



**INNOWACYJNA
GOSPODARKA**
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



RAPORT

Scenariusze rozwoju społecznego

Zaawansowane technologie materiałowe i nanotechnologie oraz systemy techniczne wspomagające ich projektowanie i aplikację

opracowany w ramach projektu

**Zaawansowane technologie przemysłowe i ekologiczne
dla zrównoważonego rozwoju kraju**

dr inż. Krzysztof Symela
dr inż. Ireneusz Woźniak
dr hab. inż. Henryk Bednarczyk
dr hab. inż. Jerzy Smolik

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 zaawansowane technologie materiałowe i nanotechnologie oraz systemy techniczne wspomagające ich projektowanie i aplikacje.

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” (Etap: 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.

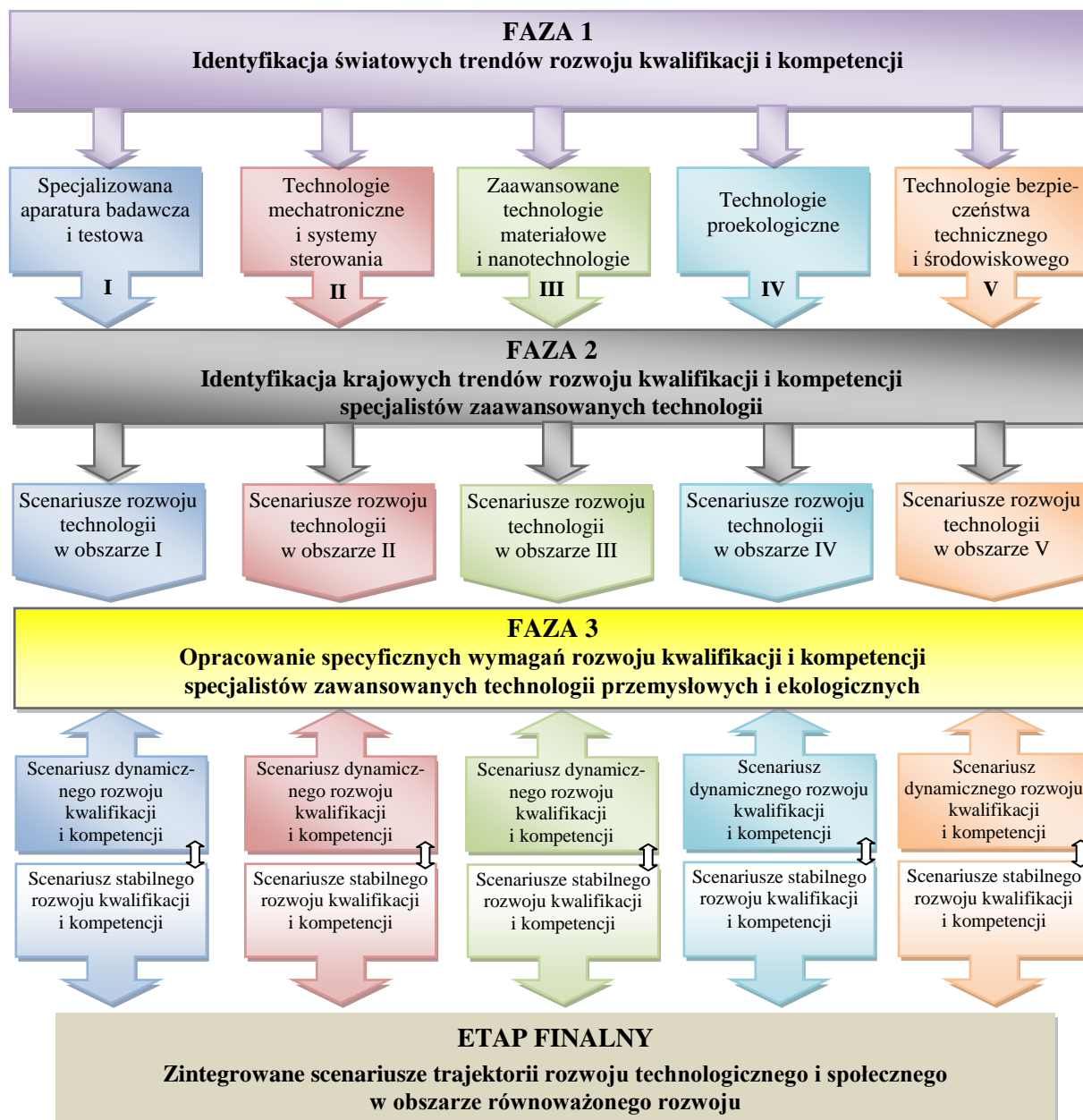


Rys. 1. Etapy prac w tworzeniu scenariuszy rozwoju społecznego (kwalifikacji i kompetencji)

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, 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, doształcania 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 zaawansowanych technologii materiałowych i nanotechnologii oraz systemów technicznych wspomagających ich projektowanie i aplikację

W obszarze zaawansowanych technologii materiałowych i nanotechnologii 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 przyzwyczajenie stałego dokształcania 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. Aktualnie dokonuje się postęp 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. Uwzględniając problemy ochrony środowiska (stąd 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 kontekst przystosowania edukacji do realiów gospodarki rozszerza się o nowe wymagania. 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.

Technologie materiałowe i nanotechnologie to obszar odgrywający znaczącą rolę w stymulowaniu rozwoju całej gospodarki kadr o wysokich kwalifikacjach zawodowych. Poprzez wpływ na zwiększanie innowacyjności, ochronę środowiska oraz obniżanie kosztów produkcji decyduje on o potrzebie rozwoju także innych grup technologii i towarzyszących im zawodów. Technologie materiałowe i nanotechnologie cechuje bardzo wysoki poziom interdyscyplinarności, czego wynikiem jest istotny wpływ i stymulowanie rozwoju innych obszarów działalności naukowo-badawczej. Tendencje rozwojowe rynku pracy pokazują wzrost znaczenia kwalifikacji i kompetencji z obszaru technologii materiałowych i nanotechnologii. Zwłaszcza spektakularne sukcesy nanotechnologii, postęp naukowo-techniczny w tej dziedzinie spowodowały wzrost zapotrzebowania na naukowców i specjalistów o szerokim, interdyscyplinarnym przygotowaniu teoretycznym i praktycznym. Od nanotechnologii oczekuje się, że wygeneruje ogromne możliwości nie tylko dla świata nauki i badań, ale również dla rynków przemysłowych oraz dla rynku pracy.

Koncentracja na nanotechnologii przynosi coraz większe wymagania dotyczące wykwalifikowanego personelu. Wraz z rozwojem nowych produktów i usług rośnie potrzeba dobrze wyszkolonego personelu w obszarach przemysłowych wdrożeń nanotechnologii, takich jak produkcja, zapewnienie jakości oraz marketing i dystrybucja. W tym kontekście w ciągu najbliższych 5 lat przewiduje się wystąpienie braku wykwalifikowanego i interdyscyplinarnie wyszkolonego personelu nanotechnologicznego. Ważnym strategicznie zadaniem staje się przygotowanie wymagań kwalifikacyjnych oraz kształcenia i szkoleń w zakresie nanotechnologii.

Przedsiębiorstwa zajmujące się nanotechnologią wykazują zapotrzebowanie zarówno na naukowców nauk ścisłych, technicznych, jak i średnią kadre wykwalifikowanych pracowników. Oprócz zapotrzebowania na wysokie i średnie kwalifikacje sygnalizowane jest także zapotrzebowanie przemysłu na personel niskokwalifikowany do prac prostych, towarzyszących obsłudze procesów nanotechnologicznych.

Technologie materiałowe i nanotechnologie wskazują zapotrzebowanie na pracowników, których wiedza obejmuje różne dziedziny nauk technicznych i przyrodniczych, takich jak: fizyka, chemia i pochodzące od nich nauki szczegółowe, np.: fotonika, optyka precyzyjna, technologia laserowa czy elektrowarstwy. Ponadto wymagana jest znajomość zagadnień z zakresu ochrony zdrowia, przepisów i zasad bezpieczeństwa pracy i użytkowania, technik przetwarzania danych i innych. Zestaw umiejętności towarzyszących pracy z technologiami materiałowymi i nanotechnologiami powinien zapewnić skuteczne radzenie sobie z procedurami technologicznymi. Wymagane są zwłaszcza umiejętności stosowania procedur analitycznych, produkcyjnych oraz innych kompetencji dotyczących systemów technicznych. Wśród cech osobowościowych oraz umiejętności miękkich potrzebne będą w szczególności: kreatywność, zdolność do ciągłego uczenia się oraz umiejętność analizy. Szczególne znaczenie będą miały zdolności komunikacyjne, predyspozycje do pracy zespołowej oraz automotywacja.

Trendy krajowe rozwoju kwalifikacji i kompetencji

Rozwój innowacyjnych technologii materiałowych i nanotechnologii (przyrostowych i wyłaniających się) pociąga za sobą potrzebę posiadania odpowiedniego personelu naukowo-badawczego z wykształceniem na podstawowym (inżynier, magister) i zaawansowanym (doktorat) poziomie akademickim. Natomiast wymagania i zapotrzebowanie na specjalistów w tej dziedzinie z wykształceniem niższym niż poziom uniwersytecki są obecnie porównywalnie mniejsze, a w przyszłości proces ten się pogłębi. 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 preferowanie kształcenia i szkolenia zawodowego, efektywne 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 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.

Technologie materiałowe i nanotechnologie to obszar o silnie ugruntowanej pozycji w Polsce. Posiadane w tym obszarze zaplecze kadrowe, infrastruktura badawcza oraz możliwości finansowania prac badawczo-rozwojowych są na poziomie porównywalnym z wiodącymi krajami UE. Rozwój technologii materiałowych i nanotechnologii jest bardzo dynamiczny i obejmuje zarówno technologie przyrostowe, charakteryzujące się wysokim poziomem gotowości technologicznej, jak i technologie wyłaniające się, oceniane jako priorytetowe dla przyszłego rozwoju gospodarki, rynku pracy i kwalifikacji. Dynamiczny rozwój badań w zakresie technologii materiałowych i nanotechnologii warunkowany jest także rozwojem kapitału intelektualnego oraz metod transformacji wiedzy. W aspekcie rozwoju kapitału intelektualnego kluczowe znaczenie ma tworzenie interdyscyplinarnych zespołów badawczych skupiających specjalistów z zakresu różnych obszarów wiedzy, m.in.: inżynierii materiałowej, technologii informatycznych, fizyki, chemii oraz mechaniki. Z kolei w ramach rozwoju metod transformacji wiedzy istnieje potrzeba intensyfikacji współpracy pomiędzy polskimi ośrodkami naukowymi, współpracy międzynarodowej oraz intensyfikacji powiązań ośrodków naukowych z przemysłem.

Mocną stroną technologii materiałowych i nanotechnologii, uważanych za szansę rozwojową Polski są technologie obróbki powierzchniowej z wykorzystaniem zaawansowanego modelowania matematycznego, metody komputerowego projektowania technologii obróbki powierzchniowej oraz inteligentne systemy sterowania procesami obróbki powierzchniowej. Ich silną stroną jest potencjał kadrowy.

Sektor zaawansowanych technologii materiałowych i nanotechnologii jest ściśle powiązany z innymi sektorami i technologiami przemysłowymi, dlatego wymaga wiedzy interdyscyplinarnej, szczególnie w zakresie fizyki, chemii, biologii oraz nauk technicznych. Wymagana jest dokładna wiedza o cechach charakterystycznych materiałów i powierzchni w nanoskali, tak samo jak wiedza z mechaniki kwantowej, biologii molekularnej oraz chemii polimerów. Te szczególne dziedziny wiedzy ważne są zarówno dla osób o kwalifikacjach wysokich, jak i średnich. Do najczęściej wymienianych kompetencji miękkich należą: automotywacja, odpowiedzialność, elastyczność oraz staranne wykonywanie pracy w sposób bezpieczny.

Należy podjąć badania nad profilami kwalifikacji i kompetencji dla prac wykonywanych w obszarze technologii materiałowych i nanotechnologii. Oprócz wymagań w zakresie wiedzy, umiejętności i innych kompetencji, badania powinny umożliwić rekomendacje dla programów kształcenia ustawicznego i szkoleń zawodowych, doskonalenia kadr pedagogicznych, a także studiów podyplomowych i doktoranckich. Budowa profili kwalifikacji i kompetencji powinna być modułowa, a tytuły naukowe i zawodowe powinny być uznawane na poziomie międzynarodowym. Należy także rozwijać procedury walidacji wiedzy i umiejętności uzyskanych na drodze nieformalnej i pozaformalnej, stosując się do wymagań Europejskich Ram Kwalifikacji i opracowywanych aktualnie Polskich Ram Kwalifikacji.

Nowe wymagania kwalifikacyjne są podstawą dla rozwoju innowacyjnych metod w kształceniu i szkoleniach. Interdyscyplinarny charakter technologii materiałowych i nanotechnologii powoduje, że struktury kwalifikacji mogą i powinny być opracowywane poprzez modyfikację istniejących kwalifikacji w obszarze różnych nauk podstawowych i technicznych. Szczególnie cenny byłby rozwój modułowych kursów szkoleń ustawicznych. Moduły te mogłyby powstawać w takich dziedzinach, jak: nanochemia, nanomateriały, nanobiotechnologia, nanoelektronika i nanooptyka. Moduły szkoleń ustawicznych powinny być ze sobą powiązane w celu umożliwienia budowania elastycznych programów nauczania.

Scenariusz dynamicznego rozwoju kwalifikacji i kompetencji

W Polsce rozwój technologii wyłaniających się bazuje na najnowszych osiągnięciach inżynierii powierzchni, jakimi są hybrydowe technologie obróbki powierzchniowej, stwarzające szerokie możliwości kształtowania właściwości fizycznych i chemicznych wytwarzanych warstw i powłok. Technologie wyłaniające się powstają na bazie nowatorskich rozwiązań materiałowych i towarzyszących im opracowań technologicznych, umożliwiających wytwarzanie unikatowych materiałów funkcjonalnych. Szczególnie cenne są dwa główne kierunki rozwoju technologii wyłaniających się. Pierwszym z nich jest wytwarzanie powłok o strukturze nanometrycznej, w tym: powłok nanowarstwowych i nanokompozytowych, o ściśle ukierunkowanych właściwościach funkcjonalnych, np. przeznaczonych do wytwarzania mikroogniwoltaicznych czy też bioczułych lub chemoczułych mikrosensorów. Drugi kierunek rozwoju technologii wyłaniających się obejmuje technologie przeznaczone do modyfikowania właściwości warstwy wierzchniej stopów metali lekkich, w tym: tytanu, aluminium i magnezu.

Zaawansowane technologie materiałowe i nanotechnologie oraz systemy techniczne wspomagające ich projektowanie i aplikacje generują rozwój interdyscyplinarnych kwalifikacji i kompetencji personelu naukowo-badawczego oraz kadry dydaktycznej i innych specjalistów, do których w szczególności należą: inżynier inżynierii materiałowej oraz specjalista zastosowań informatyki. W tym obszarze szczególnego znaczenia nabiera wiedza i umiejętności w dziedzinach takich jak: fizyka, chemia, inżynieria materiałowa, fizyka plazmy, elektronika.

Interdyscyplinarny charakter technologii materiałowych i nanotechnologii powoduje, że struktury kwalifikacji powinny być opracowywane poprzez modyfikację istniejących kwalifikacji w obszarze różnych nauk podstawowych i technicznych. Szczególnie wskazany jest rozwój modułowych struktur kształcenia i doskonalenia zawodowego. Moduły te mogą dotyczyć takich obszarów jak: nanochemia, nanomateriały, nanobiotechnologia, nanoelektronika i nanooptyka. Moduły szkoleń ustawicznych powinny być ze sobą powiązane w celu umożliwienia budowania elastycznych programów nauczania.

Opracowywanie i wdrażanie nowych rozwiązań z zakresu technologii materiałowych i nanotechnologii ma pozytywny wpływ na rozwój innych obszarów tematycznych, w tym technologii mechatronicznych i systemów sterowania, specjalizowanej aparatury badawczej i testowej, technologii proekologicznych oraz technologii bezpieczeństwa technicznego i środowiskowego.

Na rozwój zaawansowanych technologii materiałowych i nanotechnologii będą miały pozytywny wpływ jednocześnie: zasoby kadry naukowej, badawczej i technicznej, przepływ wiedzy i doświadczeń oraz krajowe priorytety badawczo-rozwojowe. W wyniku badań uznano, że tendencja wzrostowa czynnika kluczowego związanego z zasobami kadry naukowej, badawczej i technicznej oraz dostosowaniem programów edukacyjnych do wymogów kreowania i aplikacji rozwiązań innowacyjnych będzie miała największy pozytywny wpływ na rozwój technologii wytwarzania warstw i powłok funkcjonalnych do szczególnie wymagających zastosowań, takich jak wytwarzanie powłok bioczułych i chemoczułych.

Wymagana wiedza szczegółowa dotyczy między innymi: hybrydowych technologii obróbki powierzchniowej realizowanej celem zwiększania trwałości tribologicznej elementów wytwarzanych seryjnie metodą obróbki plastycznej na zimno, także przy spełnieniu warunku miękkiego, plastycznego rdzenia; właściwości złożonej warstwy hybrydowej typu „warstwa nawęglana / warstwa azotowana / powłoka PVD; łączenia właściwości warstw hybrydowych na stopach tytanu i stopach niklu; procesów hybrydowej obróbki powierzchniowej dla stopów metali lekkich; właściwości i zastosowania stopów magnezu typu Mg-Al-Zn; zwiększania odporności korozyjnej i tribologicznej powłok anodowych stopów magnezu.

Wykorzystaniu wiedzy ogólnej i szczegółowej powinny towarzyszyć między innymi umiejętności stosowania hybrydowych technologii obróbki powierzchniowej; kształtowania właściwości i wytwarzanie złożonej warstwy hybrydowej; projektowania i realizowania procesów hybrydowej obróbki powierzchniowej dla stopów metali lekkich, tj. stopów tytanu, niklu, aluminium, magnezu; wytwarzania dyfuzyjnych warstw faz międzymetalicznych; obróbki powierzchniowej stopów magnezu przez utlenianie anodowe.

Kompetencje osobowościowe i uzdolnienia przydatne w pracy z zaawansowanymi technologiami materiałowymi i nanotechnologiami to przede wszystkim: zdolność komunikowania się i pracy w zespole, zdolność analizowania sytuacji oraz rozwiązywania problemów, samodzielność i samokontrola, kreatywność techniczna oraz nastawienie na innowacyjność, zdolność dostrzegania złożonych zjawisk i zależności przyczynowo-skutkowych.

Scenariusz stabilizacji rozwoju kwalifikacji i kompetencji

Rozwój technologii przyrostowych ukierunkowany jest na stopniowe doskonalenie istniejących już rozwiązań, jak również na rozszerzanie możliwości ich aplikacyjnego wykorzystania w nowych obszarach gospodarki. Prace badawczo-rozwojowe dotyczące rozwoju technologii przyrostowych koncentrują się przede wszystkim na kształtowaniu charakterystyk cienkich warstw i powłok, przeznaczonych do poprawy właściwości mechanicznych, tribologicznych i korozyjnych narzędzi i elementów maszyn pracujących w trudnych warunkach eksploatacyjnych. Dotyczy to głównie aplikacji w przemyśle narzędziowym (matryce do obróbki plastycznej metali, formy ciśnieniowe i odlewnicze), przemyśle lotniczym i samochodowym (elementy turbin lotniczych i silników spalinowych) oraz medycynie (implanty i wszczepy medyczne, narzędzia chirurgiczne).

Technologie materiałowe i nanotechnologie charakteryzuje stały, stabilny rozwój dotyczący istniejących rozwiązań technologicznych, prowadzenie prac w dotychczas realizowanych kierunkach obejmujących wyłącznie technologie przyrostowe. Sytuacja taka spowodowana jest przede wszystkim bardzo wysokimi kosztami wiążącymi się z rozwijaniem nowych kierunków badań w zakresie technologii materiałowych i nanotechnologii, co z kolei wynika z konieczności stosowania unikatowych, bardzo drogich urządzeń.

Realizowany rozwój dotyczy przede wszystkim rozwiązań w zakresie technologii podwyższania jakości i trwałości narzędzi oraz zwiększania trwałości elementów wytwarzanych na potrzeby różnych przemysłów. Badania przyrostowe prowadzone są w zakresie powłok i warstw do szczególnie wymagających zastosowań wytwarzanych metodami inżynierii powierzchni oraz hybrydowych procesów wytwarzania warstw i powłok.

Istnieje duże prawdopodobieństwo utrzymania się stałego poziomu w zakresie: zasobów kadry naukowej, badawczej i technicznej, dostosowania programów edukacyjnych do wymogów kreowania i aplikacji rozwiązań innowacyjnych, przepływu wiedzy i doświadczeń między indywidualnymi naukowcami, przedsiębiorcami i instytucjami, dostępu do baz wiedzy, uwzględnienia tematyki krajowych priorytetów badawczo-rozwojowych. W wyniku badań uznano, że największe szanse na pozytywny rozwój technologii materiałowych i nanotechnologii mają: technologie hybrydowe z wykorzystaniem procesów dyfuzyjnych dla stali stopowych (w tym: hybrydowa technologia zwiększająca trwałość narzędzi odlewniczych oraz hybrydowa technologia zwiększania trwałości matryc kuźniczych); technologie wytwarzania powłok złożonych: wielowarstwowych, gradientowych, wieloskładnikowych, kompozytowych (zwłaszcza hybrydowa technologia zwiększania trwałości matryc do wyciskania cienkościennych profili aluminiowych); technologie wytwarzania warstw i powłok funkcjonalnych do szczególnie wymagających zastosowań, takie jak: hybrydowa technologia wytwarzania multifunkcyjnych warstw hybrydowych na łopatkach turbin.

W związku z powyższym szczególnie znaczenia nabiera konieczność kształtowania wiedzy dotyczącej między innymi: właściwości warstw hybrydowych typu „warstwa dyfuzyjna/powłoka PVD” na stalach narzędziowych wysokostopowych, w aspekcie zwiększania trwałości narzędzi i elementów maszyn pracujących w trudnych warunkach eksploatacyjnych, np. formy do ciśnieniowego odlewania aluminium, matryce kuźnicze; synergicznego współdziałanie warstwy dyfuzyjnej i powłoki PVD; zasad łączenia procesów dyfuzyjnej obróbki powierzchniowej (azotowania, nawęglania próżniowego, węgloazotowania) z procesami wytwarzania powłok PVD w jeden złożony proces technologiczny; metod nakładania powłok celem konfigurowania ich składu chemicznego i struktury wielowarstwowej; właściwości powłok z barierą cieplną; właściwości powłok kompozytowych węgla chromu i innych.

Podstawowe umiejętności towarzyszące wskazanej wiedzy to między innymi: projektowanie i wytwarzanie warstw hybrydowych typu „warstwa azotowana/powłoka PVD”; kształtowanie właściwości powłok wytwarzanych z wykorzystaniem technologii hybrydowych wieloźródłowych; łączenie różnych metod obróbki powierzchniowej w jednym procesie technologicznym celem komponowania powłoki wielowarstwowej; optymalizacja metod wytwarzania powłok kompozytowych celem kształtowania struktury wytwarzanej powłoki kompozytowej.

Kompetencje osobowościowe i uzdolnienia typowe dla technologii w fazie stabilnego rozwoju to: otwartość na zmiany, dokładność i dbałość o jakość pracy, świadomość roli transferu wiedzy, kreatywność techniczna, innowacyjność oraz odpowiedzialność proekologiczna.

Podsumowanie

Przeprowadzona analiza stanu oraz intensywności rozwoju i kierunków badań w obszarze technologii materiałowej i nanotechnologii wykazała, że obszar ten odgrywa znaczącą rolę w stymulowaniu rozwoju całej gospodarki. Poprzez wpływ na zwiększanie jej innowacyjności, ochronę środowiska, obniżanie kosztów produkcji oraz zwiększanie bezpieczeństwa obywateli decyduje o znaczeniu gospodarczym, a tym samym potrzebie rozwoju innych grup technologii. Sformułowane scenariusze dynamicznego oraz stabilnego rozwoju technologii materiałowych i nanotechnologii wskazują kierunki prac badawczo-rozwojowych, jakie powinny być prowadzone w Polsce, ze względu na ich duże znaczenie w procesie innowacyjnego rozwoju kraju. Przedstawione scenariusze podkreślają znaczenie zarówno rozwoju technologii nowatorskich o charakterze wyprzedzającym, jak również potrzebę rozwoju i rozszerzanie możliwości aplikacyjnych, technologii już istniejących, jako technologii przyrostowych.

Trendy krajowe i światowe wskazują, że problematyka rozwoju kwalifikacji i kompetencji specjalistów z tego obszaru wpisuje się w nurt polityk gospodarczych i edukacyjnych. Proponowane w scenariuszach technologicznych rozwiązania generują zapotrzebowanie na rozwój dotychczasowych i nowych kierunków kształcenia zawodowego, doskonalenie treści i metod kształcenia oraz unowocześnienia kompetencji personelu naukowo-badawczego i kadry dydaktycznej.

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.