

Innováció a félvezető-értékláncban

A cikk a globális félvezető-értéklánc egyes elemeinek helyettesíthetőségét vizsgálja az innováció szemszögéből. Az elméleti összefüggések alapján az a következtetés vonható le, hogy az értéklánc legfontosabb, nehezen helyettesíthető elemei azok, amelyekben a radikális innovációk történnek. Ezt követően a cikk a félvezetőipar innovációs képességeit négy ország, az Egyesült Államok, Korea, Tajvan és Kína esetében vizsgálja. Az esettanulmányok alapján arra a következtetésre jut, hogy a globális értéklánc legfontosabb, nehezen helyettesíthető eleme az Egyesült Államok.

Kulcsszavak: félvezető, innováció, értéklánc

Innovation in the Semiconductor Value Chain

The article examines the substitutability of certain elements of the global semiconductor value chain from the perspective of innovation. Based on theoretical correlations, it can be concluded that the most important and difficult-to-substitute elements of the value chain are those where radical innovations occur. Following this, the article investigates the innovation capabilities of the semiconductor industry in four countries: the United States, Korea, Taiwan, and China. Based on the case studies, it concludes that the most important and difficult-to-substitute element of the global value chain is the United States.

Keywords: semiconductor, innovation, value chain

Bevezetés

A félvezetőipar a figyelem középpontjába került napjaink világgazdasági és geopolitikai diskurzusában. A covid19 miatti lezárások és a geopolitikai feszültségek felhívták a nyugati világ figyelmét a kitettségre, amit a fejlett mikroprocesz-szorok távol – keleti gyártása teremt. A cikk arra a kérdésre keres választ, hogy az egész világra kiterjedő félvezető-értéklánc aggodalmakat kiváltó elemei a jövőben helyettesíthetők lehetnek-e. A kérdés megválaszolása során azonosíthatóvá válnak az értéklánc megkerülhetetlen láncszemei, amelyek nélkül nincs modern számítástechnika, valamint azon láncszemek, amelyek jelenleg nagyon fontosak, ám hosszabb távon helyettesíthetők. A cikk elején az innovációval kapcsolatos elméleti összefüggésekkel, valamint a félvezetőgyártás legfontosabb kulisszatitkaival ismerkedhet meg az olvasó. Az elméleti összefüggések a radikális innovációk fontosságára világítanak rá. Az értéklánc legértékesebb elemei azok, ahol a radikális innovációk zajlanak. Az elméleti összefüggéseket követően a cikk az Egyesült Államok, Korea, Tajvan és Kína félvezető-iparának kifejlődését mutatja be röviden. Ezen tapasztalatok alapján arra a megállapításra juthatunk, hogy a globális félvezető-értéklánc legfontosabb szereplője még mindig az Egyesült Államok, Tajvan és Korea a félvezetőgyártás terén kiemelkedő, Kína pedig még a termelés területén is le van maradva. A termelőkapacitások egy részének nyugatra történő telepítésével csökkenthető a félvezető-értéklánc geopolitikai kitettsége.

Az innovációval kapcsolatos alapvető fogalmak és összefüggések

A kérdéskör bemutatása során fontos különbséget tennünk az invenció és az innováció között. Invenciónak nevezzük azt, amikor egy új tudományos eredmény létrejön. Innovációról akkor beszélünk, amikor ezt az új tudományos eredményt a piacon eladható termék előállításánál használják. Mindez magában rejti azt a lehetőséget, hogy a már létrejött invenciót felhasználva az innovációt egy másik személy, vagy másik vállalat valósítja meg. Egy invenció azonban a legtöbb esetben további invenciókat igényel ahhoz, hogy a segítségével a piacon eladható termék jöhessen létre, valamint a már létrejött termék is továbbfejleszthető. Emiatt szükséges különbséget tennünk a meglévő termékek továbbfejlesztését jelentő inkrementális innováció, valamint az addig nem létező termékek létrehozásával járó radikális innováció között. A radikális innováció a fejlett országokra jellemző. A felzárkózó országok általában technológia-transzfer révén jutnak hozzá a modern technológiákhoz, amely folyamatot imitációnak is nevezik. Az imitáció ugyanakkor jelentős mennyiségű inkrementális innovációt feltételez, emiatt felzárkózó országok esetében is jelen van az innováció (Fagerberg, 2003). Az innováció kimenete kapcsán megkülönböztethetünk

termékinnovációt, a termelési folyamat innovációját, marketing innovációt, üzleti modell innovációt, ellátási lánc innovációt, valamint szervezeti innovációt. A termékinnováció típusai a következők lehetnek: költségcsökkentés, termék továbbfejlesztés, termékskála bővítése, új piacok felkutatása, új felhasználók elérése, olyan termékek gyártása, amelyek új az adott cégnek, de a fogyasztók számára nem ismeretlen, valamint az egész világ számára új termék létrehozása (radikális innovációról beszélünk). Az innováció azonban nem pusztán egy új termék előállítását jelenti. Az innovációt folyamatként is értelmezhetjük, amely során az ötletből létrejön egy kész termék, amelyet a fogyasztók megvásárolnak. Az innováció feltételez továbbá egy sajátos gondolkodásmódot a szervezeten belül, amelynek jellemzői az asszociáció, az új utak keresése, a status quo megkérdőjelezése, valamint az együttműködési képesség (Kahn, 2018). A kutatási téma kapcsán a radikális innováció fontosságát hangsúlyozom. A félvezető-értéklánc legfontosabb tagjának azt fogom tekinteni, ahol a radikális innovációk történnek, az imitációt követően megvalósuló inkrementális innovációt folytató láncszemeket pedig kevésbé fontosnak fogom értékelni. Az innováció alapvető fogalmainak és összefüggéseinek megismerését követően dióhéjban tekintsük át a félvezető ágazat működését. Ezáltal azonosítani tudjuk az értéklánc fontos elemeit, amelyeket később az esettanulmányok során részletesebben elemezhetünk.

A félvezetőipar működése

A félvezető anyagok elektromos vezetőképessége a vezetők és a szigetelők közé esik. Kedvező fizikai tulajdonságai és elterjedtsége miatt az iparban leginkább használt félvezető anyag a szilícium. Segítségével lehetséges tranzistorokat előállítani. A tranzisztor az építőköve az Integrált Áramköröknek (IC). Napjaink IC-i több milliárd tranzisztort tartalmazhatnak egy apró szilícium ostyán, emiatt nevezik őket csipnek a közbeszédben. A legelterjedtebb IC-k a memóriacsipek és a mikroprocesszorok. A fejlett IC-k tervezése és gyártása nagyon összetett, kiemelten tudás-intenzív, jelentős K+F kiadásokat igénylő folyamat, amely során nagyszámú beszállítót is koordinálni szükséges, a gyártást lehetővé tevő üzemek megépítésének költségei pedig a 10 milliárd dollárt is meghaladhatják. A termelési folyamat a tervezés, gyártás, valamint az összeszerelés-tesztelés-csomagolás lépéseiből áll össze. Az IDM üzleti modellt követő vállalatok mindhárom lépést képesek elvégezni. Ezzel szemben a Fabless modellben tevékenykedő vállalatok csupán megtervezik az IC-ket, azokat pedig a Foundry modellt követő vállalatok gyártják le. A termelési folyamat harmadik fázisának elvégzésére további vállalatok szakosodtak (Ver Wey, 2019a; Moor, 1996). 2019-ben a világon értékesített csipek 71 százaléka készült IDM modell, 29 százaléka pedig Fabless modell szerint. Az IDM modellben készült csipek 51 százalékát az Egyesült Államok vállala-

latai gyártották, őket követik a koreai vállalatok 29 százalékkal. A Fabless modellt szintén az Egyesült Államok vállalatai uralják 65 százalékkal, őket követik a tajvani vállalatok 17 százalékkal, valamint a kínai vállalatok 15 százalékkal. A Foundry szolgáltatások esetében a piacot a tajvani vállalatok uralják 60 százalékkal, őket a koreai vállalatok követik 19 százalékkal, amíg az Egyesült Államok 10, Kína pedig 9 százalékat fed le a piacnak. Az összeszerelés-tesztelés-csomagolás terén Tajvan a meghatározó 52 százalékkal, őt Kína követi 21 százalékkal. A fejlett mikroprocesszorok tervezése és gyártása feltételezi a legtöbb innovációt és a legfejlettebb gyártósorokat. A fejlett mikroprocesszorok tervezését az Egyesült Államok vállalatai uralják. A memóriacsipek egyszerűbb felépítésű IC-k, amelyek piacon ár alapon versenyeznek a résztvevő vállalatok. A memóriacsipek tervezése és gyártása esetében a koreai vállalatok a meghatározók. A félvezetők gyártása során használt gépek és felszerelések piacát az Egyesült Államok, Japán és Hollandia vállalatai uralják. Közülük is kiemelkedik Hollandia, ugyanis a holland ASML vállalat legfejlettebb litográfiás gépei nélkül nem lehetséges a csúcsteljesítményű mikroprocesszorok gyártása (Khan et. al., 2021). Láthatjuk, hogy napjainkban az Egyesült Államok vállalatai tekinthetők a meghatározónak a félvezető értékláncon belül a fejlett mikroprocesszorok tervezése, az IDM gyártási modellben betöltött fontos szerepük, valamint a félvezető gyártáshoz szükséges gépek és felszerelések előállítás miatt. Tajvan a fejlett mikroprocesszorok leggyártása, Korea pedig a memóriacsipek tervezése és gyártása terén meghatározó. Kína csupán a termelés harmadik szakaszában tölt be fontosabb szerepet.

Esettanulmányok

Az alábbiakban rövid esettanulmányok segítségével mutatom be a félvezető – termelésben legfontosabb szerepet betöltő országok tapasztalatait, ezáltal illusztrálva az innováció szerepét az értékláncban.

Az Egyesült Államok

A San-Francisco-i öböl környéke a 20. század második felében Szilícium-völgy néven vált ismertté. A félvezetőipar területén tevékenykedő vállalatok már az 1950-es években megjelentek ezen a földrajzi területen. A kezdeti időszakban tapasztalható állami szerepvállalás, valamint az állami megrendelések ellenére az iparág fejlődését a magánvállalatok döntései vitték előre. A frissen alapított vállalatok kockázatvállalási hajlandósága igen magas volt. Innovációs tevékenységük során az iparág egy szűk területére összpontosítottak, az itt megjelent új ötleteket, lehetőségeket igyekeztek kiaknázni, segítségükkel a piacon eladható termékeket gyártani és versenyelőnyre szert tenni. A vállalatok finanszírozásában az ekkortájt megjelenő kockázati-befektetők meghatározó szerepet játszottak. Az

iparág fejlődésében fontos szerepet töltöttek be az úgynevezett spin-off (mellék-hajtás) vállalatok. Ez az elnevezés azokat a vállalatokat takarja, amelyeket a már létező vállalatoktól kilépő szakemberek hoztak létre azért, hogy az eddigi munka során felmerült ötleteiket megvalósíthassák (Moore & Davis, 2001). Az egyik legfontosabb Szilícium-völgyi spin-off vállalat az Intel. Alapítói Gordon Moore és Bob Noyce a Fairchild nevű vállalatot hagyták ott, hogy ötleteiket szabadon megvalósíthassák. A vállalat 1968-as megalapításakor a világon elsőként kezdett félvezető-alapú memóriák gyártásával foglalkozni. Az 1970-ben kifejlesztett és gyártani kezdett DRAM memóriacsipeket a legtöbb számítógépet gyártó vállalat alkalmazni kezdte, ami évekig versenyelőnyt jelentett az Intel számára, lehetővé téve a vállalat gyors növekedését. Az 1980-as évekre azonban a japán gyártók elsajátították a DRAM csipek gyártásának fortélyait, a világpiacon kialakult ár alapú versenyben pedig az Intel nem volt képes helytállni. A vállalat az 1980-as években kilépett a DRAM csipek piacáról és inkább a mikroprocesszorok tervezésére és gyártására fókuszált (Moore, 1996). Napjainkban az Intel a világ vezető mikroprocesszor gyártója, a vállalat az IDM üzleti modell szerint állítja elő termékeit (Ver Wey, 2019a). A vállalkozás szabadsága, a versenyszellem, a kockázatvállalási készség, valamint elérhető finanszírozás jellemzi az Egyesült Államok félvezetőiparát. Az itt tevékenykedő vállalatok radikális innováció révén igyekeztek legyőzni versenytársaikat, eközben teljesen új termékeket hoztak létre, a kifutott termékek gyártását pedig átengedték az ázsiai vállalatoknak. Az Egyesült Államok vállalatai napjainkban is dominálják a globális félvezető-értékláncot, amit a radikális innovációra való képességnek lehet tulajdonítani.

Korea

A kormányzat ösztönzésére a félvezetőipar fontos nemzetközi szereplői már az 1960-as években összeszerelő üzemeket létesítettek Koreában, több esetben vegyesvállalatok formájában. Az iparág felemelkedése azonban a vállalati konglomerátumok (a továbbiakban csebolok) belépésével kezdődött az 1970-es évek végén. A Samsung, a Goldstar, valamint a Hyundai felvásárlásokkal, nemzetközi együttműködésekkel, valamint külföldi kutatóközpontok létesítésével szerezték meg a félvezetőipar igényelte tudást (Cho & Lee, 2003). A csebolok a memóriacsipek gyártására szakosodtak, mivel azok standardizált termékek, amelyek nagyon alkalmasak a tömeggyártásra és ki lehet használni a skálahozadék előnyeit. Innovációs tevékenységük a DRAM csipek továbbfejlesztésére terjedt ki. A siker érdekében a termelést a legmodernebb üzemekben folytatták, valamint a terület legjobb szakembereit alkalmazták (Cho et. al., 1998). A Samsung például az 1980-as évek elején a 64 kilobájtos memóriacsipek gyártásának technológiáját az amerikai Micron Technology nevű vállalatától licencelte, továbbá létrehozott egy kutatóközpontot a Szilícium-völgyben, ahol helyi tudósok is

segítették a munkát. A figyelem a memóriacsipek továbbfejlesztésére irányult, ennek révén a vállalat a DRAM gyártás területén meghatározó szereplővé lépett elő az 1990-es évekre (Byun, 1994). Napjainkban a világ DRAM gyártását a Samsung, valamint az SK-Hynix¹ uralja. 2013-ban a DRAM piac 64,1 százalékát fedte le a két koreai gyártó, akik világelsők a tervezés, a termelési kapacitás, valamint a hozam terén, ugyanakkor az összetettebb IC termékek esetében kevesebb sikert tudtak elérni (Hwang & Choung, 2014). A koreai félvezetőipar 1980-as években kezdődő felemelkedéséhez az állami támogatások is hozzájárultak. A kormányzat kedvezményes hitelkamatok, K+F támogatások, adócsökkentés révén igyekezett ösztönözni az iparág szereplőit (Cho et. al., 1998). Fontosak voltak továbbá a kormány és a három említett csebol közös kutatás-fejlesztési projektjei, amelyek elősegítették a felzárkózást a világ vezető DRAM gyártóihoz (Cho & Lee, 2003). A koreai ipar a csebolokra épült, az iparstruktúra ezen sajátossága pedig a memóriacsipek gyártásának kedvezett. Imitáció és inkrementális innováció révén váltak a koreai vállalatok a világ vezető DRAM gyártóivá. Ugyanakkor bonyolultabb IC termékek esetében, amelyek feltételeznék a radikális innovációkat, nem tudtak jelentős eredményeket elérni.

Tajvan

A kis és közepes vállalatok meghatározó szerepe miatt a tajvani iparosítás során az állami beavatkozások mélyrehatók kellett legyenek. Az Elektronikai Kutatások és Szolgáltatások Szervezetét (ERSO) 1974-ben hozták létre az elektronikus technológiák kifejlesztése és elterjesztése végett. Az ERSO az amerikai RCA vállalattal működött együtt félvezető-gyártási technológia licencelése, valamint a tajvani szakemberek képzése terén (Tung, 2001). Az elért kutatási eredményeket az ERSO többek között technológia-transzferek, új vállalatok létrehozása, szakemberek képzése, képzett szakemberek átadása révén igyekezett elterjeszteni a tajvani gazdaságban (Chang & Hsu, 1998). Ezen politika sikerét jelzi a TSMC nevű vállalat 1987-ben történt létrehozása. A vállalat a világon elsőként szakosodott a más vállalatok által megtervezett mikrocsipek legyártására, vagyis a Foundry modellre. Az ERSO hozzájárult az új vállalat gépekkel és szakemberekkel történő ellátásához, a tajvani állam pedig a részvények 48 százalékát birtokolta (Tung, 2001). Az állami szerepvállalás eredményeképpen az 1990-es évekre a tajvani félvezetőipar megerősödött. Emiatt az ERSO az új technológiák kifejlesztése során már együttműködött a sikeres, tőkeerős vállalatokkal (Chang & Hsu, 1998). A félvezető-ágazat finanszírozásában is változás történt ebben az időszakban. A tajvani vállalatok hozzáfértek a külföldi tőkepiacokhoz, ami az ágazat gyors növekedését eredményezte (Chen,

1 Az SK-Hynix a Hyundai és a Goldstar félvezető ágazatának összevonásából jött létre az ázsiai pénzügyi válságot követő nagyvállalati átszervezések során (Cherry, 2003).

2005). Egy későn iparosodó ország flexibilis kis és közepes vállalatok által felépített horizontális ipari struktúrával elsősorban a moduláris termékek terén képes sikereket elérni (Hwang & Choung, 2014). A TSMC sikere ezt a logikát követi. A vállalat szoros kapcsolatban áll az értéklánc többi tagjával, az értékláncban belül pedig a bonyolult IC-k legyártására szakosodott, ezen a területen pedig a világpiac meghatározó szereplőjévé fejlődött. A TSMC a Foundry szolgáltatások piacának 54 százalékát uralja, amíg a Samsung csupán 17 százalékát, a kínai SMIC pedig 5 százalékát (Visual Capitalist, 2021²). A sajátos iparszerkezetből kifolyólag a tajvani félvezetőipar elsősorban a mikroprocesszorok Foundry modellben történő legyártása terén tudott kiemelkedő sikereket elérni. Mindez feltételezi a magasan képzett szakembereket és a folyamatos inkrementális innovációt a termelés folyamatossága és a magas hozam érdekében. Radikális innovációról azonban Koreához hasonlóan Tajvan esetében sem beszélhetünk.

Kína

Állami kezdeményezés nyomán a félvezetőipar már az 1960-as években megjelent Kínában, azonban a 2000-es évekig az eredmények nagyon visszafogottak voltak, a kínai vállalatok elavult technológiájú IC-ket gyártottak, alacsony hozam mellett. Változást Kína nemzetközi kereskedelembe történő élénk bekapcsolódása hozott. Az elektronikai összeszerelő ipar térnyerése miatt Kína napjainkra a félvezetők legnagyobb piacává vált, félvezetők iránti kereslete nagyobb, mint a világ többi részének összesen. A kínai piac fontossága a félvezetőipar meghatározó külföldi szereplőinek megjelenését eredményezte, azonban a külföldi vállalatok elsősorban a félvezetőgyártás harmadik lépését szervezik ki Kínába. A fejlődés ellenére a kínai kereslet 90 százalékát külföldi vállalatok állítják elő (VerWey, 2019.a.) A kínai székhelyű vállalatok napjainkban is elavult, a vezető vállalatok által túlhaladott termékeket gyártanak. A külföldi vállalatok pedig a szabadalmi jogok bizonytalansága miatt óvatosak a kínai FDI beruházások során. Ezek miatt a kínai ipar a mikroprocesszorok nagy részét importálni kénytelen. Az import mértéke 2018-ban 312 milliárd dollárt tett ki (Grimes & Du, 2020). Az állami források elhelyezésének alacsony hatékonysága, a szakemberhiány, valamint az Egyesült Államok szankciói miatt a kínai félvezetőipar két generációra le van maradva az iparág meghatározó külföldi szereplői mögött. A félvezetőipar felfejlesztésére irányuló kínai stratégia napjainkban az állam által támogatott nagyvállalatokra, képzett szakemberek megszerzésére, valamint külföldi együttműködésekre és felvásárlásokra épül, azonban a fokozódó külföldi ellenállás a kínai felvásárlásokkal szemben, valamint a csipgyártáshoz szükséges modern gépek és felszerelések exportjának ellenőrzése megnehezítik a célok

2 <https://www.visualcapitalist.com/top-10-semiconductor-companies-by-market-share/>

megvalósítását. A képzett szakemberek megszerzése is nehézségekbe ütközik, mert nem feltétlenül a legjobb szakemberek vállalják a kínai munkát (VerWey, 2019b). A modern mikroprocesszorok gyártása terén tapasztalható nehézségek miatt a kínai gyártók figyelme a memóriacsipek és a félvezető alapú háttértárolók felé fordult. Ezen termékek esetében ár alapú versenyt folytatva sikerült jelentős világpiaci sikereket is elérniük. A félvezető alapú háttértárolók esetében világpiaci részesedésük eléri a 32 százalékot (Grimes & Du, 2020). Az elért kínai eredmények arról tanúskodnak, hogy a kínai vállalatok képesek inkrementális innováció elvégzésére, ugyanakkor radikális innovációkat nem látunk. A mikroprocesszorok esetében a kínai ipar termelése elavult és a termelési kapacitás is alacsony, amiről a hatalmas külkereskedelmi hiány tanúskodik. A felzárkózást a szankciók és a szakemberhiány nem segítik. Kína egyedül a félvezető-gyártás harmadik szakaszát tekintve tölt be jelentősebb szerepet a globális félvezető-értékláncban.

Következtetés

A cikk a globális félvezető-értéklánc legértékesebb, nélkülözhetetlen tagját igyekszik megtalálni. Az elméleti összefüggések alapján az értéklánc legfontosabb eleme az kell legyen, ahol a radikális innovációk zajlanak. Az elméleti összefüggéseket követően a cikk rövid esettanulmányokban tekinti át a globális félvezető-értéklánc napjainkban meghatározó tagjainak fejlődését. Az esettanulmányok alapján az Egyesült Államok az értékláncnak az a tagja, ahol a radikális innovációk lezajlanak. Az Intel példája kiválóan illusztrálja a magánkezdeményezés, az ötleteiket megvalósító vállalkozók, valamint a rendelkezésre álló, piaci alapú finanszírozás fontosságát a technikai fejlődés során. A vállalat nem ment bele az ár alapú versenybe a japán gyártókkal a memóriacsipek területén, inkább kilépett erről a piacról és a mikroprocesszorok fejlesztésére koncentrált. Radikális innováció révén tulajdonképpen egy új piacot hozott létre, ahol saját maga határozta meg a standardokat. Ezzel ellentétben Korea és Tajvan jelentős állami beavatkozások mellett, inkrementális innovációra támaszkodva, a létező iparstruktúra kínálta lehetőségeket kihasználva építette fel félvezetőiparát. A memóriacsip tervezés és gyártás, valamint a fejlett mikroprocesszorok legyártása terén értek el sikereket és építettek ki hatalmas kapacitásokat, ezek nyomán napjainkra az értéklánc kulcsfontosságú tagjaivá váltak. Mindez nem zárja ki a termelés jövőbeni földrajzi diverzifikálását, csökkentendő a geopolitikai kitettséget, valamint az elnyúlt szállítási útvonalakból adódó esetleges fennakadásokat. Hangsúlyozni kell továbbá, hogy az inkrementális innovációra épülő félvezetőgyártás magában rejtí a versenytársak gyors megjelenését és az ár alapú verseny kibontakozását, amit a kínai vállalatok memóriacsipek és háttértárolók területén elért aktuális sikerei is bizonyítanak. Véggkövetkeztetésként tehát elmondhatjuk, hogy a globális félvezető-értéklánc legfontosabb eleme az, ahol a radikális innovációk történnek, ez az ország pedig az Egyesült Államok.

Irodalomjegyzék

- Byun, B. M. (1994). Growth and recent development of the Korean semiconductor industry. *Asian Survey*, 34(8), 706–720.
- Chang, P. L. és Hsu, C. W. (1998). The development strategies for Taiwan's semiconductor industry. *IEEE Transactions on engineering management*, 45(4), 349–356.
- Chen, J. (2005). A system dynamic model of the semiconductor industry development in Taiwan. *Journal of the Operational Research Society*, 56 (10), 1141–1150.
- Cherry, J. (2003). The 'Big Deals' and Hynix Semiconductor: state–business relations in post-crisis Korea. *Asia Pacific Business Review*, 10(2), 178–198.
- Cho, H. és Lee, J. (2003). The developmental path of networking capability of catching-up players in Korea's semiconductor industry. *R&D Management*, 33(4).
- Cho, D., Kim, D. és Rhee, D. K. (1998). Latecomer strategies: evidence from the semiconductor industry in Japan and Korea. *Organizational Science*, 9(4), 489–505.
- Fagerberg, J. (2003). Innovation: A guide to the literature. *Working papers on innovation studies*, No. 20031012.
- Grimes, S. és Du, D. (2020). Chinas emerging role in the global semiconductor value chain. *Telecommunication Policy*, 46(2),
- Hwang, H. és Choung, J. (2014). The co-evolution of technology and institutions in the catch-up process: the case of the semiconductor industry in Korea and Taiwan. *The Journal of Development Studies*, 50(9), 1240–1260.
- Kahn, B. B. (2018). Understanding innovation. *Business Horizont*, 61, 453–460.
- Khan, S.M., Mann, A. és Peterson, D. (2021). *The semiconductor supply chain: assessing national competitiveness*. *Center for security and emerging technology*, january, 1–99.
- Moore, G. E. (1996). Intel: Memories and the microprocessor. *Daedalus*, 125 (2), 55–80.
- Moore, G. E. és Davis, K. (2001). Learning the Silicon Valley way. *SIEPR Discussion Paper*, No. 00-45. July.
- Tung, A. (2001). Taiwan's semiconductor industry: what the state did and did not. *Review of Development Economics*, 5(2), 266-288.
- VerWey, J. (2019a.). Chinese semiconductor industrial policy: past and present. *Journal of international commerce and economics*, July.
- VerWey, J. (2019b.). Chinese semiconductor industrial policy: prospects for the future success. *Journal of international commerce and economics*, August.

