

A kibertér technológiai vonatkozásai: az USA–Kína-versengés Budapestről nézve

Krasznay Csaba

Bevezetés

A hardver kínai, a szoftver rajta amerikai. Ha egy rövid mondatban kellene megfogalmazni, hogy Európa és benne Magyarország digitális szuverenitása szempontjából mi a 21. század egyik legaggasztóbb trendje, akkor valószínűleg a legtöbb, technológiával foglalkozó szakember ezt mondaná. De természetesen – ahogy látni fogjuk –, ha ezt a mondatot elkezdjük kibővíteni, és a valós összefüggések mélyére ásni, akkor a helyzet nem ennyire fekete vagy fehér. Kivéve, hogy Európának és benne Magyarországnak ténylegesen kicsi és egyre szűkülő tere van a negyedik ipari forradalom alapjait jelentő technológiák kialakításában.

Nem véletlen, hogy az Európai Bizottság 2020-ban megválasztott új vezetőinek politikai programjában kiemelt szerepet kapott Európa digitális függetlenségének visszaszerzése. Ennek fontos lépése volt a 2021. júliusban bejelentett két iparági megállapodás, a Processzorok és Félvezető Technológiák Szövetsége (Alliance for Processors and Semiconductor Technologies), valamint az Ipari Adat, Peremhálózat és Felhő Európai Szövetsége (European Alliance for Industrial Data, Edge and Cloud). Ahogy azt Margrethe Vestager, az Európai Bizottság digitális korszakért felelős ügyvezető alelnöke elmondta:

„A felhő- és peremhálózati technológiák óriási gazdasági potenciált jelentenek a polgárok, a vállalkozások és a közigazgatás számára, például a megnövekedett versenyképesség és az ágazatspecifikus igények kielégítése szempontjából. A mikrocsipek minden manapság használt eszközünk középpontjában állnak. A mobiltelefonoktól az útleveleinkig ezek a kis alkatrészek rengeteg lehetőséget kínálnak a technológiai fejlődésre. Ezért e kritikus ágazatokban az innováció támogatása kulcsfontosságú, és segíthet Európának előrelépni a hasonló gondolkodású partnerekkel együtt.”¹

A bejelentés mögött valós, jól felismert geostratégiai érdekek állnak, megvalósításuk azonban nem triviális, köszönhetően a több évtizedes lemaradásnak, a gazdasági megfontolások miatt Ázsiába kiszervezett gyártásnak és elsősorban az USA irányába történő sikeres agyelszívásnak. Ez utóbbira példa lehet Andy Grove, az Intel egyik alapítója, később fejlesztési igazgatóhelyettese, a mikrocsipek gyártási forradalmának egyik kidolgozója, aki Gróf András István néven született Budapesten, és aki 1956-ban hagyta el hazánkat, hogy az Egyesült Államokban új életet kezdjen. Illetve példaként állhat itt jelen sorok szerzőjének számos egyetemi évfolyamtársa a 2003-ban végzett műegyetemista villamosmérnök és informatikus évfolyamból, akik szintén az USA-ban találták meg

¹ European Commission: *Digital Sovereignty: Commission Kick-Starts Alliances for Semiconductors and Industrial Cloud Technologies* (2021a. július 19.).

szakmai karrierjük kiteljesedését. Komoly kihívás tehát Európa vezetőinek az, hogyan lehet a trendeket megfordítani, hol lehetnek a beavatkozási pontok. Különösen egy olyan helyzetben, amikor mind az Egyesült Államok, mind Kína arra törekszik, hogy az Európai Uniót, illetve annak egyes országait saját érdekei szerint mozgassa, csorbítva ezzel az önálló mozgáster kialakításának lehetőségét. Az USA ezt a multilaterális kapcsolatok helyreállításával, megerősítésével, Kína pedig a látszólag kedvező befektetési megállapodásokkal kívánja elérni.²

A nyersanyagok geopolitikája

Kezdjük talán a hardverek alapanyagainak kérdésével, végletekig leegyszerűsített formában! A negyedik ipari forradalom, a modern digitális társadalom alapja a mindenhol jelen lévő informatika, a „dolgok internete”, más néven az Internet of Things (IoT). Már a 2020-as évek elején is közel 20 milliárd hálózatra kötött informatikai eszköz vesz minket körül, az egyértelműen látható számítógépektől és okostelefonoktól kezdve az otthonunkat ellepő okos robotporszívókon és internetképes mosógépeken át egészen a hétköznapi ember számára láthatatlan, gyártást, közüzemi működést segítő érzékelő szenzorokig bezárólag. Ezek gyártásának előfeltétele, hogy rendelkezésre álljanak azok a nyersanyagok, amelyekből a termékek létrehozhatók, legyen tudás ahhoz, hogy a hardverelemeket meg lehessen tervezni, és végül legyen gyártási kapacitás, ahol egyrészt az egyes hardverelemeket hozzák létre, másrészt pedig a hardverelemek összességéből előáll a késztermék.

A mikrocsipek gyártásához két fontos alapanyag kell: szilícium és tiszta víz. Látszólag mindkét alapanyag végtelen mennyiségben áll rendelkezésre a Földön, de valójában a komoly tisztasági követelmények miatt már ezen alapanyagok megszerzése is akadályokba ütközik. A kettő közül talán a szilícium előállítása az egyszerűbb, hiszen az oxigén után a második leggyakoribb kémiai elem a Földön. Az Egyesült Államok Földtani Szolgálatának éves gyorsjelentéseiben jól követhető, hogy a mikrocsipek gyártásához használt szilíciumból évente 8 ezer tonnát dolgoznak fel. Ebből a 2020-as évben egyedül Kína 5400 tonnát vállalt magára, ami jól mutatja azt a hatalmas nyersanyagéhséget, amely a keleti nagyhatalmat jellemzi.³ Az Egyesült Államok 290 tonnát jegyez, ezzel Oroszország, Brazília, Norvégia után az ötödik helyen áll. A tiszta vízhez való jutás azonban már nem ennyire egyszerű Kína esetében. Nem véletlen, hogy egyes szakértők az Indiával való határvillongások hátterében a Himalája vízkészletét is sejtik, hiszen az onnan eredő források kiválóan ki tudnák szolgálni a gyártási igényeket. Kasmír, Aksai Chin és Ladakh tartományok a bőséges vízforrások, a Takla-Makán sivatag pedig a homok miatt kiválóan alkalmas komoly gyártási infrastruktúra létrehozására.⁴

² Mártonffy Balázs – Dwight Nystrom: „Kimért multilateralizmus”: Előrejelzés a Bideni külpolitikáról. *Külügyi Szemle*, 20. (2021), 1. 43–59.

³ Emily K. Schnebele: Silicon. *U.S. Geological Survey*, 2021. január.

⁴ Manish Tewari: War of the Chips. *Deccan Chronicle*, 2021. május 23.

Fontos alapanyagként szokták még emlegetni a ritkaföldfémeket, azaz a szkandiumot, az ittriumot, a lantánt, a cériumot, a praeodímiumot, a neodímiumot, a prométiumot, a samáriumot, az euróriumot, a gadolíniumot, a terbiumot, a diszpróziumot, a holmiumot, az erbiumot, a túliumot, az itterbiumot és a lutéciumot. Összefoglaló nevükkel ellentétben ezek a fémek jelentős mennyiségben állnak rendelkezésre a Földön, széles körben használják is ezeket az elektronikai termékek, így az okostelefonok és a viselhető okoseszközök gyártása során is. A leggyakrabban emlegetett felhasználási területen, a tartós akkumulátorok gyártásánál azonban nem ezek a fémek kellenek elsősorban, hanem lítium, mangán és kobalt, hiszen ezekből készül a lítiumionos akkumulátor.⁵

A valódi ritkaföldfémek bányászata a 2000-es évek elejétől kezdve valóban gyakorlatilag kínai monopólium volt, az évezred elején a világ termelésének 90-95%-a Kínában történt. 2010-ben azonban egy japán–kínai incidens után, amikor a japán hatóságok letartóztatták egy vitatott tengerszakaszon hajózó kínai halászhajó legénységét, Kína visszafogta az exportját, ami érezhető fennakadásokat okozott világszerte. A Kereskedelmi Világszervezet, a WTO keretein belül, hosszas tárgyalás után, 2016-ra állt vissza az eredeti kínai exportmennyiség. Ez arra ösztönözte a kitett országokat, hogy diverzifikálják a kitermelést. 2020-ban, változatlan termelés mellett, Kína már csak a globális mennyiség 58%-át adja, az Egyesült Államok 16%-kal a második, őket követi Mianmar, Ausztrália és Madagaszkár.⁶ Hosszú távon pedig Brazília és Vietnám akár át is veheti Kína helyét, ezzel csökkentve a rövid távon valóban jelentős hegemóniáját.⁷

A kobalt és a lítium kitermelése viszont valóban körülményes, földrajzilag igen koncentrált. A lítium esetében a legnagyobb források Dél-Amerikában érhetők el, az Argentína–Bolívia–Chile által határolt háromszögben találhatók a legnagyobb tartalékok. Utánuk következik Ausztrália, amely jelenleg a legnagyobb kitermelő, majd utána Kína, amelynek vállalatai azonban egyre nagyobb részvényessé válnak a dél-amerikai régió bányatársaságaiban. Ausztrália jelenleg 40 ezer, Chile 18 ezer, Kína pedig 14 ezer tonnát termel ki, míg a világ teljes bányászati volumene 82 ezer tonna.⁸ A legnagyobb kobaltbányák pedig a Kongói Demokratikus Köztársaságban vannak – szintén főleg kínai tulajdonban. A kongói kobaltexport 86,5%-át Kína kontrollálja, így elsősorban saját iparát látja el ezzel a fémrel, akadályozva az alapanyaghoz jutást más országok vállalatai számára.⁹ Ez az adat, annak a fényében, hogy a világ 2020-as termelése összesen 140 ezer tonna volt, amelyből csak a Kongói Demokratikus Köztársaság 95 ezer tonnát termelt, jól mutatja, hogy mennyire fontos az alapanyagok forrásainak birtoklása még a 21. században is, és mennyire tudatosan vonta kontroll alá ezt Kína, részben a saját

⁵ Lindsay Gorrill: Lithium-Ion Batteries: “Rare Earth” vs Supply Chain Availability. *Battery Power Online*, 2019. szeptember 12.

⁶ Brian Daigle – Samantha DeCarlo: Rare Earths and the U.S. Electronics Sector: Supply Chain Developments and Trends. *Office of Industries*, 2021. június.

⁷ Erdey László et al.: China Does Not Want a Trade War – The Case for Rare Earth Elements. *Polgári Szemle*, 15. (2019), 4–6. 281–295.

⁸ Brian W. Jaskula: Lithium. *U.S. Geological Survey*, 2021. január.

⁹ Kenneth Rapoza: China’s Rare Earths ‘Slump’ A Sign Of Domestic ‘Hoarding’ For EV Batteries, And More. *Forbes*, 2021. január 17.

bányáira építve, részben pedig, akár a világ túlsó részén, nagyvállalatok megvásárlásával.¹⁰

Beláthatjuk tehát, hogy stratégiai szempontból nem elsősorban a ritkaföldfémek és a ritka fémek hiánya fenyeget, sokkal inkább az ezekhez való hozzáférés válhat nehezzé, köszönhetően az ugyan egyre csökkenő, de még mindig igen komoly kínai kontrollnak. Európai szemszögből nézve a digitális szuverenitás egyik alapja tehát az lenne, hogy ha vannak gyártási képességeink, akkor legyenek alapanyagok is ehhez. A ritkaföldfémek esetében ugyan a Dániához tartozó Grönlandot lehetne példaként említeni, mint hatalmas tartalékokkal rendelkező ország, de talán célszerűbb a kontinentális Európát áttanulmányozni, ahol a kutatások szerint jelentős lelőhelyek lehetnek, például Magyarországon is, ahol a nagyharsányi bauxitlelőhelyen már az 1970-es években komoly koncentrációt jeleztek.¹¹ Lítiumkitermelés is több országban indult, Portugáliából már most is 900 tonna fém származik, de további beruházásokat terveznek Finnországban, Németországban, Ausztriában és az Egyesült Királyságban is.¹² Kobalt bányászatára is van lehetőség, hiszen jelenleg 25 európai országban 509 forrás ismert, ám ezekből jelenleg csak Finnországban folyik kitermelés három bányában. További jelentős lehetőségek vannak Svédországban, Norvégiában, Lengyelországban, Németországban, a Balkánon és Törökországban.¹³ A szilíciumtermelésben pedig Franciaországban, Izlandon, Norvégiában, Spanyolországban és Ukrajnában vannak világszinten is értelmezhető bányászati kapacitások.¹⁴

A bányászat azonban hagyományosan igen környezetszennyező iparág, így ha el is indulna a fokozott kitermelés Európában, borítékolhatóan lakossági tiltakozással kellene szembenézni. Ezért megfontolandó inkább az újrahasznosítás felé fordulni. Jowitt és szerzőtársai 2018-as cikke szerint például a ritkaföldfémeknek mindösszesen 1%-át hasznosítják csak újra, aminek számos oka között szerepel a megfelelő technológia hiánya és a gazdaságos kitermelés kérdése is.¹⁵ Ha azonban a digitális szuverenitás oldaláról nézzük a kérdést, akkor hosszú távon megérheti a szükséges reciklálási, azaz újrahasznosítási innovációba fektetni, hiszen még az európai éllovasok között szereplő Magyarországon is csupán az e-hulladék 51,1%-át hasznosítják újra, miközben az európai átlag csak 40%. A dolgok internetének megjelenésével pedig e-hulladékból egyre több lesz, így érdemes az elsődleges, környezetszennyező bányászat helyett a már kibányászott alapanyagok visszanyerésére koncentrálni. Az Európai Unió szabályozási rendszere ebbe az irányba

¹⁰ Kim B. Shedd: Cobalt. *U.S. Geological Survey*, 2021. január; Sophia Kalantzakos: The Race for Critical Minerals in an Era of Geopolitical Realignments. *The International Spectator*, 55. (2020), 3. 1–16.; Bihari Katalin: Kína növekvő befolyása a világagazdaságban. *Pro Publico Bono – Magyar Közigazgatás*, 4. (2020). 26–35.

¹¹ K. M. Goodenough et al.: Europe's Rare Earth Element Resource Potential: An Overview of REE Metallogenetic Provinces and Their Geodynamic Setting. *Ore Geology Reviews*, 72. (2016), 1. 838–856.

¹² Alex Scott: Europe is Poised to Begin Lithium Mining. *Chemical and Engineering News*, 2021. június 2.

¹³ Stefan Horn: Cobalt Resources in Europe and the Potential for New Discoveries. *Ore Geology Reviews*, 130. (2021), 103915.

¹⁴ Schnebele (2021): i. m.

¹⁵ Simon M. Jowitt et al.: Recycling of the Rare Earth Elements. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 13. (2018). 1–7.

tart, hiszen például az Európai Parlament 2021. február 10-i állásfoglalása a körforgásos gazdaságról szóló új cselekvési tervről vagy a konfliktusövezetből származó ásványokra vonatkozó európai behozatali tilalom – az emberi jogok és a környezetvédelem alapértékeibe csomagoltan – fokozatosan korlátozza a Kína által kontrollált elsődleges alapanyagok importjának lehetőségét.¹⁶ Kérdéses persze, hogy az import korlátozásával párhuzamosan megoldhatóvá válik-e az európai ipar számára szükséges erőforrások megfelelő mennyiségének belpiacon történő előállítás. A megfelelő ellátási láncsal akár olyan sikerek is elérhetők, mint amit az amerikai Apple termékkörnyezeti jelentéséből lehet kiolvasni. Eszerint az iPhone 12 okostelefonban található ritkaföldfémek 98%-a újrahasznosított.¹⁷ Ehhez természetesen előfeltétel, hogy az Apple-höz hasonló globális vállalatok jöhessenek létre, amelyek a teljes ellátási láncot kontrollálni tudják. A végfelhasználói piacon erre jelenleg csak az amerikai és a kínai cégek képesek, bár az utóbbiaknál a fenntarthatóság még nem kiemelt szempont.

A hardvergyártás földrajza

A digitális függetlenség következő lépése az, hogy a nyersanyagból alkatrész, majd késztermék legyen. Folytatva az előző gondolatmenetet, a szilíciumból csipet kell gyártani, a lítiumból és a kobaltból akkumulátort, a ritkaföldfémekből pedig többek között szenzort, hangszórót és kijelzőt. Ezek tervezése és gyártástechnológiája viszont nagyon speciális ismereteket kíván meg, nem véletlen tehát, hogy bármelyik alkatrészt is vesszük alapul, jelentős gyártói koncentrációt lehet észrevenni. Ahogy viszont látni fogjuk, mindegyik vizsgált területen az USA és Kínán kívüli ázsiai országok dominálnak, így az alkatrésztervezés és -gyártás jelenleg sokkal kevésbé függ Kínától, mint ahogy az a híradások alapján talán érződik.

A mikrocsip, kicsit általánosabban a félvezetőgyártás 15 legnagyobb bevételű vállalata között egyetlen kínai cég sincsen. A legnagyobb vállalat az Intel, amelyet a dél-koreai Samsung és a tajvani TSMC követ. A 15 legnagyobb vállalat listáján nyolc amerikai, kettő-kettő dél-koreai, tajvani és európai, valamint egy japán található.¹⁸ Mivel ez a lista a bevételt mutatja, így elsősorban a tervezési és értékesítési képességeket mutatja be. Ha azonban a gyártásra koncentrálunk, azt láthatjuk, hogy a világ mikrocsipellátása egy kis szigettől, Tajvantól függ. A világ gyártási kapacitásának 63%-a itt található, 54%-ot pedig egyetlen cég, a TSMC tesz ki ebből. A második helyezett Dél-Korea 18%-kal, amely szinte teljes egészében a Samsungot jelenti. Kína 6%-kal, ezen belül a legnagyobb félvezetőgyártó, az SMIC 5%-kal szerepel. A legnagyobb amerikai gyártó, aki jelentős európai kapacitással is rendelkezik, a GlobalFoundries 7%-kal részesül a globális termelésből.¹⁹

¹⁶ Európai Parlament: *Elektronikai hulladék az EU-ban: tények és adatok* (2020. december 23.).

¹⁷ Apple: *Product Environmental Report – iPhone 12* (2020. október 13.).

¹⁸ Nick Flaherty: Boom Quarter for Top 10 Semiconductor Companies. *eeNews Europe*, 2021. május 25.

¹⁹ Yen Nee Lee: 2 Charts Show How Much the World Depends on Taiwan for Semiconductors. *CNBC*, 2021. március 15.

Nem meglepő tehát, hogy a Covid–19-járvány egyik legfontosabb gazdaságpolitikai hozadéka a globális félvezetőhiánnyal való szembesülés után a beszerzési láncok diverzifikálása, illetve a jelenlegi beszerzési források, azaz konkrétan Tajvan védelme. Csiki Varga Tamás és Tálás Péter elemzése a Biden-kormányzat külpolitikai stratégiájáról világosan rámutat Tajvan fontosságára: „A Washington és Peking közötti stratégiai versengés leginkább kézzelfogható példája és akut eszkalációs pontja pedig Tajvan, ahol a Biden-adminisztráció a diplomáciai offenzívától Peking provokációján, megszegényítésén át a katonai erődemonstrációig több eszközzel és a korábban látottaknál nagyobb intenzitással, új minőségben lépett fel a feltartóztatás jegyében.”²⁰

A szerzők részletesen nem térnek ki ennek okaira, de megjegyzik, hogy a biztonságpolitikai, nemzetközi kereskedelmi, pénzügyi és fejlesztési szempontok mellett az ellátási láncok védelme és a technológiai versengés is fontos szempont. Egy esetleges Kína és Tajvan közötti konfliktus ugyanis azonnali problémát jelentene a világ gazdaságában, hiszen a félvezetőgyártás több mint fele esne ki. Ennek hatását el lehet képzelni akkor, amikor a pandémia miatt „csak” a nehezebbé vált logisztika és a szórakoztatóelektronikai termékek miatti kereslethövelés eredményeképp a magyarországi gépjárműgyárak többször is leálltak, mivel nem tudták időben beszerezni a modern autókhoz nélkülözhetetlen elektronikai alkatrészeket.²¹

A diverzifikálás tehát elkerülhetetlen, ám nem egyszerű és főleg nem olcsó. Csak a tajvani TSMC egyedül több mint 100 milliárd dollárnyi értékű innovációt hajtott végre a saját gyáraiban, így a Samsunggal együtt ketten képesek a legfejlettebb mikrocsipek előállítására. A mikrocsipek gyártástechnológiai mérőszáma a csíkszélesség, amelyet nanométerben mérnek. A TSMC 2018-tól kezdve képes 7 nanométeres, 2020-tól 5 nanométeres gyártásra, és már léteznek 3 nanométeres csipjei is fejlesztési fázisban. A Samsung szintén 2020-ban kezdte el az 5 nanométeres mikrocsipek gyártását. Az Intel eközben 2018 óta tud 10 nanométert, a 7 nanométeres csíkszélességet várhatóan csak 2023-ra éri el.²² Eközben a kínai SMIC célja, hogy mintegy 9 milliárd dolláros beruházással létrehozzanak egy olyan gyárat, amely képes lesz a 12 nanométeres csíkszélesség gyártására.²³ Ez a cég egyébként szerepel a legfrissebb amerikai tiltólistán, így a beruházást amerikai technológia nélkül kell elvégeznie.²⁴ Az európai képességek jelenleg a 16 nanométeres gyártást teszik lehetővé, de a Processzorok és Félvezető Technológiák Szövetségének célja minél előbb 10 nanométer alá jutni, hosszú távon pedig a 2–5 nanométert célozták meg.²⁵ Hozzá kell tenni, hogy a legtöbb eszköz nem igényli az ilyen kis csíkszélességet, tehát van haszna az olcsóbb, de kevésbé fejlett technológiába történő befektetésnek is.

²⁰ Csiki Varga Tamás – Tálás Péter: *Erő és diplomácia. Az Egyesült Államok stratégiai érdekei és lehetőségei a Biden-kormányzat időszakában*. Stratégiai Védelmi Kutatóintézet, 2021. július 27.

²¹ Sorra állnak le világszinten az autógyárak a chiphiány miatt. *Hvg.hu*, 2021. szeptember 3.

²² Leo Sun: Why Intel's Foundry Plans Don't Make Any Sense. *The Motley Fool*, 2021. május 3.

²³ Iris Hong: SMIC Spending \$9 bn to Build China's Most-Advanced Wafer Plant. *Asia Financial*, 2021. február 9.

²⁴ The White House: *Executive Order on Addressing the Threat from Securities Investments that Finance Certain Companies of the People's Republic of China* (2021. június 3.).

²⁵ European Commission (2021a): i. m.

A lítiumion-akkumulátorok piacán szintén ázsiai fölényt tapasztalhatunk, de szintén nem Kínában összpontosul a gyártás. Sőt, ez az a terület, ahol Európa időben lépett, és elsősorban a fejlett autógyártásnak köszönhetően, sikerrel veheti fel a versenyt ázsiai versenytársaival. Legalábbis a gyártási kapacitásokat illetően, ugyanis a legnagyobb gyártók között egyetlen európai sincsen, csak a gyárat telepítik hatalmas ütemben Európába, ahogy az történik az SK Innovation nevű dél-koreai vállalat esetében is, amely Dunaújváros mellett, Iváncsán építi fel Magyarország történetének legnagyobb zöldmezős beruházása keretében azt a gyártóbázisát, amely nagyságrendileg akkora lesz, mint a világ jelenlegi legnagyobbja, a Tesla Gigafactory az USA-ban.²⁶ Ez utóbbi gyárnak is köszönhetően egyébként az egyik legnagyobb gyártó jelenleg az amerikai Tesla és a technológiát szállító japán Panasonic, akik mellett a dél-koreai LG Chem és Samsung SDI, valamint a kínai CATL és BYD számít a legfontosabb szereplőnek.²⁷

Elsősorban az autógyártásnak és a zöldforradalomnak köszönhetően tehát dinamikusan növekszik a lítiumion-akkumulátorok gyártása, előrejelzések szerint a jelenlegi 500 GWh teljesítményhez képest 2030-ban már 3000 GWh összteljesítményt tudnak a vállalatok forgalomba hozni. Jelenleg Kína ebből 72,5%-kal, Európa 5,4%-kal, Észak-Amerika pedig 9,2%-kal részesül, de az előrejelzés szerint a 2030-as évre Kína részesedése 66,9%-ra csökken, míg Európa 16,7%, az USA pedig 11,9%-ot tudhat majd magának. Ennek érdekében pedig jelentős gazdaságpolitikai lépések is történnek, hiszen ahogy a magyar kormány is támogatta az SK Innovation beruházását, a svéd NorthVolt Németországban, a francia SAFT pedig Franciaországban tervez komoly fejlesztést kormányuk bátorításával.²⁸ Az Egyesült Államokban egy elnöki rendelet nyomán végzett felmérés eredményeképp vált stratégiai beavatkozási területté a gyártási kapacitás fejlesztése.²⁹

Az elektronikai termékek végül az összeszerelő üzemekben nyerik el végső formájukat. A megbízásra dolgozó vállalatok piacának összefoglaló neve electronic manufacturing services (EMS), a legnagyobb 50 vállalat bevételének 90%-a pedig Ázsiában keletkezik. Közülük is a legnagyobb a tajvani bázisú Foxconn, amelynek legnagyobb gyárai Kínában vannak. Ezekben állítják össze a legismertebb márkák termékeit, mint például az Apple iPhone telefonját is. Fontos szereplők még a szintén tajvani Pegatron, Wistron, New Kinpo Group, az amerikai Jabil, Sanmina, az amerikai–szingapúri Flex, a kínai BYD Electronics, USI és a kanadai Celestica.³⁰ Ezen vállalatok közül több is rendelkezik magyarországi érdekeltséggel, illetve a Videoton európai szinten is az egyik legnagyobb összeszerelő üzemmel rendelkezik. Ezen a területen már kevésbé szükséges a szellemi tőke megléte, az üzemek jellemzően ott jönnek létre, ahol a legolcsóbban lehet gyártani, így a kínai munkabérek emelkedésével elkezdődött az üzemek átszivárgása olyan más

²⁶ HIPA: *SK Innovation – Minden idők legnagyobb zöldmezős beruházása Iváncsán* (2021. január 29.).

²⁷ Lawrence Ulrich: *The Top 10 EV Battery Makers*. *IEEE Spectrum*, 2021. augusztus 25.

²⁸ Simon Moores: *The Global Battery Arms Race: Lithium-Ion Battery Gigafactories and Their Supply Chain*. The Oxford Institute of Energy Studies, 2021. február.

²⁹ Department of Energy: *DOE Announces Actions to Bolster Domestic Supply Chain of Advanced Batteries* (2021. június 8.).

³⁰ Peter Clarke: *Top Ten EMS Contract Manufacturers Boost Revenues in 2020*. *eeNews Europe*, 2021. április 16.

ázsiai országokba, mint Vietnám, Indonézia vagy Thaiföld. Mint azt Magyarországon többször is meg lehetett tapasztalni, az ilyen gyárakat aránylag könnyen lehet átköltöztetni más országokba, így a stratégiai függőség szempontjából kevésbé fontosak.³¹ Igaz, a logisztikai problémák jelentős fennakadást tudnak okozni akkor is, ha nem Kínából, hanem más ázsiai országból érkeznek az áruk, mint ahogy azt meg lehetett tapasztalni akkor, amikor az Ever Given teherhajó eltorlaszolta a Szuezi-csatornát 2021 májusában. Éppen ezért aggasztó Kína tevékenysége a Dél-kínai-tengeren, illetve a Malaka-szoros biztonsága, hiszen ha ezt a hajózási szakaszt lezárják, az összeszerelt késztermékek nem, vagy csak hosszabb idő után tudnak eljutni Európába.

Szoftverek, adatok, felhő

A dolgok internetének alapját a hardverelemek adják, amelyek tehát akár az alkatrészek, akár a végtermékek eredetét vizsgáljuk, elsősorban ázsiai, ezen belül is főként tajvani bázisú gyártóktól érkeznek. Ám ezek mit sem érnek, ha nincsen olyan szoftveres ökoszisztéma, amely lehetővé teszi a működésüket, és ha nincsen olyan hálózati kapcsolat, amely a dolgok internetét becsatornázza a valódi internet felé. Ezek hiányában nem válik lehetővé a negyedik ipari forradalom legfontosabb alapja, és nem lehet a gépek által létrehozott digitális adatokat megfelelően feldolgozni a felhőben. Ezt a láncolatot végigkövetve pedig arra jutunk, hogy a kulcsfontosságú területeken szinte teljes az amerikai dominancia.

Azt talán minden végfelhasználó tudja, hogy a hardverek működését az operációs rendszerek teszik lehetővé. A számítógépek világában ezek jellemzően a Microsoft Windows, a nyílt forráskódú, ezért számtalan formában létező Linux és a piaci szegmensét tekintve alig használt, mégis nagy presztízsű Apple macOS. Az okostelefonok, tabletek esetében a Google Android és az Apple iOS a legnépszerűbb. Az egyéb okoseszközök tipikusan valamilyen Linux verzióra épülnek, az ipari folyamatirányítási rendszerek pedig jellemzően Windows vagy Linux alapúak. Természetesen vannak ettől eltérő megoldások is, de ezek marginálisan vannak csak jelen. A felsorolt szoftverek gyártói közül a Microsoft, az Apple és a Google amerikai, a Linux pedig közösségi fejlesztésű, az alapját jelentő kernelt viszont még mindig első programozója, a finn–amerikai Linus Torvalds végső engedélyével lehet csak módosítani. Jól illusztrálja azt, hogy ez a helyzet mennyire előnyös az amerikai kormányzat számára, hogy miután 2019-ben megtiltották a Google számára az Android licenszének átadását a kínai Huawei számára, az kénytelen volt saját operációs rendszerrel előállni. Ez volt a Harmony OS, amelynek piaci részesedése mérhetetlen, a felhasználók pedig széles körben utasították el a használatát. Ez olyan mértékű csapás volt a Huawei számára, hogy a Honor nevű okostelefonos márkáját kénytelen volt eladni egy, az anyavállalattól független, kormányzati háttérű cégnek,

³¹ Electronics Manufacturing Services Market – Growth, Trends, Covid-19 Impact, and Forecasts (2021–2026). *Mordor Intelligence*, 2021.

annak érdekében, hogy túléljen a piacon. Miután ez megtörtént, visszakapták az Android licenszengedélyét, ami jól mutatja az amerikai szoftverek megkerülhetetlenségét.³²

A 20. század végén, az internet hajnalán az operációs rendszerek feladata a felhasználói szoftverek futtatása volt. Számos megkerülhetetlennek tűnő, hatalmas szoftverfejlesztő konglomerátum alakult ki, amelyek az ezredforduló internetboomjának idején sok esetben teljesen eljelentéktelenedtek, helyüket az új, dinamikus, elsősorban adatokra épülő digitális szolgáltatást építő vállalkozások vették át. 20 évvel a forradalom után érdekes összevetni a hagyományos szoftverek és az adatokra építő vállalatok közötti különbséget! A 2020-as év bevételi adatai alapján a legnagyobb hagyományos szoftvercég a Microsoft, 118,2 milliárd dolláros bevétellel, 946 milliárd dolláros piaci kapitalizációval. Az utána következő, második helyezett, szintén amerikai Oracle cég már „csak” 39,6 milliárd dollár bevétellel és 186 milliárd dolláros kapitalizációval rendelkezik. A top 10-es listán egyébként 8 amerikai, egy francia és egy német cég szerepel, és a legtöbben pénzügyi, vállalatirányítási szoftverek fejlesztésével foglalkoznak.³³ Eközben a világ legértékesebb cégeinek listáját az Apple vezeti, a fejezet írásának időpontjában 2550 milliárd dolláros piaci kapitalizációval, utána következik a Microsoft 2263 milliárd dollárral (több mint kétszeres értékkel, mint 2020-ban), majd az Alphabet, azaz a Google van a harmadik helyen, 1924 milliárd dollárral. Az első, nem technológiai cég a listán a Saudi Aramco olajvállalat, értéke 1870 milliárd dollár. A 20 legértékesebb cég közül 11 kötődik a digitális világhoz, ebből kettő kínai.³⁴

Jól mutatja a világ félvezetőhségét, hogy ezen vállalatok közül négy a mikroelektromikai gyártás világából érkezett. Ez azonban valószínűleg csak szezonális kilengés, az adatokkal és a felhő-infrastruktúrák üzemeltetésével foglalkozó vállalatok viszont kitartóan, évek óta őrzik helyüket a legértékesebb vállalatok listáján. Az Apple, a Microsoft, a Google és az Amazon birtokolja a világ felhő-számítástechnikai kapacitásának jelentős részét, a Google, az Amazon és a Facebook pedig a digitális adatok legnagyobb tárházával rendelkezik. A Tencent és az Alibaba kínai vállalatként szintén elsősorban az adatokra és a felhőre építik szolgáltatásukat. Az Ipari Adat, Peremhálózat és Felhő Európai Szövetségének létrehozása indoklásában az Európai Bizottság ki is emelte, hogy jelenleg a felhőszolgáltatások bevételeinek kevesebb mint 1%-a kerül európai szolgáltatóhoz, gyakorlatilag mérhetetlenek a piacon.³⁵

Az adatok átvitele a felhőbe és az ott történő új tudás előállítása még két technológia említését kívánja meg. Ezek az 5G, azaz az ötödik generációs mobiltávközlés és a mesterséges intelligencia, amelyek kiemelt szerepét Magyarország 2020-ban kiadott Nemzeti Biztonsági Stratégiája is megemlíti:

³² Jon Porter: Honor Confirms Google’s Apps Will Return to its Phones with New 50 Series. *The Verge*, 2021. június 16.

³³ Top 10 Largest Software Companies in the World by Revenue 2020, Software Industry Factsheet. *Bizvibe*, 2020. április 8.

³⁴ Largest Companies by Market Cap. *CompaniesMarketCap.com*, 2021. szeptember 4. (aznapi állapot).

³⁵ European Commission: *In-Depth Reviews of Strategic Areas for Europe’s Interests* (2021b. május 5.).

„A hatalmi vetélkedés mindinkább kiterjed a globális közjavakra is: fokozódó küzdelem folyik a nemzetközi vizek és az ott található erőforrások, az Északi-sarkvidék és a világűr ellenőrzéséért, valamint a kibertér dominanciájáért. Az emberiség technológiai szintjének rohamos fejlődésével [digitalizáció, ötödik generációs vezeték nélküli hálózat (5G), űrtechnológia stb.] folyamatosan új lehetőségek és kihívások jelennek meg, amelyek hatást gyakorolnak hazánk biztonságára. Az 5G jelentette technológia olyan forradalmi fejlesztéseket tehet lehetővé perspektivikusan, amelyek számottevő változásokat generálhatnak társadalmunk és gazdaságunk viszonylatában. [...] A forradalmi technológiák fejlesztése stratégiai fontosságú kérdés. Hazánk biztonsága megkívánja, hogy a kulcsfontosságú területeken – mint például a kibervédelem, a mesterséges intelligencia, az autonóm rendszerek, a biotechnológia – kiemelt figyelmet fordítsunk a kutatás-fejlesztésre és annak védelmi összetevőjére.”³⁶

Az amerikai–kínai technológiai verseny leginkább látható konfrontációja is az adat-5G-mesterséges intelligencia háromszögben mutatkozik. Az 5G ugyanis a dolgok internetének „autópályája”, az az alap-infrastruktúra, amelyre a digitális gazdaság épülni tud. A mesterséges intelligencia működésének alapja pedig az adat. Aki tehát birtokolja ezt a három technológiát, az uralja a negyedik ipari forradalmat. A nemzetközi diplomáciában ezért az USA kormánya a legjelentősebb nyomást a kínai 5G vállalatok kizorítására helyezte. Konkrétan a Huawei és a ZTE vállalatok ellehetetlenítése a cél a nemzetbiztonságot veszélyeztető gyakorlatuk miatt.³⁷ Ennek a gyanúsításnak a pontos részleteit nem osztották meg a közvéleménnyel, de számos szövetséges ország csatlakozott a kínai 5G technológia tiltásához, ezzel igyekezve elzárni a kínai kormányt attól, hogy a következő évtizedekben befolyásolni tudja a modern gazdaságokat. Kevésbé látható módon, de a mesterséges intelligenciát érintő technológiák esetében a két ország kölcsönösen exportkorlátozást vezetett be, jelenleg pedig aktívan folyik a mesterséges intelligencia felhasználásának szabályozása is.³⁸ Az adataggregátor cégek esetében valódi függés nem mutatható ki a két ország között, hiszen az olyan amerikai szolgáltatások, mint a Google keresőmotorja vagy a Facebook közösségi oldala, nem rendelkezik valós kínai jelenléttel, mint ahogy a Baidu keresőfelületét vagy a WeChat közösségi hálózatát sem igazán használják Kínán és a kínai nemzetiségűeken kívül. A kínai ByteDance TikTok nevű közösségi szolgáltatása viszont elkezdett terjedni Nyugaton is, illetve a Tencent és az Alibaba megoldásait is széles körben használják, így komolyan felmerült ezen vállalatok tiltólistára tétele Trump elnök időszakában.³⁹

Az USA és Kína technológiai versenye Budapestről nézve

Magyarország külgazdasági mutatóit böngészve látható, hogy Kína Németország után a legfontosabb partner a behozatal szempontjából. Ez nem meglepő, tudva, hogy a magyar

³⁶ 1163/2020. (IV. 21.) Korm. határozat Magyarország Nemzeti Biztonsági Stratégiájáról.

³⁷ David Shepardson: U.S. FCC Votes to Advance Proposed Ban on Huawei. ZTE gear. *Reuters*, 2021. június 18.

³⁸ U.S. Government Limits Exports of Artificial Intelligence Software. *Reuters*, 2020. január 3.

³⁹ Alexandra Alper – Humeyra Pamuk: Trump Administration Shelves Planned Investment Ban on Alibaba, Tencent, Baidu: Sources. *Reuters*, 2021. január 13.

gazdaság számára fontos alapanyagok forrása elsősorban Kína. A kivitelt tekintve viszont erős passzívum mutatkozik (7926,6 millió euró import és 1813,5 millió euró export), hiszen a Kína irányába történő export volumenét számos európai országé is megelőzi. Az Egyesült Államok tekintetében eközben pozitív a mérleg, 2042,7 millió euró import mellett 3133 millió euró export mutatkozott 2020-ban. Németország, a legjelentősebb kereskedelmi partner mellett eközben 24 372,9 millió eurót import és 29 253,7 millió euró export szerepel.⁴⁰

A pusztá számok tehát azt mutatják, hogy az Egyesült Államok kevésbé fontos kereskedelmi partnere Magyarországnak, érdemes inkább a kínai lehetőségeket vizsgálni. Ha azonban az ellátásbiztonsági és nemzetbiztonsági kérdések szempontjából vizsgáljuk a kérdést, lényegesen bonyolultabb képet kapunk. Technológiai szempontból ugyanis Magyarország sokkal inkább kitett az amerikai digitális termékeknek és szolgáltatásoknak, ráadásul a szövetségi rendszerünkől és nyugati orientációnkból adódóan lényegesen több a bizalom és az ismeret az amerikai megoldások irányába. Az alábbiakban tételelesen áttekintjük és elemezzük a korábban vizsgált területeket, Magyarország biztonságának szemszögéből, figyelembe véve az európai stratégiákat.

A nyersanyagok kérdése

Az Európai Unió listáján 30 olyan nyersanyag szerepel, amely kritikus a gazdaság szempontjából. Ezen minden korábban említett anyag, így a szilícium, a ritkaföldfémek, a kobalt és a lítium is szerepel.⁴¹ A ritkaföldfémek EU-s forrása 98%-ban Kína, a kobalt globális exportjának 70%-a korlátozások alá esik, például az emberi jogi visszaélések miatt. Az ipar igénye eközben exponenciálisan nő. A témával a Bizottság Közleménye az Európai Parlamentnek, a Tanácsnak, az Európai Gazdasági és Szociális Bizottságnak és a Régiók Bizottságának – Reziliencia a kritikus fontosságú nyersanyagok terén: a nagyobb biztonsághoz és fenntarthatósághoz vezető út feltérképezése című dokumentuma foglalkozik, amely 10 lépésből álló intézkedési tervet határoz meg.

Magyarország számára a gyártáshoz szükséges nyersanyagok beszerzése elsősorban az akkumulátorok területén fontos, hiszen jelentős gyártási kapacitás épül hazánkban. Kitettségünk csökkentése érdekében számos lépést lehet tenni az európai intézkedések támogatása érdekében:

- A 3. intézkedés szerint el kell indítani a kritikus fontosságú nyersanyagokkal kapcsolatos kutatást és innovációt 2021-ben a hulladékfeldolgozás, a fejlett anyagok és a helyettesítés területén, az Európai horizontra, az Európai Regionális Fejlesztési Alapra és a nemzeti kutatási és innovációs programokra támaszkodva. Mivel Magyarországon igen magas az e-hulladék újrafeldolgozásának aránya, érdemes ezt a lehetőséget kihasználni.

⁴⁰ Központi Statisztikai Hivatal: 17.1.1.8. *A külkereskedelmi termékforgalom értéke euróban és értékindexei a fontosabb országok szerint [folyó áron]* (é. n.).

⁴¹ European Commission: *Critical Raw Materials* (2020).

- A 4. intézkedés szerint feladat az EU-ban található készletekből és hulladékokból kinyerhető másodlagos kritikus fontosságú nyersanyagok potenciális készletének feltérképezése és életképes hasznosítási projektek azonosítása 2022-ig. Itt érdemes a magyarországi ritkaföldfémek kinyerésének lehetőségeit felmérni.
- A 6. intézkedés felhívja a figyelmet a bányászati, kitermelési és feldolgozási technológiákkal kapcsolatos szakértelem és készségek továbbfejlesztésére 2022-től az átalakulóban lévő régiókban a kiegyensúlyozott átmeneti stratégia részeként. Mivel Magyarországon évszázados hagyománya van a bányászati felsőoktatásnak, érdemes lehet célzottan szakot, szakirányt indítani a ritkaföldfémek kinyerésével kapcsolatos tudás átadására, illetve fejleszteni az újrahasznosításhoz kapcsolódó képzéseket.⁴²

Ezen lehetőségek közül a hulladék-újrahasznosítás szerepel a Nemzeti Intelligens Szakosodási Stratégia (S3) – 2021–2027 tervben. Az S3-ban szereplő „erőforrás-hatékony gazdaság” címet viselő fejezet szerint elérendő „a környezeti terhelés mérséklése érdekében a körforgásos gazdaság erősítése, a hulladékminimalizálást célzó KFI tevékenység erősítése és az ilyen irányú innovációk terjedésének erősítése és jó gyakorlatok adaptációja”.⁴³ Ki kell emelni, hogy a nyersanyagok tekintetében ez nemcsak a környezeti terhelés csökkentése, hanem az ellátásbiztonság érdekében is fontos. A bányászati képességek erősítése nem szerepel a prioritások között, így ezt érdemes intézményi szinten fejleszteni, az érintett egyetemek nemzetközi innovációs projektben való részvételével.

A hardvergyártás lehetőségei

A Processzorok és Félvezető Technológiák Szövetségének létrehozása világosan mutatja, hogy az európai szándék a saját félvezetőgyártási képesség (újra)felépítése. A TSMC és a SMIC korábban említett példája azonban azt mutatja, hogy ez több milliárd eurós beruházást jelent. Ráadásul nincsen meg az a tudás, amivel ezt a képességet létre lehetne hozni, hiszen azok az európaiak, akik a tudás birtokában vannak, nyilvánvalóan azoknál az amerikai vállalatoknál dolgoznak, ahol a legújabb technológiákat használják. Az Európai Unió tehát elsősorban a képességfejlesztés irányába tesz lépéseket. Törekszik az elvesztett tudás megszerzésére, olyan vállalatok felvásárlására, ahol a know-how elérhető, illetve az ellátási láncok biztosítására.⁴⁴

A lítiumion-akkumulátorok esetében a cél elsősorban az alapanyagokhoz való biztosabb hozzáférés és a gyártási képességek fejlesztése. Az Európai Akkumulátor Szövetség 2017-ben alakult, több mint 600 tagja van. A magyar részvétel marginális, összesen 3 magyar vállalat vesz részt a munkában, viszont egyetlen kínai cég sem tagja

⁴² Európai Bizottság: *Reziliencia a kritikus fontosságú nyersanyagok terén: a nagyobb biztonsághoz és fenntarthatósághoz vezető út feltérképezése* (2020. szeptember 3.).

⁴³ Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal: *Nemzeti Intelligens Szakosodási Stratégia (S3) – 2021–2027* (2021. július 26.).

⁴⁴ European Commission (2021b): i. m.

a szövetségnek. Európában csak 2019-ben 60 milliárd eurót fektettek az elektromobilitásba, ami háromszorosa a kínai befektetéseknek. Az Európai horizont programban 1 milliárd eurót terveznek kutatás-fejlesztésre fordítani. Talán ezen a területen vannak a legjobb esélyek arra, hogy az európai tudás vezetővé váljék.

Az összeszerelés kérdését az Európai Unió nem említi stratégiai függőségi kérdésként. Európába, így Magyarországra ugyanis számos összeszerelő üzem települt, amelyeket a pandémia okozta ellátáslánc-zavar után nem valószínű, hogy a felszámolás veszélye fenyeget. Észre kell azonban venni, hogy a modern összeszerelés-technológiával kapcsolatos tudás megszerzése a magyar gazdaság számára kulcsfontosságú. Ezért törekedni kell az európai szintű képzésekre. Emellett – összhangban Nemzeti Intelligens Szakosodási Stratégiával – támogatni kell az új típusú anyagok és gyártástechnológiák területén történő kutatásokat. Ez a tudás reálisan európai együttműködésben szerezhető meg, összhangban az európai fejlesztési törekvésekkel.

Magyarország gazdaságának egyik legfontosabb forrása az összeszerelés, amely közvetlenül, az itt megtelepedett elektronikai összeszerelő üzemeken keresztül, és közvetve, például a gépjárműgyártók mikrocsip-felhasználása miatt is erősen függ a kínai–amerikai vitáktól, de elsősorban Tajvan függetlenségének kérdésétől, másodsorban pedig Dél-Korea helyzetétől. Mivel mindkét ország biztonsága nagyban függ az Egyesült Államok támogatásától, nem lehet figyelmen kívül hagyni a térségbeli amerikai ténykedést és a szövetségi felkéréseket. Ezen a területen eközben Magyarország Kína felé történő kitettsége jóval alacsonyabb, ezen a területen nem is igazán lehet a másik két ázsiai országhoz hasonló nagybefektetést felmutatni. Emellett meg kell jegyezni, hogy a sokat vitatott Fudan Egyetemmel kapcsolatos híradások szerint természettudományos és mérnöki karok is kerülhetnének Magyarországra, de technológiai szempontból jelenleg nincsen olyan bázis hazánkban, ahol az ott tanított tudás a gyakorlatban hasznosítható lenne.

Adatgazdaság Magyarországon, a két nagyhatalom között

A negyedik ipari forradalom szemszögéből a legérdekesebb, egyben legfontosabb stratégiai kérdés, hogy kié lesz az adatokból származó információ, illetve az abból nyert tudás. Az Egyesült Államok szempontjából a helyzet azért aggasztó, mert míg korábban egyértelműen az amerikai technológiai cégek uralták ezt a területet, a 2010-es években a kínai versenytársak olcsóbb és nem egyszer jobb minőségű termékekkel és szolgáltatásokkal álltak elő – nemritkán az amerikai szellemi tulajdon megsértésének árán. Leegyszerűsítve, a két nagyhatalom szempontjából a kérdés az, hogy ki uralja az átviteli hálózatokat, kié a felhő, és ki tudja a legjobban kihasználni a mesterséges intelligenciát. Nem véletlen, hogy a leglátványosabb politikai küzdelem a kínai 5G szereplők kiszorítása és az amerikai adataggregátor cégek megregulázásának területén mutatkozik.⁴⁵ A felhő

⁴⁵ Boros Szilárd – Kolozsi Pál Péter: Egy 21. századi geopolitikai összeütközés természetrajza Kína és az USA példáján keresztül. *Polgári Szemle*, 15. (2019), 4–6. 258–280.

talán kevésbé van a látótérben, köszönhetően annak, hogy éppen egy új technológiai irányzat, az úgynevezett peremfelhő (edge cloud) áttörését láthatjuk, amely az eddig ismert nagy (elsősorban amerikai) adatközpontok helyett a szervezeteken belül tartja az adatokat.

Az Európai Bizottság számítása szerint a generált adatok 80%-át 2025-re ilyen peremfelhőben dolgozzák majd fel, itt pedig jelenleg nincsenek domináns vállalatok. A Bizottság a peremfelhők mellett komoly lehetőséget lát a szoftveres szolgáltatások területén is, illetve a hibrid, különböző gyártók által szállított és épített 5G hálózatok is biztosíthatják a stratégiai függetlenséget. Ehhez viszont jelentősen növelni kell a beruházásokat, hiszen egyrészt az EU-ban évente 11 milliárd euróval kevesebb beruházás történik a felhőtechnológiába, mint az USA-ban vagy Kínában, másrészt eleve kevésbé használják ezt a technológiát az európai vállalatok, főleg a konzervatív fejlesztési mentalitás és a bizalmatlanság miatt. Az Ipari Adat, Peremhálózat és Felhő Európai Szövetségének megalapításával ez a helyzet változhat, de jelentős lemaradást kell pótolni, amely talán egyszerűbb, mint a korábban felvázolt, földrajzi adottságokból eredő kihívások kezelése.⁴⁶

Ez a terület Magyarország stratégiáiban hangsúlyos szerepet kap. A Nemzeti Intelligens Szakosodási Stratégia három részterülete (Gazdaság digitalizációja prioritás, Szolgáltatások prioritás, Kreatív ipar prioritás) is foglalkozik azokkal felvetett problémákkal, amelyeket az EU is azonosított. Magyarország Nemzeti Biztonsági Stratégiája megemlíti az 5G és a mesterséges intelligencia jelentette kihívásokat. A Kormány a Digitális Jólét Programon belül kiemelten foglalkozik az adatvagyonnal, az 5G-vel és a mesterséges intelligenciával. Ezek jellemzően a saját képességek fejlesztését hangsúlyozzák, összhangban az európai lépésekkel. Az ország eközben úgy függ az amerikai és kínai megoldásoktól, hogy valójában kiváló saját lehetőségekkel rendelkezik.

Először is, Magyarország digitális adatvagyonja jelentős, de többnyire kihasználatlan. Az állampolgárok által előállított digitális adatainak elsődleges használóival jelenleg az amerikai adataggregátor cégek – csakúgy, mint Európa más országaiban is. A hazai adatpiac kialakítása tehát gazdaságilag és a digitális autonómia szempontjából is kiemelten fontos. Az 5G hálózatok fejlesztése külföldi (német, brit, cseh) vállalatok kezében van, a felhasznált alaptermotechnológiák jellemzően kínaiak (Huawei és ZTE), de eközben jelen vannak az európai megoldások is (Ericsson, Nokia). Míg a Huaweinek „csak” az elsődleges európai gyártókörzontja van Magyarországon, az európai gyártók kutatás-fejlesztési központokkal is rendelkeznek hazánkban, így lényegesen magasabb hozzáadott értéket jelentenek a magyar gazdaság számára. A felhőszolgáltatások területén európai szinten is alacsony a magyar felhasználás, jelentős felhőkapacitások sincsenek az országban. Viszont számos olyan szoftveres szolgáltatóközpont (Shared Service Center – SSC) települt meg Magyarországon, amelyeket tovább fejlesztve részt tudunk venni a peremfelhők előretörésében. A mesterséges intelligencia esetében hasonló a helyzet. Érdemi képességekkel az ország nem rendelkezik, de az egykor világszintű matematikaoktatás romjain még mindig kiváló az adattudománnyal foglalkozó oktatásunk, így számos

⁴⁶ European Commission (2021b): i. m.

amerikai, adattal és mesterséges intelligenciával foglalkozó cég üzemeltet fejlesztőközpontokat Magyarországon, építve erre a szellemi tőkére.

Következtetések

Ha pusztán a stratégiai függőség szempontjából vizsgáljuk Magyarország helyzetét a kínai–amerikai küzdelemben, nem lehet kérdés, hogy kitől függ hazánk kibertere. Az alapanyagok kivételével a hardveres és szoftveres technológiák jelentős része amerikai tudásra épül, gyártástechnológiájuk pedig az USA-val szövetséges ázsiai országokból ered. Nem lehet elvitatni Kína jelentős előretörését a digitális technológiák világában, de az 5G kivételével – ahol jelentős, Magyarországon is jelen lévő európai gyártók is vannak – nem érzékelhető valós kínai részvétel sem hazánkban, sem Európában. Ha figyelembe vesszük az Egyesült Államok korlátozó intézkedéseit és az Európai Unió saját intézkedéseit, nem is valószínű, hogy a következő évtizedben ezen a területen jelentős változás állna be.

Felmerülhet a kérdés, hogy érdekében áll-e Magyarországnak kínai technológiával csökkenteni az amerikaiakkal szembeni technológiai függésünket. Ha azokat a példákat vizsgáljuk, amikor ez megtörtént, például HIKVision megoldások a közterületi megfigyelésben, Huawei eszközök az országos segélyhívó rendszerben és az országos 5G hálózatokban, gyakorlatilag kivétel nélkül olyan cégekkel találkozhatunk, amelyekkel szemben az USA embargót rendelt el, így fejlesztéseik során nem építhetnek az amerikai tudástőkére. Emellett rendszeresen felmerülnek nemzetbiztonsági aggályok is, legalábbis a hazai sajtó és az amerikai diplomácia erősen artikulálja ezeket a feltételezéseket.

Természetesen miért ne lehetne kínai megoldásokkal dolgozni, ha azok „olcsóbbak és jobbak”? Mivel a digitális technológia igen innovációigényes, így rendkívül nagy befektetések szükségesek, egyre kevésbé lesz fenntartható az a kínai modell, hogy a termék egyszerre olcsó és jó is. Az olcsóság előfeltétele nagyon sokáig az volt, hogy az alaptéchnológiákat a kínai nagyvállalatok jogilag igen kérdéses megoldásokkal szerezték meg, nem feltétlenül tisztelve a szellemi tulajdont, illetve sokszor embertelen körülmények között, igen alacsony bérrel dolgoztak a munkavállalók a gyárakban. Eközben a legjobb kínai elmék amerikai egyetemeken pallérozódtak, ez nem került a kínai oktatásnak pénzbe. A 2010-es évek közepére nyilvánvalóvá vált, hogy a három feltétel egyike sem tartható tovább. A szellemi tulajdon védelme kiemelt fontosságúvá vált, a kínai bérek emelkednek, a kínai egyetemek pedig saját jogon is innoválnak. Az árak tehát emelkednek.

De vajon „jobbak” lesznek-e a kínai termékek, mint az amerikaiak? Ezt mindig a piac dönti el, a digitális technológiák piacát pedig jellemzően olyan szempontok befolyásolják, mint a kínai cégek által kevésbé jól használt marketing. Az USA, ezen belül is a Szilícium-völgy még nagyon sokáig fog rendelkezni két olyan képességgel, amellyel Kína és Sencsen nem tudja felvenni a versenyt. Ezek a multikulturális, kreatív közeg, amelyet nyugodtan nevezhetünk sikeres agyelszívásnak is, a másik pedig a tőke rugalmas rendelkezésre állása, azaz a kapitalizmus maga. A kínai kultúra és politikai

berendezkedés még hosszú ideig nem lesz alkalmas arra, hogy ezeket, az innováció szempontjából roppant fontos paramétereket képes legyen reprodukálni. Korai tehát a nyugati technológiai fölény hanyatlását vizionálni és a keleti technológia fölényére tenni – ahogy ez igaz minden más szempontra is az amerikai–kínai versenyben.⁴⁷

Irodalomjegyzék

- 1163/2020. (IV. 21.) Korm. határozat Magyarország Nemzeti Biztonsági Stratégiájáról
- Alper, Alexandra – Humeyra Pamuk: Trump Administration Shelves Planned Investment Ban on Alibaba, Tencent, Baidu: Sources. *Reuters*, 2021. január 13. Online: www.reuters.com/article/us-usa-trump-china-tech-idUSKBN29I2RW
- Apple: *Product Environmental Report – iPhone 12* (2020. október 13.). Online: www.apple.com/environment/pdf/products/iphone/iPhone_12_PER_Oct2020.pdf
- Bihari Katalin: Kína növekvő befolyása a világgazdaságban. *Pro Publico Bono – Magyar közgazdaság*, 4. (2020). 26–35. Online: <https://doi.org/10.32575/ppb.2020.4.3>
- Boros Szilárd – Kolozsi Pál Péter: Egy 21. századi geopolitikai összeütközés természetrajza Kína és az USA példáján keresztül. *Polgári Szemle*, 15. (2019), 4–6. 258–280. Online: <https://doi.org/10.24307/psz.2019.1217>
- Clarke, Peter: Top Ten EMS Contract Manufacturers Boost Revenues in 2020. *eeNews Europe*, 2021. április 16. Online: www.eenewseurope.com/news/top-ten-ems-contract-manufacturers-boost-revenues-2020
- Csiki Varga Tamás – Tóth Péter: *Erő és diplomácia. Az Egyesült Államok stratégiai érdekei és lehetőségei a Biden-kormányzat időszakában*. Stratégiai Védelmi Kutatóintézet, 2021. július 27. Online: https://svkk.uni-nke.hu/document/svkk-uni-nke-hu-1506332684763/SVKI_Elemzesek_2021_13_Ero_es_diplomacia.pdf
- Daigle, Brian – Samantha DeCarlo: Rare Earths and the U.S. Electronics Sector: Supply Chain Developments and Trends. *Office of Industries*, 2021. június. Online: www.usitc.gov/publications/332/working_papers/rare_earth_and_the_electronics_sector_final_070921_2-comp-liant.pdf
- Department of Energy: *DOE Announces Actions to Bolster Domestic Supply Chain of Advanced Batteries* (2021. június 8.). Online: www.energy.gov/articles/doe-announces-actions-bolster-domestic-supply-chain-advanced-batteries
- Electronics Manufacturing Services Market – Growth, Trends, Covid-19 Impact, and Forecasts (2021–2026). *Mordor Intelligence*, 2021. Online: www.mordorintelligence.com/industry-reports/electronics-manufacturing-services-market
- Erdey László et al: China Does Not Want a Trade War – The Case for Rare Earth Elements. *Polgári Szemle*, 15. (2019), 4–6. 281–295. Online: <https://doi.org/10.24307/psz.2019.1218>
- Európai Bizottság: *Reziliencia a kritikus fontosságú nyersanyagok terén: a nagyobb biztonsághoz és fenntarthatósághoz vezető út feltérképezése* (2020. szeptember 3.). Online: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/HTML/?uri=CELEX:52020DC0474&from=EN>

⁴⁷ Györfly Dóra: Amerika vagy Kína hanyatlik? In Ágh Attila (szerk.): *Az új világrend kialakulása – Az EU–USA–Kína hatalmi háromszög*. Budapest, Noran Libro Kiadó, 2021. 159.

- Európai Parlament: *Elektronikai hulladék az EU-ban: tények és adatok* (2020. december 23.). Online: www.europarl.europa.eu/news/hu/headlines/society/20201208STO93325/elektronikai-hulladek-az-eu-ban-tenyek-es-adatok-infografika
- European Commission: *Critical Raw Materials* (2020). Online: https://ec.europa.eu/growth/sectors/raw-materials/specific-interest/critical_en
- European Commission: *Digital Sovereignty: Commission Kick-Starts Alliances for Semiconductors and Industrial Cloud Technologies* (2021. július 19.). Online: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_21_3733
- European Commission: *In-Depth Reviews of Strategic Areas for Europe's Interests* (2021. május 5.). Online: https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age/european-industrial-strategy/depth-reviews-strategic-areas-europes-interests_en#semiconductors
- Flaherty, Nick: Boom Quarter for Top 10 Semiconductor Companies. *eeNews Europe*, 2021. május 25. Online: www.eenewseurope.com/news/boom-quarter-top-10-semiconductor-companies
- Goodenough, K. M. et al.: Europe's Rare Earth Element Resource Potential: An Overview of REE Metallogenetic Provinces and Their Geodynamic Setting. *Ore Geology Reviews*, 72. (2016). 838–856. Online: <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2015.09.019>
- Gorrill, Lindsay: Lithium-ion Batteries: “Rare Earth” vs Supply Chain Availability. *Battery Power Online*, 2019. szeptember 12. Online: www.batterypoweronline.com/news/lithium-ion-batteries-rare-earth-vs-supply-chain-availability/
- Györfy Dóra: Amerika vagy Kína hanyatlik? In Ágh Attila (szerk.): *Az új világrend kialakulása – Az EU–USA–Kína hatalmi háromszög*. Budapest, Noran Libro, 2021. 145–167.
- HIPA: *SK Innovation – Minden idők legnagyobb zöldmezős beruházása Iváncsán* (2021. január 29.). Online: <https://hipa.hu/giga-beruhazast-indit-az-sk-innovation-minden-idok-legnagyobb-zoldmezos-beruhazasa-ivancsan>
- Hong, Iris: SMIC Spending \$9 bn to Build China's Most-Advanced Wafer Plant. *Asia Financial*, 2021. február 9. Online: www.asiafinancial.com/smic-spending-9-bn-to-build-chinas-most-advanced-wafer-plant
- Horn, Stefan: Cobalt Resources in Europe and the Potential for New Discoveries. *Ore Geology Reviews*, 130. (2021), 103915. Online: <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2020.103915>
- Jaskula, Brian W.: Lithium. *U.S. Geological Survey*, 2021. január. Online: <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2021/mcs2021-lithium.pdf>
- Jowitt, Simon M. – Timothy T. Werner – Zhehan Weng – Gavin M. Mudd: Recycling of the Rare Earth Elements. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 13. (2018), 1–7. Online: <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2018.02.008>
- Kalantzas, Sophia: The Race for Critical Minerals in an Era of Geopolitical Realignment. *The International Spectator*, 55. (2020), 3. 1–16. Online: <https://doi.org/10.1080/03932729.2020.1786926>
- Központi Statisztikai Hivatal: *17.1.1.8. A külkereskedelmi termékforgalom értéke euróban és értékindexei a fontosabb országok szerint [folyó áron]* (é. n.). Online: www.ksh.hu/stadat_files/kkr/hu/kkr0008.html
- Largest Companies by Market Cap. *CompaniesMarket*, 2021. szeptember 4. (aznapi állapot). Online: <https://companiesmarketcap.com/>
- Lee, Yen Nee: 2 Charts Show How Much the World Depends on Taiwan for Semiconductors. *CNBC*, 2021. március 15. Online: www.cnbc.com/2021/03/16/2-charts-show-how-much-the-world-depends-on-taiwan-for-semiconductors.html

- Mártonffy Balázs – Dwight Nystrom: „Kimért multilateralizmus”: Előrejelzés a bideni külpolitikáról. *Külgügyi Szemle*, 20. (2021), 1. 43–59. Online: https://doi.org/10.47707/Kulugyi_Szemle.2021.1.03
- Moore, Simon: The Global Battery Arms Race: Lithium-Ion Battery Gigafactories and Their Supply Chain. *The Oxford Institute of Energy Studies*, 2021. február. Online: www.oxfordenergy.org/wpcms/wp-content/uploads/2021/02/THE-GLOBAL-BATTERY-ARMS-RACE-LITHIUM-ION-BATTERY-GIGAFACTORIES-AND-THEIR-SUPPLY-CHAIN.pdf
- Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal: *Nemzeti Intelligens Szakosodási Stratégia (S3) 2021–2027* (2021. július 26.). Online: <https://nkfih.gov.hu/hivatalrol/nemzeti-intelligens/nemzeti-intelligens-szakosodasi-strategia-2021-2027>
- Porter, Jon: Honor Confirms Google’s Apps Will Return to its Phones with New 50 Series. *The Verge*, 2021. június 16. Online: www.theverge.com/2021/6/16/22536512/honor-50-series-pro-release-date-news-features-google-mobile-services-apps-play-store
- Rapoza, Kenneth: China’s Rare Earths ‘Slump’ A Sign Of Domestic ‘Hoarding’ For EV Batteries, And More. *Forbes*, 2021. január 17. Online: www.forbes.com/sites/kenrapoza/2021/01/17/chinas-rare-earths-slump-a-sign-of-domestic-hoarding-for-ev-batteries-and-more
- Scott, Alex: Europe is Poised to Begin Lithium Mining. *Chemical and Engineering News*, 2021. június 2. Online: <https://cen.acs.org/business/inorganic-chemicals/Europe-poised-begin-lithium-mining/99/i21>
- Schnebele, Emily K.: Silicon. *U.S. Geological Survey*, 2021. január. Online: <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2021/mcs2021-silicon.pdf>
- Shepardson, David: U.S. FCC Votes to Advance Proposed Ban on Huawei, ZTE Gear. *Reuters*, 2021. június 18. Online: www.reuters.com/technology/us-fcc-votes-launch-further-crackdown-huawei-zte-equipment-2021-06-17/
- Shedd, Kim B.: Cobalt. *U.S. Geological Survey*, 2021. január. Online: <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2021/mcs2021-cobalt.pdf>
- Sorra állnak le világszinten az autógyárak a chiphiány miatt. *Hvg.hu*, 2021. szeptember 3. Online: https://hvg.hu/cegauto/20210903_Sorra_allnak_le_vilagszinten_az_autogyarak_a_chiphiany_miatt
- Sun, Leo: Why Intel’s Foundry Plans Don’t Make Any Sense. *The Motley Fool*, 2021. május 3. Online: www.fool.com/investing/2021/05/03/why-intel-foundry-plans-dont-make-any-sense/
- Tewari, Manish: War of the Chips. *Deccan Chronicle*, 2021. május 23. Online: www.deccanchronicle.com/opinion/columnists/220521/manish-tewari-war-of-the-chips.html
- The White House: *Executive Order on Addressing the Threat from Securities Investments that Finance Certain Companies of the People’s Republic of China* (2021. június 3.). Online: www.whitehouse.gov/briefing-room/presidential-actions/2021/06/03/executive-order-on-addressing-the-threat-from-securities-investments-that-finance-certain-companies-of-the-peoples-republic-of-china/
- Top 10 Largest Software Companies in the World by Revenue 2020, Software Industry Factsheet. *Bizvibe*, 2020. április 8. Online: <https://blog.bizvibe.com/blog/top-software-companies>
- Ulrich, Lawrence: The Top 10 EV Battery Makers. *IEEE Spectrum*, 2021. augusztus 25. Online: <https://spectrum.ieee.org/the-top-10-ev-battery-makers>
- U.S. Government Limits Exports of Artificial Intelligence Software. *Reuters*, 2020. január 3. Online: www.reuters.com/article/us-usa-artificial-intelligence-idUSKBN1Z21PT