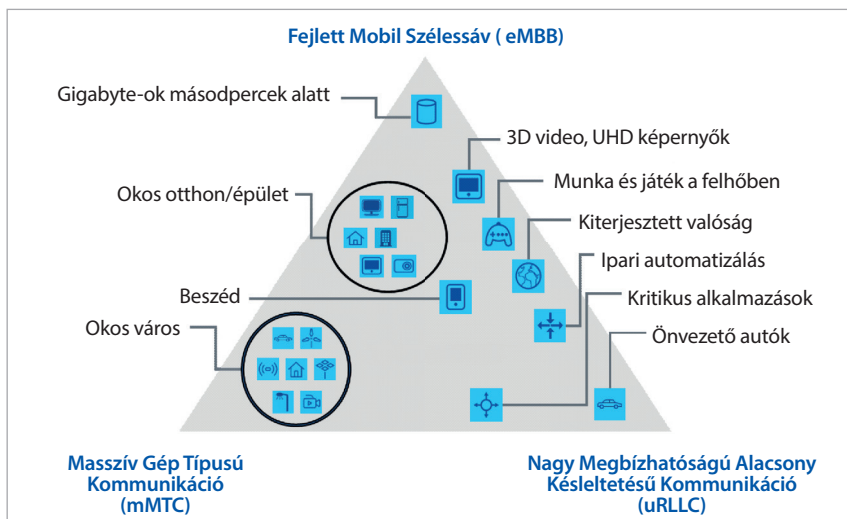
1. ábra: Az 5G fejlesztési fázisai

Forrás: a szerző szerkesztése

A fenti ábrán látható, hogy a 2017–2018 közötti időszakot lefedő Release 15 középpontjában a fejlett mobil-szélessáv (Enhanced Mobile Broadband, eMBB) állt, ezért alapvetően olyan funkciók fejlesztésére és kialakítására fókuszált, mint például az LTE továbbfejlesztése, küldetéskritikus együttműködés a hagyományos rendszerekkel, illetve az NR-technológia kialakításával az adatsebesség növelése és a hálózat késleltetésének csökkentése. Az eMBB-t (10–20 Gbps) lehetővé tevő főbb jellemzők a következők:

- ultraszéles sávzélesség (akár 100 MHz a <6 GHz-es frekvencián, akár 400 MHz a >6 GHz-es frekvencián);
- natív előremutató kompatibilitási mechanizmusok;
- új típusú csatornakódolás;
- alacsony késleltetés és ultramegízhatóság natív támogatása;
- rugalmas és moduláris rádiós hozzáférési hálózati architektúra (RAN), megosztott vezérlő- és felhasználói sík;
- a hálózati szelektálás natív végponttól végpontig tartó támogatása.

A 2018–2020 közötti időszakot lefedő Release 16 esetében a fő hangsúly az ultrameg megbízható, alacsony késleltetési idejű, kritikus fontosságú alkalmazások megbízhatóvá tételére helyeződött. Ehhez olyan képességek kialakítására és továbbfejlesztésére volt szükség, mint például a nagy megbízhatóságú alacsony késleltetésű kommunikáció (Ultra-Reliable Low Latency Communications, uRLLC) továbbfejlesztése, 5G helymeghatározási szolgáltatások, jelátvitel- optimalizálás, cellás és ipari IoT (Industrial IoT, IIoT) rendszerek támogatása, fejlett jármű-kommunikációs technológiák (vehicle-to-everything, V2X) kialakítása, valamint a felhasználói azonosítók, a hitelesítés és a többszörös hálózati szelektálás.



2. ábra: Az 5G-rendszer követelmény-háromszöge

Forrás: ITU-R 2015

A 3GPP a 2019–2022 közötti Release 17-ben folytatta az 5G fejlesztését. Az alapvető cél a masszív gép típusú kommunikáció (Massive Machine Type Communications, mMTC) kialakítása és továbbfejlesztése volt. Ehhez a már meglévő funkciók, mint például a MIMO<sup>3</sup> technológia, a dinamikus spektrumhasználat

<sup>3</sup> Multiple-input multiple-output – egy olyan korszerű, többsávos, vezeték nélküli kommunikációs technológia, amely a korlátozott frekvenciakörnyezetben egyre növekvő adatátviteli sebesség iránti igényt elégíti ki.

(Dynamic Spectrum Sharing, DSS), a felhasználói eszközök (User Equipment, UE) energiatakarékossága, a lefedettség, a helymeghatározás és az uRLLC, továbbfejlesztésére volt szükség. A 17. kiadásban szereplő főbb új felhasználási és telepítési lehetőségek közé tartozik a csökkentett képességű (Reduced Capability, RedCap) UE-k támogatása, az 52 GHz feletti frekvenciasávokban való működés, a multicast és broadcast szolgáltatás (Multicast and Broadcast Service, MBS), valamint a nem földfelszíni hálózatok (Non-Terrestrial Networks, NTN).

Az 5G-hálózatokra előírányzott követelményeknek a körét a 2. ábra szemlélteti.

A követelmény-háromszögben meghatározott elemek alapvető jellemzői:

- Fejlett mobil-szélessáv: alapvetően a nagy forgalmi sáv szélességű, nagy felhasználói sűrűségű, alacsony vagy közepes mobilitási igényű, emberközpontú távközlési szolgáltatásokat jelenti. Alapvető funkciója a vezetékes hozzáféréssel nem rendelkező területeken történő állandó vezeték nélküli hozzáférés (Fixed Wireless Access, FWA) biztosítása.
- Nagy megbízhatóságú alacsony késleltetésű kommunikáció: ez a kommunikációs szolgáltatás alacsony áteresztőképességű, ugyanakkor alacsony késleltetési idejű és nagy rendelkezésre állású adatszolgáltatást biztosít olyan alkalmazások számára, amelyek nem igényelnek nagy áteresztőképességet, de mobilkörnyezetben nagy sebességű összeköttetést igényelnek. Az alkalmazási példák közé tartoznak a közel valós idejű ember-gép (vagy gép-gép) interfészek, például a távvezérlő vagy automata/fél-automata vezérlőrendszerek, ipari alkalmazások.
- Masszív gép típusú kommunikáció: ezek a kommunikációs szolgáltatások az Internet of Things technológia olyan alkalmazásait célozzák meg, amelyekben a nagyon nagy számú, kedvezőtlen rádiókapcsolattal ellátott csatlakoztatott eszköznek alacsony átviteli teljesítményre és időszakos, kis mennyiségű, késleltetésre nem érzékeny adata van szüksége.<sup>4</sup>

Míndezek alapján elmondható, hogy az 5G kialakítása során kiemelt figyelmet fordítottak a felhasználói adatátviteli sebesség növelésére, a nagyon nagy felhasználói sűrűség kiszolgálására, az alacsony késleltetés és nagy megbízhatóság kialakítására, a tárgyak nagy számban történő csatlakoztathatóságára a hálózathoz (IoT), a változatlan minőségű kapcsolatok garantálására nagy sebességű

<sup>4</sup> Bastos et. al. 2021: Potential of 5G technologies for military application, 1.

mozgás esetén is (mobilitás), fejlett multimédiás szolgáltatások kialakítására, valamint a konvergens alkalmazások differenciált kezelésére.

### **Az 5G szabályozói környezet**

A kormány 2017-ben fogadta el az 1456/2017. (VII. 19.) kormányhatározatot a Nemzeti infokommunikációs stratégia (NIS) 2016. évi monitoringjelentéséről, a Digitális Jólét program 2.0-ról, azaz a Digitális Jólét program kibővítéséről, annak 2017–2018. évi munkaterve elfogadásáról, a digitális infrastruktúra, kompetenciák, gazdaság és közigazgatás további fejlesztéseiről. A határozat kimondja, hogy „a Kormány célja, hogy Magyarország minden polgára és vállalkozása a digitalizáció nyertese legyen, valamint a digitális átalakulás során Magyarország Európa legsikeresebb, legjobb teljesítményre képes országai közé tartozzon”. Meghatározza, hogy a korszerű digitális infrastruktúra hiánya nem zárhat ki senkit a digitális világban való részvételtől, ezért támogatja a Szupergyors Internet program (SZIP), a Nemzeti Távközlési Gerinchálózat (NTG), a Nemzeti Információs Infrastruktúra Fejlesztési program (NIIF) továbbfejlesztését, a magyar távközlési szolgáltatók saját forrásból megvalósuló digitálishálózat-fejlesztési beruházásait, valamint a szupergyors internet-hozzáférés sebességét megfelelő ütemben növelő program kidolgozását, amelyek támogatják a polgári megoldások mellett a kormányzati célú infokommunikációs hálózatokban és rendszerekben megjelenő új képességeket is.<sup>5</sup> Az 5G-technológia biztosítja ehhez a megfelelő alapot, amely új, innovatív szolgáltatásokat és üzleti modelleket tesz lehetővé, miközben nagymértékben bővíti a távközlési szolgáltatások képességeit. Ezzel összefüggésben a határozat kijelenti, hogy fontosnak tartja, hogy Magyarország a mobiltávközlés új technológiai megoldását jelentő 5G-hálózat- és alkalmazásfejlesztés egyik európai központjává váljon, és az elsők között vezesse be az 5G-technológiát, amely a vezető nélküli autók megismertetése szempontjából is kulcsfontosságú, ezért támogatja a kormányzati és piaci szereplők, valamint szakmai, tudományos és érdekvédelmi szervezetek részvételével megalakuló Magyar 5G Koalíció (5GK) létrehozását, és elrendeli egy magyarországi 5G-stratégia és cselekvési terv kidolgozását.<sup>6</sup>

2017-ben Magyarországon megalakult az 5G Koalíció (5GK), 46 alapító tagszervezet közös döntésével, a technológia bevezetésével és terjesztésével

<sup>5</sup> Farkas–Prisznayák 2017: 588.

<sup>6</sup> 1456/2017. (VII. 19.) kormányhatározat.

kapcsolatos stratégiai szintű szervezési feladatok ellátására, azzal az alapvető céllal, hogy Magyarország az 5G-fejlesztés egyik európai központjává váljon, és az 5G kiépítése, elterjedése és gyakorlati alkalmazása terén világszínvonalra lépjen. A Koalíció az európai stratégiák, irányelvek és szabályozások alapján kezdte meg tevékenységét, figyelembe véve a magyar kormány és a Digitális Jólét program 2.0 (DJP2.0) elveit és követelményeit. A Koalíció jelenleg 89 tagszervezetet számlál, amelynek a honlapján az alábbi eddig elért eredmények találhatók:

- az 5GK összehozta az 5G-ben érdekelt hazai ökoszisztéma képviselőit – amely a vertikumokkal együtt bővül –, hogy együtt dolgozzanak a közös célokért,
- az 5GK részt vett az 5G-stratégia kidolgozásában, ötletekkel, javaslatokkal és szakértelemmel segítve a dokumentum elkészítést,
- az 5GK részt vesz az 5G társadalmasításában, az 5G tudatosításában, az 5G-vel kapcsolatos párbeszédben, hiteles és objektív tájékoztatásban: konferenciákon, sajtóban, egyéb kommunikációs csatornákon,
- az 5GK nemzetközileg is elismert magyar szakértők segítségével horizontális műhelyekben dolgozza ki a társadalmat érintő aktuális 5G-témákat, például az 5G egészségügyi vonatkozásait vagy biztonsági kérdéseket,
- az 5GK tagjai megkezdték az első 5G-alapú közlekedési esetek tesztelését a zalaegerszegi járműipari tesztpályán, és most kezdik meg az együttműködést a Mezőhegyesi Digitális Tangazdasággal az 5G-alapú közlekedés területén,
- az 5G-korszak multidiszciplináris együttműködésének megteremtésében az 5GK megkezdte az iparági párbeszéd kialakítását az egyes vertikális területek képviselőivel: a közlekedés, az agrárgazdaság, a logisztika, később pedig az egészségügy, a szórakoztatás és a média képviselőivel,
- az 5GK közös gondolkodást kezdeményezett a hálózatkiépítési együttműködés optimális formáiról, hogy versenysemleges módon tegye lehetővé az infrastruktúra fejlesztését és a hálózat megosztását,
- az 5GK részt vesz Magyarország innovációs potenciáljának kiaknázásában is azáltal, hogy 5G-kompetenciákat és -képeéseket biztosít a tagjai által az innovációs központok számára,
- az 5GK részt vesz a nemzetközi tudástranszfer fejlesztésében, a nemzetközi jó gyakorlatok terjesztésében és hasznosításában, a magyar 5G-tevékenységek nemzetközi népszerűsítésében, az 5G-kutatás, -fejlesztés és -innováció (K+F+I) programok és együttműködések fejlesztésében.<sup>7</sup>

<sup>7</sup> 5G Koalíció (2021): Az 5G Koalíció bemutatkozása.

A Koalíció 2017-es megalakulása számos okból az ideális időpont volt. Az Európai Bizottság 2016 szeptemberében tette közzé az 5G cselekvési tervét (COM/2016/0588 final). A terv célja egy olyan szabványosított megközelítés kidolgozása volt, amely hozzájárul az 5G-infrastruktúrák összehangolt kiépítéséhez. Ez nemcsak új lehetőségeket teremtett és teremt az innováció számára a kommunikációs ágazatban, hanem jelentős hatással van a társadalom egészére, valamint az európai és nemzeti gazdaságokra és iparra is. Ehhez megfelelő szintű és terjedelmű koordinációra van szükség mind tagállami, mind ágazati szinten, amelyben Magyarország számára az 5G Koalíciónak jelentős szerepe van. A Bizottság véleménye szerint a terv legfontosabb elemei a következők voltak:

- az 5G-hálózatok valamennyi uniós tagállamban történő összehangolt kiépítéséhez szükséges menetrendek és prioritások összehangolása, a 2018-as kísérleti bevezetés és a legkésőbb 2020 végéig történő nagy-szabású kereskedelmi bevezetés céljából;
- a 2019. évi rádiótávközlési világkonferenciát (WRC–19) megelőzően az 5G számára szükséges átmeneti frekvenciasávok rendelkezésre bocsátása és további sávszélesség mielőbbi hozzáadása, valamint javaslatok kidolgozása a 6 GHz-en túli 5G-sávok engedélyezésére;
- a nagyvárosi területeken és a főbb közlekedési útvonalak mentén történő korai telepítés elősegítése,
- több érdekelt fél részvételével zajló páneurópai kísérletek kezdeményezése, amelyek katalizátorként szolgálnak a technológiai innováció teljes körű üzleti megoldásokká történő átalakításához,
- az 5G-innovációt támogató, az iparág által vezetett kockázatitőke-alap létrehozásának elősegítése,
- a kulcsfontosságú szereplők összefogása a globális szabványok kidolgozásának előmozdítása érdekében.<sup>8</sup>

A 2017 júliusában elfogadott Digitális Jólét program 2.0 Stratégiai Tanulmány is komolyan foglalkozik az 5G-technológiával. Kimondja, hogy az 5G egy innovatív koncepció, amely valódi fejlődési ugrást jelent a korábbi mobiltechnológiai megoldásokhoz képest, éppen ezért a társadalmi-gazdasági fejlődés számos aspektusában úttörő szerepet fog játszani. Az 5G megbízható és biztonságos módon teljesen át fogja alakítani a közlekedést és a logisztikát, valósággá teszi az összekapcsolt önvezető járművek elterjedését, a távdiagnosztikán túl a kiterjesztett

<sup>8</sup> A Bizottság közleménye az Európai Parlamentnek, a Tanácsnak, az Európai Gazdasági és Szociális Bizottságnak és a Régiók Bizottságának, 5G Európa számára: cselekvési terv.

valóságban a távműtetteket, és az ember és az eszköz közötti szórakoztató élmények, például a játékok szintje is drámaian javulni fog. Az 5G az intelligens városi megoldások tömeges elterjedését is biztosítani fogja. Megteremti az intelligens városok fejlesztésének stratégiai alapjait, hozzájárulva az olyan területek fejlődéséhez, mint az intelligens otthonok, a közlekedés, az egészségügy, a média-szolgáltatások, a bűnüldözés és a katasztrófavédelem, amelyekre nagy hatással lesz az 5G-technológia széles körű elterjedése. Azonban fontos kiemelni, hogy az ezekhez használt vezeték nélküli technológiák által jelenleg használt frekvenciasávok kapacitása korlátozott. Megoldást jelenthet a magasabb frekvenciasávok megnyitása az 5G-technológia számára, azonban ennek hátránya a kisebb hatótávolság, ami kisebb cellaméretet eredményez, és az eszközöknek közvetlen rálátásuk kell hogy legyen a mobiltoronyra.<sup>9</sup>

Az 5G fontosságát mutatja az is, hogy a 2020-ban kiadott Nemzeti Biztonsági Stratégia is kiemelten foglalkozik a technológiával, a 1163/2020. (IV. 21.) kormányhatározat Magyarország Nemzeti Biztonsági Stratégiájáról úgy fogalmaz, hogy „az 5G jelentette technológia olyan forradalmi fejlesztéseket tehet lehetővé perspektivikusan, amelyek számottevő változásokat generálhatnak társadalmunk és gazdaságunk viszonylatában”.<sup>10</sup>

A szintén 2020-ban kiadott Nemzeti Digitalizációs Stratégia a 2021–2030 közötti időszakra határozza meg Magyarország digitalizációjának irányelveit, ennek megfelelően ebben a dokumentumban is kiemelt szerepet kap az 5G-technológia. A stratégia négy pillérré épül: digitális infrastruktúra, digitális készségek, digitális gazdaság és digitális állam, és 2030-ig elérendő célokat határoz meg:

- a háztartások 95%-a rendelkezik gigabites hálózattal,
- a 16–71 évesek kevesebb mint 2%-a nem sajátította el a digitális készségeket,
- az üzleti folyamatok több mint 30%-a digitális,
- a lakosok 90%-a használja az e-kormányzati szolgáltatásokat.

A stratégia infrastrukturális, oktatási és gazdaságtámogatási intézkedéseket határoz meg. A megfelelő szolgáltatási képességű és minőségű vezeték nélküli digitális infrastruktúra rendelkezésre állásának biztosítása érdekében a stratégia előírja a gigabites hálózatok fejlesztését, az oktatási és fel-

<sup>9</sup> Digitális Jólét Program 2.0 stratégiai tanulmány.

<sup>10</sup> 1163/2020. (IV. 21.) kormányhatározat Magyarország Nemzeti Biztonsági Stratégiájáról, 48. pont.

sőoktatási intézmények digitális infrastruktúrájának fejlesztését, az országos távközlési gerinchálózat további fejlesztését, a szakmai szervezetek számára a vezeték nélküli kommunikáció bővítését, a szuperszámítógépes kapacitás előmozdítását és az 5G-hálózatok fejlesztését. A hálózatok fejlesztése a végrehajtási intézkedések széles körét foglalja magában:

- a „Gigabit Hungary Strategy” egy országos 5G-alapú hálózatfejlesztési program tervezési és végrehajtási dokumentuma, annak érdekében, hogy 2030 végére minden végponton legalább 1 Gbps sebességű internetkapcsolat álljon rendelkezésre;
- az infrastruktúra és a hálózatok megosztásának versenyjogi tisztázása, valamint az üvegszál és rádióhálózatokhoz való hozzáférés szabályozása, főként a passzív (és részben aktív) infrastruktúra-elemek megosztása tekintetében;
- a távközlési hálózatok létesítésével kapcsolatos előírások felülvizsgálata és szükség esetén módosítása;
- a hírközlési szolgáltatások minőségi és fogyasztóvédelmi szabályozásának felülvizsgálata, a szabványok felülvizsgálata, a minimumkövetelmények kidolgozása;
- az elektronikus hírközlő hálózatokra vonatkozó nemzeti szabványok frissítése;
- a hírközlési rendelet felülvizsgálata a digitalizációval és a mikro- és makro-versenyképességgel kapcsolatos politikai célkitűzések jobb támogatása érdekében;
- a szolgáltatók jelentési és adminisztratív terheinek csökkentése;
- az elektronikus hírközlő hálózatokra vonatkozó nemzeti szabványok frissítése;
- a digitális hálózatoknak a lakosság számára létfontosságú infrastruktúraként való elhelyezése;
- az Európai Elektronikus Hírközlési Kódex beépítése a nemzeti jogszabályokba.<sup>11</sup>

A hazai szabályozás alapját az esetek többségében az uniós stratégiák és irányelvek adják. Az Európai Unió 2018 decemberében elfogadta az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2018/1972 számú irányelvét az Európai Elektronikus Hírközlési Kódex létrehozásáról. Az irányelv célja, hogy az elektronikus

<sup>11</sup> Nemzeti Digitalizációs Stratégia.

hírközlés kizárólagos versenyjogi szabályozásának biztosításával ösztönözze az 5G-infrastruktúráért és -hálózatokért folyó versenyt. Ez biztosítja, hogy minden uniós polgár és vállalkozás hozzáférjen a kiváló minőségű, nagy kapacitású hálózatokhoz, és ezáltal az innovatív digitális szolgáltatások teljes spektrumához. Az irányelv olyan általános célkitűzéseket is tartalmaz, mint a hálózatok összekapcsolhatóságának előmozdítása, amely biztosítja, hogy az EU-ban minden polgár és vállalkozás hozzáférjen a nagy kapacitású hálózatokhoz. Az irányelv lehetővé teszi az uniós polgárok számára:

- a lehető legjobb választékot, árr és minőséget a hatékony verseny biztosításával;
- a hálózatok és szolgáltatások biztonságát garantáló politikák előmozdítását;
- a szabályozási keret alapján biztosítja a fogyasztóvédelmet;
- megoldásokat biztosít valamennyi társadalmi csoport számára, hogy szükségleteik teljes mértékben kielégíthetők legyenek (különösen: a fogyatékkal élők, az idősek és a különleges szociális igényű végfelhasználók).

Olyan közös és kiszámítható szabályozás kialakítását irányozza elő, amely hozzájárul az uniós távközlési hálózatok és szolgáltatások belső piacának fejlődéséhez, biztosítja a rádióspektrum hatékony és összehangolt használatát, a nyílt innovációt, a transzeurópai hálózatok fejlesztését, a szolgáltatások európai szintű elérhetőségét és átjárhatóságát, valamint a végponttól végpontig tartó összekapcsolhatóságot. A rendelet az elektronikus hírközlő hálózatokra, az elektronikus hírközlési szolgáltatásokra és a kapcsolódó eszközökre és szolgáltatásokra vonatkozó aktualizált szabályokat is megállapít. Ezenfelül kimondja, hogy a szabályozási keretnek egyúttal valamennyi elektronikus hírközlő hálózatra ki kell terjednie, beleértve a rádióspektrum egyre szélesebb körben elterjedt, magáncélú használatát olyan új típusú hálózatok által, amelyek kizárólag mobil rádióberendezések autonóm rendszereiből állnak, és amelyek vezeték nélküli hálózatokon keresztül kapcsolódnak egymáshoz, központi irányítás vagy központi hálózatüzemeltető nélkül, és nem feltétlenül kapcsolódnak valamilyen konkrét gazdasági tevékenységhez. A nagy sebességű vezetékes és vezeték nélküli hálózatok 5G-vel összefüggő kiépítésének lehetővé tétele érdekében az irányelv a 3,4–3,8 GHz-es és a 24,25–27,5 GHz-es sávokat jelölte meg a cél eléréséhez prioritást élvező sávokként. A 40,54–3,5 GHz-es és a 66–71 GHz-es sávokat is kijelölték további vizsgálatra. Az 5G vezeték

nélküli mobilkommunikációs környezet kialakításakor az ilyen hálózatokat várhatóan elsősorban épületeken kívül, közutakon és a következő területeken fogják telepíteni: közlekedés, energia, kutatás és fejlesztés, e-egészségügy, közrendvédelem, katasztrófaelhárítás, a dolgok internete, gépek közötti kapcsolat és összekapcsolt autók. Az irányelv céljainak elérését olyan szilárd rendszerrel kell támogatni, amely nyomon követi, hogy minden kulcsfontosságú társadalmi-gazdasági tényező – például iskolák, közlekedési csomópontok, jelentős közszolgáltatók és erős digitális jelenlétű vállalatok – számára rendelkezésre álljon egy nagyon nagy kapacitású hálózat, hogy a városi területeken és a főbb szárazföldi közlekedési útvonalakon megszakítás nélküli 5G-lefedettség álljon rendelkezésre, valamint hogy a tagállamok valamennyi háztartása számára rendelkezésre álljanak olyan elektronikus hírközlő hálózatok, amelyek legalább 100 Mbps adatletöltési sebességet képesek biztosítani, és amelyek azonnal gigabites sebességre fejleszthetők.<sup>12</sup>

Az irányelv által létrehozott Európai Elektronikus Hírközlési Kódex alapvető célja az elektronikus hírközlő hálózatokra, az elektronikus hírközlési szolgáltatásokra és a kapcsolódó eszközökre és szolgáltatásokra vonatkozó naprakész szabályok megállapítása. Meghatározza továbbá a nemzeti szabályozó hatóságok és más illetékes hatóságok feladatait, és eljárásokat vezet be a szabályozási keret uniós szintű harmonizációjának biztosítására. Fő célkitűzése a verseny és a beruházások ösztönzése az 5G és az ultranagy kapacitású hálózatok terén, hogy minden uniós polgár és vállalkozás részesülhessen a kiváló minőségű hálózati összeköttetés, a magas szintű fogyasztóvédelem és az innovatív digitális szolgáltatások szélesebb választéka előnyeiből. Ennek megfelelően a megfizethető és megfelelő szélessávúinternet-hozzáférésnek minden felhasználó számára elérhetőnek kell lennie, lakóhelyétől és jövedelmétől függetlenül. Mindezek mellett támogatja az olyan tevékenységeket és eljárásokat, amelyek hozzájárulnak az uniós polgárok érdekeinek előmozdításához azáltal, hogy lehetővé teszik a korábban már megfogalmazottaknak megfelelően, hogy a hatékony verseny révén a lehető legjobb választék, ár és minőség érvényesüljön. Fenntartja a hálózatok és szolgáltatások biztonságát, biztosítja a fogyasztóvédelmet egyedi szabályok révén, és figyelembe veszi az egyes társadalmi csoportok, különösen a fogyatékkal élők, az idősek és a kiszolgáltatott végfelhasználók igényeit. Kimondja, hogy a fogyatékkal élőknek egyenértékű hozzáférést kell biztosítani a távközlési szolgáltatásokhoz. A szigorúbb

<sup>12</sup> Az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2018/1972 irányelve az Európai Elektronikus Hírközlési Kódex létrehozásáról.

fogyasztóvédelmi szabályok célja, hogy megkönnyítsék a szolgáltatóváltást, és nagyobb védelmet nyújtsanak például a szolgáltatáscsomagokra előfizetők számára. A fogyasztók az egész EU-ban hasonlóan magasabb szintű védelemben részesülnek majd. A távközlési szolgáltatások közé mostantól az interneten keresztül nyújtott szolgáltatások is beletartoznak, nem telefonhívások, hanem például üzenetküldő alkalmazások és e-mail segítségével. Az értékelési mechanizmus célja annak biztosítása, hogy a fogyasztói jogok az üzleti modellek és a fogyasztói magatartás változásával együtt is megmaradjanak és érvényesüljenek. Előírja, hogy az uniós országoknak legalább húsz évre kiszámítható szabályozást kell biztosítaniuk az üzemeltetők számára a vezeték nélküli széles sávú szolgáltatások rádióspektrum-engedélyezésére vonatkozóan, növelniük kell a beruházási ösztönzőket, különösen az 5G-hálózati összekapcsolhatóságot, és egy szakértői értékelő fórumon keresztül fokozniuk kell a nemzeti kiválasztási eljárások konvergenciáját.<sup>13</sup>

Az 5G következő igazi mérföldköve az Európai Bizottság által 2021 márciusában elfogadott COM/2021/118 final számú bizottsági közlemény, amelynek címe: Digitális iránytű 2030-ig: a digitális évtized megvalósításának európai módja. A közlemény szerint 2030-ra minden európai háztartás számára hozzáférést kell biztosítani egy egy gigabites hálózathoz, és valamennyi lakott területen elérhetőnek kell lennie az 5G-lefedettségnek. Ebben a dokumentumban már megjelenik a biztonsági oldal is, a közlemény felhívja a figyelmet az 5G-hálózatok és -rendszerek kiberbiztonsági területeire. Az intézkedés kimondja, hogy a mindenki számára elérhető kiváló és biztonságos összeköttetés, bárhol Európában, előfeltétele egy olyan társadalomnak, amelyben minden vállalkozás és polgár teljes mértékben részt vehet. A gigabites összeköttetés elérése 2030-ig kulcsfontosságú. Bár ez a cél a technológiák bármely kombinációjával elérhető, a hangsúlyt a fenntarthatóbb, következő generációs vezetékes, mobil- és műholdas összeköttetésekre kell helyezni, a nagyon nagy kapacitású hálózatok, köztük az 5G-hálózatok kiépítésével – a gyors és hatékony spektrumelosztáson és az 5G-kiberbiztonsági eszköztárának tiszteletben tartásán alapulva. Ehhez a Bizottság biztosítja, hogy az érintett technológiai területeken az uniós finanszírozási programokban való részvétel feltétele legyen a vonatkozó uniós programokban – ideértve az uniós külső finanszírozási programokat és pénzügyi eszközöket is – meghatározott biztonsági

<sup>13</sup> EUR-Lex: Az Európai Elektronikus Hírközlési Kódex.

követelményeknek való megfelelés, és hogy a részvétel összhangban legyen az 5G-hálózatok kiberbiztonságára vonatkozó uniós megközelítéssel.<sup>14</sup>

Ez összhangban van a Bizottság 2016-ban elfogadott COM/2016/0587 final számú közleményével, amely szerint 2025-re valamennyi városi területen és főbb szárazföldi közlekedési útvonalon zavartalan 5G-lefedettségnek és gigabites internetkapcsolatnak kell lennie valamennyi jelentős társadalmi-gazdasági szereplő – például iskolák, közlekedési csomópontok és főbb közszolgáltatók, valamint a digitálisan intenzív vállalkozások – számára.

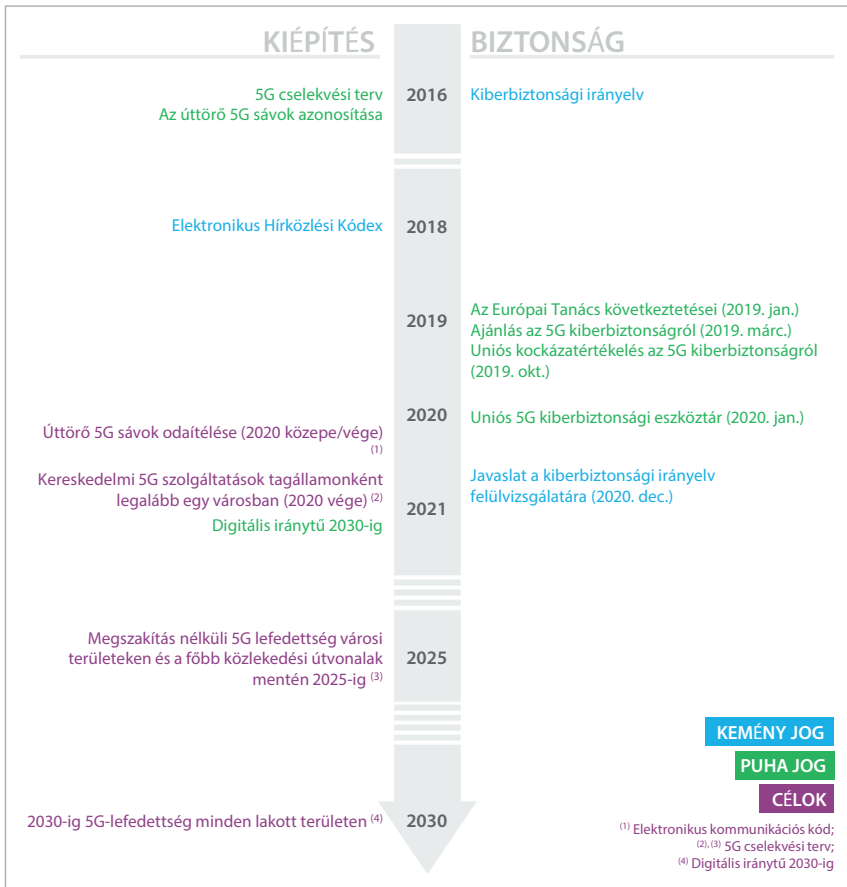
Ez összhangban van a 2016-ban elfogadott COM/2016/0587 final számú bizottsági közleménnyel, amelynek címe „Az összekapcsoltság a versenyképes digitális egységes piac szolgálatában: Úton a gigabitalapú európai információs társadalom felé”. A közlemény kimondja, hogy 2025-ig minden városi területen és fő szárazföldi közlekedési útvonalon biztosítani kell a megszakítás nélküli 5G-lefedettséget, valamint a gigabites internetkapcsolatot valamennyi főbb társadalmi-gazdasági szereplőnek, illetve tényezőnek, úgymint iskoláknak, közlekedési csomópontoknak és főbb közszolgáltatás-nyújtóknak, továbbá a digitális eszközöket intenzíven használó vállalkozásoknak. A közleményben felvázolt, 2025-ig megvalósítandó stratégiai célkitűzések ütemtervet határoznak meg a nagy kapacitású széles sávú infrastruktúra európai kiépítésére, amely összhangban van a korábban ismertetett alapvető célokkal. Ezek a célkitűzések ambiciózus, de reális gyorsított beruházási ütemet feltételeznek:

- gigabites internetkapcsolat minden jelentős társadalmi-gazdasági szereplő számára;
- valamennyi városi terület és a főbb szárazföldi közlekedési útvonalak folyamatos, megbízható 5G-lefedettséggel rendelkezzen;
- 2020-ra minden tagállam legalább egy nagyvárosában teljes körű kereskedelmi szolgáltatásként elérhető legyen az 5G-csatlakozás;
- a vidéki és városi területeken minden európai háztartás hozzáférjen egy fejleszhető internetkapcsolathoz, amelynek letöltési sebessége legalább 100 Mbps, de akár gigabites sebességű is lehet.<sup>15</sup>

<sup>14</sup> A Bizottság közleménye az Európai Parlamentnek, a Tanácsnak, az Európai Gazdasági és Szociális Bizottságnak és a Régiók Bizottságának, Digitális iránytű 2030-ig: a digitális évtized megvalósításának európai módja.

<sup>15</sup> A Bizottság közleménye az Európai Parlamentnek, a Tanácsnak, az Európai Gazdasági és Szociális Bizottságnak és a Régiók Bizottságának, Az összekapcsoltság a versenyképes digitális egységes piac szolgálatában: Úton a gigabitalapú európai információs társadalom felé.

Ezeket a célokat szemlélteti a 3. ábra.



3. ábra: Az 5G kiépítésével és biztonságával kapcsolatos főbb szakpolitikai dokumentumok és fő célok

Forrás: Európai Számvevőszék: 03/2022. számú különjelentés, Az 5G bevezetése az Unióban: a hálózatok kiépítése késedelmes, egyes biztonsági kérdések továbbra is megoldatlanok. (2022)

A különjelentés részletesen elemzi a fenti ábrán látható célok teljesülését, illetve az azok elérése érdekében eddig végzett feladatok mértékét. Mindezek mellett

azonban kitér a biztonsági fenyegetettségek kérdéskörére is. Megfogalmazza, hogy az 5G számos növekedési lehetőséget kínál, de kockázatokat is rejt magában, ezek egyike a biztonsági fenyegetések kockázata. A távközlési rendszereket mindig is fenyegette a kibertámadás veszélye. Az 5G biztonsági kérdései különösen jelentősek, mivel a technológiája jellegéből adódóan nagyobb támadási felületet kínál, mint a korábbi távközlési rendszerek, különösen azért, mert az 5G nagymértékben szoftverfüggő. Mivel az 5G-hálózatok várhatóan a különböző szolgáltatások és alkalmazások gerincként szolgálnak majd, e hálózatok rendelkezésre állása komoly kihívást jelent majd nemzeti és uniós biztonsági szinten. Amennyiben a támadók hozzáférnek egy 5G-hálózathoz, veszélyeztethetik annak alapvető funkcióit, megzavarhatják a szolgáltatásokat vagy átvehetik az irányítást a kritikus infrastruktúrák (például az elektromos hálózatok) felett, amelyek gyakran határokon átnyúló dimenziójúak az EU-ban.

2. táblázat: Az 5G-vel kapcsolatos fő lehetőségek és kockázatok

Lehetőségek	Kockázatok
Vállalkozások által kifejlesztett új technológiák	Adatvédelmi kockázatok
Megnövekedett mobilitás és a közlekedési rendszer korszerűsítése	Nemzetbiztonsági fenyegetések
A mindennapi fizikai tárgyak összekapcsolhatósága lehetőségei körének bővítése	Függés harmadik féltől és az ellátási lánctól
Az elektronikus eljárások használatának növelése az egészségügyben (e-egészségügy)	Kibertámadások
A polgárok biztonságának növelése	Az egészségre gyakorolt kedvezőtlen hatások
A társadalmi médiahasználat változásának lekövetése, támogatása	Munkahelyek megszűnése a hatékonyságnövekedés miatt
Több ágazatban a munkahelyteremtés ösztönzése és a munkaerőpiac átalakítása	
A demokrácia erősítése	
A digitális szakadék csökkentése	

*Forrás:* Európai Számvevőszék 2022

Az 5G biztonságának másik kihívása az, hogy az 5G-hálózatokat korlátozott számú forgalmazó telepíti és üzemelteti, és az egyetlen gyártóra támaszkodás – különösen, ha az adott gyártó magas kockázatúnak minősül – növeli az esetleges ellátási zavaroknak való kitettséget, például ha a forgalmazót egy

nem uniós ország befolyásolhatja. Mindezek mellett a titoktartás és a magánélet védelme is veszélyben van, mivel a távközlési szolgáltatók az adatokat gyakran kiszervezik adatközpontokba. Az 5G esetében fennáll a veszélye annak, hogy az adatokat az 5G-szolgáltatók EU-n kívüli országokban tárolják, amelyekben az EU-tól eltérő jogi és adatvédelmi szintek érvényesek.<sup>16</sup> A különjelentés I. számú melléklete ismerteti az 5G-vel kapcsolatos főbb lehetőségeket és veszélyeket, ezeket a 2. táblázat mutatja be.

### **Az 5G-infrastruktúra kiépítésének állapota az Európai Unióban és a V4-országokban**

A Digitális Gazdaság és Társadalom Index (*Digital Economy and Society Index*, DESI) összefoglalja az európai digitális teljesítményre vonatkozó mutatókat, és nyomon követi az uniós országok előrehaladását. Az Európai Bizottság 2014 óta a DESI-jelentéseken keresztül követi nyomon a tagállamok digitális fejlődését. A DESI minden évben tartalmazza azokat a mutatókat, amelyek segíthetik a tagállamokat a kiemelt cselekvési területek meghatározásában, valamint olyan európai szintű elemzéseket, amelyek tájékoztatást nyújtanak a kulcsfontosságú, a szakpolitikai döntések megalapozásához elengedhetetlen digitális területekről. A DESI az 5G-infrastruktúrák üzembe helyezésének, kiépítésének és üzemeltetésének megalapozását célzó kulcsfontosságú célkitűzések és szakpolitikai dokumentumok megvalósítása terén elért eredményeket is méri. A felhasznált adatok az Európai Bizottság által összeállított és karbantartott adatbázisokból származnak, ezek jelenleg 2021-ig (egyres esetekben csak 2020-ig) tartalmaznak indikátorokat, amelyek az európai információs társadalom néhány kulcsfontosságú dimenzióját bemutató tematikus csoportokba vannak osztva. Ezek a mutatók lehetővé teszik az európai országok és az időbeli előrehaladás összehasonlítását. Az adatbázisokban szereplő ágazatok és kulcsfontosságú dimenziók az 5G vonatkozásában a következők:

- 5G-felkészültség;
- 5G-lefedettség;
- 5G mobil-szélessávú lefedettség (a háztartások %-ában);
- vidéki 5G mobil-szélessávú lefedettség (a háztartások %-ában).

<sup>16</sup> Európai Számvevőszék 2022.

Ahhoz, hogy ezeket megfelelően ábrázolni lehessen, először a széles sávú kapcsolatokat kell megvizsgálni. Ez a tanulmány a V4-országok (Csehország, Lengyelország, Magyarország és Szlovákia), valamint az EU adatait elemzi, azokat szemlélteti a következőkben.

A fenti jogszabályok és intézkedések két célt határoznak meg a széles sávú összeköttetés területén 2030-ra: gigabites lefedettséget minden háztartás számára, és 5G-t minden lakott területen. A DESI összekapcsolhatósági szempontrendszere a vezetékes és mobil-szélessávú szolgáltatások keresleti és kínálati oldalát egyaránt vizsgálja. A vezetékes széles sávú internet esetében az általános, legalább 100 Mbps és legalább 1 Gbps sebességű széles sávú hozzáférés elterjedtségét, a gyors széles sávú és a helyhez kötött, nagyon nagy kapacitású hálózatok elérhetőségét értékeli. A mobil-szélessávú hálózatok esetében az 5G-hálózatok lakossági lefedettségét, az 5G számára a rádióspektrum kijelölését (5G-készültség), valamint a mobil-szélessávú hálózatok elterjedtségét foglalja magában.

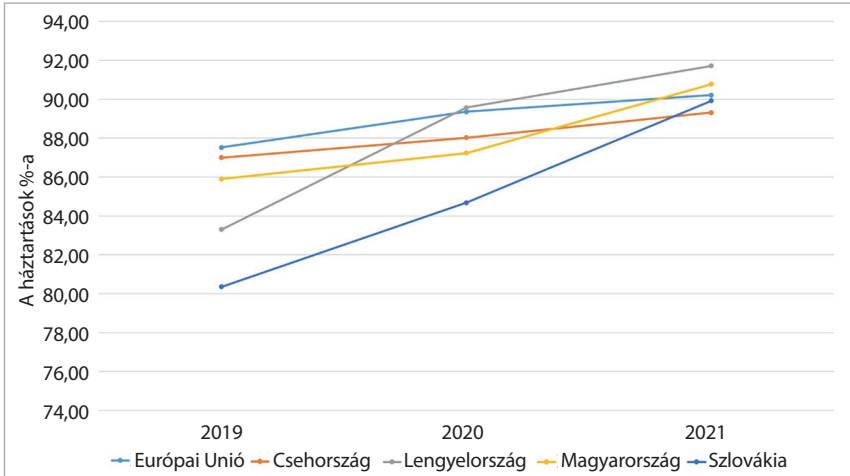
Az első vizsgált terület az olyan háztartások széles sávú kapcsolattal ellátottsága, amelyekben legalább egy 16–74 év közötti személy él, ennek az eredményét a 3. táblázat szemlélteti. A háztartás által használt széles sávú kapcsolat magában foglalja a digitális előfizetői vonalakat (Digital Subscriber Line, DSL), az állandó vezetékes (kábel, üvegszál, Ethernet), az állandó vezeték nélküli (műhold, wifi, WiMAX) és mobil vezeték nélküli (3G/UMTS) kapcsolatokat.

3. táblázat: Széles sávú kapcsolattal rendelkező háztartások (a háztartások százalékos arányában)

	2019	2020	2021
Európai Unió	87,53	89,36	90,21
Csehország	87,00	88,02	89,31
Lengyelország	83,30	89,57	91,72
Magyarország	85,89	87,23	90,78
Szlovákia	80,36	84,68	89,93

Forrás: European Commission 2022d

A táblázatból látható, hogy a vizsgált időszakban a legnagyobb fejlődést Szlovákia érte el, azonban Lengyelországnak és Magyarországnak az uniós átlag feletti eredményük volt 2021-ben. Fejlődésük ütemét a 4. ábra szemlélteti.



4. ábra: Szélessávú kapcsolattal rendelkező háztartások (a háztartások százalékos arányában)

Forrás: European Comission 2022d

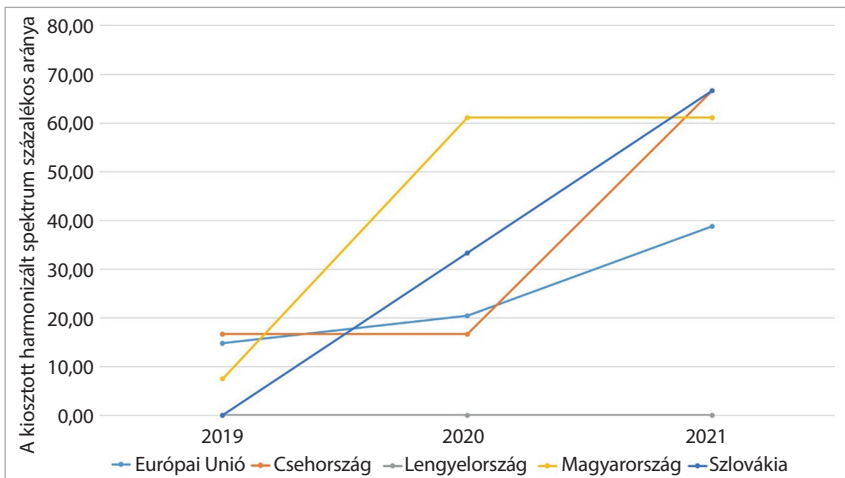
Az 5G-infrastruktúra kiépítésének első lépése az úgynevezett úttörő frekvenciasávok kiosztása, amely több tagállamban és így az egész uniós hálózatban még folyamatban van. Ennek alapján a következő vizsgált terület az 5G-felkészültség a kiosztott harmonizált spektrum százalékos aránya alapján, ennek eredményét a 4. táblázat szemlélteti. A vizsgálat alapját az úgynevezett 5G úttörő sávokon belül az 5G-használatra kijelölt és készen álló spektrum mennyisége jelenti. Ezek a sávok a 700 MHz-es (703–733 MHz és 758–788 MHz), a 3,6 GHz-es (3400–3800 MHz) és a 26 GHz-es (1000 MHz a 24250–27500 MHz-en belül).

4. táblázat: 5G-felkészültség a kiosztott harmonizált spektrum százalékos arányában

	2019	2020	2021
Európai Unió	14,77	20,45	38,78
Csehország	16,67	16,67	66,67
Lengyelország	0,00	0,00	0,00
Magyarország	7,50	61,11	61,11
Szlovákia	0,00	33,33	66,67

Forrás: European Comission 2022c

A táblázatból látható, hogy Lengyelország az 5G területén még nem kezdte meg a frekvenciasávok kiosztását, ami meglepő abból a szempontból, hogy a háztartások számára a legnagyobb arányban ott elérhető a széles sávú lefedettség. A vizsgált időszakban a legnagyobb előrehaladást ebben a kategóriában is Szlovákia érte el, és Csehország, Magyarország és Szlovákia magasan az uniós átlag feletti eredményt érték el 2021-ben. Az eredmények fejlődésének ütemét az 5. ábra szemlélteti.



5. ábra: 5G-felkészültség a kiosztott harmonizált spektrum százalékos arányában

Forrás: European Commission 2022c

A következő vizsgált terület az 5G-lefedettség az 5G által lefedett lakott területek százalékos aránya alapján, az eredményt az 5. táblázat szemlélteti.

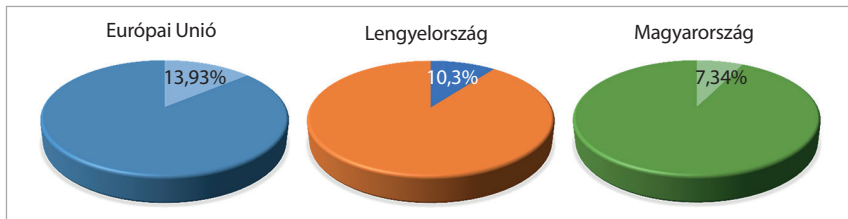
5. táblázat: 5G-lefedettség az 5G által lefedett lakott területek százalékos aránya alapján

	Európai Unió	Csehország	Lengyelország	Magyarország	Szlovákia
2021	13,93	0,00	10,30	7,34	0,00

Forrás: European Commission 2022a

A táblázatból látható, hogy Csehország és Szlovákia az 5G kiépítését még nem kezdte meg 2021 év elejéig, ami meglepő abból a szempontból, hogy

a frekvenciasávok kiosztásában nagyon elől járnak. A V4-országok közül Lengyelországban a legmagasabb a lefedettség, ami abból a szempontból meglepő, hogy náluk a szükséges frekvenciák kiosztása még nem kezdődött meg. A vizsgált időszakban egyik V4-ország lefedettsége sem érte el az uniós átlagot 2021-ben. A lefedettségek mértékét a 6. ábra szemlélteti.



6. ábra: 5G-lefedettség az 5G által lefedett lakott területek százalékos aránya alapján  
 Forrás: European Comission 2022a

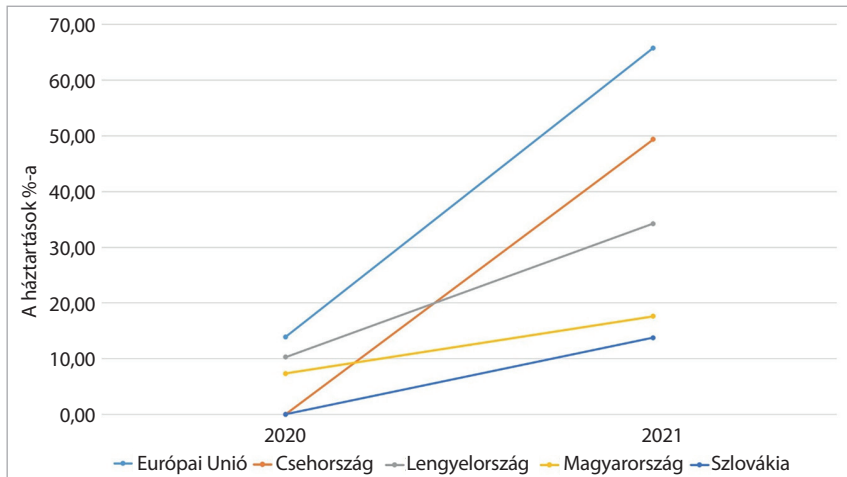
A következő vizsgált terület az 5G mobil-szélessávú lefedettség a háztartások százalékos aránya alapján, ennek az eredményét a 6. táblázat szemlélteti. A lefedettség egy olyan mutató, amelyet az ötödik generációs mobil-szélessávú szolgáltatással lefedett területeken található háztartások százalékos arányaként határoznak meg.

6. táblázat: 5G mobil-szélessávú lefedettség a háztartások százalékos aránya alapján

	2020	2021
Európai Unió	13,93	65,78
Csehország	0,00	49,39
Lengyelország	10,30	34,25
Magyarország	7,34	17,61
Szlovákia	0,0	13,77

Forrás: European Comission 2022b

A táblázatból látható, hogy Csehország és Szlovákia is megkezdte 2021-ben az 5G mobil-szélessávú hálózatok kiépítését, és Csehország érte el a legnagyobb fejlődést e területen. A vizsgált időszakban azonban egyik V4-ország lefedettsége sem érte el az uniós átlagot 2021 végére. A lefedettségek fejlődésének mértékét a 7. ábra szemlélteti.



7. ábra: 5G mobil-szélessávú lefedettség a háztartások százalékos aránya alapján

Forrás: European Commission 2022b

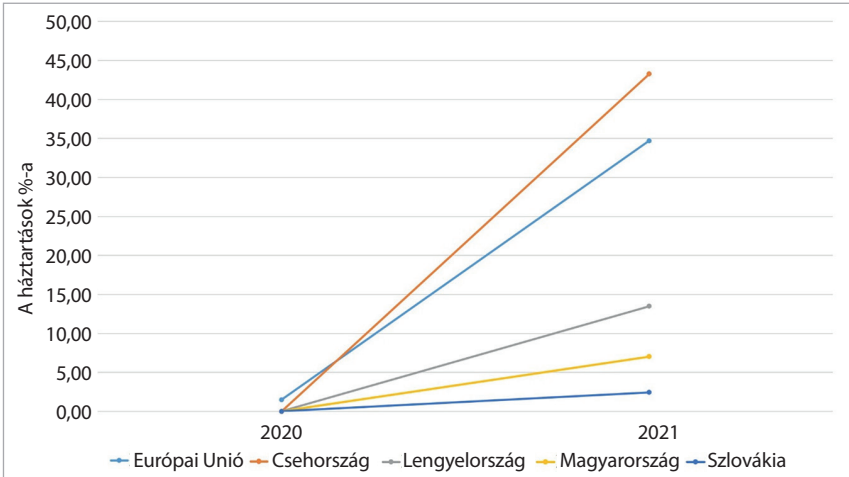
Az utolsó vizsgált terület a vidéki 5G mobil-szélessávú lefedettség a háztartások százalékos aránya alapján, az eredményt a 7. táblázat szemlélteti. Vidéki területnek minősülnek azok a területek, ahol az egy négyzetkilométerre jutó lakosság szám kevesebb, mint 100 fő.

7. táblázat: Vidéki 5G mobil-szélessávú lefedettség a háztartások százalékos aránya alapján

	2020	2021
Európai Unió	1,51	34,72
Csehország	0,00	43,29
Lengyelország	0,00	13,49
Magyarország	0,00	7,03
Szlovákia	0,00	2,43

Forrás: European Commission 2022e

A táblázatból látható, hogy a V4-országok csak 2021-ben kezdték meg az 5G mobil-szélessávú hálózatok kiépítését a vidéki területeken, és ezen a területen is Csehország érte el a legnagyobb fejlődést, az uniós átlagot is meghaladva. A lefedettség fejlődésének mértékét a 8. ábra szemlélteti.



8. ábra: Vidéki 5G mobil-szélessávú lefedettség a háztartások százalékos aránya alapján  
 Forrás: European Commission 2022e

A fenti eredmények azt mutatják, hogy a V4- országokban a nemzeti szélessávú-tervek összhangban vannak a 2025-ös célokkal, és nagy valószínűséggel megvalósulnak. A frekvenciasávok kiosztását követően mind a V4-országokban, mind az EU-ban megkezdődött az 5G-infrastruktúrák kiépítése. A folyamat jelenleg korai szakaszban van, a városok teljes lefedettségét 2025-re tervezik, míg a nemzeti és uniós lefedettséget 2030-ra kell elérni. Ezek az eredmények azt mutatják, hogy jelenleg mind az EU-ban, mind V4- országokban a háztartásoknak csak kis százaléknak van 5G-hozzáférése (különösen a vidéki területeken). A 2030-as cél eléréséhez az 5G területén illetékes szervezetek tevékenységeit meg kell erősíteni és ki kell terjeszteni, valamint fel kell gyorsítani a technológiai fejlesztéseket, amihez stratégiai megállapodások megkötésére van szükség a szolgáltatók és a kormányzat között. Emellett folyamatosan fejleszteni kell az 5G K + F + I támogatási rendszert, és a tagállamoknak hozzá kell járulniuk az uniós 5G-folyosók kialakításához.

Ehhez nyújt Magyarországon megfelelő alapot és támogatást a 2020 júniusában kiadott Nemzeti Digitalizációs Stratégia (NDS), amelynek alapvető célja, hogy Magyarország összehangolt erőfeszítéseket tegyen a digitalizáció előmozdítására a gazdaság, az oktatás, a kutatás-fejlesztés, az innováció és a közigazgatás területén, amelyek – nemzetközi összehasonlításban is – jelentősen hozzájárulnak az ország versenyképességének és polgárai jólétének javításához. Fontos továbbá

az állam közszolgálati és támogató funkciójának erősítése, valamint a következetes fellépés. Az NDS négy alappillérré épül: digitális infrastruktúra, digitális kompetencia, digitális gazdaság és digitális állam. Az egyes pillérek vonatkozásában a stratégia a következő célkitűzéseket fogalmazza meg:

- a megfelelő szolgáltatási kapacitású és minőségű vezetékes és vezeték nélküli digitális infrastruktúra rendelkezésre állása;
- a digitális írástudás, a médiaműveltség és a munkaerő digitális készségeinek folyamatos fejlesztése;
- a vállalkozások digitális felkészültségének növelése, a digitális befogadás és az innovatív digitális megoldások elterjedése;
- az elérhető ügyfélbarát digitális közszolgáltatások körének bővítése, valamint a polgárok és a vállalkozások nyitottságának és motivációjának növelése ezek használatára, határokon átnyúló szolgáltatásnyújtás kialakítása az EU által igényelt területeken, és ennek támogatása érdekében a közgazgatási háttér folyamatok hatékonyságának növelése automatizálással és az adatvezérelt működéshez szükséges interoperábilis adathálózatok fejlesztésével.

A stratégia által kijelölt pilléreket és azok jellemzőit a 8. táblázat szemlélteti.

8. táblázat: *A Nemzeti Digitalizációs Stratégia pillérrendszere*

Pillér 1.	Digitális infrastruktúra	A magas színvonalú digitális infrastruktúra rendelkezésre állása előfeltétele annak, hogy a digitális gazdaság növekedni tudjon, hogy a polgárok és a vállalkozások fejleszthessék digitális készségeiket, és hogy a digitális közszolgáltatások elérhetővé és használhatóvá váljanak. A vezetékes és vezeték nélküli hálózatok minden szintjén és alrendszerében olyan szintű áteresztőképességre van szükség, amely az ország valamennyi háztartása, vállalkozása és intézménye számára biztosítja a digitális szolgáltatásokhoz és tartalmakhoz való kompromisszumok nélküli, hatékony hozzáférést.
Pillér 2.	Digitális kompetencia	A digitális készségek fejlesztése és a digitális szakadék csökkentése jelentős kihívást jelent a digitális ökoszisztéma számára, akár a versenyképesség, akár a foglalkoztatás, akár az esélyegyenlőség szempontjából. A digitális eszközöket és alkalmazásokat nem használó munkavállalók foglalkoztathatósága napról napra csökken, ahogy a digitálisan kirekesztett vállalkozások versenyképessége is. Az infokommunikációs technológiákkal kapcsolatos ismeretek tudatos, állandóan koordinált és támogatott fejlesztése a polgárok, a vállalkozások és a közigazgatás szintjén pozitív hatással van a versenyképességre és a foglalkoztatásra, és hozzájárul a makrogazdasági növekedéshez és az esélyegyenlőséghez.

Pillér 3.	Digitális gazdaság	A digitalizációban rejlő történelmi lehetőségek kiaknázásához elengedhetetlen, hogy a digitális fejlesztések prioritást kapjanak a kormányzati politikában, és versenyképességük jelentőségének megfelelő súlyt kapjanak mind a hazai költségvetési előirányzatokban, mind az uniós finanszírozás tervezésében. A digitális gazdaság esetében ez különösen a hazai mikro-, kis- és középvállalkozások digitális felkészültségét növelő programok indítását, az ágazati digitalizáció felgyorsítását, valamint a hazai (információs és kommunikációs technológia [IKT] és egyéb) vállalkozások digitális korszerűsítésének, innovációjának és exportteljesítményének ösztönzését és támogatását jelenti.
Pillér 4.	Digitális állam	A központi és regionális közigazgatás és a szakrendszerek összehangolt, felhasználóbarát digitális fejlesztése valamennyi platformon, hozzáférhető és ügyfélközpontú szolgáltatásokkal, egyablakos rendszerben, a határokon átnyúló ügyintézés támogatva. Adatvezérelt közigazgatás létrehozása az egyablakos ügyintézés elvének minél szélesebb körű alkalmazásával, valamint a közhiteles nyilvántartások és a releváns háttérrendszerek és e-kormányzati szolgáltatások közötti interoperábilis adatkapcsolatok további bővítésével, továbbá az uniós interoperabilitási módszertani keret következetes alkalmazásával.

*Forrás:* Innovációs és Technológiai Minisztérium 2020

A digitális infrastruktúra tekintetében a stratégia a következő célkitűzéseket határozza meg:

- a háztartások 95%-a rendelkezzen gigabitképes hálózatokkal 2030-ig;
- az 5G-hálózatokkal lefedett háztartások aránya 2023-ra érje el a 75%-ot, lefedve a főbb közlekedési útvonalakat és a megyei jogú városokat;
- a járási székhelyek ellátottsága a Nemzeti Távközlési Gerinchálózat (NTG) végpontjaival 2025-re;
- a közoktatási intézmények 100%-os lefedettsége 1 Gbps sávszélességű hálózati kapcsolatokkal 2025 végére;
- a nemzeti szuperszámítógépes (High Performance Computing, HPC) kapacitás 2030-ra érje el a 15 Pflops<sup>17</sup>-ot.<sup>18</sup>

Mínden cél elérését támogatja a 2019 szeptemberében elfogadott Gigabit Hungary Stratégia (2020–2030), amelynek elsődleges célja, hogy Magyarország az uniós tagállamok közül elsőként építsen ki olyan ultranagy sávszélességű adatátviteli hálózatot, amelyen 2025-ig, majd azt követően 2030-ig nem jelentkeznek

<sup>17</sup> PetaFLOPS: Egy 1 petaFLOPS (PFLOPS) számítógépes rendszer másodpercenként egy kvadrillió (10<sup>15</sup>) lebegőpontos művelet elvégzésére képes.

<sup>18</sup> Nemzeti Digitalizációs Stratégia 2021–2030.

olyan szűk keresztmetszetek, amelyek megakadályoznák a végfelhasználókat az adatforgalmi kapacitás kihasználásában; a stratégia meghatározza a kormány célkitűzéseit és az ezek eléréséhez szükséges intézkedéseket, forrásokat és feladatokat is. A stratégia a következő pillérek mentén határozza meg a stratégiai célokat és eszközöket a digitális ökoszisztéma fejlődése következő szakaszának, uniós szóhasználatban gigabit-társadalomnak (Gigabit Society) nevezett, 2030-ig történő megvalósításához:

- alpinfrastruktúra;
- hálózati elemek;
- szolgáltatások.

Az egyes pillérekre megfogalmazott célokat a 9. táblázat szemlélteti.

9. táblázat: *A Gigabit Hungary Stratégia pillérrendszere*

Alap-infrastruktúra	<p>A meglévő és építés alatt álló alapvető infrastrukturális elemek pontos nyilvántartásának rendelkezésre állása.</p> <p>Az alapvető infrastruktúra megosztásán alapuló üzleti modellek és megállapodások terjesztése.</p> <p>Az átfogó célkitűzés eléréséhez szükséges kapacitásbővítés és fejlesztések végrehajtása az alap-infrastruktúra szintjén.</p>
Hálózati elemek	<p>A hálózati infrastruktúrát alkotó meglévő és kialakulóban lévő hálózatok olyan nyilvántartásának rendelkezésre állása, amely kielégítő képet ad a jelenlegi helyzetről.</p> <p>A hálózati infrastruktúra megosztásán alapuló üzleti modellek és megállapodások szélesebb körű alkalmazása.</p> <p>Az átfogó célkitűzés eléréséhez szükséges kapacitásbővítés és korszerűsítés a hálózati infrastruktúra szintjén.</p>
Szolgáltatások	<p>A bővülő alap- és hálózati infrastruktúra által lehetővé tett szolgáltatások biztosítják, hogy a polgárok, a vállalkozások és a közintézmények magas színvonalú digitális hálózati szolgáltatásokat vehessenek igénybe.</p> <p>A hatékony sávszélesség elérhetősége nem jelenthet szűk keresztmetszetet egyetlen felhasználó számára sem.</p> <p>Az igénylő helyeknek a lehető legnagyobb mértékben választaniuk kell a magas szolgáltatásminőséget és adatforgalmi kapacitást nyújtó szolgáltatások között.</p>

*Forrás:* Kormányzati Informatikai Fejlesztési Ügynökség: *Gigabit Hungary Stratégia (2020–2030)*, 2019

Az infrastruktúra tervezésének és kialakításának kiemelt prioritása olyan vezetőes megoldások kifejlesztése, amelyek támogatni tudják a következő generációs vezeték nélküli (5G) technológiákat. Ezek igény szerint gigabites átviteli kapcsolatokat fognak biztosítani, szükség esetén szimmetrikus kapcsolatokkal.<sup>19</sup>

### **Az 5G technikai megvalósítása, annak kihívásai**

Az előbbieken tárgyaltaknak megfelelően megállapítható, hogy az 5G-hálózatok újszerű, az előző generációs hálózati architektúrák által nem alkalmazott koncepciókra épülnek. A szoftvervezérelt hálózatok (SDN) és a virtuális hálózati funkciók (NFV) bevezetése olyan új utat nyit meg, amely számos új alkalmazás bevezetéséhez vezethet. Másrészt a heterogén követelményeket, ahogyan azt a legfontosabb érdekképviseleti szervezetek, például a következő generációs mobilhálózatok (Next Generation Mobile Networks, NGMN) vagy az 5G közmagán társulás (5G Infrastructure Public Private Partnership, 5G PPP) kiemelik, újszerű architektúráirányzatokkal kell majd kezelni. Az NGMN a már kialakult, kiemelkedő mobil-szélessávú felhasználási esetek fejlődésének támogatása mellett azt is megállapította, hogy az 5G-nek számtalan újonnan megjelenő felhasználási esetet kell támogatnia a teljesítményjellemzők széles skálájával és az eszközök széles körének támogatásával. A különböző reprezentatív felhasználási esetekre vonatkozó tanulmányok a következő felhasználási eset-típusokat határozták meg:

- Széles sávú hozzáférés a sűrűn lakott területeken: a szolgáltatások elérhetőségének javítása a sűrűn lakott területeken, beleértve a mindenütt elérhető videó- és a szolgáltatói felhőszolgáltatásokat, az intelligens irodát, valamint a HD videó/fotó megosztást stadionokban/szabadtéri rendezvényeken.
- Széles sávú hozzáférés mindenhol: egységes felhasználói élmény biztosítása az átviteli sebesség és a digitális integráció szempontjából valamennyi régió lakosai számára, hogy mindenhol 50+ Mbps sebességű és rendkívül alacsony költségű hálózatok valósulhassanak meg.
- Nagyobb felhasználói mobilitás. A mobilszolgáltatások, például a szórakoztatás, az internet-hozzáférés és a távoli számítástechnika iránti növekvő igény támogatása járműveken, vonatokon és repülőgépeken,

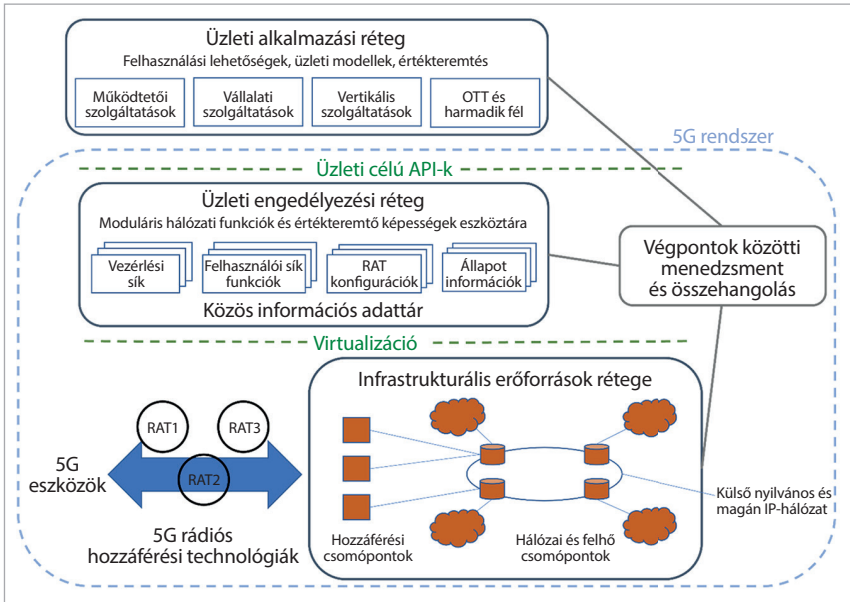
<sup>19</sup> Gigabit Hungary Stratégia (2020–2030).

beleértve a mozgó hot spot forgatókönyveket, például a gyalogos/kerékpáros túrák helyszínein.

- Masszív IoT: tömeges számú eszköz (például érzékelők, aktuátorok és kamerák) támogatása az alacsony költségű/nagy hatótávolságú/alacsony energiaigényű és a széles sávú géptípusú kommunikációig (MTC), beleértve az intelligens viselhető eszközöket (ruházat), az érzékelőhálózatokat és a mobil-videómegfigyelést.
- Extrém valós idejű kommunikáció: olyan szolgáltatások támogatása, amelyek extrém valós idejű interakciót igényelnek, beleértve az autonóm járművezetés biztonságának támogatását, a távoli számítástechnikát és a tapintható internetet. Az 5G-alapú tapintható internet az IoT-k következő evolúciója, amely kiterjed az ember-gép és a gép-gép interakciókra.
- Életvezetési kommunikáció: magas szintű rendelkezésre állás és rugalmasság megvalósítása a fokozott közbiztonság és a sürgősségi szolgáltatások támogatása érdekében, még forgalomnövekedés esetén is, valamint hatékony hálózati helyreállítás természeti katasztrófák esetén.
- Rendkívül megbízható kommunikáció: támogatja a nagyon nagy megbízhatóságot igénylő iparágak különböző alkalmazásait, például a gépek távműködtetését és távvezérlését, az együttműködő robotokat, a távműtéteket és az életveszélyes szolgáltatásokat.
- Műsorszóró jellegű szolgáltatások: támogatja az információk hatékony terjesztését egy forrásból számos célállomásra, az interaktív szolgáltatások lehetséges visszacsatolásával, a helyi, regionális és országos szinteket is beleértve.

Az 5G-felhasználási esetek nagyon változatos és néha szélsőséges követelményeket támasztanak, és minden egyes felhasználási eset sajátos teljesítményt, skálázhatóságot és rendelkezésre állást igényel. Számos kutatás kimutatta, hogy az előző generációs hálózatok viszonylag monolitikus architektúrája nem képes hatékonyan kezelni a szükséges rugalmasságot és skálázhatóságot az üzleti igények lényegesen szélesebb körének támogatása során. Az új szolgáltatások rugalmasabb és hatékonyabb nyújtásának lehetővé tétele érdekében az 5G-architektúrának moduláris hálózati funkciókat kell tartalmaznia, amelyek igény szerint telepíthetők és skálázhatók. Annak érdekében, hogy az egyidejűleg aktív szolgáltatások ugyanazon az üzemeltetői hálózaton osztozhassanak, egy olyan architektúrát kell kialakítani, amely a teljes rendszert három különálló rétegre osztja, mint például az NGMN által kidolgozott rétegmodell, amelyet

a 9. ábra szemléltet, és amelynek az elemei: az üzleti alkalmazási réteg, az üzleti engedélyezési réteg és az infrastrukturális erőforrások rétegé, a virtuális hálózati funkciók és a szoftveresen definiált hálózatok.



9. ábra: Az NGMN 5G-architektúra (a szerző szerkesztése)

Forrás: HOLMA–TOSKALA–NAKAMURA 2020: 20.

Az üzleti engedélyezési réteg különböző magsíkbeli és felhasználói síkbeli funkciókat, valamint különböző rádiós hozzáférési technológiákhoz tartozó (Radio Access Technology, RAT) konfigurációkat és állapotinformációkat tartalmaz, amelyek egy közös információs adattárat alkotnak. Az üzletfejlesztési alkalmazásprogramozási felületeket (Application Programming Interface, API) a különböző alkalmazások, köztük a működtetői szolgáltatások, a vállalati és a vertikális szolgáltatások, valamint az úgynevezett over-the-top (OTT) szolgáltatások felé teszik hozzáférhetővé. Az OTT szolgáltatások alatt azokat a megoldásokat értjük, ahol a szolgáltató nem felelős az általa nyújtott szolgáltatáshoz szükséges kommunikációs biztosításáért, az például az interneten keresztül nyíltan elérhető. Ezeket az üzleti támogató képességeket a különböző alkalmazások rugalmasan

és skálázható módon az egyes alkalmazásokhoz igazítva hívják le. Ez a képesség, hogy egy közös infrastruktúra segítségével az egyes alkalmazások igényeihez igazodjanak, gyakran hálózati szeletelésnek nevezik, amelyről a későbbiekben még lesz szó.<sup>20</sup>

A továbbiakban az 5G-hálózatok alapvető részelemeit és a kapcsolódó követelményeket ismerteti a szerző. Az 5G-rendszerek és hálózatok kezdetben a 4G cellás hálózatokra épültek, ahol a fizikai hálózati elemek hagyományosan egysíkú hálózati funkciókra épültek. Ezeket a megoldásokat az 5G esetében javasolt megfelelő részletességgel meghatározott alapmodulokra vagy hálózati funkciókra (network functions, NF) bontani, mind a vezérlési sík (control plane, CP), mind a felhasználói sík (user plane, UP) esetében, lehetővé téve így a különböző logikai architektúrák meghatározását a CP és UP hálózati funkciók különböző részhalmozainak összekapcsolásán keresztül. Az 5G-rendszer-architektúra a következő hálózati funkciókból áll:

- Hitelesítési szerver funkció (Authentication Server Function, AUSF), hitelesítési és engedélyezési funkciók biztosítása, hitelesíti a felhasználói eszközöket és biztosítja számukra a megfelelő kulcsolási adatokat.
- Hozzáférés- és mobilitáskezelő funkció (Access and Mobility Management Function, AMF), felelős a törzshálózat és az eszköz közötti vezérlő jelátvitelért, a felhasználói adatok biztonságáért, az alapállapotban történő mozgékonyaságért és a hitelesítésért.
- Adathálózat (Data Network, DN), egy egyszerű adattovábbítást képvisel, amely lehet nem virtualizált vagy virtualizált hálózati funkció.
- 5G következő generációs csomópont (5G Next Generation NodeB, 5G gNB), ortogonális vagy nem ortogonális rádióerőforrásokat oszt ki a központi egység és az elosztott egység eszközei között az erőforrás-megosztás optimalizálása céljából, a cellás hálózatra épülő eszközök közötti kommunikáció biztosítása érdekében.
- Központi egység (Centralized Unit, CU), magasabb rétegbeli protokollokat támogat, jellemzően minden 5G következő generációs csomóponthoz egyetlen központi egység tartozik. A több csomópontoz tartozó központi egységek közös hardverplatformon valósíthatók meg, amelynek előnye, hogy a felhőalapú számítástechnika és a virtuális hálózati funkciók megkönnyíthetik a központi egységek tömeges telepítését.

<sup>20</sup> HOLMA–TOSKALA–NAKAMURA 2020: 21.

- Elosztott egység (Distributed Unit, DU), alacsonyabb rétegbeli protokollokat támogat, egy-egy központi egységhez több elosztott egység is csatlakozhat. Az elosztott egység magában foglalja mind az alapsáv-feldolgozási, mind a rádiófrekvenciás funkciókat.
- Strukturálatlan adattárolási funkció (Unstructured Data Storage Function, UDSF), biztosítja a szükséges szolgáltatásokat a strukturálatlan adatok tárolásához és visszakereséséhez az 5G maghálózati funkciók számára.
- Hálózati expozíciós funkció (Network Exposure Function, NEF), elérhetővé teszi az 5G maghálózat képességeit és a kapcsolódó szolgáltatásokat külső alkalmazások számára, amelyhez az egységes adattárat használja adatforrásként. Lehetővé teszi harmadik felek számára, hogy biztonságosan szolgáltatassanak információkat az 5G maghálózat számára.
- Hálózati adattárház funkció (Network Repository Function, NRF), fenntartja a hálózati funkció profiljait a rendelkezésre álló hálózati funkció példányokról és az általuk támogatott szolgáltatásokról, valamint biztosítja a lehetséges új funkciók felkutatását és kiválasztását. A kiválasztási kritériumok közé tartozhat többek között a hely (késleltetés), a terhelés, az adathálózat neve (alkalmazás) vagy a hozzáférési hálózat típusa.
- Hálózati szelet kiválasztási funkció (Network Slice Selection Function, NSSF), kiválasztja a felhasználói eszközök számára szükséges hálózati szelet példányt (Network Slice Instance, NSI) az eszköz csatlakoztatása során megadott információk alapján. A hozzáférés- és mobilitáskezelő funkció egy sor hozzáférési és mobilitás-kezelési funkciót biztosít az UE számára annak alapján, hogy az UE milyen szeletekhez fér hozzá.
- Irányelv szerinti vezérlés funkció (Policy Control Function, PCF), támogatja a hálózatot szabályozó egységes szakpolitikai keretrendszert, biztosítja a házirend szabályainak a vezérlő sík funkció(k)hoz való igazítását, valamint azok érvényre juttatását.
- Viszony menedzsment funkció (Session Management Function, SMF), gondoskodik a munkamenet-kezelésről, például a munkamenet létrehozásáról, módosításáról és feloldásáról, beleértve például a felhasználói sík funkció és a hozzáférési hálózati csomópont közötti csatorna felépítését, fenntartását és karbantartását.
- Egységes adatmenedzsment funkció (Unified Data Management, UDM), támogatja a hitelesítő adatok tárolására és feldolgozására szolgáló funkciókat, amelyek alaprendeltetése a hosszú távú biztonsági hitelesítő adatok

és az előfizetési információk tárolása. Elsősorban az előfizetői adatok, munkamenetadatok, házirendek, működési és számviteli adatok tárolására szolgál. Biztosítja továbbá az adatok közzétételére és elemzésére szolgáló nyílt ökoszisztémát.

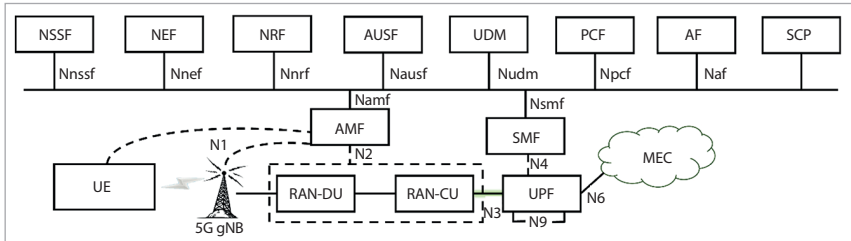
- Egységesített adattár (Unified Data Repository, UDR), egy közös adatbázis a különböző szabványosított adatszerkezetekhez, beleértve az előfizetési adatokat, a házirendadatokat, a kitéthséghez szükséges strukturált adatokat és az alkalmazási adatokat.
- Felhasználói sík funkció (User Plane Function, UPF), az 5G maghálózat elsődleges hálózati funkciója, és kiemelt szerepet játszik az adatátvitelben, mivel az 5G-architektúrában ez kapcsolja össze az adathálózatot. Mindezek mellett felelős továbbá a csomagok útválasztásáért és továbbításáért, a csomagok ellenőrzéséért, a szolgáltatás megfelelő minőségének szavatolásáért.
- Alkalmazásfunkció (Application Function, AF), információt szolgáltatnak az 5G-maghálózat számára, például a csomagáramlás kezeléséhez (útválasztás, QoS stb.) és a házirend-szabályozáshoz. A megbízható alkalmazásfunkciók alkalmazásprogramozási interfészek (API-k) segítségével közvetlenül kapcsolatba léphetnek a maghálózati funkciókkal, míg a nem megbízható alkalmazásfunkcióknak a hálózati expozíciós funkció keretrendszerrel kell alkalmazniuk.
- Felhasználói berendezés (User Equipment, UE), olyan végberendezések, amelyek az 5G-hálózatot használják kommunikációs csatornaként.
- Rádiós hozzáférési hálózat (Radio Access Network, RAN), a felhasználói berendezések és a maghálózat közötti kommunikáció létrehozására használt távközlési hálózati elemek kombinációja.
- 5G berendezésazonosító nyilvántartás (5G-Equipment Identity Register, 5G-EIR), egy kulcsfontosságú megoldás a hálózatban lévő mobil eszközök hitelesítésére, beleértve az IoT-eszközöket is, megelőzve a hálózati és a fizetett szolgáltatásokkal történő visszaéléseket.
- Biztonsági peremvédelmi proxy (Security Edge Protection Proxy, SEPP), üzenetszűrést és szabályozást biztosít a vezérlő sík interfészein, és elrejti a hálózati topológiát más gyártók előtt, mivel alaprendeltetéséből adódóan egyetlen kapcsolattartási pontként működik.
- Hálózati adatelemző funkció (Network Data Analytics Function, NWDAF), biztosítja a hálózati szelet kiválasztási és az irányelv szerinti vezérlés funkció számára a szeletspecifikus hálózati adatok elemzését.

- Többszörös hozzáférésű peremszámítás (Multi-access Edge Computing, MEC), biztosítja, hogy a forgalom és a szolgáltatások számítása a központi felhőből a hálózat szélére és közelebb kerülhessen az ügyfelekhez. Ahelyett hogy minden adatot egy központi felhőbe küldenének feldolgozásra, a hálózat szélén elhelyezett felhő dolgozza fel, elemzi és tárolja az adatokat.

Az elemek közötti kapcsolatokat az 5G-rendszerarchitektúra következő referenciapontjai határozzák meg:

- N1: referenciapont a felhasználói berendezés és a hozzáférés- és mobilításkezelő funkció között;
- N2: referenciapont a rádiós hozzáférési hálózat és a hozzáférés- és mobilításkezelő funkció között;
- N3: referenciapont a rádiós hozzáférési hálózat és a felhasználói sík funkció között;
- N4: referenciapont a munkamenet-kezelési funkció és a felhasználói sík funkció között;
- N6: referenciapont a felhasználói sík funkció és egy adathálózat között;
- N9: referenciapont felhasználói sík funkciók között;
- Namf: szolgáltatásalapú interfész, amelyet a hozzáférés- és mobilításkezelő funkció használ;
- Nsmf: szolgáltatásalapú interfész, amelyet a viszonymenedzsment-funkció használ;
- Nnef: szolgáltatásalapú interfész, amelyet a hálózati expozíciós funkció használ;
- Npcf: szolgáltatásalapú interfész, amelyet az irányelv szerinti vezérlés funkció használ;
- Nudm: szolgáltatásalapú interfész, amelyet az egységes adatmenedzsment-funkció használ;
- Naf: szolgáltatásalapú interfész, amelyet az alkalmazásfunkció használ;
- Nnrf: szolgáltatásalapú interfész, amelyet a hálózati adattárház funkció használ;
- Nnssf: szolgáltatásalapú interfész, amelyet a hálózati szelet kiválasztási funkció használ;
- Nausf: szolgáltatásalapú interfész, amelyet a hitelesítési szerver funkció használ.

A fenti hálózati funkciók, referenciapontok és interfészek közötti kapcsolatokat a 9. ábra szemlélteti.



9. ábra: 5G-referenciamodell és alkalmazásalapú architektúra

Forrás: ETSI 2020 alapján a szerző szerkesztése

Az 5G-rendszerek esetében a hálózati architektúrák kialakításában két megoldási lehetőség van, az önálló (standalone, SA) és a nem önálló (non-standalone, NSA) megoldások. A mobilszolgáltatóknak választaniuk kell, hogy egy teljes 5G önálló (SA) hálózatot telepítenek ki, amely teljes 5G-élményt nyújt, vagy egy 5G nem önálló (NSA) hálózatot telepítenek, amelyet LTE-hálózat egészít ki és támogat. Míg az előbbi kifejlesztése időbe telik, az utóbbi korlátozott 5G-előnyöket kínál, amelyek néhány hálózati kulcsfontosságú teljesítménymutató (key performance indicator, KPI) javulását eredményezik. Emellett az 5G NSA várhatóan kevésbé lesz tökeigényes, mint az 5G SA architektúra. A két 5G-hálózati architektúraopciót négy fő szempont alapján lehet összehasonlítani: a beruházás, a spektrum rendelkezésre állása, a szolgáltatási kínálat és a hálózati KPI-k alapján, amelyeket a 10. táblázat szemléltet.

10. táblázat: Az 5G önálló és nem önálló architektúrák

	Önálló architektúra	Nem önálló architektúra
Szükséges beruházás	Rövid távú	Magas
	Hossz útávú	N/A
A spektrum elérhetősége	6 GHz alatti sáv	A legjobb választás a jó hálózati lefedettséghez
	mmWave sáv	Hotspotalapú hálózat használatával együttműködhet az SA-val
		A jó lefedettség az LTE-hálózattól függ
		Hotspotalapú hálózat kiépítéséhez szükséges

	Önálló architektúra	Nem önálló architektúra	
Szolgáltatásajánlatok	Lefed minden felhasználási területet, beleértve az eMBB-t, valamint az uRLLC-től és az mMTC-től függő felhasználási területeket.	Csak eMBB felhasználási eseteket támogat	
Hálózati kulcsfontosságú teljesítménymutatók	Adatátviteli sebesség (DL/UL)	20 Gbps/10 Gbps	20 Gbps/10 Gbps
	Késleltetés	1 ms	4 ms
	Hálózati sűrűség	1 millió eszköz/km <sup>2</sup>	1 millió eszköz/km <sup>2</sup>

Forrás: IHS Markit 2019

Amint a fenti összehasonlítás mutatja, az 5G SA architektúra hálózati telepítési költségei tőkeigényesnek tűnhetnek, de a megfelelő telepítési stratégiával az üzelmeltetők jelentősen csökkenthetik a költségeket. Ez a stratégia a következőképpen foglалható össze:

- kezdetben a szelektív 5G-lefedettség bevezetése a legnagyobb adatigényű területeken;
- ahol csak lehetséges, a 4G- és az 5G-eszközök közös elhelyezése és a rádiófrekvenciás berendezések összevonása az alacsonyabb költségek érdekében;
- az 5G maghálózat telepítése egy adatközpontban, a felhő- és virtualizációs technológiákra támaszkodva;
- kezdetben csak az alapvető 5G maghálózati funkciók kialakítása a beruházás költségének csökkentése érdekében.<sup>21</sup>

Az NSA megoldás alapvetően azt jelenti, hogy az 5G RAN egy 4G maghálózathoz kapcsolódik, ami az 5G bevezetésének kezdeti szakasza lehet, és ezzel leginkább csak nagyobb sebességet (eMBB) tudunk elérni, hosszú távon nem biztos, hogy gazdaságos. Sok esetben a RAN-ban lévő 4G- és 5G-antennáknak ebben az esetben együtt kell működniük, ami nagymértékben hozzájárulhat a függőséghez egy adott gyártótól, és ez a biztonság szempontjából komoly kockázatot jelent. A biztonsághoz és a teljes értékű 5G-élmény kiszolgálásához az SA telepítési mód járulhozzá, amely alacsony késleltetést és nagyszámú eszköz összekapcsolásának képességét, valamint a hálózati szelektálást is biztosítja a kiépítést követően. Ebben

<sup>21</sup> IHS Markit 2019.

az esetben főként az 5G-maghálózatok lesznek összekötve az 5G RAN-okkal. Az átállás 4G-ről 5G-re sok szolgáltató számára jelentős lépés, mivel számos területet érint és befolyásol, ennek megfelelően minden egyes területet gondosan meg kell tervezni és át kell alakítani ahhoz, hogy kiaknázhassák az 5G-technológiában rejlő lehetőségeket.

### *A hálózatszeletelés*

A hálózati szeletelés egy logikai hálózati leképezés, amely egy adott mobilhálózati infrastruktúra-konfigurációval áll össze, és amely a fizikai infrastruktúra különböző szintű és típusú elszigeteléséből áll. Ezt alapvetően a virtualizáció, a konténer technológia alkalmazása, a szoftveresen definiált hálózat, a virtuális hálózati funkció szolgáltatási lánc, a hálózati funkciók virtualizációja és a rugalmas szállítási hálózati technológiák teszik lehetővé. A szeletelések végrehajtása során a szakemberek ezeket a technológiákat használják fel a biztonságos hálózati környezet biztosításához a rádiós hozzáférési hálózaton, a szállítóhálózaton és a maghálózaton keresztül. Ezt a biztonságos hálózati környezetet teljes mértékben optimalizálni kell a több hálózati szelet és azok eltérő szolgáltatási jellemzőinek és követelményeinek együttes működése mellett. Másrészt a felhasználók részéről elvárt, hogy a hálózati szeletek struktúrája önálló és teljesen független mobilhálózat legyen, ami hozzájárul ahhoz, hogy más felhasználók jogosulatlanul nem férhetnek hozzá a hálózati szegmenshez, és nem hallgathatják le a kommunikációs forgalmat, így elkerülhető az adatszivárgás. Mindezeknek megfelelően a hálózati szeletelés dinamikusan rugalmasságot biztosít a szakemberek számára a vezeték nélküli és vezetékes hálózati környezetben rendelkezésre álló erőforrások szervezésében, koordinálásában és összehangolásában.<sup>22</sup>

Mindezek alapján elmondható, hogy a hálózati szelet egy bizonyos üzleti vagy ügyféligényt kiszolgáló logikai hálózat, amely a szolgáltatásalapú architektúra szükséges funkcióiból áll, együttesen konfigurálva. Például az egyik hálózati szelet beállítható az LTE-hez hasonló, teljes mobilitást támogató mobil-szélessávú alkalmazások támogatására, egy másik szelet pedig egy adott, nem mobil, késleltetés-kritikus ipari-automatizálási alkalmazás támogatására. Ezek a szeletek mind ugyanazon a fizikai mag- és rádióhálózaton futnak, de a végfelhasználó alkalmazás szempontjából független hálózatoknak tűnnek. Ez sok szempontból hasonló

<sup>22</sup> WONG–HAN–SCHOTTEN 2022: 155.

ahhoz, mintha több virtuális számítógépet konfigurálnánk ugyanazon a fizikai számítógépen. A peremszámítás, ahol a végfelhasználói alkalmazás részei a maghálózat széléhez közel futnak, hogy alacsony késleltetést biztosítsanak, szintén része lehet egy ilyen hálózati szeletnek. A virtualizáció révén a szoftverfunkciók futtatásához szükséges erőforrások elválasztásával megszűnik a függőség a dedikált hardvertől. A virtualizációs technológiák fontos alapot biztosítanak a hálózati szeleteléshez, mivel lehetővé teszik a rugalmas szelet létrehozását megosztott fizikai erőforrásokon.

### *Biztonsági kihívások*

Napjainkban csak korlátozott számú, azaz a jelenleg már ismert biztonsági fenyegetéseket tudjuk kezelni. Azonban egyelőre nem láthatjuk előre azokat az új és folyamatosan változó fenyegetéseket, amelyek ellen az 5G-hálózatokat kell majd védeni. Jelenleg az 5G-hálózatok még nem terjedtek el olyan mértékben, hogy a bennük rejlő problémákat, hibákat és esetleges fenyegetéseket beazonosíthassák a szakemberek. Számukra komoly kihívás az új szereplők megjelenése a piacon, az új üzleti modellek, felhasználási formák és területek bevezetése, amelyeknek igen magas szintű hálózati képességekkel kell rendelkezniük és magas biztonsági követelményeknek kell megfelelniük. További kihívást jelent az új kiberfenyegetések és támadások növekvő száma és kifinomultsága.<sup>23</sup>

Azonban az már most is látható, hogy a korábbi mobilcellás rendszerekhez hasonlóan a támadásokat három fő kategóriába sorolhatjuk:

- A felhasználói eszközök vagy hálózati elemek elleni támadások, például az előfizetői eszközöket megfertőző rosszindulatú szoftverek vagy botok, amelyek hamis vagy támadó forgalmat generálnak, jelzési viharokat keltenek a hálózatban, és lemerítik az eszközök akkumulátorait.
- A különböző hálózati alrendszerek, például a rádiós hozzáférési hálózat és a maghálózat elleni támadások, amelyek az erőforrások kimerülését, a feltételek megsértését, például a szolgáltatási szintű megállapodások (Service Level Agreement, SLA) megsértését, vagy a tartománynévrendszer (Domain Naming System, DNS), a számlázási és jelzési infrastruktúra elleni támadásokat okozzák.

<sup>23</sup> KERTI–NYIKES 2015: 332.

- A végfelhasználói alkalmazások elleni támadások, például szerveroldali rosszindulatú programok, alkalmazásszintű és protokollspecifikus elosztott szolgáltatásmegtagadási (Distributed Denial of Service, DDoS) támadások.

Az Európai Unió egy harmonizált kockázatértékelés alapján ezt tovább bontotta, és kilenc fő kockázatot határozott meg öt kockázati forgatókönyv szerint csoportosítva, amelyeket a 11. táblázat szemléltet.

11. táblázat: Az 5G-ben rejlő legjelentősebb kockázatok

Forgatókönyv	Kockázat
A nem megfelelő biztonsági intézkedésekkel kapcsolatos kockázati forgatókönyvek	Hálózatok nem megfelelő konfigurálása A hozzáférés-ellenőrzés hiánya A termék rossz minősége
Az 5G ellátási láncal kapcsolatos kockázati forgatókönyvek	Egyetlen beszállítótól függés az egyes hálózatokon belül vagy a nemzeti szintű diverzifikáció hiánya
A legfőbb fenyegetést jelentő szereplők működésével kapcsolatos kockázati forgatókönyvek	Kormányzati beavatkozás az 5G ellátási láncan keresztül Az 5G-hálózatok kihasználása vagy a végfelhasználók célba vétele szervezett bűnözői csoportok által
Az 5G-hálózatok és más kritikus rendszerek közötti kölcsönös függőségekkel kapcsolatos kockázati forgatókönyvek	A kritikus infrastruktúrát vagy szolgáltatásokat érintő jelentős zavarok A hálózatok jelentős meghibásodása az áramellátás vagy más támogató rendszerek megszakadása miatt
A végfelhasználói eszközökre vonatkozó kockázati forgatókönyvek	A IoT-eszközök, a mobiltelefonok vagy az egyéb intelligens eszközök kihasználása

Forrás: European Commission 2021

Az Európai Unió mellett az Amerikai Egyesült Államok kormányának Kiberbiztonsági és Infrastrukturális Biztonsági Ügynöksége (Cybersecurity and Infrastructure Security Agency, CISA) is megvizsgálta az 5G-ben rejlő potenciális veszélyeket és fenyegetettségeket, és három fő kategóriába sorolta ezeket: irányelvek és szabványok, ellátási lánc és 5G-rendszerarchitektúra.

Az új 5G-irányelvek és -szabványok tekintetében megállapítja, hogy azok megjelenésével sem garantált, hogy a végfelhasználót érintő fenyegetések megszűnnek. A nemzetállamok például megpróbálhatnak befolyást gyakorolni a saját

tulajdonukban lévő technológiáinknak kedvező szabványokra, és korlátozhatják az ügyfelek választási lehetőségeit más berendezések vagy szoftverek használatára. Az irányelvek és szabványok tekintetében a CISA két alterületet határozott meg:

- Nyílt szabványok: mivel az ellenérdekeltektől nemzetek egyaránt részt vesznek a műszaki szabványok kidolgozásában, fennáll annak a lehetősége, hogy a szabványok olyan nem megbízható technológiákat és berendezéseket tartalmaznak, amelyek csak az ő rendszereikre jellemzőek. Ezek a védett technológiák és berendezések korlátozhatják a versenyt, és arra kényszeríthetik az ügyfeleket, hogy megbízhatatlan új technológiákat alkalmazzanak. Az interoperabilitás hiánya ezekkel a nem megbízható, szabadalmaztatott technológiákkal korlátozza a megbízható vállalatok versenyképességét az 5G-piacon. Az interoperabilitási szabványoknak nem megfelelő egyedi 5G-technológiákat nehéz lehet frissíteni, javítani és cserélni.
- Opcionális ellenőrzések: A szabványügyi testületek protokollokat dolgoznak ki a mobiltávközléshez, amelyek többnyire kötelező biztonsági ellenőrzéseket írnak elő, azonban tartalmazhatnak néhány választható biztonsági ellenőrzést is. Azoknak a hálózatüzemeltetőknek, akik nem hajtanak végre opcionális biztonsági ellenőrzéseket, sebezhetőbb a hálózatuk, és a kibertámadások nagyobb kockázatának lehetnek kitéve.

Az ellátási lánc tekintetében a CISA rávilágít, hogy a fenyegetést jelentő szereplők sok esetben komoly erőfeszítéseket fordítanak arra, hogy kihasználják az információs és kommunikációs technológiákat és a hozzájuk kapcsolódó ellátási láncokat kémkedés, szabotázs, külföldi beavatkozás és bűnözés céljából. Az 5G ellátási lánc hasonlóan érzékeny az olyan kockázatok megjelenésére, mint a rosszindulatú szoftverek és hardverek, a hamisított alkatrészek, a rossz tervek, gyártási folyamatok és karbantartási eljárások. Ezek olyan negatív következményekkel járhatnak, mint az adatok és a szellemi tulajdon ellopása, az 5G-hálózat integritásába vetett bizalom elvesztése, vagy a rendszer és a hálózat meghibásodásának kihasználása a támadó által.<sup>24</sup> Az ellátási lánc vonatkozásában a CISA szintén két alterületet határozott meg:

- Hamisított alkatrészek: a hamisított alkatrészek érzékenyebbek a kibertámadásokra, és rossz minőségük miatt nagyobb valószínűséggel mennek

<sup>24</sup> MEGYERI 2016: 61.

tönkre. A sérült hamisított alkatrészek lehetővé tehetik egy rosszindulatú szereplő számára, hogy befolyásolja az eszközökön keresztül továbbított adatok titkosságát, sértetlenségét vagy rendelkezésre állását, és oldalirányban átjusson a hálózat más, érzékenyebb részeire.

- Öröklött összetevők: az öröklött komponensek származhatnak harmadik fél beszállítóiból, forgalmazóiból és szolgáltatóiból álló, kiterjesztett ellátási láncoktól. Az ellátási láncok veszélybe kerülhetnek a beszállítók elleni támadások révén, beleértve a beszállítók beszállítóit is, akiknél gyengébbek a biztonsági ellenőrzések és az auditok a fejlesztési, gyártási vagy szállítási csatornáikon. A fejlesztési fázisok korai szakaszában behelyezett hibákat vagy rosszindulatú szoftvereket nehezebb felismerni, és ez ahhoz vezethet, hogy a fejlesztő digitális aláírással vagy más jóváhagyással legitimnek minősíti az összetevőt. Ezeket a sebezhetőségeket később rosszindulatú szereplők kihasználhatják.

Az 5G-rendszerarchitektúrák tekintetében a CISA megfogalmazza, hogy ezeket a rendszereket úgy tervezik és fejlesztik, hogy megfeleljenek a növekvő adat-, kapacitás- és kommunikációs követelményeknek. Bár az 5G-komponensek gyártói és a szolgáltatók technológiai fejlesztésekkel fokozzák a biztonságot, a rosszindulatú szereplők kihasználhatják mind a régi, mind az új sebezhetőségeket. Emellett az 5G-hálózatok több IKT-összetevőt használnak majd, mint a vezeték nélküli hálózatok korábbi generációi, ami a rosszindulatú szereplőknek további vektorokat biztosít a kritikus adatok lehallgatásához, manipulálásához, megzavarásához és megsemmisítéséhez. Az 5G megnövekedett kapacitása megkönnyíti a tárgyak internetének elterjedését, ami számos és potenciálisan kevésbé biztonságos eszközzel bővíti az 5G-hálózatot. Az összetevők megnövekedett sokfélesége az 5G-architektúrában belüli összetettséghez vezethet, és előre nem látható, átfogó rendszergyengeségeket vagy sebezhetőségeket eredményezhet. Az 5G-rendszerarchitektúrák vonatkozásában a CISA szintén két alterületet határozott meg:

- Szoftver/konfiguráció: a szoftverhez vagy hálózati komponensekhez való jogosulatlan hozzáférés lehetőségét biztosít a támadóknak arra, hogy a konfigurációkat a biztonsági ellenőrzések csökkentése, rosszindulatú programok rendszerbe telepítése vagy a termék gyenge pontjainak azonosítása érdekében módosítsák. Ezek a sebezhetőségek kihasználhatók a rendszeren vagy hálózaton belüli tartós és privilegizált hozzáférés növelésére.

- Hálózatbiztonság: az 5G-technológiák több milliárd eszköz hálózati csatlakozását teszik lehetővé, amelyek számos új képességet és innovációt támogatnak. Ezek az eszközök és infrastrukturális képességek, például a mobiltornyok, a kis cellák és a mobileszközök lehetőséget teremtenek a támadók számára, hogy a fenyegetésvektorok megnövekedett körén keresztül sebezhetőségeket tárjanak fel. Amennyiben a támadónak sikerül a hálózati eszközökhöz jogosulatlan hozzáférést szereznie az 5G-hálózaton, az jelentősen megzavarhatná a működést, és lehetővé tenné a kritikus adatok lehallgatását, manipulálását és megsemmisítését.
- Hálózati szeletelés: lehetővé teszi, hogy a felhasználók csak a hálózat egyes területeinek eléréséhez rendelkezzenek megfelelő jogosultságokkal, így az adatok és a biztonság elkülönítése is lehetséges. A hálózati szeletelés azonban nehezen kezelhető, és a szeletek bonyolultabbá teszik a hálózatot. Míg vannak szabványok, amelyek meghatározzák az üzemeltetők 5G-hálózatainak kiépítésére vonatkozó előírásokat, arra nincsenek egyértelmű előírások, hogy a hálózatüzemeltetőknek hogyan kell kialakítaniuk és megvalósítaniuk a hálózati szeletelés biztonságát. A hálózati szeletek nem megfelelő kezelése lehetővé teheti a támadók számára, hogy hozzáférjenek a különböző szeletek adataihoz vagy megtagadják a hozzáférést a prioritást élvező felhasználóktól.
- Örökölt kommunikációs infrastruktúra: bár az 5G-hálózati infrastruktúrát úgy tervezték, hogy biztonságosabb legyen, a 4G hagyományos kommunikációs infrastruktúrájának számos biztonsági előírása és protokollja támogatott az 5G-hálózatokban. Ez az örökölt kommunikációs infrastruktúra eredendő sebezhetőségeket tartalmaz, amelyeket – ha nem kezelnek – a támadók könnyedén kihasználhatnak.<sup>25</sup>

## Következtetések

Az 5G-technológia esetében jól látható, hogy a korábbi mobil vezeték nélküli technológiákhoz képest jelentős változásokat hoz. Nagymértékben támogatja az IoT-eszközök és -rendszerek alkalmazását, a MEC technológiának köszönhetően hozzájárul a felhőinformatika továbbfejlesztéséhez. A hálózat működése

<sup>25</sup> CISA 2021.

is jelentősen megváltozik a szoftvervezérelt megoldásoknak köszönhetően, amelyek jellemzően az 5G-hálózatokban terjed el széles körben.

Mind az Európai Unió, mind hazánk kiemelkedő potenciált lát az 5G-hálózatok által nyújtott szolgáltatásokban, ennek megfelelően már évekkel ezelőtt megkezdtek a technológia minél előbbi bevezetését támogató stratégiák és irányelvek kidolgozását. A kitűzött célok elérésének végső dátumát az unió és hazánk is 2030-ban határozta meg, és ez reálisnak tűnik a jelenlegi fejlesztések ütemét tekintve. Ugyanez mondható el a V4 többi tagállamáról is, akik szintén megkezdtek a technológia bevezetéséhez szükséges folyamatokat.

Az 5G szempontjából a legnagyobb kihívást, mint minden újonnan kialakított rendszer esetében, a biztonság jelenti. Mivel eddig csak nagyon kis körben alkalmazott megoldásról beszélhetünk, így a konkrét sérülékenységek és veszélyforrások még nem állapíthatók meg, jelenleg csak a stratégiai szintű problémákat tudjuk beazonosítani. Mind az Európai Unió, mind az Egyesült Államok olyan, az 5G-rendszereket érintő fenyegetettségeket jelölt meg, amelyek már a korábbi távközlési megoldásoknál is fennálltak, illetve valamilyen másik technológiában már megjelentek. Mindezek alapján megállapítható, hogy a szakemberek számára nagyon nagy kihívást jelent az 5G biztonságossá tétele<sup>26</sup>. Ez különösen igaz lesz a NATO-ban történő megjelenésnél, ahol a feldolgozott, tárolt és továbbított adatok érzékenysége miatt lényegesen nagyobb hangsúlyt kell fektetni a biztonságos információs és kommunikációs rendszerek és hálózatok kialakítására<sup>27</sup>. Mindez még szignifikánsabban fog megjelenni abban az esetben, amikor már a mesterséges intelligencia is kiemelt szerepet kap a katonai műveletekben.<sup>28</sup>

Összességében megállapítható, hogy az 5G-technológia teljes bevezetése komoly kihívást jelent mind az infokommunikációs, mind az információ- és kiberbiztonság területén tevékenykedő szakemberek számára. Ez megjelenik majd üzemeltetői és felhasználói oldalon is, hiszen a végberendezések biztonságának garantálása sem lesz teljes mértékben kivitelezhető, mert számos olyan sérülékenység jelenhet meg egy-egy eszköz, szolgáltatás, illetve alkalmazás esetében, amely jelenleg még ismeretlen a szakemberek előtt. Ez különösen nagy problémát fog jelenteni azok után, hogy a mesterségesintelligencia-megoldások szélesebb körben is megjelennek az infokommunikációs környezetekben.

<sup>26</sup> FARKAS 2020: 281.

<sup>27</sup> FARKAS 2021: 14.

<sup>28</sup> SZÚCS 2022: 226.

## Felhasznált irodalom

- 1163/2020. (IV. 21.) kormányhatározat Magyarország Nemzeti Biztonsági Stratégiájáról  
1456/2017. (VII. 19.) kormányhatározat a Nemzeti Infokommunikációs Stratégia (NIS) 2016. évi monitoring jelentéséről, a Digitális Jólét Program 2.0-ról, azaz a Digitális Jólét Program kibővítéséről, annak 2017–2018. évi Munkaterve elfogadásáról, a digitális infrastruktúra, kompetenciák, gazdaság és közigazgatás további fejlesztéseiről  
5G Koalíció: *Az 5G Koalíció*. (2021. április 21.) Online: <https://5g.hu/hu/5g-koalicio/bemutatkozas>
- A Bizottság közleménye az Európai Parlamentnek, a Tanácsnak, az Európai Gazdasági és Szociális Bizottságnak és a Régiók Bizottságának, Az összekapcsoltság a versenyképes digitális egységes piac szolgálatában: Úton a gigabit alapú európai információs társadalom felé, COM/2016/0587 final
- A Bizottság közleménye az Európai Parlamentnek, a Tanácsnak, az Európai Gazdasági és Szociális Bizottságnak és a Régiók Bizottságának, Digitális irányító 2030-ig: a digitális évtized megvalósításának európai módja, COM/2021/118 final
- ANCANS, Guntis – Alina STAFECKA – Vjaceslavs BOBROVS – Arnis ANCANS – Jelena CAIKO (2017): Analysis of Characteristics and Requirements for 5G Mobile Communication Systems. *Latvian Journal of Physics and Technical Sciences*, 54(4), 69–78. Online: <https://doi.org/10.1515/lpts-2017-0028>
- Az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2018/1972 irányelve az Európai Elektronikus Hírközlési Kódex létrehozásáról
- BASTOS, Luis – Germano CAPELA – Alper KOPRULU – Gerard ELZINGA (2021): Potential of 5G technologies for military application. *2021 International Conference on Military Communication and Information Systems (ICMCIS)*, 1–8. Online: <https://doi.org/10.1109/ICMCIS52405.2021.9486402>
- CISA (2021): *Potential threat vectors to 5G infrastructure*. (2021. május 10.) Online: [www.cisa.gov/sites/default/files/publications/potential-threat-vectors-5G-infrastructure\\_508\\_v2\\_0%20%281%29.pdf](http://www.cisa.gov/sites/default/files/publications/potential-threat-vectors-5G-infrastructure_508_v2_0%20%281%29.pdf)
- Digitális Jólét program 2.0 stratégiai tanulmány (2017)
- ETSI (2020): *5G; System Architecture for the 5G System* Online: [www.etsi.org/deliver/etsi\\_ts/123500\\_123599/123501/16.06.00\\_60/ts\\_123501v160600p.pdf](http://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/123500_123599/123501/16.06.00_60/ts_123501v160600p.pdf)
- EUR-Lex (2019): *Az Európai Elektronikus Hírközlési Kódex*. (2019. május 6.) Online: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=LEGISSUM:4379983>
- Európai Számvevőszék (2022): *03/2022. számú különjelentés: Az 5G bevezetése az Unióban: a hálózatok kiépítése késedelmes, egyes biztonsági kérdések továbbra*

- is megoldatlanok*. Online: [www.eca.europa.eu/Lists/ECADocuments/SR22\\_03/SR\\_Security-5G-networks\\_HU.pdf](http://www.eca.europa.eu/Lists/ECADocuments/SR22_03/SR_Security-5G-networks_HU.pdf)
- European Commission (2022a): *5G coverage in the European Union and V4 countries* (2022. május 24.). Online: [https://digital-agenda-data.eu/charts/desi-component-s#chart={%22indicator%22:%22desi\\_5gc%22,%22breakdown-group%22:%22total%22,%22unit-measure%22:%22pc\\_hh\\_all%22,%22time-period%22:%222021%22}](https://digital-agenda-data.eu/charts/desi-component-s#chart={%22indicator%22:%22desi_5gc%22,%22breakdown-group%22:%22total%22,%22unit-measure%22:%22pc_hh_all%22,%22time-period%22:%222021%22})
- European Commission (2022b): *5G mobile broadband coverage (as a % of households)* (2022. május 24.) Online: [https://digital-agenda-data.eu/charts/analyse-one-indicator-and-compare-countries#chart={%22indicator-group%22:%22mobile%22,%22indicator%22:%22mbb\\_5gcov%22,%22breakdown%22:%22total\\_pophh%22,%22unit-measure%22:%22pc\\_hh\\_all%22,%22ref-area%22:\[%22CZ%22,%22EU%22,%22HU%22,%22PL%22,%22SK%22\]}](https://digital-agenda-data.eu/charts/analyse-one-indicator-and-compare-countries#chart={%22indicator-group%22:%22mobile%22,%22indicator%22:%22mbb_5gcov%22,%22breakdown%22:%22total_pophh%22,%22unit-measure%22:%22pc_hh_all%22,%22ref-area%22:[%22CZ%22,%22EU%22,%22HU%22,%22PL%22,%22SK%22]})
- European Commission (2022c): *5G readiness in the European Union and V4 countries* (2022. május 24.) Online: [https://digital-agenda-data.eu/charts/analyse-one-indicator-and-compare-countries#chart={%22indicator-group%22:%22mobile%22,%22indicator%22:%225g\\_read%22,%22breakdown%22:%22total%22,%22unit-measure%22:%22pc\\_spectrum\\_assigned%22,%22ref-area%22:\[%22CZ%22,%22EU%22,%22HU%22,%22PL%22,%22SK%22\]}](https://digital-agenda-data.eu/charts/analyse-one-indicator-and-compare-countries#chart={%22indicator-group%22:%22mobile%22,%22indicator%22:%225g_read%22,%22breakdown%22:%22total%22,%22unit-measure%22:%22pc_spectrum_assigned%22,%22ref-area%22:[%22CZ%22,%22EU%22,%22HU%22,%22PL%22,%22SK%22]})
- European Commission (2022d): *Households having a broadband connection in the European Union and V4 countries* (2022. május 24.). Online: [https://digital-agenda-data.eu/charts/analyse-one-indicator-and-compare-countries#chart={%22indicator-group%22:%22broadband%22,%22indicator%22:%22h\\_broad%22,%22breakdown%22:%22hh\\_total%22,%22unit-measure%22:%22pc\\_hh%22,%22ref-area%22:\[%22CZ%22,%22EU%22,%22HU%22,%22PL%22,%22SK%22\]}](https://digital-agenda-data.eu/charts/analyse-one-indicator-and-compare-countries#chart={%22indicator-group%22:%22broadband%22,%22indicator%22:%22h_broad%22,%22breakdown%22:%22hh_total%22,%22unit-measure%22:%22pc_hh%22,%22ref-area%22:[%22CZ%22,%22EU%22,%22HU%22,%22PL%22,%22SK%22]})
- European Commission (2022e): *Rural 5G mobile broadband coverage (as a % of households)* (2022. május 24.) Online: [https://digital-agenda-data.eu/charts/analyse-one-indicator-and-compare-countries#chart={%22indicator-group%22:%22mobile%22,%22indicator%22:%22mbb\\_r5gcov%22,%22breakdown%22:%22total\\_pophh%22,%22unit-measure%22:%22pc\\_hh\\_all%22,%22ref-area%22:\[%22CZ%22,%22EU%22,%22HU%22,%22PL%22,%22SK%22\]}](https://digital-agenda-data.eu/charts/analyse-one-indicator-and-compare-countries#chart={%22indicator-group%22:%22mobile%22,%22indicator%22:%22mbb_r5gcov%22,%22breakdown%22:%22total_pophh%22,%22unit-measure%22:%22pc_hh_all%22,%22ref-area%22:[%22CZ%22,%22EU%22,%22HU%22,%22PL%22,%22SK%22]})
- European Commission: *The EU toolbox for 5G security* (2021. március 24) Online: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/eu-toolbox-5g-security>
- 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. Online: [http://real.mtak.hu/64737/1/2.Farkas\\_HTSZLE2017.pdf](http://real.mtak.hu/64737/1/2.Farkas_HTSZLE2017.pdf)
- FEKETE, Károly (2014): Several considerations of disaster recovery communications. *Hadmérnök*, 9(3), 311–317. Online: [http://hadmernok.hu/143\\_27\\_feketek.pdf](http://hadmernok.hu/143_27_feketek.pdf)
- HOLMA, Harri – Antti TOSKALA – Takehiro NAKAMURA (2020): *5G Technology, 3GPP New Radio*. Croydon, Egyesült Királyság: Wiley.
- IHS Markit (2019): *5G best choice architecture*. Online: [www.redestelem.com/es/sitere-sources/files/894/48.pdf](http://www.redestelem.com/es/sitere-sources/files/894/48.pdf)
- Innovációs és Technológiai Minisztérium (2020): Nemzeti Digitalizációs Stratégia 2021–2030.
- ITU-R (2015): *Recommendation ITU-R M.2083-0, IMT Vision – Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond*. Online: [www.itu.int/dms\\_pubrec/itu-r/rec/m/R-REC-M.2083-0-201509-I!!PDF-E.pdf](http://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/m/R-REC-M.2083-0-201509-I!!PDF-E.pdf)
- KERTI, András – Zoltán NYIKES (2015): Overview of Hungary Information Security, the Issues of the National Electronic Classified Material of Transmission. *2015 IEEE 10th Jubilee International Symposium on Applied Computational Intelligence and Informatics*, 327–333. Online: <https://doi.org/10.1109/SACI.2015.7208223>
- Kormányzati Informatikai Fejlesztési Ügynökség (2019): Gigabit Hungary Stratégia (2020–2030).
- MEGYERI Lajos (2016): Adatok bizalmosságának, sértetlenségének és rendelkezésre állásának biztosítása katonai információs rendszerek alkalmazása esetén. *Műszaki Katonai Közlöny*, 26(2), 59–65.
- SAMDANIS, Konstantinos – Tarik TALEB (2020): The Road beyond 5G: A Vision and Insight of the Key Technologies. *IEEE Network*, 34(2), 135–141. Online: <https://doi.org/10.1109/MNET.001.1900228>
- SZÜCS Attila (2022): Biztonsági kihívások a mesterséges intelligencia katonai alkalmazásában. *Hírvillám*, 1, 225–228. Online: [www.comconf.hu/kiadvany/uj%20tipusu%20kihivasok%20a%20biztonsagban\\_2022.pdf](http://www.comconf.hu/kiadvany/uj%20tipusu%20kihivasok%20a%20biztonsagban_2022.pdf)
- WONG, Stan – Bin HAN – Hans D. SCHOTTEN (2022): 5G Network Slice Isolation. *Network* 2022, 2(1), 153–167. Online: <https://doi.org/10.3390/network2010011>