



Briuselis, 2025 07 02
COM(2025) 363 final

KOMISIJOS KOMUNIKATAS EUROPOS PARLAMENTUI IR TARYBAI

Kvantinių technologijų strategija. Kvantinė Europa kintančiame pasaulyje

Kvantinė Europa kintančiame pasaulyje

1.1 Įvadas

Europa yra kvantinių technologijų¹ žemynas. Joje visada buvo plėtojamas kvantinis mokslas – tai darė tiek visame pasaulyje žinomi pirmtakai, kaip antai Maksas Plankas, Albertas Einšteinas, Nilsas Boras ir Ervinas Šriodingeris, tiek šių dienų novatoriai ir Nobelio premijos laureatai, kaip antai Theodor Haensch, Albert Fert, Serge Haroche, Anton Zeilinger, Alain Aspect ir Anne L’Huillier.

Kvantinio mokslo pažanga susijusi su vienais iš didžiausių technologinės istorijos pokyčių. Draghi pranešime² kvantinės technologijos apibūdinamos kaip „artimiausia kompiuterijos srities proveržio inovacija, galinti atverti naujų ES pramonės konkurencingumo ir technologinio suverenumo didinimo galimybių“.

Šiandien esame perlinkio taške, nes pasaulinės lenktynės dėl kvantinių technologijų panaudojimo spartėja, peržengia laboratorijų ribas ir jas pradedama taikyti realiomis sąlygomis. Nuo magnetinio rezonanso vaizdinimo (MRI) skenerių, naudojamų sveikatos priežiūros srityje, ir reikšmingos pažangos energetikos srityje iki geofizikoje ir navigacijoje naudojamų gravimetrinių jutiklių, saugios komunikacijos ir kvantinės kompiuterijos sprendžiant sudėtingas logistikos ir finansų problemas, šie proveržiai pradeda performuoti pagrindines pramonės šakas ir visuomeninę infrastruktūrą.

Kvantinės technologijos taip pat turi dvejopo naudojimo potencialą³, todėl jos gali būti naudingos tiek gynybos, tiek nacionalinio saugumo srityse, taigi skatinti pagrindinių viešojo ir privačiojo sektorių subjektų strateginius interesus.

Atsižvelgdama į tai, kas išdėstyta, ES savo ekonominio saugumo strategijoje⁴ ir Baltojoje knygoje dėl Europos gynybos parengties 2030 m.⁵ nurodė, kad kvantinės technologijos⁶ yra ypatingos svarbos technologijos.

Šiuo metu visame pasaulyje dedamos pirmosios didelio masto industrializacijos pastangos, visų pirma JAV, kur šios pastangos skatinamos didžiulėmis privačiomis aukštųjų technologijų įmonių investicijomis, ir Kinijoje, kur daugiausia skiriamas viešasis finansavimas.

Europa padarė didelę pažangą kvantinių mokslų kompetencijos srityje: joje yra didžiausia pasaulyje kvantinės srities specialistų koncentracija ir ji užima pirmą vietą pasaulyje pagal paskelbtų mokslinių publikacijų skaičių. ES taip pat turi vieną didžiausių kvantinių startuolių ekosistemų⁷. Maždaug trečdalis viso pasaulio kvantinių bendrovių yra įsisteigusios ES⁸, o ES

¹ Kvantinės technologijos grindžiamos kvantinės mechanikos principais ir naudojamos atliekant užduotis, kurias įveikti taikant tradicines technologijas būtų neįmanoma arba labai neefektyvu. Pagrindinės kvantinių technologijų sritys yra kvantinė kompiuterija ir imitavimas, kvantinis matavimas ir kvantinė komunikacija.

² [Draghi pranešimas dėl Europos konkurencingumo ateities](#).

³ Šioje strategijoje **dvejopo naudojimo potencialas** reiškia kvantinių technologijų pajėgumą tarnauti civiliniams ir saugumo ir (arba) gynybos tikslams. Šiame dokumente jis vartojamas platesne, ateities perspektyvomis grindžiama prasme, nei Reglamente (ES) 2021/821 dėl eksporto kontrolės teisiškai apibrėžtas terminas „dvejopo naudojimo prekės“.

⁴ JOIN(2023) 20 final; <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52023JC0020>.

⁵ Baltoji knyga dėl Europos gynybos parengties 2030 m. | EIVT.

⁶ [2023 m. spalio 3 d. Komisijos rekomendacija \(ES\) 2023/2113 dėl ES ekonominiam saugumui itin svarbių technologijų sričių, kad kartu su valstybėmis narėmis būtų galima toliau vertinti riziką.](#)

⁷ [McKinsey & Company, Quantum Technology Monitor – April 2024.](#)

⁸ Lewis, A., Scudo, P., Cerutti, I., Travagnin, M., Marcantonini, C. et al., Future Directions for Quantum Technology in Europe, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2025, JRC141050. Bus paskelbta liepos mėn. viduryje.

pardavėjai tiekia beveik pusę kvantiniuose kompiuteriuose naudojamų aparatinės ir programinės įrangos komponentų⁹.

Tačiau Europa šiuo metu **atsilieka, nes nepavyksta savo inovacinių pajėgumų ir būsimo potencialo paversti realiomis rinkos galimybėmis**. Todėl šiuo metu ji užima tik trečią vietą pasaulyje pagal kvantinės kompiuterijos, matavimo ir komunikacijos patentų skaičių¹⁰.

Be to, **Europos pastangos valstybėse narėse**, nacionalinėse ir regioninėse finansavimo agentūrose **vis dar nesistemmingos**. Per pastaruosius penkerius metus ES ir valstybės narės į kvantines technologijas investavo daugiau kaip 11 mlrd. EUR. Nepaisant to, kad kelios valstybės narės parengė savo nacionalines strategijas ir veiksmų planus, dėl nepakankamo koordinavimo pastangos dubliuojamos, ištekliai naudojami neveiksmingai ir didėja konkurencija dėl specialistų. Tai gali pakenkti ES gebėjimui sukurti kritinę masę ir mastą, sulėtinti komercializacijos procesus ir galiausiai apriboti pasauliniu mastu galinčių konkuruoti Europos pramonės pajėgumų ir vieningos Europos kvantinės rinkos plėtrą.

Be to, **nepaisant to, kad Europa pirmauja ankstyvojo etapo kvantinio verslumo srityje, jos besiformuojančiai ekosistemai šiuo metu trūksta tvarios finansinės paramos ir pakankamų rinkos perspektyvų**. Europai taip pat trūksta didelių pramonės subjektų, kurie būtų pirmieji kvantinių technologijų diegėjai, todėl besiformuojančiose įmonių startuolių ekosistemose rinkos perspektyvos nepakankamos.

Remiantis konkurencingumo kelrodžiu¹¹, kuriame tarp pagrindinių technologijų sektorių, kurie bus svarbūs ateities ekonomikai¹², nurodytas ir „kvantinis“ sektorius, šia iniciatyva, glaudžiai derinant ją su kvantinės srities suinteresuotaisiais subjektais¹³, pateikiama išsami strategija, kuria siekiama užtikrinti, kad Europa pirmautų pasaulinėse kvantinėse lenktynėse. Remiant šios dvejopo naudojimo potencialą turinčios technologijos plėtrą ES, ši strategija padės įgyvendinti ir ES pasirengimo krizėms strategijoje¹⁴, Niinistō pranešime¹⁵, Baltojoje knygoje dėl Europos gynybos parengties 2030 m.¹⁶, Europos vidaus saugumo strategijoje¹⁷ ir Tarptautinėje ES skaitmeninėje strategijoje¹⁸ pateiktas rekomendacijas.

1.2 Strategija „Kvantinė Europa“. Vizija ir strateginė įgyvendinimo programa

Europa turi labai geras galimybes tapti kvantinės revoliucijos lydere. Vizija – paversti Europą didžiausia kvantinės pramonės jėga ir pasauline kvantinių technologijų rinkos lydere, veikiančia pagal tvarios mokslinės lyderystės principus.

ES strateginė vizija grindžiama turimais privalumais: pasaulinio lygio moksliniais tyrimais, mokslininkų kompetencija, gyvybinga startuolių baze ir stipria viešųjų investicijų struktūra.

⁹ [European Investment Bank – A Quantum Leap in Finance \(2022\)](#).

¹⁰ Žr. 8 išnašą.

¹¹ [Konkurencingumo kelrodis. Europos Komisija](#).

¹² Europos ekonominio saugumo strategijoje ir jos 2023 m. spalio 3 d. Komisijos rekomendacijoje kvantinės technologijos įtrauktos kaip ypatingos svarbos technologijos.

¹³ Kaip nurodyta atsakymuose į kvietimą teikti informaciją, paskelbtą prieš paskelbiant strategiją „Kvantinė Europa“; [ES kvantinių technologijų strategija](#). Suinteresuotieji subjektai išreiškė nuomonę, kad strategija „Kvantinė Europa“ turėtų paspartinti perėjimą iš laboratorijos į gamyklą, nepamirštant pagrindinio fundamentinių mokslinių tyrimų vaidmens, padėti išplėsti esamą visos Europos kvantinę infrastruktūrą ir ugdyti kvalifikuotą ir išsilavinusią kvantinių technologijų srities darbo jėgą. Jie taip pat pabrėžia, kad svarbu didinti Sąjungos gamybos pajėgumus ir šalinti finansines, reguliavimo ir administracines kliūtis, trukdančias startuoliams plėstis ir tapti brandžiomis, pelningai veikiančiomis bendrosios rinkos įmonėmis arba sulėtinančias šiuos pokyčius.

¹⁴ [Pasirengimas krizėms. Europos Komisija](#).

¹⁵ Niinistō pranešimas: https://commission.europa.eu/document/download/5bb2881f-9e29-42f2-8b77-8739b19d047c_lt?filename=2024_Niinisto-report_Book_VF.pdf.

¹⁶ Žr. 6 išnašą.

¹⁷ [Komisija pristato Europos vidaus saugumo strategiją. Europos Komisija](#).

¹⁸ [2025 m. birželio 5 d. bendras komunikatas dėl ES tarptautinės skaitmeninės strategijos](#).

Šie pagrindiniai ramsčiai yra labai svarbūs siekiant spręsti susiskaidymo problemą, paspartinti diegimą pramonėje ir užtikrinti strateginį savarankiškumą kvantinių technologijų srityje.

Siekiant įgyvendinti šią viziją, strategijoje daugiausia dėmesio skiriama penkioms tarpusavyje susijusioms sritims.

- **1 sritis. Moksliniai tyrimai ir inovacijos.** Kompetencijos stiprinimas visoje Europoje siekiant pirmauti kvantinio mokslo ir pramonės pertvarkos srityje.
- **2 sritis. Kvantinių technologijų infrastruktūros.** Tvarių, kintamo masto suderintų infrastruktūros centrų kūrimas siekiant remti gamybą, projektavimą ir pritaikymo galimybių kūrimą.
- **3 sritis. ES kvantinės ekosistemos stiprinimas.** Tiekimo grandinių ir kvantinių technologijų industrializacijos užtikrinimas investuojant į startuolius ir veiklą plečiančias įmones.
- **4 sritis. Kosmoso srities ir dvejopo naudojimo (saugumas ir gynyba) potencialą turinčios kvantinės technologijos.** Saugių, nepriklausomų kvantinių pajėgumų integravimas į Europos kosmoso, saugumo ir gynybos strategijas.
- **5 sritis. Kvantiniai įgūdžiai.** Įvairiapusiškos pasaulinio lygio darbo jėgos kūrimas taikant suderintas, lanksčias švietimo ir mokymo sistemas bei programas, taip pat specialistų judumo visoje ES skatinimas.

Šiose penkiose strateginėse srityse taikoma pažangi įgyvendinimo metodika. Kaip aprašyta 3.1 skirsnyje „Pagrindiniai strategijos „Kvantinė Europa“ įgyvendinimo komponentai“, ši metodika bus grindžiama pasikartojančio gyvavimo ciklo technologijų plėtros ciklu, dėl kurio kvantinės srities moksliniai atradimai bus nuolat susiejami su realiomis pritaikymo galimybėmis ir rinka, o tai turės tiek trumpalaikį, tiek ilgalaikį ekonominį poveikį. Ši įgyvendinimo metodika padės pritraukti pirmaujančius pramonės ir visuomeninio sektoriaus naudotojus, taip užtikrinant galimybes patekti į rinką ir besiformuojančios ES kvantinės ekosistemos tvarumą.



1 diagrama. Penkios strategijos „Kvantinė Europa“ strateginės sritys

Siekdama papildyti įgyvendinimo gyvavimo ciklą, ES sukurs strateginio valdymo sistemą pažangai prižiūrėti ir palengvinti.

Ši strategija grindžiama 2023 m. Europos deklaracija dėl kvantinių technologijų¹⁹, kuri buvo svarbus politinis žingsnis, padėjęs valstybėms narėms suderinti savo prioritetus su Europos

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

vertybėmis. Ji taip pat grindžiama visų ES valstybių narių ekspertų darbo grupių²⁰, įsteigtų vadovaujant Kvantinių technologijų koordinavimo grupei²¹, išvadomis.

2 Strategijos „Kvantinė Europa“ strateginės sritys

2.1 1 sritis. Pagal strategiją „Kvantinė Europa“ vykdomi moksliniai tyrimai ir inovacijos

Europos kvantinių mokslinių tyrimų bazė, remiama pagal kelias ES ir nacionalines programas, tapo tvirtu moksliniu pagrindu. Per pastaruosius penkerius metus ES į kvantines technologijas investavo beveik 2 mlrd. EUR, o valstybės narės skyrė daugiau kaip 9 mlrd. EUR papildomą viešąjį finansavimą. Šiomis lėšomis buvo remiami kvantinių technologijų srities moksliniai tyrimai ir švietimas, nacionalinių kvantinių technologijų grupių ir hibridinių kvantinių ir klasikinių superkompiuterių centrų kūrimo veikla, kvantinių technologijų pramonė ir tarptautinės partnerystės.

Nepaisant didelio nacionalinio ir ES lygmens finansavimo, Europos kvantinių technologijų srities moksliniai tyrimai valstybėse narėse ir pagal atitinkamas priemones tebėra susiskaidę, todėl atsiranda dubliavimas, spragos prioritetinėse srityse ir konkurencija dėl sunkiai surandamų specialistų. Jei nebus užtikrintas koordinavimas ir aiškus dėmesys bendriems strateginiams prioritetams, Europa nepasieks savo kvantinių užmojų.

Todėl Komisija pasiūlė specialią **strategijos „Kvantinė Europa“ mokslinių tyrimų ir inovacijų iniciatyvą**. Ja bus siekiama suderinti ES ir valstybių narių pastangas pagal bendrai sutartą mokslinių tyrimų, technologijų ir inovacijų darbotvarkę. Bus sutelktos pastangos bendrai aktualiose srityse ir nustatyti bendri tikslai, taip siekiant užtikrinti nuoseklumą, išvengti dubliavimosi ir sukurti kritinę masę.

Ši iniciatyva bus vykdoma įgyvendinant toliau išvardytus pagrindinius veiklos etapus.

- **Atradimai.** Bus remiami pamatiniai moksliniai tyrimai, technologijų plėtra ir su inovacijomis susijusi veikla kvantinės kompiuterijos, komunikacijos ir matavimo srityse.
- **Iš laboratorijos į gamyklą.** Bus toliau investuojama į pažangiausios kvantinės kompiuterijos, komunikacijos ir matavimo infrastruktūros, kvantinės aparatinės įrangos ir atitinkamų didelio poveikio technologijų kūrimą, taip pat į pažangiausias bandomąsias linijas ir projektavimo priemones, kuriomis remiama industrializacija ir ekosistemų plėtra.
- **Pritaikymas ir naudojimas.** Bus remiamas panaudojimo pagrindiniuose viešuosiuose ir pramonės sektoriuose būdų kūrimas, užtikrinant, kad mokslinė pažanga visose kvantinėse srityse būtų perkeliama į realias panaudojimo ir poveikio sritis.

Be to, kas išdėstyta pirmiau, ši iniciatyva taip pat apims investicijas talentų pritraukimo ir įgūdžių ugdymo srityse, kad būtų užtikrinta gerai parengta ateities kvantinės pramonės darbo jėga.

Strategijos „Kvantinė Europa“ mokslinių tyrimų ir inovacijų iniciatyva bus įgyvendinama taikant ES lygmens valdymo sistemą, kuri bus apibrėžta būsimame pasiūlyme dėl kvantinių technologijų akto. O Europos našiosios kompiuterijos bendrosios įmonės²² įgaliojimai bus išplėsti, iš dalies pakeitus jos steigimo reglamentą, užtikrinant sklandų veiksmų suderinimą su

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

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

²² [TARYBOS REGLAMENTAS \(ES\) 2021/1173](#) dėl Europos našiosios kompiuterijos bendrosios įmonės įsteigimo.

programa „Europos horizontas“, Skaitmeninės Europos programa, kosmoso ir gynybos programomis ir kitomis finansavimo priemonėmis.

- Iš dalies pakeisti reglamentą dėl Europos našiosios kompiuterijos bendrosios įmonės įsteigimo, kad jis apimtų visas kvantines technologijas, ir pirmiausia šiuo metu pagal programos „Europos horizontas“ 2 veiklos sritį vykdomą kvantinių mokslinių tyrimų ir inovacijų veiklą perkelti į Europos našiosios kompiuterijos bendrąją įmonę [2025 m. III ketv.].
- Pateikti pasiūlymą dėl kvantinių technologijų akto [2026 m.].

2.2 2 sritis. Pagal strategiją „Kvantinė Europa“ kuriamos infrastruktūros

Šiandien ES investuoja į pagrindines kvantinės infrastruktūros iniciatyvas, pavyzdžiui, į Europos našiosios kompiuterijos bendrosios įmonės kvantinės kompiuterijos sistemas, saugią kvantinę komunikacijos infrastruktūrą „EuroQCI“²³, kurią pagal Sąjungos saugaus junglumo programą IRIS²⁴, taip pat į pažangias matavimo platformas. ES taip pat investuoja į kelias Lustų bendrosios įmonės²⁵ bandomąsias linijas, skirtas pasirengti Europos kvantinių technologijų industrializacijai.

Šios viešosiomis lėšomis finansuojamos kvantinės infrastruktūros yra strateginis Europos kvantinio užmojo įgyvendinimo veiksnys. Jomis suteikiama prieiga prie pažangiausių kvantinių sistemų ir platformų, kurios kitu atveju dėl didelių plėtros ir prieigos išlaidų, techninio sudėtingumo arba konkrečių paslaugų, pavyzdžiui, saugios komunikacijos, poreikio liktų nepasiekiamos daugumai Europos kvantinių technologijų srities suinteresuotųjų subjektų ir naudotojų. Jos padeda išbandyti inovacijas, veikia kaip erdvės, kuriose gali būti rengiami specialistai, o pramonė, MVĮ ir tyrėjai gali eksperimentuoti su naujomis kvantinėmis technologijomis, jas suprasti ir formuoti. Jos yra labai svarbios siekiant paspartinti kvantinių technologijų diegimą, stiprinti pramonės pajėgumus ir užtikrinti, kad kvantinių technologijų nauda būtų plačiai paskirstyta visoje Sąjungoje.

Žvelgiant į ateitį, ES išlaikys ir plės savo investicijas į viešąją kvantinę infrastruktūrą **kompiuterijos ir imitavimo, komunikacijos ir matavimo srityse**, kaip paaiškinta toliau.

2.2.1 Kvantinė kompiuterija ir imitavimas

Kvantinė kompiuterija gali iš esmės pakeisti mūsų gebėjimą spręsti sudėtingas skaičiavimų optimizavimo problemas, kurios yra gerokai per didelės net galingiausių našiosios kompiuterijos sistemų pajėgumams. Manoma, kad ji kaip katalizatorius paveiks daugelį sričių, pvz., farmacijos ir cheminių medžiagų imitavimo sritį, kur kvantinė kompiuterija galėtų padėti atrasti naujus vaistus ir chemines medžiagas; energetikos srityje kvantinė kompiuterija gali padėti atrasti naujas baterijų medžiagas arba aukštos temperatūros superlaidininkus; ji taip pat teikia daug vilčių atlikti patobulinimus tokiose srityse kaip logistika ir finansai. Be to, kvantiniai kompiuteriai tokias problemas gali išspręsti naudodami energiją daug efektyviau nei klasikiniai superkompiuteriai. Kvantiniai kompiuteriai ne pakeis našiosios kompiuterijos sistemas, o jas papildys ir veiks kaip spartintuvai, padėsiantys pagerinti bendrą kompiuterinio skaičiavimo veiksmingumą ir pasiekti rezultatus daug greičiau ir daug efektyviau vartojant energiją. Kvantinė kompiuterija vis dažniau naudojama ir kartu su dirbtiniu intelektu (DI) bei jį remiant. Pavyzdžiui, kvantinė kompiuterija gali paspartinti DI modelių mokymą, o DI prisideda prie kvantinių klaidų ištaisymo, taip padidindamas bendrą sistemų patikimumą.

²³ [Europos kvantinės komunikacijos infrastruktūros \(„EuroQCI“\) iniciatyva | Europos skaitmeninės ateities formavimas.](#)

²⁴ [IRIS² | Saugus junglumas. Europos Komisija, Reglamentas \(ES\) 2023/588.](#)

²⁵ [Tarybos reglamentas \(ES\) 2023/1782 dėl Lustų bendrosios įmonės įsteigimo.](#)

Kvantinė kompiuterija šiuo metu yra pasiekusi lemiamą etapą: nors esama nedidelių kvantinių procesorių, pagrindinis uždavinys visame pasaulyje yra išplėsti visapusiškai veikiančius kvantinius kompiuterius, kad jie galėtų neabejotinai parodyti kvantinės kompiuterijos pranašumą. Šiuo metu pagrindinis uždavinys yra statyti didesnio masto mašinas, kurios galėtų suteikti aiškų kvantinį pranašumą,²⁶ palyginti su klasikiniai kompiuteriais. Per ateinančius 5–10 metų kvantinių kompiuterių gebėjimas spręsti realias problemas labai padidės. Todėl ES ir jos valstybės narės, taip pat kitos šalys, pradedant Australija, Kanada, Kinija, Japonija, Pietų Korėja, Jungtine Karalyste ir baigiant JAV, daug investuoja į kvantines technologijas, siekdamas šiose lenktynėse tapti kvantinės revoliucijos lyderėmis²⁷. Šiuo metu kuriamos įvairios kvantinės kompiuterijos platformos, kurių kiekviena grindžiama skirtingu technologiniu metodu²⁸. 1 lentelėje išvardyti kvantiniai kompiuteriai, kuriuos teikia įvairiuose pasaulio regionuose įsikūrusios įmonės.

Technologijų platforma	Superlaidumas	Jonų spąstai	Šaltieji atomai	Fotonika	Sukinių kubitai
 ES mašinos	 17	 6	 8	 5	 3
 Jungtinės Karalystės mašinos	4	6	0	5	2
 JAV mašinos	26	7	4	2	0
 Kanados mašinos	13	0	0	1	0
 Kinijos mašinos	2	0	0	0	0
 Visų kitų pasaulio šalių ²⁹ mašinos	1	0	0	1	3

1 lentelė. Kvantinės kompiuterijos ir imitavimo technologijų tiekėjų aplinka

Igyvendindama nacionalines programas ir ES pavyzdinę kvantinių technologijų iniciatyvą³⁰, Europa kuria visas pirmiau išvardytas pagrindines kvantinės kompiuterijos technologijas. Šios pastangos paskatino sukurti prototipus, programinės įrangos priemonių rinkinius ir keletą atskirtųjų giliųjų technologijų įmonių. Be to, veikiant Europos našiosios kompiuterijos bendrajai įmonei Europa jau diegia pirmuosius kvantinės kompiuterijos sistemų prototipus keliose valstybėse narėse (žr. 2 diagramą). Šiuo ankstyvu diegimu siekiama dviejų pagrindinių tikslų: remiamas savarankiškos, nepriklausomos ir konkurencingos Europos kvantinės pramonės kūrimas, sukuriant ankstyvą aparatinės ir programinės įrangos tiekėjų rinką ir kartu sudarant sąlygas plėtoti vidaus rinką didinant naudojimo atvejų ir naudotojų skaičių ir mastą.

Be to, Europa sėkmingai sudarė sąlygas anksti hibridizuoti kvantinius kompiuterius su

²⁶ OECD (2025), *A Quantum Technologies Policy Primer*. Kvantinis pranašumas – tai momentas, nuo kurio kvantinis kompiuteris konkrečią užduotį atlieka efektyviau, greičiau, tiksliau arba naudodamas mažiau energijos nei geriausi klasikiniai superkompiuteriai. Šis etapas rodo praktinį kvantinės kompiuterijos pranašumą sprendžiant tam tikras skaičiavimo problemas, net ir siaurose srityse.

²⁷ Pvz., JAV nacionalinė kvantinė iniciatyva (<https://www.quantum.gov/>); Kinijos kvantinių technologijų srities veiksmų gairės iki 2030 m.; Japonijos kvantinių technologijų ir inovacijų strategija (https://www8.cao.go.jp/cstp/english/strategy_r08.pdf); Australijos nacionalinė kvantinių technologijų strategija (<https://www.industry.gov.au/sites/default/files/2023-05/national-quantum-strategy.pdf>); Kanados nacionalinė kvantinių technologijų strategija (<https://ised-isde.canada.ca/site/national-quantum-strategy/en/canadas-national-quantum-strategy>); Jungtinės Karalystės nacionalinė kvantinių technologijų strategija (<https://www.gov.uk/government/publications/national-quantum-strategy>).

²⁸ Tipiški kompiuterinių platformų pavyzdžiai – superlaidžios grandinės, sugauti jonai, neutralūs atomai, fotonika, deimantai arba sukinų kubitai. Kiekvienas iš jų turi skirtingų privalumų ir kelia inžinerinių uždavinių, susijusių su kompiuterijos išplečiamumu, patikimumu ir nuoseklumu.

²⁹ Visos kitos pasaulio šalys.

³⁰ *Pavyzdinės kvantinių technologijų iniciatyvos pradžios puslapis | Pavyzdinė kvantinių technologijų iniciatyva*

našiosios kompiuterijos sistemomis, taip pasiekdama ES skaitmeninio dešimtmečio tikslą 2025 m. turėti pirmąjį kvantinį kompiuterį³¹. Buvo įgyvendintas strateginis etapas: remiama Europos kvantinės aparatinės įrangos ekosistema, skatinamas pramoninio panaudojimo būdų kūrimas ir sudaromas pagrindas pažangesnėms hibridinėms sistemoms – visa tai padeda siekti ilgalaikio tikslo iki 2030 m. užtikrinti visapusiškus kvantinės kompiuterijos pajėgumus. Ši hibridizacija taip pat sudarys sąlygas Europos DI fabrikuose³² naudoti kvantinius kompiuterius, taip prisidedant prie žemyno DI srities veiksmų plano tikslų įgyvendinimo³³.

Žvelgiant į ateitį, įgyvendinant strategijos „Kvantinė Europa“ mokslinių tyrimų ir inovacijų iniciatyvą bus toliau remiama koordinuota veikla, kuria siekiama paspartinti perėjimą nuo šiuo metu naudojamų pirmosios kartos kvantinių įrenginių prie visu pajėgumu veikiančių mašinų. Tikslas – padėti Europai įsigyti naujos kartos kvantinių kompiuterių, visų pirma iš ES teikėjų, kartu palaipsniui išplečiant šias platformas, kad iki 2030 m. kiekvienoje sistemoje būtų pasiekiami maždaug 100 ištaisytytų kubitų³⁴ – šis tikslas dera su pramonės veiksmų gairėmis, kaip pasiekti prasmingą pranašumą kompiuterijos srityje. **Europa siekia iki 2035 m. tapti pirmuoju žemynu, kuriame kiekvienoje platformoje bus pasiekiami tūkstančiai ištaisytytų kubitų, – tai riba, kuri laikoma būtina realioms problemoms spręsti.**

Pasiekus šį tarpinį tikslą, būtų pasiektas praktinio kvantinio pranašumo lūžio taškas³⁵ ir Europos, kaip pasaulinės kvantinės kompiuterijos lyderės, pozicija. Tai sustiprins Europos kvantinės kompiuterijos įmonių plėtrą ir padės skatinti naudotojams skirtų pirmaujančių taikomųjų programų kūrimą ir diegimą, kartu stiprinant Sąjungos technologinį savarankiškumą.



2 diagrama. *Europos našiosios kompiuterijos bendrosios įmonės superkompiuterių, kvantinių kompiuterių ir imituoklių žemėlapis*

³¹ Hibridinės kvantinių / našiosios kompiuterijos sistemų platformos į klasikines našiosios kompiuterijos sistemas integruoja kvantinius procesorius, kad būtų sudaromos sąlygos ankstyvam bendram duomenų apdorojimui, o kvantiniai procesoriai veikia kaip tradicinių superkompiuterių skaičiavimo greitintuvai. Šiuo metu Europos našiosios kompiuterijos bendrojoje įmonėje ir nacionalinėse infrastruktūrose veikia trys tokios hibridinės platformos (Prancūzijoje, Vokietijoje ir Suomijoje). Iki 2025 m. pabaigos hibridizacija bus standartinė praktika visuose Europos kvantinės kompiuterijos objektuose, o tai dar labiau sustiprins šį reikšmingą pasiekimą.

³² [DI fabrikai | Europos skaitmeninės ateities formavimas.](#)

³³ [DI žemynas. Europos Komisija.](#)

³⁴ Šių dienų kvantinių kompiuterių rezultatai dar nėra visiškai tikslūs (kvantiniuose skaičiavimuose vis dar pasitaiko reikšmingų klaidų). Todėl veiksmingas klaidų ištaisymas, kurį įgyvendinus bus gaunami ištaisyti kubitai (t. y. kvantinių kompiuterių informacijos apdorojimo vienetai), užtikrinantys tikslus skaičiavimo rezultatus, yra svarbus bet kurio būsimo visapusiškai veikiančio kvantinio kompiuterio tarpinis tikslas.

³⁵ Žr. 26 išnašą.

Kartu **Europa ir toliau investuos į kvantinius imituoklius**³⁶, kurie, naudodami ne tokia sudėtingą aparatinę įrangą, gali imituoti kvantinės sistemos elgseną. Šie kvantiniai imituokliai jau padeda pasiekti proveržius medžiagų mokslo, kvantinės chemijos ir fundamentaliosios fizikos srityse. Europa pirmąją kuriant ir diegiant šias platformas, iš kurių, dėl mažesnių aparatinės įrangos reikalavimų, tikimasi pasiekti vertingų rezultatų anksčiau, nei bus sukurti universalūs kvantiniai kompiuteriai.

Bus parengtos ES **kvantinės kompiuterijos ir imitavimo veiksmų gairės**, kuriose bus nustatyti aiškūs kriterijai ir stebėsenos procesas, skirti įvairių rūšių kvantinių platformų technologinei pažangai ir tobulėjimui stebėti. Vadovaujantis šiomis veiksmų gairėmis bus galima reguliariai vertinti, kurios iš jų yra labiausiai pažengusios arba turi didžiausią potencialą ilguoju laikotarpiu. Šiuo įrodymais grindžiamu požiūriu bus vadovaujamasi priimant strateginius Europos sprendimus ir jis padės nustatyti būsimus viešųjų investicijų į kvantinę kompiuteriją prioritetus.

- Paskelbti ES kvantinės kompiuterijos ir imitavimo veiksmų gaires [2026 m.].
- Padidinti Europos našiosios kompiuterijos bendroje įmonėje naudojamų kvantinės kompiuterijos sistemų skaičių ir pajėgumus [2026 m.] ir sukurti kvantinės kompiuterijos stebėsenos sistemą [2026 m.].

2.2.2. Kvantinė komunikacija

Kvantinė komunikacija sudaro sąlygas itin saugiai perduoti duomenis, padeda saugoti ypatingos svarbos infrastruktūros objektus ir apsaugo neskelbtiną informaciją nuo ateityje galimų kvantinių kibernetinių grėsmių³⁷. Ji taip pat suteikia galimybę kurti kvantinius komunikacijos tinklus, kurie yra būtini kvantiniams įrenginiams, tokiems kaip matuokliai ir kompiuteriai, sujungti į vadinamąjį **kvantinį internetą**. Dėl savo dvejojo naudojimo potencialo ji gali būti naudojama tiek civilinio pritaikymo (pvz., finansinių sandorių apsaugos, viešųjų tinklų apsaugos), tiek gynybos poreikių (pvz., saugios komunikacijos vykdant karines ir nacionalinio saugumo operacijas) srityse. Įgyvendindama tokias iniciatyvas kaip „EuroQCI“³⁸ ir „Kvantinis internetas“, ES kuria visiškai savarankišką ir patikimą kvantinės komunikacijos infrastruktūrą, kuri apsaugos ypatingos svarbos duomenų srautus, viešą komunikaciją ir ypatingos svarbos infrastruktūros objektus, taip pat sustiprins Europos vidaus saugumą, kaip numatyta Europos vidaus saugumo strategijoje³⁹.

Iniciatyva „EuroQCI“

Pagal iniciatyvą „EuroQCI“ kuriama saugi kvantinės komunikacijos infrastruktūra, apimanti visą ES, įskaitant jos užjūrio teritorijas. Ši iniciatyva yra Sąjungos iniciatyvos IRIS² dalis ir ją sudarys antžeminis segmentas, grindžiamas šviesolaidinio ryšio tinklais, jungiančiais nacionalinio ir tarpvalstybinio lygmens strategines vietas, taip pat palydovais grindžiamas kosmoso segmentas.

Ši iniciatyva sparčiai įgyvendinama: 26 valstybės narės šiuo metu diegia nacionalinius antžeminius kvantinės komunikacijos tinklus, kurie bus naudojami ir siekiant išbandyti saugų kvantinės komunikacijos tinklo palydovą (*Eagle 1*), kurį numatyta paleisti 2026 m. ir kuris bus pirmasis orbitoje veikiantis Europos parodomasis įrenginys.

³⁶ PASQuanS2. [Programmable Atomic Large-scale Quantum Simulation 2 - SGA1](#) | PASQuanS2.1 | Projektas | Informacijos suvestinė | HORIZON | CORDIS | Europos Komisija.

³⁷ Kvantinių kompiuterių keliama grėsmė šiuo metu naudojamiems kriptografiniams protokolams.

³⁸ [Europos kvantinės komunikacijos infrastruktūros \(„EuroQCI“\) iniciatyva](#) | Europos skaitmeninės ateities formavimas.

³⁹ [Komisija pristato Europos vidaus saugumo strategiją](#). Europos Komisija.

Šie antžeminiai kvantinio ryšio tinklai naudojami kvantinės komunikacijos tinklams diegti ir išbandyti realiomis sąlygomis. Bandomieji projektai apima saugų medicininių duomenų perdavimą iš ligoninės į ligoninę, užšifruotą ryšį tarp valdžios institucijų ir kvantinės komunikacijos tinklų jungtis, skirtas ypatingos svarbos infrastruktūros objektams, pvz., elektros tinklų valdymo centrums. Jie parodo, kaip kvantinės komunikacijos tinklai gali apsaugoti pagrindines viešąsias paslaugas ir nacionalines operacijas.

Siekdama remti šį diegimą, ES naudoja visiškai europinę kvantinių komponentų, prietaisų ir sistemų tiekimo grandinę⁴⁰. Taip pat diegiamas visapusiškas kvantinės komunikacijos tinklų bandymo ir vertinimo įrenginys, kuriame sukuriama kvantinės komunikacijos tinklų komponentų išankstinio sertifikavimo sąlygos ir rengiamasi juos integruoti į ištisines sistemas ir tinklų architektūras⁴¹.

Be to, ši veikla yra glaudžiai susijusi su ES kibernetinio saugumo politika, pavyzdžiui, TIS 2 direktyva, planuojama Kibernetinio saugumo akto peržiūra ir ENISA kvantiniams kompiuteriams atsparios kriptografijos veiksmų gairėmis, kuriomis siekiama užtikrinti, kad į kvantinės komunikacijos, matavimo ir kompiuterijos infrastruktūras nuo pat pradžių būtų įtraukiamos gynybos lygio saugumo priemonės, tiekimo grandinės vientisumo patikrinimai ir reagavimo į incidentus pajėgumai.

Kiti pirmaujantys regionai taip pat investuoja į saugius antžeminius ir kosmoso kvantinius pajėgumus. Pavyzdžiui, Kinija pademonstravo, kad kvantinės komunikacijos tinklai gali veikti tarp kosmoso ir žemės, ir išplėtojo daugiau kaip 2 000 km tarp miestinių saugių antžeminių jungčių⁴². Savo ruožtu JAV daug investuoja į kvantinio interneto bandymų centrus ir nacionalines laboratorijų partnerystes, tačiau dar nepradėjo įgyvendinti federacinės saugios komunikacijos programos viso žemyno mastu. Europos modelis, pagal kurį naudojant IRIS² integruojami antžeminiai ir palydoviniai segmentai ir kuris grindžiamas saugaus projektavimo principais bei ES kontroliuojamais komponentais, rodo, kad ES pirmauja plėtojant patikimus kvantinius tinklus.

2025–2035 m. laikotarpiu ES toliau plės infrastruktūros „EuroQCI“ iniciatyvą.

Pirma, 2025–2030 m. laikotarpiu ES **įdiegs tarpvalstybines antžemines kvantines jungtis, kurios sujungs valstybes nares**, ir antžemines stotis, susiesiančias infrastruktūros „EuroQCI“ antžeminius segmentus su infrastruktūros „EuroQCI“ palydovais, taip sukuriant kosminį kvantinės komunikacijos tinklą. Taip iki 2030 m. bus sukurtas pirmasis visiškai tarpusavyje sujungtas eksperimentinis saugios komunikacijos tarp žemės ir kosmoso tinklas.

Antra, ES **sudarys palankesnes sąlygas įsitvirtinti rinkoje ir išduoti saugumo sertifikatus**. Ji toliau remis tolesnį kvantinių ryšių technologijų ir protokolų plėtojimą, išbaigtumą ir diegimą⁴³ bei nuolatinę jų integraciją į infrastruktūrą „EuroQCI“. Infrastruktūros „EuroQCI“ kosmoso segmentas taip pat bus atnaujintas, kad būtų teikiamos ištisinės saugių kvantinės komunikacijos tarp kosmoso ir žemės tinklų paslaugos, kurios bus palaipsniui integruotos į

⁴⁰ „Šios technologijos apima kvantinius atsitiktinių skaičių generatorius (QRNG), kvantinius pavienių fotonų šaltinius ir detektorius, susietumu grindžiamus kvantinės komunikacijos tinklų modulius ir integruotas telekomunikacijų lygio platformas. Tiekimo grandinė sertifikuoja pagal ES saugaus junglumo programą (Reglamentas (ES) 2023/588)“.

⁴¹ Ši priemonė suteikia galimybę tiksliai apibūdinti, atlikti saugumo bandymus ir teikti ankstyvą paramą vykdant standartizavimą, glaudžiai derinant ją su Europos telekomunikacijų standartų instituto (ETSI) kvantinės komunikacijos tinklų veikla, www.etsi.org/technologies/quantum-key-distribution.

⁴² Sukūrusi Pekino–Šanchajaus magistralinį tinklą ir palydovinę programą „Micius“, vietoj kurios dabar įgyvendinta programa „Jinan-1“.

⁴³ Tokių technologijų pavyzdžiai, be kita ko, yra naujos kartos ilgaamžės, didelio tikslumo optinės atmintinės, kurios yra itin svarbios kvantinių kartotuvų veikimui, ir visiškai veikiančių kvantinių kartotuvų, jungiančių didmiesčių tinklus, kūrimas ir demonstravimas, išbandžius juos tiek laboratorijose, tiek realiomis sąlygomis.

naujos kartos IRIS² kosmoso paslaugas. Siekiant užtikrinti patikimumą ir atitiktį, bendra infrastruktūra „EuroQCI“ bus sertifikuota pagal suderintą ES sistemą.

Kvantinio interneto iniciatyva

Kvantinio interneto iniciatyva papildoma infrastruktūros „EuroQCI“ iniciatyva, nes ją įgyvendinant rengiamasi būsimai kvantinių tinklų kartai. Šia iniciatyva sukuriama paskirstytosios kvantinės kompiuterijos ir matavimo bei itin saugaus dalijimosi duomenimis pagrindai.

Europa jau yra nustačiusi išsamią kvantinio interneto tinklo architektūros specifikaciją ir įrodė, kad kvantiniai tinklai gali veikti metropoliniu mastu⁴⁴. Pradėtos diegti naudojimo atvejų sistemos, o veiklą pradėjus Kvantinio interneto aljanso⁴⁵ technologijų forumui – pirmajam visame pasaulyje atviram kvantiniam internetui skirtam forumui – kuriamos ekosistemos. Europoje jau atsirado ir pirmosios pramoninio masto kvantinio interneto atskirtosios įmonės ir produktai, o tai rodo, kad šios srities technologijos jau pradėdamos perkelti į pramonę.

Įgyvendinant strategijos „Kvantinė Europa“ mokslinių tyrimų ir inovacijų iniciatyvą bus remiama tolesnė kvantinio interneto technologijų raida⁴⁶ ir užtikrinamas įvairių pagrindinių kompiuterinių platformų sąveikumas. 2026 m. šia iniciatyva bus remiamas siekis pradėti naudoti bandomąją Europos kvantinio interneto priemonę, kuri sudarys sąlygas išbandyti pagrindinius kvantiniams kompiuteriams atsparius komponentus ir ankstyvojo panaudojimo atvejus, saugias kvantinės debesijos paslaugas, paskirstytąją kompiuteriją ir pažangias patvirtinimo aplinkas, susiejančias mokslinius tyrimus ir diegimą prieš pradedant visapusiškai naudoti. Tikslas – **iki 2030 m. įdiegti visapusiškai veikiančią kvantinio saugaus ryšio tinklą. Tai būtų pirmas etapas kuriant sietinį kvantinį internetą.** Tai taip pat padės ES užimti pirmaujančią poziciją šioje srityje diegiant tarptautinius standartus. Be to, kadangi kvantinės kompiuterijos pažanga kelia pavojų mūsų ryšių saugumui⁴⁷, ES ir jos valstybės narės šiuo metu įgyvendina **postkvantinės kriptografijos rekomendaciją**⁴⁸ ir ką tik paskelbė perėjimo prie postkvantinės kriptografijos **veiksmų gaires**⁴⁹.

- Įdiegti pirmąją ES tarpusavyje sujungtą eksperimentinę saugios komunikacijos tarp žemės ir kosmoso tinklą [iki 2030 m.].
- Paskelbti Kvantinės komunikacijos veiksmų gaires [2026 m.].
- Sukurti Europos kvantinio interneto bandomąją priemonę [2026 m.].

2.2.3. Kvantinis matavimas

⁴⁴ Ši iniciatyva sėkmingai įgyvendinta tarp dviejų nepriklausomai eksploatuojamų kvantinių tinklų mazgų, kuriuos skiria 10 km optinis skaidulinis kabelis. Be to, padaryta technologinė pažanga plėtojant kvantinę interneto aparatinę įrangą, įskaitant kvantinių kartotuvų technologijas ir kvantinių kartotuvų mazgus, taip pat pažanga kvantinės programinės įrangos rinkinių srityje. <https://quantuminternetalliance.org/>.

⁴⁵ <https://quantuminternetalliance.org/>

⁴⁶ Pavyzdžiai: kvantinės atminties išplečiamumas, patikimas kvantinės sieties pasiskirstymas ir kvantinių tinklų programinės įrangos kūrimas.

⁴⁷ Pavyzdžiui, vadovaudamiesi koncepcija „išsaugoti dabar, iššifruoti vėliau“ nusikaltėliai jau kaupia šifruotą informaciją, tokią kaip pavogtos duomenų bazės, apsaugoti failai ar ryšių duomenys, ir saugo juos, planuodami vėliau piktavališkais tikslais iššifruoti naudojant kvantinius kompiuterius. Žr., pavyzdžiui: [Antroji kvantinė revoliucija. Kvantinės kompiuterijos ir kvantinių technologijų poveikis teisėsaugai](#) (2024 m. Europolo ataskaita).

⁴⁸ [Rekomendacija dėl koordinuoto perėjimo prie postkvantinės kriptografijos veiksmų gairių | Europos skaitmeninės ateities formavimas.](#)

⁴⁹ Šiose veiksmų gairėse nurodyti kvantiniams kompiuteriams atsparūs algoritmai, kūrimo standartai ir sertifikavimo schemas, kurie turi būti parengti siekiant apsaugoti neskelbtiną informaciją ir ypatingos svarbos infrastruktūros objektus. [ES stiprina savo kibernetinį saugumą pasitelkdama postkvantinę kriptografiją | Europos skaitmeninės ateities formavimas.](#)

Kvantiniam matavimui pasitelkiamos kvantinės savybės, kad būtų galima su beprecedenčiu jautrumu ir tikslumu išmatuoti fizines savybes, gerokai viršijant klasikinių jutiklių galimybes⁵⁰. Šios technologijos turi didžiulį potencialą daugelyje įvairių sričių – nuo sveikatos priežiūros, klimato kaitos ar požeminio vandens išteklių stebėsenos iki saugumo, gynybos ir kosmoso ar navigacijos.

ES kvantinė pavyzdinė iniciatyva atliko pagrindinį vaidmenį išstobulinant kvantinio matavimo technologijas nuo fundamentaliojo mokslo iki pritaikymo grindžiamų mokslinių tyrimų. Funkciniai prototipai jau bandomi realiomis sąlygomis, o tai rodo, kad Europa pirmauja tiek matavimo inovacijų srityje, tiek kuriant pagrindą pramoniniam diegimui ir panaudojimui dvejopo naudojimo potencialą turinčiose srityse.

Kvantiniai gravimetrai

Šiuo metu ES kuria **mobiliųjų ir stacionarių kvantinių gravimetų tinklą**⁵¹, galintį aptikti požeminius elementus, esančius iki kelių dešimčių kilometrų po žeme, įskaitant vandens rezervuarus, dujų telkinius, naudingųjų iškasenų telkinius, magmos židinius ar požeminę infrastruktūrą. Jie yra ypač vertingi stebint požeminius pokyčius bėgant laikui, remiant žemės mokslo ir geofizikos sritis (įskaitant požeminių žemėlapių sudarymą ir ankstyvąją įspėjimą apie žemės drebėjimus), klimato srities mokslus (pvz., ledynų nykimo ir požeminio vandens išteklių išsekvojimo stebėjimą), gamtinių pavojų prevenciją, civilinę inžineriją ir strateginius pritaikymo būdus gynybos ir civilinės saugos srityse, pavyzdžiui, aptinkant požemines žmogaus sukurtas struktūras ir stebint ypatingos svarbos infrastruktūrą.

Pagal kvantinę pavyzdinę iniciatyvą per ateinančius 3–5 metus visoje Europoje bus įdiegtas antžeminių gravimetų tinklas, kurį papildys aukštybinėse platformose įdiegti gravimetrai. Tuo pat metu ES planuoja po 2030 m. į kosmosą paleisti pirmąjį kvantinį **gravimetą „Pathfinder Flight“**⁵². Taip pat bus nagrinėjamas kvantinės gravimetrijos integravimas į tolesnes IRIS² misijas. Šios pastangos gali padėti sukurti plataus masto žemės, oro ir kosminių gravimetų tinklą Žemės stebėjimo tikslais, kuris būtų naudingas tiek mokslinių tyrimų, tiek strateginėse srityse, įskaitant tas, kurios turi dvejopo naudojimo potencialą.

Kvantinis magnetinio rezonanso vaizdinimas (Q-MRI)

Medicininės diagnostikos srityje ES moksliniai tyrimai sudarė sąlygas sukurti kvantinį vaizdinimą, kuriam naudojami kvantiniai jutikliai matuoja magnetinius signalus molekulių lygmeniu. Šios sistemos gali paspartinti vėžio ir neurodegeneracinių ligų nustatymą ir padėti modernizuoti Europos diagnostikos infrastruktūrą, taigi teikia didžiulį vilčių tiksliosios medicinos ir individualizuotosios sveikatos priežiūros srityse.

2025 m. pagal Pavyzdinę kvantinę iniciatyvą ES remia Europos **Q-MRI bandomosios infrastruktūros**⁵³ kūrimą keliose valstybėse narėse. Šia infrastruktūra bus sudarytos sąlygos kliniškai patvirtinti kvantines MRI sistemas⁵⁴ ir suteikta atvira prieiga akredituotiems mokslinių tyrimų centrums, ligoninėms ir pramonės partneriams, kad jie galėtų išbandyti patvirtintus kvantinio vaizdinimo prototipus. Integruojant dirbtiniu intelektu grindžiamas analizės priemones, ši infrastruktūra padidins diagnostinį tikslumą, padės anksčiau pradėti gydymą ir sumažinti bendras sveikatos priežiūros išlaidas. Bėgant laikui šis tinklas bus palaipsniui plečiamas įtraukiant kitas valstybes nares.

⁵⁰ Pvz., kvantinis matavimas, palyginti su tradiciniais matavimo metodais, be kita ko, yra pranašesnis dėl: didesnio fizinių dydžių, pvz., magnetinių laukų, temperatūros, sunkio ir kt., aptikimo jautrumo, didesnio matavimų tikslumo, geresnės skiriamosios gebos.

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

⁵² <https://carioqa-quantumpathfinder.eu/>, projektui vadovauja CNES, DLR ir „Airbus“.

⁵³ *Kvantinė ir dirbtiniu intelektu grindžiama metabolinė MRI diagnostika*.

⁵⁴ Jos bus naudojamos atliekant kontroliuojamus klinikinius tyrimus pagal ES medicinos priemonių reglamentą.

Pagal strategijos „Kvantinė Europa“ mokslinių tyrimų ir inovacijų iniciatyvą taip pat bus toliau finansuojami tolesni Q-MRI jutiklių moksliniai tyrimai ir plėtra ir jų integravimas į visuomenės sveikatos mokslinių tyrimų infrastruktūrą, taip sudarant sąlygas tolesnei jų industrializacijai.

Be to, kas išdėstyta pirmiau, ES toliau rems mokslinius tyrimus, susijusius su ***didesniu jautrumu ir naujomis vaizdinimo kontrastinėmis medžiagomis***, kurie padės sukurti naujus diagnostikos pajėgumus, pavyzdžiui, neurologijos (pvz., dėl ankstyvosios stadijos Alzheimerio ligos besivystančių smegenų jungčių sutrikimų) arba onkologijos (pvz., vėžio aptikimo naudojant metabolinį vaizdinimą) srityse.

Siekdama toliau plėtoti savo strateginę poziciją ir planavimą kvantinio matavimo technologijų ir metrologijos bei bandymų infrastruktūros srityse, **ES parengs suderintas Europos kvantinių matuoklių, matavimo ir bandymų veiksmų gaires** ir remis atitinkamas standartizacijos pastangas bendradarbiaudama su metrologijos institutais ir valstybėmis narėmis. Pagrindinis tikslas taip pat bus užtikrinti Europos strateginį savarankiškumą pasitelkiant saugias ir reikalavimus atitinkančias ypatingos svarbos jutiklių komponentų ir sistemų tiekimo grandines.

- Įdiegti paskirstytąją gravimetrų sistemą visoje Europoje [nuo 2026 m.].
- Paskelbti kvantinio matavimo veiksmų gaires [2026 m.].
- Sukurti Europos Q-MRI bandomąją infrastruktūrą ir išplėsti ją visoje Europoje [2025 m.].

2.3 3 sritis. Pagal strategiją „Kvantinė Europa“ kuriama ekosistema

Gyvybinga, tarpusavyje sujungta ir patikima kvantinė ekosistema yra labai svarbi plėtojant ilgalaikį Europos pajėgumą ir diegiant kvantines technologijas dideliu mastu. Šiandien Europos kvantinė ekosistema apima apie 70 startuolių ir veiklą plečiančių įmonių, investuotojų į giliausias technologijas, mokslinių tyrimų ir inovacijų organizacijų, nacionalinių kompetencijos grupių ir pramonės tiekimo grandinių. **Tačiau ši ekosistema vis dar labai pažeidžiama.** Joje dominuoja **maži startuoliai ir veiklą plečiančios įmonės, susiduriančios su didelėmis augimo kliūtimis – nestabiliomis pajamų srautais, ribotomis galimybėmis naudotis veiklos plėtrai skirtu kapitalu ir ribota pramoninio masto paklausa** artimiausiu metu. Be to, ES trūksta stambių kvantinės aparatinės įrangos tiekėjų ir prieraišinių galutinių naudotojų, galinčių paskatinti paklausą ir paspartinti diegimą pramoniniu mastu. Dėl šių struktūrinių trūkumų ribojamos privačios investicijos ir lėčiau kuriamos ypatingos svarbos tiekimo grandinės.

Jei nebus imtasi suderintų veiksmų ir nebus prieinamų būdų pasinaudoti realiomis rinkos galimybėmis, daugelis šių startuolių gali išnykti arba persikelti į palankesnes ekosistemas už Europos ribų.

Siekdama remti šią ekosistemą, Europa turi imtis ryžtingų veiksmų, kad paskatintų industrializaciją, padėtų potencialo turintiems subjektams plėsti veiklą, užtikrintų strategines tiekimo grandines, plėtotų pirmaujančias rinkas, apsaugotų strateginį turtą ir rengtų naujos kartos kvantinių technologijų specialistus.

2.3.1. Laboratorija – gamykla – industrializacija

Pasaulinė kvantinių technologijų rinka vis dar kuriama. Prognozuojama, kad rinkos vertė, šiuo metu siekianti 2–3 mlrd. EUR, iki 2040 m. sieks 155 mlrd. EUR⁵⁵. Šis numatomas augimas reiškia, kad reikia sukurti suderintą, vieningą ES industrializacijos strategiją, kurią įgyvendinant Europos įmonės galėtų pasinaudoti šiomis ateities galimybėmis.

⁵⁵ [McKinsey Quantum Technology Monitor 2024](#).

Kvantiniai lustai yra pagrindinis kvantinės industrializacijos ir rinkos plėtros veiksnys. Tačiau šiuo metu jų raida panaši į puslaidininkių raidą prieš 30–40 metų, o dauguma dabartinių kvantinių prietaisų yra nuosavybės teisėmis saugomi ir daugiausia rankų darbo įrenginiai.

Europa turi sparčiai pereiti prie pirmą kartą vykdomos didelio masto, nebrangių kvantinių lustų gamybos, kuo labiau išnaudodama procesus, kuriuos galima suderinti su mikroelektronikos ir fotonikos procesais, arba prireikus kurdama naujus procesus. Laikantis tokio požiūrio būtų galima išnaudoti esamą puslaidininkių infrastruktūrą, sumažinti kvantinių lustų ir prietaisų patekimo į rinką sąnaudas ir sutrumpinti jų patekimo į rinką laiką.

Žengdama šia linkme, ES pagal Lustų aktą⁵⁶ netrukus pradės kurti pirmąsias šešias Lustų bendrosios įmonės kvantines bandomąsias linijas. Kiekvienai bandomajai linijai bus skiriamas 40–50 mln. EUR bendras ES ir valstybių narių finansavimas, taip remiant ankstyvą prototipų kūrimą, projekto patvirtinimą ir procesų kūrimą ir kartu skatinant kurti praktinio naudojimo atvejus glaudžiai bendradarbiaujant su pramonės atstovais. Šiomis šešiomis bandomosiomis linijomis bus išplėstas įgyvendinant Pavyzdinę kvantinę iniciatyvą sukurtomis bandomosiomis linijomis⁵⁷ suformuotas pagrindas ir bus įtrauktos pramoninės bandomosios linijos.

Per ateinančius 3–5 metus vykdant šiuos veiksmus Europai bus sudarytos sąlygos iki 2030 m. toliau tobulinti ir konsoliduoti kvantines ir kitas didelio poveikio technologijas ir procesus, ir vėliau sukurti pirmuosius kvantinius fabrikus. Siekdama remti visapusišką industrializacijos planavimą ir įgyvendinimą ir laikydamasi ES konkurencingumo kelrodžio nuostatų, **2026 m. Komisija paskelbs plataus masto kvantinių lustų srities industrializacijos veiksmų gaires.**

Kadangi projektavimo infrastruktūra ir bibliotekos yra labai svarbios kiekvienai kvantinių lustų ekosistemai, ES Lustų bendrojoje įmonėje įdiegs **kvantinio projektavimo priemonę**. Ši priemonė bus taikoma kartu su puslaidininkių pramonės debesijos technologijomis grindžiama projektavimo platforma ir bus susieta su kvantinėmis bandomosiomis linijomis.

Siekiant palengvinti kvantinę industrializaciją, taip pat reikės užtikrinti techninį sąveikumą ir nustatyti naujus standartus. Todėl 2026 m. ES paskelbs **Europos kvantinių standartų veiksmų gaires** ir kartu su valstybėmis narėmis rems aktyvų pramonės suinteresuotųjų subjektų dalyvavimą Europos ir tarptautinių standartizacijos organizacijų veikloje.

2.3.2. Naujos Europos kvantinės ekosistemos stiprinimas ir plėtra

Siekiant iš tiesų išplėsti Europos kvantinę ekosistemą, bus įgyvendintos toliau nurodytos priemonės.

Pirma, **bus sukurtas Europos masto centralizuotas atviros prieigos kvantinių bandymų centrų tinklas**. Kvantinėms technologijoms reikia labai jautrių sistemų ir laboratorijų⁵⁸, kurios yra techniškai sudėtingos ir labai brangios. Dėl to dauguma subjektų, visų pirma MVĮ ir startuoliai, negali savarankiškai kurti ar išlaikyti tokių įrenginių. Siekiant išplėsti galimybes naudotis bandymų infrastruktūra, specialia įranga ir eksperimentuoti, dabartinė pavyzdinės kvantinės iniciatyvos bandomoji infrastruktūra pertvarkoma į Europos masto centralizuotą atviros prieigos kvantinių bandymų centrų tinklą. Joje bus teikiamos paslaugos kūrėjams, startuoliams, MVĮ ir tyrėjams – čia jie galės testuoti, validuoti savo kvantinius įrenginius ir atlikti jų lyginamąją analizę⁵⁹. Taip bus paspartintas perėjimas nuo prototipo prie produkto pateikimo rinkai ir remiama sertifikavimo veikla, kuri yra būtina kuriant patikimas tiekimo grandines ir siekiant užtikrinti klientų pasitikėjimą įvairiuose sektoriuose.

⁵⁶ (ES) 2023/1781. [Europos lustų aktas](#) | [Europos skaitmeninės ateities formavimas](#).

⁵⁷ [QU-PILOT](#) ir [QU-TEST](#).

⁵⁸ Jos, be kita ko, apima itin švarią aplinką, kriogeninį aušinimą, vakuumines sistemas, tiksliojo valdymo elektroninę įrangą ir kt.

⁵⁹ Laikantis būsimos [Europos mokslinių tyrimų ir technologijų infrastruktūros strategijos](#).

Antra, **bus plečiami kvantinės kompetencijos klasteriai**. Šie klasteriai jau integruoti į kelių valstybių narių nacionalines ir regionines inovacijų ekosistemas. Tai regioniniai centrai, teikiantys bendrą infrastruktūrą ir paslaugas, taip pat sujungiantys mokslinių tyrimų ir pramonės subjektus. Įgyvendinant strategijos „Kvantinė Europa“ mokslinių tyrimų ir inovacijų iniciatyvą bus remiama šių klasterių plėtra ir tinklaveika, kad jie veiktų visoje ES, taip pat ir tose valstybėse narėse, kuriose tokių klasterių dar nėra. Kvantinės kompetencijos klasteriai veiks kaip paskirstytieji kompetencijos centrai ir kaip kvantinės ekosistemos jungiamasis audinys, siejantis startuolius, tyrėjus ir pramonės partnerius su infrastruktūra, bandomosiomis linijomis ir projektavimo įrenginiais visoje Sąjungoje. Jie skatins bendradarbiavimą⁶⁰ ir suderinamumą visose strateginėse kvantinių technologijų srityse – nuo mokslinių tyrimų iki industrializacijos ir įgūdžių ugdymo. Kaip ir Europos skaitmeninių inovacijų centrai (EDIH), kvantinės kompetencijos klasteriai teiks paslaugas, pritaikytas prie regioninių pranašumų ir taip pat bus įtraukiami į visos Europos bendradarbiavimo procesus bei juos skatins.

Trečia, **bus skatinama taikyti intelektinės nuosavybės apsaugos mechanizmus**, kad kvantinių technologijų bendrovės galėtų jais naudotis siekdamos užtikrinti strateginę pagrindinių inovacijų kontrolę ir užkirsti kelią ypatingos svarbos turto netekimui.

Ketvirta, **bus spartinamas kvantinių technologijų naudojimas pramonės sektoriuose**. ES laikysis koordinuoto požiūrio, siekdamas skatinti pagrindinius naudotojus tiek viešajame, tiek privačiame sektoriuose. Šiuo atžvilgiu **viešieji pirkimai bus pagrindinė ankstyvojo naudojimo ir pirmųjų rinkos galimybių kūrimo priemonė**. Europos našiosios kompiuterijos bendroji įmonė jau remia pirmųjų kvantinių kompiuterių pirkimą vykdydama viešuosius pirkimus. Be to, Komisija remia inovacijas orientuotas viešųjų pirkimų sistemas, kuriomis sudaromos sąlygos ligoninėms, infrastruktūros operatoriams, ypatingos svarbos viešosioms tarnyboms ir vyriausybiniams agentūroms veikti kaip pirmiesiems kvantinių sprendimų klientams. Šiuo tikslu viešosioms įstaigoms, kurios bus pasirengusios tapti pirmaisiais klientais, bus teikiamos specialiai pritaikytos finansinės paskatos ir diegimo sistemos. **Valstybėms narėms tapus pirmosiomis institucinėmis Europos kvantinių technologijų pirkėjomis, rinkoms ir investuotojams** bus siunčiamas aiškus signalas, taip remiant ekosistemų plėtrą ir komercinį gyvybingumą.

Penkta, **kvantiniai startuoliai bus susiejami su Europos įmonėmis**. Šis veiksmas bus labai svarbus vykdant startuolių rinkos plėtrą. Komisija, bendradarbiaudama su kvantinės ekosistemos atstovais⁶¹, pradės spręsti konkretiems sektoriams būdingas problemas, visų pirma orlaivių ir erdvėlaivių, automobilių, energetikos, gamybos, logistikos ir vaistų srityse, kad paskatintų didelius pramonės subjektus tapti strateginiais bendros plėtos partneriais ir pagrindiniais naudotojais.

Galiausiai, augančiai kvantinei ekosistemai reikės daug atitinkamų specialistų. Šis aspektas išsamiau paaiškintas 2.5 skirsnyje.

2.3.3. Investavimas į kvantinių technologijų startuolius ir veiklą plečiančias įmones

Nors išankstinis ir pradinis finansavimas yra plačiai prieinamas iš viešųjų šaltinių, Europa pritraukia tik 5 proc. viso pasaulio kvantinių technologijų finansavimo privačiomis lėšomis, palyginti su daugiau kaip 50 proc. JAV pritraukiamo finansavimo. Šis finansavimo trūkumas ypač pastebimas vėlesniais plėtos etapais⁶², todėl atsiranda rizika, kad ES startuolius gali įsigyti ne Europos investuotojai, o taip gali būti prarandama intelektinė nuosavybė, ypatingos svarbos technologijos, technologinis suverenumas ir specialistai.

⁶⁰ Kai aktualu, pagal atitinkamas ES antimonopolines taisykles, pavyzdžiui, 2023 m. SESV 101 straipsnio taikymo horizontaliesiems bendradarbiavimo susitarimams gaires.

⁶¹ Europos kvantinių technologijų pramonės konsorciumas. [Pradžios puslapis \(QuIC\)](#).

⁶² [Europos konkurencingumo ateitis. Europos konkurencingumo strategija.](#)

Todėl investiciniai fondai, įskaitant valstybės remiamus privačiuosius fondus, bus skatinami pritraukti dideles kapitalo investicijas kvantinėms technologijoms plėtoti. Tai, be kita ko, bus parama iš Europos inovacijų tarybos (EIC)⁶³ fondo, pagal Europos investicijų banko (EIB) grupės Europos technologijų lyderių iniciatyvą⁶⁴ arba pasitelkiant garantijas dėl pirmųjų nuostolių atlyginimo ir pritaikytas bendro investavimo schemas pagal programą „InvestEU“.

2025 m. gegužės mėn. priimtoje ES startuolių ir veiklą plečiančių įmonių strategijoje⁶⁵ paskelbta, kad bus įsteigtas „**TechEU**“ **veiklą plečiančių įmonių fondas**, kuris bus EIC fondo dalis ir kuris sutelks daug privačių lėšų ir tiesiogiai investuos į nuosavą kapitalą tokiuose strateginiuose sektoriuose kaip kvantinių technologijų sektorius. ES startuolių ir veiklą plečiančių įmonių strategijoje taip pat siūlomi specialūs sprendimai, kuriais siekiama sudaryti palankesnes sąlygas novatoriškiems startuoliams ir veiklą plečiančioms įmonėms gauti finansavimą, dalyvauti viešuosiuose pirkimuose, pasiekti rinkas, paslaugas ir specialistus.

Be to, kaip pasiūlyta sanglaudos politikos laikotarpio vidurio peržiūroje⁶⁶, vadovaujančiosios institucijos galėtų pasinaudoti galimybe kartu su paskatomis ir lankstumo priemonėmis perskirstyti lėšas investicijoms ir nukreipti jas, be kita ko, tokiems prioritetams kaip Europos strateginių technologijų platformos (STEP) tikslų įgyvendinimas. Komisija primygtinai ragina valstybes nares ir regionus, peržiūrint programas atliekant laikotarpio vidurio peržiūrą, sutelkti dėmesį į proveržio, novatoriškas įmones, padedant toms įmonėms, kurios prisideda prie Europos strateginių sektorių ir vertės grandinių, pavyzdžiui, kvantinių technologijų.

Galiausiai, atsižvelgdama į santaupų ir investicijų sąjungą⁶⁷, Komisija pasiūlys priemones, kuriomis bus sprendžiama bendrosios finansinių paslaugų rinkos susiskaidymo problema ir šalinamos kliūtys sklandžioms tarpvalstybinėms investicijoms ES, be kita ko, rizikos kapitalo, kuris yra labai svarbus kvantinių technologijų plėtrai, srityje. ES, be kita ko, skatins institucinių investuotojų investicijas į nuosavą kapitalą; supaprastins įtraukimo į sąrašus taisyklės įgyvendinant įtraukimo į sąrašus aktą; pasiūlys priemones, kuriomis būtų remiamas investuotojų pasitraukimas iš privačių bendrovių; kartu su EIB nagrinės galimas iniciatyvas, kuriomis siekiama pritraukti privačias investicijas į rizikos ir plėtos kapitalą ir šalins kliūtis nacionalinėms apmokestinimo procedūroms⁶⁸.

2.3.4. Tiekimo grandinės saugumo stiprinimas

Stiprinant Europos ekonominį saugumą labai svarbi gyvybinga kvantinė ekosistema, palaikoma atsparių tiekimo grandinių. Nors ilgalaikis ES atvirumas prekybai, investicijoms ir moksliniams tyrimams buvo ir išliks itin svarbus plėtojant Europos kvantinę ekosistemą, dėl jo taip pat atsiranda tam tikrų problemų. Europos kvantinių technologijų bendrovės ir tyrėjai yra priklausomi nuo nepertraukiamo tiekimo iš patikimų šaltinių ir gauna iš jo daug naudos. Tačiau gali kilti grėsmė, kad šios tiekimo grandinės bus panaudotos kaip ginklas. Todėl, siekiant sumažinti riziką, kylančią dėl pernelyg didelės ES priklausomybės nuo ne Europos Sąjungoje esančių šaltinių, labai svarbu Europos kvantinių technologijų tiekimo grandinėje nustatyti ir pašalinti kritinį pažeidžiamumą. Todėl rizikos nustatymas ir atidi besiformuojančios kvantinės ekosistemos raidos stebėseną yra esminė Europos požiūrio į sveiką, saugią ir konkurencingą Europos kvantinių giliųjų technologijų aplinkos kūrimą dalis.

⁶³ 2021–2024 m. laikotarpiu EIC jau skyrė apie 350 mln. EUR kvantinių technologijų startuolių augimui skatinti. Paskelbus EIC STEP kvietimą plėsti veiklą, kuris yra Europos strateginių technologijų platformos dalis, EIC rengia papildomas iki 30 mln. EUR vertės investicijas į kvantinių technologijų veiklą plečiančias įmones.

⁶⁴ [Lėšų Europos technologijų lyderiams remti fondas.](#)

⁶⁵ https://research-and-innovation.ec.europa.eu/strategy/strategy-research-and-innovation/jobs-and-economy/eu-startup-and-scaleup-strategy_lt

⁶⁶ [Modernizuota sanglaudos politika. Laikotarpio vidurio peržiūra \(COM\(2025\) 163\).](#)

⁶⁷ [Santaupų ir investicijų sąjunga. Europos Komisija.](#)

⁶⁸ Kai taikytina, laikantis atitinkamų valstybės pagalbos taisyklių.

Įgyvendindama Europos ekonominio saugumo strategiją⁶⁹ ir ES ypatingos svarbos technologijų stebėjimo centro iniciatyvą⁷⁰ bei glaudžiai bendradarbiaudama su suinteresuotaisiais subjektais ir valstybėmis narėmis, **Komisija atlieka ES masto kvantinių technologijų rizikos vertinimą, siekdama nustatyti tiekimo grandinės pažeidžiamumą**, visų pirma atsižvelgdama į medžiagas, komponentus ir svarbiausias technologijas. Šių vertinimų tikslas – nustatyti strateginę priklausomybę, galimas kliūtis ir sisteminių pažeidžiamumą kvantinių technologijų tiekimo grandinėje, pradedant retomis medžiagomis ir baigiant tiksliais komponentais, valdymo elektronika ir programinės įrangos rinkiniais. Padarytomis išvadomis bus grindžiamos tikslinės poveikio švelninimo priemonės, be kita ko, tiekėjų įvairinimas, didesni Europos gamybos pajėgumai, partnerystės su šalimis tiekėjomis pagal strategiją „Global Gateway“ ir rizikos pasidalijimo mechanizmai. Pirmuosius rezultatus tikimasi gauti 2026 m. Be to, kvantinių technologijų vaidmuo užtikrinant ES saugumą ir viešąją tvarką atsispindi diskusijose dėl vykdomų ir būsimų iniciatyvų, susijusių tiek su užsienio investicijomis, tiek su investicijomis užsienyje, taip pat ir diskutuojant apie eksporto kontrolės priemones.

Remiantis pirmiau nurodytomis išvadomis, būsimu **Kvantinių technologijų aktu** bus toliau remiamas kvantinės ekosistemos ir apskritai pirmiau nurodytų industrializacijos pastangų stiprinimas, skatinant valstybes nares ir įmones, investuotojus ir tyrėjus investuoti į (bandomuosius) gamybos įrenginius, o ši veikla bus remiama visoje ES įgyvendinamomis didelio masto iniciatyvomis arba nacionalinėmis ar regioninėmis pastangomis.

- Sukurti šešias naujas Lustų bendrosios įmonės kvantines bandomąsias gamybos linijas, skirtas išplėsti technologijas nuo laboratorijos iki rinkos [2025 m.].
- Paskelbti kvantinių lustų industrializacijos veiksmų planą [2026 m.].
- Sukurti kvantinio projektavimo priemonę [2026 m.].
- Paskelbti Europos kvantinių standartų veiksmų gaires [2026 m.].
- Išplėsti kvantinės kompetencijos klasterių tinklą [2026 m.].
- Atlikti ir užbaigti ES masto tiekimo grandinių pažeidžiamumo vertinimus [2025–2026 m.].

2.4 4 sritis. Kosmoso ir dvejojo naudojimo kvantinės technologijos (saugumas ir gynyba)

Kvantinės technologijos turi dvejojo naudojimo potencialą. Todėl jos yra labai svarbios didinant Europos konkurencingumą ir strateginį savarankiškumą kosmoso, saugumo ir gynybos srityse. Pastaraisiais metais kvantinių technologijų srityje padaryta pažanga yra labai naudinga gynybai ir saugumui, be kita ko, itin saugios komunikacijos, geresnio mūšio lauko stebėjimo ir optimizuotos logistikos sritims. Tačiau jos taip pat gali kelti pavojų, jei technologinį pranašumą įgytų priešininkai. Siekiant visapusiškai išnaudoti šių technologijų potencialą ir kartu sumažinti šią riziką, bus labai svarbu taikyti aktyvias politikos ir priežiūros priemones, taip pat glaudžiai koordinuoti veiksmus su pagrindiniais partneriais, tokiais kaip Europos gynybos agentūra.

Kvantinės technologijos kosmose

Kvantinės technologijos suteikia strategiškai reikšmingų galimybių Europos kosminėms misijoms. Saugios kvantinės komunikacijos technologijos jau įtrauktos į pagrindines ES kosmoso iniciatyvas, įskaitant infrastruktūros „EuroQCI“ / IRIS² iniciatyvą ir kvantinių kosminių gravimetrijų „Pathfinder“ misiją. ES su kosmosu susijusi veikla taip pat apima pažangą

⁶⁹ JOIN(2023) 20 final; <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52023JC0020>. Ši strategija taip pat apima rizikos vertinimus, susijusius su technologijų saugumu ir technologijų nutekėjimu, kuriuos atliekant kvantinės technologijos tebėra viena iš keturių prioritetinių sričių.

⁷⁰ https://defence-industry-space.ec.europa.eu/eu-space/eu-observatory-critical-technologies_lt

kvantinių inercinių navigacijos sistemų, įskaitant kvantiniais optiniais jutikliais pagal programą GALILEO grindžiamus prototipus, skirtų autonomiam padėties nustatymui aplinkoje, kurioje pasaulinės palydovinės navigacijos sistemos (GNSS) buvo sąmoningai išjungtos arba naudota apsimetimo jomis taktika, srityje. Tikimasi, kad šie prototipai ateinančiais metais bus išbandyti GALILEO palydovuose, siekiant įvertinti jų eksploatavimo galimybes. Tuo pat metu vertinami ir kvantiniai laikrodžiai, kad ateityje būtų galima atnaujinti pačią programą GALILEO. Taip pat tikimasi, kad kvantinė kompiuterija pagerins kosmoso inžineriją pasitelkiant pažangius skaičiavimo pajėgumus, be kita ko, siekiant gerinti žmonių supratimą apie visatą. Daug kvantinių kosmoso taikmenų taip pat turi didelį potencialą karybos ir žvalgybos srityse.

Visos šios kvantinės technologijos žada didelę pažangą laiko nustatymo stabilumo, tikslumo ir atsparumo srityse ir gali padėti sustiprinti Europos strateginį savarankiškumą palydovinės navigacijos srityje. Siekdama toliau nagrinėti kvantinių kosmoso technologijų potencialą, Komisija išplės dabartinę bendradarbiavimo su Europos kosmoso agentūra (EKA) sistemą, kad būtų parengtos bendros **kvantinių technologijų kosmoso srityje veiksmų gairės** ir užtikrintas kvantinių technologijų su kosmosu susijusios veiklos papildomumas ir suderinimas.

Saugumui ir gynybai skirtos kvantinės technologijos

Kvantinių technologijų dvejojo naudojimo potencialas reiškia, kad jų proveržiai taip pat gali būti labai naudingi strateginėse saugumo ir gynybos srityse. Pavyzdžiui, kvantinė kompiuterija galėtų iš esmės pakeisti gynybos strategijas, nes atsirastų galimybė greičiau priimti sprendimus ir būtų galima lengviau spręsti sudėtingas veiklos ir logistikos problemas. Ši technologija taip pat gali padėti kurti naujas karines medžiagas arba apsaugoti neskelbtiną informaciją nuo kibernetinių grėsmių.

Kvantinė kompiuterija padės pertvarkyti pagrindines saugumo ir gynybos sritis, tokias kaip ekstremalios temperatūros skysčių srautų imitavimas, degimo dinamika arba šilumai atsparių medžiagų atradimai. Kvantinio matavimo technologijos suteikia itin svarbių gynybos pajėgumų, įskaitant labai tikslią gravimetriją, magnetometriją ir inercinę navigaciją. Šie matuokliai padeda nustatyti požemines struktūras, sekti povandeninius laivus ir pažangiai aptikti grėsmes. Be to, kvantine komunikacija, visų pirma kvantinės komunikacijos tinklais, užtikrinamas itin saugus keitimasis informacija antžeminiuose ir palydoviniuose tinkluose, apsaugant karinius ir žvalgybos duomenis nuo šnipinėjimo ar būsimų kvantinių kibernetinių grėsmių. Todėl tiek matavimo, tiek komunikacijos technologijos yra labai svarbios Europos strateginiam savarankiškumui ir veiksmų pranašumui gynybos ir saugumo srityse.

Pasaulinio masto veikėjai, tokie kaip JAV⁷¹ ir Kinija daug investuoja į kosmoso ir karinių kvantinių technologijų naudojimo būdus, įskaitant nuo pasaulinės palydovinės navigacijos sistemos (GNSS) nepriklausomą navigaciją, saugų palydovinę ir antžeminę ryšį, kvantinius lidarų⁷² ir kvantine technologija patobulintus radarus. Kvantinės technologijos taip pat pradėjo daryti įtaką platesniems aljansams ir bendradarbiavimo sistemoms⁷³.

Kelios ES valstybės narės⁷⁴ į savo gynybos programas jau įtraukia investicijas, skirtas gynybai parengtoms kvantinėms technologijoms, tokioms kaip šaltųjų atomų jutikliai, deimantiniai

⁷¹ Kvantinių technologijų lyginamosios analizės iniciatyva: <https://www.darpa.mil/research/programs/quantum-benchmarking-initiative>.

⁷² Kvantinis lidaras yra šviesos aptikimo ir atstumo nustatymo sistema, kurioje naudojamos kvantinių technologijų savybės, tokios kaip sietis, siekiant padidinti taikinių aptikimo ir atstumo apskaičiavimo jautrumą ir tikslumą viršijant klasikinių technologijų ribas.

⁷³ Pvz., [BRICS ir kvantinė kompiuterija](#).

⁷⁴ Pvz., Prancūzija (gynybai skirtų kvantinių matuoklių programa PROQCIMA <https://quantique.france2030.gouv.fr/acces-aux-marches/programme-proqcima>), Vokietija (kvantinė komunikacija ir matavimai vadovaujant BMBF), Italija (šaltųjų atomų matuokliai, skirti navigacijai be GNSS), Austrija (kvantiniai laikrodžiai ir inerciniai matuokliai), Suomija (nešiojamosios kvantinės matuoklių sistemos, skirtos naudoti gynybos reikmėms).

jutikliai ar kvantiniai kompiuteriai, kurti, ir nagrinėja naudojimo atvejus, tokius kaip itin tikslus laiko nustatymas, padėties nustatymas be GNSS ir jūros dugno kartografija.

Siekdama padidinti investavimo į dvejojo naudojimo ir ypatingos svarbos gynybos technologijas galimybes pagal ES programas, Komisija neseniai pateikė pasiūlymą⁷⁵, kuriuo iš dalies keičiama atitinkamų šiuo metu galiojančių priemonių taikymo sritis. Komisija taip pat ėmėsi priemonių, kuriomis siekiama gynybos srityje išnaudoti dvejojo naudojimo potencialą turinčias technologijas, be kita ko, kvantines technologijas, pavyzdžiui, vykdamas veiksmus pagal Europos gynybos fondą ir jo ES gynybos inovacijų sistemą (EUDIS).

Visa ši veikla grindžiama prielaida, jog Europa turi užtikrinti, kad kvantinių technologijų pokyčiai išliktų prieinami, saugūs ir jiems nebūtų taikomos trečiųjų šalių eksporto taisyklės, kartu derinant juos su Europos gynybos ir saugumo tikslais.

ES ir NATO taip pat pripažįsta, kad kvantinės technologijos yra ypatingos svarbos žvalgybos, stebėjimo, navigacijos ir saugios infrastruktūros sričių įgalinančios priemonės. 2024 m. NATO įsteigė Transatlantinę kvantinių technologijų bendruomenę, siekdamas tapti kvantinėms technologijoms pasirengusiu aljansu. Komisija ir NATO kvantinių technologijų srityje vykdo ES ir NATO struktūrinį dialogą besiformuojančių ir perversminių technologijų klausimais.

Europos vidaus saugumo strategijoje ir Europos gynybos fonde kvantinės technologijos įvardijamos kaip viena iš pagrindinių sričių siekiant užtikrinti ilgalaikį ES saugumą ir technologinį pranašumą. Kvantinės technologijos taip pat minimos **Baltojoje knygoje dėl Europos gynybos parengties 2030 m.**, kurioje nurodyta, kad jos gali sukelti perversmą ir pakeisti tradicinį požiūrį į karą. Šioje baltojoje knygoje skelbiama, kad Komisija prisidės prie **Europos ginkluotės srities technologijų veiksmų gairių** atitinkamais pažangiais kvantinės srities sprendimais, iniciatyvomis ir programomis. Tai paspartins gynybos pertvarką, nes bus išnaudojamos investicijos į dvejojo naudojimo pažangius technologinius pajėgumus ES, nacionaliniu ir privačiu lygmenimis.

Siekdama nukreipti šias pastangas, **Komisija iki 2026 m. parengs specialias kosmoso ir gynybos kvantinio matavimo technologijų veiksmų gaires**, kuriose bus suderinti civilinių, saugumo ir gynybos bendruomenių prioritetai. Šios gairės padės koordinuoti investicijas į naujos kartos kvantinius matuoklius, be kita ko, skirtus gravimetrijai, navigacijai ir pažangiam grėsmių nustatymui.

Be to, nuo 2026 m. ES imsis papildomų iniciatyvų, kad paspartintų civilinių kvantinių inovacijų pritaikymą saugumo ir gynybos srityse. Šios iniciatyvos sujungs pažangiausias įmones ir mokslinių tyrimų grupes su gynybos srities subjektais, padės sutrumpinti produktų kūrimo ciklus ir sustiprins Europos technologinį pranašumą **dvejojo naudojimo potencialą turinčių gebėjimų srityje**.

- Pasirašyti bendradarbiavimo susitarimą su EKA dėl kvantinių technologijų kosmoso srityje veiksmų gairių [2025 m. II ketv.].
- Parengti kosmoso ir gynybos kvantinio matavimo technologijų veiksmų gaires [2026 m.].
- Padėti rengti Europos ginkluotės srities technologijų veiksmų gaires [2025 m. IV ketv.].
- Pradėti papildomas iniciatyvas, kuriomis bus siekiama įtraukti civilines įmones ir akademinę bendruomenę į gynybos technologijų kūrimo procesus [nuo 2026 m.]

2.5 5 sritis. Kvantiniai įgūdžiai

⁷⁵ [COM\(2025\) 188 \(2025 4 22\)](#): Pasiūlymas dėl reglamento, kuriuo dėl su gynyba susijusių investicijų į ES biudžetą skatinimo siekiant įgyvendinti planą „ReArm Europe“ iš dalies keičiami reglamentai (ES) 2021/694, (ES) 2021/695, (ES) 2021/697, (ES) 2021/1153, (ES) 2023/1525 ir (ES) 2024/795.

Europa yra sukūrusi tvirtą akademinę kvantinių technologijų specialistų bazę. Palyginti su bendru gyventojų skaičiumi, Europos Sąjungos kvantinėms technologijoms svarbių sričių absolventų skaičius yra didžiausias pasaulyje: daugiau kaip 110 000 studentų⁷⁶ kasmet tampa fizikos, IRT, inžinerijos ir susijusių mokslo sričių absolventais. Pavyzdinės kvantinės iniciatyvos strateginės mokslinių tyrimų ir pramonės darbotvarkės iki 2030 m.⁷⁷ duomenimis, Europa turi daugiau kaip 40 specializuotų kvantinių technologijų ir kvantinės inžinerijos magistrantūros programų. Tačiau to vis tiek nepakanka prognozuojamiems ES startuolių ir pramonės, kuriems labai trūksta atitinkamų taikomųjų įgūdžių turinčių specialistų, poreikiams patenkinti. Labiausiai trūksta taikomųjų sričių⁷⁸, be kita ko, kvantinės programinės įrangos inžinerijos, sistemų integravimo ir kvantinio kibernetinio saugumo specialistų, o tai lėtina ES įsisteigusią startuolių ir veiklą plečiančių įmonių komercializacijos procesą.

Įgyvendindama Įgūdžių sąjungos iniciatyvą⁷⁹ Komisija imasi kelių iniciatyvų, kuriomis siekiama spręsti įgūdžių, be kita ko, kvantinių įgūdžių, trūkumo problemą. 2026 m. Komisija įsteigs virtualią **Europos kvantinių įgūdžių akademiją**, kuri veiks kaip vienas pagrindinis kontaktinis punktas, užtikrinsiantis prieinamų kvantinių technologijų mokymo programų matomumą ir praktinio pritaikymo visais švietimo lygmenimis galimybes. Įgyvendindama šią iniciatyvą Komisija skatins bendradarbiavimą su akademine bendruomene, mokymo įstaigomis, mokslinių tyrimų bendruomene ir pramonės partneriais, kad laikantis tarpdalykinio požiūrio būtų rengiamos ir įgyvendinamos švietimo programos ir atskiri mokymo moduliai. Šios programos apims bendras ISCED 7 lygmens (magistro arba lygiavertis lygmuo) arba 8 lygmens (doktorantūros ar lygiavertis lygmuo) mokymo programas, pagal kurias įgytas laipsnis bus suteikiamas naudojantis Europos kreditų perkėlimo ir kaupimo sistema (ECTS). Šios programos bus pristatomos virtualiose studijų mugėse ir stipendijų programose.

Be to, siekdama skatinti ateities perspektyvomis grindžiamus įgūdžius, Komisija sudarys palankesnes sąlygas kurti novatoriškas bendras Europos studijų programas, be kita ko, susijusias su strateginiais sektoriais ir svarbiausių technologijų sritimis, tokiomis kaip kvantinės technologijos, galbūt suteikiant Europos laipsnį ir (arba) ženklą remiantis bendrai sutartais kriterijais.

Akademija, atsižvelgdama į tikslą pritraukti ir išlaikyti įgūdžių sąjungos specialistus iš viso pasaulio, taip pat remis kvantinių stipendijų programas, pagal kurias aukštos kvalifikacijos ES ir ne ES doktorantai, taip pat už ES ribų gyvenantys jauni specialistai galės dirbti ES.

Siekdama plėsti ir skleisti savo veiklą, akademija sukurs komunikacijos ir informuotumo didinimo veiksmų praktiką. Tai, be kita ko, bus specialus informacinis tinklalapis, veikiantis kaip **kvantinių technologijų specialistų portalas**, integruotas į Skaitmeninių įgūdžių ir užimtumo platformą, universitetų ir vidurinio ugdymo instruktorių mokymo moduliai, skirti kvantinių technologijų raštingumui ankstyvojo ugdymo srityje užtikrinti, ir dalijimasis geriausios praktikos pavyzdžiais su valstybėmis narėmis ir reikalavimus atitinkančiomis trečiosiomis šalimis.

Virtualios akademijos komunikacijos veikla bus siekiama didinti visuomenės informuotumą, taip pat gerinti visuomenės supratimą, pasitikėjimą ir pagrįstą politinį dalyvavimą kvantinių technologijų srityje. Svarbu tai, kad jos komunikacijos ir visuomenės informuotumo didinimo veikla taip pat padės didinti Europos kvantinių technologijų srities darbo jėgos įvairovę ir panaikinti vis dar esančią didelę lyčių nelygybę⁸⁰.

⁷⁶ [Global Comparison of STEM Education | SpringerLink](#).

⁷⁷ Strateginė mokslinių tyrimų ir pramonės darbotvarkė iki 2030 m. (Pavyzdinė kvantinė iniciatyva): <https://qt.eu/media/pdf/Strategic-Research-and-Industry-Agenda-2030.pdf>.

⁷⁸ [IQM-State-of-Quantum-2025.pdf](#), [RAND Europe: Quantum's Future Workforce Needs More Than Physicists](#)
⁷⁹ [COM\(2025\) 90 final](#).

⁸⁰ Aukštojo mokslo ir karjeros gamtos mokslų, technologijų, inžinerijos ir matematikos srityse lyčių nelygybė yra didelė. Žr. [2024 m. ataskaita „She Figures“](#).

Nors ši virtuali akademija yra pirmas svarbus žingsnis, ilgalaikė vizija yra įsteigti įvairias tinklines akademijas, kurios būtų išsidėsčiusios visoje ES teritorijoje ir susietos su kvantinės kompetencijos klasteriais bei puslaidininkų kompetencijos centrais, taip didinant jų veiksmingumą.

Be to, įgyvendindama Skaitmeninės Europos programą⁸¹, Komisija remia **Kvantinių technologijų pameistrystės programos** bandomąjį projektą, kuriuo bus siekiama parengti kvantinių technologijų specialistų, gebančių dirbti realiuose projektuose ir pasirengusių (pakartotinai) patekti į ES darbo rinką, bazę, taip pat sukurs specialistams skirtas „grįžimo“ sistemas. Be to, siekdama sukurti daugiau produktyvių akademinės bendruomenės ir pramonės tarpusavio ryšių, Komisija nuo 2026 m. rengs **Europos aukšto lygio skaitmeninių įgūdžių konkursus**, kuriuose jaunimas įsitrauks į bendrą kvantinėmis technologijomis pagrįstų sprendimų, susijusių su svarbiausiais visuomenės ir pramonės uždaviniais, kūrimą ir kurie skatins kūrybišką ir novatorišką mąstymą.

Sparčiai vystantis technologijoms, taip pat labai svarbu plėtoti ir keisti su kvantiniais įgūdžiais susijusius profesinius profilius, taigi nuolat stebėti švietimo ir mokymo paslaugų teikėjus, pramonės poreikius ir darbuotojų poreikius. Įgyvendinant Įgūdžių sąjungos iniciatyvą Europos su įgūdžiais susijusios informacijos stebėjimo centras stebės aktualius įgūdžių poreikių pokyčius strateginiuose Europos sektoriuose.

2025 m. Europos inovacijų taryba taip pat pradės bandomąją programą, skirtą **tyrėjams, kurie rezidentūrą atlieka kvantinių technologijų startuoliuose**. Šiuo veiksmu bus sudarytos palankesnės sąlygos tikslingai įdarbinti tyrėjus, atsižvelgiant į konkrečius sparčiai augančių įmonių poreikius ir naudojant specialią platformą, skirtą tyrėjams, novatoriškiems startuoliams ir veiklą plečiančioms įmonėms sujungti.

Galiausiai Komisija pradės įgyvendinti **Europos kvantinių technologijų specialistų judumo programą**, pagal kurią bus skatinamas tarptautinis darbuotojų judumas tarp ES, valstybių narių ir šalių partnerių, taip pat įgūdžių ugdymas, įskaitant stipendijas ES nepriklausančių šalių doktorantams ir jauniems kvantinių technologijų srities specialistams, kartu išlaikant ir remiant esamus darbuotojus, kad būtų išvengta protų nutekėjimo. Siekdama pritraukti, plėtoti ir išlaikyti gabius tarptautinius kvantinių technologijų tyrėjus, Komisija taip pat paskelbs bandomąjį veiksmą **„Rinkis Europą“** pagal programą „Marie Skłodowskos-Curie veiksmas“ kuris, be kita ko, bus skirtas ir kvantinių technologijų tyrėjams.

- Įsteigti Europos kvantinių įgūdžių akademiją [2026 m.].
- Pradėti rengti Europos aukšto lygio skaitmeninių įgūdžių konkursus kvantinių technologijų srityje [nuo 2026 m.].
- Pradėti įgyvendinti bandomąją programą, skirtą tyrėjams, kurie rezidentūrą atlieka kvantinių technologijų startuoliuose [2025 m.].
- Pradėti įgyvendinti Europos kvantinių technologijų specialistų judumo programą [nuo 2026 m.].

3 Strategijos „Kvantinė Europa“ strateginio įgyvendinimo programa

3.1 Pagrindiniai strategijos „Kvantinė Europa“ įgyvendinimo komponentai

Europos kvantinių technologijų sričiai būdingos unikalios savybės: kvantinės technologijos iš esmės vis dar kuriamos, o daugelis jų pagrindinių komponentų – tiek aparatinė, tiek programinė įranga – vis dar ankstyvajame brandos etape. Jeigu šios technologijos toliau būtų plėtojamos tradiciniu linijiniu keliu nuo fundamentinio mokslo iki rinkos, reikėtų 10–15 metų. Siekiant paspartinti procesą, bus įdiegta toliau aprašyta **specialiai pritaikyta technologijų gyvavimo**

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

ciklo įgyvendinimo logika, pagal kurią į vientisą ciklą bus glaudžiai sujungti moksliniai tyrimai, inovacijos, infrastruktūra ir ankstyvos rinkos kūrimas.

Gyvavimo ciklo metodika yra ypač svarbi Europos ekosistemoje, nes visose kvantinių technologijų srityse tebėra didelių mokslinių ir inžinerinių kliūčių⁸², kurias būtina išspręsti, kad būtų galima sukurti realias technologijas. Europa turi ne tik išspręsti šias problemas, bet ir greitai pereiti prie rinkai parengtų šių technologijų pritaikymo būdų, kol pasauliniai konkurentai neįgijo strateginio dominavimo pranašumo.

Siekiant spręsti mokslinių ir inžinerinių kliūčių problemas, pagal strategijos „Kvantinė Europa“ mokslinių tyrimų ir inovacijų iniciatyvą (kaip išdėstyta 2.1 skirsnyje) bus remiami toliau išvardyti veiksmai.

- **Tikslinės mokslo ir technologijų pastangos**, daugiausia dėmesio skiriant esamų pagrindinių mokslo ir technologijų sričių problemų, dėl kurių ribojama pažanga visose kvantinių technologijų srityse, sprendimui. Šie klausimai bus sprendžiami daugiausia skelbiant principu „iš viršaus į apačią“ grindžiamus mokslo ir technologijų sričių kvietimus teikti pasiūlymus, taip papildant įprastus principu „iš apačios į viršų“ grindžiamus mokslo ir technologijų sričių kvietimus.
- **Perversminė rinkos mokslinių tyrimų ir inovacijų veikla ir tiksliniai veiksmai, kuriais siekiama tobulinti konkrečias kvantines ir didelio poveikio technologijas.** Tikslas – sumažinti kvantinių inovacijų riziką ir paspartinti pagrindinių mokslinių tyrimų atradimų įsisavinimą pramonėje.

Be to, siekiant sustiprinti tai, kas išdėstyta pirmiau, bus laikomasi toliau aprašyto požiūrio.

Didžiųjų iššūkių mechanizmas

Dideli kvantinių technologijų iššūkiai bus strateginės priemonės, skirtos aiškiai apibrėžtomis didelio poveikio kvantinių technologijų problemoms spręsti. Šiais didžiaisiais iššūkiais siekiama suburti mokslininkus, pramoninius naudotojus, gamintojus, integruotojus, taip pat kvantinių ir didelio poveikio technologijų subjektus, kurių užmojai ir struktūra būtų panašūs į ankstesnes konkrečiais tikslais grindžiamas iniciatyvas.

Dėmesys bus sutelkiamas į atskirus startuolius ir (arba) veiklą plečiančias įmones, siekiant padėti jiems įgyvendinti savo proveržio technologijų veiksmų gaires vykdant konkurencingą ir bendradarbiavimu grindžiamą plėtros procesą. Didysis iššūkis suburs juos kartu su pagrindiniais pramonės naudotojais ir tyrėjais, kad jie galėtų bendrai kurti ypatingos svarbos, keičiamo masto kvantinių technologijų sprendimus. Pirmaujančių pramonės naudotojų dalyvavimas yra labai svarbus, kad startuoliai atitiktų pramonės reikalavimus ir patvirtintų savo technologijas pramoninėje aplinkoje. Kai tinkama, sprendžiant konkrečius didžiuosius iššūkius kaip galutiniai naudotojai galės dalyvauti gynybos subjektai, be kita ko, gynybos ministerijos ir gynybos bendrovės.

Didiesiems iššūkiams spręsti atrinkti startuoliai ir (arba) veiklą plečiančios įmonės galės naudotis bendru priemonių rinkiniu (dotacijomis, nuosavu kapitalu, paskolomis ar kitomis mišraus finansavimo priemonėmis). Nuo pat pradžių bus įtraukiami ir viešieji, ir privatieji finansų subjektai, taip užtikrinant suderinamumą su strateginiais investavimo tikslais ir kuo labiau padidinant poveikį.

⁸² Tai, be kita ko, kliūtys, susijusios su kvantinės kompiuterijos kintamo masto kvantinių klaidų ištaisymo schemomis, modulinėmis architektūroms skirtomis kvantinėmis jungtimis ir kriogenine valdymo elektronika; kvantinės komunikacijos srityje – su tolimojo nuotolio kvantiniais kartotuvais, nuo įrenginio nepriklausomos kvantinės sieties paskirstymu ir saugiais, patikimais, be mazgų veikiančiais tinklais, o kvantinio matavimo srityje – su miniatiūrizuotais tinkamais diegti gravimetrais, didelės skiriamosios gebos Q-MRI sistemomis ir nuo GNSS nepriklausomos navigacijos inerciniais matuokliais.

2025–2027 m. Komisija kartu su Europos investicijų banku ir valstybėmis narėmis išbandys bent du tokius didžiulius iššūkius. Sprendžiant pirmąjį daugiausia dėmesio bus skiriama gedimams atsparioms kvantinės kompiuterijos sistemoms, galinčioms spręsti sudėtingas pramonės problemas; sprendžiant antrąjį dėmesys bus skiriamas kvantinėms padėties nustatymo, navigacijos ir laiko nustatymo sistemoms, skirtoms aplinkoms, kuriose neveikia pasaulinės palydovinės navigacijos sistemos. Atsižvelgiant į turimą finansavimą, gali būti sprendžiami papildomi didieji iššūkiai, pavyzdžiui, medicinoje naudojamos kvantinio diagnostinio vaizdinimo (Q-MRI) srityje, taip prisidedant prie ankstyvos ligų diagnostikos ir individualizuotosios medicinos.

Technologijų gyvavimo ciklo metodika

Visos pirmiau nurodytos pastangos bus grindžiamos **technologijų gyvavimo ciklo metodika, pagal kurią penkios strategijos „Kvantinė Europa“ strateginės sritys integruojamos į suderintą ir kartotinių plėtros procesą, sudarantį sąlygas nuolat kartoti atradimo, kūrimo, bandymo ir diegimo procesus.**

Šiam modeliui labai svarbios 2.2 skirsnyje aprašytos viešosios Europos kvantinių technologijų infrastruktūros ir bandomosios linijos. Jos veikia kaip tiltas tarp mokslinių tyrimų ir industrializacijos. Jų kūrimas, priežiūra ir plėtra yra esminis fizinis ir organizacinis pagrindas siekiant toliau stiprinti ir puoselėti visą kvantinę ekosistemą. Jos gali padėti mokslinius tyrimus paversti praktiškai pritaikomais sprendimais, nes veikia kaip bandymo standai, įranga ir tinklai, reikalingi norint išbandyti, patvirtinti ir išplėsti mokslinių tyrimų proveržius. Jos taip pat veikia kaip puikios eksperimentavimo aplinkos specialistams pritraukti ir praktinio pritaikymo bei naudojimo atvejams kurti. Galiausiai jos padeda kvantinių technologijų srities startuoliams ir MVI naudotis naujausiomis technologijų platformomis ir laboratorijomis, kuriuose jie gali toliau plėtoti savo prototipus ir parengti juos pramoninio masto diegimui. Jungtinis kvantinės kompetencijos klasterių tinklas toliau veiks kaip šio naudingo gyvavimo ciklo metodo katalizatorius, sujungdamas mokslinių tyrimų organizacijas, startuolius, veiklą plečiančias įmones, dideles pramonės įmones ir infrastruktūros teikėjus ir taip kurdamas ryšius tarp mokslo ir pramonės subjektų.

Siekiant užtikrinti, kad gyvavimo ciklas būtų patikimas ir atitiktų paskirtį, bus nustatyti pagrindiniai veiklos rezultatų rodikliai (PVRR), stebimi įgyvendinti etapai ir atliekama analizė lyginant su jau naudojamomis technologijomis.

Galiausiai šiuo integruotu modeliu suderinamos ES ir valstybių narių strategijos, investicijos sutelkiamos į bendrus tikslus ir sukuriami koordinuojami grįžtamojo ryšio ciklai. Taip išvengiama dubliavimo, kuriama kritinė masė ir didinama Europos įtaka visame pasaulyje formuojant kvantinių technologijų kūrimą ir diegimą.

4 Tarptautinis bendradarbiavimas

Atsižvelgdama į didėjančią geopolitinę neapibrėžtumą ir jo tiesioginį poveikį pasaulinėms investicijoms ir prekybos aplinkai, Europa turi apsaugoti savo interesus, kartu išlikdama atvira ir aktyviai bendradarbiaudama su patikimais partneriais. Ši nuomonė pastebima įvairiose naujausiose ES politikos srityse, įskaitant jos tarptautinę skaitmeninę strategiją ir ekonominio saugumo strategiją.

Prioritetiniai partneriai yra bendramintės valstybės, visų pirma tos, su kuriomis ES jau derina veiksmus technologijų ir prekybos politikos klausimais, pavyzdžiui, pagal laisvosios prekybos susitarimus, prekybos ir technologijų tarybose⁸³ arba įgyvendindama skaitmenines partnerystes⁸⁴. Komisija numato išplėsti šį bendradarbiavimą įtraukiant iniciatyvas, apimančias bendras mokslinių tyrimų programas, suderintus kvietimus teikti pasiūlymus, keitimąsi

⁸³ Su JAV ir Indija.

⁸⁴ Su Kanada, Japonija, Singapūru ir Pietų Korėja.

ekspertinėmis žiniomis, abipusę prieigą prie infrastruktūros, suderintas intelektinės nuosavybės sistemas ir pasaulinių kvantinių standartų rengimą. Ji taip pat suvienys jėgas dėl konkrečių kvantinių technologijų pritaikymo būdų įgyvendinant sektorių politiką, pavyzdžiui, kuriant naujas medžiagas. Atsižvelgdama į tai, ES jau pradėjo įgyvendinti bendrus kvantinių technologijų mokslinių tyrimų ir inovacijų projektus kartu su Japonija, Korėjos Respublika ir Kanada.

ES taip pat bendradarbiaus su sparčiai augančiomis kvantinių technologijų ekosistemomis, kurios suteikia ES įmonėms ekonominių galimybių ir konkurencingą postūmį ES kvantinei pramonei viso pasaulio lygmeniu, taip pat sudarys sąlygas Europos kvantinių technologijų įmonėms įvairinti partnerystes ir mažinti priklausomybę. Šiuo požiūriu bus vadovujamasi įgyvendinant dvišales ir daugiašales partnerystes, grindžiamas bendromis vertybėmis, abipusiu pasitikėjimu ir pajėgumų bei rinkų papildomumu, kartu užtikrinant tinkamą ES interesų apsaugą strateginėse srityse.

Be to, ES didins savo dalyvavimą kvantinių technologijų klausimais tarptautiniuose standartizacijos *forumuose*, prekybos dialoguose ir daugiašaliuose kvantinių technologijų aljansuose⁸⁵.

Atsižvelgdama į tai, kas išdėstyta pirmiau, Komisija glaudžiai bendradarbiaus su valstybėmis narėmis, siekdama sukurti nuoseklią Europos kvantinio tarptautinio bendradarbiavimo sistemą, kurioje bus nustatytos prioritetinės šalys ir struktūrinio bendradarbiavimo sritys. Ji taip pat remis bendras diplomatinės iniciatyvas ir bendrą Europos pozicijų dėl kvantinių technologijų rengimą, užtikrindama, kad Europos balsas būtų vis stipresnis formuojant pasaulinį valdymą ir etiką kvantinių inovacijų srityje.

- Išplėsti ir pradėti įgyvendinti naujas dvišalio ir daugiašalio bendradarbiavimo iniciatyvas su bendramintėmis šalimis [nuo 2025 m.].
- Bendradarbiauti su valstybėmis narėmis kuriant Europos kvantinio tarptautinio bendradarbiavimo sistemą [nuo 2025 m.].

5 Valdymas

Siekiant valdyti, koordinuoti ir stebėti strategijos „Kvantinė Europa“ įgyvendinimą labai svarbus tvirtas ir įtraukus valdymas ES lygmeniu, ir turi būti ne tik skatinamas visos Sąjungos dalyvavimas tiek visų valstybių narių, tiek visų rūšių kvantinių suinteresuotųjų subjektų atstovų dalyvavimo požiūriu, bet ir užtikrinama lyčių pusiausvyra.

Pirma, geriausius Europos kvantinių technologijų srities mokslininkus ir technologijų ekspertus vienijanti **aukšto lygio patariamoji taryba** teiks nepriklausomas strategines rekomendacijas dėl strategijos „Kvantinė Europa“ įgyvendinimo.

Antra, **struktūrinė bendradarbiavimo su valstybėmis narėmis sistema** padės užtikrinti nuoseklų įgyvendinimą vykdant visas ES lygmens ir nacionalines programas, kasmet koordinuoti gyvavimo ciklo pažangą penkiose strateginėse srityse ir stebėti kvantinių technologijų tiekimo grandinių ir jų ypatingos svarbos komponentų saugumo ir atsparumo raidą. Jau aktyviai veikia **speciali ekspertų grupė**, vienijanti visas valstybes nares⁸⁶, ir, kai bus iš dalies pakeistas Europos našiosios kompiuterijos bendrosios įmonės reglamentas, aktyviai dalyvaus būsimoje šios įmonės valdybos veikloje.

⁸⁵ 2025 m. birželio mėn. G7 aukščiausiojo lygio susitikime šalių vadovai pripažino kvantinių technologijų transformacinį potencialą ir įsipareigojo skatinti investicijas bei patikimą bendradarbiavimą visame pasaulyje ir stiprinti ryšius tarp nacionalinių vertinimo institucijų G7 jungtinėje darbo grupėje. Žr. [Kananaskis Common Vision for the Future of Quantum Technologies](#).

⁸⁶ [Valstybių narių atstovų Europos kvantinių technologijų koordinavimo grupė](#).

Galiausiai Komisija toliau glaudžiai bendradarbiaus su visa Europos kvantinių technologijų bendruomene, įskaitant akademinę bendruomenę, startuolius, pramonės subjektus ir inovacijų srities suinteresuotuosius subjektus bei jų atstovus.

6 Išvados

Kvantinės technologijos pasiekė lūžio tašką. ES tapo pasauline kvantinių technologijų mokslinių tyrimų lydere ir sukūrė konkurencingos pramoninės bazės pagrindą. Tačiau lenktynės dėl kvantinių technologijų panaudojimo spartėja visame pasaulyje. Pirmaujančios šalys didina viešąsias investicijas, derina nacionalines strategijas ir gerina ryšius tarp mokslinių tyrimų ir pramonės, siekdamos užtikrinti technologinį suverenumą ir ekonominį pranašumą. Kvantinių technologijų dvejojo naudojimo potencialas taip pat gali padidinti jų galimybes saugumo ir gynybos srityse. Tuo pat metu privačios investicijos tampa pagrindiniu sėkmę nuo nesėkmės skiriančiu veiksniu. Jei Europa nori išlikti konkurencinga, formuoti vertybes, kuriomis bus grindžiamos kvantinės inovacijos, ir visapusiškai išnaudoti savo intelektinės lyderystės teikiamą ekonominę, saugumo ir kitą naudą, ji turi veikti skubiai, aiškiai ir vieningai.

Dabar yra laikas, kai Europa gali tapti lydere. Ši strategija yra ne tikslas, o nuolat tobulinama Europos kvantinių technologijų ateities programa. Jai reikia bendro ES, valstybių narių, pramonės, akademinės bendruomenės ir visos pilietinės visuomenės įsipareigojimo. Jei kvantinės technologijos bus sėkmingos, jos paskatins tolesnę technologinę revoliuciją ir sustiprins ES konkurencingumą, o Europa vadovaus šiai revoliucijai ir formuos ją savo sąlygomis.

PRIEDĖLIS

Kvantinės Europos strategijos veiksmų santrauka

1 sritis. Kvantinių technologijų moksliniai tyrimai ir inovacijų iniciatyva
- Iš dalies pakeisti reglamentą dėl Europos našiosios kompiuterijos bendrosios įmonės įsteigimo, kad jis apimtų visas kvantines technologijas, ir pirmiausia priskirti bendrajai įmonei mokslinių tyrimų ir inovacijų veiklą, kuri šiuo metu vykdoma pagal programą „Europos horizontas“ [2025 m. III ketv.]. - Pateikti pasiūlymą dėl kvantinių technologijų akto [2026 m.]. - Pradėti spręsti du bandomuosius didžiuosius kvantinius iššūkius (gedimams atsparios kvantinės kompiuterijos sistemos ir kvantinės padėties nustatymo, navigacijos ir laiko nustatymo sistemos) [2025–2027 m.].
2 sritis. Pagal strategiją „Kvantinė Europa“ kuriamos infrastruktūros
- Paskelbti ES kvantinės kompiuterijos ir imitavimo veiksmų gaires [2026 m.]. - Padidinti Europos našiosios kompiuterijos bendroje įmonėje naudojamų kvantinės kompiuterijos sistemų skaičių ir pajėgumus [nuo 2026 m.]. - Sukurti kvantinės kompiuterijos stebėsenos sistemą [2026 m.]. - Įdiegti pirmąją ES tarpusavyje sujungtą eksperimentinį saugios komunikacijos tarp žemės ir kosmoso tinklą [Iki 2030 m.]. - Paskelbti Kvantinės komunikacijos veiksmų gaires [2026 m.]. - Sukurti Europos kvantinio interneto bandomąją priemonę [2026 m.]. - Įdiegti paskirstytąją gravimetrų sistemą visoje Europoje [nuo 2026 m.]. - Paskelbti kvantinio matavimo veiksmų gaires [2026 m.]. - Sukurti Europos Q-MRI bandomąją infrastruktūrą ir išplėsti ją visoje Europoje [2025 m.].
3 sritis. Pagal strategiją „Kvantinė Europa“ kuriama ekosistema
- Sukurti šešias naujas Lustų bendrosios įmonės kvantines bandomąsias gamybos linijas [2025 m.]. - Sukurti kvantinio projektavimo priemonę [2026 m.]. - Paskelbti kvantinių lustų industrializacijos veiksmų planą [2026 m.]. - Paskelbti Europos kvantinių standartų veiksmų gaires [2026 m.]. - Išplėsti kvantinės kompetencijos klasterių tinklą [2026 m.]. - Atlikti ir užbaigti ES masto tiekimo grandinių pažeidžiamumo vertinimus [2025–2026 m.].
4 sritis. Kosmoso srities ir dvejopo naudojimo potencialą turinčios kvantinės technologijos (saugumas ir gynyba)
- Pasirašyti bendradarbiavimo susitarimą su EKA dėl kvantinių technologijų kosmoso srityje veiksmų gairių [2025 m. II ketv.]. - Parengti kosmoso ir gynybos kvantinio matavimo technologijų veiksmų gaires [2026 m.]. - Padėti rengti Europos ginkluotės srities technologijų veiksmų gaires [2025 m. IV ketv.]. - Pradėti papildomas iniciatyvas, kuriomis bus siekiama įtraukti civilines įmones ir akademinę bendruomenę į gynybos technologijų kūrimo procesus [nuo 2026 m.].
5 sritis. Kvantiniai įgūdžiai
- Įsteigti Europos kvantinių įgūdžių akademiją [2026 m.]. - Pradėti rengti Europos aukšto lygio skaitmeninių įgūdžių konkursus kvantinių technologijų srityje [nuo 2026 m.]. - Pradėti įgyvendinti bandomąją programą, skirtą tyrėjams, kurie rezidentūrą atlieka kvantinių technologijų startuoliuose [2025 m.].

• Pradėti įgyvendinti Europos kvantinių technologijų specialistų judumo programą [nuo 2026 m.].
Tarptautinis bendradarbiavimas
• Pradėti įgyvendinti dvišalio ir daugiašalio bendradarbiavimo iniciatyvas [nuo 2025 m.]. • Bendradarbiauti su valstybėmis narėmis kuriant Europos kvantinio tarptautinio bendradarbiavimo sistemą [nuo 2025 m.].