

# Élen a karbonsemlegesség felé vezető úton Európában

Az energetikai átmenet gyorsabb megvalósítása a megújuló energiaforrások és a gázenergia kombinálásával

[www.ge.com/gas-power/future-of-energy](http://www.ge.com/gas-power/future-of-energy)



Building a world that works

# Előszó

*Az éghajlatváltozás kezelése világszinten sürgető feladat, és úgy gondoljuk, - ha most - és nem csak évtizedek múlva kezdjük el, akkor fel tudjuk gyorsítani a folyamatot. Hiszünk abban, hogy mind a gázenergia, mind a megújuló energiaforrások kritikus és jelentős szerepet játszhatnak ebben a folyamatban. A gázenergia már jelenleg is, globálisan előtérbe került a szén-gáz tüzelőanyag váltás során, miközben a jövőre nézve továbbra is zajlik az alacsony vagy közel nulla szén-dioxid-kibocsátású gáztechnológiák kifejlesztése. Európa vezető szerepet tölt be a fenntartható és rugalmas gazdaság felé vezető úton, és úgy gondoljuk, hogy az energiaszektor, amelyet világos, kiszámítható és kedvező szakpolitikai keretrendszer kialakítása támogat, kulcsfontosságú szerepet játszhat Európa dekarbonizációjában.*

SCOTT STRAZIK CEO, GE GAS POWER

*A gázenergia és a megújuló energiaforrások párhuzamos felhasználásával Európa a lehető leggyorsabban a legnagyobb mértékű kibocsátáscsökkentést érheti el, és 2050-re megvalósíthatja a klímasemlegesség célkitűzését, miközben az átmeneti időszakban a lehető legkisebb összesített kibocsátást produkálja.*

## Összefoglaló

**Európa célul tűzte ki, hogy 2050-re elérje a nulla nettó üvegházhatásúgáz-kibocsátást (ÜHG).<sup>1</sup>**

Noha ez egyben rendkívüli kihívást is jelent, a cél világossá teszi, hogy milyen átalakító erőfeszítésekre lesz szükséges a Párizsi Megállapodás célkitűzéseinek teljesítéséhez, és az éghajlatváltozás kezeléséhez. Bár nem létezik egyetlen üdvöztető út 2050-ig, és a megközelítések országonként eltérőek lesznek, a cél teljesítése rugalmasságot, valamint számos technológia és megoldás alkalmazását fogja igényelni.

Európa már eddig is jelentős előrelépéseket tett az ÜHG-kibocsátás 1990-es szintjének<sup>2</sup> ~24%-os csökkentésével, amellyel jó példával jár elől a fenntartható gazdaság felé vezető úton. Az energiaszektor Európa dekarbonizációjának fő mozgatórugója,<sup>3</sup> amelyet a megújuló energiaforrások gyors elterjedése és a szén kiváltása határoz meg. A szén-dioxid-csökkentés sebességének további fokozása, és az éghajlati törekvések megvalósítása érdekében valamennyi gazdasági szektort be kell vonni. Az energiaipar nem képes erre egyedül.

Az összes rendelkezésre álló eszközt és infrastruktúrát fel kell használni a megbízhatóság és a megfizethetőség fenntartása érdekében, miközben az energiafogyasztási és -termelési szokások gyors változásokon fognak átesni. Az átlátható és kiszámítható szakpolitikai környezet szerepe kritikus lesz. A döntéshozók által előterjesztett keretrendszer megteremti a befektetési és szabályozási környezetet, és végső soron a dekarbonizáció irányába terelik az országokat. A leghatékonyabb megközelítés a

szén-dioxid-intenzitás csökkenését fogja mérni és ösztönözni rövid távon eredményt produkálva, miközben a nettó zero kibocsátás felé vezető úton marad.

Az egyre megfizethetőbb megújuló energiaforrások elősegítik az energiatermelés dekarbonizációját, de nem képesek önmagukban elérni a szén-dioxid-mentességet. Ezért ezeket olyan technológiákkal kell kiegészíteni, amelyek túllépik a megújuló energiaforrások korlátait, és összeegyeztethetők Európa 2050-re megvalósítandó nulla nettó széndioxid-kibocsátás ambíciójával. A igény szerint elérhető gázenergia biztosítja a szükséges rugalmasságot ahhoz, hogy a magas arányú szél- és napenergiát felhasználó energetikai rendszer megbízhatóvá válhasson. Ezenkívül a ma vagy a jövőben beépített gázturbinák alacsony vagy közel nulla szén-dioxid-kibocsátásúvá alakíthatók a szén-dioxid-leválasztás, -hasznosítás és -tárolás (CCUS) alkalmazásával, vagy olyan alacsony szén-dioxid-kibocsátású tüzelőanyagok használatával, mint pl. a hidrogén, amely jövőbiztos befektetés teszi őket az azonnali kibocsátáscsökkentés érdekében.

Mind a CCUS, mind a hidrogén döntő szerepet játszik nemcsak az energiaszektor, hanem az integrált energiarendszer, és az egész gazdaság dekarbonizációjában. Mindkét technológia ipari klaszterekben történő fejlesztése a méretgazdaságosság kihasználása révén járható út marad mindaddig, amíg a költségcsökkentések lehetővé teszik szélesebb körű telepítésüket Európában.

A gázenergia, amely megnyitja az utat az alacsony vagy közel nulla szén-dioxid-kibocsátású működés felé, megkönnyítheti a széntermelés gyorsított kivezetését azokban az országokban is, ahol a szén továbbra is fontos része a villamosenergia-termelésnek. A szén gyorsított kiváltása elengedhetetlen a kibocsátás összesített csökkentésében az átmeneti időszak során. A földgáz dekarbonizációs hatását tovább fokozzák a szállítási veszteség csökkentésére irányuló célzott intézkedések a teljes gázellátási láncban.

A GE az energia-értéklánc teljes hosszában kínált technológiájával és egyéb szolgáltatásaival egyedülálló perspektívát képvisel az energetikai átállással kapcsolatban, ill. többféle kiegészítő technológiát használ, beleértve a hidrogénnel és CCUS technológiával működő gázüzemű erőműveket, valamint az energetikai átálláshoz szükséges megoldásokat. A GE saját maga is kitzte azt a célt, amely szerint 2030-ra létesítményeiben és működése során karbonsemlegessé<sup>4</sup> szeretne válni. ■

<sup>1</sup> A "nettó zero üvegházhatásúgáz-kibocsátás" azt jelenti, hogy a fennmaradó kibocsátást (amelyeket nem lehet nullára csökkenteni) kiegyensúlyozza az azonos mennyiségű szén-dioxid-eltávolítás.

<sup>2</sup> A 2019-ig elért eredmény, a Covid-19 járvány előttig.

<sup>3</sup> A „dekarbonizáció” e dokumentumban az üvegházhatást okozó gázok intenzitásának fokozatos csökkentésére utal a gazdaságban, a kibocsátás redukálása vagy csökkentése révén.

<sup>4</sup> A szén-dioxid-semlegességet a közvetlen kibocsátás és az energiafelhasználás abszolút csökkentésével több mint 1000 GE létesítményben és a működés során 2030-ig el kell érni.

# A klímasemlegesség mint cél

*Európa közös célkitűzése a 2050-ig megvalósuló klímasemlegesség, amely megjelenik az Európai Zöld Megállapodásban és más kapcsolódó szakpolitikai keretrendszerben, a dekarbonizációt a társadalom szintjén fogja alakítani. Nem lesz egyetlen speciális irány, amely minden országra vonatkozna. A cél eléréséhez számos technológia hozzájárulását lehetővé tevő, rugalmas megközelítésre lesz szükség.*

Az Európai Unió (EU) egyértelmű célt tűzött ki a klímasemlegesség 2050-ig történő elérésére, amelyet hamarosan az európai klímarendelet fog rögzíteni. Az Európai Gazdasági Térség (EGT) országainak és az Egyesült Királyságnak hasonló célkitűzései vannak. Ez a cél alapvetően szükséges a bolygó, az életvitelünk védelméhez, valamint a dekarbonizált gazdasághoz szükséges innováció és átalakulás megvalósításához.

Az Európai Zöld Megállapodás minden eddiginél szélesebb köre tükrözi ezt az igazságot. Különösen fontos a középtávú célkitűzések felgyorsítása a 2030-ra vonatkozó fokozott éghajlatvédelmi törekvésekkel, amelyeket a jelenlegi éghajlat- és energiapolitikai keret felülvizsgálatával támogatnak. A cél elérése érdekében a megújuló energia és az energiahatékonyság új célkitűzéseit olyan piaci alapú szabályozások kiterjesztése fogja támogatni, mint a széndioxid-kibocsátások kereskedelme. A szabályozásoknak összességében egy olyan irányba kell mutatniuk, amely a lehető leghamarabb éri el a gyors dekarbonizációt, amely a lehető legkisebb összesített kibocsátáshoz vezet, miközben Európa állal a klímasemlegességre.

Más európai országok, amelyek nem tagjai az EU-nak, ennek ellenére felzárkóztak az EU törekvéseihez. Az Egyesült Királyság volt az első olyan ország a világon, amely a jogilag kötelező érvényű kötelezettségeket vállalt. Norvégia, Svájc, Izland és Liechtenstein (az Európai Szabadkereskedelmi Társulás tagjai) jogilag kötelezettséget vállaltak arra, hogy 2050-ig vagy korábban elérjék a karbonsemlegességet. Ezeknek a céloknak a jogszabályokban történő meghatározásával a kormányok kötelesek minden jövőbeni intézkedést a klímasemlegesség célkitűzésével összehangolni. Természetesen nem az EU sajátos megközelítése irányítja őket, alapvetően az összehangolt éghajlatváltozási intézkedések szükségessége érdekében szövetkeznek, mivel továbbra is szorosan integrálódnak az EU gazdaságába és energiapiacaiba. Ezt szem előtt tartva, az ebben a dokumentumban megvitatott, az EU-ra vonatkozó számos pont igaz Európa egészére, még akkor is, ha vannak eltérések.

Európa nem egyedül küzd a klímaváltozással szemben. Az Egyesült Államok, Kína és más nemzetek elkötelezettsége azt jelenti, hogy a világ gazdaságának nagy része már 2050-ben szén-dioxid-mentes lehet. A kihívás sürgető, és az európai polgárok és gazdaságok számára jelentős előnyök származhatnak, ha az átállás hatékonyan kezelhető lesz. Ez Európa saját fejlődési iránya szempontjából is megnöveli a tétet.

## AZ EURÓPAI ÉGHAJLATVÁLTOZÁSSAL KAPCSOLATOS KIHÍVÁSOK KERETBE FOGLALÁSA

**Európa jelentős előrelépést tett a kibocsátás csökkentése terén, és eltökélt szándéka, hogy még többet tegyen. A gyors fejlődés és a minimális összesített kibocsátás elérése érdekében a különböző dekarbonizációs utakat figyelembe kell venni, tiszteletben tartva az egyes országok sokszínűségét.**

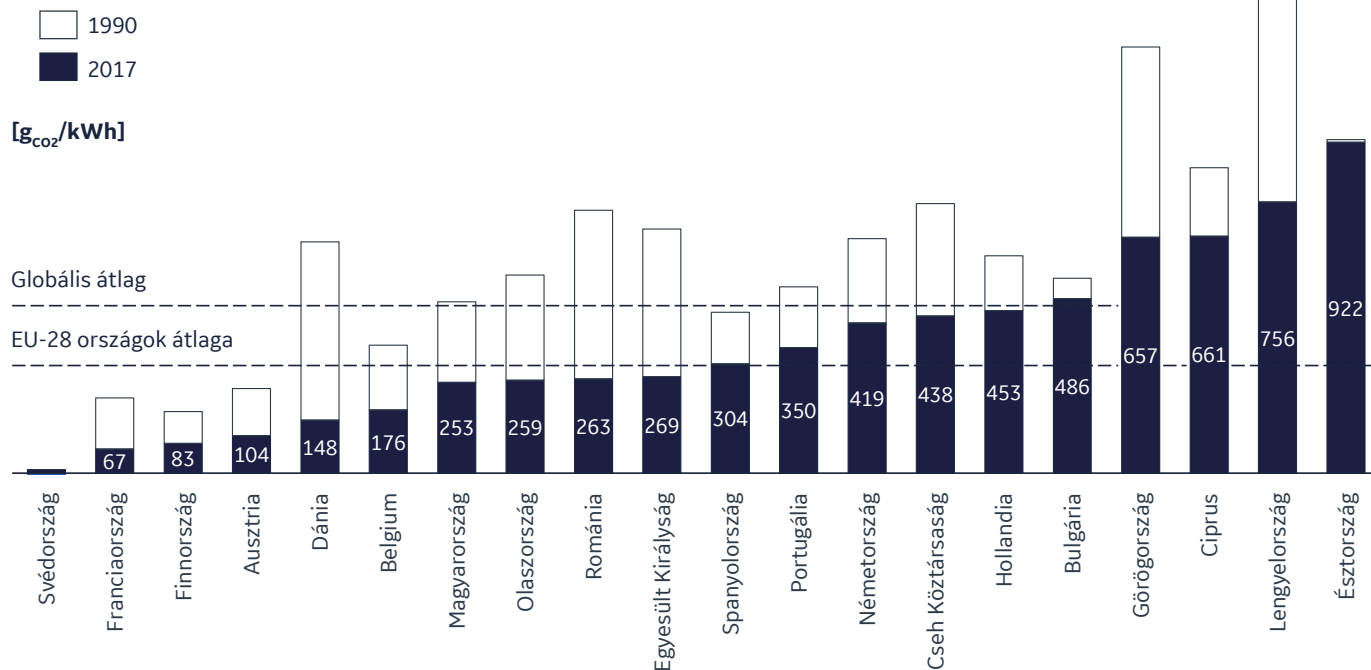
Az Európai Unió már eddig is alapvető haladást ért el a kibocsátást az 1990-es szintről 24%-kal csökkentve 2019-ig.<sup>1</sup> Az ágazati fejlődési pályák elemzése egyértelművé teszi, hogy ez a fejlődés nagyrészt néhány nagy teljesítményű közreműködőnek, konkrétan az energiának

és az iparnak köszönhető. Az energiaszektor CO<sub>2</sub>-kibocsátásának közel 30%-os csökkenése a <sup>v</sup> a teljes uniós kibocsátást közel 17%-kal csökkentette, a legfontosabb hajtóereje volt 2010 és 2019 között. Ugyanakkor más ágazatok kevesebb előrelépést tettek: pl. a közlekedési kibocsátás ugyanebben az időszakban nőtt. Noha ez a globalizáltabb világ és az integráltabb Európa miatti tünet, alááshatja az éghajlatváltozással kapcsolatos erőfeszítéseket. Az Európai Zöld Megállapodás értelmében új szabályozások kezelik ezt a kihívást például a megújuló üzemanyagok fejlesztésével és a szén-dioxid-árképzés alkalmazásával.

Az európai országok eltérőek az energiatermelés szén-dioxid-kibocsátásának intenzitása tekintetében (lásd a következő oldalon található 1. ábrát).<sup>2</sup> Míg az uniós átlag 300g CO<sub>2</sub>/kWh körüli, azok az országok, ahol magas a megújuló energia (Norvégia, Ausztria), vagy a nukleáris energia (Franciaország) vagy ezek kombinációjának részaránya (Svédország, Finnország) 100g CO<sub>2</sub>/kWh értékeket érnek el. Másrészt a magas szénfelhasználású országok (Görögország, Lengyelország) több mint kétszer nagyobb mértékű szén-dioxid-kibocsátást produkálnak, mint az uniós átlag.<sup>2</sup> A kibocsátás sürgős csökkentésének szükségessége azt jelenti, hogy az olyan országok esetén, mint Görögország és Lengyelország, az előrevezető út szükségképpen eltér az energetikai átmenetben előbbre járókétól. Egy olyan gyors növekedést kell előtérbe helyezniük, amely alacsonyabb összesített kibocsátást eredményez a 2050-ig tartó időszakig. Az európai politikáknak ezekben az országokban nemcsak engedélyezniük, de támogatniuk is kell az alacsony szén-dioxid-kibocsátású technológiák gyors alkalmazását, miközben összhangban kell maradniuk a klímasemlegesség hosszú távú célkitűzésével.

<sup>v</sup> Eltérő rendelkezés hiányában a jelen dokumentumban szereplő „Nemzetközi Energia Ügynökség - Outlook” című része a Nemzetközi Energia Ügynökség állami szakpolitikai forgatókönyveire utal a Nemzetközi Energia Ügynökség World Energy Outlook (2020) című kiadványsorozatában, amely a meglévő szakpolitikai kereteket és a bejelentett kötelezettségvállalásokat használja alapként.

## Az energiatermelés CO<sub>2</sub>-intenzitása (2017)



### 1. ÁBRA: Az európai országok eltérőek az energiatermelés szén-dioxid-kibocsátásának intenzitása terén

Források: Európai Környezetvédelmi Ügynökség (2020) <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/co2-intensity-of-electricity-generation> (Unió értékek, 2017)

Nemzetközi Energia Ügynökség (2019) <https://www.iea.org/reports/global-energy-co2-status-report-2019/emissions> (Globális értékek, 2018)

Megjegyzés: A legutóbbi értékek 2017-ben kerültek publikálásra

A leghatékonyabb megközelítés az energiarendszerek szén-dioxid-intenzitásának csökkenését fogja mérni és ösztönözni, rövid távú nyereséget produkálva, miközben a karbonsemlegesség felé vezető pályán marad 2050-ig. Ezt a csökkentési erőfeszítések reális ütemtervei is támogatják, amelyeket a tudomány és a technológia új fejleményei alapján rendszeresen felülvizsgálják.

Ez az átmenet jelentős változásokat igényel Európa energiarendszerében, technológiáiban és tüzelőanyagaiban. Ez azt is jelenti, hogy megváltozik az európai polgárok és a vállalkozások energiához való hozzáférése és energiafogyasztása. Az „első az energiahatékonyság” alapelv az, amelyet minden szakpolitikai keretek kidolgozásakor, a tervezés és az energiaszektorba történő beruházások során alkalmazni kell. Az éghajlatváltozás különösen a polgárok számára a tisztességesebb társadalom mozgatórugója lehet, de alá is áshatja az érintett ágazatok által foglalkoztatottak és támogatottak jólétét - így a felelős kormányzás döntő szerepet fog játszani.

Az európai zöld megállapodás és a kapcsolódó szakpolitikai programok által lefedett tevékenységek köre azt tükrözi, hogy az energiarendszer egészét kell figyelembe venni, nem pedig egy adott technológiát. Európa csak akkor érheti el költséghatékony módon a mélyreható szén-dioxid-mentesítést, ha mindezen elemekről holisztikusan gondolkodik.

A tanulmány következő két szakasza először az energiarendszerek fejlődését, majd a különböző energiatechnológiák és tüzelőanyagok szerepét mutatja be az átállás során.

# Energiarendszer

AZ ENERGIAIPAR EGYEDÜL NEM KÉPES ERRE.

Az energiarendszerek integrációja alapvető fontosságú lesz az éghajlatvédelmi átállás megvalósításában, biztosítva, hogy az energiaszektorban elért nyereséget és hatékonyságot az egész gazdaságban meg lehessen osztani.

Az energiaipar kulcsfontosságú szerepet játszott az EU CO<sub>2</sub> kibocsátásának csökkentésében: 1990 és 2018 között közel 500 Mt-val járult hozzá a teljes, csaknem ~1400 Mt CO<sub>2</sub>e nettó ÜHG-gáz kibocsátás csökkenéséhez. Amint azt az Európai Környezetvédelmi Ügynökség hangsúlyozta, a csökkenés hátterében a „megújuló energiaforrások erőteljes elterjedése, a szénről a gázra történő átállás a hő- és villamosenergia-termelésben, valamint az energiahatékonyság javítása” áll.<sup>3</sup> Ebben az időszakban a széntermelés aránya körülbelül a felére, 40%-áról 20%-ra esett vissza, a gázenergia csaknem megháromszorozódott, kevesebb mint 7%-ról több mint 18%-ra, a szél és a napenergia pedig lényegében nulla alapértékről a teljes termelés 14%-ára nőtt. Lásd a 2. ábrát

De az energiaszektor önmagában nem képes megvalósítani Európa éghajlati törekvéseit. Míg az alacsony szén-dioxid-kibocsátású energiatermelés egyre költséghatékonyabbá válik, az új korlátok akadályozzák a fejlődést. Európa népsűrűsége egyre nagyobb kihívást jelent a földigényes megújuló energiával kapcsolatos projektek kidolgozásában. Továbbá Európa villamosenergiájának majdnem 40%-a nukleáris és vízenergia; ezek CO<sub>2</sub>-mentes energiaforrások, amelyek a következő években lényegesen nem fognak növekedni. Ezek a tényezők, valamint a régi, környezetszennyező erőművek fokozatos megszüntetésének szükségessége még akkor is, ha Európa általános villamosenergia-igénye növekszik, azt jelentik, hogy az energiaszektor átalakításának legnehezebb napjai még előttünk, nem pedig mögöttünk állnak.

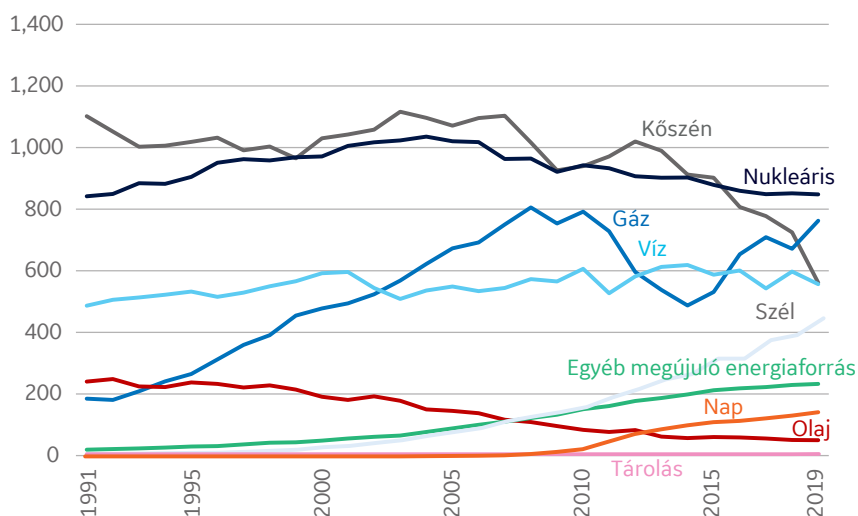
Bár számos ágazat a kibocsátás csökkentése érdekében a villamosításra támaszkodik, a villamosítás önmagában nem fogja elérni a fenntarthatósági célokat. A tüzelőanyagok égetéséről a villamosenergiára történő áttérés egyértelmű környezeti előnyökkel jár a felhasználás helyén a helyi légszennyező anyagok csökkent kibocsátása miatt. Ahhoz azonban, hogy a villamosítás a leghatékonyabban csökkentse a CO<sub>2</sub>-kibocsátást, az energiaágazatnak át kell alakulnia, és tovább kell csökkentenie szén-dioxid-intenzitását.



*Valamennyi gazdasági ágazatnak fokoznia kell a szén-dioxid-mentesítésre irányuló erőfeszítéseket, és hatékony integrált energiarendszereket kell kialakítania ahhoz, hogy Európa elérje a nettó nulla szén-dioxid-kibocsátást.*

## Európa energiatermelése a tüzelőanyag szerint

TWh tüzelőanyag szerint



**2. ÁBRA:** Az európai villamosenergia-termelés összetétele a szénről az alacsonyabb szén-dioxid-kibocsátású technológiák felé mozdul el

Forrás: ENERDATA (2020)

*A megújuló energiaforrások térnyerése új kihívást jelent majd abban, hogy az energia oda jusson, ahol és amikor arra szükség van. Európa energiarendszerének minden rendelkezésre álló eszközt és infrastruktúrát ki kell használnia a megbízhatóság fenntartása érdekében, miközben az energiafogyasztási és az energiatermelési szokások gyorsan változnak.*



## A FEJLŐDŐ ENERGIARENDSZER KEZELÉSE

Ahhoz, hogy megértsük, hogyan és miért fognak a különböző technológiák hozzájárulni az energiarendszerünk szén-dioxid-mentesítéséhez, először magának a villamosenergia-rendszernek a sajátos igényeit kell megvizsgálunk.

A karbonsemleges gazdaság felé vezető utat nem egyszerűen az termelőeszközök kibocsátás intenzitása határozza meg, hanem a teljesítményük és egyedi sajátosságai is. Ezért ez a dokumentum röviden tárgyalja azokat az elsődleges szempontokat, amelyek hatással lesznek a villamosenergia-mixünkre.

Az európai energiarendszerek jövője összekapcsolt és integrált. Ennek eléréséhez a döntéshozóknak és a piaci szereplőknek az energiarendszert kell figyelembe venniük, több energiafordozót, infrastruktúrát és fogyasztói ágazatot átfogóan.<sup>4</sup> Ennek gyakorlati példája a könnyű haszongépjárművekkel történő szállítás villamosítása. Az akkumulátorral működtetett elektromos járművek a folyékony üzemanyagok helyett CO<sub>2</sub>-mentes energiát használhatnak, és tömeges méretben akár a tárolást is biztosíthatnák a hálózat számára— valóban integrált módon fogyasztóként és villamosenergia-szolgáltatóként is működve.

Ez növelni fogja az energia iránti igényt, és ezáltal tovább terheli a villamosenergia-rendszert. Az energiahatékonyság javítása kulcsfontosságú módszer e nyomás enyhítésére. A kínálati oldalon a hő és villamos energia egyidejű előállítás („kapcsolt energiatermelés”), és a villamosenergia-termelő eszközök célzott cseréje biztosíthatja a tüzelőanyagok maximális energiaterjesztését. Ezt kiegészítve a termékszabványok és az épületfelújítások jelentősen csökkenthetik az energiaigényt.

Az elektromos hálózat üzemeltetése is nagyon összetett feladat, mivel az előállított és felhasznált energiát valós időben kell egyeztetni a frekvencia kényes egyensúlyának biztosítása érdekében.

## Kapcsolt energiatermelő rendszer



**A kapcsolt energiatermelés, az egyidejű hő- és villamosenergia-termelés kb. 90%-kal növelheti az energiahatékonyságot, szemben a legfejlettebb kombinált ciklusú erőművek 60–65%-ával. A kapcsolt energiatermelő erőművek révén az áramtermelés során keletkező hő visszanyerhető és felhasználható ipari lakó- vagy ipari épületek hőellátásához.**

Sok uniós ország kapcsolt energiatermeléssel halad a CO<sub>2</sub>-kibocsátás csökkentése felé vezető úton. Németországban 2002 óta létezik olyan nemzeti törvény, amelynek célja az energiatermelés támogatása kapcsolt termelés révén. Az ösztönzőket világos céllal ötvözve a törvény sikeresen támogatta a kapcsolt energiatermelés technológiáit az egész gazdaságban, javítva az energiahatékonyságot, és csökkentve az ipari energiafogyasztók költségeit. A nagy hatásfokú kapcsolt energiatermelés a rövid távú dekarbonizáció egyik eszköze, de ehhez egész Európa folyamatos támogatására szükség lesz.

Ebből a célból számos mechanizmus kritikus fontosságú a hálózatüzemeltetők számára, hogy a villanyt égve tartsák, és fenntartsák az európaiak által elvárt (és a világ más részeinél magasabb színvonalú) áramellátás minőségét.

Az európai villamosenergia-hálózatok előtt álló kihívások<sup>vi</sup> folyamatos kezelésének alapvető követelménye a rugalmas reagálás és tartalékkapacitás. Mivel ezek a hálózatok a szinkrontermelésre épültek, az inerciát a szinkrontermelő egységek turbina- és generátorforgói biztosították. A nem szinkron termelőkapacitás gyors bővülése, aminek az elmúlt években tanúi lehettünk, alacsonyabb inerciát eredményez a rendszerben.

A „mesterséges inercia”, amelyet az inverterrel összekapcsolt technológiák, például a szél- és a napenergia révén vezettek be, egyedi igényekre szabott hálózati szolgáltatásokat nyújt. A forgóegységek kinetikus energiája elengedhetetlen a hálózat stabilitásának biztosításához. Ez a kinetikus energia azonban csökken a nagy egységek (nukleáris- és szénenergia) folyamatos visszavonásával, és ha a fennmaradó forgókapacitás működési ideje csökken. Ez az a kihívás, amelynek az energiarendszernek meg kell felelnie annak érdekében, hogy megbízható maradjon, és elkerülhetőek legyenek a feszültségeseések, és egyes keresleti területek automatikus lekapcsolása frekvenciaesés vagy akár teljes hálózati kimaradás esetén. Az Egyesült Királyságban 2019. augusztus 9-én bekövetkezett esemény drámai példája annak, hogy a rendszer két egymás utáni meghibásodását követő frekvenciakiegyenlítés elmaradása milyen következményekkel járhat. Ez az esemény a tömegközlekedés súlyos fennakadásához vezetett London térségében, és mintegy 1,1 millió ügyfél áramellátása szakadt meg.

<sup>vi</sup> Ezek a kihívások például: a nagy termelőegységek vagy rendszerösszekötők előre nem látható hibái, a nagy ipari terhelések gyors növekedése/csökkenése, a forgási tehetetlenség nélküli megújuló energiaforrások változékonysága, távvezeték-hibák, a gőz/nukleáris egységek leállítása miatti inercia csökkenése, vagy a gyors töltésű elektromos járművek megjelenése.

A hálózatra gyakorolt hatások mellett az új megújuló kapacitások konkrét infrastrukturális kihívásokat is felvetnek. A megújuló energiaforrásokkal működő létesítmények helyszíneit gyakran inkább az alkalmasság, mint a kényelem alapján választják meg. Ez azt jelenti, hogy a kínálat gyakran távol állhat a kereslettől. Erre a divergenciára példa Németország, amely megújuló villamos energiájának nagy részét az ország északi részén és az Északi-tengeren állítja elő, ahol bőven van és állandóan fúj a szél. Ezzel szemben számos ipari keresleti központ az ország déli részén található. Ez jelentős új infrastrukturális beruházásokat igényel, négy nagyfeszültségű, egyenáramú (HVDC) vezeték már várhatóan 2030-ra üzemelni fog a hálózatfejlesztési terv részeként, amelyek költsége meghaladja a 60 milliárd eurót.<sup>5</sup>

A változó megújuló energiaforrások arányának növekedése fokozza annak szükségességét is, hogy a megtermelt energiát teljes mértékben fel kell fogni, amikor az meghaladja a keresletet, és akkor kell szállítani, amikor a kereslet meghaladja a kínálatot. A növekvő mértékű rendszerösszeköttetés, a fokozatosan megfizethető akkumulátoros tárolás, a keresletoldali szabályozás és a digitális megoldások mind hozzájárulnak e kihívás megoldásához. Ezen a téren a legfontosabb mozgatórugók a költségek és a piactervezés lesznek.

A kínálat és a kereslet szezonális eltéréseit figyelembe véve jelentősebb megoldásokra van szükség, és ebben a gáz továbbra is kulcsszerepet fog játszani, biztosítva a rendszer rugalmasságának alapjait az elkövetkező évtizedekben.

## SZAKPOLITIKAI KERETEK MEGHATÁROZZÁK A BERUHÁZÁSOKAT

*Bár az energiarendszerünk az infrastruktúrára és az energiatermelésre épül, végső soron a döntéshozók által előterjesztett keretrendszernek kell a piacokat a szén-dioxid-mentesítés irányába terelni.*

Az energiapiacok Európa-szerte szigorúan szabályozottak. Ezek a keretrendszerek versenyt és méltányosságot biztosítanak az egész energiarendszeren belül, és arra törekuszenek, hogy értéket rendeljenek a rendszer stabilitásának, és természetesen a fenntarthatóságához szükséges jellemzőkhöz. Ugyanakkor nem rendelnek szisztematikusan egyértelmű értéket például az egyre fontosabb rugalmassághoz vagy ellenállóképességhez. A szakpolitikának biztosítania kell, hogy az energiapiacok megfeleljenek a céloknak, biztosítsák a szükséges beruházásokat, és végső soron meg tudják valósítani Európa 2050-es célkitűzését.

Az európai energiapolitikai keretrendszernek meg kell találnia az átláthatóság és a rugalmasság közötti egyensúlyt. A GE óvatosságra int a jövő megjósolását célzó szakpolitikával szemben, amely szűk utakat szab a technológiák és az energiaforrások számára. A szén-dioxid-árképzés az EU központi irányelve az energiaágazat CO<sub>2</sub>-kibocsátásának szabályozására azáltal, hogy árjelzéseket közvetít a piaci szereplők és a befektetők számára. Az EU kibocsátáskereskedelmi rendszeréről (ETS) szóló irányelv közelgő felülvizsgálatának a „Fit for 55%” jogalkotási csomag részeként meg kell erősítenie a jelenlegi rendszert annak biztosítása érdekében, hogy az megfelelő jelzéseket küldjön a piacoknak a költséghatékony energetikai átálláshoz. A további intézkedéseket mindig

össze kell hangolni az ETS-sel, mivel a CO<sub>2</sub>-árképzés intelligens módon ötvözi a kormányzati szabályozást az innovációbarát és költséghatékony piaci folyamatokkal. A gazdasági tevékenységek adminisztratív felosztására tett kísérletek aszerint, hogy ezek mennyiben járulnak hozzá az átalakuláshoz, több kárt okozhatnak, mint hasznot, mivel az innováció és a gazdasági realitások túlságosan összetettek és dinamikusak. A szén-dioxid-árképzést olyan irányelvekkel kell továbbá kiegészíteni, amelyek technológiafüggetlenek, és hangsúlyozzák mind a rövid távú, a legnagyobb csökkenést hamarabb előidéző cselekvést, mind pedig az ambiciózus szén-dioxid-csökkentés hosszú távú jövőképét, amely elvezet a klímasemlegességhez 2050-ig. Végül, a hidrogén, a CCUS és a végfelhasználói szektor integrációjának támogatását célzó kezdeményezések kulcsfontosságúak lesznek az új technológiák fejlesztése és telepítése szempontjából.

A piactervezést a szakpolitika is strukturálja, ezért nem pusztán a közgazdaságtan vezérli, hanem az európai polgárok energiaigényének kielégítése is. Ez azt jelenti, hogy a legjobb energia nem mindig a legolcsóbb vagy a valójában legkevésbé szén-dioxid-kibocsátó, és a piaci szereplők és a döntéshozók feladata, hogy felkészüljenek a legszükségesebb keresleti forgatókönyvekre. Ezeknek az aggodalmaknak a fenntarthatósággal és a megfizethetőséggel kapcsolatosságát gyakran „energiatrimlémmának” nevezik.

**A gázenergia képes kielégíteni a rugalmassági igényeket, miközben az üzemanyagok és létesítmények dekarbonizációja által a karbonsemleges termelés felé halad. Az európai villamosenergia-piacok kialakításának el kell ismernie ezt a hozzájárulást, biztosítva, hogy a gáztermelés továbbra is betölthesse ezt a kulcsszerepet, miközben gazdaságilag életképes maradjon.**

A rugalmas, megbízható kapacitások díjazása például kapacitásra –vagy inkább, „képességre”– vonatkozó mechanizmusok révén tehát a stabil és fenntartható energiarendszer létfontosságú eleme.

A szakpolitikai kereteknek biztosítaniuk kell továbbá, hogy az energiarendszer elnyerje a dekarbonizációhoz szükséges jelentős beruházásokat. Bár a becslések jelentősen eltérhetnek, az Európai Bizottság előrejelzése szerint a klímasemlegesség 2050-ig történő eléréséhez 500 milliárd eurót meghaladó éves beruházásokra van szükség.

A beruházások legnagyobb részét magánfinanszírozással lehet és kell a dekarbonizációba bevonni. Ezeket a beruházásokat a piaci erők fogják vezérelni, felismerve az energetikai átállás által nyújtott gazdasági lehetőségeket. A magánszektor beruházásaival kiegészített állami finanszírozásnak nagyon fontos szerepe lesz a kialakulóban lévő technológiák támogatásában azokban az esetekben, amikor a piaci erők nem elégségesek, hogy a méltányos átállást biztosítsák.<sup>vii</sup>

A közvetlen beruházások vagy a magánszektor beruházásainak mobilizálása érdekében tett állami lépések mérlegelésekor alapvető fontosságú, hogy a beruházási környezet Európa ma meglévő energiarendszerével működjön együtt, ne pedig azzal, amelyet 2050-re remél. Ez azt jelenti, hogy a finanszírozást oda kell irányítani, ahol rövid távon és középtávon maximális csökkenést tud elérni, miközben továbbra is összeegyeztethető marad a klímasemlegesség hosszú távú célkitűzésével.

A szakpolitikák, a piacok és a befektetések immateriális keretei lesznek a legfontosabb tényezők Európa sikerében. Kölcsönhatásukat és pontos hatásmechanizmusukat pontosan megjósolni kihívást jelent, vagy szinte lehetetlen. Ezt szem előtt tartva a döntéshozóknak kerülniük kell a szűk kereteket. Ehelyett a piacokat a megfelelő ösztönzők által vezérelhetik, - mint például a szén-dioxid-árképzés - az innováció és a kísérletezés útján a szén-dioxid-semleges jövő felé. .

<sup>vii</sup> A méltányos átállás olyan átállás, amely óvja az állampolgárok jólétét, különösen azokban a súlyosan érintett régiókban, amelyek a dekarbonizált gazdasággal összeegyeztethetetlen iparágakra, például a szénbányászatra támaszkodnak.

## A szén-dioxid minimálára



**A szén-dioxid-minimálár alkalmazása nagyon sikeres lehet, és a különböző joghatóságok Európán belül és kívül is ösztönzik a szén gyors kivzetését az energiarendszerükből. A minimálárak biztosíthatják, hogy a karbonintenzív energiatermelés káros hatásait megfelelően figyelembe vegyék az erőmű életciklus gazdaságosságának tervezésekor.**

Egy ilyen eszköz bevezetése nagyobb biztonságot jelent a befektetők számára is, garanciát vállalva arra, hogy a szén ára nem mehet a meghatározott árszint alá. 2013 áprilisában az Egyesült Királyság kormánya úgy döntött, hogy bevezeti a szén-dioxid-minimálárát (CPF) azzal a céllal, hogy támogassa az unió kibocsátás-kereskedelmi rendszerét. A CPF támogatta a szén árát, csökkentette a bevételeknek a szén áringadozása miatti bizonytalanságát, és javította az alacsony szén-dioxid-kibocsátású beruházások gazdaságosságát. E politikai eszköz bevezetése óta az Egyesült Királyságban jelentősen csökkent a szénelapú villamosenergia-termelés. A szén aránya a teljes villamosenergia-termelésben a 2013. évi ~ 36%-ról 2019-re ~ 2%-ra csökkent. Ezenkívül 2017 óta az Egyesült Királyságban olyan időszakok vannak, amelyekben egyáltalán nincs szénelapú energiatermelés. 2020 folyamán az Egyesült Királyság megdöntötte rekordját, amikor a széntüzelésű villamosenergia-termelés az április 10. és augusztus 12. közötti időszakban teljesen szünetelt – Ez a leghosszabb ilyen időszak azóta, hogy Nagy-Britannia az 1880-as években bevezette a szénelapú villamosenergia-termelését. Az EU ETS-rendszerén kívül a német kormány szintén úgy határozott, hogy 2021-től megszabja az üvegházhatásúgáz-kibocsátás minimális árát mind a szállítás, mind az építőipar területén. Berlin a kibocsátási egységek 2026-tól kezdődő árveréséig minden évben tovább kívánja emelni az árat.





# Technológia és tüzelőanyagok

A MEGÚJULÓ ENERGIAFORRÁSOK ÉS A GÁZ EGYÜTTESEN MEGKÖNNYÍTHETIK EURÓPA ENERGETIKAI ÁTÁLLÁSÁT

*Az egyre megfizethetőbb megújuló energiaforrások elősegítik az energiatermelés dekarbonizációját, de nem képesek önmagukban elérni a szén-dioxid-mentességet.*

A megújuló energia, különösen a szél és a fotovoltaikus naperőművek (PV), CO<sub>2</sub>-mentes, kifogyhatatlan energiaforrások, amelyek nincsenek kitéve az üzemanyagárak ingadozásának, és így az áram termelését nagyon alacsony költségek mellett teszik lehetővé. Ezen technológiák bevezetése kulcsfontosságú a klímaváltozás kezelésében, miközben az innovatív és magas hozzáadott értéket teremtő iparágak alakulnak ki a megújuló energiaforrások gyártása és kezelése köré. A megújuló villamosenergia-termelés gyors növekedését Európában leginkább a költségek csökkentése, a kapacitásfaktorokat javító technológiai fejlesztések, a kedvező szakpolitika, és a karbonsemleges energiaforrásokkal kapcsolatos pozitív közhangulat eredményezte.

A GE határozottan támogatja a költséghatékony megújuló energiával kapcsolatos technológiák folyamatos fejlesztését. A párizsi székhelyű megújuló energiával foglalkozó részlegünk a szélturbinák és a vízenergia-berendezések vezető szállítója.

A költségek kulcsfontosságú mozgatórugói voltak ennek az átállásnak. Európában a megújuló technológiák gyakran versenyeznek a hőtermeléssel az új kapacitásokra kiírt nyílt pályázatokon. 2010 és 2019 között a fotovoltaikus naperőművek és a szélenergia-berendezések beépített kapacitása körülbelül 110 GW-ról 285 GW<sup>6</sup>-ra nőtt. Ebben az időszakban az ezekből a forrásokból előállított villamos energia költségei rendre 82%-

kal, illetve 40%<sup>7</sup>-kal csökkentek, ami ennek a rendkívüli növekedésnek a mozgatórugója. Ez az esés elsősorban a tőkeköltések csökkentésének, az ellátási lánc fejlesztésének, és a támogatási programoknak köszönhető. A szélturbinák alacsony szélsebesség mellett is egyre hatékonyabbá válnak. A tornyok egyre magasabbak és a lapátátmérők nagyobbak, amely lehetővé teszi számukra, hogy több energiát termeljenek egy adott földterületen.

Mivel a kiindulópontok és a fizikai tényezők Európában nagyon eltérőek, ezért az optimális út a lehető legkisebb mértékű szén-dioxid-kibocsátás eléréséhez minden országban eltérő lesz.

**A megújuló energiaforrások és a gáz kombinációja sok ország számára lesz a dekarbonizáció leggyorsabb és legköltséghatékonyabb útja. Ezenkívül a szénről az alacsonyabb kibocsátású forrásokra való áttérés az átmeneti időszak alatt alacsonyabb összesített kibocsátást eredményezhet.**

Amint azt ebben a dokumentumban korábban tárgyaltuk, a meglévő villamosenergia-rendszerünk korlátozott mértékben képes megújuló villamos energiát továbbítani és tárolni. Ez viszont vagy lassabb átállást, vagy a beruházási költségek jelentős növekedését jelenti, amely kevés előnyt jelent az olyan átállással szemben, amely szintén gáznemű üzemanyagokat hasznosít.

**A megújuló energiaforrások gyors elterjedését ezért olyan technológiákkal kell kiegészíteni, amelyek leküzdik a lehetséges korlátokat, ugyanakkor összeegyeztethetők Európa 2050-ig kitűzött céljaival.**



## A GÁZTURBINÁKKAL LEHETSÉGES ELÉRNI AZ ALACSONY VAGY KÖZEL NULLA SZÉN-DIOXID-KIBOCSÁTÁST

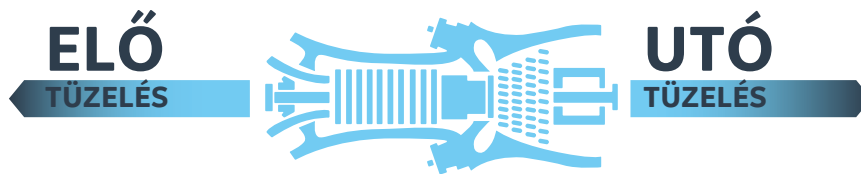
A gázerőmű az a technológia, amely kiegészítheti a változó megújuló energiaforrásokat, és a szél- és napenergia magas részarányával megbízhatóvá és felkészültté teheti az energiarendszert az európai gazdaság igények kielégítésére. Európa fejlett gázszállítási és -tárolási infrastruktúrájának kihasználásával a gázenergia-termelés biztosíthatja a szén-dioxid-mentes villamosenergia-rendszerre való átállást, garantálva az ellátás biztonságát, miközben költséghatékonyan gondoskodik a dekarbonizációról.

A földgáztüzelésű kombinált ciklusú erőművek (CCPP) a legkisebb kibocsátással járó igény szerint termelő erőművek, függetlenül attól, hogy a méréseket CO<sub>2</sub>, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, lebegő részecske vagy higanykibocsátás alapján végezték. A továbbiakban azonban tovább kell csökkenteni a CO<sub>2</sub>-kibocsátást, és tévhit, hogy az új gáztermelő kapacitás telepítése az erőmű élettartama alatt „rögzíti” a CO<sub>2</sub>-kibocsátást. A jelenleg üzemelő vagy még üzembe helyezni kívánt gázturbinák lehetővé tudják tenni a dekarbonizációt a CO<sub>2</sub>-kibocsátás meghatározásának elkerülésére a szén-dioxid-leválasztó technológiák, vagy az alacsony szén-dioxid-kibocsátású tüzelőanyagok, pl. az alacsony vagy nulla szén-dioxid-kibocsátású hidrogén vagy bioüzemanyagok felhasználásával.

Ezenkívül a gáztüzelésű energiatermeléshez lényegesen kisebb terület szükséges, mint a megújuló energiaforrásokhoz, ami lehetővé teszi a földgázerőművek keresleti központokhoz közelebbi telepítését, amivel esetleg elkerülhető az átviteli infrastruktúrába való beruházás. A kombinált ciklusú erőműveknek (CCPP) csaknem 400-szor kevesebb földterületre van szüksége, mint egy fotovoltaiikus naperőműnek, és 4000-szer kevesebbre, mint amennyire egy hasonló kapacitású szárazföldi szél erőműnek szüksége lenne.<sup>8</sup>

A GE szilárd meggyőződése, hogy a ma alkalmazott technológiáknak összeegyeztethetőnek kell lenniük Európa hosszú távú éghajlatváltozással kapcsolatos célkitűzéseivel, még akkor is, ha rövid távon csökkentik a kibocsátást és támogatják a hálózat stabilitását. A gáznemű tüzelőanyagok és a hőtermelés minden villamosenergia-rendszer elengedhetetlen elemei, még egy teljesen dekarbonizált gazdaságban is. Lásd a 3. ábrát

*A hidrogén és a CCUS révén a ma üzemelő gázturbinák alacsony és közel nulla széndioxid-kibocsátásúvá alakíthatók, ami azonnali kibocsátáscsökkentést eredményez, miközben megalapozza a karbonsemlegességhez vezető utat.*



**3. ÁBRA:** A gázturbinák dekarbonizációjának eszközei - két technológiai út az alacsony vagy közel nulla szén-dioxid-kibocsátású gáztermeléshez: az előégetés és utóégetés

Két kulcsfontosságú technológiai út létezik az alacsony vagy közel nulla szén-dioxid-kibocsátású gáz-előállítás felé - az utóégetés és az előégetés. A szén-dioxid-leválasztás, -hasznosítás és -tárolás (CCUS), valamint a hidrogén a két általánosan elfogadott lehetőség, amely az utó- és az előégetés megközelítést képviseli. Az egyes technológiák megvalósításának helye és módja jelentősen függ a költségekkel, a szakpolitikai környezettel, a földrajzi elhelyezkedéssel, a közfelfogással és a meglévő infrastruktúrával kapcsolatos tényezőktől. Ezért létfontosságú, hogy az európai politikai környezet lehetővé tegye az energiapiac szereplői számára, hogy kiválasszák a sajátos igényeiknek leginkább megfelelő technológiai utat. Ily módon Európa a leggyorsabb és legköltséghatékonyabb módon haladhat a CO<sub>2</sub>-mentes energiarendszer közös célkitűzése felé.

**A SZÉN-DIOXID-LEVÁLASZTÁS, -HASZNOSÍTÁS ÉS -TÁROLÁS LEHETŐVÉ TESZI A A SZÉN-DIOXID-MENTESÍTÉST AZ EGÉSZ GAZDASÁGBAN**

**A CCUS egy elérhető technológia, amely szinte teljes mértékben képes az erőművek szén-dioxid-mentesítésére. Kiszervekben telepíthető, kihasználva a méretgazdaságosságot az alacsony szén-dioxid-kibocsátású iparágak támogatása érdekében.**

A CCUS magában foglalja a CO<sub>2</sub>-kibocsátás leválasztását és tárolását, mielőtt az a légkörbe kerülne. Amint azt fentebb tárgyaltuk, ez az eljárás alkalmazható „előégetésben”, vagyis a földgáz hidrogénné alakításaként. Alkalmazható „utóégetésben” is, ami a földgáztüzelésű erőművek gázkibocsátásának leválasztását és megkötését jelenti. Ezeket a gázokat ezután a föld alatt, megfelelő sós víztartó rétegekben, kimerült gázmezőkben tárolhatják, vagy más ipari folyamatokban használhatják fel. Ezekkel az eljárásokkal az erőművek CO<sub>2</sub>-kibocsátásának több mint 90%-a kiküszöbölhető.

Bár jelentősen csökkenti a kibocsátást a CCUS hatással van az erőmű gazdaságosságára. A többletköltségek és a csökkentett hatékonyság figyelembevételével az energiatermelés teljes költsége (LCOE) 30–50%-kal emelkedik a leválasztott szén-dioxid várható szintjétől függően.<sup>9</sup> Ezenkívül a CCUS-létesítmények hozzáadása növelheti az erőművek lábnyomát. Jelenleg is folynak erőfeszítések az erőmű és a CCUS hőigényének optimalizálására, hogy a hatékonyságra gyakorolt hatás csökkenjen.

Pusztán a CO<sub>2</sub> elkülönítése nem elegendő a mélyreható dekarbonizációs célok eléréséhez. Biztonságos és tartós tárolásra is szükség van. Az a közzélekedés, hogy a leválasztott CO<sub>2</sub>-t

nem lehet tartósan megkötni, ma a CCUS elterjedésének egyik legnagyobb akadálya. A fosszilis tüzelőanyagok kitermelési technológiáival párhuzamosan a tudósok úgy vélik, hogy a Föld képes arra, hogy több CO<sub>2</sub>-t tároljon, mint amennyit az ember előállítani képes, és nagyon alapos bizonyíték van arra, hogy a CO<sub>2</sub> több száz millió éven keresztül biztonságosan tárolható a föld alatt. A közfelfogás és a politikai meggyőződések azonban valóságosak, és foglalkozni kell velük, mielőtt a szén-dioxid-elkülönítést széleskörűen alkalmaznák.

A CCUS-létesítmények az 1990-es évek közepe óta működnek Európában. Csak egyetlen norvégiai, a Sleipner nevű gázmező több mint 20 millió tonna CO<sub>2</sub>-t különített el a kimerült gázmezőkben. Ez megmutatta a technológia hatékonyságát, a tárolás tartósságát és mértékét, amely szerint a CCUS Európa-szerte alkalmazható lesz.

Ezenkívül nemcsak az energiaszektor fektet be a CCUS-ba. A technológia számos ipari szektor dekarbonizációs pályájának alapvető eleme; például a cement- és vegyszergyártásé. A CCUS fejlesztése az ipari központokban méretgazdaságossági előnyt jelenthet, és az alacsony szén-dioxid-kibocsátású, egymást kiegészítő ipari- és energiatermelő létesítmények klasztereit hozza létre.

Jelenleg a szén-dioxid-árképzést az erőművekre és más ipari létesítményekre alkalmazzák az uniós kibocsátáskereskedelmi rendszer (ETS) és a megfelelő brit kibocsátáskereskedelmi rendszer alapján. A GE által végzett, és kérésre rendelkezésre álló elemzés szerint a kibocsátásra kirótt szén-dioxid-adó és a szén-dioxid leválasztásra és megkötésre fizetendő adó közötti eltérés az utóégetés szén-dioxid-leválasztás telepítése mellett szől, amely bizonyos körülmények között olyan alacsony, fenntartható CO<sub>2</sub>-árzást eredményez, mint a ~ 29- ~ 41 EUR/tonna. Ezt tovább támogatja az EU kibocsátáskereskedelmi rendszer Innovációs Alapja, amely 2020–2030 között mintegy 10 milliárd euróval támogatja az innovatív, alacsony szén-dioxid-kibocsátású technológiák kereskedelmi alkalmazását. Ezek az irányelvek politikák együttesen csökkenhetik a költségeket és széles körben terjeszthetik a CCUS-technológiákat.



## A CCUS alkalmazása ipari klaszterekben

**Noha az EU jelentős eltolódást tervez a megújuló energiaforrások irányába az energiatermelő szektorban, a fosszilis tüzelőanyagok rövid és középtávon várhatóan továbbra is hangsúlyos szerepet játszanak majd. Az energiatermelés során a fosszilis tüzelőanyagok elégetéséből származó CO<sub>2</sub> az EU teljes üvegházhatásúgáz-kibocsátásának mintegy 30%-át teszi ki. A CCUS technológia célja ezen kibocsátások körülbelül 90%-ának megkötése. A CCUS várhatóan létfontosságú szerepet játszik majd a 2050-es éghajlat-politikai célkitűzések költségvetésként megvalósításában.**

A CCUS-létesítmények ipari központokban történő kiépítésével a költségek megoszthatók több projek támogatója között. Erre példa a hollandiai Rotterdami kikötő, amely ipari partnerek konzorciumával együttműködve fejleszti a Porthos szén-dioxid-tároló projektjét.

Amikor ez a projekt aktív lesz, évente tartósan 2,5 millió tonna CO<sub>2</sub>-t köt le az Északi-tengerben. Az ipari létesítmények dekarbonizációja mellett jelentős mennyiségű kékhidrogén termelését teszi lehetővé. A projekt több mint 100 millió euró uniós támogatást nyert, és remélhetően már 2024-ben működőképes lehet. A Porthos projekt bemutatja, hogy a CCUS csomópontok hogyan tudják támogatni a klímasemleges ipari központok működését. Az erőművek szintén rálépnek erre a kritikus szén megkötési útra, és mint kulcsfontosságú kezdeti partnereként csatlakoznak az ipari klaszterekhez.



## EURÓPA ÉLEN JÁR A ZÖLD HIDROGÉN FELE Vezető globális kezdeményezésben

A hidrogén kulcsfontosságú szerepet fog játszani a jövő gazdaságában, mind energiahordozóként, mind ipari alapanyagként. Ma még nagyrészt földgázátalakítás révén állítják elő, de a CCUS közeljövőben történő alkalmazása, és a megújuló villamos energiából előállított hidrogén arányának növekedése hosszabb távon új lehetőségeket nyit meg.

Az Európai Bizottság egyértelműen kinyilvánította, hogy a hidrogén Európa gazdaságában kulcsfontosságú szerepet fog játszani. Az Európai Bizottság 2020 nyarán közzétett, mérőföldkőnek számító hidrogénstratégiájában azt vetíti előre, hogy a hidrogén 2050-re az EU energiaszerkezetének körülbelül 14%-át teszi majd ki, és ehhez akár 470 milliárd euró értékű beruházást fognak támogatni. Ez jelentős növekedést jelent a jelenlegi szinthez képest, amikor a hidrogén az unió energiafogyasztásának kevesebb mint 2%-át teszi ki. Ez a részarány azonban növekszik, és a GE által szállított turbinák már hidrogénkeverékekkel és annak variánsaival működnek.

Az alacsony szén-dioxid-kibocsátású, és a megújuló hidrogén költségei csökkentek, az EU becslései szerint az elektrolizáló berendezések költségei az elmúlt tíz évben 60%-kal csökkentek.<sup>10</sup> Ez a csökkenő tendencia várhatóan folytatódik, bár e gyorsan fejlődő technológiai terület hosszú távú pályájával kapcsolatban mindig vannak bizonytalanságok. Az állami támogatás mértéke, a fogyasztói piac fejlődése és az új eljárásokban rejlő lehetőségei együttesen határozzák meg a végső költséggörbét.

Míg a közeljövőben a hidrogén alkalmazása az villamosenergia-termelésben valószínűleg demonstrációs kísérleti projektekre korlátozódik, hosszabb távon kulcsfontosságú szerepet játszhat a megújuló energiaforrásokból származó többlet villamos energia tárolásában és a kiegyenlítésben, ahol ez hosszabb távon szükséges. Ez lehetővé teheti a közel nulla szén-dioxid-kibocsátású energiatermelést az erőművek szintjén, ugyanúgy, mint ahogy azt ma a szél és a nap teszi. A GE felkészült erre a jövőre. Az általunk ma szállított gázturbinák vagy a korszerűsített meglévő egységek, az égetőrendszert, az üzemanyag-kiegészítőket, a kibocsátást és a gyári rendszereket tekintve képesek lesznek alacsony szén-dioxid-kibocsátású üzemanyagokkal működni. A GE széleskörű tapasztalattal rendelkezik ezen a területen, és gázturbinái az elmúlt 30 év során számos ipari alkalmazásban hidrogén-

*A hidrogénnek alapvető szerepe van a gazdaság különböző szektorainak dekarbonizációjában, és lehetővé teszi az alacsony szén-dioxid-kibocsátású, rugalmas hőtermelést.*

## A hidrogén szerepe a dekarbonizációban



**Ahhoz, hogy 2050-re klímasemlegessé váljon, az EU át kívánja alakítani gazdaságát, különösen energiarendszerét, amely az EU teljes üvegházhatásúgáz-kibocsátásának 75%-át adja. Ebben az összefüggésben Brüsszel jelentős szerepet szánt a hidrogénnek. Az EU 2020 júliusában közzétett hidrogénstratégiájában azt tervezi, hogy 2050-ig 14%-ra növeli a hidrogén részarányát Európa energiaszerkezetében.<sup>10</sup>**

A hidrogén az unió gazdaságában történő alkalmazása a villamosításra alkalmatlan ágazatok energiaellátását, valamint a megújuló energiaforrások termelési ingadozásának ellensúlyozására alkalmas tárolást szolgálja. A stratégia célja a CO<sub>2</sub>-mentes hidrogéntermelés fellendítése az egész unióban, amely mintegy 550 milliárd eurót kíván bevonnai az elkövetkező években.

Számos uniós tagállam az alacsony szén-dioxid-tartalmú hidrogént már saját integrált nemzeti energia- és klímatervnek alapvető elemeként definiálta. Ebben a tekintetben Németország határozottan hisz abban, hogy a hidrogén mélyreható dekarbonizációt eredményezhet gazdaságában, és 2020 júliusában ambiciózus nemzeti hidrogénstratégiát tett közzé. Az alacsony szén-dioxid-tartalmú hidrogén rövid távú növelésével Németország azt reméli, hogy globális vezető szerepet szerezhet a hidrogén-technológiák terén, miközben 2050-re a teljesen megújuló hidrogén felé törekszik.

A német kormány a hidrogént fontos eszköznek tartja a 2050-es célok elérésében, és elősegíti az 5 GW-os hidrogéntermelési kapacitás gyors növelését 2030-ig. A hidrogént az egész gazdaságban felhasználják, elsősorban a kihívást jelentő ipari ágazatokat, például az acélipart és a vegyipart dekarbonizálva. A hidrogéntermelés növekedésével együtt a hidrogénpiacokat és projekteket fejlesztő szomszédos országokkal való integráció is mélyebbé válik.

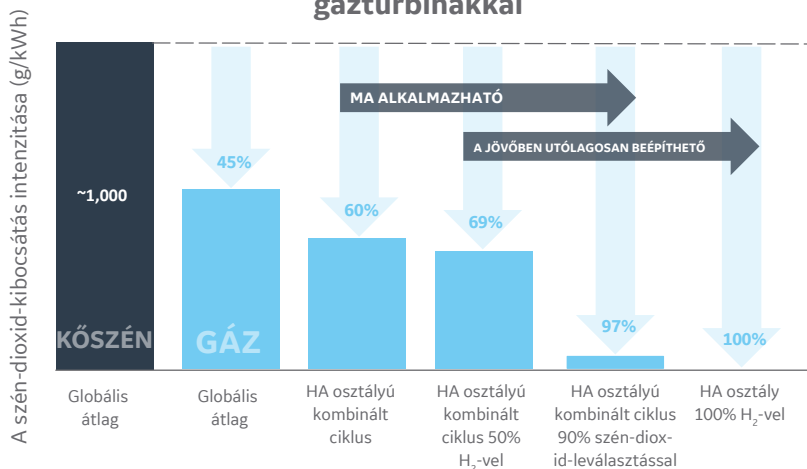
E törekvés megvalósítása érdekében Németország aktívan támogatta „közös európai érdeket szolgáló fontos projekt” (IPCEI) létrehozását a hidrogén számára, amely jelentős finanszírozást fog biztosítani. Berlin reméli továbbá, hogy több mint 7 milliárd eurót különít el a hidrogén technológia piaci bevezetésének felgyorsítására Németországban, és további 2 milliárd eurót a nemzetközi partnerségek támogatására.

Más európai országok, köztük Franciaország, Hollandia, Norvégia, Portugália és Spanyolország is felfedték hidrogén-stratégiájukat, és több milliárd eurós beruházásokat terveznek ezen a területen.

üzemanyag-keverékekkel működtek. A GE emellett továbbfejlesztett gázturbinái hidrogéntekológiai képességeit. A hidrogénnek a gázturbinákban történő felhasználásáról szóló tanulmányunk a kapcsolódó műszaki kérdésekkel foglalkozik

részletesebben.<sup>11</sup> Lásd a 4. ábrát a következő oldalon.

## Az alacsony vagy közel nulla CO<sub>2</sub>-kibocsátás felé vezető út gázturbinákkal



### 4. ÁBRA: Gázturbina dekarbonizációs lehetőség

Forrás: Nemzetközi Energia Ügynökség - Világ gazdasági kilátások 2020, GE elemzés

A SZÉN FOKOZATOS KIVONÁSA KÖZELEBB VISZ MINKET EURÓPA SZÉN-DIOXID-MENTES ENERGETIKAI JÖVŐJÉHEZ

**A fokozatos kivonás felé tett előrelépés ellenére a szén továbbra is az energiarendszer lényeges eleme, így további intézkedésekre van szükség.**

Bár csökkenő tendenciát mutat, 2019-ben a szén még mindig az unió villamosenergia-termelésének mintegy 17%-át adta. Noha az EU nem határozta meg a kivonás dátumát, a szénnel történő villamosenergia-termelés 2010 és 2019 között mintegy 37%-kal csökkent.<sup>6</sup> A széntermelés azonban nem egyenletesen oszlik el Európa-szerte, és egyes közép- és dél-európai energiarendszerekben erősen bíznak benne, és ez az elkövetkező években is így marad. A szén, mint energiatermelő forrás gyorsított kivonása elengedhetetlen, ha Európa a klímasemlegesség felé haladva minimalizálni kívánja az összkibocsátást.

A szén teljes kivonását Európa-szerte határozott elkötelezettséggel, a jelenleginél sokkal gyorsabb ütemben kell megvalósítani. Ennek során fontos kezdőlépés lehet a széntermelés állami támogatásának megszüntetése, valamint a fordított árverések bevezetése a kapacitás fokozatos megszüntetésére. A piaci szereplők is szerepet játszanak ebben, pl. a GE vállalta, hogy kilép az új építésű szénerőművek piacáról.

A ma elérhető költséghatékony, megbízható és fenntartható technológiákkal nincs jelentős akadálya a szén kivezetésének az áram- és energiaszektorból. Ahogy a széntüzelésű energiatermelés csökken, azt alacsonyabb széndioxid-kibocsátású, gázzal támogatott megújuló energiaforrásokkal kell helyettesíteni.

### FELELŐSÉGTELJES MEGKÖZELÍTÉS A METÁNKIBOCSÁTÁSHOZ

*Bár jelentős előrelépés történt, fontos, hogy a metán-kibocsátással a teljes energetikai értékláncban foglalkozzanak, különösen a termelés és a szállítás helyén.*



A földgáztermeléssel kapcsolatban gyakran felvetett aggodalom az, hogy az felelős a globális metánkibocsátás (földgáz vagy CH<sub>4</sub>) jelentős növekedéséért. Bár a metán nem marad olyan sokáig a légkörben, mint a CO<sub>2</sub>, a metán globális felmelegedési potenciálja 28-szor nagyobb, mint a Co<sub>2</sub>-é<sup>viii</sup>-é kilogramm alapon<sup>viii</sup>, és 2018-ban az összes üvegházhatásúgáz-kibocsátás 10%-át tette ki Európában.<sup>12</sup>

Az energiaszektorban a metán-kibocsátási eredmények több mint háromnegyede az upstream gazdasági szereplőktől származik – a termelés és a szállítás helyén, nem pedig az erőműben történő felhasználásnál. Az IEA becslése szerint 2020-ban a szivárgások mintegy 10%-a elkerülhető lehetne nettó költségnövekedés nélkül, figyelembe véve a leválasztott metán értéke, és a kibocsátáscsökkentési intézkedések költségei közötti egyensúlyt. Az IEA szerint a költség alacsonyabb, mint 2019-ben, a 2020-as alacsony gázár miatt. Ez a szám várhatóan 2021-ben növekedni fog mert a gázárak várhatóan emelkedni fognak ahogy a világjárvány hatásának mérséklődik.<sup>13</sup>

A GE támogatja azokat a szabályozásokat, amelyek kötelezik az energia-, valamint az olaj- és gázszektorra a költséghatékony, elérhető metán kibocsátását csökkentő technológiák és gyakorlatok bevezetésére. A mi részünkről fontos cél, hogy csökkentsük a GE termékekből származó metánszivárgást, azonban ezek nagyságrendekkel kisebbek, mint az upstreamból származó veszteség. Továbbá a metán összes termelőjét és felhasználóját megkérjük arra, hogy a lehető legjobb technológiát alkalmazzák a metánkibocsátás mérésére és megkötésére.

<sup>viii</sup> Over 100 years period as per IPCC AR5 Synthesis report (2014)

A GÁZ ÉS A MEGÚJULÓ ENERGIAFORRÁSOK KIEGÉSZÍTIK EGYMÁST, ÉS EGYÜTT MOZDÍTJÁK ELŐ A VILLAMOSENERGIA-RENDSZER DEKARBONIZÁCIÓJÁT

**A gáz és a megújuló energiaforrások egymás melletti felhasználásával Európa a leggyorsabb és legnagyobb mértékű kibocsátás-csökkentést érheti el. Ily módon az EU 2050-re el tudja érni a klímasemlegességre vonatkozó célkitűzését, miközben az átmeneti időszakban a lehető legalacsonyabb összesített kibocsátást produkálja.**

Tekintettel az energiarendszerünk igényeire és a ma rendelkezésre álló technológiákra, a gáz és a megújuló energiaforrások egymást kiegészítő szerepe kiemelkedő a dekarbonizáció felé vezető úton. A megfelelő befektetési környezet és a szakpolitikai keretek megteremtésével, valamint olyan szempontok figyelembevételével, mint a szállítási veszteség és a földhasználat, Európa hatékony, kiegyensúlyozott és fenntartható energiaszektort építhet ki.

A földgáztüzelésű villamosenergia-termelés rugalmas és igény szerint bővíthető. Az erőművek gyorsan be- és kikapcsolhatók, a teljesítményszintjük szabályozható, és nagyon alacsony teljesítményre állhatnak rá, hogy kiegyenlítsék a kínálatot és a keresletet. Több vagy kevesebb energiát tudnak szállítani, ahogyan szükséges, mivel a villamosenergiakínálat és -igény a nap, egy hét vagy egy hónap folyamán és szezonálisan is változik. Ez a rugalmasság különösen fontos a hálózat stabilitásának fenntartása érdekében, mivel egyre több szél- és napenergia-forrást telepítenek.

A gáztüzelésű erőművek a napszaktól és az időjárás viszonyoktól függetlenül rendelkezésre állnak, és megbízható kapacitást biztosítanak, szükség esetén akár hirtelen is, percekre, órákra, napokra vagy hetekre. A szél- és napenergia csak akkor érhető el, ha fúj a szél, vagy süt a nap. A szél és a napenergia rendelkezésre állása nem mindig esik egybe a kereslettel. Mivel az áramellátásnak és -keresletnek mindig egyensúlyban kell lennie, a megújuló energiaforrásoknak a rendszer megbízhatóságának biztosítása érdekében tartalékenergiára van szüksége, például földgáz-erőművekre vagy akkumulátorokra.

A gázenergia megfizethető az alacsony beruházási költségigénye és a versenyképes árú földgáz rendelkezésre állása miatt. Valójában, a kombinált ciklusú gáz-erőmű 700-1200 USD/kW beruházási

költséggel jelenleg a legalacsonyabb költségű energiatermelési technológia €/kW alapon <sup>14</sup>, szemben a szárazföldi szél-erőművek ~ 1500 USD/kW vagy a fotovoltaikus naperőművek 1200 USD/kW-os költségével. ~ 1250 USD értékével. Ez különösen akkor fontos, ha a tőkéhez való hozzáférés korlátozott vagy projektfinanszírozásra van szükség.

**Amint azt korábban hangsúlyoztuk, a gáztermelésbe történő beruházás időtálló lehetőség, egyértelmű technológiai utakkal a teljes szén-dioxid-mentesítés felé. Akár**

**hidrogénnel, akár CCUS-on keresztül, a gáz és a megújuló energiaforrások kombinációja fenntarthatóan, biztonságosan és megfizethetően képes karbonsemleges villamos energiát biztosítani. A piaci szereplők azáltal, hogy mielőbb befektetnek a szél, a napenergia, az akkumulátorok és a gázüzemű energiák kombinációjába, egyértelműen a klímasemlegesség irányába állíthatják Európát. Lásd az 5. ábrát**

**A szén kiváltása különböző megújuló energiaforrásokkal és akkumulátorokkal, valamint igény szerint ütemezhető gázenergia kombinációjával nagyobb szén-dioxid-csökkentést eredményez, mint önmagában a megújuló energiaforrások**



**CO<sub>2</sub> csökkentő potenciál**  
**▼ 25-45%**

**A szén-dioxid-kibocsátás 100%-kal csökken... az idő 25-45%-ában...** a szén akkor használatos, ha a szél és a nap nem áll rendelkezésre az átlagos kapacitási tényezők alapján



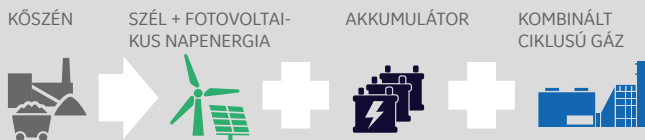
**▼ 50-60%**

**A szén-dioxid-kibocsátás 50-60%-kal csökken... az idő 100%-ában** a gáz alapterheléssel használható, és a szénerőművek leállíthatók



**▼ 62-78%**

**A megújuló energiák a szén-dioxid-kibocsátást 100%-kal csökkentik... az idő 25-45%-ában...** és a gáz a fennmaradó időben a szén-dioxid-kibocsátást 50-60%-kal csökkenti.



**A megújuló energiák és a 4-órás akkumulátorok a szén-dioxid-kibocsátást 100%-kal csökkentik... az idő 35-50%-ában...** és a gáz a fennmaradó időben a szén-dioxid-kibocsátást 50-60%-kal csökkenti

**▼ 68-80%**

**5. ÁBRA:** A GE elemzése figyelembe veszi az energiaellátás és -kereslet valós idejű kiegyenlítését egy hipotetikus bázisterhelésű szénerőmű felhasználásával. Vegye figyelembe, hogy a beruházás és a szükséges földterület a fenti elemzésben nem szerepelnek. *Forrás: A GE elemzés kérésre rendelkezésre áll*



GE gyár a svájci Birrben

## Összegzés

# Az éghajlatváltozás kezelése világszinten sűrgető feladat, amely globális fellépést, nemzeti kötelezettségvállalásokat és következetes politikai és szabályozási kereteket igényel.

Ebben az összefüggésben Európa globális vezető pozíciót tölt be van a klímaváltozás kezelésében, és amint azt az Európai Tanács kijelentette, az unió kihasználja az éghajlati diplomáciában betöltött vezető szerepét, hogy más jelentős gazdaságokat is csatlakozzanak az unió éghajlat-politikai törekvéseihez.

A klímaváltozás kihívásainak kezelése olyan transzeurópai együttműködést igényel, amely magában foglalja a gazdaság valamennyi ágazatát, felöleli az összes politikai erőt az EU27-ek területén és azon túl is. Mint Fatih Birol, a Nemzetközi Energiaügynökség ügyvezető igazgatója fogalmazott, „nagykoalíciót szorgalmaz, amely felöleli a kormányokat, befektetőket, vállalatokat és mindenkit, akik elkötelezettek a klímaváltozás kezelése mellett”.

A legsürgősebb kihívás a szén gyorsított kivonása az európai energiarendszerekből. Az EEA legfrissebb jelentése szerint az ügynökség által vizsgált 16 energiatermelési módszer<sup>15</sup> közül a szén továbbra is messze a legszennyezőbb energiaforrás, amelynek a legnagyobb a környezeti hatása. Az energiatermelésben a szénről a gázra való átállás döntő lépést jelentene a kontinens 2050-es karbonsemleges gazdasági célja felé. Ezért a szén-

dioxid-mentesítés többirányú megközelítésére van szükség, amelynek középpontjában a megújuló energiaforrások és a földgázalapú energia áll, hogy jelentős lépéseket lehessen tenni az üvegházhatásúgáz-kibocsátás gyors csökkentésére érdekében.

Ahol a szénet kivonják a rendszerből, a megújuló energiaforrások és a gázenergia képesek gyorsan csökkenteni az energiatermeléshez kapcsolódó üvegházhatásúgáz-kibocsátást, miközben maximalizálják az energiarendszer egészének kapacitását. A földgáztüzelésű kombinált ciklusú erőművek kibocsátása legalacsonyabb a többi fosszilis tüzelőanyaggal működő erőművel összehasonlítva. CCUS és/vagy hidrogénnel együtt történő kiépítésük a CO<sub>2</sub>-kibocsátás jelentős és hosszú távú csökkenését jelentené. Fejlesztésüket fel kell gyorsítani, hogy teljesüljenek az éghajlat-politikai célkitűzések, és elkerülhető legyen a globális átlaghőmérsékletnek az iparosodás előtti szintekhez képest 2 °C-os emelkedése, ahogyan azt a COP 21 Párizsi Megállapodás felvázolja.

**A klímaváltozás kezelése kormányzati és fogyasztói fellépést igényel. A GE mint vállalat egyedülálló helyzetben van ahhoz, hogy kulcsszerepet játsszon méretének, terjedelmének és technológiai fejlettségének köszönhetően.**

Több mint egy évszázaddal ezelőtti alapításunk óta meghatározó szereplői vagyunk az energiaiparnak, és egymást kiegészítő technológiákkal rendelkezünk, mint a gáztüzelésű energia, a szárazföldi és tengeri szélerőművek, a vízerőművek, a kis moduláris reaktorok, energiatárolók, a hibridek és az energia átalakítására szolgáló hálózati megoldások. Ennél is fontosabbnak tartjuk, hogy az ügyfeleinkkel, a politikai döntéshozókkal és a fogyasztókkal fenntartott kapcsolataink révén támogassuk ezt az átmenetet, együttműködve egy mindenki számára előnyös energetikai rendszer kiépítésében.



## HIVATKOZÁSOK

- <sup>1</sup> [European Commission – Progress made in cutting emissions report \(2021\)](#)
- <sup>2</sup> [European Environment Agency – CO<sub>2</sub> intensity of electricity generation data \(2020\) \(2017 carbon emission figures\)](#)
- <sup>3</sup> [European Environment Agency – Trends and drivers of EU greenhouse gas emissions report \(2020\)](#)
- <sup>4</sup> [European Commission Communication on Strategy on Energy System Integration \(2020\)](#)
- <sup>5</sup> [German Grid Development Plan 2030 \(2019\)](#)
- <sup>6</sup> Nemzetközi Energia Ügynökség World Energy Outlook (2020)
- <sup>7</sup> [Renewable Power Generation Costs in 2019 IRENA report \(2020\)](#)
- <sup>8</sup> GE analysis – [Accelerated Growth of Renewables and Gas Power Can Rapidly Change the Trajectory on Climate Change \(2020\)](#)
- <sup>9</sup> GE analysis – [Decarbonizing gas turbines through carbon capture – a pathway to lower CO<sub>2</sub> \(2021\)](#)
- <sup>10</sup> European Commission – [A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe \(2020\)](#)
- <sup>11</sup> GE analysis – [Hydrogen as a fuel for gas turbines – a pathway to lower CO<sub>2</sub> \(2021\)](#)
- <sup>12</sup> [European Environment Agency – greenhouse gas – data viewer \(2020\)](#)
- <sup>13</sup> IEA, [Methane Tracker 2021](#)
- <sup>14</sup> Lazard's Levelized Cost of Energy Analysis – v. 13.0 (2019)/  
GE analysis – [Accelerated Growth of Renewables and Gas Power Can Rapidly Change the Trajectory on Climate Change \(2020\)](#)
- <sup>15</sup> [European Environment Agency Briefing \(2021\)](#)



[ge.com/gas-power](https://www.ge.com/gas-power)