



MAZOWIECKA
BRANŻA FOTONICZNA
POTENCJAŁ I TRENDY

Badanie

*Ocena potencjału oraz perspektyw rozwoju (trendów rozwojowych)
sektora technologii fotonicznych na Mazowszu*

zrealizowane zostało na zlecenie

Urzędu Marszałkowskiego Województwa Mazowieckiego w Warszawie
przez 4CF sp. z o.o.

Warszawa, 29 X 2018

Streszczenie menedżerskie

Badanie przeprowadzone na zlecenie Urzędu Marszałkowskiego Województwa Mazowieckiego wykazało wysoki potencjał rozwojowy globalnej fotoniki. Jej dynamiczny rozwój wiąże się z dużą innowacyjnością i szybkim postępem technologicznym wewnątrz branży oraz szerokim zakresem aplikacji rozwiązań fotonicznych, który czyni fotonikę odporną na zmieniające się warunki makrootoczenia w przyszłości. Przy tym duże zróżnicowanie wewnętrzne branży fotonicznej sprawia, że należy się spodziewać dynamicznych zmian w obrębie jej struktury wewnętrznej oraz wiodących technologii.

Fotonikę, jak większość branż wysokich technologii, cechuje wysoki stopień globalizacji oraz szybko zachodząca dyfuzja innowacji. Przedsiębiorstwa fotoniczne działają na rynkach światowych będąc silnie zagnieżdżonymi w globalnych łańcuchach wartości. W ujęciu regionalnym w zakresie działalności badawczo-rozwojowej prym wiodzie Japonia, która posiada najwięcej patentów fotonicznych. Drastycznie działalność patentową zwiększyły jednak w ostatniej dekadzie Chiny, które są jednocześnie liderem globalnej produkcji fotonicznej oraz głównym dostawcą surowców wykorzystywanych w fotonice. Sprawia to, że w kolejnych latach mogą stać się najważniejszym światowym zagłębiem fotonicznym i największym beneficjentem wzrostu branży. Innymi liczącymi się regionami na rynkach fotonicznych są Europa, Japonia, USA, Kanada, Korea Południowa i Tajwan. Przy tym kraje europejskie mają relatywnie słabą pozycję w największych sektorach fotonicznych (fotowoltaiki, ekranów i wyświetlaczy oraz niesieciowych technologii informacyjnych), za to mają ugruntowaną pozycję w mniejszych, ale przyszłościowych sektorach, w tym w szczególności w sektorze technologii dla produkcji przemysłowej.

Sektor fotoniczny na Mazowszu, chociaż nie ma zauważalnych udziałów w rynku światowym i europejskim, wykazuje szereg cech pozwalających liczyć na jego dalszy rozwój. Dużą nadzieję w tym zakresie budzi silna mazowiecka baza naukowa, która jest na czasie z aktualnym stanem badań w fotonice i której wyniki prac są zauważalne na tle świata. Mazowsze, w odniesieniu do reszty kraju, wyróżnia się również działalnością badawczo-rozwojową potwierdzoną patentami, chociaż w porównaniu do innych regionów świata wciąż patentuje bardzo mało. Ważnymi kwestiami dla potencjału rozwojowego branży fotonicznej jest również posiadane zaplecze technologiczne oraz silna reprezentacja spółek działających w sektorach produktów dla obronności i bezpieczeństwa, a także technologii medycznych, które w świetle przeprowadzonej analizy scenariuszowej, mają wysoki potencjał rozwoju w horyzoncie do 2035 roku. Tym, co trapi mazowiecką fotonikę są m.in. brak ciągłości finansowania B+R, problemy kadrowe, niedostateczny popyt wewnętrzny oraz niski kapitał społeczny.

Możliwość wykorzystania potencjału daje przyjęcie specjalizacji regionalnej i koncentracji branży na wybranych niszach w zakresie aplikacji technologii fotonicznych w obrębie obszarów mazowieckich RIS, które charakteryzują się największym potencjałem wzrostu. Sugestie ze strony przedstawicieli branży wskazują, by takich nisz szukać w aplikacjach z zakresu medycyny i telemedycyny, obronności i bezpieczeństwa lub produkcji żywności i nowoczesnego rolnictwa. Koncentracja na niszach daje możliwość zbudowania pozycji Mazowsza jako globalnego lidera w wybranych aplikacjach fotonicznych oraz stymulowania i zagospodarowania popytu na rynku wewnętrznym. Realizacja strategii koncentracji na niszach wymagać będzie współpracy pomiędzy przedsiębiorstwami sektora, przedstawicielami nauki oraz Samorządem Województwa Mazowieckiego.

Executive Summary

A study commissioned by the Marshal's Office of the Mazowieckie Voivodeship showed the high development potential of global photonics. Its dynamic development is associated with high innovation and rapid technological progress within the industry and a wide range of applications of photonic solutions, which makes photonics resistant to changing macro-environmental conditions in the future. At the same time, the large internal diversity of the photonic industry makes it possible to expect dynamic changes in its internal structure and the leading technologies.

Like most high-tech industries, photonics is characterised by a high degree of globalisation and a rapid diffusion of innovation. Photonic companies operate on global markets and are strongly embedded in the Global Value Chains. On a regional basis, Japan, which holds the largest number of photonic patents, leads the field of research and development activities. However, in the last decade, China has dramatically increased its patent activity, which is at the same time a leader in global photonics production and a major supplier of raw materials used in photonics. This means that in the years to come they may become the world's most important photonic basin and the biggest beneficiary of the industry's growth. Other important regions in the photonic markets are Europe, Japan, USA, Canada, South Korea and Taiwan. At the same time, European countries have a relatively weak position in the largest photonic sectors (photovoltaics, screens and displays and non-network information technologies), but they have an established position in smaller but forward-looking sectors, including in particular in the sector of technologies for industrial production.

The photonic sector in Mazovia, although it does not have noticeable shares in the global and European market, shows a number of features allowing to anticipate its further development. A strong Mazovian scientific base, which is up to date with the current state of research in photonics and whose results are noticeable against the background of the world, inspires great hope in this respect. Mazovia, in relation to the rest of the country, is also distinguished by research and development activity confirmed by patents, although in comparison to other regions of the world it still has very little patenting. Important issues for the development potential of the photonic industry are also the technology base and a strong representation of companies operating in the sectors of defence and security products, as well as medical technologies, which, in the light of the scenario analysis, have a high development potential by 2035. What troubles the Mazovian photonics are, among others, the lack of continuity of R&D financing, human resources problems, insufficient internal demand and low social capital.

The possibility of using the present potential is offered by the adoption of regional specialisation and concentration of the industry on selected niches in the field of photonic technology applications in the Mazovian areas of RIS, which are characterized by the highest growth potential. Suggestions from industry representatives indicate that such niches should be sought in applications in the field of medicine and telemedicine, defence and security or food production and modern agriculture. Concentration on niches gives an opportunity to build Mazovia's position as a global leader in selected photonic applications and to stimulate and develop demand on the internal market. The implementation of the strategy of focusing on niches will require cooperation between enterprises of the sector, representatives of science and the Mazovian Voivodeship Self-Government.

Spis treści

Streszczenie menedżerskie	1
Executive Summary	2
<i>Spis treści</i>	3
Wprowadzenie	4
Opis branży fotonicznej na świecie	4
Opis potencjału naukowo-badawczego oraz stanu mazowieckiego sektora technologii fotonicznych	4
Przyszłość sektora technologii fotonicznych na Mazowszu i na świecie	5
Wnioski i rekomendacje	6
1. Branża fotoniczna na świecie	7
1.1. Badania podstawowe i prace rozwojowe realizowane przez placówki naukowo-badawcze na świecie	7
1.2. Główni dostawcy technologii fotonicznych	8
1.3. Rynek fotoniczny na świecie i w Europie	9
1.4. Odbiorcy i aplikacje technologii fotonicznych	10
1.5. Surowce i materiały dla fotoniki	11
1.6. Ewolucja rynków i wybrane obszary innowacyjności	12
2. Potencjał naukowo-badawczy mazowieckiej fotoniki	15
2.1. Badania podstawowe i prace rozwojowe realizowane przez placówki naukowo-badawcze	15
2.2. Główni dostawcy technologii fotonicznych w Polsce i na Mazowszu	16
2.3. Współpraca nauki z biznesem	17
3. Sektor fotoniczny na Mazowszu	19
3.1 Struktura branży fotonicznej na Mazowszu	19
3.2 Znaczenie ekonomiczne dla regionu	21
3.3. Fotonika jako KET obszarów mazowieckich RIS	25
3.4. Mazowiecka branża fotoniczna w globalnych łańcuchach wartości	26
3.5. Plany rozwojowe mazowieckich przedsiębiorstw fotonicznych	27
3.6. Bariery rozwojowe mazowieckich przedsiębiorstw fotonicznych	28
4. Przyszłość branży fotonicznej	30
4.1. Trendy rozwojowe w sektorze fotonicznym	30
4.2. Najważniejsze trendy wpływające na kierunki rozwoju sektora fotoniki w perspektywie do 2035 roku	31
4.3. Scenariusze dla fotoniki 2035	34
4.3.1. Scenariusz podzielonego świata	35
4.3.2. Scenariusz globalizacji 2.0	36
4.3.3. Scenariusz odczuwalnych zmian klimatu	38
4.3.4. Scenariusz zrównoważonego rozwoju	39
5. Wnioski i rekomendacje	41
5.1. Potencjał mazowieckiej branży fotonicznej	41
5.1.1. Silne strony mazowieckiego sektora fotonicznego	43
5.1.2. Słabe strony mazowieckiego sektora fotonicznego	43
5.1.3. Szanse mazowieckiego sektora fotonicznego	44
5.1.4. Bariery rozwojowe i zagrożenia zewnętrzne mazowieckiego sektora fotonicznego	45
5.2. Rekomendacje działań	45

Wprowadzenie

Badanie przeprowadzono w terminie od 30 lipca do 28 października 2018 roku. W toku badania została przygotowana Baza mazowieckich podmiotów branży fotonicznej oraz niniejszy raport, zawierający analizę ekspercką, składającą się z rozdziałów poświęconych

- Branży fotonicznej na świecie
- Potencjałowi naukowo-badawczemu fotoniki na Mazowszu
- Opisowi mazowieckiego sektora technologii fotonicznych
- Bliższej i dalszej przyszłości branży fotonicznej
- Wnioskom i rekomendacjom

Wyniki badania zaprezentowane zostały na konferencji w Urzędzie Marszałkowskim dnia 30 października 2018 roku.

Opis branży fotonicznej na świecie

W tej części badania główny nacisk został położony na określenie obecnego stanu rozwoju sektora technologii fotonicznych na świecie, ze szczególnym uwzględnieniem takich zagadnień jak:

- wiodące placówki badawcze
- główne tematy prowadzonych badań naukowych
- wiodący dostawcy technologii fotonicznych
- globalny rynek technologii fotonicznych
- globalne łańcuchy wartości w branży technologii fotonicznych (w tym aplikacje technologii fotonicznych i surowce dla fotoniki)
- ewolucja rynków

W tej części badania bazowano przede wszystkim na analizie *desk-research*: raportów na temat światowej i europejskiej branży fotoniki, stron internetowych wiodących ośrodków naukowych na świecie, oraz opracowań bibliometrycznych publikacji naukowych z sektora technologii fotonicznych w międzynarodowych wydawnictwach. Dokonano także badania patentometrycznego baz WIPO oraz UPRP wspartej konsultacją eksperta projektu, w celu zidentyfikowania kluczowych, światowych posiadaczy patentów fotonicznych – dostawców technologii. Szczegółowy opis metody analizy patentometrycznej został umieszczony w Aneksie.

Opis potencjału naukowo-badawczego oraz stanu mazowieckiego sektora technologii fotonicznych

W kolejnej części badania skupiono się na następujących zagadnieniach:

- wielkość i struktura mazowieckiego sektora technologii fotonicznych
- potencjał naukowo-badawczy Mazowsza w zakresie technologii fotonicznych
- znaczenie ekonomiczne sektora technologii fotonicznych dla regionu
- znaczenie technologii fotonicznych dla mazowieckich obszarów regionalnych inteligentnych specjalizacji
- pozycja mazowieckiego sektora technologii fotonicznych względem świata
- plany rozwojowe i bariery mazowieckich przedsiębiorców sektora technologii fotonicznych

Podstawowym zadaniem w części badania poświęconej fotonice na Mazowszu było stworzenie bazy zidentyfikowanych mazowieckich przedsiębiorstw sektora technologii fotonicznych. Do tego celu wykorzystano analizę *desk-research* baz danych KRS, REGON, wyszukiwarki Google oraz stron internetowych zidentyfikowanych firm. Ponadto podmiotów szukano wśród członków instytucji zrzeszających przedsiębiorstwa sektora technologii fotonicznych oraz skorzystano z wiedzy eksperta projektu. Ponadto, przedsiębiorstwa, co do których podjęto wątpliwości odnośnie aktywności, były weryfikowane drogą telefoniczną. Zebrane w toku analizy informacje pozwoliły na przygotowanie bazy 119 podmiotów, w których poza standardowymi danymi kontaktowymi znajdują się też informacje na temat miejsca w łańcuchu wartości, jakie zajmują podmioty, ich głównych obszarów działalności oraz głównych odbiorców.

Uzupełnieniem procesu identyfikacji podmiotów sektora technologii fotonicznych była identyfikacja ośrodków naukowo-badawczych, zajmujących się technologiami fotonicznymi. W tym celu przeanalizowano opracowania bibliometryczne uwzględniające polskie ośrodki naukowe oraz strony internetowe uczelni i instytutów badawczych działających w obszarze nauk ścisłych. Jednostek naukowo-badawczych szukano również wśród posiadaczy patentów, zidentyfikowanych podczas analizy patentometrycznej przeprowadzonej na wcześniejszym etapie. Zestawiając dane dotyczące liczby opublikowanych przez polskie ośrodki naukowo-badawcze prac naukowych oraz posiadanych patentów ze światowymi liderami mogliśmy ocenić potencjał naukowy względem świata. Podobnej analizy dokonano na polu Mazowsze-Polska. Sprawdzono również udział polskich i mazowieckich podmiotów w projektach badawczych finansowanych ze środków Unii Europejskiej. W tym celu wykorzystano dane z bazy danych CORDIS. Szczegółowa metodologia tego badania dostępna jest w Aneksie.

Następnie dzięki analizie desk-research stron internetowych zidentyfikowanych jednostek naukowo-badawczych sprecyzowano konkretne obszary fotoniki stanowiące obiekt prac badawczych prowadzonych przez ww. jednostki. Obrazu potencjału naukowo-badawczego dopełniły informacje na temat współpracy świata mazowieckiej nauki z mazowieckim biznesem, pozyskane w ramach pogłębionych wywiadów z przedstawicielami przedsiębiorstw oraz warsztat strategiczny.

Kolejnym elementem opisu było zbadanie znaczenia ekonomicznego sektora dla regionu Mazowsza. Wykorzystano w tym celu dane GUS o gospodarce regionu Mazowsza oraz dane z oświadczeń finansowych spółek prawa handlowego z baz danych KRS. W ten sposób dokonano ściśle finansowej oceny znaczenia sektora dla Mazowsza. Ocenę tę rozszerzyły informacje uzyskane w toku wywiadów pogłębionych oraz dane z analizy desk-research stron internetowych spółek z Bazy. Celem pogłębienia analizy przeanalizowano również obecne i przyszłe zapotrzebowanie na produkty bazujące na technologiach fotonicznych w obszarach mazowieckiej RIS. Dane do tej analizy zebrano w drodze badania ankietowego on-line zrealizowanego między 17.08.2018 a 29.08.2018. Ponadto przeanalizowano również jaka jest pozycja mazowieckiego sektora technologii fotonicznych względem świata, umiejscawiając zidentyfikowane podmioty w globalnych łańcuchach wartości sektora fotonicznego.

Opis zamykały plany rozwojowe i bariery przedsiębiorców branży fotonicznej. Informacje do analizy w tym rozdziale zostały zebrane w toku warsztatu strategicznego, podczas wywiadów pogłębionych oraz poprzez analizę desk-research stron internetowych spółek z Bazy.

Przyszłość sektora technologii fotonicznych na Mazowszu i na świecie

Bazując na analizie wykonanej na potrzeby opisu stanu sektora technologii fotonicznych na świecie, analizy desk-research raportów branżowych, publikacji, w tym raportów i dokumentów wizyjnych organizacji międzynarodowych identyfikujących najważniejsze mega- i makro-trendy, treści wywiadów pogłębionych i wiedzy eksperta projektu zostało opracowane zestawienie trendów, które mogą mieć wpływ na sektor oraz potencjalne czynniki zmian, które zidentyfikowane trendy mogłyby zmienić. Ponadto mega- i makro-trendy zostały poddane dodatkowej ocenie – pod kątem znaczenia dla sektora i prawdopodobieństwo utrzymania się do 2035 roku – przez przed-

stawicieli sektora technologii fotonicznych w toku badania delfickiego, które zrealizowane zostało w okresie od 18.09.2018 do 27.09.2018.

Powyższe trzy obszary – trendy, makro-trendy i czynniki zmian – stanowiły wsad informacyjny do wygenerowania możliwych scenariuszy przyszłości sektora, które następnie stanowiły jeden z przedmiotów warsztatu strategicznego z przedstawicielami sektora technologii fotonicznych.

Wnioski i rekomendacje

Opisane powyżej analizy, uzupełnione o wykonaną na warsztacie strategicznym, który odbył się 15.10.2018, analizę SWOT, stanowiły podstawę do sformułowania wniosków i rekomendacji odpowiednio dla Urzędu Marszałkowskiego Województwa Mazowieckiego, przedsiębiorców oraz przedstawicieli świata nauki sektora technologii fotonicznych.

1. Branża fotoniczna na świecie

1.1. Badania podstawowe i prace rozwojowe realizowane przez placówki naukowo-badawcze na świecie

Chociaż za początek fotoniki jako obszaru badań przyjmuje się moment wynalezienia lasera, a więc lata 60. dwudziestego wieku¹, to dopiero trzydzieści lat później nastąpił wyraźny wzrost zainteresowania tą dziedziną, wyrażający się gwałtownym przyrostem liczby prac publikowanych w czasopiśmie naukowych. Jak wskazują wyniki analizy bibliometrycznej przeprowadzonej przez badaczy z PTSP², pomiędzy 1990 a 2017 rokiem liczba publikowanych artykułów w temacie fotoniki wzrosła około dziesięciokrotnie.

Fotonika wciąż nie stanowi jednak samodzielnej dyscypliny naukowej. Badania w jej zakresie prowadzone są w obrębie szeregu dziedzin. Najczęściej realizowane są w ośrodkach naukowych i inżynierskich zajmujących się optyką, fizyką, astronomią, medycyną (zwłaszcza okulistyka, neurologią i technikami obrazowania medycznego), badaniami materiałowymi, chemią, telekomunikacją, elektryką, elektroniką oraz biotechnologią.

W ujęciu geograficznym, zdecydowanie największą aktywność naukową wyrażoną liczbą publikacji wykazują ośrodki ze **Stanów Zjednoczonych**. Ponad 30 proc. spośród zidentyfikowanych przez PTSP publikacji z obszaru fotoniki powstało przy udziale przedstawicieli jednostek z tego kraju. To prawie 3 razy więcej niż w przypadku kolejnego najbardziej aktywnego państwa, czyli **Chin** (odpowiedzialnych za nieco ponad 11 proc. artykułów) i ponad 3,5 raza więcej niż trzecich w rankingu **Niemiec** (blisko 9 proc. publikacji). W pierwszej dziesiątce najczęściej publikujących krajów znalazły się jeszcze, kolejno: **Japonia, Anglia, Francja, Włochy, Kanada, Rosja i Hiszpania**. Polska (z 1,3 proc. publikacji) znalazła się w drugiej dziesiątce za Indiami, Australią, Koreą Południową, Szwajcarią i Holandią, a przed Tajwanem, Izraelem, Brazylią i Szwecją.

Opierając się na badaniu PTSP oraz analizie stron internetowych wskazanych w nim ośrodków naukowych i badawczych, opracowano listę dwudziestu liczących się na świecie placówek zajmujących się fotoniką. Znalazło się na niej: 7 ośrodków amerykańskich (Uniwersytet Kalifornijski, MIT, CalTech, Uniwersytet w Arizonie, Uniwersytet Stanforda, Uniwersytet Harvarda oraz NASA), 3 placówki francuskie (Centrum Nanonauk i Nanotechnologii przy Krajowym Centrum Badań Naukowych, Uniwersytet Paryż-Saclay i CEA Tech), po 2 placówki niemieckie, chińskie i belgijskie oraz po jednym ośrodku z Włoch, Rosji, Japonii i Wielkiej Brytanii.

Najczęściej powtarzającymi się obszarami badań podstawowych prowadzonych w zidentyfikowanych instytucjach są: **fotonika krzemowa, nanofotonika i fotonika kwantowa, plazmonika, optyka nieliniowa oraz metamateriały**. W przypadku badań stosowanych i prac rozwojowych odznacza się relatywnie większe zróżnicowanie zarówno w przekroju zarówno inter-, jak i intraorganizacyjnym. Wiele spośród wskazanych placówek rozwija technologie fotoniki kwantowej opracowując **foniczne układy scalone** o różnych właściwościach i zastosowaniach, bądź pracując nad **krzemowymi ogniwami fotowoltaicznymi**. W licznych ośrodkach prowadzone są także prace nad **nanotechnologiami fonicznymi**. Rozwijane są m.in. **urządzenia nanooptoelektroniczne**, metody **nanoskopii optycznej i technologie nanowytwarzania**. Często powtarzającymi się obszarami badań są prace nad światłowodami i światłowodami fonicznymi, rozwój mikroskopii (w tym mikroskopii bezsoczewkowej), tematy miniaturyzacji i technologii hybrydowych. Pełna lista zidentyfikowanych ośrodków naukowo-badawczych wraz ze wskazaniem obszarów prowadzonych przez nie badań podstawowych i rozwojowych znajduje się w tabeli A.1 w aneksie.

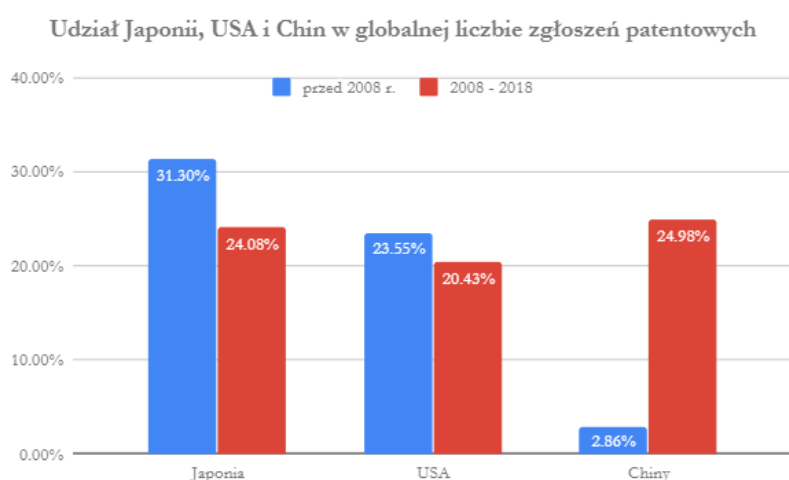
¹ Richard S. Quimby (2006), *Photonics and Lasers: An Introduction*, Wiley, Hoboken.

² PTSP (2018), „Światłana przyszłość - PTSP u źródeł rewolucji fonicznej”, Biuletyn Polskiego Towarzystwa Studiów nad Przyszłością Nr 1/2018.

1.2. Główni dostawcy technologii fotonicznych

Za rozwojem technologii fotonicznych nie stoją wyłącznie placówki naukowe, ale również, a może przede wszystkim, podmioty komercyjne. Analiza aplikacji patentowych z klas IPC³ wpisujących się w obszar fotoniki umożliwiła identyfikację krajów świata oraz przedsiębiorstw szczególnie zaangażowanych w działalność badawczo-rozwojową.

Biorąc pod uwagę **pełną historię zgłoszeń, liderem działalności badawczo-rozwojowej potwierdzonej zgłoszeniami patentowymi jest Japonia**. Podmioty japońskie odpowiadają za 27,9 proc. spośród wszystkich zgłoszonych patentów z fotoniki, na kolejnym miejscu są **Stany Zjednoczone** z 22,1 proc., a za nimi **Chiny** z 13,4 proc. spośród wszystkich zgłoszeń.



Źródło: Opracowanie własne na podstawie Patentscope WIPO.

fotoniki kraj ten definitywnie odszedł od biernego naśladownictwa dokonań innych i nie tylko stał się aktywnym innowatorem, ale przejmuje w tej roli pozycję lidera.

Wciąż jednak wśród czołówki firm zgłaszających najwięcej patentów fotonicznych dominują korporacje japońskie, co wskazuje, że innowacyjność w tym kraju jest relatywnie bardziej skoncentrowana w dużych ośrodkach niż w przypadku Chin. Spośród 6 największych zgłaszających z ostatnich 10 lat odpowiadających za ponad 8 proc. spośród wszystkich 2.382.839 zgłoszeń patentowych: 4 to firmy japońskie a 2 koreańskie. Zdecydowanym liderem jest Canon Inc., który w ostatnich 10 latach złożył aż 3,32 proc. spośród zgłoszeń. Zestawienie najaktywniejszych zgłaszających wraz ze wskazaniem ich głównej działalności w zakresie technologii fotonicznych przedstawiono w tabeli 1.1.

Tabela 1.1 – Przedsiębiorstwa zgłaszające najwięcej patentów fotonicznych w latach 2008-2018

	Organizacja	Siedziba	Zgłoszeń patent.	Główny obszar działalności fotonicznej
1	Canon Inc.	Japonia	3,32%	optyka i obrazowanie
2	Samsung Electronics Co. Ltd.	Korea Południowa	1,70%	producent elektroniki, w tym wyświetlacze LCD i panele LED, smartfony, półprzewodniki, telewizory,

³ Szczegółowy opis metodologii patentometrii zamieszczono w Aneksie.

				aparaty fotograficzne
3	Ricoh Company	Japonia	1,54%	urządzenia biurowe (druk i powielanie, w tym laserowe), aparaty fotograficzne
4	Seiko Epson Corp	Japonia	0,65%	skanery, urządzenia do druku, projektory
5	LG Display	Korea Południowa	0,56%	wyświetlacze i ekrany wielkoformatowe LCD, LED i OLED do telewizorów, komputerów i sprzętu mobilnego
6	Sony Corp	Japonia	0,56%	elektronika użytkowa, w tym optyczne przechowywanie danych, telewizory, aparaty fotograficzne, moduły kamer i kamery studyjne, smartfony, podzespoły (układy scalone, sensory CMOS i CCD)
	Razem:	198.845	8,34%	spośród N = 2.382.839 zgłoszeń

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Patentscope WIPO.

1.3. Rynek fotoniczny na świecie i w Europie

Według raportu Europejskiej Platformy Technologicznej Photonics21⁴ wartość globalnego rynku fotonicznego w 2015 roku wyniosła 447 miliardów euro. Przy tym **największym światowym producentem w obszarze fotoniki były Chiny**, które odpowiadały za 26,6 proc. globalnej produkcji. Na kolejnych miejscach znalazły się **kraje europejskie** (15,5 proc.), **Japonia** (15,4 proc.), **Stany Zjednoczone i Kanada** (łącznie 13,6 proc.), **Korea Południowa** (12,5 proc.) oraz **Tajwan** (10,6 proc.). Pozostałe regiony świata odpowiadały jedynie za pozostałe 5,8 proc. produkcji.

Także w Europie produkcja w branży fotonicznej koncentruje się w kilku wiodących państwach. **Zdecydowanym liderem na kontynencie są Niemcy**, których udział w rynku w 2015 roku wyniósł aż 41,3 proc.. Było to blisko 30 p.p. więcej od kolejnego państwa – **Holandii** odpowiedzialnej za 12,5 proc. produkcji europejskiej. Trzecim największym producentem europejskim jest **Francja** (11,6 proc.). Oprócz niej istotnie liczą się jeszcze tylko **Wielka Brytania** (9,9 proc.), **Włochy** (8,3 proc.) i **Szwajcaria** (3,6 proc.).

Raport Photonics21 wyróżnia 10 sektorów urządzeń fotonicznych składających się na globalną produkcję. W tabeli 2 znalazło się ich zestawienie wraz z udziałami każdego z nich w rynku fotonicznym na świecie i w Europie. W ostatniej kolumnie tabeli dla każdego z sektorów podano również udział Europy w całkowitej produkcji.

Tabela 1.2 – Udziały sektorów fotonicznych w rynku globalnym i europejskim

Sektor	Udział sektora w fotonicznej produkcji globalnej	Udział sektora w fotonicznej produkcji europejskiej	Udział produkcji europejskiej w produkcji globalnej
Fotowoltaika	12%	4%	5%
Oświetlenie	8%	12%	25%
Komunikacja optyczna i sieci optyczne	5%	6%	19%
Technologie produkcji	6%	19%	50%
Pomiary optyczne i przetwarzanie obrazu	7%	17%	35%

⁴ Photonics21 (2017), "Market Research Study Photonics 2017", Photonics21, Brüssel, Düsseldorf, Tägerwilten.

Technologie medyczne i przyrodnicze bazujące na fotonice	8%	14%	27%
Niesieciowe technologie informacyjne	16%	4%	4%
Ekrany i wyświetlacze	26%	2%	1%
Obrona i bezpieczeństwo	7%	11%	26%
Komponenty i systemy optyczne	5%	11%	35%
RAZEM:	100%	100%	15,5%

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Photonics21, "Market Research Study Photonics 2017"

Zestawienie to pokazuje, że firmy europejskie operują głównie w niszach. Największy udział rynkowy Europa osiągnęła w sektorach, które są relatywnie najmniejsze, tj. w sektorach: technologii produkcji, pomiarów optycznych i przetwarzania obrazu, komponentów i systemów optycznych, technologii medycznych i przyrodniczych, obrony i bezpieczeństwa oraz oświetlenia. Udział przedsiębiorstw europejskich w 3 największych sektorach: fotowoltaiki, niesieciowych technologii informacyjnych oraz ekranów i wyświetlaczy (pot. *display'ów*) był znikomy. Przy czym w wypadku fotowoltaiki udział Europy spadł drastycznie (z 35 proc. w 2005 roku) na rzecz producentów chińskich, którzy zawojowali rynek niską ceną.

Wychodząc od podziału sektorowego przytoczonego powyżej oraz biorąc pod uwagę charakter aplikacji technologii fotonicznych wyodrębniono i opisano **11 kluczowych łańcuchów wartości dla branży fotonicznej**. W większości pokrywają się one z podziałem sektorowym przyjętym wyżej z tym, że w sektorze technologii produkcji wyróżniono laserowe technologie produkcji oraz technologie fotolitograficzne, zaś sektor pomiarów optycznych i przetwarzania obrazu rozbito na łańcuchy pomiarów optycznych oraz widzenia maszynowego i przetwarzania obrazu. W analizie globalnych łańcuchów wartości (GVC) pominięto sektor komponentów i systemów optycznych z uwagi na jego dużą wewnętrzną zmienność. Ostatecznie, analizie poddano łańcuchy: **fotowoltaiczny, oświetleniowy, komunikacji optycznej i sieci optycznych, laserowych technologii produkcji, technologii fotolitograficznych, pomiarów optycznych i sensoryki, widzenia maszynowego i przetwarzania obrazu, technologii medycznych i przyrodniczych, niesieciowych technologii komunikacyjnych, ekranów i wyświetlaczy oraz obrony i bezpieczeństwa**. Z uwagi na ograniczenia objętościowe niniejszego raportu, w dalszej części rozdziału przedstawione zostaną jedynie podstawowe, zbiorcze wnioski z analizy, z pominięciem opisów poszczególnych łańcuchów. Zainteresowani mogą je jednak znaleźć w tabeli A.3 w aneksie do raportu.

1.4. Odbiorcy i aplikacje technologii fotonicznych

Fotonika nie bez powodu została zaliczona przez Komisję Europejską do kluczowych technologii wspomagających (w skrócie KET od *Key Enabling Technologies*). Dziedzina ta charakteryzuje się bowiem bardzo wysokim różnicowaniem zarówno w obszarze stosowanych technologii i rozwiązań, jak i z uwagi na odbiorców oraz aplikacje. Dlatego trudno jest znaleźć dział gospodarki lub grupę odbiorców, które w ogóle nie korzystałyby z rozwiązań fotonicznych.

Można jednak wskazać kilka obszarów aplikacji, dla których technologie fotoniczne wydają się szczególnie istotne. Fotonika znajduje np. szereg zastosowań w **produkcji przemysłowej**. Począwszy od oświetlenia hal produkcyjnych, przez cięcie i obróbkę laserową, przez kontrolę jakości dzięki zaawansowanym sensorom optycznym, po automatykę produkcji, w tym rozwiązania przemysłu 4.0. Bardzo istotne znaczenie rozwiązania fotoniczne mają także dla **energetyki** i możliwości zaopatrzenia odbiorców w energię elektryczną. W tym kontekście jako pierwsze na myśl przychodzą technologie fotowoltaiczne pozwalające na **produkcję energii odnawialnej**, jednak rola branży nie ogranicza się wyłącznie do nich. Nowoczesne rozwiązania z zakresu oświetlenia, technologii komuni-

kacji oraz **przetwarzania danych** pozwalają zmniejszać energochłonność gospodarki prowadząc jednocześnie do relatywnego ograniczenia popytu na energię elektryczną. Duże nadzieje na zauważalne oszczędności energetyczne budzi od niedawna ostatni z wymienionych obszarów. Oczekuje się, że rozwój fotoniki krzemowej i fonicznych układów scalonych pozwoli rozwinąć **komputery optyczne** zdolne osiągać wysokie moce obliczeniowe przy ułamku zużycia energii tradycyjnych obwodów elektronicznych. Technologie w tym zakresie doskonałą m.in. IBM oraz Intel.

Na wprowadzeniu na rynek komputerów optycznych, a w dalszej przyszłości także **komputerów kwantowych**, najbardziej skorzysta **przemysł wysokich technologii**. Jednak już teraz jest on jednym z najważniejszych beneficjentów fotoniki. Technologie **fotolitograficzne** wykorzystywane są do **produkcji elektronicznych układów scalonych** będących nieodłączną częścią współczesnej elektroniki. Globalnym liderem w tym obszarze jest holenderski ASML. Miniaturyzacja układów scalonych, która pozwoliła m.in. na osiągnięcie dużych mocy obliczeniowych współczesnych smartfonów możliwa była za sprawą rozwoju **nanofotolitografii**. Piszząc o roli fotoniki w *hi-tech* nie wolno również zapominać o znaczeniu technologii komunikacji optycznej. **Komunikacja światłowodowa** pozwoliła m.in. osiągnąć dużą niezawodność i prędkość przesyłu danych w sieciach rozległych i lokalnych. Wspomnieć też warto o roli **ekranów i wyświetlaczy**, które wspierają rewolucję cyfrową.

Bardzo ważnym odbiorcą technologii fonicznych jest **medycyna i biotechnologia**. Szerokie zastosowania znajdują tu lasery, endoskopy, spektroskopy, sensory oraz mikroskopy. Stosowane są one w licznych obszarach, począwszy od inżynierii genetycznej, przez diagnostykę *in vitro* i *in vivo*, monitorowanie medyczne, po chirurgię i protetykę. Szczególnie duże znaczenie technologie foniczne mają w dziedzinie okulistyki. Obok produktów optycznych (okularów, soczewek), wykorzystuje się je w diagnostyce (OCT, SLO) oraz leczeniu chorób narządu wzroku (m.in. laserowa korekcja wad wzroku LASIK, leczenie zaćmy, jaskry).

W końcu, wśród istotnych aplikacji technologii fonicznych należy także bezwzględnie wymienić zastosowania związane z **obronnością i bezpieczeństwem**. Wykorzystuje się tu m.in. zaawansowane systemy wizyjne i obrazowania, systemy dalmierzowe i teledetekcyjne (w tym lidary), optyczne systemy naprowadzające i laserowe systemy obronne. Część spośród aplikacji wypracowanych na rzecz obronności wykorzystywana jest w **przemśle motoryzacyjnym oraz awiacji**. Duże znaczenie technologie foniczne mają m.in. dla **rozwoju pojazdów autonomicznych** wykorzystujących zaawansowane systemy detekcyjne i komunikacyjne. Bardzo ważnym obszarem zastosowań produktów łańcucha są również **technologie kosmiczne**. Spełnienie wymagań odnośnie niezawodności produktów stosowanych w tym obszarze sprzyja innowacyjności oraz poprawie jakości rozwiązań fonicznych.

1.5. Surowce i materiały dla fotoniki

Foniczne łańcuchy wartości przecinają się w wielu miejscach i wzajemnie się uzupełniają. W obręb jednego łańcucha często wchodzi kilka ogniw zaliczających się do sektora fotoniki tak, że materiały i **komponenty wykorzystywane przy wytwarzaniu jednego produktu fonicznego, często same są produktem fonicznym innego łańcucha**. Na przykład, włókna światłowodowe będące produktem łańcucha komunikacji optycznej jednocześnie są komponentem laserów światłowodowych do cięcia metali będących produktem łańcucha technologii produkcji przemysłowej. Kluczowymi komponentami w wybranych łańcuchach fonicznych, oprócz wymienionego przykładu są m.in. elementy optyczne (soczewki, mikrosoczewki, elementy dyfrakcyjne, zwierciadła, filtry, elementy polaryzacyjne), systemy MOEMS, emiterzy laserowe, sensory oraz diody LED i OLED. Z uwagi na występujące współzależności, większość fonicznych łańcuchów wartości wykorzystuje zbliżone surowce naturalne.

Wymieniając kluczowe surowce dla sektora fonicznego, warto zacząć od **metali ziem rzadkich** (REE *Rare Earths Elements*), o które fotonika konkuruje z producentami katalizatorów, przemysłem ceramiki i szkła, metalur-

gią oraz przemysłem elektronicznym. Związki **neodymu, erbu i ceru** wykorzystywane są w laserach. **Itr i terb** stosuje się w produkcji luminoforów do lamp i wyświetlaczy, zaś **iterb** używany jest w przemyśle światłowodowym i fotowoltaice. Największym globalnym producentem REE są **Chiny**, które w 2017 roku odpowiadały za blisko 80% ich światowego wydobycia.⁵

Innymi pierwiastkami wykorzystywanymi powszechnie w fotonice są **german, a także gal i ind i ich związki** (jak **arsenek galu, azotek galu czy fosforek indu**). Znajdują one aplikacje w fotowoltaice, w produkcji oświetlenia, w światłowodach oraz w laserach. German coraz chętniej stosuje się także przy produkcji fotonicznych układów scalonych. Podobnie jak w przypadku REE, **liderem w globalnej produkcji każdego z wymienionych pierwiastków są Chiny**. W 2017 roku Chiny odpowiadały za ok. 65 proc. globalnej produkcji germanu, ok. 95 proc. produkcji galu oraz ok. 43 proc. produkcji indu. **W przypadku indu obok Chin** liczącym się globalnym producentem jest **Korea Południowa**, która w 2017 roku wytworzyła blisko 30 proc. całkowitej światowej produkcji tego pierwiastka.⁶

Istotnym surowcem fonicznym jest również **krzem**. W postaci monokrystalicznej stosowany jest przede wszystkim w fotowoltaice oraz do produkcji waflí krzemowych stanowiących podłoże układów scalonych produkowanych z wykorzystaniem fotolitografii. Dytlenek krzemu, z kolei, wykorzystywany jest powszechnie w produkcji włókien światłowodowych. Krzem, jako surowiec zyskiwać będzie na znaczeniu w fotonice wraz z rozwojem fotoniki krzemowej. Będzie stanowić ważny surowiec fonicznych układów scalonych oraz laserów hybrydowych i krzemowych. Największym światowym producentem krzemu są **Chiny**, które w 2017 odpowiadały za blisko 65 proc. globalnej produkcji.⁷ Zagrożenie związane z dominacją Chin na rynkach surowcowych dla podmiotów mazowieckich opisane zostało w paragrafie 4.1 “Trendy rozwojowe w sektorze fonicznym”, w rozdziale poświęconym przyszłości fotoniki oraz w paragrafie 5.1.4 rozdziału nt. wniosków i rekomendacji poświęconym zagrożeniom zewnętrznym dla sektora mazowieckiego.

Bardzo ważną rolę w sektorze fonicznym odgrywają zaawansowane rozwiązania materiałowe o odpowiednich właściwościach optycznych. Do kluczowych materiałów fonicznych zaliczają się **kryształy foniczne**. Choć w przyrodzie występują naturalne kryształy foniczne, takie jak np. opal, w praktyce zazwyczaj wykorzystuje się kryształy wytwarzane syntetycznie. Produkcja własna pozwala osiągnąć oczekiwane właściwości optyczne danego materiału, jak np. nieliniowe efekty optyczne. Ze względu na strukturę wyróżnia się kryształy jedno-, dwu- i trójwymiarowe. Kryształy znajdują zastosowanie jako m.in. jako półprzewodniki w fotowoltaice, w laserach, wyświetlaczach i ekranach, sensorach obrazu. Ich właściwości wykorzystuje się także w optyce cienkich warstw. Stanowią materiał do produkcji nowoczesnych światłowodów fonicznych i fonicznych układów scalonych. W tym ostatnim obszarze, duże nadzieje pokłada się we właściwościach kryształów 3D, które mogą pozwolić na stworzenie tranzystorów optycznych niezbędnych do budowy komputerów optycznych. Z uwagi rolę, jaką pełnią kryształy foniczne oraz znaczenie *know-how* w procesie ich wytwarzania, produkcja kryształów często jest zintegrowana z dalszymi ogniwami łańcucha wartości w obszarze jednego przedsiębiorstwa.

1.6. Ewolucja rynków i wybrane obszary innowacyjności

Większość spośród przeanalizowanych łańcuchów wartości opisuje rynki dojrzałe. Niektóre z nich wykazują wprawdzie potencjał dalszego wzrostu lub delikatnego spadku, jednak nie wydaje się, by którykolwiek, jako całość, miał w najbliższych latach rosnąć w tempie wykładniczym, bądź w sposób gwałtowny się załamać. Jest to częściowo związane z dużym wewnętrznym zróżnicowaniem technologii fonicznych w obrębie łańcuchów. Istotne

⁵ U.S. Department of the Interior (2018), "Mineral Commodity Summaries 2018", U.S. Geological Survey, s. 132-133.

⁶ Tamże, s. 63, 69, 79.

⁷ Tamże, s. 149.

zmiany często zachodzą nie pomiędzy łańcuchem a jego otoczeniem, lecz w jego obrębie. Istnieje jednak kilka wyjątków, charakteryzujących się dużym potencjałem zmian. Są to przede wszystkim dynamicznie rosnące łańcuchy względnie nowe, charakteryzujące się dużą innowacyjnością lub silną presją popytową oraz łańcuchy istotnie zagrożone zmianą dysruptywną ze strony zupełnie nowych rozwiązań technologicznych.

Łańcuchami **wzrostowymi** w branży fotonicznej są: **łańcuch widzenia maszynowego oraz technologii medycznych i przyrodniczych**. Ten pierwszy rozwija się wraz z postępem automatyzacji i robotyzacji, który generuje zapotrzebowanie na automatyczne rozpoznawanie obrazu. Widzenie maszynowe stanowi istotny element w rozwijających się branżach, np. w tzw. przemyśle 4.0. Znajduje też zastosowanie w zautomatyzowanych sklepach (typu Amazon Go) oraz dronach i pojazdach autonomicznych. Łańcuch technologii medycznych i przyrodniczych rozwija się głównie dzięki szybkiemu postępowi technologicznemu w jego obrębie. **Warto tu wspomnieć, że jedno z odkryć w jego obszarze – pęseta optyczna, zostało w tym roku uhonorowane nagrodą Nobla.** Ponieważ na zdrowie popyt jest zawsze, można oczekiwać, że rozwiązania o udowodnionej skuteczności będą nadal chętnie przyjmowane przez rynek.

Większość fotonicznych GVC ma charakter łańcuchów **dojrzałych, charakteryzujących się ciągłym wzrostem**. Na szczególną uwagę w tej kategorii zasługują łańcuchy **ekranów i wyświetlaczy oraz łańcuch fotowoltaiczny** odpowiadające za blisko 40 proc. rynku produktów fotonicznych. Łańcuch ekranów intensywnie się rozwijał z uwagi na gwałtownie postępującą cyfryzację oraz upowszechnienie technologii inteligentnych i mobilnych. Ekrany coraz częściej zastępują papier, a w wyświetlacz zaopatrzony jest szereg sprzętów, które jeszcze niedawno nie istniały bądź były go pozbawione (smartfony, urządzenia ubieralne, sprzęty AGD). Aktualnie wyświetlacze stają się coraz cieńsze, bardziej elastyczne i mniej energochłonne (LED, OLED). Rozwijane są również ekrany pozwalające lepiej korzystać z możliwości AR – wyświetlające obraz 3D bez konieczności zakładania okularów. Pomimo dotychczasowej rosnącej dynamiki łańcucha, **istnieje potencjał spowolnienia związany z wyhamowaniem wzrostu globalnego popytu na smartfony**⁸, jednak spodziewane jest, że popyt z powrotem zacznie rosnąć po 2019 roku wraz z wdrażaniem sieci 5G⁹. **Możliwym, acz mało prawdopodobnym, zagrożeniem dla tego łańcucha jest również przełom w technologii e-papieru**, który dostarczyłby taniej, energooszczędnej i przyjaznej dla oczu alternatywy dla ekranów emitujących światło. Aktualnie jednak, pomimo dużych możliwości tego typu ekranów, są one wciąż stanowczo za drogie i za mało uniwersalne w zastosowaniach.

Jeśli chodzi o łańcuch fotowoltaiczny, to w latach 2005-2011 jego światowa produkcja w ujęciu wartościowym rosła najszybciej ze wszystkich osiągając średnioroczną dynamikę wzrostu rzędu 35 proc. W latach 2011-2015 wartość rynku prawie się nie zwiększyła; nie było to jednak wynikiem zmniejszenia produkcji w ujęciu ilościowym – ta nadal rosła, lecz gwałtownego spadku cen spowodowanego podażą tanich ogniw i modułów słonecznych produkowanych w Chinach.¹⁰ Łańcuch fotowoltaiczny powinien nadal rosnąć z jednej strony z uwagi na rozwój nowych technologii umożliwiających bardziej uniwersalne wykorzystanie ogniw słonecznych (np. ogniwa z perowskitu), z drugiej zaś ze względu na wymuszoną stanem środowiska konieczność zwiększenia udziału OZE w globalnym miksie energetycznym. Pozostalymi dojrzałymi łańcuchami o zachowanym potencjale wzrostu są łańcuchy: **komunikacji optycznej i sieci optycznych, pomiarów optycznych oraz obrony i bezpieczeństwa**.

Wśród **dojrzałych** i względnie **stabilnych GVC** fotonicznych wymienić należy przede wszystkim **łańcuch laserowych technologii produkcji**, w którym dynamika zmian opiera się na rozwoju nowych, bardziej efektywnych

⁸ CNBC, "Samsung just warned about weak display panel demand — that could be bad news for the iPhone X" <https://www.cnbc.com/2018/04/26/samsung-warns-about-slowdown-in-global-smartphone-market.html>, odwiedzono 20.08.2018.

⁹ IDC (2018), "Worldwide Smartphone Volumes Will Remain Down in 2018 Before Returning to Growth in 2019 and Beyond, According to IDC", <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS43856818>, odwiedzono 22.08.2018.

¹⁰ Photonics 21, "Market Research...".

generacji laserów wykorzystywanych do cięcia i obróbki materiałów. Relatywnie nowym obszarem zmian jest druk 3D, który z jednej strony może nieznacznie obniżyć popyt na lasery stosowane w tradycyjnym procesie produkcyjnym, z drugiej rodzić popyt na fotoniczną technologię skanowania 3D oraz lasery wykorzystywane w niektórych drukach 3D. Dojrzałością i względną stabilnością charakteryzuje się również **łańcuch technologii fotolito-graficznych**. Zmiany w tym obszarze polegają przede wszystkim na wykorzystywaniu światła o coraz mniejszej długości fali. Pierwsze technologie fotoniczne operowały niebieskim światłem widzialnym, obecnie najpopularniejsza jest fotolitografia UV, ale dość szybko wypiera ją technologia EUV. Wraz z dalszym postępem miniaturyzacji układów scalonych zagrożenie dla fotolitografii mogą nieść technologie litograficzne posługujące się jeszcze mniejszą długością fali rentgenolitografia i elektronolitografia.

W końcu, dwa spośród dojrzałych GVC cechuje **potencjał spadkowy**. Są to **łańcuch oświetlenia** oraz **niesieciowych technologii informacyjnych**. Choć dynamika rynku jest dla nich obecnie pozytywna, to charakteryzują się one istotnymi zagrożeniami. W przypadku łańcucha oświetleniowego zagrożenie to paradoksalnie związane jest z rozwojem technologicznym w jego obrębie. Oczekuje się, że bardziej efektywne energetycznie oświetlenie o znacząco wydłużonej żywotności względem tradycyjnych żarówek wolframowych i halogenowych (wycofywanych z rynku UE) przełoży się na spadek ilości zakupów odtworzeniowych, a w efekcie w dłuższej perspektywie może wpłynąć na wyhamowanie popytu. Sytuacja wygląda odmiennie w przypadku niesieciowych technologii informacyjnych. Mogą być one wypierane przez rozwiązania sieciowe i chmurowe, czemu szczególnie sprzyjać będzie rozwój stabilnej sieci 5G. Warto również zwrócić uwagę, że szereg spośród technologii fotonicznych w obrębie łańcucha ma charakter spadkowy. **Laserowe technologie zapisu danych (CD, DVD, Blu-Ray)** wypierane są przez dyski półprzewodnikowe z pamięcią flash. Nadzieją łańcucha w tym obszarze są innowacyjne pamięci holograficzne oraz plazmoneczne, jednak oba typy technologii pozostają jeszcze w fazie badawczo-rozwojowej. Postępująca cyfryzacja zagraża z kolei popytowi na technologie służące transformacji informacji z lub do formy analogowej. Coraz mniej danych kiedykolwiek przybiera formę analogową.

Szersze opracowanie dotyczące perspektyw rozwojowych branży fotonicznej przedstawione zostało w rozdziale “Przyszłość branży fotonicznej”.

2. Potencjał naukowo-badawczy mazowieckiej fotoniki

2.1. Badania podstawowe i prace rozwojowe realizowane przez placówki naukowo-badawcze

Bazując na analizie bibliometrycznej badaczy PTSP oraz analizie stron internetowych mazowieckich ośrodków naukowych oceniono potencjał naukowy Polski oraz Mazowsza.

Dane nt. liczby prac naukowych dotyczących fotoniki pokazują, że zarówno Mazowsze jak i Polska **nie grają pierwszych skrzypiec na arenie światowej** – miejscu dominacji placówek naukowych z USA, Chin, Niemiec, Francji. Nie oznacza to jednak całkowitego braku kapitału czy potencjału w dziedzinie fotoniki. Wprost przeciwnie – **1,3 proc. prac z lat 1945-2017 powstało dzięki lub przy udziale autorów reprezentujących polskie jednostki naukowe**. Potwierdza się zatem przypuszczenie, że Polska dysponuje istotnym kapitałem ludzkim w obszarze nauki, dostrzegalnym w skali globalnej..

W polskiej fotonice Mazowsze wiedzie natomiast zdecydowany prym. Pod kątem liczby opublikowanych prac naukowych Mazowsze dominuje pozostałe województwa – powstało tu **ponad 61 proc. prac z dziedziny fotoniki** opublikowanych przez polskie ośrodki naukowe. Najważniejszymi ośrodkami naukowymi – zarówno w kraju jak i w województwie – są **Polska Akademia Nauk, Politechnika Warszawska i Wojskowa Akademia Techniczna**, w których powstało odpowiednio 15,2 proc., 14,7 proc. i 11,5 proc. prac badawczych związanych z fotoniką. Rola PANu w województwie może być jednak realnie mniejsza, gdyż w zestawieniu statystycznym PTSP uwzględniono PAN jako jedną jednostkę naukową, bez wyszczególnienia instytutów, z których część może znajdować się poza województwem. Pozostałe istotne ośrodki na fotonicznej mapie Polski to **Politechnika Wrocławska**, krakowskie **Uniwersytet Jagielloński i Akademia Górniczo-Hutnicza** oraz **Politechnika Śląska**. W czołowych placówkach badawczych kraju miejsce znalazły także **Uniwersytet Warszawski** oraz **Instytut Technologii Materiałów Elektronicznych**. Pełna lista zidentyfikowanych wojewódzkich ośrodków naukowych znajduje się w aneksie – Tabela A.5.

Analizując potencjał naukowy Mazowsza należy zwrócić uwagę na drastyczną dysproporcję pomiędzy Regionem Warszawskim Stołecznym (Warszawa i – spośród 32 zidentyfikowanych ośrodków zajmujących się badaniami nad fotoniką **jedynie jeden znajduje się w regionie Mazowieckim Regionalnym (Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach**, w którym prowadzone są badania nad materiałami luminescencyjnymi oraz optycznymi właściwościami materiałów), **pozostałe są ulokowane w Regionie Warszawskim Stołecznym**.

Najczęściej powtarzającymi się obszarami badań w mazowieckich ośrodkach naukowych są **badania nad laserami, spektroskopia, fotoniką i optyką kwantową, plazmoniką, nanostrukturami i ich właściwościami optycznymi i optoelektrycznymi oraz ich zastosowaniem w spektroskopii, fotokatalizie i fotowoltaice, optycznymi metamateriałami, fotowoltaiką, światłowodami i sensorami optycznymi (w tym PIC/MOEMS/sensorami światłowodowymi)**. Porównawszy je z analizą z rozdziału drugiego można stwierdzić, że mazowieckie ośrodki naukowe wpisują się kierunkami swoich badań w główne nurty światowe, choć nieporównywalnie silniejsza jest reprezentacja badań nad technologiami laserowymi. Na Mazowszu rozwija się lasery półprzewodnikowe, lasery ciała stałego, kwantowe lasery kaskadowe. Jednak także w tym obszarze widać przesunięcie zainteresowań do zagadnień współcześnie angażujących świat nauki, jak choćby do nagrodzonych w tym roku nagrodą Nobla badań nad **impulsami femtosekundowymi czy laserów terahercowych**. To jasno pokazuje, że mazowiecka społeczność naukowa na bieżąco śledzi światowe trendy i podąża za nimi.

Zapewne niemalże wpływ na taki stan rzeczy mają kooperacyjne projekty naukowe. Według unijnej bazy danych CORDIS (*Community Research and Development Information Service*) polskie ośrodki naukowe w latach 2007-2018 wię-

ły udział w **120 projektach** badawczych związanych z fotoniką i finansowanych ze środków unijnych, w **22 z nich były koordynatorami**. Mazowieckie ośrodki brały udział w ponad połowie z nich (63), co również podkreśla znaczenie mazowieckiego potencjału naukowego na tle kraju. Pełna lista projektów zidentyfikowana z pomocą bazy CORDIS znajduje się w aneksie – plik **Polskie projekty finansowane z UE – tabela zbiorcza**.

Środki europejskie przyczyniły się także do znacznego rozwinięcia potencjału badawczego z uwagi na liczne inwestycje w aparaturę badawczą. Nowoczesna infrastruktura w skupionych w Warszawie ośrodkach badawczych (np. CEZAMAT, ITME, UNIPRESS, PW (Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych, Wydział Mechatroniki), UW (Centrum optycznych technologii kwantowych), WAT) niesie ze sobą duży potencjał do rozszerzenia skali prowadzonych badań podstawowych.

2.2. Główni dostawcy technologii fotonicznych w Polsce i na Mazowszu

By dopełnić obrazu potencjału innowacyjności w obszarze technologii fotonicznych Polski i Mazowsza przeprowadzono także analizę patentową polskich przedsiębiorstw, ośrodków naukowych i osób prywatnych.

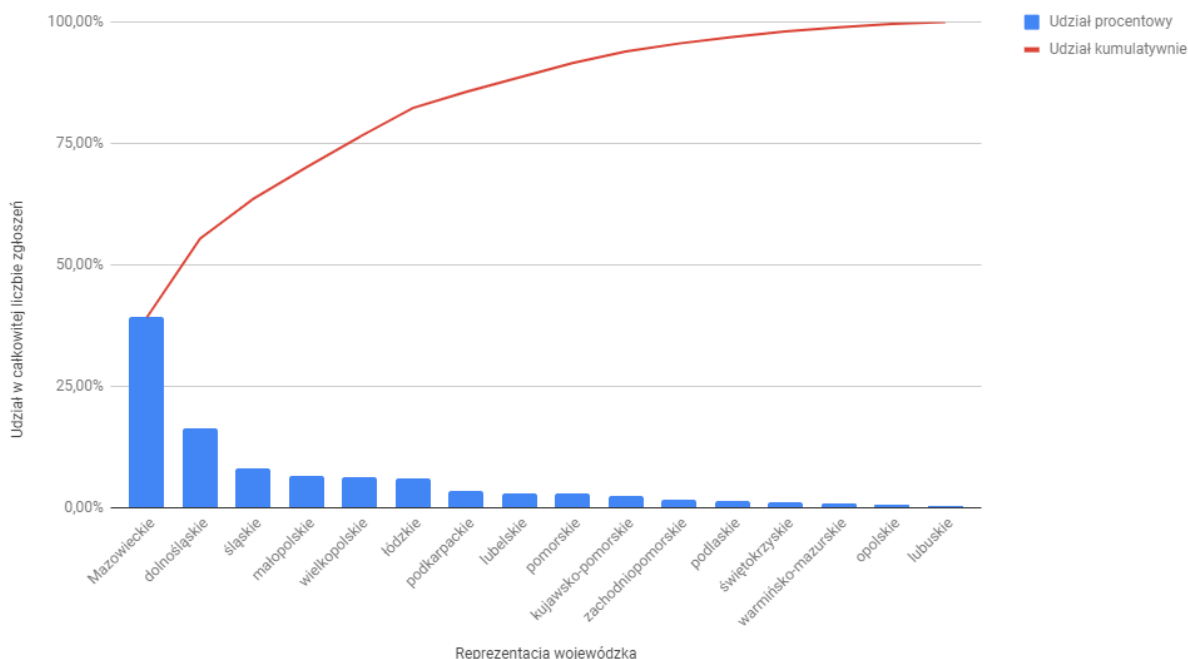
Niestety pod tym względem stan polskiej fotoniki wygląda bardzo źle. Liczba zarejestrowanych patentów w latach 2008-2018 rocznie **nie przekraczała 23**, ze średnią ok. 15 na rok. W sumie w bazie Patentscope znajdują się 234 patenty zarejestrowane przez podmioty z siedzibą w Polsce, z czego w ostatnich 10 latach zarejestrowano ponad 70 proc. z nich. W porównaniu do światowego przyrostu liczby patentów z tych samych klas IPC (średnio ponad 216 tysięcy rocznie w latach 2008-2018) cały **polski dorobek w tym zakresie jest w zasadzie pomijalny**. Dane te nie prezentują się lepiej w porównaniu do lidera działalności badawczo-rozwojowej potwierdzonej zarejestrowanymi zgłoszeniami patentowymi – Japonii, gdzie średnio w latach 2008-2018 rejestrowano ponad 6700 patentów z analizowanych klas IPC. Na tym tle coroczny wkład polskich podmiotów stanowi nieco ponad **2 promile** – a warto tu zaznaczyć, że osiem z patentów z lat 2002-2004 powstało przy współudziale japońskiej spółki Nichia Corporation, z którą współpracowało mazowieckie Ammono.

Uwagę zwraca mała reprezentacja ośrodków naukowych wśród posiadaczy patentów fotonicznych – około 25 proc. Zgadza się to z tendencją światową, gdzie, jak wykazano w rozdziale drugim, głównymi dostawcami technologii są przedsiębiorstwa. Jednocześnie, pracownicy naukowo-badawczy zatrudnieni w szkolnictwie wyższym stanowią niemal 60 proc. wszystkich pracowników naukowo-badawczych w Polsce. Wynika z tego, że mimo iż ośrodki naukowe mają zdecydowanie większy potencjał ludzki, to nie przekłada się to na liczbę patentów.

Małą liczbę patentów można próbować tłumaczyć niskim zaufaniem do tej formy ochrony własności intelektualnej zgłaszanej czasem przez przedsiębiorców w wywiadach – ale trudno zakładać, że na tyle drastycznie odbiegamy w tym zakresie od trendów światowych, że miałyby to znacząco zafalszowywać nasz faktyczny udział w innowacyjności w zakresie fotoniki na świecie.

W obliczu powyższych danych niewielkim pocieszeniem jest fakt, że podmioty reprezentujące Mazowsze są zdecydowanym liderem pod względem liczby patentów zgłaszanych do Urzędu Patentowego Rzeczypospolitej Polskiej w latach 2008-2018 – blisko 40 proc. wszystkich patentów ze zdefiniowanych klas IPC zgłoszonych do UPRP pochodziło z Mazowsza. W sumie w bazie zgłoszeń patentowych UPRP zidentyfikowano 844 zgłoszenia patentowe z obszarów objętych badaniem.

Udział reprezentantów województw w całkowitej liczbie zgłoszeń patentów fotonicznych do UPRP



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych UPRP (p. Aneks – Metoda analizy danych patentometrycznych).

Ponownie zwraca uwagę dysproporcja między Warszawą, a resztą regionu. Podmioty stołeczne złożyły ponad 80 proc. z analizowanych zgłoszeń patentowych. Podkreśla to dominującą pozycję Warszawy w województwie i kraju, czego można było się spodziewać biorąc pod uwagę liczbę działających na jej terenie ośrodków naukowych i przedsiębiorstw zajmujących się fotoniką. Pełna lista zidentyfikowanych podmiotów znajduje się w Aneksie – Tabela A.7.

2.3. Współpraca nauki z biznesem

W przeprowadzonych w ramach badania wywiadach temat współpracy nauki z biznesem pojawiał się jako jedna z ważniejszych barier rozwoju mazowieckich przedsiębiorstw branży fotonicznej. Przedsiębiorcy zwracali uwagę na trudności związane ze współpracą z ośrodkami naukowymi: nieefektywność i złe zarządzanie przejawiające się w rozrośniętej biurokracji, brak interesującej oferty z punktu widzenia biznesu, w tym niskiej jakości parki naukowo-technologiczne. Ważnym punktem jest też jakość kształcenia oraz zapewnienie odpowiedniej podaży specjalistów przez uczelnie wyższe. Przedsiębiorcy wskazywali na zjawisko „drenażu umysłów” czyli powodowanych względami zarobkowymi transferów zdolnych i wykształconych naukowców i inżynierów do dużych, często zagranicznych, firm, niejednokrotnie spoza branży fotonicznej.

Głosy o trudnościach we współpracy nauki z biznesem zgłasza także środowisko naukowe. Z tej strony głównie pojawiają się zarzuty o niechęci do finansowania badań przez przedsiębiorców oraz zbyt wysokie oczekiwania względem pewności rezultatów.

Mając na uwadze powyższe, należy zaznaczyć, że z przeprowadzonych wywiadów wynikają jednak pewne wnioski na temat współpracy biznesu z nauką.

Przede wszystkim przedsiębiorstwa fotoniczne podejmują, bądź podejmowały, współpracę głównie z uczelniami technicznymi. Najczęściej wspominanymi placówkami były Politechnika Warszawska i Wojskowa Akademia Techniczna. Z WAT w naturalny sposób współpracę podejmują firmy związane z przemysłem zbrojeniowym,

choć zdarzają się i inne pola współpracy (związane z technologiami laserowymi wykorzystywanymi m.in. w medycynie. Wybór partnerów naukowych nie ograniczał się jedynie do ośrodków mazowieckich. Z uczelni nietechnicznych wspomniano o Uniwersytecie Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie.

Z informacji pozyskanych z wywiadów można wyłonić trzy formuły w jakich współpraca nauki z biznesem jest realizowana. Po pierwsze – uczelnie techniczne są naturalnym źródłem praktykantów i pracowników dla firm. Po drugie – współpraca obu obszarów realizuje się poprzez swoistą “unię personalną” w osobie właścicieli, prezesów, bądź członków zarządu. Pracownicy nauki zakładają własne przedsiębiorstwa, by swoje doświadczenie akademickie, wiedzę ekspercką, sieć kontaktów w świecie nauki oraz niejednokrotnie wyniki badań naukowych przekuć na sukces rynkowy. Po trzecie wreszcie – współpraca biznesu z ośrodkami naukowymi jest częstym wymogiem różnorodności programów finansowania i na tej kanwie dochodzi do współpracy najczęściej i najchętniej.

Oczywiście każda z tych formuł ma także swoje wady i ograniczenia. Podczas warsztatów strategicznych przedstawiciele sektora biznesowego podnieśli kwestie niedostatecznej – w ich odczuciu – podaży specjalistów z branży fotoniki oferowanej przez uczelnie wyższe. Zwrócono także uwagę na brak ciągłości – zarówno programowej, jak i finansowania – przez wszystkie poziomy wdrażania nowej technologii¹¹ oraz brak spójności między aktywnościami podejmowanymi przez biznes, a tymi podejmowanymi przez ośrodki badawcze.

Jednocześnie, istnieje wiele punktów styku, gdzie biznes może podejmować współpracę z nauką. Firmy i uczelnie mają możliwość organizowania się w klastry tematyczne, zacieśniając tym samym współpracę, będącą niejednokrotnie warunkiem koniecznym do otrzymania dofinansowań do projektów badawczo-rozwojowych, których oferta jest stosunkowo szeroka – projekty unijne, dofinansowania z NCBiR. Na Mazowszu działają także trzy Centra Transferu Technologii. Dwa z nich – Uniwersytetu Warszawskiego i Politechniki Warszawskiej tematycznie wpasowują się w zakres fotoniki. Niestety w wypadku CTT Politechniki jego struktura zmieniała się wielokrotnie. Obecnie na PW działają dwie jednostki zajmujące się komercjalizacją: Instytut Badań Stosowanych (Spółka w 100 proc. należąca do PW zajmująca się komercjalizacją bezpośrednią) oraz CZIiT- Centrum Zarządzania Innowacjami i Transferem Technologii Politechniki Warszawskiej (jednostka w strukturze PW – zajmująca się komercjalizacją pośrednią).

¹¹ Chodzi o poziomy *Technology Readiness Levels* (TRL) - metodę opisu kolejnych etapów wdrożenia nowej technologii od badań podstawowych po gotowy produkt rynkowy, przyjętą oficjalnie w programie ramowym Unii Europejskiej Horyzont 2020.

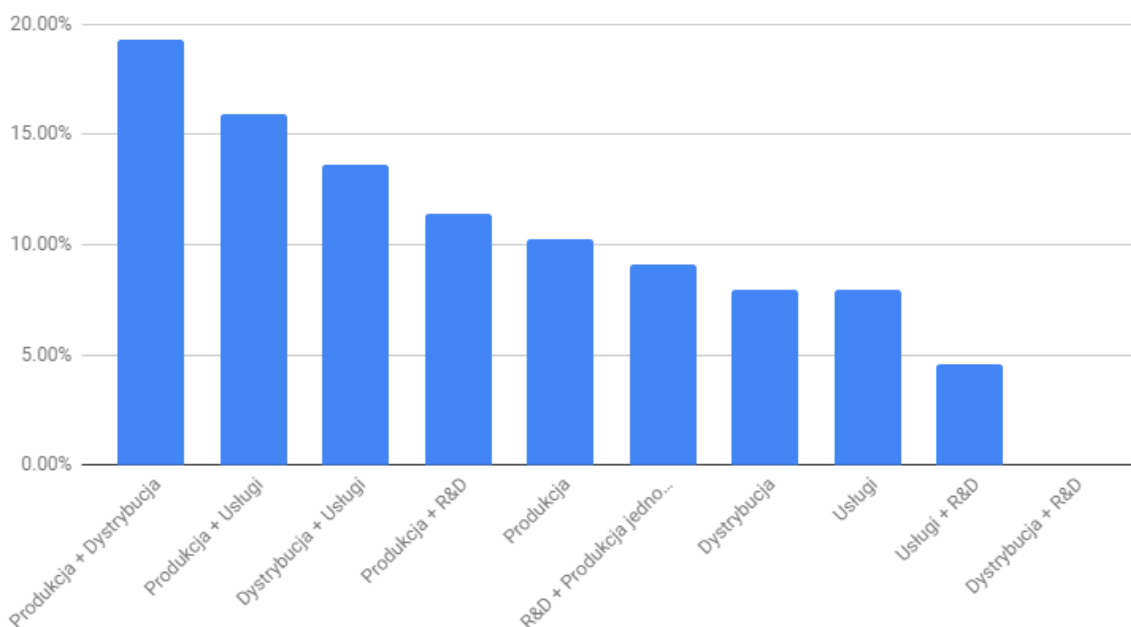
3. Sektor fotoniczny na Mazowszu

3.1 Struktura branży fotonicznej na Mazowszu

Badano podmioty, których działalność komercyjna przynajmniej w niewielkim stopniu dotyczyła sektora fotonicznego. Brano pod uwagę podmioty z każdego ogniwa łańcucha wartości (materiały -> komponenty -> urządzenia -> systemy -> aplikacje), przyjmując szeroką definicję fotoniki. Tworząc bazę przyjęto, że nie trafią do niej podmioty zajmujące się jedynie dystrybucją detaliczną. Założenie to wynika z kryteriów narzuconych przez Zamawiającego – badanie ma stanowić odpowiedź na potrzebę “pogłębionej analizy w kontekście rozwoju i aktualizacji inteligentnej specjalizacji województwa mazowieckiego”, dając podłoże dla regionalnych strategii umożliwiających “wzmocnienie (regionalnego) systemów badań i innowacji”. Przedsiębiorstwa ograniczające swoją działalność do dystrybucji detalicznej znajdują się w dalszych sekcjach łańcucha wartości i jako takie mają bardzo niewielki potencjał innowacyjny i badawczy – stąd też decyzja o pomijaniu ich przy tworzeniu bazy. Podmioty prowadzące dystrybucję w modelu Business To Business (B2B) zostały w bazie uwzględnione.

W toku badania zidentyfikowano **119 podmiotów branży fotonicznej**, których działalność jest zarejestrowana na Mazowszu. Mniej niż połowa z nich specjalizuje się w jednym rodzaju działalności (spośród: B+R, produkcji w tym produkcji jednostkowej, usług, dystrybucji B2B) – większość stara się łączyć przynajmniej dwie z nich. Zdecydowana większość podmiotów posiada zdolności produkcyjne. Zaś najczęstsze trzy połączenia obszarów działalności gospodarczej to odpowiednio: produkcja i dystrybucja B2B (19,3 proc.), produkcja i usługi (15,9 proc.), dystrybucja i usługi (13,6 proc.).

Udział poszczególnych rodzajów działalności wśród podmiotów

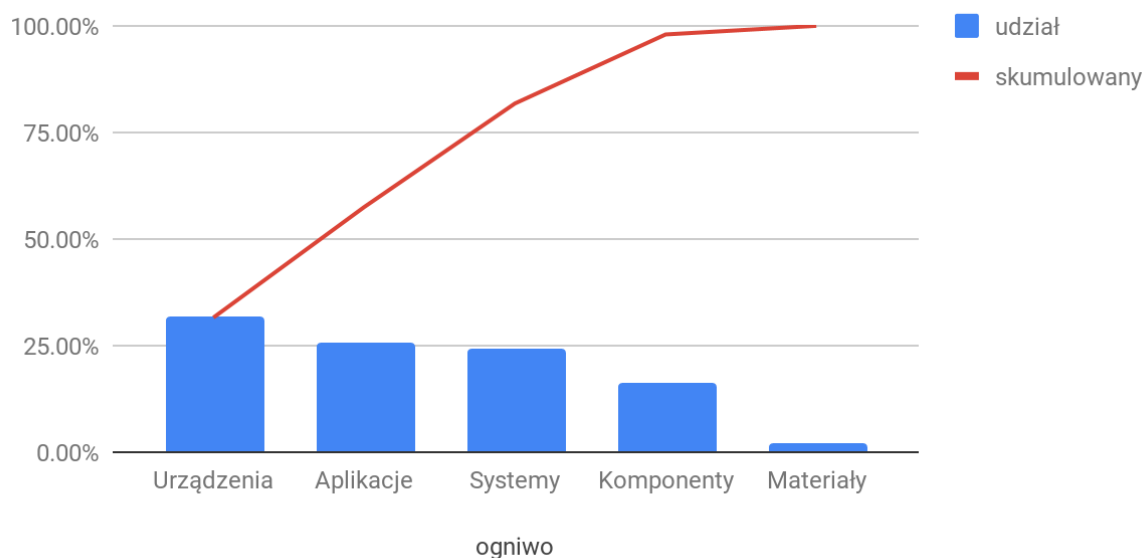


Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych udostępnionych na stronach internetowych badanych podmiotów

Najsilniej reprezentowanym ogniwem łańcucha wartości jest ogniwo urządzeń, które wraz ze zbliżonymi pod względem udziału ogniwami systemów i aplikacji odpowiada łącznie za 82 proc. zidentyfikowanych przedsiębiorstw. Zdecydowana większość firm wpisuje się w dwa lub trzy ogniwa. Wynika z tego, że mazowieckie firmy

fotoniczne w realizacji swoich potrzeb *supply chain* (surowce, komponenty) mogą być skazane na **dostawców zewnętrznych**.

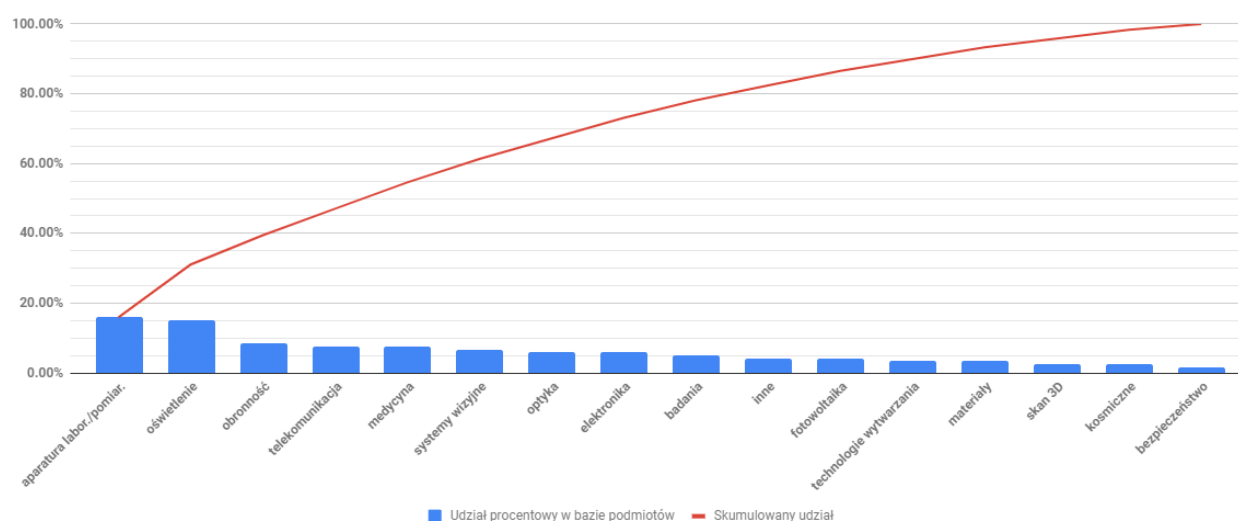
Udział podmiotów w poszczególnych ogniwach łańcucha wartości



Źródło: Opracowanie własne. Wykres oparty na danych podmiotów zebranych w przekazanej Bazie

Analiza zidentyfikowanych spółek pod kątem **obszarów** działalności wykazuje, że najwięcej mazowieckich przedstawicieli branży fotonicznej działa w obszarze produkcji i dystrybucji urządzeń i aparatury laboratoryjnej i pomiarowej, oświetlenia, oraz obronności i rozwiązań wojskowych.

Udział poszczególnych obszarów działalności wśród zidentyfikowanych podmiotów mazowieckiej branży fotonicznej



Źródło: Opracowanie własne. Wykres oparty na danych podmiotów zebranych w przekazanej Bazie

Na powyższym wykresie widać, że branża jest mocno zdywersyfikowana pod kątem głównych obszarów działalności. Dwa obszary o wyraźnej przewadze stanowią niewiele ponad 31 proc. wszystkich zidentyfikowanych podmiotów, co jest wielkością znaczącą, ale nie dominującą.

Zdecydowana większość zidentyfikowanych podmiotów to spółki rodzime, polskie. W całej grupie tylko 15 firm to filie firm zagranicznych, a jedynie jedna jest firmą polską należącą do podmiotu o obcym kapitale (łącznie stanowią 13,44 proc. bazy), choć – jak wykazane zostanie później – te nieliczne firmy o kapitale zagranicznym są niezwykle istotne dla oceny całego sektora w kontekście gospodarki województwa.

Pisząc o strukturze branży, należy również wspomnieć o organizacjach branżowych, w ramach których podmioty działające w sektorze nawiązują współpracę i dzielą się doświadczeniami. Na Mazowszu działa cały szereg takich zrzeszeń. Są to: Polska Platforma Technologiczna Fotoniki, Mazowiecki Klaster Innowacyjnych Technologii Fotonicznych (tzw. OPTOKLASTER), Photonics Society of Poland, Polskie Towarzystwo Elektrotechniki Technicznej i Stosowanej, Sekcja Optyki Polskiego Towarzystwa Fizycznego oraz Polski Komitet Optoelektroniki przy Stowarzyszeniu Elektryków Polskich. Warto również wspomnieć o klastrze Polskie Centrum Fotoniki i Światłowodów, które choć formalnie zarejestrowane jest na lubelszczyźnie, to wśród swoich konsorcjantów ma przedstawicieli mazowieckiej fotoniki – m.in. InPhoTech i WAT. Z analizy stron internetowych wynika, że są to w znacznej części organizacje skupione na rozwijaniu współpracy pomiędzy badaczami, w tym także stowarzyszeniami zagranicznymi. Odbywa się to głównie poprzez organizowanie konferencji i seminariów, konkursów (np. na pracę dyplomową z dziedziny optoelektroniki) czy imprez okolicznościowych (uczczenie Międzynarodowego Dnia Światła). Natomiast nacisk na zacieśnianie więzów z przedsiębiorcami pojawia się głównie wśród klastrów, które stawiają przed sobą ambitne cele doprowadzenia w przyszłości polskiej fotoniki do pozycji lidera europejskiego. Przykładem może być tutaj stosunkowo młoda organizacja, wspomniana już Polska Platforma Technologiczna Fotoniki skupiająca się głównie na zwiększaniu efektywności współpracy i transferowania technologii pomiędzy przemysłem/malymi i średnimi przedsiębiorcami, a bazą naukowo-badawczą. W tym miejscu warto także wspomnieć, że polscy przedsiębiorcy i organizacje naukowe realizują tę misję także w międzynarodowych zrzeszeniach, takich jak Photonics21, EPIC, czy Mirthe. Kolejnym przykładem na dużą aktywność mazowieckich ośrodków naukowo-badawczych w procesie transferu technologii jest udział Politechniki Warszawskiej i Instytutu Technologii Materiałów Elektronicznych w projektach spod szyldu ACTPHAST, mających na celu wspieranie małych i średnich przedsiębiorstw europejskich w przyspieszonej adaptacji innowacyjnych technologii optycznych.

Z uwagi na dużą elastyczność fotoniki oraz jej rolę jako kluczowej technologii wspomagającej, przedstawiciele tej branży działają także w organizacjach, które nie są nakierowane na nią bezpośrednio. Na uwagę zasługują tu przede wszystkim obszary związane z badaniami kosmicznymi (Klaster Inżynierii Kosmicznej i Satelitarnej), ICT (klaster ICT) czy zaawansowanych technologii (Polska Izba Gospodarcza Zaawansowanych Technologii).

Niestety mimo istnienia relatywnie dużej liczby podmiotów zrzeszających jedynie niewiele ponad 25 proc. zidentyfikowanych przedsiębiorstw należy do tego typu organizacji.

3.2 Znaczenie ekonomiczne dla regionu

W celu zbadania znaczenia ekonomicznego branży fotonicznej dla województwa przeanalizowano dane z bilansów zysków i strat składanych przez spółki w raportach do KRS w 2017 roku. Całościowy przychód netto ze sprzedaży wygenerowany w 2016 roku przez badane podmioty wyniósł **8.914,07 mln PLN**; w 2017 roku widoczny był niewielki spadek w sprzedaży do 8.407,76 mln złotych. Z kilku przyczyn nie jest to jednak pełen obraz. Po pierwsze, obowiązek składania dokumentów finansowych ciąży **tylko na spółkach prawa handlowego**. Po drugie, przeanalizowano dokumenty finansowe **tylko 57 spośród 85** spółek zidentyfikowanych w toku badania i zobowiązanych do ich składania. Niekompletność danych wynika z braku dokumentów finansowych dla części

spółek w systemie KRS¹² – najprawdopodobniej na skutek niedopełnienia tego obowiązku przez spółki, choć dokładne przyczyny tego stanu rzeczy pozostają nieznane. Kwota blisko 9 miliardów złotych wygenerowanych przychodów netto jest więc szacunkiem o dużej dozie niepewności i należy podchodzić do niej ostrożnie. O ile brak w zestawieniu spółek cywilnych i jednoosobowych działalności gospodarczych nie powinien zaważyć na wyniku, gdyż podmioty w tej formie prawnej rzadko generują obroty na tyle znaczące, by zaważyć na obrazie całej branży, o tyle niekompletność danych pochodzących z KRS może mieć już nań znaczący wpływ, zwłaszcza że wśród spółek, o których przychodach brak jest dostępnych informacji, znajdują się także polskie przedstawicielstwa dużych, międzynarodowych koncernów (Sick Poland czy Trumpf Polska). Z drugiej jednak strony **ponad 70 proc. generowanego** przychodu wśród badanych podmiotów branży fotonicznej pochodzi od **zaledwie 5 firm** zajmujących się głównie dystrybucją w modelu B2B lub/i dla których fotonika nie jest główną gałęzią działalności (wspomniane ABB czy Siemens działające w szerokim wachlarzu branż jak energetyka, przemysł ciężki, automotive, metale i inne) – można więc zakładać, że kwota blisko 9 miliardów może być także znacząco przeszacowana.

Na złożoność powyższego obrazu nakłada się ponadto struktura właścicielska firm. **Dwie trzecie** całkowitego poziomu przychodów branży fotonicznej na Mazowszu jest generowane przez **cztery spółki zagraniczne**: ABB, Siemens, Schneider-Electric oraz Essilor Optical Laboratory. Duże firmy rodzime generują zaś ok. 30 proc. wspomnianej kwoty, co jest dobrym punktem wyjścia do dalszego rozwoju sektora, jednak bliższa analiza liderów tej grupy (Grodno S.A., Qumak S.A., PIT-RADWAR S.A. i Exatel S.A.) ujawnia pewne dodatkowe problemy strukturalne sektora, zwłaszcza z punktu widzenia jego potencjału do dania impulsu działaniom proinnowacyjnym.

W wypadku Grodna S.A. działalność związana z fotoniką dotyczy głównie dystrybucji oświetlenia (którego spółka nie jest producentem) oraz projektowania i montażu instalacji fotowoltaicznych. Nie są to aktywności wyjątkowo sprzyjające w rozwoju innowacyjnych technologii fotonicznych. Qumak S.A. wykorzystuje rozwiązania fotoniczne w ramach swoich usług – budowy sieci teleinformatycznych, w tym tych opartych o światłowody. Spółka również nie prowadzi działalności produkcyjnej, a w wypadku pojawienia się produktu mogącego zastąpić światłowody nie miałaby żadnego kłopotu z przejściem na nowe rozwiązania i tym samym porzuceniem rozwiązań fotonicznych; ponadto, zgodnie z wiedzą pozyskaną w wywiadzie, spółka nie inwestuje i nie prowadzi działalności badawczo rozwojowej. Podobnie wygląda sytuacja z firmą Exatel S.A. – spółką skarbu państwa zarządzającą siecią światłowodową o długości ok. 20 tys. kilometrów. PIT-RADWAR S.A. zaś to przedstawiciel silnie reprezentowanej w branży fotonicznej grupy spółek powiązanych z przemysłem zbrojeniowym. Działają one w dosyć specyficznej branży i raczej nie są typowym przedstawicielem rynku przemysłowego, a wykazane przychody ze sprzedaży mogą wynikać z kontraktów z Ministerstwem Obrony Narodowej RP. Oczywiście należy pamiętać, że branża zbrojeniowa jest historycznie jednym z kluczowych źródeł podaży technologicznej oraz innowacji i z tego punktu widzenia rola spółek obronnościowych jest dla mazowieckiej fotoniki bardzo ważna.

Mając na uwadze powyższe rozważania oraz z pełną świadomością dużego stopnia niepewności jaką obarczona jest wielkość 8914,07 mln PLN przygotowano szereg porównań całkowitego przychodu ze sprzedaży produktów analizowanych podmiotów z analogicznymi wielkościami statystycznymi z roku 2016 z baz danych GUS.

¹² Ministerstwo Sprawiedliwości RP (2018), Przeglądarka dokumentów finansowych, https://ekrs.ms.gov.pl/rdf/pd/search_df (odwiedzono: 14.09.2018).

Tabela 3.1 Zestawienie wybranych wielkości statystycznych nt. gospodarki Województwa Mazowieckiego z wartością przychodów ze sprzedaży produktów badanych podmiotów za rok 2016

Przychody ze sprzedaży produktów badanych podmiotów w roku 2016 w mln PLN (bez VAT):	8914.07	Wartość badanej wielkości statystycznej w mln PLN:	Stosunek przychodów bez VAT lub z VAT ze sprzedaży produktów badanych podmiotów w roku 2016 do wartości badanej wielkości statystycznej
Przychody ze sprzedaży produktów badanych podmiotów w roku 2016 w mln PLN (z VAT):	10964.31		
Badana wielkość statystyczna	bez VAT/z VAT		
Przychody z całokształtu działalności	bez VAT	1040260	0.86%
Sprzedaż hurtowa ogółem	z VAT	331608.06	3.31%
Sprzedaż żywności	z VAT	55789.40	19.65%
Sprzedaż detaliczna ogółem	z VAT	166945.20	6.57%
Sprzedaż detaliczna towarów żywnościowych	z VAT	25705.83	42.65%
Przychody z działalności gastronomicznej	z VAT	7128.10	153.82%
Produkcja budowlano-montażowa zrealizowana na terenie kraju przez podmioty mające siedzibę na terenie województwa	bez VAT	39361.48	22.65%
Produkcja sprzedana przemysłu ogółem	bez VAT	246988.70	3.61%

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych GUS i KRS

Patrząc na stosunek przychodów do wielkości statystycznych związanych z żywnością i działalnością gastronomiczną można odnieść wrażenie, że zbadana reprezentacja branży fotonicznej nie jest może koniem pociągowym gospodarki regionalnej, ale należy bez wątpliwości uznać ją za jej istotny element. Pod względem przychodów ze sprzedanych towarów jest półtora raza większa od mazowieckiej branży gastronomicznej, stanowi też ponad 3,5 proc. produkcji sprzedanej mazowieckiego przemysłu. Należy jednak cały czas mieć w pamięci wysokie prawdopodobieństwo, że analizowana wartość przychodów może być znacząco zawyżona. Nawet bardzo korzystne dla badanej reprezentacji porównanie z działalnością gastronomiczną błędnie, jeśli wziąć pod uwagę różne progi VAT (wtedy stosunek przychodów spada do ok. 135 proc.) oraz zupełnie różną marżowość gastronomii i fotoniki. Z drugiej jednak strony wymaga podkreślenia gigantyczna przepaść w potencjale rozwojowym obu tych gałęzi mazowieckiej gospodarki. Fotonika jako KET kryje w sobie jeszcze znaczące możliwości rozwoju, z potencjałem do stania się główną składową gospodarki województwa.

Jeszcze wyraźniej znaczenie branży fotonicznej dla Mazowsza ukazuje porównanie przychodów reprezentacji branży z udziałem innych branż w produkcji sprzedanej mazowieckiego przemysłu przetwórczego. Wynika zeń, że badana reprezentacja branży pod kątem znaczenia dla mazowieckiego przemysłu ma pozycję taką, jak branża wyrobów metalowych, branża komputerów i wyrobów elektronicznych i optycznych, czy branża maszyn i urządzeń. Po uwzględnieniu prawdopodobnego przeszacowania przychodów reprezentacji branży plasowałaby się ona raczej w okolicach 1 proc. całości przychodów mazowieckiego przetwórstwa przemysłowego – wartości pomijalnej z punktu widzenia całej gospodarki regionu, ale nie zaniedbywalnej. Jest to wartość zbliżona do wartości mazowieckich branży meblarskiej czy samochodowej.

Tabela 3.2 – Zestawienie przychodów ze sprzedaży towarów branż przetwórstwa przemysłowego na Mazowszu za rok 2016

l.p.	Branża	Przychody ze sprzedaży w mln PLN	Udział analizowanej branży w całości przychodów z przetwórstwa przemysłowego
0	PRZETWÓRSTWO PRZEMYSŁOWE – CAŁOŚĆ	180204.6	100.00%
1	Produkcja artykułów spożywczych	43381.30	24.07%
2	Wytwarzanie i zaopatrywanie w energię elektryczną, gaz, parę wodną i gorącą wodę	41377.40	22.96%
3	Produkcja chemikaliów i wyrobów chemicznych	15210.30	8.44%
4	Produkcja urządzeń elektrycznych	12180.10	6.76%
5	Produkcja wyrobów z gumy i tworzyw sztucznych	9653.30	5.36%
6	Produkcja komputerów, wyrobów elektronicznych i optycznych	8979.30	4.98%
7	Reprezentacja branży fotonicznej	8914	4.95%
8	Produkcja wyrobów z metali	8377.10	4.65%
9	Produkcja maszyn i urządzeń	7851.90	4.36%
10	Produkcja papieru i wyrobów z papieru	7176.60	3.98%
11	Produkcja wyrobów z pozostałych mineralnych surowców niemetalicznych	6475.20	3.59%
12	Dostawa wody; gospodarowanie ściekami i odpadami; rekultywacja	5175.50	2.87%
13	Produkcja napojów	5088.10	2.82%
14	Naprawa, konserwacja i instalowanie maszyn i urządzeń	4722.10	2.62%
15	Produkcja metali	4103.30	2.28%
16	Produkcja wyrobów farmaceutycznych	3712.00	2.06%
17	Poligrafia i reprodukcja zapisanych nośników informacji	3247.40	1.80%
18	Produkcja mebli	2542.60	1.41%
19	Produkcja pojazdów samochodowych, przyczep i naczep	2500.70	1.39%
20	Produkcja pozostałego sprzętu transportowego	1844.50	1.02%
21	Produkcja odzieży	1212.40	0.67%
22	Pozostała produkcja wyrobów	1159.90	0.64%
23	Produkcja wyrobów z drewna, korka, słomy i wikliny	1080.60	0.60%
24	Produkcja skór i wyrobów skórzanych	493.00	0.27%
25	Produkcja wyrobów tekstylnych	249.40	0.14%

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych GUS i KRS

3.3. Fotonika jako KET obszarów mazowieckich RIS

Zgodnie z dokumentem „Priorytetowe kierunki badań w ramach inteligentnej specjalizacji województwa mazowieckiego” rozwiązania branży fotonicznej wpisują się w **trzy z czterech** zdefiniowanych obszarów mazowieckich RIS: Bezpieczna żywność, Inteligentne systemy zarządzania i Wysoka jakość życia.

W obszarze **Bezpiecznej żywności** fotonika znajduje miejsce w systemach monitorowania upraw, produkcji i pakowania żywności, w systemach kontroli jakości, automatyzacji i robotyzacji rolnictwa oraz w rolnictwie precyzyjnym. Technologie foniczne stanowią też ważny komponent w aparaturze do badań i zapewniania jakości przy produkcji żywności wysokiej jakości. W związku z tym kluczowymi kierunkami badań fonicznych dla RIS Bezpieczna żywność powinny być: rozwój metod kontroli pochodzenia produktów i jakości produktów rolno-spożywczych (w tym badanie bezpieczeństwa produktów z wykorzystaniem sensoryki fonicznej), systemy optomechatroniczne usprawniające proces zarządzania jakością na liniach produkcyjnych w przedsiębiorstwach branży rolno-spożywczej, w tym systemy pomiarowe wykorzystujące promieniowanie elektromagnetyczne do zastosowań w przemyśle rolno-spożywczym.

Powyższe kierunki są zgodne z opiniami ankietowanych przedsiębiorców. Przedstawiciele branży rolno-spożywczej zwracają uwagę na rosnącą rolę fonicznych technik skanowania terenu i obrazowania w nowoczesnym rolnictwie. Źródeł potencjalnych przewag konkurencyjnych, głównie na tle możliwych oszczędności widzą w wizyjnych systemach kontroli i zapewnienia jakości (analityzatory obrazu, laserowe czujniki pomiarowe – oczywiście każdorazowo stanowiące źródło danych wejściowych dla zautomatyzowanego, inteligentnego systemu kontroli) oraz pozyskiwaniu energii z instalacji fotowoltaicznych (koszty energii elektrycznej mają znaczny udział w kosztach zmiennych zakładów). Ciekawą do wykorzystania niszę, której istnienie zgłaszali badani przedsiębiorcy, stanowią także specjalistyczne oświetlenie funkcjonalne – np. systemy lamp UV wykorzystywane do sterylizacji opakowań do żywności czy specjalistyczne lampy laboratoryjne.

W obszarze **Inteligentnych systemów zarządzania** fotonika pełni kluczową rolę w obszarach związanych z technologiami IT: inteligentnych sieciach, systemach zarządzania i sterowania infrastrukturą (inteligentne budynki, systemy sterowania ruchem, *Internet of Things*). Stanowi też niezwykle istotną dziedzinę z punktu widzenia systemów produkcyjnych, zarówno jeśli chodzi o wytwarzanie (rozwiązania materiałowe inżynierii powierzchni, technologie obróbki i wytwarzania), jak i niezbędną przy zautomatyzowanej produkcji diagnostykę i sensorykę (aparatura kontrolno-pomiarowa, urządzenia diagnostyczne i automatyczne systemy pomiarowe z rozwiniętymi komponentami sterowania, systemy wykrywania i zapobiegania zagrożeniom, w tym kolizjom w obszarze roboczym) czy efektywność energetyczną (fotowoltaika). Te wyzwania przekładają się na następujące kierunki badań, których efekty wdrożeniowe mogą znaleźć zastosowanie w obszarze RIS: narzędzia dla inteligentnych systemów zarządzania, obróbka laserowa materiałów fotowoltaicznych, podzespołów mikroelektronicznych lub materiałów konstrukcyjnych, systemy pomiarowe wykorzystujące promieniowanie elektromagnetyczne do zastosowań przemysłowych, optomechatroniczne i foniczne rozwiązania usprawniające proces zarządzania jakością na liniach produkcyjnych, foniczne systemy ICT (sieci światłowodowe). Ponadto z racji rosnącej obecności polskich podmiotów w sektorze kosmicznym dużym zainteresowaniem mogą cieszyć się badania nad technologiami optoelektronicznymi dla tego sektora w kierunkach takich jak: zastosowania komunikacji wewnątrz- i międzysatelitarnej, sensory optoelektroniczne (monitorowanie stanu statków kosmicznych, układy śledzenia gwiazd, LIDARy, układy obrazowania optycznego, żyroskopy światłowodowe), zaawansowane algorytmy oraz systemy kalibracji sensorów optoelektronicznych oraz walidacji danych systemów.

Przedstawiciele tej RIS wykazywali zainteresowanie technologiami wymiany danych (światłowody) oraz sensoryką, choć z zastrzeżeniem, że zapotrzebowanie na bardzo dokładną diagnostykę zależy od specyfiki potrzeb produkcyjnych i nie wszędzie droższe rozwiązanie optoelektroniczne będzie wygra z tańszym rozwiązaniem opartym o mniej zaawansowaną technologię. Sporym zainteresowaniem w branży zajmującej się systemami bezpieczeństwa

cieszą się systemy wizyjne, zwłaszcza w połączeniu z algorytmami sztucznej inteligencji analizującymi przekazywany obraz – firmy chcą inwestować w tego typu rozwiązania. Podobnie jak w branży spożywczej tak i w ramach tej specjalizacji przedsiębiorcy zwrócili uwagę na fotowoltaikę jako źródło potencjalnych oszczędności.

Fotonika w ostatnim obszarze RIS – **Wysoka jakość życia** – sprowadza się do szeroko rozumianej ochrony zdrowia. Rozwiązania bazujące na manipulowaniu strumieniem światła mają szerokie pole do zaistnienia w telemedycynie i telediagnostyce, nanomedycynie i medycynie molekularnej, terapii genowej i hadronowej i hadronowej oraz technologiach do wytwarzania materiałów dla medycyny – biotworzyw stosowanych w medycynie regeneracyjnej, jak i warstwach i powłokach spełniających specjalne wysokie wymagania medyczne. Na ten szczególny obszar warto jednak też spojrzeć szerzej – przez jakość otoczenia w jakim żyjemy, istotną dla zdrowia i samopoczucia mieszkańców Mazowsza. Te zagadnienia wymagają badań w obszarach takich jak: rozwiązania związane z przetwarzaniem różnych rodzajów energii w energię elektryczną (ogniwa fotowoltaiczne, paliwowe, biologiczne i mikrobiologiczne) w kontekście ich pozytywnego wpływu na zmiany środowiska naturalnego, ale także pod kątem bezpieczeństwa energetycznego. Od strony medycznej istotne będą badania nad czujnikami do nieinwazyjnej akwizycji parametrów układu krążenia, rozwiązania zwiększające aktywność składników wykorzystywanych środków (nie tylko w medycynie – także w kosmetologii, by wykorzystać synergię produktu kosmetycznego z dodatkowym bodźcem fizycznym np. temperaturą), prace nad narzędziami do przeprowadzania zabiegów medycznych z wykorzystaniem promieniowania laserowego o różnej długości i mocy oraz w zakresie monitorowania środowiska (jakość wód, powietrza).

Mazowieccy przedstawiciele branży medycznej są bardzo zainteresowani technologiami fonicznymi: zaczynając na specjalistycznym oświetleniu do sal operacyjnych i laboratoriów, przez stosowane w urządzeniach coraz dokładniejsze i wygodniejsze w obsłudze panele dotykowe i wykorzystywane do szybkiej transmisji danych światłowodowe łącza, a na zastosowaniach ściśle operacyjnych kończąc (wykrywanie ruchu w podczerwieni, stosowanie tzw. igły fonicznej, nowe, nie bazujące na promieniach Roentgena techniki radiologiczne). W bazie podmiotów branży fonicznej znalazło się pięć przedsiębiorstw, które działają na tym polu, głównie w obszarze technologii laserowych stosowanych w medycynie, stomatologii czy kosmetologii. Jest to dobra podstawa do rozwijania i dostosowywania oferty pod potrzeby mazowieckiej RIS.

3.4. Mazowiecka branża foniczna w globalnych łańcuchach wartości

Mazowiecka branża foniczna jest drobnym ułamkiem globalnego rynku fonicznego, którego wartość w 2017 roku szacowano na ok. 530 miliardów USD¹³. Mazowieccy przedsiębiorcy szukają jednak swoich szans na rozwój, włączając się w będące na fali wzrostowej globalne łańcuchy wartości. Najbardziej dynamicznie rozwijającym się łańcuchem, w którym są obecni mazowieccy przedstawiciele branży fonicznej, jest **łańcuch technologii medycznych**, wpisujący się zarówno w mazowiecką RIS – Wysoka jakość życia, jak i KIS 1 – Zdrowe społeczeństwo. W jego ramach firmy mazowieckie oferują lasery i urządzenia laserowe do wykorzystania w medycynie (Metrum Cryoflex, Lasotronix, Laser Hi-Tech, ESLT Medical, CTL Laser Instruments) oraz medyczny sprzęt optyczny – głównie mikroskopy (Precoptic Co., PZO Mikroskopy i Wyroby optyczne, Opta-tech).

Ponadto mazowieccy przedsiębiorcy wpisują się także w dojrzałe łańcuchy o nieco mniejszej dynamice, ale wciąż wzrostowe. W **łańcuchu fotowoltaiki** branża mazowiecka istnieje głównie w segmencie usług – czyli w projektowaniu i montażu instalacji fotowoltaicznych (m.in. wspomniane już wcześniej Grodno S.A., Bison Energy, Petra Energia) – i w segmencie komponentów – czyli produkcji paneli i elementów owych instalacji (Solar-Energy, XDisc). Widać tutaj wspomniane w rozdziale drugim efekty działania na rynku fotowoltaiki Chin, które swoimi

¹³ Markets and Markets, "Photonics Market by Product Type (LED and Lasers, Detectors, Sensors & Imaging Devices), Application (ICT and Production Tech.), End-Use Industry (Media, Broadcasting & Telecommunication and Consumer & Business Automation) - Global Forecast to 2022".

taniami produktami praktycznie wyparły z tego sektora podmioty europejskie. Jedyną dla nich szansą mogą więc być innowacje. Na Mazowszu taką strategię prezentuje firma Saule, która rozwija technologię produkcji innowacyjnego materiału do zastosowań fotowoltaicznych – perowskitów. Plasuje się ona tym samym w górze łańcucha wartości (B+R). Na działania rozwojowe stawia także spółka InPhoTech – przedstawiciel **łańcucha komunikacji i sieci optycznych**, wyróżniając się spośród pozostałych szeregu reprezentantów tego łańcucha (Qumak, Exatel, Liquid Systems, Huapol Telekom, Multi-Aut, Pro Control). Mówiąc o istotnej roli działalności B+R w innowacyjnej gospodarce nie można pomijać **łańcucha obrony i bezpieczeństwa**, który jest silnie obecny na Mazowszu (Vigo, Mesko, Telesystem, Etronika, GISS, KenBIT, Kolt, Korporacja Wschód, PCO, PIT-RADWAR, WB Electronics, WZE – razem prawie 8,5 proc. zidentyfikowanych podmiotów branży) i wielu z jego przedstawicieli oferuje produkty stanowiące ich własność intelektualną. Łańcuch obronnościowy bazuje w znacznym stopniu na technologiach laserowych poprzez wykorzystanie laserów w systemach detekcji (LIDARy, systemy wykrywania gazów i toksyn, systemy naprowadzania), ale w tym obszarze na Mazowszu działają też przedstawiciele innych branż – wspomnianej już medycznej, wytwórczej (laserowe technologie wytwarzania – Laser-met) oraz producentów i dystrybutorów komponentów i surowców do laserów (Top-GaN, Ammono, Semicon, Solaris Laser). Technologie laserowe są także obecne w **łańcuchu pomiarów optycznych (w tym sensoryki)**, między innymi w spektroskopii i spektrometrii (Anchem, Spectrolab, Spektrometria, Spectropol), a także sensorów (Vigo). Do tego łańcucha zaliczają się także usługi skanowania 3D, obrazowania i analiz obrazu (Smarttech, Cubic Inch, Avicon, Aska) oraz usług optycznych do zastosowań kosmicznych (Astri Polska, Astronika). Ten łańcuch jest bardzo silnie reprezentowany na Mazowszu – przedsiębiorstwa reprezentujące go w bazie podmiotów stanowią prawie 18,5 proc. wszystkich zidentyfikowanych firm.

Niestety istotna część (ponad 15 proc.) mazowieckiej branży fotonicznej wpisuje się w łańcuchy o potencjale spadkowym. Przede wszystkim chodzi tu o **łańcuch oświetlenia**, ale także **optycznych nośników danych**. Świadomi tego zagrożenia przedsiębiorcy dywersyfikują swoją działalność (przykładem może być XDisc czy Grodno), część szuka nań odpowiedzi w innowacjach (np. lampach LED jak Arealamp) lub oferowaniu produktu wysoko wyspecjalizowanego (specjalistyczne lampy – Akurat Lightning, SunBox). Poza tym Mazowsze nie ma praktycznie żadnych przedstawicieli dynamicznie rosnącego **łańcucha monitorów i wyświetlaczy** (Manta jedynie wykorzystuje je jako komponenty w swoich produktach, nie jest ich producentem) zaś w równie ciekawym **łańcuchu widzenia maszynowego** mazowieccy przedsiębiorcy lokują się raczej w dolnej jego części (wpisujący się weń Avicon zajmuje się dystrybucją, a produkująca skanery kodów kreskowych i oprogramowanie OCR Aska czy randomski Sorter, to podmioty wykorzystujące cudze rozwiązania z zakresu widzenia maszynowego).

Mazowieccy przedsiębiorcy nie tylko wpasowują się tematycznie w globalne łańcuchy wartości (GVC), ale także są ich aktywnym uczestnikiem. Firmy, które stawiają w swoich strategiach na niszowe, wysoko wyspecjalizowane i innowacyjne rozwiązania znajdują swoich klientów głównie poza granicami Polski, jednocześnie także zaspokajając swoje potrzeby (np. surowcowe) poprzez import, realizując tym samym modelowo wzorzec globalnego łańcucha wartości. Podmioty oferujące usługi nie uczestniczą zaś w eksporcie w ogóle, ograniczając swoją rolę do importera rozwiązania technologicznego na rodzimy grunt. Zwraca uwagę fakt, że znacząca większość badanych w wywiadach przedsiębiorstw nie kupuje surowców, komponentów czy narzędzi w Polsce – chcąc działać w obszarze wysokiej technologii są one skazane na import.

3.5. Plany rozwojowe mazowieckich przedsiębiorstw fotonicznych

Zarysowany już poprzednim akapicie podział na innowacyjne przedsiębiorstwa niszowe i importerów technologii umacnia się przy analizie planów rozwojowych mazowieckich przedsiębiorstw fotonicznych. Innowatorzy planują przede wszystkim rozwój swoich produktów oraz zwiększanie możliwości produkcyjnych w celu zwiększenia skali działalności. Aktywnie poszukują nowych klientów poza granicami kraju i bacznie przyglądają się zmianom technologicznym zachodzącym w branży. Starają się w miarę możliwości stale inwestować w innowacje – także proce-

sowe i zarządcze. Prowadzą działalność badawczo-rozwojową, zacieśniając, nierzadko z ich punktu widzenia trudną, współpracę z ośrodkami naukowymi, patentują. Importerzy zaś najczęściej nie mają sprecyzowanych planów. Możliwości rozwoju swoich biznesów upatrują głównie w zwiększaniu sprzedaży na terenie kraju. Nie inwestują w prace badawczo-rozwojowe, nie szukają nowych rozwiązań, nie zdobywają patentów na swą własność intelektualną. Współpracę z ośrodkami naukowymi traktują głównie jako możliwość pozyskania praktykantów lub jako autopromocję na uczelniach. Niektórzy z przedsiębiorców wprost przewidują zakończenie działalności.

W kontekst braku precyzyjnych planów rozwojowych importerów wpisuje się uwaga przedstawiciela przedsiębiorców mazowieckiej branży fotonicznej wypowiedziana na warsztatach strategicznych, że znaczną część podmiotów z branży cechuje brak podejścia strategicznego do prowadzonej działalności. Poniekąd ten zarzut rzutowany był także na całą branżę i wszystkich jej interesariuszy – rządzących, świat nauki, biznes: nie została do tej pory sformułowana spójna, całościowa strategia dla mazowieckiej fotoniki. Wszyscy uczestnicy warsztatów zgodnie uznali potrzebę stworzenia takiej strategii za istotną i wyrazili chęć do podjęcia działań.

3.6. Bariery rozwojowe mazowieckich przedsiębiorstw fotonicznych

Z przeprowadzonych wywiadów nie wylania się jedna, konkretna bariera utrudniająca mazowieckim przedsiębiorcom branży fotonicznej rozwój swoich firm. Każdy z nich postrzega branżę przez pryzmat własnej działalności, co poskutkowało zidentyfikowaniem szerokiego muru barier rozwojowych, do którego każdy z respondentów dołożył swoją cegiełkę. Pojawiają się jednak pewne punkty styczności. Są to między innymi problemy związane z pozyskiwaniem finansowania na innowacje, badania i rozwój możliwości produkcyjnych. Zawile procedury i wymogi formalne czynią proces pozyskiwania i rozliczania środków publiczkich czasochłonnym, a co za tym idzie kosztownym. W połączeniu z wysokim stopniem niepewności co do skuteczności uzyskania środków, wynikającym z niezrozumiałych dla przedsiębiorców decyzji podejmowanych przez ich dysponentów, pozyskiwanie środków publicznych staje się inwestycją mało atrakcyjną. Alternatywą jest poszukiwanie inwestorów na rynku, jednak i ta forma finansowania ma swoją zasadniczą wadę – najczęściej inwestor wymaga za swój wkład większościowego pakietu udziałów w spółce.

Innym zgłaszanym przez respondentów problemem jest brak zaufania oraz niska kultury współpracy panujące – w ich przekonaniu – w polskiej gospodarce. Tymczasem złożoność fotonicznego łańcucha wartości wymusza na przedsiębiorcach współpracę z wieloma podmiotami – zarówno biznesowymi, jak i naukowymi i rządowymi – i niemożliwością jest stworzenie innowacyjnego produktu samotnie, w całkowitej izolacji. Jednymi z przejawów niskiego zaufania społecznego są m.in. umiarkowany poziom zrzeszania się w organizacjach stowarzyszeniowych czy niechęć polskich przedsiębiorców do patentowania swoich wynalazków, co częściowo tłumaczy słabe wyniki polskiej myśli technologicznej w badaniach patentometrycznych.

Kolejną barierą rozwojową jest niski dostęp do kapitału ludzkiego. Mazowieccy przedsiębiorcy zwracali uwagę na trudności z pozyskaniem pracowników o odpowiednich kwalifikacjach, jako przyczynę tego stanu rzeczy wymieniając niską jakość kształcenia oraz wspomniany już „drenaż umysłów” przez zagraniczne korporacje. Wspomniane przyczyny były przedmiotem dyskusji między przedstawicielami przedsiębiorców, a przedstawicielami ośrodków akademickich podczas warsztatów strategicznych. Zwrócono uwagę na fakt, że absolwenci kierunków optycznych i optoelektronicznych polskich uczelni znajdują pracę błyskawicznie, nie ograniczając się jedynie do polskiego rynku pracy, co przeczy nieco opiniom przedsiębiorców o niskiej jakości kształcenia. Może to oznaczać, że przyczyn problemu z pozyskaniem pracowników należy szukać głębiej.

Wśród pozostałych barier wymieniano ryzyko związane z sytuacją polityczno-prawną, problemy we współpracy z instytucjami naukowymi, brak możliwości rozwoju na rynku krajowym przejawiająca się koniecznością importowania podzespołów oraz brakiem rodzimych klientów mogących sobie pozwolić na zakup stosunkowo drogich, innowacyjnych rozwiązań. Wśród problemów z klientami zwracano też uwagę na ich niechęć do pozyskiwania nowoczesnych rozwiązań. Rodzimy biznes – z punktu widzenia przedstawicieli branży fotoniki – mentalnie nie

jest jeszcze gotowy do dokonania skoku technologicznego, choć równie prawdopodobną przyczyną braku zainteresowania produktami mazowieckiej branży fotonicznej wśród polskich przedsiębiorców jest ciągle istnienie innych strategii rozwijania biznesów na niewyeksplorowanych, a bardziej pewnych pod kątem inwestycyjnym, polach.

4. Przyszłość branży fotonicznej

4.1. Trendy rozwojowe w sektorze fonicznym

W oparciu o wyniki badania przedstawione w poprzedzających rozdziałach, wskazać można najważniejsze trendy zmian zachodzących w branży fotonicznej oraz sformułować prognozę kierunków jej ewolucji w perspektywie najbliższych 2-3 lat.

Globalnie, branża fotoniczna zalicza się do branż rozwojowych. Zarówno w przypadku prac badawczo-rozwojowych mierzonych publikacjami naukowymi, jak i pod względem wielkości globalnego rynku fotonicznego, od początku lat 90. XX wieku **odnotowywany jest ciągły wzrost**. Co prawda dynamika wzrostu rynku globalnego wyhamowała ze średniorocznego 8,2 proc. w latach 2005-2011, do 3,4 proc. w okresie 2011-2015¹⁴, jednak wysoka innowacyjność w sektorze oraz rosnąca liczba zastosowań technologii fotonicznych nie wskazują, by w najbliższych kilku latach trend wzrostu miał się zupełnie odwrócić. Ponadto, oczekiwać można **wysokiego popytu na produkty sektora**. Dotyczy to w szczególności produktów **łańcuchów widzenia maszynowego, technologii medycznych i przyrodniczych oraz komunikacji optycznej**. Mechanizmy popytowe w dwóch pierwszych łańcuchach opisane zostały w rozdziale pierwszym. Jeśli chodzi o łańcuch komunikacji optycznej, to oczekiwać można wzrostu popytu, który będzie stymulowany przez dynamiczny rozwój sieci WAN w krajach rozwijających się (w tym na kontynencie Afrykańskim), budowę infrastruktury 5G oraz aplikacje rozwiązań komunikacji optycznej w centrach danych.

Największym beneficjentem rozwoju branży fotonicznej w kolejnych latach najprawdopodobniej będą Chiny. Wskazuje na to kilka ważnych trendów obserwowanych w sektorze. Przede wszystkim **Chiny stale zwiększają swój udział w rynku** produkcji fotonicznej, na którym osiągnęły już pozycję globalnego lidera. To właśnie za sprawą konkurencyjnej cenowo produkcji chińskiej udział Europy w rynku fotowoltaicznym spadł ponad siedmiokrotnie w przeciągu dziesięciu lat. Do tej pory Chiny były głównie wytwórcą, a nie dostawcą technologii fotonicznych. Wiele wskazuje jednak na to, że także i to się zmieni. Duży (drugi na świecie po USA) udział publikacji chińskich w publikacjach naukowych z dziedziny fotoniki oraz obserwowany drastyczny wzrost aktywności patentowej Chin w ostatnich 10 latach są pierwszymi sygnałami zachodzących zmian. **Chiny niebawem mogą stać się ważnym dostawcą know-how technologii fotonicznych, a w dalszej przyszłości także liderem innowacyjności w tym obszarze**, odbierając palmę fotonicznego pierwszeństwa Japonii.

Nie bez znaczenia w tym kontekście jest również fakt, że **Chiny pełnią rolę głównego dostawcy kluczowych surowców** wykorzystywanych przez branżę fotoniczną i wpływają tym samym na poziom cen. W 2011 roku Chiny mając ponad 90 proc. udział w rynku metali ziem rzadkich, zmniejszyły swoje kwoty eksportowe o 35 proc.¹⁵. W efekcie nastąpił gwałtowny wzrost cen REE na globalnych rynkach. Podjęcie produkcji REE przez inne kraje pozwoliło zażegnać ówczesny kryzys, jednak jeśli analogiczna sytuacja powtórzy się w przyszłości, skutki mogą być znacznie bardziej dotkliwe. Podniesienie cen surowców obecnie, gdy Chiny są ważnym globalnym graczem także w dalszych ogniwach fotonicznych GVC, dałoby przewagę rynkową chińskim producentom pozwalającą wzmocnić ich pozycję na rynku kosztem konkurentów z Japonii, USA i Europy (w tym Mazowsza). Zagrożenie to nie jest wyłącznie hipotetyczne. W 2020 roku Chiny planują zmniejszyć eksport surowców pierwotnych dla REE z

¹⁴ Photonics21 (2017), "Market research....".

¹⁵ Bloomberg News (2010), "China Cuts Export Quotas for Rare Earths by 35%", <https://www.bloomberg.com/news/articles/2010-12-28/china-cuts-first-round-rare-earth-export-quotas-by-11-correct->,
odwiedzono 07.09.2018.

57 proc. do 30 proc.¹⁶. Paradoksalnie pozycję Chin może dodatkowo wzmocnić wojna handlowa z USA. Podwyższenie amerykańskich cel na wybrane surowce, materiały i komponenty fotoniczne z Chin uderzy w wykorzystujące je firmy amerykańskie.¹⁷ Tym samym osłabiona zostanie pozycja amerykańskich przedsiębiorstw na globalnych rynkach względem innych wytwórców, w tym zwłaszcza wytwórców z Chin.

Warto przy tym podkreślić, że **umacniająca się pozycja Chin stanowi również zagrożenie dla przedsiębiorstw sektora fotonicznego na Mazowszu**. W obliczu zgłaszanych w wywiadach trudności z osiągnięciem korzyści skali produkcji fotonicznej przez firmy mazowieckie, szczególnym niebezpieczeństwem ze strony konkurentów chińskich zdają się oferowane przez nich niskie ceny produktów finalnych. Problem ten może stać się wyjątkowo dotkliwy w wypadku wspomnianego wyżej zmniejszenia przez Chiny kwot eksportowych surowców dla fotoniki i przejściowego wzrostu ich cen na rynkach globalnych. Daloby to dodatkową przewagę kosztową wytwórcom chińskim względem firm mazowieckich, które nie zabezpieczyły zapasów wykorzystywanych surowców i materiałów.

Z drugiej strony, napięte stosunki międzynarodowe, których przejawem może być agresywna chińska i amerykańska polityka celna, sprzyjać będą również dalszym wzrostom wydatków na zbrojenia, co **będzie umacniało popyt na technologie fotoniczne dla obronności i bezpieczeństwa**. Będzie to stanowiło szansę dla licznych mazowieckich przedsiębiorstw fotonicznych działających w tym sektorze.

4.2. Najważniejsze trendy wpływające na kierunki rozwoju sektora fotoniki w perspektywie do 2035 roku

Opierając się na aktualnych trendach w branży można prognozować wyłącznie jej najbliższą przyszłość. Chcąc wiedzieć jak będzie się zmieniać fotonika w dłuższym horyzoncie czasu, po to by lepiej planować wydatki na badania i rozwój, konieczne jest przeprowadzenie szerzej zakrojonej analizy z wykorzystaniem metody scenariuszowej. Pierwszym krokiem jest wyłonienie najważniejszych czynników zmian, które decydują o kierunkach rozwoju sektora. W toku badania wyłoniono 9 globalnych megatrendów¹⁸ oraz 12 makrotrendów¹⁹ oddziałujących na sektor fotoniczny. Prawdopodobieństwo ich utrzymania do 2035 roku oraz siła ich wpływu na sektor fotoniczny zostały poddane ocenie ekspertów w toku badania delfickiego. Ekspertcy mieli również możliwość wskazania w komentarzach jak będą one wpływać na sektor fotoniczny oraz jakie ewentualne czynniki mogą załamać bądź wzmocnić dany trend. Wszystkie z zaproponowanych trendów za wyjątkiem jednego ocenione zostały jako co najmniej średnio istotne dla branży fotonicznej. Dodatkowo, wszystkie megatrendy oraz większość makrotrendów, zdaniem uczestników badania, ma ponad 50 proc. szansę utrzymania się aż do 2035 roku. Zidentyfikowane trendy wraz z opisem ich potencjalnego wpływu na branżę fotoniki²⁰ wymieniono w tabeli 4.1 poniżej.

¹⁶Feng A., Saha S. (2018), "Chinese Heavy Metal: How Beijing Could Use Rare Earths to Outplay America", Scientific American Blogs, <https://blogs.scientificamerican.com/observations/chinese-heavy-metal-how-beijing-could-use-rare-earths-to-outplay-america/>, odwiedzono 07.09.2018.

¹⁷ Photonics.org (2018), "Growing US-China trade war impacts optics and photonics technologies", <http://optics.org/news/9/9/12> (odwiedzono: 04.10.2018)

¹⁸ Megatrendy to trendy o najtrwalszym charakterze oraz globalnej skali oddziaływania. Megatrendy kształtujące sektor fotoniczny wyłonione zostały spośród trendów zidentyfikowanych w opracowaniach OECD [11, 12], UNDP/ UNRIST [20] oraz EEA [4].

¹⁹ Makrotrendy to trendy zachodzące w makrootoczeniu branży. Zostały wyłonione w oparciu o analizę GVC przeprowadzoną przez zespół 4CF.

²⁰ W oparciu o: analizę wpływu megatrendów na obszar nauki, technologii i innowacji sporządzoną przez OECD [12], analizę GVC oraz komentarze ekspertów udzielone w toku badania delfickiego

Tabela 4.1 – Mega- i makrotrendy będące wpływać na przyszłość fotoniki

Megatrendy
<p>Wzrost demograficzny na świecie</p> <ul style="list-style-type: none"> - rosnący wpływ obszarów o największym przyroście demograficznym na przyszłe kierunki innowacji - możliwy nacisk polityczny na transfer technologii do krajów rozwijających się - zmiana struktury popytu na produkty sektora fotoniki; wzrost popytu na produkty związane z pozyskiwaniem energii i komunikacją (fotowoltaika, komunikacja optyczna)
<p>Starzenie społeczeństw krajów rozwiniętych</p> <ul style="list-style-type: none"> - wzrost wydatków publicznych i prywatnych na ochronę zdrowia, w tym na technologie foniczne w medycynie - koncentracja B+R w medycynie na zapobieganiu i leczeniu schorzeń związanych z wiekiem (technologie diagnostyki i leczenia chorób serca, nowotworów, demencji) oraz poprawie jakości życia i stopnia samodzielności osób starszych (systemy poprawiające samodzielność) - zmiany w strukturze popytu na dobra i usługi wywołane zmianą stylu życia i dominujących wzorców konsumpcyjnych; ograniczenie kontaktów bezpośrednich na rzecz komunikacji elektronicznej (komunikacja optyczna)
<p>Wzrost presji antropogenicznej na surowce nieodnawialne</p> <ul style="list-style-type: none"> - nasilenie konkurencji o zasoby, w tym o wykorzystywane w fotonice metale ziem rzadkich, których obecnie nie da się niczym zastąpić - upowszechnienie energetyki OZE, w tym presja na wzrost wykorzystania oraz efektywności ogniw słonecznych - presja na rozwiązania technologiczne zwiększające efektywność energetyczną, bądź umożliwiające korzystanie z łatwo dostępnych surowców (odnawialnych lub powszechnych) - rozwój technologii umożliwiających lepsze zarządzanie dystrybucją energii w sieci (technologie dla [4])
<p>Zmiany klimatyczne i degradacja środowiska naturalnego</p> <ul style="list-style-type: none"> - uwzględnienie wyzwań środowiskowych wśród dominującymi obszarów narodowych programów badawczych - presja na innowacje w zakresie technologii energetycznych i wytwarzania żywności - transfer technologii niskoemisyjnych, w tym technologii fotowoltaicznych do krajów rozwijających się - monitoring zmian klimatu, stanu środowiska, jakości ekosystemów oraz bioróżnorodności dzięki technologiom komunikacyjnym oraz sensorom fonicznym - przełomowe innowacje foniczne w fotowoltaice i/lub technologiach kosmicznych nadzieją dla świata
<p>Wzrost presji antropogenicznej na produkcję rolną</p> <ul style="list-style-type: none"> - centralna rola nowych technologii w procesie adaptacji rolnictwa do zmian klimatu i ekstremalnych warunków pogodowych - wykorzystanie technologii fonicznych m.in. do monitorowania stanu wód i upraw, do identyfikowania mikrozanieczyszczeń lekami i środkami chemicznymi, a także w procesach inżynierii genetycznej
<p>Globalizacja</p> <ul style="list-style-type: none"> - umiędzynarodowienie B+R, światowa cyrkulacja wiedzy - wzrost znaczenia standaryzacji z uwagi na istotne znaczenie kompatybilności rozwiązań w gospodarce globalnej - utrwalenie globalnego charakteru branży fonicznej
<p>Świat wielomodalny</p> <ul style="list-style-type: none"> - osłabienie pozycji ekonomicznej rządów względem korporacji międzynarodowych; definitywne przejęcie wiodącej roli przedsiębiorstw w rozwoju nowych technologii - wzrost wydatków na zbrojenia, w tym na technologie foniczne dla bezpieczeństwa i obronności

Postęp technologiczny

- dalszy wzrost znaczenia obszaru badań i rozwoju dla zachowania konkurencyjności
- wzrost roli kapitału relacyjnego. Zwiększenie zależności pomiędzy podmiotami na różnych szczeblach łańcuchów wartości z uwagi na wykorzystanie zaawansowanych, wysokospecjalistycznych technologii w procesie produkcji
- potencjalna rola fotoniki jako motoru innowacyjności (np. dzięki wdrożeniu komputerów kwantowych)

Urbanizacja

- przejmowanie roli państw w obszarze finansowania badań i innowacji przez megamiasta jako nowe ośrodki życia społecznego, gospodarczego oraz rozwoju politycznego
- rozwój *smart cities* wpływający na kierunki innowacji w sektorach takich jak mieszkalnictwo i transport, potencjalna rola wspierająca fotoniki w tym zakresie
- nowe wyzwania w zakresie ochrony zdrowia, włączając w to wzrost zagrożenia wybuchem globalnej pandemii; technologie fotoniczne w szybkiej diagnostyce chorób zakaźnych
- duże znaczenie dla branży fotonicznej w obrębie zapotrzebowania na źródła energii, telekomunikację oraz sensory

Makrotrendy

Cyfryzacja (wypieranie papieru przez zapis elektroniczny) *(trend dojrzały)*

- wzrost zapotrzebowania na szybkie komputery, cyfrowe nośniki danych, wyświetlacze i ekrany
- impuls do rozwoju komputerów optycznych, komputerów kwantowych, dysków holograficznych i/lub plazmonicznych nośników danych
- spadające zapotrzebowanie na technologie transformacji pomiędzy danymi cyfrowymi i analogowymi (skanowanie 2D/ druk 2D)

Wzrastające przywiązanie konsumentów i przedsiębiorstw do aspektów ochrony środowiska *(trend wschodzący)*

- wzrost zapotrzebowania na technologie fotowoltaiczne, sensory stanu środowiska, efektywne energetycznie oświetlenie LED (oraz inne niskoenergochłonne formy oświetlenia)
- impuls do rozwoju komputerów optycznych i kwantowych z uwagi na niższe zapotrzebowanie na energię
- ostateczne wycofywanie z rynku nieekologicznych form oświetlenia (żarówki wolframowe, żarówki halogenowe oraz świetlówki i lampy rtęciowe (z uwagi na rtęć i luminofor)

Wzrastające zapotrzebowanie konsumentów na energię elektryczną *(trend dojrzały)*

- wzrost zapotrzebowania na fotowoltaikę, energooszczędne formy oświetlenia oraz przesyłu danych
- impuls do rozwoju bardziej uniwersalnych i efektywnych systemów fotowoltaicznych
- impuls do rozwoju komputerów optycznych i kwantowych wymagających znacznie mniej energii elektrycznej

Zwiększanie wykorzystania big data oraz rozwój algorytmów sztucznej inteligencji *(trend dojrzały)*

- wzrost zapotrzebowania na sensory, systemy widzenia maszynowego oraz technologie komunikacji optycznej
- impuls do rozwoju komputerów kwantowych, fotonicznych układów scalonych i pamięci plazmonicznych

Rozwój łączności 5G *(trend wschodzący)*

- wzrost zapotrzebowania na sensory, systemy widzenia maszynowego i inne technologie wspierające rozwój IoT
- wzrost zapotrzebowania na technologie komunikacji optycznej wykorzystywane w infrastrukturze 5G
- spadek zapotrzebowania na technologie komunikacji optycznej wykorzystywane w przewodowych sieciach WAN i LAN

<p>Rozwój transportu autonomicznego (<i>trend wschodzący</i>)</p> <ul style="list-style-type: none"> - wzrost zapotrzebowania na technologie sensorów, oświetlenia, kamer wideo, bezprzewodowej komunikacji optycznej i lida- rów wykorzystywanych w transporcie autonomicznym m.in. w układach wykrycia ryzyka kolizji
<p>Robotyzacja, automatyzacja pracy, rozwój przemysłu 4.0 (<i>trend wschodzący</i>)</p> <ul style="list-style-type: none"> - wzrost zapotrzebowania na technologie sensorów, oświetlenia, widzenia maszynowego, komunikacji optycznej (przewodowej i bezprzewodowej)
<p>Rozwój społeczeństwa informacyjnego (być zawsze on-line) (<i>trend dojrzały</i>)</p> <ul style="list-style-type: none"> - wzrost zapotrzebowania na wyświetlacze i ekrany (w tym ekrany holograficzne), zaawansowane rozwiązania przetwarzania obrazu AR i VR oraz sensory (w tym sensory mierzące funkcje biologiczne) - impuls do rozwoju nowych technologii integrujących świat rzeczywisty z wirtualnym, np. ekrany zintegrowane z ciałem, zintegrowane z ciałem systemy uwierzytelniania, sensory funkcji biologicznych
<p>Rosnące wydatki na zbrojenia (<i>trend dojrzały</i>)</p> <ul style="list-style-type: none"> - wzrost popytu na rozwiązania fotoniczne dla obrony i bezpieczeństwa - impuls do wzmożonego rozwoju technologii kosmicznych - możliwa dyfuzja technologii wojskowych do zastosowań cywilnych
<p>Nasilenie polityki protekcyjnej państw (<i>trend wschodzący</i>)</p> <ul style="list-style-type: none"> - zagrożenie dla silnie zglobalizowanej branży fotonicznej uzależnionej od przepływów wartości w GVC
<p>Utrzymanie globalnej koniunktury gospodarczej (<i>trend schyłkowy</i>)</p> <ul style="list-style-type: none"> - rosnący popyt na technologie fotoniczne i wysoka skłonność przedsiębiorstw do inwestowania w B+R
<p>Poprawa komfortu życia w krajach rozwiniętych (<i>trend schyłkowy</i>)</p> <ul style="list-style-type: none"> - wysoki popyt na obecne oraz nowe rozwiązania fotoniczne ze strony rynku konsumenckiego - krótkie cykle życia produktów - szybka dyfuzja innowacji na rynku

Źródło: Opracowanie własne.

Wśród megatrendów, które eksperci ocenili jako bardzo istotnie wpływające na branżę fotoniczną, znalazły się trendy: **starzenia się społeczeństwa krajów rozwiniętych, globalizacji oraz postępu technologicznego**. Za najistotniejsze makrotrendy uznano, z kolei, trendy: **cyfryzacji i digitalizacji danych, wzrastającego zapotrzebowania na energię elektryczną oraz poprawy komfortu życia w krajach rozwiniętych**. Jako mało istotny dla branży wskazano trend nasilenia polityki protekcyjizmu. Trend ten zachowano jednak do dalszej analizy z uwagi na jego znaczenie w kontekście silnego zglobalizowania branży, na co wskazywano w komentarzach.

4.3. Scenariusze dla fotoniki 2035

Opisane powyżej trendy stanowią czynniki, które wpływać będą na kształt branży fotonicznej w perspektywie kolejnych 17 lat. Nie wszystkie z nich są jednak równie trwałe. Część ze wskazanych makrotrendów prawdopodobnie załame się lub odwróci. Ponadto, niektóre z nich wzajemnie się osłabiają i nie mogą występować razem w dłuższej perspektywie czasu. W końcu, ostateczny wpływ na rozwój fotoniki będą mieć nie pojedyncze trendy, lecz ich wzajemne przecięcia i konfiguracje, w jakich będą współwystępować. Nie możemy jednak z całą pewno-

ścią powiedzieć, jak potoczy się przyszłość, nie wiedząc czy nie wystąpią w niej zdarzenia o charakterze mniej lub bardziej losowym, które wzmacniać będą wybrane z trendów, osłabiając jednocześnie inne. Możemy jednak nakreślić kilka scenariuszy przyszłości, w których opiszemy prawdopodobne kierunki zmian. W tym celu do poszczególnych trendów przypisano hipotetyczne, lecz prawdopodobne zdarzenia, które mogłyby je wzmacniać bądź osłabiać w przyszłości. Na zbiorze megatrendów, makrotrendów i możliwych zdarzeń modulujących przeprowadzono analizę skupień, w wyniku której wyłoniono 4 prawdopodobne scenariusze przyszłości. Scenariusze te tworzą opis ścieżki wydarzeń i wizji przyszłości w 2035 roku, w której panować będą zróżnicowane uwarunkowania dla branży fotonicznej. Fabularyzowany opis tych scenariuszy wraz ze wskazaniem ich wpływu na branżę fotoniczną oraz wczesnych sygnałów zmian, których pojawianie się w przyszłości będzie sygnalizować, że dany scenariusz zaczyna się realizować, zamieszczono poniżej.

4.3.1. Scenariusz podzielonego świata

*W 2020 roku Chiny rozpoczęły gwałtowną ekspansję gospodarczą. Władze chińskie z jednej strony ograniczyły kwoty eksportowe na surowce i materiały, z drugiej zaś wspierały chińskie marki dóbr finalnych w ich ekspansji na rynki zagraniczne. Wysoka konkurencyjność przedsiębiorstw chińskich zaczęła poważnie zagrażać innym gospodarkom. W efekcie coraz popularniejszym rozwiązaniem stawała się **polityka protekcyjnistyczna**. W jej następstwie rozgorzały wojny handlowe i ujawniły się **napięcia międzynarodowe**. Świat stał się **wielomodalny** z liczącą się pozycją Chin, USA, Rosji, Kanady, chwilejającej się Unii Europejskiej, Brazylii, Indii i Australii. Nasiliło to **wyścigi zbrojeń** i przełożyło się na wzrost liczby konfliktów militarnych na świecie. Na szczęście, nie doszło jeszcze do wybuchu konfliktu o skali globalnej. W 2035 roku krajobrazu politycznego świata dopełniają utrzymujące się konflikty lokalne na Bliskim Wschodzie oraz kryzys humanitarny w dotkniętej suszą i głodem Afryce środkowej i subsaharyjskiej.*

*Napięta sytuacja na świecie spowodowała **załamanie trendu globalizacji i liczne problemy finansowe korporacji międzynarodowych**. Zmiany te przyniosły **recesję w gospodarce światowej**. Wzrostowi gospodarczemu nie sprzyjał też **zwalniający postęp technologiczny**. Wraz z licznymi publikacjami naukowymi na temat kancerogenności wpływu infrastruktury sieci 5G pojawiającymi się od początku lat 20., **zaczęto poddawać w wątpliwość bezpieczeństwo bezprzewodowej komunikacji radiowej** w ogóle, czemu dodatkowo sprzyjał wzrost popularności teorii spiskowych. Pełna infrastruktura 5G nie powstała nigdy. Istniejących sieci bezprzewodowych nie zlikwidowano, ale zaniechano ich rozwoju. Renesans zaczęły za to przeżywać **przewodowe technologie komunikacyjne**. Ich rozwój, wraz z wynalezieniem ultrabezpiecznych, niezniszczalnych nośników danych cyfrowych spowodował, że **trend postępującej cyfryzacji się utrzymał**. Ludzie w krajach rozwiniętych odwrócili się jednak od "życia w sieci" na rzecz pełniejszego doświadczania rzeczywistości. Napięcia międzynarodowe i problemy z radiowymi technologiami sieciowymi sprawiły również, że **nie dokonała się zapowiadana automatyzacja i robotyzacja produkcji**.*

*Jest to problemem w krajach rozwiniętych, których **społeczeństwa ciągle się starzeją**. W celu ograniczenia napięć społecznych w UE ustanowiono wysokie transfery na rzecz osób starszych. Ponieważ roboty nie zastąpiły ludzi w większości zawodów, a migracje z uwagi na sytuację geopolityczną były ograniczone, siła nabywcza ludności zauważalnie spadła. Problemy gospodarcze sprawiły, że **dbałość o stan środowiska naturalnego zeszła na dalszy plan**. Co prawda, recesja i spadek siły nabywczej ludności ograniczyły nieco emisje gazów cieplarnianych i presję antropogeniczną względem prognoz, jednak nie na tyle, by zatrzymać postępującą degradację środowiska. Konsekwencje środowiskowe najmocniej uderzały jednak w kraje uboższe, bo to one akurat położone są w szerokościach geograficznych najsilniej dotkniętych zmianami klimatu. W 2035 roku perspektywy na przyszłość są niekorzystne.*

Tabela 4.2 – Scenariusz podzielonego świata

Wiodące megatrendy: świat wielomodalny, starzenie się społeczeństw krajów rozwiniętych
Konsekwencje scenariusza dla branży fotonicznej na świecie: - Przejściowe problemy z dostępnością surowców i materiałów dla fotoniki

- Zakłócenie przepływów w fotonicznych globalnych łańcuchach wartości przez wojny handlowe; tworzenie się nowych, regionalnych łańcuchów wartości
- Ograniczenie współpracy międzynarodowej oraz zmniejszenie środków na finansowanie prac badawczo-rozwojowych w przedsiębiorstwach komercyjnych
- Przemysł zbrojeniowy i technologii kosmicznych kluczowym odbiorcą technologii fotonicznych i ważnym, jeśli nie głównym, źródłem postępu technologicznego w tej branży. Powolna dyfuzja do zastosowań cywilnych
- Systemy fotowoltaiczne nabywane głównie przez przedsiębiorstwa (w celu oszczędności) lub państwa chcące zapewnić sobie bezpieczeństwo energetyczne; motywacje ekologiczne na dalszym planie
- Wolniejszy rozwój produktów wykorzystujących sensory i widzenie maszynowe w zastosowaniach cywilnych z uwagi na wyhamowanie procesów robotyzacji, automatyzacji i transportu autonomicznego
- Technologie komunikacji optycznej wykorzystywane głównie w rozwiązaniach przewodowych; zaniedbywalny popyt na rozwiązania fotoniczne dla komunikacji bezprzewodowej
- Możliwy renesans optycznych nośników danych, zwłaszcza w zastosowaniach przenośnych; szansa dla nowych technologii holograficznych i/lub plazmowych
- Rosnący popyt na technologie medyczne dla osób starszych, jednak przy dużych ograniczeniach możliwości finansowania; sukces odniosą raczej rozwiązania tanie i uniwersalne niż drogie, o wysoko specjalistycznych zastosowaniach
- Potencjał zastąpienia w niektórych zastosowaniach, w sprzyjających okolicznościach, komunikacji radiowej Wi-Fi, komunikacją światłem widzialnym Li-Fi
- Utrzymanie wysokiej pozycji sektora ekranów i wyświetlaczy, z zastosowaniem nowych technologii, z uwagi na postępującą cyfryzację

Wyzwania rozwojowe dla branży fotonicznej na Mazowszu:

- Szansa dla przedsiębiorstw mazowieckich działających na rzecz przemysłu zbrojeniowego oraz bezpieczeństwa i monitorowania środowiska
- Potencjalne zagrożenie dla przedsiębiorstw będących poddostawcami w globalnych łańcuchach wartości, jeśli dostarczane komponenty zostaną objęte cłami importowymi w kraju odbiorcy, bądź cłami eksportowymi w Unii Europejskiej
- Szansa dla przedsiębiorstw działających w łańcuchach wartości operujących w całości na obszarze Unii Europejskiej
- Szansa dla przedsiębiorstw oferujących droższe surowce, materiały, komponenty na rynek krajowy
- Szansa dla przedsiębiorstw oferujących technologie fotoniczne dla zastosowań medycznych z naciskiem na rozwój telemedycyny
- Szansa dla producentów światłowodów i firm rozwijających sieci światłowodowe

Możliwe wczesne sygnały zmian:

- Agresywna polityka handlowa Chin (przejmują monopol, stosują ceny dumpingowe, faworyzują swoje przedsiębiorstwa na większą niż dotychczas skalę) wywołująca niepokój bądź zauważalne skutki gospodarcze, jak bankructwa lub masowe zwolnienia (zwłaszcza w USA, Japonii, Europie)
- Problemy z wdrożeniem pierwszych sieci 5G (protesty, pojawiające się doniesienia o szkodliwości – potwierdzone badaniami, petycje ludności o zaprzestanie działań na dużą skalę)
- Impas w ONZ. Zgromadzenie ogólne ONZ ma problemy z przyjęciem jakiegokolwiek rezolucji. Głosy w każdej sprawie są bardzo podzielone, próbuje się handlować stanowiskami. Nie udaje się obsadzić stanowiska sekretarza generalnego ONZ z uwagi na brak jednomyślności
- Narastająca liczba lokalnych konfliktów zbrojnych

Źródło: Opracowanie własne.

4.3.2. Scenariusz globalizacji 2.0

Do 2035 postępował szybki rozwój technologiczny, a wzajemne zależności pomiędzy globalnymi koncernami współpracującymi w obrębie łańcuchów wartości bardzo się nasiliły. Stało się to poniekąd za sprawą sygnowania przez większość państw świata umowy o wzajemnej ochronie praw autorskich (tzw. ACTA 3.0). Firmy chętniej oferowały zaawansowane technologie, ale i zaczęły polegać na zaawansowanych technologiach swoich dostawców. Pojedyncze ogniw łańcuchów nie miały już wystarczających kompetencji, by samodzielnie tworzyć produkty finalne oczekiwane przez rynek. Mechanizm ten stał się zaczątkiem procesu nazywanego później globalizacją 2.0. Poszczególne przedsiębiorstwa i regiony nie specjalizują się już w dostarczaniu czynników produkcji (surowców, taniej siły roboczej), lecz w specjalistycznych technologiach. To dostępna technologia a nie koszty produkcji napędzają obecnie handel. Śmiałkę spijają ci, którzy wcześniej

ryzykowali dużo inwestując w B+R. Światowe zależności gospodarcze są obecnie tak silne, że także państwa są zmuszone ze sobą współpracować – zarówno w sferze gospodarczej, jak i politycznej. W takich okolicznościach polityka protekcjonistyczna jest powszechnie uznawana za polityczne samobójstwo.

*W wyniku rozwoju gospodarczego Chin i innych krajów rozwijających się, siła robocza przestała być tania. Udało się jednak uniknąć potencjalnego kryzysu, ponieważ **miejsce ludzi z powodzeniem zastąpiły maszyny**. Postęp technologiczny i robotyzacja **rozwiązały także problem starzenia się społeczeństw**. Gospodarki są w stanie wyprodukować tyle, by zapewnić ludności wysoką jakość życia. Ludzie pracują mniej, zarabiając przy tym więcej pieniędzy. Dlatego mogą sobie pozwolić na nowoczesne produkty, pomimo ich relatywnego wzrostu cen spowodowanego restrykcyjnym prawem patentowym. **Poprawia się też ogólny poziom zdrowia** sprawiając, że osoby starsze pozostają dłużej czynne zawodowo. **Dzięki postępom w medycynie dużo lepiej radzimy sobie z chorobami nowotworowymi, chorobami krążenia oraz demencją.***

*Postęp technologiczny ma wpływ na codzienne życie ludzi. Rozwinięta sieć 5G umożliwiła wdrożenie niezawodnych rozwiązań opartych na IoT. Coraz większą rolę odgrywa także transport autonomiczny. Dużym przełomem, który umożliwił społeczeństwu czerpanie pełnymi garściami z nowych technologii, było rozwinięcie nowych zabezpieczeń cyfrowych, które przyniosły niemal całkowite cyberbezpieczeństwo. Możliwa stała się anonimizacja danych osobowych oraz daleko posunięta personalizacja produktów i usług. **Spółeczeństwo w 2035 jest tak „cyfrowe” jak nigdy dotąd.** Świat rzeczywisty zlewa się ze światem wirtualnym i jest w zasięgu ręki przeciętnego człowieka.*

*Nowoczesna **technologia rozwiązuje też problemy ekologiczne**. Wprowadzić nie potrafimy jeszcze naprawić szkód wyrządzonych dotychczas przez człowieka, jednak – pomimo dynamicznego rozwoju gospodarczego – udało nam się **ograniczyć presję antropogeniczną na środowisko**. Produkcja żywności jest teraz bardziej efektywna, a technologie są czystsze i nie generują tak dużej ilości odpadów. Dzięki nowoczesnym bio-bateriom gwałtownie wzrosła też efektywność energetyczna sprzętu elektronicznego. **Chociaż ludzie korzystają z elektroniki jak jeszcze nigdy dotąd, to globalna konsumpcja energii elektrycznej od 2018 zmalała.***

Tabela 4.3 – Scenariusz globalizacji 2.0

Wiodące megatrendy: globalizacja, postęp technologiczny
<p>Konsekwencje scenariusza dla branży fotonicznej na świecie:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Rosnący światowy popyt na technologie fotoniczne. Aktywny udział branży fotonicznej w rozwoju technologii, w tym technologii medycznych i obliczeniowych, umożliwiających realizację scenariusza ze szczególnym uwzględnieniem cyfryzacji społeczeństwa - Istotne znaczenie B+R oraz własnego <i>know-how</i> na globalnych rynkach fotonicznych; wysokie koszty pozyskania <i>know-how</i> z zewnątrz - Wysokie znaczenie kapitału relacyjnego i współpracy międzynarodowej na rynkach fotonicznych - Przedsiębiorstwa prywatne głównym źródłem innowacyjności - Rosnące zyski dostawców <i>know-how</i> i maszyn w zakresie technologii wytwarzania i spadające zyski montowni produktów fotonicznych - Prawdopodobne duże postępy w obszarze fotoniki krzemowej (wejście na rynek komputerów optycznych) oraz komputerów kwantowych - Słabnąca znaczenie łańcucha technologii dla obronności i bezpieczeństwa, za wyjątkiem dynamicznego rozwoju technologii kosmicznych - Potencjał nieznacznej wyhamowania wzrostu popytu na systemy fotowoltaiczne z uwagi na spadek zapotrzebowania sprzętu elektrycznego na energię elektryczną - Rozwój w łańcuchy ekranów i wyświetlaczy. Popularnością cieszą się wyświetlacze holograficzne, systemy AR i VR - Rozwój technologii sensorów optycznych, widzenia maszynowego oraz technologii lidarowych wykorzystywanych w transporcie autonomicznym, monitorowaniu infrastruktury i środowiska
<p>Wyzwania rozwojowe dla branży fotonicznej na Mazowszu:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Zagrożenie dla branży na Mazowszu z uwagi na brak ciągłości finansowania prac rozwojowych na wszystkich poziomach gotowości technologicznej (1-9) i zjawisko doliny śmierci

- Zagrożenie związane z możliwym drenażem mózgów zw. z niekonkurencyjnymi warunkami zatrudnienia (dobrzy specjaliści będą pożądanymi na świecie, a nowe technologie dadzą im dużą elastyczność przyjęcia ofert pracy w dowolnym miejscu)
- Zagrożenie związane z trudnością komercjalizacji wyników prac B+R mazowieckich jednostek naukowo-badawczych
- Zagrożenie dla przedsiębiorstw bazujących wyłącznie na kupowanych technologiach. Niska siła przetargowa w kontakcie z dostawcami technologii w scenariuszu oznacza, że staną się oni cenowo niekonkurencyjni
- Szansa dla przedsiębiorstw działających w niszy, posiadających własne specjalistyczne *know-how*, patentujących, obecnych w GVC
- Bezpieczne inwestowanie w sensorykę i widzenie maszynowe oraz technologie informacyjne

Możliwe wczesne sygnały zmian:

- Szybki rozwój sieci 5G oraz IoT
- Sygnowanie międzynarodowych umów o ochronie praw autorskich
- Wzrost kosztów pracy w Chinach, Bangladeszu, Wietnamie, Indiach i innych krajach, do których *offshore'uje* się produkcję
- Przełom technologiczny w zakresie komunikacji, bezpieczeństwa danych, efektywności energetycznej
- Zauważalne zwiększenie na zapotrzebowanie na rozwiązania fotoniczne w przemyśle ze strony branż pozafotonicznych (w tym m.in. usługi i multimedia)

Źródło: Opracowanie własne.

4.3.3. Scenariusz odczuwalnych zmian klimatu

*Ludźność zaczyna się zderzać z rzeczywistością. Globalny wzrost populacji i ciągły brak wdrożenia skutecznych rozwiązań w kwestiach ochrony środowiska i emisji gazów cieplarnianych zaczęły przynosić skutki, o których naukowcy mówili od dawna. **Zmiany klimatyczne stały się mniej lub bardziej odczuwalne dla przeważającej części świata.** To już nie tylko zalewane przez oceany wyspy w odległych zakątkach globu, ale i **ekstremalne zjawiska pogodowe w USA, Azji i Australii.** Holandia i Floryda wydają ogromne środki na walkę z wodą, chociaż jest to już raczej batalia o kolejne 5, a nie 50 lat. Kraje Afryki i Bliskiego Wschodu, z kolei, zmagają się z suszą. Zaczyna brakować wody, a tereny rolnicze znacznie się skurczyły. Morza i oceany są przelutowane. Wszystko to przełożyło się na **istotny wzrost cen żywności, której udział w koszykach konsumpcyjnych Europejczyków wzrósł znacząco.***

*Problemy te tylko w nieznacznym stopniu pomaga rozwiązywać technologia. **Postęp technologiczny jest hamowany przez błędne koło nadużyć i nadmiernej regulacji.** Algorytmy AI wykorzystywane były na początku lat 20. XXI wieku przez niektóre przedsiębiorstwa do inwigilacji indywidualnych osób, manipulowania zachowaniami zakupowymi i opinią publiczną. Zrodziło to ogromne wątpliwości etyczne i spowodowało falę pozwów, czasem zakończonych ogromnymi odszkodowaniami za nakłonienie do niekorzystnego dysponowania majątkiem. W efekcie zarówno wykorzystanie algorytmów uczenia maszynowego, jak i kwestie dysponowania danymi osobowymi w wielu krajach poddano bardzo ostrym regulacjom prawnym. Zakres tych regulacji jak i różnice pomiędzy ich kształtem w różnych regionach świata w zasadzie **sparaliżowały możliwość wykorzystania danych osobowych w analizie big data.** Podobne procesy zachodziły także w innych obszarach. **Transport autonomiczny operuje tylko na kilku trasach testowych** na świecie z uwagi na brak dopuszczeń do ruchu spowodowanych wątpliwościami etycznymi odnośnie interakcji tego typu pojazdów z innymi uczestnikami ruchu. Do problemów dołączyła się również rosnąca skala cyberzagrożeń.*

*Rosnące ceny żywności oraz pogorszenie sytuacji gospodarczej przekładają się na niebezpieczne **napięcia międzynarodowe.** Jednym z krajów świata, gdzie najwcześniej zaczęło brakować żywności była dotknięta suszą Kenia, gdzie jednocześnie występował jeden z najniższych przyrostów demograficznych na świecie. **Katastrofa humanitarna spowodowała masowe migracje z tego kraju.** W niektórych regionach świata toczą się wojny, w których stawką jest dostęp do gruntów rolnych i żywności. Nasiliło się zjawisko imigracji klimatycznej. Mieszkańcy terenów, na których brakuje wody przemieszczają się do okolicznych regionów oraz do krajów północnych.*

Tabela 4.4 – Scenariusz odczuwalnych zmian klimatu

Wiodące megatrendy: wzrost demograficzny, wzrost presji antropogenicznej na surowce, wzrost presji antropogenicznej na produkcję rolną, zmiany klimatyczne i degradacja środowiska

Konsekwencje scenariusza dla branży fotonicznej na świecie:

- Niechęć przedsiębiorstw do inwestowania w B+R z uwagi na trudną sytuację gospodarczą (niskie zyski nie pozwalają na reinwestycje) oraz niepewność polityczno-prawną (groźba ścisłych regulacji)
- Wahania cen materiałów i komponentów fotonicznych z uwagi na liczne katastrofy klimatyczne dotyczące wybranych dostawców²¹
- Wzrost zapotrzebowania na technologie fotoniczne (sensory) wspomagające oczyszczanie i zarządzanie wodą, kontrolę upraw oraz systemy wczesnego informowania o zagrożeniach
- Wzrost zapotrzebowania na technologie bioinżynierii i inżynierii genetycznej umożliwiające wyhodowanie bardziej odpornych odmian zbóż
- Wzrost zapotrzebowania na technologie zmniejszające straty w przemyśle przetwórstwa żywności
- Wzrost zapotrzebowania na technologie fotowoltaiczne związany ze wzrostem cen oraz ograniczoną podażą paliw kopalnych
- Wzrost zapotrzebowania na technologie umożliwiające lepsze zarządzanie dystrybucją energii
- Wzrost inwestycji w obszarze sektora obronności i bezpieczeństwa oraz technologii kosmicznych
- Spadek popytu na produkty fotoniczne o charakterze konsumpcyjnym. Na tych rynkach najlepiej radzą sobie przedsiębiorstwa o ugruntowanej pozycji, które potrafią zaoferować użyteczne (niekoniecznie najnowocześniejsze) produkty po niewygórowanych cenach

Wyzwania rozwojowe dla branży fotonicznej na Mazowszu:

- Szansa dla przedsiębiorstw działających w obszarze aplikacji dla obronności i bezpieczeństwa
- Szansa utrzymania się na rynku przedsiębiorstw mało innowacyjnych, z uwagi na zmniejszenie globalnych wydatków na B+R
- Zagrożenie dla przedsiębiorstw współpracujących z podmiotami operującymi w regionach świata narażonych na konsekwencje zmian klimatycznych

Możliwe wczesne sygnały zmian:

- kolejne rekordy średniej temperatury Ziemi
- podnoszący się poziom wód oceanów
- długotrwałe susze w Afryce i na Bliskim Wschodzie
- ujawniane nadużycia w wykorzystaniu nowoczesnych technologii
- rosnące ceny kontraktów terminowych na żywność

Źródło: Opracowanie własne.

4.3.4. Scenariusz zrównoważonego rozwoju

Gospodarka światowa przestawiła się na nowe tory. Lata prosperity sprzyjały refleksji społeczeństw krajów rozwiniętych nad stanem klimatu i środowiska naturalnego. Ludzie zaczęli odchodzić od ślepego konsumpcjonizmu. Chcieli konsumować, ale tak by nadmiernie nie szkodzić i byli gotowi za tę możliwość zapłacić więcej. Presja konsumentów (i wyborców) na dbałość o środowisko zaczęła przynosić efekty. W wielu regionach świata wprowadzono prawo promujące rozwiązania proekologiczne. W działania prośrodowiskowe mocno zaangażował się też sektor prywatny. Sztuczne i roślinne mięsa wypierające z półek sklepowych wołowinę były tylko sygnałem nadchodzących zmian.

Świat w 2035 roku jest znacznie bardziej przyjazny środowisku niż był w 2018. Nie udało się wprawdzie rozwiązać wszystkich problemów, ale być może uniknęliśmy najgorszego. **Kraje Unii Europejskiej praktycznie wcieliły w życie model gospodarki w obiegu zamkniętym.** Niewiele spośród surowców wykorzystywanych w przemyśle pochodzi ze źródeł pierwotnych. Podobne efekty osiągnęły Chiny i Japonia. Inne kraje świata są na zbliżonej drodze. **Kraje biedniejsze, które nie mogły pozwolić sobie na czyste technologie, otrzymały pomoc rozwojową na ten cel od państw bogatszych.**

²¹ Analogicznie jak branża fotoniczna została dotknięta przez powódź w Tajlandii w 2012 roku https://www.photonics.com/Articles/Thailand_Floods_Impact_on_Optics_Will_Continue/a49550, odwiedzono 01.10.2018

Udało się to osiągnąć dzięki przychylności opinii publicznej oraz pragmatyzmowi partnerów politycznych (lepiej przekazać pomoc teraz niż liczyć się z konsekwencjami później).

Transformacja w kierunku zrównoważonej konsumpcji, technologii i modelu życia okazała się motorem rozwojowym gospodarki w ostatnich 15 latach. Inwestycje w innowacje prośrodowiskowe przynosiły duże stopy zwrotu. **Duże zyski odniosły firmy oferujące czyste technologie eksportowane do krajów rozwijających się.** Rozwój gospodarczy, chociaż ekologicznie świadomy, doprowadził do wzrostu zapotrzebowania na energię elektryczną. Wzrost ten, jednak, oraz duża część z dotychczasowego zapotrzebowania, zaspokajane są przez energię z OZE.

W scenariuszu nastąpił również **znaczny przyrost ludności mieszkającej w miastach.** Do znanych dotychczas mechanizmów migracji (możliwość rozwoju, praca) dołączyły także względy pragmatyczne. Przy rosnącej liczbie ludności świata, osadnictwo rozproszone zwiększa ślad ekologiczny i jest niemożliwe do utrzymania bez niszczenia kolejnych ekosystemów. **Nowe metropolie są zarządzane w sposób taki by zwiększyć ich przyjazność mieszkańcom i środowisku.** Wiele z miast chińskich jest samonystawczalnych, jeśli chodzi o pozyskiwanie energii elektrycznej (słońce, wiatr) oraz potrafi zaspokoić część potrzeb żywieniowych swoich mieszkańców (szklarnie, ogrody w obrębie miasta). W krajach rozwiniętych model zrównoważonego miasta – z uwagą na istniejącą infrastrukturę – dopiero jest wdrażany.

Tabela 4.5 – Scenariusz zrównoważonego rozwoju

<p>Wiodące megatrendy: urbanizacja</p>
<p>Konsekwencje scenariusza dla branży fotonicznej na świecie:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Szybki postęp w zakresie fotowoltaiki, nowe rozwiązania materiałowe oraz techniczne na potrzeby zasilania miast - Dynamiczny rozwój fotoniki krzemowej z uwagi na efektywność energetyczną w zastosowaniach obliczeniowych oraz łatwą dostępność surowców - Rozwój technologii komunikacyjnych na potrzeby megamiast (w tym rozwiązania <i>smart-city</i> i IoT) - Wysokie finansowanie ze środków publicznych i prywatnych dla projektów rozwijających rozwiązania w obrębie czystych energii, efektywności energetycznej, inżynierii środowiska, oczyszczania wody i powietrza, sensorów stanu środowiska - Wycofywanie technologii nieprzyjaznych środowisku i zastępowanie ich nowymi, bezpieczniejszymi - Wysoki popyt ze strony rynków rozwijających się na czyste technologie. Szansa dla przedsiębiorstw oferujących sprawdzone technologie, łatwe w adaptacji w przystępnych cenach - Malejące znaczenie aplikacji z zakresu obrony i bezpieczeństwa, za wyjątkiem technologii kosmicznych wykorzystywanych do monitorowania zmian klimatu i stanu środowiska - Preferowane urządzenia łatwo recyklingowalne
<p>Wyzwania rozwojowe dla branży fotonicznej na Mazowszu:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Zagrożenie dla przedsiębiorstw nie dbających o ekologię i bazujących na technologiach zagrażających środowisku - Szansa dla przedsiębiorstw oferujących niezawodne technologie fotowoltaiczne nadające się do eksportu do krajów rozwijających się - Szansa dla przedsiębiorstw rozwijających technologie ekologiczne aplikowalne w przestrzeni miejskiej
<p>Możliwe wczesne sygnały zmian:</p> <ul style="list-style-type: none"> - rosnące udziały produktów proekologicznych w rynkach konsumpcyjnych - zwycięstwo partii „zielonych” w kraju europejskim - Chiny zmniejszają wydobycie węgla - Coca-cola rezygnuje z PET

Źródło: Opracowanie własne.

5. Wnioski i rekomendacje

5.1. Potencjał mazowieckiej branży fotonicznej

Badanie przeprowadzone na potrzeby niniejszego raportu wykazało, że przyszłość globalnej branży fotonicznej jawi się w jasnych barwach. Rozwiązania fotoniczne znajdują zastosowanie w licznych aplikacjach wymienionych w paragrafie 1.4. Począwszy od – oczywistego – oświetlenia, przez generowanie energii elektrycznej, technologie produkcji, telekomunikację, IT i komputery, medycynę i inżynierię genetyczną, po obronę i bezpieczeństwo, a nawet technologie kosmiczne. Trudno jest wręcz znaleźć obszar działalności, który nie mógłby skorzystać z rozwiązań fotonicznych. Bez wątpienia można zatem zaliczyć fotonikę do kluczowych technologii wspomagających (KET). Ta jej funkcja dotyczy również mazowieckich RIS, gdzie dla trzech spośród czterech jej obszarów (Bezpieczna żywność, Inteligentne systemy zarządzania i Wysoka jakość życia) technologie fotoniczne znajdują liczne aplikacje, które podsumowano w Tabeli A.4 znajdującej się w aneksie. To właśnie wielość zastosowań technologii fotonicznych sprawia, że niezależnie od kontekstu przyszłości nakreślonego w toku badania przez cztery bardzo różne, lecz prawdopodobne scenariusze, technologie fotoniczne znajdują w niej prominentne miejsce.

Rozważając znaczenie i perspektywy rozwoju branży fotonicznej na Mazowszu należy mieć jednak na względzie, że jest to dziedzina o bardzo wysokim zróżnicowaniu wewnętrznym. Zarówno przytoczone wyżej aplikacje, jak obszary badań oraz technologie i rozwiązania fotoniczne charakteryzują się dużą zmiennością. Elementem je łączącym jest wykorzystanie promieniowania elektromagnetycznego w zakresie od skrajnego ultrafioletu, przez ultrafiolet, światło widzialne i promieniowanie podczerwone po promieniowanie terahercowe. Produktem fotonicznym jest zatem zarówno ogniwo słoneczne zasilające stację rowerów miejskich, sensor pomiaru tętna w smartwatchu, jak i laser do obróbki metalu. Każdy z nich wykorzystuje inne rozwiązania oraz zalicza się do osobnego sektora. Charakteryzują się one różnym potencjałem zarówno w zakresie dalszego rozwoju technologicznego, jak i przyszłości rynku. Stąd ogólne wnioski dotyczące fotoniki zdefiniowanej jako jedna branża nie powinny być w prosty sposób przekładane na konkretne obszary działalności do niej zaliczane.

Należy również podkreślić, co padło wielokrotnie w wywiadach z przedstawicielami przedsiębiorstw mazowieckiego sektora fotonicznego oraz w badaniu delfickim, że fotonikę cechuje duży stopień zglobalizowania. Wszelkie innowacje i przełomy zachodzące w dziedzinie mają zasięg globalny. Przedsiębiorstwa fotoniczne, zarówno te zlokalizowane na świecie, jak i te mazowieckie, są zagnieżdżone w globalnych łańcuchach wartości zależąc dostaw od partnerów zagranicznych lub eksportując swoje produkty za granicę. Regionalny potencjał branży należy zatem rozpatrywać bardziej w kontekście zmian globalnych i możliwości zaistnienia na rynkach światowych, niż z perspektywy możliwości zaspokojenia regionalnych potrzeb w obszarze technologii fotonicznych.

Schodząc na poziom nieco niższy, a więc krajowy, warto zauważyć, że województwo mazowieckie jest regionem o najwyższym potencjale naukowym i rozwojowym branży fotonicznej w Polsce. To właśnie na Mazowszu powstaje najwięcej prac naukowych publikowanych w międzynarodowych czasopiśmie i to tu zgłasza się najwięcej patentów. Województwo charakteryzuje również największa dostępność infrastruktury technologicznej na potrzeby fotoniki.

Biorąc pod uwagę powyższe, w oparciu o przeprowadzone badanie, którego najważniejsze wyniki umieszczone zostały w rozdziałach poprzedzających oraz wypowiedzi przedstawicieli branży formułowane w toku warsztatów strategicznych, zgromadzono wnioski dotyczące aktualnej pozycji oraz potencjału rozwojowego mazowieckiej branży fotonicznej z podziałem na kategorie SWOT. Na ich podstawie sformułowano rekomendacje działań dla odbiorców niniejszego raportu zamieszczone w dalszej części rozdziału.

Tabela 5.1 – Analiza SWOT mazowieckiej branży fotonicznej

Silne strony	punkt odniesienia	Słabe strony	punkt odniesienia
Silne instytuty naukowe i ośrodki akademickie działające w branży fotonicznej. Rozpoznawalne na arenie światowej i będące na bieżąco z aktualnymi kierunkami badań w fotonice.	świat	Brak silnych polskich graczy, producentów produktów finalnych wykorzystujących technologie fotoniczne (np. firm telekomunikacyjnych)	świat
Obecność przedsiębiorstw projektujących i wytwarzających zaawansowane komponenty dla fotoniki, które potrafią elastycznie reagować na zmiany w strukturze popytu zachodzące na rynku	świat	Brak zaufania pomiędzy podmiotami w branży i w otoczeniu biznesowym; ograniczony poziom współpracy	świat
Obecność przedsiębiorstw oferujących technologie medyczne oparte na fotonice oraz przedsiębiorstw z sektora obronności i bezpieczeństwa, a więc z obszarów o wysokim potencjale wzrostu rynku w bliższej i dalszej przyszłości	świat	Brak spójności tematów podejmowanych w nauce i biznesie	świat
Pozycja lidera pod względem wyników prac naukowych (publikacje) oraz prac badawczo-rozwojowych mierzonych patentami w kraju	reszta kraju	Obecność w sektorze przedsiębiorstw o krótkim horyzoncie planowania (brak strategii biznesowej) i orientacji sprzedażowej	świat
Dostępność infrastruktury technologicznej (m.in. ITE, ITME, VIGO Systems, PCO)	reszta kraju	Niski udział sektora mazowieckiego w rynku europejskim i globalnym	świat
		Wysoka podatność na ryzyko walutowe (wahania kursu złotego)	Europa
		Niekonkurencyjny poziom płac na tle branży IT oraz rynku europejskiego	inne branże/ Europa
Szanse	horyzont	Zagrożenia i bariery rozwojowe	horyzont
Niskie koszty pracy w B+R w stosunku do Europy Zachodniej	teraz	Niska skłonność do wdrażania innowacji potencjalnych odbiorców na rynku krajowym	teraz
Bliskość Europy, chęć otwierania komórek badawczo-rozwojowych przez podmioty europejskie	teraz, zaraz	Odpływ kadr (inżynierów) do innych branż, w których oferowane jest wyższe wynagrodzenie	teraz
Wysoki i rosnący globalny popyt na technologie fotoniczne	teraz, zaraz i w przyszłości	Niepewność w otoczeniu polityczno-prawnym. Skomplikowane i szybko zmieniające się regulacje podatkowe	teraz
Potencjał wzrostu popytu wewnętrznego, w tym głównie ze strony obszarów mazowieckiej RIS	zaraz, w przyszłości	Ograniczona dostępność środków pozwalająca zapewnić ciągłość finansowania na wszystkich poziomach gotowości technologicznej (1-9). Brak nastawienia na efekt końcowy przy finansowaniu badań i działań rozwojowych	teraz, zaraz
Zapotrzebowanie na dedykowane produkty sektora ze strony administracji publicznej	zaraz, w przyszłości	Trudność pozyskania finansowania zewnętrznego dla ryzykownych przedsięwzięć przez istniejące podmioty	teraz, zaraz

Popyt na produkty sektora ze strony rynków krajów rozwijających się	w przyszłości	Wysokie koszty pracy pracowników produkcyjnych względem innych regionów Polski oraz Chin	teraz, zaraz
		Zasady finansowania nauki zachęcające ośrodki naukowe do konkurowania, a nie współpracy	teraz, zaraz
		Niski kapitał społeczny w Polsce (trudność znalezienia partnerów, niski stopień współpracy, brak zaufania ze strony potencjalnych klientów, biurokratyzacja)	teraz, zaraz
		Niska siła nabywcza potencjalnych klientów na rynku krajowym	teraz, zaraz
		Konkurencja ze strony koncernów międzynarodowych	teraz, zaraz
		Niekorzystne rozwiązania w „Konstytucji dla nauki” dla pracowników naukowych prowadzących badania z dziedzin interdyscyplinarnych (jak fotonika)	zaraz
		Ryzyko wzrostu cen surowców i materiałów fotonicznych na rynkach globalnych	zaraz, w przyszłości

Źródło: Opracowanie własne.

5.1.1. Silne strony mazowieckiego sektora fotonicznego

Najważniejszą silną stroną Mazowsza jest jego silne zaplecze naukowe. Mazowieccy naukowcy pozostają na bieżąco z postępami w nauce światowej, a ich publikacje naukowe są odnotowywane w skali świata. Rozwiązanie problemów zarządzania w nauce, które przekładają się na problemy komercjalizacji i współpracy z biznesem, rokuje zatem zwiększeniem potencjału rozwojowego fotoniki na Mazowszu. Mazowiecki sektor fotoniczny obecnie wybija się na tle kraju pod względem potencjału naukowego i badawczo-rozwojowego. To właśnie na Mazowszu powstaje najwięcej w kraju publikacji naukowych w zakresie fotoniki oraz najwięcej się patentuje.

Dobre perspektywy rozwojowe województwu zapewnia także obecność na jego obszarze firm specjalizujących się w projektowaniu i wytwarzaniu zaawansowanych komponentów fotonicznych, potrafiących elastycznie reagować na zmiany popytowe na rynku. W kontekście bardziej odległej przyszłości, mocną stroną mazowieckiej fotoniki jest silna reprezentacja przedsiębiorstw działających w sektorze obronnym i bezpieczeństwa, który będzie się dynamicznie rozwijał w większości scenariuszy przyszłości – podobnie, jak sektor technologii medycznych, w którym również obecne są przedsiębiorstwa z Mazowsza.

5.1.2. Słabe strony mazowieckiego sektora fotonicznego

Najbardziej zauważalną słabą stroną mazowieckiego sektora fotonicznego w ujęciu globalnym jest jego niewielki udział w rynku światowym i europejskim oraz nieobecność na obszarze województwa wielkich przedsiębiorstw fotonicznych. Do przedsiębiorstw dużych, odpowiadających za większość przychodów sektora, jak wskazano w analizie w rozdziale trzecim, zaliczają się głównie przedstawicielstwa handlowe koncernów międzynarodowych oraz polskie firmy operujące w dalszych ogniwach łańcuchów wartości, które nie angażują się bezpośrednio działalnością B+R w obszarze fotoniki. W wywiadach to właśnie mała skala działalności przedsiębiorstw była najczęściej wymienianym ograniczeniem wewnętrznym rozwoju. Argumentowano w szczególności, że trudne jest osiągnięcie wielkości produkcji pozwalającej skorzystać z ekonomii skali. Jak wskazywano w toku warsztatów, nie ma w Polsce również dużych graczy – producentów dóbr finalnych, którzy generowaliby popyt wewnętrzny na tech-

nologie fotoniczne i współpracowali z firmami sektora w pracach badawczo-rozwojowych. Szukanie odbiorców na rynkach zagranicznych, z kolei, wystawia przedsiębiorstwa fotoniczne na ryzyko walutowe. Niektórzy uczestnicy wywiadów formułowali w związku z nim oczekiwanie wprowadzenia Euro w Polsce, co pozwoliłoby im tego ryzyka uniknąć lub istotnie je zmniejszyć.

Wśród mazowieckich podmiotów sektora fotonicznego zauważyć można także typową dla polskich firm ostrożność w nawiązywaniu współpracy i relacji z partnerami biznesowymi. Aczkolwiek, jak wynika z wywiadów nie jest tak, że taka współpraca w ogóle nie zachodzi. Pozytywnym przykładem jest jedno z przedsiębiorstw uczestniczących w wywiadach, które deklaruje działanie w modelu współwłasności innowacji wypracowanych ze swoimi klientami. Pojawiają się także projekty prowadzone w ramach działań finansowanych np. ze środków unijnych, gdzie kooperację wymuszają warunki uzyskania dofinansowania. Należy również zwrócić uwagę na stymulującą współpracę rolę klastrów i zrzeszeń takich jak m.in. Polska Platforma Technologiczna Fotoniki. Wciąż jednak zdecydowana większość firm fotonicznych (ok. 75 proc.) nie należy do zrzeszeń, a przedsięwzięcia wspólne są raczej wyjątkiem niż regułą.

Słabą stroną fotoniki mazowieckiej jest także niekonkurencyjny poziom oferowanych plac względem zarobków w IT i na Zachodzie Europy, co sprzyja drenażowi mózgów. Ponadto, w toku warsztatów zwracano uwagę na brak spójności tematów podejmowanych w nauce i biznesie, co utrudnia nawiązywanie współpracy przedsiębiorstw z ośrodkami naukowymi oraz na fakt, że wiele spośród przedsiębiorstw z sektora nie posiada strategii biznesowej. Ta druga obserwacja potwierdza odnotowaną parokrotnie w toku badania orientację sprzedażową wybranych firm. Wyraża się ona w koncentracji na rozwoju produktu i poszukiwaniu dla niego klientów z pominięciem analizy potrzeb (nie tylko technologicznych) rynku i dopasowania się do nich w sposób pozwalający zwiększyć atrakcyjność oferty dla potencjalnych odbiorców. Przeprowadzone wywiady wykazały, że przedsiębiorstwa, które takiej analizy się podejmują i starają się sprostać potrzebom swoich odbiorców, to firmy, którym udało się znaleźć lukratywne nisze i radzą sobie na rynku szczególnie dobrze.

5.1.3. Szanse mazowieckiego sektora fotonicznego

Przed mazowieckim sektorem fotonicznym otwiera się szereg szans, które warto wykorzystać. Najważniejszą z nich jest oczekiwany dynamiczny rozwój fotoniki i rynku na produkty fotoniczne. Jest to branża przyszłościowa i zdecydowanie warto jest się specjalizować w tej dziedzinie. Warto tu raz jeszcze podnieść opisane w scenariuszach możliwości, jakie dla regionu daje prawdopodobny wzrost popytu ze strony rynków krajów rozwijających się. W większości analizowanych scenariuszy, kraje rozwijające się – w tym kraje afrykańskie, zgłaszają zapotrzebowanie na technologie fotoniczne w zastosowaniach związanych z czystą energią, technologiami medycznymi, telekomunikacją, produkcją żywności i nadzorowaniem upraw oraz zarządzaniem zasobami wodnymi. Przy tym najprawdopodobniej szukać będą sprawdzonych, dobrych jakościowo i dostępnych rozwiązań, które potencjalnie branża mazowiecka mogłaby zaoferować. Duży potencjał wzrostu istnieje również na rynku krajowym i regionalnym, który jest jeszcze nienasycony. W tym, w szczególności, jak zwracali uwagę uczestnicy warsztatów zapotrzebowanie zgłaszane powinno być ze strony obszarów mazowieckiej RIS.

Uczestnicy warsztatów strategicznych podkreślali również szanse, jakie dać mogą zamówienia dla sektora ze strony administracji publicznej, na przykład na dedykowane produkty rozwiązujące problemy ochrony środowiska. Zwracano także uwagę na wciąż niski poziom kosztów pracy w badaniach i rozwoju względem krajów Europy Zachodniej oraz korzyści, jakie daje położenie Mazowsza w bliskości do rynków europejskich, w tym w szczególności lidera fotonicznego w Europie, czyli Niemiec. Te dwa czynniki stanowią zachętę do otwierania przez organizacje europejskie komórek badawczo-rozwojowych właśnie w województwie mazowieckim.

5.1.4. Bariery rozwojowe i zagrożenia zewnętrzne mazowieckiego sektora fotonicznego

Wśród barier najczęściej wymienianych przez przedstawicieli przedsiębiorstw barier rozwojowych znalazły się problemy w dostępie do kapitału ludzkiego. Dotyczy to zarówno trudności w pozyskaniu wykwalifikowanych specjalistów, jak i rosnących kosztów pracy pracowników produkcyjnych. Ważnym zjawiskiem, na które zwrócono uwagę jest drenaż mózgów absolwentów wyższych uczelni technicznych przez korporacje międzynarodowe. Zdaniem wielu przedsiębiorców absolwenci wybierają chętniej bardzo dobrze płatną pracę w korporacji, gdzie zajmują się prostymi zadaniami, niekoniecznie zgodnymi z ich wykształceniem, niż tylko dobrze płatną pracę w polskich firmach sektora.

Kolejną zgłaszaną barierą są problemy w dostępie do finansowania zewnętrznego B+R i rozwoju przedsiębiorstwa. Problemy dotyczą trudności z zapewnieniem ciągłości finansowania prac rozwojowych na wszystkich poziomach gotowości technologicznej, finansowania przedsięwzięć ryzykownych oraz inwestycji w infrastrukturę. Jako ważna bariera rozwojowa postrzegana jest również duża niepewność związana z otoczeniem polityczno-prawnym. Dotyczy to zarówno postępowań kontrolnych, postępowań przetargowych i odwoławczych, jak i braku potrzebnych uregulowań i norm prawnych. Zwraca się również uwagę na skomplikowane przepisy podatkowe.

Przedsiębiorstwa oferujące lub chcące oferować swoje produkty na rynek krajowy podkreślają znaczenie niskiej siły nabywczej polskich odbiorców, którzy często nie mogą sobie pozwolić na nowoczesne rozwiązania. Z drugiej strony, zauważa się, że w wielu organizacjach problemem jest także niska gotowość do wdrażania innowacji i inwestowania w nowe technologie.

Poza wymienionymi barierami rozwoju mazowieckiego sektora fotonicznego ważnym ograniczeniem jest także charakteryzujący Polskę niski kapitał społeczny przejawiający się brakiem zaufania zarówno w relacjach z inwestorami i otoczeniem, jak i w zarządzaniu personelem. Problem niskiego zaufania społecznego odpowiada w znacznym stopniu za wiele słabych stron branży mazowieckiej, w tym m.in. za niechęć do patentowania, ograniczony poziom współpracy na linii nauka-biznes i biznes-biznes oraz problemy ze znalezieniem pracowników. Przy czym w odniesieniu do nauki podkreślano na warsztatach, że obowiązujący system finansowania nauki zachęca ośrodki raczej do konkutowania niż współpracy. Formułowano również obawy odnośnie nowej ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, która defaworyzuje pracowników naukowych prowadzących badania interdyscyplinarne.

Oprócz aktualnie identyfikowanych barier rozwoju sektora, wskazać można również szereg zagrożeń, jakie mogą go dotknąć w przyszłości. W bliskim horyzoncie czasu branża wystawiona jest m.in. na ryzyko zmian cen surowców, materiałów i komponentów na rynkach globalnych. W końcu, należy wymienić zagrożenie, jakim jest rosnąca rola koncernów międzynarodowych ze szczególnym uwzględnieniem podmiotów pochodzących z Chin. Konkurencja ze strony korporacji, w których występuje duża integracja pionowa (w obrębie łańcuchów wartości) bądź horyzontalna (pozwalająca na uzyskanie efektów synergii), zmniejszać będzie możliwości rozwojowe małych przedsiębiorstw i start-upów, które dominują na Mazowszu. Zagrożenie takie jest realne w trzech spośród czterech przeanalizowanych scenariuszy przyszłości.

5.2. Rekomendacje działań

Przeprowadzone badanie wykazało, że mazowiecki sektor fotoniczny, chociaż niewielki, ze względu na swoje zaplecze naukowe i technologiczne, charakteryzuje się potencjałem dalszego rozwoju. Nie ulega przy tym wątpliwości, że globalna branża fotoniczna będzie dalej rosła, a regiony, które chciałyby się w przyszłości charakteryzować wysokim stopniem innowacyjności i zaawansowania technologicznego, skorzystają z obecności na swoim

obszarze podmiotów, które się do niej zaliczają. Nie tylko z uwagi na znaczenie ekonomiczne samej fotoniki, ale także z racji na jej funkcję wspierającą dla innych branż.

Aktualnie sektor mazowiecki nie pełni jeszcze roli KET dla mazowieckich obszarów RIS. Chociaż przedsiębiorcy reprezentujący obszary mazowieckich inteligentnych specjalizacji korzystają z rozwiązań fotonicznych, to są to zwykle popularne produkty, których dostawcami są z reguły podmioty zagraniczne mogące zaoferować niskie ceny z uwagi na duże wolumeny produkcji. Jednocześnie zainteresowanie produktami specjalistycznymi, oferowanymi przez firmy mazowieckiego sektora, wciąż jest niewielkie. Mazowieckie (i – ogólnie – polskie) podmioty nie dysponują dostateczną siłą nabywczą do ich zakupu, ani nie są skłonne do wdrażania innowacji i nie dostrzegają korzyści z ich zastosowania.

W toku warsztatu strategicznego, reprezentanci przedsiębiorstw fotonicznych, ośrodków naukowych oraz Samorządu województwa mazowieckiego doszli do porozumienia w zakresie kierunków rozwoju branży fotonicznej na Mazowszu. Za korzystną uznano koncentrację działań na jednej bądź kilku wyselekcjonowanych niszach w obrębie aplikacji technologii fotonicznych. Podkreślano, że wybrane nisze powinny wpisywać się w mazowiecką RIS oraz wykorzystywać silne strony mazowieckiej fotoniki. Powinny również dotyczyć aplikacji, na które oczekuje się, że popyt w kolejnych latach i dalszej przyszłości będzie wzrastał. Uczestnicy warsztatu sugerowali, by takich nisz szukać w aplikacjach z zakresu medycyny i telemedycyny, obronności i bezpieczeństwa lub produkcji żywności i nowoczesnego rolnictwa.

Proponowana strategia koncentracji na niszach powinna przynieść szereg korzyści rozwojowych sektorowi fotoniki na Mazowszu. Przede wszystkim, jest to podejście pragmatyczne, które podchodzi realistycznie, lecz ambitnie do zdiagnozowanego potencjału sektora. Kanalizacja środków i uwagi na wybranych aplikacjach, z jednej strony daje szansę zbudowania globalnej specjalizacji regionu w wybranej dziedzinie i osiągnięcia w niej pozycji lidera, z drugiej zaś realnego wsparcia technologicznego mazowieckiej RIS. To, z kolei, umożliwia wejście do pętli pozytywnych sprzężeń zwrotnych. Dobra pozycja na rynkach światowych zwiększy popyt na produkty sektora pozwalając osiągać korzyści skali i inwestować w jego dalszy rozwój. Wsparcie RIS pozwoli dodatkowo skorzystać z efektów synergii dzięki zacieśnieniu współpracy pomiędzy dostawcami technologii fotonicznych i przedsiębiorstwami z nisz aplikacyjnych w obszarach RIS. Współpraca z przedsiębiorcami z Mazowsza da firmom fotonicznym możliwość testowania i usprawniania rozwijanych produktów, pozwalając uniknąć problemu „doliny śmierci” w rozwoju gotowości technologicznej. Firmy z obszaru nisz aplikacyjnych dostaną z kolei jako pierwsze dostęp do nowoczesnych technologii rozwijanych w odpowiedzi na ich specyficzne potrzeby.

Realizacja tego podejścia wymaga współpracy przedsiębiorstw sektora, Urzędu Marszałkowskiego oraz przedstawicieli nauki w celu wykorzystania silnych stron branży oraz przezwyciężania słabości i barier rozwojowych. Rekomendacje dla tych trzech grup podmiotów zawiera Tabela 5.2.

Tabela 5.2 – Rekomendacje działań

Rekomendacje dla Samorządu Województwa Mazowieckiego	Rekomendacje dla przedsiębiorstw sektora	Rekomendacje dla przedstawicieli nauki
<ul style="list-style-type: none"> - Koordynacja działań mających na celu wytypowanie nisz aplikacyjnych dla fotoniki - Opracowanie strategii dla branży fotonicznej na Mazowszu z uwzględnieniem wytypowanych nisz - Koncentracja finansowania prac badawczo-rozwojowych na technologiach znajdujących zastosowanie w wybranych niszach aplikacyjnych 	<ul style="list-style-type: none"> - Planowanie strategiczne, przyjęcie orientacji na aplikacje i potrzeby klientów - Zarządzanie wiedzą w organizacji. Inwestowanie w pracowników - Zacieśnianie współpracy z innymi podmiotami. Budowanie łańcuchów wartości na 	<ul style="list-style-type: none"> - Uporządkowanie zasad współpracy z biznesem - Zwiększenie możliwości naukowców w zakresie bardziej elastycznego odpowiadania na potrzeby biznesu - Przykładanie większej wagi do potencjalnych

<ul style="list-style-type: none"> - Budowanie platform współpracy, w tym, np. strona internetowa do komunikacji między dostarczycielami i odbiorcami technologii fotonicznych, gdzie przedsiębiorstwa mogłyby zgłaszać zapotrzebowanie na praktyczne rozwiązania i/lub przeglądać oferty oraz portal dla przedsiębiorstw mazowieckich w ułatwiający nawiązanie współpracy badawczo-rozwojowej - Inicjowanie współpracy pomiędzy podmiotami w branży oraz potencjalnymi odbiorcami ich produktów, np. poprzez identyfikację największych i najprężniej rozwijających się przedsiębiorstw w obszarze wytypowanych nisz w celu zainteresowania ich wdrażaniem innowacyjnych technologii fotonicznych i ułatwienia kontaktów z firmami sektora <p>a ponadto:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Wsparcie finansowe testów i wdrożeń próbnych innowacji fotonicznych w przedsiębiorstwach z obszarów mazowieckich RIS - Badanie możliwości stworzenia narzędzi ułatwiających przedsiębiorcom rozpoczęcie i rozwinięcie w swoich firmach działalności B+R. Ostatecznym celem tych działań powinno być uniezależnienie finansowania działań B+R od finansów publicznych i wzrost własności intelektualnej wewnątrz przedsiębiorstw - Zapewnienie pomocy prawnej i wsparcia w procesie patentowym mikro i małym firmom z sektora fotonicznego 	<p>Mazowszu ze szczególnym uwzględnieniem rozwijania ogniw najbliższej odbiorców</p> <ul style="list-style-type: none"> - Poszukiwanie nisz. Skoncentrowanie działań – oferty produktowej, marketingu – na odbiorcach o największym potencjale. W ramach możliwości w obszarze wytypowanych nisz aplikacyjnych - Dążenie do zwiększania finansowania prac badawczo-rozwojowych ze środków własnych - Zabezpieczanie się przed ryzykiem wzrostu cen surowców i materiałów (optymalizacja stanów zapasów, dywersyfikacja dostawców) - Zabezpieczanie się przed ryzykiem walutowym (<i>hedging</i> walutowy) 	<p>aplikacji wyników badań stosowanych oraz możliwości i zasadności ich wdrożenia przez biznes</p> <ul style="list-style-type: none"> - Współpraca z przedsiębiorcami w zakresie kształcenia studentów (studia dualne, umowy dot. praktyk studenckich)
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Źródło: Opracowanie własne.

Działania **podejmowane ze strony Samorządu Województwa Mazowieckiego** powinny uwzględniać podjęcie wysiłków w celu wytypowania konkretnych nisz aplikacyjnych dla fotoniki mazowieckiej oraz przygotowanie spójnej, całościowej strategii dla branży fotonicznej na Mazowszu. Następnie, oprócz koncentracji wsparcia finansowego na badaniach i technologiach znajdujących zastosowanie w niszach aplikacyjnych, Urząd Marszałkowski powinien również rozważyć zaangażowanie się w tworzenie platform kontaktowych dla przedstawicieli nauki, przedsiębiorstw fotonicznych oraz potencjalnych odbiorców technologii w obszarach RIS. Uczestnicy warsztatów sugerowali, że działania w tym zakresie mogłyby polegać np. na stworzeniu portalu internetowego umożliwiającego m.in. prezentację ofert i zgłaszanie zapotrzebowania na rozwiązania fotoniczne przez firmy z obszaru nisz aplikacyjnych. Innym rozwiązaniem może być identyfikacja przez urząd największych i najprężniej rozwijających się przedsiębiorstw w obszarze wytypowanych nisz w celu zainteresowania ich wdrażaniem innowacyjnych technologii fotonicznych i ułatwienia kontaktów z firmami sektora.

W toku warsztatów zwracano również uwagę na konieczność zapewnienia finansowania dla firm wprowadzających nowe technologie fotoniczne, zarówno jeśli chodzi o wdrożenia produktów oferowanych przez istniejące firmy sektora fotonicznego na Mazowszu, jak i budowanie własnych kompetencji badawczo-rozwojowych. Ponadto, w obliczu zgłaszanych w wywiadach problemów z interpretacją przepisów oraz niechęcią do formułowania zgłoszeń patentowych, zasadna wydaje się rekomendacja zapewnienia pomocy prawnej, w tym w szczególności w zakresie pomocy procesów patentowych.

W przypadku przedsiębiorstw istotną rekomendacją jest wdrożenie przez firmy, które jeszcze tego nie zrobiły, planowania strategicznego oraz przyjęcia większego nacisku na klienta i jego potrzeby. Obszarem, do którego przedsiębiorstwa powinny przykładać dużą rolę jest także temat zarządzania zasobami ludzkimi oraz wiedzą w

organizacji. Kapitał ludzki i intelektualny stanowi podstawowy czynnik produkcji w branży wysokich technologii, do której zalicza się fotonika. Pracownicy oraz zgromadzona w organizacji wiedza stanowią o wartości przedsiębiorstwa, przy czym relacje pomiędzy tymi dwoma komponentami powinny zostać odpowiednio zbilansowane. Z jednej strony, firma nie może polegać wyłącznie na umiejętnościach pracowników, oczekując, że to wyłącznie oni wniosą do organizacji cały know-how, z drugiej zaś strony nie powinna ograniczać się do posiadanych dotychczas zasobów wiedzy i zamykać się na wkład osób pracujących w organizacji. Firma fotoniczna powinna być organizacją uczącą się i rozwijającą kompetencje pracowników, która gwarantuje dobry obieg wiedzy wewnątrz organizacji zapewniając synergię pomiędzy posiadaną wiedzą, a wiedzą i umiejętnościami personelu. Kluczowa rola kapitału ludzkiego sprawia również, że środki wkładane w zasoby ludzkie traktowane powinny być raczej jako priorytety inwestycyjne niż koszty działalności, które należy bezwzględnie minimalizować.

W kwestii potencjalnych rynków zbytu strategią, która wydaje się przynosić dobre rezultaty wśród przedsiębiorstw działających na Mazowszu jest strategia koncentracji na niszy. Firmy, które zapewniają sobie pozycję lidera w pewnym wąskim obszarze specjalizacji, cieszą się stabilną sytuacją oraz deklarują ambitne plany rozwojowe na przyszłość. W obliczu wyrażonej woli koncentracji branży mazowieckiej na wybranych niszach aplikacyjnych, warto jest uwzględnić decyzje zapadające w tym względzie w strategii przedsiębiorstwa.

Warto również raz jeszcze podkreślić znaczenie kapitału relacyjnego tak w biznesie, jak i w branży fotonicznej. Kooperacja z nauką oraz z innymi przedsiębiorstwami, zarówno dwustronna jak i w formie przynależności do szerszych organizacji i stowarzyszeń, umożliwia stymulujący przepływ wiedzy (technologicznej, branżowej, biznesowej) zwiększając szanse na rozwój i znalezienie nowych rynków zbytu. W szczególności, w przypadku wysoce zglobalizowanego sektora fotonicznego, warto jest zarekomendować przedsiębiorstwom nawiązywanie partnerstw także poza województwem i krajem.

W końcu, w kontekście zagrożenia możliwością wahań cen surowców na rynkach globalnych przedsiębiorstwa, które w znacznym stopniu polegają na zewnętrznych dostawcach surowców i materiałów, rozważyć powinny z jednej strony możliwość zabezpieczania większych zapasów na wypadek dynamicznych zmian na rynku, z drugiej strony zapewnić sobie zdywersyfikowane źródła dostaw.

Potencjał naukowo-badawczy mazowieckiej branży fotonicznej jest najważniejszą z jej mocnych stron. W województwie prowadzi się badania naukowe w obszarach, w których rozwija się aktualnie branża, a ich wyniki w postaci publikacji naukowych są zauważalne na świecie. **Problemem mazowieckiej nauki jest nie brak odpowiedniego zaplecza naukowego, lecz problemy z zarządzaniem, aplikacjami wyników badań oraz efektywną współpracą z biznesem.** Polska i mazowiecka nauka, podobnie jak biznes, dotknięte są też drenażem mózgów wśród młodych osób.

To co można w takiej sytuacji zarekomendować przedstawicielom nauki to przede wszystkim uporządkowanie w obrębie jednostek naukowych zasad współpracy z biznesem, tak by były one jasne dla przedsiębiorstw, które chciałyby się w taką współpracę zaangażować i stosunkowo mało zmienne z upływem czasu. Z kolei naukowcy chcący współpracować z przedsiębiorstwami powinni mieć zapewnioną możliwość bardziej elastycznego dostosowywania się do potrzeb partnerów.

Uczelnie i instytuty powinny również pomyśleć o możliwości poszerzenia oferty gotowych rozwiązań i licencji, które oferowane są za pośrednictwem centrów transferu technologii. Korzystnym dla osiągnięcia tego celu byłoby również przywiązywanie większej wagi do potencjalnych aplikacji wyników badań stosowanych i możliwości ich realnego wdrożenia w biznesie.

W końcu, korzystny wpływ na zbliżenie nauki z biznesem może mieć współpraca z przedsiębiorstwami sektora w zakresie kształcenia studentów, która polegać może na włączeniu zajęć prowadzonych przez praktyków w obręb ścieżki kształcenia (studia dualne) lub nawiązanie z firmami porozumienia w zakresie możliwości odbywania praktyk studenckich.

Badanie
Ocena potencjału oraz perspektyw rozwoju (trendów rozwojowych)
sektora technologii fotonicznych na Mazowszu
zrealizowane zostało na zlecenie
Urzędu Marszałkowskiego województwa Mazowieckiego w Warszawie
przez

4CF sp. z o.o.

NIP: 5252542950

KRS: 0000440962

Sąd Rejonowy dla m. st. Warszawy

XII Wydział Gospodarczy

kapitał zakładowy: 5.400 PLN

REGON: 146403265

Adres rejestrowy:

Wojciecha Górskiego 6/91

00-033 Warszawa

Adres do doręczeń:

4CF sp. z o.o.

ul. W. Górskiego 9

00-033 Warszawa



info@4cf.pl

(+48) 22 24 72 772

www.4CF.pl