



Βρυξέλλες, 2.7.2025  
COM(2025) 363 final

**ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ ΠΡΟΣ ΤΟ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟ ΚΑΙ  
ΤΟ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟ**

**Στρατηγική για την κβαντική Ευρώπη: Η κβαντική Ευρώπη σε έναν μεταβαλλόμενο  
κόσμο**

## Η κβαντική Ευρώπη σε έναν μεταβαλλόμενο κόσμο

### 1.1 Εισαγωγή

Η Ευρώπη είναι μια ήπειρος όπου η κβαντική τεχνολογία ανθεί<sup>1</sup>. Χάρη σε εμβληματικούς πρωτεργάτες του παρελθόντος όπως οι Max Planck, Albert Einstein, Niels Bohr και Erwin Schrödinger, αλλά και σύγχρονους πρωτοπόρους και νομπελίστες όπως οι Theodor Haensch, Albert Fert, Serge Haroche, Anton Zeilinger, Alain Aspect και Anne L’Huillier, η Ευρώπη υπήρξε ανέκαθεν ο τόπος της κβαντικής επιστήμης.

Η πρόοδος στην κβαντική επιστήμη συνίσταται σε ορισμένες από τις πλέον μετασχηματιστικές εξελίξεις στην ιστορία της τεχνολογίας. Η έκθεση Draghi<sup>2</sup> περιγράφει την κβαντική τεχνολογία ως «την επόμενη ρηξικέλευθη καινοτομία στον τομέα της υπολογιστικής, [η οποία] θα μπορούσε να δημιουργήσει νέες ευκαιρίες για τη βιομηχανική ανταγωνιστικότητα και την τεχνολογική κυριαρχία της ΕΕ».

Σήμερα βρισκόμαστε σε σημείο καμπής, καθώς επιταχύνεται ο παγκόσμιος ανταγωνισμός για την αξιοποίηση κβαντικών τεχνολογιών, οι οποίες αρχίζουν πλέον να εφαρμόζονται και εκτός εργαστηρίου, σε πραγματικές συνθήκες. Από τους σαρωτές απεικόνισης μαγνητικού συντονισμού (στο εξής: MRI) στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης και τα προηγμένα υλικά στον τομέα της ενέργειας έως τους αισθητήρες βαρυτόμετρων για τη γεωφυσική και την πλοήγηση, τις ασφαλείς επικοινωνίες και την κβαντική υπολογιστική για την επίλυση πολύπλοκων προβλημάτων στους τομείς της εφοδιαστικής και της χρηματοδότησης, τα επιτεύγματα αυτά αρχίζουν να αναδιαμορφώνουν βασικούς κλάδους και βασικές κοινωνικές υποδομές.

Οι κβαντικές τεχνολογίες έχουν επίσης δυνατότητες διττής χρήσης<sup>3</sup>, οπότε είναι χρήσιμες για εφαρμογές στους τομείς τόσο της άμυνας όσο και της εθνικής ασφάλειας, γεγονός που κινεί το στρατηγικό ενδιαφέρον μεγάλων δημόσιων και ιδιωτικών φορέων.

Στο πλαίσιο αυτό, η ΕΕ έχει χαρακτηρίσει την κβαντική ως κρίσιμη τεχνολογία<sup>4</sup> στη στρατηγική της για την ενίσχυση της οικονομικής ασφάλειας<sup>5</sup> και στο πλαίσιο της λευκής βίβλου για την ευρωπαϊκή άμυνα — Ετοιμότητα με ορίζοντα το 2030<sup>6</sup>.

Οι πρώτες προσπάθειες βιομηχανοποίησης μεγάλης κλίμακας βρίσκονται πλέον σε εξέλιξη σε ολόκληρο τον κόσμο, ιδίως στις ΗΠΑ, χάρη σε μαζικές ιδιωτικές επενδύσεις από εταιρείες υψηλής τεχνολογίας, και στην Κίνα, κατά κύριο λόγο χάρη στη δημόσια χρηματοδότηση.

Η Ευρώπη έχει σημειώσει αξιοπρόσεκτη πρόοδο όσον αφορά την αριστεία στον τομέα της κβαντικής: συγκεντρώνει τα περισσότερα ταλέντα κβαντικής στον κόσμο και κατέχει την πρώτη θέση παγκοσμίως όσον αφορά τον αριθμό των επιστημονικών δημοσιεύσεων. Η ΕΕ διαθέτει επίσης ένα από τα μεγαλύτερα οικοσυστήματα νεοφυών επιχειρήσεων κβαντικής τεχνολογίας<sup>7</sup>. Περίπου το ένα τρίτο όλων των εταιρειών κβαντικής τεχνολογίας παγκοσμίως

---

<sup>1</sup> Οι κβαντικές τεχνολογίες αξιοποιούν τις αρχές της κβαντικής μηχανικής για την εκτέλεση εργασιών που είτε είναι αδύνατον να επιλυθούν είτε είναι εξαιρετικά αναποτελεσματικές με τις παραδοσιακές τεχνολογίες. Οι κύριοι τομείς των κβαντικών τεχνολογιών περιλαμβάνουν την κβαντική υπολογιστική και προσομοίωση, την κβαντική ανίχνευση και τις κβαντικές επικοινωνίες.

<sup>2</sup> Έκθεση Draghi σχετικά με την ανταγωνιστικότητα της ΕΕ.

<sup>3</sup> Για τους σκοπούς της παρούσας στρατηγικής, ο όρος **δυνατότητες διττής χρήσης** αναφέρεται στην ικανότητα των κβαντικών τεχνολογιών να εξυπηρετούν τόσο μη στρατιωτικούς σκοπούς όσο και σκοπούς που αφορούν την ασφάλεια/άμυνα. Χρησιμοποιείται εδώ με πιο ευρεία και μακροπρόθεσμη έννοια από ό,τι ο νομικός όρος «είδη διπλής χρήσης» βάσει του κανονισμού (ΕΕ) 2021/821 για τον έλεγχο των εξαγωγών.

<sup>4</sup> Σύσταση (ΕΕ) 2023/2113 της Επιτροπής, της 3ης Οκτωβρίου 2023, σχετικά με τους κρίσιμους τεχνολογικούς τομείς για την οικονομική ασφάλεια της ΕΕ για περαιτέρω εκτίμηση κινδύνου με τα κράτη μέλη.

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

<sup>6</sup> Λευκή Βίβλος για την ευρωπαϊκή άμυνα — Ετοιμότητα με ορίζοντα το 2030 | ΕΥΕΔ.

<sup>7</sup> McKinsey & Company, Quantum Technology Monitor — Απρίλιος 2024.

έχουν την έδρα τους στην ΕΕ<sup>8</sup>, οι δε προμηθευτές της ΕΕ παρέχουν σχεδόν το ήμισυ των στοιχείων υλισμικού και λογισμικού που χρησιμοποιούνται στους κβαντικούς υπολογιστές<sup>9</sup>.

Ωστόσο, επί του παρόντος η Ευρώπη υστερεί όσον αφορά τη μετατροπή των ικανοτήτων καινοτομίας και των μελλοντικών δυνατοτήτων της σε πραγματικές ευκαιρίες στην αγορά. Ως εκ τούτου, αυτήν τη στιγμή κατατάσσεται μόλις στην τρίτη θέση παγκοσμίως όσον αφορά τα κατατεθειμένα διπλώματα ευρεσιτεχνίας στους τομείς της κβαντικής υπολογιστικής, της κβαντικής ανίχνευσης και των κβαντικών επικοινωνιών<sup>10</sup>.

Επιπροσθέτως, οι προσπάθειες της Ευρώπης εξακολουθούν να είναι κατακερματισμένες μεταξύ των κρατών μελών, των εθνικών και των περιφερειακών οργανισμών χρηματοδότησης. Κατά την τελευταία πενταετία, η ΕΕ και τα κράτη μέλη έχουν επενδύσει πάνω από 11 δις. EUR σε κβαντικές τεχνολογίες. Παρότι αρκετά κράτη μέλη έχουν εκπονήσει τις δικές τους εθνικές στρατηγικές και τους δικούς τους χάρτες πορείας, ο ανεπαρκής συντονισμός έχει οδηγήσει σε αλληλεπικάλυψη των προσπαθειών, σε αναποτελεσματική χρήση των πόρων και σε αυξανόμενο ανταγωνισμό για ταλέντα. Αυτό ενδέχεται να υπονομεύσει την ικανότητα της ΕΕ για τη δημιουργία κρίσιμης μάζας και κλίμακας, να επιβραδύνει τη διαδικασία εμπορευματοποίησης, και εν τέλει να περιορίσει την ανάπτυξη μιας ευρωπαϊκής βιομηχανικής ικανότητας που θα είναι ανταγωνιστική σε παγκόσμιο επίπεδο και μιας ενοποιημένης ευρωπαϊκής αγοράς στον τομέα της κβαντικής τεχνολογίας.

Επιπλέον, παρότι η Ευρώπη διαδραματίζει ηγετικό ρόλο όσον αφορά τα αρχικά στάδια της επιχειρηματικότητας στον τομέα της κβαντικής τεχνολογίας, επί του παρόντος το αναδυόμενο οικοσύστημά της δεν διαθέτει βιώσιμη χρηματοδοτική στήριξη και επαρκείς προοπτικές στην αγορά. Επίσης, η Ευρώπη δεν διαθέτει μεγάλους βιομηχανικούς φορείς οι οποίοι είναι διατεθειμένοι να υιοθετήσουν από νωρίς την κβαντική τεχνολογία, και ως εκ τούτου τα αναδυόμενα οικοσυστήματα νεοφυών επιχειρήσεων δεν έχουν επαρκείς προοπτικές στην αγορά.

Με βάση την Πυξίδα Ανταγωνιστικότητας<sup>11</sup>, η οποία περιλαμβάνει την «κβαντική τεχνολογία» μεταξύ των βασικών τεχνολογικών τομέων που θα αποβούν σημαντικοί για την οικονομία του μέλλοντος<sup>12</sup>, η παρούσα πρωτοβουλία παρουσιάζει, σε απόλυτη ευθυγράμμιση με τα ενδιαφερόμενα μέρη του τομέα της κβαντικής τεχνολογίας<sup>13</sup>, μια ολοκληρωμένη στρατηγική ώστε η Ευρώπη να εξασφαλίσει ηγετική θέση στον ανταγωνισμό για τις κβαντικές τεχνολογίες που βρίσκεται σε εξέλιξη παγκοσμίως. Δεδομένου ότι στηρίζει στην ΕΕ την ανάπτυξη αυτής της τεχνολογίας με δυνατότητες διττής χρήσης, η παρούσα στρατηγική θα συμβάλει επίσης στην εφαρμογή των συστάσεων της στρατηγικής για την Ένωση

---

<sup>8</sup> Lewis, A., Scudo, P., Cerutti, I., Travagnin, M., Marcantonini, C. et al., Future Directions for Quantum Technology in Europe (Μελλοντικές κατευθύνσεις της κβαντικής τεχνολογίας στην Ευρώπη), Υπηρεσία Εκδόσεων της Ευρωπαϊκής Ένωσης, Λουξεμβούργο, 2025, JRC141050. Αναμένεται στα μέσα Ιουλίου.

<sup>9</sup> [Ευρωπαϊκή Τράπεζα Επενδύσεων — A Quantum Leap in Finance \(2022\)](#).

<sup>10</sup> Βλ. υποσημείωση 8.

<sup>11</sup> [Πυξίδα Ανταγωνιστικότητας — Ευρωπαϊκή Επιτροπή](#).

<sup>12</sup> Η στρατηγική για την ενίσχυση της ευρωπαϊκής οικονομικής ασφάλειας και η σχετική σύσταση της Επιτροπής, της 3ης Οκτωβρίου 2023, περιλαμβάνουν την κβαντική τεχνολογία στους τεχνολογικούς τομείς ζωτικής σημασίας.

<sup>13</sup> Όπως αναφέρεται στις απαντήσεις στην πρόσκληση υποβολής στοιχείων που προκηρύχθηκε πριν από τη δημοσίευση της στρατηγικής για την κβαντική Ευρώπη: [Στρατηγική της ΕΕ για την κβαντική τεχνολογία](#). Τα ενδιαφερόμενα μέρη εξέφρασαν την άποψη ότι η στρατηγική για την κβαντική Ευρώπη θα πρέπει να επιταχύνει τη μετάβαση από το εργαστήριο στην παραγωγή (from lab to fab) χωρίς να αγνοεί τον κεφαλαιώδη ρόλο της βασικής έρευνας, να επεκτείνει τις υφιστάμενες πανευρωπαϊκές κβαντικές υποδομές και να αναπτύξει εργατικό δυναμικό ειδικευμένο και εκπαιδευμένο στην κβαντική τεχνολογία. Τονίζουν επίσης πόσο σημαντικό είναι να αυξηθούν οι κατασκευαστικές δυνατότητες της Ένωσης και να αντιμετωπιστούν τα οικονομικά, κανονιστικά και διοικητικά εμπόδια που περιορίζουν ή επιβραδύνουν την ανάπτυξη των νεοφυών επιχειρήσεων σε ώριμες, κερδοφόρες εταιρείες στην ενιαία αγορά.

Ετοιμότητας<sup>14</sup>, της έκθεσης Niinistö<sup>15</sup> και της Λευκής Βίβλου για την ευρωπαϊκή αμυντική ετοιμότητα έως το 2030<sup>16</sup>, της στρατηγικής για την εσωτερική ασφάλεια ProtectEU<sup>17</sup>, καθώς και της διεθνούς ψηφιακής στρατηγικής για την ΕΕ<sup>18</sup>.

## 1.2 Κβαντική Ευρώπη: Το όραμα και το στρατηγικό πλαίσιο εφαρμογής

Η Ευρώπη βρίσκεται σε εξαιρετική θέση για να διαδραματίσει ηγετικό ρόλο στην εν εξελίξει κβαντική επανάσταση. Το όραμα είναι να μετατραπεί η Ευρώπη σε βιομηχανική δύναμη στον τομέα της κβαντικής τεχνολογίας και να εξασφαλίσει ηγετική θέση στην παγκόσμια αγορά κβαντικών τεχνολογιών, βασιζόμενη στη διαρκή επιστημονική υπεροχή της.

Το στρατηγικό όραμα της ΕΕ αξιοποιεί τα υφιστάμενα πλεονεκτήματά της: έρευνα παγκόσμιας κλάσης, επιστημονική αριστεία, δυναμική βάση νεοφυών επιχειρήσεων και ισχυρή δομή δημόσιων επενδύσεων. Αυτοί οι βασικοί πυλώνες είναι ουσιώδεις για την αντιμετώπιση του κατακερματισμού, την επιτάχυνση της βιομηχανικής ανάπτυξης και τη διασφάλιση στρατηγικής αυτονομίας στις κβαντικές τεχνολογίες.

Για την επίτευξη αυτού του οράματος, η στρατηγική εστιάζει σε πέντε αλληλένδετους τομείς:

- **Τομέας 1 Έρευνα και καινοτομία:** Εδραίωση της αριστείας σε ολόκληρη την Ευρώπη ώστε η Ευρώπη να ηγηθεί της κβαντικής τεχνολογίας και του βιομηχανικού μετασχηματισμού της.
- **Τομέας 2 Κβαντικές υποδομές:** Ανάπτυξη βιώσιμων, επεκτάσιμων και συντονισμένων κόμβων υποδομών για τη στήριξη της παραγωγής, του σχεδιασμού και της ανάπτυξης εφαρμογών.
- **Τομέας 3 Ενίσχυση του κβαντικού οικοσυστήματος της ΕΕ:** Διασφάλιση αλυσίδων εφοδιασμού και της βιομηχανοποίησης των κβαντικών τεχνολογιών μέσω επενδύσεων σε νεοφυείς και επεκτεινόμενες νέες επιχειρήσεις.
- **Τομέας 4 Κβαντικές τεχνολογίες με διαστημική διάσταση και δυνατότητες διττής χρήσης (ασφάλεια και άμυνα):** Ενσωμάτωση ασφαλών, κυρίαρχων κβαντικών δυνατοτήτων στις στρατηγικές της Ευρώπης για το διάστημα, την ασφάλεια και την άμυνα.
- **Τομέας 5 Κβαντικές δεξιότητες:** Οικοδόμηση ενός ποικιλόμορφου εργατικού δυναμικού παγκόσμιας κλάσης μέσω συντονισμένων ευέλικτων συστημάτων και προγραμμάτων εκπαίδευσης και κατάρτισης και προώθηση της κινητικότητας ταλέντων σε ολόκληρη την ΕΕ.

Οι πέντε στρατηγικοί τομείς υποστηρίζονται από μια έξυπνη προσέγγιση εφαρμογής. Όπως περιγράφεται κατωτέρω, στην ενότητα 3.1 με τίτλο «Οι κύριες συνιστώσες εφαρμογής της στρατηγικής για την κβαντική Ευρώπη», η προσέγγιση αυτή θα βασιστεί σε έναν επαναλαμβανόμενο κύκλο ανάπτυξης τεχνολογιών με βάση τον κύκλο ζωής ο οποίος θα συνδέει συνεχώς τις επιστημονικές κβαντικές ανακαλύψεις με εφαρμογές σε πραγματικές συνθήκες και με την αγορά, ώστε να διασφαλίζεται η επίτευξη βραχυπρόθεσμου και μακροπρόθεσμου οικονομικού αντικτύπου. Αυτή η προσέγγιση εφαρμογής θα συμβάλει στην προσέλκυση κορυφαίων χρηστών από τη βιομηχανία και τον δημόσιο τομέα, διασφαλίζοντας

<sup>14</sup> [Preparedness \(Ετοιμότητα\) — Ευρωπαϊκή Επιτροπή.](#)

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

<sup>16</sup> Βλ. υποσημείωση 6.

<sup>17</sup> [Commission presents ProtectEU Internal Security Strategy \(Η Επιτροπή παρουσιάζει τη στρατηγική για την εσωτερική ασφάλεια ProtectEU\) — Ευρωπαϊκή Επιτροπή.](#)

<sup>18</sup> [Κοινή ανακοίνωση σχετικά με μια διεθνή ψηφιακή στρατηγική για την ΕΕ, 5 Ιουνίου 2025.](#)

την πρόσβαση στην αγορά και τη βιωσιμότητα του αναδυόμενου κβαντικού οικοσυστήματος της ΕΕ.



*Γράφημα 1: Πέντε στρατηγικοί τομείς της κβαντικής Ευρώπης*

Συμπληρώνοντας τον κύκλο ζωής της εφαρμογής, η ΕΕ θα θεσπίσει ένα στρατηγικό πλαίσιο διακυβέρνησης για την εποπτεία και τη διευκόλυνση της προόδου.

Η στρατηγική βασίζεται στην ευρωπαϊκή διακήρυξη για τις κβαντικές τεχνολογίες του 2023<sup>19</sup>, η οποία αποτέλεσε καίριο πολιτικό βήμα, ευθυγραμμίζοντας τα κράτη μέλη με τις κοινές προτεραιότητες και τις ευρωπαϊκές αξίες, αξιοποιεί δε τα πορίσματα των ομάδων εργασίας εμπειρογνομόνων από όλα τα κράτη μέλη της ΕΕ<sup>20</sup>, οι οποίες δημιουργήθηκαν υπό τον συντονισμό της ομάδας συντονισμού για την κβαντική τεχνολογία<sup>21</sup>.

## 2 Στρατηγικοί τομείς της κβαντικής Ευρώπης

### 2.1 Τομέας 1: Έρευνα και καινοτομία (στο εξής: Ε&Κ) στην κβαντική Ευρώπη

Η ερευνητική βάση της Ευρώπης στον τομέα της κβαντικής, η οποία υποστηρίζεται από διάφορα ενωσιακά και εθνικά προγράμματα, έχει δημιουργήσει στέρεα επιστημονικά θεμέλια. Κατά την τελευταία πενταετία, η ΕΕ έχει επενδύσει σχεδόν 2 δισ. EUR σε κβαντικές τεχνολογίες, τα οποία συμπληρώνονται με πρόσθετη δημόσια χρηματοδότηση από τα κράτη μέλη ύψους άνω των 9 δισ. EUR. Τα κονδύλια αυτά έχουν στηρίξει την έρευνα και την εκπαίδευση στον τομέα της κβαντικής, τη δημιουργία εθνικών συνεργατικών σχηματισμών στον τομέα της κβαντικής και υβριδικών κέντρων κβαντικών-συμβατικών υπερυπολογιστών, τον κλάδο της κβαντικής τεχνολογίας και διεθνείς συμπράξεις.

Παρά τη σημαντική εθνική και ενωσιακή χρηματοδότηση, η ευρωπαϊκή έρευνα στον τομέα της κβαντικής εξακολουθεί να είναι κατακερματισμένη μεταξύ των κρατών μελών και των σχετικών μέσων, με αποτέλεσμα να υπάρχουν αλληλεπικαλύψεις, κενά σε τομείς προτεραιότητας και ανταγωνισμός για σπάνια talέντα. Χωρίς συντονισμό και σαφή εστίαση σε κοινές στρατηγικές προτεραιότητες, η Ευρώπη δεν θα καταφέρει να επιτύχει τις φιλοδοξίες της στον τομέα της κβαντικής.

Ως εκ τούτου, η Επιτροπή προτείνει ειδική **πρωτοβουλία έρευνας και καινοτομίας για μια κβαντική Ευρώπη**. Η εν λόγω πρωτοβουλία θα έχει ως στόχο να ευθυγραμμίσει τις προσπάθειες της ΕΕ και των κρατών μελών με βάση ένα από κοινού συμφωνηθέν θεματολόγιο έρευνας, τεχνολογίας και καινοτομίας. Θα συγκεντρώσει τις προσπάθειες γύρω από κοινά

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

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

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

θέματα και θα θέσει κοινούς στόχους για τη διασφάλιση της συνοχής, την αποφυγή αλληλεπικαλύψεων και τη δημιουργία κρίσιμης μάζας.

Η πρωτοβουλία αυτή θα διαρθρωθεί γύρω από τα ακόλουθα βασικά στάδια δραστηριότητας:

- **Ανακάλυψη:** στήριξη δράσεων θεμελιώδους έρευνας, τεχνολογικής ανάπτυξης και καινοτομίας στους τομείς της κβαντικής υπολογιστικής, των κβαντικών επικοινωνιών και της κβαντικής ανίχνευσης.
- **Από το εργαστήριο στην παραγωγή (from lab to fab):** περαιτέρω επενδύσεις στην κατασκευή υπερσύγχρονων υποδομών κβαντικής υπολογιστικής, κβαντικών επικοινωνιών και κβαντικής ανίχνευσης, κβαντικού υλισμικού και σχετικών τεχνολογιών γενικής εφαρμογής, καθώς και σε πιλοτικές γραμμές και εργαλεία σχεδιασμού αιχμής για τη στήριξη της βιομηχανοποίησης και της ανάπτυξης οικοσυστημάτων.
- **Εφαρμογή και χρήση:** στήριξη της ανάπτυξης εφαρμογών σε βασικούς δημόσιους και βιομηχανικούς τομείς, ώστε να διασφαλιστεί η μετουσίωση —σε όλους τους κλάδους της κβαντικής τεχνολογίας— της επιστημονικής προόδου σε εφαρμογές και αντίκτυπο υπό πραγματικές συνθήκες.

Εκτός των ανωτέρω, η πρωτοβουλία θα περιλαμβάνει επίσης επενδύσεις στην προσέλκυση ταλέντων και στην ανάπτυξη δεξιοτήτων, ώστε να διασφαλιστεί στο μέλλον η δημιουργία ενός καλώς καταρτισμένου βιομηχανικού εργατικού δυναμικού στον τομέα της κβαντικής τεχνολογίας.

Η πρωτοβουλία έρευνας και καινοτομίας για μια κβαντική Ευρώπη θα υλοποιηθεί μέσω ενός πλαισίου διακυβέρνησης σε επίπεδο ΕΕ, το οποίο θα καθοριστεί στην επικείμενη πρόταση για νομοθετική πράξη σχετικά με την κβαντική τεχνολογία. Εν τω μεταξύ, η εντολή της κοινής επιχείρησης για την ευρωπαϊκή υπολογιστική υψηλών επιδόσεων (στο εξής: EuroHPC)<sup>22</sup> θα παραταθεί μέσω τροποποίησης του ιδρυτικού κανονισμού της, ώστε να διασφαλιστεί ο απρόσκοπτος συντονισμός με τα προγράμματα «Ορίζων Ευρώπη» και «Ψηφιακή Ευρώπη», τα προγράμματα για το διάστημα και την άμυνα και άλλα χρηματοδοτικά μέσα.

- Τροποποίηση του κανονισμού σχετικά με την κοινή επιχείρηση για την EuroHPC προκειμένου να επεκταθεί η αποστολή της ώστε να συμπεριλάβει όλες τις κβαντικές τεχνολογίες και, ως πρώτο βήμα, να μεταφερθούν οι κβαντικές δραστηριότητες E&K του πυλώνα 2 του προγράμματος «Ορίζων Ευρώπη» στην κοινή επιχείρηση [τρίτο τρίμηνο του 2025]
- Παρουσίαση της πρότασης για νομοθετική πράξη σχετικά με την κβαντική τεχνολογία [2026]

## 2.2 Τομέας 2: Κβαντικές υποδομές στην Ευρώπη

Η ΕΕ επενδύει σήμερα σε μείζονες πρωτοβουλίες κβαντικών υποδομών, όπως τα συστήματα κβαντικής υπολογιστικής στο πλαίσιο της κοινής επιχείρησης για την EuroHPC<sup>23</sup>, η ασφαλής υποδομή κβαντικών επικοινωνιών της πρωτοβουλίας «Ευρωπαϊκή υποδομή κβαντικών επικοινωνιών» (στο εξής: EuroQCI) στο πλαίσιο του ενωσιακού προγράμματος ασφαλούς συνδεσιμότητας IRIS<sup>24</sup>, καθώς και σε προηγμένες πλατφόρμες ανίχνευσης. Η ΕΕ επενδύει επίσης σε διάφορες πιλοτικές γραμμές στο πλαίσιο της κοινής επιχείρησης

<sup>22</sup> [Κανονισμός \(ΕΕ\) 2021/1173 του Συμβουλίου](#) σχετικά με τη σύσταση της κοινής επιχείρησης για την ευρωπαϊκή υπολογιστική υψηλών επιδόσεων.

<sup>23</sup> [Πρωτοβουλία για την ευρωπαϊκή υποδομή κβαντικής επικοινωνίας \(EuroQCI\) | Διαμόρφωση του ψηφιακού μέλλοντος της Ευρώπης.](#)

<sup>24</sup> [IRIS<sup>2</sup> | Ασφαλής συνδεσιμότητα — Ευρωπαϊκή Επιτροπή, Κανονισμός \(ΕΕ\) 2023/588.](#)

«Μικροκυκλώματα»<sup>25</sup> για την προετοιμασία της βιομηχανοποίησης των κβαντικών τεχνολογιών στην Ευρώπη.

Αυτές οι δημόσια χρηματοδοτούμενες κβαντικές υποδομές αποτελούν στρατηγικό παράγοντα διευκόλυνσης για τις κβαντικές φιλοδοξίες της Ευρώπης. Παρέχουν πρόσβαση σε κβαντικά συστήματα και πλατφόρμες αιχμής που διαφορετικά θα εξακολουθούσαν να είναι απρόσιτα για την πλειονότητα των ενδιαφερομένων μερών και χρηστών της Ευρώπης στον τομέα της κβαντικής τεχνολογίας λόγω του υψηλού κόστους ανάπτυξης και πρόσβασης, της τεχνικής πολυπλοκότητας ή της ανάγκης για συγκεκριμένες υπηρεσίες, όπως οι ασφαλείς επικοινωνίες. Προσφέρουν ένα σύστημα δοκιμών για την καινοτομία, ένα πεδίο κατάρτισης για ταλέντα και έναν χώρο όπου η βιομηχανία, οι ΜΜΕ και οι ερευνητές μπορούν να πειραματίζονται, να κατανοούν και να διαμορφώνουν την ανάπτυξη νέων κβαντικών τεχνολογιών. Είναι ουσιώδεις προκειμένου να επιταχυνθεί η υιοθέτηση της κβαντικής τεχνολογίας, να αναπτυχθούν βιομηχανικές δυνατότητες και να διασφαλιστεί η ευρεία διασπορά των οφελών της κβαντικής τεχνολογίας σε ολόκληρη την Ένωση.

Όσον αφορά το μέλλον, η ΕΕ θα διατηρήσει και θα επεκτείνει τις επενδύσεις της σε δημόσιες κβαντικές υποδομές σε όλους τους τομείς της **υπολογιστικής και προσομοίωσης, των επικοινωνιών και της ανίχνευσης**, όπως εξηγείται κατωτέρω.

### 2.2.1 Κβαντική υπολογιστική και προσομοίωση












Η κβαντική υπολογιστική έχει τη δυνατότητα να φέρει την επανάσταση στην ικανότητά μας να επιλύουμε πολύπλοκα προβλήματα βελτιστοποίησης της υπολογιστικής σε βαθμό που υπερβαίνει κατά πολύ τις δυνατότητες ακόμη και των ισχυρότερων συστημάτων υπολογιστικής υψηλών επιδόσεων (στο εξής: HPC). Ο αντίκτυπός της αναμένεται να είναι καταλυτικός σε πολλούς τομείς. Για παράδειγμα, στον τομέα των προσομοιώσεων για φάρμακα και χημικές ουσίες, θα μπορούσε να καταστήσει δυνατή την ανακάλυψη νέων φαρμάκων και χημικών ουσιών. Στον τομέα της ενέργειας, η κβαντική υπολογιστική μπορεί να συμβάλει στην ανακάλυψη νέων υλικών συσσωρευτών ή υπεραγωγών υψηλής θερμοκρασίας. Δημιουργεί επίσης σημαντικές προσδοκίες για βελτιώσεις σε τομείς όπως η εφοδιαστική και ο χρηματοπιστωτικός τομέας. Επιπλέον, οι κβαντικοί υπολογιστές μπορούν να επιλύουν τέτοιου είδους προβλήματα με πολύ πιο αποδοτικό ενεργειακό τρόπο σε σύγκριση με τους συμβατικούς υπερυπολογιστές. Αντί να αντικαταστήσουν τα συστήματα HPC, οι κβαντικοί υπολογιστές θα τα συμπληρώσουν, λειτουργώντας ως επιταχυντές για την ενίσχυση των συνολικών επιδόσεων της υπολογιστικής λύσης, επιτυγχάνοντας έτσι αποτελέσματα με μεγαλύτερη ταχύτητα και αυξημένη ενεργειακή αποδοτικότητα. Η κβαντική τεχνολογία χρησιμοποιείται επίσης ολοένα και περισσότερο παράλληλα με την TN και ως μέσο στήριξης της. Για παράδειγμα, η κβαντική τεχνολογία μπορεί να επιταχύνει την εκπαίδευση μοντέλων TN, ενώ η TN συμβάλλει στη διόρθωση σφαλμάτων σε κβαντικά συστήματα, ενισχύοντας έτσι τη συνολική αξιοπιστία των συστημάτων.

Επί του παρόντος η κβαντική υπολογιστική βρίσκεται σε καθοριστικό στάδιο: παρότι υπάρχουν μικρής κλίμακας κβαντικοί επεξεργαστές, η κυριότερη πρόκληση σε παγκόσμιο επίπεδο είναι να επεκταθούν ώστε να γίνουν πλήρως λειτουργικοί κβαντικοί υπολογιστές που να είναι σε θέση να καταδείξουν αδιαμφισβήτητα το πλεονέκτημα της κβαντικής υπολογιστικής. Η βασική πρόκληση τώρα είναι να κατασκευαστούν μηχανήματα μεγαλύτερης κλίμακας που να μπορούν να διασφαλίσουν σαφές κβαντικό πλεονέκτημα<sup>26</sup> έναντι των

<sup>25</sup> [Κανονισμός \(ΕΕ\) 2023/1782 του Συμβουλίου](#) σχετικά με τη σύσταση της κοινής επιχείρησης «Μικροκυκλώματα».

<sup>26</sup> ΟΟΣΑ (2025), «[A Quantum Technologies Policy Primer](#)». Ο όρος «κβαντικό πλεονέκτημα» αναφέρεται στο σημείο κατά το οποίο ένας κβαντικός υπολογιστής εκτελεί μια συγκεκριμένη εργασία αποτελεσματικότερα, ταχύτερα, ακριβέστερα ή καταναλώνοντας λιγότερη ενέργεια από ό,τι οι καλύτεροι δυνατοί συμβατικοί υπερυπολογιστές. Αυτό το ορόσημο συνιστά πρακτική απόδειξη της υπεροχής της κβαντικής υπολογιστικής για ορισμένα υπολογιστικά προβλήματα, έστω και αν αυτό ισχύει για τομείς περιορισμένου εύρους.

συμβατικών υπολογιστών. Κατά τα επόμενα 5-10 έτη, η ικανότητα των κβαντικών υπολογιστών να επιλύουν προβλήματα σε πραγματικές συνθήκες θα αυξηθεί σημαντικά. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίον η ΕΕ και τα κράτη μέλη της, καθώς και άλλοι σημαντικοί παράγοντες —από την Αυστραλία, το Ηνωμένο Βασίλειο, την Ιαπωνία, τον Καναδά, την Κίνα και τη Νότια Κορέα έως τις ΗΠΑ— πραγματοποιούν τεράστιες επενδύσεις σε κβαντικές τεχνολογίες, πασχίζοντας να καταλάβουν ηγετική θέση στην κβαντική επανάσταση<sup>27</sup>. Σήμερα αναπτύσσονται πολυάριθμες πλατφόρμες κβαντικής υπολογιστικής, η καθεμιά από τις οποίες βασίζεται σε διαφορετική τεχνολογική προσέγγιση<sup>28</sup>. Στον πίνακα 1 παρατίθενται οι κβαντικοί υπολογιστές που παρέχονται από εταιρείες με έδρα σε διάφορες περιοχές του κόσμου.

Τεχνολογική πλατφόρμα	Υπεραγωγιότητα	Παγίδες ιόντων	Ψυχρά άτομα	Φωτονικά συστήματα	Κβαντοδυφία σπιν
 Μηχανήματα της ΕΕ	 17	 6	 8	 5	 3
 Μηχανήματα του Ηνωμένου Βασιλείου	4	6	0	5	2
 Μηχανήματα των ΗΠΑ	26	7	4	2	0
 Μηχανήματα του Καναδά	13	0	0	1	0
 Μηχανήματα της Κίνας	2	0	0	0	0
 Μηχανήματα άλλων χωρών	1	0	0	1	3

**Πίνακας 1:** Το τοπίο των προμηθευτών κβαντικής υπολογιστικής και προσομοίωσης

Η Ευρώπη, μέσω εθνικών προγραμμάτων και της εμβληματικής πρωτοβουλίας της ΕΕ για τις κβαντικές τεχνολογίες<sup>29</sup>, αναπτύσσει όλες τις σημαντικές τεχνολογίες κβαντικής υπολογιστικής, όπως φαίνεται στο ανωτέρω γράφημα. Ως αποτέλεσμα των προσπαθειών αυτών, δημιουργήθηκαν πρωτότυπα εργασίας, εργαλειοθήκες λογισμικού και διάφοροι τεχνοβλαστοί υπερπροηγμένης τεχνολογίας. Επίσης, μέσω της κοινής επιχείρησης για την EuroHPC, η Ευρώπη εγκαθιστά ήδη τα πρώτα πρωτότυπα συστημάτων κβαντικής υπολογιστικής σε διάφορα κράτη μέλη (βλέπε γράφημα 2). Η πρόιμη τούτη εγκατάσταση εξυπηρετεί δύο βασικούς σκοπούς: υποστηρίζει την εμφάνιση ενός αυτόνομου, κυρίαρχου και ανταγωνιστικού ευρωπαϊκού κβαντικού κλάδου με τη δημιουργία μιας πρόιμης αγοράς για τους προμηθευτές υλισμικού και λογισμικού, ενώ παράλληλα καθιστά δυνατή την ανάπτυξη της εσωτερικής αγοράς μέσω αύξησης του αριθμού και της κλίμακας των περιπτώσεων χρήσης και των χρηστών.

<sup>27</sup> Π.χ. εθνική πρωτοβουλία των ΗΠΑ στον τομέα της κβαντικής τεχνολογίας (<https://www.quantum.gov/>); χάρτης πορείας της Κίνας στον τομέα της κβαντικής τεχνολογίας για το 2030· ιαπωνική στρατηγική στους τομείς της κβαντικής τεχνολογίας και καινοτομίας ([https://www8.cao.go.jp/cstp/english/strategy\\_r08.pdf](https://www8.cao.go.jp/cstp/english/strategy_r08.pdf))· εθνική στρατηγική της Αυστραλίας στον τομέα της κβαντικής τεχνολογίας (<https://www.industry.gov.au/sites/default/files/2023-05/national-quantum-strategy.pdf>)· εθνική στρατηγική του Καναδά στον τομέα της κβαντικής τεχνολογίας (<https://ised-isde.canada.ca/site/national-quantum-strategy/en/canadas-national-quantum-strategy>)· εθνική στρατηγική του Ηνωμένου Βασιλείου στον τομέα της κβαντικής τεχνολογίας <https://www.gov.uk/government/publications/national-quantum-strategy>.

<sup>28</sup> Αντιπροσωπευτικά παραδείγματα πλατφορμών υπολογιστικής βασίζονται σε υπεραγώγιμα κυκλώματα, παγιδευμένα ιόντα, ουδέτερα άτομα, φωτονικά συστήματα, διαμάντια ή κβαντοδυφία σπιν (spin qubits). Το καθένα από αυτά παρουσιάζει διακριτά πλεονεκτήματα και τεχνικές προκλήσεις όσον αφορά την επεκτασιμότητα της υπολογιστικής, την πιστότητα και τη συνοχή.

<sup>29</sup> [Αρχική σελίδα της εμβληματικής πρωτοβουλίας για την κβαντική τεχνολογία | Quantum Flagship.](#)

Η Ευρώπη έχει καταφέρει επίσης να καταστήσει δυνατό από νωρίς τον υβριδισμό κβαντικών υπολογιστών και υπολογιστών υψηλών επιδόσεων, επιτυγχάνοντας έτσι τον στόχο της ψηφιακής δεκαετίας της ΕΕ για τη δημιουργία του πρώτου υπολογιστή με κβαντική επιτάχυνση το 2025<sup>30</sup>. Αυτό αποτελεί στρατηγικό ορόσημο: υποστηρίζει το ευρωπαϊκό οικοσύστημα κβαντικού υλισμικού, προωθεί την εμφάνιση περιπτώσεων βιομηχανικής χρήσης και θέτει τις βάσεις για πιο προηγμένα υβριδικά συστήματα —παράγοντες που συμβάλλουν στο σύνολό τους στον μακροπρόθεσμο στόχο της επίτευξης ολοκληρωμένων δυνατοτήτων κβαντικής υπολογιστικής έως το 2030. Αυτός ο υβριδισμός θα καταστήσει επίσης δυνατή τη χρήση κβαντικών υπολογιστών από τα ευρωπαϊκά εργοστάσια TN<sup>31</sup>, συμβάλλοντας έτσι στην επίτευξη των στόχων του σχεδίου δράσης για μια ήπειρο TN<sup>32</sup>.

Όσον αφορά το μέλλον, η πρωτοβουλία έρευνας και καινοτομίας για μια κβαντική Ευρώπη θα στηρίξει περαιτέρω συντονισμένες δραστηριότητες προκειμένου να επιταχυνθεί η μετάβαση από τις σημερινές κβαντικές συσκευές πρώτης γενιάς σε πλήρως λειτουργικά μηχανήματα. Στόχος είναι να μπορέσει η Ευρώπη να αποκτήσει κβαντικούς υπολογιστές επόμενης γενιάς κυρίως από παρόχους της ΕΕ, επεκτείνοντας συγχρόνως προοδευτικά τις εν λόγω πλατφόρμες ώστε να φτάσουν περίπου τα 100 κβαντοδυφία με διορθωμένα σφάλματα<sup>33</sup> ανά σύστημα έως το 2030, στόχος που ευθυγραμμίζεται με τους χάρτες πορείας του κλάδου για την επίτευξη ουσιαστικού υπολογιστικού πλεονεκτήματος. **Έως το 2035, η Ευρώπη έχει ως στόχο να καταστεί η πρώτη ήπειρος που θα επιτύχει κλίμακα χιλιάδων κβαντοδυφίων με διορθωμένα σφάλματα ανά πλατφόρμα, κατώτατο όριο που θεωρείται απαραίτητο για την επίλυση προβλημάτων σε πραγματικές συνθήκες.**

Η επίτευξη αυτού του ορόσημου θα αποτελέσει σημείο καμπής όσον αφορά το πρακτικό κβαντικό πλεονέκτημα<sup>34</sup> και θα καταστήσει την Ευρώπη πρωτοπόρο στην κβαντική υπολογιστική παγκοσμίως. Θα ενισχύσει την ανάπτυξη των ευρωπαϊκών εταιρειών κβαντικής υπολογιστικής και θα συμβάλει στην προώθηση της ανάπτυξης και της υλοποίησης εφαρμογών κύριων χρηστών, ενισχύοντας παράλληλα την τεχνολογική αυτονομία της Ένωσης.

---

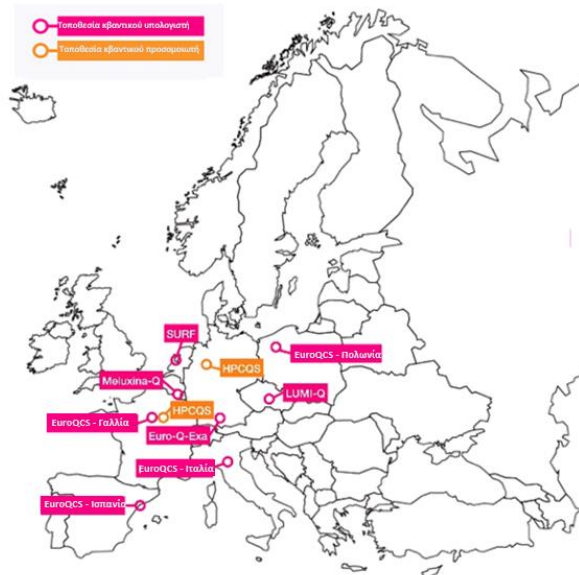
<sup>30</sup> Οι υβριδικές κβαντικές πλατφόρμες/πλατφόρμες HPC συνδυάζουν κβαντικούς επεξεργαστές και παραδοσιακά συστήματα HPC, ώστε να καθίσταται δυνατή η πρώιμη συνεπεξεργασία, στο πλαίσιο της οποίας οι κβαντικοί επεξεργαστές λειτουργούν ως επιταχυντές υπολογιστικής για τους συμβατικούς υπερυπολογιστές. Τρεις υβριδικές πλατφόρμες, στη Γαλλία, τη Γερμανία και τη Φινλανδία, λειτουργούν πλέον στο πλαίσιο της EuroHPC και των εθνικών υποδομών. Έως το τέλος του 2025, ο υβριδισμός θα αποτελεί τον κανόνα σε όλες τις ευρωπαϊκές εγκαταστάσεις κβαντικής υπολογιστικής, εδραιώνοντας έτσι ένα σημαντικό επίτευγμα.

<sup>31</sup> [AI Factories | Shaping Europe's digital future \(Εργοστάσια TN | Διαμόρφωση του ψηφιακού μέλλοντος της Ευρώπης\)](#).

<sup>32</sup> [AI continent \(Ηπειρος για την TN\) — Ευρωπαϊκή Επιτροπή](#).

<sup>33</sup> Οι σημερινοί κβαντικοί υπολογιστές παράγουν αποτελέσματα που δεν είναι ακόμη απολύτως ακριβή (οι κβαντικοί υπολογισμοί εξακολουθούν να είναι επιρρεπείς σε σημαντικά σφάλματα). Ως εκ τούτου, η εφαρμογή αποτελεσματικής διόρθωσης σφαλμάτων, η οποία θα οδηγήσει σε κβαντοδυφία με διορθωμένα σφάλματα (δηλαδή τις μονάδες επεξεργασίας ενός κβαντικού υπολογιστή) τα οποία παρέχουν ακριβή υπολογιστικά αποτελέσματα, αποτελεί σημαντικό ορόσημο για κάθε μελλοντικό πλήρως λειτουργικό κβαντικό υπολογιστή.

<sup>34</sup> Βλ. υποσημείωση 26.



**Γράφημα 2:** Χάρτης υπερυπολογιστών, κβαντικών υπολογιστών και προσομοιωτών που βασίζονται στη EuroHPC

Ταυτόχρονα, η Ευρώπη θα συνεχίσει να επενδύει σε κβαντικούς προσομοιωτές<sup>35</sup>, οι οποίοι μπορούν να μιμηθούν τη συμπεριφορά ενός κβαντικού συστήματος χρησιμοποιώντας λιγότερο πολύπλοκο υλισμικό. Αυτοί οι κβαντικοί προσομοιωτές καθιστούν ήδη εφικτή την πραγματοποίηση επιτευγμάτων στην επιστήμη των υλικών, στην κβαντική χημεία και στη θεμελιώδη φυσική. Η Ευρώπη βρίσκεται στην πρώτη γραμμή της ανάπτυξης και της εγκατάστασης τέτοιων πλατφορμών, οι οποίες αναμένεται να αποφέρουν πολύτιμα αποτελέσματα νωρίτερα από ό,τι οι αμιγώς κβαντικοί υπολογιστές λόγω των χαμηλότερων απαιτήσεων υλισμικού.

Θα καταρτιστεί **χάρτης πορείας της ΕΕ για την κβαντική υπολογιστική και προσομοίωση**, ο οποίος θα καθορίζει σαφείς δείκτες αναφοράς και μια διαδικασία παρακολούθησης για τον έλεγχο της τεχνολογικής προόδου και της ωριμότητας των διαφόρων ειδών κβαντικών πλατφορμών. Με τον χάρτη πορείας θα καταστεί δυνατή η τακτική αξιολόγηση του ποιες από τις εν λόγω πλατφόρμες είναι πιο προηγμένες ή δημιουργούν τις μεγαλύτερες προσδοκίες μακροπρόθεσμα. Αυτή η τεκμηριωμένη προσέγγιση θα χρησιμεύσει ως οδηγός για τις στρατηγικές αποφάσεις της Ευρώπης και θα συμβάλει στην ιεράρχηση των μελλοντικών δημόσιων επενδύσεων στον τομέα της κβαντικής υπολογιστικής.

- Δημοσίευση του χάρτη πορείας της ΕΕ για την κβαντική υπολογιστική και προσομοίωση [2026]
- Επέκταση του αριθμού και της ικανότητας των συστημάτων κβαντικής υπολογιστικής που βασίζονται στη EuroHPC [2026 και έπειτα] και δημιουργία πλαισίου παρακολούθησης για την κβαντική υπολογιστική [2026]

## 2.2.2 Κβαντικές επικοινωνίες

Οι κβαντικές επικοινωνίες καθιστούν εφικτή την εξαιρετικά ασφαλή διαβίβαση δεδομένων, προστατεύουν υποδομές ζωτικής σημασίας και διασφαλίζουν ευαίσθητες πληροφορίες ενάντια

<sup>35</sup> PASQuanS2: [Programmable Atomic Large-scale Quantum Simulation 2 — SGA1 | PASQuanS2.1 | Projekt | Ενημερωτικό δελτίο HORIZON | CORDIS | Ευρωπαϊκή Επιτροπή](#).

σε μελλοντικές κυβερνοαπειλές βασισμένες στην κβαντική τεχνολογία<sup>36</sup>. Καθιστούν επίσης εφικτή τη δημιουργία δικτύων κβαντικών επικοινωνιών, τα οποία είναι απαραίτητα για τη διασύνδεση κβαντικών συσκευών, όπως αισθητήρες και υπολογιστές, στο πλαίσιο ενός λεγόμενου «κβαντικού διαδικτύου». Χάρη στις δυνατότητες διττής χρήσης τους, στηρίζουν τόσο μη στρατιωτικές εφαρμογές (π.χ. προστασία χρηματοπιστωτικών συναλλαγών, διασφάλιση δημόσιων δικτύων) όσο και αμυντικές ανάγκες (π.χ. ασφαλείς επικοινωνίες για στρατιωτικές επιχειρήσεις και επιχειρήσεις εθνικής ασφάλειας). Μέσω πρωτοβουλιών όπως η **EuroQCI**<sup>37</sup> και το **κβαντικό διαδίκτυο**, η ΕΕ δημιουργεί πλήρως αυτόνομες και αξιόπιστες υποδομές κβαντικών επικοινωνιών, οι οποίες θα προστατεύουν τις κρίσιμες ροές δεδομένων, θα διασφαλίζουν τις δημόσιες επικοινωνίες και τις υποδομές ζωτικής σημασίας και θα ενισχύουν την εσωτερική ασφάλεια της Ευρώπης σύμφωνα με τη στρατηγική ProtectEU<sup>38</sup>.

### ***Η πρωτοβουλία EuroQCI***

Στο πλαίσιο της πρωτοβουλίας EuroQCI αναπτύσσεται μια ασφαλής υποδομή κβαντικών επικοινωνιών που καλύπτει ολόκληρη την ΕΕ, συμπεριλαμβανομένων των υπερπόντιων εδαφών της. Η πρωτοβουλία αυτή αποτελεί μέρος της ενωσιακής πρωτοβουλίας IRIS<sup>2</sup> και θα αποτελείται από ένα επίγειο τμήμα βασιζόμενο σε δίκτυα επικοινωνιών οπτικών ινών τα οποία θα συνδέουν στρατηγικές τοποθεσίες σε εθνικό και διασυνοριακό επίπεδο και ένα διαστημικό τμήμα βασιζόμενο σε δορυφόρους.

Η εν λόγω πρωτοβουλία προχωρά με ταχείς ρυθμούς, καθώς επί του παρόντος 26 κράτη μέλη αναπτύσσουν εθνικά δίκτυα επίγειων κβαντικών επικοινωνιών, τα οποία θα χρησιμοποιηθούν επίσης για τη δοκιμή ενός δορυφόρου διανομής κβαντικών κλειδιών (στο εξής: QKD) για ασφαλείς επικοινωνίες (Eagle 1), ο οποίος έχει προγραμματιστεί για εκτόξευση το 2026 και θα αποτελέσει την πρώτη ευρωπαϊκή, εντός τροχιάς διάταξη επίδειξης της συγκεκριμένης τεχνολογίας.

Αυτά τα επίγεια δίκτυα κβαντικών επικοινωνιών χρησιμοποιούνται για την εφαρμογή και τη δοκιμή της QKD σε πραγματικά περιβάλλοντα. Στα πιλοτικά έργα περιλαμβάνονται η ασφαλής διαβίβαση ιατρικών δεδομένων μεταξύ νοσοκομείων, η κρυπτογραφημένη επικοινωνία μεταξύ κρατικών φορέων και οι σύνδεσμοι QKD για υποδομές ζωτικής σημασίας όπως τα κέντρα ελέγχου δικτύων ηλεκτρικής ενέργειας. Τα ανωτέρω έργα καταδεικνύουν τον τρόπο με τον οποίο η QKD μπορεί να προστατεύσει βασικές δημόσιες υπηρεσίες και εθνικές επιχειρήσεις.

Για να υποστηριχθεί η εν λόγω ανάπτυξη, η ΕΕ αξιοποιεί μια αμιγώς ευρωπαϊκή αλυσίδα εφοδιασμού κβαντικών κατασκευαστικών στοιχείων, συσκευών και συστημάτων<sup>39</sup>. Αναπτύσσεται επίσης μια ολοκληρωμένη εγκατάσταση δοκιμών και αξιολόγησης της QKD, μέσω της οποίας προσφέρονται περιβάλλοντα προκαταρκτικής πιστοποίησης για τις συνιστώσες της QKD και προετοιμάζεται η ενσωμάτωσή τους σε διατεμαχικά συστήματα και αρχιτεκτονικές δικτύου<sup>40</sup>.

Επιπλέον, η δραστηριότητα αυτή συνδέεται στενά με τις πολιτικές κυβερνοασφάλειας της ΕΕ, όπως η οδηγία NIS2, η επικείμενη επανεξέταση του κανονισμού για την κυβερνοασφάλεια και

<sup>36</sup> Η απειλή που συνιστά η κβαντική υπολογιστική για τα υφιστάμενα πρωτόκολλα κρυπτογράφησης.

<sup>37</sup> [Πρωτοβουλία για την ευρωπαϊκή υποδομή κβαντικής επικοινωνίας \(EuroQCI\) | Διαμόρφωση του ψηφιακού μέλλοντος της Ευρώπης.](#)

<sup>38</sup> [Commission presents ProtectEU Internal Security Strategy \(Η Επιτροπή παρουσιάζει τη στρατηγική για την εσωτερική ασφάλεια ProtectEU\) — Ευρωπαϊκή Επιτροπή.](#)

<sup>39</sup> «Οι τεχνολογίες αυτές περιλαμβάνουν κβαντικές γεννήτριες τυχαίων αριθμών (QRNG), κβαντικές πηγές και κβαντικούς ανιχνευτές μονού φωτονίου, δομοστοιχεία QKD βασιζόμενα στη διεμπλοκή και ολοκληρωμένες πλατφόρμες επιπέδου τηλεπικοινωνιών. Η αλυσίδα εφοδιασμού πιστοποιείται στο πλαίσιο του ενωσιακού προγράμματος ασφαλούς συνδεσιμότητας [κανονισμός (ΕΕ) 2023/588]».

<sup>40</sup> Η εγκατάσταση αυτή επιτρέπει τον ενδεδειγμένο χαρακτηρισμό, τις δοκιμές ασφάλειας και την έγκαιρη υποστήριξη της τυποποίησης, σε στενή ευθυγράμμιση με τις δραστηριότητες της διανομής κβαντικών κλειδιών του ETSI [www.etsi.org/technologies/quantum-key-distribution](http://www.etsi.org/technologies/quantum-key-distribution).

ο χάρτης πορείας για την κβαντοανθεκτική κρυπτογραφία του ENISA, ώστε να διασφαλιστεί ότι στις υποδομές κβαντικών επικοινωνιών και κβαντικής ανίχνευσης και υπολογιστικής εφαρμόζονται εξαρχής μέτρα ασφάλειας αμυντικού επιπέδου, έλεγχοι ακεραιότητας της αλυσίδας εφοδιασμού και δυνατότητες αντιμετώπισης περιστατικών.

Άλλες κορυφαίες περιφέρειες επενδύουν επίσης σε δυνατότητες επίγειας και διαστημικής κβαντοανθεκτικής τεχνολογίας. Η Κίνα, για παράδειγμα, έχει επιδείξει QKD διαστήματος-εδάφους και έχει αναπτύξει πάνω από 2 000 χλμ. ασφαλών υπεραστικών επίγειων συνδέσεων<sup>41</sup>. Οι ΗΠΑ, από την πλευρά τους, πραγματοποιούν μεγάλες επενδύσεις σε συστήματα δοκιμών κβαντικού διαδικτύου και σε εθνικές συμπράξεις εργαστηρίων, αλλά δεν έχουν δρομολογήσει ακόμη ένα ενοποιημένο πρόγραμμα ασφαλών επικοινωνιών σε ηπειρωτική κλίμακα. Χάρη στο ευρωπαϊκό μοντέλο, το οποίο ενσωματώνει επίγεια και δορυφορικά τμήματα μέσω του IRIS<sup>2</sup> και βασίζεται σε αρχές ασφαλούς σχεδιασμού και ενωσιακά ελεγχόμενες συνιστώσες, η ΕΕ βρίσκεται στην πρώτη γραμμή της ανάπτυξης αξιόπιστων κβαντικών δικτύων.

Κατά την περίοδο 2025-2035, η ΕΕ θα επεκτείνει περαιτέρω την πρωτοβουλία EuroQCI.

Πρώτον, κατά την περίοδο 2025-2030, η ΕΕ **θα εγκαταστήσει διασυνοριακές επίγειες κβαντικές συνδέσεις που θα συνδέουν τα κράτη μέλη**, καθώς και επίγειους σταθμούς που θα συνδέουν τα επίγεια τμήματα της EuroQCI με τους δορυφόρους της EuroQCI για διαστημική διανομή κβαντικών κλειδιών. Κατά συνέπεια, έως το 2030 θα δημιουργηθεί το πρώτο πλήρως διασυνδεδεμένο, σε επίπεδο ΕΕ, πειραματικό δίκτυο ασφαλών επίγειων και διαστημικών επικοινωνιών.

Δεύτερον, **η ΕΕ θα διευκολύνει την υιοθέτηση από την αγορά και την πιστοποίηση της ασφάλειας**. Θα εξακολουθήσει να στηρίζει την περαιτέρω ανάπτυξη, ωρίμαση και εγκατάσταση τεχνολογιών και πρωτοκόλλων κβαντικής επικοινωνίας<sup>42</sup>, καθώς και την τακτική ενσωμάτωσή τους στην EuroQCI. Επίσης, το διαστημικό τμήμα της EuroQCI θα αναβαθμιστεί ώστε να παρέχει διατεματικές διαστημικές και επίγειες ασφαλείς υπηρεσίες QKD, οι οποίες θα ενσωματωθούν σταδιακά στην επόμενη γενιά διαστημικών υπηρεσιών του IRIS<sup>2</sup>. Η συνολική υποδομή της EuroQCI θα πιστοποιηθεί βάσει εναρμονισμένου ενωσιακού συστήματος ώστε να διασφαλιστεί η εμπιστοσύνη και η συμμόρφωση.

### ***Η πρωτοβουλία για το κβαντικό διαδίκτυο***

Η πρωτοβουλία για το κβαντικό διαδίκτυο συμπληρώνει την EuroQCI προετοιμάζοντας τη μελλοντική γενιά κβαντικών δικτύων. Θέτει τις βάσεις για την κατανομημένη κβαντική υπολογιστική και ανίχνευση, καθώς και για την εξαιρετικά ασφαλή ανταλλαγή δεδομένων.

Η Ευρώπη έχει ήδη καθορίσει μια ολοκληρωμένη προδιαγραφή αρχιτεκτονικής για κβαντικό διαδίκτυο και έχει προβεί στην επίδειξη κβαντικής δικτύωσης σε μητροπολιτική κλίμακα<sup>43</sup>. Έχουν τεθεί σε εφαρμογή περιπτώσιολογικά πλαίσια χρήσης, βρίσκεται δε σε εξέλιξη η δημιουργία οικοσυστημάτων με την έναρξη του τεχνολογικού φόρουμ «συμμαχία για το κβαντικό διαδίκτυο» (QIA)<sup>44</sup>, του πρώτου παγκόσμιου ανοικτού φόρουμ που είναι

---

<sup>41</sup> Μέσω του βασικού δικτύου Beijing-Shanghai και του δορυφορικού προγράμματος Micius, το οποίο έχει διαδεχθεί τώρα ο δορυφόρος Jinan-1.

<sup>42</sup> Παραδείγματα τέτοιων τεχνολογιών είναι οι οπτικές μνήμες επόμενης γενιάς, μακράς διάρκειας ζωής και υψηλής πιστότητας οι οποίες είναι ζωτικής σημασίας για τη λειτουργία των κβαντικών επαναληπτών, καθώς και η κατασκευή και η επίδειξη πλήρως λειτουργικών κβαντικών επαναληπτών για τη σύνδεση μητροπολιτικών δικτύων, δοκιμασμένων τόσο σε εργαστηριακές όσο και σε πραγματικές συνθήκες.

<sup>43</sup> Στο πλαίσιο της εν λόγω πρωτοβουλίας επετεύχθη *διεμπλοκή* μεταξύ δύο ανεξάρτητης λειτουργίας κόμβων κβαντικού δικτύου, που χωρίζονταν από οπτικές ίνες μήκους 10 km. Παρομοίως, έχουν σημειωθεί τεχνολογικές εξελίξεις όσον αφορά την ανάπτυξη υλισμικού για το κβαντικό διαδίκτυο, συμπεριλαμβανομένων τεχνολογιών για κβαντικούς επαναλήπτες και κόμβων κβαντικών επαναληπτών, καθώς και εξελίξεις στον τομέα των ενοτήτων κβαντικού λογισμικού. <https://quantuminternetalliance.org/>.

<sup>44</sup> <https://quantuminternetalliance.org/>.

αφιερωμένο στο κβαντικό διαδίκτυο. Στην Ευρώπη έχουν υπάρξει ήδη οι πρώτοι βιομηχανικοί τεχνοβλαστοί και οι πρώτες κυκλοφορίες προϊόντων για το κβαντικό διαδίκτυο, γεγονός που σηματοδοτεί την πρώιμη μεταφορά τεχνολογίας στη βιομηχανία στον εν λόγω τομέα.

Η πρωτοβουλία έρευνας και καινοτομίας για μια κβαντική Ευρώπη θα υποστηρίξει την περαιτέρω τεχνολογική εξέλιξη του κβαντικού διαδικτύου<sup>45</sup> και θα διασφαλίσει τη διαλειτουργικότητα μεταξύ των διαφόρων υποκείμενων πλατφορμών υπολογιστικής. Το 2026 θα υποστηριχθεί, στο πλαίσιο της εν λόγω πρωτοβουλίας, η δρομολόγηση πιλοτικής εγκατάστασης για το ευρωπαϊκό κβαντικό διαδίκτυο, η οποία θα καταστήσει εφικτές τις δοκιμές καίριων κβαντοανθεκτικών κατασκευαστικών στοιχείων και περιπτώσεων έγκαιρης χρήσης, ασφαλών υπηρεσιών κβαντικού υπολογιστικού νέφους, καταναμημένης υπολογιστικής και προηγμένων περιβαλλόντων επικύρωσης ώστε να υπάρξει σύνδεση μεταξύ έρευνας και ανάπτυξης προτού ξεκινήσει η πλήρης λειτουργία. Στόχος είναι **η ανάπτυξη ενός πλήρως λειτουργικού κβαντοανθεκτικού δικτύου επικοινωνιών έως το 2030 ως πρώτο βήμα για τη δημιουργία ενός ενοποιημένου κβαντικού διαδικτύου**. Αυτό θα βοηθήσει επίσης την ΕΕ να βρεθεί στην πρώτη γραμμή της διεθνούς τυποποίησης στον εν λόγω τομέα. Παράλληλα, δεδομένου ότι η πρόοδος της κβαντικής υπολογιστικής ενέχει κινδύνους για την ασφάλεια των επικοινωνιών μας<sup>46</sup>, η ΕΕ και τα κράτη μέλη της εφαρμόζουν πλέον **τη σύσταση για τη μετακβαντική κρυπτογραφία**<sup>47</sup> και έχουν μόλις δημοσιεύσει **χάρτη πορείας**<sup>48</sup> για τη μετάβαση στη μετακβαντική κρυπτογραφία.

- Ανάπτυξη του πρώτου διασυνδεδεμένου, σε επίπεδο ΕΕ, πειραματικού κβαντικού δικτύου ασφαλών επίγειων και διαστημικών επικοινωνιών [έως το 2030]
- Δημοσίευση χάρτη πορείας για τις κβαντικές επικοινωνίες [2026]
- Δρομολόγηση πιλοτικής εγκατάστασης για το ευρωπαϊκό κβαντικό διαδίκτυο [2026]

### 2.2.3 Κβαντική ανίχνευση

Η κβαντική ανίχνευση αξιοποιεί κβαντικές ιδιότητες για τη μέτρηση φυσικών χαρακτηριστικών με πρωτοφανή ευαισθησία και ακρίβεια, υπερβαίνοντας σημαντικά τις ικανότητες των συμβατικών αισθητήρων<sup>49</sup>. Ενέχει τεράστιες δυνατότητες σε πολλούς και διάφορους τομείς, από την υγειονομική περίθαλψη, την κλιματική αλλαγή και την παρακολούθηση των υπόγειων υδάτων έως την ασφάλεια, την άμυνα, το διάστημα και τη ναυσιπλοΐα.

Η εμβληματική πρωτοβουλία της ΕΕ για την κβαντική τεχνολογία έχει διαδραματίσει ηγετικό ρόλο στην προώθηση των τεχνολογιών κβαντικής ανίχνευσης από το στάδιο της βασικής

<sup>45</sup> Παραδείγματα: επεκτασιμότητα κβαντικής μνήμης, ενισχυμένη κατανομή της διεμπλοκής και ανάπτυξη ενοτήτων λογισμικού για το κβαντικό διαδίκτυο.

<sup>46</sup> Για παράδειγμα, στο πλαίσιο μιας έννοιας γνωστής ως «αποθήκευση τώρα, αποκρυπτογράφηση αργότερα» (store now, decrypt later), οι εγκληματίες συσσωρεύουν ήδη κρυπτογραφημένες πληροφορίες, όπως βάσεις δεδομένων, προστατευμένα αρχεία ή δεδομένα επικοινωνιών τα οποία έχουν κλαπεί, και τις διατηρούν με σκοπό να τις αποκρυπτογραφήσουν αργότερα με τη χρήση κβαντικών υπολογιστών για κακόβουλους σκοπούς. Βλ. για παράδειγμα: [The Second Quantum Revolution: the impact of quantum computing and quantum technologies on law enforcement](#) (Η δεύτερη κβαντική επανάσταση: ο αντίκτυπος της κβαντικής υπολογιστικής και των κβαντικών τεχνολογιών στην επιβολή του νόμου) (έκθεση της Europol, 2024).

<sup>47</sup> [Σύσταση σχετικά με έναν χάρτη πορείας συντονισμένης εφαρμογής για τη μετάβαση στη μετακβαντική κρυπτογραφία | Διαμόρφωση του ψηφιακού μέλλοντος της Ευρώπης.](#)

<sup>48</sup> Ο εν λόγω χάρτης πορείας προσδιορίζει τους κβαντοανθεκτικούς αλγόριθμους, τα πρότυπα ανάπτυξης και τα συστήματα πιστοποίησης που πρέπει να εκπονηθούν με σκοπό την προστασία ευαίσθητων πληροφοριών και υποδομών ζωτικής σημασίας. [Η ΕΕ ενισχύει την κυβερνοασφάλεια με τη μετακβαντική κρυπτογραφία | Διαμόρφωση του ψηφιακού μέλλοντος της Ευρώπης.](#)

<sup>49</sup> Π.χ., στα πλεονεκτήματα της κβαντικής ανίχνευσης έναντι των παραδοσιακών τεχνικών ανίχνευσης περιλαμβάνονται τα κατωτέρω: αυξημένη ευαισθησία ανίχνευσης φυσικών μεγεθών όπως μαγνητικά πεδία, θερμοκρασία, βαρύτητα κ.λπ.· βελτιωμένη ακρίβεια των μετρήσεων, καλύτερη ανάλυση.

επιστήμης στο στάδιο της έρευνας που βασίζεται στις εφαρμογές. Δοκιμάζονται ήδη λειτουργικά πρωτότυπα σε πραγματικά περιβάλλοντα, γεγονός που αναδεικνύει την ηγετική θέση της Ευρώπης όσον αφορά τόσο την καινοτομία των αισθητήρων όσο και τη δημιουργία των προϋποθέσεων για βιομηχανική ανάπτυξη και υιοθέτηση σε εφαρμογές με δυνατότητες διττής χρήσης.

### **Κβαντικά βαρυτόμετρα**

Η ΕΕ αναπτύσσει επί του παρόντος **δίκτυο κινητών και σταθερών κβαντικών βαρυτόμετρων**<sup>50</sup>, τα οποία καθιστούν δυνατή την ανίχνευση χαρακτηριστικών του υπεδάφους που βρίσκονται έως και αρκετές δεκάδες χιλιόμετρα κάτω από την επιφάνεια του εδάφους, μεταξύ άλλων ταμειυτήρων νερού, κοιτασμάτων αερίου, ορυκτών πόρων, θαλάμων μάγματος και θαμμένων υποδομών. Είναι ιδιαίτερα χρήσιμα για την παρακολούθηση αλλαγών που επέρχονται στο υπέδαφος με την πάροδο του χρόνου, την υποστήριξη εφαρμογών στους τομείς των γεωεπιστημών και της γεωφυσικής (συμπεριλαμβανομένης της χαρτογράφησης του υπεδάφους και της έγκαιρης προειδοποίησης για σεισμούς), την επιστήμη του κλίματος (π.χ. παρακολούθηση της απώλειας παγετώνων και της εξάντλησης των υπόγειων υδάτων), την πρόληψη φυσικών κινδύνων, τα έργα πολιτικού μηχανικού και τις στρατηγικές εφαρμογές στους τομείς της άμυνας και της πολιτικής προστασίας, όπως ο εντοπισμός υπόγειων ανθρωπογενών δομών και η παρακολούθηση υποδομών ζωτικής σημασίας.

Στο πλαίσιο της εμβληματικής πρωτοβουλίας για την κβαντική τεχνολογία, κατά τα επόμενα 3-5 έτη θα αναπτυχθεί σε ολόκληρη την Ευρώπη ένα δίκτυο βαρυτόμετρων εδάφους, το οποίο θα συμπληρώνεται με βαρυτόμετρα που θα λειτουργούν σε πλατφόρμες μεγάλου υψομέτρου. Παράλληλα, η ΕΕ σχεδιάζει να δρομολογήσει την πρώτη πτήση κβαντικής διαστημικής **βαρυτομετρίας**, τη λεγόμενη **Pathfinder Flight**<sup>51</sup>, μετά το 2030. Θα διερευνηθεί επίσης η ενσωμάτωση της κβαντικής βαρυτομετρίας στο πλαίσιο των αποστολών μεταπαρακολούθησης του IRIS<sup>2</sup>. Οι προσπάθειες αυτές θα μπορούσαν να προετοιμάσουν το έδαφος για ένα πλήρους κλίμακας δίκτυο χερσαίων, εναέριων και διαστημικών βαρυτόμετρων με σκοπό τη γεωσκόπηση, το οποίο θα υποστηρίζει τόσο την επιστημονική έρευνα όσο και στρατηγικές εφαρμογές, συμπεριλαμβανομένων εκείνων με δυνατότητες διττής χρήσης.

### **Κβαντική απεικόνιση μαγνητικού συντονισμού (στο εξής: Q-MRI)**

Στον τομέα της ιατρικής διάγνωσης, η έρευνα της ΕΕ προετοίμασε το έδαφος για απεικονιστική ενισχυόμενη μέσω κβαντικής τεχνολογίας, με τη χρήση κβαντικών αισθητήρων για τη μέτρηση των μαγνητικών σημάτων σε μοριακό επίπεδο. Τα συστήματα αυτά δημιουργούν τεράστιες προσδοκίες για ιατρική ακριβείας και εξατομικευμένη υγειονομική περίθαλψη χάρη στην επιτάχυνση της ανίχνευσης του καρκίνου και των νευροεκφυλιστικών νόσων, καθώς και στον εκσυγχρονισμό των διαγνωστικών υποδομών στην Ευρώπη.

Το 2025, στο πλαίσιο της εμβληματικής πρωτοβουλίας για την κβαντική τεχνολογία, η ΕΕ θα στηρίξει τη δημιουργία της ευρωπαϊκής **πilotικής υποδομής Q-MRI**<sup>52</sup> σε ορισμένα κράτη μέλη. Η υποδομή αυτή θα καταστήσει δυνατή την κλινική επικύρωση συστημάτων MRI ενισχυόμενων μέσω κβαντικής τεχνολογίας<sup>53</sup> και θα παράσχει ανοικτή πρόσβαση σε διαπιστευμένα ερευνητικά κέντρα, νοσοκομεία και εταίρους του κλάδου για δοκιμές εγκεκριμένων πρωτοτύπων κβαντικής απεικόνισης. Με την ενσωμάτωση εργαλείων ανάλυσης που βασίζονται στην TN, η υποδομή αυτή θα ενισχύσει τη διαγνωστική ακρίβεια, θα στηρίξει την έγκαιρη παρέμβαση και θα συμβάλει στη μείωση του συνολικού κόστους της υγειονομικής

<sup>50</sup> 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>.

<sup>51</sup> <https://carioqa-quantumpathfinder.eu/>: με επικεφαλής τις CNES, DLR και Airbus.

<sup>52</sup> [Quantum-enhanced and AI-powered metabolic MRI Diagnostics \(Συστήματα μεταβολικής διαγνωστικής MRI ενισχυόμενα μέσω κβαντικής τεχνολογίας και τροφοδοτούμενα μέσω TN\)](#).

<sup>53</sup> Θα αναπτυχθούν ως ελεγχόμενες κλινικές δοκιμές βάσει του κανονισμού της ΕΕ για τα ιατροτεχνολογικά προϊόντα.

περίθαλψης. Με την πάροδο του χρόνου, το δίκτυο αυτό θα επεκταθεί σταδιακά και σε άλλα κράτη μέλη.

Στο πλαίσιο της πρωτοβουλίας έρευνας και καινοτομίας για μια κβαντική Ευρώπη, θα συνεχιστεί η χρηματοδότηση της περαιτέρω έρευνας και ανάπτυξης για τους αισθητήρες Q-MRI και της ενσωμάτωσής τους στις ερευνητικές υποδομές στον τομέα της δημόσιας υγείας, ανοίγοντας έτσι τον δρόμο για την περαιτέρω βιομηχανοποίηση της παραγωγής τους.

Εκτός από τα ανωτέρω, η ΕΕ θα εξακολουθήσει να στηρίζει την έρευνα για **αυξημένη ευαισθησία και νέα επίπεδα απεικονιστικής αντίθεσης** ώστε να δημιουργηθούν καινοτόμες διαγνωστικές δυνατότητες, για παράδειγμα στη νευρολογία (π.χ. διαταραχές συνδεσιμότητας του εγκεφάλου στα πρώιμα στάδια της νόσου του Αλτσχάιμερ) ή στην ογκολογία (π.χ. ανίχνευση καρκίνου μέσω μεταβολικής απεικόνισης).

Προκειμένου να προωθήσει περαιτέρω τη στρατηγική της θέση και τον σχεδιασμό στους τομείς των τεχνολογιών κβαντικής ανίχνευσης και των υποδομών μετρολογίας και δοκιμών, **η ΕΕ θα αναπτύξει έναν συντονισμένο ευρωπαϊκό χάρτη πορείας για την κβαντική ανίχνευση, μέτρηση και δοκιμή** και θα υποστηρίξει τις σχετικές προσπάθειες τυποποίησης σε συνεργασία με ινστιτούτα μετρολογίας και τα κράτη μέλη. Βασικός στόχος θα είναι επίσης η διασφάλιση της ευρωπαϊκής στρατηγικής αυτονομίας μέσω ασφαλών και συμμορφούμενων αλυσίδων εφοδιασμού για κρίσιμα κατασκευαστικά στοιχεία και συστήματα ανίχνευσης.

- Εγκατάσταση καταναμημένου συστήματος βαρυτόμετρων σε ολόκληρη την Ευρώπη [από το 2026 και έπειτα]
- Δημοσίευση χάρτη πορείας για την κβαντική ανίχνευση [2026]
- Δημιουργία ευρωπαϊκής πιλοτικής υποδομής Q-MRI και επέκτασή της σε ολόκληρη την Ευρώπη [από το 2025 και έπειτα]

### 2.3 Τομέας 3: Το κβαντικό οικοσύστημα της Ευρώπης

Η ύπαρξη ενός δυναμικού, διασυνδεδεμένου και ισχυρού κβαντικού οικοσυστήματος είναι ζωτικής σημασίας προκειμένου η Ευρώπη να έχει τη μακροπρόθεσμη ικανότητα να αναπτύσσει και να εφαρμόζει κβαντικές τεχνολογίες σε ευρεία κλίμακα. Σήμερα, το ευρωπαϊκό κβαντικό οικοσύστημα περιλαμβάνει περίπου 70 νεοφυείς και αναπτυσσόμενες νέες επιχειρήσεις, επενδυτές υπερπροηγμένης τεχνολογίας, οργανισμούς έρευνας και καινοτομίας, εθνικούς συνεργατικούς σχηματισμούς ικανοτήτων και βιομηχανικές αλυσίδες εφοδιασμού. **Ωστόσο, το εν λόγω οικοσύστημα εξακολουθεί να είναι εξαιρετικά εύθραυστο.** Κυριαρχείται από μικρές νεοφυείς και αναπτυσσόμενες νέες επιχειρήσεις που αντιμετωπίζουν σημαντικά εμπόδια στην ανάπτυξη: **ασταθείς ροές εσόδων, περιορισμένη πρόσβαση σε κεφάλαια ανάπτυξης και περιορισμένη βιομηχανική ζήτηση** στο εγγύς μέλλον. Επιπλέον, η ΕΕ δεν διαθέτει μεγάλης κλίμακας παρόχους κβαντικού υλισμικού και ισχυρούς τελικούς χρήστες που είναι ικανοί να τονώσουν τη ζήτηση και να επιταχύνουν την υιοθέτηση σε βιομηχανικό επίπεδο. Αυτή η διαρθρωτική αδυναμία περιορίζει τόσο τις ιδιωτικές επενδύσεις όσο και τη δημιουργία κρίσιμων αλυσίδων εφοδιασμού.

Χωρίς συντονισμένη παρέμβαση και προσβάσιμες διαδρομές που να οδηγούν σε πραγματικές ευκαιρίες στην αγορά, πολλές από αυτές τις νεοφυείς επιχειρήσεις κινδυνεύουν να εξαφανιστούν ή να μετεγκατασταθούν σε πιο υποστηρικτικά οικοσυστήματα εκτός Ευρώπης.

Προκειμένου να υποστηρίξει αυτό το οικοσύστημα, η Ευρώπη πρέπει να λάβει αποφασιστικά μέτρα για την προώθηση της βιομηχανοποίησης, την επέκταση των παραγόντων με προοπτική, τη διασφάλιση στρατηγικών αλυσίδων εφοδιασμού, την ανάπτυξη πρωτοπόρων αγορών, την προστασία στρατηγικών περιουσιακών στοιχείων και την κατάρτιση της επόμενης γενιάς επαγγελματιών στον τομέα της κβαντικής τεχνολογίας.

#### 2.3.1 Από το εργαστήριο στην παραγωγή (from lab to fab) και τη βιομηχανοποίηση

Η παγκόσμια αγορά κβαντικών τεχνολογιών βρίσκεται ακόμη σε αναδυόμενο στάδιο. Από το σημερινό επίπεδο των 2-3 δισ. EUR, προβλέπεται να φτάσει τα 155 δισ. EUR έως το 2040<sup>54</sup>. Με δεδομένη αυτή τη μελλοντική ανάπτυξη, απαιτείται συντονισμένη, ενοποιημένη στρατηγική βιομηχανοποίησης από μέρους της ΕΕ ώστε οι ευρωπαϊκές εταιρείες να μπορέσουν να αξιοποιήσουν αυτή την επικείμενη ευκαιρία.

Τα **κβαντικά μικροκυκλώματα** αποτελούν τον βασικό υποκείμενο παράγοντα διευκόλυνσης για την κβαντική βιομηχανοποίηση και την ανάπτυξη της αγοράς. Ωστόσο, σήμερα η εξέλιξή τους βρίσκεται σε στάδιο συγκρίσιμο με εκείνο των ημιαγωγών πριν από 30-40 έτη, καθώς οι περισσότερες κβαντικές συσκευές βασίζονται κυρίως σε ιδιόκτητα σχέδια και είναι ως επί το πλείστον χειροποίητες.

**Η Ευρώπη πρέπει να προχωρήσει ταχύτατα προς την πρώτη μεγάλης κλίμακας και χαμηλού κόστους κατασκευή κβαντικών μικροκυκλωμάτων, χρησιμοποιώντας, στο μέτρο του δυνατού, διαδικασίες συμβατές με εκείνες που εφαρμόζονται για τα μικροηλεκτρονικά και φωτονικά συστήματα ή αναπτύσσοντας νέες διαδικασίες όπου αυτό είναι απαραίτητο.** Η προσέγγιση αυτή θα καταστήσει δυνατή τη μόχλευση υφιστάμενων υποδομών ημιαγωγών, τη μείωση του κόστους και την επιτάχυνση του χρόνου που απαιτείται για τη διάθεση κβαντικών μικροκυκλωμάτων και συσκευών στην αγορά.

Προς την κατεύθυνση αυτή, η ΕΕ θα δρομολογήσει σύντομα τις πρώτες έξι κβαντικές πιλοτικές γραμμές της μέσω της κοινής επιχείρησης «Μικροκυκλώματα» σύμφωνα με τον κανονισμό για τα μικροκυκλώματα<sup>55</sup>. Με κοινή χρηματοδότηση από την ΕΕ και τα κράτη μέλη ύψους 40 έως 50 εκατ. EUR ανά πιλοτική γραμμή, οι εν λόγω γραμμές θα στηρίζουν την έγκαιρη ανάπτυξη πρωτοτύπων, την επικύρωση σχεδιασμού και την εκπόνηση διαδικασιών, προάγοντας παράλληλα περιπτώσεις πρακτικής χρήσης μέσω στενής συνεργασίας με τη βιομηχανία. Αυτές οι έξι πιλοτικές γραμμές θα επεκτείνουν τις βάσεις που τίθενται μέσω των πειραματικών πιλοτικών γραμμών της εμβληματικής πρωτοβουλίας για την κβαντική τεχνολογία<sup>56</sup> ώστε να καταστούν βιομηχανικές πιλοτικές γραμμές.

Κατά τα επόμενα 3-5 έτη, οι προσπάθειες αυτές θα δώσουν στην Ευρώπη τη δυνατότητα να ωριμάσει περαιτέρω και να εδραιώσει κβαντικές και άλλες τεχνολογίες και διαδικασίες γενικής εφαρμογής, πριν από την κατασκευή των πρώτων κβαντικών χυτηρίων (quantum foundries), με χρονικό ορίζοντα το 2030. Προκειμένου να υποστηριχθούν ο σχεδιασμός της πλήρους βιομηχανοποίησης και η εφαρμογή του σχεδιασμού αυτού, και σύμφωνα με την Πυξίδα Ανταγωνιστικότητας της ΕΕ, **η Επιτροπή θα δημοσιεύσει χάρτη πορείας πλήρους κλίμακας για τη βιομηχανοποίηση κβαντικών μικροκυκλωμάτων εντός του 2026.**

Δεδομένου ότι οι εγκαταστάσεις σχεδιασμού και οι βιβλιοθήκες είναι θεμελιώδους σημασίας για κάθε οικοσύστημα κβαντικών μικροκυκλωμάτων, η ΕΕ θα δρομολογήσει μια **εγκατάσταση κβαντικού σχεδιασμού** στο πλαίσιο της κοινής επιχείρησης «Μικροκυκλώματα». Η εγκατάσταση θα λειτουργεί παράλληλα με την πλατφόρμα σχεδιασμού βάσει υπολογιστικού νέφους της βιομηχανίας ημιαγωγών και θα συνδέεται με τις κβαντικές πιλοτικές γραμμές.

Θα απαιτηθούν επίσης τεχνική διαλειτουργικότητα και νέα πρότυπα προκειμένου να διευκολυνθεί η βιομηχανοποίηση της κβαντικής τεχνολογίας. Ως εκ τούτου, το 2026 η ΕΕ θα δημοσιεύσει **χάρτη πορείας για ευρωπαϊκά πρότυπα κβαντικής τεχνολογίας** και, από κοινού με τα κράτη μέλη, θα υποστηρίξει την ενεργό συμμετοχή των ενδιαφερομένων μερών του κλάδου σε ευρωπαϊκούς και διεθνείς οργανισμούς τυποποίησης.

### 2.3.2 Ενίσχυση και επέκταση του αναδυόμενου ευρωπαϊκού κβαντικού οικοσυστήματος

<sup>54</sup> [McKinsey Quantum Technology Monitor 2024](#).

<sup>55</sup> Κανονισμός (ΕΕ) 2023/1781: [Ευρωπαϊκή πράξη για τα μικροκυκλώματα | Διαμόρφωση του ψηφιακού μέλλοντος της Ευρώπης](#).

<sup>56</sup> [QU-PILOT](#) και [QU-TEST](#).

Προκειμένου να επεκταθεί όντως το ευρωπαϊκό κβαντικό οικοσύστημα, θα τεθούν σε εφαρμογή τα κάτωθι μέτρα.

Πρώτον, **δημιουργία ενός πανευρωπαϊκού κεντρικού δικτύου κβαντικών συστημάτων δοκιμών ανοικτής πρόσβασης**. Οι κβαντικές τεχνολογίες βασίζονται σε εξαιρετικά ευαίσθητα συστήματα και εργαστήρια<sup>57</sup> που είναι τεχνικά πολύπλοκα και εξαιρετικά δαπανηρά. Ως εκ τούτου, οι περισσότεροι φορείς, ιδίως οι ΜΜΕ και οι νεοφυείς επιχειρήσεις, δεν έχουν την πρακτική δυνατότητα να κατασκευάζουν ή να συντηρούν τέτοιες εγκαταστάσεις ανεξάρτητα. Προκειμένου να επεκταθεί η πρόσβαση σε εγκαταστάσεις δοκιμών, ειδικό εξοπλισμό και δυνατότητες πειραματισμού, οι υφιστάμενες πιλοτικές εγκαταστάσεις της εμβληματικής πρωτοβουλίας για την κβαντική τεχνολογία μετατρέπονται σε πανευρωπαϊκό, κεντρικό δίκτυο κβαντικών συστημάτων δοκιμών ανοικτής πρόσβασης. Οι εγκαταστάσεις αυτές θα παρέχουν στους φορείς ανάπτυξης, στις νεοφυείς επιχειρήσεις, στις ΜΜΕ και στους ερευνητές υπηρεσίες και πρόσβαση για τη δοκιμή, την επικύρωση και τη συγκριτική αξιολόγηση των κβαντικών συσκευών τους<sup>58</sup>. Έτσι θα επιταχυνθεί η μετάβαση από το πρωτότυπο στην αγορά και θα υποστηριχθούν οι προσπάθειες πιστοποίησης, οι οποίες είναι απαραίτητες για τη δημιουργία αξιόπιστων αλυσίδων εφοδιασμού και για την εμπιστοσύνη των πελατών σε όλους τους τομείς.

Δεύτερον, **επέκταση των συνεργατικών σχηματισμών κβαντικών ικανοτήτων (στο εξής: QCC)**. Οι εν λόγω συνεργατικοί σχηματισμοί είναι ήδη ενσωματωμένοι σε εθνικά και περιφερειακά οικοσυστήματα καινοτομίας σε διάφορα κράτη μέλη. Πρόκειται για περιφερειακούς κόμβους που παρέχουν κοινόχρηστες υποδομές και υπηρεσίες, ενώ παράλληλα συνδέουν παράγοντες στους τομείς της έρευνας και της βιομηχανίας. Η πρωτοβουλία έρευνας και καινοτομίας για μια κβαντική Ευρώπη θα στηρίξει την επέκταση και δικτύωση αυτών των συνεργατικών σχηματισμών ώστε να καλύψουν ολόκληρη την ΕΕ, μεταξύ άλλων και στα κράτη μέλη που δεν διαθέτουν ακόμη τέτοιους συνεργατικούς σχηματισμούς. Οι QCC θα λειτουργούν ως κατακευκτωμένα κέντρα εμπειρογνώσεως και θα χρησιμεύουν ως ο συνδετικός ιστός του κβαντικού οικοσυστήματος, συνδέοντας νεοφυείς επιχειρήσεις, ερευνητές και βιομηχανικούς εταίρους με υποδομές, πιλοτικές γραμμές και εγκαταστάσεις σχεδιασμού σε ολόκληρη την Ένωση. Θα προωθήσουν τη συνεργασία<sup>59</sup> και τη συνοχή σε όλους τους κβαντικούς τομείς στρατηγικού ενδιαφέροντος, από την έρευνα έως τη βιομηχανοποίηση, καθώς και την ανάπτυξη δεξιοτήτων. Όπως και οι ευρωπαϊκοί κόμβοι ψηφιακής καινοτομίας (EDIH), οι QCC θα προσφέρουν υπηρεσίες προσαρμοσμένες στα περιφερειακά πλεονεκτήματα, οι οποίες, ωστόσο, θα είναι ενσωματωμένες στην πανευρωπαϊκή συνεργασία και θα την ενισχύουν.

Τρίτον, **προώθηση μηχανισμών προστασίας της διανοητικής ιδιοκτησίας**, ώστε οι εταιρείες κβαντικής τεχνολογίας να μπορούν να τους χρησιμοποιούν για να διασφαλίζουν τον στρατηγικό έλεγχο βασικών καινοτομιών και να αποτρέπουν την εκροή περιουσιακών στοιχείων ζωτικής σημασίας.

Τέταρτον, **επιτάχυνση της υιοθέτησης κβαντικών τεχνολογιών από τη βιομηχανία**. Η ΕΕ θα εφαρμόσει συντονισμένη προσέγγιση για την ενίσχυση των κύριων χρηστών τόσο στον δημόσιο όσο και στον ιδιωτικό τομέα. Στο πλαίσιο αυτό, **οι δημόσιες συμβάσεις θα αποτελέσουν βασικό εργαλείο για την προώθηση της έγκαιρης υιοθέτησης και τη δημιουργία ευκαιριών για αρχική είσοδο στην αγορά**. Η κοινή επιχείρηση για την EuroHPC υποστηρίζει ήδη την αγορά των πρώτων κβαντικών υπολογιστών μέσω δημόσιων συμβάσεων. Επιπροσθέτως, η Επιτροπή θα υποστηρίξει προγράμματα δημόσιων συμβάσεων προσανατολισμένα στην καινοτομία, που δίνουν στα νοσοκομεία, στους διαχειριστές

<sup>57</sup> Εν προκειμένω περιλαμβάνονται, μεταξύ άλλων, εξαιρετικά καθαρά περιβάλλοντα, κρυογονική ψύξη, συστήματα κενού και ηλεκτρονικά συστήματα ελέγχου ακριβείας κ.λπ.

<sup>58</sup> Σύμφωνα με την επικείμενη [ευρωπαϊκή στρατηγική για τις υποδομές έρευνας και τεχνολογίας](#).

<sup>59</sup> Σύμφωνα με τους σχετικούς αντιμονοπωλιακούς κανόνες της ΕΕ, όπως οι κατευθυντήριες γραμμές του 2023 για την εφαρμογή του άρθρου 101 της ΣΛΕΕ στις συμφωνίες οριζόντιας συνεργασίας, κατά περίπτωση.

υποδομών, στις δημόσιες υπηρεσίες ζωτικής σημασίας και στους κρατικούς οργανισμούς τη δυνατότητα να ενεργούν ως αρχικοί πελάτες για λύσεις βασισμένες στην κβαντική τεχνολογία. Αυτό θα υποστηριχθεί με ειδικά προσαρμοσμένα χρηματοοικονομικά κίνητρα και πλαίσια ανάπτυξης για δημόσιους φορείς που θα είναι έτοιμοι να πρωτοπορήσουν. Το γεγονός ότι **τα κράτη μέλη θα είναι οι πρώτοι θεσμικοί αγοραστές ευρωπαϊκών κβαντικών τεχνολογιών** θα στείλει ένα ισχυρό μήνυμα στις αγορές και τους επενδυτές, στηρίζοντας έτσι την ανάπτυξη οικοσυστημάτων και την εμπορική βιωσιμότητα.

Πέμπτον, **σύνδεση των νεοφυών επιχειρήσεων κβαντικής τεχνολογίας με ευρωπαϊκές εταιρείες**. Αυτό θα είναι ουσιώδες για την επέκταση των νεοφυών επιχειρήσεων στην αγορά. Η Επιτροπή, σε συνεργασία με το κβαντικό οικοσύστημα<sup>60</sup>, θα δρομολογήσει ειδικές τομεακές προκλήσεις, ιδίως στους τομείς της αεροδιαστημικής, της αυτοκινητοβιομηχανίας, της ενέργειας, της παραγωγής, της εφοδιαστικής και των φαρμακευτικών προϊόντων, ώστε να ωθήσει τους μεγάλους βιομηχανικούς παράγοντες να καταστούν κύριοι χρήστες και στρατηγικοί εταίροι στην από κοινού ανάπτυξη.

Τέλος, για να αναπτυχθεί το κβαντικό οικοσύστημα θα απαιτηθεί η εισροή σχετικών ταλέντων. Το θέμα αυτό εξετάζεται περαιτέρω στην ενότητα 2.5 κατωτέρω.

### 2.3.3 Επενδύσεις σε νεοφυείς και αναπτυσσόμενες νέες επιχειρήσεις κβαντικής τεχνολογίας

Παρότι η χρηματοδότηση στο στάδιο της εκκίνησης (pre-seed funding) και στο προλειτουργικό στάδιο (seed-stage funding) είναι ευρέως διαθέσιμη από δημόσιες πηγές, η Ευρώπη προσελκύει μόλις το 5 % της παγκόσμιας ιδιωτικής χρηματοδότησης για την κβαντική τεχνολογία, σε σύγκριση με τις ΗΠΑ όπου το αντίστοιχο ποσοστό υπερβαίνει το 50 %. Αυτή η χρηματοδοτική υστέρηση είναι ιδιαίτερα έντονη σε μεταγενέστερα στάδια ανάπτυξης<sup>61</sup>, γεγονός που ενέχει τον κίνδυνο εξαγοράς των ενωσιακών νεοφυών επιχειρήσεων από μη Ευρωπαίους επενδυτές, με δυνητικές απώλειες όσον αφορά τη διανοητική ιδιοκτησία, τις τεχνολογίες ζωτικής σημασίας, την τεχνολογική κυριαρχία και τα ταλέντα.

Ως εκ τούτου, θα υπάρξει παρότρυνση των επενδυτικών κεφαλαίων, συμπεριλαμβανομένων των ιδιωτικών κεφαλαίων που υποστηρίζονται από το δημόσιο, να προσελκύσουν σημαντικές επενδύσεις κεφαλαίου για την ανάπτυξη κβαντικών τεχνολογιών. Εν προκειμένω περιλαμβάνονται η στήριξη από το Ταμείο του Ευρωπαϊκού Συμβουλίου Καινοτομίας (στο εξής: ΕΣΚ)<sup>62</sup>, η πρωτοβουλία για τους ευρωπαϊκούς πρωταθλητές στον τομέα της τεχνολογίας (European Tech Champions)<sup>63</sup> του Ομίλου της Ευρωπαϊκής Τράπεζας Επενδύσεων (στο εξής: ΕΤΕΠ) ή μέσω εγγυήσεων πρώτης ζημίας και προσαρμοσμένων προγραμμάτων συνεπένδυσης μέσω του InvestEU.

Στο πλαίσιο της στρατηγικής της ΕΕ για τις νεοφυείς και τις αναπτυσσόμενες νέες επιχειρήσεις, η οποία εγκρίθηκε τον Μάιο του 2025<sup>64</sup>, ανακοινώθηκε η σύσταση του **Ταμείου «Scaleup Europe»** στο πλαίσιο του ταμείου του ΕΣΚ, με σκοπό την κινητοποίηση σημαντικών ιδιωτικών κεφαλαίων και την πραγματοποίηση άμεσων επενδύσεων μετοχικού κεφαλαίου σε στρατηγικούς τομείς, όπως η κβαντική τεχνολογία. Η στρατηγική της ΕΕ για τις νεοφυείς και τις αναπτυσσόμενες νέες επιχειρήσεις προσφέρει επίσης ειδικές λύσεις που έχουν

<sup>60</sup> European Quantum Industry Consortium [Αρχική σελίδα — QuIC](#).

<sup>61</sup> [The Future of European Competitiveness – A Competitiveness Strategy for Europe](#) (Το μέλλον της ευρωπαϊκής ανταγωνιστικότητας — Στρατηγική ανταγωνιστικότητας για την Ευρώπη).

<sup>62</sup> Μεταξύ των ετών 2021 και 2024 το ΕΣΚ έχει ήδη διαθέσει περίπου 350 εκατ. EUR προκειμένου να προωθήσει την ανάπτυξη νεοφυών επιχειρήσεων κβαντικής τεχνολογίας. Πρόσθετες επενδύσεις του ΕΣΚ σε αναπτυσσόμενες νέες επιχειρήσεις κβαντικής τεχνολογίας, ύψους έως 30 εκατ. EUR ανά εταιρεία, προετοιμάζονται μετά την πρόσκληση για την επέκταση της STEP του ΕΣΚ στο πλαίσιο της πλατφόρμας στρατηγικών τεχνολογιών για την Ευρώπη.

<sup>63</sup> [Fund of Funds to Support European Tech Champions](#).

<sup>64</sup> [https://research-and-innovation.ec.europa.eu/strategy/strategy-research-and-innovation/jobs-and-economy/eu-startup-and-scaleup-strategy\\_el](https://research-and-innovation.ec.europa.eu/strategy/strategy-research-and-innovation/jobs-and-economy/eu-startup-and-scaleup-strategy_el).

σκοπό να διευκολύνουν την πρόσβαση σε χρηματοδότηση, δημόσιες συμβάσεις, αγορές, υπηρεσίες και ταλέντα για τις καινοτόμες νεοφυείς και αναπτυσσόμενες νέες επιχειρήσεις.

Επιπροσθέτως, όπως προτείνεται στην ενδιάμεση επανεξέταση της πολιτικής συνοχής<sup>65</sup>, οι διαχειριστικές αρχές θα μπορούσαν να αξιοποιήσουν την ευκαιρία, με υποστήριξη μέσω παροχής κινήτρων και δυνατοτήτων ευελιξίας, για ανακατανομή των κονδυλίων σε επενδύσεις, μεταξύ άλλων προτεραιοτήτων, σε στόχους της πλατφόρμας στρατηγικών τεχνολογιών για την Ευρώπη (STEP). Η Επιτροπή καλεί τα κράτη μέλη και τις περιφέρειες να εστιάσουν, κατά τον αναπρογραμματισμό στο πλαίσιο της ενδιάμεσης επανεξέτασης, σε ρηξικέλευθες, καινοτόμες εταιρείες, βοηθώντας τις εταιρείες που συμβάλλουν στους στρατηγικούς τομείς και τις αξιακές αλυσίδες της Ευρώπης, όπως οι κβαντικές τεχνολογίες.

Τέλος, στο πλαίσιο της Ένωσης Αποταμιεύσεων και Επενδύσεων<sup>66</sup>, η Επιτροπή θα προτείνει μέτρα για την αντιμετώπιση του κατακερματισμού της ενιαίας αγοράς χρηματοπιστωτικών υπηρεσιών και για την άρση των εμποδίων που δυσχεραίνουν την απρόσκοπτη πραγματοποίηση διασυνοριακών επενδύσεων στην ΕΕ, μεταξύ άλλων σε επιχειρηματικά κεφάλαια που είναι καθοριστικής σημασίας για την ανάπτυξη κβαντικών τεχνολογιών. Η ΕΕ θα τονώσει, μεταξύ άλλων, τις επενδύσεις μετοχικού κεφαλαίου που πραγματοποιούνται από θεσμικούς επενδυτές, θα απλουστεύσει τους κανόνες εισαγωγής στο χρηματιστήριο κατά την εφαρμογή της νομοθετικής πράξης για την εισαγωγή στο χρηματιστήριο, θα προτείνει μέτρα για τη στήριξη της εξόδου των επενδυτών σε ιδιωτικές εταιρείες και θα διερευνήσει, σε συνεργασία με την ΕΤΕπ, δυνητικές πρωτοβουλίες που αποσκοπούν στην προσέλκυση ιδιωτικών επενδύσεων σε επιχειρηματικά και αναπτυξιακά κεφάλαια και στην αντιμετώπιση των φραγμών στις εθνικές φορολογικές διαδικασίες<sup>67</sup>.

### 2.3.4 Ενίσχυση της ασφάλειας της αλυσίδας εφοδιασμού

Η ύπαρξη ενός δυναμικού κβαντικού οικοσυστήματος που υποστηρίζεται από ανθεκτικές αλυσίδες εφοδιασμού είναι απαραίτητη για την ενίσχυση της οικονομικής ασφάλειας της Ευρώπης. Μολονότι το μακροχρόνιο άνοιγμα της ΕΕ στο εμπόριο, στις επενδύσεις και στην έρευνα ήταν, και θα εξακολουθήσει να είναι, καίριας σημασίας για την ανάπτυξη του κβαντικού οικοσυστήματος της Ευρώπης, θέτει επίσης ορισμένες προκλήσεις. Αφενός, οι εταιρείες και οι ερευνητές κβαντικής τεχνολογίας της Ευρώπης βασίζονται στη συνεχή ροή εφοδιασμού από αξιόπιστες πηγές και επωφελούνται σε μεγάλο βαθμό από αυτήν. Αφετέρου, υπάρχει η απειλή εργαλειοποίησης των εν λόγω αλυσίδων εφοδιασμού. Ως εκ τούτου, είναι σημαντικό να εντοπιστούν και να αντιμετωπιστούν τα κρίσιμα τρωτά σημεία στην ευρωπαϊκή αλυσίδα εφοδιασμού της κβαντικής τεχνολογίας προκειμένου να μετριαστούν οι κίνδυνοι που δημιουργούνται από την υπερβολική εξάρτηση της ΕΕ από μη ευρωπαϊκές πηγές. Ως εκ τούτου, η χαρτογράφηση των κινδύνων και η στενή παρακολούθηση της εξέλιξης του αναδυόμενου κβαντικού οικοσυστήματος αποτελούν ουσιαστικό μέρος της ευρωπαϊκής προσέγγισης για την οικοδόμηση ενός υγιούς, ασφαλούς και ανταγωνιστικού ευρωπαϊκού τοπίου κβαντικής υπερπροηγμένης τεχνολογίας.

Στο πλαίσιο της στρατηγικής για την ενίσχυση της ευρωπαϊκής οικονομικής ασφάλειας<sup>68</sup>, καθώς και του παρατηρητηρίου για τις κρίσιμες τεχνολογίες<sup>69</sup>, και σε στενή συνεργασία με τα ενδιαφερόμενα μέρη και τα κράτη μέλη, η **Επιτροπή διενεργεί αξιολόγηση των κινδύνων της κβαντικής τεχνολογίας σε επίπεδο ΕΕ για τη χαρτογράφηση των τρωτών σημείων της αλυσίδας εφοδιασμού**, εξετάζοντας ιδίως τα υλικά, τα κατασκευαστικά στοιχεία και τις

<sup>65</sup> «Εκσυγχρονισμός της πολιτικής συνοχής: Η ενδιάμεση επανεξέταση» [COM(2025) 163 final].

<sup>66</sup> [Savings and investments union \(Ένωση Αποταμιεύσεων και Επενδύσεων\) — Ευρωπαϊκή Επιτροπή](#).

<sup>67</sup> Με παράλληλη τήρηση των σχετικών κανόνων για τις κρατικές ενισχύσεις, κατά περίπτωση.

<sup>68</sup> [JOIN\(2023\) 20 final](#): <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/PDF/?uri=CELEX:52023JC0020>. Η στρατηγική αυτή περιλαμβάνει επίσης εκτιμήσεις κινδύνου όσον αφορά την τεχνολογική ασφάλεια και τη διαρροή τεχνολογίας, για τις οποίες οι κβαντικές τεχνολογίες αποτελούν μέχρι στιγμής έναν από τους τέσσερις τομείς εστίασης.

<sup>69</sup> [https://defence-industry-space.ec.europa.eu/eu-space/eu-observatory-critical-technologies\\_el](https://defence-industry-space.ec.europa.eu/eu-space/eu-observatory-critical-technologies_el).

βασικές τεχνολογίες. Στόχος των αξιολογήσεων αυτών είναι ο εντοπισμός στρατηγικών εξαρτήσεων, δυνητικών σημείων συμφόρησης και συστημικών τρωτών σημείων στην αλυσίδα εφοδιασμού της κβαντικής τεχνολογίας, που περιλαμβάνει από σπάνια υλικά έως κατασκευαστικά στοιχεία ακριβείας, ηλεκτρονικά συστήματα ελέγχου και ενότητες λογισμικού. Από τα σχετικά πορίσματα θα προκύψουν στοιχεία για στοχευμένα μέτρα μετριασμού, που περιλαμβάνουν μεταξύ άλλων τη διαφοροποίηση των προμηθευτών, την ενίσχυση της ευρωπαϊκής παραγωγικής ικανότητας, τη σύμπραξη με προμηθεύτριες χώρες στο πλαίσιο της στρατηγικής Global Gateway και μηχανισμούς επιμερισμού του κινδύνου. Τα πρώτα αποτελέσματα αναμένονται το 2026. Επιπλέον, ο ρόλος που διαδραματίζουν οι κβαντικές τεχνολογίες στην εμπέδωση της ασφάλειας και της δημόσιας τάξης στην ΕΕ αντικατοπτρίζεται στις συζητήσεις για τρέχουσες και μελλοντικές πρωτοβουλίες που αφορούν τόσο τις εισερχόμενες όσο και τις εξερχόμενες επενδύσεις, καθώς και στο πλαίσιο των ελέγχων των εξαγωγών.

Με βάση τα ανωτέρω πορίσματα, η επικείμενη **νομοθετική πράξη σχετικά με την κβαντική τεχνολογία** θα στηρίξει περαιτέρω την ενίσχυση του κβαντικού οικοσυστήματος και, γενικότερα, των ανωτέρω προσπαθειών βιομηχανοποίησης, παρέχοντας κίνητρα στα κράτη μέλη και στις εταιρείες, στους επενδυτές και στους ερευνητές, προκειμένου να επενδύσουν σε (πilotικές) εγκαταστάσεις παραγωγής, στηρίζοντας αυτές τις δραστηριότητες στο πλαίσιο πρωτοβουλιών μεγάλης κλίμακας σε επίπεδο ΕΕ ή εθνικών ή περιφερειακών προσπαθειών.

- Δημιουργία έξι νέων κβαντικών πιλοτικών γραμμών παραγωγής στο πλαίσιο της κοινής επιχείρησης «Μικροκυκλώματα» για την επέκταση των τεχνολογιών από το εργαστήριο στην αγορά [2025]
- Έκδοση χάρτη πορείας για τη βιομηχανοποίηση των κβαντικών μικροκυκλωμάτων [2026]
- Δρομολόγηση εγκατάστασης κβαντικού σχεδιασμού [2026]
- Δημοσίευση χάρτη πορείας για ευρωπαϊκά πρότυπα κβαντικής τεχνολογίας [2026]
- Επέκταση του δικτύου συνεργατικών σχηματισμών κβαντικών ικανοτήτων [2026]
- Διενέργεια και οριστικοποίηση αξιολογήσεων των τρωτών σημείων της αλυσίδας εφοδιασμού σε επίπεδο ΕΕ [2025-2026]

#### **2.4 Τομέας 4: Κβαντικές τεχνολογίες με διαστημική διάσταση και δυνατότητες διττής χρήσης (ασφάλεια και άμυνα)**

Οι κβαντικές τεχνολογίες έχουν δυνατότητες διττής χρήσης. Ως εκ τούτου, είναι απαραίτητες για την ενίσχυση τόσο της ανταγωνιστικότητας όσο και της στρατηγικής αυτονομίας της Ευρώπης στους τομείς του διαστήματος, της ασφάλειας και της άμυνας. Οι πρόσφατες εξελίξεις στις κβαντικές τεχνολογίες υπόσχονται σημαντικά οφέλη για την άμυνα και την ασφάλεια, μεταξύ άλλων εξαιρετικά ασφαλείς επικοινωνίες, ενισχυμένη ανίχνευση του πεδίου της μάχης και βελτιστοποιημένη εφοδιαστική. Ωστόσο, ενδέχεται επίσης να ενέχουν κινδύνους εάν οι αντίπαλοι αποκτήσουν τεχνολογικό πλεονέκτημα. Προκειμένου να αξιοποιηθούν στο έπακρο οι δυνατότητές τους και να μετριαστούν παράλληλα οι κίνδυνοι αυτοί, θα είναι ουσιώδες να ληφθούν προληπτικά μέτρα πολιτικής και εποπτείας, καθώς επίσης να υπάρξει στενός συντονισμός με βασικούς εταίρους, όπως ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Άμυνας.

##### ***Κβαντικές τεχνολογίες στο διάστημα***

Οι κβαντικές τεχνολογίες προσφέρουν στρατηγικά σημαντικές ευκαιρίες για τις ευρωπαϊκές διαστημικές αποστολές. Οι ασφαλείς τεχνολογίες κβαντικών επικοινωνιών είναι ήδη ενσωματωμένες σε βασικές διαστημικές πρωτοβουλίες της ΕΕ, συμπεριλαμβανομένων των EuroQCI/IRIS<sup>2</sup> και της αποστολής κβαντικής διαστημικής βαρυτομετρίας Pathfinder. Οι διαστημικές δραστηριότητες της ΕΕ καλύπτουν επίσης την προώθηση κβαντικών συστημάτων αδρανειακής πλοήγησης, συμπεριλαμβανομένων πρωτοτύπων που βασίζονται σε κβαντικούς

οπτικούς αισθητήρες στο πλαίσιο του προγράμματος Galileo, για αυτόνομο εντοπισμό θέσης σε περιβάλλοντα όπου τα παγκόσμια συστήματα πλοήγησης έχουν σκοπίμως απενεργοποιηθεί ή παραποιηθεί. Τα εν λόγω πρωτότυπα αναμένεται να υποβληθούν σε δοκιμές πάνω σε δορυφόρους του προγράμματος Galileo κατά τα επόμενα έτη, προκειμένου να αξιολογηθούν οι δυνατότητές τους για επιχειρησιακή ανάπτυξη. Παράλληλα, αξιολογούνται επίσης κβαντικά ρολόγια για μελλοντικές αναβαθμίσεις του Galileo. Η κβαντική υπολογιστική αναμένεται επίσης να ενισχύσει τη διαστημική μηχανική μέσω προηγμένων υπολογιστικών δυνατοτήτων, μεταξύ άλλων προκειμένου να ενισχυθεί η κατανόηση του σύμπαντος από τον άνθρωπο. Πολλές κβαντικές διαστημικές εφαρμογές έχουν επίσης μεγάλες δυνατότητες αξιοποίησης για στρατιωτικούς σκοπούς και σκοπούς συλλογής πληροφοριών.

Από κοινού, αυτές οι κβαντικές τεχνολογίες υπόσχονται σημαντική πρόοδο όσον αφορά τη χρονική σταθερότητα, την ακρίβεια και την ανθεκτικότητα, ώστε να ενισχυθεί η στρατηγική αυτονομία της Ευρώπης στον τομέα της δορυφορικής πλοήγησης. Προκειμένου να διερευνηθούν περαιτέρω οι δυνατότητες της κβαντικής τεχνολογίας στο διάστημα, η Επιτροπή θα επεκτείνει το ισχύον πλαίσιο συνεργασίας με τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Διαστήματος (στο εξής: ΕΟΔ) για την από κοινού εκπόνηση **χάρτη πορείας για την κβαντική τεχνολογία στο διάστημα** και τη διασφάλιση συμπληρωματικότητας και συγχρονισμού των κβαντικών δραστηριοτήτων που σχετίζονται με το διάστημα.

### ***Κβαντικές τεχνολογίες για την ασφάλεια και την άμυνα***

Η δυνατότητα διττής χρήσης των κβαντικών τεχνολογιών σημαίνει ότι οι καινοτομίες τους μπορούν επίσης να αποφέρουν σημαντικά οφέλη σε στρατηγικές εφαρμογές ασφάλειας και άμυνας. Για παράδειγμα, η κβαντική υπολογιστική θα μπορούσε να μετασχηματίσει ριζικά τις αμυντικές στρατηγικές, καθιστώντας δυνατή την ταχύτερη λήψη αποφάσεων και συμβάλλοντας στην επίλυση πολύπλοκων επιχειρησιακών προκλήσεων και προκλήσεων εφοδιαστικής. Μπορεί επίσης να συμβάλει στον σχεδιασμό νέων υλικών στρατιωτικού επιπέδου και στην προστασία ευαίσθητων πληροφοριών από κυβερνοαπειλές.

Η κβαντική υπολογιστική αποσκοπεί στον μετασχηματισμό βασικών εφαρμογών ασφάλειας και άμυνας, όπως οι προσομοιώσεις ροών υγρών σε ακραίες θερμοκρασίες, η δυναμική της καύσης και η ανακάλυψη θερμοανθεκτικών υλικών. Οι τεχνολογίες κβαντικής ανίχνευσης προσφέρουν κρίσιμες δυνατότητες για την άμυνα, συμπεριλαμβανομένης της βαρυτομετρίας υψηλής ακρίβειας, της μαγνητομετρίας και της αδρανειακής πλοήγησης. Οι αισθητήρες αυτοί καθιστούν δυνατό τον εντοπισμό υπόγειων δομών, τον υποβρύχιο εντοπισμό και την προηγμένη ανίχνευση απειλών. Ταυτόχρονα, οι κβαντικές επικοινωνίες, ιδίως η διανομή κβαντικών κλειδιών, διασφαλίζουν την εξαιρετικά ασφαλή ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ επίγειων και δορυφορικών δικτύων, προστατεύοντας τα στρατιωτικά δεδομένα και τα δεδομένα πληροφοριών από κατασκοπεία ή μελλοντικές κυβερνοαπειλές βασισμένες στην κβαντική τεχνολογία. Ως εκ τούτου, τόσο οι τεχνολογίες ανίχνευσης όσο και οι τεχνολογίες επικοινωνιών αποτελούν βασικούς παράγοντες διευκόλυνσης για τη στρατηγική αυτονομία και την επιχειρησιακή υπεροχή της Ευρώπης σε ζητήματα άμυνας και ασφάλειας.

Παράγοντες παγκόσμιας εμβέλειας, όπως οι ΗΠΑ<sup>70</sup> και η Κίνα, πραγματοποιούν εκτεταμένες επενδύσεις σε διαστημικές και στρατιωτικές εφαρμογές κβαντικής τεχνολογίας, συμπεριλαμβανομένων της πλοήγησης χωρίς τη χρήση του παγκόσμιου δορυφορικού συστήματος πλοήγησης (στο εξής: GNSS), των ασφαλών δορυφορικών και επίγειων επικοινωνιών, του κβαντικού LiDAR<sup>71</sup> και των ενισχυόμενων μέσω κβαντικής τεχνολογίας

<sup>70</sup> Πρωτοβουλία συγκριτικής αξιολόγησης κβαντικής τεχνολογίας: <https://www.darpa.mil/research/programs/quantum-benchmarking-initiative>.

<sup>71</sup> Το κβαντικό LiDAR είναι ένα σύστημα ανίχνευσης φωτός και μέτρησης απόστασης που χρησιμοποιεί κβαντικές ιδιότητες όπως η διεμπλοκή προκειμένου να ανιχνεύσει την ευαισθησία και την ακρίβεια στην ανίχνευση του στόχου και στην εκτίμηση της απόστασης με τρόπο που υπερβαίνει τα συμβατικά όρια.

ραντάρ. Οι κβαντικές τεχνολογίες έχουν αρχίσει επίσης να επηρεάζουν ευρύτερες συμμαχίες και πλαίσια συνεργασίας<sup>72</sup>.

Στην ΕΕ, αρκετά κράτη μέλη<sup>73</sup> περιλαμβάνουν ήδη στα αμυντικά τους προγράμματα επενδύσεις για την ανάπτυξη κβαντικών τεχνολογιών έτοιμων προς χρήση για αμυντικούς σκοπούς, όπως οι αισθητήρες ψυχρών ατόμων, οι αισθητήρες διαμαντιών και οι κβαντικοί υπολογιστές, και διερευνούν περιπτώσεις χρήσης όπως ο προηγμένος χρονισμός, ο εντοπισμός θέσης χωρίς τη χρήση του GNSS και η χαρτογράφηση του θαλάσσιου βυθού.

Προκειμένου να ενισχυθούν οι επενδυτικές ευκαιρίες που αφορούν τεχνολογίες διττής χρήσης και αμυντικές τεχνολογίες ζωτικής σημασίας στο πλαίσιο ενωσιακών προγραμμάτων, η Επιτροπή προσφάτως υπέβαλε πρόταση<sup>74</sup> για την τροποποίηση του πεδίου εφαρμογής των σχετικών υφιστάμενων μέσων. Η Επιτροπή έχει επίσης θέσει σε εφαρμογή μέτρα για την αξιοποίηση τεχνολογιών με δυνατότητες διττής χρήσης, συμπεριλαμβανομένης της κβαντικής τεχνολογίας, για την άμυνα, για παράδειγμα μέσω δράσεων στο πλαίσιο του Ευρωπαϊκού Ταμείου Άμυνας και του οικείου ενωσιακού προγράμματος καινοτομίας στον τομέα της άμυνας (EUDIS).

Βασική προϋπόθεση για όλες αυτές τις δραστηριότητες είναι να διασφαλίσει η Ευρώπη ότι οι εξελίξεις στην κβαντική τεχνολογία θα εξακολουθήσουν να είναι προσβάσιμες, ασφαλείς και απαλλαγμένες από εξαγωγικούς κανονισμούς τρίτων χωρών, αλλά και ευθυγραμμισμένες με τους ευρωπαϊκούς στόχους για την άμυνα και την ασφάλεια.

Η ΕΕ και το NATO αναγνωρίζουν επίσης ότι οι κβαντικές τεχνολογίες είναι καθοριστικοί παράγοντες για αποστολές που σχετίζονται με τη συλλογή πληροφοριών, την επιτήρηση, την πλοήγηση και τις ασφαλείς υποδομές. Το 2024 το NATO εγκαινίασε τη διατλαντική κβαντική κοινότητα με τη φιλοδοξία να καταστεί «συμμαχία έτοιμη για την κβαντική τεχνολογία». Η Επιτροπή και το NATO ασχολούνται με τις κβαντικές τεχνολογίες στο πλαίσιο του διαρθρωμένου διαλόγου ΕΕ-NATO για τις αναδυόμενες και ανατρεπτικές τεχνολογίες.

Η **ευρωπαϊκή στρατηγική για την εσωτερική ασφάλεια ProtectEU**, καθώς και το Ευρωπαϊκό Ταμείο Άμυνας, προσδιορίζουν τις κβαντικές τεχνολογίες ως βασικό τομέα για την εγγύηση της ασφάλειας και του τεχνολογικού πλεονεκτήματος της ΕΕ μακροπρόθεσμα. Οι κβαντικές τεχνολογίες αναφέρονται επίσης στη **λευκή βίβλο για την ευρωπαϊκή άμυνα — Ετοιμότητα με ορίζοντα το 2030** ως ικανές να ανατρέψουν και να μετασηματίσουν τις παραδοσιακές προσεγγίσεις όσον αφορά τον πόλεμο. Η λευκή βίβλος ανακοινώνει ότι η Επιτροπή θα συμβάλει στον **ευρωπαϊκό τεχνολογικό χάρτη πορείας στον τομέα των εξοπλισμών** μέσω σημαντικών εξελίξεων, πρωτοβουλιών και προγραμμάτων στον τομέα της κβαντικής τεχνολογίας. Κατ' αυτόν τον τρόπο θα επιταχυνθεί ο μετασηματισμός της άμυνας, με τη μόχλευση επενδύσεων σε προηγμένες τεχνολογικές δυνατότητες διττής χρήσης σε ενωσιακό, εθνικό και ιδιωτικό επίπεδο.

Για την καθοδήγηση αυτών των προσπαθειών, **η Επιτροπή θα εκπονήσει ειδικό χάρτη πορείας για τη διαστημική και αμυντική τεχνολογία κβαντικής ανίχνευσης έως το 2026**, ευθυγραμμίζοντας τις προτεραιότητες μεταξύ των μη στρατιωτικών κοινοτήτων και των κοινοτήτων ασφάλειας και άμυνας. Τούτο θα συμβάλει στον συντονισμό των επενδύσεων σε

---

<sup>72</sup> Π.χ. [BRICS And Quantum Computing](#).

<sup>73</sup> Π.χ. Γαλλία (πρόγραμμα PROQCIMA σχετικά με κβαντικούς αισθητήρες για την άμυνα — <https://quantique.france2030.gouv.fr/acces-aux-marches/programme-proqcima>), Γερμανία (κβαντικές επικοινωνίες και κβαντική ανίχνευση στο πλαίσιο του BMBF), Ιταλία (αισθητήρες ψυχρών ατόμων για πλοήγηση χωρίς τη χρήση του GNSS), Αυστρία (κβαντικά ρολόγια και αδρανειακοί αισθητήρες), Φινλανδία (φορητά συστήματα κβαντικής ανίχνευσης για αμυντική χρήση).

<sup>74</sup> [COM\(2025\) 188 της 22.4.2025](#): Πρόταση κανονισμού για την τροποποίηση των κανονισμών (ΕΕ) 2021/694, (ΕΕ) 2021/695, (ΕΕ) 2021/697, (ΕΕ) 2021/1153, (ΕΕ) 2023/1525 και (ΕΕ) 2024/795 σχετικά με την παροχή κινητήρων για επενδύσεις που συνδέονται με τον τομέα της άμυνας στον προϋπολογισμό της ΕΕ με σκοπό την εφαρμογή του σχεδίου ReArm Europe.

κβαντικούς αισθητήρες επόμενης γενιάς, μεταξύ άλλων για τη βαρυτομετρία, την πλοήγηση και την προηγμένη ανίχνευση απειλών.

Παράλληλα, αρχής γενησομένης από το 2026, η ΕΕ θα δρομολογήσει πρωτοβουλίες για την εισροή τεχνολογίας με σκοπό την επιτάχυνση της υιοθέτησης μη στρατιωτικών κβαντικών καινοτομιών σε εφαρμογές ασφάλειας και άμυνας. Οι πρωτοβουλίες αυτές θα συνδέσουν εταιρείες και ερευνητικές ομάδες αιχμής με αμυντικούς παράγοντες, συμβάλλοντας έτσι στη συντόμευση των κύκλων ανάπτυξης και ενισχύοντας το τεχνολογικό πλεονέκτημα της Ευρώπης στον τομέα των **ικανοτήτων με δυνατότητες διττής χρήσης**.

- Υπογραφή συμφωνίας συνεργασίας με τον ΕΟΔ για την εκπόνηση χάρτη πορείας για την κβαντική τεχνολογία στο διάστημα [δεύτερο τρίμηνο του 2025]
- Εκπόνηση χάρτη πορείας για την κβαντική ανίχνευση και τη διαστημική και αμυντική τεχνολογία [2026]
- Συμβολή στον ευρωπαϊκό τεχνολογικό χάρτη πορείας στον τομέα των εξοπλισμών [τέταρτο τρίμηνο του 2025]
- Δρομολόγηση πρωτοβουλιών για την εισροή τεχνολογίας με σκοπό την προσέλκυση μη στρατιωτικών εταιρειών και ακαδημαϊκών φορέων στον τομέα των αμυντικών εφαρμογών [από το 2026 και έπειτα]

## 2.5 Τομέας 5: Κβαντικές δεξιότητες

Η Ευρώπη έχει αναπτύξει μια ισχυρή βάση ακαδημαϊκών ταλέντων στην κβαντική τεχνολογία. Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει παγκοσμίως τον μεγαλύτερο, σε σύγκριση με τον πληθυσμό της, αριθμό αποφοίτων σε τομείς σχετικούς με την κβαντική τεχνολογία, με πάνω από 110 000 αποφοίτους<sup>75</sup> ετησίως στους τομείς της φυσικής, των ΤΠΕ, της μηχανικής και των συναφών κλάδων. Σύμφωνα με το στρατηγικό θεματολόγιο για την έρευνα και τη βιομηχανία με ορίζοντα το 2030<sup>76</sup>, στο πλαίσιο της εμβληματικής πρωτοβουλίας για την κβαντική τεχνολογία, η Ευρώπη διαθέτει πάνω από 40 εξειδικευμένα μεταπτυχιακά προγράμματα στον τομέα των κβαντικών τεχνολογιών και της εφαρμοσμένης κβαντικής μηχανικής. Ωστόσο, αυτό εξακολουθεί να μην επαρκεί για την κάλυψη της προβλεπόμενης ζήτησης από τις νεοφυείς επιχειρήσεις και τη βιομηχανία της ΕΕ, η οποία αντιμετωπίζει σημαντικές ελλείψεις επαγγελματιών με σχετικές δεξιότητες στον τομέα της εφαρμοσμένης κβαντομηχανικής. Οι πλέον κρίσιμες ελλείψεις υφίστανται σε εφαρμοσμένους τομείς<sup>77</sup>, συμπεριλαμβανομένων των τομέων της μηχανικής κβαντικού λογισμικού, της ενοποίησης συστημάτων και της κβαντικής κυβερνοασφάλειας, γεγονός που επιβραδύνει την πορεία προς την εμπορική εκμετάλλευση για τις νεοφυείς και αναπτυσσόμενες νέες επιχειρήσεις που εδρεύουν στην ΕΕ.

Στο πλαίσιο της Ένωσης Δεξιοτήτων<sup>78</sup>, η Επιτροπή αναλαμβάνει διάφορες πρωτοβουλίες για την αντιμετώπιση των ελλείψεων δεξιοτήτων, συμπεριλαμβανομένων εκείνων που σχετίζονται με την κβαντική τεχνολογία. Το 2026 η Επιτροπή θα δημιουργήσει μια εικονική **ευρωπαϊκή ακαδημία κβαντικών δεξιοτήτων**, η οποία θα λειτουργεί ως ενιαίο, κεντρικό σημείο επαφής, διασφαλίζοντας την προβολή της διαθέσιμης κατάρτισης στον τομέα της κβαντικής τεχνολογίας και προσφέροντας ευκαιρίες πρακτικής εφαρμογής σε όλα τα επίπεδα εκπαίδευσης. Στο πλαίσιο της πρωτοβουλίας αυτής, η Επιτροπή θα προωθήσει τη συνεργασία με τους ακαδημαϊκούς φορείς, τα ιδρύματα κατάρτισης, την ερευνητική κοινότητα και τους εταίρους του κλάδου για τον σχεδιασμό και την υλοποίηση εκπαιδευτικών προγραμμάτων και αυτοτελών ενοτήτων κατάρτισης με τη χρήση διεπιστημονικής προσέγγισης. Τα προγράμματα αυτά θα περιλαμβάνουν κοινά προγράμματα σπουδών στα επίπεδα ISCED 7 (μεταπτυχιακό ή

<sup>75</sup> [Global Comparison of STEM Education | SpringerLink](#).

<sup>76</sup> Στρατηγικό θεματολόγιο για την έρευνα και τη βιομηχανία με ορίζοντα το 2030 (Εμβληματική πρωτοβουλία για την κβαντική τεχνολογία): <https://qt.eu/media/pdf/Strategic-Research-and-Industry-Agenda-2030.pdf>

<sup>77</sup> [IQM-State-of-Quantum-2025.pdf](#), RAND Europe: Quantum's Future Workforce Needs More Than Physicists.

<sup>78</sup> [COM\(2025\) 90 final](#).

ισοδύναμο επίπεδο) ή 8 (διδασκαρικό ή ισοδύναμο επίπεδο) που οδηγούν στην απόκτηση πτυχίου, στα οποία χρησιμοποιείται το ευρωπαϊκό σύστημα μεταφοράς και συσσώρευσης ακαδημαϊκών μονάδων (ECTS). Αυτού του είδους τα προγράμματα θα προωθηθούν μέσω εικονικών εκθέσεων σπουδών και προγραμμάτων υποτροφιών.

Επιπλέον, με σκοπό την προώθηση μελλοντοστρεφών δεξιοτήτων, η Επιτροπή θα διευκολύνει την εκπόνηση καινοτόμων κοινών ευρωπαϊκών προγραμμάτων σπουδών, μεταξύ άλλων σε στρατηγικούς τομείς και βασικούς τεχνολογικούς κλάδους όπως η κβαντική τεχνολογία, ενδεχομένως μέσω ενός ευρωπαϊκού πτυχίου/σήματος που θα βασίζεται σε από κοινού συμφωνηθέντα κριτήρια.

Η ακαδημία θα στηρίξει επίσης —σύμφωνα με τον στόχο της Ένωσης Δεξιοτήτων για την προσέλκυση και τη διατήρηση ταλέντων από όλο τον κόσμο— προγράμματα υποτροφιών κβαντικής τεχνολογίας που θα δώσουν τη δυνατότητα σε υποψήφιους διδάκτορες υψηλής ειδίκευσης από την ΕΕ και από τρίτες χώρες, καθώς και σε νεαρούς επαγγελματίες που ζουν εκτός της ΕΕ, να εργαστούν στην ΕΕ.

Με σκοπό την επέκταση και τη διάδοση των δραστηριοτήτων της, η ακαδημία θα αναπτύξει πρακτικές επικοινωνίας και ευαισθητοποίησης. Εν προκειμένω θα περιλαμβάνονται, μεταξύ άλλων, ειδική ιστοσελίδα προορισμού που θα λειτουργεί ως **διαδικτυακή πύλη ταλέντων κβαντικής τεχνολογίας**, η οποία θα είναι ενσωματωμένη στην πλατφόρμα ψηφιακών δεξιοτήτων και θέσεων εργασίας, ενότητες «διδασκαλίας του διδάσκοντος» για εκπαιδευτικούς τριτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης με σκοπό την επίτευξη κβαντικού γραμματισμού κατά τα αρχικά στάδια της εκπαίδευσης, καθώς και την ανταλλαγή βέλτιστων πρακτικών με τα κράτη μέλη και τις επιλέξιμες τρίτες χώρες.

Η επικοινωνιακή προβολή από μέρους της εικονικής ακαδημίας θα έχει ως στόχο την ενίσχυση της ευαισθητοποίησης του κοινού, καθώς και τη βελτίωση της κατανόησης, της εμπιστοσύνης και της τεκμηριωμένης συμμετοχής της κοινωνίας σε πολιτικές στον τομέα των κβαντικών τεχνολογιών. Είναι σημαντικό ότι οι δραστηριότητες επικοινωνίας και ευαισθητοποίησης του κοινού θα συμβάλουν επίσης στην ενίσχυση της πολυμορφίας και στη γεφύρωση του σημαντικού χάσματος μεταξύ των φύλων που εξακολουθεί να υφίσταται στο κβαντικό εργατικό δυναμικό της Ευρώπης<sup>79</sup>.

Παρότι η εικονική ακαδημία αποτελεί ένα αρχικό σημαντικό βήμα, το μακροπρόθεσμο όραμα συνίσταται στη δημιουργία πολυάριθμων, δικτυωμένων ακαδημιών διεσπαρμένων γεωγραφικά σε ολόκληρη την ΕΕ, οι οποίες θα συνδέονται με συνεργατικούς σχηματισμούς κβαντικών ικανοτήτων, καθώς και με κέντρα ικανοτήτων για τους ημιαγωγούς, ώστε να πολλαπλασιαστεί η αποτελεσματικότητά τους.

Επιπροσθέτως, στο πλαίσιο του προγράμματος «Ψηφιακή Ευρώπη»<sup>80</sup>, η Επιτροπή θα υποστηρίξει ένα πιλοτικό έργο για **πρόγραμμα μαθητείας στην κβαντική τεχνολογία** με σκοπό την προετοιμασία ενός αποθέματος ειδικών στην κβαντική τεχνολογία που θα έχουν εκπαιδευτεί σε έργα υπό πραγματικές συνθήκες και θα είναι έτοιμοι να (επαν)εισέλθουν στην αγορά εργασίας της ΕΕ, καθώς και τη θέσπιση προγραμμάτων «επιστροφής» για επαγγελματίες. Επιπλέον, προκειμένου να δημιουργηθούν περαιτέρω ενάρετοι κύκλοι μεταξύ των ακαδημαϊκών φορέων και της βιομηχανίας, η Επιτροπή θα αναπτύξει, από το 2026, **ευρωπαϊκούς διαγωνισμούς προηγμένων ψηφιακών δεξιοτήτων**, οι οποίοι θα έχουν ως στόχο τη συμμετοχή των νέων στη συνδημιουργία λύσεων βασιζόμενων στην κβαντική τεχνολογία για την αντιμετώπιση βασικών κοινωνικών και βιομηχανικών προκλήσεων και θα προωθούν τη δημιουργική και καινοτόμο σκέψη.

<sup>79</sup> Υφίστανται σημαντικές ανισοροπίες μεταξύ των φύλων στην τριτοβάθμια εκπαίδευση και τη σταδιοδρομία στους τομείς των φυσικών επιστημών, της τεχνολογίας, της μηχανικής και των μαθηματικών. Βλ. την έκθεση [2024 She Figures](#).

<sup>80</sup><https://digital-skills-jobs.europa.eu/en/opportunities/funding/digital-2025-skills-08-quantum-academy-step-sectoral-digital-skills-academies>.

Καθώς η τεχνολογία αναπτύσσεται γρήγορα, οι απαιτήσεις των επαγγελματικών προφίλ για δεξιότητες που σχετίζονται με την κβαντική τεχνολογία εξελίσσονται και μεταβάλλονται, και ως εκ τούτου είναι επίσης ουσιώδης η διαρκής παρακολούθηση των παρόχων εκπαίδευσης και κατάρτισης, καθώς και των αναγκών της βιομηχανίας και των απαιτήσεων του εργατικού δυναμικού. Στο πλαίσιο της Ένωσης Δεξιοτήτων, το ευρωπαϊκό παρατηρητήριο πληροφοριών για τις δεξιότητες θα παρακολουθεί εγκαίρως τις εξελίξεις όσον αφορά τις ανάγκες για δεξιότητες σε στρατηγικούς τομείς στην Ευρώπη.

Το 2025 το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο Καινοτομίας θα δρομολογήσει επίσης πιλοτικό πρόγραμμα για **επισκέπτες ερευνητές σε νεοφυείς επιχειρήσεις κβαντικής τεχνολογίας**. Η δράση αυτή θα διευκολύνει τις στοχευμένες τοποθετήσεις ερευνητών ανάλογα με τις ειδικές ανάγκες των εταιρειών υψηλής ανάπτυξης που θα διευκολύνονται μέσω ειδικής πλατφόρμας για τη σύνδεση ερευνητών και καινοτόμων νεοφυών και αναπτυσσόμενων νέων επιχειρήσεων.

Τέλος, η Επιτροπή θα δρομολογήσει ένα **ευρωπαϊκό πρόγραμμα κινητικότητας ταλέντων κβαντικής τεχνολογίας** με σκοπό την ενίσχυση της διεθνούς κινητικότητας του εργατικού δυναμικού και της ανάπτυξης δεξιοτήτων μεταξύ της ΕΕ, των κρατών μελών και των χωρών-εταίρων, συμπεριλαμβανομένων υποτροφιών για διδάκτορες και επαγγελματίες από τρίτες χώρες που βρίσκονται στα αρχικά στάδια της σταδιοδρομίας τους στον τομέα της κβαντικής, διατηρώντας και στηρίζοντας παράλληλα το υφιστάμενο εργατικό δυναμικό ώστε να αποφεύγεται η διαρροή εγκεφάλων. Με σκοπό την προσέλκυση, την ανάπτυξη και τη διατήρηση άριστων διεθνών ερευνητών στον τομέα της κβαντικής, η Επιτροπή θα θέσει επίσης σε πιλοτική εφαρμογή τη δράση Marie Skłodowska-Curie «**MSCA Choose Europe**», η οποία θα καλύπτει επίσης, μεταξύ άλλων, ερευνητές στον τομέα της κβαντικής.

- Δημιουργία της Ευρωπαϊκής Ακαδημίας Κβαντικών Δεξιοτήτων [2026]
- Δρομολόγηση ευρωπαϊκών διαγωνισμών προηγμένων ψηφιακών δεξιοτήτων στον τομέα της κβαντικής [από το 2026 και έπειτα]
- Δρομολόγηση πιλοτικού προγράμματος για επισκέπτες ερευνητές σε νεοφυείς επιχειρήσεις κβαντικής τεχνολογίας [2025]
- Δρομολόγηση του ευρωπαϊκού προγράμματος κινητικότητας ταλέντων κβαντικής τεχνολογίας [από το 2026 και έπειτα]

### 3 Στρατηγικό πλαίσιο υλοποίησης για την κβαντική Ευρώπη

#### 3.1 Οι κύριες συνιστώσες υλοποίησης της στρατηγικής για την κβαντική Ευρώπη

Το ευρωπαϊκό πεδίο της κβαντικής τεχνολογίας παρουσιάζει μοναδικά χαρακτηριστικά: οι κβαντικές τεχνολογίες είναι ακόμη ως επί το πλείστον αναδυόμενες, καθώς πολλές από τις βασικές συνιστώσες τους —όσον αφορά τόσο το υλισμικό όσο και το λογισμικό— εξακολουθούν να βρίσκονται σε πρώιμο στάδιο ωριμότητας. Για την περαιτέρω ανάπτυξή τους μέσω μιας παραδοσιακής, γραμμικής πορείας από τη θεμελιώδη επιστήμη έως την αγορά θα απαιτούνταν 10 έως 15 έτη. Για να επιταχυνθεί αυτή η διαδικασία, θα εφαρμοστεί η ακόλουθη **προσαρμοσμένη λογική υλοποίησης με βάση τον κύκλο ζωής της τεχνολογίας**, στο πλαίσιο της οποίας η έρευνα, η καινοτομία, οι υποδομές και η πρώιμη δημιουργία αγοράς θα ενσωματωθούν άρρηκτα σε έναν συνεχή κύκλο.

**Η προσέγγιση με βάση τον κύκλο ζωής είναι ιδιαίτερα ζωτικής σημασίας για το ευρωπαϊκό οικοσύστημα, καθώς εξακολουθούν να υπάρχουν σημαντικά επιστημονικά και τεχνικά εμπόδια<sup>81</sup> σε όλους τους τομείς της κβαντικής, τα οποία πρέπει να**

<sup>81</sup> Στα παραδείγματα τέτοιων εμποδίων περιλαμβάνονται, στον τομέα της κβαντικής υπολογιστικής, τα επεκτάσιμα συστήματα διόρθωσης σφαλμάτων σε κβαντικά συστήματα, οι κβαντικές διασυνδέσεις για δομοστοιχειωτές αρχιτεκτονικές και τα κρυογονικά ηλεκτρονικά συστήματα ελέγχου· στον τομέα των κβαντικών επικοινωνιών, οι κβαντικοί επαναλήπτες μεγάλων αποστάσεων, η κατανομή διεμπλοκής ανεξαρτήτως συσκευής,

αντιμετωπιστούν και να μετατραπούν σε απτές τεχνολογίες. Η Ευρώπη πρέπει όχι μόνο να επιλύσει αυτά τα προβλήματα, αλλά και να μετατρέψει ταχύτατα τις λύσεις που θα προκύψουν σε εφαρμογές έτοιμες για την αγορά προτού οι ανά τον κόσμο ανταγωνιστές καταφέρουν να καταλάβουν στρατηγική δεσπόζουσα θέση.

Για την αντιμετώπιση των επιστημονικών και τεχνικών εμποδίων, η πρωτοβουλία έρευνας και καινοτομίας για μια κβαντική Ευρώπη (που περιγράφεται στην ενότητα 2.1. ανωτέρω) θα στηρίξει:

- **στοχευμένες επιστημονικές και τεχνολογικές (στο εξής: E&T) προσπάθειες** που εστιάζουν στην επίλυση των τρεχουσών βασικών E&T προκλήσεων οι οποίες περιορίζουν την πρόοδο σε όλους τους τομείς της κβαντικής τεχνολογίας. Οι προκλήσεις αυτές θα αντιμετωπιστούν κυρίως μέσω E&T προσκλήσεων υποβολής προτάσεων από την κορυφή προς τη βάση, οι οποίες θα συμπληρώνουν τις συνήθεις E&T προσκλήσεις υποβολής προτάσεων από τη βάση προς την κορυφή.
- **ανατρεπτικές δραστηριότητες E&K στην αγορά και στοχευμένες δράσεις για την ωρίμαση συγκεκριμένων κβαντικών τεχνολογιών και τεχνολογιών γενικής εφαρμογής.** Στόχος είναι να ελαχιστοποιηθεί ο κίνδυνος της καινοτομίας στον τομέα της κβαντικής τεχνολογίας και να επιταχυνθεί η μεταφορά σημαντικών ερευνητικών ανακαλύψεων για υιοθέτηση σε βιομηχανικό επίπεδο.

Επιπλέον, και προκειμένου να ενισχυθούν οι προαναφερθείσες προσπάθειες και δραστηριότητες, θα εφαρμοστεί η ακόλουθη προσέγγιση:

### ***Μηχανισμός για τις «μεγάλες προκλήσεις»***

Οι «μεγάλες προκλήσεις της κβαντικής τεχνολογίας» θα χρησιμεύσουν ως στρατηγικά μέσα για την αντιμετώπιση σαφώς καθορισμένων προβλημάτων κβαντικής τεχνολογίας με υψηλό αντίκτυπο. Αυτές οι «μεγάλες προκλήσεις» έχουν σχεδιαστεί για να φέρουν σε επαφή επιστήμονες, βιομηχανικούς χρήστες, κατασκευαστές, φορείς ολοκλήρωσης και παράγοντες από τους τομείς τόσο των κβαντικών τεχνολογιών όσο και των τεχνολογιών γενικής εφαρμογής, στο πλαίσιο μιας συντονισμένης προσπάθειας με επίπεδο φιλοδοξίας και διάρθρωσης παρόμοιο με εκείνο παλαιότερων πρωτοβουλιών προσανατολισμένων σε αποστολές.

Θα εστιάσουν σε μεμονωμένες νεοφυείς / αναπτυσσόμενες νέες επιχειρήσεις προκειμένου να τις στηρίξουν κατά την υλοποίηση του χάρτη πορείας τους για τις ρηξικέλευθες τεχνολογίες μέσω μιας ανταγωνιστικής και συνεργατικής αναπτυξιακής διαδικασίας. Μια «μεγάλη πρόκληση» θα τις φέρει σε επαφή με κορυφαίους βιομηχανικούς χρήστες και ερευνητές για την από κοινού ανάπτυξη ζωτικής σημασίας, επεκτάσιμων λύσεων κβαντικής τεχνολογίας. Η συμμετοχή κορυφαίων βιομηχανικών χρηστών είναι απαραίτητη προκειμένου οι νεοφυείς επιχειρήσεις να πληρούν τις βιομηχανικές απαιτήσεις και να επικυρώνουν τις τεχνολογίες τους σε βιομηχανικά περιβάλλοντα. Κατά περίπτωση, φορείς από τον τομέα της άμυνας, συμπεριλαμβανομένων των υπουργείων άμυνας και των αμυντικών εταιρειών, μπορούν να συμμετέχουν ως τελικοί χρήστες σε συγκεκριμένες «μεγάλες προκλήσεις».

Οι νεοφυείς / αναπτυσσόμενες νέες επιχειρήσεις που θα επιλεγούν για τη «μεγάλη πρόκληση» θα επωφεληθούν από μια συνδυασμένη δέσμη μέσων (επιχορηγήσεις, ίδια κεφάλαια, δάνεια ή άλλα μεικτά χρηματοδοτικά μέσα). Ευθύς εξαρχής, θα συμμετέχουν τόσο δημόσιοι όσο και ιδιωτικοί οικονομικοί φορείς ώστε να διασφαλιστεί η ευθυγράμμιση με τους στρατηγικούς επενδυτικούς στόχους και να μεγιστοποιηθεί ο αντίκτυπος.

---

και τα ασφαλή δίκτυα για τα οποία δεν απαιτούνται αξιόπιστοι κόμβοι και στον τομέα της κβαντικής ανίχνευσης, τα μικροσκοπικά, εγκαταστήσιμα συστήματα βαρυτομετρίας, τα συστήματα Q-MRI υψηλής ευκρίνειας και οι αδρανειακοί αισθητήρες για πλοήγηση χωρίς τη χρήση του GNSS.

**Μεταξύ των ετών 2025 και 2027 η Επιτροπή, από κοινού με την Ευρωπαϊκή Τράπεζα Επενδύσεων και τα κράτη μέλη, θα θέσει σε πιλοτική εφαρμογή τουλάχιστον δύο τέτοιες «μεγάλες προκλήσεις». Η πρώτη θα εστιάσει σε συστήματα κβαντικής υπολογιστικής ανθεκτικά σε σφάλματα, ικανά να επιλύουν πολύπλοκα βιομηχανικά προβλήματα. Η δεύτερη θα στοχεύει σε συστήματα εντοπισμού θέσης, πλοήγησης και χρονισμού (στο εξής: PNT) βασισμένα στην κβαντική τεχνολογία, για περιβάλλοντα όπου δεν λειτουργούν τα παγκόσμια δορυφορικά συστήματα πλοήγησης. Ανάλογα με τη διαθέσιμη χρηματοδότηση, ενδέχεται να ακολουθήσουν και άλλες «μεγάλες προκλήσεις», για παράδειγμα, όσον αφορά την κβαντικά ενισχυόμενη ιατρική απεικόνιση (Q-MRI), με σκοπό την υποστήριξη της έγκαιρης διάγνωσης νόσων και της εξατομικευμένης ιατρικής.**

### ***Προσέγγιση με βάση τον κύκλο ζωής της τεχνολογίας***

Όλες οι ανωτέρω προσπάθειες θα υποστηριχθούν από μια **προσέγγιση με βάση τον κύκλο ζωής της τεχνολογίας, η οποία θα ενσωματώνει τους πέντε στρατηγικούς τομείς της στρατηγικής για την κβαντική Ευρώπη** στο πλαίσιο μιας συντονισμένης και επαναλαμβανόμενης διαδικασίας ανάπτυξης που θα καθιστά δυνατή τη συνεχή επανάληψη μεταξύ ανακάλυψης, ανάπτυξης, δοκιμής και υλοποίησης.

Οι κβαντικές δημόσιες υποδομές και οι πιλοτικές γραμμές της Ευρώπης που παρουσιάζονται στην ενότητα 2.2 ανωτέρω βρίσκονται στο επίκεντρο αυτού του μοντέλου. Οι εγκαταστάσεις αυτές λειτουργούν ως γέφυρα μεταξύ της έρευνας και της βιομηχανοποίησης. Η δημιουργία, η συντήρηση και η επέκτασή τους παρέχει τις απαραίτητες φυσικές και οργανωτικές βάσεις για την περαιτέρω ενίσχυση και καλλιέργεια ολόκληρου του κβαντικού οικοσυστήματος. Μπορούν να μετουσιώσουν την έρευνα σε πρακτικές εφαρμογές, παρέχοντας τα συστήματα δοκιμών, τις εγκαταστάσεις και τα δίκτυα που απαιτούνται για τη δοκιμή, την επικύρωση και την επέκταση των ερευνητικών επιτευγμάτων. Χρησιμεύουν επίσης ως εξαιρετικά πεδία προσέλκυσης ταλέντων και ανάπτυξης πρακτικών εφαρμογών και περιπτώσεων χρήσης. Τέλος, βοηθούν τις νεοφυείς επιχειρήσεις και τις ΜΜΕ κβαντικής τεχνολογίας να αποκτήσουν πρόσβαση στις πλέον πρόσφατες τεχνολογικές πλατφόρμες και εργαστηριακές εγκαταστάσεις, όπου μπορούν να αναπτύξουν περαιτέρω τα πρωτότυπα τους και να τα προετοιμάσουν για βιομηχανική αξιοποίηση. Το ενοποιημένο δίκτυο συνεργατικών σχηματισμών κβαντικών ικανοτήτων θα λειτουργήσει περαιτέρω ως καταλύτης αυτής της προσέγγισης βάσει ενάρτου κύκλου ζωής, συνδέοντας ερευνητικούς οργανισμούς, νεοφυείς επιχειρήσεις, αναπτυσσόμενες νέες επιχειρήσεις, μεγάλες βιομηχανίες και παρόχους υποδομών, δημιουργώντας έτσι γέφυρες μεταξύ επιστημονικών και βιομηχανικών φορέων.

Προκειμένου να διασφαλιστεί ότι ο κύκλος ζωής είναι αξιόπιστος και κατάλληλος για τον επιδιωκόμενο σκοπό, θα θεσπιστούν βασικοί δείκτες επιδόσεων, παρακολούθηση οροσήμων και συγκριτική αξιολόγηση με βάση τις υφιστάμενες τεχνολογίες.

Τέλος, αυτό το ολοκληρωμένο μοντέλο ευθυγραμμίζει τις στρατηγικές της ΕΕ και των κρατών μελών διασφαλίζοντας ότι οι επενδύσεις εστιάζουν σε κοινούς στόχους και δημιουργώντας συντονισμένους κύκλους ανατροφοδότησης. Αποτρέπει τις αλληλεπικαλύψεις, δημιουργεί κρίσιμη μάζα και ενισχύει την παγκόσμια επιρροή της Ευρώπης στη διαμόρφωση της ανάπτυξης και της υλοποίησης κβαντικών τεχνολογιών.

## **4 Διεθνής συνεργασία**

Σε ένα πλαίσιο αυξανόμενης γεωπολιτικής αβεβαιότητας και με δεδομένες τις άμεσες επιπτώσεις της στο παγκόσμιο επενδυτικό και εμπορικό τοπίο, η Ευρώπη οφείλει να προστατεύσει τα συμφέροντά της, διατηρώντας παράλληλα τον ανοικτό χαρακτήρα της και συνεργαζόμενη εκ των προτέρων με αξιόπιστους εταίρους. Η αντίληψη αυτή αντικατοπτρίζεται σε μια σειρά πρόσφατων ενωσιακών πολιτικών, συμπεριλαμβανομένης της διεθνούς ψηφιακής στρατηγικής και της στρατηγικής για την ενίσχυση της οικονομικής ασφάλειας.

Στους εταίρους προτεραιότητας περιλαμβάνονται χώρες που συμμερίζονται τις ίδιες απόψεις, ιδίως εκείνες με τις οποίες η ΕΕ συντονίζεται ήδη σε θέματα τεχνολογικής και εμπορικής πολιτικής στο πλαίσιο, για παράδειγμα, συμφωνιών ελεύθερων συναλλαγών, συμβουλίων εμπορίου και τεχνολογίας<sup>82</sup> και ψηφιακών εταιρικών σχέσεων<sup>83</sup>. Η Επιτροπή προτίθεται να επεκτείνει τη συνεργασία αυτή με πρωτοβουλίες που καλύπτουν κοινά ερευνητικά προγράμματα, συντονισμένες προσκλήσεις υποβολής προτάσεων, ανταλλαγή εμπειρογνωσίας, αμοιβαία πρόσβαση σε υποδομές, ευθυγραμμισμένα πλαίσια διανοητικής ιδιοκτησίας και κατάρτιση παγκόσμιων προτύπων κβαντικής τεχνολογίας. Θα ενώσει τις δυνάμεις της για συγκεκριμένες εφαρμογές κβαντικών τεχνολογιών σε τομεακές πολιτικές, για παράδειγμα όσον αφορά την ανάπτυξη νέων υλικών. Στο πλαίσιο αυτό, η ΕΕ έχει ήδη ξεκινήσει να υλοποιεί κοινά έργα Ε&Κ στον τομέα των κβαντικών τεχνολογιών με τη Δημοκρατία της Κορέας, την Ιαπωνία και τον Καναδά.

Η ΕΕ θα συνεργαστεί επίσης με τα ταχέως αναδυόμενα κβαντικά οικοσυστήματα που αντιπροσωπεύουν οικονομικές ευκαιρίες για τις εταιρείες της ΕΕ, θα δώσει ανταγωνιστική ώθηση στην κβαντική βιομηχανία της ΕΕ σε παγκόσμιο επίπεδο και θα προσφέρει στις ευρωπαϊκές εταιρείες κβαντικής τεχνολογίας μια μέθοδο διαφοροποίησης των εταιρικών σχέσεων και μείωσης των εξαρτήσεων. Η προσέγγιση αυτή θα καθοδηγήσει τις διμερείς και πολυμερείς εταιρικές σχέσεις, με βάση τις κοινές αξίες, την αμοιβαία εμπιστοσύνη και τη συμπληρωματικότητα των δυνατοτήτων και των αγορών, διασφαλίζοντας παράλληλα κατάλληλα επίπεδα προστασίας για τα συμφέροντα της ΕΕ σε στρατηγικούς τομείς.

Επιπλέον, η ΕΕ θα ενισχύσει την παρουσία της στον τομέα της κβαντικής τεχνολογίας σε διεθνή φόρουμ τυποποίησης, εμπορικούς διαλόγους και πολυμερείς συμμαχίες στον τομέα της κβαντικής τεχνολογίας<sup>84</sup>.

Σε όλες τις προαναφερθείσες προσπάθειες, η Επιτροπή θα συνεργαστεί στενά με τα κράτη μέλη για τη θέσπιση ενός συνεκτικού ευρωπαϊκού πλαισίου διεθνούς συνεργασίας στον τομέα της κβαντικής τεχνολογίας που θα προσδιορίζει τις χώρες προτεραιότητας και τους τομείς διαρθρωμένης συνεργασίας. Θα στηρίξει επίσης κοινές διπλωματικές πρωτοβουλίες και την ανάπτυξη κοινών ευρωπαϊκών θέσεων σχετικά με τις κβαντικές τεχνολογίες, διασφαλίζοντας ότι η φωνή της Ευρώπης θα ακούγεται ενισχυμένη κατά τη διαμόρφωση της παγκόσμιας διακυβέρνησης και της δεοντολογίας όσον αφορά την κβαντική καινοτομία.

- Επέκταση και δρομολόγηση νέων διμερών και πολυμερών πρωτοβουλιών συνεργασίας με ομοιότιμες χώρες [από το 2025 και έπειτα]
- Συνεργασία με τα κράτη μέλη για ένα ευρωπαϊκό πλαίσιο διεθνούς συνεργασίας στον τομέα της κβαντικής τεχνολογίας [από το 2025 και έπειτα]

## 5 Διακυβέρνηση

Η στιβαρή και συμπεριληπτική διακυβέρνηση σε επίπεδο ΕΕ είναι ουσιώδης για την καθοδήγηση, τον συντονισμό και την παρακολούθηση της εφαρμογής της στρατηγικής για την κβαντική Ευρώπη, ώστε να προωθηθεί η συμμετοχή ολόκληρης της Ένωσης όσον αφορά τόσο την εμπλοκή όλων των κρατών μελών και εκπροσώπων κάθε είδους ενδιαφερομένων μερών από τον τομέα της κβαντικής τεχνολογίας όσο και τη διασφάλιση της ισόρροπης εκπροσώπησης των φύλων.

<sup>82</sup> Με τις ΗΠΑ και την Ινδία.

<sup>83</sup> Με την Ιαπωνία, τον Καναδά, τη Νότια Κορέα και τη Σιγκαπούρη.

<sup>84</sup> Κατά τη σύνοδο κορυφής της G7 τον Ιούνιο του 2025, οι ηγέτες αναγνώρισαν τις δυνατότητες μετασχηματισμού που έχει η κβαντική τεχνολογία και δεσμεύτηκαν να τονώσουν τις επενδύσεις, να προωθήσουν την αξιόπιστη παγκόσμια συνεργασία και να ενισχύσουν τους δεσμούς μεταξύ των εθνικών ιδρυμάτων μέτρησης μέσω μιας κοινής ομάδας εργασίας της G7. Βλ.: [Kananaskis Common Vision for the Future of Quantum Technologies](#).

Πρώτον, μια **συμβουλευτική επιτροπή υψηλού επιπέδου**, στην οποία θα συμμετέχουν κορυφαίοι Ευρωπαίοι επιστήμονες και εμπειρογνώμονες του τομέα της κβαντικής τεχνολογίας, θα παρέχει ανεξάρτητη στρατηγική καθοδήγηση σχετικά με την εφαρμογή της στρατηγικής για την κβαντική Ευρώπη.

Δεύτερον, ένα **διαρθρωμένο πλαίσιο συνεργασίας με τα κράτη μέλη** θα συμβάλει στη διασφάλιση της συνεκτικής εφαρμογής στο πλαίσιο όλων των ενωσιακών και εθνικών προγραμμάτων, στον συντονισμό της ετήσιας προόδου με βάση τον κύκλο ζωής στους πέντε στρατηγικούς τομείς και στην παρακολούθηση της εξέλιξης της ασφάλειας και της ανθεκτικότητας των αλυσίδων εφοδιασμού της κβαντικής τεχνολογίας και των κρίσιμων συνιστωσών της. Μια **ειδική ομάδα εμπειρογνομόνων** στην οποία συμμετέχουν όλα τα κράτη μέλη<sup>85</sup> λειτουργεί ήδη δραστήρια και θα συμμετάσχει ενεργά στις μελλοντικές εργασίες του διοικητικού συμβουλίου της κοινής επιχείρησης για την EuroHPC αφού τροποποιηθεί ο κανονισμός σχετικά με την κοινή επιχείρηση.

Τέλος, η Επιτροπή θα συνεχίσει τις στενές αλληλεπιδράσεις της με ολόκληρη την ευρωπαϊκή κβαντική κοινότητα, συμπεριλαμβανομένων των ακαδημαϊκών φορέων, των νεοφυών επιχειρήσεων, των βιομηχανικών παραγόντων και των ενδιαφερομένων μερών στον τομέα της καινοτομίας και των εκπροσώπων τους.

## 6 Συμπεράσματα

Οι κβαντικές τεχνολογίες βρίσκονται σε σημείο καμπής. Η ΕΕ έχει εδραιωθεί παγκοσμίως ως ηγετική δύναμη όσον αφορά την έρευνα στον τομέα της κβαντικής τεχνολογίας και έχει θέσει το θεμέλιο για μια ανταγωνιστική βιομηχανική βάση. Ωστόσο, ο παγκόσμιος αγώνας για την αξιοποίηση των κβαντικών τεχνολογιών επιταχύνεται. Τα έθνη με ηγετική θέση στον εν λόγω τομέα αυξάνουν τις δημόσιες επενδύσεις, συντονίζουν τις εθνικές στρατηγικές και εδραιώνουν τις συνδέσεις μεταξύ έρευνας και βιομηχανίας με σκοπό την επίτευξη τεχνολογικής κυριαρχίας και οικονομικού πλεονεκτήματος. Οι δυνατότητες διττής χρήσης των κβαντικών τεχνολογιών μπορούν επίσης να ενισχύσουν τις ικανότητές τους στους τομείς της ασφάλειας και της άμυνας. Ταυτόχρονα, οι ιδιωτικές επενδύσεις καθίστανται ο βασικός παράγοντας διαφοροποίησης μεταξύ επιτυχίας και αποτυχίας. Προκειμένου η Ευρώπη να παραμείνει ανταγωνιστική, να διαμορφώσει τις αξίες στις οποίες βασίζεται η καινοτομία στην κβαντική τεχνολογία και να επωφεληθεί πλήρως από τα οφέλη όσον αφορά την οικονομία, την ασφάλεια και άλλους τομείς, τα οποία απορρέουν από την ίδια της τη διανοητική πρωτοπορία, πρέπει να αναλάβει δράση επείγοντως, με σαφήνεια και ενότητα.

Τώρα είναι η στιγμή να πρωτοπορήσει η Ευρώπη. Η στρατηγική αυτή δεν είναι ο προορισμός, αλλά ένα εξελισσόμενο πλαίσιο —ένα σχέδιο στρατηγικής σε κίνηση— για το κβαντικό μέλλον της Ευρώπης. Απαιτεί τη συλλογική δέσμευση της ΕΕ, των κρατών μελών, της βιομηχανίας, των ακαδημαϊκών φορέων και της κοινωνίας των πολιτών γενικότερα. Εάν αποβούν επιτυχείς, οι κβαντικές τεχνολογίες θα τροφοδοτήσουν την επόμενη τεχνολογική επανάσταση και θα στηρίξουν την ανταγωνιστικότητα της ΕΕ, και η Ευρώπη θα βρεθεί στην πρώτη γραμμή, διαμορφώνοντάς τη με τους δικούς της όρους.

---

<sup>85</sup> [European Quantum Technology Coordination Group of Member States Representatives \(Ομάδα αντιπροσώπων των κρατών μελών για τον συντονισμό της ευρωπαϊκής κβαντικής τεχνολογίας\)](#).

## ΠΡΟΣΑΡΤΗΜΑ

### Σύνοψη των δράσεων της στρατηγικής για την κβαντική Ευρώπη

<b>Τομέας 1: Προτοβουλία για την κβαντική έρευνα και καινοτομία</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Τροποποίηση του κανονισμού σχετικά με την κοινή επιχείρηση για την EuroHPC προκειμένου να επεκταθεί η αποστολή της, ώστε να συμπεριλάβει όλες τις κβαντικές τεχνολογίες και, ως πρώτο βήμα, μεταφορά των κβαντικών δραστηριοτήτων E&amp;K του προγράμματος «Ορίζων Ευρώπη» στην κοινή επιχείρηση [τρίτο τρίμηνο του 2025]</li><li>• Παρουσίαση της πρότασης για νομοθετική πράξη σχετικά με την κβαντική τεχνολογία [2026]</li><li>• Πιλοτική εφαρμογή δύο «μεγάλων προκλήσεων της κβαντικής τεχνολογίας» (συστήματα κβαντικής υπολογιστικής ανθεκτικά σε σφάλματα και κβαντικά συστήματα PNT) [2025-2027]</li></ul>
<b>Τομέας 2: Κβαντικές υποδομές στην Ευρώπη</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Δημοσίευση χάρτη πορείας της ΕΕ για την κβαντική υπολογιστική και προσομοίωση [2026]</li><li>• Επέκταση του αριθμού και της ικανότητας των συστημάτων κβαντικής υπολογιστικής που βασίζονται στην EuroHPC [από το 2026 και έπειτα]</li><li>• Δημιουργία πλαισίου παρακολούθησης για την κβαντική υπολογιστική [2026]</li><li>• Ανάπτυξη του πρώτου διασυνδεδεμένου, σε επίπεδο ΕΕ, πειραματικού κβαντικού δικτύου ασφαλών επίγειων και διαστημικών επικοινωνιών [έως το 2030]</li><li>• Δημοσίευση χάρτη πορείας για τις κβαντικές επικοινωνίες [2026]</li><li>• Δρομολόγηση πιλοτικής εγκατάστασης για το ευρωπαϊκό κβαντικό διαδίκτυο [2026]</li><li>• Εγκατάσταση κατανεμημένου συστήματος βαρυτόμετρων σε ολόκληρη την Ευρώπη [από το 2026 και έπειτα]</li><li>• Δημοσίευση χάρτη πορείας για την κβαντική ανίχνευση [2026]</li><li>• Δημιουργία ευρωπαϊκής πιλοτικής υποδομής Q-MRI και επέκτασή της σε ολόκληρη την Ευρώπη [από το 2025 και έπειτα]</li></ul>
<b>Τομέας 3: Το κβαντικό οικοσύστημα της Ευρώπης</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Δημιουργία έξι νέων κβαντικών πιλοτικών γραμμών παραγωγής στο πλαίσιο της κοινής επιχείρησης «Μικροκυκλώματα» [2025]</li><li>• Δρομολόγηση εγκατάστασης κβαντικού σχεδιασμού [2026]</li><li>• Έκδοση χάρτη πορείας για τη βιομηχανοποίηση των κβαντικών μικροκυκλωμάτων [2026]</li><li>• Δημοσίευση χάρτη πορείας για ευρωπαϊκά πρότυπα κβαντικής τεχνολογίας [2026]</li><li>• Επέκταση του δικτύου συνεργατικών σχηματισμών κβαντικών ικανοτήτων [2026]</li><li>• Διενέργεια και οριστικοποίηση αξιολογήσεων των τρωτών σημείων της αλυσίδας εφοδιασμού σε επίπεδο ΕΕ [2025-2026]</li></ul>
<b>Τομέας 4: Κβαντικές τεχνολογίες με διαστημική διάσταση και δυνατότητες διττής χρήσης (ασφάλεια και άμυνα)</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Υπογραφή συμφωνίας συνεργασίας με τον ΕΟΔ για την εκπόνηση χάρτη πορείας για την κβαντική τεχνολογία στο διάστημα [δεύτερο τρίμηνο του 2025]</li><li>• Εκπόνηση χάρτη πορείας για την κβαντική ανίχνευση και τη διαστημική και αμυντική τεχνολογία [2026]</li><li>• Συμβολή στον ευρωπαϊκό τεχνολογικό χάρτη πορείας στον τομέα των εξοπλισμών [τέταρτο τρίμηνο του 2025]</li><li>• Δρομολόγηση πρωτοβουλιών για την εισροή τεχνολογίας με σκοπό την προσέλκυση μη στρατιωτικών εταιρειών και ακαδημαϊκών φορέων στον τομέα των αμυντικών εφαρμογών [από το 2026 και έπειτα]</li></ul>
<b>Τομέας 5: Κβαντικές δεξιότητες</b>

- Δημιουργία της Ευρωπαϊκής Ακαδημίας Κβαντικών Δεξιοτήτων [2026]
- Δρομολόγηση ευρωπαϊκών διαγωνισμών προηγμένων ψηφιακών δεξιοτήτων στον τομέα της κβαντικής [από το 2026 και έπειτα]
- Δρομολόγηση πιλοτικού προγράμματος για επισκέπτες ερευνητές σε νεοφυείς επιχειρήσεις κβαντικής τεχνολογίας [2025]
- Δρομολόγηση του ευρωπαϊκού προγράμματος κινητικότητας στον τομέα της κβαντικής τεχνολογίας [από το 2026 και έπειτα]

#### **Διεθνής συνεργασία**

- Δρομολόγηση διμερών και πολυμερών πρωτοβουλιών συνεργασίας [από το 2025 και έπειτα]
- Συνεργασία με τα κράτη μέλη για τη δημιουργία ενός ευρωπαϊκού πλαισίου διεθνούς συνεργασίας στον τομέα της κβαντικής τεχνολογίας [από το 2025 και έπειτα]