



---

**RAPORT**  
**Scenariusze rozwoju społecznego**  
**Technologie bezpieczeństwa technicznego**  
**i środowiskowego**

**opracowany w ramach projektu**  
**Zaawansowane technologie przemysłowe i ekologiczne**  
**dla zrównoważonego rozwoju kraju**

dr inż. Krzysztof Symela  
mgr Edyta Kozieł  
dr inż. Janusz Figurski  
dr hab. inż. Henryk Bednarczyk  
mgr Małgorzata Sołtysiak  
dr inż. Andrzej Zbrowski



## Wprowadzenie

Scenariusze rozwoju kwalifikacji i kompetencji opracowane zostały w ramach Zadania Z4, w którym budowane były scenariusze trajektorii rozwoju technologicznego i społecznego w obszarze technicznego wspomagania zrównoważonego rozwoju. Scenariusze zostały opracowane dla pięciu obszarów tematycznych objętych projektem „Zaawansowane technologie przemysłowe i ekologiczne dla zrównoważonego rozwoju kraju”:

- specjalizowana aparatura badawcza i testowa,
- technologie mechatroniczne i systemy sterowania do wspomagania procesów wytwarzania i eksploatacji,
- zaawansowane technologie materiałowe i nanotechnologie oraz systemy techniczne wspomagające ich projektowanie i aplikacje,
- technologie proekologiczne, racjonalizacja zużycia surowców i zasobów oraz odnawialne źródła energii,
- technologie bezpieczeństwa technicznego i środowiskowego.

Podstawą przygotowania scenariuszy rozwoju kwalifikacji i kompetencji były wcześniej opracowane scenariusze technologiczne, w których zidentyfikowano kluczowe – przyszłościowe obszary badań oraz w tych obszarach wybrane technologie przyrostowe i wyłaniające się.

Autorska metodyka przyjęta do opracowania scenariuszy rozwoju kwalifikacji i kompetencji składa się z pięciu etapów prac, które umożliwiły budowanie scenariuszy rozwoju społecznego (rys. 1). W ramach ostatniego etapu wyodrębniono trzy fazy działań bezpośrednio związane z opracowaniem scenariuszy (rys. 2).

Pierwsza faza działań polegała na zidentyfikowaniu trendów zewnętrznych (światowych i europejskich) w zakresie rozwoju kwalifikacji i kompetencji społeczeństwa opartego na wiedzy. Uwzględniono trendy o charakterze wspólnym dla wszystkich obszarów tematycznych oraz trendy specyficzne dla danego obszaru tematycznego. Podstawę identyfikacji trendów światowych stanowił raport „Diagnoza kształcenia formalnego, pozaformalnego i nieformalnego specjalistów zaawansowanych technologii przemysłowych”.

Druga faza budowy scenariuszy obejmowała identyfikację trendów wewnętrznych (krajowych) w zakresie rozwoju kwalifikacji i kompetencji wymaganych w innowacyjnej gospodarce. Również i w tej fazie uwzględniono trendy wspólne i specyficzne dla obszaru tematycznego. Podstawę identyfikacji trendów krajowych stanowiły analizy dotychczas zrealizowanych w Polsce projektów foresight w kontekście zapotrzebowania na kwalifikacje i kompetencje, raport „Bilans kwalifikacji i kompetencji dla specjalistów zaawansowanych technologii przemysłowych” oraz opisy „Charakterystyk technologii przyrostowych i wyłaniających się” wytypowanych w projekcie.

W trzeciej fazie działań dla każdego z pięciu obszarów tematycznych opracowano scenariusz dynamicznego rozwoju kwalifikacji i kompetencji oraz scenariusz stabilizacji. Podstawę ich opracowania stanowiły komplementarne do nich scenariusze rozwoju priorytetowych technologii przyrostowych i wyłaniających się oraz wyniki raportu „Zapotrzebowanie na nowe zawody, kwalifikacje i kompetencje specjalistów zaawansowanych technologii przemysłowych”.

W przygotowaniu scenariuszy rozwoju kwalifikacji i kompetencji uczestniczyli eksperci wewnętrzni reprezentujący koordynatora projektu (ITeE – PIB) oraz eksperci zewnętrzni reprezentujący środowisko nauki i edukacji zawodowej.

Niniejszy raport prezentuje wyniki uzyskane dla obszaru technologie bezpieczeństwa technicznego i środowiskowego.

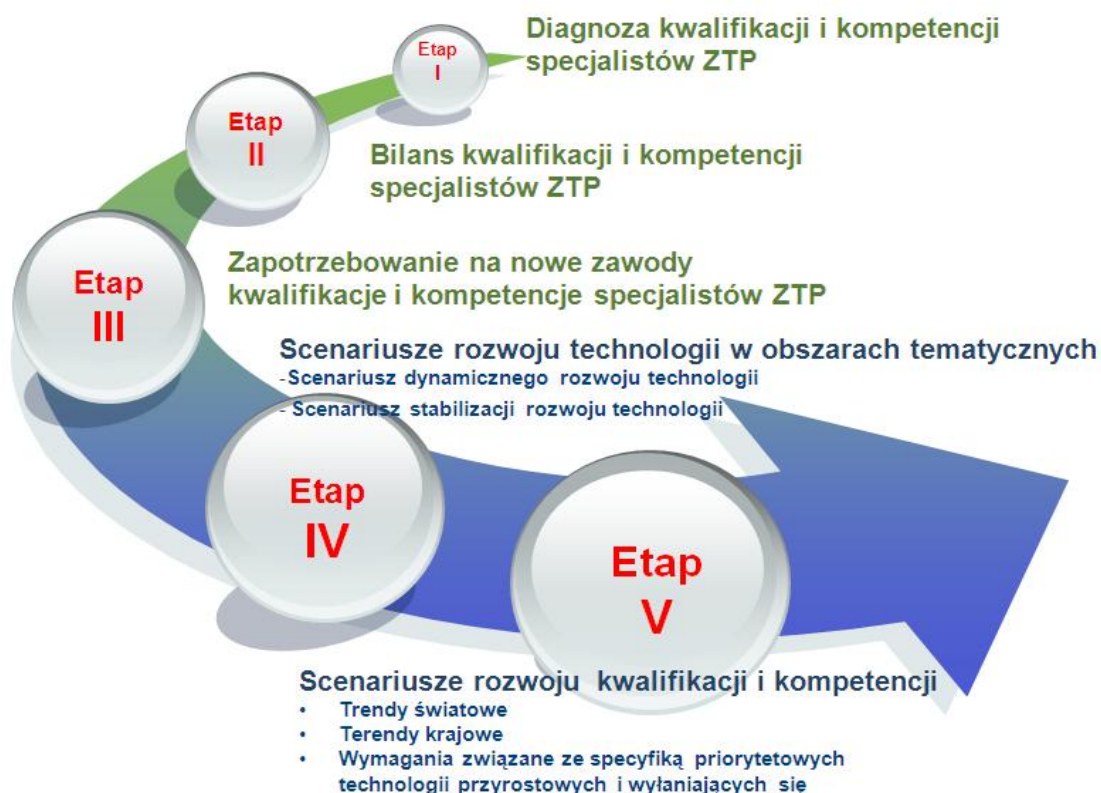
## Metodyka opracowania scenariuszy rozwoju kwalifikacji i kompetencji

### Założenia, etapy i fazy realizacji

Metodyka przyjęta do opracowania scenariuszy rozwoju kwalifikacji i kompetencji zakłada występowanie pięciu etapów prac (rys. 1) prowadzących do opracowania zintegrowanych scenariuszy trajektorii rozwoju społecznego skoncentrowanych na kwalifikacjach i kompetencjach.

Przy opracowaniu scenariuszy rozwoju kwalifikacji i kompetencji wykorzystane zostały wyniki uzyskane w ramach realizacji zadań:

- Z2 „Kwalifikacje i kompetencje w obszarze zaawansowanych technologii przemysłowych” (etapy: I, II, III).
- Z4 „Scenariusze” (etap IV) – w części dot. opisu scenariuszy „dynamicznego” oraz „stabilizacji” rozwoju wytypowanych technologii przyrostowych i wyłaniających się w poszczególnych obszarach tematycznych.
- Z1 „Mapy technologii” (etap V) – w części dot. warstwy „Zasoby” tzn. kwalifikacji (w podziale na wiedzę i umiejętności) oraz kompetencji personelu naukowo-badawczego opracowującego innowacyjne rozwiązania technologiczne w ramach kierunków badawczych, wyspecyfikowanych dla każdego obszaru tematycznego wyodrębnionego w projekcie.



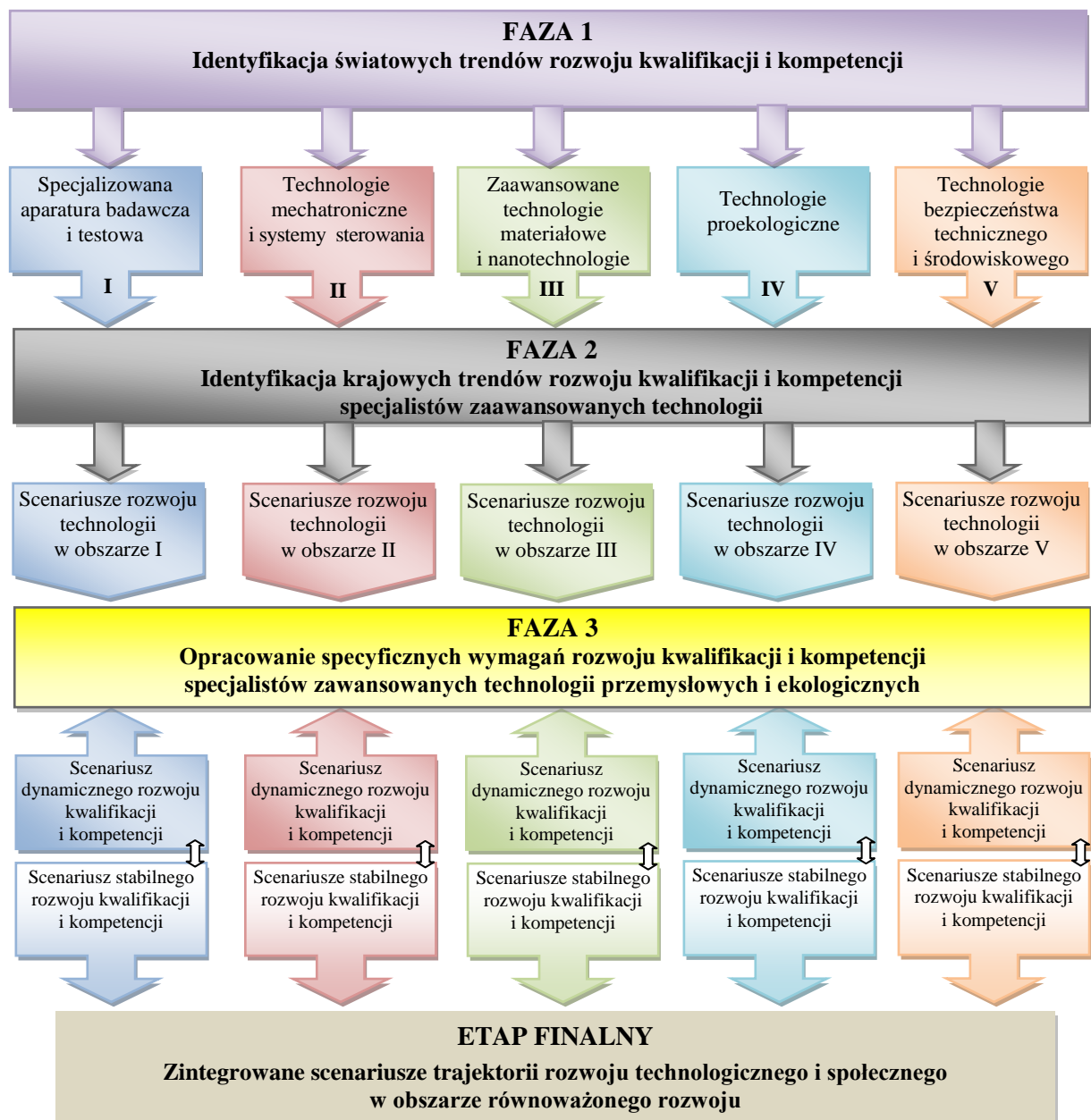
Rys. 1. Etapy prac w tworzeniu scenariuszy rozwoju społecznego (kwalifikacji i kompetencji)

Źródło: opracowanie własne

Skumulowana w ramach I, II i III etapu prac wiedza na temat aktualnych i przyszłych wymagań w zakresie rozwoju kwalifikacji i kompetencji specjalistów zaawansowanych technologii przemysłowych i ekologicznych umożliwiła określenie trendów światowych

i krajowych, które są „wspólne” dla wszystkich pięciu obszarów tematycznych oraz trendów rozwojowych „specyficznych” dla każdego obszaru (tabela 1).

W ramach etapu V wyodrębniono trzy fazy działań prowadzących do sporządzenia opisu scenariuszy rozwoju kwalifikacji i kompetencji (rys. 2). W fazie pierwszej i drugiej zostały zidentyfikowane światowe i krajowe trendy rozwoju kwalifikacji i kompetencji, z uwzględnieniem kluczowych czynników determinujących ten rozwój. Faza trzecia bezpośrednio jest związana z opracowaniem specyficznych wymagań rozwoju kwalifikacji i kompetencji specjalistów zaawansowanych technologii przemysłowych i ekologicznych, w kontekście opracowanych scenariuszy: dynamicznego rozwoju technologii oraz stabilizacji. W efekcie opracowano 10 scenariuszy rozwoju kwalifikacji i kompetencji (po 2 scenariusze dla każdego z pięciu obszarów tematycznych projektu), które zostały zintegrowane w ramach etapu finalnego.



Rys. 2. Schemat realizacji prac prowadzących do opracowania scenariuszy rozwoju społecznego (kwalifikacji i kompetencji) w obszarze zrównoważonego rozwoju

Źródło: opracowanie własne

## Struktura opisu scenariuszy rozwoju kwalifikacji i kompetencji

W tabeli 1 przedstawiono komponenty, które stanowią strukturę opisu scenariuszy rozwoju kwalifikacji i kompetencji.

Budowa scenariusza rozwoju kwalifikacji i kompetencji w danym obszarze tematycznym jest oparta na analizie scenariusza dynamicznego rozwoju technologii (SDRT) oraz scenariusza stabilizacji rozwoju technologii (SSRT). Scenariusze technologiczne determinują jednocześnie zakres „części specyficznej”, jaka została zawarta w scenariuszach rozwoju kwalifikacji i kompetencji w niżej wymienionych komponentach:

- trendy światowe rozwoju kwalifikacji i kompetencji,
- trendy krajowe rozwoju kwalifikacji i kompetencji,
- scenariusz dynamicznego rozwoju kwalifikacji i kompetencji,
- scenariusz stabilizacji rozwoju kwalifikacji i kompetencji.

Tabela 1. Komponenty składające się na opis scenariuszy rozwoju kwalifikacji i kompetencji w obszarach tematycznych objętych projektem

Scenariusze rozwoju technologii (SDRT i SSRT) dla obszarów tematycznych	Scenariusze rozwoju kwalifikacji i kompetencji					
	Trendy światowe rozwoju kwalifikacji i kompetencji		Trendy krajowe rozwoju kwalifikacji i kompetencji		Scenariusz dynamicznego rozwoju kwalifikacji i kompetencji	Scenariusz stabilizacji rozwoju kwalifikacji i kompetencji
1	2		3		4	5
1. Specjalizowana aparatura badawcza	Część wspólna	Część specyficzna	Część wspólna	Część specyficzna	Część specyficzna dot. SDRT	Część specyficzna dot. SSRT
2. Technologie mechatroniczne i systemy sterowania		Część specyficzna		Część specyficzna	Część specyficzna dot. SDRT	Część specyficzna dot. SDRT
3. Zaawansowane technologie materiałowe i nanotechnologie		Część specyficzna		Część specyficzna	Część specyficzna dot. SDRT	Część specyficzna dot. SSRT
4. Technologie proekologiczne		Część specyficzna		Część specyficzna	Część specyficzna dot. SDRT	Część specyficzna dot. SSRT
5. Technologie bezpieczeństwa technicznego i środowiskowego		Część specyficzna		Część specyficzna	Część specyficzna dot. SDRT	Część specyficzna dot. SSRT

Źródło: opracowanie własne.

W opisie „części wspólnej” dotyczącej trendów światowych i krajowych rozwoju kwalifikacji i kompetencji uwzględniono horyzont czasowy do roku 2020. Wzięto pod uwagę zwłaszcza te uwarunkowania i czynniki, które mają aktualnie i będą mieć w przyszłości największy wpływ na kształcenie, doksztalcenie i doskonalenie zawodowe specjalistów niezbędnych do opracowania i wdrażania zaawansowanych technologii przemysłowych i ekologicznych. W ramach trendów światowych w szczególności uwzględniono uwarunkowania wynikające z globalizacji gospodarki, priorytety UE oraz wynikające z podaży i popytu na pracę. Natomiast trendy krajowe w zakresie rozwoju kwalifikacji i kompetencji opisane w scenariuszach, które są pochodną trendów światowych, uwzględniają strategię i programy rozwoju innowacyjnej gospodarki (w tym zrealizowane w Polsce projekty foresight) oraz rozwoju systemu formalnej, pozaformalnej i nieformalnej edukacji zawodowej, zwłaszcza na poziomie akademickim (poziomy 6÷8 wg europejskich i krajowych ram kwalifikacji).

### Trendy światowe rozwoju kwalifikacji i kompetencji

- Globalne uwarunkowania rozwoju kadr.
- Priorytety nowej strategii „Europa 2020” na rzecz zatrudnienia i wzrostu gospodarczego.
- Rozwój kluczowych technologii wspomagających w UE.
- Rozwój społeczeństwa informacyjnego i gospodarki opartej na wiedzy oraz digitalizacja przemysłu.

- Wdrażanie instrumentów UE wspierających rozwój, przejrzystość i uznawanie kwalifikacji i kompetencji.
- Tendencje rozwoju rynku pracy i zmiana charakteru zarządzania pracą.
- Problemy ochrony środowiska i edukacja dla zrównoważonego rozwoju.
- Uwarunkowania demograficzne i społeczno-gospodarcze.
- Rozwój społeczeństwa usługowego.
- Rozwój idei uczenia się przez całe życie.
- Rozwój inteligentnych organizacji w globalnej gospodarce.

### ***Trendy krajowe rozwoju kwalifikacji i kompetencji***

- Kierunki rozwoju gospodarki i dziedzin, w których państwo będzie długoterminowo wspierać rozwój zasobów ludzkich.
- Uwarunkowania rozwoju kadr oraz podaży i popytu na pracę w długim horyzoncie czasowym.
- Perspektywa uczenia się przez całe życie w krajowych dokumentach strategicznych.
- Perspektywa rozwoju kwalifikacji i kompetencji w programach i projektach systemowych oraz zrealizowanych projektach foresight.
- Rozwój systemu Krajowych Ram Kwalifikacji.
- Rozwój systemu Krajowych Standardów Kwalifikacji Zawodowych.
- Strategiczne kierunki rozwoju szkolnictwa wyższego w aspekcie wysoko wykwalifikowanych absolwentów kierunków ścisłych i technicznych.
- Perspektywiczne kwalifikacje i kompetencje zawodowe oraz metody tworzenia i rozwijania wiedzy w organizacji sprzyjającej innowacyjności.
- Rozwój kwalifikacji i kompetencji personelu naukowo-badawczego w aspekcie przedsiębiorczości i komercjalizacji wyników badań.
- Edukacja społeczeństwa w zakresie zrównoważonego rozwoju.
- Perspektywiczne cele, metody i formy organizacyjne kształcenia, doskonalenia i doskonalenia zawodowego, wspierające rozwój specjalistów zaawansowanych technologii przemysłowych.
- Kierunki zwiększenia jakości edukacji zawodowej na poziomie akademickim i przedakademickim.

### ***Procedura konstruowania scenariusza rozwoju kwalifikacji i kompetencji***

Procedura konstruowania scenariuszy rozwoju kwalifikacji i kompetencji dla obszarów tematycznych projektu obejmuje następujące działania:

1. Analiza scenariuszy rozwoju technologii dla danego obszaru tematycznego w celu określenia „wspólnych” dla całego obszaru tematycznego uwarunkowań rozwoju kwalifikacji i kompetencji powiązanych z wytypowanymi, ze względu na priorytet i poziom gotowości technologicznej, technologiami (przyrostowymi i wyłaniającymi się).
2. Wskazanie światowych trendów rozwoju kwalifikacji i kompetencji.
3. Wskazanie krajowych trendów rozwoju kwalifikacji i kompetencji.
4. Analiza scenariuszy rozwoju technologii dla danego obszaru tematycznego w celu określenia „specyficznych” dla danego obszaru tematycznego wymagań kwalifikacyjnych i kompetencyjnych powiązanych z wytypowanymi, ze względu na priorytet i poziom gotowości technologicznej, technologiami (przyrostowymi i wyłaniającymi się).

5. Dopasowanie zidentyfikowanych w badaniach dziedzin wiedzy, kierunków studiów i zawodów funkcjonujących w gospodarce do specyfiki grup technologii przyrostowych i wyłaniających się.
6. Sporządzenie syntetycznych opisów wymagań kwalifikacyjnych (wiedza i umiejętności) i kompetencyjnych (kompetencje poznawcze, osobiste, społeczne, instytucjonalne, menadżerskie) dla personelu naukowo-badawczego, uczestniczącego w przygotowaniu technologii innowacyjnych z wykorzystaniem wyników badań etapu I, II, III oraz raportu „Mapy technologii w obszarze zrównoważonego rozwoju”.
7. Scharakteryzowanie nowych zawodów, kwalifikacji i kompetencji powiązanych ze specyfiką grup technologii przyrostowych i wyłaniających się.
8. Wskazanie podstawowych obszarów doskonalenia kompetencji kadry dydaktycznej uczestniczącej w przygotowaniu zawodowym specjalistów zaawansowanych technologii przemysłowych.
9. Wskazanie kierunków rozwoju metod dydaktycznych oraz bazy technodydaktycznej zalecanej do kształtowania kwalifikacji i kompetencji specjalistów zaawansowanych technologii przemysłowych.
10. Weryfikacja opracowanych scenariuszy rozwoju kwalifikacji i kompetencji z udziałem ekspertów wewnętrznych i zewnętrznych.
11. Opracowanie zintegrowanego scenariusza rozwoju społecznego (kwalifikacji i kompetencji) w obszarze zrównoważonego rozwoju.

W poszczególnych obszarach tematycznych opracowano scenariusze dynamicznego rozwoju kwalifikacji i kompetencji oraz scenariusze stabilizacji. Przygotowane scenariusze rozwoju społecznego są komplementarne do scenariuszy technologicznych oraz uwzględniają trendy zewnętrzne (światowe i europejskie) oraz trendy wewnętrzne (krajowe) w zakresie rozwoju kapitału intelektualnego.

## **Scenariusze rozwoju kwalifikacji i kompetencji w obszarze technologii bezpieczeństwa technicznego i środowiskowego**

W obszarze technologii bezpieczeństwa technicznego i środowiskowego opracowano scenariusz dynamicznego rozwoju kwalifikacji i kompetencji oraz scenariusz stabilizacji. Opracowane scenariusze są komplementarne do scenariuszy technologicznych oraz uwzględniają trendy zewnętrzne (światowe i europejskie) i wewnętrzne (krajowe) w zakresie rozwoju kapitału intelektualnego.

### **Trendy światowe rozwoju kwalifikacji i kompetencji**

Dane i prognozy europejskie wskazują, że najbliższa dekada to okres wzmożonego rozwoju kapitału intelektualnego, który ma bezpośredni wpływ na generowanie nowych technik i technologii. Znacząco wzrośnie w Europie popyt na specjalistów nauk ścisłych i technicznych. Do roku 2020 nastąpi wzrost zapotrzebowania na specjalistów z wyższym wykształceniem oraz o średnich kwalifikacjach. Nowe wyzwania dla Europy przewidują poprawę jakości kapitału ludzkiego, zwiększenie szans zatrudnienia poprzez podwyższenie poziomu kwalifikacji, dostosowanie umiejętności do potrzeb rynku pracy, nabywanie nowych umiejętności i kompetencji pozwalających na pełne wykorzystania możliwości rozwoju i ożywienia gospodarczego, poprawę monitorowania, oceny, prognozowania oraz dostosowywania umiejętności do zmieniającego się rynku pracy.

Nowe zawody wykazują bezpośredni związek z nowymi technologiami oraz wynikającymi z nich nowymi wzorcami zachowań produkcyjnych i konsumpcyjnych, stąd wynika potrzeba transferu do sfery edukacji zawodowej wyników badań nad rozwojem nowych technologii.

Istotnym problemem jest jakość i struktura kształcenia, której integralnym elementem jest dostosowanie przekazywanej wiedzy i umiejętności zawodowych do jakościowych charakterystyk popytu na pracę. Edukacja szkolna uwzględniać powinna obok umiejętności technicznych takie cechy, jak kreatywność czy zmysł przedsiębiorczej inicjatywy, niezbędne do efektywnego wykonywania obowiązków zawodowych. Wymaga to uwzględnienia w treściach nauczania zagadnień dotyczących życia społeczno-gospodarczego i aktywnego wejścia na rynek pracy. Z dotychczasowych badań wynika, że polscy pracodawcy zgłaszają zapotrzebowanie na pracowników, którzy obok umiejętności technicznych posiadają takie cechy osobowości, jak: zdolność pracy w zespole, komunikowania się, inicjatywy, kreatywności, elastyczności, zdolności analitycznych, podejmowania samodzielnych decyzji, organizowania sobie i innym pracy oraz dużej kultury osobistej. Jest to zrozumiałe, gdyż w sytuacji przyrostu wiedzy nie wystarczą umiejętności wykonywania pewnej grupy czynności praktycznych, ale także najnowsza wiedza z zakresu techniki i technologii. Chodzi o takiego pracownika, który spełnia wymagania dotyczące „kompetencji kluczowych” odnoszących się do umiejętności sprawowania różnorodnych funkcji w tym samym czasie oraz zdolności akceptowania zmian i adaptacji. Wzrastają także oczekiwania związane z posiadaniem „umiejętności miękkich” przez kandydata do pracy niezależnie od profilu wykształcenia.

### **Trendy krajowe rozwoju kwalifikacji i kompetencji**

Rozwój innowacyjnych technologii bezpieczeństwa technicznego i środowiskowego (przyrostowych i wyłaniających się) generuje potrzebę posiadania odpowiedniego personelu naukowo-badawczego z wykształceniem wyższym na poziomie podstawowym (inżynier, magister) i zaawansowanym (doktorat). Natomiast wymagania i zapotrzebowanie na specjalistów „bezpieczeństwa” z wykształceniem niższym niż poziom uniwersytecki są obecnie,

a w przyszłości proces ten się pogłębi, porównywalnie mniejsze. Mimo to dane z badań wskazują na bardzo częsty brak wykwalifikowanej kadry również na tym poziomie, co powoduje potrzebę doskonalenia zawodowego poprzez edukację ustawiczną.

Według Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego dziedziny naukowe, jak: fizyka techniczna, inżynieria materiałowa, inżynieria środowiskowa, mechanika i budowa maszyn, mechatronika, ochrona środowiska, biologia, chemia i elektronika nabierają szczególnego znaczenia dla rozwoju nowych technologii, w tym technologii bezpieczeństwa technicznego i środowiskowego.

W ramach obszaru tematycznego należy spodziewać się wzrostu zapotrzebowania na specjalistów z zakresu projektowania (personel naukowo-badawczy), wdrażania i wykorzystania nowych technologii oraz komercjalizacji wyników prac naukowo-badawczych (np. specjaliści z zakresu sprzedaży licencji, patentów, idei biznesowych, szacowania skutków finansowych, uruchomienia produkcji, prognozowania ponoszonych kosztów i uzyskiwanych efektów ekonomicznych). Wzrośnie ranga kształcenia pozaformalnego i nieformalnego w przygotowywaniu kadr nowoczesnej gospodarki. Aktualny system edukacji preferuje edukację formalną, co skutkuje brakiem uregulowań prawnych, instytucjonalnych i proceduralnych sankcjonujących uczenie się pracownika w czasie pracy i w innych sytuacjach życiowych. Promocji kształcenia ustawicznego towarzyszyć powinien jego rozwój, obejmujący przede wszystkim tworzenie i rozbudowę instytucji edukacji ustawicznej, oferujących programy i formy nauczania adekwatne do potrzeb i możliwości specjalistów zaawansowanych technologii przemysłowych

Ważne jest również preferowanie kształcenia i szkolenia zawodowego, efektywne zwiększanie innowacyjności instytucji odpowiedzialnych za proces przygotowania specjalistów zaawansowanych technologii przemysłowych, zwłaszcza na poziomie wyższym oraz elastyczne, aktywne reagowanie tych podmiotów na potrzeby uczących się i pracodawców, a także zwrócenie szczególnej uwagi na efekty kształcenia. Instytucje te powinny być silniej niż dotychczas promowane, aby wzmocnić transfer wiedzy o innowacyjnych technologiach ze sfery badań do edukacji.

Jednym z kluczowych wyzwań dla polskiego szkolnictwa wyższego i średniego w obszarze systemów bezpieczeństwa technicznego jest tworzenie warunków do pozyskiwania wiedzy, umożliwiającej rozwój kluczowych dla Europy i Polski technologii zrównoważonego rozwoju. Stosowanie i rozwijanie tych technologii, jest równoznaczne z budową innowacyjnej gospodarki oraz zapewnieniem społeczeństwu życia na wysokim poziomie. Tworzenie innowacyjnych technologii oraz umiejętność ich wdrażania jest najlepszym dowodem na jakość kapitału intelektualnego. Rozwój techniki i nowych technologii wpływa na zmiany kwalifikacji zawodowych i wzrost znaczenia kompetencji niezbędnych na danym stanowisku pracy. Zmiany technologiczne znacząco wpływają również na strukturę gospodarki oraz organizację przedsiębiorstw. Rozwój nowych technologii uwarunkowany jest ściśle współpracą sektora nauki z przemysłem oraz sferą edukacji zawodowej.

## **Scenariusze rozwoju w obszarze technologii bezpieczeństwa technicznego i środowiskowego**

W obszarze technologii bezpieczeństwa technicznego i środowiskowego opracowano scenariusz dynamicznego rozwoju oraz scenariusz stabilizacji.

### **Scenariusz dynamicznego rozwoju kwalifikacji i kompetencji**

Rozwój technologii w obszarze bezpieczeństwa technicznego i środowiskowego jest ściśle zintegrowany ze wzrostem wymagań w zakresie kwalifikacji i kompetencji potencjalnych pracowników zatrudnionych w tych obszarach, w szczególności kadr naukowo-

+badawczych i dydaktycznych. Na wszystkich poziomach kształcenia, a także we wszystkich rodzajach działalności zawodowej pojawia się konieczność interdyscyplinarnego wykorzystania przez pracowników wiedzy z zakresu nauk technicznych, a w szczególności takich dyscyplin naukowych jak: mechanika, fizyka, chemia, elektronika, informatyka, kosmonautyka, inżynieria bezpieczeństwa, a także z zakresu nauk humanistycznych, medycznych i ochrony pracy.

Do zawodów, które w szczególności powinny być rozwijane na użytek tego obszaru tematycznego w przyszłości należą: biochemik, chemik – technologia chemiczna, inspektor dozoru technicznego, inspektor ochrony środowiska, inżynier budownictwa, inżynier elektroenergetyk, inżynier mechanik, inżynier organizacji i planowani produkcji, inżynier utrzymania ruchu, nanotechnolog, nawigator lotniczy, specjalista ochrony środowiska, technik analityk, technik ochrony środowiska, technik budownictwa, technik elektroenergetyk, technik elektronik, technik elektryk, technik energetyk, technik gazownictwa, technik inżynierii środowiska i melioracji, technik mechanik, technik mechatronik, technik pożarnictwa, technik technologii chemicznej oraz nowy zawód – inżynier ds. produktów w obszarze bezpieczeństwa technicznego i środowiskowego.

Należy tworzyć i promować centra kształcenia, szkolenia i wymiany dobrych praktyk w obszarze bezpieczeństwa technicznego i środowiskowego. Taka strategia koncentracji wysiłków edukacyjnych może okazać się skuteczna w początkowym okresie rozwoju zaawansowanych. Środki finansowe mogą być wtedy wydane bardziej celowo, a jakość kształcenia i szkolenia łatwiejsza do monitorowania i oceny.

Preferowane kompetencje osobiste i społeczne w tym obszarze tematycznym obejmują: zdolność analizowania sytuacji oraz rozwiązywania problemów, myślenia twórczego, zdolność dostrzegania złożonych zjawisk i zależności przyczynowo-skutkowych, zdolność radzenia sobie ze stresem, gotowość ustawicznego uczenia się i dzielenia się wiedzą, zdolność komunikowania się i pracy w zespole; odporność emocjonalną, operatywność i skuteczność; sumienność; zaangażowanie, otwartość na zmiany; dokładność i dbałość o jakość pracy, samodzielność i samokontrolę, świadomość roli transferu wiedzy, kreatywność techniczną oraz nastawienie na innowacje, myślenie interdyscyplinarne i systemowe w kontekście zrównoważonego rozwoju, a także zdolność przeciwdziałania zagrożeniom w zakresie bezpieczeństwa technicznego i ekologicznego.

W obszarze technologii bezpieczeństwa technicznego i środowiskowego opracowywane i doskonalone są zaawansowane, nowatorskie rozwiązania wynikające ze specjalistycznych potrzeb. Rozwijane technologie mają pozytywny wpływ na rozwój gospodarki w aspekcie środowiskowym, ekologicznym i ekonomicznym, charakteryzują się wysokim poziomem interdyscyplinarności. Są to technologie wymagające niezbędnego potencjału kadrowego, infrastrukturalnego i finansowego, kreatywności technicznej oraz nastawienia na innowacyjność.

Rozwój technologii determinowany jest w znacznym stopniu przez czynniki naukowo-technologiczne, w szczególności potencjał badawczy i technologiczny, poziom innowacyjności i gotowości wdrożeniowej wyników prac badawczo-rozwojowych, jak i czynniki o charakterze rynkowym: dynamika i efektywność transferu uzyskanych rozwiązań do gospodarki oraz gotowość przemysłu do rozwijania innowacyjnych technologii i wyrobów. Element kluczowy stanowi transfer zaawansowanych rozwiązań technologicznych z sektora nauki do przemysłu; co wynika z faktu, że rozwiązania opracowywane w ramach tego obszaru tematycznego są adresowane do przedsiębiorstw.

Wyłaniające się technologie, w tym technologia „monitorowanie i ochrona przeciwpożarowa z zastosowaniem technik satelitarnych i robotów mobilnych” to technologie wymagające ugruntowanej wiedzy, umiejętności i kompetencji z zakresu:

- tworzenia systemów diagnostycznych przeznaczonych do testowania urządzeń stosowanych w ratownictwie technicznym,
- zapewnienia skuteczności działania i bezpieczeństwa eksploatacyjnego wdrażanego sprzętu ratownictwa technicznego,
- testowania urządzeń stosowanych w ratownictwie technicznym, w tym prowadzenia badań certyfikacyjnych obowiązujących w danym kraju oraz zapewnienia skuteczności działania i bezpieczeństwa eksploatacyjnego sprzętu ratownictwa technicznego,
- zapewnienia odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa ratowników i poszkodowanych,
- minimalizowania szkód generowanych negatywnym oddziaływaniem zjawisk naturalnych (powodzie, pożary, burze) lub umyślnym destrukcyjnym działaniem ludzi (działania przestępcze i terrorystyczne).

Dynamiczny rozwój technologii wyłaniających się wymaga rozwoju kwalifikacji i kompetencji z zakresu technologii bezpieczeństwa technicznego i środowiskowego skupionych na:

- systemach przeciwdziałania i łagodzenia skutków zdarzeń,
- metodach prowadzenia działań ratownictwa technicznego z wykorzystaniem nowoczesnych narzędzi i środków,
- mechatronicznych układach wykonawczych oraz systemach akwizycji i przetwarzania danych pomiarowych,
- wyposażeniu służb ratowniczych w urządzenia rejestracji i przekazywania obrazu o wysokiej rozdzielczości, odpornego na narażenia termiczne, mechaniczne, elektryczne i elektroniczne.

Rozwijane technologie wyłaniające się stanowią nowatorskie innowacje techniczne, które cechuje „skokowy” rozwój w danym obszarze wiedzy i praktyki stwarzający możliwość uzyskania przewagi konkurencyjnej. Obejmują one rozwiązania dotyczące przede wszystkim systemów monitorowania i diagnozowania procesów i obiektów technicznych.

Dynamiczny rozwój badań w zakresie technologii bezpieczeństwa technicznego i środowiskowego determinowany jest także czynnikami o charakterze makroekonomicznym, w tym przede wszystkim pojawieniem się globalnych bądź regionalnych problemów środowiskowych. Bardzo istotne znaczenie w obszarze bezpieczeństwa technicznego i środowiskowego odgrywa także potencjał kadrowy rozumiany jako kadra projektująca, wdrażająca i użytkująca nowe technologie.

### **Scenariusz stabilizacji rozwoju kwalifikacji i kompetencji**

Stabilny rozwój oraz kontynuacja prac w dotychczas prowadzonych kierunkach badań przedkłada się na stosunkowo niską dynamikę rozwoju nowych technologii i ukierunkowanie na doskonalenie istniejących rozwiązań. Wpływa to w mniejszym stopniu na rozwój kwalifikacji i kompetencji pracowników naukowo-badawczych oraz kadry dydaktycznej w obszarze bezpieczeństwa technicznego i środowiskowego. Technologie przyrostowe dotyczą ulepszania metod istniejących oraz opracowania rozwiązań innowacyjnych wdrożeniowo ważnych dla obszaru bezpieczeństwa technicznego i środowiskowego. Badania przyrostowe prowadzone są w obrębie tematyki dotyczącej systemów technicznych wspomagających bezpieczeństwo obiektów i procesów technicznych oraz systemów monitorowania i diagnozowania procesów i obiektów technicznych, w tym szczególnie w zakresie technicznych systemów zabezpieczeń z wykorzystaniem identyfikatorów elektronicznych oraz inteligentnych systemów monitorowania zużycia mediów energetycznych i technologicznych w obiektach technicznych.

Szczególnego znaczenia nabierają kompleksowe kwalifikacje i kompetencje z zakresu metod i systemów gaszenia pożarów podpowierzchniowych, metod poprawy bezpieczeństwa technicznego i środowiskowego w systemie wentylacji, technicznych systemów zabezpieczeń

z wykorzystaniem identyfikatorów elektronicznych, metody utylizacji plastycznych środków smarowych.

Najbardziej intensywny rozwój kadry naukowo-badawczej dotyczy rozwiązań z zakresu systemów technicznych wspomagających bezpieczeństwo obiektów i procesów technicznych, w szczególności systemów testowania środków i urządzeń bezpieczeństwa technicznego w warunkach kontrolowanych zagrożeń oraz kontrolowanych warunkach środowiskowych, a także rozwiązań dotyczących systemów monitorowania i diagnozowania procesów i obiektów technicznych, w tym głównie rozwoju rozwiązań dotyczących układów wykonawczych do pracy w niebezpiecznych i szkodliwych procesach technologicznych, biometrycznych systemów zabezpieczeń oraz systemów zwiększających bezpieczeństwo ekologiczne, w szczególności metod utylizacji plastycznych środków smarowych. Rozwój kwalifikacji i kompetencji w wytypowanych kierunkach wynika z potrzeby zmniejszania ryzyka i skutków wypadków spowodowanych usterką systemu technicznego lub działaniami sabotażowymi.

Następuje rozwój technologii, które nie są uważane za najbardziej priorytetowe z punktu widzenia ich wpływu na zrównoważony rozwój gospodarki w aspekcie krajowym środowiskowym, ekologicznym i ekonomicznym i które cechuje wysoki i bardzo wysoki poziom gotowości technologicznej, co daje szansę na ich opracowanie zakończone sukcesem. Ukierunkowanie prac na doskonalenie istniejących rozwiązań jest spowodowane koniecznością zachowania spójności istniejącej infrastruktury systemów bezpieczeństwa technicznego z nowymi technologiami opracowywanymi w ramach prac badawczo-rozwojowych. Technologie bezpieczeństwa technicznego i środowiskowego charakteryzują się inercją wdrożeniową wynikającą z aspektów prawnych, procedur certyfikacyjnych oraz uwarunkowań mentalnych i edukacyjnych. Zjawiska te sprzyjają intensyfikacji prac w obszarach technologii przyrostowych o dużej rozpoznawalności na rynku, w znacznej mierze już stosowanych. Technologie wyłaniające się oprócz barier technicznych muszą pokonać także ograniczenia pozamerytoryczne, np. w aspektach prawnych, administracyjnych lub lobbystycznych.

## **Podsumowanie**

Opracowane scenariusze wskazują kierunki rozwoju technologii bezpieczeństwa technicznego i środowiskowego. W zależności od kierunków i dynamiki zmian czynników determinujących ich rozwój, znaczenia technologii dla zrównoważonego rozwoju gospodarki oraz poziomu gotowości technologicznej rozwijane są technologie o charakterze nowatorskim lub doskonalone istniejące rozwiązania.

Szczególnie duże znaczenie w rozwoju technologii bezpieczeństwa technicznego ma poziom gotowości wdrożeniowej, ze względu na bezpośrednie zastosowanie wyników prac w przemyśle i gospodarce narodowej.

Opracowane scenariusze stanowią wkład do scenariuszy zintegrowanych obejmujących pięć obszarów tematycznych projektu i uwzględniających zarówno aspekty technologiczne, jak i społeczne w odniesieniu do zapotrzebowania na nowe kwalifikacje i kompetencje niezbędne do opracowania i wdrożenia zaawansowanych technologii. Proponowane w scenariuszach technologicznych rozwiązania generują zapotrzebowanie na rozwój doczasowych i nowych kierunków kształcenia zawodowego, doskonalenie treści i metod kształcenia oraz unowocześnienia kompetencji personelu naukowo-badawczego oraz kadry dydaktycznej uczestniczącej w edukacji bezpieczeństwa.