

Bruksela, 4 lipca 2025 r.
(OR. en)

11276/25

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

PISMO PRZEWODNIE

Od:	Sekretarz generalna Komisji Europejskiej (podpisała dyrektor Martine DEPREZ)
Data otrzymania:	3 lipca 2025 r.
Do:	Thérèse BLANCHET, sekretarz generalna Rady Unii Europejskiej
Nr dok. Kom.:	COM(2025) 363 final
Dotyczy:	KOMUNIKAT KOMISJI DO PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY Europejska strategia kwantowa: kwantowa Europa w zmieniającym się świecie

Delegacje otrzymują w załączeniu dokument COM(2025) 363 final.

Załącznik: COM(2025) 363 final



Bruksela, dnia 2.7.2025 r.
COM(2025) 363 final

KOMUNIKAT KOMISJI DO PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY

Europejska strategia kwantowa: kwantowa Europa w zmieniającym się świecie

Kwantowa Europa w zmieniającym się świecie

1.1 Wprowadzenie

Europa jest kontynentem technologii kwantowych¹. Europa jest kolebką nauki o zjawiskach kwantowych i zawsze była miejscem, w którym ta nauka kwitła, począwszy od wybitnych prekursorów, takich jak Max Planck, Albert Einstein, Niels Bohr i Erwin Schrödinger, po współczesnych pionierów i laureatów Nagrody Nobla, takich jak Theodor Haensch, Albert Fert, Serge Haroche, Anton Zeilinger, Alain Aspect i Anne L’Huillier.

Postępy w naukach kwantowych stanowią jedno z najbardziej przełomowych osiągnięć w historii technologii. W raporcie Draghiego² określono technologie kwantowe jako „kolejną przełomową innowację w dziedzinie informatyki, która może otworzyć nowe możliwości dla konkurencyjności przemysłowej UE oraz jej suwerenności technologicznej”.

Dzisiaj znajdujemy się w punkcie zwrotnym, ponieważ globalny wyścig o wykorzystanie technologii kwantowych nabiera tempa, wychodząc poza laboratoria i przechodząc do rzeczywistych zastosowań. Od skanerów do obrazowania metodą rezonansu magnetycznego (MRI) stosowanych w sektorze opieki zdrowotnej i postępów w opracowywaniu materiałów dla sektora energetycznego po czujniki grawimetryczne wykorzystywane w geofizyce i nawigacji, bezpieczną komunikację oraz komputery kwantowe rozwiązujące złożone problemy logistyczne i finansowe – te przełomowe osiągnięcia zaczynają zmieniać kluczowe branże i infrastrukturę społeczną.

Technologie kwantowe mają również potencjał podwójnego zastosowania³, dzięki czemu można je wykorzystywać zarówno w obszarze obronności, jak i bezpieczeństwa narodowego, co przekłada się na strategiczne zainteresowanie ze strony głównych podmiotów publicznych i prywatnych.

W tym kontekście UE określiła technologie kwantowe jako technologię krytyczną⁴ w swojej strategii bezpieczeństwa gospodarczego⁵ oraz w białej księdze w sprawie obronności europejskiej – Gotowość 2030⁶

Na całym świecie podejmowane są obecnie pierwsze działania na rzecz uprzemysłowienia na dużą skalę, zwłaszcza w USA, napędzane ogromnymi inwestycjami prywatnymi ze strony przedsiębiorstw z sektora zaawansowanych technologii, oraz w Chinach, gdzie są one finansowane głównie ze środków publicznych.

Europa osiągnęła znaczne postępy w dziedzinie nauk kwantowych: szczyci się największą na świecie koncentracją talentów w tej dziedzinie i zajmuje pierwsze miejsce na świecie pod względem liczby publikacji naukowych. UE posiada również jeden z największych ekosystemów przedsiębiorstw typu start-up zajmujących się technologiami kwantowymi⁷.

¹ Technologie kwantowe wykorzystują zasady mechaniki kwantowej do wykonywania zadań, które są albo niemożliwe do rozwiązania, albo których rozwiązywanie przy zastosowaniu tradycyjnych technologii jest wysoce nieefektywne. Do głównych obszarów technologii kwantowych należą: obliczenia i symulacje kwantowe, wykrywanie kwantowe oraz komunikacja kwantowa.

² [Raport Draghiego na temat konkurencyjności UE](#).

³ Na potrzeby niniejszej strategii **potencjał podwójnego zastosowania** oznacza zdolność technologii kwantowych do służenia zarówno celom cywilnym, jak i związanym z bezpieczeństwem/obronnością. Termin ten jest tu używany w szerszym, bardziej przyszłościowym znaczeniu niż termin prawny „produkty podwójnego zastosowania” określony w rozporządzeniu (UE) 2021/821 w sprawie kontroli wywozu.

⁴ [Zalecenie Komisji \(UE\) 2023/2113 z dnia 3 października 2023 r. w sprawie obszarów technologii krytycznych dla bezpieczeństwa gospodarczego UE, na potrzeby pogłębionej oceny ryzyka z udziałem państw członkowskich](#).

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

⁶ [Biała księga w sprawie obronności europejskiej – Gotowość 2030 | ESDZ](#).

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

Około jedna trzecia wszystkich przedsiębiorstw zajmujących się technologiami kwantowymi na całym świecie ma siedzibę w UE⁸, a unijni dostawcy dostarczają prawie połowę komponentów (sprzęt i oprogramowanie) wykorzystywanych w komputerach kwantowych⁹.

Europa pozostaje jednak w tyle, jeśli chodzi o przełożenie swoich zdolności innowacyjnych i przyszłego potencjału na rzeczywiste możliwości rynkowe. W rezultacie zajmuje obecnie tylko trzecie miejsce na świecie pod względem liczby zgłoszonych patentów w dziedzinie obliczeń kwantowych, wykrywania kwantowego i komunikacji kwantowej¹⁰.

Ponadto **działania Europy są nadal rozproszone między państwami członkowskimi i krajowymi oraz regionalnymi agencjami finansującymi.** W ciągu ostatnich pięciu lat UE i państwa członkowskie zainwestowały ponad 11 mld EUR w technologie kwantowe. Chociaż kilka państw członkowskich opracowało własne krajowe strategie i plany działania, niewystarczająca koordynacja doprowadziła do powielania działań, nieefektywnego wykorzystania zasobów i rosnącej konkurencji o talenty. Może to osłabić zdolność UE do budowania masy krytycznej i skali, spowalniając proces komercjalizacji, a ostatecznie ograniczając rozwój konkurencyjnego w skali światowej europejskiego potencjału przemysłowego i jednolitego europejskiego rynku kwantowego.

Ponadto, **choć Europa odgrywa czołową rolę we wczesnej fazie rozwoju przedsiębiorczości związanej z technologiami kwantowymi, powstający ekosystem nie ma obecnie trwałego wsparcia finansowego ani wystarczających perspektyw rynkowych.** W Europie brakuje również pionierów w dziedzinie technologii kwantowych wśród dużych podmiotów przemysłowych, co pozbawia pojawiające się ekosystemy przedsiębiorstw typu start-up wystarczających perspektyw rynkowych.

Bazując na Kompasie konkurencyjności dla UE¹¹, w którym wymienia się technologie kwantowe wśród kluczowych sektorów technologicznych odgrywających istotną rolę w gospodarce przyszłości¹², w ramach przedmiotowej inicjatywy przedstawia się, w ścisłej współpracy z zainteresowanymi stronami w dziedzinie technologii kwantowych¹³, kompleksową strategię mającą na celu zapewnienie Europie czołowej pozycji w globalnym wyścigu kwantowym. Wspierając rozwój tej technologii o potencjale podwójnego zastosowania w UE, strategia ta pomoże również wdrożyć zalecenia zawarte w strategii na rzecz unii gotowości¹⁴ oraz w sprawozdaniu Niinisto¹⁵, w białej księdze w sprawie obronności

⁸ Lewis, A., Scudo, P., Cerutti, I., Travagnin, M., Marcantonini, C. i in., *Future Directions for Quantum Technology in Europe*, Urząd Publikacji Unii Europejskiej, Luksemburg, 2025, JRC141050. Publikacja ma ukazać się w połowie lipca.

⁹ Europejski Bank Inwestycyjny, *A Quantum Leap in Finance*, 2022.

¹⁰ Zob. przypis 8.

¹¹ Kompas konkurencyjności – Komisja Europejska.

¹² Europejska strategia bezpieczeństwa gospodarczego i zalecenie Komisji z dnia 3 października 2023 r. uwzględniają technologie kwantowe wśród kluczowych obszarów technologicznych.

¹³ Jak stwierdzono w odpowiedziach na zaproszenie do zgłaszania uwag ogłoszone przed publikacją europejskiej strategii kwantowej: [Unijna strategia kwantowa](#). Zainteresowane strony wyraziły pogląd, że europejska strategia kwantowa powinna przyspieszyć przejście od etapu badań laboratoryjnych do produkcji przemysłowej, bez zaniedbywania przy tym fundamentalnej roli badań podstawowych, rozbudować istniejącą paneuropejską infrastrukturę kwantową oraz zapewnić rozwój wykwalifikowanej i wykształconej kadry w dziedzinie nauk kwantowych. Zainteresowane strony podkreślają również znaczenie zwiększenia zdolności produkcyjnych Unii oraz usunięcia przeszkód finansowych, regulacyjnych i administracyjnych, które ograniczają lub spowalniają rozwój przedsiębiorstw typu start-up i przekształcanie się ich w dojrzałe, rentowne spółki na jednolitym rynku.

¹⁴ Gotowość – Komisja Europejska.

¹⁵ Sprawozdanie Niinisto https://commission.europa.eu/document/download/5bb2881f-9e29-42f2-8b77-8739b19d047c_en?filename=2024_Niinisto-report_Book_VF.pdf.

europejskiej – Gotowość 2030¹⁶, w europejskiej strategii bezpieczeństwa wewnętrznego ProtectEU¹⁷, a także w międzynarodowej strategii cyfrowej dla UE¹⁸.

1.2 Europejska strategia kwantowa: wizja i strategiczne ramy wdrażania

Europa jest bardzo dobrze przygotowana do tego, aby stać się liderem trwającej rewolucji kwantowej. Wizją jest przekształcenie Europy w kwantową potęgę przemysłową i zapewnienie jej pozycji światowego lidera na rynku technologii kwantowych w oparciu o utrzymującą się czołową pozycję w dziedzinie badań naukowych.

Wizja strategiczna UE opiera się na jej istniejących mocnych stronach: światowej klasy badaniach naukowych, doskonałości naukowej, dynamicznej bazie przedsiębiorstw typu start-up oraz silnej strukturze inwestycji publicznych. Te kluczowe filary mają zasadnicze znaczenie dla rozwiązania problemu fragmentacji, przyspieszenia wdrażania w przemyśle i zapewnienia autonomii strategicznej w zakresie technologii kwantowych.

Aby zrealizować tę wizję, strategia koncentruje się na pięciu powiązanych ze sobą obszarach:

- **Obszar 1 – Badania naukowe i innowacje:** Umacnianie doskonałości w całej Europie, aby mogła odgrywać czołową rolę w dziedzinie nauk kwantowych i transformacji przemysłowej.
- **Obszar 2 – Infrastruktura kwantowa:** Rozwój zrównoważonych, skalowalnych i skoordynowanych centrów infrastruktury w celu wspierania produkcji, projektowania i rozwoju zastosowań.
- **Obszar 3 – Wzmocnienie unijnego ekosystemu kwantowego:** Zabezpieczenie łańcuchów dostaw i uprzemysłowienie technologii kwantowych poprzez inwestycje w przedsiębiorstwa typu start-up i scale-up.
- **Obszar 4 – Technologie kwantowe kosmiczne i o potencjalnie podwójnym zastosowaniu (bezpieczeństwo i obrona):** Włączenie bezpiecznych, suwerennych zdolności kwantowych do europejskich strategii – strategii kosmicznej oraz strategii bezpieczeństwa i obrony.
- **Obszar 5 Umiejętności kwantowe:** Budowanie zróżnicowanej, światowej klasy siły roboczej dzięki skoordynowanym sprawnym systemom i programom kształcenia i szkolenia oraz promowanie mobilności talentów w całej UE.

Te pięć obszarów strategicznych opiera się na inteligentnym podejściu do wdrażania. Jak opisano poniżej, w sekcji 3.1 „Główne elementy wdrażania europejskiej strategii kwantowej”, podejście to będzie opierać się na iteracyjnej pętli rozwoju technologii w cyklu życia, która będzie w sposób ciągły łączyć naukowe odkrycia kwantowe z rzeczywistymi zastosowaniami i rynkiem, co przyniesie krótko- i długoterminowe korzyści gospodarcze. To podejście do wdrażania pomoże przyciągnąć czołowych użytkowników przemysłowych i publicznych, zapewniając dostęp do rynku i zrównoważony charakter powstającego ekosystemu kwantowego UE.

¹⁶ Zob. przypis 6.

¹⁷ [Komisja przedstawia europejską strategię bezpieczeństwa wewnętrznego UE – Komisja Europejska.](#)

¹⁸ [Wspólny komunikat w sprawie międzynarodowej strategii cyfrowej dla UE \(5 czerwca 2025 r.\)](#)



Rys. 1: Pięć obszarów strategicznych w europejskiej strategii kwantowej

W uzupełnieniu do cyklu wdrażania UE ustanowi strategiczne ramy zarządzania, by nadzorować i ułatwiać postępy.

Strategia opiera się na europejskiej deklaracji w sprawie technologii kwantowych¹⁹ z 2023 r., która stanowiła kluczowy krok polityczny, jednoczący państwa członkowskie wokół wspólnych priorytetów i wartości europejskich. Bazuje również na ustaleniach grup roboczych ekspertów ze wszystkich państw członkowskich UE²⁰, powołanych pod kierunkiem Grupy Koordynacyjnej ds. Technologii Kwantowych²¹.

2 Obszary strategiczne w ramach europejskiej strategii kwantowej

2.1 Obszar 1: Badania naukowe i innowacje w ramach europejskiej strategii kwantowej

Europejska baza badań kwantowych, wspierana przez kilka programów unijnych i krajowych, stworzyła solidne podstawy naukowe. W ciągu ostatnich pięciu lat UE zainwestowała prawie 2 mld EUR w technologie kwantowe, a dodatkowo państwa członkowskie przeznaczyły na ten cel ponad 9 mld EUR z funduszy publicznych. Środki te zostały przeznaczone na wsparcie badań i edukacji w dziedzinie nauk kwantowych, utworzenie krajowych klastrów kwantowych i hybrydowych centrów superkomputerowych łączących technologie kwantowe i klasyczne, rozwój przemysłu technologii kwantowych oraz partnerstwa międzynarodowe.

Pomimo znacznego finansowania krajowego i unijnego europejskie badania kwantowe pozostają rozdrobnione między państwa członkowskie i instrumenty, co prowadzi do powielania działań, luk w obszarach priorytetowych i konkurencji o ograniczone talenty. Bez koordynacji i jasnego ukierunkowania na wspólne priorytety strategiczne Europa nie zrealizuje swoich ambicji w dziedzinie technologii kwantowych.

W związku z tym Komisja proponuje specjalną **inicjatywę na rzecz badań i innowacji w ramach europejskiej strategii kwantowej**. Jej celem będzie skoordynowanie działań UE i państw członkowskich wokół wspólnie uzgodnionego programu badań, technologii i innowacji. Inicjatywa ta połączy wysiłki w zakresie powiązanych zagadnień i wyznaczy

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

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

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

wspólne cele, aby zapewnić spójność, uniknąć nakładania się działań i osiągnąć masę krytyczną.

Inicjatywa ta będzie miała strukturę opartą na następujących kluczowych etapach działań:

- **Odkrywanie:** wspieranie badań podstawowych, rozwoju technologicznego i działań innowacyjnych w dziedzinie obliczeń kwantowych, komunikacji kwantowej i wykrywania kwantowego.
- **Od laboratorium do fabryki:** dalsze inwestycje w budowę najnowocześniejszej infrastruktury w zakresie obliczeń kwantowych, komunikacji kwantowej i wykrywania kwantowego, sprzętu kwantowego i odpowiednich technologii wspomagających, a także w najnowocześniejsze linie pilotażowe i narzędzia projektowe wspierające industrializację i rozwój ekosystemu.
- **Zastosowanie i wykorzystanie:** wspieranie rozwoju zastosowań w kluczowych sektorach publicznych i przemysłowych, zapewnienie przełożenia postępów naukowych we wszystkich dziedzinach kwantowych na rzeczywiste zastosowania i skutki.

Oprócz powyższych działań inicjatywa obejmie również inwestycje w przyciąganie talentów i rozwój umiejętności, aby zapewnić dobrze wyszkoloną przyszłą kadrę pracowniczą dla przemysłu kwantowego.

Inicjatywa na rzecz badań i innowacji w ramach europejskiej strategii kwantowej będzie realizowana w oparciu o ramy zarządzania na szczeblu UE, które zostaną określone w przyszłym wniosku dotyczącym aktu kwantowego. W międzyczasie mandat Wspólnego Przedsięwzięcia EuroHPC²² zostanie przedłużony poprzez zmianę rozporządzenia ustanawiającego to przedsięwzięcie, co zapewni płynną koordynację z programami „Horyzont Europa”, „Cyfrowa Europa”, programem kosmicznym i programem w dziedzinie obronności oraz innymi instrumentami finansowania.

- Zmiana rozporządzenia w sprawie ustanowienia Wspólnego Przedsięwzięcia EuroHPC w celu rozszerzenia jego zakresu na wszystkie technologie kwantowe oraz, w pierwszym etapie, przeniesienie obecnych działań w zakresie badań i innowacji dotyczących technologii kwantowych z filaru 2 programu „Horyzont Europa” do tego wspólnego przedsięwzięcia [trzeci kwartał 2025 r.]
- Przedstawienie wniosku dotyczącego aktu kwantowego [2026 r.]

2.2 Obszar 2: Infrastruktura w ramach europejskiej strategii kwantowej

UE inwestuje obecnie w duże inicjatywy w zakresie infrastruktury kwantowej, takie jak systemy kwantowe w ramach wspólnego przedsięwzięcia EuroHPC, bezpieczna infrastruktura komunikacji kwantowej EuroQCI²³ w ramach unijnego programu bezpiecznej łączności IRIS²⁴, a także w zaawansowane platformy wykrywania. UE inwestuje również w kilka linii pilotażowych w ramach Wspólnego Przedsięwzięcia na rzecz Czipów²⁵ w celu przygotowania industrializacji technologii kwantowych w Europie.

Te finansowane ze środków publicznych infrastruktury kwantowe są strategicznym czynnikiem umożliwiającym realizację ambicji kwantowych Europy. Zapewniają one dostęp do najnowocześniejszych systemów i platform kwantowych, które w przeciwnym razie

²² [Rozporządzenie Rady \(UE\) 2021/1173](#) w sprawie ustanowienia Wspólnego Przedsięwzięcia w dziedzinie Europejskich Obliczeń Wielkiej Skali.

²³ [Inicjatywa w zakresie europejskiej infrastruktury komunikacji kwantowej \(EuroQCI\) | Kształtowanie cyfrowej przyszłości Europy.](#)

²⁴ [IRIS² | Bezpieczna łączność – rozporządzenie Komisji Europejskiej \(UE\) 2023/588.](#)

²⁵ [Rozporządzenie Rady \(UE\) 2023/1782](#) ustanawiające Wspólne Przedsięwzięcie na rzecz Czipów.

pozostałyby poza zasięgiem większości europejskich zainteresowanych stron w dziedzinie technologii kwantowych i użytkowników tych technologii ze względu na wysokie koszty rozwoju i dostępu, złożoność techniczną lub potrzebę korzystania ze specjalistycznych usług, takich jak bezpieczna komunikacja. Wspomniane infrastruktury kwantowe stanowią poligon doświadczalny dla innowacji, miejsce szkolenia talentów oraz przestrzeń dla przemysłu, MŚP i naukowców do eksperymentowania, zrozumienia i kształtowania rozwoju nowych technologii kwantowych. Są one niezbędne, by przyspieszyć upowszechnianie technologii kwantowych, budować potencjał przemysłowy i zapewnić szerokie rozpropagowanie korzyści kwantowych w całej Unii.

W perspektywie długoterminowej UE utrzyma i zwiększy inwestycje w publiczną infrastrukturę kwantową w dziedzinie **obliczeń i symulacji, komunikacji** oraz **wykrywania**, jak wyjaśniono poniżej.

2.2.1 Obliczenia i symulacje kwantowe

Obliczenia kwantowe mogą zrewolucjonizować naszą zdolność do rozwiązywania złożonych problemów związanych z optymalizacją obliczeniową, wykraczających daleko poza możliwości nawet najpotężniejszych systemów do obliczeń wielkiej skali (HPC). Oczekuje się, że wpływ obliczeń kwantowych będzie stymulował wiele obszarów, np. w symulacjach farmaceutycznych i chemicznych obliczenia takie mogą umożliwić odkrywanie nowych leków i substancji chemicznych; w energetyce obliczenia kwantowe mogą pomóc w odkrywaniu nowych materiałów do produkcji akumulatorów lub nadprzewodników wysokotemperaturowych; obliczenia kwantowe są również bardzo obiecujące pod względem usprawnień w takich obszarach jak logistyka i finanse. Ponadto komputery kwantowe mogą rozwiązywać takie problemy w sposób znacznie bardziej energooszczędny niż klasyczne superkomputery. Komputery kwantowe nie zastąpią systemów HPC, ale będą je uzupełniać, działając jako akceleratory zwiększające ogólną wydajność rozwiązań obliczeniowych, dostarczając wyniki znacznie szybciej i w znacznie bardziej energooszczędny sposób. Technologie kwantowe są również coraz częściej wykorzystywane wraz ze sztuczną inteligencją i jako jej wsparcie. Na przykład mogą przyspieszyć szkolenie modeli AI, natomiast AI pomaga korygować błędy kwantowe, zwiększając ogólną niezawodność systemu.

Obecnie obliczenia kwantowe znajdują się w decydującej fazie rozwoju: chociaż istnieją już niewielkie procesory kwantowe, głównym wyzwaniem na skalę globalną jest stworzenie w pełni funkcjonalnych komputerów kwantowych, które będą w stanie jednoznacznie wykazać przewagę obliczeń kwantowych. Najważniejszym wyzwaniem jest obecnie zbudowanie maszyn o większej skali, które będą w stanie zapewnić wyraźną przewagę kwantową²⁶ nad klasycznymi komputerami. W ciągu najbliższych 5–10 lat zdolność komputerów kwantowych do rozwiązywania rzeczywistych problemów znacznie wzrośnie. Dlatego UE i jej państwa członkowskie, a także inni główni gracze – od Australii, Kanady, Chin, Japonii, Korei Południowej, Wielkiej Brytanii po Stany Zjednoczone – intensywnie inwestują w technologie kwantowe, walcząc o pozycję lidera w rewolucji kwantowej²⁷. Obecnie opracowywanych jest

²⁶ OECD, *A Quantum Technologies Policy Primer*, 2025. Przewaga kwantowa odnosi się do sytuacji, w której komputer kwantowy wykonuje określone zadanie skuteczniej, szybciej, z większą dokładnością lub przy mniejszym zużyciu energii niż najlepsze dostępne klasyczne superkomputery. Ten kamień milowy stanowi praktyczny dowód przewagi komputerów kwantowych w rozwiązywaniu niektórych problemów obliczeniowych, nawet jeśli dotyczy to tylko wąskich dziedzin.

²⁷ Na przykład krajowa inicjatywa kwantowa Stanów Zjednoczonych (<https://www.quantum.gov/>); chiński plan wdrożenia technologii kwantowych 2030; japońska strategia na rzecz technologii kwantowych i innowacji (https://www8.cao.go.jp/cstp/english/strategy_r08.pdf); australijska krajowa strategia kwantowa (<https://www.industry.gov.au/sites/default/files/2023-05/national-quantum-strategy.pdf>); kanadyjska krajowa strategia kwantowa (<https://ised-isde.canada.ca/site/national-quantum-strategy/en/canadas-national-quantum->

wiele platform kwantowych, z których każda opiera się na innym podejściu technologicznym²⁸. W tabeli 1 wymieniono komputery kwantowe dostarczane przez przedsiębiorstwa z siedzibą w różnych regionach świata.

Platforma technologiczna	Nadprzewodnictwo	Pułapki jonowe	Zimne atomy	Fotonika	Kubity spinowe
 Maszyny w UE	 17	 6	 8	 5	 3
 Maszyny w Zjednoczonym Królestwie	4	6	0	5	2
 Maszyny w USA	26	7	4	2	0
 Maszyny w Kanadzie	13	0	0	1	0
 Maszyny w Chinach	2	0	0	0	0
 Pozostałe ²⁹ maszyny	1	0	0	1	3

Tabela 1: Krajobraz dostawców obliczeń i symulacji kwantowych

Europa, za pośrednictwem programów krajowych i inicjatywy przewodniej UE w dziedzinie technologii kwantowych³⁰, rozwija wszystkie główne technologie obliczeń kwantowych, jak pokazano powyżej. Wysiłki te doprowadziły do powstania prototypów, zestawów oprogramowania i szeregu przedsiębiorstw typu spin-off wykorzystujących zaawansowane technologie. Ponadto za pośrednictwem Wspólnego Przedsięwzięcia EuroHPC Europa wdraża już swoje pierwsze prototypy kwantowych systemów obliczeniowych w kilku państwach członkowskich (zob. rys. 2). To wczesne wdrożenie służy dwóm kluczowym celom: wspiera powstanie autonomicznego, suwerennego i konkurencyjnego europejskiego przemysłu kwantowego poprzez stworzenie wczesnego rynku dla dostawców sprzętu i oprogramowania, a jednocześnie umożliwia rozwój rynku wewnętrznego poprzez zwiększenie liczby i skali zastosowań oraz liczby użytkowników.

Europa z powodzeniem umożliwiła również wczesną hybrydyzację komputerów kwantowych z HPC, osiągając w ten sposób cel UE na dekadę cyfrową, jakim jest posiadanie pierwszego komputera z przyspieszeniem kwantowym w 2025 r.³¹ Jest to strategiczny kamień milowy: wspiera europejski ekosystem sprzętu kwantowego, sprzyja powstawaniu przemysłowych zastosowań i kładzie podwaliny pod bardziej zaawansowane systemy hybrydowe – wszystko to przyczynia się do osiągnięcia długoterminowego celu, jakim jest uzyskanie pełnej zdolności obliczeń kwantowych do 2030 r. Ta hybrydyzacja umożliwi również korzystanie z

(strategy); brytyjska krajowa strategia kwantowa <https://www.gov.uk/government/publications/national-quantum-strategy>.

²⁸ Reprezentatywne przykłady platform obliczeniowych opierają się na obwodach nadprzewodnikowych, uwięzionych jonach, atomach elektrycznie obojętnych, fotonice, diamentach lub kubitach spinowych. Każda z platform ma swoje zalety i stanowi wyzwanie inżynierskie pod względem skalowalności obliczeniowej, wierności i spójności.

²⁹ W innych krajach.

³⁰ [Strona główna inicjatywy przewodniej w dziedzinie technologii kwantowych | Quantum Flagship](#).

³¹ Hybrydowe platformy kwantowe/HPC integrują procesory kwantowe z klasycznymi systemami HPC, aby umożliwić wczesne współprzetwarzanie, przy czym procesory kwantowe działają jako akceleratory obliczeniowe tradycyjnych superkomputerów. W ramach EuroHPC i infrastruktury krajowej funkcjonują obecnie trzy platformy hybrydowe we Francji, Niemczech i Finlandii. Do końca 2025 r. hybrydyzacja stanie się standardem we wszystkich europejskich centrach obliczeń kwantowych, co będzie stanowiło znaczące osiągnięcie.

komputerów kwantowych przez europejskie fabryki AI³², przyczyniając się tym samym do osiągnięcia celów Planu działania na rzecz kontynentu sztucznej inteligencji³³.

W przyszłości inicjatywa na rzecz badań i innowacji w ramach europejskiej strategii kwantowej będzie nadal wspierać skoordynowane działania mające na celu przyspieszenie przejścia od dzisiejszych urządzeń kwantowych pierwszej generacji do w pełni operacyjnych maszyn. Założeniem inicjatywy jest zapewnienie Europie możliwości nabywania komputerów kwantowych nowej generacji głównie od dostawców z UE, przy jednoczesnym stopniowym zwiększaniu skali tych platform, tak aby do 2030 r. osiągnąć około 100 kubitów³⁴ z korekcją błędów na system, co jest celem zgodnym z planami działania branży na rzecz osiągnięcia znaczącej przewagi obliczeniowej. **Do 2035 r. Europa zamierza stać się pierwszym kontynentem, który osiągnie skalę tysięcy kubitów z korekcją błędów na platformę, co uznaje się za próg niezbędny do rozwiązywania rzeczywistych problemów.**

Osiągnięcie tego kamienia milowego stanowiłoby punkt zwrotny w zakresie praktycznej przewagi kwantowej³⁵ i zapewniłoby Europie pozycję światowego lidera w dziedzinie obliczeń kwantowych. Wzmocni to rozwój europejskich przedsiębiorstw zajmujących się obliczeniami kwantowymi oraz pomoże w rozwoju i wdrażaniu zastosowań dla głównych użytkowników, jednocześnie wzmacniając autonomię technologiczną Unii.



Rys. 2: Mapa superkomputerów EuroHPC, komputerów kwantowych i symulatorów kwantowych

Jednocześnie **Europa będzie nadal inwestować w symulatory kwantowe**³⁶, które mogą naśladować zachowanie systemu kwantowego przy użyciu mniej złożonego sprzętu. Symulatory kwantowe już teraz umożliwiają przełomowe odkrycia w dziedzinie materiałoznawstwa, chemii kwantowej i fizyki podstawowej. Europa przoduje w

³² [Fabryki AI | Kształtowanie cyfrowej przyszłości Europy.](#)

³³ [Kontynent sztucznej inteligencji – Komisja Europejska.](#)

³⁴ Dzisiejsze komputery kwantowe dostarczają wyniki, które nie są jeszcze w pełni dokładne (obliczenia kwantowe nadal są podatne na znaczne błędy). Wdrożenie skutecznego systemu korekcji błędów, który pozwoli uzyskać poprawione kubity (tj. procesory komputera kwantowego) zapewniające dokładne wyniki obliczeń, stanowi zatem ważny kamień milowy dla każdego przyszłego w pełni funkcjonalnego komputera kwantowego.

³⁵ Zob. przypis 26.

³⁶ PASQuanS2: [Programowalna atomowa symulacja kwantowa na dużą skalę 2 – SGA1 | PASQuanS2.1 | Projekt | Arkusz informacyjny | Horyzont Europa | CORDIS | Komisja Europejska.](#)

opracowywaniu i wdrażaniu tych platform, które dzięki mniejszym wymaganiom sprzętowym powinny przynieść cenne rezultaty wcześniej niż uniwersalne komputery kwantowe.

Opracowany zostanie unijny *plan działania w zakresie obliczeń i symulacji kwantowych*, określający jasne punkty odniesienia i proces monitorowania postępów technologicznych i dojrzałości różnych rodzajów platform kwantowych. Plan działania pozwoli na regularną ocenę, które z nich są najbardziej zaawansowane lub mają największy potencjał w perspektywie długoterminowej. To oparte na dowodach podejście będzie stanowić wytyczne dla strategicznych decyzji Europy i pomoże ustalić priorytety przyszłych inwestycji publicznych w obliczenia kwantowe.

- Opublikowanie planu działania UE w zakresie obliczeń i symulacji kwantowych [2026 r.]
- Zwiększenie liczby i mocy kwantowych systemów obliczeniowych opartych na EuroHPC [od 2026 r.] oraz ustanowienie ram monitorowania obliczeń kwantowych [2026 r.]

2.2.2 Komunikacja kwantowa

Łączność kwantowa umożliwia ultrabezpieczną transmisję danych, chroni infrastruktury krytyczne i zabezpiecza informacje wrażliwe przed przyszłymi cyberzagrożeniami wykorzystującymi technologie kwantowe³⁷. Pozwala to również na stworzenie kwantowej sieci komunikacyjnej niezbędnej do połączenia urządzeń kwantowych, takich jak czujniki i komputery, w tak zwany **kwantowy internet**. Dzięki potencjałowi podwójnego zastosowania komunikacja kwantowa wspiera zarówno zastosowania cywilne (takie jak ochrona transakcji finansowych, zabezpieczenie sieci publicznych), jak i potrzeby w zakresie obronności (np. bezpieczna komunikacja na potrzeby operacji wojskowych i operacji związanych z bezpieczeństwem narodowym). Dzięki inicjatywom takim jak **EuroQCI**³⁸ i **kwantowy internet** UE buduje w pełni autonomiczną i zaufaną infrastrukturę komunikacji kwantowej, która będzie chronić przepływ danych o znaczeniu krytycznym, zabezpieczać komunikację publiczną i infrastrukturę krytyczną oraz wzmacniać bezpieczeństwo wewnętrzne Europy zgodnie ze strategią ProtectEU³⁹.

Inicjatywa EuroQCI

Inicjatywa EuroQCI ma na celu opracowanie bezpiecznej infrastruktury komunikacji kwantowej obejmującej całą UE, w tym jej terytoria zamorskie. Jest ona częścią unijnej inicjatywy IRIS² i będzie składać się z segmentu naziemnego opartego na sieciach światłowodowych łączących strategiczne obiekty na poziomie krajowym i transgranicznym oraz segmentu kosmicznego opartego na satelitach.

Inicjatywa ta szybko się rozwija – obecnie 26 państw członkowskich wdraża krajowe naziemne kwantowe sieci komunikacyjne, które zostaną również wykorzystane do przetestowania bezpiecznego satelity do kwantowej dystrybucji kluczy (QKD) (Eagle 1), którego wystrzelenie planowane jest na 2026 r. i który będzie pierwszym europejskim demonstratorem na orbicie.

Te naziemne kwantowe sieci komunikacyjne są wykorzystywane do wdrażania i testowania QKD w rzeczywistych warunkach. Projekty pilotażowe obejmują bezpieczną transmisję danych medycznych między szpitalami, szyfrowaną komunikację między instytucjami

³⁷ Zagrożenie, jakie komputery kwantowe stanowią dla obecnych protokołów kryptograficznych.

³⁸ [Inicjatywa w zakresie europejskiej infrastruktury komunikacji kwantowej \(EuroQCI\) | Kształtowanie cyfrowej przyszłości Europy.](#)

³⁹ [Komisja przedstawia strategię bezpieczeństwa wewnętrznego UE – Komisja Europejska.](#)

rządowymi oraz łączy QKD dla infrastruktury krytycznej, takiej jak centra kontroli sieci energetycznej. Demonstrują one, w jaki sposób QKD może zabezpieczać podstawowe usługi publiczne i operacje krajowe.

Aby wesprzeć to wdrożenie, UE wykorzystuje w pełni europejski łańcuch dostaw komponentów, urządzeń i systemów kwantowych⁴⁰. Powstaje również kompleksowe centrum testowania i oceny QKD, oferujące środowisko do wstępnej certyfikacji komponentów QKD oraz przygotowujące ich integrację z systemami typu „end-to-end” i architekturami sieciowymi⁴¹.

Ponadto działalność ta jest ściśle powiązana z polityką UE w zakresie cyberbezpieczeństwa, taką jak dyrektywa NIS2, zbliżający się przegląd aktu o cyberbezpieczeństwie oraz plan działania ENISA w zakresie kryptografii postkwantowej, w celu zapewnienia, aby infrastruktury komunikacji, wykrywania i obliczeń kwantowych od samego początku były wyposażone w środki bezpieczeństwa na poziomie obronnym, kontrole integralności łańcucha dostaw i zdolności reagowania na incydenty.

Inne czołowe regiony również inwestują w naziemne i kosmiczne zdolności w zakresie bezpieczeństwa kwantowego. Na przykład Chiny zademonstrowały rozwiązanie QKD między kosmosem a Ziemią i opracowały ponad 2 000 km bezpiecznych połączeń naziemnych między miastami⁴². Stany Zjednoczone inwestują natomiast znaczne środki w platformy testowe internetu kwantowego i partnerstwa z laboratoriami krajowymi, ale nie uruchomiły jeszcze zintegrowanego programu bezpiecznej komunikacji na skalę kontynentalną. Model europejski, integrujący segmenty naziemne i satelitarne za pośrednictwem IRIS² oraz oparty na zasadach bezpieczeństwa w fazie projektowania i komponentach kontrolowanych przez UE, stawia UE w czołówce rozwoju zaufanych sieci kwantowych.

W latach 2025–2035 UE będzie dalej rozszerzać inicjatywę EuroQCI.

Po pierwsze, w latach 2025–2030 UE **wdroży transgraniczne naziemne łączy kwantowe łączące państwa członkowskie**, a także stacje naziemne łączące segmenty naziemne EuroQCI z satelitami EuroQCI w celu kwantowej dystrybucji kluczy w przestrzeni kosmicznej. Do 2030 r. powstanie zatem pierwsza w pełni połączona unijna eksperymentalna naziemna i kosmiczna bezpieczna sieć komunikacyjna.

Po drugie, UE **ułatwi wprowadzanie na rynek i certyfikację bezpieczeństwa**. Będzie nadal wspierać dalszy rozwój, dojrzewanie i wdrażanie technologii i protokołów komunikacji kwantowej⁴³ oraz ich regularną integrację z EuroQCI. Segment kosmiczny EuroQCI zostanie również zmodernizowany w celu świadczenia bezpiecznych usług „end-to-end” QKD w przestrzeni kosmicznej i naziemnych, które będą stopniowo integrowane z usługami kosmicznymi nowej generacji IRIS². Cała infrastruktura EuroQCI zostanie objęta certyfikacją w ramach zharmonizowanego systemu UE w celu zapewnienia zaufania i zgodności.

⁴⁰ „Technologie te obejmują kwantowe generatory liczb losowych (QRNG), kwantowe źródła i detektory pojedynczych fotonów, moduły QKD oparte na splątaniu oraz zintegrowane platformy klasy telekomunikacyjnej. Łańcuch dostaw jest certyfikowany w ramach unijnego programu bezpiecznej łączności (rozporządzenie (UE) 2023/588)”.

⁴¹ Centrum umożliwia rygorystyczną charakterystykę, testowanie bezpieczeństwa i wczesne wsparcie dla normalizacji, ściśle powiązane z działaniami ETSI – kwantowa dystrybucja kluczy (QKD) www.etsi.org/technologies/quantum-key-distribution.

⁴² Dzięki szkieletowej sieci Pekin—Szanghaj i programowi satelitarnemu Micius, którego kontynuacją jest Jinan-1.

⁴³ Przykłady takich technologii obejmują pamięci optyczne nowej generacji o długiej żywotności i wysokiej wierności, które mają kluczowe znaczenie dla działania wzmacniaczy kwantowych, oraz budowę i demonstrację w pełni działających wzmacniaczy kwantowych łączących sieci metropolitalne, przetestowanych zarówno w warunkach laboratoryjnych, jak i rzeczywistych.

Inicjatywa dotycząca kwantowego internetu

Inicjatywa dotycząca kwantowego internetu uzupełnia EuroQCI, przygotowując przyszłą generację sieci kwantowych. Kładzie ona podwaliny pod rozproszone obliczenia kwantowe i wykrywanie kwantowe oraz ultrabezpieczną wymianę danych.

Europa określiła już kompletną specyfikację architektury sieci kwantowego internetu i zademonstrowała działanie sieci kwantowej w skali metropolitalnej⁴⁴. Rozpoczęto prace nad ramami przypadków użycia, a wraz z uruchomieniem forum technologicznego Quantum Internet Alliance (QIA)⁴⁵, pierwszego globalnego otwartego forum poświęconego internetowi kwantowemu, rozpoczęła się budowa ekosystemu. W Europie pojawiły się już pierwsze przemysłowe produkty i przedsięwzięcia związane z kwantowym internetem, co świadczy o wczesnym transferze technologii do przemysłu w tej dziedzinie.

Inicjatywa na rzecz badań i innowacji w ramach europejskiej strategii kwantowej będzie wspierać dalszy rozwój technologiczny kwantowego internetu⁴⁶ i zapewni interoperacyjność różnych podstawowych platform obliczeniowych. W 2026 r. wesprze uruchomienie pilotażowego centrum europejskiego internetu kwantowego, umożliwiającego testowanie kluczowych komponentów odpornych na komputery kwantowe i wczesnych przypadków użycia, bezpiecznych usług kwantowych w chmurze, obliczeń rozproszonych i zaawansowanych środowisk walidacyjnych łączących badania i wdrażanie przed pełnym uruchomieniem. Celem jest **wdrożenie do 2030 r. w pełni operacyjnej sieci komunikacyjnej odpornej na komputery kwantowe jako pierwszego kroku w kierunku zintegrowanego internetu kwantowego**. Pomoże to również UE zająć czołową pozycję w zakresie międzynarodowej standaryzacji w tej dziedzinie. Równolegle, ponieważ postęp w dziedzinie obliczeń kwantowych stanowi zagrożenie dla bezpieczeństwa naszej komunikacji⁴⁷, UE i państwa członkowskie wdrażają obecnie **zalecenie w sprawie kryptografii postkwantowej**⁴⁸ i opublikowały właśnie **plan działania**⁴⁹ na rzecz przejścia na kryptografię postkwantową.

- Wdrożenie pierwszej połączonej unijnej eksperymentalnej sieci kwantowej komunikacji naziemnej i kosmicznej [do 2030 r.]
- Opublikowanie planu działania w zakresie komunikacji kwantowej [2026 r.]
- Uruchomienie pilotażowego centrum europejskiego internetu kwantowego [2026 r.]

2.2.3 Wykrywanie kwantowe

⁴⁴ W ramach inicjatywy udało się uzyskać *splątanie* między dwoma niezależnie działającymi węzłami sieci kwantowej, oddalonymi od siebie o 10 km światłowodu. Postępy technologiczne odnotowano również w zakresie rozwoju sprzętu kwantowego internetu, w tym technologii wzmacniaczy kwantowych i węzłów wzmacniaczy kwantowych, oraz w zakresie stosowania oprogramowania kwantowego. <https://quantuminternetalliance.org/>.

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

⁴⁶ Przykłady: skalowalność pamięci kwantowej, solidna dystrybucja splątania oraz rozwój stosu oprogramowania sieci kwantowej.

⁴⁷ Na przykład w ramach koncepcji znanej jako „zapisz teraz, odszyfruj później” przestępcy gromadzą już zaszyfrowane informacje, takie jak skradzione bazy danych, chronione pliki lub dane dotyczące komunikacji i przechowują je w celu późniejszego odszyfrowania za pomocą komputerów kwantowych w złych zamiarach. Zob. na przykład: [Druga rewolucja kwantowa: wpływ obliczeń kwantowych i technologii kwantowych na egzekwowanie prawa](#) (sprawozdanie Europolu z 2024 r.).

⁴⁸ [Zalecenie w sprawie skoordynowanego planu działania na rzecz przejścia na kryptografię postkwantową | Kształtowanie cyfrowej przyszłości Europy](#).

⁴⁹ W planie działania określono algorytmy odporne na komputery kwantowe, normy rozwoju i systemy certyfikacji, które należy opracować w celu ochrony informacji wrażliwych i infrastruktury krytycznej. [UE wzmacnia swoje cyberbezpieczeństwo dzięki kryptografii postkwantowej | Kształtowanie cyfrowej przyszłości Europy](#).

Wykrywanie kwantowe wykorzystuje właściwości kwantowe do pomiaru cech fizycznych z niespotykaną dotąd czułością i precyzją, znacznie przewyższającą możliwości klasycznych czujników⁵⁰. Ma ogromny potencjał w wielu różnych dziedzinach, od opieki zdrowotnej, zmiany klimatu czy monitorowania zasobów wód gruntowych po bezpieczeństwo, obronność i przestrzeń kosmiczną lub nawigację.

Unijna inicjatywa przewodnia w dziedzinie technologii kwantowych odegrała czołową rolę w rozwoju technologii wykrywania kwantowego od nauk podstawowych do badań ukierunkowanych na zastosowania. Funkcjonalne prototypy są już testowane w rzeczywistych warunkach, co świadczy o czołowej pozycji Europy zarówno w zakresie innowacji w dziedzinie czujników, jak i przygotowywania gruntu pod wdrożenie przemysłowe i wykorzystanie z potencjałem podwójnego zastosowania.

Grawimetry kwantowe

UE opracowuje obecnie **sieć mobilnych i stacjonarnych grawimetrów kwantowych**⁵¹, które umożliwiają wykrywanie obiektów znajdujących się nawet kilkadziesiąt kilometrów pod powierzchnią ziemi, w tym zbiorników wodnych, złóż gazu, zasobów mineralnych, komór magmowych lub infrastruktury podziemnej. Są one szczególnie przydatne do monitorowania zmian zachodzących pod ziemią na przestrzeni czasu, wspierając zastosowania w naukach o Ziemi i geofizyce (w tym mapowanie podpowierzchniowe i wczesne ostrzeganie o trzęsieniach ziemi), w naukach o klimacie (np. śledzenie zaniku lodowców i wyczerpywania się wód gruntowych), zapobieganiu zagrożeniom naturalnym, w inżynierii lądowej oraz w strategicznych zastosowaniach w obronności i ochronie ludności, takich jak wykrywanie podziemnych konstrukcji wytworzonych przez człowieka i monitorowanie infrastruktury krytycznej.

W ramach inicjatywy przewodniej w dziedzinie technologii kwantowych w ciągu najbliższych 3–5 lat w całej Europie zostanie rozmieszczona sieć grawimetrów naziemnych, uzupełniona grawimetrami umieszczonymi na platformach stratosferycznych. Równolegle UE planuje uruchomienie po 2030 r. pierwszego **lotu rozpoznawczego w zakresie grawimetrii kwantowej**⁵² w przestrzeni kosmicznej. Zbadana zostanie również integracja grawimetrii kwantowej w ramach misji następnych IRIS². Działania te mogą utorować drogę do stworzenia pełnej sieci grawimetrów naziemnych, powietrznych i kosmicznych do celów obserwacji Ziemi, wspierającej zarówno badania naukowe, jak i zastosowania strategiczne, w tym te o potencjale podwójnego zastosowania.

Obrazowanie metodą rezonansu magnetycznego z zastosowaniem technologii kwantowych (Q-MRI)

W dziedzinie diagnostyki medycznej badania naukowe prowadzone w UE utorowały drogę do obrazowania wspomaganego kwantowo, wykorzystującego czujniki kwantowe do pomiaru sygnałów magnetycznych na poziomie molekularnym. Systemy te niosą ogromne nadzieje na rozwój medycyny precyzyjnej i spersonalizowanej opieki zdrowotnej poprzez przyspieszenie wykrywania nowotworów i chorób neurodegeneracyjnych oraz modernizację europejskiej infrastruktury diagnostycznej.

⁵⁰ Przykładowe zalety wykrywania kwantowego w porównaniu z tradycyjnymi technikami wykrywania obejmują: wyższą czułość wykrywania wielkości fizycznych, takich jak pola magnetyczne, temperatura, grawitacja itp. wyższą dokładność i precyzję pomiarów, lepszą rozdzielczość.

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/>: pod kierunkiem CNES, DLR i Airbus.

W 2025 r. w ramach inicjatywy przewodniej w dziedzinie technologii kwantowych UE wesprze utworzenie europejskiej pilotażowej **infrastruktury Q-MRI**⁵³ w wielu państwach członkowskich. Infrastruktura ta umożliwi walidację kliniczną systemów MRI⁵⁴ wzbogaconych o technologię kwantową oraz zapewni akredytowanym ośrodkom badawczym, szpitalom i partnerom przemysłowym otwarty dostęp do testowania zatwierdzonych prototypów urządzeń do obrazowania kwantowego. Dzięki integracji narzędzi analitycznych opartych na sztucznej inteligencji infrastruktura ta zwiększy dokładność diagnostyki, umożliwi wcześniejsze interweniowanie i pomoże obniżyć ogólne koszty opieki zdrowotnej. Z czasem sieć ta będzie stopniowo rozszerzana na kolejne państwa członkowskie.

Inicjatywa na rzecz badań i innowacji w ramach europejskiej strategii kwantowej będzie również nadal finansować dalszy rozwój badań i rozwoju czujników Q-MRI oraz ich integrację z infrastrukturą badań w dziedzinie zdrowia publicznego, torując drogę do ich dalszej industrializacji.

Oprócz powyższych działań UE będzie nadal wspierać badania nad **zwiększeniem czułości i nowymi kontrastami obrazowania**, które otworzą nowe możliwości diagnostyczne, między innymi w neurologii (np. wczesne wykrywanie zaburzeń połączeń mózgowych w chorobie Alzheimera) lub onkologii (np. wykrywanie nowotworów za pomocą obrazowania metabolicznego).

Aby jeszcze bardziej wzmocnić swoją strategiczną pozycję i planowanie w zakresie technologii kwantowego wykrywania oraz infrastruktury metrologicznej i badawczej, **UE opracuje skoordynowany europejski plan działania w zakresie kwantowego wykrywania, pomiarów i badania** oraz będzie wspierać odpowiednie działania normalizacyjne we współpracy z instytutami metrologicznymi i państwami członkowskimi. Głównym celem będzie również zapewnienie europejskiej autonomii strategicznej poprzez bezpieczne i zgodne z przepisami łańcuchy dostaw krytycznych komponentów i systemów wykrywania.

- Wdrożenie rozproszonego systemu grawimetrów w całej Europie [od 2026 r.]
- Opublikowanie planu działania w zakresie wykrywania kwantowego [2026 r.]
- Ustanowienie europejskiej pilotażowej infrastruktury Q-MRI i jej rozszerzenie w całej Europie [od 2025 r.]

2.3 Obszar 3: Ekosystem kwantowy w Europie

Dynamiczny, połączony i solidny ekosystem technologii kwantowych ma kluczowe znaczenie dla długoterminowej zdolności Europy do opracowywania i wdrażania technologii kwantowych na dużą skalę. Obecnie europejski ekosystem technologii kwantowych obejmuje około 70 przedsiębiorstw typu start-up i scale-up, inwestorów inwestujących w najbardziej zaawansowane technologie, organizacje badawcze i innowacyjne, krajowe klastry kompetencji oraz przemysłowe łańcuchy dostaw. **Ekosystem ten jest jednak nadal bardzo wrażliwy.** Dominują w nim **małe przedsiębiorstwa typu start-up i scale-up, które napotykają poważne bariery rozwoju: niestabilne źródła przychodów, ograniczony dostęp do kapitału na rozwój oraz ograniczony popyt przemysłowy** w najbliższej przyszłości. Ponadto w UE brakuje dostawców sprzętu kwantowego na dużą skalę oraz kluczowych użytkowników końcowych, którzy mogliby stymulować popyt i przyspieszyć wdrażanie tych technologii w przemyśle. Ta strukturalna słabość ogranicza zarówno inwestycje prywatne, jak i powstawanie kluczowych łańcuchów dostaw.

⁵³ [Diagnostyka metaboliczna metodą rezonansu magnetycznego wspomagana przez technologię kwantową i sztuczną inteligencję.](#)

⁵⁴ Zostaną one wdrożone w ramach kontrolowanych badań klinicznych zgodnie z unijnym rozporządzeniem w sprawie wyrobów medycznych.

Bez skoordynowanych działań i dostępu do realnych możliwości rynkowych wiele z tych przedsiębiorstw typu start-up może zniknąć lub przenieść się do bardziej sprzyjających ekosystemów poza Europą.

Aby wesprzeć ten ekosystem, Europa musi podjąć zdecydowane kroki w celu wspierania industrializacji, skalowania obiecujących podmiotów, zapewnienia strategicznych łańcuchów dostaw, rozwoju rynków pionierskich, ochrony strategicznych aktywów oraz szkolenia kolejnego pokolenia specjalistów w dziedzinie technologii kwantowych.

2.3.1 Od laboratorium do fabryki i industrializacji

Globalny rynek technologii kwantowych wciąż się rozwija. Obecnie jego wartość wynosi 2–3 mld EUR, ale prognozuje się, że do 2040 r. wzrośnie do 155 mld EUR⁵⁵. Ten przewidywany wzrost oznacza potrzebę opracowania skoordynowanej, jednolitej unijnej strategii industrializacji, która umożliwi europejskim przedsiębiorstwom wykorzystanie tej nadchodzącej szansy.

Czipy kwantowe są kluczowym czynnikiem umożliwiającym industrializację kwantową i rozwój rynku. Obecnie jednak ich ewolucja znajduje się na etapie porównywalnym do etapu, na którym znajdowały się półprzewodniki 30–40 lat temu, a większość obecnych urządzeń kwantowych to głównie konstrukcje zastrzeżone i w dużej mierze wykonywane ręcznie.

Europa musi szybko przejść do produkcji pierwszych tanich czipów kwantowych na dużą skalę, wykorzystując w miarę możliwości procesy zgodne z procesami stosowanymi w mikroelektronice i fotonice lub opracowując w razie potrzeby nowe procesy. Takie podejście pozwoliłoby wykorzystać istniejącą infrastrukturę półprzewodnikową, obniżyć koszty i skrócić czas wprowadzania na rynek czipów i urządzeń kwantowych.

Idąc w tym kierunku, UE **wkrótce uruchomi sześć pierwszych pilotażowych linii produkcyjnych układów kwantowych w ramach Wspólnego Przedsięwzięcia na rzecz Czypów**, zgodnie z aktem w sprawie czipów⁵⁶. Dzięki wspólnemu finansowaniu ze środków UE i państw członkowskich w wysokości od 40 do 50 mln EUR na każdą linię pilotażową linie te będą wspierać wczesne prototypowanie, walidację projektów i rozwój procesów, jednocześnie sprzyjając praktycznemu wykorzystaniu dzięki ścisłej współpracy z przemysłem. Te sześć linii pilotażowych rozszerzy podstawy ustanowione przez eksperymentalne linie pilotażowe⁵⁷ w ramach inicjatywy przewodniej w dziedzinie technologii kwantowych na linii pilotażowej dla przemysłu.

W ciągu najbliższych 3–5 lat działania te pozwolą Europie na dalszy rozwój i konsolidację technologii i procesów kwantowych oraz innych technologii i procesów wspomagających, a następnie na budowę pierwszych fabryk kwantowych do 2030 r. Aby wesprzeć planowanie pełnej industrializacji i jej wdrożenie, zgodnie z Kompasem konkurencyjności dla UE, **Komisja opublikuje w 2026 r. pełny plan działania w zakresie industrializacji czipów kwantowych.**

Ponieważ ośrodki projektowe i biblioteki mają fundamentalne znaczenie dla każdego ekosystemu układów kwantowych, UE uruchomi **centrum projektowania kwantowego** w ramach Wspólnego Przedsięwzięcia na rzecz Czypów. Centrum to będzie działać równolegle z opartą na chmurze platformą projektową dla branży półprzewodników i będzie połączone z pilotażowymi liniami produkcyjnymi układów kwantowych.

Aby ułatwić industrializację kwantową, konieczne będzie również zapewnienie interoperacyjności technicznej i opracowanie nowych norm. W 2026 r. UE opublikuje zatem

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

⁵⁶ Rozporządzenie (UE) 2023/1781: [Europejski akt w sprawie chipów | Kształtowanie cyfrowej przyszłości Europy](#).

⁵⁷ [QU-PILOT](#) i [QU-TEST](#).

europejski plan działania w zakresie norm kwantowych i wraz z państwami członkowskimi będzie wspierać aktywne uczestnictwo zainteresowanych stron z branży w działalności europejskich i międzynarodowych organów normalizacyjnych.

2.3.2 Wzmocnienie i rozbudowa powstającego europejskiego ekosystemu kwantowego

Aby europejski ekosystem kwantowy mógł się naprawdę rozwinąć, zostaną wprowadzone następujące środki.

Po pierwsze, **zostanie utworzona ogólnoeuropejska, scentralizowana sieć ogólnodostępnych platform testowych dla technologii kwantowych**. Technologie kwantowe opierają się na bardzo czułych systemach i laboratoriach⁵⁸, które są technicznie złożone i niezwykle kosztowne. Dlatego też budowa lub utrzymanie takich centrów we własnym zakresie jest niepraktyczne dla większości podmiotów, zwłaszcza MŚP i przedsiębiorstw typu start-up. Aby zwiększyć dostęp do ośrodków badawczych, specjalistycznego sprzętu i możliwości eksperymentowania, istniejące centra pilotażowe w ramach inicjatywy przewodniej w dziedzinie technologii kwantowych są przekształcane w ogólnoeuropejską, scentralizowaną sieć ogólnodostępnych platform testowych. Centra te zapewnią programistom, przedsiębiorstwom typu start-up, MŚP i naukowcom usługi i dostęp do testowania, walidacji i analiz porównawczych ich urządzeń kwantowych⁵⁹. Przyspieszy to przejście od prototypu do rynku i wesprze działania certyfikacyjne, które są niezbędne dla powstania niezawodnych łańcuchów dostaw i zaufania klientów w różnych sektorach.

Po drugie, **rozbudowane zostaną klastry kompetencji kwantowych (QCC)**. Klastry te są już włączone w krajowe i regionalne ekosystemy innowacji w kilku państwach członkowskich. Są to regionalne centra zapewniające wspólną infrastrukturę i usługi, łączące jednocześnie podmioty z sektora badań naukowych i przemysłu. Inicjatywa na rzecz badań i innowacji w dziedzinie technologii kwantowych będzie wspierać rozbudowę i tworzenie sieci tych klastrów, tak aby objąć całą UE, w tym również państwa członkowskie, które nie posiadają jeszcze takich klastrów. QCC będą działać jako rozproszone centra wiedzy specjalistycznej, służąc jako tkanka łącząca ekosystem kwantowy – będą zapewniać połączenie między przedsiębiorstwami typu start-up, naukowcami i partnerami przemysłowymi a infrastrukturą, liniami pilotażowymi i centrami projektowymi w całej Unii. Będą one wspierać współpracę⁶⁰ i spójność we wszystkich strategicznych obszarach kwantowych – od badań naukowych po industrializację, a także rozwój umiejętności. Podobnie jak europejskie centra innowacji cyfrowych (EDIH) QCC będą oferować usługi dostosowane do regionalnych atutów, ale osadzone w ramach współpracy paneuropejskiej i ją wzmacniające.

Po trzecie, **promowane będą mechanizmy ochrony własności intelektualnej**, tak aby przedsiębiorstwa specjalizujące się w technologiach kwantowych mogły z tych mechanizmów korzystać w celu zapewnienia strategicznej kontroli nad kluczowymi innowacjami i zapobiegania odpływowi krytycznych aktywów.

Po czwarte, **przyspieszone zostanie wdrażanie technologii kwantowych w przemyśle**. UE wdroży skoordynowane podejście w celu wspierania głównych użytkowników zarówno w sektorze publicznym, jak i prywatnym. W tym kontekście **kluczowym narzędziem stymulującym wczesne wdrażanie i tworzenie pierwszych możliwości rynkowych będą zamówienia publiczne**. Wspólne przedsięwzięcie EuroHPC już wspiera zakup pierwszych komputerów kwantowych w ramach zamówień publicznych. Ponadto Komisja będzie wspierać programy zamówień publicznych ukierunkowane na innowacje, które umożliwią szpitalom, operatorom infrastruktury, krytycznym służbom publicznym i agencjom rządowym pełnienie

⁵⁸ Platformy te oferują między innymi ultraczyste środowiska, chłodzenie kriogeniczne, systemy próżniowe i precyzyjną elektronikę sterującą itp.

⁵⁹ Zgodnie z przyszłą [europejską strategią w zakresie infrastruktury badawczej i technologicznej](#).

⁶⁰ Zgodnie z odpowiednimi przepisami UE w zakresie ochrony konkurencji, takimi jak wytyczne z 2023 r. w sprawie stosowania art. 101 TFUE do horyzontalnych porozumień kooperacyjnych, w stosownych przypadkach.

roli pierwszych klientów rozwiązań opartych na technologii kwantowej. Wsparcie w tym zakresie zapewnią dostosowane zachęty finansowe i ramy wdrażania dla organów publicznych, które będą gotowe do podjęcia działań jako pierwsze. Dzięki pozycjonowaniu **państw członkowskich jako pierwszych instytucjonalnych nabywców europejskich technologii kwantowych** zostanie wysłany silny sygnał do rynków i inwestorów, co wesprze rozwój ekosystemu i rentowność komercyjną.

Po piąte, **nastąpi powiązanie przedsiębiorstw typu start-up zajmujących się technologiami kwantowymi z europejskimi przedsiębiorstwami**. Będzie to miało zasadnicze znaczenie dla ekspansji rynkowej przedsiębiorstw typu start-up. Komisja, we współpracy z ekosystemem kwantowym⁶¹, ogłosi wyzwania dla poszczególnych sektorów, w szczególności w przemyśle lotniczym, motoryzacyjnym, energetycznym, produkcyjnym, logistycznym i farmaceutycznym, aby zachęcić duże podmioty przemysłowe do podjęcia strategicznego partnerstwa w zakresie wspólnego rozwoju i pełnienia roli głównych użytkowników.

Ponadto rozwijający się ekosystem kwantowy będzie wymagał napływu odpowiednich talentów. Kwestię tę szerzej omówiono w sekcji 2.5 poniżej.

2.3.3 Inwestowanie w przedsiębiorstwa typu start-up i scale-up zajmujące się technologiami kwantowymi

Chociaż finansowanie na etapie przedrozwojowym i rozwojowym jest szeroko dostępne ze źródeł publicznych, Europa przyciąga jedynie 5 % globalnego prywatnego finansowania na rzecz technologii kwantowych, w porównaniu z ponad 50 % finansowania pozyskiwanego przez Stany Zjednoczone. Ta luka w finansowaniu jest szczególnie widoczna na późniejszych etapach rozwoju⁶², co stwarza ryzyko przejęcia unijnych przedsiębiorstw typu start-up przez inwestorów spoza Europy, a tym samym potencjalnej utraty własności intelektualnej, kluczowych technologii, suwerenności technologicznej i talentów.

W związku z tym fundusze inwestycyjne, w tym fundusze prywatne wspierane ze środków publicznych, będą zachęcane do inwestowania znacznych środków kapitałowych w rozwój technologii kwantowych. Obejmuje to wsparcie z Funduszu Europejskiej Rady ds. Innowacji (EIC)⁶³, europejskiej inicjatywy na rzecz liderów technologii grupy Europejskiego Banku Inwestycyjnego (EBI)⁶⁴ lub poprzez gwarancje z tytułu pierwszej straty i dostosowane programy współinwestycji za pośrednictwem InvestEU.

W przyjętej w maju 2025 r.⁶⁵ unijnej strategii na rzecz przedsiębiorstw typu start-up i scale-up ogłoszono utworzenie w ramach Funduszu EIC **Europejskiego Funduszu na rzecz Przedsiębiorstw Scale-up**, którego celem jest mobilizacja znacznych środków prywatnych i dokonywanie bezpośrednich inwestycji kapitałowych w strategicznych sektorach, takich jak technologie kwantowe. Unijna strategia na rzecz przedsiębiorstw typu start-up i scale-up oferuje również dedykowane rozwiązania mające na celu ułatwienie takim innowacyjnym przedsiębiorstwom dostępu do finansowania, zamówień publicznych, rynków, usług i talentów.

⁶¹ Strona główna Europejskiego Konsorcjum Przemysłu Kwantowego – [QuIC](#).

⁶² [Przyszłość europejskiej konkurencyjności – strategia konkurencyjności dla Europy](#).

⁶³ W latach 2021–2024 EIC przeznaczył już około 350 mln EUR na wspieranie rozwoju przedsiębiorstw typu start-up zajmujących się technologiami kwantowymi. Dodatkowe inwestycje EIC w rozwój przedsiębiorstw zajmujących się technologiami kwantowymi w wysokości do 30 mln EUR na przedsiębiorstwo są przygotowywane w następstwie zaproszenia do składania wniosków EIC STEP Scaleup w ramach Platformy na rzecz Technologii Strategicznych dla Europy.

⁶⁴ [Fundusz funduszy w celu wsparcia europejskich liderów w dziedzinie technologii](#).

⁶⁵ https://research-and-innovation.ec.europa.eu/strategy/strategy-research-and-innovation/jobs-and-economy/eu-startup-and-scaleup-strategy_en?prefLang=pl.

Ponadto zgodnie z propozycją zawartą w przeglądzie śródkresowym polityki spójności⁶⁶ organy zarządzające mogłyby skorzystać – przy wsparciu zachęt i elastycznych rozwiązań – z możliwości realokowania środków na inwestycje w takie priorytety, jak cele Platformy na rzecz Technologii Strategicznych dla Europy (STEP). Komisja wzywa państwa członkowskie i regiony, aby podczas przeprogramowywania w ramach przeglądu śródkresowego skupiły się na przełomowych, innowacyjnych przedsiębiorstwach, pomagając tym, które przyczyniają się do rozwoju strategicznych sektorów i łańcuchów wartości w Europie, takich jak technologie kwantowe.

Oprócz tego w kontekście unii oszczędności i inwestycji⁶⁷ Komisja przedstawi środki, które będą miały na celu rozwiązanie problemu fragmentacji jednolitego rynku usług finansowych oraz usunięcie przeszkód w płynnym realizowaniu inwestycji transgranicznych w UE, w tym w kapitał wysokiego ryzyka, który ma zasadnicze znaczenie dla rozwoju technologii kwantowych. UE będzie między innymi stymulować inwestycje kapitałowe dokonywane przez inwestorów instytucjonalnych; uprości zasady dopuszczania do obrotu giełdowego w ramach wdrażania aktu w sprawie dopuszczania do obrotu giełdowego; przedstawi środki wspierające wychodzenie inwestorów z inwestycji w przedsiębiorstwa prywatne; zbada wraz z EBI potencjalne inicjatywy mające na celu przyciągnięcie prywatnych inwestycji do kapitału wysokiego ryzyka i kapitału na rzecz wzrostu oraz usunięcie barier w krajowych procedurach podatkowych⁶⁸.

2.3.4 Wzmocnienie bezpieczeństwa łańcucha dostaw

Dynamiczny ekosystem kwantowy wspierany przez odporne łańcuchy dostaw ma zasadnicze znaczenie dla wzmocnienia bezpieczeństwa gospodarczego Europy. Chociaż wieloletnia otwartość UE na handel, inwestycje i badania naukowe miała i nadal będzie mieć kluczowe znaczenie dla rozwoju europejskiego ekosystemu kwantowego, stwarza ona również pewne wyzwania. Z jednej strony europejskie przedsiębiorstwa i naukowcy zajmujący się technologiami kwantowymi polegają na ciągłych dostawach z zaufanych źródeł i czerpią z nich ogromne korzyści. Z drugiej strony łańcuchy dostaw mogą być narażone na ryzyko wykorzystania jako broń. Dlatego też niezbędne jest zidentyfikowanie i wyeliminowanie krytycznych słabych punktów europejskiego łańcucha dostaw w dziedzinie technologii kwantowych, aby ograniczyć ryzyko wynikające z nadmiernej zależności UE od źródeł spoza Europy. Mapowanie ryzyka i ściśle monitorowanie ewolucji powstającego ekosystemu kwantowego są zatem istotnym elementem europejskiego podejścia do budowania zdrowego, bezpiecznego i konkurencyjnego europejskiego środowiska zaawansowanych technologii kwantowych.

W ramach europejskiej strategii bezpieczeństwa gospodarczego⁶⁹ oraz obserwatorium technologii krytycznych⁷⁰, w ścisłej współpracy z zainteresowanymi stronami i państwami członkowskimi, **Komisja przeprowadza ogólnounijną ocenę ryzyka związanego z technologiami kwantowymi w celu zidentyfikowania słabych punktów łańcucha dostaw**, ze szczególnym uwzględnieniem materiałów, komponentów i kluczowych technologii. Celem tych ocen jest zidentyfikowanie strategicznych zależności, potencjalnych wąskich gardeł i systemowych słabych punktów w łańcuchu dostaw technologii kwantowych, od rzadkich materiałów po precyzyjne komponenty, elektronikę sterującą i stopy oprogramowania. Wyniki tych ocen zostaną wykorzystane do opracowania ukierunkowanych środków łagodzących, w tym dywersyfikacji dostawców, zwiększenia europejskich zdolności produkcyjnych,

⁶⁶ [Zmodernizowana polityka spójności: przegląd śródkresowy, COM\(2025\) 163.](#)

⁶⁷ [Unia oszczędności i inwestycji – Komisja Europejska.](#)

⁶⁸ Z poszanowaniem odpowiednich zasad pomocy państwa, w stosownych przypadkach.

⁶⁹ [JOIN\(2023\) 20 final](#); <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:52023JC0020>. Strategia ta obejmuje również ocenę ryzyka w zakresie bezpieczeństwa technologii i wycieku technologii, w której technologie kwantowe są jednym z czterech obszarów priorytetowych.

⁷⁰ https://defence-industry-space.ec.europa.eu/eu-space/eu-observatory-critical-technologies_en?prefLang=pl.

nawiązania współpracy z krajami dostawcami w ramach inicjatywy Global Gateway oraz mechanizmów podziału ryzyka. Pierwsze wyniki spodziewane są w 2026 r. Ponadto rola technologii kwantowych w zapewnianiu bezpieczeństwa i porządku publicznego w UE znajduje odzwierciedlenie w dyskusjach na temat bieżących i przyszłych inicjatyw dotyczących zarówno inwestycji napływających, jak i inwestycji zagranicznych, a także w kontekście kontroli wywozu.

W oparciu o powyższe ustalenia przyszły **akt kwantowy** będzie dalej wspierać wzmocnienie ekosystemu kwantowego oraz, w szerszym ujęciu, powyższe działania na rzecz industrializacji poprzez zachęcanie państw członkowskich i przedsiębiorstw, inwestorów i naukowców do inwestowania w (pilotażowe) centra produkcyjne, wspierając te działania w ramach szeroko zakrojonych inicjatyw unijnych, krajowych lub regionalnych.

- Ustanowienie sześciu nowych pilotażowych linii produkcyjnych w ramach Wspólnego Przedsięwzięcia na rzecz Czipów w celu przeniesienia technologii z laboratorium na rynek [2025 r.]
- Opublikowanie planu działania na rzecz industrializacji czipów kwantowych [2026 r.]
- Uruchomienie centrum projektowania kwantowego [2026 r.]
- Opublikowanie europejskiego planu działania na rzecz norm kwantowych [2026 r.]
- Rozbudowa sieci klastrów kompetencji kwantowych [2026 r.]
- Przeprowadzenie i zakończenie ogólnounijnej oceny słabych punktów łańcucha dostaw [2025–2026]

2.4 Obszar 4: Technologie kwantowe w przestrzeni kosmicznej i o podwójnym zastosowaniu (bezpieczeństwo i obronność)

Technologie kwantowe mają potencjał podwójnego zastosowania. Są one zatem niezbędne dla zwiększenia zarówno konkurencyjności Europy, jak i jej autonomii strategicznej w dziedzinie przestrzeni kosmicznej, bezpieczeństwa i obronności. Ostatnie postępy w dziedzinie technologii kwantowych zapowiadają ogromne korzyści dla obronności i bezpieczeństwa, w tym ultrabezpieczną komunikację, ulepszone systemy wykrywania na polu walki i zoptymalizowaną logistykę. Mogą one jednak również stwarzać zagrożenia, jeśli przeciwnicy uzyskają przewagę technologiczną. Aby w pełni wykorzystać potencjał technologii kwantowych przy jednoczesnym ograniczeniu tych zagrożeń, niezbędne będą proaktywne środki polityczne i nadzorcze, a także ścisła koordynacja z kluczowymi partnerami, takimi jak Europejska Agencja Obrony.

Technologie kwantowe w przestrzeni kosmicznej

Technologie kwantowe oferują strategicznie istotne możliwości dla europejskich misji kosmicznych. Bezpieczne technologie komunikacji kwantowej są już włączone do kluczowych inicjatyw UE w dziedzinie przestrzeni kosmicznej, w tym do EuroQCI/IRIS² i misji pionierskiej dotyczącej kwantowego grawimetru kosmicznego. Działania UE w dziedzinie przestrzeni kosmicznej obejmują również rozwój kwantowych systemów nawigacji inercyjnej, w tym prototypów opartych na kwantowych czujnikach optycznych w ramach programu Galileo, służących do autonomicznego pozycjonowania w środowiskach, w których globalne systemy nawigacji (GNSS) zostały celowo wyłączone lub zafałszowane. Prototypy te mają zostać przetestowane na pokładzie satelitów Galileo w najbliższych latach w celu oceny ich potencjału do wdrożenia operacyjnego. Równolegle ocenia się także zegary kwantowe do przyszłych modernizacji systemu Galileo. Oczekuje się również, że obliczenia kwantowe usprawnią inżynierię kosmiczną dzięki zaawansowanym możliwościom obliczeniowym, w tym w zakresie pogłębiania ludzkiej wiedzy o wszechświecie. Wiele zastosowań kwantowych w przestrzeni kosmicznej ma również ogromny potencjał do wykorzystania w celach wojskowych i wywiadowczych.

Technologie kwantowe mogą przynieść znaczący postęp w zakresie stabilności synchronizacji czasu, precyzji i odporności, wzmacniając autonomię strategiczną Europy w dziedzinie nawigacji satelitarnej. Aby dalej badać potencjał kwantowy w przestrzeni kosmicznej, Komisja rozszerzy obecne ramy współpracy z Europejską Agencją Kosmiczną (ESA) w celu wspólnego opracowania **planu działania w zakresie technologii kwantowych w przestrzeni kosmicznej** oraz zapewnienia komplementarności i synchronizacji działań w obszarze technologii kwantowych związanych z przestrzenią kosmiczną.

Technologie kwantowe na rzecz bezpieczeństwa i obrony

Podwójne zastosowanie technologii kwantowych oznacza, że przełomowe osiągnięcia w tej dziedzinie mogą również przynieść znaczące korzyści dla strategicznych zastosowań w zakresie bezpieczeństwa i obrony. Na przykład obliczenia kwantowe mogą radykalnie zmienić strategię obronne, umożliwiając szybsze podejmowanie decyzji i pomagając w rozwiązywaniu złożonych wyzwań operacyjnych i logistycznych. Mogą one również pomóc w projektowaniu nowych materiałów klasy wojskowej lub ochronie informacji wrażliwych przed cyberzagrożeniami.

Obliczenia kwantowe mają szansę zmienić kluczowe zastosowania w dziedzinie bezpieczeństwa i obronności, takie jak symulacje przepływów płynów w ekstremalnych temperaturach, dynamika spalania czy odkrywanie materiałów odpornych na wysoką temperaturę. Technologie kwantowego wykrywania oferują kluczowe możliwości dla obronności, w tym bardzo dokładną grawimetrię, magnetometrię i nawigację inercyjną. Czujniki te umożliwiają wykrywanie podziemnych konstrukcji, śledzenie okrętów podwodnych i zaawansowane wykrywanie zagrożeń. Jednocześnie komunikacja kwantowa, w szczególności kwantowa dystrybucja kluczy, zapewnia ultrabezpieczną wymianę informacji w sieciach naziemnych i satelitarnych, chroniąc dane wojskowe i wywiadowcze przed szpiegostwem lub przyszłymi cyberzagrożeniami wykorzystującymi technologie kwantowe. Technologie wykrywania i komunikacji są zatem kluczowymi czynnikami umożliwiającymi autonomię strategiczną Europy i jej przewagę operacyjną w kontekście obronności i bezpieczeństwa.

Globalni gracze, tacy jak Stany Zjednoczone⁷¹ i Chiny, intensywnie inwestują w kosmiczne i wojskowe zastosowania technologii kwantowych, w tym nawigację niezależną od globalnego systemu nawigacji satelitarnej (GNSS), bezpieczną komunikację satelitarną i naziemną, LIDAR kwantowy⁷² i radary wzmacnione kwantowo. Technologie kwantowe zaczęły również wywierać wpływ na szersze sojusze i ramy współpracy⁷³.

W UE kilka państw członkowskich⁷⁴ uwzględniło już w swoich programach obronnych inwestycje w opracowywanie technologii kwantowych gotowych do zastosowania w obronności, takich jak czujniki zimnych atomów, czujniki diamentowe lub komputery kwantowe, i bada możliwości ich wykorzystania, np. w zaawansowanej synchronizacji czasu, pozycjonowaniu bez użycia GNSS i kartografii dna morskiego.

⁷¹ Inicjatywa na rzecz analizy porównawczej technologii kwantowych: <https://www.darpa.mil/research/programs/quantum-benchmarking-initiative>.

⁷² Kwantowy LIDAR to system wykrywania i pomiaru odległości za pomocą światła, który wykorzystuje właściwości kwantowe, takie jak splątanie, w celu zwiększenia czułości i dokładności wykrywania celów oraz szacowania odległości poza klasycznymi granicami.

⁷³ Na przykład [BRICS i obliczenia kwantowe](#).

⁷⁴ Na przykład Francja (program PROQCIMA dotyczący czujników kwantowych dla obronności – <https://quantique.france2030.gouv.fr/acces-aux-marches/programme-proqcima>), Niemcy (komunikacja kwantowa i wykrywanie kwantowe w ramach BMBF), Włochy (czujniki zimnych atomów do nawigacji bez GNSS), Austria (zegary kwantowe i czujniki inercyjne), Finlandia (przenośne systemy wykrywania kwantowego do zastosowań obronnych).

Aby wzmocnić możliwości inwestycyjne w technologie podwójnego zastosowania i technologie krytyczne dla obronności w ramach programów UE, Komisja przedstawiła niedawno wniosek⁷⁵ zmieniający zakres odpowiednich obowiązujących instrumentów. Komisja wprowadziła również środki mające na celu wykorzystanie technologii o potencjale podwójnego zastosowania, w tym technologii kwantowych, do celów obronności, na przykład poprzez działania w ramach Europejskiego Funduszu Obronnego i działającego przy tym funduszu unijnego systemu innowacji w dziedzinie obronności (EUDIS).

Podstawowym założeniem wszystkich tych działań jest zapewnienie, aby rozwój technologii kwantowych pozostał dostępny, bezpieczny i wolny od przepisów wywozowych państw trzecich, przy jednoczesnym dostosowaniu do europejskich celów w zakresie obronności i bezpieczeństwa.

UE i NATO uznają również technologie kwantowe za kluczowe czynniki umożliwiające realizację misji w zakresie wywiadu, nadzoru, nawigacji i bezpiecznej infrastruktury. W 2024 r. NATO powołało Transatlantycką Wspólnotę Kwantową, której celem jest stworzenie „sojuszu gotowego na kwantową rewolucję”. Komisja i NATO angażują się w działania na rzecz technologii kwantowych w ramach zorganizowanego dialogu UE–NATO na temat nowych i przełomowych technologii.

W europejskiej strategii na rzecz bezpieczeństwa wewnętrznego ProtectEU oraz w Europejskim Funduszu Obronnym technologie kwantowe uznano za kluczowy obszar dla zapewnienia długoterminowego bezpieczeństwa UE i jej przewagi technologicznej. Technologie kwantowe wymieniono również w białej księdze w sprawie obronności europejskiej – Gotowość 2030 jako posiadające potencjał, by podważyć i przekształcić tradycyjne metody prowadzenia działań wojennych. W białej księdze ogłoszono, że Komisja wniesie do europejskiego planu działania w zakresie technologii uzbrojenia odpowiedni wkład w postaci osiągnięć, inicjatyw i programów w zakresie technologii w kwantowych. Przyspieszy to transformację sektora obronności z wykorzystaniem inwestycji w zaawansowane technologie podwójnego zastosowania na szczeblu unijnym, krajowym i prywatnym.

Aby pokierować tymi działaniami, **Komisja opracuje do 2026 r. specjalny plan działania w zakresie technologii kwantowych do wykrywania, wykorzystywanych w przestrzeni kosmicznej i obronności**, dostosowując priorytety w sektorach cywilnym, bezpieczeństwa i obronności. Pomoże to skoordynować inwestycje w czujniki kwantowe nowej generacji, w tym do grawimetrii, nawigacji i zaawansowanego wykrywania zagrożeń.

Równolegle, począwszy od 2026 r., UE uruchomi inicjatywy typu spin-in w celu przyspieszenia wdrażania cywilnych innowacji kwantowych w zastosowaniach związanych z bezpieczeństwem i obronnością. Inicjatywy te połączą najnowocześniejsze przedsiębiorstwa i grupy badawcze z podmiotami z sektora obronności, pomagając skrócić cykle rozwoju i wzmocnić przewagę technologiczną Europy w zakresie **zdolności o potencjale podwójnego zastosowania**.

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">• Podpisanie umowy o współpracy z ESA w celu opracowania planu działania w zakresie technologii kwantowych w przestrzeni kosmicznej [II kwartał 2025 r.]• Opracowanie planu działania w zakresie technologii do wykrywania, wykorzystywanych w przestrzeni kosmicznej i obronności [2026 r.]• Wkład w europejski plan działania w zakresie technologii uzbrojenia [IV kwartał 2025 r.] |
|--|

⁷⁵ [COM\(2025\) 188 z 22.4.2025](#): wniosek dotyczący rozporządzenia zmieniającego rozporządzenia (UE) 2021/694, (UE) 2021/695, (UE) 2021/697, (UE) 2021/1153, (UE) 2023/1525 i 2024/795 w odniesieniu do tworzenia zachęt do inwestycji związanych z obronnością w budżecie UE w celu wdrożenia planu „ReArm Europe”.

- Uruchomienie inicjatyw typu spin-in w celu włączenia przedsiębiorstw cywilnych i środowisk akademickich w działania na rzecz zastosowań obronnych [od 2026 r.]

2.5 Obszar 5: Umiejętności kwantowe

Europa stworzyła silną bazę akademickich talentów w dziedzinie technologii kwantowych. Unia Europejska ma największą liczbę absolwentów kierunków związanych z technologiami kwantowymi w stosunku do liczby ludności na świecie – co roku ponad 110 000 absolwentów⁷⁶ kończy studia w dziedzinie fizyki, technologii informacyjno-komunikacyjnych, inżynierii i kierunków pokrewnych. Zgodnie ze strategicznym programem badań i przemysłu na lata do 2030 r.⁷⁷ w ramach inicjatywy przewodniej w dziedzinie technologii kwantowych w Europie prowadzonych jest ponad 40 specjalistycznych programów studiów magisterskich w zakresie technologii kwantowych i inżynierii kwantowej. Jest to jednak nadal niewystarczające, aby zaspokoić prognozowane zapotrzebowanie unijnych przedsiębiorstw typu start-up i przemysłu, które borykają się z poważnym niedoborem specjalistów posiadających odpowiednie umiejętności praktyczne. Niedobory są najbardziej dotkliwe w dziedzinach stosowanych⁷⁸, takich jak inżynieria oprogramowania kwantowego, integracja systemów i kwantowe cyberbezpieczeństwo, co spowalnia komercjalizację przedsiębiorstw typu start-up i scale-up zlokalizowanych w UE.

W ramach unii umiejętności⁷⁹ Komisja podejmuje szereg inicjatyw mających na celu zaradzenie niedoborom umiejętności, w tym związanych z technologiami kwantowymi. W 2026 r. Komisja utworzy wirtualną *europeską akademię umiejętności kwantowych*, która będzie służyć jako pojedynczy, centralny punkt kontaktowy, zapewniający wgląd w dostępne szkolenia w zakresie technologii kwantowych i możliwości ich praktycznego zastosowania na wszystkich poziomach edukacji. W ramach tej inicjatywy Komisja będzie wspierać współpracę między środowiskiem akademickim, instytucjami szkoleniowymi, środowiskiem badawczym i partnerami przemysłowymi w celu opracowania i realizacji programów edukacyjnych oraz samodzielnych modułów szkoleniowych opartych na podejściu interdyscyplinarnym. Programy będą obejmowały wspólne programy nauczania na poziomie ISCED 7 (magisterskim lub równoważnym) lub 8 (doktoranckim lub równoważnym) prowadzące do uzyskania dyplomu, w ramach europejskiego systemu transferu i akumulacji punktów (ECTS). Promocja takich programów będzie odbywać się na wirtualnych targach studiów i w ramach programów stypendialnych.

Ponadto, aby wspierać umiejętności zorientowane na przyszłość, Komisja ułatwi opracowywanie innowacyjnych wspólnych europejskich programów studiów, w tym w sektorach strategicznych i kluczowych dziedzinach technologicznych, takich jak technologie kwantowe, potencjalnie poprzez europejski dyplom/znak oparty na wspólnie uzgodnionych kryteriach.

Zgodnie z celem przyciągania i zatrzymywania globalnych talentów w ramach unii umiejętności akademia będzie również wspierać programy stypendialne w dziedzinie technologii kwantowych, które umożliwią wysoko wykwalifikowanym doktorantom z UE i spoza UE, a także młodym specjalistom mieszkającym poza UE, podjęcie pracy w UE.

Aby zintensyfikować i upowszechnić swoje działania, akademia opracuje praktyki w zakresie komunikacji i podnoszenia świadomości. Obejmą one między innymi specjalną stronę internetową pełniącą rolę **portalu talentów w dziedzinie technologii kwantowych**,

⁷⁶ [Globalne porównanie edukacji w dziedzinie STEM | SpringerLink.](#)

⁷⁷ Strategiczny program badań naukowych i przemysłu na rok 2030 (inicjatywa przewodnia w dziedzinie technologii kwantowych): <https://qt.eu/media/pdf/Strategic-Research-and-Industry-Agenda-2030.pdf>.

⁷⁸ [IQM-State-of-Quantum-2025.pdf](#), RAND Europe: Przyszła siła robocza w dziedzinie kwantowej potrzebuje nie tylko fizyków.

⁷⁹ [COM\(2025\) 90 final.](#)

zintegrowaną z platformą na rzecz umiejętności cyfrowych i zatrudnienia, moduły szkolenia samych nauczycieli dla nauczycieli szkół wyższych i średnich w celu osiągnięcia umiejętności kwantowych na wczesnym etapie edukacji oraz wymianę najlepszych praktyk między państwami członkowskimi i kwalifikującymi się państwami trzecimi.

Działania komunikacyjne wirtualnej akademii będą miały na celu zwiększenie świadomości społecznej, a także poprawę zrozumienia społecznego, zaufania i świadomego zaangażowania w politykę w dziedzinie technologii kwantowych. Co ważne, działania komunikacyjne i uświadamiające społeczeństwo przyczynią się również do zwiększenia różnorodności i zmniejszenia znacznych różnic między kobietami a mężczyznami, które nadal występują wśród pracowników sektora technologii kwantowych w Europie⁸⁰.

Wirtualna akademii stanowi pierwszy ważny krok, jednak w perspektywie długoterminowej planuje się utworzenie wielu połączonych w sieć akademii rozmieszczonych na terenie całej UE, powiązanych z klastrami kompetencji w dziedzinie technologii kwantowych oraz centrami kompetencji w dziedzinie półprzewodników, aby zwiększyć ich skuteczność.

Ponadto w ramach programu „Cyfrowa Europa”⁸¹ Komisja będzie wspierać projekt pilotażowy dotyczący **programu przygotowania zawodowego w dziedzinie technologii kwantowych**, aby przygotować kadrę specjalistów przeszkolonych w zakresie rzeczywistych projektów i gotowych do (ponownego) wejścia na unijny rynek pracy, a także wprowadzić programy „powrotu” dla specjalistów. Ponadto, aby kształtować kolejne pozytywne powiązania między środowiskiem akademickim a przemysłem, od 2026 r. Komisja opracuje **europejskie konkursy w dziedzinie zaawansowanych umiejętności cyfrowych**, za pośrednictwem których młodzi ludzie będą mogli uczestniczyć we współtworzeniu rozwiązań opartych na technologiach kwantowych w celu rozwiązywania kluczowych wyzwań dla społeczeństwa i przemysłu oraz które przyczynią się do rozwoju kreatywności i innowacyjnego myślenia.

Wraz z szybkim rozwojem technologii zmieniają się wymagania dotyczące umiejętności zawodowych związanych z technologiami kwantowymi, dlatego też niezbędne jest ciągłe monitorowanie dostawców usług kształcenia i szkolenia oraz potrzeb branży i wymagań rynku pracy. W ramach unii umiejętności europejskie obserwatorium gromadzące informacje na temat umiejętności będzie monitorować aktualne zmiany w zakresie potrzeb w obszarze umiejętności w strategicznych sektorach w Europie.

W 2025 r. Europejska Rada ds. Innowacji uruchomi również program pilotażowy dla **naukowców-rezydentów w przedsiębiorstwach typu start-upa zajmujących się technologiami kwantowymi**. Działanie to ułatwi ukierunkowane zatrudnianie naukowców zgodnie z konkretnymi potrzebami przedsiębiorstw o wysokim wzroście, dzięki specjalnej platformie łączącej naukowców z innowacyjnymi przedsiębiorstwami typu start-up i scale-up.

Ponadto Komisja wdroży **europejski program mobilności talentów w dziedzinie technologii kwantowych**, aby zwiększyć międzynarodową mobilność pracowników i rozwój umiejętności między UE, państwami członkowskimi i krajami partnerskimi, co obejmuje stypendia dla doktorantów spoza UE i młodych profesjonalistów w dziedzinie technologii kwantowych, przy jednoczesnym zatrzymaniu i wspieraniu obecnej siły roboczej w celu uniknięcia drenażu mózgów. Aby przyciągnąć, rozwijać i zatrzymać doskonałych międzynarodowych naukowców zajmujących się technologiami kwantowymi, Komisja uruchomi również pilotażowy program w ramach działania „Maria Skłodowska-Curie” pt. „**MSCA Wybierz Europę**”, który obejmie między innymi naukowców zajmujących się technologiami kwantowymi.

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">• Ustanowienie europejskiej akademii umiejętności kwantowych [2026 r.] |
|--|

⁸⁰ W szkolnictwie wyższym i zawodach związanych z naukami ścisłymi występuje znaczna nierównowaga płci. Zobacz [raport z danymi liczbowymi dotyczącymi kobiet She Figures z 2024 r.](#)

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

- Ogłoszenie europejskich konkursów na zaawansowane umiejętności cyfrowe w dziedzinie technologii kwantowych [od 2026 r.]
- Uruchomienie programu pilotażowego naukowców-rezydentów w przedsiębiorstwach typu start-up zajmujących się technologiami kwantowymi [2025 r.]
- Uruchomienie europejskiego programu mobilności talentów w dziedzinie technologii kwantowych [od 2026 r.]

3 Strategiczne ramy wdrażania europejskiej strategii kwantowej

3.1 Główne elementy wdrażania europejskiej strategii kwantowej

Dziedzina technologii kwantowych w Europie wykazuje wyjątkowe cechy: technologie kwantowe są wciąż w fazie rozwoju, a wiele ich podstawowych elementów – zarówno sprzętowych, jak i programowych – znajduje się na wczesnym etapie dojrzałości. Dalszy rozwój tych technologii w ramach tradycyjnej, linearnej ścieżki od badań podstawowych do wprowadzenia na rynek zająłby od 10 do 15 lat. Aby przyspieszyć ten proces, wprowadzona zostanie następująca **dostosowana do potrzeb logika wdrażania technologii**, ściśle łącząca badania naukowe, innowacje, infrastrukturę i wczesne tworzenie rynku w sposób ciągły.

Podejście oparte na cyklu życia ma szczególne znaczenie w europejskim ekosystemie, ponieważ we wszystkich dziedzinach nauk kwantowych nadal istnieją poważne przeszkody⁸² naukowe i inżynieryjne, które należy pokonać i przełożyć na konkretne technologie. Europa musi nie tylko rozwiązać te problemy, ale także szybko przekształcić powstałe rozwiązania w gotowe do wprowadzenia na rynek zastosowania, zanim globalni konkurenci osiągną strategiczną dominację.

Aby pokonać przeszkody naukowe i inżynieryjne, inicjatywa na rzecz badań i innowacji w ramach europejskiej strategii kwantowej (opisana w sekcji 2.1 powyżej) będzie wspierać:

- **ukierunkowane działania w dziedzinie nauki i technologii (N+T)** skupiające się na rozwiązaniu obecnych kluczowych wyzwań w obszarze N+T, które ograniczają postęp we wszystkich dziedzinach kwantowych. Działania te zostaną podjęte głównie poprzez odgórne zaproszenia do składania wniosków w obszarze N+T, uzupełniające zwykłe oddolne zaproszenia do składania wniosków w obszarze N+T;
- **działania badawcze i innowacyjne o charakterze przełomowym dla rynku oraz ukierunkowane działania na rzecz dojrzewiania konkretnych technologii kwantowych i technologii wspomagających**. Celem tych działań jest zmniejszenie ryzyka związanego z innowacjami kwantowymi i przyspieszenie transferu najważniejszych odkryć badawczych do przemysłu.

Ponadto w celu wzmocnienia powyższych działań zastosowane zostanie następujące podejście:

Mechanizm wielkich wyzwań

Wielkie wyzwania kwantowe będą służyć jako strategiczne instrumenty służące rozwiązywaniu dobrze zdefiniowanych problemów technologii kwantowych o dużym znaczeniu. Wielkie wyzwania mają na celu zgromadzenie naukowców, użytkowników przemysłowych, producentów, integratorów oraz podmiotów z dziedziny technologii

⁸² Do przykładów takich przeszkód w dziedzinie obliczeń kwantowych należą: skalowalne schematy korekcji błędów kwantowych, połączenia kwantowe dla architektur modułowych oraz elektronika sterująca w niskich temperaturach; w komunikacji kwantowej: długodystansowe wzmacniacze kwantowe, dystrybucja splątania niezależna od urządzeń oraz bezpieczne sieci bez zaufanych węzłów; oraz w wykrywaniu kwantowym: zminiaturyzowane, przenośne grawimetry, systemy Q-MRI o wysokiej rozdzielczości oraz czujniki inercyjne do nawigacji niezależnej od GNSS.

kwantowych i technologii wspomagających w ramach skoordynowanych działań o ambicjach i strukturze podobnych do poprzednich inicjatyw ukierunkowanych na realizację misji.

Skupią się one na poszczególnych przedsiębiorstwach typu start-up/scale-up, aby wesprzeć je w realizacji przełomowego planu działania w zakresie technologii poprzez konkurencyjny i oparty na współpracy proces rozwoju. Wielkie wyzwanie połączy ich z czołowymi użytkownikami przemysłowymi i naukowcami w celu wspólnego opracowania kluczowych, skalowalnych rozwiązań kwantowych. Udział czołowych użytkowników przemysłowych ma zasadnicze znaczenie dla przedsiębiorstw typu start-up, aby mogły one spełnić wymagania przemysłowe i zweryfikować swoje technologie w środowisku przemysłowym. W stosownych przypadkach podmioty sektora obronnego, w tym ministerstwa obrony i przedsiębiorstwa z branży obronności, mogą uczestniczyć w określonych wielkich wyzwaniach jako użytkownicy końcowi.

Przedsiębiorstwa typu start-up/scale-up wybrane do udziału w wielkim wyzwaniu będą korzystać z połączonego zestawu instrumentów (dotacji, kapitału własnego, pożyczek lub innych instrumentów finansowania mieszanego). Od samego początku zaangażowane będą zarówno publiczne, jak i prywatne podmioty finansowe, aby zapewnić zgodność ze strategicznymi celami inwestycyjnymi i zmaksymalizować wpływ.

W latach 2025–2027 Komisja wraz z Europejskim Bankiem Inwestycyjnym i państwami członkowskimi przeprowadzi co najmniej dwa takie wielkie wyzwania. Pierwsze z nich będzie dotyczyło odpornych na awarie kwantowych systemów obliczeniowych zdolnych do rozwiązywania złożonych problemów przemysłowych; drugie będzie dotyczyło kwantowych systemów pozycjonowania, nawigacji i synchronizacji czasu (PNT) przeznaczonych dla środowisk, w których nie działają globalne systemy nawigacji satelitarnej. W zależności od dostępnych środków finansowych mogą zostać podjęte kolejne wielkie wyzwania, na przykład w zakresie obrazowania medycznego wspomaganego technologią kwantową (Q-MRI) w celu wsparcia wczesnej diagnostyki chorób oraz medycyny spersonalizowanej.

Podejście oparte na cyklu życia technologii

Wszystkie powyższe działania będą wspierane przez **podejście oparte na cyklu życia technologii, które integruje pięć strategicznych obszarów europejskiej strategii kwantowej** w skoordynowany i iteracyjny proces rozwoju, umożliwiający ciągłe powtarzanie etapów odkrywania, opracowywania, testowania i wdrażania.

Kluczowe znaczenie dla tego modelu mają europejskie publiczne infrastruktury kwantowe i linie pilotażowe przedstawione w sekcji 2.2 powyżej. Centra te pełnią rolę pomostu między badaniami a industrializacją. Ich budowa, utrzymanie i skalowanie zapewniają niezbędne podstawy materialne i organizacyjne do dalszego wzmacniania i rozwijania całego ekosystemu kwantowego. Mogą one pomóc w przekształceniu badań w praktyczne zastosowania poprzez zapewnienie platform testowych, centrów i sieci niezbędnych do testowania, walidacji i skalowania przełomowych osiągnięć badawczych. Są one również doskonałym miejscem do przyciągania talentów oraz opracowywania praktycznych zastosowań i przypadków użycia. Pomagają także przedsiębiorstwom typu start-up i MŚP z branży technologii kwantowych uzyskać dostęp do najnowszych platform technologicznych i laboratoriów, gdzie mogą dalej rozwijać swoje prototypy i przygotować je do wdrożenia na skalę przemysłową. Rolę katalizatora tego pozytywnego podejścia opartego na cyklu będzie ponadto pełnić zrzeszona sieć klastrów kompetencji kwantowych, łącząc organizacje badawcze, przedsiębiorstwa typu start-up i scale-up, duże przedsiębiorstwa i dostawców infrastruktury i tworząc w ten sposób pomosty między podmiotami naukowymi i przemysłowymi.

Aby zapewnić, by podejście oparte na cyklu życia było zarówno solidne, jak i dostosowane do celu, zostaną ustalone kluczowe wskaźniki efektywności (KPI), śledzenie kamieni milowych oraz analizy porównawcze w odniesieniu do istniejących technologii.

Ten zintegrowany model pozwoli ponadto na dostosowanie strategii UE i państw członkowskich poprzez skoncentrowanie inwestycji na wspólnych celach i stworzenie skoordynowanych mechanizmów informacji zwrotnej. Dzięki temu będzie można uniknąć powielania działań, osiągnąć masę krytyczną oraz zwiększyć globalny wpływ Europy na kształtowanie rozwoju i wdrażania technologii kwantowych.

4 Współpraca międzynarodowa

W kontekście rosnącej niepewności geopolitycznej i jej bezpośredniego wpływu na globalny krajobraz inwestycji i handlu Europa musi chronić swoje interesy, zachowując jednocześnie otwartość i aktywnie współpracując z zaufanymi partnerami. Koncepcja ta znajduje odzwierciedlenie w szeregu ostatnich strategii UE, w tym w międzynarodowej strategii cyfrowej i strategii bezpieczeństwa gospodarczego.

Do priorytetowych partnerów należą kraje o zbieżnych poglądach, w szczególności te, z którymi UE już koordynuje działania w zakresie polityki technologicznej i handlowej w ramach np. umów o wolnym handlu, rad ds. handlu i technologii⁸³ lub partnerstw cyfrowych⁸⁴. Komisja planuje rozszerzyć tę współpracę o inicjatywy obejmujące wspólne programy badawcze, skoordynowane zaproszenia do składania wniosków, wymianę wiedzy specjalistycznej, wzajemny dostęp do infrastruktury, ujednolicone ramy dotyczące własności intelektualnej oraz przygotowanie globalnych norm w zakresie technologii kwantowych. Będzie również łączyć siły w obszarze konkretnych zastosowań kwantowych w politykach sektorowych, na przykład w celu opracowania nowych materiałów. W tym kontekście UE rozpoczęła już realizację wspólnych projektów badawczych i innowacyjnych w dziedzinie technologii kwantowych z Japonią, Republiką Korei i Kanadą.

UE będzie również współpracować z szybko rozwijającymi się ekosystemami kwantowymi, które stanowią szansę gospodarczą dla przedsiębiorstw unijnych, zwiększając konkurencyjność unijnego przemysłu kwantowego na poziomie globalnym oraz umożliwiają europejskim przedsiębiorstwom zajmującym się technologiami kwantowymi dywersyfikację partnerstw i zmniejszenie zależności. Podejście to będzie wytyczać kierunki dwustronnych i wielostronnych partnerstw opartych na wspólnych wartościach, wzajemnym zaufaniu oraz komplementarności zdolności i rynków, przy jednoczesnym zapewnieniu odpowiedniego poziomu ochrony interesów UE w obszarach strategicznych.

Ponadto UE wzmocni swoją obecność w dziedzinie technologii kwantowych na międzynarodowych forach normalizacyjnych, w dialogach handlowych i wielostronnych sojuszach dotyczących technologii kwantowych⁸⁵.

We wszystkich powyższych działaniach Komisja będzie ściśle współpracować z państwami członkowskimi w celu ustanowienia spójnych europejskich ram współpracy międzynarodowej w dziedzinie technologii kwantowych, które to ramy określą priorytetowe kraje i obszary ukierunkowanej współpracy. Będzie również wspierać wspólne inicjatywy dyplomatyczne i opracowywanie spójnych europejskich stanowisk w sprawie technologii kwantowych, zapewniając wzmocnienie głosu Europy w kształtowaniu globalnego zarządzania i etyki w zakresie innowacji kwantowych.

- Rozszerzenie i uruchomienie nowych dwustronnych i wielostronnych inicjatyw współpracy z krajami o zbieżnych poglądach [od 2025 r.]

⁸³ Ze Stanami Zjednoczonymi i Indiami.

⁸⁴ Z Kanadą, Japonią, Singapurem i Koreą Południową.

⁸⁵ Na szczycie G7 w czerwcu 2025 r. przywódcy uznali transformacyjny potencjał technologii kwantowych i zobowiązali się do zwiększenia inwestycji, wspierania zaufanej współpracy globalnej oraz wzmocnienia powiązań między krajowymi instytutami pomiarowymi poprzez wspólną grupę roboczą G7. Zob.: [Wspólna wizja przyszłości technologii kwantowych z Kananaskis](#).

- Współpraca z państwami członkowskimi nad europejskimi ramami współpracy międzynarodowej w dziedzinie technologii kwantowych [od 2025 r.]

5 Zarządzanie

Silne i sprzyjające integracji zarządzanie na szczeblu UE ma zasadnicze znaczenie dla kierowania, koordynowania i monitorowania realizacji europejskiej strategii kwantowej, wspierając udział całej Unii, zarówno pod względem zaangażowania wszystkich państw członkowskich i przedstawicieli wszystkich rodzajów zainteresowanych stron w dziedzinie technologii kwantowych, jak i zapewnienia równowagi płci.

Po pierwsze, **rada doradcza wysokiego szczebla**, skupiająca czołowych europejskich naukowców i ekspertów w dziedzinie technologii kwantowych, będzie udzielać niezależnych wskazówek strategicznych dotyczących wdrażania europejskiej strategii kwantowej.

Po drugie, **ustrukturyzowane ramy współpracy z państwami członkowskimi** pomogą zapewnić spójne wdrażanie programów na szczeblu UE i krajowym, koordynować coroczne postępy w pięciu obszarach strategicznych oraz monitorować zmiany w zakresie bezpieczeństwa i odporności łańcuchów dostaw technologii kwantowych oraz ich kluczowych komponentów. **Specjalna grupa ekspertów** skupiająca przedstawicieli wszystkich państw członkowskich⁸⁶ już aktywnie działa i po zmianie rozporządzenia w sprawie Wspólnego Przedsięwzięcia EuroHPC będzie ściśle zaangażowana w przyszłe prace Rady Zarządzającej tego wspólnego przedsięwzięcia.

Co więcej, Komisja będzie kontynuować ścisłą współpracę z całą europejską społecznością zajmującą się technologiami kwantowymi, w tym środowiskiem akademickim, start-upami, partnerami przemysłowymi oraz zainteresowanymi stronami z sektora innowacji i ich przedstawicielami.

6 Wnioski

Technologie kwantowe znajdują się w punkcie zwrotnym. UE stała się światowym liderem w dziedzinie badań kwantowych i położyła podwaliny pod konkurencyjną bazę przemysłową. Globalny wyścig o wykorzystanie technologii kwantowych nabiera jednak tempa. Czołowe kraje zwiększają inwestycje publiczne, koordynują strategie krajowe i konsolidują kanały transferu technologii z fazy badań do przemysłu, aby osiągnąć suwerenność technologiczną i przewagę gospodarczą. Potencjał podwójnego zastosowania technologii kwantowych może również zwiększyć bezpieczeństwo i zdolności obronne tych krajów. Jednocześnie inwestycje prywatne stają się kluczowym czynnikiem decydującym o sukcesie lub porażce. Jeśli Europa chce pozostać konkurencyjna, kształtować wartości leżące u podstaw innowacji kwantowych oraz w pełni czerpać korzyści w zakresie gospodarki, bezpieczeństwa i innych dziedzin wynikające z własnej przewagi intelektualnej, musi działać szybko, zdecydowanie i jednomyślnie.

To moment, w którym Europa musi przejąć inicjatywę. Niniejsza strategia nie jest celem samym w sobie, ale ewoluującymi ramami – dynamicznym planem działania – dla kwantowej przyszłości Europy. Wymaga ona wspólnego zaangażowania UE, państw członkowskich, przemysłu, środowisk akademickich i ogółu społeczeństwa obywatelskiego. Jeśli strategia ta odniesie sukces, technologie kwantowe będą motorem kolejnej rewolucji technologicznej i podstawą konkurencyjności UE, a Europa znajdzie się w czołówce, kształtując ten sektor na własnych warunkach.

⁸⁶ [Europejska grupa koordynacyjna ds. technologii kwantowych złożona z przedstawicieli państw członkowskich.](#)

DODATEK

Podsumowanie działań w ramach europejskiej strategii kwantowej

Obszar 1: Inicjatywa na rzecz badań i innowacji technologii kwantowych
• Zmiana rozporządzenia w sprawie Wspólnego Przedsięwzięcia EuroHPC w celu rozszerzenia jego kompetencji na wszystkie technologie kwantowe oraz, w pierwszej kolejności, przeniesienie obecnych działań w zakresie badań naukowych i innowacji w ramach programu „Horyzont Europa” do tego wspólnego przedsięwzięcia [III kwartał 2025 r.] • Przedstawienie wniosku dotyczącego aktu kwantowego [2026 r.] • Pilotażowe dwa wielkie wyzwania kwantowe (odporne na awarie obliczenia kwantowe i kwantowe systemy PNT) [2025–2027]
Obszar 2: Infrastruktura kwantowa w Europie
• Opublikowanie planu działania UE w zakresie obliczeń i symulacji kwantowych [2026 r.] • Zwiększenie liczby i zdolności kwantowych systemów obliczeniowych opartych na EuroHPC [od 2026 r.] • Ustanowienie ram monitorowania obliczeń kwantowych [2026 r.] • Wdrożenie pierwszej połączonej unijnej eksperymentalnej sieci kwantowej komunikacji naziemnej i kosmicznej [do 2030 r.] • Opublikowanie planu działania w zakresie komunikacji kwantowej [2026 r.] • Uruchomienie pilotażowego centrum europejskiego internetu kwantowego [2026 r.] • Wdrożenie rozproszonego systemu grawimetrów w całej Europie [od 2026 r.] • Opublikowanie planu działania w zakresie wykrywania kwantowego [2026 r.] • Ustanowienie europejskiej pilotażowej infrastruktury Q-MRI i jej rozszerzenie w całej Europie [od 2025 r.]
Obszar 3: Ekosystem kwantowy w Europie
• Ustanowienie sześciu nowych pilotażowych linii produkcyjnych kwantowych w ramach Wspólnego Przedsięwzięcia na rzecz Czipów [2025 r.] • Uruchomienie centrum projektowania kwantowego [2026 r.] • Opublikowanie planu działania na rzecz industrializacji czipów kwantowych [2026 r.] • Opublikowanie europejskiego planu działania na rzecz norm kwantowych [2026 r.] • Rozbudowa sieci klastrów kompetencji kwantowych [2026 r.] • Przeprowadzenie i zakończenie ogólnounijnej oceny słabych punktów łańcucha dostaw [2025–2026]
Obszar 4: Technologie kwantowe w przestrzeni kosmicznej i z potencjałem podwójnego zastosowania (bezpieczeństwo i obronność)
• Podpisanie umowy o współpracy z ESA w celu opracowania planu działania w zakresie technologii kwantowych w przestrzeni kosmicznej [II kwartał 2025 r.] • Opracowanie planu działania w zakresie technologii do wykrywania, wykorzystywanych w przestrzeni kosmicznej i obronności [2026 r.] • Wkład w europejski plan działania w zakresie technologii uzbrojenia [IV kwartał 2025 r.] • Uruchomienie inicjatyw typu spin-in w celu włączenia przedsiębiorstw cywilnych i środowisk akademickich w działania na rzecz zastosowań obronnych [od 2026 r.]
Obszar 5: Umiejętności kwantowe
• Ustanowienie europejskiej akademii umiejętności kwantowych [2026 r.] • Ogłoszenie europejskich konkursów na zaawansowane umiejętności cyfrowe w dziedzinie technologii kwantowych [od 2026 r.]

- Uruchomienie programu pilotażowego dla naukowców-rezydentów w przedsiębiorstwach typu start-up zajmujących się technologiami kwantowymi [2025 r.]
- Uruchomienie europejskiego programu mobilności talentów w dziedzinie technologii kwantowych [od 2026 r.]

Współpraca międzynarodowa

- Rozpoczęcie dwustronnych i wielostronnych inicjatyw współpracy [od 2025 r.]
- Współpraca z państwami członkowskimi w celu ustanowienia europejskich ram współpracy międzynarodowej w dziedzinie nauk kwantowych [od 2025 r.]