



**INNOWACYJNA  
GOSPODARKA**  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

**UNIA EUROPEJSKA**  
EUROPEJSKI FUNDUSZ  
ROZWOJU REGIONALNEGO



---

**RAPORT**  
**Scenariusze rozwoju społecznego**  
**Specjalizowana aparatura badawcza i testowa**

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

dr inż. Krzysztof Symela  
dr inż. Zbigniew Kramek  
dr hab. inż. Henryk Bednarczyk  
dr inż. Andrzej Majcher

Radom 2010



## 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 specjalizowanej aparatury badawczej i testowej.

## 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.



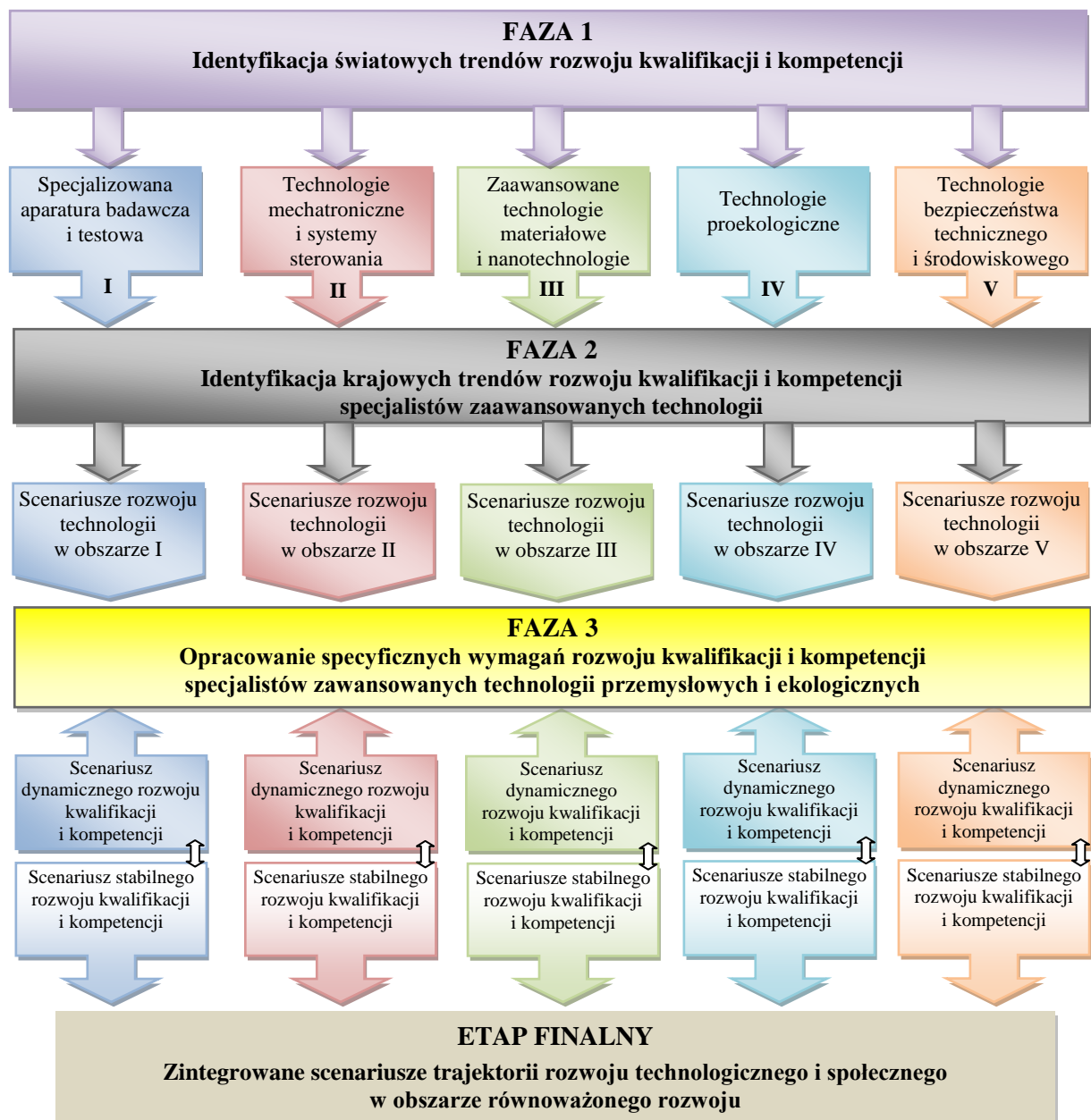
Rys. 1. Etapy prac w tworzeniu scenariuszy rozwoju społecznego (kwalifikacji i kompetencji)

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. SSRT
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, doksztalcanie 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 strategie 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 specjalizowanej aparatury badawczej i testowej**

W obszarze specjalizowanej aparatury badawczej i testowej 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**

Nowoczesne wykształcenie powinno zapewniać absolwentom umiejętność adaptowania się do zmiennych zapotrzebowań gospodarki i rynku pracy, w tym ukształtowanie nawyku stałego doksztalcania się w kierunkach wskazanych przez potencjalne zmiany.

Nowe zawody pojawiające się na rynku wykazują na ogół 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.

Na kształtowanie wiedzy, umiejętności i kompetencji współczesnego społeczeństwa mają niewątpliwie wpływ nieustannie dokonujące się zmiany w treściach pracy. Ulegają one ciągłej ewolucji, zwłaszcza w kontekście rozwoju nauki i technologii. Obserwujemy rozwój cywilizacji naukowo-technicznej, społeczeństwa informacyjnego, globalizacji gospodarki oraz społeczeństwa wielokulturowego. Pochodną tych tendencji są m.in. zmiany w funkcjonowaniu państwa (osłabienie dominacji państwa na rzecz gospodarki rynkowej) oraz w zatrudnieniu (nowe formy zatrudnienia, np. telepraca) związane z rozwojem sektora usług i przetwarzania informacji (społeczeństwo usługowe), przy jednoczesnym obniżaniu zatrudnienia w sektorze rolniczym i przemysłowym. Narastające problemy ochrony środowiska, troska o zrównoważony rozwój, niekorzystne dla edukacji prognozy demograficzne (w Polsce niż demograficzny będzie pogłębiał się do roku 2030) oraz zjawisko starzenia się społeczeństwa europejskiego to kolejne tendencje mające wpływ na rozwój wymagań w zakresie edukacji społeczeństwa. Dotyczą one zwłaszcza permanentnego rozwoju kwalifikacji i kompetencji pracowników i kandydatów do pracy, zgodnie z ideą uczenia się przez całe życie po to, aby nadążać za zmianami w gospodarce i wdrażaniem innowacyjnych technologii. W efekcie treści pracy ulegają wzbogaceniu i przekształceniom, ale ma to również konsekwencje dla kształtowania się rynku pracy i struktury zatrudnienia oraz tworzenia oferty programowej usług edukacyjnych, w tym w szczególności kształcenia zawodowego, uwzględniającego potrzeby specjalistów zaawansowanych technologii przemysłowych i ekologicznych.

Państwa członkowskie UE będą musiały zreformować krajowe systemy prowadzenia działalności badawczo-rozwojowej i innowacyjnej, aby sprzyjały one rozwijaniu kluczowych technologii wspomagających (Key Enabling Technologies) i zacieśnianiu współpracy między uczelniami, społecznością badawczą i biznesem. Podstawą rozwoju kluczowych technologii w UE jest specjalistyczna aparatura badawcza i testowa, która również podlega procesowi rozwoju. Niezbędny jest także personel potrafiący ją projektować i użytkować. Najbardziej predysponowani do tego są absolwenci kierunków ścisłych i inżynierskich, którzy są kreatywni, innowacyjni i przedsiębiorczy.

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

Rozwój innowacyjnych technologii (przyrostowych i wyłaniających się) generuje potrzebę posiadania odpowiedniego personelu naukowo-badawczego z wykształceniem na podsta-

wowym (inżynier, magister) i zaawansowanym (doktorat) poziomie akademickim. Natomiast zapotrzebowanie na specjalistów specjalizowanej aparatury badawczej 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 wskazuje na potrzeby doskonalenia zawodowego.

W ramach tego obszaru tematycznego zaawansowanych technologii przemysłowych 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).

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

Wdrożenie w Polsce Krajowych Ram Kwalifikacji wymagać będzie budowania wymagań kwalifikacyjnych i kompetencyjnych personelu naukowo-badawczego, kadry dydaktycznej i specjalistów na poziomach 6–8 (stopień licencjata/inżyniera, magistra, doktora). Wymagania dla tych specjalistów koncentrują się wokół deskryptorów efektów uczenia się, odnoszących się do wiedzy, umiejętności oraz kompetencji społecznych i personalnych. Zakres wiedzy specjalistycznej dla obszaru specjalizowanej aparatury badawczej i testowej umożliwi wykonywanie skomplikowanych i trudnych zadań zawodowych, wymagających innowacyjnego i twórczego działania z pogranicza różnych dziedzin naukowych z uwzględnieniem uwarunkowań technologicznych i produktowych. Zaawansowana wiedza specjalistyczna ma umożliwić diagnozowanie i projektowanie przebiegu złożonych procesów technologicznych.

Podstawowe zadania zawodowe w obszarze specjalizowanej aparatury badawczej i testowej dotyczą planowaniu i wykonywaniu operacji wymagających rozwiązywania złożonych i nieprzewidywalnych problemów z pogranicza różnych dziedzin nauki oraz wykonywania trudnych zadań zawodowych z wykorzystaniem zaawansowanej specjalistycznej wiedzy na najwyższym światowym poziomie.

Kompetencje społeczne i personalne dla specjalizowanej aparatury obejmują inicjatywę, samodzielność w podejmowaniu niezależnych działań profesjonalnych, odpowiedzialność za rozwój idei i zasad etyki zawodu, przywództwo oraz przedsiębiorczość w pełnionej roli zawodowej. Wymagana jest także sumienność i dokładność, samodzielność i samokontrola w pracy naukowo-badawczej i działaniach na rzecz usprawniania procesu pracy i wzrostu jego efektywności, a także przyczynianie się do postępu technicznego.

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

Specjalizowana aparatura badawcza i testowa generuje rozwój kwalifikacji i kompetencji personelu naukowo-badawczego i kadry dydaktycznej we wszystkich rodzajach działalności zawodowej. Twórcy specjalistycznej aparatury badawczej i testowej powinni posiadać interdyscyplinarne przygotowanie z zakresu nauk technicznych, a w szczególności takich dyscyplin naukowych jak: automatyka i robotyka, technologia budowy i eksploatacji maszyn, metrologia, ekologia, inżynieria ochrony środowiska, informatyka, inżynieria materiałowa, a także z zakresu nauk humanistycznych, medycznych i ochrony pracy ze względu na istotę czynnika ludzkiego.

Potrzebna jest również wysoce wyspecjalizowana, interdyscyplinarna i najnowsza wiedza w takich dziedzin jak: elektronika, automatyka, modelowanie matematyczne, informatyka i inżynieria systemów, fizyka kwantowa i zaawansowane modelowanie matematyczne, obejmująca krytyczne rozumienie teorii i zasad, w tym dotycząca badań właściwości elektrycznych, magnetycznych, optycznych, mechanicznych nanostruktur (nanorurek, nanowłókien, nanokryształów, fulerenów). Specjalistyczne umiejętności dotyczą rozwiązywania złożonych i nieprzewidywalnych problemów z zakresu: wysokorozdzielczej mikroskopii z sondami skanującymi, a w szczególności zaawansowanej aparatury pomiarowej do badania właściwości elektrycznych i magnetycznych nanostruktur oraz dotyczących monitorowania stanu środowiska i wykrywania zanieczyszczeń, w aparaturze do badań materiałów wielopowłokowych i kompozytowych, w hybrydowych wielofunkcyjnych systemach pomiarowych do badań destrukcji materiałów i obiektów technicznych.

Do zawodów, które w szczególności powinny być rozwijane na użytek tego obszaru tematycznego w przyszłości należą: biochemik, inżynier biocybernetyki i inżynierii biomedycznej, inżynier elektroenergetyk, inżynier mechatronik, inżynier mechatronik – mechanika precyzyjna, inżynier mechatronik – technologia mechaniczna, inżynier mechatronik – maszyny i urządzenia przemysłowe, inżynier inżynierii materiałowej, inżynier automatyki i robotyki, inżynier elektronik, inżynier mechanik, inżynier technologii cerami, inżynier technologii szkła, inżynier telekomunikacji, nanotechnolog, optoelektronik, specjalista do spraw ergonomii i projektowania form użytkowych, jak również: technik analityk, technik elektroniki medycznej, technik mechatronik, technik elektronik, technik elektryk, technik informatyk, technik mechanik, technik technologii chemicznej, technik metrolog, technolog inżynierii telekomunikacyjnej.

Rozwój bezprzewodowych systemów pomiarowych do monitorowania stanu eksploatacyjnego linii technologicznych oraz dużych, rozproszonych obiektów technicznych dotyczy głównie technologii przyrostowych. Badania przyrostowe skupiają się wokół istniejących technik pomiarowych w celu zmniejszenia materiałochłonności, energochłonności i czasochłonności, w szczególności aparatury do badań testowych, atestacyjnych i certyfikujących, aparatury do badań właściwości zużyciowych materiałów i obiektów technicznych, a także aparatury badawczej i systemów kontrolno-pomiarowych do monitorowania stanu środowiska naturalnego, zwłaszcza mobilnych, zintegrowanych laboratoriów diagnostycznych. W tym zakresie niezbędna jest interdyscyplinarna wiedza z elektroniki, automatyki, modelowania matematycznego, informatyki i inżynierii systemów. Przykładem interdyscyplinarnego wykorzystania wiedzy do opracowania jakościowo nowych technik pomiarowych jest aparatura do badań nieniszczących uznawana za szczególnie perspektywiczną i o wysokim prawdopodobieństwie dynamicznego rozwoju.

Specjalistyczne umiejętności dotyczą rozwiązywania złożonych i nieprzewidywalnych problemów w mobilnych urządzeniach do monitorowania stanu środowiska i wykrywania zanieczyszczeń, w aparaturze do badań materiałów wielopowłokowych i kompozytowych, w hybrydowych wielofunkcyjnych systemach pomiarowych do badań destrukcji materiałów i obiektów technicznych.

Postrzeganie pracownika poprzez jakość jego kompetencji zawodowych to nowy paradygmat myślenia o cechach współczesnego rynku pracy. Priorytetem jest podmiotowość człowieka i jego zdolność do adaptacji w zmieniających się warunkach zatrudnienia jako istotna cecha kompetencji zawodowych. Wynika ona przede wszystkim ze strategii wykorzystywania potencjału intelektualnego pracowników. Wymagane jest zatem zarządzanie technicznymi działaniami lub projektami oraz ponoszenie odpowiedzialności za podejmowanie decyzji związanych z pracami badawczymi, zarządzanie własnym rozwojem zawodowym lub zespołu badawczego, wykazywanie się operatywnością, innowacyjnością, autonomią, etyką naukową i zawodową oraz trwałym zaangażowaniem w rozwój nowych idei i procesów

w najważniejszych kontekstach pracy naukowo-badawczej. Pożądane jest również posiadanie uzdolnień naukowych, informatycznych, technicznych i organizacyjnych, wykazywanie się kreatywnością, innowacyjnością, myśleniem interdyscyplinarnym i systemowym w kontekście zaawansowanych technologii.

Rozwój gospodarki opartej na wiedzy niesie szereg wyzwań edukacyjnych. Jednym z najważniejszych jest kształtowanie u pracowników gotowości uczenia się przez całe życie (*lifelong learning*). Jest to nowe wyzwanie edukacyjne, wymagające modernizacji tradycyjnych form szkoleniowych i określania obszaru kształtowania postaw, zmiany utrwalonych w przeszłości wartości i norm. Istnieje także potrzeba transferu wiedzy o zaawansowanych technologiach przemysłowych i ekologicznych do sfery edukacji zawodowej na wszystkich poziomach kształcenia z uwzględnieniem oferty doskonalenia kompetencji kadry dydaktycznej oraz modernizacji oferty programowej na kierunkach studiów o profilach technicznych.

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

Rozwój kwalifikacji i kompetencji personelu naukowo-badawczego i kadry dydaktycznej w obszarze specjalizowanej aparatury badawczej i testowej postrzegany jest przede wszystkim jako kontynuacja prac w dotychczas prowadzonych kierunkach badań i ukierunkowanie na doskonalenie istniejących rozwiązań, co przekłada się na umiarkowaną dynamikę rozwoju. Technologie przyrostowe stanowią dominującą grupę w tym obszarze. Warunkiem koniecznym stabilnego rozwoju jest prowadzenie badań umożliwiających ocenę zapotrzebowania na specjalistów zaawansowanych technologii przemysłowych i weryfikację zbioru wymagań kwalifikacyjnych (umiejętności, wiedza oraz kompetencje społeczne i personalne) dla wybranych technologii.

Stymulatorem wzrostu wymagań kwalifikacyjnych w zakresie specjalistycznej wiedzy i umiejętności jest zapotrzebowanie gospodarki na wysoko kwalifikowaną kadrę inżynierską do obsługi aparatury badawczej i testowej oraz gotowość przemysłu do rozwijania innowacyjnych technologii i wyrobów. W tym zakresie potrzebna jest wysoce wyspecjalizowana, interdyscyplinarna i najnowsza wiedza w takich dziedzin, jak: elektronika, automatyka, metrologia, informatyka, będąca podstawą stabilnego rozwoju wyspecjalizowanych systemów pomiarowych do monitorowania procesów eksploatacyjnych oraz rozwiązywania problemów rozwoju technologii w obszarze aparatury badawczej i testowej.

Wśród rozwijanych technologii znajdują się zarówno technologie o wysokim poziomie gotowości technologicznej, jak i średnim priorytecie spełnienia kryteriów zrównoważonego rozwoju. Doskonalona jest głównie aparatura do badań procesów próżniowo-plazmowych, monitorowania stanu eksploatacyjnego rozproszonych obiektów technicznych oraz do badań materiałów konstrukcyjnych i funkcjonalnych metodami nieniszczącymi (optyczne, wibroakustyczne). Specjalistyczne umiejętności w tym zakresie powinny umożliwić rozwiązywanie złożonych i nieprzewidywalnych problemów w aparaturze do badań destrukcji materiałów i obiektów technicznych, do oceny jakości wyrobów i procesów technologicznych czy wreszcie do monitorowania stanu środowiska i wykrywania zanieczyszczeń. Umiejętności personelu dotyczą zapewnienia odpowiednich warunków prowadzenia badań, metod rejestracji wyników pomiarów, a także stosowania układów pomiarowych, metod regulacji oraz akwizycji danych pomiarowych wynikających z rozwoju sensoryki, programowalnych układów logicznych, a także systemów informatycznych.

Zakres posiadanych kompetencji społecznych i personalnych wynika ze strategii wykorzystywania potencjału intelektualnego pracowników. Dla pracowników specjalizowanej aparatury przewiduje się zarządzanie złożonymi technicznymi działaniami lub projektami. Personel jest odpowiedzialny za własny rozwój zawodowy lub zespołu badawczego. Ważne są

również uzdolnienia naukowe, informatyczne, techniczne i organizacyjne, kreatywność w działaniu, innowacyjność, myślenie interdyscyplinarne i systemowe w kontekście zaawansowanych technologii. Odpowiedzialny jest także za podejmowanie decyzji w sytuacjach problemowych, związanych z pracami badawczymi oraz za przyczynianie się do rozwoju wiedzy i doświadczenia zawodowego w dziedzinie specjalizowanej aparatury badawczej. Istotna jest również innowacyjność, autonomia, etyka naukowa i zawodowa oraz trwale zaangażowanie w rozwój nowych idei i procesów w najważniejszych kontekstach pracy naukowo-badawczej.

## **Podsumowanie**

Opracowane scenariusze wskazują kierunki rozwoju kwalifikacji i kompetencji w obszarze specjalizowanej aparatury badawczej i testowej do wspomagania procesów wytwarzania i eksploatacji.

Trendy krajowe i światowe wskazują, że problematyka rozwoju kwalifikacji i kompetencji specjalistów z obszaru specjalizowanej aparatury badawczej i testowej wpisuje się w główny nurt polityki gospodarczej i edukacyjnej. Proponowane w scenariuszach technologicznych rozwiązania generują zapotrzebowanie na rozwój doczasowych i nowych kierunków kształcenia zawodowego, doskonalenie treści i metod kształcenia oraz unowocześnienie kompetencji personelu naukowo-badawczego oraz kadry dydaktycznej, uczestniczącej w edukacji inżynierskiej.

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 w tych obszarach.