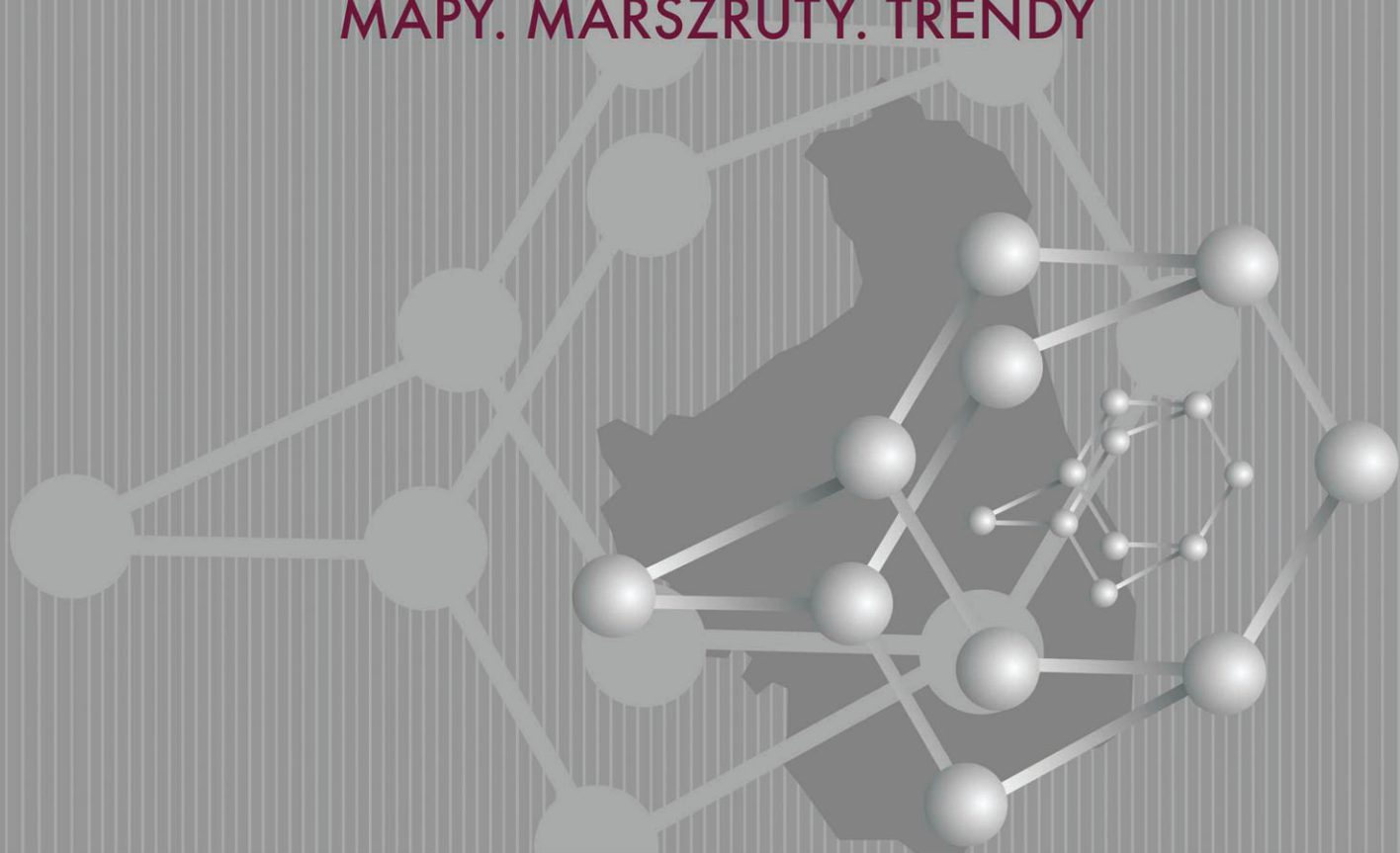


KIERUNKI ROZWOJU NANOTECHNOLOGII W WOJEWÓDZTWIE PODLASKIM MAPY. MARSZRUTY. TRENDY



**KIERUNKI ROZWOJU
NANOTECHNOLOGII
W WOJEWÓDZTWIE PODLASKIM
MAPY. MARSZRUTY. TRENDY**

KIERUNKI ROZWOJU NANOTECHNOLOGII
W WOJEWÓDZTWIE PODLASKIM
MAPY. MARSZRUTY. TRENDY

REDAKCJA NAUKOWA

ANNA KONONIUK
ALICJA GUDANOWSKA

BIAŁYSTOK 2013

recenzenci

prof. dr hab. inż. Józef Gawlik
dr hab. Roman Szewczyk, prof. nzw.

© copyright by

Politechnika Białostocka

Białystok 2013

ISSN 0867-096X

Rozprawy Naukowe Nr 245
Biblioteka Nauk o Zarządzaniu

redaktor wydawnictwa

Janina Demianowicz

okładkę projektowała

Krystyna Krakówka

projekt i skład komputerowy



Agencja Wydawnicza Ekopress
Andrzej A. Poskrobko
tel. 601 311 838

druk i oprawa

Oficina Wydawnicza
Politechniki Białostockiej

zespół autorów

Joanicjusz Nazarko – *koordynator projektu*

Alicja Gudanowska

Anna Kononiuk

Ewa Glińska

Urszula Glińska

Joanna Ejdys

współpraca

Elżbieta Krawczyk-Dembicka

Elżbieta Stepaniuk

Tomasz Trochimczuk

*Projekt współfinansowany ze środków
Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego
oraz środków budżetu państwa
w ramach Programu Operacyjnego
Innowacyjna Gospodarka*

ZESPÓŁ EKSPERTÓW Z ZAKRESU TECHNOLOGII

prof. dr hab. inż. Jan R. Dąbrowski	<i>Politechnika Białostocka, Wydział Mechaniczny</i>
prof. dr hab. inż. Jan Dorosz	<i>Politechnika Białostocka, Wydział Elektryczny</i>
dr hab. Jarosław Grobelny , prof. nzw.	<i>Uniwersytet Łódzki, Wydział Chemii</i>
prof. dr hab. inż. Krzysztof Kurzydłowski	<i>Narodowe Centrum Badań i Rozwoju</i>
prof. dr hab. inż. Małgorzata Lewandowska	<i>Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Materiałowej</i>
prof. dr hab. Witold Łojkowski	<i>Instytut Wysokich Ciśnień Polskiej Akademii Nauk Politechnika Białostocka, Wydział Zarządzania</i>
dr inż. Jakub Michalski	<i>Materials Engineers Group Sp. z o.o.</i>
prof. dr hab. inż. Urszula Teresa Narkiewicz	<i>Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Wydział Technologii i Inżynierii Chemicznej</i>
dr hab. inż. Jerzy Smolik , prof. nzw.	<i>Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy w Radomiu</i>
prof. dr hab. Jacek Ulański	<i>Politechnika Łódzka, Wydział Chemiczny</i>
dr hab. inż. Mariusz Zubert , prof. nzw.	<i>Politechnika Łódzka, Wydział Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki</i>

ZESPÓŁ EKSPERTÓW PANELU BUDOWY SCENARIUSZY I MARSZRUT TECHNOLOGICZNYCH

dr Anna Kononiuk – koordynator panelu	dr inż. Katarzyna Halicka
Norbert Brzostowski	dr Andrzej Magruk
dr Grzegorz Dobrzański	prof. dr hab. inż. Joanicjusz Nazarko
dr hab. inż. Joanna Ej dys , prof. nzw.	Łukasz Nazarko
dr Ewa Glińska	dr inż. Anna Olszewska
Urszula Glińska	dr Andrzej Pawluczuk
Alicja Gudanowska	dr inż. Wiesław Urban

Wprowadzenie	9
1. Mapowanie technologii	13
1.1. Charakterystyka metody mapowania technologii	13
1.2. Mapowanie technologii w metodyce badawczej projektu	14
1.3. Mapa relacji technologii kluczowych	16
1.4. Charakterystyka wybranych aspektów technologii priorytetowych	19
2. Marszrut rozwoju technologii	31
2.1. Charakterystyka metody marszrut rozwoju technologii	31
2.2. Metodyka opracowania marszrut rozwoju technologii w projekcie	37
2.3. Wizualizacja marszrut rozwoju technologii	39
2.4. Marszrut rozwoju technologii w województwie podlaskim	42
2.4.1. Marszruta rozwoju nanomateriałów i nanopokryć w sprzęcie medycznym	42
2.4.2. Marszruta rozwoju nanotechnologii dla narzędzi tnących i przetwórstwa drewna	45
2.4.3. Marszruta rozwoju materiałów kompozytowych na stałe wypełnienia stomatologiczne	47
2.4.4. Marszruta rozwoju nanotechnologii warstw wierzchnich do zastosowań biomedycznych	50
2.4.5. Marszruta rozwoju nanotechnologii związanych z tkaninami specjalnymi	52
2.4.6. Marszruta rozwoju technologii proszkowych do wykorzystania w przetwórstwie tworzyw sztucznych, kompozycji farb i lakierów	54
2.4.7. Marszruta rozwoju technologii nanostrukturyzacji metali i stopów lekkich w szczególności opartych na metodach dużego odkształcenia plastycznego	57
2.5. Zbiorcza marszruta rozwoju technologii	59
3. Megatrendy stanowiące tło rozwoju nanotechnologii	63
Podsumowanie	72
ANEKS	
<i>Załącznik 1. Karty oceny technologii priorytetowych wraz z mapami lokalizacyjnymi</i>	75
<i>Załącznik 2. Lista dokumentów przeanalizowanych w aspekcie elementów spójnych z ideą mapowania technologii</i>	99
<i>Załącznik 3. Lista publikacji naukowych prezentujących metodę <i>roadmappingu</i> w kontekście badań foresightowych i/bądź regionu</i>	101
<i>Załącznik 4. Kwestionariusz oceny technologii na potrzeby budowy map technologii oraz marszrut rozwoju technologii</i>	104
Bibliografia	107
Wykaz rysunków	111
Wykaz tabel	112

W monografii zaprezentowano możliwe kierunki rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim opracowane w ramach projektu badawczego „Foresight technologiczny <<NT FOR Podlaskie 2020>>. Regionalna strategia rozwoju nanotechnologii”. Projekt jest finansowany ze środków Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka, Priorytet I. Badania i rozwój nowoczesnych technologii, Działanie 1.1. Wsparcie badań naukowych dla budowy gospodarki opartej na wiedzy, Poddziałanie 1.1.1. Projekty badawcze z wykorzystaniem metody foresight. Beneficjentem projektu jest Politechnika Białostocka, a Instytucją Wdrażającą – Ośrodek Przetwarzania Informacji (OPI).

Realizacja zadań badawczych projektu „Foresight technologiczny <<NT FOR Podlaskie 2020>>. Regionalna strategia rozwoju nanotechnologii” była możliwa dzięki interakcji sześciu paneli eksperckich, w tym trzech paneli obszarów badawczych oraz trzech paneli metodycznych. Panele obszarów badawczych projektu stanowią:

- Nanotechnologie w gospodarce Podlasia (POB1).
- Badania naukowe w zakresie nanotechnologii na rzecz rozwoju Podlasia (POB2).
- Kluczowe czynniki rozwoju nanotechnologii podlaskiej (POB3).

Panele metodyczne, których zakres pracy odpowiada głównym metodom badawczym wykorzystanym w projekcie, tworzą:

- Panel analizy STEEPVL oraz SWOT (PASiS).
- Panel mapowania technologii i kluczowych technologii (PMTiKT).
- Panel budowy scenariuszy i marszrut technologicznych (PBSiMT).

Rezultaty prac powyższych paneli obszarów badawczych i metodycznych były integrowane i syntetyzowane poprzez Kluczowy Zespół Badawczy (KZB), stanowiący również platformę interakcji i transferu wiedzy wytworzonej w poszczególnych panelach eksperckich.

W opracowaniu zintegrowano trzy wątki badawcze prowadzone w ramach prac projek-

towych: mapy technologiczne, marszrut rozwoju technologii (*roadmapping*) oraz megatrendy kształtujące rozwój nanotechnologii. Sekwencja poruszanych w monografii treści wynika z logicznego powiązania metod badawczych oraz kontekstu prowadzonych badań.

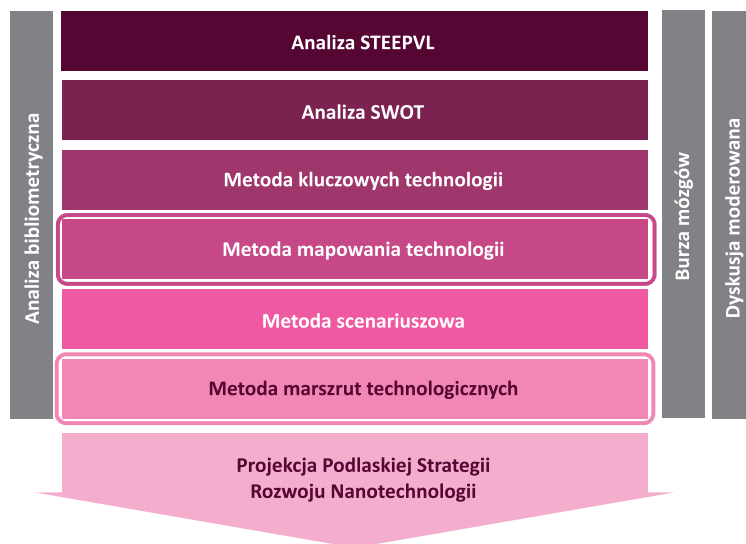
Umiejscowienie metod: mapowania technologii oraz marszrut rozwoju technologii w metodyce badawczej projektu przedstawiono na rys. 1.

Metoda marszrut rozwoju technologii w literaturze przedmiotu została uznana za właściwą do budowania wiedzy strategicznej niezbędnej politykom, instytucjom rządowym i ośrodkom naukowym w celu wykorzystania szans związanych z nanotechnologiami [19]. Z kolei doświadczenia z realizacji takich projektów, jak *Transforming our regional economy – action plan 2006 roadmaps** oraz *Asset mapping roadmap: a guide to assessing regional development resource***, wskazują, że *roadmapping* może być z powodzeniem wykorzystywany w zarządzaniu rozwojem regionalnym. Powinien być jednak poprzedzony dokładną oceną regionalnego potencjału biznesowego. Ocena obecnego potencjału w zakresie możliwości wykorzystania nanotechnologii została dokonana za pomocą metody mapowania technologii, stąd w monografii poprzedza ona treści odnoszące się do marszrut rozwoju technologii. Megatrendy zaś – zdefiniowane w ramach prac projektowych jako kierunki przemian społecznych, gospodarczych, środowiskowych, politycznych i kulturowych, obejmujących znaczny układ czasowo-przestrzenny – stworzyły szeroki kontekst dla rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim w perspektywie 2020 roku. Ich charakterystyka zajmuje więc w monografii miejsce finalne. Autorzy podkreślają, że celem opracowania nie była analiza

* *Transforming our regional economy – action plan 2006*, Cleveland State University, I-Open, The Cerulean Group, Ohio, December 2005.

** *Asset mapping roadmap: a guide to assessing regional development resources*, Regional Innovation Initiative, Council on Competitiveness, 2007.

Rys. 1. Umieszczenie metod mapowania technologii i marszrut rozwoju technologii w metodyce badawczej projektu



Źródło: [37].

kompletnej listy megatrendów kształtujących rozwój nanotechnologii, ale scharakteryzowanie tych, które przestały już być zjawiskami ubocznymi i będą wymuszały podejmowanie odważnych decyzji o kierunkach rozwojowych różnorodnych podmiotów.

Opracowanie map technologicznych i marszrut rozwoju technologii było możliwe dzięki zaprojektowaniu, a następnie szczegółowemu przeanalizowaniu kwestionariuszy ankiet oraz macierzy relacji technologii uzupełnionych przez wiodących ekspertów z zakresu wytypowanych w projekcie siedmiu technologii priorytetowych, czyli:

- nanomateriałów i nanopokryć w sprzęcie medycznym;
- materiałów kompozytowych na stałe wypełnienia stomatologiczne;
- technologii proszkowych do wykorzystania w przetwórstwie tworzyw sztucznych, kompozycji farb i lakierów;
- nanotechnologii warstw wierzchnich do zastosowań biomedycznych;

- nanotechnologii dla narzędzi tnących i przetwórstwa drewna;
- nanotechnologii związanych z tkaninami specjalnymi, np. materiały opatrunkowe;
- technologie nanostrukturyzacji metali i stopów lekkich, w szczególności opartych na metodach dużego odkształcenia plastycznego.

Monografia składa się z trzech rozdziałów. W rozdziale pierwszym – *Mapowanie technologii* – zaprezentowano wyniki realizacji metody mapowania technologii w projekcie. Opisano ideę mapowania technologii w kontekście polskich i światowych badań foresightowych, umiejscowiono metodę w metodyce badawczej projektu oraz przedstawiono przeprowadzony proces badawczy. Istotną część rozdziału stanowi opis oceny eksperckiej wzajemnych wpływów technologii oraz powstała w jej wyniku mapa relacji technologii kluczowych dla rozwoju województwa podlaskiego. Rozdział wieńczy charakterystyka wybranych aspektów najważniejszego zbioru technologii – technologii uznanych za priorytetowe, a więc tych, które

wykazują potencjał rozwojowy w województwie podlaskim w perspektywie 2020 roku. Uzupełnieniem wyników prac zaprezentowanych w rozdziale są karty technologii priorytetowych (załącznik 1). Każdą z siedmiu technologii sklasyfikowanych jako priorytetowe, scharakteryzowano pod kątem takich aspektów, jak m. in.: komponenty technologii, korzyści i bariery związane z jej wykorzystaniem, czy determinanty rozwoju. Dokonano także wizualizacji lokalizacji przestrzennej jednostek (ośrodków naukowych oraz wytwórców/producentów) związanych z każdą z technologii. Relacje nanotechnologii priorytetowych określone w toku prac, wyodrębnione z mapy relacji technologii kluczowych, stanowiły nie tylko jeden z efektów mapowania technologii, ale także bazę wiedzy, użyteczną podczas tworzenia marszrut rozwoju technologii. Prezentowane w rozdziale ujęcie – zarówno w zakresie rozumienia istoty metodyki mapowania technologii, jak i sposoby przedstawienia bieżącego stanu technologii – jest podejściem innowacyjnym. Przyjęta w projekcie metodyka mapowania technologii jest stosowana po raz pierwszy w obszarze polskich badań foresightowych.

W drugim rozdziale – *Marszruty rozwoju technologii* – przedstawiono szczegółową charakterystykę metody marszrut rozwoju technologii, jak również jej umiejscowienie w metodyce badawczej projektu oraz powiązania z dotychczas wykonanymi pracami w projekcie. Szczególną uwagę przypisano koncepcji wizualizacji marszrut rozwoju technologii, która następnie tworzyła bazę do szczegółowej charakterystyki siedmiu marszrut rozwoju priorytetowych nanotechnologii. Opracowane wyniki poszczególnych marszrut umożliwiły sporządzenie zbiorczej marszrut rozwoju nanotechnologii skonfrontowanej ze scenariuszami rozwoju. Innowacyjnym aspektem zaprezentowanej metodyki marszrut rozwoju technologii w polskiej praktyce foresightowej jest zaadaptowanie koncepcji R. Watsona [77] z zakresu graficznego wyodrębniania horyzontu czasowego w postaci stref czasowych.

Przedmiotem trzeciego rozdziału – *Megatrendy stanowiące tło rozwoju nanotechnologii* – jest szczegółowa charakterystyka megatrendów kształtujących zjawiska w obszarze nanotechnologii. W wyniku prac projektowych zidentyfikowano siedem megatrendów:

– postęp technologiczny,

- starzenie się społeczeństwa,
- wzrost znaczenia alternatywnych źródeł zasobów,
- intensyfikacja działań na rzecz wzmocnienia bezpieczeństwa państw,
- nowe wzorce społecznych nierówności,
- kształtowanie się nowej gospodarki,
- globalizacja.

Charakterystyka megatrendów została przedstawiona w układzie: definicja megatrendu, pochodne trendy, które O. Saritas i J. Smith określają mianem *branching trends* [59], wpływ megatrendu na rozwój nanotechnologii, województwo podlaskie na tle megatrendu.

Całość opracowania uzupełniono wykazem literatury.

Prace porządkujące zebraną bazę wiedzy, prace koncepcyjne w zakresie określenia formy przygotowywanych wizualizacji, a także merytoryczne związane z konstrukcją map i marszrut rozwoju technologii zostały wykonane przez członków Kluczowego Zespołu Badawczego projektu, przy wsparciu wiodących polskich ekspertów z zakresu nanotechnologii. Opracowanie metodyki konstrukcji marszrut rozwoju technologii zostało przypisane panelowi budowy scenariuszy i marszrut technologicznych, który pełnił rolę integrującą oraz syntetyzującą prace pozostałych pięciu paneli eksperckich projektu.

Identyfikacja megatrendów stanowiących tło dla scenariuszy rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim została dokonana przez członków Kluczowego Zespołu Badawczego projektu na podstawie przeglądu publikacji na temat sił napędowych kształtujących przyszłość między innymi takich autorów, jak D. Altman [5], E. Cornish [14], R. Watson [77], czy też rezultatów projektów foresightowych, np. Narodowego Programu Foresight „Polska 2020” [82] oraz projektu iKnow [26].

Chociaż przedmiot opracowania koncentruje się wokół badań związanych z projektem „Foresight technologiczny <<NT FOR Podlaskie 2020>>”. Regionalna strategia rozwoju nanotechnologii”, to jednak – w opinii autorów – zawarte w nim treści merytoryczne mogą mieć szersze odniesienia, użyteczne zarówno dla teoretyków, jak i praktyków badań foresightowych oraz – przede wszystkim – dla decydentów kształtujących politykę innowacyjną państwa i regionów.

1.1. Charakterystyka metody mapowania technologii

W szerokim ujęciu, mapowanie technologii jest procesem tworzenia wizualizacji elementów związanych z technologiami. Termin ‘mapowanie’ jest spolszczeniem angielskiego pojęcia *mapping* i wywodzi się od słowa mapa, która zgodnie z definicją jest „obrazem powierzchni jakiegoś obszaru przedstawionym na płaszczyźnie z pomocą umownych znaków i kolorów” [63]. Mapa to także „występowanie i rozmieszczenie jakiegoś zjawiska w kraju lub na świecie” [63]. W świetle tych elementarnych definicji można przyjąć założenie, że obiekty przedstawiane na mapie mają charakter statyczny. W przypadku map technologii na płaszczyźnie jest przedstawiany utrwalony obraz danej technologii, czy jej aspektów, za pomocą umownych oznaczeń [25].

Pojęcie ‘mapowanie technologii’ w polskiej literaturze przedmiotu występuje często jako polski odpowiednik metody *technology road-mapping*, choć wydaje się to być terminologicznym uproszczeniem wynikającym z niedokładnego tłumaczenia. Metoda *technology road-mapping*, a więc proces tworzenia marszrut rozwoju technologii, zakłada odniesienie się do czynnika czasu, co sprawia, że marszrut rozwoju technologii nabierają w stosunku do map technologii dynamicznego charakteru. Stąd, obie metody: mapowania technologii – dostarczająca wiedzy o obecnym stanie wybranych technologii oraz tworzenia marszrut rozwoju technologii – określająca potencjalne i możliwe trajektorie rozwoju technologii z uwzględnieniem różnych aspektów tego rozwoju, są metodami związanymi, możliwymi do wykorzystania w przyjmowanej metodyce danego projektu, jednak zdecydowanie nie tożsamy [25]. Metoda tworzenia marszrut rozwoju technologii umożliwia wskazanie potencjalnych ścieżek rozwoju technologii, z kolei mapowanie technologii powinno dostarczać danych wejściowych dla całego dalszego postępo-

wania badawczego, warunkując niejako jego zasadność*.

Technology mapping pojawia się w kontekście foresightu technologicznego także jako kategoryzacja i klasyfikacja technologii zastosowane w celu przeglądu obiektu analizy i określenia jej granic [6, 56]. Dokonując przeglądu pozycji literatury światowej zidentyfikowano dwa udokumentowane przypadki projektów foresightowych, w których zastosowano termin *technology mapping*, odnoszący się do metody wykorzystywanej w początkowej fazie badań. Jedną z tych inicjatyw jest projekt realizowany w 2004 roku w Danii – *Technology foresight on Danish nano-science and nano-technology*. W trakcie jego realizacji, wykorzystano zarówno metodę mapowania technologii, jak i tworzenia marszrut ich rozwoju. Podobnie jak w przypadku projektu realizowanego w województwie podlaskim, inicjatywa dotyczyła nanotechnologii. Mapowanie technologii określono jako charakterystykę domeny badań, przeprowadzaną na wstępnym etapie procesu foresight, wpływającą na kolejne etapy. Utworzone mapy technologii porządkowały informacje na temat duńskiej nanonauki i nanotechnologii, zebrane na podstawie kwestionariuszy wysłanych do instytucji i przedsiębiorstw. W procesie budowy map uwzględniono również listę duńskich publikacji z badanej dziedziny, wybranych na podstawie europejskiej bazy danych [7]. Drugim przypadkiem wykorzystania metody mapowania technologii jest projekt kanadyjski „*S&T Foresight for Canadian Insight & Strategic Preparedness*”, w którym mapowanie technologii określono wstępnie jako narzędzie do opracowania strategicznych inwestycji [64]. Realizatorzy zaprezentowali mapy technologii dotyczące obszaru

* Szerzej charakterystykę marszrut rozwoju technologii zaprezentowano w rozdziale drugim.

opieki zdrowotnej, pogrupowane w siedem klastrów. Wskazano również powiązania pomiędzy poszczególnymi elementami na mapie oraz technologie rozwinięte na innych mapach [18]. W projekcie kanadyjskim zwrócono uwagę na aspekt relacji występujących pomiędzy technologiami.

W ramach prac projektowych przeprowadzono także analizę doświadczeń płynących z polskich badań foresightowych. Spośród wszystkich przeanalizowanych projektów wyróżniono 25 inicjatyw, w których zidentyfikowano działania spójne z przyjętą w projekcie podlaskim ideą mapowania technologii. Zakres prac w wybranych polskich projektach był bardzo zróżnicowany, choć można było wyszczególnić także pewne elementy powtarzające się. Wnioski płynące z prac porządkujących wiedzę na temat procesu mapowania technologii pozwoliły na jej umiejscowienie w metodyce badawczej projektu oraz przygotowanie koncepcji dedykowanej dla projektu „Foresight technologiczny <<NT FOR Podlaskie 2020>>”. Regionalna strategia rozwoju nanotechnologii”. Analizy dokonano w ramach prac Kluczowego Zespołu Badawczego, a lista dokumentów, które poddano analizie została umieszczona w załączniku 2.

Elementy diagnozy bieżącego stanu technologii występujące w polskich badaniach foresightowych, które uznano za istotne dla metodyki mapowania technologii to: (1) zebranie danych o technologiach wśród ekspertów; (2) uporządkowanie zebranych danych w formie jednolitych kart opisu technologii (co powinno umożliwić równocześnie porównanie wybranych aspektów technologii); (3) sporzą-

dzenie bazy wiedzy o technologiach w formie zarówno opisów, zestawień tabelarycznych, ale także wizualizacji określonych charakterystyk technologii; (4) sporządzenie map lokalizacyjnych technologii, jednostkowych oraz zbiorczych; (5) identyfikacja oraz wizualizacja relacji pomiędzy wybranymi technologiami na podstawie wiedzy eksperckiej. W polskiej praktyce foresightowej powszechne było sporządzanie obszernych opisów identyfikowanych w danej inicjatywie grup technologii; w części projektów diagnozę technologii przeprowadzano z wykorzystaniem analizy SWOT bądź STEEP (lub jej modyfikacji).

Reasumując rozważania przeprowadzone w podrozdziale, można przyjąć, że istota mapowania technologii zawiera się w pogłębionej diagnozie stanu bieżącego technologii, w sposób pozwalający na identyfikację, skategoryzowanie i zlokalizowanie przestrzenne technologii przy równoczesnym uwzględnieniu ewentualnych powiązań pomiędzy technologiami [36]. W wyniku przeprowadzenia metody mapowania technologii powinna powstać seria map i wizualizacji, wzbogaconych o opisowe bądź zebrane w formach tabel dane o technologiach, obrazujących bieżący (w czasie przeprowadzania analizy) stan technologii.

Jednym z wymiernych efektów wykorzystania metody powinna być jak najpełniejsza baza wiedzy o technologiach. Przeprowadzone postępowanie obejmuje także analizę i wizualizację zebranych informacji, co uwidacznia relacje pomiędzy technologiami bądź związanymi z nimi podmiotami, jakie byłoby trudno dostrzec w często wykorzystywanych opisach tekstowych.

1.2. Mapowanie technologii w metodyce badawczej projektu

Prace panelu mapowania technologii i kluczowych technologii miały na celu wyodrębnienie nanotechnologii, które w najwyższym stopniu przyczynią się do zrównoważonego rozwoju społecznego i gospodarczego województwa podlaskiego. Wśród oczekiwanych rezultatów zakładano sporządzenie nie tylko

katalogu nanotechnologii istotnych dla rozwoju województwa podlaskiego, ale także opracowanie dotyczących ich map. Opis przyjętej w ramach prac całego panelu metodyki, a także szczegółową charakterystykę prac w zakresie określania zbioru nanotechnologii kandydujących, kluczowych, a następnie priorytetowych

został zaprezentowany w opracowaniu *Metodologia i procedury badawcze w projekcie Foresight technologiczny <<NT FOR Podlaskie 2020>>. Regionalna strategia rozwoju nanotechnologii* [36]. W niniejszym rozdziale zaprezentowano rezultaty prac przeprowadzonych w ramach metody mapowania technologii.

Kluczowy Zespół Badawczy podjął decyzję o realizacji mapowania dla największego zbioru nanotechnologii rozpatrywanych w projekcie – nanotechnologii sklasyfikowanych jako priorytetowe. W toku prac badawczych sporządzono mapy lokalizacyjne technologii, wskazujące na położenie ośrodków naukowych, a także wytwórców/producentów technologii, wyróżniając ich położenie w Polsce i województwie podlaskim. Mapy te, jak i pozostałe wizualizacje, dotyczyły pojedynczych technologii. W ramach procesu badawczego przygotowano także zbiorcze wizualizacje. Większość zaprezentowanych danych to informacje zebrane dla siedmiu technologii priorytetowych. Jedynie w przypadku relacji pomiędzy technologiami zdecydowano się na prezentację w szerszym kontekście, obejmującym zbiór dwudziestu dwóch technologii kluczowych. Relacje pomiędzy technologiami zdefiniowano jako ewentualnie istniejące wzajemne wpływy technologii, stymulujące ich dalszy rozwój. Programem, który został wykorzystany do prezentacji relacji pomiędzy technologiami był program PAJEK – profesjonalne oprogramowanie komputerowe służące analizie sieci i jej wizualizacji [17]. To program często wykorzystywany w analizie sieci społecznych. Wedle wiedzy autorów w obszarze badań foresightowych w zakresie analizie relacji pomiędzy technologiami jest narzędziem stosowanym po raz pierwszy.

Realizacja metody mapowania technologii wymagała syntezy wiedzy zgromadzonej w dotychczas zebranych zbiorach danych. Istotne były zarówno informacje zebrane przy wykorzystaniu kwestionariuszy kart technologii, ocena ekspercka dokonana poprzez uzupełnienie macierzy zależności technologii, jak i oceny nadawane przez ekspertów w ramach realizacji metody kluczowych technologii w zakresie poszczególnych kryteriów atrakcyjności oraz wykonalności technologii. Metodę realizacji mapowania technologii w projekcie przedstawiono na rys. 1.1.

W przyjętej metodyce mapowania technologii można wyodrębnić siedem zadań badaw-

czych. Ich realizacja powierzona została Kluczowemu Zespołowi Badawczemu, wspartemu specjalistyczną wiedzą wybitnych ekspertów z zakresu nanotechnologii.

Wyniki dwóch pierwszych zadań badawczych przedstawiono syntetycznie w poprzedzającym podrozdziale.

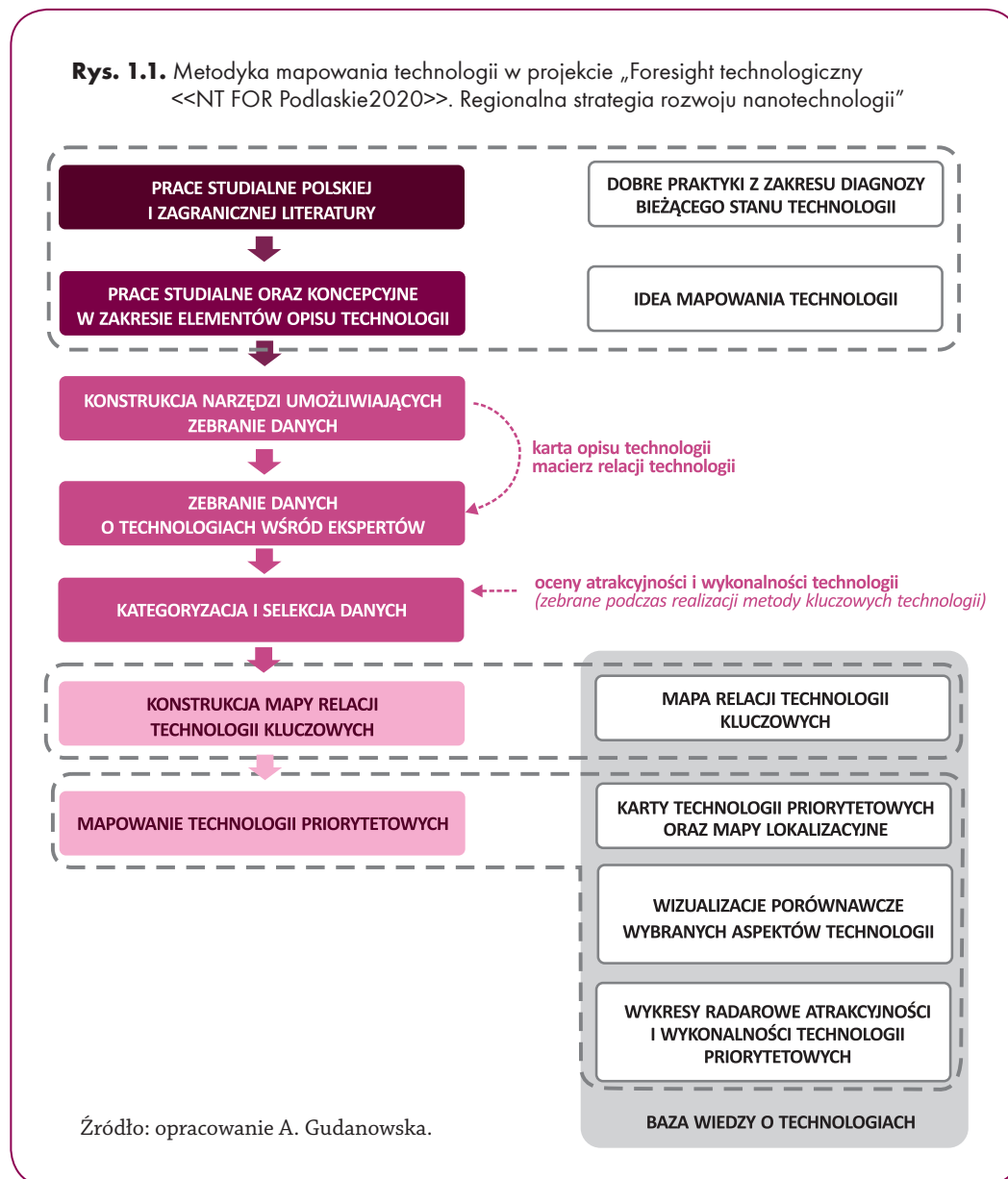
Wymiernym rezultatem realizacji zadania trzeciego – konstrukcja narzędzi umożliwiających zebranie danych – były karty technologii oraz macierz relacji technologii.

W kolejnym etapie, wykorzystując stworzone narzędzia, zebrano informacje od ekspertów. Podczas kategoryzacji i selekcji zebranych danych wykorzystano również noty nadane przez ekspertów podczas oceny atrakcyjności i wykonalności technologii.

Konstrukcję mapy relacji technologii dokonano na zbiorze nanotechnologii uznanych w projekcie za kluczowe, obejmującym dwadzieścia dwie nanotechnologie z siedmiu obszarów: (i) przemysłu drzewnego, (ii) medycyny, (iii) przemysłu odzieżowego, (iv) budownictwa i konstrukcji, (v) rolnictwa i przemysłu spożywczego, (vi) ochrony środowiska oraz (vii) przemysłu maszynowego i transportu. Wybór grupy technologii kluczowych – jako próby badawczej do analizy ewentualnie istniejącej sieci – został podyktowany potrzebą dostarczenia wiedzy w szerszym kontekście uwzględniającym aspekt powiązań technologii priorytetowych z pozostałymi uznanymi za kluczowe w województwie podlaskim. Dzięki takim założeniom możliwe było dokonanie analizy powiązań występujących pomiędzy wszystkim technologiami, które wyróżniły się wysokim poziomem atrakcyjności i wykonalności w województwie podlaskim.

Technologie priorytetowe, z kolei, wyłoniono spośród technologii kluczowych, biorąc pod uwagę przede wszystkim ich poziom gotowości technologicznej (*Technology Readiness Level* – TRL). Finalnie przeprowadzono mapowanie technologii priorytetowych, w wyniku którego otrzymano uzupełnione karty technologii priorytetowych wraz z mapami lokalizującymi ośrodki naukowe oraz wytwórców/producentów związanych z technologią (załącznik 1). Przygotowano także wizualizacje porównawcze wybranych aspektów technologii oraz wykresy radarowe atrakcyjności i wykonalności technologii.

Rys. 1.1. Metodyka mapowania technologii w projekcie „Foresight technologiczny <<NT FOR Podlaskie2020>>. Regionalna strategia rozwoju nanotechnologii”



Źródło: opracowanie A. Gudanowska.

1.3. Mapa relacji technologii kluczowych

Mapa relacji technologii kluczowych stanowiła jeden z rezultatów realizacji metody mapowania technologii. Przedstawiono na niej elementy symbolizujące technologie wybrane w projekcie jako kluczowe wraz z połączeniami odzwierciedlającymi ekspercką oce-

nę w zakresie relacji intensyfikujących rozwój technologii.

Wybrani eksperci – specjaliści w zakresie technologii priorytetowych – zostali poproszeni o wypełnienie przygotowanej macierzy relacji technologii, poprzez określenie wzajem-

nych wpływów każdej z par technologii. Zadaniem ekspertów był wybór jednego z siedmiu elementów przyjętej skali uwzględniającej siłę relacji oraz jej charakter (stymulanta/destymulanta rozwoju). Skalę dobrano tak, aby podkreślić różnice pomiędzy dokonywanymi przez danego eksperta wyborami. Celem prezentacji uzyskanych wyników, wyznaczono zarówno średnie arytmetyczne, jak i dominanty nadanych przez ekspertów ocen. Kluczowy Zespół Badawczy podjął decyzję o wyborze dominanty jako miary syntetyzującej uzyskane oceny eksperckie, tak aby ostatecznie brane pod uwagę dane odzwierciedlały opinię ogółu ekspertów, bez straty skrajnych ocen. W przypadkach, gdy dwie lub więcej ocen cechowało się tą samą liczbą wskazań, wyznaczono współczynniki asymetrii. Wybór konkretnej wartości był zgodny z tendencją w nadawanych ocenach.

Przeanalizowano cztery przypadki wizualizacji:

- mapę wzajemnych relacji wedle uzyskanych ocen dominujących (przy uwzględnieniu wartości ujemnych, jak i dodatnich);
- mapę wzajemnych relacji nieuwzględniającej charakteru wpływu (oceny dominujące wyznaczono po uprzednim wyliczeniu wartości bezwzględnych wszystkich ocen eksperckich);
- mapę wpływu stymulującego (wartości ujemne zastąpiono zerami);
- mapę wpływu destymulującego (wartości dodatnie zastąpiono zerami).

Z uwagi na fakt, że zdecydowana większość ekspertów określiła wzajemne relacje nanotechnologii kluczowych jako wpływy stymulujące rozwój, a różnice w uzyskanych wizualizacjach były znikome, zdecydowano się na prezentację drugiej mapy – ocen dominujących na podstawie wartości bezwzględnych ocen eksperckich (rys. 1.2).

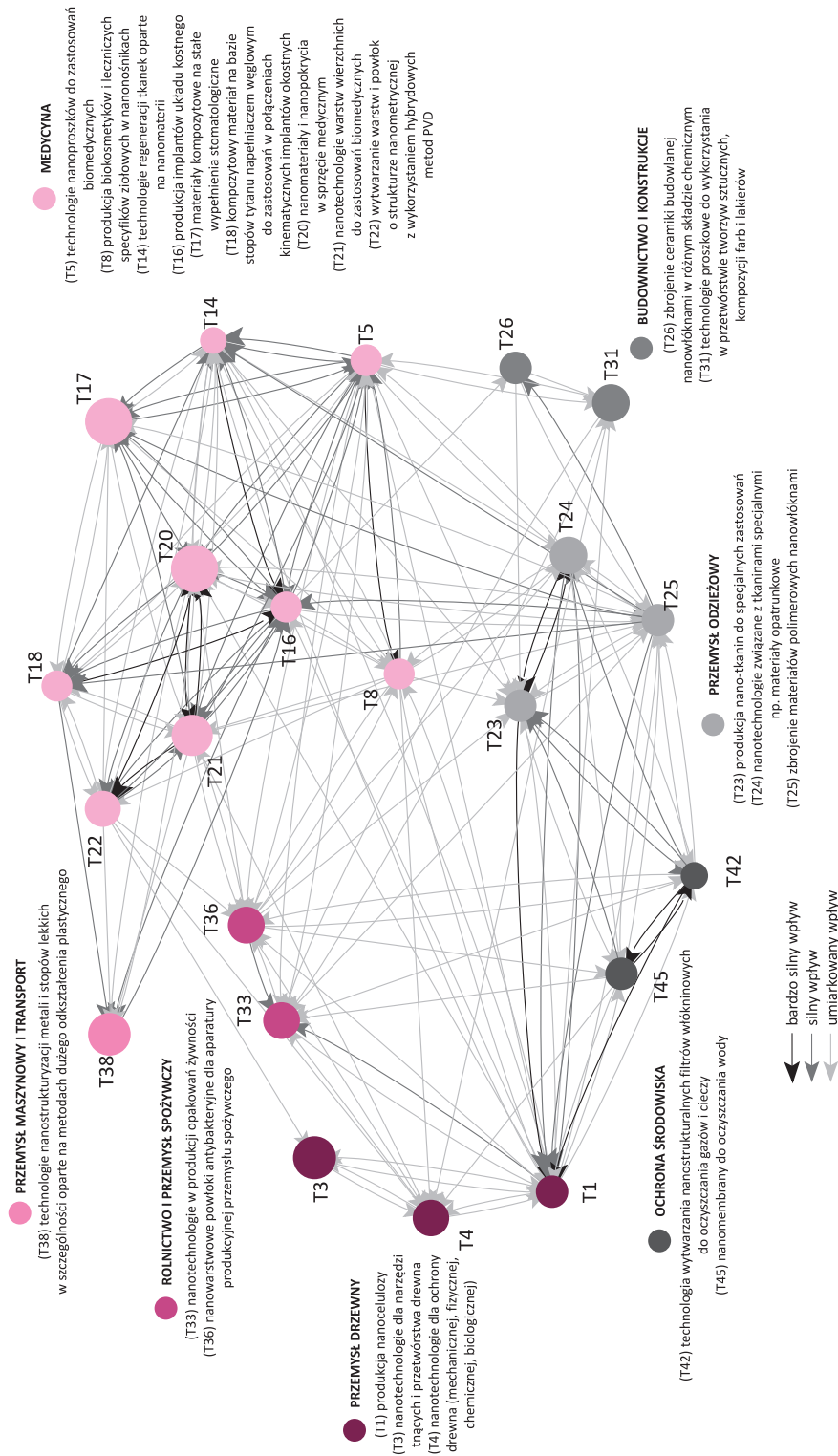
Relacje technologii przedstawione na mapie (rys. 1.2) zostały oparte na ocenie siły wpływu jednej technologii na rozwój drugiej. Grubość linii wskazuje na siłę wpływu. Im grubsza, bardziej wyrazista linia, tym silniejszy wpływ. Relacje mają charakter skierowany (kierunek strzałki wskazuje na wpływ danej technologii na rozwój innej), a wpływ jednej technologii na drugą nie jest tożsamy z relacją odwrotną. Wielkość oznaczeń poszczególnych technologii wyznaczono na podstawie wartości TRL, uzyskanej ze średnich ocen nadanych

przez ekspertów w kolejnym etapie prac badawczych.

Eksperti, oceniając wpływy technologii kluczowych, w zdecydowanej większości (prawie 99% udzielonych odpowiedzi) wskazali na wpływy stymulujące ich wzajemny rozwój. Analizując zależności zaprezentowane na rys. 1.2 można zauważyć, że analizowane nanotechnologie kluczowe powiązane są w ocenie ekspertów w sposób bardzo silny, silny bądź umiarkowany. Powiązania powstałe na podstawie wyznaczonych ocen dominujących nie wskazały na żadną z analizowanych nanotechnologii, jako technologii znajdującej się na peryferiach tworzonej sieci. Najsilniejsze powiązania można zauważyć pomiędzy technologiami T20 – *nanomateriały i nanopokrycia w sprzęcie medycznym* i T21 – *nanotechnologie warstw wierzchnich do zastosowań biomedycznych*, jak również T21 i T22 – *wytwarzanie warstw i powłok o strukturze nanometrycznej z wykorzystaniem hybrydowych metod PVD*. W obu wypadkach są to wpływy bardzo silne dwustronnie, tak więc technologie te stymulują swój wzajemny rozwój. Zależność zamykająca tę triadę, a więc powiązanie T20 oraz T22, okazała się być silniejsza od strony technologii T22. Bardzo silny wpływ stymulujący rozwój technologii T16 – *produkcja implantów układu kostnego* można zauważyć ze strony dwóch innych technologii, a mianowicie: T18 – *kompozytowy materiał na bazie stopów tytanu z napelniaczem węglowym do zastosowań w połączeniach kinematycznych implantów okostnych* i T14 – *technologie regeneracji tkanek oparte na nanomaterii*. Z kolei technologia T14 wpływa na obie ze stymulant w sposób silny, choć w mniejszym stopniu. Spośród technologii medycznych także T5 – *technologie nanoprošków do zastosowań biomedycznych* bardzo silnie stymuluje rozwój T8 – *produkcja biokosmetyków i leczniczych specyfików ziołowych w nanoosnikach*. Widocznym jest także silny dwustronny wpływ technologii T23 – *produkcja nanotkanin do specjalnych zastosowań* i T24 – *nanotechnologie związane z tkaninami specjalnymi np. materiały opatrunkowe*, jak również T42 – *technologia wytwarzania nanostrukturalnych filtrów włókninowych do oczyszczania gazów i cieczy* i T45 – *nanomembrany do oczyszczania wody*.

Analizując zależności pomiędzy technologiami i ich przynależność do obszarów badawczych można zauważyć, że najsilniejsze wpływy występowały głównie w obrębie obszarów.

Rys. 1.2. Mapa relacji nanotechnologii kluczowych



Źródło: opracowanie A. Gudanowska w programie PAJEK.

Za jądro stworzonej sieci – rozumiane jako grupa technologii o największej liczbie połączeń z innymi technologiami – można przyjąć większość technologii z obszaru medycyny wraz z technologią T1 – produkcja nanocelulozy oraz T25 – zbrojenie materiałów polimerowych nanowłóknami. W dwóch przypadkach zaobserwowano także bardzo silne wpływy międzyobszarowe. Są to wpływy technologii T23 – produkcja nanotkanin do specjalnych zastosowań oraz T42 – technologia wytwarzania nanostrukturalnych filtrów włókninowych do oczyszczania gazów i cieczy na T1 – produkcję nanocelulozy. Interesującym jest, że wedle oceny eksperckiej odwrotna zależność (technologii T1 na T42, jak i T23) charakteryzuje się wpływem umiarkowanym. Pozostałe najsilniejsze wpływy to domena wpływów w obszarze medycyny, jak i w obszarze ochrony środowiska i przemysłu odzieżowego. Najsłabszymi wzajemnymi wpływami w obrębie obszaru cechowały się nanotechnologie z obszarów przemysłu drzewnego oraz budownictwa i konstrukcji.

Interesującą tendencją w aspekcie siły wpływu na pozostałe technologie można zauważyć w wypadkach technologii: T1 – produk-

cja nanocelulozy, T5 – technologie nanoproszków do zastosowań biomedycznych, T14 – technologie regeneracji tkanek oparte na nanomaterii, T16 – produkcja implantów układu kostnego, T20 – nanomateriały i nanopokrycia w sprzęcie medycznym, T21 – nanotechnologie warstw wierzchnich do zastosowań biomedycznych i T25 – zbrojenie materiałów polimerowych nanowłóknami. Tych siedem technologii – w opinii ekspertów – ma najwyższy poziom wpływu na pozostałe w aspekcie wpływu ważonego dominującą spośród podanych przez ekspertów oceną siły wpływu (*weighted output degree*).

Z obszaru przemysłu maszynowego i transportu wśród technologii kluczowych znalazła się tylko jedna technologia (T38 – technologie nanostrukturyzacji metali i stopów lekkich w szczególności oparte na metodach dużego odkształcenia plastycznego). Jednak pomimo tego nie została wykluczona na wynikowej mapie, a wręcz wskazano na jej silne i umiarkowane związki z technologiami z obszaru medycyny. Są to zależności, które nie byłyby możliwe do zidentyfikowania w formalnym układzie sieci, za który można przyjąć przynależność technologii do obszarów oraz kategorii zastosowań.

1.4. Charakterystyka wybranych aspektów technologii priorytetowych

W kolejnym etapie badania poddano analizie relacje technologii priorytetowych. Grupę tę tworzyły:

- nanotechnologie dla narzędzi tnących i przetwórstwa drewna (T3);
- materiały kompozytowe na stałe wypełnienia stomatologiczne (T17);
- nanomateriały i nanopokrycia w sprzęcie medycznym (T20);
- nanotechnologie warstw wierzchnich do zastosowań biomedycznych (T21);
- nanotechnologie związane z tkaninami specjalnymi np. materiały opatrunkowe (T24);

- technologie proszkowe do wykorzystania w przetwórstwie tworzyw sztucznych, kompozycji farb i lakierów (T31);
- technologie nanostrukturyzacji metali i stopów lekkich w szczególności oparte na metodach dużego odkształcenia plastycznego (T38).

Technologie priorytetowe wybrano na podstawie:

- średniej z ocen poziomu gotowości technologicznej nadanych przez ekspertów (jako kryterium główne);

- średnich ocen z poziomu atrakcyjności technologii (wedle 13 kryteriów atrakcyjności) oraz wykonalności technologii (wedle 8 kryteriów wykonalności);
- relacji pomiędzy technologiami uwidocznionymi na mapie relacji technologii kluczowych.

Trzy spośród nanotechnologii priorytetowych pochodziły z obszaru medycyny (T20, T17, T21), a pozostałe lokowały się w obszarach budownictwa i konstrukcji (T31), przemysłu drzewnego (T3), przemysłu odzieżowego (T24) oraz przemysłu maszynowego i transportu (T38).

Technologie T24 oraz T31 uzyskały jedne z najwyższych ocen atrakcyjności i wykonalności (wykresy radarowe atrakcyjności i wykonalności technologii – rys. 1.10 i 1.11); ponadto technologia T24 była również technologią o dość silnym wpływie na pozostałe technologie kluczowe dla województwa podlaskiego. Wszystkie technologie z obszaru medycyny cechowały się wysokim poziomem atrakcyjności i wykonalności. Dwie z nich – T17 i T20 – to technologie o najwyższym poziomie gotowości technologicznej, a T20 wraz z technologią T21 najsilniej stymulują rozwój pozostałych technologii kluczowych (mapa relacji technologii – rys. 1.2). Kolejna z wybranych – technologia T38, o najniższej ocenie gotowości technologicznej spośród wybranych technologii, zamykająca listę technologii priorytetowych oraz o jednym z niższych wpływów na rozwój pozostałych technologii kluczowych – została jednak najwyższej oceniona w aspekcie atrakcyjności oraz wykonalności.

Analizując relacje, jakie wskazano w grupie siedmiu nanotechnologii priorytetowych na mapie relacji nanotechnologii kluczowych (rys. 1.2), ograniczając się jedynie do zbioru technologii priorytetowych, można zauważyć, iż trzy z nich, oznaczone symbolami: T3, T24 oraz T31 w ocenie eksperckiej okazały się być technologiami niezależnymi od pozostałych nanotechnologii priorytetowych, pozostającymi również bez wpływu na pozostałe nanotechnologie priorytetowe. Lokuje je się na peryferiach wycinka sieci relacji dotyczącego nanotechnologii priorytetowych. Najsilniejszy wpływ wskazano w zakresie technologii T20 – *nanomateriały i nanopokrycia w sprzęcie medycznym* i T21 – *nanotechnologie warstw wierzchnich do zastosowań biomedycznych*. Był to wpływ bardzo silny dwustronnie. Silną zależność

można również zaobserwować w zakresie wpływu technologii T17 – *materiały kompozytowe na stałe wypełnienia stomatologiczne* na technologię T20, jednak w odwrotnym kierunku eksperci nie wskazali na istnienie zależności. W przypadku oddziaływania technologii T21 na rozwój technologii T17 wskazano silny wpływ. Analizując oddziaływanie w odwrotnym kierunku, jak również w wypadku wszystkich pozostałych zidentyfikowanych zależności, poziom wpływu określono jako umiarkowany.

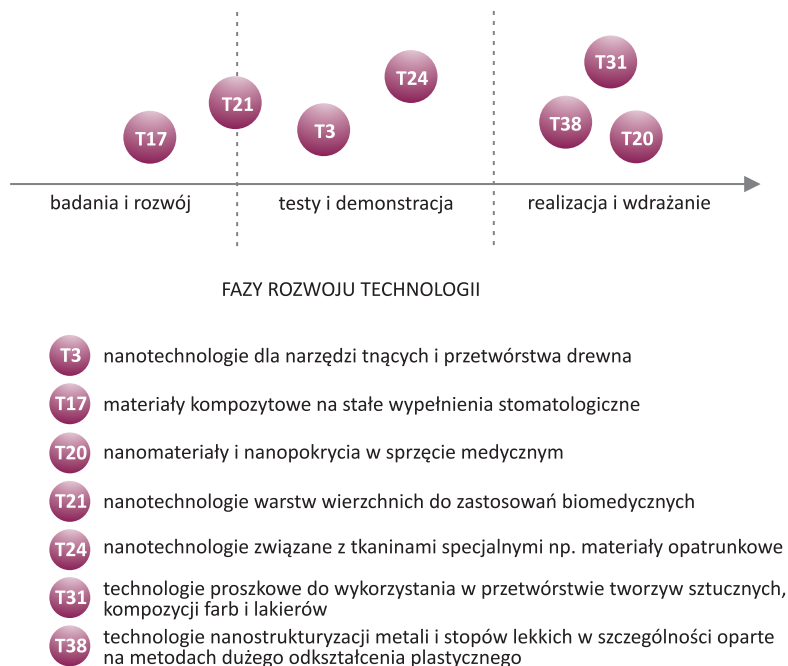
Każda z technologii priorytetowych, które wyłoniono w wyniku opisanego w poprzedniej części opracowania postępowania badawczego, została scharakteryzowana przez wybranego eksperta, poprzez uzupełnienie karty opisu technologii, przygotowanej przez Kluczowy Zespół Badawczy. Ekspertami uzupełniającymi karty opisu byli eksperci kluczowi, za których uznano tych, którzy w poprzednich etapach prac projektowych zgłosili dane technologie do miana kluczowych dla województwa podlaskiego.

Z uwagi na wysoki stopień specjalizacji nanotechnologii, informacje, jakich udzielali eksperci w karcie opisu technologii, stanowiły w większości odpowiedzi na pytania otwarte. Stąd też, nie wszystkie dane umożliwiały porównanie zawartych w nich treści, a stanowiły raczej odmienną, jakościową wiedzę charakterystyczną dla konkretnej, opisywanej technologii. Tym niemniej, zwrócono szczególną uwagę na to, aby charakterystyka poszczególnych technologii, przygotowana była w formie tożsamych dla całej grupy ram opisu.

Dane uzyskane z szeregu formularzy uzupełnianych przez ekspertów (kart opisu technologii, macierze atrakcyjności, wykonalności) zostały wykorzystane do sporządzenia zbiorczych zestawień graficznych dla technologii priorytetowych w ramach prac Kluczowego Zespołu Badawczego. Przygotowano szereg prezentacji graficznych obejmujących:

- wizualizację bieżącej lokalizacji nanotechnologii priorytetowych w trzech głównych fazach rozwoju technologii wedle oceny ekspertów uzupełniających karty opisu technologii (rys. 1.3);
- wizualizację niezbędnych nakładów finansowych, związanych z nanotechnologiami priorytetowymi (rys. 1.4);
- analizę bieżącej i potencjalnej skali zastosowania technologii (tab. 1.1);

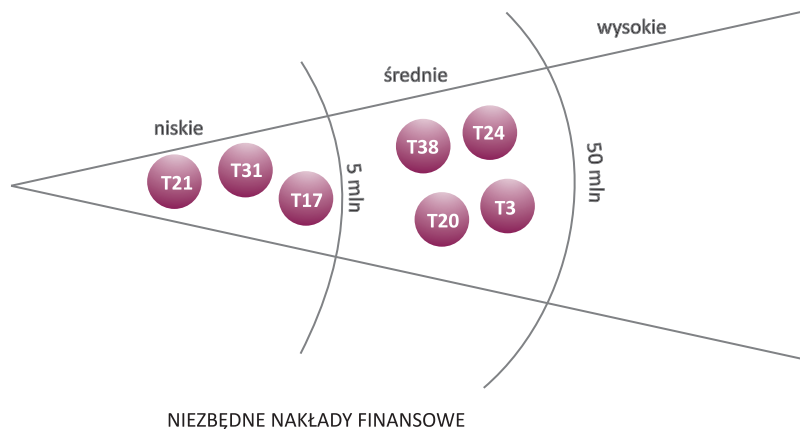
Rys. 1.3. Zbiorcza wizualizacja bieżącej lokalizacji nanotechnologii priorytetowych w trzech głównych fazach rozwoju



Źródło: opracowanie własne.

- zbiorczą mapę lokalizacyjną technologii priorytetowych – lokalizacja ośrodków naukowych oraz wytwórców/producentów w województwie podlaskim (rys. 1.5);
- mapę relacji ośrodków naukowych zajmujących się technologiami priorytetowymi (rys. 1.6);
- mapę relacji wytwórców/producentów zajmujących się technologiami priorytetowymi (rys. 1.7);
- mapę relacji jednostek (ośrodków i wytwórców/producentów) związanych z technologiami priorytetowymi (rys. 1.8);
- mapę relacji ekspertów związanych z technologiami priorytetowymi (rys. 1.9)
- wykres radarowy atrakcyjności technologii priorytetowych (rys. 1.10);
- wykres radarowy wykonalności technologii priorytetowych (rys. 1.11).

Rys. 1.4. Zbiorcza wizualizacja niezbędnych nakładów finansowych technologii priorytetowych



- T3** nanotechnologie dla narzędzi tnących i przetwórstwa drewna
- T17** materiały kompozytowe na stałe wypełnienia stomatologiczne
- T20** nanomateriały i nanopokrycia w sprzęcie medycznym
- T21** nanotechnologie warstw wierzchnich do zastosowań biomedycznych
- T24** nanotechnologie związane z tkaninami specjalnymi np. materiały opatrunkowe
- T31** technologie proszkowe do wykorzystania w przetwórstwie tworzyw sztucznych, kompozycji farb i lakierów
- T38** technologie nanostrukturyzacji metali i stopów lekkich w szczególności oparte na metodach dużego odkształcenia plastycznego

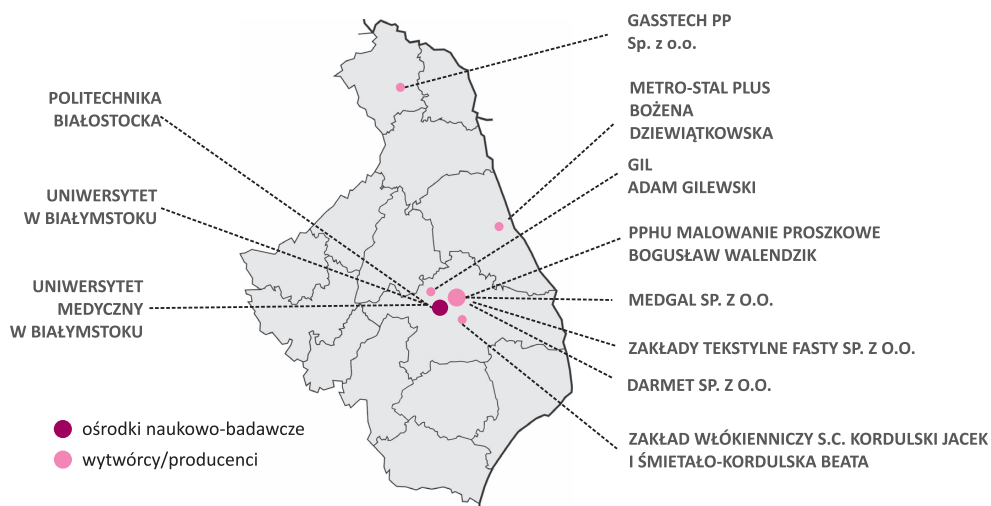
Źródło: opracowanie własne.

Tab. 1.1. Analiza skali zastosowania nanotechnologii priorytetowych – bieżącej oraz potencjalnej

	Obecnie stosowana		Potencjał zastosowania	
	W skali jednostkowej	W skali masowej	W skali jednostkowej	W skali masowej
T3 – nanotechnologie dla narzędzi tnących i przetwórstwa drewna	•			•
T17 – materiały kompozytowe na stałe wypełnienia stomatologiczne				•
T20 – nanomateriały i nanopokrycia w sprzęcie medycznym				•
T21 – nanotechnologie warstw wierzchnich do zastosowań biomedycznych		•		
T24 – nanotechnologie związane z tkaninami specjalnymi np. materiały opatrunkowe				•
T31 – technologie proszkowe do wykorzystania w przetwórstwie tworzyw sztucznych, kompozycji farb i lakierów	•			•
T38 – technologie nanostrukturyzacji metali i stopów lekkich w szczególności oparte na metodach dużego odkształcenia plastycznego				•

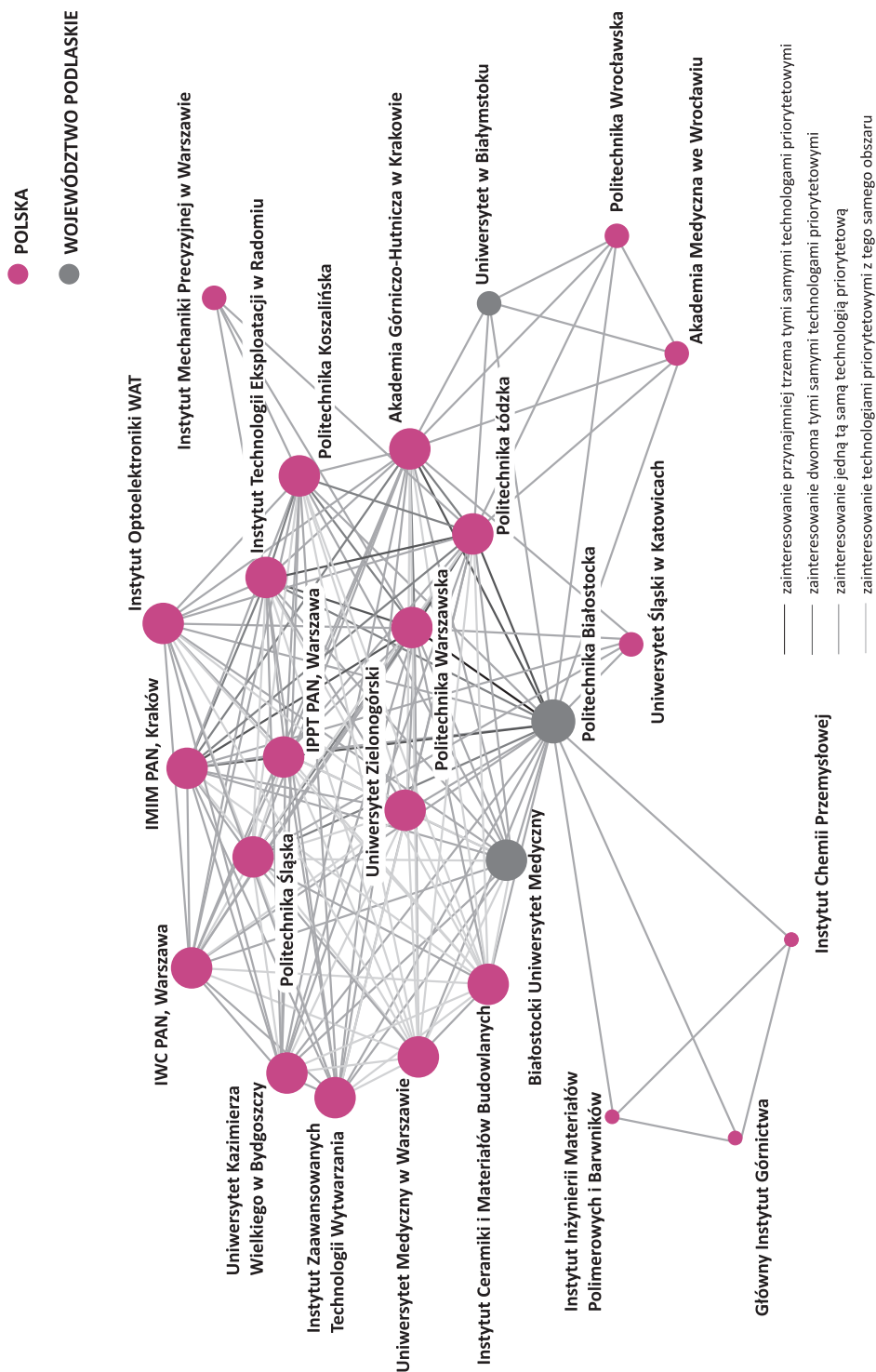
Źródło: opracowanie własne.

Rys. 1.5. Zbiorcza mapa lokalizująca wskazane przez ekspertów ośrodki naukowo-badawcze oraz wytwórców/producentów zajmujących się nanotechnologiami priorytetowymi w województwie podlaskim



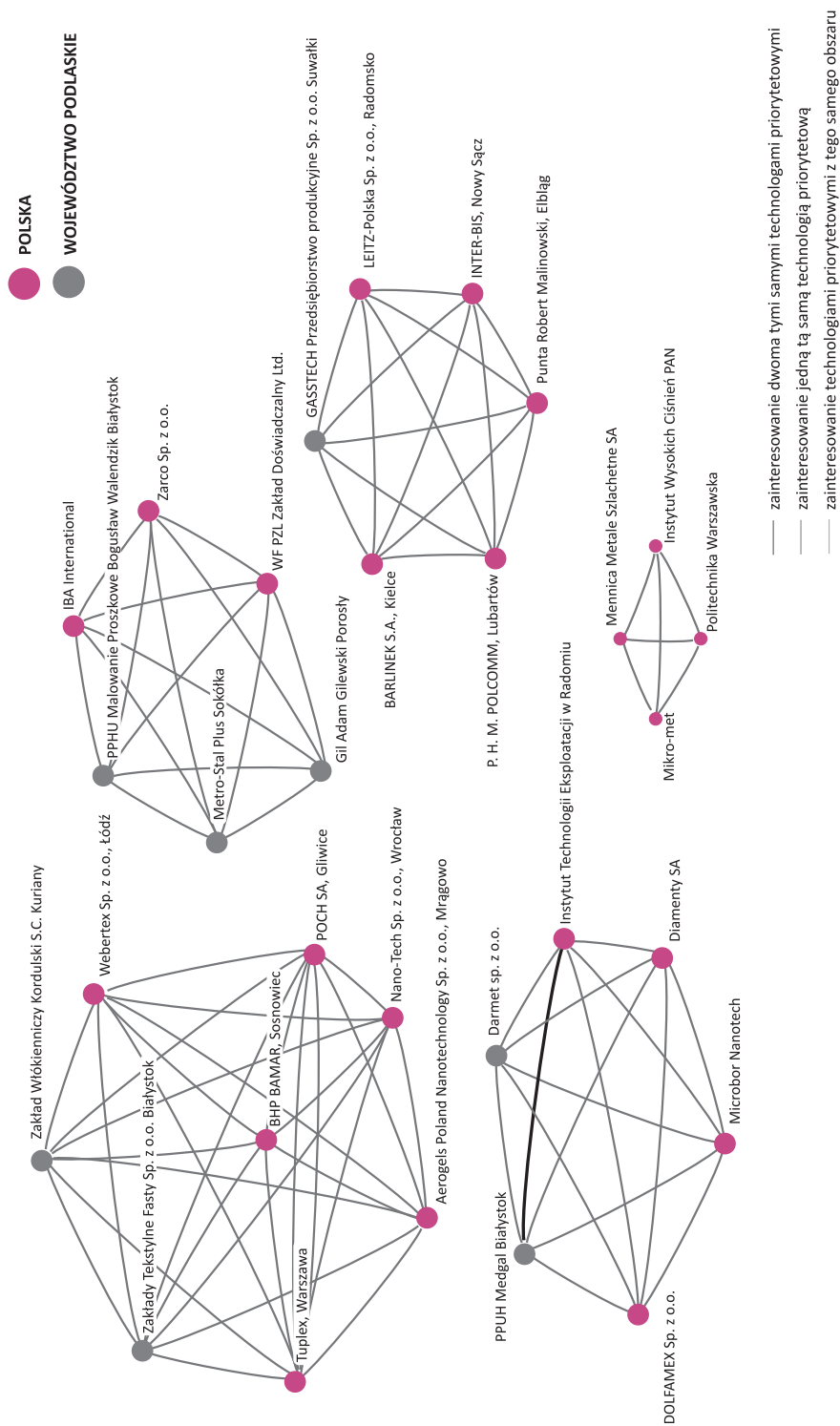
Źródło: opracowanie A. Gudanowska.

Rys. 1.6. Mapa relacji ośrodków naukowo-badawczych zajmujących się nanotechnologiami priorytetowymi w Polsce i województwie podlaskim (na podstawie zainteresowania tą samą technologią bądź technologią z tego samego obszaru)



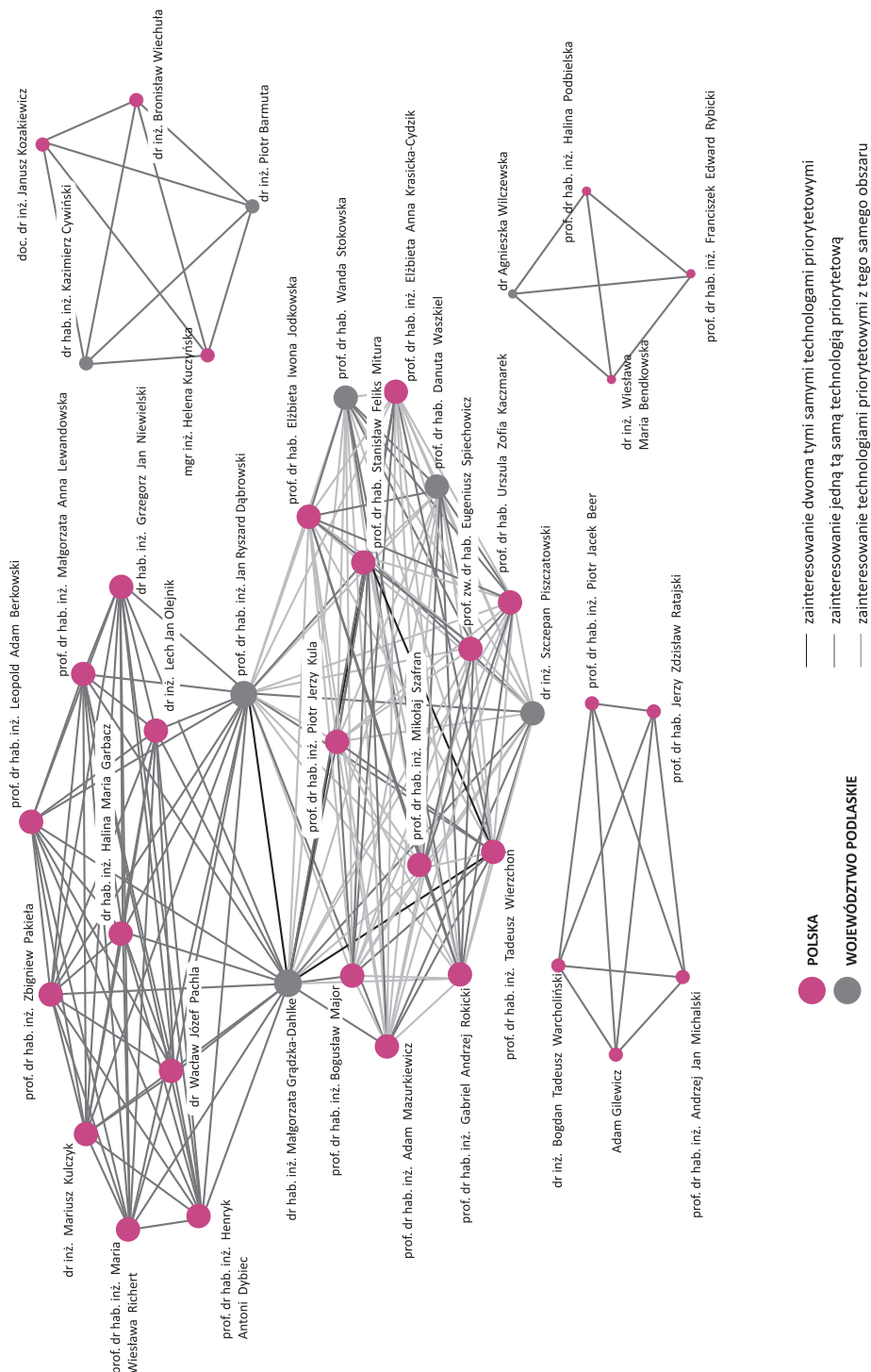
Źródło: opracowanie A. Gudanowska w programie PAJEK.

Rys. 1.7. Mapa relacji wytwórców/producentów zajmujących się nanotechnologiami priorytetowymi w Polsce i województwie podlaskim (na podstawie zainteresowania tą samą technologią bądź technologią z tego samego obszaru)



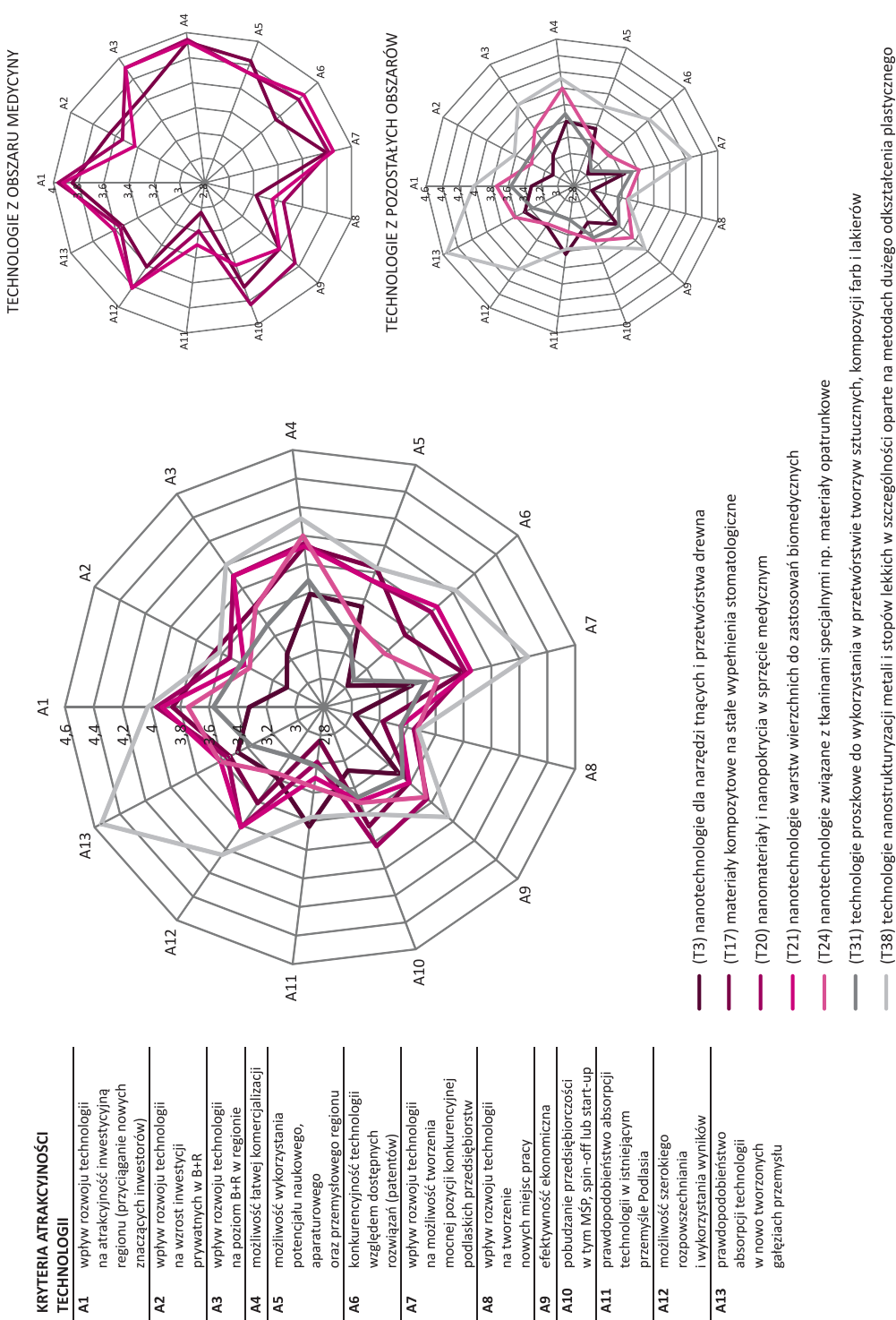
Źródło: opracowanie A. Gudanowska w programie PAJEK.

Rys. 1.9. Mapa relacji ekspertów zajmujących się nanotechnologiami priorytetowymi w Polsce i województwie podlaskim (na podstawie zainteresowania tą samą technologią bądź technologią z tego samego obszaru)



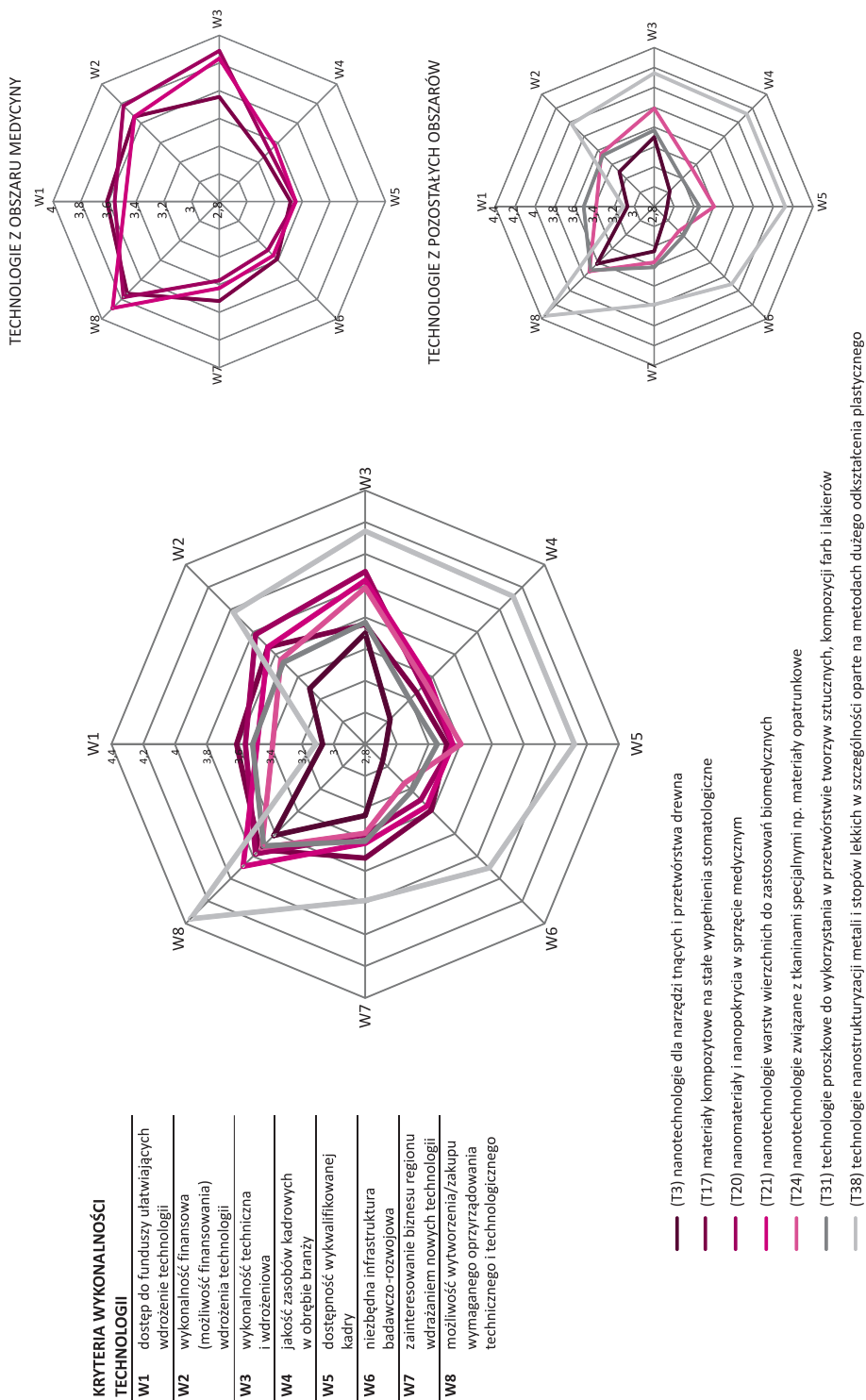
Źródło: opracowanie A. Gudanowska w programie PAJEK.

Rys. 1.10. Wykres radarowy atrakcyjności nanotechnologii priorytetowych



Źródło: opracowanie A. Gudanowska.

Rys. 1.11. Wykres radarowy wykonalności nanotechnologii priorytetowych



Źródło: opracowanie A. Gudanowska.

Powiązania przedstawione na mapach relacji (rys. 1.6, rys. 1.7, rys. 1.8, rys. 1.9) powstały na podstawie analizy danych zebranych na kartach opisu technologii. Zadaniem ekspertów uzupełniających karty było między innymi wskazanie ośrodków naukowych, wytwórców/producentów oraz ekspertów zajmujących się daną nanotechnologią priorytetową w województwie podlaskim oraz Polsce. Relacje na mapach należy odczytywać jako występowanie wspólnego obszaru zainteresowań danych jednostek bądź osób. Najsłabsze relacje mówią o zainteresowaniu technologiami z tego samego obszaru. Im powiązanie silniejsze, a więc wyraźniejsze na mapie, tym większą liczbą technologii dane jednostki bądź osoby zajmują się. Mapy odzwierciedlają więc istniejące i/lub potencjalne sieci współpracy.

Analizując mapę relacji ośrodków naukowo-badawczych (rys. 1.6) wskazanych przez ekspertów podczas uzupełniania kart technologii można zauważyć, iż najsilniejsze relacje, rozumiane jako zainteresowanie tymi samymi technologiami, zidentyfikowano pomiędzy ośrodkami położonymi w różnych miejscach w kraju. Wspólne zainteresowania kilkoma technologiami (trzy technologie stanowią maksymalną powtarzającą się wartość) zidentyfikowano w obrębie Politechniki Białostockiej i takich ośrodków, jak Politechnika Warszawska, Politechnika Łódzka, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, czy IMIM PAN (Instytut Metalurgii i Inżynierii Materiałowej Polskiej Akademii Nauk) również w Krakowie, a także relacje na linii Politechniki Warszawskiej z IMIM PAN, Politechniką Łódzką, czy Instytutem Technologii Eksploatacji w Radomiu. Wielkość elementów reprezentujących na mapie poszczególne ośrodki wskazywała na liczbę połączeń z innymi ośrodkami. Za wiodące w tym zakresie należy uznać: Politechnikę Białostocką, Akademię Górniczo-Hutniczą w Krakowie oraz Politechnikę Łódzką. Sieć stworzona przez ośrodki naukowe jest siecią gęstą, o dużej liczbie połączeń, której jądro tworzyły wymienione powyżej ośrodki.

Odmienny obraz przedstawia mapa relacji wytwórców/producentów nanotechnologii priorytetowych (rys. 1.7). Sieć ta cechuje się niską gęstością, wyróżnić można niepołączone ze sobą klastry. Nieco słabsza jest tu siła połączeń, z kolei maksymalna liczba relacji wytwórców/producentów jest ponadtrzykrotnie

niższa niż w przypadku ośrodków naukowo-badawczych.

Mapą łączącą obie wyróżnione jest mapa relacji wszystkich jednostek obejmujących zarówno ośrodki naukowo-badawcze, jak i wytwórców/producentów związanych z technologiami priorytetowymi (rys. 1.8). Najsilniejsze relacje tworzą ośrodki naukowo-badawcze wraz z firmą PPHU Medgal z Białegostoku oraz Instytutem Technologii Eksploatacji w Radomiu, zaliczanym do obu grup. Można również zauważyć, że największą liczbą połączeń z innymi jednostkami cechuje się Politechnika Białostocka, Politechnika Łódzka oraz Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie. Te ośrodki naukowo-badawcze mają największy potencjał współpracy z innymi w zakresie nanotechnologii priorytetowych zidentyfikowanych w projekcie.

Ostatnia mapa relacji – dotycząca wspólnych obszarów badawczych ekspertów wymienionych na kartach opisu technologii – to sieć gęsta, którą cechuje największa liczba połączeń spośród przedstawionych (rys. 1.9). Można tu wyróżnić trzy klastry znajdujące się na peryferiach sieci oraz dwójkę ekspertów o bardzo wysokiej liczbie połączeń z innymi.

Należy zauważyć, że wszystkie przedstawione wizualizacje są wynikiem danych zebranych w wąskiej grupie ekspertów, co wynikało z wysokiej specjalizacji przedmiotu projektu, a mianowicie nanotechnologii. Przygotowane mapy relacji nie powinny stanowić imperatywu do podjęcia decyzji w kwestii wyboru jednej najważniejszej technologii, ośrodka czy eksperta. Ich zadaniem jest dostarczenie szerokiego zbioru wiedzy o nanotechnologiach priorytetowych dla województwa podlaskiego i jednostkach oraz osobach z nimi związanych. Wybór danej nanotechnologii priorytetowej jako punktu centralnego wymaga od zainteresowanego nią czytelnika przestudiowania odpowiedniej karty technologii, odnalezienia jej na mapie relacji technologii kluczowych, odnalezienia ośrodków, wytwórców/producentów oraz ekspertów zajmujących się daną technologią na listach oraz sprawdzenia powiązań pomiędzy nimi na mapach relacji, a także odczytania związanych z nią poziomów atrakcyjności i wykonalności w kontekście województwa podlaskiego. Wszystkie wymienione elementy tworzą bazę wiedzy o technologiach priorytetowych, uzupełnioną ich relacjami z pozostałymi technologiami kluczowymi.

2.1. Charakterystyka metody marszrutę rozwoju technologii

Metoda marszrutę rozwoju technologii (*technology roadmapping* – TRM) jest kompleksowym podejściem do planowania strategicznego, którego idea wyraża się w integracji nauki i technologii z praktyką biznesową, a także w identyfikowaniu szans z zakresu rozwijania się nowych technologii [16]. Jest ściśle związana z zarządzaniem technologią, definiowanym jako proces składający się z takich elementów, jak: identyfikacja, wybór, nabycie, rozwój, ochrona oraz użycie technologii wpływających na poziom osiągniętej pozycji rynkowej przedsiębiorstwa [43].

Chociaż metoda została opracowana ponad dwadzieścia pięć lat temu przez koncern Motorola w obszarze planowania produkcji, to jest wciąż bardzo popularna w wiodących zagranicznych czasopismach dotyczących zarządzania technologiami, czy też usługami, takich jak „Technological Forecasting and Social Change”, „Technovation”, „Service Business”. Metoda marszrutę rozwoju technologii jest w dalszym ciągu rozwijana, poprzez adaptację nowych koncepcji, wskazywanie możliwości powiązania z innymi metodami analizy strategicznej, czy też nowe obszary zastosowań, w tym badania foresightowe.

Bazy danych o zagranicznych projektach, w których wykorzystano metodę marszrutę rozwoju technologii tworzą: baza danych o projektach sektora publicznego zawierająca 1500 projektów, dostępna na stronie internetowej *University of Cambridge, Institute of Manufacturing* [70] oraz bazy danych o projektach foresightowych: *European Foresight Monitoring Network* [67], *European Foresight Platform*.

Na podstawie przeszukiwania baz danych o publikacjach naukowych takich, jak: *Emerald,*

Elsevier, Academic Search Complete, ISI Web of Science: z wykorzystaniem słów kluczowych takich, jak *roadmap, roadmapping, region, foresight* oraz uwzględniając kryterium wagi publikacji, daty opublikowania oraz dostępności zidentyfikowano około pięćdziesięciu publikacji naukowych prezentujących metodę *roadmappingu* w kontekście badań foresightowych i/bądź regionu (załącznik 3).

Jak trafnie zauważyli M. L. Garcia i O. H. Bray, termin *roadmapping* a także *technology roadmapping* jest używany przez wielu badaczy na określenie wielu różnych zjawisk [23], co, w opinii autorów monografii, wskazuje na potrzebę właściwego zdefiniowania i umiejscowienia metody w prowadzonych badaniach.

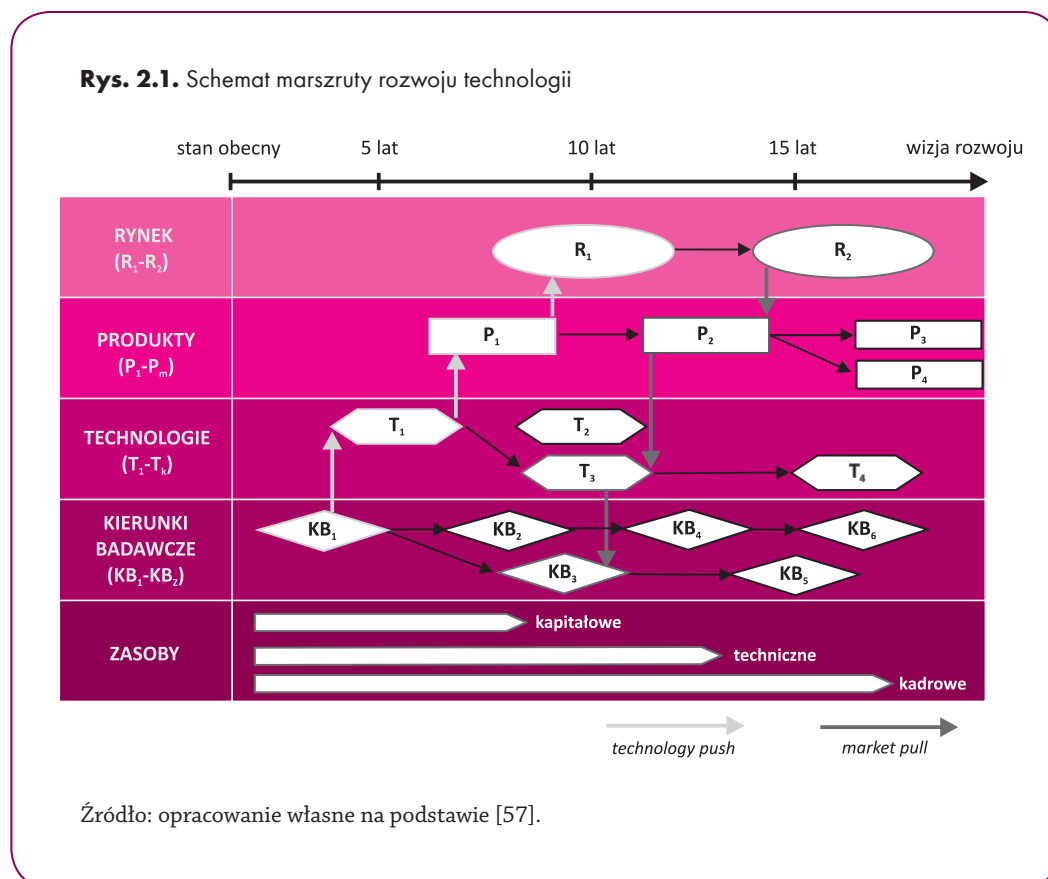
Termin *technology roadmapping* w polskiej literaturze przedmiotu pojawia się w wielu kontekstach. W podręczniku UNIDO pojęcie to tłumaczy się jako mapa drogowa technologii bądź tworzenie planów technologii [49]. Na gruncie polskich badań można spotkać się z terminem mapowanie technologii. Określenie to jednak biorąc pod uwagę statyczny charakter map zjawisk/obiektów tworzonych w różnych obszarach nauki, nie oddaje istoty metody, a raczej wydaje się wynikać z uproszczonego tłumaczenia z języka angielskiego. Charakterystyczną cechą metody jest dynamiczny – wyrażony poprzez uwzględnienie czynnika czasu – charakter zjawisk ujmowanych na tworzonej wizualizacji. Stąd, autorzy monografii tłumaczą termin *technology roadmapping* jako marszruta rozwoju technologii [40].

Istota marszrutę rozwoju technologii wyraża się w wizualizacji wzajemnych relacji pomiędzy sferą nauki, technologii oraz praktyki

biznesowej, a także – podając za T. U. Daimem oraz T. Oliverem – identyfikowaniu nowych szans z zakresu rozwoju nowych technologii [16]. Według R. Galvina, marszrutę rozwoju technologii stanowią szerokie spojrzenie na przyszłość obiektu badawczego, możliwe do osiągnięcia dzięki kolegalnej wiedzy [16, 60]. W praktyce, idea marszrutu rozwoju technologii

przejawia się więc w wypracowaniu wspólnego stanowiska na temat przyszłego stanu rzeczywistości oraz w zdefiniowaniu celów do osiągnięcia w przyszłości [52].

Sposób, w jaki technologia może zostać odniesiona do rozwoju produktów, sfery badań i rozwoju, dostępnych zasobów oraz szans rynkowych zaprezentowano na rys. 2.1 [47].



Wizualizacja ma w swym założeniu wesprzeć zespół badawczy w dostrzeżeniu i zrozumieniu celów przedsiębiorstwa oraz sposobów ich realizacji [4]. Marszruta rozwoju technologii powinna umożliwiać natychmiastowy dostęp do informacji dotyczących pięciu obszarów (rynek, produkty, technologia, sfera B+R, zasoby). Prawidłowo wykonana jest dokumentem prezentującym kilka warstw o różnym poziomie szczegółowości, stanowiąc równocześnie

narzędzie wspierające proces planowania, poprzez analizę branży dokonaną w określonym czasie [34]. Metoda pozwala wskazać normatywny kierunek rozwoju technologii, w kontekście kluczowych zasobów niezbędnych do tego rozwoju, co w efekcie umożliwia tworzenie rekomendacji dla decyzji dotyczących inwestycji i alokacji środków finansowych [23]. Rezultaty metody marszrutu rozwoju technologii, według A.M.J. Skulimowskiego,

powinny obejmować wydzielenie w otoczeniu analizowanej organizacji warstw odzwierciedlających wzajemnie powiązane i zazwyczaj jednorodne grupy czynników, identyfikację wśród występujących powiązań zależności wewnętrznych i międzywarstwowych, wskazanie związków czasowych pomiędzy poszczególnymi czynnikami, przy uwzględnieniu punktów kluczowych decyzji czy rozwiązywanie problemów optymalizacji związanych z powstałym diagramem [62].

Marszruta – poza badaniem poszczególnych perspektyw (między innymi rynkowej, produktowej, technologicznej) – pozwala również na analizę wspomnianych powiązań pomiędzy nimi. Typowa marszruta rozwoju technologicznego powinna składać się z węzłów i powiązań [58], które mogą mieć ilościowe i jakościowe atrybuty. Konstrukcja marszrut technologicznej wymaga identyfikacji węzłów i ich atrybutów oraz powiązania węzłów. Najczęściej marszrut technologiczne przyjmują postać wykresów przedstawiających rozwój zidentyfikowanych technologii w czasie uwzględniających kontekst rynkowy [61]. Metoda stanowi zwykle narzędzie normatywne, czyli pożądaný przyszły stan jest wstępnie założony. Następnie „przebieg” marszrut jest określany przez ekspertów z danej dziedziny technologii [61, 27], chociaż, zdaniem R. Phaala oraz G. Mullera, na potrzeby konstrukcji dobrej marszrut rozwoju technologii powinno się angażować ekspertów prezentujących odmienne punkty widzenia warunkowane reprezentowanymi przez nich dyscyplinami naukowymi, pełnionymi funkcjami, a nawet czynnikami psychologicznymi, takimi jak cechy charakteru [46, 27]. Zgodnie z poglądami D. Proberta, M. Radnora marszrut rozwoju technologii mogą być pomocne w zobrazowaniu wypracowanej wizji nie tylko dla uczestników procesu badawczego, ale również dla jego potencjalnych odbiorców [52]. Zdaniem O. Saritasa, w kontekście badań foresightowych, marszrut rozwoju technologii umożliwiają reprezentację informacji wygenerowanej w ramach badań dla potencjalnych interesariuszy, celem uzyskania ich opinii i konsensusu co do zaproponowanych rozwiązań [52, 27]. Badacz podkreśla, że marszrut rozwoju technologii sprzyjają dialogowi w badaniach foresightowych oraz usprawniają komunikację na poziomie operacyjnym, komercyjnym i technologicznym, jak również dostarczają praktycznych

rozwiązań dotyczących alokacji środków sfery B+R [60, 27].

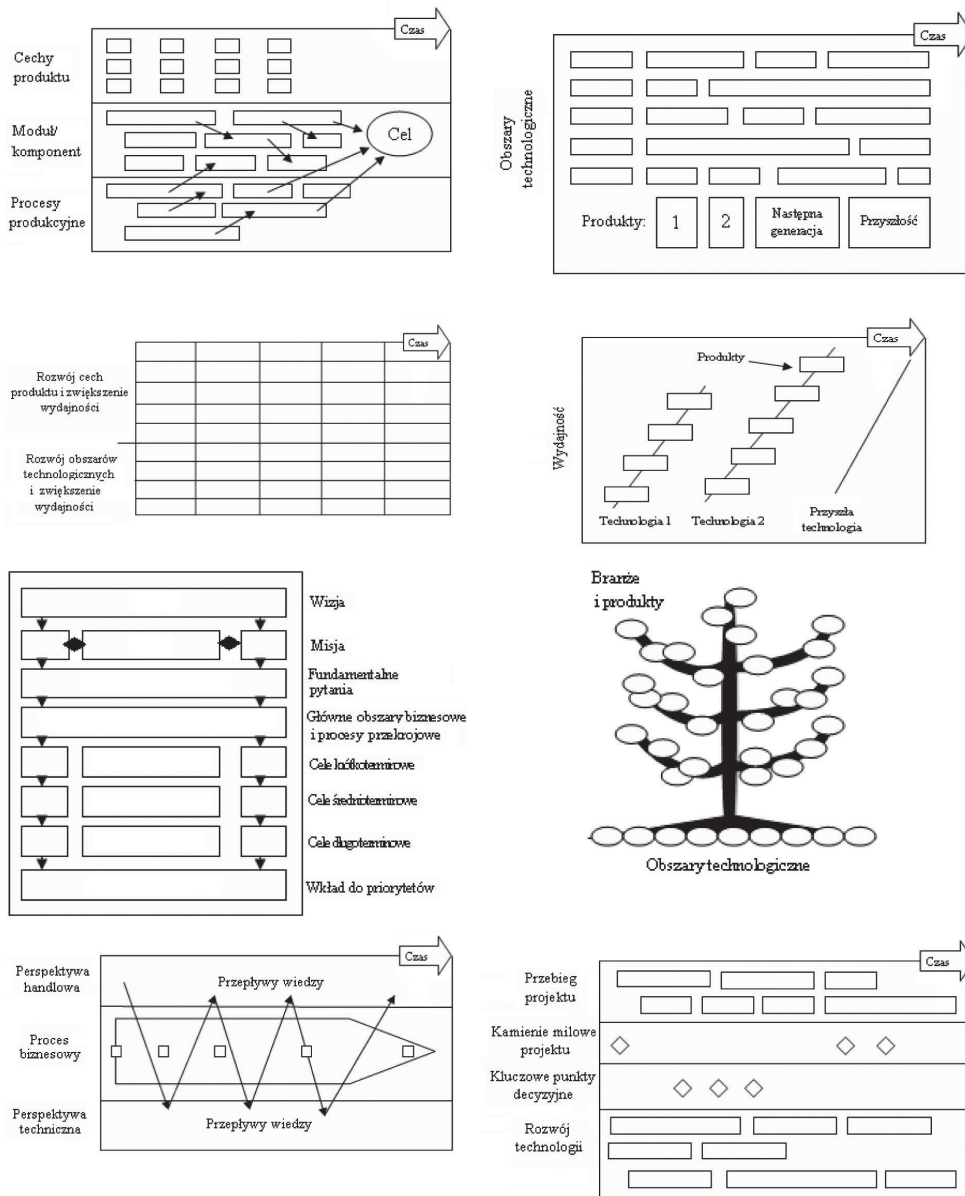
Istota powiązań pomiędzy technologiami jest podkreślana również w aspekcie badań foresightowych. W obszarze tym, wiedzy dostarcza inna z metod, czyli metoda mapowania technologii. Jak zaprezentowano w rozdziale pierwszym opracowania, metoda ta pozwala na określanie bieżącego stanu technologii wraz z siecią relacji, jakie istnieją pomiędzy technologiami.

Proces tworzenia marszrut rozwoju technologii nie jest jednoznacznie sprecyzowany. Kluczowy Zespół Badawczy dokonał więc przeglądu możliwych form wizualizacji metody. W literaturze funkcjonuje wiele jej wariantów. Sposób jej prowadzenia jest zróżnicowany zarówno ze względu na dziedzinę problemu, cel prowadzonej analizy, jak i grupę odbiorców [62]. Wyróżnić można trzy podejścia do tworzenia marszrut rozwoju technologii. Pierwsze, opierające się na wiedzy ekspertów, drugie – warsztatowe, angażujące zróżnicowaną grupę przedstawicieli przemysłu, nauki, administracji oraz innych zainteresowanych stron, i trzecie – oparte na informacjach przetwarzanych przez komputer. Choć są to odrębne ujęcia i jedno z nich będzie zawsze dominujące, to nie wykluczają się wzajemnie [79].

Marszrut rozwoju technologii mogą również przyjąć różną formę graficzną. Jedną z głównych trudności podczas realizacji metody, to właśnie wielość specyficznych form marszrut, które często muszą być dostosowywane do konkretnych potrzeb i kontekstu [47]. W literaturze przedmiotu można wyróżnić szereg wizualizacji. Poza wykresami warstwowymi, mogą to być również: wykres w formie pasków, histogramy, tabele, grafy, piktogramy, schematy przepływu, pojedyncze warstwy czy tekst [47]. Z kolei pod względem celu konstrukcji marszrut rozwoju wyróżnia się wizualizacje tworzone w kontekście: planowania strategicznego, planowania długoterminowego, produktu, możliwości, kapitału wiedzy, programu, procesu, czy integracji [45]. Wybrane formy graficzne wizualizacji marszrut rozwoju technologii zaprezentowano na rys. 2.2.

Planując proces konstrukcji marszrut rozwoju nanotechnologii w ramach realizacji badań foresightowych w województwie podlaskim, przeanalizowano polskie i zagraniczne praktyki w tym zakresie podejmowane w wybranych inicjatywach foresightowych. Poniżej

Rys. 2.2. Przykłady schematycznych marszrut rozwoju technologii



Źródło: [44].

zaprezentowano kluczowe wnioski z analizy polskich projektów. Na podstawie dostępnych danych zidentyfikowano 8 projektów, w których wykorzystano metodę określaną jako *roadmapping* lub *technology roadmapping*, czy też pojawiały się elementy z nimi spójne. Zestawienie wybranych projektów przedstawiono w tab. 2.1.

Poddając analizie zidentyfikowane opracowania, a jednocześnie mając na uwadze wskazywane w literaturze przedmiotu trudności z wyborem formy marszrut, skupiono się nie tylko na analizie sposobu realizacji metody w danym projekcie, ale także na wybranych formach prezentacji graficznej opracowywanych przez realizatorów marszrut.

Tab. 2.1. Polskie projekty foresightowe, w których zidentyfikowano metodę *roadmapping*, *technology roadmapping* lub elementy spójne

Lp.	Nazwa projektu
1.	Zawansowane technologie przemysłowe i ekologiczne dla zrównoważonego rozwoju kraju
2.	Scenariusze rozwoju technologicznego kompleksu paliwowo-energetycznego dla zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego kraju
3.	Foresight technologiczny rozwoju sektora usług publicznych w Górnośląskim Obszarze Metropolitalnym
4.	Priorytetowe technologie dla zrównoważonego rozwoju województwa podkarpackiego
5.	Perspektywa Technologiczna Kraków Małopolska 2020
6.	Foresight technologiczny przemysłu INSIGHT 2030
7.	Foresight „Sieci Gospodarcze Wielkopolski” – scenariusze transformacji wiedzy wspierające innowacyjną gospodarkę
8.	Identyfikacja potencjału i zasobów Dolnego Śląska w obszarze nauka i technologie na rzecz poprawy jakości życia (<i>Quality of Life</i>) oraz wytyczenie przyszłych kierunków rozwoju. Badania metodami foresight

Źródło: opracowanie własne.

W projekcie „Zaawansowane technologie przemysłowe i ekologiczne dla zrównoważonego rozwoju kraju” [32] do procesu budowy marszrut rozwoju technologii (określanych w projekcie jako mapy technologii) wykorzystano koncepcję R. Phaala i in. – dotyczącą identyfikacji kilku warstw marszrut – oraz zaangażowano ekspertów zarówno zewnętrznych, jak i wewnętrznych, specjalizujących się w zakresie problematyki badawczej aplikacyjnej objętej projektem, jak również w zakresie kształcenia i doskonalenia. Rezultatem przeprowadzonych przez realizatorów opisywanego projektu analiz z zakresu technicznego wspomaganie zrównoważonego rozwoju była decyzja o budowie marszrut rozwoju składającej się z dwóch warstw. Warstwa „Produkt” obejmowała technologie priorytetowe (przrostowe i wyłaniające się), z kolei warstwa „Zasoby” odnosiła się do kwalifikacji i kompetencji niezbędnych do wytworzenia produktów

(zaawansowanych technologii przemysłowych). Metodyka budowy marszrut rozwoju uwzględniała opracowanie zarówno zawartości poszczególnych warstw, jak i określenia powiązań pomiędzy nimi. Uwzględniono listę technologii przyrostowych i wyłaniających się oraz dokonano priorytetyzacji technologii opierając się na kryterium zrównoważonego rozwoju oraz generyczności technologii. Marszrut rozwoju technologii skonstruowano w poszczególnych obszarach tematycznych dla technologii zajmujących najwyższy priorytet. Eksperti, których zaangażowano w realizację metody, tworzyli interdyscyplinarny zespół, a realizatorzy zwrócili szczególną uwagę na wypracowanie rekomendacji dla struktur decyzyjnych formułujących krajową politykę technologiczną i innowacyjną.

W innym z analizowanych projektów „Scenariusze rozwoju technologii kompleksu paliwowo-energetycznego dla zapewnienia

bezpieczeństwa energetycznego kraju” [61], utworzono marszruty rozwoju technologii dla wypracowanych scenariuszy cząstkowych. Realizatorzy określali tworzone wizualizacje mianem map drogowych. Obejmowały one następujące obszary badawcze: technologie węglowe, gospodarkę węglowodorowymi nośnikami energii, odnawialne źródła energii, energetykę jądrową i gospodarkę wodorową. Przyjęta w projekcie koncepcja była bardzo różnorodna. Przedstawiono wiele form finalnych marszrut rozwoju technologii. W publikacji wyników projektu z zakresu marszrut rozwoju technologii bardziej skupiono się na ostatecznym wyniku, czyli konkretnej marszrucie bądź to dla jednostkowego obszaru badawczego bądź dla całego sektora energetycznego, niż na zaprezentowaniu postępowania badawczego prowadzącego do rezultatów.

W projekcie „FORGOM – Foresight technologiczny rozwoju sektora usług publicznych w Górnośląskim Obszarze Metropolitalnym” [22] realizacja marszrut rozwoju technologii, określonych jako mapy innowacji technologicznych, wymagała identyfikacji grupy technologii/technologii krytycznych, które warunkują rozwój nowoczesnego ośrodka metropolitalnego przez ekspertów poszczególnych obszarów tematycznych. Diagnozy dokonano w obszarze usług transportowych, zdrowotnych, kultury i zarządzania środowiskiem. Wyniki prac poszczególnych paneli wykorzystano do opracowania zbiorczej mapy innowacji technologicznych dla usług metropolitalnych, w której skupiono się na powiązaniach pomiędzy poszczególnymi obszarami tematycznymi. Analiza dotyczyła trzech typów powiązań: powiązań technologicznych, powiązań funkcjonalnych w ramach usług oraz powiązań pomiędzy cechami metropolitalnymi.

Następny z analizowanych projektów „Priorytetowe technologie dla zrównoważonego rozwoju województwa podkarpackiego” [28] podejmował w prowadzonych pracach aspekt konstrukcji wykresów czasowych spójnych z ideą tworzenia marszrut rozwoju technologii. Utworzono siedem koncepcji rozwoju, w których wskazano potencjalne technologie wiodące, wyróżnione w aspekcie ich atrakcyjności, wykonalności i wpływu na zrównoważony rozwój. Określono kierunki rozwoju wybranych technologii w ciągu kolejnych 20-25 lat. Opracowano listę perspektywicznych technologii dla województwa podkarpackiego w analizo-

wanych obszarach oraz określono, czy są one obecne w Polsce i na świecie. Wskazano, kiedy będzie możliwe pierwsze zastosowanie analizowanych technologii w regionie.

Z kolei w projekcie „Perspektywa Technologiczna Kraków-Małopolska 2020” [54] przyjęto definicję marszrut rozwoju technologii, określanej przez realizatorów jako mapa droga technologii, definiując ją jako plan wszystkich etapów rozwoju technologii (produktu) w przyjętym horyzoncie czasu. Marszruty w analizowanym projekcie tworzone były najpierw poprzez gromadzenie, syntezę i weryfikację informacji oraz na tej podstawie przedstawianie trendów w postaci graficznej w powiązaniu z odpowiednimi dokumentami. Podczas opracowywania marszrut oparto się na pracy zespołowej grup ekspertów. Wynikiem prac zespołów było wskazanie zależności przyczynowo-skutkowej pomiędzy programem badawczym, technologią, produktem a rynkiem, określenie wskaźników gotowości technologicznej, wskazanie listy celów rozwoju technologii oraz priorytetów technologii. Podczas prac wskazano także listę podstawowych zadań realizowanych przez główne podmioty odpowiedzialne za wdrożenie technologii (biznes, administracja i nauka).

Projekt „Foresight technologiczny przemysłu INSIGHT 2030” [21] zakładał opracowanie marszrut rozwoju technologii (realizatorzy przyjęli termin mapy drogowe) w ramach wszystkich pól badawczych. Przygotowane wizualizacje miały różnorodny charakter i obejmowały takie elementy, jak główne zastosowania, znaczenie technologii w różnej perspektywie czasowej, proces rozwoju w czasie, główne ośrodki badawcze, czy na przykład fazy rozwoju technologii i czas ich trwania.

W ramach projektu „Foresight Sieci Gospodarcze Wielkopolski – scenariusze transformacji wiedzy wspierające innowacyjną gospodarkę” [83] podjęto prace nad marszrutą rozwoju (mapą drogową w terminologii projektu) dotyczącą kształtowania efektywnej transformacji wiedzy w sieciach gospodarczych, stanowiącą próbę sformułowania rekomendowanej ścieżki rozwojowej dla Wielkopolski, wskazującej pakiety programów i kolejność ich realizacji.

W przedsięwzięciu „Identyfikacja potencjału i zasobów Dolnego Śląska w obszarze nauka i technologie na rzecz poprawy jakości życia (*Quality of Life*) oraz wytyczenie przyszłych

kierunków rozwoju. Badania metodami foresight” [20] koncepcje spójne z metodą marszrut rozwoju technologii zawężono do konkretnych celów i działań. Próbowano odpowiedzieć na pytanie, jakie działania powinny zostać podjęte, aby osiągnąć wybrane wartości docelowe mierników w roku 2020.

Spośród przeanalizowanych badań foresightowych, jakie prowadzone były w Polsce poza województwem podlaskim, biorąc pod uwagę powszechność danej praktyki (a więc łatwość dostępu do dokumentacji, jasność i dostępność opisu analizowanej metody), jej powtarzalność rozumianą jako możliwość jej wykorzystania w innym projekcie, charakter metodycznego postępowania przyjęty przez realizatorów, a także nowatorskie ujęcie danej

praktyki na tle innych, na wyróżnienie zasługuje projekt „Zaawansowane technologie przemysłowe i ekologiczne dla zrównoważonego rozwoju kraju” [32]. Dobre praktyki tworzenia marszrut rozwoju technologii, które można rekomendować w dalszej praktyce foresightowej, to: (1) wykorzystanie, ugruntowanej w literaturze przedmiotu, koncepcji R. Phaala i in. tworzenia marszrut rozwoju technologii; (2) konstrukcja marszrut przez interdyscyplinarny zespół ekspertów; (3) identyfikacja powiązań pomiędzy marszrutami a dokumentami strategicznymi; (4) przeprowadzenie eksperckiej konsultacji w zakresie potencjalnych elementów warstw marszrut rozwoju technologicznego; (5) integrowanie na potrzeby metody dorobku prac pozostałych paneli w projektach.

2.2. Metodyka opracowania marszrut rozwoju technologii w projekcie

Opracowanie metodyki marszrut rozwoju technologii powierzono zespołowi eksperckiemu powołanemu w ramach panelu budowy scenariuszy i marszrut technologicznych, pełniącego rolę integrującą oraz syntetyzującą prace pozostałych pięciu paneli eksperckich. Został powołany do realizacji zadania głównego nr 8 w projekcie, jakim jest opracowanie marszrut rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim w perspektywie 2020 roku [39]. Oczekiwany rezultat prac panelu PBSiMT była realizacja założonych zadań badawczych, a w szczególności:

- opracowanie scenariuszy rozwoju nanotechnologii;
- wyznaczenie marszrut rozwoju nanotechnologii;
- opracowanie wyników marszrut rozwoju technologicznego (*technology roadmaps*).

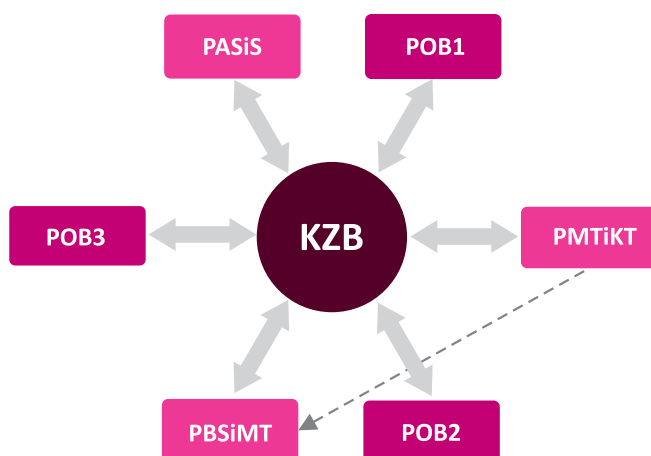
Z racji tego, że specyfika prac panelu ogniskująca się głównie wokół syntezy prac pozostałych paneli wymaga od ekspertów znajomości rezultatów prac z każdego etapu realizacji projektu, eksperci panelu rekrutowali się spo-

śród członków Kluczowego Zespołu Badawczego. Miejsce panelu budowy scenariuszy i marszrut technologicznych w projekcie zaprezentowano na rys. 2.3.

Prace członków Kluczowego Zespołu Badawczego z zakresu realizacji metody marszrut rozwoju technologii ogniskowały się wokół syntezy eksperckiej konsultacji wiodących ekspertów w zakresie technologii priorytetowych rekrutujących się z panelu eksperckiego mapowania technologii i kluczowych technologii oraz prac analitycznych członków KZB z zakresu metodyki tworzenia marszrut rozwoju technologii oraz megatrendów potencjalnie kształtujących rozwój nanotechnologii w województwie podlaskim. Rezultaty prac KZB posłużą jako wkład do projekcji strategii rozwoju nanotechnologii do 2020 roku w zakresie marszrut rozwoju priorytetowych nanotechnologii.

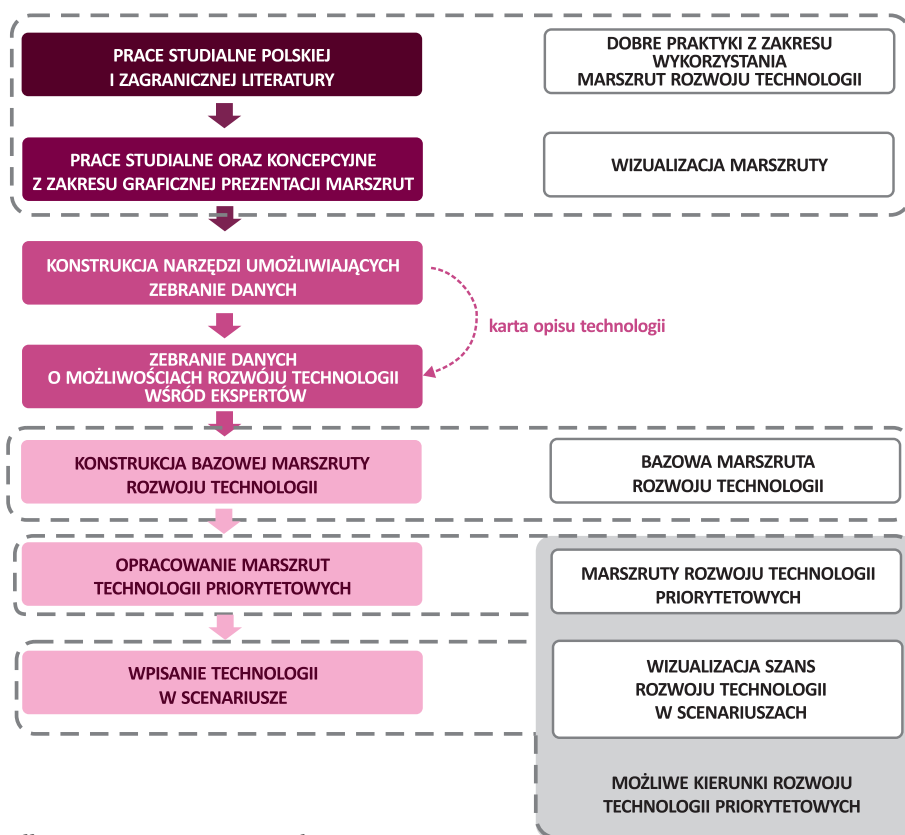
Szczegółowa metodyka opracowania wyników marszrut rozwoju technologicznego została przedstawiona na rys. 2.4.

Rys. 2.3. Schemat interakcji paneli eksperckich w projekcie „Foresight technologiczny <<NT FOR Podlaskie 2020>>. Regionalna strategia rozwoju nanotechnologii”



Źródło: opracowanie własne.

Rys. 2.4. Szczegółowa metodyka opracowania marszrut rozwoju technologii



Źródło: opracowanie A. Kononiuk.

Na szczegółową metodykę opracowania marszrut rozwoju technologii składało się siedem komplementarnych zadań badawczych:

- I. Synteza polskich i zagranicznych prac studialnych na temat istoty metody marszrut rozwoju nanotechnologii oraz możliwości jej wykorzystania w zarządzaniu technologiami w regionie.
- II. Prace studialne oraz koncepcyjne z zakresu graficznej prezentacji marszrut.
- III. Konstrukcja kwestionariusza ankiety nt. rozwoju priorytetowych technologii w trzech perspektywach czasowych.
- IV. Zebranie danych o możliwościach rozwoju technologii wśród ekspertów (uzupełnienie kwestionariusza ankiety przez wiodących ekspertów z zakresu priorytetowych technologii).
- V. Konstrukcja bazowej marszrutu rozwoju technologii.
- VI. Opracowanie marszrut technologii priorytetowych.
- VII. Wpisanie technologii w scenariusze.
- VIII. Merytoryczne opracowanie wyników marszrut rozwoju technologicznego.

Realizacja zadań (I)–(III) oraz (V)–(VII) została powierzona członkom Kluczowego Zespołu Badawczego, z kolei realizacja zadania badawczego (IV) była możliwa dzięki zaangażowaniu wiodących ekspertów z zakresu priorytetowych technologii, którzy rekrutowali się spośród członków PMTiKT.

Wymierne rezultaty I, II i V zadania badawczego pozwoliły na identyfikację dobrych praktyk z zakresu wykorzystania metody marszrut rozwoju technologii oraz przyczyniły się do wypracowania ostatecznej formy jej wizualizacji. Z kolei rezultaty zadania VI i VII doprowadziły do wypracowania marszrut rozwoju technologii priorytetowych oraz wizualizacji szans rozwoju technologii w scenariuszach, co w efekcie pozwoliło na określenie możliwych kierunków rozwoju technologii priorytetowych w województwie podlaskim. Proces badawczy został wsparty metodami badawczymi takimi jak: krytyczna analiza piśmiennictwa, metoda analizy i konstrukcji logicznej, burza mózgów oraz badanie ankietowe*.

Dobór metod badawczych został podyktowany w głównej mierze zakresem merytorycznym zadania.

2.3. Wizualizacja marszrutu rozwoju technologii

Wizualizację marszrutu rozwoju nanotechnologii w projekcie oparto na koncepcji R. Phaala i in. [44] wskazującej na potrzebę wyodrębniania warstw w marszrucie oraz koncepcji R. Watsona z zakresu graficznej prezentacji stref czasowych [78]. Bazę do opracowania marszrut rozwoju technologii w projekcie stanowi model planowania rozwoju technologii (*technology planning framework*), w którym wyodrębnia się [57]:

- potrzeby sektora przemysłowego i naukowo-badawczego, kraju, organizacji, (uwzględnienie oddziaływania rynku – *market pull*);
- produkty, usługi i przedsięwzięcia, które zaspokoją zidentyfikowane potrzeby;
- technologie i kierunki badawcze pozwalające na wytworzenie nowych produktów, usług (*technology push*);

- potencjał i zasoby, które pozwolą na realizację pożądaną wizji rozwoju.

Zamierzeniem członków Kluczowego Zespołu Badawczego było przedstawienie ogólnej możliwej trajektorii rozwoju danej technologii priorytetowej w kontekście zasobów, prac badawczo-rozwojowych, potencjalnych podmiotów tworzących daną technologię oraz potencjalnych obszarów zastosowań. Stąd, warstwy marszrutu miały w pierwotnym zamierzeniu tworzyć takie elementy jak „zasoby”, „sfera B+R”, „podmioty tworzące dane technologie”, „technologie” „obszary potencjalnych zastosowań”. W wyniku dyskusji członków Kluczowego Zespołu Badawczego zdecydowa-

* Rezultaty prac studialnych zaprezentowano w podrozdziale 2.1.

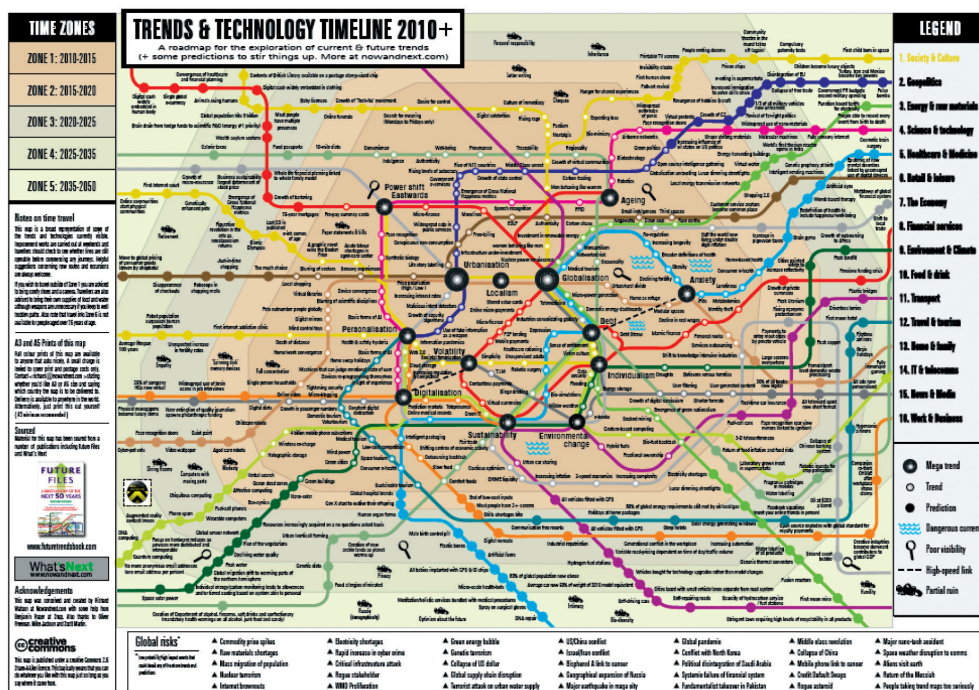
no się wyłączyć warstwę „produkt”, jako mniej istotną w obszarze zagadnień nieukierunkowanych na budowanie filozofii rozwoju konkretnego produktu i w korespondencji z tym zamierzeniem warstwę „rynek” zawężono jedynie do obszarów potencjalnych zastosowań danych technologii.

Ze względu na wysoce specjalistyczny charakter zidentyfikowanych technologii kluczowych, w projekcie przyjęto podejście eksperckie. Konstrukcja ostatecznej marszrutu rozwoju danej nanotechnologii była możliwa dzięki pogłębionej analizie ankiety skierowanej do wiodących ekspertów w zakresie priorytetowych technologii. Ankiety te zostały wysłane do siedmiu kluczowych ekspertów z zakresu danej technologii w grudniu 2011 roku. Za kluczowych spośród ekspertów uznano

tych, którzy wskazali daną technologię w toku prac panelu kluczowych technologii i mapowania technologii jako technologię kandydującą bądź, jeśli ostateczne brzmienie nazwy technologii uległo zmianie, to tego, którego propozycje były zbliżone do finalnie wyłonionej priorytetowej technologii.

Zadaniem ekspertów była ocena w trzech perspektywach czasowych – 2012-2014, 2015-2017 oraz 2018-2020 – pięciu warstw marszrutu: (1) zasoby (z podziałem na ludzkie, rzeczowe, finansowe), (2) sfera B+R (z podziałem na badania podstawowe, prace wdrożeniowe, kierunki rozwoju), (3) podmioty tworzące daną technologię, (4) obszary potencjalnych zastosowań oraz (5) przedstawiony rozwój technologii w czasie*.

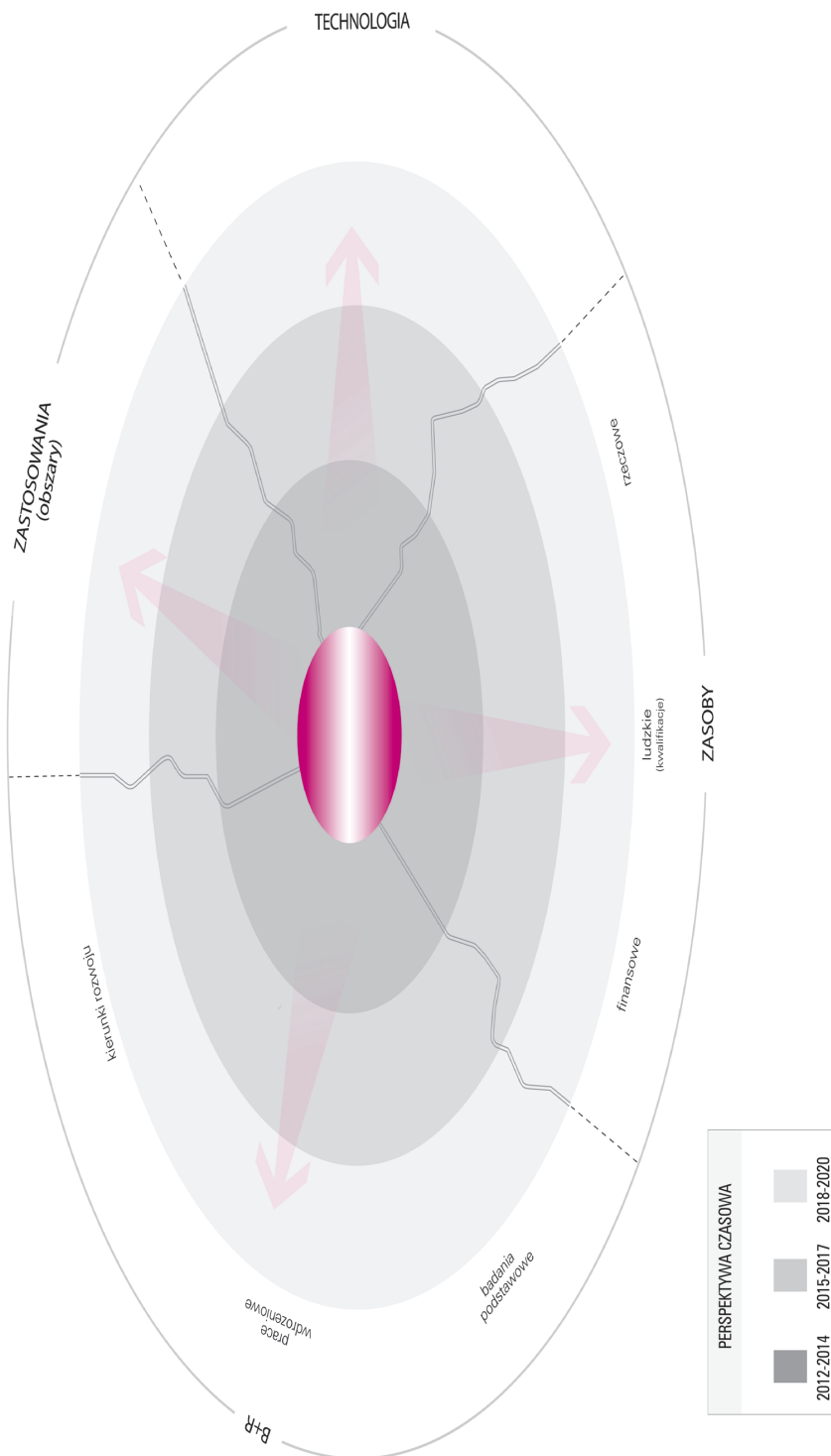
Rys. 2.5. 2010+ TRENSD&TECHNOLOGY TIMELINE według R. Watsona



Źródło: [3].

* Fragment kwestionariusza ankiety, który został skierowany do ekspertów został przedstawiony w załączniku 4 (część II kwestionariusza).

Rys. 2.6. Bazowa koncepcja układu graficznego marszrutu technologii na potrzeby projektu „Foresight technologiczny <<NT FOR Podlaskie 2020>>. Regionalna strategia rozwoju nanotechnologii”



Źródło: opracowanie A. Kononiuk, A. Gudanowska.

Na podstawie ostatecznych wyników kwestionariusza ankiety w ostatecznej wersji marszrutę rozwoju technologii w Kluczowym Zespole Badawczym podjęto decyzję o uwzględnieniu czterech warstw, czyli „zasoby”, „sfera B+R”, „obszary potencjalnych zastosowań”, „technologie”. Warstwę pt. „podmioty tworzące daną technologię pominięto, że względu na fakt, że większość ekspertów wpisywało tak ogólne odpowiedzi, jak: firmy, uczelnie, konsorcja.

Graficzny układ marszrutę rozwoju technologii został zainspirowany wizualizacją megatrendów kształtujących rzeczywistość w szesnastu obszarach tematycznych takich, jak między innymi społeczeństwo, kultura, geopolityka, nauka i technologia, gospodarka, transport, turystyka, media (rys. 2.5).

Zaprezentowany rozwój trendów jest szeroko dokumentowany w publikacji R. Watsona *Future Files. A brief history of the next 50 years* [77]. Kształtowanie się megatrendów oraz pochodnych trendów zostało przedstawione przez autora w pięciu strefach czasowych, co stało się bezpośrednią inspiracją dla prezentacji stref czasowych w marszrutach rozwoju nanotechnologii. Bazowa koncepcja układu gra-

ficznego marszrutę rozwoju technologii na potrzeby projektu „Foresight technologiczny <<NT FOR Podlaskie 2020>>. Regionalna strategia rozwoju nanotechnologii” została przedstawiona na rys. 2.6. Podstawę marszrutę rozwoju nanotechnologii tworzą zasoby ludzkie (kwalifikacje), finansowe oraz rzeczowe tworzące bazę do rozwoju nanotechnologii, stąd zdecydowano się je umieścić w dolnej warstwie rysunku. Rozwój danych technologii jest stymulowany sferą B+R (lewa strona rysunku). W górnej części rysunku zaprezentowano potencjalne obszary zastosowań tworzące tło dla warstwy „rynek”. Z kolei w prawej części rysunku zaprezentowano ogólny rozwój danej nanotechnologii. Wszystkie warstwy zostały przedstawione w trzech perspektywach czasowych, czyli 2012-2014, 2015-2017, 2018-2020 (zgodnie z legendą umieszczoną na rysunku). Eksperti wiodący w zakresie technologii uzupełniający ankietę dotyczącą perspektyw rozwoju technologii, wskazywali możliwy rozwój technologii w trzech zadanych perspektywach czasowych. Zebrane informacje pozwoliły na uzupełnienie warstw marszrutę rozwoju w zakresie zasobów, sfery badań i rozwoju, technologii oraz potencjalnych obszarów zastosowań.

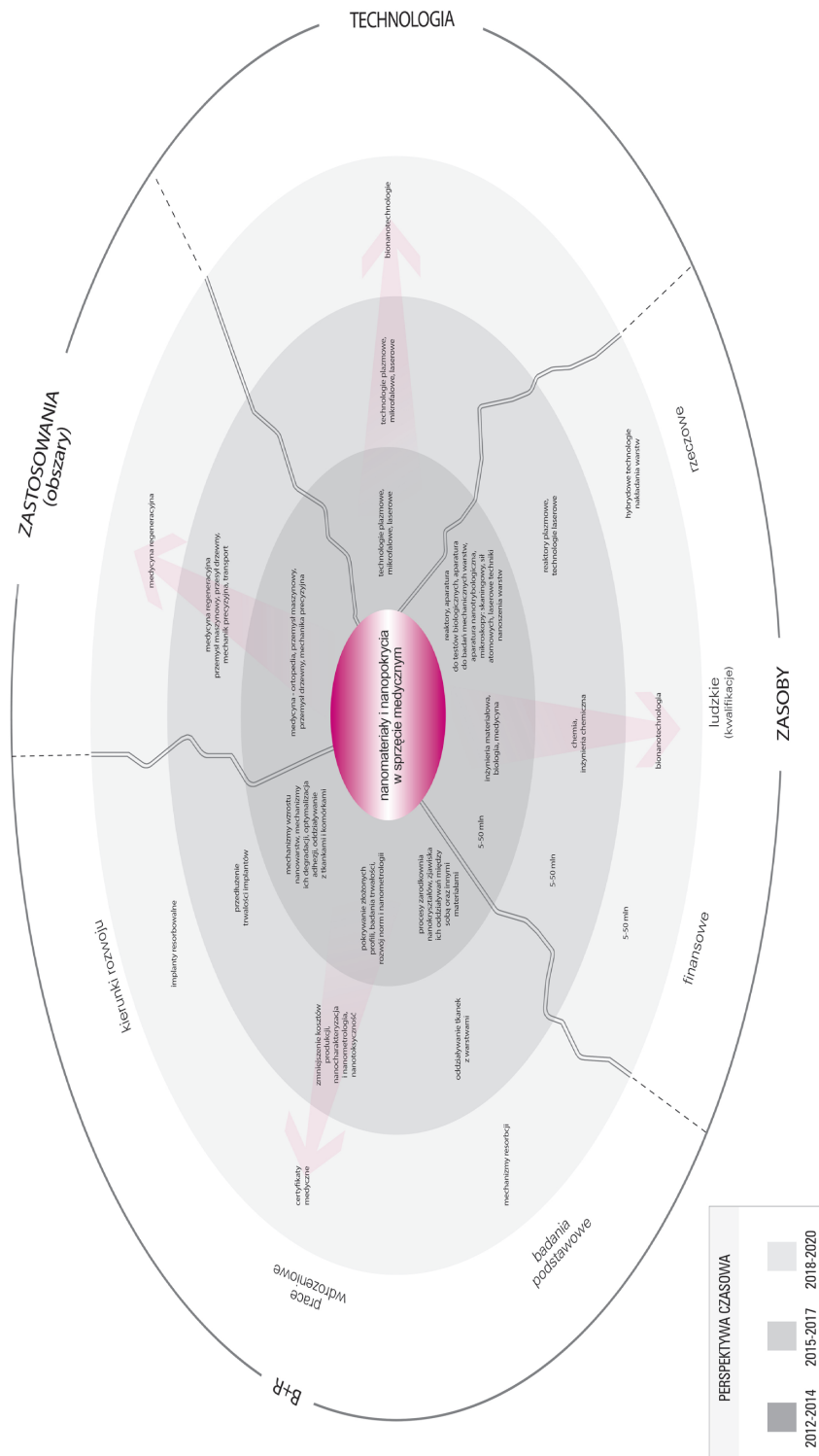
2.4. Marszrutę rozwoju technologii w województwie podlaskim

2.4.1. Marszrutę rozwoju nanomateriałów i nanopokryć w sprzęcie medycznym

Nanomateriały i nanopokrycia w sprzęcie medycznym zostały zewidencjonowane w projekcie jako T20, w obszarze medycyna, w kategorii nanowarstwy dla medycyny. Nanowarstwy i nanopokrycia to warstwy z materiału nanokrystalicznego na powierzchni drugiego materiału. Najczęściej stosowane są warstwy diamentopodobne oraz warstwy hydroxyapatytu. Nanomateriały znalazły zastosowanie w wielu obszarach medycyny, takich jak: sprzęt medyczny, stomatologia i ortopedia, chirurgia. Nanotechnologia ta wykorzystywana jest również w leczeniu chorób układu naczyniowego,

sercowego oraz chorób nowotworowych. Istnieją dane na temat zastosowania nanomateriałów w wytwarzaniu sztucznych organów oraz protez siatkówek. Prowadzone są badania nad zapewnieniem jak najlepszej adhezji nanocząstek do podłoża, aby ich liczba nie zmniejszała się w trakcie eksploatacji lub prania. Nanomateriały znalazły również zastosowanie w pokryciu narzędzi chirurgicznych w celu między innymi zmniejszenia inwazyjności operacji. Przykładowo, nacięcia wykonane skalpelem pokrytym manometryczną powłoką diamentu (DLC), (20-40 nm) są mniejsze i bardziej precyzyjne dzięki obniżeniu współczynnika tarcia. Ponadto, wysokie właściwości mechaniczne oraz obojętność chemiczna i biologiczna

Rys. 2.7. Marszruta rozwoju nanomateriałów i nanopokryć w sprzęcie medycznym



Źródło: opracowanie własne.

powłoki DLC zwiększają w istotny sposób żywotność narzędzia. Nanomateriały mogą również znaleźć zastosowanie w neurochirurgii. Stosowanie wewnętrznych i zewnętrznych cewników do drenażu płynu mózgowo-rdzeniowego może spowodować infekcje bakteryjne, które mogą rozprzestrzenić się do mózgu oraz opon mózgowych. Zastosowanie nanocząstek srebra jako dodatku do cewników może zapobiec zakażeniom i komplikacjom. Planowane są badania kliniczne mające potwierdzić wstępne testy. Dzięki nanotechnologii operacje chirurgiczne osiągnęły kolejny poziom precyzji.

Femtosekundowe lasery mogą zostać użyte do przeprowadzania zabiegów na pojedynczych komórkach lub chromosomach. Rozwój MEMS/NEMS (*micro/nano electromechanical systems*) może doprowadzić do opracowania nanourządzeń, które będą pomagały chirurgowi operować w nanoskali. Ma to na celu zmniejszenia inwazyjności zabiegów chirurgicznych. Przewidywana marszruta rozwoju nanomateriałów i nanopokryć w sprzęcie medycznym została przedstawiona na rys. 2.7.

Na podstawie analizy ankiety uzupełnionej przez wiodącego eksperta z zakresu rozwoju nanomateriałów i nanopokryć w sprzęcie medycznym można wywnioskować ogólne kierunki rozwoju w zakresie zasobów, sfery B+R, technologii oraz obszarów zastosowań.

Niezbędne kwalifikacje ludzkie potrzebne do rozwoju technologii priorytetowej będą ewoluowały od inżynierii materiałowej, biologii, medycyny w perspektywie 2012-2014 poprzez chemię i inżynierię chemiczną w perspektywie 2015-2017 do bionanotechnologii w perspektywie 2018-2020. Niezbędny przyrost nakładów finansowych we wszystkich trzech perspektywach czasowych został oszacowany przez eksperta na poziomie średnim czyli wynoszącym od 5 do 50 mln PLN. Niezbędne wyposażenie laboratorium rozwijającego daną technologię (zasoby rzeczowe) to reaktory, aparatura do testów biologicznych, aparatura do badań mechanicznych warstw, aparatura nanotrybologiczna, mikroskopy: skanningowy i sił atomowych, laserowe techniki nanoszenia warstw w perspektywie 2012-2014. W latach 2015-2017 niezbędne wyposażenie laboratorium będą tworzyły reaktory plazmowe oraz technologie laserowe, a w per-

spektywie 2018-2020 hybrydowe technologie nakładania warstw.

Kierunki badawcze w zakresie badań podstawowych niezbędne dla rozwoju nanomateriałów i nanopokryć w sprzęcie medycznym to procesy zarodkowania nanokryształów, zjawiska ich oddziaływania między sobą oraz innymi materiałami w perspektywie 2012-2014, oddziaływanie tkanek z warstwami (2015-2017) oraz mechanizmy resorpcji w perspektywie 2018-2020.

Do niezbędnych prac wdrożeniowych stymulujących rozwój omawianych nanotechnologii należą: pokrywanie złożonych profili, badania trwałości, rozwój norm i nanometrologii w perspektywie 2012-2014. W latach 2015-2017 będą one ewoluowały w kierunku zmniejszenia kosztów produkcji, nanocharakteryzacji i nanometrologii oraz nanotoksyczności. Z kolei w perspektywie 2018-2020 będą one koncentrowały się na pracach nad certyfikatami medycznymi.

Do niezbędnych kierunków rozwoju prac badawczych i aplikacyjnych wpierających rozwój nanomateriałów i nanopokryć w sprzęcie medycznym zalicza się mechanizmy wzrostu nanowarstw, mechanizmy ich degradacji, optymalizację adhezji, oddziaływanie z tkankami i komórkami w perspektywie 2012-2014. W latach 2015-2017 niezbędne kierunki rozwoju tychże prac winny koncentrować się na przedłużeniu trwałości implantów, a w latach 2018-2020 na implantach resorbowlanych.

Do niezbędnych komponentów technologii do rozwoju nanomateriałów i nanopokryć w sprzęcie medycznym należą technologie plazmowe, mikrofałe oraz laserowe w latach 2012-2014 oraz 2015-2017 i bionanotechnologie w latach 2018-2020.

Potencjalne obszary zastosowań nanomateriałów i nanopokryć w sprzęcie medycznym – zdaniem eksperta – będą ewaluowały również w kierunku innych obszarów badawczych, takich jak: ortopedia, przemysł maszynowy, przemysł drzewny oraz mechanika precyzyjna w latach 2012-2014; w latach 2015-17 potencjalny katalog zastosowań poszerzy się o medycynę regeneracyjną i transport. Z kolei, w latach 2018-2020 obszarem zastosowań nanomateriałów i nanopokryć w sprzęcie medycznym wydaje się być medycyna regeneracyjna.

2.4.2. Marszruta rozwoju nanotechnologii dla narzędzi tnących i przetwórstwa drewna

Nanotechnologie dla narzędzi tnących i przetwórstwa drewna zostały zewidencjonowane w projekcie jako T3, w obszarze badawczym przemysł drzewny, w kategorii nanotechnologie dla przetwórstwa i ochrony drewna. Nanotechnologia dla narzędzi tnących wykorzystywanych do obróbki drewna polega na wytworzeniu metodami z grupy metod PVD nanostrukturalnych powłok azotków wieloskładnikowych Ti-Al-N, Ti-Cr-Al-N oraz powłok wielowarstwowych Cr-N/Cr-C-N na narzędziach wykonanych ze stali szybkooschnącej i z węglików spiekanych. Narzędzia tnące powinny charakteryzować się następującymi cechami: wysoką twardością, która nie zmniejsza się podczas pracy w podwyższonych temperaturach, dobrą przewodnością cieplną, odpornością na utlenianie w podwyższonych temperaturach, odpornością na zmęczenie mechaniczne i cieplne. Wszystkie te wymagania spełniają narzędzia tnące pokryte powłokami o nanometrycznej strukturze. Mogą to być struktury:

- nanogradientowe, w których obserwuje się ciągłą zmianę składu chemicznego na szerokości warstwy;
- nanowarstwowe, o grubości około 3-10 nm każda;
- nanokompozytowe, na przykład nanokryształiczne ziarna (Al, Ti)N w amorficznej osnowie – Si_3N_4 .

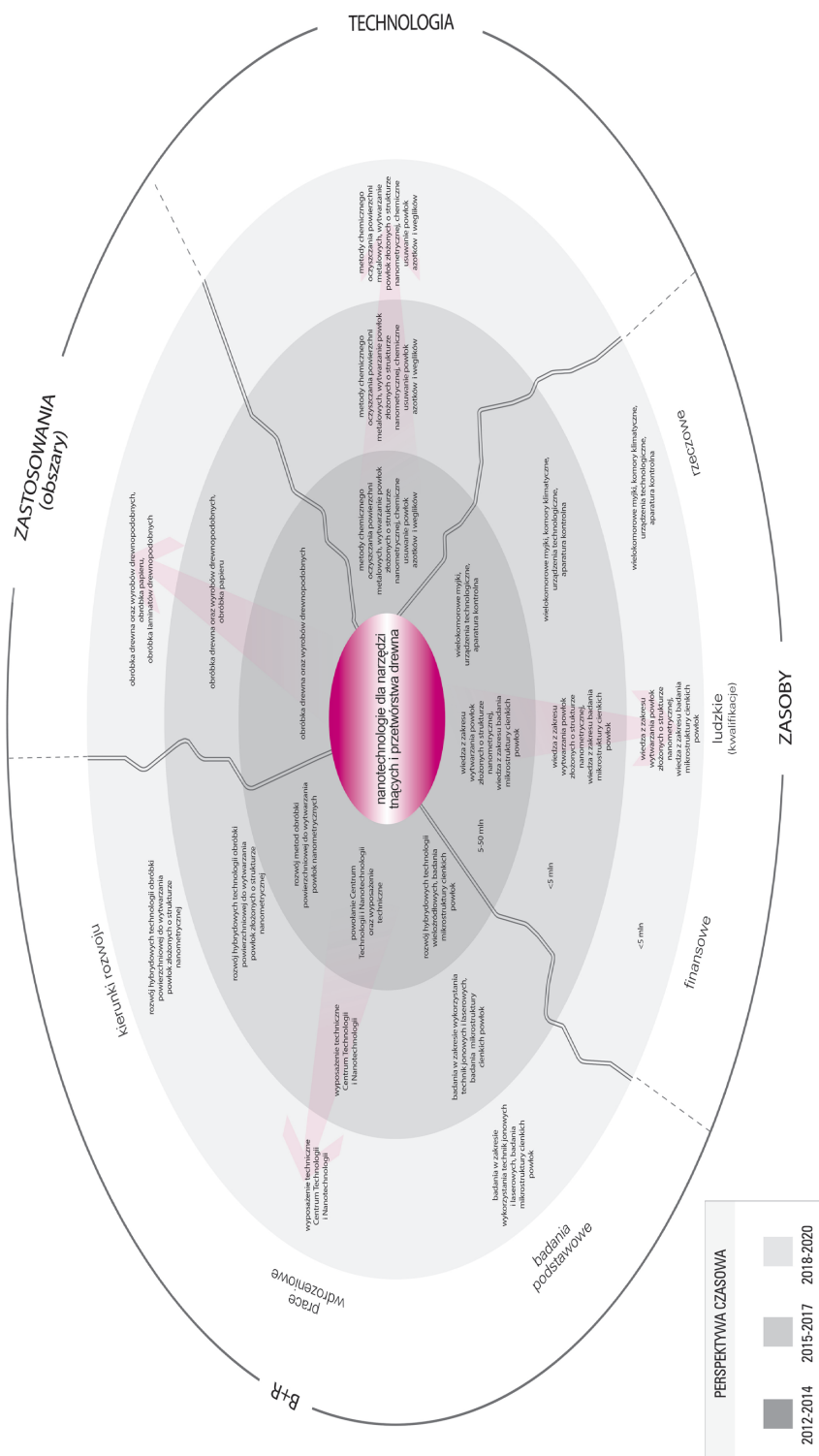
Takie powłoki dodatkowo skutecznie chronią narzędzie przed zużyciem ściernym, adhezją, czy powstawaniem mikropęknięć. Do ich wytwarzania stosuje się następujące metody: fizycznego osadzania z fazy gazowej PVD (*physical vapour deposition*) i chemicznego osadzania z fazy gazowej CVD (*chemical vapour deposition*). Powłoki o nanometrycznej strukturze pokrywające ostrza narzędzi tnących mogą wydłużyć ich czas życia nawet o 200-1200%. Marszruta rozwoju nanotechnologii dla narzędzi tnących i przetwórstwa drewna została przedstawiona na rys. 2.8.

Poniżej przedstawiono – na podstawie analizy ankiety uzupełnionej przez wiodącego eksperta z zakresu rozwoju *nanotechnologii dla narzędzi tnących i przetwórstwa drewna* – ogólne kierunki rozwoju w zakresie zasobów, sfery B+R, technologii oraz obszarów zastosowań.

Do niezbędnych kwalifikacji ludzkich do rozwoju omawianej grupy nanotechnologii priorytetowych we wszystkich trzech perspektywach czasowych należy wiedza z zakresu badania mikrostruktury cienkich powłok z wykorzystaniem metod: TEM, STEM, HRSEM oraz FIB. Ponadto, niezbędne są również kwalifikacje z zakresu wytwarzania powłok złożonych o strukturze manometrycznej z wykorzystaniem: (i) metody rozpylania magnetronowego oraz odparowania łukowego w latach 2012-2014 oraz (ii) hybrydowych, wieloźródłowych metod obróbki powierzchniowej w perspektywach czasowych 2015-2017 i 2018-2020. Niezbędny przyrost nakładów finansowych w latach 2012-2014 został oszacowany na poziomie średnim. Średnie nakłady finansowe w pierwszym okresie rozwoju technologii są związane z uruchomieniem specjalistycznego Centrum Technologicznego, które umożliwi efektywną realizację nanotechnologii dla narzędzi tnących wykorzystywanych do obróbki drewna, a także zapewni skuteczne jej aplikowanie w gospodarce. Niezbędny przyrost nakładów finansowych w dwóch kolejnych perspektywach czasowych został oszacowany na poziomie niskim.

Do niezbędnego wyposażenia laboratorium rozwijającego nanotechnologie dla przetwórstwa i ochrony drewna w latach 2012-2014 zalicza się: (i) wielokomorowe myjki z generatorami ultradźwięków, (ii) urządzenia technologiczne do realizacji procesów wytwarzania nanostrukturalnych powłok azotków wieloskładnikowych oraz powłok wielowarstwowych, (iii) aparaturę kontrolną do kontroli jakości wytwarzanych powłok, w tym: adhezji, grubości oraz chropowatości powierzchni. Katalog ten zostanie rozszerzony w kolejnych dwóch perspektywach czasowych, czyli 2015-2017, 2018-2020 o urządzenia technologiczne do realizacji procesów wytwarzania nanostrukturalnych powłok azotków wieloskładnikowych oraz powłok wielowarstwowych. Ponadto, metody obróbki powierzchniowej mogą być efektywnie rozwijane i wdrażane w specjalistycznym Centrum Technologicznym, dysponującym zarówno wymaganym sprzętem technologicznym, jak również dostępem do nowej wiedzy w tym zakresie. Centrum Technologiczne aspirujące do rozwijania opisywanej technologii w skali przemysłowej, oprócz wymienionego, niezbędnego oprzyrządowaniu, musi mieć również dostęp do opracowań

Rys. 2.8. Marszruta rozwoju nanotechnologii dla narzędzi tnących i przetwórstwa drewna



Źródło: opracowanie własne.

technologicznych umożliwiających realizację poszczególnych etapów w skali przemysłowej.

Do prac badawczych – w zakresie badań podstawowych – niezbędnych do rozwoju danej technologii we wszystkich trzech perspektywach czasowych należą badania mikrostruktury cienkich powłok z wykorzystaniem metod: TEM, STEM, HRSEM, FIB. Prace te powinny być uzupełnione w perspektywie 2012-2014 o badania nad rozwojem hybrydowych technologii wieloźródłowych do wytwarzania powłok złożonych o strukturze nanometrycznej, w tym wielowarstwowych i wieloskładnikowych na bazie azotków i węglików metali przejściowych, z kolei w dwóch kolejnych perspektywach czasowych o badania w zakresie wykorzystania technik jonowych i technik laserowych do modyfikowania granic fazowych pomiędzy warstwami składowymi powłok wielowarstwowych.

Do niezbędnych prac wdrożeniowych stymulujących rozwój omawianych nanotechnologii należy powołanie w latach 2012-2014 Centrum Technologii i Nanotechnologii w strukturze Podlaskiego Parku Technologicznego oraz doposażenie tej jednostki zgodnie z sugestiami zaprezentowanymi powyżej dla niezbędnego wyposażenia laboratorium.

Do niezbędnych kierunków rozwoju prac badawczych i aplikacyjnych wspierających rozwój nanotechnologii dla narzędzi tnących i przetwórstwa drewna w latach 2012-2014 zalicza się rozwój znanych metod obróbki powierzchniowej do wytwarzania powłok złożonych o strukturze nanometrycznej, w tym wielowarstwowych i wieloskładnikowych na bazie azotków i węglików metali przejściowych, które w dwóch kolejnych perspektywach czasowych, czyli 2015-2017 oraz 2018-2020 będą ewoluowały ku rozwojowi hybrydowych, wieloźródłowych technologii.

Do niezbędnych komponentów technologii stymulujących rozwój nanotechnologii dla przetwórstwa i ochrony drewna we wszystkich trzech perspektywach czasowych zalicza się: (i) metody chemicznego czyszczenia powierzchni metalowych; (ii) chemiczne usuwanie powłok azotków i węglików metali przejściowych z powierzchni elementów metalowych. Katalog tychże komponentów będzie wzbogacony w latach 2012-2014 o wytwarzanie powłok złożonych o strukturze nanometrycznej, w tym wielowarstwowych i wieloskładnikowych na bazie azotków i węglików

metali przejściowych, a w latach 2015-2017, 2018-2020 o wykorzystanie hybrydowych, wieloźródłowych technologii inżynierii powierzchni.

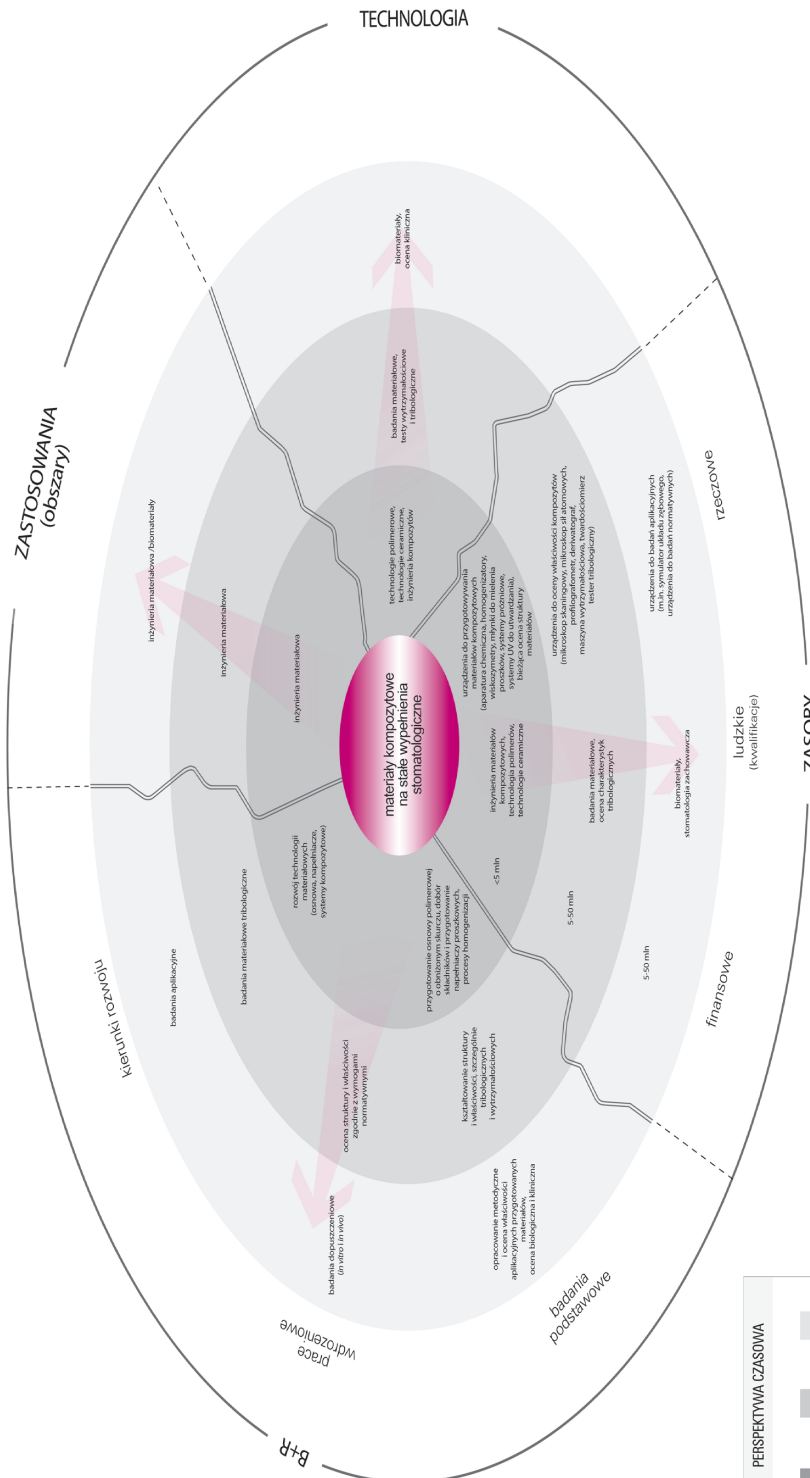
Potencjalne obszary zastosowań nanotechnologii dla przetwórstwa i ochrony drewna to obróbka drewna oraz wyrobów drewnopodobnych we wszystkich trzech perspektywach czasowych. Obszary zastosowań będą dodatkowo poszerzane o takie elementy, jak obróbka papieru w dwóch kolejnych perspektywach czasowych oraz o obróbkę laminatów drewnopodobnych w perspektywie 2018-2020.

2.4.3. Marszruta rozwoju materiałów kompozytowych na stałe wypełnienia stomatologiczne

Materiały kompozytowe na stałe wypełnienia stomatologiczne zostały zewidencjonowane w projekcie jako T17, w obszarze badawczym medycyna w kategorii nanokompozyty dla ortopedii i stomatologii. Na stałe wypełnienia stomatologiczne używa się materiałów kompozytowych na bazie polimerowej (modyfikowane żywice akrylowe) z napełniaczami proszkowymi, z udziałem nanoproszków, o obniżonym skurczu polimeryzacyjnym i znakomitych charakterystykach tribologicznych. Właściwości kompozytów można modyfikować wprowadzając do matrycy polimerowej nanocząstki, np. SiO_2 , SiN , SiC , hydroksyapatytu. Nanowypełniacz ma wpływ na właściwości użytkowe materiału stomatologicznego (polerowalność, utrzymanie połysku, ścieralność, konsystencję) i estetykę ostatecznych wypełnień (przezierność, połysk). Najczęściej wykorzystywanym nanonapełniaczem jest nanokrzemionka. Wpływa ona na obniżenie współczynnika tarcia i zużycie materiału oraz przyczynia się do zmniejszenia naprężeń powstających podczas polimeryzacji. Ponadto, w przypadku nanocząstek SiO_2 modyfikowanych srebrem zaobserwowano właściwości bakteriobójcze. Takie nanoproszki mogą być składnikiem antybakteryjnym osnowy polimerowej nowoczesnych kompozytów do zastosowań stomatologicznych.

Metodą stwarzającą wiele możliwości syntezy nanomateriałów krzemionkowych, w tym także funkcjonalizowanych i domieszkowanych atomami metali jest metoda zol-żel. Dzięki specyfice tej metody zmieniając warunki reakcji, np. stosunek molowy reagentów lub

Rys. 2.9. Marszruta rozwoju materiałów kompozytowych na stałe wypełnienia stomatologiczne



Źródło: opracowanie własne.

wartość pH mieszaniny reakcyjnej, można otrzymać nanoproszki krzemionkowe (od bezpostaciowego kserożelu lub aerożelu poprzez materiały powłokowe i włókna do monodispersyjnych nanosfer), w sposób istotny różniące się strukturą i właściwościami fizycznymi. Przewidywana marszruta rozwoju materiałów kompozytowych na stałe wypełnienia stomatologiczne została przedstawiona na rys. 2.9.

Na podstawie analizy ankiety uzupełniającej przez wiodącego eksperta z zakresu materiałów kompozytowych na stałe wypełnienia stomatologiczne można przewidywać ogólne kierunki rozwoju w zakresie zasobów, sfery B+R, technologii oraz obszarów zastosowań.

Do rozwoju technologii priorytetowej w perspektywie 2012-2014 będą niezbędnymi specjalistami w następujących dziedzinach: inżynieria materiałów kompozytowych, technologia polimerów, technologie ceramiczne. Ich kompetencje będą ewoluowały poprzez umiejętności prowadzenia badań materiałowych oraz oceny charakterystyk tribologicznych w perspektywie 2015-2017 ku kwalifikacjom z zakresu znajomości biomateriałów oraz stomatologii zachowawczej.

Niezbędny przyrost nakładów finansowych w pierwszej perspektywie czasowej, czyli 2012-2014, jest szacowany na niski, mniejszy od 5 mln PLN, z kolei w dwóch kolejnych perspektywach na średni, czyli wynoszący od 5 do 50 mln PLN.

Do niezbędnego wyposażenia laboratorium (zasoby rzeczowe) rozwijającego materiały kompozytowe na stałe wypełnienia stomatologiczne w latach 2012-2014 będą należały urządzenia do przygotowywania materiałów kompozytowych (aparatura chemiczna, homogenizatory, wiskozymetry, młynki do mielenia proszków, systemy próżniowe, systemy UV do utwardzania), urządzenia do bieżącej oceny struktury materiałów np. analizatory nanostruktur. W perspektywie czasowej 2015-2017 w skład laboratorium powinny wchodzić urządzenia do oceny właściwości kompozytów (mikroskop skaningowy, mikroskop sił atomowych, profilografometr, maszyna wytrzymałościowa, twardościomierz oraz tester tribologiczny). Z kolei, w skład zasobów rzeczowych laboratorium w latach 2018-2020 powinny wchodzić urządzenia do badań aplikacyjnych (między innymi stymulator układu

zębowego) oraz urządzenia do badań normatywnych.

W zakresie badań podstawowych niezbędnych do rozwoju materiałów kompozytowych na stałe wypełnienia stomatologiczne w latach 2012-2014 trzeba będzie prowadzić następujące prace badawczo-rozwojowe: przygotowanie osnowy polimerowej o obniżonym skurczu, dobór składników i przygotowanie napełniaczy proszkowych oraz prace nad procesami homogenizacji. W latach 2015-2017 prace te będą ogniskowały się na kształtowaniu struktury i właściwości, szczególnie tribologicznych i wytrzymałościowych. Z kolei prace w latach 2018-2020 będą ogniskowały się wokół opracowań metodycznych i oceny właściwości aplikacyjnych przygotowanych materiałów, szczególnie w kontekście oceny biologicznej oraz klinicznej.

Niezbędne prace wdrożeniowe stymulujące rozwój omawianych nanotechnologii zostały wskazane przez eksperta w dwóch perspektywach czasowych: 2015-2017 oraz 2018-2020 i będą koncentrowały się wokół oceny struktury właściwości, zgodnie z wymaganiami normatywnymi (2015-2017) oraz wokół badań dopuszczeniowych (*in vitro*, *in vivo*), (2018-2020).

Jako niezbędne kierunki rozwoju prac badawczych i aplikacyjnych wpierające rozwój materiałów kompozytowych na stałe wypełnienia stomatologiczne uznano rozwój technologii materiałowych (osnowa, napełniacze, systemy kompozytowe) w latach 2012-2014, z kolei w dwóch kolejnych perspektywach odpowiednio badania materiałowe i tribologiczne (2015-2017) oraz badania aplikacyjne (2018-2020).

Do niezbędnych komponentów technologii do rozwoju materiałów kompozytowych na stałe wypełnienia stomatologiczne w sprzęcie medycznym zaliczono technologie polimerowe, technologie ceramiczne, inżynieria kompozytów w latach 2012-2014, badania materiałowe, testy wytrzymałościowe i tribologiczne w latach 2015-2017 oraz biomateriały i ocenę kliniczną w latach 2018-2020.

Obszary potencjalnych zastosowań materiałów kompozytowych na stałe wypełnienia stomatologiczne we wszystkich trzech perspektywach czasowych tworzą: inżynieria materiałowa, a w perspektywie 2018-2020 dodatkowo jeszcze biomateriały.

2.4.4. Marszruta rozwoju nanotechnologii warstw wierzchnich do zastosowań biomedycznych

Nanotechnologie warstw wierzchnich do zastosowań biomedycznych zostały zewidencjonowane w projekcie jako T21, w obszarze badawczym medycyna, w kategorii nanowarstwy dla medycyny. Obejmują one względnie szeroki wachlarz technologii obróbek powierzchniowych, których celem jest poprawa biogodności i innych cech funkcjonalnych implantów. W tym celu wytwarza się warstwy tlenkowe, diamentowe (DLC), azotowane, węgloazotowane, tlenowęgloazotowane, hydroksyapatytowe, polimerowe, kompozytowe i inne.

Do wykorzystywanych technologii w szczególności należy zaliczyć:

- anodowanie w celu wytworzenia nanoporowatych warstw tlenkowych;
- metody PVD i CVD w różnych odmianach, np. rozpylanie jonowe, magnetronowe, Plasma-Assisted PVD (PAPVD), Plasma Assisted CVD (PACVD) z użyciem różnych pól fizycznych: mikrofal (MWCVD), fal radiowych (RFCVD);
- metody hybrydowe, np. warstwa dyfuzyjna/powłoka PVD, warstwa azotowana/powłoka PAPVD, warstwa nawęglana/powłoka PVD, metoda hybrydowa PLD/magnetronowa.

Przewidywaną marszrutę rozwoju nanotechnologii warstw wierzchnich do zastosowań biomedycznych przedstawiono na rys. 2.10.

Jako niezbędne, kwalifikacje ludzkie do rozwoju technologii w okresie początkowym, a więc w latach 2012-2014, uznano umiejętności inżynierskie w zakresie projektowania i wytwarzania aparatury badawczej oraz wiedza z zakresu kształtowania warstw wierzchnich. W kolejnych latach (2015-2017) wskazano umiejętności badania i interpretowania wyników badań właściwości mechanicznych w powiązaniu z parametrami procesu technologicznego, a w perspektywie lat 2018-2020 niezbędne będą umiejętności obrazowania struktury i topografii warstw oraz powiązania cech strukturalnych z parametrami procesu technologicznego i właściwościami warstw. Z kolei nakłady finansowe, jakie uznano za niezbędne to w latach 2012-2014 kwota poniżej 5 mln PLN, co określono jako niski przyrost, a w kolejnych perspektywach czasowych to już nakłady na poziomie średnim, a więc rzędu od 5

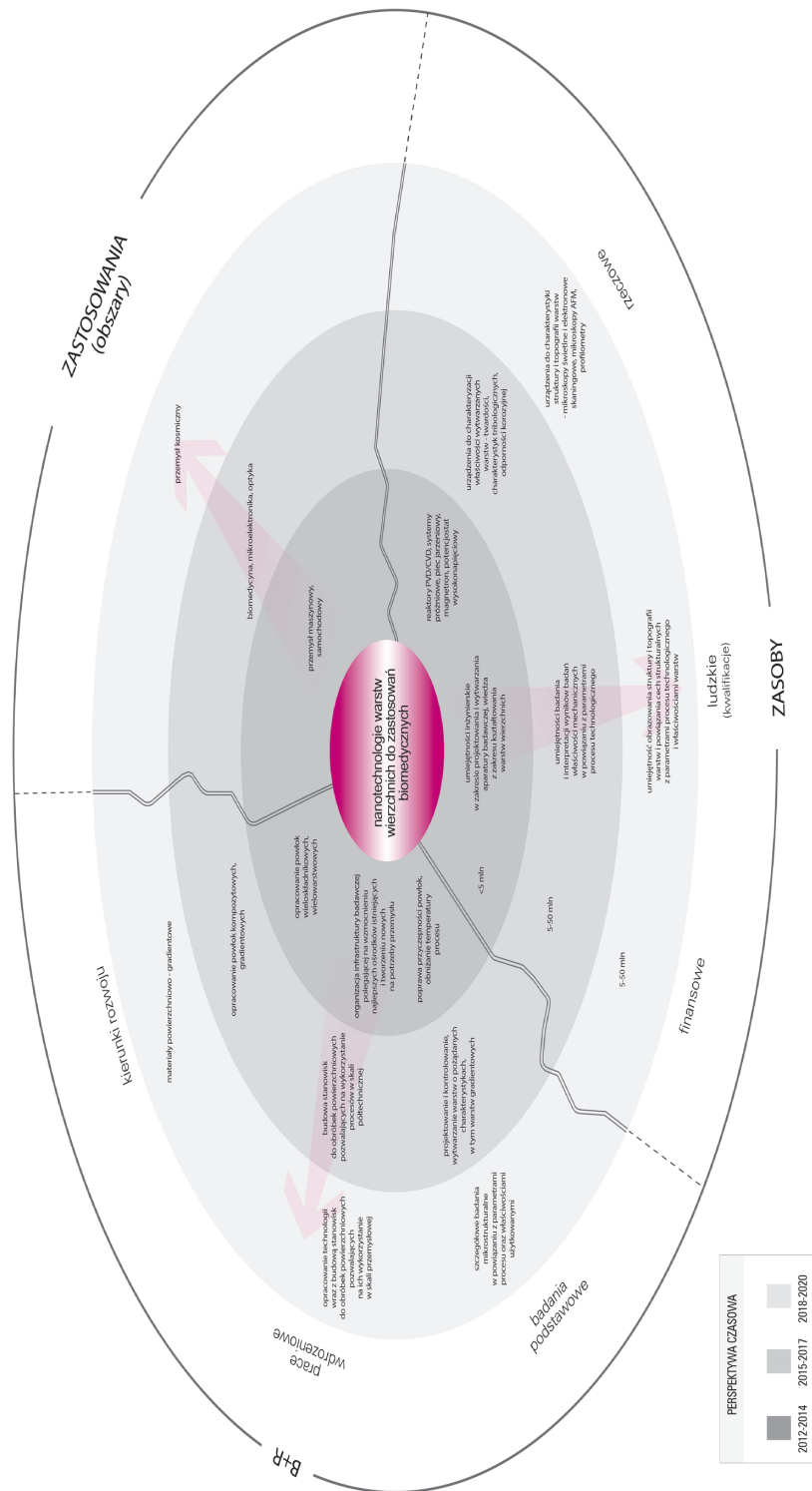
do 50 mln PLN. Ostatnią kwestią, jaka poruszono w ankiecie w kontekście warstwy zasobów było niezbędne wyposażenie laboratorium rozwijającego daną technologię, stanowiące zasoby rzeczowe umieszczone na marszrucie rozwoju technologii. W najbliższych latach (2012-2014) laboratorium takie powinno być wyposażone w reaktory PVD/CVD, systemy próżniowe, piec jarzeniowy, magnetron oraz potencjostat wysokonapięciowy. W kolejnych latach (2015-2017) niezbędne będą urządzenia do charakteryzacji właściwości wytwarzanych warstw – twardości, charakterystyk tribologicznych, czy odporności korozyjnej. W ostatnim analizowanym okresie (2018-2020) w laboratoriach rozwijających technologię powinny znaleźć się urządzenia do charakterystyki struktury i topografii warstw, a więc mikroskopy świetlne i elektronowe skaningowe, mikroskopy AFM oraz profilometry.

Analizując uzyskane dane w sferze B+R dotyczące niezbędnych prac badawczych prowadzonych w zakresie badań podstawowych odczytać można, iż w pierwszej kolejności uwaga powinna skupiać się na kwestiach poprawy przyczepności powłok oraz obniżania temperatury procesu (lata 2012-2014); z kolei w perspektywie obejmującej lata 2015-2017 za najistotniejsze prace uznano projektowanie i kontrolowane wytwarzanie warstw o pożądanych charakterystykach, w tym warstw gradientowych. Wskazano także, że w okresie 2018-2020 należy szczególnie nacisk położyć na szczegółowe badania mikrostrukturalne w powiązaniu z parametrami procesu oraz właściwościami użytkowymi.

Do prac wdrożeniowych niezbędnych w kontekście rozwoju nanotechnologii warstw wierzchnich do zastosowań biomedycznych zaliczono, wedle oceny eksperckiej, organizację infrastruktury badawczej, polegającą na wzmocnieniu najlepszych ośrodków istniejących i tworzeniu nowych na potrzeby przemysłu (2012-2014), budowę stanowisk do obróbek powierzchniowych pozwalających na wykonywanie procesów w skali półtechnicznej (2015-2017) oraz opracowanie technologii wraz z budową stanowisk do obróbek powierzchniowych pozwalających na ich wykorzystanie w skali przemysłowej (2018-2020).

Niezbędne kierunki rozwoju prac badawczych i aplikacyjnych wskazane jako stymulanty rozwoju opisywanych nanotechnologii w latach 2012-2014 stanowią opracowanie powłok

Rys. 2.10. Marszruta rozwoju nanotechnologii warstw wierzchnich do zastosowań biomedycznych



Źródło: opracowanie własne.

wieloskładnikowych, wielowarstwowych, w perspektywie 2015-2017 – opracowanie powłok kompozytowych, gradientowych oraz w okresie 2018-2020 prace nad materiałami powierzchniowo-gradientowymi.

Technologie te były również jedynymi, gdzie nie wskazano rozwoju w czasie komponentów technologii. Ekspert uzupełniający ankietę odnotował równocześnie, że w przypadku opisywanych nanotechnologii takich komponentów nie można wskazać, stąd też warstwa ta pozostała nieuzupełniona na marszrucie rozwoju.

Potencjalne obszary zastosowań, w jakich mogą być wykorzystane nanotechnologie warstw powierzchniowych obecnie do zastosowań biomedycznych, w perspektywie 2012-2014 stanowią przemysł maszynowy i samochodowy oraz biomedycyna, mikroelektronika i optyka w latach 2015-2017. Z kolei w perspektywie najodleglejszej, obejmującej lata 2018-2020, wskazano przemysł kosmiczny.

2.4.5. Marszruta rozwoju nanotechnologii związanych z tkaninami specjalnymi

Nanotechnologie związane z tkaninami specjalnymi, np. materiały opatrunkowe należą do technologii zaewidencjonowanych w projekcie jako T24. Sklasyfikowano ją w obszarze przemysłu odzieżowego, w kategorii nanowłókien (z nanostruktury powierzchniowej lub objętościowej) dla przemysłu tekstylnego. Technologie te dotyczą wytwarzania z wykorzystaniem metody elektrospiningu tkanin oraz membran z modyfikowanych mikrowłókien i nanowłókien polimerowych. Elektrospining to obecnie najskuteczniejsza metoda wytwarzania nanowłókien polimerowych. Polega ona na przędzeniu włókien w polu elektrostatycznym z roztworu polimeru w rozpuszczalniku. Odpowiednio dobierając parametry procesu oraz kompozycje polier/rozpuszczalnik, możliwe jest wytwarzanie włókien poniżej 100 nm średnicy o różnej morfologii powierzchni (np. włókien porowatych). Sterując parametrami procesu można otrzymywać tkaniny o różnej gęstości włókien, jak również tkaniny składające się z warstw o różnej średnicy, morfologii i gęstości – czyli o różnych właściwościach. W procesie elektroprzędzenia jest możliwe modyfikowanie wytwarzanych włókien różnego rodzaju nanocząstkami, co ma na celu

otrzymanie nowych właściwości. Produkowane tkaniny w zależności od potrzeb oraz rodzaju zastosowanego polimeru, średnicy włókien, ich morfologii oraz modyfikacji mogą mieć właściwości bakteriobójcze, antyodorowe, hydrofobowe lub hydrofilowe bądź właściwości wspomagające leczenie. Tkaniny membrany produkowane z nanowłókien pozwalają na wytwarzanie odzieży wodoodpornej, z jednoczesnym zapewnieniem wymiany powietrza.

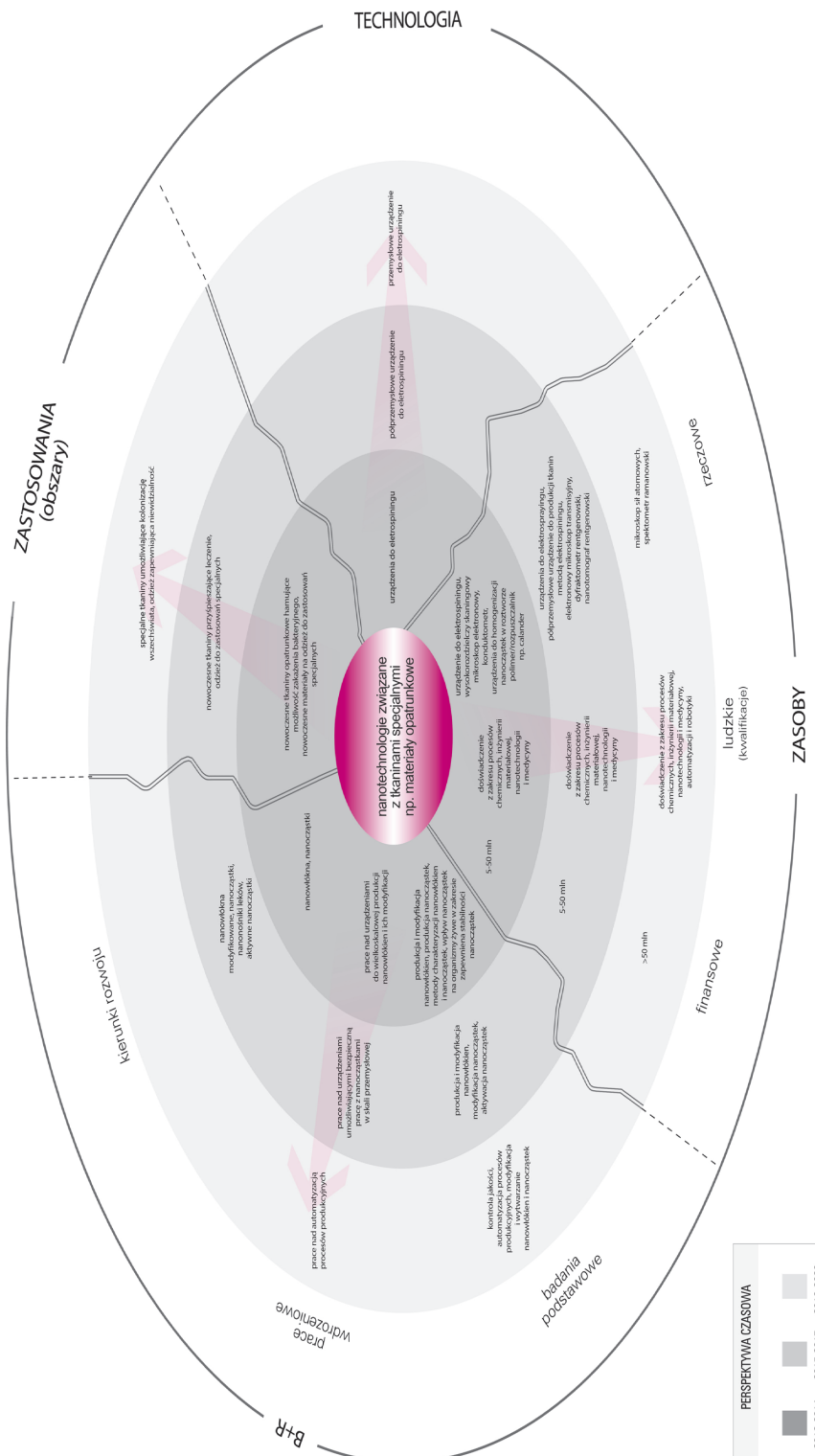
Przewidywaną marszrutę rozwoju nanotechnologii związanych z tkaninami specjalnymi przedstawiono na rys. 2.11.

Ogólne kierunki rozwoju nanotechnologii związanych z tkaninami specjalnymi naniesiono na marszrutę rozwoju na podstawie ankiety uzupełnionej przed wiodącego eksperta. Analogicznie, jak w wypadku większości pozostałych nanotechnologii priorytetowych, zidentyfikowano tu sfery zasobów, B+R, technologii oraz obszarów zastosowań.

W aspekcie kwalifikacji niezbędnych dla rozwoju opisywanych nanotechnologii wskazano doświadczenia w dziedzinie procesów chemicznych, inżynierii materiałowej, nanotechnologii i medycyny w każdej z trzech przyjętych perspektyw czasowych. W ostatniej, obejmującej lata 2018-2020, podkreślono również doświadczenia w dziedzinie automatyki i robotyki. Niezbędny przyrost nakładów finansowych to w latach 2012-2014 oraz 2015-2017 kwota pomiędzy 5 a 50 mln PLN (średni przyrost), z kolei w okresie 2018-2020 to nakłady rzędu powyżej 50 mln PLN (wysoki przyrost). Do zasobów rzeczowych, czyli niezbędnego wyposażenia laboratorium rozwijającego daną technologię, wedle wskazań eksperta w latach 2012-2014 należą: laboratoryjne urządzenie do elektrospiningu, wysokorozdzielczy skaningowy mikroskop elektronowy, konduktometr oraz urządzenie do homogenizacji nanocząstek w roztworze polimer/rozpuszczalnik, np. calander. Z kolei w latach 2015-2017 na wyposażeniu takiego laboratorium powinno się znaleźć urządzenie do elektrospiningu, półprzemysłowe urządzenie do produkcji tkanin metodą elektrospiningu, elektronowy mikroskop transmisyjny, dyfraktometr rentgenowski oraz nanotomograf rentgenowski. W latach 2018-2020 będą również ważne: mikroskop sił atomowych oraz spektrometr ramanowski.

Kierunki badawcze w zakresie badań podstawowych w latach 2012-2014 powinny sku-

Rys. 2.11. Marszruta rozwoju nanotechnologii związanych z tkaninami specjalnymi



Źródło: opracowanie własne.

piąć się wokół zagadnień produkcji i modyfikacji nanowłókien, produkcji nanocząstek, metod charakteryzacji nanowłókien i nanocząstek, wpływu nanocząstek na organizmy żywe w zakresie zapewnienia stabilności nanocząstek. Lata kolejne (2015-2017) powinny przynieść zainteresowanie w zakresie produkcji i modyfikacji nanowłókien oraz nanocząstek, a także aktywacji nanocząstek. Z kolei w latach 2018-2020 ekspert wiodący wskazał, że istotnymi kierunkami badań podstawowych będą badania z obszaru kontroli jakości, automatyzacji procesów produkcyjnych, a także nowych nieznanych obecnie procesów modyfikacji i wytwarzania nanowłókien i nanocząstek.

Do niezbędnych prac wdrożeniowych, jakie wpływają na rozwój nanotechnologii związanych z tkaninami specjalnymi zalicza się prace nad urządzeniami do wielkoskalowej produkcji nanowłókien i ich modyfikacji (2012-2014), prace nad urządzeniami umożliwiającymi bezpieczną pracę z nanocząstkami w skali przemysłowej (2015-2017) oraz prace nad automatyzacją procesów produkcyjnych (2018-2020).

Z kolei prace badawcze i aplikacyjne, stanowiące ostatni z obszarów sfery B+R powinny ewoluować od nanowłókien i nanocząstek w latach 2012-2014, poprzez nanowłókna, modyfikowane nanocząstki, nanonośniki leków i aktywne nanocząstki w okresie 2015-2017. W latach 2018-2020 ekspert nie wskazał kierunków rozwoju prac badawczych i aplikacyjnych.

Komponenty technologii, jakie uznano za niezbędne do rozwoju opisywanych nanotechnologii objęły urządzenie do elektrospinningu (2012-2014), następnie urządzenie to w wersji półprzemysłowej (2015-2017) oraz przemysłowej (2018-2020).

Wskazano również obszary potencjalnych zastosowań. Będą to w latach 2012-2014 nowoczesne tkaniny opatrunkowe hamujące możliwość zakażenia bakteryjnego oraz nowoczesne materiały do produkcji odzieży do zastosowań specjalnych, w kolejnym okresie – 2015-2017 – nowoczesne tkaniny przyspieszające leczenie i odzież do zastosowań specjalnych. W latach 2018-2020 sformułowano tak śmiało hipotezy zastosowań, jak: specjalne tkaniny umożliwiające „kolonizację wszechświata” oraz odzież zapewniającą niewidzialność.

2.4.6. Marszruta rozwoju technologii proszkowych do wykorzystania w przetwórstwie tworzyw sztucznych, kompozycji farb i lakierów

Kolejną z analizowanych technologii były *technologie proszkowe do wykorzystania w przetwórstwie tworzyw sztucznych, kompozycji, farb i lakierów* (T31). Umiejscowiono ją w obszarze budownictwo i konstrukcje, w kategorii nanokompozyty polimerowe.

Malowanie farbami proszkowymi polega na nakładaniu farby proszkowej o wielkości cząstek 10-100 µm na powłokę najczęściej metalową, techniką natrysku elektrostatycznego, co pozwala na uzyskanie powłoki do grubości 180 µm. Podawanie farby jest wspomagane sprężonym powietrzem, które dodatkowo wykorzystuje się do upłynnienia proszku. Podczas procesu farba nabiera cech materiału ciekłego, gdzie zawiesina proszku w powietrzu staje się mieszaniną łatwą do nałożenia. Naelektryzowane cząstki farby proszkowej przylegają równomiernie do powierzchni pokrywianego przedmiotu. Następnie farba jest utwardzana w temperaturze od 180 do 200°C lub promieniami UV.

Przewidywana marszruta rozwoju technologii proszkowych do wykorzystania w przetwórstwie tworzyw sztucznych, kompozycji, farb i lakierów została przedstawiona na rys. 2.12.

W warstwie zasobów, w obszarze zasobów ludzkich odniesiono się do niezbędnych w aspekcie rozwoju opisywanej technologii kwalifikacji. Wskazano na chemików o specjalnościach takich, jak technologia polimerów i chemia nieorganiczna oraz specjalistów z dziedziny inżynierii materiałowej, mechaników i personel techniczny w każdej z trzech perspektyw czasowych.

Niezbędne nakłady finansowe stanowiące warstwę zasobów finansowych określono na poziomie niskiego przyrostu, a więc poniżej 5 mln PLN, również w każdej perspektywie czasowej.

Wyposażenie laboratorium, stanowiące warstwę zasobów rzeczowych niezbędnych dla rozwoju technologii w latach 2012-2014 stanowi pistolet natryskowy, kabina natryskowa, piec, sprężarka, wyciąg, sterownik regulacji

napięcia, wagi oraz suszarki. Z kolei w latach 2014-2017 wyposażenie to powinno zostać wzbogacone o kolorymetr, połyskomierz, analizator wielkości cząstek oraz viskozymetr, a w okresie 2018-2020 o mikroskop do analizy powierzchni. Ekspert wskazał również, że w przypadku badań zaawansowanych laboratoria powinny być zaopatrzone w piknometr helowy, wahadło Koniga, *scratch-tester* oraz komory z lampami UV.

Poddając analizie dane uzyskane w aspekcie sfery B+R dotyczące niezbędnych prac badawczych prowadzonych w zakresie badań podstawowych można wyróżnić tu w pierwszej kolejności (w latach 2012-2014) badania i przygotowanie powierzchni, badania nad opracowaniem nowych farb o różnym składzie chemicznym, badania nad wpływem ilości i rodzaju nanowypełniaczy na właściwości farb oraz badania stabilności farb i lakierów. W kolejnym okresie (2015-2017) wyszczególniono ponownie badania i przygotowanie powierzchni, badania stabilności farb i lakierów, ale także wpływ budowy chemicznej, kształtu i wielkości nanocząstek na właściwości farb, lakierów i powłok i wpływ światła UV na utwardzanie powłok. W ostatnim z analizowanych przedziałów czasowych, obejmującym lata 2018-2020, wymieniany wcześniej zakres badań poszerzono o prace badawcze nad optymalizacją technologii. Eksperta w ogólnym kontekście wyeksponował fakt, iż obecnie stosowana jest stosunkowo wąska gama farb proszkowych czyli farby epoksydowe, poliestrowe, epoksydowo-poliestrowe, poliuretanowe oraz silikonowe o szerokiej gamie kolorów i różnorodnej strukturze powierzchni. Kolejne prace powinny skupiać się na opracowywaniu nowych kompozytów polimerowych zawierających nanomodyfikatory (np. SiO_2 , TiO_2). Szczególnie interesującym wydaje się zintensyfikowanie prac nad dodatkiem nano- TiO_2 ze względu na jego właściwości fotokatalityczne i możliwości otrzymywania powłok samoczyszczących.

Z kolei prace wdrożeniowe niezbędne dla rozwoju technologii powinny ewoluować od farb i lakierów zawierających nanoproszki polimerowe i nanocząstki nieorganiczne w latach 2012-2014, poprzez farby i lakiery zawierające nano- TiO_2 i inne nanomodyfikatory w latach 2015-2017, aż do innych produktów powstałych w wyniku przeprowadzonych wcześniej prac w okresie 2018-2020.

Wskazane zostały także niezbędne kierunki rozwoju prac badawczych i aplikacyjnych stymulujące rozwój technologii proszkowych do wykorzystania w przetwórstwie tworzyw sztucznych, kompozycji, farb i lakierów. Wyróżniono tu przygotowanie powierzchni metali, ceramiki i tworzyw sztucznych w zakresie badań wstępnych i optymalizacyjnych (lata 2012-2014), badań aplikacyjnych wdrożeniowych (lata 2015-2017) oraz ponownie badań aplikacyjnych i wdrożeniowych oraz nowych badań (lata 2018-2020). Ponadto w okresie 2012-2014 trzeba poszukiwać nowych farb. Zwrócono również uwagę, iż obecnie lakierowanie proszkowe stosowane jest głównie do pokrywania elementów metalowych, a w przypadku tworzyw sztucznych i ceramiki nie jest stosowane na tak dużą skalę.

Komponenty technologii proszkowych w kompozycjach farb i lakierów zależą od materiału, na jakim mają być zastosowane. W wypadku lakierowania proszkowego stali ocynkowanej można wyróżnić następujące etapy technologiczne: odtłuszczanie – fosforanowanie cynkowe – odgazowywanie – lakierowanie proszkowe – utwardzanie – kontrola jakości. Nieco inaczej technologia wygląda w przypadku aluminium: obróbka ścierna – odtłuszczanie i trawienie – płukanie wstępne – płukanie – pasywacja – płukanie – płukanie w wodzie demineralizowanej – suszenie – lakierowanie – utwardzanie – kontrola jakości. W tym kontekście wskazano, iż w latach 2012-2014 niezbędnymi dla rozwoju technologii komponentami będą fosforanowanie, odtłuszczanie, lakierowanie-malowanie oraz utwardzanie, a w latach 2015-2017 oraz 2018-2020 to dwie ostatnie z wymienionych, a więc lakierowanie-malowanie oraz utwardzanie.

Technologie proszkowe są i będą coraz szerzej stosowane. Jednym z ważniejszych aspektów ich stosowania jest aspekt ekologiczny. Farby proszkowe są bezpieczne dla ludzi i środowiska i posiadają atesty pozwalające na kontakt z żywnością i wodą pitną. Podczas malowania nie wykorzystuje się szkodliwych rozpuszczalników. Farbę nanosi się jednokrotnie, a grubość uzyskanej warstwy jest porównywalna z trzema warstwami farby rozpuszczalnikowej. W procesie utwardzania powłoki również nie występuje emisja szkodliwych substancji do atmosfery. Za potencjalne obszary zastosowań przyjęto w latach 2012-2014 zastosowanie technologii proszkowych do lakierowania

elementów drobnej architektury, karoserii samochodowej, artykułów sportowych, rehabilitacyjnych oraz obudów sprzętów elektromechanicznych i elektronicznych. W latach 2015-2017 powinien nastąpić wzrost zainteresowania wykorzystaniem opisywanych technologii w dotychczasowych obszarach, ze względu na wspomniane walory ekologiczne. W okresie 2018-2020 technologie te mogą zostać dostosowane do obróbki nowych detali o bardziej zróżnicowanych kształtach.

2.4.7. Marszruta rozwoju technologii nanostrukturyzacji metali i stopów lekkich w szczególności opartych na metodach dużego odkształcenia plastycznego

Technologie nanostrukturyzacji metali i stopów lekkich zostały zewidencjonowane w projekcie jako T38 w obszarze przemysł maszynowy i transport, w kategorii nanometale konstrukcyjne. Metody dużego odkształcenia plastycznego (*Severe Plastic Deformation* – SPD) opierają się na koncepcji przekształcenia mikrometrycznej struktury ziarnistej konwencjonalnych materiałów metalicznych w strukturę nanometryczną przez reorganizację struktury dyslokacyjnej tworzącej się w wyniku odkształcenia plastycznego. Dla małych wartości odkształcenia defekty generowane w materiale, głównie dyslokacje, są rozmieszczone przypadkowo. Po przekroczeniu pewnego krytycznego odkształcenia ulegają one przegrupowaniu, tworząc ściany dyslokacyjne, komórki oraz pasma ścinania. Wraz ze wzrostem wartości odkształcenia zmniejszają się odległości pomiędzy granicami ziaren, a w efekcie powstaje struktura złożona z ziaren o nanometrycznych wielkościach i dużych kątach dezorientacji granic ziaren. Rozdrobnienie ziarna do rozmiarów nanometrycznych wpływa na właściwości mechaniczne metalu, a zwłaszcza jego wytrzymałość. Zgodnie z zależnością Halla-Petcha, można spodziewać się znacznego wzrostu wytrzymałości materiału wraz ze zmniejszaniem się średniej średnicy ziaren. Przewidywaną marszrutę rozwoju technologii nanostrukturyzacji metali i stopów lekkich przedstawiono na rys. 2.13.

Na podstawie analizy ankiety uzupełnionej przez wiodącego eksperta z zakresu technologii nanostrukturyzacji metali i stopów

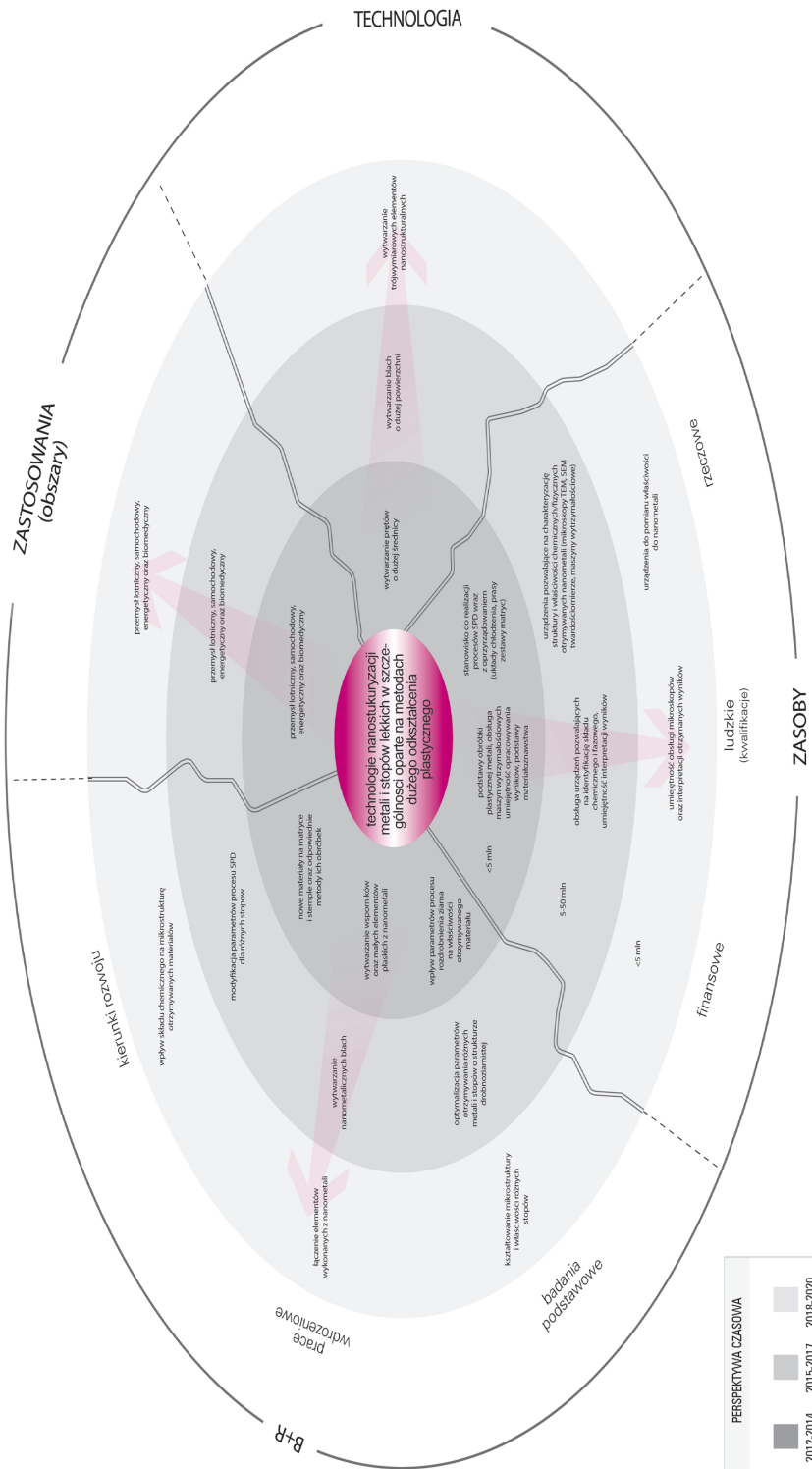
lekkich można wywnioskować ogólne kierunki rozwoju w zakresie zasobów, sfery B+R, technologii oraz obszarów jej zastosowań.

Do kwalifikacji ludzkich niezbędnych do rozwoju technologii priorytetowej w latach 2012-2014 należy znajomość podstaw w zakresie obróbki plastycznej metali i obsługi maszyn wytrzymałościowych oraz znajomość podstaw materiałoznawstwa. W perspektywie 2015-2017 do niezbędnych kwalifikacji koniecznych do rozwoju tej grupy technologii należy zaliczyć umiejętność obsługi urządzeń pozwalających na identyfikację składu chemicznego i fazowego, a w latach 2018-2020 umiejętność obsługi mikroskopów oraz interpretacji otrzymanych wyników. Niezbędny przyrost nakładów finansowych na rozwój technologii został oszacowany przez eksperta na poziomie niskim w latach 2012-2014 oraz 2018-2020 oraz średnim w perspektywie czasowej 2015-2017. Niezbędne wyposażenie laboratorium rozwijającego technologie (zasoby rzeczowe) w latach 2012-2014 stanowi stanowisko/a do realizacji procesu/ów SPD wraz z oprzyrządowaniem (układy chłodzenia, prasy, zestawy matryc). W perspektywie 2015-2017 w skład takiego laboratorium powinny wchodzić urządzenia pozwalające na charakterystykę struktury i właściwości chemicznych/fizycznych otrzymywanych nanometali (mikroskopy TEM, SEM, twardościomierze, maszyny wytrzymałościowe). Z kolei niezbędne wyposażenie laboratorium w latach 2018-2020 stanowi urządzenia do pomiaru właściwości nanometali.

Prace badawczo-rozwojowe – w zakresie badań podstawowych – niezbędne do rozwoju technologii nanostrukturyzacji metali i stopów lekkich stanowią w latach 2012-2014 badania nad wpływem parametrów procesu rozdrobnienia ziarna na właściwości otrzymywanego materiału. W latach 2015-2017 kierunek tychże prac może dotyczyć optymalizacji parametrów otrzymywania różnych metali i stopów o strukturze drobnoziarnistej, a w perspektywie 2018-2020 kształtowania mikrostruktury i właściwości różnych stopów.

Kierunki prac badawczych i aplikacyjnych niezbędne dla rozwoju technologii w latach 2012-2014 dotyczą nowych materiałów na matryce i stemple, odpowiednich metod ich obróbek (cieplna, mechaniczna, wykańczająca) oraz modelowania komputerowego procesów SPD. Prace te w latach 2015-2017 będą ogniskowały się wokół modyfikacji parametrów

Rys. 2.13. Marszruta rozwoju technologii nanostrukturacji metali i stopów lekkich w szczególności oparte na metodach dużego odkształcenia plastycznego



Źródło: opracowanie własne.

procesu SPD dla różnych stopów, a w latach 2018-2020 będą dotyczyć wpływu składu chemicznego na mikrostrukturę otrzymywanych materiałów.

W aspekcie prac wdrożeniowych stymulujących rozwój nanotechnologii za niezbędne w latach 2012-2014 uznano wytwarzanie wsporników oraz małych elementów płaskich z nanometali. W dwóch kolejnych perspektywach czasowych – 2015-2017 oraz 2018-2020 – do katalogu niezbędnych prac wdrożeniowych zaliczono odpowiednio wytwarzanie nanometalicznych blach oraz łączenie elementów wykonanych z nanometali.

Niezbędne kierunki rozwoju prac badawczych i aplikacyjnych wspierające rozwój technologii nanostrukturyzacji metali stopów lekkich, w szczególności opartych na metodach dużego odkształcenia plastycznego, w latach 2012-2014 stanowią nowe materiały na matryce i stemple oraz odpowiednie metody ich obróbkę, modelowanie komputerowe procesów SPD. W latach 2015-2017 kierunki rozwo-

ju prac badawczych i aplikacyjnych będą ogniskowały się wokół modyfikacji parametrów procesu SPD dla różnych stopów, a latach 2018-2020 wokół wpływu składu chemicznego na mikrostrukturę otrzymywanych materiałów.

Rozwój technologii nanostrukturyzacji metali i stopów lekkich, w szczególności oparty na metodach dużego odkształcenia plastycznego, został przedstawiony w ujęciu procesowym i będzie koncentrował się w latach 2012-2014 na wytwarzaniu prętów o dużej średnicy. W perspektywie 2015-2017 będzie dotyczyć wytwarzania blach o dużej powierzchni, a w latach 2018-2020 będzie ogniskować się wokół wytwarzania trójwymiarowych elementów nanostrukturalnych.

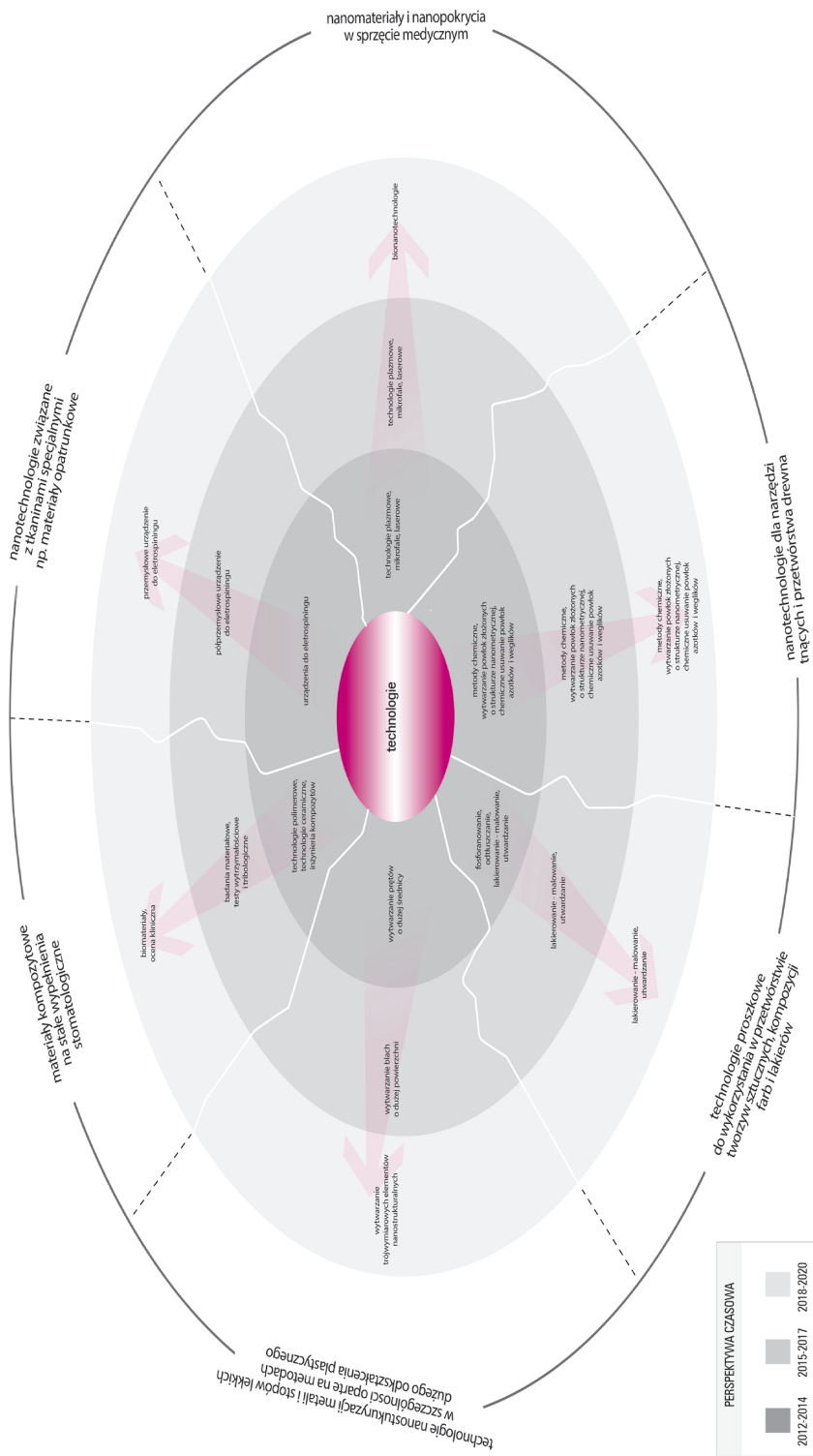
Obszary potencjalnych zastosowań technologii nanostrukturyzacji metali i stopów lekkich w szczególności opartych na metodach dużego odkształcenia plastycznego we wszystkich trzech perspektywach czasowych dotyczą przemysłu lotniczego, samochodowego, energetycznego oraz biomedycznego.

2.5. Zbiorcza marszruta rozwoju technologii

Zbiorczą marszrutę rozwoju technologii w województwie podlaskim w perspektywie 2020 przedstawiono na rys. 2.14. Ze względu na dbałość o czytelność rysunku, marszrutę tę sporządzono jedynie dla warstwy „technologia” sześciu z siedmiu technologii priorytetowych, czyli z wyłączeniem nanotechnologii warstw wierzchnich do zastosowań biomedycznych, gdzie – zdaniem kluczowego eksperta – trudno jest oszacować rozwój danej technologii w czasie ze względu na problem związany z identyfikacją komponentów technologii. Zdaniem eksperta, technologia ta jest „jednolita”. Podobnie, analizując rys. 2.14, można zauważyć, że również nanotechnologie dla narzędzi tnących i przetwórstwa węgla nie są różnicowane ze względu na perspektywę cza-

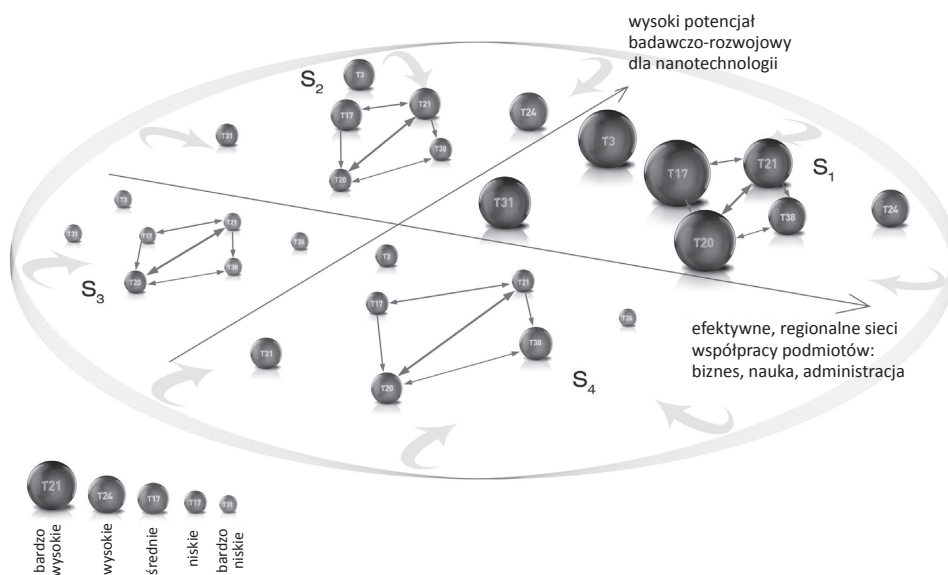
sową, czy też występuje różnicowanie technologii jedynie w dwóch perspektywach czasowych. W wypadku technologii proszkowych do wykorzystania w przetwórstwie tworzyw sztucznych i kompozycji farb i lakierów jest widoczny brak identyfikacji nowych komponentów technologii w perspektywie 2018-2020; podobnie sytuacja wygląda w wypadku nanomateriałów i nanopokryć w sprzęcie medycznym (brak nowych komponentów w perspektywie 2015-2017). Można to wyjaśnić dwoma przesłankami. Po pierwsze, technologia potrzebuje więcej czasu na wzbogacenie o nowe komponenty bądź, po drugie, ankietowany ekspert – ze względu na aktualny stan badań nad nanotechnologiami – nie był w stanie jeszcze określić kierunku ewolucji technologii.

Rys. 2.14. Zbiorcza marszruta rozwoju technologii w województwie podlaskim



Źródło: opracowanie A. Kononiuk.

Rys. 2.15. Eksperska ocena szans rozwoju technologii priorytetowych w warunkach czterech scenariuszy



Źródło: A. Kononiuk, A. Gudanowska.

Szczegółowa charakterystyka warstwy technologii w trzech perspektywach czasowych została zaprezentowana w podrozdziałach 2.4.1-2.4.7.

Finalną kwestią – ściśle skorelowaną z przyjętą metodyką prac w projekcie – jest podjęcie próby wpisania technologii priorytetowych w cztery scenariusze rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim w perspektywie 2020 roku (rys. 2.15). Zadaniem wiodących ekspertów była ocena szans rozwoju danych technologii w warunkach czterech scenariuszy.

W opinii ekspertów w warunkach wysokiego potencjału badawczo-rozwojowego dla nanotechnologii oraz efektywnych regionalnych sieci współpracy podmiotów: biznes, nauka, administracja bardzo wysokie szanse rozwojowe ma aż pięć spośród siedmiu technologii priorytetowych, czyli *nanotechnologie dla narzędzi tnących i przetwórstwa drewna* (T3), *materiały kompozytowe na stałe wypełnienia stomatologiczne* (T17), *nanomateriały i nanopokrycia w sprzęcie medycznym* (T20), *nanotechnologie warstw wierzchnich do zastosowań biome-*

icznych (T21), *technologie proszkowe do wykorzystania w przetwórstwie tworzyw sztucznych, kompozycji farb i lakierów* (T31). Potencjał rozwojowy *nanotechnologii związanych z tkaninami specjalnymi np. materiały opatrunkowe* (T24) oraz *technologie nanostrukturyzacji metali i stopów lekkich w szczególności oparte na metodach dużego odkształcenia plastycznego* (T38) w warunkach wysokiego potencjału badawczo-rozwojowego dla nanotechnologii oraz efektywnych regionalnych sieci współpracy podmiotów: biznes, nauka, administracja oraz został oceniony jako wysoki.

W trzech kolejnych scenariuszach sytuacja zmienia się diametralnie. W warunkach wysokiego potencjału badawczo-rozwojowego dla nanotechnologii oraz nieefektywnych sieci współpracy podmiotów: biznes, nauka, administracja wysokie szanse rozwoju – zdaniem ekspertów – mają jedynie *nanotechnologie związane z tkaninami specjalnymi np. materiały opatrunkowe* (T24). Szanse rozwoju: *nanotechnologii dla narzędzi tnących i przetwórstwa drewna* (T3), *materiałów kompozytowych na stałe wypełnienia stomatologiczne* (T17), *nanotechnologii*

warstw wierzchnich do zastosowań biomedycznych (T21) zostały ocenione na poziomie średnim. Z kolei szanse rozwoju technologii proszkowych do wykorzystania w przetwórstwie tworzyw sztucznych, kompozycji farb i lakierów (T31), technologii nanostrukturyzacji metali i stopów lekkich w szczególności opartych na metodach dużego odkształcenia plastycznego (T38) na poziomie niskim. W warunkach nieefektywnych sieci współpracy podmiotów oraz niskiego potencjału badawczo-rozwojowego dla nanotechnologii szanse rozwoju technologii zostały ocenione na poziomie bardzo niskim, z wyjątkiem nanomateriałów i nanopokrycia w sprzęcie medycznym (T20), której szanse zostały ocenione na poziomie niskim.

Z racji tego, że największe szanse rozwoju nanotechnologie mają w warunkach wysokiego potencjału badawczo-rozwojowego dla nanotechnologii oraz efektywnych regionalnych sieci współpracy podmiotów: biznes, nauka, administracja, główne cele projektu podlaskiej strategii rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim powinny się koncentrować się na działaniach na rzecz budowania i wzmacniania potencjału badawczo-rozwojowego dla nanotechnologii, jak również na aktywności ukierunkowanej na budowanie efektywnych regionalnej sieci współpracy podmiotów: biznes, nauka, administracja.

3. Megatrendy stanowiące tło rozwoju nanotechnologii

Szeroki kontekst dla rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim w perspektywie 2020 roku stanowią megatrendy rozumiane jako kierunki przemian społecznych, gospodarczych, środowiskowych, politycznych i kulturowych obejmujące znaczny układ czasowo-przestrzenny. Przy czym, nie jest celem autorów tego podrozdziału analiza kompletnej listy megatrendów kształtujących rozwój nanotechnologii, ale scharakteryzowanie tych, które przestały już być zjawiskami marginalnymi i będą wymuszały podejmowanie odważnych decyzji o kierunkach rozwojowych różnorodnych podmiotów. Granice pomiędzy scharakteryzowanymi megatrendami są płynne, czyli pewne elementy megatrendów, ze względu na kompleksową naturę analizowanych pojęć, są wspólne. Identyfikacja megatrendów tworzących tło dla scenariuszy rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim została dokonana przez członków Kluczowego Zespołu Badawczego na podstawie przeglądu publikacji na temat sił napędowych kształtujących przyszłość między innymi takich autorów, jak D. Altman [5], E. Cornish [14], R. Watson [77], czy też rezultatów projektów foresightowych np. *Narodowego Programu Foresight „Polska 2020”* [82] czy też projektu iKnow [26].

W wyniku prac projektowych zostało zidentyfikowanych siedem megatrendów. Należą do nich: postęp technologiczny, starzenie się społeczeństwa, wzrost znaczenia alternatywnych źródeł zasobów, intensyfikacja działań ku wzmocnieniu bezpieczeństwa państw, nowe wzorce społecznych nierówności, kształtowanie się nowej gospodarki, globalizacja.

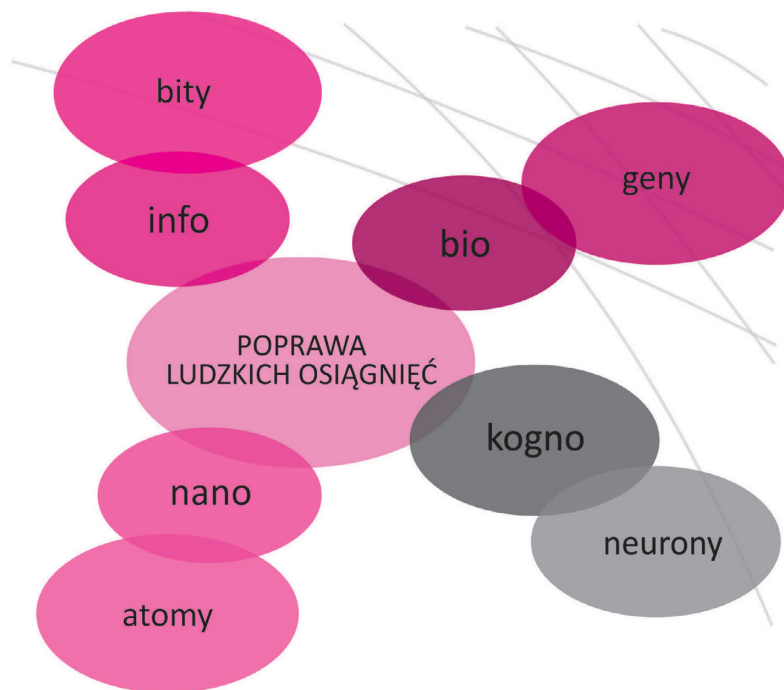
Postęp technologiczny jest definiowany jako proces zmian rozwojowych techniki wyrażający się przez wprowadzenie do procesu produkcji nowych, udoskonalonych maszyn, urzą-

dzeń, narzędzi i nowych technologii oraz przez wykorzystanie w sposób doskonalszy istniejących zasobów [81]. Zdaniem E. Cornisha, postęp technologiczny jest najważniejszym megatrendem w ludzkiej ewolucji, a jego siła, zasięg oraz obecne przyspieszenie sprawiają, że trudno jest zidentyfikować przesłanki, które miałyby ten trend odwrócić, czy też zahamować [14].

Postęp technologiczny jest pojęciem bardzo pojemnym. Na trendy pochodne (*branching trends*) tworzące główny kierunek zmian rozwojowych składają się między innymi wszelkie ulepszenia technologii komputerowych, medycznych, transportu oraz innych technologii, które umożliwiają efektywniejszą realizację celów społecznych [14]. R. Watson wśród wiodących technologii przyszłego pięćdziesięciolecia upatruje tak zwane GRIN technologie [77], czyli technologie wspomagające rozwój genetyki, robotyki, Internetu oraz nanotechnologii. W. S. Bainbridge, M. C. Rocco do technologii, które miałyby decydować o przyszłym kształcie nauki i techniki, a tym samym poprawie ludzkich osiągnięć, zaliczają biotechnologie, technologie informacyjne, technologie kognitywne oraz nanotechnologie [9], (rys. 3.1).

Przykłady zastosowań technologii sfery nano-bio-info-cogno (NBIC) mogą obejmować, zwiększenie możliwości ludzkich do celów obronnych, osiągnięcie zrównoważonego rozwoju z wykorzystaniem narzędzi NBIC, łagodzenie fizycznych i poznawczych dysfunkcji, które są wspólne dla procesów starzenia, zwiększenie indywidualnych zdolności poznawczych i sensorycznych, poprawę kreatywności indywidualnej i grupowej, niezwykle skuteczne techniki komunikacji, doskonalenie interfejsów człowiek-maszyna, w tym inżynierii neuromorficznych, zrównoważone i inteligentne środowiska, w tym neuroergonomia [71].

Rys. 3.1. Nano-Bio-Info-Cogno – technologie przyszłości



Źródło: [37].

Postęp technologiczny wymuszający potrzebę miniaturyzacji urządzeń oraz związany z nią nowymi technikami przetwarzania stymuluje rozwój nanotechnologii. Z drugiej zaś strony, R. Watson zalicza nanotechnologie (obok biotechnologii, emocjonalnej sztucznej inteligencji (*emotional intelligence*, *emotionally aware machines*), etyki oraz robotyki) do pięciu najważniejszych trendów, które w ciągu najbliższych lat zmienią oblicze nauki i techniki. Nanotechnologie będą pełniły kluczową rolę w tworzeniu nowych i ulepszonych produktów, które będą dynamizowały rozwój wielu gałęzi przemysłu. Szczególnie istotną rolę nanotechnologie pełnią w branży ICT, gdzie skojarzone z tradycyjnymi technologiami istotnie poprawiają wydajność komputerów oraz zwiększają szybkość przetwarzania danych [26]. Przewiduje się, że w ciągu przyszłych 10-20 lat zmienią one każdy niemal produkt na dzisiaj-

szym rynku, stąd będą tworzyły rynek warty 1,7 trylionu EUR [26].

W województwie podlaskim istnieje potencjał zastosowania nanotechnologii w branżach przetwórstwa rolno-spożywczego, branży drzewnej, bieliźniarskiej, maszynowej, medycznej [37]. Na podstawie badań przeprowadzonych przez członków Kluczowego Zespołu Badawczego mających na celu między innymi ocenę poziomu zastosowania nanotechnologii w poszczególnych gałęziach przemysłu w województwie, można stwierdzić, że największe zainteresowanie nanotechnologiami przejawiają branże: medyczna, wyrobów gumowych i tworzyw sztucznych oraz sektor rolno-spożywczy. Planowane do wykorzystania nanotechnologie, to między innymi: (1) nanomateriały i nanopokrycia w sprzęcie medycznym, (2) materiały kompozytowe na stałe wypełnienia stomatologiczne, (3) nanotechnologie

warstw wierzchnich do zastosowań biomedycznych (branża medyczna), (4) technologie proszkowe do wykorzystania w przetwórstwie tworzyw sztucznych, kompozycji farb i lakierów (branża wyrobów gumowych i tworzyw sztucznych) oraz (5) nanowarstwowe powłoki antybakteryjne dla aparatury produkcyjnej przemysłu spożywczego, jak również (6) nanotechnologie w produkcji opakowań żywności (sektor rolno-spożywczy).

Starzenie się społeczeństwa jest definiowane jako proces zwiększania się udziału ludności w starszym wieku w ogólnej liczbie ludności. Określa się tak zwany próg starości, czyli wiek, po osiągnięciu którego można daną osobę zaliczyć do grupy ludności w starszym wieku. Najczęściej – jako próg – przyjmuje się jednolicie wiek 60 lub 65 lat bądź wprowadza się odrębny próg dla mężczyzn – wiek 65 lat, a dla kobiet – 60 lat. W opracowaniach ONZ stosuje się dla kobiet i mężczyzn wiek jednolity – 65 lat [51]. Proces starzenia się społeczeństwa określane również jako przemiana lub przejście demograficzne – od wysokiej stopy urodzeń i zgonów do niskiej – można obecnie zaobserwować, z różnym nasileniem, we wszystkich częściach świata [50]. Prawie we wszystkich krajach Unii Europejskiej liczba urodzeń przeciętnie przypadających na kobietę jest obecnie mniejsza od wielkości zapewniającej proste odtworzenie pokoleń [82]. Oznacza to, że w przyszłości przeciętna liczba urodzin nie wzrośnie, a liczba ludność większości krajów europejskich będzie się wyraźnie zmniejszać i procesy jej starzenia się ulegną wydatnemu przyspieszeniu [50]. Zjawiska takie przewidują dla większości krajów Unii Europejskiej i Unii jako całości współczesne prognozy demograficzne, w tym sporządzona ostatnio na lata 2008-2060 prognoza Eurostatu – Urzędu Statystycznego Unii Europejskiej. W prognozie przyjęto założenia o stopniowym, wzajemnym upodobnianiu się (konwergencji) procesów demograficznych w krajach Unii Europejskiej w miarę zanikania różnic społeczno-ekonomicznych i kulturowych między tymi krajami. Spośród 27 krajów członkowskich Unii ubytek naturalny i starzenie się ludności najsilniej wystąpią w krajach Europy Środkowo-Wschodniej. W zamożnych krajach Europy Zachodniej czynnikiem kompensującym – często z nadwyżką – ubytek naturalny

ludności będzie dodatnie saldo migracji zewnętrznych [50].

Megatrend obejmujący starzenie się społeczeństwa generuje pochodne trendy (*branching trends*), do których można zaliczyć między innymi wzrastający popyt na usługi opiekuńcze, zmianę struktury rodziny, wzrost zainteresowania turystyką medyczną, wzrost wydatków na leki, jak również poszukiwanie rozwiązań technicznych łagodzących deficyt opieki (telemedycyna, monitoring), czy też wszelkie działania na rzecz poprawy jakości życia [82, 77].

Potrzeby społeczne związane z demografią będą miały istotny wpływ na rozwój technologii, w tym nanotechnologii. Postęp w pracach nad rozwojem nanotechnologii przyczynił się do rozwoju inteligentnych nośników leków, mikropomp, nanorobotów [8], biokompatybilnych implantów czy też sztucznych żył [26]. Różnorodność zastosowań nanotechnologii na potrzeby łagodzenia skutków procesu starzenia się społeczeństwa oraz działania na rzecz poprawy jakości życia powoduje, że zarówno ośrodki naukowe, jak i producenci wyrobów medycznych, kosmetycznych, branży ICT mogą osiągnąć korzyści z zainteresowania się problematyką nanotechnologii.

Województwo podlaskie wpisuje się w megatrend starzenia się społeczeństwa. W ciągu najbliższych lat nastąpi znaczne powiększenie się udziału ludności w wieku poprodukcyjnym. Już obecnie problem starzejącego się społeczeństwa jest najbardziej widoczny w gminach województw podlaskiego i lubelskiego [66]. Skoncentrowanie działalności naukowej i gospodarczej na działaniach mających na celu złagodzenie skutków procesu starzenia się społeczeństwa może być szansą na zmianę postrzegania województwa podlaskiego. Rosnący popyt na wyroby medyczne, ugruntowana pozycja producentów sprzętu medycznego, dostęp do kadry akademickiej, możliwości korzystania z nowoczesnych laboratoriów nanotechnologicznych w ramach Białostockiego Parku Naukowo-Technologicznego wydaje się stwarzać dogodne warunki do badań nad nanotechnologiami.

Wzrost znaczenia alternatywnych źródeł zasobów związany jest z niesłabnącym zainteresowaniem alternatywnymi źródłami zasobów i przewidywanym ich szerokim wykorzystaniem w przyszłości. Alternatywne

źródła zasobów są powszechnie kojarzone z odnawialnymi źródłami energii, do których należą: energia wody (między innymi energia spadku wody, fal, pływów morskich, energia ciepła oceanu), energia słoneczna, energia wiatru, biomasy (między innymi słomy, odpadów drewna, biogazu, biopaliw, upraw energetycznych), energia geotermalna i inne. Istotą eksploatacji tych zasobów jest ich relatywnie niski ubytek: wykorzystywanie odnawialnych źródeł energii nie powoduje trwałego ich deficytu, a wręcz przeciwnie – odnawiają się one, i to w krótkim czasie.

U podłoża wskazanego megatrendu leży groźba wyczerpywania się naturalnej bazy surowcowej krajów, zwłaszcza nieodnawialnej bazy energetycznej, w tym przede wszystkim gazu ziemnego i ropy naftowej. Niepokój ten wzrasta także w obliczu niestabilnej sytuacji politycznej państw – głównych importerów tych surowców (na terenie Europy, Rosji czy krajów OPEC). Nie bez znaczenia są także międzynarodowe zobowiązania związane z ograniczeniem zanieczyszczenia środowiska (np. Protokół z Kioto zobowiązujący państwa do redukcji emisji CO₂). Z drugiej jednak strony, światowa podaż na energię nie spada, a rośnie: przewiduje się bowiem, że w 2050 roku gospodarka światowa osiągnie czterokrotny wzrost wobec stanu obecnego, co determinuje zwiększenie podaży energii do 22 gigaton rocznie [42]. Stąd też koniecznością stało się poszukiwanie alternatywnych jej źródeł. W 2000 roku odnawialne źródła energii stanowiły 13,8% światowego zaopatrzenia w energię, jednak perspektywy na rok 2020 określają ten udział na poziomie 20%, a w 2050 – 30%, w Europie nawet na poziomie 40% [42]. W tej sytuacji, bezpieczeństwo energetyczne i efektywność energetyczna* stają się czynnikami determinującymi inwestowanie w technologie pozyskujące alternatywne źródła energii, a tym

* Zużycie mniejszej ilości energii dla zaspokojenia tych samych potrzeb. Wedle ustawy o efektywności energetycznej z dnia 15 kwietnia 2011 r. (Dz. U. nr 94, poz. 551), określenie efektywność energetyczna rozumiana jest jako stosunek uzyskanej wielkości efektu użytkowego danego obiektu, urządzenia technicznego lub instalacji, w typowych warunkach ich użytkowania lub eksploatacji, do ilości zużycia energii przez ten obiekt, urządzenie techniczne lub instalację, niezbędnej do uzyskania tego efektu, <http://www.mg.gov.pl> [12.06.2012].

samym wykorzystanie w tym procesie nanotechnologii [31].

Pochodne trendy (*branching trends*), które wpisują się w omawiany megatrend, to zdecydowany zwrot ku paliwom hybrydowym i wspierającym je technologiom (*hybryd fuels; sustainable energy*), zielonom lub czystym technologiom (*clean coals*), tendencje ku technologicznym rozwiązaniom pozwalającym magazynować energię (*energy storage, negawatts, domestic energy dashboards*), czy rozwijać mikroenergetykę (*micro-power generation*). Nie bez znaczenia są także trendy społeczne, a zwłaszcza ruchy społeczne – nierzadko skrajne – związane z ochroną środowiska (*emerge of green nationalism*), [77].

Takie tendencje powodują, że użyteczność nanotechnologii w tym obszarze wyraźnie zarysowuje się. Nanotechnologie umożliwiają bowiem nie tylko zastąpienie tradycyjnych procesów i produktów energetycznych innymi – alternatywnymi rozwiązaniami, lecz także poprawiają ich efektywność. Już dziś nanotechnologie są szeroko wykorzystywane w tworzeniu alternatywnych źródeł energii, czyli fotowoltanika, w tym ogniw słonecznych, generowaniu gospodarki wodorowej (syntetycznej benzyny na bazie wodoru, w której woda stanowi produkt odpadowy, przyczyniając się do redukcji emisji CO₂), w której to nanorurki węglowe umożliwiają transport gazu. Rozwiązania nanotechnologiczne pozwalają też „oczyszczyć” konwencjonalną produkcję energii paliw kopalnych (wykorzystanie grafenu). Umożliwiają także (np. poprzez udział nanokompozytów srebra) oczyszczanie wody i powietrza oraz samooczyszczenie wody, co wpływa nie tylko na redukcję kosztów ochrony środowiska naturalnego, ale również pozwala przeciwdziałać powstałym konfliktom o zasoby naturalne, wśród których ropa, gaz, ale w ostatnich latach także woda stają się surowcami niezwykle newralgicznymi, które w przyszłości decydować będą o przewagach państw [77].

Badania w dziedzinie nanotechnologii przyczynią się do zaspokajania przyszłych potrzeb w zakresie technologii energetycznych, „zielonych energii” (*green technologies*), zwłaszcza nowych rozwiązań w zakresie ogniw słonecznych, gospodarki wodorowej, bardziej efektywnej produkcji energii konwencjonalnej oraz w procesie oszczędzania energii, tak w przemyśle, jak i wśród konsumentów.

W tym procesie Polska i województwo podlaskie ma szansę uczestniczyć jako region silnie skoncentrowany na utrzymaniu dobrego stanu środowiska naturalnego, prowadzący szerokie badania w tym zakresie. Przygotowanie teoretyczne oraz dobre rozpoznanie naukowo-badawcze stanowiłyby pierwszy krok ku szerszemu wpisywaniu się regionu w megatrend. Wraz z udoskonaleniem laboratoriów badawczych w kierunku nanotechnologii, rysuje się szansa umożliwiająca uczestniczenie województwa podlaskiego w procesie badań nad nowoczesnymi „zielonymi technologiami” przyszłości.

Intensyfikacja działań na rzecz wzmocnienia bezpieczeństwa państw

w XXI wieku stała się trwałym procesem współcześnie prowadzonej polityki przez coraz większą liczbę podmiotów na arenie międzynarodowej. Coraz częściej też bezpieczeństwo znajduje swoje wyraźne odzwierciedlenie w dokumentach strategicznych państw, związków państw i jest priorytetowym elementem podejmowanych przez nie działań. Bezpieczeństwo, zgodnie z definicją przyjętą przez Komisję Europejską, jest traktowane jako zagwarantowanie prawa wszelkim podmiotom państwa: pojedynczym osobom, wspólnotom, całym organizacjom i instytucjom społecznym, własnościom państwa (np. dobrom, wartościom czy infrastrukturze) do swobodnego funkcjonowania w ramach całego systemu państwowego. Prawa te są chronione przed wszelkimi niebezpieczeństwami natury wewnętrznej i zewnętrznej (np. atakami terrorystycznymi), niezamierzonymi i celowymi wrogimi atakami, wszelkimi szkodami, tak naturalnymi, jak i uczynionymi ręką ludzką [55, 65]. Bezpieczeństwo od czasów zimnowojennych, lecz zwłaszcza po atakach terrorystycznych z 11 września 2001 roku na wieże World Trade Center w Nowym Jorku, zajmuje ważne, jeśli nie najistotniejsze, miejsce w krajowych politykach bezpieczeństwa państwa.

Na wskazany megatrend mają wpływ procesy pochodne (*branching trends*), do których niewątpliwie należy zwiększająca się złożoność (*complexity*) oraz tempo międzypodmiotowych relacji w wymiarze globalnym (państw, korporacji ponadnarodowych, organizacji oraz pojedynczych ludzi), a więc – wzrastająca niepewność i nieprzewidywalność ich skutków [10, 11]. Nie bez znaczenia jest także obserwo-

wany wzrost pozycji ekonomicznej nowych podmiotów na arenie światowej – tak zwanych państw N-11 (*rise of N11 countries*)*, renesans nuklearnej siły państw (*nuclear power renaissance*), rozwój badań nad technologiami wykorzystywanymi w produkcji najnowocześniejszej broni (postępujący, choć nieoficjalny, wyścig zbrojeń), w tym naśladowącej naturę (*bio-mimicry*), [77].

Nanotechnologie w tej sferze, szczególnie w zakresie zabezpieczenia wojskowego, czy bezpieczeństwa obywatelskiego, odznaczają się wyjątkowym potencjałem: pozwalają rozszerzyć spektrum elementów (rozwiązań) zapewniających bezpieczeństwo rozpatrywanych ze względu na: 1) cele ataków – czyli źródła kluczowych zasobów państwa (np. energetycznych, finansowych), infrastruktura tzw. twarda i telekomunikacyjna, system służby zdrowia, przemysł, instytucje rządowe, społeczeństwo; 2) zagrożenia – czyli eksplozje bombowe, broń chemiczna i biologiczna, broń tradycyjna oraz cyberboń, materiały radioaktywne/nuklearne, atak obiektów fizycznych, ze strony innych ludzi, czy natury); 3) środki zaradcze – tj. instrumenty pozwalające przewidzieć i oszacować ryzyko, zapewnić ochronę, wykrycie i identyfikację zagrożenia, odpowiedzieć na zagrożenia, złagodzić skutki zagrożenia, odbudować system i zarządzanie systemem dotkniętym przez zagrożenia. Nanotechnologie wykazują w tym względzie szerokie możliwości zastosowań i od lat są wykorzystywane do ulepszania istniejącego oprzyrządowania obronnego (łżejsza, celniejsza broń, łżejsze, skuteczniejsze, a więc – bezpieczniejsze oprzyrządowanie [12]), jak i produkcji nowych materiałów, np. tak zwanych niezabójczych broni, umożliwiających krzepnięcie krwi tekstyliów, czujników, laserów, mikrokomputerów zwiększających skuteczność broni skomputeryzowanej, poprawiających komunikację, co w efekcie zwiększa kontrolę i panowanie nad sytuacją, pozwalając zwłaszcza w trudnych warunkach, minimalizować zaangażowanie tak zwanego czynnika ludzkiego. Jednocześnie istnieje obawa, że zostanie rozwinięta produkcja nanobro-

* Państwa tak zwanej kolejnej jedenastki (*The Next Eleven* lub N-11), wykazujące znaczny wzrost ekonomiczny i otwartość w handlu światowym. Przewiduje się, iż w XXI wieku staną się potęgami ekonomicznymi. Do N-11 należą: Bangladesz, Egipt, Filipiny, Indonezja, Iran, Korea Południowa, Meksyk, Nigeria, Pakistan, Turcja oraz Wietnam.

ni, która może dokonać zniszczeń mających, nie tylko lokalny, lecz także globalny wydźwięk [26]. Stąd też współcześnie rozumiane pojęcia bezpieczeństwa koncentruje się także na koncepcjach sieci, które silnie integrują i włączają w proces wszelkie podmioty systemu państwowego zwiększające skuteczność obronności systemu, poprzez zagwarantowaną interoperacyjność: służb (*human interoperability*), systemów (*technical interoperability*) i informacji (*data interoperability*), [55].

Województwo podlaskie obecnie nie dysponuje takim potencjałem, ani nawet gotowością działań, by móc w pełni uczestniczyć we wskazanym procesie. Region obecnie nie ma więc szans na znalezienie się w orbicie, czy też choćby pod wpływem wskazanego megatrendu – rozwoju nauki i technologii światowej, sprzężonych z realizacją założeń bezpieczeństwa narodowego. Taka szansa zaistnieje wówczas, gdy w regionie nastąpi zwrot ku nanotechnologiom.

Nowe wzorce społecznych nierówności są zjawiskiem, które w dynamiczny i odmienny niż dotąd sposób wyznaczają linie stratyfikacyjne współczesnych społeczeństw. Obejmują swym zasięgiem nie tylko jedno państwo, lecz całe regiony (grupy państw), niezrządkiem włączając też w zasięg swojego oddziaływania – cały system globalny.

Nierówność społeczna oznacza nierówny dostęp do rzadkich, lecz cenionych społecznie dóbr, pojedynczych osób lub też całych grup, ze względu na posiadane przez nie – wykluczające z szerszej struktury społecznej – cechy społeczne lub też przynależność do określonych grup, czy też kategorii społecznych (nierówność strukturalna), [75]. Do dóbr rzadkich i tym samym wysoko społecznie cenionych należą: zasoby materialne, władza i prestiż. W ostatnich latach spektrum tych klasycznych wartości powiększają: zdrowie (dostęp do służby zdrowia), edukacja (szanse edukacyjne społeczeństw).

Wyraźna zmiana w sferze społecznych nierówności została uwidoczniła w nowym powojennym podziale Europy i świata, lecz także w obrębie mniejszych, lokalnych struktur społecznych. Wówczas to w sposób znaczący wzrosła rola klasy średniej, powodując wyraźne dysproporcje w zakresie przywilejów społecznych oraz warunków pracy pomiędzy skrajnymi warstwami struktury społecznej.

Powszechna otwartość społeczeństw zachodnich oraz społeczna mobilność wewnątrzstrukturalna (awans i degradacja społeczna) jest z tym procesem silnie związana [26].

Pochodne trendy (*branching trends*), które współkształtują megatrend, to – wbrew powszechnym siłom globalizacyjnym (zwiększającym i intensyfikującym wzajemne powiązania podmiotów) – pogłębiające się podziały społeczne (np. ekonomiczne, technologiczne) i w efekcie wynikające stąd dysproporcje ładu światowego: różnice między silnymi centrami a zależnymi od nich peryferiami (I. Wallerstaïen), wyraźne kulturowo-cywilizacyjne (technologiczne) podziały, obserwowane także w mniejszej skali: między miastem i wsią (*urban/rural divide*), wiktylizacja kulturowa (*victim culture*), zwiększająca się polaryzacja płac (*price polarisation*). Wzrost długu (*debt*) państw i społeczeństw skutkuje także dysharmonią w sferze emocji i uwidaczniającymi się wzmocnionymi niepokojami (protestami) społecznymi (*anxiety*)*. Podziały i nierówności społeczne mogą w dalszej przyszłości skutkować wzrostem antytechnologicznych ruchów społecznych (*the growth of „No-Tech” movements*), [78].

Współcześnie, trajektorie nierówności społecznych prowadzą także wedle nowych dróg – wyznaczane są głównie potencjałem naukowo-badawczym. W kontekście nanotechnologii, związek z nierównomierną społeczną dystrybucją szans życiowych i w efekcie – prawa do podstawowych wolności obywatelskich nie zawsze jest bezpośredni, a wynika raczej z siły ekonomicznej konkretnych państw czy społeczeństw. Niemniej jednak, społeczeństwa, w których jest możliwy rozwój nanotechnologii, mają w perspektywie większe szanse do korzystania z ich dobroczynnego wpływu w zakresie szeroko rozumianego rozwoju gospodarczego, bezpieczeństwa państwa, lecz także w sferze codziennych starań o ochronę zdrowia, poprawę komfortu życia czy też niwelowania uciążliwości związanych ze starzeniem się społeczeństw, oraz w sferze ochrony środowiska. Coraz częściej, zwłaszcza w gospodarkach rozwiniętych oraz jednocześnie społecznie zorientowanych (Japonia, kraje skandynawskie) postrzega się nanomateriały

* R. Watson zależność tę wskazał jako jedną z dwóch silnie w ostatnich latach przyspieszających (*high-speed link*). Zob. [77].

i nanotechnologie jako udogodnienia blisko z człowiekiem związane (mówi się wręcz o „społecznych technologiach”, czy „społecznych infrastrukturach” [13]), które będą przyczyniać się do elastycznego i taniego tworzenia codziennego wirtualnego środowiska człowieka (*paper-like displays*) i przedmiotów codziennego użytku, umożliwiających bezpłatny oraz powszechny dostęp do informacji, rozrywki, czy edukacji [55].

W tym kontekście obecna pozycja województwa podlaskiego oraz jego mieszkańców jest zdecydowanie marginalna. W sytuacji tej rysuje jednak wyraźna alternatywa: albo region będzie w stanie podjąć wysiłek i zwrócić się ku najnowszym osiągnięciom nauki i wykorzysta swój potencjał ku nanotechnologiom – czym zdobędzie szanse na dogonienie tych, którzy są w tej sferze zaawansowani, albo nie wykorzysta odpowiedniego momentu i nadal będzie utrzymywał pozycję regionu marginalnego, niedostosowanego do wymogów współczesnego świata, czym pogłębi społeczno-gospodarczy dystans wobec liderów.

Kształtowanie się nowej gospodarki

Należy do głównych megatrendów współczesnej rzeczywistości. Pojęcie „nowa gospodarka” odnosi się do ilościowych i jakościowych zmian, które w ciągu ostatnich lat przekształciły strukturę, funkcjonowanie i zasady gospodarek. Wśród określeń nowej gospodarki pojawia się sformułowanie „gospodarka wiedzy”, wskazujące na dominację nowego zasobu w ekonomii – wiedzy i informacji [15]. Gospodarka w dzisiejszym świecie jest przede wszystkim „napędzana” przez ludzi i ich skumulowaną wiedzę [69].

Opracowania naukowe charakteryzujące nową rzeczywistość gospodarczą odwołują się do takich jej właściwości, jak: znaczenie wiedzy, rozwój nowych technologii, przepływ informacji, rosnący udział wartości dodanej opartej na usługach, rosnąca konkurencja, nowe możliwości i zmiany strategii biznesowych, globalizacja gospodarki, znoszenie barier handlowych, indywidualizacja produktów i usług przy jednoczesnym wykorzystywaniu efektów skali [15].

Lopes, Martins, Nunes podkreślają, że bazą gospodarki opartej na wiedzy są technologie informacyjno-komunikacyjne, a do jej głównych filarów należą: innowacje, nauka, kultura, a także udział obywateli [30]. Gospodarka

oparta na wiedzy jest silnie skorelowana z rozwojem innowacji technologicznych, wśród których znajdują się również nanotechnologie. Literatura przedmiotu donosi, że głównymi siłami ekonomicznymi charakteryzującymi produkcję we współczesnej gospodarce jest wzrastająca rola między innymi nanonauki i nanotechnologii [74]. Inwestowanie w nanotechnologię gwałtownie wzrasta w ostatnich latach. Jest to temat, który wzbudza zainteresowanie wielu krajów, zarówno dużych, jak i małych. Szacuje się, że więcej niż 30 krajów posiada obecnie narodowe programy rozwoju nanotechnologii, wśród nich znajduje się także Polska [74]. Opracowanie dokumentu *Nanonauka i Nanotechnologia. Narodowa Strategia dla Polski* wynikało nie tylko z dynamicznego rozwoju nanonauk na świecie, ale przede wszystkim z konieczności zapewnienia Polsce znaczącego miejsca w tym obszarze wiedzy i praktyki. W dokumencie tym przyjęto, że do 2015 roku około 15% produktów będzie wytworzonych z udziałem nanotechnologii. Poziom rozwoju nanonauk i nanotechnologii będzie zatem decydował o pozycji danego kraju w globalnej gospodarce. Tak wielkie znaczenie nanotechnologii wynika z coraz większych możliwości poznawania zjawisk w nanoskali, znajdujących ogromne, potencjalne zastosowanie komercyjne. Obecnie możliwe jest kształtowanie materii przez celowe układanie jednostek struktury o nanometrowych rozmiarach. Wynikiem są odkrycia nieznanych dotychczas zjawisk, doskonalenie już istniejących produktów oraz rozwój nowych gałęzi przemysłu. Autorzy dokumentu podkreślają, że nanonauki i nanotechnologie będą najważniejszym czynnikiem rozwoju gospodarki w ciągu następnych 20 lat [35].

W megatrend rozwoju gospodarki wiedzy opartej na nowoczesnych technologiach, w tym także nanotechnologiach, może się również wpisywać województwo podlaskie, którego przyszła konkurencyjność w dużej mierze zależy od adaptacji nowoczesnych technologii do procesu wytwórczego przedsiębiorstw z regionu [37]. Nanoinnowacja może być kluczem do konkurencyjności podlaskich firm oraz główną siłą napędową wzrostu produktywności województwa, chroniąc jednocześnie jego niepowtarzalne walory środowiskowe. Daje ona jednocześnie szansę na unowocześnienie dotychczasowego potencjału endogenicznego regionu – dzięki aplikacji nanotechnologii do już istniejących w regionie branż z wysokim

potencjałem jej zastosowania (np. medycyna, przemysł maszynowy, produkcja artykułów spożywczych, produkcja drewna i wyrobów z drewna, sektor bieliźniarski). Z drugiej strony, zakłada również dążenie do dywersyfikacji specjalizacji regionalnej i budowy nowego potencjału dla gospodarki innowacyjnej [37].

Globalizacja definiowana jest przez Komisję Europejską jako proces, w którym rynki i produkcja w różnych krajach stają się coraz bardziej współzależne w związku z dynamiką wymiany towarów i usług, przepływem kapitału i technologii [80, 76]. Obejmuje ona głębokie przeobrażenia w gospodarce światowej będące wynikiem liberalizacji stosunków gospodarczych, zmniejszenia roli państw w gospodarce, internacjonalizacji kapitału, rewolucji informatycznej i wzrostu znaczenia korporacji międzynarodowych [41]. Jest to obecnie jedno z najbardziej popularnych pojęć, zarówno w terminologii naukowej, jak i w słownictwie potocznym. Termin ten odnosi się nie tylko do obszarów działalności gospodarczej, ale także politycznej, społecznej, kulturowej i naukowej, a więc przenika niemal wszystkie sfery działalności ludzkiej na świecie [33]. Wśród cech charakteryzujących globalizację w literaturze przedmiotu podkreśla się jej silny związek z postępem nauki, techniki i organizacji. Postęp oddziałuje na proces globalizacji poprzez osiągnięcia techniczne, które z kolei służą rozwojowi komunikowania się i transportu, a przede wszystkim tworzeniu nowoczesnych produktów, nowych metod wytwarzania, zarządzania i organizacji, powstawania zasobów wysoko wykwalifikowanych kadr i nowoczesnych technologii [1], (w tym także nanotechnologii). Należy zaznaczyć, że obecnie postęp technologiczny oraz globalizacja oddziałują na siebie wzajemnie. Z jednej strony postęp przyspiesza proces globalizacji, lecz z drugiej strony mamy do czynienia z tak zwanym technoglobalizmem, czyli globalizacją technologii, a więc tendencją do umiędzynaradawiania tworzenia, stosowania i rozprzestrzeniania się technologii [2]. Postępy w transformacji i liberalizacji gospodarki w ostatniej dekadzie spowodowały, że Polska w coraz większym stopniu uczestniczy w procesach globalizacji. Wzrost przepływów towarów, usług, kapitału i inwestycji zagranicznych, technologii oraz idei, wzorów organizacji i sposobów funkcjonowania instytucji przyczyniły się do przyspieszenia, pogłę-

bienia i poszerzenia współzależności między polską gospodarką i gospodarkami innych krajów oraz powiązań między rynkami krajowymi i globalnymi, a także pomiędzy firmami działającymi na rynku polskim i zagranicznym [84]. Dotychczasowy okres polskiego członkostwa w Unii Europejskiej pokazuje, że nasz kraj coraz szybciej dostosowuje się do unijnych standardów cywilizacyjnych, gospodarczych, politycznych i instytucjonalnych. Ma to niewątpliwie zasadniczy wpływ na poprawę konkurencyjności polskich przedsiębiorstw i dobrobyt obywateli. W tym sensie procesy globalizacji przyczyniły się w Polsce do przyspieszenia rozwoju gospodarczego [48]. W literaturze przedmiotu można spotkać się z próbami określania stopnia „zglobalizowania” gospodarek poszczególnych krajów z wykorzystaniem różnych kryteriów i mierników tego zjawiska [41]. W jednym z opracowań przygotowanych przez naukowców z Szkoły Głównej Handlowej w Warszawie zdiagnozowano wpływ globalizacji na gospodarkę polską. Przyjęto, że najważniejszymi kanałami wpływu globalizacji na gospodarkę są handel zagraniczny, przepływy kapitałowe i finanse międzynarodowe, migracja oraz dyfuzja technologii. W efekcie zrealizowanych badań wskazano, że globalizacja polskiej gospodarki jest najbardziej zaawansowana w zakresie międzynarodowych przepływów dóbr, a także coraz bardziej zaawansowana w zakresie przepływów kapitałów i roli korporacji transnarodowych. Znacznie niższy jest natomiast stopień globalizacji technologicznej, co może odzwierciedlać zarówno niski poziom rozwoju gospodarczego, ale także wciąż niski poziom kapitału ludzkiego, niezbędnego dla rozwoju innowacyjności i postępu technologicznego [53].

Globalizacja jest zjawiskiem dynamicznym, wieloaspektowym i złożonym. Jako megatrend obejmuje ona trzy zasadnicze wymiary (*branching trends*): ekonomiczny (który charakteryzuje otwarcie gospodarki na przepływy dóbr i usług, kapitałów, technologii), społeczny (który ilustruje otwarcie społeczeństwa na transfer ludzi, informacji i wiedzy) i polityczny (który odzwierciedla otwarcie państwa na międzynarodowe stosunki polityczne), [53].

Ujmując globalizację jako fenomen wielowymiarowy i uwzględniając cel niniejszego opracowania można ją określić jako zespół trendów w światowej ekonomii, polityce, demografii, życiu społecznym i kulturze polegających

na rozprzestrzenianiu się analogicznych zjawisk niezależnie od położenia geograficznego, czy też stopnia zaawansowania ekonomicznego określonego kraju czy regionu, a także ich wpływ na poziom zainteresowania przedsiębiorców funkcjonujących na danym obszarze wykorzystaniem nowych technologii w procesie wytwórczym [37].

W tym sensie także województwo podlaskie może w przyszłości korzystać z megatrendu związanego z rozwojem procesu globalizacji. Rosnące powiązania między gospodarkami, wzrost liberalizacji i integracji rynków handlowych, deregulacja przepływów kapitałowych, redukcja – dzięki nowym możliwościom technologicznym – kosztów komunikacji i transportu, zmieniają warunki prowadzenia działalności gospodarczej. Globalna gospodarka prowadzi do globalizacji aktywności przedsiębiorstw. Przejawem tego jest przemieszczanie produkcji, cechującej się znacznym nakładem

pracy lub usług związanych z procesami biznesowymi do dowolnego miejsca na świecie. Kryteria wyboru miejsca działalności mogą być różne, jednak najczęściej związane są one z poszukiwaniem przez firmy niższych kosztów wytwarzania [24], w tym także niższych kosztów pracy (i to zarówno specjalistów z wyższym wykształceniem, jak i personelu produkcyjnego). Koszty pracy są bowiem jednym z podstawowych kryteriów podejmowania decyzji o lokalizacji bezpośrednich inwestycji zagranicznych, w tym inwestycji związanych z rozwojem nanotechnologii. Korzystne relacje między kwalifikacjami a kosztami pracy w województwie podlaskim w porównaniu do innych regionów w kraju mogą stanowić istotną przewagę konkurencyjną branżą pod uwagę przez potencjalnych inwestorów w wyborze miejsca lokalizacji swojej działalności gospodarczej [37].

W zaprezentowanej monografii zintegrowano trzy wątki badawcze prowadzone w ramach prac projektu badawczego „Foresight technologiczny <<NT FOR Podlaskie 2020>>. Regionalna strategia rozwoju nanotechnologii”. Są to mapy technologiczne, marszruty rozwoju technologii oraz megatrendy potencjalne kształtujące rozwój nanotechnologii.

W zakresie map technologicznych zaprezentowano proces konceptualizacji i operacjonalizacji metodyki badawczej ukierunkowanej na wykorzystanie metody mapowania technologii w projekcie. Przygotowano wizualizacje lokujące zasoby związane z technologiami oraz mapy relacji dotyczące powiązań zasobów technologii. Przedstawiono również wykresy radarowe atrakcyjności i wykonalności nanotechnologii priorytetowych oraz schematy związane z takimi aspektami, jak niezbędne obecnie nakłady finansowe na rozwój technologii, czy obecna i potencjalna skala zastosowania technologii. Opracowano także karty technologii priorytetowych uzupełniające zbiorczo przedstawiane dane o informacje charakterystyczne dla poszczególnych technologii, w jednolitej formule opisu i prezentacji. Wizualizacje zawarte w raporcie stanowią odzwierciedlenie szerokich studiów nad bieżącym stanem technologii priorytetowych oraz relacjami występującymi pomiędzy technologiami.

Ze względu na wysoce specjalistyczny stopień zidentyfikowanych technologii priorytetowych prace Kluczowego Zespołu Badawczego zostały wsparte ekspercką wiedzą w zakresie sporządzenia listy technologii kandydujących, wyodrębnienia technologii kluczowych, określenia technologii priorytetowych oraz budowy bazy wiedzy o technologiach. Zbiór wybranych technologii priorytetowych w ocenie eksperckiej, w wypadku każdej nanotechnologii priorytetowej, okazał się cechować wysokim bądź bardzo wysokim poziomem akceptacji społecznej.

Na mapach lokalizacyjnych zaprezentowano położenie ośrodków naukowo-badawczych oraz wytwórców/producentów dla każdej z priorytetowych technologii, a także zbiorczo w przypadku jednostek z województwa podlaskiego.

Relacje technologii zostały oparte na ocenie siły wpływu jednej technologii na rozwój drugiej. Eksperti oceniając wpływy technologii kluczowych w zdecydowanej większości wskazywali na wpływy stymulujące ich wzajemny rozwój. Podczas wyboru technologii priorytetowych wiedza o średnim poziomie gotowości technologicznej została uzupełniona wiedzą o relacjach technologii priorytetowych z pozostałymi technologiami kluczowymi i informacjami o ich atrakcyjności i wykonalności w kontekście województwa podlaskiego. Technologie z obszaru medycyny (*nanomateriały i nanopokrycia w sprzęcie medycznym* (T20), *nanotechnologie warstw wierzchnich do zastosowań biomedycznych* (T21), *materiały kompozytowe na stałe wypełnienia stomatologiczne* (T17)) okazały się być technologiami o najwyższym bądź jednym z wyższych, średnim poziomie gotowości technologicznej, a równocześnie silnie wpływały na rozwój pozostałych technologii kluczowych, a także na swój wzajemny rozwój. Technologie priorytetowe z pozostałych obszarów (*budownictwo i konstrukcje* (T31), *przemysł drzewny* (T3), *przemysł odzieżowy* (T24), *przemysł maszynowy i transport* (T38)), z uwagi na osiągnięte wyniki TRL, siły wpływu i/lub poziom atrakcyjności wykonalności uzupełniły wybrany zbiór.

W wyniku realizacji metody mapowania technologii przedstawiono nie tylko relacje pomiędzy technologiami, ale też te pomiędzy związanymi z nimi jednostkami (ośrodkami naukowo-badawczymi oraz wytwórcami/producentami) i osobami. Relacje te oparto na wspólnym obszarze zainteresowań, prezentując relacje w obrębie ośrodków, w obrębie

wytwórców/producentów oraz w obrębie obu grup. Najslabsze relacje wskazywały na zainteresowanie technologiami z tego samego obszaru, a silniejsze o zainteresowaniu większą liczbą tych samych technologii. Mapy odzwierciedlają istniejące i/lub potencjalne sieci współpracy.

W obrębie marszrut rozwoju nanotechnologii przedstawiono konceptualizację i operacjonalizację zagadnienia. Najwięcej miejsca poświęcono szczegółowym rezultatom oceny w trzech perspektywach czasowych: 2012-2014, 2015-2017 oraz 2018-2020 czterech warstw marszrut: (1) zasobów (z podziałem na ludzkie, rzeczowe, finansowe), (2) sfery B+R (z podziałem na badania podstawowe, prace wdrożeniowe, kierunki rozwoju), (3) obszarów potencjalnych zastosowań oraz (4) przedstawionego rozwoju technologii w czasie.

Wyodrębnione w ramach prac projektowych priorytetowe technologie zostały wpisane w cztery scenariusze rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim w perspektywie 2020 roku, których osnowę tworzyły: potencjał badawczo-rozwojowy dla nanotechnologii ora regionalne sieci współpracy podmiotów: biznes, nauka, administracja.

W opinii wiodących ekspertów, w warunkach wysokiego potencjału badawczo-rozwojowego dla nanotechnologii oraz efektywnych regionalnych sieci współpracy podmiotów: biznes, nauka, administracja, bardzo wysokie szanse rozwojowe ma aż pięć spośród siedmiu technologii priorytetowych, czyli *nanotechnologie dla narzędzi tnących i przetwórstwa drewna* (T3), *materiały kompozytowe na stałe wypełnienia stomatologiczne* (T17), *nanomateriały i nanopokrycia w sprzęcie medycznym* (T20), *nanotechnologie warstw wierzchnich do zastosowań biomedycznych* (T21), *technologie proszkowe do wykorzystania w przetwórstwie tworzyw sztucznych, kompozycji farb i lakierów* (T31). Potencjał rozwojowy nanotechnologii związanej z tkaninami specjalnymi np. *materiały opatrunkowe* (T24) oraz *technologie nanostrukturyzacji metali i stopów lekkich w szczególności oparte na metodach dużego odkształcenia plastycznego* (T38) został oceniony jako wysoki.

W trzech kolejnych scenariuszach sytuacja zmienia się diametralnie. W warunkach wysokiego potencjału badawczo-rozwojowego dla nanotechnologii oraz nieefektywnych sieci współpracy podmiotów: biznes, nauka, administracja wysokie szanse rozwoju – zdaniem

ekspertów – mają jedynie *nanotechnologie związane z tkaninami specjalnymi np. materiały opatrunkowe* (T24). Szanse rozwoju: *nanotechnologii dla narzędzi tnących i przetwórstwa drewna* (T3), *materiałów kompozytowych na stałe wypełnienia stomatologiczne* (T17) oraz *nanotechnologii warstw wierzchnich do zastosowań biomedycznych* (T21) ocenione na poziomie średnim. Z kolei szanse rozwoju *technologie proszkowe do wykorzystania w przetwórstwie tworzyw sztucznych, kompozycji farb i lakierów* (T31) oraz *technologie nanostrukturyzacji metali i stopów lekkich w szczególności opartych na metodach dużego odkształcenia plastycznego* (T38) oceniono na poziomie niskim. W warunkach nieefektywnych sieci współpracy podmiotów oraz niskiego potencjału badawczo-rozwojowego dla nanotechnologii szanse rozwoju technologii zostały ocenione na poziomie bardzo niskim, z wyjątkiem *nanomateriałów i nanopokryć w sprzęcie medycznym* (T20), której szanse zostały ocenione na poziomie niskim.

Z racji tego, że największe szanse rozwoju nanotechnologie mają w warunkach wysokiego potencjału badawczo-rozwojowego dla nanotechnologii oraz efektywnych regionalnych sieci współpracy podmiotów: biznes, nauka, administracja, główne cele projektu podlaskiej strategii rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim powinny koncentrować się na działaniach na rzecz budowania i wzmacniania potencjału badawczo-rozwojowego dla nanotechnologii, jak również na aktywności ukierunkowanej na budowanie efektywnych regionalnych sieci współpracy podmiotów: biznes, nauka, administracja.

Dobrym przykładem budowania potencjału jest utworzenie Centrum Syntezy i Analizy-BioNanoTechno Uniwersytetu w Białymstoku, czy też zaliczenie nanotechnologii do preferowanych branż w Białostockim Parku Naukowo-Technologicznym.

Rozwój efektywnych sieci współpracy może być istotnie wsparty koncepcją potrójnej spirali (*triple helix concept*), [72] bądź jej modyfikacji, poczwórnej spirali (*quadruple helix concept*) bądź wręcz zwielokrotnionej spirali [29]. Celem tej koncepcji jest podkreślenie funkcji inwestycji w mechanizmy transferu innowacji w sektorach wysokich technologii uwypuklając role: uniwersytetów i technologicznej infrastruktury, przedsiębiorstw i innowacji, instytucji rządowych i samorządowych oraz społeczeństwa obywatelskiego.

Wnioski z analizy megatrendów wpływających na rozwój nanotechnologii skonfrontowanej z potencjałem województwa pozwalają na zaryzykowanie hipotezy zakładającej, że w województwie podlaskim istnieje potencjał zastosowania nanotechnologii w branżach przetwórstwa rolno-spożywczego, branży drzewnej, bieliźniarskiej, maszynowej, medycznej [37]. Na podstawie badań przeprowadzonych przez członków Kluczowego Zespołu Badawczego mających na celu między innymi ocenę poziomu zastosowania nanotechnologii w poszczególnych gałęziach przemysłu w województwie, można stwierdzić, że największe zainteresowanie nanotechnologiami przejawiają branże: medyczna, wyrobów gumowych i tworzyw sztucznych oraz sektor rolno-spożywczy. Planowane do wykorzystania nanotechnologie, to między innymi: (1) nanomateriały i nanopowłoki w sprzęcie medycznym, (2) materiały kompozytowe na stałe wypełnienia stomatologiczne, (3) nanotechnologie warstw wierzchnich do zastosowań biomedycznych (branża medyczna), (4) technologie proszkowe do wykorzystania w przetwórstwie tworzyw sztucznych, kompozycji farb i lakierów (branża wyrobów gumowych i tworzyw sztucznych) oraz (5) nanowarstwowe powłoki antybakteryjne dla aparatury produkcyjnej przemysłu spożywczego, jak również (6) nanotechnologie w produkcji opakowań żywności (sektor rolno-spożywczy).

Województwo podlaskie wpisuje się również bez wątpienia w megatrend starzenia się społeczeństwa, stąd skoncentrowanie działalności naukowej i gospodarczej na działaniach

mających na celu złagodzenie skutków tego procesu może być szansą na zmianę postrzegania województwa podlaskiego. Rosnący popyt na wyroby medyczne, ugruntowana pozycja producentów sprzętu medycznego, dostęp do kadry akademickiej, potencjalna możliwość korzystania z nowoczesnych laboratoriów nanotechnologicznych w ramach Białostockiego Parku Naukowo-Technologicznego wydaje się stwarzać dogodne warunki do badań nad nanotechnologiami.

Uzyskane efekty – metody mapowania technologii oraz metody marszrut rozwoju technologii – w pierwszej kolejności posłużą jako wkład do opracowania projekcji *Regionalnej strategii rozwoju nanotechnologii*. Zaprezentowane rezultaty prac badawczych mogą stanowić także autonomiczne kompendium wiedzy na temat metodyki mapowania technologii oraz marszrut rozwoju technologii przydatne dla realizatorów przyszłych badań foresightowych.

Rezultaty prac z zakresu wpływu megatrendów na potencjalny rozwój nanotechnologii, identyfikują kierunki przemian społecznych, gospodarczych, środowiskowych, politycznych i kulturowych obejmujące znaczny układ czasowo-przestrzenny oraz wskazują na szanse zaistnienia województwa podlaskiego w tym układzie.

Autorzy wyrażają przekonanie, że prezentowane w monografii wyniki badań powinny stanowić istotną przesłankę w kształtowaniu polityki innowacyjnej i strategii rozwoju województwa podlaskiego.

Załącznik 1. Karty oceny technologii priorytetowych wraz z mapami lokalizacyjnymi

obszar: MEDYCYNĄ

kategoria: NANOWARSTWY DLA MEDYCYNY

T20 NANOMATERIAŁY I NANOPOKRYCIA W SPRZĘCIE MEDYCZNYM

Krótką charakterystyka technologii

Warstwy z materiału nanokrystalicznego na powierzchni drugiego materiału. Najczęściej stosowane to: warstwy diamentopodobne i warstwy hydroxyapatytu.

Cel stosowania technologii

Poprawa biokompatybilności materiału i zwiększenie jego odporności na ścieranie i korozję.

Przykłady obecnego zastosowania

Implanty medyczne nie powodujące alergii i odczynów zapalnych, narzędzia skrawające, mechanika precyzyjna, części maszyn i urządzeń.

Niezbędne wyposażenie laboratorium

reaktory do nakładania warstw diamentopodobnych

aparatura do badań struktury warstw

aparatura do badania ich biogodności

aparatura laserowa do nakładania warstw hydroxyapatytu

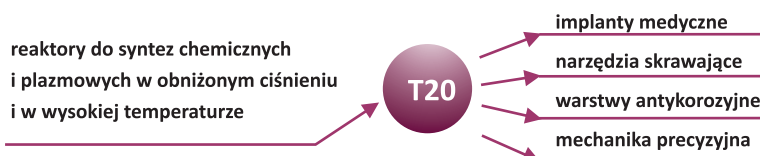
reaktory plazmowe

reaktory do procesów typu CVD

komponenty technologii NANOMATERIAŁY I NANOPOKRYCIA W SPRZĘCIE MEDYCZNYM

T20

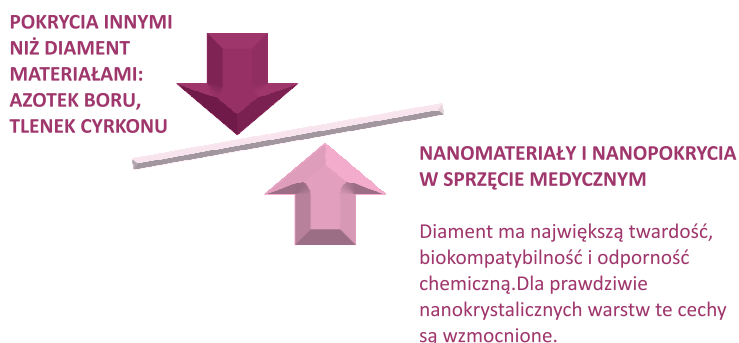
Determinanty technologii T20 i technologie zależne od T20 w bezpośredniej ocenie eksperckiej



Korzyści i bariery rozwoju technologii T20

+	-
biokompatybilność	fragmentacja rynku
brak niepożądanych efektów implantów	
ochrona przed korozją	ostra konkurencja gotowych wyrobów z innych krajów
zwiększona trwałość narzędzi, zmniejszenie tarcia	
zwiększona odporność na korozję poprawa jakości ciętych elementów – zmniejszenie braków	

Alternatywne technologie i ewentualna przewaga technologii T20



Eksperti z zakresu technologii T20

prof. dr hab. inż. Jan Ryszard Dąbrowski
 dr hab. inż. Małgorzata Grądzka-Dahlke
 prof. dr hab. inż. Adam Mazurkiewicz
 prof. dr hab. Stanisław Feliks Mitura
 dr inż. Szczepan Piszczatowski
 prof. dr hab. inż. Tadeusz Wierzchoń

Wykaz podstawowej literatury związanej z technologią T20

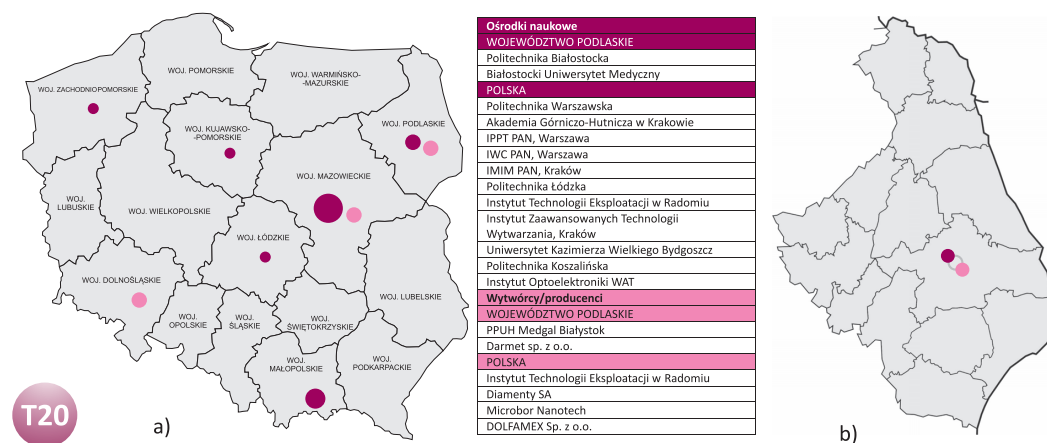
S. Mitura, *Nanodiamonds*, "Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering", t. 24, nr 1, 2007, s. 166-171
 J. Grabarczyk, D. Batory, P. Louda, P. Couvrat, I. Kotela, K. Bakowicz-Mitura, *Carbon coatings for medical implants*, "Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering", nr 20, 2007, s. 107-110

- A. Szulc., E. Mosińska, *Warstwy diamentowe otrzymane metodą HF CVD o zróżnicowanej morfologii, metody weryfikacji otrzymanych warstw oraz ich zastosowanie*, „Ochrona przed Korozją”, nr 10, 2011, s. 597-601
- Lei Yang, B. W. Sheldon, T. J. Webster, *Orthopedic nano diamond coatings: Control of surface properties and their impact on osteoblast adhesion and proliferation*, “Journal of Biomedical Research”, t. 91A, nr 2, 2009, s. 548-556
- S. J. Askari, G. C. Chen, F. Akhtar, F. X. Lu, *Adherent and low friction nano-crystalline diamond film grown on titanium using microwave CVD plasma*, „Diamond and Related Materials”, nr 17, 2009, s. 294-299

Krajowe i/lub unijne regulacje dotyczące technologii T20

norma PN-EN 45502-2-3:2010

Mapy lokalizujące wyróżnione przez ekspertów ośrodki naukowe oraz wytwórców/producentów zajmujących się technologią *Nanomateriały i nanopakrycia w sprzęcie medycznym (T20)*: (a) w Polsce; (b) w województwie podlaskim



Źródło: opracowanie A. Gudanowska.

T17 MATERIAŁY KOMPOZYTOWE NA STAŁE WYPEŁNIENIA STOMATOLOGICZNE

Krótką charakterystyka technologii

Materiały kompozytowe na bazie polimerowej (modyfikowane żywice akrylowe) z napełniaczami proszkowymi, z udziałem nanoproszków, o obniżonym skurczu polimeryzacyjnym i znakomitych charakterystykach tribologicznych.

Cel stosowania technologii

Stałe wypełnienia stomatologiczne.

Przykłady obecnego zastosowania

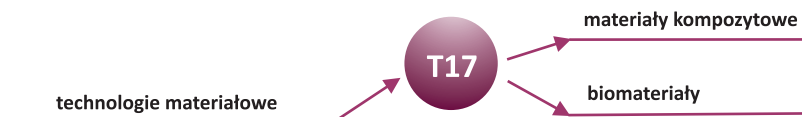
Stałe wypełnienia stomatologiczne.

Niezbędne wyposażenie laboratorium

aparatura do przygotowania materiałów kompozytowych

aparatura do testowania materiałów kompozytowych

Determinanty technologii T17 i technologie zależne od T17 w bezpośredniej ocenie eksperckiej



Korzyści i bariery rozwoju technologii T17

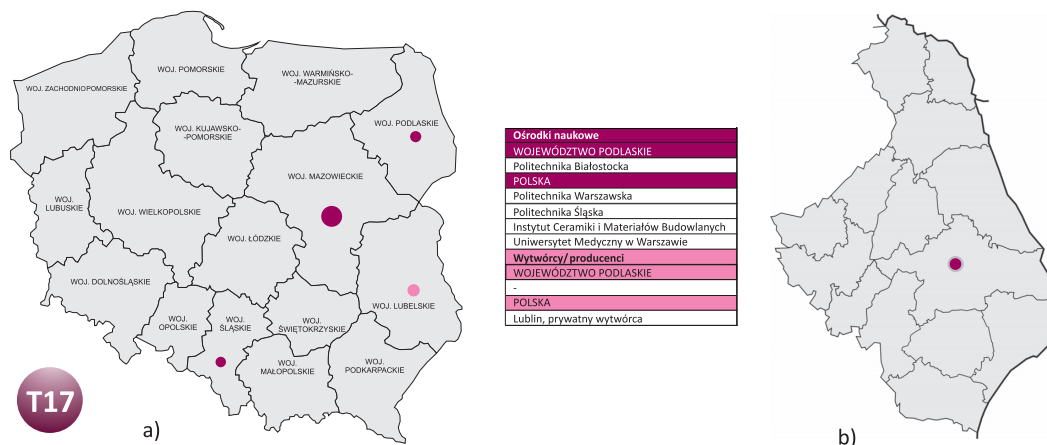
+	-
wprowadzenie produktów krajowych	konkurencja koncernów zagranicznych
korzystne cechy biofunkcjonalne (między innymi charakterystyki tribologiczne)	brak producentów regionalnych
konkurencyjna cena	

- E. A. Glasspoole, Erickson R. L., Davidson C. L., *A fluoride-releasing composite for dental applications*, "Dent Mater", nr 17, 2001, s. 127-133
- S. Klapdohr, Moszner N., *New inorganic components for dental filling composites*, "Monatshefte für Chemie", nr 136, 2005, s. 21-45
- Y. Li, Swartz M.L., Philips R.W., More B.K., Roberts T.A., *Effect of filler content and size on properties of composites*, "J Dent Res", nr 64, 1985, s. 1396-1401
- J. Mystkowska, Dąbrowski J.R., *Badania uwalniania fluoru ze stałych wypełnień stomatologicznych*, „Inżynieria Biomateriałów”, nr 58-60, 2006, s. 166-169
- J. Mystkowska, Dąbrowski J.R., *Mechanical and physicochemical characteristic of selected materials for dental fillings*, "Inżynieria Materiałowa", nr 3-4, 2007, s. 304-308
- J. Mystkowska, Dąbrowski J.R., *Wpływ procesu tarcia na strukturę materiałów kompozytowych na stałe wypełnienia stomatologiczne*, „Inżynieria Biomateriałów”, nr 69-72, 2007, s. 26-29
- J. Mystkowska, Dąbrowski J.R., *Wpływ wybranych wypełniaczy proszkowych na właściwości tribologiczne kompozytowych materiałów na wypełnienia stomatologiczne*, „Nowoczesny Technik Dentystyczny”, 2006, s. 165-169
- J. Mystkowska, *Charakterystyka wybranych właściwości materiałów kompozytowych na stałe wypełnienia stomatologiczne*, „Inżynieria Biomateriałów”, nr 69-72, 2007, s. 22-25
- J. Mystkowska, Rokicki G., Sidun J., Dąbrowski J.R., *Mechanical and physicochemical properties of some originally made composite materials for dental fillings*, "Solid State Phenomena", nr 165, 2010, s. 142-146
- J. Mystkowska, Dąbrowski J.R., *Charakterystyki tribologiczne układu kinematycznego zęb – materiał kompozytowy na stałe wypełnienia stomatologiczne*, „Eksploracja i Niezawodność”, nr 3, 2010, s. 4-9.
- J. Mystkowska, *Mechanical and physicochemical properties of Tetric EvoCeram-dental composite material*, "Solid State Phenomena", nr 147-149, 2009, s. 807-812
- J. Mystkowska, Marczuk-Kolada G., Leszczyńska K., Dąbrowski J.R., Karaś J., *Fluoride release and antibacterial activity of self-made composite materials for dental fillings*, "Solid State Phenomena", nr 147-149, 2009, s. 801-806
- J. Mystkowska, *Fluoride release from composite materials for dental fillings*, "Solid State Phenomena", nr 44, 2009, s. 27-32
- J. Mystkowska, Dąbrowski J.R., *The influence of selected powder fillers on the tribological properties of composite materials for dental fillings*, "Solid State Phenomena", nr 144, 2009, s. 33-38
- J. Mystkowska, Niewczas A., Kordos P., Dąbrowski J.R., *Fatigue stress resistance of some composite materials for dental fillings*, "Journal of Vibroengineering", nr 11(4), 2009, s. 717-724
- J. Mystkowska, Dąbrowski J.R., *Wpływ obciążeń dynamicznych na uwalnianie fluoru z materiałów kompozytowych na stałe wypełnienia stomatologiczne*, „Twój Przegląd Stomatologiczny”, 2008, s. 158-163
- E. Sajewicz, *On evaluation of wear resistance of tooth enamel and dental materials*, "Wear", nr 260, 2006, s. 1256-1261
- E. Sajewicz, Kulesza Z., *A new tribometer for friction and wear studies of dental materials and hard tooth tissues*, "Tribol Int", nr 40, 2007, s. 885-895
- J. Siejka-Kulczyk, Mystkowska J., Lewandowska M., Dąbrowski J.R., Kurzydłowski K.J., *The influence of nano-silica on the wear-resistance of ceramic-polymer composites intended for dental fillings*, "Solid State Phenomena", nr 151, 2009, s. 135-138
- M. Szafran, Bobryk E., Szczęśna B., *Wpływ dodatku nanowypełniacza na właściwości mechaniczne i tribologiczne kompozytów ceramiczno-polimerowych do zastosowań stomatologicznych*, „Kompozyty”, t. 6, nr 3, 2006, s. 83-87

Krajowe i/lub unijne regulacje dotyczące technologii T17

- specyficzne regulacje dotyczące materiałów do aplikacji medycznej – wprowadzanie do obrotu i do używania wyrobów — w rozumieniu i na zasadach określonych w ustawie z dnia 20 maja 2010 r. o wyrobach medycznych (Dz. U. nr 107, poz. 679), Urząd Rejestracji Produktów Leczniczych, Wyrobów Medycznych i Produktów Biobójczych
- Norma PN-EN ISO 4049:2000. Stomatologia. Polimerowe materiały do wypełnień, odbudowy i cementowania

Mapy lokalizujące wyróżnione przez ekspertów ośrodki naukowe oraz wytwórców/producentów zajmujących się technologią *Materiały kompozytowe na stałe wypełnienia stomatologiczne (T17)*: (a) w Polsce; (b) w województwie podlaskim



Źródło: opracowanie A. Gudanowska.

T31 TECHNOLOGIE PROSZKOWE DO WYKORZYSTANIA W PRZETWÓRSTWIE TWORZYW SZTUCZNYCH, KOMPOZYCJI FARB I LAKIERÓW

Krótką charakterystyka technologii

Malowanie farbami proszkowymi polega na nakładaniu farby proszkowej o wielkości cząstek 10–100 um na powłokę najczęściej metalową, techniką natrysku elektrostatycznego. Uzyskuje się w ten sposób powłoki do grubości 180 um. Podawanie farby jest wspomagane sprężonym powietrzem, które dodatkowo wykorzystuje się do upłynnienia proszku. Podczas procesu farba nabiera cech materiału ciekłego, gdzie zawiesina proszku w powietrzu staje się mieszaniną łatwą do nałożenia. Naelektryzowane cząstki farby proszkowej, przywierają równomiernie do powierzchni pokrywanych przedmiotu. Następnie farba jest utwardzana w temperaturze od 180 do 200°C lub promieniami UV.

Cel stosowania technologii

Nanododatki mogą korzystnie wpływać na właściwości mechaniczne poprzez poprawę twardości, giętkości czy odporności na uderzenia. Ponadto, redukują zażółcanie powłok białych, co korzystnie wpływa na właściwości optyczne.

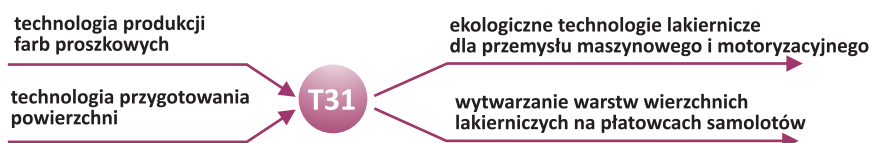
Przykłady obecnego zastosowania

Malowanie karoserii samochodowych, ram rowerowych, sprzętu sportowego i rehabilitacyjnego, profili, blach, grzejników, rynien, obudów sprzętu elektromechanicznego i elektronicznego.

Niezbędne wyposażenie laboratorium

kabina natryskowa
pistolet natryskowy
piec
kolorymetr
połyskomierz
mikroskop do analizy struktury powierzchni
analizator wielkości cząstek

Determinanty technologii T31 i technologie zależne od T31 w bezpośredniej ocenie eksperckiej

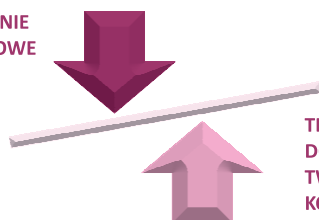


Korzyści i bariery rozwoju technologii T31

+	-
poprawa właściwości wytrzymałościowych	nakłady inwestycyjne na zbudowanie instalacji do malowania proszkowego
zwiększenie odporności na uderzenia	ograniczenie wielkości elementów malowanych do rozmiarów komory natryskowej
giętkość i tłoczność nakładanych powłok	technologia jest możliwa do zastosowania dla materiałów odpornych termicznie
poprawa optycznych właściwości materiału (nieuleganie żółczeniu w przypadku powłok białych)	

Alternatywne technologie i ewentualna przewaga technologii T31

MALOWANIE
NATRYSKOWE



TECHNOLOGIE PROSZKOWE
DO WYKORZYSTANIA W PRZETWÓRSTWIE
TWORZYW SZTUCZNYCH,
KOMPOZYCJI FARB I LAKIERÓW

nie zawierają lotnych związków organicznych, więc technologia nie wymaga systemów filtracji i odzysku rozpuszczalników, pozwala uzyskać dużą jednorodność pokrycia przy wysokiej efektywności wykorzystania materiałów

Eksperti z zakresu technologii T31

dr inż. Piotr Barmuta
dr hab. inż. Kazimierz Cywiński
doc. dr inż. Janusz Kozakiewicz
mgr inż. Helena Kuczyńska
dr inż. Bronisław Wiechuła

Najważniejsze patenty związane z technologią T31

- PL1735364 (T3) – Wolne od produktów odszczepienia poliuretanowe farby proszkowe o niskiej temperaturze wypalania
- PL1902104 (T3) – Termoutwardzalne farby proszkowe
- PL333109 (A1) – Kompozycje proszkowe oparte na półkrystalicznych poliestrach i bezpostaciowych poliestrach zawierających metakryloilowe grupy końcowe
- PL333058 (A1) – Kompozycje proszkowe oparte na półkrystalicznych poliestrach i kopolimerach akrylowych zawierających grupy etylenowo nienasycone
- KR101046264 (B1) – Ceramic powder coating composition, steel pipe coated the same and process for preparing the same
- KR101050520 (B1) – Powder coating method of using luminous paint
- KR 20110083777 (A) – Resin powder coating equipment
- KR20110075483 (A) – Polyester powder coatings for rolled wire insect net
- US2011281972 (A1) – Powder coating compositions for low temperature curing and high flow

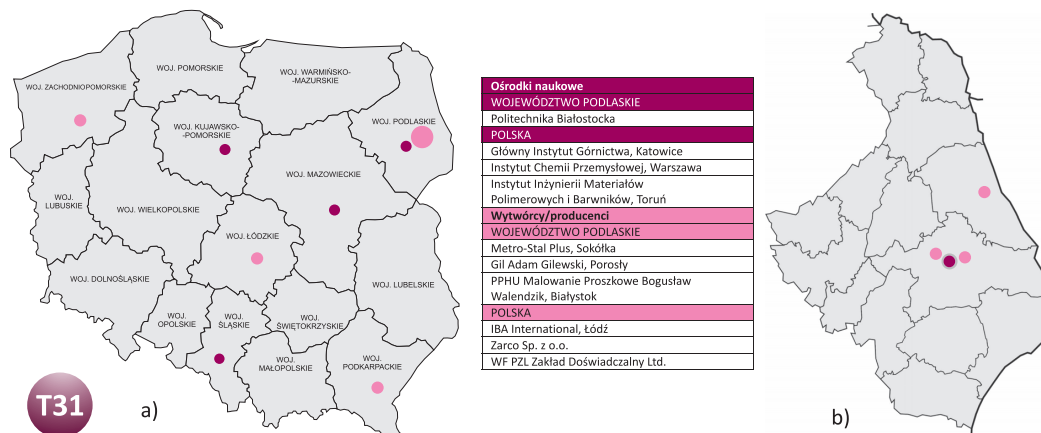
Wykaz podstawowej literatury związanej z technologią T31

- C. Challener, *The survival of powder coatings*, "Focus on Powder Coatings", nr 2, 2009, s. 3-4
- H. Kuczyńska, J. Kozakiewicz, *Farby proszkowe modyfikowane nanocząstkami polimerowymi*, „Ochrona przed Korozją”, nr 12, 2008, s. 440-444
- D. Piazza, D. S. Silvera, N. P. Lorandi, E. J. Birriel, L. C. Scienza, A. J. Zattera, *Polyester-based powder coatings with montmorillonite nanoparticles applied on carbon steel*, "Progress in Organic Coatings", t. 73, nr 1, 2012, s. 42-46
- Q. Huang, H. Zhang, J. Zhu, *Flow properties of fine powders in powder coating*, "Particuology", t. 8, nr 1, 2010, s. 19-27
- J. Fu, M. Krantz, H. Zhang, J. Zhu, H. Kuo, Y. Ming Wang, K. Lis, *Investigation of the recyclability of powder coatings*, "Powder Technology", t. 211, nr 1, 2011, s. 38-45
- G. Merfeld, C. Molaison, R. Koeniger, A. Ersin Acar, S. Mordhorst, J. Suriano, P. Irwin, R. Singh Warner, K. Gray, M. Snith, K. Kovaleski, G. Garrett, S. Finley, D. Meredith, M. Spicer, T. Naguy, *Acid/epoxy reaction catalyst screening for low temperature powder coatings*, "Progress in Organic Coatings", t. 52, nr 2, 2005, s. 98-109
- R. Mafi, S.M. Mirabedini, M.M. Attar, S. Moradian, *Cure characterization of epoxy and polyester clear powder coatings using Differential Scanning Calorimetry and Dynamic Mechanical Thermal Analysis*, "Progress in Organic Coatings", t. 54, nr 3, 2005, s. 164-169
- J. Mardalen, J.E. Lein, H. Bolm, M. Hallenstvet, V. Rekowski, *Time and cost effective methods for testing chemical resistance of aluminium metallic pigmented powder coatings*, "Progress in Organic Coatings", t. 63, nr 1, 2008, s. 49-54

Krajowe i/lub unijne regulacje dotyczące technologii T31

- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 9 listopada 2004 r. w sprawie określenia rodzajów przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko oraz szczegółowych uwarunkowań związanych z kwalifikowaniem przedsięwzięcia do sporządzenia raportu o oddziaływaniu na środowisko, Dz. U. 2004 nr 257 poz. 2573
- PN-E-05204: Ochrona przed elektrycznością statyczną. Ochrona obiektów i instalacji. Wymagania
- PN-EN 1953: Urządzenia do rozpylania i natryskiwania materiałów powłokowych. Wymagania bezpieczeństwa
- PN-EN 50050: Urządzenia elektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem. Sprzęt do ręcznego elektrostatycznego natryskiwania
- PN-EN 50177: Automatyczne instalacje napyłania elektrostatycznego do palnych proszków powlekających
- Dyrektywa 2004/42/UE z 21 kwietnia 2004 r. w sprawie ograniczeń emisji lotnych związków organicznych w wyniku stosowania rozpuszczalników organicznych w niektórych farbach i lakierach oraz produktach do odnawiania pojazdów

Mapy lokalizujące wyróżnione przez ekspertów ośrodki naukowe oraz wytwórców/producentów zajmujących się technologią *Technologie proszkowe do wykorzystania w przetwórstwie tworzyw sztucznych, kompozycji farb i lakierów (T31)*: (a) w Polsce; (b) w województwie podlaskim



Źródło: opracowanie A. Gudanowska.

T21 NANOTECHNOLOGIE WARSTW WIERZCHNICH DO ZASTOSOWAŃ BIOMEDYCZNYCH

Krótką charakterystyka technologii

Nanotechnologie warstw wierzchnich do zastosowań biomedycznych obejmują względnie szeroki wachlarz technologii obróbek powierzchniowych, których celem jest poprawa biogodności i innych cech funkcjonalnych implantów. W tym celu wytwarza się warstwy, tlenkowe, diamentowe (DLC), azotowane, węgloazotowane, tlenowęgloazotowane, hydroksyapatytowe, polimerowe, kompozytowe i inne. Do wykorzystywanych technologii w szczególności zaliczyć należy: anodowanie w celu wytworzenia nanoporowatych warstw tlenkowych, metody PVD i CVD w różnych odmianach np. rozpylanie jonowe, magnetronowe, Plasma-Assisted PVD (PAPVD), Plasma Assisted CVD (PACVD) z użyciem różnych pól fizycznych: mikrofal (MWCVD), fal radiowych (RFCVD), metody hybrydowe np. warstwa dyfuzyjna / powłoka PVD, warstwa azotowana / powłoka PAPVD, warstwa nawęglana / powłoka PVD, metoda hybrydowa PLD / magnetronowa.

Cel stosowania technologii

Poprawa właściwości użytkowych implantów i innych produktów wykorzystywanych w biomedycynie.

Przykłady obecnego zastosowania

Warstwy azotku tytanu (TiN) lub węglika tytanu (TiC) na powierzchni narzędzi skrawających wykonanych z węglików spiekanych; powłoki diamentopodobne (DLC) na stalach.

Niezbędne wyposażenie laboratorium

reaktory PVD/CVD

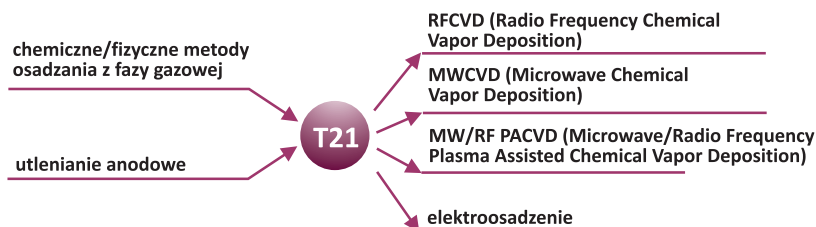
systemy próżniowe

piec jarzeniowy

magnetron

potencjostat wysokonapięciowy

Determinanty technologii T21 i technologie zależne od T21 w bezpośredniej ocenie eksperckiej

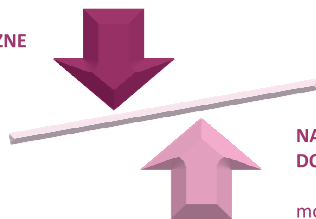


Korzyści i bariery rozwoju technologii T21

+	-
możliwość otrzymania pokryć o właściwościach nieosiągalnych poprzez zastosowanie standartowych metod obróbki powierzchniowej	konieczność zachowania dużej czystości i przestrzegania reżimu technologicznego
korzyści ekonomiczne związane z możliwością zwiększenia trwałości pokrywanych elementów	konieczność wykorzystania specjalistycznej aparatury
technologia bezpieczna dla środowiska z punktu widzenia ekologii	

Alternatywne technologie i ewentualna przewaga technologii T21

METODY
BIOMIMETYCZNE



NANOTECHNOLOGIE WARSTW WIERZCHNICH
DO ZASTOSOWAŃ BIOMEDYCZNYCH

możliwość precyzyjnego sterowania mikro- i nanostrukturą wytwarzanych warstw; dobra przyczepność wytwarzanych warstw do materiału podłoża; możliwość pokrywania implantów o skomplikowanych kształtach

Eksperti z zakresu technologii T21

dr hab. inż. Małgorzata Grądzka-Dahlke
 prof. dr hab. inż. Elżbieta Anna Krasicka-Cydzik
 prof. dr hab. inż. Piotr Jerzy Kula
 prof. dr hab. inż. Bogusław Major
 prof. dr hab. Stanisław Feliks Mitura
 prof. dr hab. inż. Tadeusz Wierzchoń

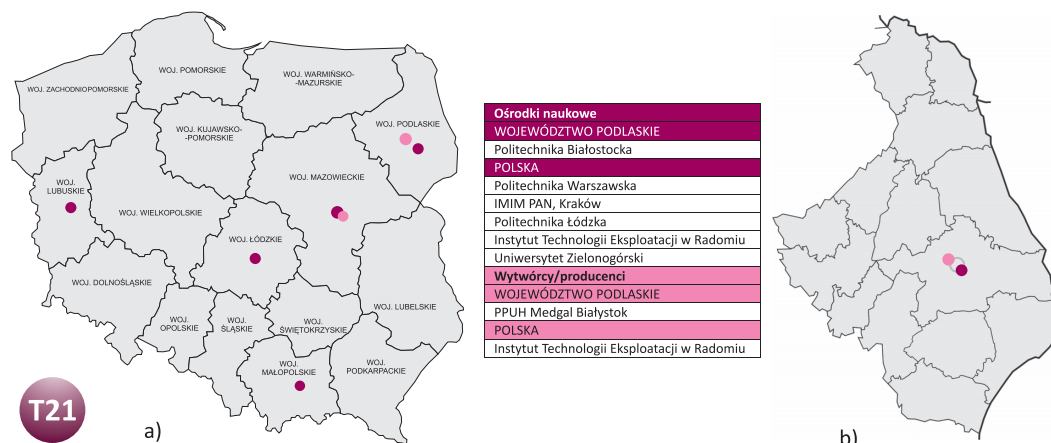
Najważniejsze patenty związane z technologią T21

- P-382736 – Reaktor plazmowy

Wykaz podstawowej literatury związanej z technologią T21

- J.M. Lackner, W. Waldhauser, *Inorganic PVD and CVD Coatings in Medicine A Review of Protein and Cell Adhesion on Coated Surfaces*, "Journal of Adhesion Science and Technology", nr 24, 2010, s. 925-961
- V. Gorokhovskiy, *Characterization of Cascade Arc Assisted CVD Diamond Coating Technology, Part I&II*, "Surface and Coatings Technology", nr 194, 2005
- M. Stoiber i in., *Low-friction TiN coatings deposited by PACVD*, "Surface and Coatings Technology", nr 163-164, 2003, s. 451-456
- P. Roy, S. Berger, P. Schmuki, *TiO₂ nanotubes: Synthesis and applications*, "Angew. Chem. Int. Ed.", nr 50, 2011, s. 2904-2939

Mapy lokalizujące wyróżnione przez ekspertów ośrodki naukowe oraz wytwórców/producentów zajmujących się technologią *Nanotechnologie warstw wierzchnich do zastosowań biomedycznych (T21)*: (a) w Polsce; (b) w województwie podlaskim



Źródło: opracowanie A. Gudanowska.

T3 NANOTECHNOLOGIE DLA NARZĘDZI TNĄCYCH I PRZETWÓRSTWA DREWNA

Krótką charakterystyka technologii

Nanotechnologia dla narzędzi tnących wykorzystywanych do obróbki drewna polega na wytworzeniu metodami z grupy metod PVD, nanostrukturalnych powłok azotków wieloskładnikowych Ti-Al-N, Ti-Cr-Al-N oraz powłok wielowarstwowych Cr-N/Cr-C-N na narzędziach wykonanych ze stali szybko tnącej i z węglików spiekanych.

Cel stosowania technologii

Zwiększenie trwałości narzędzi skrawających wykonanych ze stali szybko tnących oraz z węglików spiekanych, wykorzystywanych do obróbki wiórowej drewna i materiałów drewnopochodnych.

Niezbędne wyposażenie laboratorium

Specyfika technologii PVD powoduje, iż w celu zapewnienia oczekiwanej efektywności ich stosowania wskazana jest kompleksowa realizacja wszystkich etapów technologii w jednym ośrodku technologicznym (centrum technologii plazmowych).

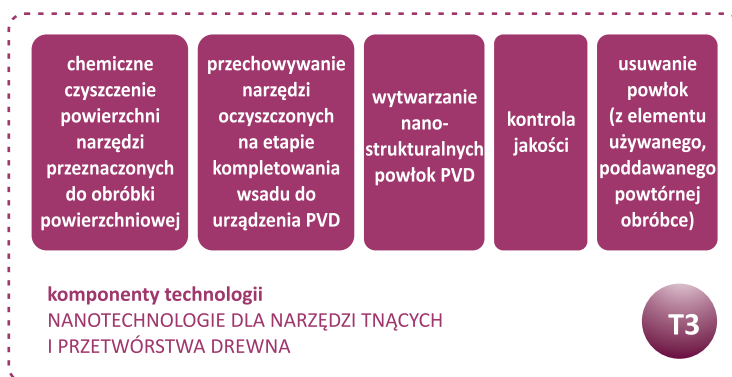
wielokomorowe myjki z generatorami ultradźwięków wykorzystujące media biodegradowalne na bazie roztworów wodnych

komory klimatyczne umożliwiające przechowywanie oczyszczonych elementów przez okres od 24 do 48 godzin bez obawy przed zanieczyszczeniem

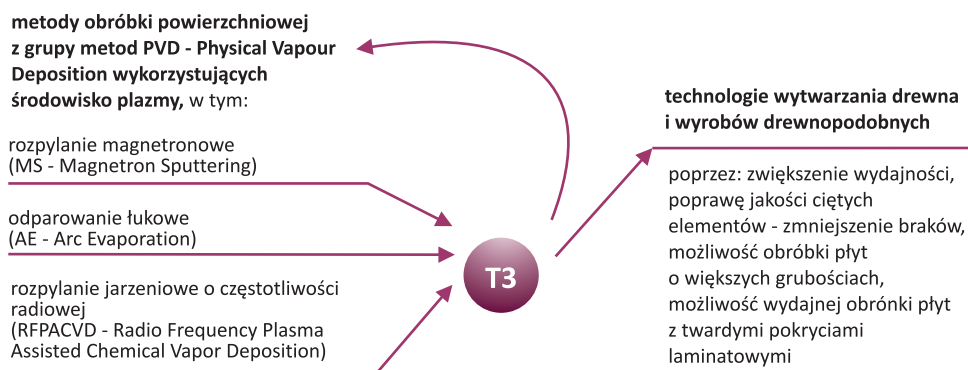
urządzenia do realizacji procesów wytwarzania nanostrukturalnych powłok azotków wieloskładnikowych Ti-Al-N, Ti-Cr-Al-N oraz powłok wielowarstwowych Cr-N/Cr-C-N na narzędziach wykonanych ze stali szybko tnącej i z węglików spiekanych, w skali przemysłowej

aparatura kontrolna do kontroli jakości wytwarzanych powłok w tym: minimum – adhezji, grubości, twardości, chropowatości powierzchni

wanny do realizacji metod rozpuszczania chemicznego nanostrukturalnych powłok azotków wieloskładnikowych Ti-Al-N, Ti-Cr-Al-N oraz powłok wielowarstwowych Cr-N/Cr-C-N



Determinanty technologii T3 i technologie zależne od T3 w bezpośredniej ocenie eksperckiej



Korzyści i bariery rozwoju technologii T3

+	-
zwiększenie wydajności procesów obróbki drewna	efektywna realizacja technologii może mieć miejsce jedynie w specjalistycznych, kompleksowo wyposażonych centrach technologicznych; mała ilość tego typu jednostek w kraju
poprawa jakości ciętych elementów – zmniejszenie braków	
możliwość obróbki płyt o większych grubościach	
możliwość wydajnej obróbki płyt z twardymi pokryciami laminatowymi	konieczność zgromadzenia profesjonalnej kadry technologów
poprawa konkurencyjności krajowych producentów narzędzi oraz przedsiębiorstw branży drzewnej	aprobata związanych z nią technologii wytwórczych może być w społeczeństwie ograniczona

Eksperti z zakresu technologii T3

prof. dr hab. inż. Piotr Jacek Beer

Adam Gilewicz

prof. dr hab. inż. Andrzej Jan Michalski

prof. dr hab. Jerzy Zdzisław Ratajski

dr inż. Bogdan Tadeusz Warcholiński

Najważniejsze patenty związane z technologią T3

- 6716483 – Methods for cutting articles containing at least a substantial amount of wood
- 20090120241 – Cutting tool and also a method for the manufacture of a cutting tool

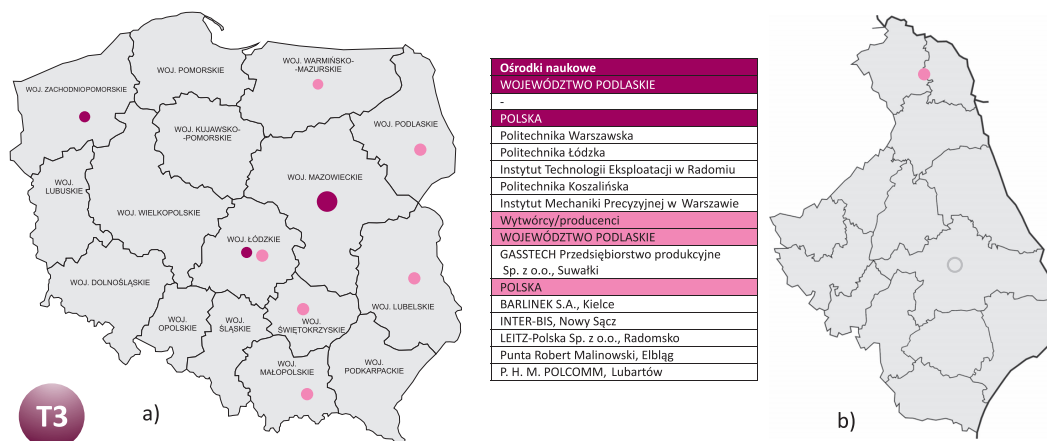
Wykaz podstawowej literatury związanej z technologią T3

Ch. Labidi, R. Collet, C. Nouveau, P. Beer, S. Nicosia, M.A. Djouadi, *Surface treatments of tools used in industrial wood machining*, "Surface and Coatings Technology", nr 200, 2005, s. 118-122

J. Kaminski, Rudnicki J., Nouveau C., Savan A., Beer P., *Resistance to electrochemical corrosion of CrXNY-and DLC-coated steel tools in the environment of wet wood*, "Surface and Coatings Technology", nr 200, 2005, s. 83-86

- P. Beer, *In situ examinations of the friction properties of chromium coated tools in contact with wet wood*, "Tribology Letters", nr 18 (3), 2005, s. 373-376
- P. Beer, Rudnicki J., Ciupinski L., Djouadi M.A., Nouveau C., *Modification by composite coatings of knives made of low alloy steel for wood machining purposes*, "Surface and Coatings Technology" nr 174-175, 2003, s. 434-439
- C. Nouveau, Djouadi M.A., Decès-Petit C., Beer P., Lambertin M., *Influence of CrxNy coatings deposited by magnetron sputtering on tool service life in wood processing*, "Surface and Coatings Technology", nr 142-144, 2001, s. 94-101
- M. A. Djouadi, Nouveau C., Beer P., Lambertin M., *Cr_xNy hard coatings deposited with PVD method on tools for wood machining*, "Surface and Coatings Technology", nr 133-134, 2000, s. 478-483
- C. Nouveau, Djouadi M.A., Lambertin M., Beer P., *Characterization of triode sputtered chromium nitride coatings for wood machining application*, Le Vide, nr 297-3/4, 2000, s. 279-282
- C. Labidia, R. Colleta, C. Nouveua, P. Beerb, S. Nicosiac, M.A. Djouadid, *Surface treatments of tools used in industrial wood machining*, "Surface and Coatings Technology", nr 200, 2005, s. 118-122
- M. A. Djouadi, U. C. Nouveau, P. Beer, M. Lambertin, *Cr N hard coatings deposited with PVD method on tools for xy wood machining*, "Surface and Coatings Technology", nr 133-134, 2000, s. 478-483
- A. Gilewicz, B. Warcholinski, P. Myslinska, W. Szymanski, *Anti-wear multilayer coatings based on chromium nitride for wood machining tools*, "Wear", nr 270, 2010, s. 32-38
- B. Warcholinski, A. Gilewicz, *Multilayer coatings on tools for woodworking*, „Wear”, no 271, 2011, s. 2812-2820
- B. Warcholinski, A. Gilewicz, J. Ratajski, *Cr₂N/CrN multilayer coatings for wood machining tools*, "Tribology International", nr 44, 2011, s. 1076-1082
- J. Ratajski i in., *Hard coatings for woodworking tools – a review*, "Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering", t. 37, nr 2, 2009, s. 668-674
- W. Szymański, A. Gilewicz, G. Pinkowski, P. Beer, *Durability of blades covered by multilayer anti-wear coatings during wood milling*, "Forestry and Wood Technology", nr 69, 2009, s. 353-357

Mapy lokalizujące wyróżnione przez ekspertów ośrodki naukowe oraz wytwórców/producentów zajmujących się technologią Nanotechnologie dla narzędzi tnących i przetwórstwa drewna (T3): (a) w Polsce; (b) w województwie podlaskim



Źródło: opracowanie A. Gudanowska.

T24 NANOTECHNOLOGIE ZWIĄZANE Z TKANINAMI SPECJALNYMI NP. MATERIAŁY OPATRUNKOWE

Krótką charakterystyka technologii

Proponowana technologia dotyczy wytwarzania z wykorzystaniem metody elektrospinięcia tkanin oraz membran z modyfikowanych mikrowłókien i nanowłókien polimerowych. Elektrospinięcie jest obecnie najskuteczniejszą metodą wytwarzania nanowłókien polimerowych. Metoda polega na przędzeniu włókien w polu elektrostatycznym z roztworu polimeru w rozpuszczalniku. Odpowiednio dobierając parametry procesu oraz kompozycje polimer/roztwór możliwe jest wytwarzanie włókien poniżej 100 nm średnicy, o różnej morfologii powierzchni (np. włókien porowatych). Sterując parametrami procesu jest możliwe otrzymywanie tkanin o różnej gęstości włókien, jak również tkanin składających się z warstw o różnej średnicy, morfologii i gęstości, a więc o różnych właściwościach. W procesie elektroprzędzenia możliwe jest modyfikowanie wytwarzanych włókien nanocząstkami, co ma na celu otrzymanie nowych właściwości. Produkowane tkaniny w zależności od potrzeb oraz rodzaju zastosowanego polimeru, średnicy włókien, ich morfologii oraz modyfikacji mogą mieć właściwości bakterioobójcze, antyodorowe, hydrofobowe lub hydrofilowe bądź właściwości wspomagające leczenie. Tkaniny membrany produkowane z nanowłókien pozwalają na wytwarzanie odzieży wodoodpornej z jednoczesnym zapewnieniem wymiany powietrza.

Cel stosowania technologii

Materiały opatrunkowe zapobiegające zakażeniom bakteryjnym, materiały z zaimplementowanym lekiem przyspieszające leczenie, materiały specjalne np. zatrzymujące wilgoć, hamujące rozwój bakterii powodujących przykry zapach, materiały niepalne, materiały utrzymujące temperaturę, materiały wysoko „oddychające”.

Przykłady obecnego zastosowania

Tkaniny o działaniu antybakteryjnym dla przemysłu odzieżowego, materiały stosowane w przemyśle sportowym (np. kostiumy pływackie, obuwie do biegania, odzież turystyczna, odzież wojskowa).

Niezbędne wyposażenie laboratorium

mikroskop skaningowy do obserwacji powierzchni włókien

mikroanalizator rentgenowski EDX do jakościowej i ilościowej analizy chemicznej składu powierzchni

mikroskop sił atomowych (AFM) do uzyskania topografii powierzchni włókien

analizator wielkości cząstek

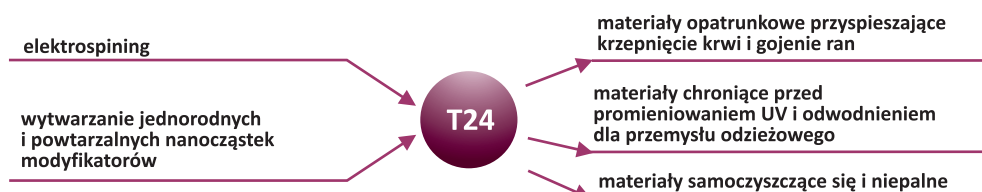
elektrospinięcie

nanomodyfikatory
(w zależności
od zastosowania)

komponenty technologii
NANOTECHNOLOGIE ZWIĄZANE
Z TKANINAMI SPECJALNYMI
NP. MATERIAŁY OPATRUNKOWE

T24

Determinanty technologii T24 i technologie zależne od T24 w bezpośredniej ocenie eksperckiej



Korzyści i bariery rozwoju technologii T24

+	-
<p>uruchomienie produkcji wysoce funkcjonalnych tkanin na potrzeby przemysłu opatrunkowego i odzieżowego, będących w kręgu zainteresowania producentów odzieży sportowej, odzieży do zastosowań specjalnych, producentów materiałów medycznych oraz wojska czy policji</p>	<p>trudności w stosowaniu tych samych komercyjnych urządzeń do elektrospiningu włókien z różnych materiałów</p> <p>brak komercyjnych urządzeń do elektrospiningu na skalę przemysłową</p> <p>wysokie zużycie rozpuszczalników w procesie elektrospiningu</p>

Alternatywne technologie i ewentualna przewaga technologii T24



Eksperti z zakresu technologii T24

dr inż. Wiesława Maria Bendkowska
 prof. dr hab. inż. Halina Podbielska
 prof. dr hab. inż. Franciszek Edward Rybicki
 dr Agnieszka Wilczewska

Najważniejsze patenty związane z technologią T24

- PL1751338 (T3) – Włókna, włókniny i wyroby zawierające nanowłókna wytwarzane z polimerów o wysokiej temperaturze zeszklenia
- PL1738006 (T3) – Wyroby zawierające nanowłókna do stosowania jako bariery
- US20080738220 20081015 – Aromatic polyamide nanofiber and fiber structure containing the same
- US20080522028 20080104 – Production of nanofibers and products comprised thereof
- US20060814706P 20060616 – Multiphasic biofunctional nano-components and methods for use thereof
- WO08100163 – Method of manufacturing silver nanoparticles, cellulosic fibers and nanofibers containing silver nanoparticles, fibers and nanofibers containing silver nanoparticles, use of silver nanoparticles to the manufacture of cellulosic fibers and nanofibers, and wound dressing containing silver nanoparticles

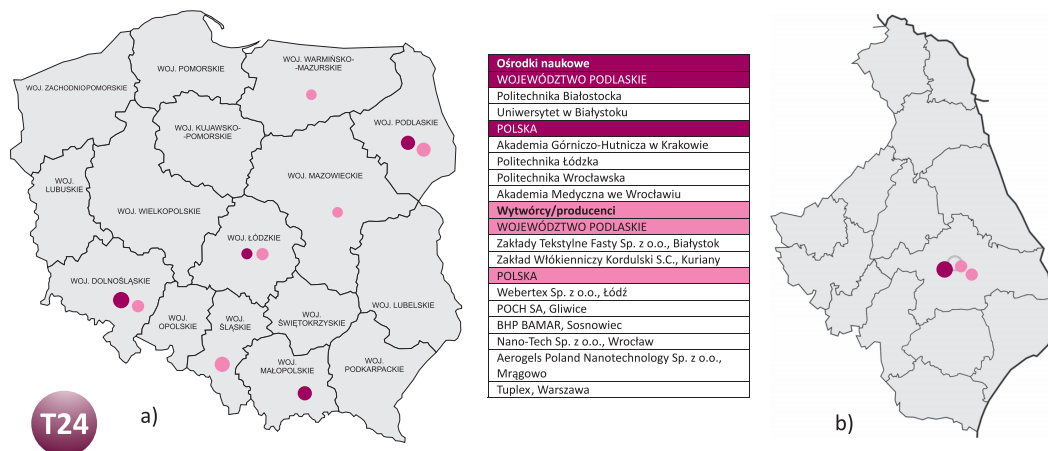
Wykaz podstawowej literatury związanej z technologią T24

- W. Bendkowska, *Zastosowanie nanotechnologii w przemyśle włókienniczym*, „Przegląd Włókienniczy”, nr 5, 2003, s. 17-21
- AATCC Test Method 100-2004, Assessment of Antibacterial Finishes on Textile Materials
- Y. T. Cheng, D. E. Rodak, C. A. Wong, C. A. Hayden, *Effects of micro- and nano-structures on the self cleaning behaviour of lotus leaves*, „Nanotechnology”, nr 17, 2006, s. 1359-1362
- Qi Kaihong, Chen Xianqiong, Liu Yuyang, J. H. Xin, C. L. Mak, W. A. Daoud, *Facile preparation of anatase/SiO₂ spherical nanocomposites and their application in self-cleaning textiles*, „J Mater Chem”, nr 17, 2007, s. 3504-3508
- Qi Kaihong, W. A. Daoud, J. H. Xin, C. L. Mak, W. Tang, W. P. Cheung, *Self-cleaning cotton*, „J Mater Chem”, nr 16, 2006, s. 4567-4574
- J. Lellouche, E. Kahana, A. Gedanken, E. Banin, *Banin E. Antibiofilm activity of nanosized magnesium fluoride*, „Biomaterials”, nr 30, 2009, s. 5969-5978
- V. Ilić, Z. Šaponjić, V. Vodnik, B. Potkonjak, P. Jovančić, J. Nedeljković, M. Radetić, *The influence of silver content on antimicrobial activity and color of cotton fabrics functionalized with Ag nanoparticles*, „Carbohydrate Polymers”, t. 78, nr 3, 2009, s. 564-569
- K. Juyoung, K. Soonjo, Ostler Erik, *Antimicrobial effect of silver-impregnated cellulose: potential for antimicrobial therapy*, „Journal of Biological Engineering”, nr 3 (1), 2009, s. 20

Krajowe i/lub unijne regulacje dotyczące technologii T24

- Ustawa z dnia 20 maja 2010 r. o wyrobach medycznych (Dz. U. z 2010 nr 107 poz. 679)
- Dyrektywa 2001/95/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z 3 grudnia 2001 w sprawie ogólnego bezpieczeństwa produktów
- Dyrektywa 93/42/EEC dotycząca wyrobów medycznych

Mapy lokalizujące wyróżnione przez ekspertów ośrodki naukowe oraz wytwórców/producentów zajmujących się technologią Nanotechnologie związane z tkaninami specjalnymi, np. materiały opatrunkowe (T24): (a) w Polsce; (b) w województwie podlaskim



Źródło: opracowanie A. Gudanowska.

T38 TECHNOLOGIE NANOSTRUKTURYZACJI METALI I STOPÓW LEKKICH W SZCZEGÓLNOŚCI OPARTE NA METODACH DUŻEGO ODKSZTAŁCENIA PLASTYCZNEGO

Krótką charakterystyka technologii

Metody dużego odkształcenia plastycznego (*Severe Plastic Deformation – SPD*) opierają się na koncepcji przekształcenia mikrometrycznej struktury ziarnistej konwencjonalnych materiałów metalicznych w strukturę nanometryczną przez reorganizację struktury dyslokacyjnej tworzącej się w wyniku odkształcenia plastycznego. Dla małych wartości odkształcenia defekty generowane w materiale, głównie dyslokacje, rozmieszczone są przypadkowo. Po przekroczeniu pewnego krytycznego odkształcenia ulegają one przegrupowaniu tworząc ściany dyslokacyjne, komórki oraz pasma ścinania. Wraz ze wzrostem wartości odkształcenia zmniejszają się odległości pomiędzy granicami ziaren a w efekcie powstaje struktura złożona z ziaren o nanometrycznych wielkościach i dużych kątach dezorientacji granic ziaren. Rozdrobnienie ziarna do rozmiarów nanometrycznych wpływa na właściwości mechaniczne metalu, a zwłaszcza jego wytrzymałość. Zgodnie z zależnością Halla-Petcha można spodziewać się znacznego wzrostu wytrzymałości materiału wraz ze zmniejszaniem się średniej średnicy ziaren.

Cel stosowania technologii

Rozdrobnienie ziarna i wytworzenie lekkiego materiału o wyższych właściwościach mechanicznych.

Przykłady obecnego zastosowania

Bioinżynieria – protezy i implanty, siatki katalityczne, MEMS, przewody elektryczne, nity.

Niezbędne wyposażenie laboratorium

prasy wraz z układami wspomagającymi (walce, stemple, matryce, układy chłodzące i inne w zależności od metody SPD) – podstawowe wyposażenie

sprzęt do badania właściwości mechanicznych (twardościomierze, maszyny wytrzymałościowe) – opcjonalnie

urządzenia do charakterystyki struktury (mikroskopy TEM, SEM) – opcjonalnie

obróbka matryc,
stempli i wsadów

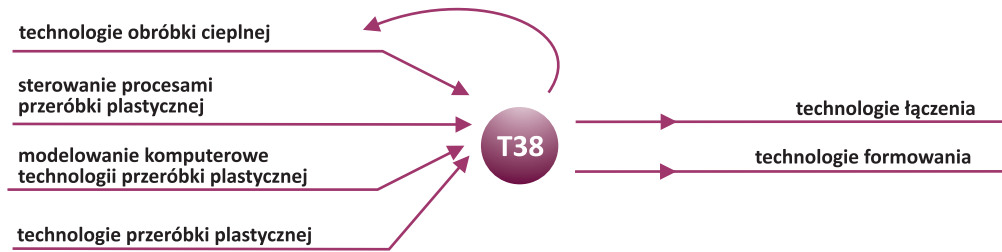
obróbka
powierzchniowa wsadu

kinematyka działania
urządzeń do realizacji
SPD, typy
generowania naprężeń

komponenty technologii
TECHNOLOGIE NANOSTRUKTURYZACJI METALI I STOPÓW LEKKICH
W SZCZEGÓLNOŚCI OPARTE
NA METODACH DUŻEGO ODKSZTAŁCENIA PLASTYCZNEGO

T38

Determinanty technologii T38 i technologie zależne od T38 w bezpośredniej ocenie eksperckiej

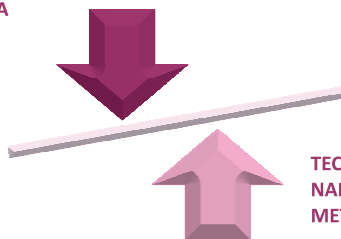


Korzyści i bariery rozwoju technologii T38

+	-
zmniejszenie masy i wymiarów elementów konstrukcyjnych przy zachowaniu ich wysokich właściwości wytrzymałościowych a co za tym idzie zmniejszenie emisji CO ₂ do atmosfery	koszty eksploatacji urządzeń do realizacji procesów SPD
pojawienie się nowych rynków zbytu	małe rozmiary produktów
	niska stabilność termiczna otrzymanych nanometali, problemy z łączeniem tych elementów (nie można ich spawać)
	koszty uruchomienia produkcji
	problemy z chłodzeniem podczas procesów SPD

Alternatywne technologie i ewentualna przewaga technologii T38

**TECHNIKI BOTTOM-UP
(KONSOLIDACJA PLASTYCZNA
NANOPROSZKÓW, HIP),
KRYSZTALIZACJA SZKIEŁ
METALICZNYCH, OSADZANIE
Z FAZY GAZOWEJ CVD, PVD**



**TECHNOLOGIE
NANOSTRUKTURYZACJI
METALI I STOPÓW**

większy zakres obrabianych materiałów, stały skład chemiczny (przy PVD, CVD, konsolidacji proszków można mieć problem z zanieczyszczeniami, które wnukną do materiału, np. utlenianie się powierzchni)

Eksperti z zakresu technologii T38

prof. dr hab. inż. Leopold Adam Berkowski
dr hab. inż. Małgorzata Grądzka-Dahlke
prof. dr hab. inż. Jan Ryszard Dąbrowski
prof. dr hab. inż. Henryk Antoni Dybiec
dr hab. inż. Halina Maria Garbacz
dr inż. Mariusz Kulczyk

prof. dr hab. inż. Małgorzata Anna Lewandowska
dr hab. inż. Grzegorz Jan Niewielski
dr inż. Lech Jan Olejnik
dr Wacław Józef Pachla
prof. dr hab. inż. Zbigniew Pakieła
prof. dr hab. inż. Maria Wiesława Richert

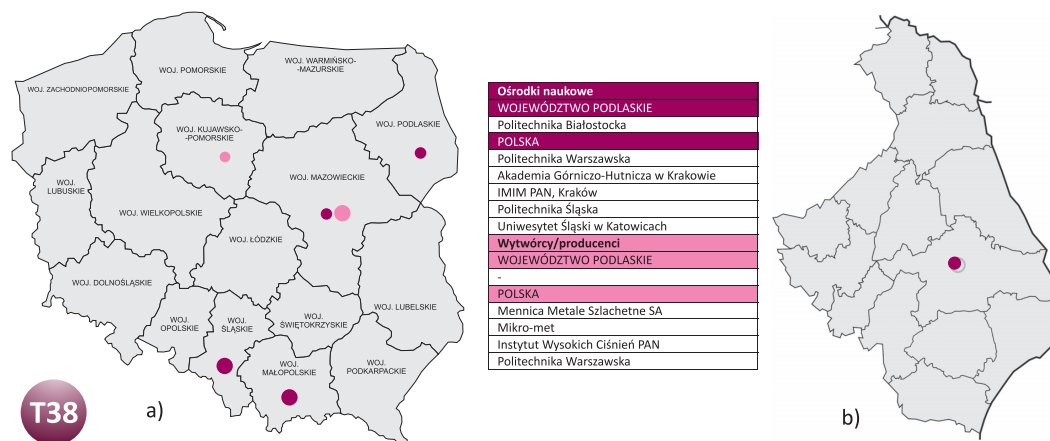
Najważniejsze patenty związane z technologią T38

- P-388 159 – Sposób kąowego wyciskania wyrobów, zwłaszcza metalowych
- P-379858 – Przyrząd do obróbki plastycznej metali
- P-379859 – Sposób kształtowania odkuwek i przyrząd do kształtowania odkuwek matrycą segmentową
- P-379860 – Sposób plastycznego kształtowania wyrobów metalowych i przyrząd do plastycznego kształtowania wyrobów metalowych
- P-379861 – Przyrząd do obróbki plastycznej matrycą segmentową

Wykaz podstawowej literatury związanej z technologią T38

- K. J. Kurzydłowski (red.), M. Lewandowska (red.), *Nanomateriały inżynierskie, konstrukcyjne i funkcjonalne*, PWN, Warszawa 2010
- M. Lewandowska, K. J. Kurzydłowski, *Synergic effects of grain refinement and precipitation strengthening*, "Journal of Materials Science", nr 45, 2010, s. 4877-4883
- K. J. Kurzydłowski, *Modelling of the microstructure and properties in the length scales varying from nano- to macroscopic*, "Bulletin of the Polish Academy of Sciences", nr 58, 2010, s. 217-226
- R. Nowak, F. Yoshida, D. Chrobak, K. J. Kurzydłowski, T. Takagi, T. Sasaki, *Nanoindentation Examination of Crystalline Solid Surface*, [w:] *Encyclopedia of Nanoscience and Nanotechnology*, H. S. Nalwa (red.), American Science Publishers, 2011, s. 313-374.
- W. Lojkowski, A. Gedanken, E. Grzanka, A. Opalinska, T. Strachowski, R. Pielaszek, A. Tomaszewska Grzeda, S. Yatsunenکو, M. Godlewski, H. Matysiak, K. J. Kurzydłowski, *Solvothermal synthesis in a microwave reactor of nano-crystalline zinc oxide doped with Mn²⁺, Co²⁺ and Cr³⁺ ions*, "Journal of Nanoparticle Research", nr 11, 2009, s. 1991-2002

Mapy lokalizujące wyróżnione przez ekspertów ośrodki naukowe oraz wytwórców/producentów zajmujących się technologią *Technologie nanostrukturyzacji metali i stopów lekkich w szczególności oparte na metalach dużego odkształcenia plastycznego (T38)*: (a) w Polsce; (b) w województwie podlaskim



Źródło: opracowanie A. Gudanowska.

Załącznik 2. Lista dokumentów przeanalizowanych w aspekcie elementów spójnych z ideą mapowania technologii

Atlas klastrów technologicznych projektu *Foresight technologiczny przemysłu INSIGHT 2030*, [online] www.fortech2030.pl/atlas-klastrow, [Data wejścia. 23.02.2012]

Baza technologii w ramach projektu: *Scenariusze rozwoju technologicznego przemysłu wydobywczego rud miedzi i surowców towarzyszących w Polsce*, [online] foresight.cuprum.wroc.pl/technologyList.php, [Data wejścia 01.06.2012]

Czaplicka K., *Foresight technologiczny w zakresie materiałów polimerowych*, Konferencja inauguracyjna projekt, Katowice 2006

Dobrzańska-Danikiewicz A., prezentacja *Cele i metodologia Projektu FORSURF nt. Foresight wiodących technologii kształtowania własności powierzchni materiałów inżynierskich i biomedycznych*, 2nd Workshop on Foresight of surface properties formation leading Technologies of engineering materials and biomaterials, Białka Tatrzańska 2009

Dobrzański L. A., *Kształtowanie struktury i własności powierzchni materiałów inżynierskich i biomedycznych*, Wyd. International OCSCO World Press, Gliwice 2009

Dubiński J., Turek M., Dubiński J., *Istota i zakres scenariuszy rozwoju technologicznego przemysłu wydobywczego węgla kamiennego* [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: www.foresightweglowy.pl/prezentacje/2007_02.ppt, [Data wejścia 01.06.2012]

Foresight priorytetowych, innowacyjnych technologii na rzecz automatyki, robotyki i techniki pomiarowej. Metodologia, analizy i diagnoza stanu obecnego, Szewczyk R. (red.), Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów, Warszawa 2008

Foresight technologiczny przemysłu INSIGHT 2030. Streszczenie analizy końcowej, IZTECH, Warszawa 2011, [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: www.fortech2030.pl/images/stories/downloads/pdf/streszczenie_wersja_polska.pdf [Data wejścia 01.06.2012]

Foresight technologiczny w zakresie materiałów polimerowych [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu www.foresightpolimerowy.pl/main.php?dynxml0=projekt.xml [Data wejścia 01.06.2012]

Foresight technologiczny w zakresie materiałów polimerowych, spotkanie paneli roboczych M5 i M6, 2006, [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: www.foresightpolimerowy.pl/upload/M5%20i%20M6.pps [Data wejścia 01.06.2012]

FORGOM – *Foresight technologiczny rozwoju sektora usług publicznych w Górnośląskim Obszarze Metropolitalnym, Raport zbiorczy z realizacji zadania II, Diagnoza stanu i uwarunkowań wdrażania nowoczesnych technologii w obszarze usług metropolitalnych*, Główny Instytut Górnictwa, Katowice 2010, s. 24, [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: www.foresightgom.pl/uploads/pliki/Raport_zbiorczy_z_etapu_II_DO_DRUKU.pdf [Data wejścia 01.06.2012]

Jedliński J., Kazior J., Kosieliński S., Przewięźlikowski P., Zieliński K., *Identyfikacja technologii przyszłości. Analiza wstępna 56 perspektywicznych technologii na podstawie Raportu RAND Corporation 23 października 2009 r.* [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: [www.kpt.krakow.pl/files/common/pdf/raporty/nowa%20wersja%20RAPORT%20Identyfikacja%20technologii%20przyszlosci.pdf](http://kpt.krakow.pl/files/common/pdf/raporty/nowa%20wersja%20RAPORT%20Identyfikacja%20technologii%20przyszlosci.pdf) [Data wejścia 01.06.2012]

Końcowy raport z badań FORESIGHT Priorytetowe technologie dla zrównoważonego rozwoju województwa podkarpackiego, Woźniak L. (red.), Oficyna wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2008

Kozieł A., Turek M., *Scenariusze rozwoju technologicznego przemysłu wydobywczego węgla kamiennego*, 2007 [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: www.wnp.pl/artykuly/scenariusze-rozwoju-technologicznego-przemyslu-wydobywczego-wegla-kamiennego,4147.html [Data wejścia 01.06.2012]

Kukla D., *Pozycjonowanie technologii będących przedmiotem badań w projekcie Foremat*, Rozdział raportu projektu FOREMAT: „Scenariusze rozwoju materiałów metalicznych, ceramicznych i kompozytowych”, [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: www.nanonet.pl [Data wejścia 01.06.2012]

Metodologia foresightu technologicznego w obszarze zrównoważonego rozwoju, praca zbiorowa, ITeE – PIB, Radom 2011

Michalczuk L., Goszczyńska D., Ambroziak W., Michalak J., Michalczuk B., Sowik I., Choćłowska-Chołuj J., Brzozowska-Michalak J., *LORIS Wizja. Regionalny foresight technologiczny. Inwentaryzacja istniejących zasobów wiedzy o województwie łódzkim i technologiach istotnych z punktu widzenia rozwoju gospodarki regionu*, Skierniewice 2007

Narkiewicz U., Lubkowski K., *Foresight obszaru tematycznego „chemia” województwa zachodniopomorskiego (raport końcowy)*, Szczecin 2010 [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: www.rsi.wzp.pl/download/index/biblioteka/6425 [Data wejścia 01.06.2012]

Perspektywy zrównoważonego rozwoju regionu łódzkiego: szanse i zagrożenia, Zalewski M. (red.), SWSPiZ, Łódź 2008

Prezentacja *Scenariusze rozwoju technologicznego przemysłu wydobywczego węgla kamiennego* [Dokument elektroniczny], Tryb dostępu: www.nauka.gov.pl/fileadmin/user_upload/42/14/42145/foresightweglowy_mg.ppt, [Data wejścia 01.06.2012]

Prezentacja *Scenariusze rozwoju technologicznego przemysłu wydobywczego węgla kamiennego* [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: www.nauka.gov.pl/fileadmin/user_upload/42/14/42145/foresightweglowy_mg.ppt [Data wejścia 01.06.2012]

Raport *Analiza kluczowych obszarów badawczych. Województwo Opolskie Regionem Zrównoważonego Rozwoju – Foresight Regionalny do 2020 r.*, konsorcjum: RESOURCE Pracownia Badań i Rozwoju, PPNT, s. 444, [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: www.foresight.po.opole.pl/pliki/Analiza_kluczowych_obszarow_badawczych.pdf [Data wejścia 01.06.2012]

Raport *FORESIGHT. Perspektywa Technologiczna Kraków-Małopolska 2020. Mapy wiedzy dla Regionu Małopolski w Polsce*, Krakowski Park Technologiczny, Kraków 2009

Raport *FORESIGHT. Perspektywa Technologiczna Kraków-Małopolska 2020. Raport strategiczny 20 technologii*, Kraków 2010 [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: foresight.kpt.krakow.pl/files/common/pdf/raporty/Raport%20strategiczny%2020%20technologii.pdf [Data wejścia 01.06.2012]

Rogut A., Piasecki B., *Foresight jako instrument kształtowania przyszłości polskiego przemysłu tekstylnego. Podręcznik metodyczny dla projektu „Nowoczesne technologie dla włókiennictwa. Szansa dla Polski”*, Łódź 2010 [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: portaltechnologii.pl/pdf/metodologia.pdf [Data wejścia 01.06.2012]

Rydarowski H., Czaplicka K., *Wybrane scenariusze rozwoju technologicznego materiałów polimerowych* [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu <http://science24.com/paper/14851> [Data wejścia 01.06.2012]

Scenariusze rozwoju zeroemisyjnej gospodarki energią w Polsce w perspektywie 2050 roku, Pyka I. (red.), Czaplicka-Kolarz K. (red.), Główny Instytut Górnictwa, Katowice 2011

Sobczyk J., Łojkowski W., Pielaszek R., *Metodyka Projektu FOREMAT „Scenariusze rozwoju zaawansowanych materiałów metalicznych, ceramicznych i kompozytowych”*, Rozdział raportu projektu FOREMAT: „Scenariusze rozwoju materiałów metalicznych, ceramicznych i kompozytowych” [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: www.nanonet.pl [Data wejścia 01.06.2012]

Szpyrka J., *Priorytetowe i innowacyjne technologie zagospodarowania odpadów pochodzących z górnictwa węgla kamiennego*, Gliwice 2011

Woźniak K., Markiewicz P., *Raport w ramach projektu „Perspektywa Technologiczna Kraków-Małopolska 2020”*, Kraków 2010 [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: foresight.kpt.krakow.pl/files/common/pdf/raporty/Raport%2010%20technologii.pdf [Data wejścia 23.02.2012]

Załącznik 3. Lista publikacji naukowych prezentujących metodę *roadmappingu* w kontekście badań foresightowych i/bądź regionu

- Ahlqvist T., Valovirta V., Loikkanen T., Science & Public Policy (SPP), *Innovation policy roadmapping as a systemic instrument for forward-looking policy design*, 2012 t. 39, nr 2, s. 178-190
- Amadi-Echendu J., Lephauphau O., Maswanganyi M., Mkhize M., *Case studies of technology roadmapping in mining*, "Journal of Engineering and Technology Management" 2011 t. 28, nr 1-2, s. 23-32
- Barker D., Smith D. J.H., *Technology foresight using roadmaps*, "Long Range Planning" 1995 nr 28 (2), s. 21-28
- Bunse K., Vodicka M., Schönsleben P., Brühlhart M., Ernst F. O., *Integrating energy efficiency performance in production management – gap analysis between industrial needs and scientific literature*, "Journal of Cleaner Production" 2011 t. 19, nr 6-7, s. 667-679
- Caetano M., Amaral D. C., *Roadmapping for technology push and partnership: A contribution for open innovation environments*, "Technovation" 2011 t. 31, nr 7, s. 320-335
- Chan L., Daim T., *Exploring the impact of technology foresight studies on innovation: Case of BRIC countries*, "Futures" 2012 t. 44, nr 6, s. 618-630
- Chen H., Wakeland W., Yu J., *A two-stage technology foresight model with system dynamics simulation and its application in the Chinese ICT industry*, "Technological Forecasting & Social Change" 2012 t. 79, nr 7, s. 1254-1267
- Choi Y., *Technology roadmap in Korea*, Second International Conference on Technology Foresight, 27-28 February, Tokyo 2003.
- Daim T. U., Amer M., Brenden R., *Technology Roadmapping for wind energy: case of the Pacific Northwest*, "Journal of Cleaner Production" 2012 t. 20, nr 1, s. 27-37
- Daim T., Gerdtsri N., Kockan I., Kocaoglu D., *Technology Development Envelope Approach for The Adoption of Future Powertrain Technologies: A Case Study on Ford Otosan Roadmapping Model*, "Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology" 2011 t. 11, nr 2, s. 58-69
- de Laat B., *Conditions for effectiveness of roadmapping – a cross-sectoral analysis of 80 different roadmapping exercises*, EU-US Seminar: New Technology Foresight, Forecasting & Assessment, 13-14 May, Seville 2004
- Eerola A.; Miles I., *Methods and tools contributing to FTA: A knowledge-based perspective*, "Futures" 2011 t. 43, nr 3, s. 265-278
- Eerola, A., Loikkanen, T., Joergensen B. H., Anderson P. D., Eriksson, E. A., *Nordic H2 energy foresight – complementary contribution of expert views and formal analysis*, EU-US Seminar: New technology Foresight, Forecasting & Assessment Methods, 13-14 May, Seville 2004
- Fiedeler U., Fleischer T., Decker M., *Roadmapping as TA-tool: pre-requisites and potential benefits for assessing nanotechnology*, EU-US Seminar: New Technology Foresight, Forecasting & Assessment Methods, Seville, 13-14 May, 2004, s. 20-30
- Georghiou L., Harper J. C., Scapolo F., *From priority-setting to societal challenges in future-oriented technology analysis*, "Futures" 2011 t. 43, nr 3, s. 229-231
- Gerdtsri N., Vatananan R.S., Dansamasatid S., *Dealing with the dynamics of technology roadmapping implementation: A case study*, "Technological Forecasting and Social Change" 2009 t. 76 (1), s. 50-60
- Geum Y., Lee S., Kang D., Park Y., *The customisation framework for roadmapping product-service integration*, "Service Business" 2011 t. 5, nr 3, s. 213-236
- Goenaga J. M., Phaal R., *Roadmapping lessons from the Basque country*, "Technology Management" 2009 t. 52, nr 4, s. 9-12

- Gokhberg L., Fursov K., Karasev O., *Nanotechnology development and regulatory framework: The case of Russia*, "Technovation" 2012 t. 32, nr 3-4, s. 161-162
- Heger T., Rohrbeck R., *Strategic foresight for collaborative exploration of new business fields*, "Technological Forecasting & Social Change" 2012 t. 79, nr 5, s. 819-831
- Kanama D., Kondo A., Yokoo Y., *Development of technology foresight: integration of technology roadmapping and the Delphi method*, "International Journal of Technology Intelligence and Planning" 2008 nr 4 (2), s. 184-200
- Kazi A.S., Aouad G., Baldwin A., *Editorial – next generation construction IT: technology foresight, future studies, roadmapping, and scenario planning*, "Journal of Information Technology in Construction" 2009 nr 14, s. 123-128
- Koivisto R. i in., *Integrating future-oriented technology analysis and risk assessment methodologies*, "Technological Forecasting and Social Change" 2009 nr 76 (9), s. 1163-1176
- Könnölä T., Scapolo F., Desruelle P., Mu R., *Foresight tackling societal challenges: Impacts and implications on policy-making*, "Futures" 2011 t. 43, nr 3, s. 252-264
- Lee J. H., Kim H.; Phaal R., *An analysis of factors improving technology roadmap credibility: A communications theory assessment of roadmapping processes*, "Technological Forecasting & Social Change" 2012 t. 79, nr 2, s. 263-280
- Lee S., Park Y., *Customization of technology roadmaps according to roadmapping purposes: Overall process and detailed modules*, "Technological Forecasting and Social Change" 2005 nr 72 (5), s. 567-583
- Lizaso F., Reger G., *Scenario-based roadmapping – a conceptual view*, EU-US Scientific Seminar on New Technology Foresight, Forecasting & Assessment Methods, 13-14 May, Seville, Spain 2004
- Martin H., Daim T. U., *Technology roadmap development process (TRDP) for the service sector: A conceptual framework*, "Technology in Society" 2012 t. 34, nr 1, s. 94-105
- Masum H., Ranck J., Singer P.A., *Five promising methods for health foresight* 2010 t. 12, nr 1
- McDowall W., Eames M., *Forecasts, scenarios, visions, backcasts and roadmaps to the hydrogen economy: A review of the hydrogen futures literature*, "Energy Policy" 2006 nr 34 (11), s. 1236-1250
- McDowall W., *Technology roadmaps for transition management: The case of hydrogen energy*, "Technological Forecasting & Social Change" 2012 t. 79, nr 3, s. 530-542
- Müller-Seitz G., Sydow J., *Maneuvering between Networks to Lead – A Longitudinal Case Study in the Semiconductor Industry*, "Long Range Planning" 2012 t. 45, nr 2-3, s. 105-135
- Musango J. K., Brent A. C., *Assessing the sustainability of energy technological systems in Southern Africa: A review and way forward*, "Technology in Society" 2011 t. 33, nr 1-2, s. 145-155
- Nowack M., Endrikat J., Guenther E., *Review of Delphi-based scenario studies: Quality and design considerations*, "Technological Forecasting & Social Change" 2011 t. 78, nr 9, s. 1603-1615
- Phaal R, Farrukh C. J. P., Probert D. R., *Technology roadmapping – A planning framework for evolution and revolution*, "Technological Forecasting and Social Change" 2004 nr 71 (1-2), s. 5-26
- Phaal R., O'Sullivan E., Routley M., Ford S., Probert D., *A framework for mapping industrial emergence*, "Technological Forecasting & Social Change" 2011 t. 78, nr 2, s. 217-230
- Porter A. L., Ashton W. B., Clar G., et al., *Technology futures analysis: Toward integration of the field and new methods*, "Technological Forecasting and Social Change" 2004 nr 71 (3), s. 287-303
- Price S., Conway P., Palmer P., Summers R., *Technology roadmapping – a New perspective*, EU-US Seminar: New Technology Foresight, Forecasting & Assessment Methods, 13-14 May, Seville 2004
- Rohrbeck R., *Exploring value creation from corporate-foresight activities*, "Futures" 2012 t. 44, nr 5, s. 440-452
- Saritas O., Aylen J., *Using scenarios for roadmapping: The case of clean production*, "Technological Forecasting and Social Change" 2010 nr 77 (7), s. 1061-1075

Saritas O., Nugroho Y., *Mapping issues and envisaging futures: An evolutionary scenario approach*, "Technological Forecasting & Social Change" 2012 t. 79, nr 3, s. 509-529

Saritas O., Oner M. A., *Systematic analysis of UK foresight results – joint application of integrated management model and roadmapping*, "Technology Forecasting & Social Change" 2004 t. 71, s. 27-65

Schoen A., Könnölä, T., Warnke P., Barré R., i in., *Tailoring Foresight to field specificities*, "Futures" 2011 t. 43, nr 3, s. 232-242

Schuh G., Aghassi S., Orilski S., Schubert J., Bambach M., et. al., *Technology roadmapping for the production in high-wage countries*, "Production Engineering" 2011 t. 5, nr 4, s. 463-473

Suomalainen T., Salo O., Abrahamsson P., Similä J., *Software product roadmapping in a volatile business environment*, "The Journal of Systems & Software" 2011 t. 84, nr 6, s. 958-975

Tuominen A., Ahlqvist T., *Is the transport system becoming ubiquitous? Socio-technical roadmapping as a tool for integrating the development of transport policies and intelligent transport systems and services in Finland*, "Technological Forecasting and Social Change" 2010 nr 77 (1), s. 120-134

van Lente H., van Til J., *A combined roadmapping-cluster approach for emerging technologies*, "International Journal of Foresight and Innovation Policy" 2007 nr 3 (2), s. 121-138

Vecchiato R., *Environmental uncertainty, foresight and strategic decision making: An integrated study*, "Technological Forecasting & Social Change" 2012 t. 79, nr 3, s. 436-447

Warnke P., Weber M., Leitner K. H., *Transition pathways towards user-centric innovation*, "International Journal of Innovation Management" 2008 t. 12, nr 3, s. 489-510

Yoda T., *Perceptions of domain experts on impact of foresight on policy making: The case of Japan*, "Technological Forecasting & Social Change" 2011 t. 78, nr 3, s. 431-447

Załącznik 4. Kwestionariusz oceny technologii na potrzeby budowy map technologii oraz marszrut rozwoju technologii

NR	OBSZAR	ZASTOSOWANIE/KATEGORIA	Technologia
KLUCZOWY EKSPERT		

CZĘŚĆ I

1. Krótka charakterystyka technologii
2. Cel stosowania technologii
3. Faza rozwoju technologii
 - w fazie badań i rozwoju
 - w fazie testów i demonstracji
 - w fazie realizacji i wdrażania
4. Kilka słów kluczowych związanych z technologią
5. Zakres stosowania danej technologii
 - stosowana na skalę jednostkową
 - stosowana na skalę masową
 - możliwa do zastosowania na skalę jednostkową
 - możliwa do wykorzystania na skalę masową
6. Jakie jest obecnie niezbędne wyposażenie laboratorium rozwijającego technologię?
7. Jakie są obecnie niezbędne wymagania finansowe dla rozwoju technologii?
 - niskie nakłady <5 mln zł
 - średnie nakłady 5-50 mln zł
 - wysokie nakłady >50 mln zł
8. Ośrodki naukowe zajmujące się daną technologią w woj. podlaskim
9. Ośrodki naukowe zajmujące się daną technologią w Polsce
10. Ośrodki naukowe zajmujące się daną technologią na świecie
11. Wytwórcy/producenty związani z daną technologią w woj. podlaskim
12. Wytwórcy/producenty związani z daną technologią w Polsce
13. Wytwórcy/producenty związani z daną technologią na świecie
14. Kluczowi eksperci z zakresu danej technologii w woj. podlaskim
15. Kluczowi eksperci z zakresu danej technologii w Polsce
16. Kluczowi eksperci z zakresu danej technologii na świecie
17. Jakie technologie determinują rozwój opisywanej technologii?
18. Na rozwój jakich technologii będzie miał wpływ rozwój opisywanej technologii?
19. Przykłady obecnego zastosowania technologii
20. Korzyści z wdrożenia danej technologii
21. Bariery rozwoju technologii
22. Czy można wyróżnić komponenty technologii rozumiane jako jednostki, podsystemy lub inne technologie wchodzące w skład danej technologii? (jeśli tak, to jakie?)
23. Stopień akceptacji społecznej dla rozwoju danej technologii
 - bardzo niski niski
 - średni wysoki
 - bardzo wysoki
24. Alternatywne technologie (czy istnieją lub są w fazie opracowywania)
25. Ewentualna przewaga technologii w kontekście istniejących alternatywnych technologii

26. Czy istnieją specjalne krajowe regulacje dotyczące opisywanej technologii? (jeśli tak, to jakie?)
 27. Czy istnieją specjalne unijne regulacje dotyczące opisywanej technologii? (jeśli tak, to jakie?)
 28. Wykaz podstawowej literatury (polskiej i światowej) dotyczącej technologii
 29. Najważniejsze ewentualnie istniejące patenty związane z daną technologią

CZĘŚĆ II

	W LATACH		
	2012-2014	2015-2017	2018-2020
Jakie jest niezbędne wyposażenie laboratorium rozwijającego technologię?			
Uwagi:			
Jaki jest niezbędny przyrost nakładów finansowych na rozwój technologii?	niski przyrost <5 mln zł średni przyrost 5-50 mln zł wysoki przyrost >50 mln zł	niski przyrost <5 mln zł średni przyrost 5-50 mln zł wysoki przyrost >50 mln zł	niski przyrost <5 mln zł średni przyrost 5-50 mln zł wysoki przyrost >50 mln zł
Uwagi:			
Kierunki rozwoju prac badawczych i aplikacyjnych niezbędne dla rozwoju technologii			
Uwagi:			
Obszary potencjalnych zastosowań technologii			
Uwagi:			
Jakie komponenty technologii są niezbędne do rozwoju danej technologii?			
Uwagi:			
Jakie kwalifikacje są niezbędne do rozwoju danej technologii?			
Uwagi:			
Jakie prace badawcze – w zakresie badań podstawowych – są niezbędne do rozwoju danej technologii?			
Uwagi:			
Jakie prace wdrożeniowe są niezbędne do rozwoju danej technologii?			
Uwagi:			
Jakie podmioty będą tworzyły daną technologię?			
Uwagi:			

JAKIE SĄ SZANSE ROZWOJU TECHNOLOGII W WOJ. PODLASKIM W PERSPEKTYWIE 2020 ROKU W WARUNKACH:

<p>efektywnych regionalnych sieci współpracy podmiotów biznes, nauka, administracja</p> <p>oraz</p> <p>wysokiego potencjału badawczo-rozwojowego dla nanotechnologii</p>	<input type="checkbox"/> bardzo niskie <input type="checkbox"/> niskie <input type="checkbox"/> średnie <input type="checkbox"/> wysokie <input type="checkbox"/> bardzo wysokie
<p>efektywnych regionalnych sieci współpracy podmiotów biznes, nauka, administracja</p> <p>oraz</p> <p>niskiego potencjału badawczo-rozwojowego dla nanotechnologii</p>	<input type="checkbox"/> bardzo niskie <input type="checkbox"/> niskie <input type="checkbox"/> średnie <input type="checkbox"/> wysokie <input type="checkbox"/> bardzo wysokie
<p>nieefektywnych regionalnych sieci współpracy podmiotów biznes, nauka, administracja</p> <p>oraz</p> <p>wysokiego potencjału badawczo-rozwojowego dla nanotechnologii</p>	<input type="checkbox"/> bardzo niskie <input type="checkbox"/> niskie <input type="checkbox"/> średnie <input type="checkbox"/> wysokie <input type="checkbox"/> bardzo wysokie
<p>nieefektywnych regionalnych sieci współpracy podmiotów biznes, nauka, administracja</p> <p>oraz</p> <p>niskiego potencjału badawczo-rozwojowego dla nanotechnologii</p>	<input type="checkbox"/> bardzo niskie <input type="checkbox"/> niskie <input type="checkbox"/> średnie <input type="checkbox"/> wysokie <input type="checkbox"/> bardzo wysokie

1. [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: stosunki-miedzynarodowe.pl/bezpieczenstwo/1089-wplyw-globalizacji-i-regionalizacji-na-bezpieczenstwo-miedzynarodowe, [Data wejścia 7.02.2012]
2. [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: www.wsz-pou.edu.pl/biuletyn/?strona=biul_globlap&nr=6&p=, [Data wejścia 8.02.2012]
3. 2010+ TRENDS&TECHNOLOGY TIMELINE wg. R. Watsona, [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: www.nowandnext.com/?action=misc&subaction=trend_maps, [Data wejścia 12.06.2012].
4. Albright R. E., *Visualization in Strategic and Technology Roadmapping*, PICMET 2009 Proceedings, August 2-6, Portland, Oregon USA, 2009
5. Altman D., *Outrageous Fortunes: The Twelve Surprising Trends That Will Reshape the Global Economy*, St. Martin's Griffin, 2012
6. Andersen P. D., Jorgensen B. H., Lading L., Rasmussen B., *Sensor foresight – technology and market*, "Technovation" 2004 nr 24
7. Andersen P. D., Rasmussen B., Strange M., Haisler J., *Technology foresight on Danish nano-science and nano-technology*, "Foresight" 2005 t. 7, nr 6
8. Arundel A., Sawaya D., Valeanu I., *HumanHealth Biotechnologies to 2015*, "OECD Journal" 2009 t. 3
9. Bainbridge W. S., Rocco M.S., *Managing nano-bio-info-cogno innovations: converging technologies in society*, National Science Foundation (U.S.), World Technology Evaluation Center
10. Bauman Z., *Dwa szkice o moralności ponowoczesnej*, Warszawa 1994
11. Bauman Z., *Globalizacja. I co z tego dla ludzi wynika?*, Warszawa 2004
12. Carafano J. J., Gudgel A., *Nanotechnology and National Security: Small Changes, Big Impacts* (21.09.2007), [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: www.heritage.org, [Data wejścia 06.02.2012]
13. *Contribution of Science and Technology to Future Society – Summary on the 9th Science and Technology Foresight*, Science and Technology Foresight Center, National Institute of Science and Technology Policy, December 2010
14. Cornish E., *Futuring: The Exploration of the Future*, World Future Society, 2005.
15. Cyrek M., *Sfera usług jako obszar kreowania miejsc pracy w nowej gospodarce*, [w:] *Problemy wzrostu gospodarczego we współczesnych gospodarkach*, D. Kopycińska (red.), Printgroup, Szczecin 2006
16. Daim T. U., Oliver T., *Implementing technology roadmap process in the energy services sector: A case study of a government agency*, "Technological Forecasting & Social Change" 2008 nr 75
17. de Nooy W., Mrvar A., Batagelj V., *Exploratory Network Analysis with Pajek*, Cambridge University Press, New York 2005
18. Denarius D., *Synthesis Report on Foresight Models and Methodology*, Office of Technology Foresight, Canada 2004
19. Fiedeler U., Fleischer T., Decker M., *Roadmapping as TA-tool: pre-requisites and potential benefits for assessing nano technology*, EU-US Seminar: New Technology Foresight, Forecasting & Assessment Methods, Seville, 13-14 May, 2004
20. *Foresight jako metoda kształtowania Przyszłości. Identyfikacja potencjału i zasobów Dolnego Śląska w obszarze nauka i technologie na rzecz poprawy jakości życia*, Safin K. (red.), [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: www.qol.ue.wroc.pl/p/_/65/foresight_jako...krzysztof_safin_m.pdf [Data wejścia 24.02.2012]
21. *Foresight technologiczny przemysłu INSIGHT 2030* [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: www.fortech2030.pl [Data wejścia 12.06.2012]
22. *FORGOM – Foresight technologiczny rozwoju sektora usług publicznych w Górnośląskim Obszarze Metropolitalnym, Raport zbiorczy*

- z realizacji zadania II, *Diagnoza stanu i uwarunkowań wdrażania nowoczesnych technologii w obszarze usług metropolitalnych*, Główny Instytut Górnictwa, Katowice 2010, [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: www.foresightgom.pl/uploads/pliki/Raport_zbiorczy_z_etapu_II_DO_DRUKU.pdf [Data wejścia 01.06.2012]
23. Garcia M. L., Bray O. H., *Fundamentals of technology Roadmapping*, NM: Sandia National Laboratories Report SAND97-0665, Albuquerque 1998
 24. *Globalizacja gospodarki – wybrane cechy procesu*, [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: strona internetowa Ministerstwa Gospodarki www.mg.gov.pl, [Data wejścia 6.02.2012]
 25. Gudanowska A., *Mapowanie a foresight. Wybrane aspekty metodologiczne jednego ze współczesnych nurtów badawczych w naukach o zarządzaniu*, „Współczesne Zarządzanie” 2012 nr 4
 26. iKnow – UK Workshop, Manchester, 16th and 17th February 2010, *Wild Cards in Turbulent Times*, [online] www.iknow-futures.eu, [Data wejścia 16.03.2010]
 27. Kononiuk A., *Metoda scenariuszowa w antycypowaniu przyszłości (na przykładzie Narodowego Programu Foresight „Polska 2020”)*, rozprawa doktorska, Uniwersytet Warszawski, Warszawa 2010, niepub.
 28. *Końcowy Raport z Badań Foresight Priorytetowe Technologie dla Zrównoważonego Rozwoju Województwa Podkarpackiego*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2008, [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: www.prz.edu.pl/foresight/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=4&Itemid=21 [Data wejścia 12.06.2012]
 29. Leydesdorff L., *The Triple Helix, Quadruple Helix, ... , and an N – Tuple of Helices: Explanatory Models for Analyzing the Knowledge-Based Economy?*, “The Journal of the Knowledge Economy” 2012 nr 3
 30. Lopes I., Martins M., Nunes M., *Towards the Knowledge Economy: the Technological Innovation and Education Impact on the Value Creation Process*, “The Electronic Journal of Knowledge Management” 2005 t. 3, nr 2
 31. Malsch I., *Nanotechnology Helps Solve the World's Energy Problems* [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: www.nano-tech-now.com, [Data wejścia 06.02.2012]
 32. Mazurkiewicz A., Poteralska B., *Zaawansowane technologie przemysłowe i ekologiczne dla zrównoważonego rozwoju kraju*, Wydawnictwo Naukowe Instytutu Technologii Eksploatacji – Państwowego Instytutu Badawczego, Radom 2011
 33. Müller A., *Globalizacja – mit czy rzeczywistość*, [w:] *Globalizacja od A do Z*, Wyd. NBP, Warszawa 2004
 34. Muller G., *Roadmapping*, Philips Embedded Systems Institute, 2008.
 35. *Nanonauka i Nanotechnologia. Narodowa Strategia dla Polski*, MNiSW, Warszawa 2006
 36. Nazarko J. (red.), Ejdays J. (red.), *Metodologia i procedury badawcze w projekcie Foresight technologiczny <<NT FOR Podlaskie 2020>>*. *Regionalna strategia rozwoju nanotechnologii*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok 2011
 37. Nazarko J. (red.), Kędzior Z. (red.) *Uwarunkowania rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim. Wyniki analiz STEEPVL i SWOT*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok 2010
 38. Nazarko J. (red.), Wnorowski H. (red.), Kononiuk A. (red.), *Wyniki analizy strukturalnej czynników rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok 2011
 39. Nazarko J., Kononiuk A., Magruk A., *Metodyka budowy scenariuszy na potrzeby raportu nt. „Opracowanie scenariuszy rozwoju nanotechnologii”*, dokumentacja realizacji projektu „Foresight Technologiczny <<NT FOR Podlaskie 2020>>”. *Regionalna strategia rozwoju nanotechnologii*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok 2011
 40. Nazarko J., *Założenia metodologiczne mapowania technologii*, prezentacja w ramach panelu eksperckiego „Mapowanie technologii” w Projekcie systemowym MNiSW „Wsparcie systemu zarządzania badaniami naukowymi oraz ich wynikami”, Warszawa, 03.03.2010.
 41. Oziewicz E., *Globalizacja gospodarki światowej*, [w:] *Globalizacja i regionalizacja w gospodarce światowej*, Orłowska R. (red.), Żołądkiewicz K. (red.), PWE, Warszawa 2012
 42. *Perspektywy technologii energetycznych na świecie do roku 2050 (WETO-H2)*, [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: ec.europa.eu, [Data wejścia 04.03.2012]

43. Phaal R., Farrukh C. J. P., Probert D. R., *Technology Roadmapping: linking technology resources to business objectives*, University of Cambridge, Cambridge 2001
44. Phaal R., Farrukh C., Probert D., *Roadmapping for strategy and innovation. Aligning Technology and Markets in a Dynamic World*, University of Cambridge, Cambridge, 2011
45. Phaal R., Farrukh C., Probert D., *T-Plan: Fast Start to Technology Roadmapping – planning your route to success*, Institute for Manufacturing, Cambridge 2001
46. Phaal R., Muller G., *An architectural framework for roadmapping: Towards visual strategy*, "Technological Forecasting and Social Change" 2009 nr 76
47. Phaal R., *Technology Roadmapping*, „Foresight Methodologies”, UNIDO Tekst Book, Training Module 2, Austria 2004
48. Piasecki R. (red.), *Wpływ globalizacji na wielkość makroekonomiczne i konkurencyjność gospodarki Polski*, SWSZiP w Łodzi, Łódź 2009
49. Podręcznik *Foresight Technologiczny*, Tom 1: *Organizacja i metody*, Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości, Warszawa 2005
50. Pohoski M., *Polska krajem starców? Uwagi na temat starzenia się ludności Polski*, Przegląd Powszechny, grudzień 2009
51. Portal informacyjny głównego urzędu statystycznego http://www.stat.gov.pl/gus/definicje_PLK_HTML_HTML.htm?id=POJ-1718
52. Probert D., Radnor M., *Frontier experiences from industry – academia consortia*, "Research Technology Management" 2003 nr 46
53. Radło M., Kowalewski O., *Wpływ globalizacji na polską gospodarkę*, NBP, Warszawa 2008
54. *Raport w ramach projektu Perspektywa Technologiczna Kraków-Małopolska 2020*, Kraków 2010, [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: foresight.kpt.krakow.pl/files/common/pdf/raporty/Raport%2010%20technologii.pdf [Data wejścia 12.06.2012]
55. Rasmussen B., Andersen P. D., *Review of science and technology foresight studies and comparison with GTS2015*, Duńska Agencja Nauki, Technologii i Innowacji przy Ministerstwie Nauki, Innowacji i Szkolnictwa Wyższego, Kopenhaga 2009
56. Rasmussen B., Borup M., Borch K., Andersen P. D., *Prospective technology studies with a life cycle perspective*, "International Journal of Technology, Policy and Management" 2005 t. 5, nr 3
57. Sacio-Szymańska A., Poteralska B., Mazurkiewicz A., *Zastosowanie metody roadmappingu technologicznego w projektach foresighty*, „Zarządzanie i Marketing” Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej 2010 nr 3, z. 17
58. Saritas O., *Roadmapping, PREST foresight course*, 2008
59. Saritas O., Smith J., *The Big Picture – Trends, Drivers, Wild Cards, Discontinuities and Weak Signals*, „Futures” 2010, Article in Press.
60. Saritas O., *Technology Roadmap*, 2006, [Prezentacja multimedialna]. Tryb dostępu: Strona monitorująca inicjatywy foresightowe w krajach Ameryki Łacińskiej SELF-RULE, „Euro-Latin Foresight Network”, <http://www.self-rule.org/>, [Data wejścia: 19.06.2009]
61. *Scenariusze rozwoju technologicznego kompleksu paliwowo-energetycznego dla zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego kraju cz. 1 i cz.2*, Czaplicka-Kolarz K. (red.), Główny Instytut Górnictwa, Katowice 2007
62. Skulimowski A. M. J., *Metody Roadmappingu i foresightu technologicznego*, „Chemik – Nauka Technika Rynek” 2009 t. 5
63. *Słownik języka polskiego*, Wydawnictwo Naukowe PWN SA, [online] sjp.pwn.pl/szukaj/mapa, [Data wejścia 29.03.2013]
64. Smith J. E., *S&T Foresight for Canadian Insight & Strategic Preparedness*, Office of the National Science Advisor, Canada 2006
65. *Strategia Bezpieczeństwa Narodowego Rzeczypospolitej Polskiej*, Warszawa 2007
66. *Strategia rozwoju społeczno-gospodarczego Polski Wschodniej do roku 2020*, Ministerstwo Rozwoju Regionalnego, Warszawa 2008
67. Strona internetowa European Foresight Monitoring Network, [online] www.foresight-network.eu, [Data wejścia 29.08.2008]
68. Strona internetowa European Foresight Platform, [online] www.foresight-platform.eu, [Data wejścia 29.03.2013]
69. Strona internetowa iKnow, [online] www.iknowfutures.eu, [Data wejścia 16.02.2011]
70. Strona internetowa University of Cambridge, Institute of Manufacturing, [online] www.ifm.eng.cam.ac.uk/ctm/trm.resources.html, [Data wejścia 29.03.2013]
71. Strona internetowa, [online] bazar-medyczny.wordpress.com, [Data wejścia 16.02.2011]

72. Strona internetowa, [online] www.triplehelixconference.org/the-triple-helix-concept.html, [Data wejścia 16.02.2011]
73. SurfDaddy Orca, *Nano-Bio-Info-Cogno: Paradigm for the Future* [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: portal internetowy humanity +: <http://hplusmagazine.com/2010/02/12/nano-bio-info-cogno-paradigm-future/> [Data wejścia 14.02.2012]
74. Sütçü S., Akyazı E., Dilmen E., *Nanotechnology – An Important Actor In Knowledge Economy*, [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: www.sertacogut.com/blog/wp-content/uploads/2009/03/nanotechnology-an-important-actor-in-knowledge-economy.pdf, [Data wejścia 01.02.2012]
75. Sztompka P., *Socjologia. Analiza społeczeństwa*, Znak, Kraków 2002
76. *Trade and Foreign Direct Investment*, Report by the WTO 9.10.1996, za: [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: www.wsz-pou.edu.pl/biuletyn/?p=&strona=biul_glob&nr=4#_ftn11, [Data wejścia 08.02.2012]
77. Watson R., *Future Files: A Brief History of the Next 50 Years*, Nicholas Brealey Publishing; Reprint edition, 2010
78. Watson R., *Trends and Technology Timeline 2010+. A Roadmap for the Exploration of Current and Future Trends*, w: *Future Files. A brief history of the next 50 years*, Nicholas Brealey Publishing, Londyn-Boston 2012
79. Wierzbicki A. P., Yoshiteru Nakamori, *Creative environments: issues of creativity for the knowledge civilization age*, Springer 2007
80. *World Investment Report 1996*, UNCTAD, New York 1996
81. Woźniak M. G., *Wzrost gospodarczy. Podstawy teoretyczne*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Krakowie, Kraków 2004
82. *Wyniki Narodowego Programu Foresight „Polska 2020”*, Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, Warszawa, czerwiec 2009
83. Wyrwicka M. K., Borowiec A., Golińska P., Grzelczak A., *Raport końcowy projektu Foresight Sieci Gospodarcze Wielkopolski*, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2011 [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: www.fsgw.put.poznan.pl/Foresight_Wlkp_Raport_5_koncowy.pdf [Data wejścia 12.06.2012]
84. Ziendalska A., *Wyzwania dla Polski związane z procesami globalizacji*, [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: www.konferencja.edu.pl/ref8/pdf/pl/Ziendalska-Koszalin.pdf, [Data wejścia 7.02.2012]

Wykaz rysunków

Rys. 1.	Umiejscowienie metod mapowania technologii i marszrut rozwoju technologii w metodyce badawczej projektu	10
Rys. 1.1.	Metodyka mapowania technologii w projekcie „Foresight Technologiczny <<NT FOR Podlaskie2020>>. Regionalna strategia rozwoju nanotechnologii”	16
Rys. 1.2.	Mapa relacji nanotechnologii kluczowych	18
Rys. 1.3.	Zbiorcza wizualizacja bieżącej lokalizacji nanotechnologii priorytetowych w trzech głównych fazach rozwoju	21
Rys. 1.4.	Zbiorcza wizualizacja niezbędnych nakładów finansowych technologii priorytetowych	22
Rys. 1.5.	Zbiorcza mapa lokalizująca wskazane przez ekspertów ośrodki naukowo-badawcze oraz wytwórców/producentów zajmujących się nanotechnologiami priorytetowymi w województwie podlaskim	23
Rys. 1.6.	Mapa relacji ośrodków naukowo-badawczych zajmujących się nanotechnologiami priorytetowymi w Polsce i województwie podlaskim (na podstawie zainteresowania tą samą technologią bądź technologią z tego samego obszaru).....	24
Rys. 1.7.	Mapa relacji wytwórców/producentów zajmujących się nanotechnologiami priorytetowymi w Polsce i województwie podlaskim (na podstawie zainteresowania tą samą technologią bądź technologią z tego samego obszaru).....	25
Rys. 1.8.	Mapa relacji jednostek (ośrodków i wytwórców/producentów) zajmujących się nanotechnologiami priorytetowymi w Polsce i województwie podlaskim (na podstawie zainteresowania tą samą technologią bądź technologią z tego samego obszaru)	26
Rys. 1.9.	Mapa relacji ekspertów zajmujących się nanotechnologiami priorytetowymi w Polsce i województwie podlaskim (na podstawie zainteresowania tą samą technologią bądź technologią z tego samego obszaru).....	27
Rys. 1.10.	Wykres radarowy atrakcyjności nanotechnologii priorytetowych	28
Rys. 1.11.	Wykres radarowy wykonalności nanotechnologii priorytetowych.....	29
Rys. 2.1.	Schemat marszruty rozwoju technologii.....	32
Rys. 2.2.	Przykłady schematycznych marszrut rozwoju technologii	34
Rys.2.3.	Schemat interakcji paneli eksperckich w projekcie „Foresight technologiczny <<NT FOR Podlaskie 2020>>. Regionalna strategia rozwoju nanotechnologii”	38
Rys. 2.4.	Szczegółowa metodyka opracowania marszrut rozwoju technologii.....	38
Rys. 2.5.	2010+ TRENDS&TECHNOLOGY TIMELINE według R. Watsona.....	40
Rys. 2.6.	Bazowa koncepcja układu graficznego marszruty technologii na potrzeby projektu „Foresight technologiczny <<NT FOR Podlaskie 2020>>. Regionalna strategia rozwoju nanotechnologii”	41
Rys. 2.7.	Marszruta rozwoju nanomateriałów i nanopokryć w sprzęcie medycznym	43

Rys. 2.8.	Marszruta rozwoju nanotechnologii dla narzędzi tnących i przetwórstwa drewna	46
Rys. 2.9.	Marszruta rozwoju materiałów kompozytowych na stałe wypełnienia stomatologiczne.....	48
Rys. 2.10.	Marszruta rozwoju nanotechnologii warstw wierzchnich do zastosowań biomedycznych	51
Rys. 2.11.	Marszruta rozwoju nanotechnologii związanych z tkaninami specjalnymi.....	53
Rys. 2.12.	Marszruta rozwoju technologii proszkowych do wykorzystania w przetwórstwie tworzyw sztucznych, kompozycji, farb i lakierów.....	55
Rys. 2.13.	Marszruta rozwoju technologii nanostrukturyzacji metali i stopów lekkich w szczególności oparte na metodach dużego odkształcenia plastycznego.....	58
Rys. 2.14.	Zbiorcza marszruta rozwoju technologii w województwie podlaskim	60
Rys. 2.15.	Ekspertycka ocena szans rozwoju technologii priorytetowych w warunkach czterech scenariuszy	61
Rys. 3.1.	Nano-Bio-Info-Cogno – technologie przyszłości	64

Wykaz tabel

Tab. 1.1.	Analiza skali zastosowania nanotechnologii priorytetowych – bieżącej oraz potencjalnej	23
Tab. 2.1.	Polskie projekty foresightowe, w których zidentyfikowano metodę <i>roadmapping</i> , <i>technology roadmapping</i> lub elementy spójne	35