

Technika, energetika

Felelősségteljes innováció		82
A villamosenergia-hálózatok jövője		84
Fúziós atomenergia		86
A 3D nyomtatás		88
Fenntartható és intelligens mobilitás		90
Elektromos személyautók		92
Források		93

Felelősségteljes innováció

Az innováció kulcsfontosságú a vállalatok és a nemzetgazdaságok versenyképessége, valamint a társadalmi jólét növelése szempontjából. Ösztönzése az ENSZ fenntartható fejlődési céljai között is szerepel (9.5). Előnyei ellenére azonban az innovációs tevékenység etikai dilemmákkal és nem szándékolt, illetve akár előre meg nem jósolható, kedvezőtlen hatásokkal is járhat a természeti környezetre, a társadalomra vagy az egyénre nézve.

Jól ismert példa, hogy egyes növényvédő szerek – miközben hozzájárulnak a magas termésátlaghoz – károsak lehetnek a környezetre és az emberi egészségre. Épp ezért e szerek a legszigorúbban szabályozott készítmények közé tartoznak. Számos olyan innovációs tevékenység is zajlik, melyek alapjaiban változtathatják meg a mindennapjainkat, de az ezek kapcsán felvetődő kérdésekre még nincsenek kiforrott válaszok. Az önvezető autók esetében például egyelőre tisztázatlan, hogy hogyan reagáljanak veszélyhelyzetben, illetve baleset esetén kit terheljen a felelősség. Hasonló

dilemmák kezelését, illetve a negatív hatások elkerülését segítheti a felelősségteljes innováció.

Mi a felelősségteljes innováció?

Az innováció a tudás mobilizálásának folyamata, amelynek célja valamilyen érték létrehozása, gyakran, de nem mindig egy piaci ideológián belül (Owen–Pansera 2019:29). A felelősségteljes innováció e folyamatnak egy olyan átlátható és interaktív megvalósulása, amelynek során a társadalmi szereplők és az innovátorok kölcsönös felelősséget vállalnak az innovációs folyamat és eredményei etikai elfogadhatósága, fenntarthatósága és társadalmi kívánatossága iránt (Von Schomberg 2013:60).

Tekintve, hogy az innováció összetett, sokszereplős és gyakran globalizálódott folyamat, melynek elemei kaotikusak, egyes hatásai pedig nehezen kontrollálhatók, kérdéses, hogy hogyan válhat felelősségteljessé. A szakirodalom ehhez a folyamatra vonatkozó öt irányelvet határoz meg (Owen–Pansera 2019:31–32):

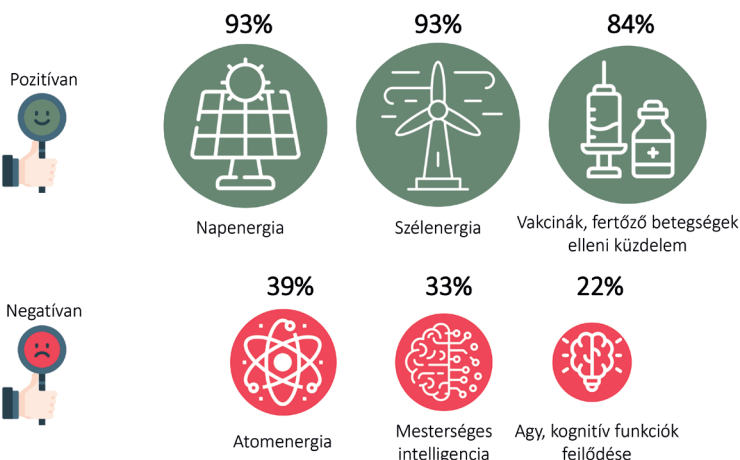
- az előrelátást, vagyis a szándékolt és nem szándékolt hatások és az alternatívák leírását és elemzését;
- a reflexivitást, azaz hogy az érintettek tisztában legyenek céljaikkal, motivációikkal, előfeltevéseikkel és elköteleződéseikkel;
- a bevonást, vagyis az érintettek és a szélesebb nyilvánosság véleményének kikérését és figyelembevételét;
- a nyitottságot, azaz a nyílt hozzáférést és az átlátható kommunikációt az adatokról, az eredményekről, a célokról, a kockázatokról és a bizonytalan tényezőkről;

Állampolgári percepciók egyes innovációk hatásairól

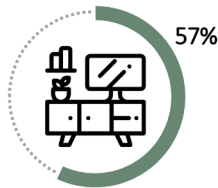


Ön szerint hogyan befolyásolják az alábbi területeken születő innovációk az életünket a következő húsz évben?

A magyar válaszadók által legnagyobb arányban említett területek, 2021



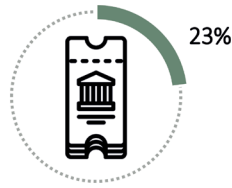
Állampolgárok bevonódása tudományos ügyekbe, Magyarország, 2021



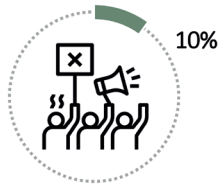
Dokumentumfilmeket néz, vagy témába vágó kiadványokat, magazinokat, könyveket olvas.



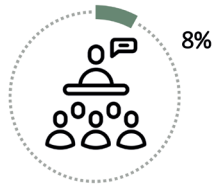
Családdal vagy barátokkal ilyen jellegű ügyekről beszélget.



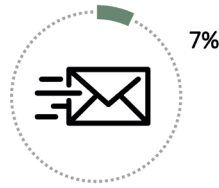
Tudományos és technológiai múzeumokat látogat.



Petíciókat ír alá vagy tüntetésekhez csatlakozik.



Tudományos, technológiai témájú nyilvános üléseket, vitákat látogat.



Felveszi a kapcsolatot a hatóságokkal vagy politikai vezetőkkel.

következő 20 évben. A megkérdezettek 52 százaléka vélte úgy, hogy a tudományos és technológiai döntéseknek elsősorban morális kérdéseken kell alapulniuk. 59 százalékuk szerint a tudósok tudják a legjobban, hogy mi a jó az embereknek, emellett többségében megbízhatónak (76%), őszintének (71%) és önzetlennek (53%) gondolják őket. Mindez pozitívan hathat arra, hogy meginduljon az innovátorok és a széles nyilvánosság közötti párbeszéd. Egyelőre a tudományos és technológiai kérdésekbe tör-

- a válasz készséget, vagyis hogy az innovátoroknak legyen lehetőségük reagálni a kikért véleményekre, a felismert kockázatokra és veszélyforrásokra, megváltoztatva akár a kutatás irányát.

tendő bevonódás azonban még kevésbé jellemző a magyar válaszadókra.

A felelősségteljes innováció iránti fogékonyság

A felelősségteljes innováció gondolatköre akkor tud integrálódni a mindennapi gyakorlatba, ha mind a kutatók, mind a társadalom nyitottak erre. Magyarországi vizsgálatok arra utalnak, hogy a poszt-szocialista innovációs környezet és a szocializáció kihat a szenior kutatók fogékonyságára. A kínálatvezérelt innováció, az idejétmúlt kutatás-fejlesztési környezet, a kutatók megélhetési gondjai és az informális kapcsolatok jelentősége hátráltathatják a felelősségteljes innováció bevezetését és alkalmazását (Lukovics et al. 2016). Ugyanakkor mindez már kevésbé hat a fiatalabb generációkra, akik nyitottabbak az új megközelítésre (Lukovics et al. 2017). Azonban az ő körükben is akadályozhatja a gyakorlati megvalósulást, hogy szemléletük individualista, a közvetlen, rövid távú hasznokat tartják fontosnak (Gubó et al. 2019). Így az attitűdformálás kiemelt jelentőségű.

Arról, hogy a magyar társadalom mennyire nyitott e témakörre, nincsenek közvetlen adatok, a 2021-ben végzett Eurobarometer-felmérésből (EC 2021) azonban következtetni lehet egyes aspektusokra. Eszerint a magyar válaszadók 32 százaléka nyilatkozott úgy, hogy nagyon érdeklik az új tudományos felfedezések, technológiai fejlesztések. Minden vizsgált területen 50 százalék feletti azok aránya, akik szerint az innovációk pozitív hatással bírnak majd a

Kritikák

A felelősségteljes innovációval szemben több nézőpontból is megfogalmazódtak kritikák. Egyesek azt tartják problematikusnak, hogy e szemlélet nehezen összeegyeztethető az innováció jelenlegi fő hajtóerejével, a gazdasági haszonszerzéssel (Blok–Lemmens 2015). Ugyanígy kérdéses, hogy pontosan milyen típusú felelősség terhelhető az innovátorokra (Van de Poel–Sand 2021), és hogy ennek nincs-e elrettentő hatása.

Mások – például Bajmócy et al. (2019) – épp azt kifogásolják, hogy a felelősségteljes innováció uralkodó, rendszerkonform megközelítése nem elég radikális, és nem vállalja fel az érdek- és értékkonfliktusokat a jelenlegi innovációs rendszer domináns szereplőivel és intézményi működésével. Ehelyett a transzformatív megközelítés képviselői a rendszer működési logikájának átgondolását sürgetik, a folyamatok mögött rejlő etikai és politikai előfeltevések felszínre hozásával és megvitatásával.

Ahhoz, hogy az innováció elősegítse a társadalmi és környezeti problémák megoldását, és ne hozzon létre újabbakat, meg kell vitatni a felelősségteljes innováció normatív alapjait, hogy végül egy olyan szabályozási környezet alakulhasson ki, mely mind az óvatosságnak, mind a lehetőségeknek teret enged, hol gyorsítva, hol lassítva az innováció folyamatát (Owen et al. 2013; Owen–Pansera 2019).

A villamosenergia-hálózatok jövője

Az energetikai szektor jelentős változásokkal néz szembe, melyek az egész világ számára kihívást jelentenek. A változások középpontjában az áll, hogy a fenntartható energiatermelésre és fogyasztásra való átállás mellett kell megbízható módon biztosítani a világ növekvő energiaigényét. Az ENSZ energetikai tematikájú 7. fenntartható fejlődési célja foglalja össze a szükséges fejlődési irányokat. Eszerint megfizethető, megbízható és modern, vagyis hatékony és mindinkább megújuló forrásokra épülő energiát kell biztosítani mindenki számára, beleértve a fejlődő régiókat. A 7. cél az energetikai kutatások és fejlesztések támogatásának fontosságát is kiemeli. Jól látható tehát, hogy az energetikai szektorban zajló változások, amelyek egyes folyamatai már jelenleg is éreztetik hatásukat, egy összetett gazdasági, szabályozási és műszaki-technológiai választ igényelnek (Kleinman Center for Energy Policy 2021).

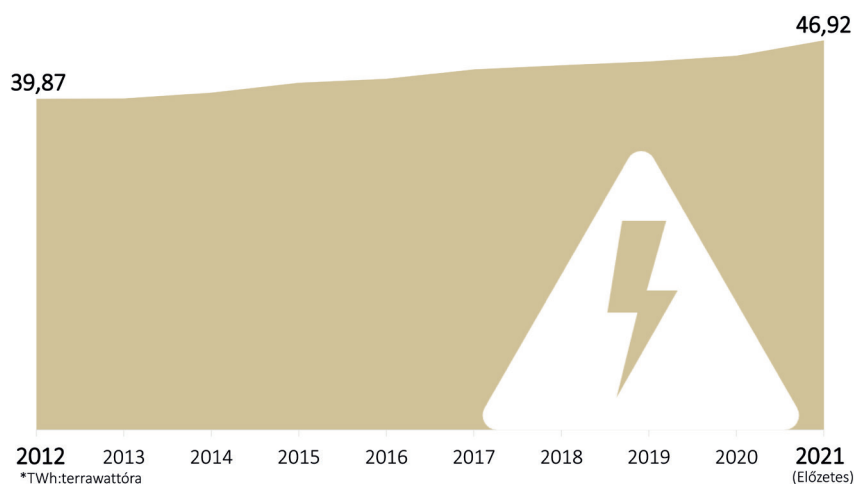
Természetesen ennek költségei jelentősek. Több évtizedes távlatokban nem lehet pontos költségbecslést készíteni, de a szükséges befektetések forrásigényének hatalmas méreteit jól mutatja, hogy az International Renewable Energy Agency (IRENA) szerint 2050-ig 131 billió dollárnyi befektetést kíván az energetikai rendszerek átállítása (IRENA 2021a). Ennek során persze akár több millió munkahely is létrejöhet, illetve olyan egészségügyi és környezeti előnyök is megvalósulhatnak, amelyek nem mérhetők csak pénzben (IRENA honlapja). Bár a gazdasági szereplők egyre nagyobb figyelmet fordítanak az energiaátmenetbe való befektetésre, az International Energy Agency (IEA) elemzése továbbra is a megfelelő változások eléréséhez szükséges hiányzó láncszemként jellemzi a finanszírozást (IEA 2021).

Az egyik legnagyobb változást az energetikában a villamosenergia-hálózatok már jelenleg is folyó átalakulása jelenti majd. A szócikk a továbbiakban ennek néhány fontos mozgatórugóját ismerteti.

Növekvő kereslet

Az IEA szerint az áram-végfelhasználás 2030-ig 30 százalékkal, 2050-ig pedig akár 80 százalékkal is nőhet a világon. Ennek nemcsak az emberiség általános energiaigénye az oka, hanem az áram relatív szerepének növekedése is. Az áram jelenleg a világ végfelhasználásának kb. 20 százalékát teszi ki. Ez a szám 30–50 százalékra nőhet 2050-ig, ami jól mutatja a folyékony, gáz- és szilárd halmazállapotú fosszilis üzemanyagok (olaj, földgáz, szén) jelenlegi és várható jelentőségét. A fejlődő országok energiaigénye várhatóan gyorsabban fog nőni, mivel alacsonyabb kezdő szintről indulnak, és kevésbé engedhetik meg maguknak a drágább, de hatékonyabb megoldásokat (IEA 2021). A Magyarországra vonatkozó becslések alapján 2040-re több mint 40 százalékos bruttó villamosenergia-fogyasztás növekedésre lehet számítani 2021-hez képest (ITM 2020; MAVIR 2022).

Éves bruttó villamosenergia-felhasználás hazánkban (ezer TWh*)



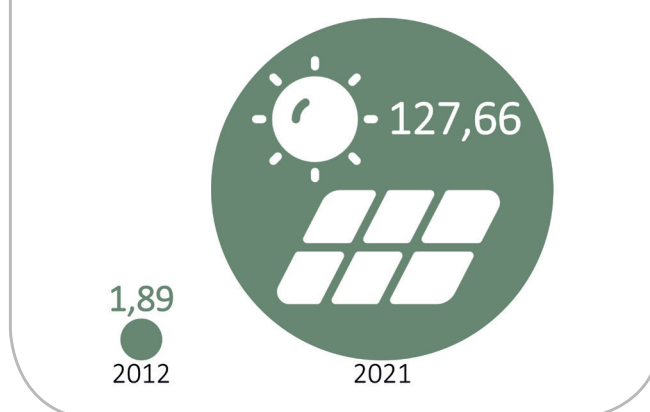
A növekedést meghatározó legfontosabb tényezők:

- A gazdasági termelés bővülése, amely az ipari energiafelhasználás emelkedésével is jár (ITM 2020). Ráadásul a 200 °C alatti hőmérsékletet igénylő gyártási folyamatokban egyre több áramot használnak egyéb energiaforrások helyett. Ez leginkább az élelmiszer-, textil- és vegyiparra jellemző. Elképzelhető, hogy bizonyos magasabb hőmérsékletet kívánó ipari folyamatokban is nagyobb szerepet kaphat az áram a jövőben (IEA 2021).
- A háztartások fogyasztásának növekedése is fontos tényező. Ez elsősorban a háztartási gépek további terjedésének, illetve a háztartási energiaszükséglet kiszolgálására várhatóan egyre gyakrabban használt hőszivattyúk terjedésének lesz köszönhető. A fejlettebb régiókban – így hazánkban is – érvényesülni fog egy ellentétes folyamat is, mégpedig a háztartások energiahatékonyágának javulása (ITM 2020).
- A közlekedés áramosításától is jelentős keresletnövekedést várnak. Jelenleg a személyautók és kisebb mértékben a közösségi közlekedés tekinthető a folyamat az éllóvasának. A jelentős környezeti terhelést okozó teherautók, hajók és repülőgépek hajtásának átalakítása egyelőre nagyobb kihívás. A közlekedés olyan terület, ahol az elektromos járművek magasabb ára miatt a szegényebb országok lassabban növelhetik áramigényüket a gazdaságilag erősebb országokhoz képest (Gray et al. 2021; Sehmi–Stolz 2021).
- A növekvő kereslet fontos támasza az egyre olcsóbbá váló megújuló szél- és napenergiát használó áramtermelés. A világ legtöbb területén az ipari méretű szél- és naperőművek már olcsóbban termelnek áramot, mint hagyományos társaik (Roser 2020; IRENA 2021b).

Decentralizált és változótermelés

A villamosenergia-hálózatok fejlődésének egy másik jelentős folyamata a decentralizáció, vagyis az, hogy kevesebb nagy erőmű helyett egyre inkább több, kisebb energia-termelő egység látja el a fogyasztók energiaszükségletét a termelés helyéhez közel (Middlehurst 2020). Ez elsősorban a megújulóenergia-termelési módok terjedésének köszönhető, főleg a lakossági napenergia-termelésnek. Az épületek napelemei bizonyos helyeken képesek lehetnek garantálni a lokális energiaellátást (Hutt 2020). Erre korábban nem volt lehetőség. A helyi termelésnek további velejárolőnyei is vannak; például, hogy csökkenthetők vele az energiaszállítás során keletkező hálózati veszteségek (ITM 2020).

Napenergia-termelő egységek száma Magyarországon (ezer darab)



A megújulóknak nagyobb hálózati integrációja a hagyományos erőművek hálózaton belüli szerepének változását is elhozza. Mivel a nap- és szélenergia-termelés időjárásfüggő, szükség van a folyamatosan működő hagyományos erőművek kiegyensúlyozó szerepére az ellátás mindenkori rendelkezésre állásához. A szerepváltás folyamatának üteme nehezen megjósolható (IEA 2021).

Rugalmas hálózatok

A megváltozó termelési módokra és keresleti szokásokra épülő hálózatok biztonságos és hatékony működtetése a korábbiaknál bonyolultabbá teszi a hálózatok üzemeltetését, vagyis azoknak rugalmasabbá kell válniuk (IEA 2021). Ezt többek között az alábbi fejlesztések tehetik lehetővé:

- Szükséges a hálózatok „okosítása”. Az „okos-” hálózatok képesek minden termelő és felhasználó tevékenységét valós időben elemezni és minden pillanatban az adott termelési és fogyasztási körülményeknek megfelelően irányítani magukat (Szuchy 2018).
- A megújulóknak által termelt áram hosszú távú tárolására szolgáló technológiák fejlesztésére is szükség van (ITM 2020).
- A hálózatok jogszabályi környezetét úgy kell alakítani, hogy az megfeleljen a 21. századi elvárásoknak. A szabályozók feladatai közt egyre nagyobb hangsúlyt kap a hatékony és zöld termelés, illetve a tudatos felhasználás ösztönzése is (Yáñez et al. 2018). Jó példa erre a hazánkban 2021. január 1-jétől bevezetett energiahatékonysági kötelezettségi rendszer, amely a kereskedőknek és szolgáltatóknak írja elő a végfogyasztói hatékonyság növelésének elérését, például pénzügyi támogatások vagy energetikai tanácsadás segítségével (Rajczy 2021).

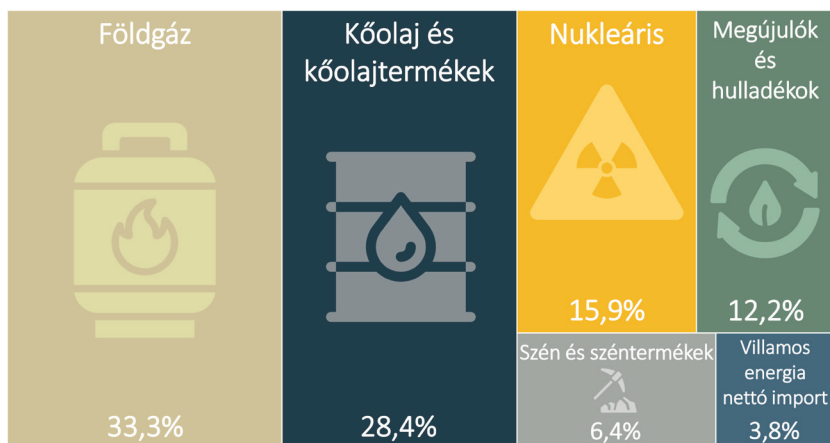
Fúziós atomenergia

Az ember által használt energia mindig valamilyen alapvető kémiai vagy fizikai folyamat eredménye. A történelem során ez főleg szénalapú anyagok, például faszén, kőszén vagy földgáz elégetését, illetve a természet, vagyis a Nap, a szél és a víz energiájának kiaknázását jelentette. Az atomok energiájának kihasználása az 1950-es évek második felében vált az emberek tömegeit kiszolgálani képes energiaforrássá. Az atomenergia legfőbb előnyei közé sorolják, hogy nagyon hatékony, és nem jár szén-dioxid-kibocsátással. Hátrányai abban rejlenek, hogy a működtetése és kiégett fűtőanyagainak kezelése során felmerülnek kockázatok mind az emberi egészségre, mind a környezetre nézve. Habár a komoly balesetek igen ritkák, potenciális káros hatásuk jelentős (Vidovszky 2003).

ból származó további neutronok és az emberi egészséget károsítani képes radioaktív sugárzás szabadul fel. A hővel vizet melegítenek, amely aztán gőzzé válva áramot generáló turbinákat hajt meg. A felszabadult neutronok pedig újabb atommagokat hasítanak szét, vagyis egy kontrollált láncreakció indul be.

Az atomreaktorok másik, kísérleti fázisban lévő fajtája a magfúzióra épül. Ezek hatékonyabb és fenntarthatóbb alternatívái lehetnek a hagyományos atomerőműveknek, így hozzájárulhatnak az ENSZ 7. fenntartható fejlődési céljának eléréséhez, amely a megfizethető és tiszta energia szerepének növelését irányozza elő. Érdekes, hogy a fúzió az az energiatermelési folyamat, amely a Napban is végbemegy. Az első, ilyen típusú kísérleti berendezések az 1950-es években épültek. Az 1970-es évekre nyilvánvalóvá vált, hogy a fúzió széles körű alkalmazása rendkívül költséges, így nemzetközi összefogást igényel (EUROfusion; ITER Organization honlapja). 2020 végén 74 közfinanszírozású kísérleti reaktor működött a világban, és akkor további öt indítását tervezték (Dodgson–Gann 2020). A legjelentősebb, ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor) nevű projekt során Franciaországban épül egy fúziós atomerőmű harmincöt ország, köztük magyar mérnökök munkájával. Ennek költségei jelenleg 15 milliárd euróra rúgnak, melynek nagyját az EU állja. A 2025-re tervezett indulás a Covid19-járvány miatt csúszik (Simon 2021). A magánkezdeményezések jelentősége is nő, 2020 végén huszonhárom fúziósenergia-vállalkozás létezett (FIA–UKAEA 2021).

A primerenergia-felhasználás szerkezete Magyarországon, 2020



Az atomenergia jelene

A jelenlegi atomreaktorok az atommagok hasadására (fisszió) épülnek. Lényegük, hogy neutronokat ütköztetnek atomok magjához, amelyek így több, könnyebb atommagra hasadnak szét. A folyamat során hő, a hasadó mag-

jával. Ennek költségei jelenleg 15 milliárd euróra rúgnak, melynek nagyját az EU állja. A 2025-re tervezett indulás a Covid19-járvány miatt csúszik (Simon 2021). A magánkezdeményezések jelentősége is nő, 2020 végén huszonhárom fúziósenergia-vállalkozás létezett (FIA–UKAEA 2021).

Magfúzió: tudományos háttér

A magfúzió során két atommag eggyé épül össze, a folyamatban pedig energia szabadul fel. A fúzió csak plazma-állapotban játszódhat le, amely egy legalább 150 millió Celsius-fokon keletkező halmazállapot. Ebben egy vagy néhány elektron leválik az atomról, amely így ionná alakul. A plazma tehát ionokat és szabad elektronokat tartalmaz, s ettől elektromágnesesen aktív. Ugyanekkor az egymást pozitív töltéseik miatt taszító atommagok a hő hatására kellően felgyorsulnak ahhoz, hogy legyőzzék a taszítást, és ütközésük során egyesüljenek. Leggyakrabban fánk alakú csatornáknak hozzák létre a fúziót. A csatornáknak két fő fajtájuk van: a tokamak, illetve a kevésbé gyakori sztellarátor. Energia úgy termelődik, hogy a fúzióban felszabadult, mágnesség hatása alatt nem álló semleges töltésű neutronok nekiütköznek a berendezés falának, amely ezáltal felmelegszik. Ezt a hőt lehet árammá alakítani (például úgy, hogy vizet keringetnek a fal mellett, amely a hő hatására gőzzé válva ugyanúgy turbinákat hajt, mint a fissionos erőművekben) (ITER Organization honlapja; Galileo Webcast 2020; Lex Fridman 2020).

A fúzió kihívásai

A plazma igen instabil egy fúziós erőműben, hosszú távú összetartása jelenti az egyik legnagyobb kihívást. Az eddigi leg-sikeresebb kísérlet is kevesebb mint két percig tartotta fent a plazmát, míg egy működő reaktorban folyamatosan fenn kéne azt tartani (Wilson–Bott 2021). A plazma fenntartása mellett a másik nagy nehézség, hogy több energiát lehessen termelni, mint amennyi a reaktorok működéséhez szükséges. A megtermelt energia tekintetében a legjobb eredményként a befektetett energia mindössze kb. 70 százalékát tudták elő-állítani, tehát jelenleg összességében a technológia energiát fogyaszt, nem pedig termel. (Metcalfé 2021).

A fúzió ígéretei

A fúziós energiatermelés tehát még rengeteg erőforrás-ráfordítást és technológiai fejlesztést igényel. Ennek ellenére előnyei annyira jelentősek lehetnek, hogy komoly befektetéseket képes megmozgatni. A leggyakrabban említett előnyök (CCFE; ITER Organization honlapja; euronews. 2015; Lex Fridman 2020):

- Nincs károsgáz-kibocsátás.
- Üzemanyagbőség: a fúzió széles körű elterjedése esetén is több ezer, bizonyos körülmények között több millió évnnyi üzemanyaggal rendelkezünk. Ráadásul az üzemanyag-

keverék bizonyos elemei megújuló módon is kinyerhetők, a deutérium esetében például vízből.

- Hatékonyság: a hagyományos égési folyamatokra épülő erőműveknél 4 milliószor, a jelenlegi nukleáris reaktoroknál pedig akár 4-szer több energia is termelhető lehet fúzióval adott tömegű üzemanyagból, amennyiben a gyakorlatban is sikerül megvalósítani a technológiában rejlő maximális elméleti termelési potenciált.
- Kevesebb probléma a radioaktivitással: a fúzió kevés radioaktív üzemanyagot használ, és nem termel sok, erősen radioaktív mellékterméket. A folyamat során radioaktívá váló anyagok lebomlása jóval rövidebb (pár száz év), mint a fissionos reaktorok esetében. A felmerülő radioaktivitás kezelése nem jelentene komoly problémát.
 - Biztonságos működés: a maghasadásos erőművekben előforduló súlyos balesetek nem történhetnek meg egy fúziós erőműben. Egy adott időben nagyon kevés, nagyjából egy bélyeg súlyával megegyező radioaktív üzemanyag kerül felhasználására. Ráadásul éppen a folyamat fenntartása az egyik legnagyobb kihívás. Bármilyen rendellenesség esetén a plazma pillanatok alatt lehűl, a benne lévő folyamatok pedig leállnak, tehát nincs szó egy önmagát gerjesztő láncreakcióról, mint a hagyományos reaktoroknál.
- Az atomfegyverkezés kockázatának csökkentése, ugyanis a fúzió nem használ olyan anyagokat, amelyekből atom-bomba készülhetne.

A fúzió jövője

Az energetika jövője a fenntarthatóságról szól, így a fúziót is ennek tükrében kell vizsgálni. Bizonyos szempontból a fúzió jól beleillik ebbe a képbe, hiszen remélhető, hogy hatékonyan és a radioaktivitás problémájának csökkentésével tud folyamatosan energiát termelni. Ezért a hagyományos erőműveknél jobb alternatívája lehet az időszakosan termelő és tárolási problémákkal küzdő megújuló energiáknak (CCFE). Viszont bősége ellenére üzemanyaga mégsem teljesen megújuló, és radioaktív termékektől sem teljesen mentes a folyamat. Ráadásul az is nehezítő körülmény, hogy nemcsak a technológiát övező tudományos-mérnöki kihívásokat kell még leküzdeni, hanem egy olyan megoldást kell létrehozni, amely gazdaságilag is képes megtérülni az erőműépítéstől számított belátható időn belül (Nicholas et al. 2021). Az, hogy megéri-e majd a fúzió kihívásainak leküzdésére fordított sok erőfeszítés, csak hosszú távon tisztázódhat, a technológia fejlődésétől függően.

A 3D nyomtatás

A háromdimenziós (3D) nyomtatás ma még egy, a fejlődése elején járó, ugyanakkor korlátlan lehetőségeket magában rejtő gyártási technológia; mellyel számos, korábban csak lassabban vagy egyáltalán nem előállítható tárgyat lehet gyorsan és anyagtakarékosan elkészíteni.

Az iparág 2020-ban, a Covid19-járvány okozta leállások ellenére világszinten 7,5 százalékkal nőtt, forgalma elérte a 12,8 milliárd dollárt. A növekedés mértéke a járvány előtti tíz évben sokkal jelentősebb volt, minden évben mintegy 27 százalékkal haladta meg az előző évit (Rensburg 2021).

Eljárások és anyagok

A 3D nyomtatás olyan gyártófolyamat, melynek során szilárd tárgyak, termékek készíthetők egy számítógép által létrehozott digitális fájl alapján. A nyomtatás ebben az esetben annyit jelent, hogy anyagrétegek kerülnek egymásra – ezért nevezik additív eljárásnak is –, míg a tárgy el nem nyeri a véglegesnek szánt formáját. A gyártófolyamat legnagyobb pontosságot igénylő része nem is maga a nyomtatás, hanem a modell számítógépes megtervezése (Roche Industry).

A tervezést követő nyomtatás jelenleg számtalan különböző technológiával történik, melynek végeredményeként az egymásra kerülő rétegek – ragasztással vagy olvasztással – homogén egészt képeznek. A leggyakoribb az úgynevezett sztereolitográfiai módszer, amelyet az összes 3D nyomtatás több mint tíz százalékában alkalmaznak. Ekkor fényre szilárduló műgyantával dolgoznak, s lézersugár segítségével rétegről rétegre szilárdítják meg a megfelelő formába öntött anyagot. Gyakran alkalmazzák még a szálhúzásos módszert is, melynek során hőre lágyuló anyaggal dolgoznak úgy, hogy a lágy alapanyagot fúvókán keresztül hordják fel rétegenként egymásra, s a rétegek megszilárdulva homogén anyagot képeznek. Előfordul, hogy finom por alapanyagból építkeznek, s a port egy festékkel kevert ragasztóanyag köti meg a szükséges szilárdságúra. Máskor, az úgynevezett szelektív lézerszinterezés során lézersugár olvasztja meg rétegenként ezt a poranyagot, majd ezután szilárdítja a kívánt formára.

Háromféle anyaggal dolgoznak leggyakrabban: fémekkel, műanyagokkal és kerámiával. Közülük is legtöbbször valamilyen porított fém az alapanyag, 2020-ban a gyártások 48 százaléka ebből az anyagból történt. Várhatóan a műanyagok, a bennük rejlő szélesebb lehetőségek miatt, át fogják venni a vezetést. A kerámia a legújabb alapanyag, felhasználási lehetőségeinek feltérképezése még az elején tart (ReportLinker 2021).

Az eljárás előnyei és hátrányai

A 3D nyomtatás rendkívüli rugalmasságával kerekedik felül a hagyományos gyártási eljárásokon. Bármilyen forma és összetett alakzat könnyen és a korábbiaknál olcsóbban előállítható, a testreszabás, az igényekhez igazítás sokkal egyszerűbb általa. Látványos a gyártás gyorsasága is, hiszen a tervezést követően ez gyakran néhány óra alatt meg is történik. Jó példa erre a még kísérleti fázisban levő házépítés. A speciális 3D nyomtató cementalapú anyagból, rétegenként felépítve nyomtat betonelemeket úgy, hogy egy 1 m² nagyságú, dupla rétegű fal nagyjából öt perc alatt elkészül (PERI 2020).

Gyakran a környezetvédelmi szempontok is az új gyártási technológia mellett szólnak, így a 3D nyomtatás is hozzájárulhat az ENSZ fenntartható fejlődési céljainak teljesüléséhez (SDG 9.). Amikor például a németországi Franke cég a repülőgépipar számára 3D nyomtatással készített a korábbiaknál sokkal könnyebb, alumínium csapágyat, ezzel a repülőgép össztömegét tudta csökkenteni, márpedig számítások szerint minden egyes kilogramm évente körülbelül kétezer dollár üzemanyagköltséget takarít meg, és ennek megfelelően mérsékeli a repülőgép szén-dioxid-kibocsátását is (Steck 2021).

Óriási lehetőségeket rejt a technológia alkalmazása az egészségügy területén is, hiszen tökéletesen az adott végtaghoz igazított gipsz, a betegek egyéni igényeinek jobban megfelelő implantátumok, protézisek, sőt akár mesterséges szövetek és izmok készíthetők általa (Digi-trendi 2021).

A 3D nyomtatásnak vannak azonban hátrányai is. Ugyan a hagyományos gyártáshoz képest a 3D nyomtató sokkal olcsóbban dolgozik, a beruházási költségek magasak, hiszen a nyomtató, a nyersanyagok, olykor a gyártáshoz szükséges szoftverek is drágák. Magas a 3D nyomtatók energiafogyasztása is, s eleinte, az első generációs nyomtatók esetében aggályos volt a károsanyag-kibocsátásuk – mérgező gázok, vegyszerek – mértéke is. Napjainkban az új technológiai fejlesztések ez utóbbi nehézséget egyre sikeresebben küszöbölik ki. Emellett sok a tennivaló még a kinyomtatott tárgyak esetleges újrafelhasználhatósága terén is (Roche Industry; Rensburg 2021).

Az iparág szerkezete és méretei

2020-ban 2,1 millió darab 3D nyomtatót adtak el világszerte, s becslések szerint 2028-ra az éves forgalom ennek mintegy hétszerezésére, 15,3 millió darabra fog nőni. Európában a 3D nyomtatók eladása 2020-ban 4,6 milliárd dolláros forgalmat eredményezett, számítások szerint 2026-ra ez éves szinten 10,1 milliárd dollárra fog nőni.

Rendeltetésüket tekintve alapvetően különböznek az ipari 3D nyomtatók és az asztali, hobbicélokra vagy kisvállalkozások számára gyártott változatok. 2020-ban egyértelmű volt az ipari nyomtatók túlsúlya, világszinten az eladásból származó bevételek 76 százaléka ipari nyomtatók értékesítéséből folyt be. Ha pedig a kinyomtatott tárgyak rendeltetését vesszük figyelembe, három kategória rajzolódik ki: döntően prototípusok, szerszámok és funkcionális tárgyak,

valamint alkatrészek készülnek 3D nyomtatással. Ezek közül 2020-ban a prototípusgyártás volt a leggyakoribb, 55 százalékos aránnyal. Előszeretettel készítenek ugyanis 3D nyomtatással prototípusokat különböző alkatrészek vagy összetett rendszerek tervezéséhez az autó- és a repülőgépgyártásban, valamint a védelmi ágazatban. Európában is prototípusok gyártására van a legnagyobb igény elsősorban az árérzékenyebb kis- és középvállalkozások részéről (ReportLinker 2021; Mordor Intelligence 2021).

2020-ban Magyarországon a vállalkozások 3 százaléka készített vagy használt 3D nyomtatással eszközt, ez némelyest elmarad az 5 százalékos európai uniós átlagtól (Eurostat 2021). Becslések szerint azonban az iparág Magyarországon is jelentős, 2024-ig mintegy 50 százalékos növekedés előtt áll (Admasys International–FreeDee 2021).

A felhasználás sokszínűsége

A 3D nyomtatással előállított tárgyak sokféleségének csak a képzelet szab határt. Öt fő felhasználási területet lehet elkülöníteni, amelyek egyenként is számtalan fejlesztéssel gyarapítják az új technológiával előállítható tárgyak listáját:

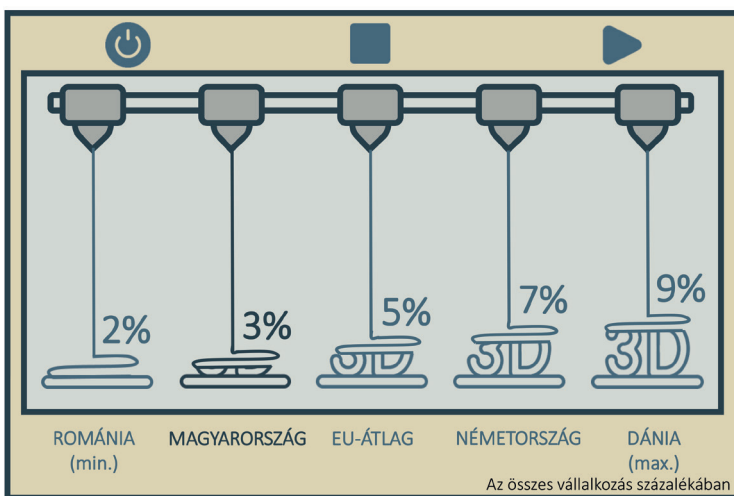
- ipari eszközök: elsősorban prototípusok, szerszámok;
- járműgyártás (autó- és repülőipar): a vezető európai autógyártók ezzel az eljárással állítanak elő új alkatrészeket, a BMW gyáraiban például 2018-ban mintegy kétszáz ezer alkatrészt gyártottak így (Mordor Intelligence 2021);
- orvostechika: a fogászat részesevé a legnagyobb, de ígéretes az úgynevezett bionyomtatás, melynek során élő sejtek felhasználásával nyomtatnak például mesterséges csontszövetet;

élelő sejtek felhasználásával nyomtatnak például mesterséges csontszövetet;

- építőipar: a világ számos híres épületében használtak valamilyen 3D nyomtatási eljárást, de egész épületek, hidak is készülnek már ilyen módon;
- ékszerek, ruházati cikkek: az új technológia segítségével új formák és anyagok jelennek meg az ékszerkészítésben, emellett ruhák, miniatűrök, kézműves termékek, műtárgyak is készíthetők a segítségével.

A 3D nyomtatás területén számtalan kutatás és fejlesztés zajlik világszerte, amelyek látványosan fogják még tovább szélesíteni a felhasználási területeket, az alapanyagokat és az előállítási technológiákat is.

3D nyomtatást használó vállalkozások aránya, 2020



Fenntartható és intelligens mobilitás

Az ENSZ fenntartható fejlődési céljai szerint a közlekedés hozzájárul városok és egyéb emberi települések befogadónak, biztonságossá, ellenállóképesé és fenntarthatóvá tételéhez (11.2), ugyanakkor az üvegházhatású gázok (ÜHG) kibocsátásával és egyéb szennyezéseivel a klímavédelmi intézkedések egyik kritikus pontja is.

Az Európai Unió is hasonló okokból foglalkozik kiemelten a közlekedési rendszerekkel. A 2019-ben elfogadott európai zöld megállapodás (COM(2019) 640 final) célkitűzései alapján a klímasemlegesség eléréséhez a közlekedésből származó kibocsátásokat 2050-ig 90 százalékkal kell csökkenteni. Bár a cél a felhasználók számára megfizethetőbb, hozzáférhetőbb, egészségesebb és tisztább közlekedési alternatívák biztosítása, az ágazat növekvő ÜHG-kibocsátása megnehezíti az uniós klímacélok elérését (EEA 2021b).

Az Európai Bizottság által 2020-ban kiadott fenntartható és intelligens mobilitási stratégia (COM(2020) 789 final), valamint az ahhoz kapcsolódó cselekvési terv emiatt a zöld és digitális átállás elindítását, illetve – reagálva a Covid19-világjárványra – az ágazat válságállóságának növelését tűzte ki célul.

A stratégia mérföldkövei:

- 2030-ig: legalább 30 millió kibocsátásmentes jármű használata; száz klímasemleges város megteremtése; a nagy sebességű vasúti közlekedés megduplázása; 500 kilométernél rövidebb útvonalú, menetrend szerinti, karbonsemleges közösségi közlekedés kialakítása; automatizált mobilitás széles körű alkalmazása; kibocsátásmentes hajók piaci bevezetése.
- 2035-ig: kibocsátásmentes nagy légi járművek piaci bevezetése.
- 2050-ig: szinte az összes gépjármű kibocsátásmentes; a vasúti teherforgalom megkétszereződése és a nagy sebességű vasúti forgalom megháromszorozódása; működőképes multimodális (kombinált) transzeurópai közlekedési hálózat (TEN-T), amely fenntartható és intelligens, nagy sebességű összeköttetéssel rendelkezik.

A fenntartható mobilitás

A fenntartható mobilitás első pillére szerint szükséges a kibocsátásmentes járművek számának növelése és keresletük ösztönzése (például adózási szabályozással), a szennyezőanyag-kibocsátási előírások felülvizsgálata, a fenntartható, megújuló és alacsony szén-dioxid-kibocsátású üzemanyagok elterjedésének ösztönzése, az elektromos töltőinfrastruktúra fejlesztése, a kikötők és repülőterek multimodális közlekedési csomópontokká válása, ugyanakkor mind a vízi, mind a légi közlekedés ökológiai lábnyomának drasztikus csökkentése.

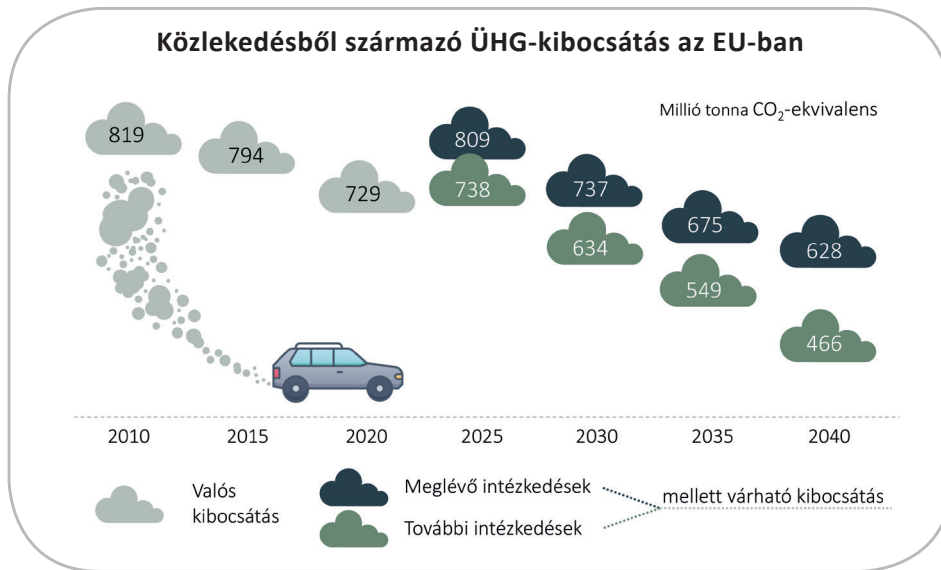
A második pillér intézkedéseiben a multimodális közlekedési rendszerben meg kell teremteni a fenntartható, biztonságos, versenyképes és megfizethető alternatívákat. A legfrissebb Eurobarometer-felmérés (EC 2020) szerint ugyanis az emberek inkább hajlandók a fenntarthatóbb közlekedési mód mellett dönteni, ha az árak, a menetrend és a komfortszint versenyképes.

Kiemelt terület a városi és a városok közötti mobilitás fenntartható fejlesztése, amelyben fontos szerep jut a vasúti személyszállításnak, de lényeges eleme a kerékpáros közlekedés és a mikromobilitási rendszerek bővítése is. A prioritások közé tartozik továbbá a szárazföldi áruszállítás jelenlegi közúti 75 százalékos arányának vasúti és belvízi utakra való áttelése, amelyhez az átrakodási infrastruktúrák multimodális fejlesztése és bővítése, a vasúti áruforgalmazás és a belvízi hajózás fellendítése szükséges.

A harmadik pillér intézkedéseiben a felhasználókat is ösztönözni kell a fenntarthatóbb döntések meghozatalára. Ennek részeként például a „szennyező fizet” és a „felhasználó fizet” elvet minden közlekedési mód esetében be kell vezetni, felül kell vizsgálni a kibocsátáskereskedelmet, a fosszilis tüzelőanyagok támogatását és az infrastruktúra-használati díjak rendszerét.

Az intelligens mobilitás

A jövő mobilitásának egyik kulcsa az intelligens digitális megoldások, illetve közlekedési rendszerek innovatív alkalmazása, amelynek alapja az összekapcsolt, együttműködő



és automatizált mobilitás. Az elhúzódó logisztikai válság is rámutat arra, hogy hatékonyabbá kell tenni a kapacitáselosztást és a forgalomirányítást. A célkitűzések megvalósításához kiemelten kell támogatni a kutatás-fejlesztést, az innovatív megoldásokat, a mesterséges intelligenciát, valamint a digitális támogató eszközök alkalmazását.

A reziliens mobilitás

A Covid19-világjárvány is rámutatott a válságállóság növelésének fontosságára. Kulcsterületei között szerepel a beruházások összehangolása és felgyorsítása, a flották fejlesztése, valamint az uniós szabályok szigorú érvényesítése. Hangsúlyosan jelenik meg továbbá a terület szociális oldala a megfizethető, hozzáférhető és méltányos mobilitás biztosításának akaratában, beleértve az utasjogokat és a munkavállalók védelmét. A közlekedésbiztonság javítása továbbra is kiemelt cél.

Vélemények a stratégiáról

Míg a vasúti és belvízi ágazat teljes mértékben támogatja a stratégiát (CER 2020; EFIP 2020), addig a vezető európai légi szövetségek a pandémia miatti erőforrás-csökkenés következményeire hívják fel a figyelmet (A4E 2020). A kerékpáros-szervezetek a konkrét intézkedéseket és a mérföldkövek kijelölését hiányolják (ECF 2020). Az Európai Közlekedési és Környezetvédelmi Szövetség szerint a légit közlekedés és a hajózás bioüzemanyagra való átállása fokozhatja az erdőirtásokat. Nehezményezik, hogy a stratégia nem jelöli ki a belső égésű motorral felszerelt autók értékesítésének végső dátumát (T&E 2020). A Greenpeace ezeken túl a drasztikusabb célkitűzéseket hiányolja, mint például a légit közlekedés

korlátozását, a szennyezők (például autógyártók, autópálya-építők) közpénztől való elzárását, illetve támogatásuk megvonását (Greenpeace European Unit 2020).

Az Európai Autógyártók Szövetsége szerint egyes célkitűzések irreálisak, és teljesítésükhöz számos feltétel hiányzik. Felhívják a figyelmet arra is, hogy a dekarbonizáció miatt az új személygépkocsik egyre drágábbak lesznek, a vásárlóerő viszont a Covid19-világjárvány miatt csökken, ami az autók átlagéletkorának várható emelkedését eredményezheti (ACEA 2020). A Nemzetközi Közúti Fuvarozási Egyesület szerint a stratégia súlyosan korlátozza a közúti fuvarozók dekarbonizációs lehetőségeit, és tönkreteszi az autóbusszektort (IRU 2020).

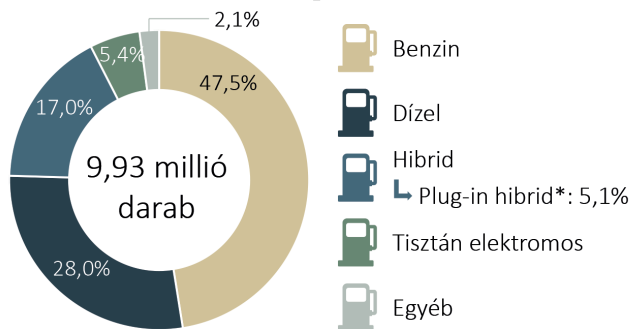
Az Európai Közlekedési és Szállítási Dolgozók Szövetsége szerint a célok eléréséhez elengedhetetlen a szociális problémák kezelése és a munkavállalók elkötelezettségének előmozdítása, de hiányolják a konkrét lépéseket (ETF 2020).

Az Európai Környezetvédelmi Ügynökség tanulmányai megerősítik, hogy a vasút az egyik legzöldebb, illetve a motorizált közlekedési formák közül a hajózással együtt a legkevésbé karbonintenzív. A vizsgált ötéves időszakban a vasúti és a légit közlekedés hatékonysága sokat javult, a többi azonban alig fejlődött (EEA 2021a).

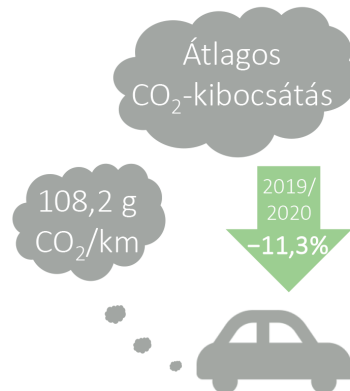
Míg a stratégia 2050-ig jelöl ki mérföldköveket, a cselekvési terv a következő öt évre határoz meg átfogó jogalkotási feladatokat, amelyek alapvetően alakítják át és határozzák meg az Unió közlekedéspolitikáját.

A stratégia maradéktalan végrehajtása nélkül – a fent megfogalmazott kritikákat is figyelembe véve – az Unió nem lesz képes elérni az európai zöld megállapodásban kitűzött klímasemlegességi célokat.

AZ EU-27 ORSZÁGAIBAN FORGALOMBA HELYEZETT ÚJ SZEMÉLYAUTÓK ÜZEMANYAG SZERINTI MEGOSZLÁSA ÉS ÁTLAGOS CO₂-KIBOCSÁTÁSA, 2020

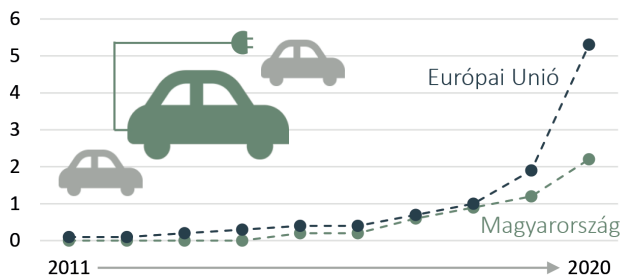


* Az összes új személyautón belül.

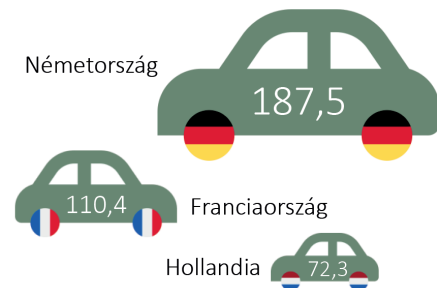


A TISZTÁN ELEKTROMOS ÚJ SZEMÉLYAUTÓK PIACI RÉSZESÉDESE, 2011–2020

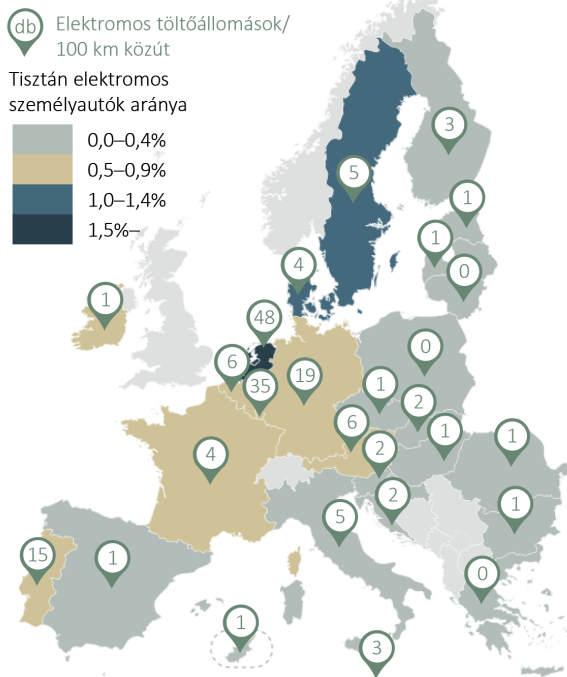
Százalék



A TISZTÁN ELEKTROMOS ÚJ SZEMÉLYAUTÓK ÉRTÉKESÍTÉSE, TOP 3 EU-TAGÁLLAM, 2020 (ezer darab)



A TISZTÁN ELEKTROMOS SZEMÉLYAUTÓK TELJES GÉPJÁRMŰÁLLOMÁNYON BELÜLI ARÁNYA ÉS A 100 KM KÖZÚTRA JUTÓ ELEKTROMOS TÖLTŐÁLLOMÁSOK SZÁMA, EU-27, 2020



Hollandiában van a LEGTÖBB elektromos töltőállomás:



...Cipruson pedig a LEGKEVESEBB:



Magyarország adata:



Az egy töltőállomásra jutó tisztán elektromos személyautók száma Máltán a LEGMAGASABB



...Horvátországban és Szlovákiában a LEGALACSONYABB.

Magyarország adata:



Források

Felelősségteljes innováció

- Bajmócy Zoltán et al. (2019): Miről szól(hatna) a felelősségteljes kutatás és innováció? Rendszerkonform versus transzformatív megközelítés. *Közgazdasági Szemle* 66 (3): 286–304.
- Blok, Vincent – Lemmens, Pieter (2015): The emerging concept of responsible innovation. Three reasons why it is questionable and calls for a radical transformation of the concept of innovation. In: Koops, Bert-Jaap et al. (szerk.): *Responsible Innovation 2*. Cham: Springer International Publishing. 19–35.
- EC (European Commission) (2021): *European citizens' knowledge and attitudes towards science and technology. Hungary*. Special Eurobarometer 516.
- Gubó Richárd et al. (2019): A junior kutatók felelősségteljes innováció iránti fogékonyságának vizsgálata eltérő innovációs környezetben. *Tér-Gazdaság-Ember* 7 (2–3): 9–29.
- Lukovics Miklós et al. (2016): A felelősségteljes innováció iránti fogékonyság fejlesztése a gyakorlatban. *Marketing & Menedzsment* 50 (2): 3–18.
- Lukovics Miklós et al. (2017): A felelősségteljes innováció és a jövő kutatógenerációja. *Vezetéstudomány – Budapest Management Review* 48 (8–9): 89–100.
- Owen, Richard – Pansera, Mario (2019): Responsible Innovation and Responsible Research and Innovation. In: Simon, Dagmar et al. (szerk.): *Handbook on Science and Public Policy*. Cheltenham: Edward Elgar Publishing. 26–48.
- Owen, Richard et al. (2013): A Framework for Responsible Innovation. In: Owen, Richard et al. (szerk.): *Responsible Innovation: Managing the Responsible Emergence of Science and Innovation in Society*. Chichester: Wiley. 27–50.
- Poel, Ibo van de – Sand, Martin (2021): Varieties of responsibility: two problems of responsible innovation. *Synthese* 198 (1): 4769–4787.
- Schomberg, René von (2013): A Vision for Responsible Research and Innovation. In: Owen, Richard et al. (szerk.): *Responsible Innovation: Managing the Responsible Emergence of Science and Innovation in Society*. Chichester: Wiley. 51–74.
- IRENA (International Renewable Energy Agency) (2021b): *Renewable Power Generation Costs in 2020*. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency.
- ITM (Innovációs és Technológiai Minisztérium) (2020): *Nemzeti Energiastratégia 2030, kitekintéssel 2040-ig: Tiszta, okos, megfizethető energia*, 2020. január.
- Kleinman Center for Energy Policy (2021): Why Is It So Hard to Build the Electric Grid of the Future? Guest: Rob Gramlich. *Energy Policy Now*, Podcast, június 29.
- 2021 – a rekordok éve. MAVIR, 2022. január 19.
- MEKH (Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal) – MAVIR (Magyar Villamosenergia-ipari Átviteli Rendszerirányító Zrt.) (2021): *A magyar villamosenergia-rendszer 2020. évi adatai*. Budapest: MEKH – MAVIR.
- Middlehurst, Charlotte (2020): Global power grids decentralise towards a flexible future. *Financial Times online*, július 15.
- Rajczy István (2021): Energiahatékonysági kötelezettségi rendszer. *Képviselői Információs Szolgálat*, 2021/69. Infojegyzet.
- Roser, Max (2020): Why did renewables become so cheap so fast? *Our World in Data*, december 1.
- Sehmi, Gurpreet Singh – Stolz, Marvin (2021): Electric mobility is rising—how can we make the most of it? *World Bank Blogs*, május 26.
- Szuchy Róbert (2018): Az intelligens energetikai rendszerek szabályozási kérdései. In: Homicskó Árpád Olivér (szerk.): *Egyes modern technológiák etikai, jogi és szabályozási kihívásai*. Budapest: Károli Gáspár Református Egyetem, Állam- és Jogtudományi Kar. 179–198.
- Yáñez, Magín et al. (2018): The Power Grid of the Future. *BCG*, július 12.

A villamosenergia-hálózatok jövője

- Gray et al. (2021): Decarbonising ships, planes and trucks: An analysis of suitable low-carbon fuels for the maritime, aviation and haulage sectors. *Advances in Applied Energy* 1, 100008.
- Hutt, Ben (2020): Why a decentralised grid is key to the future for energy supply. *LinkedIn*, június 26.
- IEA (International Energy Agency) (2021): *World Energy Outlook 2021*.
- IRENA (International Renewable Energy Agency) honlapja.
- IRENA (International Renewable Energy Agency) (2021a): *World Energy Transitions Outlook: 1.5°C Pathway*. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency.
- CCFE (Culham Centre for Fusion Energy): *Bringing the power source of the stars down to Earth could give us low-carbon electricity for millennia to come*. Fusion in brief: tematikus honlap.
- Dodgson, Mark – Gann, David (2020): What is fusion energy, and what will it take for it to go mainstream? *World Economic Forum*, december 11.
- EUROfusion: *History of Fusion*. Tematikus honlap.
- euronews. (2015): A kiapadhatatlan energiaforrás: a nukleáris fúzió. Interjú Bernard Bigot-val. *hi-tech*, április 28.
- FIA (Fusion Industry Association) – UKAEA (UK Atomic Energy Authority) (2021): *The global fusion industry in 2021. Fusion Companies Survey by the Fusion Industry Association and the UK Atomic Energy Authority*.
- Galileo Webcast (2020): Veres Gábor: Fúziós energiatermelés: zsákutca, vagy Szent Grál? (2019. 09. 25.) *Csopa Wigner Cafe fizikusokkal 2019. ősz*, YouTube-videó, március 28.

ITER Organization honlapja.

KSH (Központi Statisztikai Hivatal) (2021): *A primer energiafelhasználás szerkezete [%]*. STADAT.

Lex Fridman (2020): Ian Hutchinson: Nuclear Fusion, Plasma Physics, and Religion. *Lex Fridman Podcast*, Podcast, #112.

Metcalfe, Tom (2021): Fusion experiment breaks record, blasts out 10 quadrillion watts of power. *Live Science*, augusztus 18.

Nicholas, T.E.G. et. al. (2021): Re-examining the role of nuclear fusion in a renewables-based energy mix. *Energy Policy* 149, 112043.

Simon, Frédéric (2021): ITER nuclear fusion reactor hit by COVID delay, rising costs. *EURACTIV*, szeptember 17.

Vidovszky István (2003): Az atomenergia előnyei és kockázatai. *Fizikai Szemle* 53 (8): 272.

Wilson, Tom – Bott, Ian (2021): Nuclear fusion: why the race to harness the power of the sun just sped up. *Financial Times online*, november 24.

A 3D nyomtatás

Admasys International – FreeDee (2021): *Professional 3D Printing in Central Europe*.

Kétszámjegyű növekedés előtt állnak a 3D-nyomtatású orvostechnikai eszközök. *Digitrendi*, 2021. január 3.

Eurostat (2021): *3D printing and robotics*.

Mordor Intelligence (2021): *Europe 3D Printing Market - Growth, Trends, Covid-19 Impact, and Forecasts (2022 - 2027)*.

PERI builds the first 3D-printed residential building in Germany. *PERI*, 2020. szeptember 29.

Rensburg, Jenny van (szerk.) (2021): *Wohlers Report 2021. 3D Printing and Additive Manufacturing. Global State of the Industry*. Wohlers Associates.

ReportLinker (2021): *3D Printing Market Size, Share & Trends Analysis Report By Component, By Printer Type (Desktop, Industrial), By Technology, By Software, By Application, By Vertical, By Material, By Region, And Segment Forecasts, 2021–2028*.

Roche Industry (n. d.): *The Ultimate Guide: Everything Need To Know About 3d Printing Services*.

Steck, Ralf (2021): Leichtbau mit 3D-Druck auf die Spitze getrieben. *Additive Fertigung*, März 1: 42–45.

Fenntartható és intelligens mobilitás

A4E (Airlines for Europe) (2020): *Aviation industry welcomes European Commission's Sustainable and Smart Mobility Strategy as it readies decarbonisation roadmap*. 2020. december 9.

ACEA (European Automobile Manufacturers Association) (2020): *Zero-emission vehicles: European Commission ambitions far removed from today's reality, says ACEA*. 2020. december 10.

CER (Community of European Railway and Infrastructure Companies) (2020): *New EU Strategy for Sustainable and Smart Mobility gives pivotal role to rail*. 2020. december 9.

EC (European Commission) (2020): *Urban mobility and transport. Factsheets Hungary*. Special Eurobarometer 495.

ECF (European Cyclists' Federation) (2020): *Cycling Associations React to EU Commission's Sustainable and Smart Mobility Strategy: "It's a Start, but more Ambition and Concrete Actions Needed"*. 2020. december 9.

Motorizált közlekedés: vonat, repülőgép, közúti gépjármű vagy hajó – melyik a leginkább környezetbarát? *EEA* (2021a), március 26.

EEA (European Environment Agency) (2021b): *Greenhouse gas emissions from transport in Europe*, november 18.

EFIP (European Federation of Inland Ports) (2020): *The European Federation of Inland Ports welcomes the European Commission's renewed commitment to Inland Waterway Transport and Inland Ports to decarbonise transport*. 2020. december 9.

ETF (European Transport Workers' Federation) (2020): *EU's Mobility Strategy must step up its game in shaping socially and environmentally sustainable transport*, 2020. december 9.

Greenpeace European Unit (2020): *New EU mobility strategy continues driving us into the climate crisis despite some "green" measures*. 2020. december 12.

IRU (International Road Transport Union) (2020): *EU Mobility Strategy will severely limit decarbonisation potential of commercial road transport and destroy coach services*. 2020. december 9.

T&E (European Federation for Transport & Environment) (2020): *EU transport plan a big step but risks rerun of biofuels fiasco*. 2020. december 9.

Elektromos személyautók

ACEA (European Automobile Manufacturers' Association) (2021a): *Making the Transition to Zero-Emission Mobility. Enabling factors for alternatively-powered cars and vans in the European Union. 2021 Progress Report*.

ACEA (European Automobile Manufacturers' Association) (2021b): *The Automobile Industry. Pocket Guide 2021–2022*.

EAFO (European Alternative Fuels Observatory) (2021a): *Alternative fuels*.

EAFO (European Alternative Fuels Observatory) (2021b): *Vehicles and fleet*.