



Brüsszel, 2025. július 4.  
(OR. en)

11276/25

COMPET 689	EDUC 315
IND 247	EMPL 354
RECH 319	ENFOPOL 251
ESPACE 54	FIN 832
COH 128	FISC 159
COSI 131	JAI 1028
CYBER 206	SOC 503
ECOFIN 955	TELECOM 234

## FEDŐLAP

---

Küldi: az Európai Bizottság főtitkára részéről Martine DEPREZ igazgató

Az átvétel dátuma: 2025. július 3.

Címzett: Thérèse BLANCHET, az Európai Unió Tanácsának főtitkára

---

Biz. dok. sz.: COM(2025) 363 final

---

Tárgy: A BIZOTTSÁG KÖZLEMÉNYE AZ EURÓPAI PARLAMENTNEK ÉS A TANÁCSNAK  
Kvantum-Európa stratégia: Kvantum-Európa a változó világban

---

Mellékelten továbbítjuk a delegációknak a következő dokumentumot: COM(2025) 363 final.

---

Melléklet: COM(2025) 363 final



Brüsszel, 2025.7.2.  
COM(2025) 363 final

**A BIZOTTSÁG KÖZLEMÉNYE AZ EURÓPAI PARLAMENTNEK ÉS A  
TANÁCSNAK**

**Kvantum-Európa stratégia: Kvantum-Európa a változó világban**

## Kvantum-Európa a változó világban

### 1.1. Bevezetés

Európa kvantumkontinens<sup>1</sup>. Az olyan ikonikus előfutároktól kezdve, mint Max Planck, Albert Einstein, Niels Bohr és Erwin Schrödinger a jelenlegi úttörőig és Nobel-díjasokig, mint Theodor Haensch, Albert Fert, Serge Haroche, Anton Zeilinger, Alain Aspect és Anne L’Huillier, Európa mindig is a kvantumtudomány színhelyeül szolgált.

A kvantumtudomány fejlődése a technológia történetének egyik legátalakítóbb fejleménye. A Draghi-jelentés<sup>2</sup> a kvantum-számítástechnikára a következőképpen hivatkozik: „a következő úttörő innováció a számítástechnikai területen, amely új lehetőségeket nyithat meg az EU ipari versenyképessége és technológiai szuverenitása számára”.

Jelenleg egy inflexiós pontnál állunk, mivel egyre gyorsul a kvantumtechnológiák hasznosítására irányuló globális verseny, túllép a laboratóriumokon és belép a valós alkalmazásokba. Ezek az áttörések elkezdik átalakítani a kulcsfontosságú iparágakat és a társadalmi infrastruktúrát, a mágneses rezonanciás képalkotó (MRI) szkennerektől és az energia terén elért jelentős előrelépésektől kezdve a geofizikai és navigációs célú gravimetriás érzékelőkig, a biztonságos kommunikációig és a kvantum-számítástechnikáig, amelyek összetett logisztikai és pénzügyi problémákat oldanak meg.

A kvantumtechnológiák kettős felhasználású potenciállal<sup>3</sup> is rendelkeznek, ami mind a védelmi, mind a nemzetbiztonsági alkalmazások szempontjából hasznos lehet, és ezáltal előmozdítja a főbb állami és magánszereplők stratégiai érdekeit.

Ennek fényében az EU a kvantumot kritikus technológiaként<sup>4</sup> azonosította gazdasági biztonsági stratégiájában<sup>5</sup> és a „Fehér könyv az európai védelemről – Készenlét 2030” című dokumentumban<sup>6</sup>.

Az első nagyszabású iparosítási erőfeszítések mára világszerte folyamatban vannak, különösen az USA-ban, amit a csúcstechnológiai vállalatok jelentős magánbefektetései vezérelnek, valamint Kínában, amit nagyrészt közfinanszírozású beruházások támogatnak.

Európa figyelemreméltó eredményeket ért el a kvantumtudományos kiválóság terén: a világ legnagyobb kvantumtehetség-koncentrációjával büszkélkedhet, és világviszonylatban az első helyen áll a tudományos publikációk számában. Ezenkívül az EU az induló innovatív kvantumvállalkozások egyik legnagyobb ökoszisztémájával rendelkezik<sup>7</sup>. Világszerte a kvantumvállalatok mintegy egyharmada az EU-ban rendelkezik székhellyel<sup>8</sup>, és a

---

<sup>1</sup> A kvantumtechnológiák a kvantummechanika elveit használják arra, hogy olyan feladatokat lássanak el, amelyek vagy nem oldhatók meg, vagy rendkívül kevésbé hatékonyak a hagyományos technológiák esetében. A kvantumtechnológiák fő területei a kvantum-számítástechnika és -szimuláció, a kvantumérzékelés és a kvantumkommunikáció.

<sup>2</sup> [Draghi-jelentés az EU versenyképességéről.](#)

<sup>3</sup> E stratégia alkalmazásában a **kettős felhasználású potenciál** a kvantumtechnológiák azon képességét jelenti, hogy polgári és biztonsági/védelmi célokat egyaránt tudnak szolgálni. Itt a kifejezést az exportellenőrzésekről szóló (EU) 2021/821 rendelet szerinti „kettős felhasználású termékek” jogi fogalomnál tágabb, előrettekintő értelemben alkalmazzuk.

<sup>4</sup> [A Bizottság \(EU\) 2023/2113 ajánlása \(2023. október 3.\) az EU gazdasági biztonsága szempontjából kritikus és a tagállamokkal közös további kockázatértékelés tárgyát képező technológiai területekről.](#)

<sup>5</sup> JOIN(2023) 20 final; <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:52023JC0020>.

<sup>6</sup> [Az európai védelemről szóló fehér könyv – Készenlét 2030 | EKSZ.](#)

<sup>7</sup> [McKinsey & Company, Quantum Technology Monitor – 2024. április.](#)

<sup>8</sup> Lewis, A., Scudo, P., Cerutti, I., Travagnin, M., Marcantonini, C. et al., Future Directions for Quantum Technology in Europe (Az európai kvantumtechnológia jövőbeli irányvonalai), az Európai Unió Kiadóhivatala, Luxembourg, 2025, JRC141050. Július közepén várható.

kvantumszámítógépekben használt hardver- és szoftverkomponensek közel felét az uniós forgalmazók biztosítják<sup>9</sup>.

Európa azonban jelenleg **lemaradásban van innovációs képességeinek és jövőbeli potenciáljának valódi piaci lehetőségekké alakításában**. Ennek eredményeként a kvantuminformatika, -érzékelés és -kommunikáció területén bejelentett szabadalmak tekintetében világszinten már csak a harmadik helyen áll<sup>10</sup>.

Emellett Európa **erőfeszítései továbbra is széttagoltak a tagállamok**, valamint a nemzeti és regionális finanszírozási ügynökségek **között**. Az elmúlt öt évben az EU és a tagállamok több mint 11 milliárd EUR-t fordítottak kvantumtechnológiákra. Bár több tagállam kidolgozta saját nemzeti stratégiáját és ütemtervét, az elégtelen koordináció az erőfeszítések megkettőzéséhez, az erőforrások nem hatékony felhasználásához és a tehetségekért folytatott növekvő versenyhez vezetett. Ez azzal a kockázattal jár, hogy aláássa az EU azon képességét, hogy kritikus tömeget és megfelelő nagyságrendet alakítson ki, ami lelassítja a kereskedelmi hasznosítás folyamatát, és végső soron korlátozza a globálisan versenyképes európai ipari kapacitás és az egységes európai kvantum piac kialakulását.

Emellett **míg Európa vezető szerepet játszik a korai szakaszban lévő kvantumvállalkozásokban, kialakulóban lévő ökoszisztémája jelenleg nem rendelkezik fenntartható pénzügyi támogatással és megfelelő piaci kilátásokkal**. Európában a kvantumtechnológia korai alkalmazói is hiányoznak a nagy ipari szereplők köréből, ami megfosztja a kialakulóban lévő induló innovatív vállalkozásokat az ökoszisztémáit a megfelelő piaci kilátásoktól.

A versenyképességi irányítási<sup>11</sup> építve, amely a jövő gazdasága szempontjából fontos kulcsfontosságú technológiai ágazatok közé sorolja a „kvantumot”<sup>12</sup>, ez a kezdeményezés – a kvantumágazat érdekelt feleivel szoros összhangban<sup>13</sup> – átfogó stratégiát mutat be annak érdekében, hogy Európa vezető szerepet töltsön be a globális kvantumversenyben. E kettős felhasználású technológia EU-n belüli fejlesztésének támogatása révén ez a stratégia elő fogja segíteni a felkészültségi unióról szóló stratégia<sup>14</sup> és a Niinistö-jelentés<sup>15</sup>, valamint „Az európai védelemről szóló fehér könyv – Készenlét 2030” című dokumentum<sup>16</sup>, az európai belső biztonsági stratégia<sup>17</sup>, továbbá az EU nemzetközi digitális stratégiája<sup>18</sup> ajánlásainak végrehajtását is.

## 1.2. Kvantum-Európa: A jövőkép és a stratégiai végrehajtási keret

<sup>9</sup> [Európai Beruházási Bank – A Quantum Leap in Finance \(Kvantumugrás a pénzügyben\) \(2022\)](#).

<sup>10</sup> Lásd a 8. lábjegyzetet.

<sup>11</sup> [Versenyképességi irányítási – Európai Bizottság](#).

<sup>12</sup> Az európai gazdasági biztonsági stratégia és annak 2023. október 3-i bizottsági ajánlása a kvantumot a kritikus technológiai területek közé sorolja.

<sup>13</sup> A Kvantum-Európa stratégia közzétételét megelőzően közzétett véleményezési felhívásra adott válaszokban foglaltak szerint: [az EU kvantumstratégiája](#). Az érdekelt felek azon véleményüknek adtak hangot, hogy a Kvantum-Európa stratégiának fel kell gyorsítania a „laboratóriumról a gyárra” való átállást anélkül, hogy figyelmen kívül hagyná az alapkutatás döntő szerepét, ki kell bővítenie a meglévő páneurópai kvantuminfrastruktúrákat, és ki kell alakítania a kvantum terén készségekkel rendelkező és képzett munkaerőt. Kiemelték továbbá, hogy fokozni kell az Unió gyártási kapacitását, és kezelni kell azokat a pénzügyi, szabályozási és adminisztratív akadályokat, amelyek korlátozzák vagy lassítják az induló innovatív vállalkozásokat abban, hogy érett, nyereséges vállalatokká váljanak az egységes piacon.

<sup>14</sup> [Felkészültség – Európai Bizottság](#).

<sup>15</sup> Niinistö-jelentés: [https://commission.europa.eu/document/download/5bb2881f-9e29-42f2-8b77-8739b19d047c\\_en?filename=2024\\_Niinisto-report\\_Book\\_VF.pdf](https://commission.europa.eu/document/download/5bb2881f-9e29-42f2-8b77-8739b19d047c_en?filename=2024_Niinisto-report_Book_VF.pdf).

<sup>16</sup> Lásd a 6. lábjegyzetet.

<sup>17</sup> [A Bizottság ismerteti az európai belső biztonsági stratégiát – Európai Bizottság](#).

<sup>18</sup> [Közös közlemény az EU nemzetközi digitális stratégiájáról, 2025. június 5.](#)

Európa nagyon jó helyzetben van ahhoz, hogy vezető szerepet töltsön be a folyamatban lévő kvantumforradalomban. A cél az, hogy Európa kvantumipari hatalommá és globális piacvezetővé váljon a kvantumtechnológiák terén, a folyamatos tudományos vezető szerepére építve.

Az EU stratégiai jövőképe kiaknázza meglévő erősségeit: a világszínvonalú kutatást, a tudományos kiválóságot, az élénk induló vállalkozásokat és erős állami beruházási struktúrát. Ezek a kulcsfontosságú pillérek elengedhetetlenek a széttagoltság kezeléséhez, az ipari bevezetés felgyorsításához és a kvantumtechnológiák stratégiai autonómiájának biztosításához.

E jövőkép megvalósítása érdekében a stratégia öt, egymással összefüggő területre összpontosít:

- **1. terület: Kutatás és innováció:** a kiválóság megszilárdítása Európa-szerte, hogy vezető szerepet töltsön be a kvantumtudományban és annak ipari átalakulásában.
- **2. terület: Kvantuminfrastruktúrák:** fenntartható, méretezhető, összehangolt infrastrukturális központok kialakítása a gyártás, a tervezés és az alkalmazásfejlesztés támogatása érdekében.
- **3. terület: Az uniós kvantum-ökoszisztéma megerősítése:** az ellátási láncok biztosítása és a kvantumtechnológiák iparosítása az induló és a növekvő innovatív vállalkozásokba való beruházások révén.
- **4. terület: Űrtechnológia és kettős felhasználású potenciális kvantumtechnológiák (biztonság és védelem):** a biztonságos, szuverén kvantumképessegek integrálása Európa űr-, biztonsági és védelmi stratégiáiba.
- **5. terület: Kvantumkézségek:** sokszínű, világszínvonalú munkaerő kialakítása összehangolt, agilis oktatási és képzési rendszerek és programok révén, valamint a tehetségek mobilitásának előmozdítása az egész EU-ban.

Az öt stratégiai területet intelligens végrehajtási megközelítés támogatja. Az alábbiakban, „A Kvantum-Európa stratégia fő végrehajtási elemei” című 3.1. szakaszban leírtak szerint a megközelítés egy iteratív életciklus-technológiai fejlesztési körre fog épülni, amely folyamatosan összekapcsolja a tudományos kvantumfeltárásokat a valós alkalmazásokkal és a piaccal, ami rövid és hosszú távú gazdasági hatást eredményez. Ez a végrehajtási megközelítés hozzá fog járulni a vezető ipari és állami felhasználók vonzásához, biztosítva a kialakulóban lévő uniós kvantum-ökoszisztéma piacra jutását és fenntarthatóságát.



*1. ábra: A Kvantum-Európa öt stratégiai területe*

A végrehajtási életciklus kiegészítéseként az EU stratégiai irányítási keret hoz létre az előrehaladás felügyelete és megkönnyítése érdekében.

A stratégia a kvantumtechnológiákról szóló 2023. évi európai nyilatkozatra<sup>19</sup> épül, amely kulcsfontosságú politikai lépést jelentett, és összehangolta a tagállamokat a közös prioritások és az európai értékek mentén. Emellett az összes uniós tagállamból<sup>20</sup> származó, a kvantumtechnológiai koordinációs csoport koordinálásával létrehozott szakértői munkacsoportok megállapításaira is épít<sup>21</sup>.

## 2. A Kvantum-Európa stratégiai területei

### 2.1. 1. terület: Kvantum-Európa – kutatás és innováció

Európa kvantumkutatási bázisa, amelyet számos uniós és nemzeti program támogat, szilárd tudományos alapot teremtett. Az elmúlt öt évben az EU közel 2 milliárd EUR-t fektetett be kvantumtechnológiákba, amit több mint 9 milliárd EUR összegű további tagállami közfinanszírozás egészített ki. Ezek az alapok támogatták a kvantumkutatást és -oktatást, a nemzeti kvantumklaszterek és a hibrid kvantum-klasszikus szuperszámítógép-központok létrehozását, a kvantumtechnológiai ipart és a nemzetközi partnerségeket.

A jelentős nemzeti és uniós finanszírozás ellenére az európai kvantumkutatás továbbra is széttagolt a tagállamok és az eszközök között, ami átfedésekhez, a kiemelt területeken hiányosságokhoz és a kevés tehetségért folyó versenyhez vezet. A koordináció és a közös stratégiai prioritásokra való egyértelmű összpontosítás nélkül Európa elmarad a kvantummal kapcsolatos célkitűzésektől.

A Bizottság ezért a **Kvantum-Európa** erre a célra létrehozandó **kutatási és innovációs kezdeményezését** javasolja. Célja, hogy összehangolja az EU és a tagállamok erőfeszítéseit egy közösen elfogadott kutatási, technológiai és innovációs menetrenddel. A közös témák mentén egyesíti az erőfeszítéseket, és közös célokat határoz meg a koherencia biztosítása, az átfedések elkerülése és a kritikus tömeg kialakítása érdekében.

Ez a kezdeményezés a következő fő tevékenységi szakaszok köré szerveződik:

- **Felfedezés:** az alapvető kutatási, technológiafejlesztési és innovációs tevékenységek támogatása a kvantum-számítástechnika, -kommunikáció és -érzékelés területén.
- **A laboratóriumtól a gyárig:** további beruházások a legkorszerűbb kvantum-számítástechnikai, -kommunikációs és -érzékelő infrastruktúrák, kvantumhardver és releváns alaptermék kiépítésébe, valamint az iparosodást és az ökoszisztéma-fejlesztést támogató élvonalbeli kísérleti gyártósorokba és tervezési eszközökbe.
- **Alkalmazás és felhasználás:** az alkalmazások fejlesztésének támogatása a kulcsfontosságú köz- és ipari ágazatokban, biztosítva a tudományos fejlődés valamennyi kvantumterületen való átültetését valós alkalmazásokra és hatásokra.

A fentiekén túlmenően a kezdeményezés a tehetségek vonzására és a készségek fejlesztésére irányuló beruházásokat is magában foglalja a jól képzett jövőbeli kvantumipari munkaerő biztosítása érdekében.

A kvantum-Európáról szóló kutatási és innovációs kezdeményezést egy uniós szintű irányítási kereten keresztül hajtják végre, amelyet a kvantumjogszabályra irányuló, küszöbön álló javaslatban fognak meghatározni. Addig is az EuroHPC közös vállalkozás<sup>22</sup> megbízatása az alapító rendelet módosítása révén meghosszabbodik, biztosítva a Horizont Európával, a

<sup>19</sup> <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/european-declaration-quantum-technologies>.

<sup>20</sup> <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/shaping-european-strategy-quantum-technology-main-orientations-and-recommendations>.

<sup>21</sup> <https://ec.europa.eu/transparency/expert-groups-register/screen/expert-groups/consult?lang=en&groupID=3931>.

<sup>22</sup>A [TANÁCS \(EU\) 2021/1173 RENDELETE](#) az Euro HPC közös vállalkozás létrehozásáról.

Digitális Európa programmal, az űr- és védelmi programokkal és más finanszírozási eszközökkel való zökkenőmentes koordinációt.

- Az EuroHPC közös vállalkozásról szóló rendelet módosítása annak érdekében, hogy hatáskörét valamennyi kvantumtechnológiára kiterjessze, és első lépésként a Horizont Európa 2. pilléréhez tartozó jelenlegi K+I kvantumtevékenységek átcsoportosítása a közös vállalkozásba [2025 harmadik negyedéve].
- A kvantumjogszabályra irányuló javaslat előterjesztése [2026].

## 2.2. 2. terület: Kvantum-Európa – infrastruktúrák

Az EU jelenleg jelentős kvantuminfrastruktúra-kezdemenyezésekbe, például az EuroHPC közös vállalkozás kvantum-számítástechnikai rendszereibe, az Unió biztonságos konnektivitási programja (IRIS<sup>2</sup>)<sup>23</sup> keretében az EuroQCI<sup>24</sup> biztonságos kvantumkommunikációs infrastruktúrájába, valamint fejlett érzékelő platformokba fektet be. Az EU a Csipekkel Foglalkozó Közös Vállalkozás<sup>25</sup> keretében több kísérleti gyártósorba is beruház a kvantumtechnológiák európai iparosításának előkészítése érdekében.

Ezek az államilag finanszírozott kvantuminfrastruktúrák Európa kvantummal kapcsolatos ambíciójának stratégiai támogatói. Hozzáférést biztosítanak a legkorszerűbb kvantumrendszerekhez és -platformokhoz, amelyek egyébként a legtöbb európai kvantumágazati érdekelt fél és felhasználó számára elérhetetlenek maradnának a magas fejlesztési és hozzáférési költségek, a műszaki összetettség vagy bizonyos szolgáltatások, például a biztonságos kommunikáció szükségessége miatt. Tesztkörnyezetet biztosítanak az innováció számára, képzési alapot nyújtanak a tehetségek számára, valamint teret adnak az ipar, a kkv-k és a kutatók számára az új kvantumtechnológiákkal való kísérletezéshez, azok megértéséhez és alakításához. Elengedhetetlenek a kvantumtechnológia elterjedésének felgyorsításához, az ipari kapacitás kiépítéséhez, valamint annak biztosításához, hogy a kvantumelőnyök Unió-szerte széles körben elterjedjenek.

Ami a jövőt illeti, az EU fenn fogja tartani és bővíteni fogja a nyilvános kvantuminfrastruktúrákba történő beruházásait a **számítástechnika és a szimuláció**, a **kommunikáció** és az **érzékelés** terén, az alábbiak szerint.

### 2.2.1. Kvantum-számítástechnika és -szimuláció

A kvantuminformatika forradalmasíthatja azon képességünket, hogy még a legerősebb nagy teljesítményű számítástechnikai (HPC) rendszerek hatókörén messze túl is megoldjunk összetett számítástechnikai optimalizálási problémákat. Hatása várhatóan számos területen katalitikus lesz, például a gyógyszerészeti és kémiai szimuláció terén lehetővé teszi új gyógyszerek és vegyi anyagok felfedezését; az energia területén a kvantum-számítástechnika segíthet új akkumulátoranyagok vagy magas hőmérsékletű szupravezetők felfedezésében; jelentős potenciál van benne továbbá a logisztika és a pénzügyek területén történő előrelépésre. Emellett a kvantumszámítógépek sokkal energiahatékonyabb módon oldhatják meg ezeket a problémákat, mint a klasszikus szuperszámítógépek. A kvantumszámítógépek a HPC-rendszerek lecserélése helyett inkább kiegészítik azokat, akceleratorokként fellépve a számítástechnikai megoldás általános teljesítményének fokozásában, valamint sokkal gyorsabb és energiahatékonyabb eredményeket hozva. A kvantumot egyre gyakrabban használják a mesterséges intelligencia mellett és annak támogatására is. A kvantum például felgyorsíthatja












<sup>23</sup> [IRIS<sup>2</sup> | Biztonságos konnektivitás – Európai Bizottság, \(EU\) 2023/588 rendelet.](#)

<sup>24</sup> [Az európai kvantumkommunikációs infrastruktúrára \(EuroQCI\) vonatkozó kezdeményezés | Európa digitális jövőjének alakítása.](#)

<sup>25</sup> [A Tanács \(EU\) 2023/1782 rendelete](#) a Csipekkel Foglalkozó Közös Vállalkozás létrehozásáról.

az MI-modellek tanítását, míg a mesterséges intelligencia hozzájárul a kvantumhibajavításhoz, növelve a rendszerek általános megbízhatóságát.

A kvantuminformatika jelenleg meghatározó szakaszban van: bár léteznek kis méretű kvantumprocesszorok, a fő globális kihívás az, hogy olyan, teljes mértékben működőképes kvantumszámítógépekre lehessen váltani, amelyek biztosan képesek demonstrálni a kvantumszámítástechnika előnyét. A legnagyobb kihívást most az jelenti, hogy olyan nagyobb méretű gépeket kell kiépíteni, amelyek egyértelmű kvantumelőnyt<sup>26</sup> biztosítanak a klasszikus számítógépekkel szemben. A következő 5–10 évben óriási mértékben nőni fog a kvantumszámítógépek azon képessége, hogy valós problémákat oldjanak meg. Ezért az EU és tagállamai, valamint más jelentős szereplők – Ausztráliától, Kanadától, Kínától, Japántól, Dél-Koreától az Egyesült Államokig – a kvantumforradalomban betöltött vezető szerepért versengve jelentős beruházásokat hajtanak végre a kvantumtechnológiákba<sup>27</sup>. Jelenleg több kvantum-számítástechnikai platform is fejlesztés alatt áll, amelyek mindegyike eltérő technológiai megközelítésen alapul<sup>28</sup>. Az 1. táblázat felsorolja a világ különböző régióiban székhellyel rendelkező vállalatok által biztosított kvantumszámítógépeket.

Technológiai platform	Szupravezető	Ioncsapdák	Hideg atomok	Fotonika	Spin-alapú kvantumbitek
 Uniós gépek	 17	 6	 8	 5	 3
 Egyesült királyságbeli gépek	4	6	0	5	2
 USA-beli gépek	26	7	4	2	0
 Kanadai gépek	13	0	0	1	0
 Kínai gépek	2	0	0	0	0
 ROW <sup>29</sup> -gépek	1	0	0	1	3

1. táblázat: A kvantum-számítástechnikai és szimulációs szolgáltatók körképe

Európa a nemzeti programokon és az EU kvantumtechnológiai vezérprogramon<sup>30</sup> keresztül valamennyi jelentős kvantum-számítástechnikai technológiát fejleszti, amint azt a fentiekben bemutattuk. Ezek az erőfeszítések működő prototípusokhoz, szoftvereszközökészletekhez és számos deep tech spin-offhoz vezettek. Emellett az EuroHPC közös vállalkozáson keresztül Európa már számos tagállamban alkalmazza a kvantum-számítástechnikai rendszerek első

<sup>26</sup> OECD (2025), „[A Quantum Technologies Policy Primer](#)”. A kvantumelőny arra a pontra utal, amikor a kvantumszámítógép egy adott feladatot hatékonyabban, gyorsabban, nagyobb pontossággal vagy kevesebb energiával lát el, mint a lehető legjobb klasszikus szuperszámítógépek. Ez a mérföldkő a gyakorlati demonstrációját jelzi annak, hogy a kvantum-számítástechnika bizonyos számítási problémák esetében – még ha csak szűk területeken is – előnyösebb.

<sup>27</sup> Pl. az Egyesült Államok nemzeti kvantumkezdemenyezése (<https://www.quantum.gov/>), Kínának a 2030-ig tartó időszakra vonatkozó kvantumütemterve, Japán kvantumtechnológiai és innovációs stratégiája ([https://www8.cao.go.jp/cstp/english/strategy\\_r08.pdf](https://www8.cao.go.jp/cstp/english/strategy_r08.pdf)), Ausztrália nemzeti kvantumstratégiája (<https://www.industry.gov.au/sites/default/files/2023-05/national-quantum-strategy.pdf>), Kanada nemzeti kvantumstratégiája (<https://ised-isde.canada.ca/site/national-quantum-strategy/en/canadas-national-quantum-strategy>), Az Egyesült Királyság nemzeti kvantumstratégiája (<https://www.gov.uk/government/publications/national-quantum-strategy>).

<sup>28</sup> A számítástechnikai platformok reprezentatív példái szupravezető áramkörökön, befogott ionokon, semleges atomokon, fotonikán, gyémántokon vagy spin-alapú kvantumbitekén alapulnak. Ezek mindegyike sajátos előnyökkel és műszaki kihívásokkal jár a számítástechnika méretezhetősége, hűsége és koherenciája tekintetében.

<sup>29</sup> A világ összes többi joghatósága együttvéve.

<sup>30</sup> [A Kvantum vezérprogram kezdőoldala | Kvantum vezérprogram.](#)

prototípusait (lásd a 2. ábrát). Ez a korai bevezetés két kulcsfontosságú célt szolgál: támogatja az autonóm, szuverén és versenyképes európai kvantumipar kialakulását azáltal, hogy korai piacot hoz létre a hardver- és szoftverbeszállítók számára, ugyanakkor a felhasználási esetek és a felhasználók számának és nagyságrendjének növelésével lehetővé teszi a belső piac fejlődését is.

Európa sikeresen lehetővé tette a kvantumszámítógépek HPC-vel való korai hibridizációját is, ezáltal megvalósítva az uniós digitális évtized azon célkitűzését, hogy 2025-ben rendelkezzen az első kvantumgyorsított számítógépével<sup>31</sup>. Ez stratégiai mérföldkövet jelent: támogatja az európai kvantumhardver-ökoszisztémát, elősegíti az ipari felhasználási esetek megjelenését, és lefekteti a fejlettebb hibrid rendszerek alapjait – mindez hozzájárul ahhoz a hosszú távú célkitűzéshez, hogy 2030-ra megvalósuljon a teljes körű kvantum-számítástechnikai kapacitás. Ez a hibridizáció azt is lehetővé teszi, hogy az európai MI-gyárak<sup>32</sup> kvantumszámítógépeket használjanak, hozzájárulva ezáltal az MI-kontinensre vonatkozó kontinentális cselekvési terv<sup>33</sup> célkitűzéseinek eléréséhez.

Ami a jövőt illeti, a Kvantum-Európa kutatási és innovációs kezdeményezése továbbra is támogatni fogja azokat az összehangolt tevékenységeket, amelyek célja, hogy felgyorsítsák a mai első generációs kvantumeszközökről a teljesen működőképes gépekre való átállást. A cél az, hogy Európát úgy lehessen pozicionálni, hogy a következő generációs kvantumszámítógépeket elsősorban uniós szolgáltatóktól szerezzék be, miközben ezeket a platformokat fokozatosan úgy fejlesztik, hogy 2030-ig rendszerenként körülbelül 100 hibajavított kvantumbitet<sup>34</sup> érjenek el, ami összhangban van az érdemi számítástechnikai előny elérésére irányuló ágazati ütemtervekkel. **Európa 2035-re az első olyan kontinenssé kíván válni, amely platformként több ezer hibajavított kvantumbitet ér el, ami a valós problémák megoldásához szükségesnek ítélt küszöbérték.**

E mérföldkő elérése fordulópontot jelentene a gyakorlati kvantumelőny tekintetében<sup>35</sup>, és Európát globális vezetővé tenné a kvantuminformatika terén. Ez meg fogja erősíteni az európai kvantum-számítástechnikai vállalatok fejlődését, és elő fogja segíteni a vezető felhasználói alkalmazások fejlesztését és alkalmazását, miközben megerősíti az Unió technológiai autonómiáját.

---

<sup>31</sup> A hibrid kvantum-/HPC-platformok a kvantumprocesszorokat klasszikus HPC-rendszerekkel integrálják a korai együttfeldolgozás lehetővé tétele érdekében, a kvantumprocesszorok pedig a hagyományos szuperszámítógépek számítástechnikai akceleratoraiként működnek. Jelenleg három hibrid platform működik – Franciaországban, Németországban és Finnországban – az EuroHPC-n és a nemzeti infrastruktúrákon belül. 2025 végére a hibridizáció valamennyi európai kvantum-számítástechnikai létesítményben standard lesz, ami jelentős eredményt jelent.

<sup>32</sup> [MI-gyárak | Európa digitális jövőjének alakítása.](#)

<sup>33</sup> [MI-kontinens – Európai Bizottság.](#)

<sup>34</sup> A mai kvantumszámítógépek eredményei még nem teljesen pontosak (a kvantumszámítások még mindig jelentős hibáknak vannak kitéve). Ezért a hatékony hibajavítás végrehajtása, ami hibajavított kvantumbiteket (azaz a kvantumszámítógép feldolgozóegységeit) eredményez, és ami pontos számítási eredményeket biztosít, fontos mérföldkő minden jövőbeli, teljes mértékben működő kvantumszámítógép számára.

<sup>35</sup> Lásd a 26. lábjegyzetet.



**2. ábra:** Az EuroHPC szuperszámítógépek, kvantumszámítógépek és szimulátorok térképe

Ugyanakkor **Európa továbbra is beruház a kvantumszimulátorokba**<sup>36</sup>, amelyek kevésbé összetett hardverek használatával utánozhatják a kvantumrendszer viselkedését. Ezek a kvantumszimulátorok már most is áttöréseket tesznek lehetővé az anyagtudomány, a kvantumkémia és az alapvető fizika terén. Európa élen jár e platformok fejlesztésében és bevezetésében, amelyek az alacsonyabb hardverkövetelmények miatt várhatóan az univerzális kvantumszámítógépeknél korábban hoznak értékes eredményeket.

Sor kerül egy uniós **kvantum-számítástechnikai és -szimulációs ütemterv** kidolgozására, amely egyértelmű referenciaértékeket és nyomonkövetési folyamatot határoz meg a különböző típusú kvantumplatformok technológiai fejlődésének és érettségének nyomon követésére. Az ütemterv lehetővé teszi annak rendszeres értékelését, hogy ezek közül melyek a legfejlettebbek vagy a legnagyobb hosszú távú potenciállal rendelkezők. Ez a tényeken alapuló megközelítés fogja vezérelni Európa stratégiai döntéseit, és elő fogja segíteni a kvantuminformatikába történő jövőbeli közberuházások előtérbe helyezését.

- Az EU kvantum-számítástechnikai és -szimulációs ütemtervének közzététele [2026].
- Az EuroHPC-alapú kvantum-számítástechnikai rendszerek számának és kapacitásának növelése [2026-tól] és a kvantum-számítástechnika nyomonkövetési keretének létrehozása [2026].

### 2.2.2. Kvantumkommunikáció

A kvantumkommunikáció lehetővé teszi az ultrabiztonságos adatátvitelt, védi a kritikus infrastruktúrákat, és védi az érzékeny információkat a kvantumalapú jövőbeli kiberfenyegetésekkel szemben<sup>37</sup>. Lehetővé teszi továbbá a kvantumeszközök, például érzékelők és számítógépek úgynevezett „**kvantuminternettel**” való összekapcsolásához szükséges kvantumkommunikációs hálózatok létrehozását. A kettős felhasználásban rejlő potenciáljának köszönhetően mind a polgári alkalmazásokat (pl. a pénzügyi tranzakciók

<sup>36</sup> PASQuanS2: [Programmable Atomic Large-scale Quantum Simulation 2 - SGA1 \(Programozható atomi szintű, nagyszabású kvantumszimuláció 2. – SGA1\) | PASQuanS2.1 | Projekt | Tájékoztató | HORIZONT | CORDIS | Európai Bizottság.](#)

<sup>37</sup> A kvantumszámítógép által a jelenlegi kriptográfiai protokollokra jelentett veszély.

védelmét, a nyilvános hálózatok biztosítását), mind a védelmi szükségleteket (pl. a katonai és nemzetbiztonsági műveletek biztonságos kommunikációját) támogatja. Az **EuroQCI**-hez<sup>38</sup> és a **kvantuminternethez** hasonló kezdeményezések révén az EU teljes mértékben autonóm és megbízható kvantumkommunikációs infrastruktúrákat épít ki, amelyek védik a kritikus adatáramlásokat, biztosítják a nyilvános kommunikációt és a kritikus infrastruktúrákat, és az európai belső biztonsági stratégiával<sup>39</sup> összhangban megerősítik Európa belső biztonságát.

### *Az EuroQCI kezdeményezés*

Az EuroQCI kezdeményezés biztonságos kvantumkommunikációs infrastruktúrát fejleszt ki, amely az egész EU-ra kiterjed, beleértve annak tengerentúli területeit is. Az IRIS<sup>2</sup> uniós kezdeményezés részét képezi, és a nemzeti és határokon átnyúló stratégiai helyszíneket összekötő optikai hírközlő hálózatokra épülő földfelszíni szegmensből, valamint egy műholdakon alapuló űrszegmensből fog állni.

A kezdeményezés gyorsan halad: jelenleg 26 tagállam épít ki nemzeti földfelszíni kvantumkommunikációs hálózatokat, amelyeket a 2026-ra tervezett, biztonságos kommunikációs kvantum-kulcsszétosztási (QKD) műhold (Eagle 1) tesztelésére is használnak majd, és amely az első európai, keringési pályán lévő demonstrátor lesz.

Ezeket a földfelszíni kvantumkommunikációs hálózatokat használják a QKD valós környezetben történő bevezetésére és tesztelésére. A kísérleti projektek közé tartozik az orvosi adatok kórházak közötti biztonságos továbbítása, a kormányzati intézmények közötti titkosított kommunikáció, valamint a kritikus infrastruktúrák, például az energiahálózat-irányító központok QKD-összeköttetései. Ezek demonstrálják, hogy a QKD hogyan tudja biztosítani az alapvető közszolgáltatásokat és a nemzeti műveleteket.

E telepítés támogatása érdekében az EU a kvantumkomponensek, -eszközök és -rendszerek teljes mértékben európai ellátási láncára épít<sup>40</sup>. Folyamatban van továbbá egy átfogó QKD-tesztelési és -értékelési létesítmény kiépítése, amely előtanúsítási környezetet kínál a QKD-komponensek számára, és felkészül a végponttól végpontig terjedő rendszerekbe és a hálózati architektúrákba való integrációjukra<sup>41</sup>.

Emellett ez a tevékenység szorosan kapcsolódik az uniós kiberbiztonsági szakpolitikákhoz, például a NIS 2 irányelvhez, a kiberbiztonsági jogszabály közelgő felülvizsgálatához és az ENISA kvantumbiztonságos kriptográfiai ütemtervéhez annak biztosítása érdekében, hogy a kvantumkommunikációs, -érzékelő és -számítástechnikai infrastruktúrák a kezdetektől fogva beépítsék a védelmi minőségű biztonsági intézkedéseket, az ellátási lánc integritásának ellenőrzését és a biztonsági eseményekre való reagálási képességeket.

Más vezető régiók is beruháznak a biztonságos szárazföldi és űrbeli kvantumkapacitásokba. Kína például demonstrálta a világűrrel a földig terjedő QKD-t, és több mint 2 000 km városközi biztonságos földfelszíni összeköttetést fejlesztett ki<sup>42</sup>. Az USA a maga részéről jelentős beruházásokat eszközöl a kvantuminternet-tesztkörnyezetekbe és a nemzeti laboratóriumok közötti partnerségekbe, de még nem indított kontinentális léptékű, egyesített, biztonságos kommunikációs programot. Az európai modell, amely az IRIS<sup>2</sup>-n keresztül integrálja a

---

<sup>38</sup> [Az európai kvantumkommunikációs infrastruktúrára \(EuroQCI\) vonatkozó kezdeményezés | Európa digitális jövőjének alakítása.](#)

<sup>39</sup> [A Bizottság ismerteti az európai belső biztonsági stratégiát – Európai Bizottság.](#)

<sup>40</sup> „Ezek a technológiák a kvantumelvével véletlenszám-generátorokat (QRNG), az egyképernyős kvantumforrásokat és detektorokat, az összefonódás-alapú QKD-modulokat és az integrált távközlési fokozatú platformokat foglalják magukban. Az ellátási lánc tanúsítása az uniós biztonságos konnektivitási program ((EU) 2023/588 rendelet) alapján történik.”

<sup>41</sup> Ez a létesítmény lehetővé teszi a szigorú jellemzést, a biztonsági tesztelést és a szabványosítás korai támogatását, szorosan összehangolva az ETSI – kvantum-kulcsszétosztás tevékenységeivel [www.etsi.org/technologies/quantum-key-distribution](http://www.etsi.org/technologies/quantum-key-distribution).

<sup>42</sup> A Peking–Shanghai gerinchálózatán és Micius műholdprogramján keresztül, amelynek helyébe a Jinan-1 lépett.

földfelszíni és műholdas szegmenseket, valamint a biztonságos tervezés elveire és az EU által ellenőrzött alkotóelemekre épül, az EU-t a megbízható kvantumhálózatok fejlesztésének élvonalába helyezi.

A 2025–2035 közötti időszakban az EU tovább fogja bővíteni az EuroQCI kezdeményezést.

Először is, a 2025–2030-as időszakban az EU **határokon átnyúló földfelszíni kvantum-összeköttetéseket fog kiépíteni**, amelyek összekapcsolják a tagállamokat, valamint az EuroQCI földfelszíni szegmenseit az EuroQCI műholdjaival összekötő földi állomásokat az úralapú kvantum-kulcsszétosztás céljából. 2030-ra tehát létrejön az első EU-val teljes mértékben összekapcsolt szárazföldi és úrbiztonsági kommunikációs hálózat.

Másodszor, **az EU elő fogja segíteni a piaci elterjedést és a biztonsági tanúsítást**. Továbbra is támogatni fogja a kvantumkommunikációs technológiák és protokollok továbbfejlesztését, kidolgozását és bevezetését<sup>43</sup>, valamint rendszeres integrálásukat az EuroQCI-be. Az EuroQCI űrszegmensét is korszerűsítik, hogy végponttól végpontig terjedő, úrbeli és földi biztonságos QKD-szolgáltatásokat nyújtson, amelyeket fokozatosan integrálnak az IRIS<sup>2</sup> űrszolgáltatások következő generációjába. Az EuroQCI teljes infrastruktúráját a bizalom és a megfelelés biztosítása érdekében egy harmonizált uniós rendszer keretében fogják tanúsítani.

### *A kvantuminternetre irányuló kezdeményezés*

A kvantuminternetre irányuló kezdeményezés a kvantumhálózatok jövőbeli generációjának előkészítésével kiegészíti az EuroQCI-t. Lefekteti a szétosztott kvantum-számítástechnika és -érzékelés, valamint a rendkívül biztonságos adatmegosztás alapjait.

Európa már meghatározta a kvantuminternet-hálózat teljes architektúráját, és demonstrálta a nagyvárosi léptékű kvantumhálózatot<sup>44</sup>. A kvantuminternettel foglalkozó első nyílt globális fórum, a Quantum Internet Alliance (Kvantuminternet-szövetség, QIA)<sup>45</sup> technológiai fórumának elindításával a felhasználási esetekre vonatkozó keretek kezdeményezése megtörtént és megkezdődött az ökoszisztéma kiépítése. Európában már megvannak az első ipari kvantuminternet-alapú spin-offok és termékbevezetések is, ami jelzi, hogy ezen a területen korán sor került a technológiatranszferre az ipar számára.

A Kvantum-Európa kutatási és innovációs kezdeményezése támogatni fogja a kvantuminternet további technológiai fejlődését<sup>46</sup>, és biztosítani fogja a különböző, alapul szolgáló számítástechnikai platformok közötti interoperabilitást. 2026-ban támogatni fogja az európai kvantuminternet kísérleti létesítményének elindítását, amely lehetővé teszi a kulcsfontosságú kvantumbiztonság komponenseinek és korai felhasználási eseteinek tesztelését, a biztonságos kvantumfelhő-szolgáltatásokat, a szétosztott számítástechnikai és fejlett validálási környezeteket, amelyek összekapcsolják a kutatást és a telepítést a teljes körű működés előtt. A cél egy **teljes mértékben működőképes, kvantumbiztonságos kommunikációs hálózat 2030-ig történő kiépítése az egyesített kvantuminternet felé tett első lépésként**. Ez hozzá fog járulni ahhoz is, hogy az EU a nemzetközi szabványosítás élvonalába kerüljön ezen a

---

<sup>43</sup> Az ilyen technológiák közé tartoznak például a következő generációs, hosszú élettartamú, nagy pontosságú optikai memóriák, amelyek döntő fontosságúak a kvantumismétlők működése szempontjából, valamint a nagyvárosi hálózatokat összekapcsoló, teljes mértékben működőképes kvantumismétlők építése és demonstrációja, laboratóriumi és valós körülmények között egyaránt tesztelve.

<sup>44</sup> A kezdeményezés sikeresen biztosított *összefonódást* két, egymástól függetlenül működtetett kvantumhálózati csomópont között, amelyeket 10 km optikai szál választ el egymástól. Hasonlóképpen technológiai előrehaladás történt a kvantuminternet hardverfejlesztése terén, beleértve a kvantumismétlő technológiákat és a kvantumismétlő csomópontokat, valamint a kvantumszoftverekészletek terén elért haladást. <https://quantuminternetalliance.org/>.

<sup>45</sup> <https://quantuminternetalliance.org/>.

<sup>46</sup> Példák: a kvantummemória méretezhetősége, robusztus összefonódás-szétosztás és kvantumhálózati szoftverek fejlesztése.

területen. Ezzel párhuzamosan, mivel a kvantum-számítástechnika fejlődése kockázatot jelent kommunikációnk biztonságára nézve<sup>47</sup>, az EU és tagállamai most hajtják végre a **posztkvantum-kriptográfiai ajánlást**<sup>48</sup>, és nemrégiben tették közzé a posztkvantum-kriptográfiai rendszerre való átállás **ütemtervét**<sup>49</sup>.

- Az első, EU-n belül összekapcsolt, kísérleti földfelszíni és űrbeli, biztonságos kvantumkommunikációs hálózat kiépítése [2030-ig].
- Kvantumkommunikációs ütemterv közzététele [2026].
- Kísérleti létesítmény indítása az európai kvantuminternethez [2026].

### 2.2.3. Kvantumérzékelés

A kvantumérzékelés a kvantum jellemzőit használja a fizikai jellemzők példátlan érzékenységgű és precizitású mérésére, jelentősen meghaladva a klasszikus érzékelők képességeit<sup>50</sup>. Hatalmas potenciállal rendelkezik számos különböző területen, az egészségügytől, az éghajlatváltozástól vagy a felszín alatti vízkészlet felügyeletétől a biztonságig, a védelemig és az űrkutatásig vagy a hajózásig.

Az EU Kvantum vezérprogramja vezető szerepet játszott a kvantumérzékelési technológiák előmozdításában, az alaptudománytól az alkalmazásvezérelt kutatásig. A funkcionális prototípusokat már jelenleg is tesztelik valós környezetben, ami azt mutatja, hogy Európa vezető szerepet tölt be mind az érzékelők innovációja, mind pedig a potenciálisan kettős felhasználású alkalmazások ipari kiépítésének és alkalmazásának előkészítése terén.

#### ***Kvantumgraviméterek***

Az EU jelenleg egy ***mobil és helyhez kötött kvantumgraviméterekből álló hálózatot***<sup>51</sup> fejleszt ki, amely lehetővé teszi a föld alatt akár több tíz kilométerre található felületi objektumok – többek között víztározók, gázlelőhelyek, ásványi erőforrások, magmakamrák vagy eltemetett infrastruktúra – észlelését. Ezek különösen értékesek a földalatti változások időbeli nyomon követése, a földtudomány és a geofizika (beleértve a felületi feltérképezést és a földrengésekkel kapcsolatos korai előrejelzést), az éghajlattudomány (pl. a gleccserveszteség és a felszín alatti vizek kimerülésének nyomon követése), a természeti veszélyek megelőzése, a magas- és mélyépítés, valamint a védelmi és polgári védelmi stratégiai alkalmazások támogatása, például a földalatti, ember által készített struktúrák észlelése és a kritikus infrastruktúrák nyomon követése szempontjából.

A Kvantum vezérprogram keretében a következő 3–5 évben Európa-szerte kiépítik a földfelszíni graviméterek hálózatát, amelyet a nagy magasságú platformokra telepített

---

<sup>47</sup> Például a „store now, decrypt later” néven ismert koncepcióban a bűnözők már gyűjtenek titkosított információkat, például ellopott adatbázisokat, védett fájlokat vagy kommunikációs adatokat, és tárolják őket azzal a céllal, hogy később rosszindulatú célokra kvantumszámítógépekkel dekódolják őket. Lásd például: [A második kvantumforradalom: a kvantum-számítástechnika és a kvantumtechnológiák hatása a bűnüldözésre](#) (az Európai Biztonsági Tanács 2024. évi jelentése).

<sup>48</sup> [Ajánlás a posztkvantum-kriptográfiára való átállás összehangolt végrehajtási ütemtervéről | Európa digitális jövőjének megtervezése.](#)

<sup>49</sup> Ez az ütemterv meghatározza az érzékeny információk és a kritikus infrastruktúrák védelme érdekében kidolgozandó kvantumbiztonságos algoritmusokat, fejlesztési szabványokat és tanúsítási rendszereket. [Az EU posztkvantum-kriptográfiával erősíti meg kiberbiztonságát | Európa digitális jövőjének megtervezése.](#)

<sup>50</sup> Például a kvantumérzékelés előnyei a hagyományos érzékelési technikákkal szemben a következőket foglalják magukban: a fizikai mennyiségek – például mágneses mezők, hőmérséklet, gravitáció stb. – nagyobb felderítési érzékenysége, a mérések helyességének és pontosságának javítása, jobb felbontás.

<sup>51</sup> Taking atom interferometric quantum sensors from the laboratory to real-world applications, Nature Reviews Physics, 1, 731–739. o. <https://doi.org/10.1038/s42254-019-0117-4>.

graviméterek egészítenek ki. Ezzel párhuzamosan az EU azt tervezi, hogy 2030 után elindítja az **Úttörő kutatásokat támogató program** első kvantumalapú, űrbeli **gravimetriai járatát**<sup>52</sup>. A kvantumgravimetriának az IRIS<sup>2</sup> nyomonkövetési misszióiba való integrálását szintén meg fogják vizsgálni. Ezek az erőfeszítések megnyithatják az utat a Föld-megfigyelési célú földi, légi és űralapú graviméterek teljes körű hálózata előtt, támogatva mind a tudományos kutatást, mind a stratégiai alkalmazásokat, beleértve a kettős felhasználású alkalmazásokat is.

### ***Kvantumalapú mágneses rezonanciás képalkotás (Q-MRI)***

Az orvosi diagnosztika területén az uniós kutatás megnyitotta az utat a kvantumalapú képalkotás előtt, amely kvantumérzékelőket használ a mágneses jelek molekuláris szintű mérésére. Ezek a rendszerek hatalmas potenciállal bírnak a precíziós orvoslás és a személyre szabott egészségügyi ellátás terén azáltal, hogy felgyorsítják a rák és a neurodegeneratív betegségek észlelését, valamint korszerűsítik Európa diagnosztikai infrastruktúráját.

2025-ben a Kvantum vezérprogram keretében az EU számos tagállamban támogatni fogja az európai **Q-MRI kísérleti infrastruktúra**<sup>53</sup> létrehozását. Ez az infrastruktúra lehetővé teszi a kvantumalapú MRI-rendszerek klinikai validálását<sup>54</sup>, és nyílt hozzáférést biztosít az akkreditált kutatóközpontok, kórházak és ágazati partnerek számára a jóváhagyott, kvantumalapú képalkotási prototípusok teszteléséhez. A mesterséges intelligencián alapuló elemzési eszközök integrálásával az infrastruktúra növelni fogja a diagnosztikai pontosságot, támogatni fogja a korábbi beavatkozást, és hozzá fog járulni az általános egészségügyi költségek csökkentéséhez. Idővel ez a hálózat fokozatosan bővülni fog további tagállamokban is.

A Kvantum-Európa kutatási és innovációs kezdeményezése továbbra is finanszírozza a Q-MRI-érzékelők további K+F fejlesztését és a közegészségügyi kutatási infrastruktúrákba való integrálásukat, megnyitva az utat azok további iparosítása előtt.

A fentiekén túlmenően az EU továbbra is támogatni fogja a **nagyobb érzékenységű és új képalkotó kontrasztokra** irányuló kutatásokat, amelyek új diagnosztikai képességeket nyitnak meg, például a neurológia (pl. a korai szakaszban lévő Alzheimer-kór agyi összekapcsolódási zavarai) vagy az onkológia terén (pl. a rák kimutatása metabolikus képalkotás révén).

A kvantumérzékelő technológiák, valamint a metrológiai és tesztelési infrastruktúrák stratégiai pozicionálásának és tervezésének további előmozdítása érdekében az **EU összehangolt európai kvantumérzékelési, -mérési és -vizsgálati ütemtervet fog kidolgozni**, és a metrológiai intézetekkel és a tagállamokkal együttműködve támogatni fogja a vonatkozó szabványosítási erőfeszítéseket. Az egyik fő cél az európai stratégiai autonómia biztosítása a kritikus érzékelő alkatrészek és rendszerek biztonságos és megfelelő ellátási láncai révén.

- A graviméterek megosztott rendszerének kiépítése Európa-szerte [2026-tól].
- Kvantumérzékelési ütemterv közzététele [2026].
- Európai Q-MRI kísérleti infrastruktúra létrehozása és bővítése Európa-szerte [2025-től].

### **2.3. 3. terület: A Kvantum-Európa ökoszisztémája**

Az élénk, összekapcsolt és szilárd kvantum-ökoszisztéma döntő fontosságú ahhoz, hogy Európa hosszú távon képes legyen kvantumtechnológiákat kifejleszteni és bevezetni. Az európai kvantum-ökoszisztéma jelenleg mintegy 70 induló és növekvő innovatív vállalkozást, deep tech beruházót, kutatási és innovációs szervezetet, nemzeti kompetenciaklasztert és ipari ellátási láncot foglal magában. **Ez az ökoszisztéma azonban továbbra is nagyon törékeny.**

<sup>52</sup> <https://carioqa-quantum Pathfinder.eu/>: a CNES, a DLR és az Airbus vezetésével.

<sup>53</sup> [Kvantumalapú és mesterséges intelligencián alapuló metabolikus MRI-diagnosztika.](#)

<sup>54</sup> Ezeket az orvostechikai eszközökről szóló uniós rendelet szerinti ellenőrzött klinikai vizsgálatként fogják alkalmazni.

A **kis induló és növekvő innovatív vállalkozások** dominálnak, amelyek a **növekedés előtt álló, jelentős akadályokba ütköznek: instabil bevételi források, a kapacitásbővítési tőkéhez való korlátozott hozzáférés** és rövid távon **korlátozott ipari kereslet**. Emellett az EU-ban nincsenek olyan nagy volumenű kvantumhardver-szolgáltatók és referencia-végfelhasználók, akik képesek katalizálni a keresletet és felgyorsítani az ipari bevezetést. Ez a strukturális gyengeség korlátozza mind a magánberuházásokat, mind a kritikus ellátási láncok kialakulását.

Összehangolt beavatkozás és valós piaci lehetőségekhez vezető, hozzáférhető útvonalak nélkül ezen induló vállalkozások közül sokan eltűnhetnek vagy Európán kívüli, támogatott ökoszisztémákba települhetnek át.

Ezen ökoszisztéma támogatása érdekében Európának határozott lépéseket kell tennie az iparosodás előmozdítása, az ígéretes szereplők méretének növelése, a stratégiai ellátási láncok biztosítása, a vezető piacok fejlesztése, a stratégiai eszközök védelme és a kvantumszakemberek következő generációjának képzése érdekében.

### 2.3.1. A laboratóriumtól a gyárig és az iparosításig

A kvantumtechnológiák globális piaca még kialakulóban van. A jelenlegi 2–3 milliárd EUR-ról az előrejelzések szerint 2040-re eléri a 155 milliárd EUR-t<sup>55</sup>. Ez a várható növekedés azt jelenti, hogy összehangolt és egységes uniós iparosítási stratégiára van szükség, amely lehetővé teszi az európai vállalatok számára, hogy kihasználják ezt a közelgő lehetőséget.

A **kvantumcsipek** a kvantumiparosítás és -piacfejlesztés kulcsfontosságú tényezői. Ma azonban fejlődésük a félvezetők 30-40 évvel ezelőtti szakaszához hasonló szakaszban van, és a legtöbb jelenlegi kvantum eszköz főként saját tervezésű, és nagyrészt kézzel készített.

**Európának gyorsan el kell mozdulnia az első nagy volumenű, alacsony költségű kvantumcsipek gyártása felé, lehetőség szerint a mikroelektronikára és fotonikára vonatkozó eljárásokkal összeegyeztethető eljárásokat alkalmazva, vagy szükség esetén új folyamatok kifejlesztésével.** Ez a megközelítés lehetővé tenné a meglévő félvezető-infrastruktúra kiaknázását, a költségek csökkentését, valamint a kvantumcsipek és -eszközök piaca jutási idejének felgyorsítását.

Ebbe az irányba haladva az EU **hamarosan elindítja első hat, kvantumalapú kísérleti gyártósorát a Csipekkel Foglalkozó Közös Vállalkozáson keresztül**, a csipekről szóló jogszabállyal<sup>56</sup> összhangban. A kísérleti gyártósoronként 40–50 millió EUR összegű közös uniós és tagállami finanszírozással támogatni fogják a korai prototípus-készítést, a tervezés validálását és a folyamatfejlesztést, miközben az iparral való szoros együttműködés révén ösztönzik a gyakorlati felhasználási eseteket. Ez a hat kísérleti gyártósor a Kvantum vezérprogram kísérleti gyártósorai<sup>57</sup> által meghatározott alapokat terjeszti ki az ipari kísérleti gyártósorokra.

A következő 3-5 évben ezek az erőfeszítések lehetővé teszik Európa számára, hogy továbbfejlessze és megszilárdítsa a kvantum- és egyéb alaptermotechnológiákat és -folyamatokat, mielőtt 2030-ra megépítené az első kvantumüzemeket. A teljes iparosítási tervezés és végrehajtásának támogatása érdekében, valamint az uniós versenyképességi iránytűvel összhangban a **Bizottság 2026-ig teljes körű, kvantumcsip-iparosítási ütemtervet tesz közzé.**

Mivel a tervezési létesítmények és könyvtárak minden kvantumcsip-ökoszisztéma szempontjából alapvető fontosságúak, az EU a Csipekkel Foglalkozó Közös Vállalkozás keretében **kvantumtervezési létesítményt** fog indítani. A létesítmény a félvezetőipar

<sup>55</sup> [McKinsey Quantum Technology Monitor 2024.](#)

<sup>56</sup> (EU) 2023/1781: [A csipekről szóló európai jogszabály | Európa digitális jövőjének alakítása.](#)

<sup>57</sup> [QU-PILOT](#) és [QU-TEST](#).

felhőalapú tervezési platformja mellett fog működni, és kapcsolódik a kvantumalapú kísérleti gyártósorokhoz.

A kvantumiparosítás megkönnyítése érdekében műszaki interoperabilitásra és új szabványokra is szükség lesz. Az EU ezért 2026-ban közzéteszi az **európai kvantumszabványokra vonatkozó ütemtervet**, és a tagállamokkal együtt támogatni fogja az ágazati érdekelt felek aktív részvételét az európai és nemzetközi szabványügyi testületekben.

### **2.3.2. A kialakulóban lévő európai kvantum-ökoszisztéma megerősítése és bővítése**

Annak érdekében, hogy az európai kvantum-ökoszisztéma valóban bővüljön, a következő intézkedések kerülnek bevezetésre.

Először is **létre kell hozni a nyílt hozzáférésű kvantumtesztkörnyezetek egész Európára kiterjedő, központosított hálózatát**. A kvantumtechnológiák meglehetősen érzékeny rendszerekre és laboratóriumokra<sup>58</sup> támaszkodnak, amelyek műszakilag összetettek és rendkívül költségesek. Ez kivitelezhetetlenné teszi a legtöbb szereplő, különösen a kkv-k és az induló innovatív vállalkozások számára, hogy önállóan építsenek vagy tartsanak fenn ilyen létesítményeket. A tesztelési létesítményekhez, a célzott berendezésekhez és a kísérleti lehetőségekhez való hozzáférés bővítése érdekében a Kvantum vezérprogram meglévő kísérleti létesítményeit nyílt hozzáférésű kvantumtesztkörnyezetek egész Európára kiterjedő, központosított hálózatává alakítják át. Ezek a létesítmények szolgáltatásokat és hozzáférést biztosítanak a fejlesztők, az induló innovatív vállalkozások, a kkv-k és a kutatók számára kvantumeszközök teszteléséhez, validálásához és összehasonlító teljesítményértékeléséhez<sup>59</sup>. Ez felgyorsítja a prototípusról a piacra való átállást, és támogatja a tanúsítási erőfeszítéseket, amelyek elengedhetetlenek a megbízható ellátási láncok és az ágazatok fogyasztói bizalmának kialakulásához.

Másrészt a **kvantumkompetencia-klaszterek (QCC-k) bővítése**. Ezek a klaszterek már számos tagállamban beépültek a nemzeti és regionális innovációs ökoszisztémákba. Olyan regionális központokról van szó, amelyek közös infrastruktúrát és szolgáltatásokat biztosítanak, miközben összekapcsolják a kutatási és az ipari szereplőket. A Kvantum-Európa kutatási és innovációs kezdeményezése támogatni fogja e klaszterek bővítését és hálózatba szervezését, hogy azok az egész EU-ra kiterjedjenek, azokban a tagállamokban is, amelyek még nem rendelkeznek ilyen klaszterekkel. A QCC-k megosztott szakértői központokként fognak működni, amelyek a kvantum-ökoszisztéma összekötő szöveteként szolgálnak, összekapcsolva az induló innovatív vállalkozásokat, a kutatókat és az ipari partnereket az infrastruktúrákkal, a kísérleti gyártósorokkal és a tervezési létesítményekkel Uniós-szerte. Elő fogják mozdítani az együttműködést<sup>60</sup> és a koherenciát valamennyi kvantumstratégiai területen – a kutatástól az iparosodásig, valamint a készségfejlesztésig. Az európai digitális innovációs központokhoz hasonlóan a QCC-k is a regionális erősségekhez igazított, de a páneurópai együttműködésbe beágyazódott és azokat erősítő szolgáltatásokat fognak kínálni.

Harmadszor, a **szellemi tulajdon védelmére szolgáló mechanizmusok előmozdítása** annak érdekében, hogy a kvantumvállalatok felhasználhassák azokat a kulcsfontosságú innovációk feletti stratégiai ellenőrzés biztosítására és a kritikus eszközök kiáramlásának megelőzésére.

Negyedszer, a **kvantumtechnológiák ipari elterjedésének felgyorsítása**. Az EU összehangolt megközelítést fog alkalmazni annak érdekében, hogy mind a köz-, mind a magánszektorban segítse a vezető felhasználókat. E tekintetben a **közbeszerzés kulcsfontosságú eszköz lesz a korai alkalmazás ösztönzésében és az első piaci lehetőségek**

<sup>58</sup> Ezek közé tartoznak többek között az ultratiszta környezetek, a kriogén hűtés, a vákuumrendszerek és a precíziós vezérlőelektronika stb.

<sup>59</sup> A [kutatási és technológiai infrastruktúrára vonatkozó, küszöbön álló európai stratégiával](#) összhangban.

<sup>60</sup> A vonatkozó uniós antitrtőrszabályokkal, például adott esetben az EUMSZ 101. cikkének a horizontális együttműködési megállapodásokra való alkalmazhatóságáról szóló, 2023. évi iránymutatással összhangban.

**megteremtésében.** Az EuroHPC közös vállalkozás már most is támogatja az első kvantumszámítógépek közbeszerzés útján történő beszerzését. Emellett a Bizottság támogatni fogja azokat az innovációorientált közbeszerzési rendszereket, amelyek lehetővé teszik a kórházak, az infrastruktúra-üzemeltetők, a kritikus közszolgáltatások és a kormányzati szervek számára, hogy a kvantumalapú megoldások első vásárlóiként lépjenek fel. Ezt testre szabott pénzügyi ösztönzőkkel és telepítési keretekkel fogják támogatni a közintézmények számára, amelyek készen állnak arra, hogy elsőként lépjenek fel. Azáltal, hogy a **tagállamok az európai kvantumtechnológiák első intézményi vásárlóivá válnak**, a piacok és a befektetők határozott jelzést kapnak, ami támogatja az ökoszisztéma-fejlesztést és a kereskedelmi életképességet.

Ötödször, az **induló innovatív kvantumvállalkozások összekapcsolása az európai vállalatokkal.** Ez elengedhetetlen lesz az induló innovatív vállalkozások piacának bővítéséhez. A Bizottság a kvantum-ökoszisztémával<sup>61</sup> együttműködve ágazatspecifikus kihívásokat fog elindítani, különösen az űrkutatás, a gépjárműipar, az energetika, a gyártás, a logisztika és a gyógyszerek terén, hogy ösztönözze a nagy ipari szereplőket arra, hogy stratégiai társfejlesztési partnerekké és vezető felhasználókká váljanak.

Végezetül a növekvő kvantum-ökoszisztéma szükségessé teszi a releváns tehetségek beáramlását. Ezt az alábbi 2.5. szakasz részletesebben kifejti.

### **2.3.3. Befektetés az induló innovatív kvantumvállalkozásokba és a növekvő innovatív kvantumvállalkozásokba**

Míg az előfinanszírozás és az induló szakaszban nyújtott finanszírozás széles körben elérhető állami forrásokból, Európa a globális kvantumfinanszírozásnak csak 5 %-át vonzza, szemben az USA által felvett több mint 50 %-kal. Ez a finanszírozási hiány különösen szembetűnő a fejlesztés későbbi szakaszaiban<sup>62</sup>, ami azzal a kockázattal jár, hogy az uniós induló vállalkozásokat nem európai befektetők is megszerezhetik, ami a szellemi tulajdon, a kritikus technológiák, a technológiai szuverenitás és a tehetség terén potenciálisan veszteséggel járhat.

Ezért a beruházási alapok – beleértve az államilag támogatott magánforrásokat is – arra kapnak ösztönzést, hogy jelentős tőkebefektetéseket mozgósítsanak a kvantumtechnológiák fejlesztése érdekében. Ezek közé tartozik az Európai Innovációs Tanács (EIC)<sup>63</sup> alapja, az Európai Beruházási Bank (EBB) Csoport európai technológiai bajnokokra irányuló kezdeményezése<sup>64</sup> vagy az InvestEU-n keresztül az első veszteségre nyújtott garanciák és testre szabott társberuházási programok révén nyújtott támogatás.

A 2025 májusában elfogadott, induló és növekvő innovatív vállalkozásokra vonatkozó uniós stratégia<sup>65</sup> bejelentette, hogy az EIC-alap részeként létrehozzák a **Scaleup Europe Alapot**, hogy jelentős magánforrásokat mozgósítsanak és közvetlen tőkebefektetéseket hajtsanak végre az olyan stratégiai ágazatokban, mint a kvantumágazat. Az induló és növekvő innovatív vállalkozásokra vonatkozó uniós stratégia célzott megoldásokat is kínál, amelyek célja a finanszírozáshoz, a közbeszerzéshez, a piacokhoz, a szolgáltatásokhoz és a tehetségekhez való hozzáférés megkönnyítése az induló és növekvő innovatív vállalkozások számára.

---

<sup>61</sup> Az Európai Kvantumipari Konzorcium [honlapja – QuIC](#).

<sup>62</sup> [Az európai versenyképesség jövője – Európa versenyképességi stratégiája](#).

<sup>63</sup> 2021 és 2024 között az EIC már mintegy 350 millió EUR-t különített el a kvantumtechnológiai induló vállalkozások növekedésének előmozdítására. A Stratégiai Technológiák Európai Platformjának részeként az EIC STEP léptékváltási felhívását követően a növekvő innovatív kvantumvállalkozásokba való, vállalkozásonként legfeljebb 30 millió EUR összegű további EIC-beruházások előkészítése van folyamatban.

<sup>64</sup> [Az európai technológiai bajnokokat támogató alapok alapja](#).

<sup>65</sup> [https://research-and-innovation.ec.europa.eu/strategy/strategy-research-and-innovation/jobs-and-economy/eu-startup-and-scaleup-strategy\\_en](https://research-and-innovation.ec.europa.eu/strategy/strategy-research-and-innovation/jobs-and-economy/eu-startup-and-scaleup-strategy_en).

Emellett a kohéziós politika félidős felülvizsgálatában<sup>66</sup> javasoltak szerint az irányító hatóságok – ösztönzőkkel és rugalmassági mechanizmusokkal támogatva – kihasználhatnák a lehetőséget arra, hogy forrásokat csoportosítsanak át többek között a Stratégiai Technológiák Európai Platformjának (STEP) célkitűzéseibe történő beruházásokra. A Bizottság sürgeti a tagállamokat és a régiókat, hogy a félidős felülvizsgálat keretében történő újraprogramozás során összpontosítsanak az áttörést jelentő, innovatív vállalatokra, segítve azokat a vállalatokat, amelyek hozzájárulnak Európa stratégiai ágazataihoz és értékláncaihoz, például a kvantumtechnológiákhoz.

Végezetül az európai megtakarítási és beruházási unióval<sup>67</sup> összefüggésben a Bizottság olyan intézkedéseket fog előterjeszteni, amelyek kezelni fogják a pénzügyi szolgáltatások egységes piacának széttagozottságát, és felszámolják a zökkenőmentes, határokon átnyúló uniós beruházások előtt álló akadályokat, többek között a kvantumtechnológiák fejlesztéséhez elengedhetetlen kockázati tőkébe történő befektetések előttiéket. Az EU többek között ösztönözni fogja az intézményi befektetők tőkebefektetéseit, egyszerűsíteni fogja a tőzsdai jegyzésre vonatkozó szabályokat a tőzsdai jegyzésről szóló jogi aktus végrehajtása során, intézkedéseket fog előterjeszteni a magánvállalkozások befektetői kilépésének támogatására, az EBB-vel együtt megvizsgálja azokat a lehetséges kezdeményezéseket, amelyek célja a kockázati és növekedési tőkébe történő magánberuházások bevonása és a nemzeti adózási eljárások előtt álló akadályok felszámolása<sup>68</sup>.

#### 2.3.4. Az ellátási lánc biztonságának megerősítése

Európa gazdasági biztonságának megerősítéséhez elengedhetetlen a reziliens ellátási láncok által támogatott, élénk kvantum-ökoszisztéma. Bár az EU kereskedelem, beruházások és kutatás iránti, régóta fennálló nyitottsága kulcsfontosságú volt és a jövőben is kulcsfontosságú az európai kvantum-ökoszisztéma fejlődése szempontjából, bizonyos kihívásokat is jelent. Egyrészt az európai kvantumvállalatok és -kutatók támaszkodnak a megbízható forrásokból származó folyamatos kínálatra, és nagy mértékben élvezik annak előnyeit. Másrészt fennáll a veszélye annak, hogy ezek az ellátási láncok katonai felhasználásra lesznek átalakítva. Ezért alapvető fontosságú az európai kvantumellátási lánc kritikus sebezhetőségeinek azonosítása és kezelése az EU nem európai forrásoktól való túlzott függőségéből eredő kockázatok csökkentése érdekében. A kockázatok feltérképezése és a kialakulóban lévő kvantum-ökoszisztéma fejlődésének szoros nyomon követése ezért alapvető részét képezi az egészséges, biztonságos és versenyképes, európai kvantumalapú mélytechnológiai környezet kiépítésére irányuló európai megközelítésnek.

Az európai gazdasági biztonsági stratégia<sup>69</sup> és a Kritikus Technológiák Megfigyelőközpontja<sup>70</sup> részeként, valamint az érdekelt felekkel és a tagállamokkal szoros együttműködésben a **Bizottság uniós szintű kvantumtechnológiai kockázattértékelést végez az ellátási lánc sebezhetőségeinek feltérképezése érdekében**, különös tekintettel az anyagokra, az alkotóelemekre és a kulcsfontosságú technológiákra. Ezen értékelések célja, hogy azonosítsák a kvantumtechnológiai ellátási lánc stratégiai függőségeit, potenciális szűk keresztmetszeteit és rendszerszintű sebezhetőségeit, a ritka anyagoktól kezdve a precíziós alkatrészekig, a vezérlőelektronikáig és a szoftverekészletekig. A megállapítások információkkal szolgálnak majd a célzott enyhítő intézkedésekhez, többek között a beszállítók diverzifikálásához, az európai termelési kapacitás növeléséhez, a beszállító országokkal a Global Gateway keretében való partnerségek kialakításához, valamint a kockázatmentes mechanizmusokhoz. Az első

<sup>66</sup> „Korszerűsített kohéziós politika: Félidős felülvizsgálat”, COM(2025) 163.

<sup>67</sup> Európai megtakarítási és beruházási unió – Európai Bizottság.

<sup>68</sup> A vonatkozó állami támogatási szabályok tiszteletben tartása mellett.

<sup>69</sup> JOIN(2023) 20 final; <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:52023JC0020>. Ez a stratégia magában foglalja a technológiabiztonsággal és a technológiaszivárgással kapcsolatos kockázattértékeléseket is, amelyek esetében eddig a kvantumtechnológia a négy kiemelt terület egyike.

<sup>70</sup> [https://defence-industry-space.ec.europa.eu/eu-space/eu-observatory-critical-technologies\\_en](https://defence-industry-space.ec.europa.eu/eu-space/eu-observatory-critical-technologies_en).

eredmények 2026-ra várhatóak. Emellett a kvantumtechnológiáknak az EU biztonságának és közrendjének biztosításában betöltött szerepe tükröződik a beáramló és kiáramló befektetésekkel kapcsolatos, folyamatban lévő és jövőbeli kezdeményezésekről folytatott megbeszélésekben, valamint az exportellenőrzésekkel összefüggésben.

A fenti megállapításokra építve a közelgő **kvantumjogszabály** még inkább támogatni fogja a kvantum-ökoszisztéma megerősítését és tágabb értelemben a fenti iparosítási erőfeszítéseket azáltal, hogy a tagállamokat és a vállalatokat, a befektetőket és a kutatókat arra ösztönzi, hogy (kísérleti) gyártólétesítményekbe fektessenek be, és nagyszabású uniós szintű kezdeményezések, illetve nemzeti vagy regionális erőfeszítések keretében támogatja ezeket a tevékenységeket.

- Hat új, kvantumalapú kísérleti gyártósor létrehozása a Csipekkel Foglalkozó Közös Vállalkozás keretében a technológiák laboratóriumtól a piacra való kiterjesztése érdekében [2025].
- A kvantumcsipek iparosítására vonatkozó ütemterv közzététele [2026].
- Kvantumtervezési létesítmény elindítása [2026].
- Az európai kvantumszabványokra vonatkozó ütemterv közzététele [2026].
- A kvantumkompetencia-klaszterek hálózatának bővítése [2026].
- Az ellátási lánc sebezhetőségére vonatkozó uniós szintű értékelések elvégzése és véglegesítése [2025–2026].

#### **2.4. 4. terület: Űrbeli és kettős felhasználású kvantumtechnológiák (biztonság és védelem)**

A kvantumtechnológiák kettős felhasználási potenciállal rendelkeznek. Ezért elengedhetetlenek Európa versenyképességének és stratégiai autonómiájának fokozásához az űrkutatás, a biztonság és a védelem terén. A kvantumtechnológiák közelmúltbeli fejlődése jelentős előnyöket ígér a védelem és a biztonság szempontjából, beleértve az ultrabiztonságos kommunikációt, a harctéri érzékelés javítását és az optimalizált logisztikát. Ugyanakkor kockázatot jelenthetnek, ha az ellenfelek technológiai előnyre tesznek szert. Ahhoz, hogy e kockázatok csökkentése mellett teljes mértékben ki lehessen aknázni a bennük rejlő lehetőségeket, elengedhetetlenek lesznek a proaktív szakpolitikai és felügyeleti intézkedések, valamint a kulcsfontosságú partnerekkel, például az Európai Védelmi Ügynökséggel való szoros koordináció.

##### ***Kvantumtechnológiák az űrben***

A kvantumtechnológiák stratégiaileg jelentős lehetőségeket kínálnak az európai űrmissziók számára. A biztonságos kvantumkommunikációs technológiák már beépültek a kulcsfontosságú uniós űrkezdeményezésekbe, többek között az EuroQCI-be/IRIS<sup>2</sup>-be és az Úttörő kutatásokat támogató program kvantumalapú, űrbeli gravimetriai küldetésébe. Az uniós űrtevékenységek kiterjednek a kvantumalapú inerciális navigációs rendszerek – többek között a Galileo program keretében a kvantumoptikai érzékelőkön alapuló prototípusok – fejlesztésére is, amelyek célja az autonóm helymeghatározás olyan környezetben, ahol a globális navigációs rendszereket (GNSS) szándékosan letiltották vagy megzavarták. Ezeket a prototípusokat várhatóan az elkövetkező években tesztelik a Galileo műholdak fedélzetén, hogy felmérjék azok operatív telepítési potenciálját. Ezzel párhuzamosan a kvantumórának a Galileo jövőbeli korszerűsítési szempontjából történő értékelése is folyamatban van. A kvantuminformatika várhatóan a fejlett számítástechnikai képességek révén is javítja az űrtechnikát, többek között az univerzum ember általi megértésének javítása érdekében. Számos kvantumalapú űralkalmazás szintén nagy potenciállal rendelkezik katonai és hírszerzési célok tekintetében.

Ezek a kvantumtechnológiák együttesen jelentős előrelépést ígérnek az időzítés stabilitása, pontossága és rezilienciája terén, megerősítve Európa stratégiai autonómiáját a műholdas

navigáció terén. A kvantum űrben történő alkalmazásában rejlő potenciál további feltárása érdekében a Bizottság ki fogja terjeszteni az Európai Űrügynökséggel (ESA) folytatott jelenlegi együttműködési keretet annak érdekében, hogy közösen kidolgozzanak egy **űrbeli kvantumtechnológiai ütemtervet**, és biztosítsák a kvantumalapú, űrrel kapcsolatos tevékenységek egymást kiegészítő jellegét és szinkronizálását.

### ***Kvantumtechnológiák biztonsági és védelmi célokra***

A kvantumtechnológiák kettős felhasználási potenciálja azt jelenti, hogy áttörésük jelentős előnyökkel járhat a stratégiai biztonsági és védelmi alkalmazások terén is. A kvantum-számítástechnika például radikálisan átalakíthatja a védelmi stratégiákat azáltal, hogy lehetővé teszi a gyorsabb döntéshozatalt, és segít megoldani az összetett operatív és logisztikai kihívásokat. Segíthet továbbá új katonai minőségű anyagok tervezésében vagy az érzékeny információk kiberfenyegetésekkel szembeni megóvásában.

A kvantum-számítástechnika olyan kulcsfontosságú biztonsági és védelmi alkalmazások átalakítására szolgál, mint a szélsőséges hőmérsékletű folyadékáramok szimulációja, az égés dinamikája vagy a hőálló anyagok felfedezése. A kvantumérzékelési technológiák kritikus védelmi képességeket kínálnak, beleértve a rendkívül pontos gravimetriát, a magnetometriát és az inerciális navigációt. Ezek az érzékelők lehetővé teszik a föld alatti struktúrák észlelését, a tenger alatti nyomon követést és a fejlett veszélyfeltárást. Ugyanakkor a kvantumkommunikáció, különösen a kvantum-kulcsszétosztás biztosítja a rendkívül biztonságos információcserét a földfelszíni és műholdas hálózatok között, védve a katonai és hírszerzési adatokat a kémkedéssel vagy a kvantumalapú jövőbeli kiberfenyegetésekkel szemben. Ezért mind az érzékelő, mind a kommunikációs technológiák kulcsfontosságúak Európa stratégiai autonómiája és operatív fölénye szempontjából a védelmi és biztonsági környezetben.

Az olyan globális szereplők, mint az USA<sup>71</sup> és Kína, jelentős beruházásokat hajtanak végre a kvantumalapú űr- és katonai alkalmazásokba, többek között a globális navigációs műholdrendszerrel (GNSS) független navigációba, a biztonságos műholdas és földi kommunikációba, a kvantum-LIDAR-ba<sup>72</sup> és a kvantumalapú radarokba. A kvantumtechnológiák szélesebb körű szövetségeket és együttműködési kereteket is befolyásolni kezdtek<sup>73</sup>.

Az EU-ban már számos tagállam<sup>74</sup> épít be védelmi programjaiba olyan, védelemre kész kvantumtechnológiák – például hidegatom-érzékelők, gyémántérzékelők vagy kvantumszámítógépek – fejlesztésére irányuló beruházásokat, amelyek olyan felhasználási eseteket tárnak fel, mint a fejlett időmegerőztetés, a GNSS-mentes helymeghatározás és a tengerfenék-kartográfia.

Az uniós programok keretében a kettős felhasználású és a kritikus védelmi technológiákra irányuló beruházási lehetőségek megerősítése érdekében a Bizottság a közelmúltban javaslatot<sup>75</sup> terjesztett elő a vonatkozó meglévő eszközök alkalmazási körének módosítására.

<sup>71</sup>Összehasonlító kvantum-teljesítményértékelési kezdeményezés: <https://www.darpa.mil/research/programs/quantum-benchmarking-initiative>.

<sup>72</sup> A kvantum-LiDAR egy fényérzékelő és távolságmérő rendszer, amely kvantumtulajdonságokat, például összefonódást alkalmaz annak érdekében, hogy fokozza a célérzékelés és a tartománybecslés érzékenységet és pontosságát a klasszikus határértékeken túl.

<sup>73</sup>Pl. [BRICS és kvantum-számítástechnika](#).

<sup>74</sup> Például Franciaország (PROQCIMA program a védelmi célú kvantumérzékelőkről – <https://quantique.france2030.gouv.fr/acces-aux-marches/programme-proqcima>), Németország (kvantumkommunikáció és -érzékelés a BMBF keretében), Olaszország (hidegatom-érzékelők a GNSS-mentes navigációhoz), Ausztria (kvantumórák és inerciális érzékelők), Finnország (hordozható kvantumérzékelő rendszerek védelmi célú felhasználásra).

<sup>75</sup> [COM\(2025\) 188, 2025.4.22.](#): Javaslat – Rendelet az (EU) 2021/694, az (EU) 2021/695, az (EU) 2021/697, az (EU) 2021/1153, az (EU) 2023/1525 és az (EU) 2024/795 rendeletnek az uniós költségvetés védelmi vonatkozású beruházásainak a ReArm Europe terv végrehajtása céljából való ösztönzése tekintetében történő módosításáról.

A Bizottság intézkedéseket is bevezetett a kettős felhasználású technológiák – többek között a kvantum – védelmi célú kiaknázására, például az Európai Védelmi Alap és annak uniós védelmi innovációs programja (EUDIS) keretében végrehajtott intézkedések révén.

E tevékenységek háttérében az áll, hogy Európának biztosítania kell, hogy a kvantumfejlesztések továbbra is hozzáférhetőek és biztonságosak maradjanak, és mentesek legyenek a harmadik országok exportszabályozásaitól, ugyanakkor igazodjanak az európai védelmi és biztonsági célokhoz.

Az EU és a NATO a kvantumtechnológiákat a hírszerzés, a megfigyelés, a navigáció és a biztonságos infrastruktúra tekintetében a küldetések kulcsfontosságú tényezőiként is elismeri. 2024-ben a NATO elindította a transzatlanti kvantumközösséget azzal a céllal, hogy „kvantumkész szövetséggé” váljon. A Bizottság és a NATO az új és diszruptív technológiákról szóló EU–NATO strukturált párbeszéd részeként foglalkozik a kvantumtechnológiákkal.

Az **európai belső biztonsági stratégia**, valamint az Európai Védelmi Alap az EU hosszú távú biztonsági és technológiai előnyének biztosítása szempontjából kulcsfontosságú területként azonosítja a kvantumtechnológiákat. A kvantumtechnológiákat „**Az európai védelemről szóló fehér könyv – Készenlét 2030**” című dokumentum is említi olyan technológiákként, amelyek képesek megzavarni és átalakítani a hadviselés hagyományos megközelítéseit. A fehér könyv bejelenti, hogy a Bizottság a releváns kvantumfejlesztésekkel, kezdeményezésekkel és programokkal hozzá fog járulni **az európai fegyverkezési technológiai ütemtervhez**. Ez felgyorsítja a védelem átalakítását, és előmozdítja uniós, nemzeti és magán szinten a kettős felhasználású, fejlett technológiai képességekbe való beruházásokat.

Ezen erőfeszítések irányítása érdekében a **Bizottság 2026-ig külön kvantumérzékelési űr- és védelmi technológiai ütemtervet fog kidolgozni**, amely összehangolja a polgári, biztonsági és védelmi közösségek prioritásait. Ez segíteni fogja a következő generációs kvantumérzékelőkbe történő beruházások koordinálását, többek között a gravimetria, a navigáció és a fejlett veszélyszlelés tekintetében.

Ezzel párhuzamosan az EU 2026-tól kezdődően spin-in kezdeményezéseket fog indítani annak érdekében, hogy felgyorsítsa a polgári kvantuminnovációk elterjedését a biztonsági és védelmi alkalmazásokban. Ezek a kezdeményezések összekapcsolják az élvonalbeli vállalatokat és kutatócsoportokat a védelmi szereplőkkel, segítve a fejlesztési ciklusok lerövidítését és megerősítve Európa technológiai előnyét a **kettős felhasználású képességek** terén.

- Együttműködési megállapodás aláírása az ESA-val a világűrre vonatkozó kvantumtechnológiai ütemterv kidolgozása céljából [2025 második negyedéve]
- Kvantumérzékelési űr- és védelmi technológiai ütemterv kidolgozása [2026]
- Hozzájárulás az európai fegyverzettechnológiai ütemtervhez [2025 negyedik negyedéve]
- Kezdeményezések indítása a civil vállalatok és a tudományos körök védelmi alkalmazásokba való bevonására [2026-tól]

## 2.5. 5. terület: Kvantumkézségek

Európa kialakította a tudományos kvantumtehetség erős bázisát. Az Európai Unióban világviszonylatban a legmagasabb a kvantumtechnológia szempontjából releváns területeken végzetek száma a lakossághoz képest: évente több mint 110 000 diplomás<sup>76</sup> végez a fizika, az IKT, a mérnöki tudományok és a kapcsolódó tudományágak területén. A Kvantum vezérprogram 2030-ig tartó időszakra vonatkozó kutatási és ipari menetrendje<sup>77</sup> szerint

<sup>76</sup> [A STEM-oktatás globális összehasonlítása | SpringerLink.](#)

<sup>77</sup> A 2030-ig tartó időszakra szóló stratégiai kutatási és ipari menetrend (Kvantum vezérprogram): <https://qt.eu/media/pdf/Strategic-Research-and-Industry-Agenda-2030.pdf>.

Európában több mint 40 speciális mesterképzési program működik a kvantumtechnológiák és a kvantum-mérnöktudomány területén. Ez azonban még mindig nem elegendő az uniós induló innovatív vállalkozások és az ipar előre jelzett keresletének kielégítéséhez, amely vállalkozások a megfelelő alkalmazott készségekkel rendelkező szakemberek jelentős hiányával szembesülnek. A hiányok az alkalmazott területeken a legkritikusabbak<sup>78</sup>, beleértve a kvantumszoftver-fejlesztést, a rendszerintegrációt és a kvantum-kiberbiztonságot, ami lassítja az uniós székhelyű induló és növekvő innovatív vállalkozások kereskedelmi hasznosítási pályáját.

A készségek uniója<sup>79</sup> keretében a Bizottság számos kezdeményezést vezet be a készséghiány kezelésére, beleértve a kvantummal kapcsolatosakat is. A Bizottság 2026-ban létrehozza a **kvantumkészségek virtuális európai akadémiaját**, amely egyetlen központi kapcsolattartó pontként szolgálna, és láthatóvá tenné a rendelkezésre álló kvantumtechnológiai képzéseket és a gyakorlati alkalmazás lehetőségeit az oktatás valamennyi szintjén. E kezdeményezés keretében a Bizottság elő fogja mozdítani az együttműködést a tudományos körökkel, a képzési intézményekkel, a kutatói közösséggel és az ágazati partnerekkel annak érdekében, hogy interdiszciplináris megközelítés révén oktatási programokat és önálló képzési modulokat dolgozzanak ki és valósítsanak meg. A programok az európai kreditátviteli és -gyűjtési rendszert (ECTS) használó, diplomához vezető közös tanterveket fognak tartalmazni az ISCED 7. (mesterképzési vagy azzal egyenértékű) vagy 8. (doktori vagy azzal egyenértékű) szintjén. Virtuális tanulmányi börszék és ösztöndíjrendszerek fogják támogatni ezeket a programokat.

Emellett a jövőorientált készségek előmozdítása érdekében a Bizottság elő fogja segíteni az innovatív közös európai tanulmányi programok kidolgozását, többek között a stratégiai ágazatokban és az olyan kulcsfontosságú technológiai területeken, mint a kvantum, potenciálisan egy közösen elfogadott kritériumokon alapuló „európai diploma” címke révén.

Az Akadémia – a készségek uniója globális tehetségek vonzására és megtartására irányuló célkitűzésével összhangban – olyan kvantumösztöndíj-rendszereket is támogatni fog, amelyek lehetővé teszik a magasan képzett uniós és nem uniós doktoranduszok, valamint az EU-n kívül élő fiatal szakemberek számára, hogy az EU-ban dolgozzanak.

Tevékenységeinek bővítése és terjesztése érdekében az Akadémia kommunikációs és figyelemfelkeltő gyakorlatokat fog kidolgozni. Ezek közé tartozik többek között egy kifejezetten **kvantumtehetség-portálként** működő, a digitális készségekkel és munkahelyekkel foglalkozó platformba integrált weboldal, az egyetemi és középiskolai oktatóknak szóló „Teach-the-Teacher” modulok a korai oktatás során a kvantumműveltség elérése érdekében, valamint a bevált gyakorlatok megosztása a tagállamokkal és a jogosult harmadik országokkal.

A virtuális Akadémia kommunikációs tevékenységének célja a közvélemény tudatosságának növelése, valamint a kvantumtechnológiák területén a társadalmi megértés, a bizalom és a megalapozott szakpolitikai szerepvállalás javítása. Fontos, hogy kommunikációs és figyelemfelkeltő tevékenységei hozzá fognak járulni a sokszínűség fokozásához és az európai kvantum munkaerőben még mindig jelen lévő, nemek közötti jelentős szakadék megszüntetéséhez is<sup>80</sup>.

Bár a virtuális Akadémia az első fontos lépés, a hosszú távú jövőkép az, hogy több, hálózatba kapcsolt akadémiaát hozzanak létre, amelyek Unió-szerte földrajzilag eloszlának, és amelyek a

---

<sup>78</sup> [IQM-State-of-Quantum-2025.pdf](#), [RAND Europe: Quantum's Future Workforce Needs More Than Physicists.](#)

<sup>79</sup> [COM\(2025\) 90 final.](#)

<sup>80</sup> A STEM területén a felsőoktatásban és a munkahelyeken jelentős egyensúlyhiány tapasztalható a nemek között. Lásd a [2024. évi She Figures jelentést.](#)

kvantumkompetencia-klaszterekhez és a félvezetőkkel foglalkozó kompetenciaközpontokhoz kapcsolódnak, hogy megsokszorozzák hatékonyságukat.

Emellett a Digitális Európa program<sup>81</sup> keretében a Bizottság támogatni fogja a **kvantummal kapcsolatos tanulószereződéses gyakorlati képzési programra** irányuló kísérleti projektet, amelynek célja a valós projekteken kiképzett és az uniós munkaerőpiacra való (újbóli) belépésre kész kvantumszakemberek sorának felkészítése, valamint „visszatérési” rendszerek bevezetése a szakemberek számára. Ezen túlmenően a tudományos élet és az ipar közötti további pozitív kölcsönhatások előmozdítása érdekében a Bizottság 2026-tól a **fejlett digitális készségekkel kapcsolatos európai versenyeket** fog kidolgozni, amelyek bevonják a fiatalokat az olyan kvantumalapú megoldások megalkotási folyamatába, amelyek kulcsfontosságú társadalmi és ipari kihívásokra adnak választ, valamint ösztönzik a kreatív és innovatív gondolkodást.

Mivel a technológia gyorsan fejlődik, a kvantumhoz kapcsolódó szakmai profilok készségigényei fejlődnek és változnak, ezért elengedhetetlen lenne az oktatási és képzési szolgáltatók, valamint az ipar és a munkaerő iránti igények folyamatos nyomon követése is. A készségek uniója keretében a Készségek Európai Megfigyelőközpontja nyomon fogja követni az európai stratégiai ágazatok készségigényeinek idővel történő alakulását.

Az Európai Innovációs Tanács emellett 2025-ben kísérleti programot indít a **kvantumtechnológiai induló innovatív vállalkozásokba kiközvetített kutatók** számára. Ez a fellépés elő fogja segíteni a kutatók célzott kiközvetítését a gyorsan növekvő vállalatok sajátos igényeivel összhangban, a kutatók, valamint az innovatív induló és növekvő vállalkozások összekapcsolására szolgáló külön platform segítségével.

Végezetül a Bizottság elindítja az **európai kvantumtehetség-mobilitási programot** az EU, a tagállamok és a partnerországok közötti nemzetközi munkavállalói mobilitás és készségfejlesztés fellendítése érdekében, beleértve a nem uniós doktoranduszok és a kvantumszakemberek számára nyújtott ösztöndíjakat, ugyanakkor megtartja és támogatja a meglévő munkaerőt az agyelszívás elkerülése érdekében. A kiváló nemzetközi kvantumkutatók vonzása, fejlesztése és megtartása érdekében a Bizottság kísérleti jelleggel kipróbálja az „**MSCA Choose Europe**” Marie Skłodowska-Curie-cselekvést is, amely többek között a kvantumkutatókra is kiterjed.

- A Kvantumkészségek Európai Akadémiájának létrehozása [2026].
- Fejlett digitális készségekkel kapcsolatos európai versenyek indítása a kvantum területén [2026-tól].
- Kísérleti program indítása a kvantumtechnológiai innovatív induló vállalkozásokba kiközvetített kutatók számára [2025].
- Az európai kvantumtehetség-mobilitási program elindítása [2026-tól].

### 3. A Kvantum-Európa stratégiai végrehajtási kerete

#### 3.1. A Kvantum-Európa stratégia fő végrehajtási elemei

Az európai kvantummező egyedi jellemzőkkel rendelkezik: a kvantumtechnológiák továbbra is nagyrészt kialakulóban vannak, és számos alapvető összetevőjük – mind a hardver, mind a szoftver – még az érettség korai szakaszában van. Az alaptudománytól a piac felé vezető hagyományos, lineáris úton történő továbbfejlesztésük 10–15 évet igényelne. A folyamat felgyorsítása érdekében a következő, **testre szabott technológia-életciklusalapú végrehajtási**

<sup>81</sup><https://digital-skills-jobs.europa.eu/en/opportunities/funding/digital-2025-skills-08-quantum-academy-step-sectoral-digital-skills-academies>.

**logika** kerül bevezetésre, amely szorosan integrálja a kutatást, az innovációt, az infrastruktúrát és a korai piaci létrehozást egy folyamatos láncba.

Az **életciklusalapú megközelítés különösen létfontosságú az európai ökoszisztémában, mivel még mindig jelentős tudományos és műszaki akadályok<sup>82</sup> állnak fenn valamennyi kvantumterületen**, amelyekkel foglalkozni kell, és amelyeket kézzelfogható technológiákká kell alakítani. Európának nemcsak ezeket a problémákat kell megoldania, hanem a kapott megoldásokat is gyorsan át kell alakítania piacképes alkalmazásokra, mielőtt a globális versenytársak stratégiai erőfölénybe kerülnének.

A tudományos és műszaki akadályok kezelése érdekében a Kvantum-Európa kutatási és innovációs kezdeményezése (amelyet a fenti 2.1. szakasz ismertet) a következőket fogja támogatni:

- **célzott tudományos és technológiai erőfeszítések**, amelyek a jelenlegi kulcsfontosságú tudományos és technológiai kihívások megoldására összpontosítanak, amelyek valamennyi kvantumterületen korlátozzák az előrehaladást. Ezeket főként felülről lefelé irányuló tudományos és technológiai felhívások révén fogják kezelni, amelyek kiegészítik a szokásos alulról felfelé építkező tudományos és technológiai felhívásokat,
- **piaci zavart okozó kutatási és innovációs tevékenységek, valamint konkrét kvantum- és alaptermotechnológiák kidolgozására irányuló célzott intézkedések.** A cél a kvantuminnováció kockázatának csökkentése és a főbb kutatási felfedezések ipari felhasználás céljából történő átadásának felgyorsítása.

Ezen túlmenően és a fentiek megerősítése érdekében a következő megközelítést kell alkalmazni:

### *Nagy kihívást jelentő mechanizmus*

A „kvantummal kapcsolatos nagy kihívások” stratégiai eszközként szolgálnak majd a jól meghatározott, nagy hatású kvantumtechnológiai problémák kezeléséhez. E nagy kihívások célja, hogy összefogják a kvantum- és az alaptermotechnológiák tudósait, ipari felhasználóit, gyártóit, integrátorait és szereplőit egy olyan összehangolt erőfeszítés keretében, amely hasonló a korábbi küldetésorientált kezdeményezésekhez.

Az egyes induló és növekvő innovatív vállalkozásokra fognak összpontosítani annak érdekében, hogy versenyképes és együttműködésen alapuló fejlesztési folyamat révén támogassák őket az áttörést jelentő technológiai ütemtervük végrehajtásában. A nagy kihívás összehozza őket a vezető ipari felhasználókkal és kutatókkal, hogy közösen dolgozzanak ki kritikus, méretezhető kvantummegoldásokat. A vezető ipari felhasználók részvétele elengedhetetlen ahhoz, hogy az induló innovatív vállalkozások megfeleljenek az ipari követelményeknek, és ipari környezetben validálják technológiáikat. Adott esetben a védelmi szereplők, köztük a védelmi minisztériumok és a védelmi vállalatok végfelhasználóként részt vehetnek bizonyos nagy kihívásokban.

A nagy kihívásra kiválasztott induló és növekvő innovatív vállalkozások az eszközök (támogatások, tőke, hitelek vagy egyéb vegyes finanszírozási eszközök) kombinációjának előnyeit élvezik. Kezdetből fogva mind az állami, mind a magán pénzügyi szereplőket bevonják a stratégiai beruházási célokkal való összhang és a hatás maximalizálása érdekében.

---

<sup>82</sup> Ilyen akadályok állnak fenn például a kvantum-számítástechnika, a méretezhető, kvantumalapú hibajavító rendszerek, a moduláris architektúrák kvantum-összeköttetései és a kriogén vezérlőelektronika, a kvantumkommunikáció, a nagy távolságú kvantumismétlők, az eszköz-agnosztikai összefonódás-szétosztás, valamint a biztonságos, megbízható csomópontoktól mentes hálózatok, továbbá a kvantumérzékelő, miniatürizált, telepíthető graviméterek, a nagy felbontású Q-MRI rendszerek és GNSS-független navigációhoz használt inerciális érzékelők terén.

**2025 és 2027 között a Bizottság az Európai Beruházási Bankkal és a tagállamokkal együtt legalább két ilyen nagy kihívást fog kipróbálni.** Az első az összetett ipari problémák megoldására képes, hibatűrő kvantum-számítástechnikai rendszerekre összpontosít; a második a kvantumalapú helymeghatározási, navigációs és időmeghatározási (PNT) rendszerekre irányul azon környezetekben, ahol a globális műholdas navigációs rendszerek nem működnek. A rendelkezésre álló finanszírozás függvényében további nagy kihívások merülhetnek fel például a kvantumalapú orvosi képalkotás (Q-MRI) terén a korai betegségdiagnosztika és a személyre szabott orvoslás támogatása érdekében.

### ***Technológia-életciklusalapú megközelítés***

A fenti erőfeszítéseket a **technológia-életciklusalapú megközelítés fogja alátámasztani, amely a Kvantum-Európa stratégia öt stratégiai területét** egy összehangolt és iteratív fejlesztési folyamatba **integrálja**, amely lehetővé teszi a felfedezés, a fejlesztés, a tesztelés és a bevezetés közötti folyamatos iterációt.

A 2.2. szakaszban bemutatott európai kvantum-közinfrastruktúrák és kísérleti gyártósorok központi szerepet játszanak ebben a modellben. Ezek a létesítmények hidat képeznek a kutatás és az iparosodás között. Megépítésük, fenntartásuk és méretük növelése biztosítja az alapvető fizikai és szervezeti alapokat a teljes kvantum-ökoszisztéma további megerősítéséhez és ápolásához. A kutatási áttörések teszteléséhez, validálásához és léptékváltásához szükséges tesztelési környezetek, létesítmények és hálózatok biztosításával segíthetnek a kutatás gyakorlati alkalmazásokká alakításában. Kiváló terepként is szolgálnak a tehetségek vonzásához, valamint gyakorlati alkalmazások és felhasználási esetek kifejlesztéséhez. Végezetül elősegítik, hogy az induló innovatív kvantumvállalkozások és a kvv-k hozzáférjenek a legújabb technológiai platformokhoz és laboratóriumi létesítményekhez, ahol továbbfejleszhetik prototípusaikat, és előkészíthetik őket az ipari bevezetésre. A kvantumkompetencia-klaszterek egyesített hálózata továbbra is katalizátorként fog működni e kedvező életciklusalapú megközelítésben, összekapcsolva a kutatóhelyeket, az induló innovatív vállalkozásokat, a növekvő innovatív vállalkozásokat, a nagyipart és az infrastruktúra-szolgáltatókat, ezáltal hidakat teremtve a tudományos és az ipari szereplők között.

Annak biztosítása érdekében, hogy az életciklus robusztus és a célnak megfelelő legyen, fő teljesítménymutatókat (KPI), mérföldkövek nyomon követését és a meglévő technológiákkal való összehasonlító teljesítményértékelést kell kidolgozni.

Végezetül ez az integrált modell összehangolja az uniós és a tagállami stratégiákat azáltal, hogy a beruházásokat a közös célkitűzésekre összpontosítja, és összehangolt visszacsatolási spirálokat hoz létre. Elkerüli az átfedéseket, megteremti a kritikus tömeget, és növeli Európa globális befolyását a kvantumtechnológiák fejlesztésének és alkalmazásának alakításában.

## **4. Nemzetközi együttműködés**

A növekvő geopolitikai bizonytalansággal és annak a globális beruházási és kereskedelmi környezetre gyakorolt közvetlen hatásaival összefüggésben Európának meg kell védenie érdekeit, ugyanakkor fenn kell tartania nyitottságát és proaktívan együtt kell működnie a megbízható partnerekkel. Ez a fogalom számos közelmúltbeli uniós szakpolitikában tükröződik, többek között nemzetközi digitális stratégiájában és gazdasági biztonsági stratégiájában.

A kiemelt partnerek közé tartoznak a hasonlóan gondolkodó országok, különösen azok, amelyekkel az EU technológiai és kereskedelempolitikai kérdésekben már koordinációt folytat,

például szabadkereskedelmi megállapodások, kereskedelmi és technológiai tanácsok<sup>83</sup> vagy digitális partnerségek<sup>84</sup> keretében. A Bizottság ezt az együttműködést olyan kezdeményezésekkel kívánja bővíteni, amelyek kiterjednek a közös kutatási programokra, az összehangolt pályázati felhívásokra, a szakértelem cseréjére, az infrastruktúrákhoz való kölcsönös hozzáférésre, az összehangolt szellemi tulajdon-keretekre és a globális kvantumszabványok kidolgozására. Egyesíteni fogja erőit az ágazati szakpolitikák konkrét kvantumalkalmazásai terén is, például új anyagok kifejlesztése érdekében. Ezzel összefüggésben az EU Japánnal, a Koreai Köztársasággal és Kanadával már megkezdte a kvantumtechnológiákkal kapcsolatos közös kutatási és innovációs projektek végrehajtását.

Az EU együtt fog működni a gyorsan növekvő, kialakulóban lévő kvantum-ökoszisztémákkal is, amelyek gazdasági lehetőségeket jelentenek az uniós vállalatok számára, globális szinten versenyképes lendületet adnak az uniós kvantumiparnak, és lehetőséget biztosítanak az európai kvantumvállalatok számára a partnerségek diverzifikálására és a függőségek csökkentésére. Ez a megközelítés fogja vezérelni a közös értékeken, a kölcsönös bizalmon, valamint a képességek és a piacok egymást kiegészítő jellegén alapuló két- és többoldalú partnerségeket, miközben biztosítja az EU érdekeinek megfelelő szintű védelmet a stratégiai területeken.

Emellett az EU meg fogja erősíteni a kvantumágazatbeli jelenlétét a nemzetközi szabványosítási fórumokon, a kereskedelmi párbeszédekben és a multilaterális kvantumszövetségekben<sup>85</sup>.

A fentiek alapján a Bizottság szorosan együtt fog működni a tagállamokkal egy olyan koherens, kvantummal kapcsolatos nemzetközi együttműködésre irányuló európai keret létrehozása érdekében, amely meghatározza a strukturált együttműködés kiemelt országait és területeit. Támogatni fogja továbbá a kvantumtechnológiákkal kapcsolatos közös diplomáciai kezdeményezéseket és közös európai álláspontok kidolgozását, biztosítva, hogy Európa hangja erősödjön a kvantuminnovációval kapcsolatos globális kormányzás és etika alakításában.

- Új két- és többoldalú együttműködési kezdeményezések kiterjesztése és elindítása a hasonlóan gondolkodó országokkal [2025-től].
- Együttműködés a tagállamokkal a kvantummal kapcsolatos nemzetközi együttműködésre irányuló európai keret kidolgozása érdekében [2025-től].

## 5. Irányítás

Az erős és inkluzív uniós szintű kormányzás elengedhetetlen a Kvantum-Európa stratégia végrehajtásának irányításához, koordinálásához és nyomon követéséhez, előmozdítva az egész Unió részvételét, mind az összes tagállam és a kvantumágazati érdekelt felek képviselőinek bevonása, mind a nemek közötti egyensúly biztosítása tekintetében.

Először is, a vezető európai kvantumtudósokat és technológiai szakértőket tömörítő **magas szintű tanácsadó testület** független stratégiai iránymutatást fog nyújtani a Kvantum-Európa stratégia végrehajtásához.

Másodszor, **a tagállamokkal kialakított strukturált együttműködési keret** hozzá fog járulni az uniós szintű és a nemzeti programok koherens végrehajtásának biztosításához, az öt stratégiai területen az életciklus terén elért éves előrehaladás koordinálásához, valamint a kvantumellátási láncok és kritikus összetevői biztonsága és rezilienciája alakulásának nyomon

<sup>83</sup> Az Egyesült Államokkal és Indiával.

<sup>84</sup> Kanadával, Japánnal, Színgapúrral és Dél-Koreával.

<sup>85</sup> A G7-ek 2025. júniusi csúcstalálkozóján a vezetők elismerték a kvantumban rejlő átalakító potenciált, és ígéretet tettek a beruházások fellendítésére, a megbízható globális együttműködés előmozdítására és a nemzeti mérőintézetek közötti kapcsolatok megerősítésére a G7-ek közös munkacsoportja révén. Lásd: [Kananaskis Common Vision for the Future of Quantum Technologies](#).

követéséhez. Az összes tagállamot összefogó, **külön erre a célra létrehozott szakértői csoport**<sup>86</sup> már aktívan működik, és a közös vállalkozásról szóló rendelet módosítását követően szorosan részt fog venni az EuroHPC Közös Vállalkozás irányító testületének jövőbeli munkájában.

Végezetül a Bizottság továbbra is szoros együttműködést fog folytatni a teljes európai kvantumközösséggel, többek között a tudományos körökkel, az induló innovatív vállalkozásokkal, az ipari szereplőkkel, az innovációban érdekelt felekkel és képviselőikkel.

## 6. Következtetések

A kvantumtechnológiák fordulóponthoz érkeztek. Az EU világelsővé vált a kvantumkutatás terén, és lefektette a versenyképes ipari bázis alapjait. A kvantumtechnológiák hasznosítására irányuló globális verseny azonban egyre gyorsul. A vezető nemzetek fokozzák az állami beruházásokat, összehangolják a nemzeti stratégiákat, és megszilárdítják a kutatás és az ipar közötti útvonalakat a technológiai szuverenitás és a gazdasági előnyök elérése érdekében. A kvantumtechnológiákban rejlő kettős felhasználási potenciál fokozhatja biztonsági és védelmi képességeiket is. Ugyanakkor a magánberuházások válnak a siker és a kudarc közötti fő megkülönböztető tényezővé. Ahhoz, hogy Európa versenyképes maradjon, formálja a kvantuminnováció alapjául szolgáló értékeket, és teljes mértékben kihasználja saját szellemi vezető szerepének gazdasági, biztonsági és egyéb előnyeit, sürgősen, egyértelműen és egységesen kell cselekednie.

Itt az ideje, hogy Európa vezető szerepet töltsön be. Ez a stratégia nem a cél, hanem egy folyamatosan fejlődő keret – egy mozgásban lévő terv – Európa kvantumjövője számára. Ehhez az EU, a tagállamok, az ipar, a tudományos élet és általában a civil társadalom közös elkötelezettségére van szükség. A siker esetén a kvantumtechnológiák fogják vezérelni a következő technológiai forradalmat és megalapozni az EU versenyképességét, és Európa lesz az élvonalban, saját feltételei szerint alakítva azt.

---

<sup>86</sup> [A tagállamok képviselőiből álló európai kvantumtechnológiai koordinációs csoport.](#)

## FÜGGELÉK

### A Kvantum-Európa stratégia intézkedéseinek összefoglalása

<b>1. terület: A kvantummal kapcsolatos kutatási és innovációs kezdeményezés</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Az EuroHPC közös vállalkozásról szóló rendelet módosítása annak érdekében, hogy hatáskörét valamennyi kvantumtechnológiára kiterjessze, és első lépésként a Horizont Európához tartozó jelenlegi K+I kvantumtevékenységek átcsoportosítása a közös vállalkozásba [2025 harmadik negyedéve].</li><li>• A kvantumjogszabályra irányuló javaslat előterjesztése [2026].</li><li>• Két, kvantummal kapcsolatos nagy kihívás kísérleti elindítása (hibatűrő kvantum-számítástechnika és kvantumalapú PNT-rendszerek) [2025–2027].</li></ul>
<b>2. terület: Kvantum-Európa – infrastruktúrák</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Az EU kvantum-számítástechnikai és -szimulációs ütemtervének közzététele [2026].</li><li>• Az EuroHPC-alapú kvantum-számítástechnikai rendszerek számának és kapacitásának bővítése [2026-tól].</li><li>• A kvantum-számítástechnika nyomonkövetési keretének létrehozása [2026].</li><li>• Az első, EU-n belül összekapcsolt, kísérleti földfelszíni és űrbeli, biztonságos kvantumkommunikációs hálózat kiépítése [2030-ig].</li><li>• Kvantumkommunikációs ütemterv közzététele [2026].</li><li>• Kísérleti létesítmény indítása az európai kvantuminternethez [2026].</li><li>• A graviméterek megosztott rendszerének kiépítése Európa-szerte [2026-tól].</li><li>• Kvantumérzékelési ütemterv közzététele [2026].</li><li>• Európai Q-MRI kísérleti infrastruktúra létrehozása és bővítése Európa-szerte [2025-től].</li></ul>
<b>3. terület: A Kvantum-Európa ökoszisztémája</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Hat új, kvantumalapú kísérleti gyártósor létrehozása a Csipekkel Foglalkozó Közös Vállalkozás keretében [2025].</li><li>• Kvantumtervezési létesítmény elindítása [2026].</li><li>• A kvantumcsipek iparosítására vonatkozó ütemterv közzététele [2026].</li><li>• Az európai kvantumszabványokra vonatkozó ütemterv közzététele [2026].</li><li>• A kvantumkompetencia-klaszterek hálózatának bővítése [2026].</li><li>• Az ellátási lánc sebezhetőségére vonatkozó uniós szintű értékelések elvégzése és véglegesítése [2025–2026].</li></ul>
<b>4. terület: Űrbeli és kettős felhasználási potenciállal rendelkező kvantumtechnológiák (biztonság és védelem)</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Együttműködési megállapodás aláírása az ESA-val a világűrre vonatkozó kvantumtechnológiai ütemterv kidolgozása céljából [2025 második negyedéve].</li><li>• Kvantumérzékelési űr- és védelmi technológiai ütemterv kidolgozása [2026].</li><li>• Hozzájárulás az európai fegyverkezési technológiai ütemtervhez [2025 negyedik negyedéve].</li><li>• Kezdeményezések indítása a civil vállalatok és a tudományos körök védelmi alkalmazásokba való bevonására [2026-tól].</li></ul>
<b>5. terület: Kvantumkézségek</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• A Kvantumkézségek Európai Akadémiájának létrehozása [2026].</li><li>• Fejlett digitális készségekkel kapcsolatos európai versenyek indítása a kvantum területén [2026-tól].</li><li>• Kísérleti program indítása a kvantumtechnológiai innovatív induló vállalkozásokba kiközvetített kutatók számára [2025].</li><li>• Az európai kvantummobilitási program elindítása [2026-tól].</li></ul>
<b>Nemzetközi együttműködés</b>

- Két- és többoldalú együttműködési kezdeményezések indítása [2025-től].
- Együttműködés a tagállamokkal a kvantummal kapcsolatos nemzetközi együttműködésre irányuló európai keret létrehozása érdekében [2025-től].