NAUKA 2/2005 • 129-162

JANUSZ KACPRZYK, KRZYSZTOF MALINOWSKI, JACEK MARECKI, RYSZARD POHORECKI, KAZIMIERZ SOBCZYK, ANDRZEJ WERYŃSKI, WŁADYSŁAW WŁOSIŃSKI, WIESŁAW WOLIŃSKI*

Strategia nauk technicznych do roku 2020 –propozycje

Spis treści

Wstęp 130

A. Mechanika, inżynieria środowiska, infrastruktura, maszyny, nowoczesne materiały – w kontekście zrównoważonego rozwoju kraju 130
1. Kryteria 131
2. Założenia – uwarunkowania 131
3. Cele strategiczne 132

B. Nauki informacyjne (informatyka, automatyka, robotyka, telekomunikacja) 137
1. Kryteria 137
2. Założenia 138
3. Uwarunkowania 141
4. Cele strategiczne 141
5. Organizacja badań – propozycja rozwiązań 143

C. Mikro- i nanotechnologia 144
1. Kryteria 144
2. Założenia 147
3. Uwarunkowania 148
4. Cele strategiczne 150

D. Optoelektronika (mikroelektronika) 150
1. Kryteria 150
2. Założenia 151
3. Uwarunkowania 151
4. Cele strategiczne 151
5. Organizacja badań 153

E. Bioinżynieria 153
1. Kryteria 153
2. Założenia 155
3. Uwarunkowania 155
4. Cele strategiczne – priorytety badawcze 156
5. Organizacja badań – propozycja rozwiązań 158

F. Systemy energetyczne i nowe źródła energii 159
1. Kryteria 159
2. Założenia 159
3. Uwarunkowania 160
4. Cele strategiczne 160
5. Organizacja badań – propozycja rozwiązań 161

Zakończenie 162

* Wydział IV Nauk Technicznych Polskiej Akademii Nauk

Wstęp

Opracowanie pt. „Strategia nauk technicznych do roku 2020" powstało z inicjatywy przewodniczącego Wydziału Nauk Technicznych PAN, który powołał zespół (zaakceptowany następnie przez zgromadzenie członków Wydziału w dniu 25 marca 2004 r.) złożony z następujących członków PAN z IV Wydziału: Janusz Kacprzyk, Krzysztof Malinowski, Jacek Marecki, Ryszard Pohorecki, Kazimierz Sobczyk, Andrzej Weryński, Władysław Włosiński, Wiesław Woliński. Zadaniem zespołu było przygotowanie najpierw wstępnych założeń, a następnie pełnego opracowania dotyczącego najważniejszych – w opinii zespołu – problemów badawczych z zakresu nauk technicznych na najbliższą przyszłość (w przybliżeniu do roku 2020), które powinny być przedmiotem szczególnej troski państwa podczas ich finansowania z budżetu. Nie oznacza to, iż mają to być jedyne obszary badawcze, na których ma się koncentrować wysiłek uczonych.

Zespół przyjął również założenia, że badania prowadzone zgodnie z priorytetami problemowymi w dużych zespołach badawczych będą przyczyniać się do integracji w tych zespołach, ale również winny przyczyniać się do podejmowania prac indywidualnych, a nawet powinny stanowić źródła inspiracji dla uzdolnionych badaczy do podejmowania takich badań dzięki przyznawaniu grantów i zatwierdzaniu zamawianiu projektów badawczych. Wybierając obszary badań określone w raporcie, nie mieliśmy zamiaru eliminowania tematów czy problemów, które często wyłaniają się spontanicznie i z dużym powodzeniem są rozważane przez uczonych, przynosząc im oraz społeczeństwu wielką satysfakcję, a uzyskane wyniki badań są trudne do przecenienia.

Typując tematykę badań w warunkach ekonomiczno-technicznych do roku 2020, chcemy określić te obszary, które – naszym zdaniem – są niezbędne do zapewnienia w miarę zrównoważonego i szybkiego rozwoju technologicznego naszego kraju. Przy wyborze tematów badań przyjęliśmy następujące zasady (kryteria):

- Tematyka jest nowoczesna, a badania prowadzone w tym zakresie są doceniane w innych krajach, zwłaszcza w krajach technologicznie rozwiniętych;
- W naszym kraju istnieje określony i wystarczający potencjał kadrowy i laboratoryjny do przeprowadzania planowanych badań;
- Planowane do osiągnięcia cele i wyniki badań będą użyteczne. W znacznym stopniu mogą być wykorzystane w produkcji lub usługach;
- Planowane obszary badań powinny przyczyniać się do tworzenia lub umacniania istniejących szkół naukowych, co umożliwi otwieranie nowych specjalności kształcenia studentów.

Ważnym dodatkowym kryterium była możliwość uzyskiwania środków finansowych na prowadzenie badań ze źródeł pozabudżetowych, np. z koncernów przemysłowych, z tzw. środków strukturalnych czy też ze środków regionalnych.

A. Mechanika, inżynieria środowiska, infrastruktura, maszyny, nowoczesne materiały – w kontekście zrównoważonego rozwoju kraju

Od ponad ćwierć wieku hasło zrównoważonego wzrostu stanowi (lub stanowić powinno) nadrzędny wzorzec ludzkiej działalności niemal we wszystkich dziedzinach. Hasło to integruje procesy dotyczące rozwoju technologicznego, zjawisk socjalnych i ochrony środowiska w skali

globalnej. Zrównoważony rozwój (wzrost) (ang. *sustainable growth*) to rozwój, który zaspokaja potrzeby teraźniejsze bez obniżania zdolności zaspokajania potrzeb przyszłości. Chociaż konieczność takiego właśnie rozwoju została wyraźnie podkreślona już w 1972 r. (konferencja ONZ na temat środowiska ludzkiego, Sztokholm) to – wydaje się – iż dopiero rok 1987 (raport Komisji Brundtlanda „Nasza wspólna przyszłość" (cf. [1]) oraz konferencja ONZ *(The Earth Summit* – Rio de Janerio) w 1992 nadały hasłu zrównoważonego rozwoju status obligatoryjnego wzorca w działalności technologicznej, w procesach społecznych i – nade wszystko – w szeroko rozumianej ochronie i inżynierii środowiska. Konferencja na temat zrównoważonego rozwoju w 2002 r. (*The World Summit on Sustainable Development*, Johannesburg) koncentrowała się już na problemach szczegółowych, dotyczących realizowania wzrostu zrównoważonego w różnych częściach świata.

Jest oczywiste, iż to nowe podejście do stymulowania wzrostu gospodarczego i rozwoju technologicznego w bardzo poważny sposób wpływa na metodologię prowadzenia badań naukowych. Badania w zakresie nauk technicznych (prowadzące do projektowania nowych obiektów) muszą uwzględniać nie tylko czynniki natury technologicznej, ale także warunki socjalne, zdrowotne, ekonomiczne i środowiskowe w ich wzajemnym powiązaniu. Ważna staje się umiejętność „przełożenia" potrzeb oraz uwarunkowań ekologicznych i socjalnych na rozwiązania techniczne dotyczące np. infrastruktury, wyrobów i procesów przemysłowych. Inżynieria staje się w ten sposób metadyscypliną – łączącą w sobie aspekty techniczne, biologiczne, geochemiczne, socjologiczne i inne (por. [2]).

1. Kryteria

Proponowana tutaj prognoza (strategia) rozwoju wymienionych dyscyplin nauk technicznych przyjmuje za podstawę następujące kryteria:

A) istniejące i przewidywane możliwości badawcze (grupy badawcze, laboratoria itp.),
B) tendencje w nauce i technice światowej,
C) potrzeby polskiej gospodarki, przemysłu i edukacji,
D) istniejące priorytety badawcze polskie i europejskie.

Należy podkreślić, iż kryteria A) i C) są w naszej polskiej sytuacji wysoce **„rozmyte", nieokreślone. Możliwości badawcze** w najbliższych latach będą zależały w sposób istotny od stanu gospodarki i od nakładów finansowych możliwych do uzyskania z budżetu krajowego i z programów europejskich. Brak rządowej koncepcji rozwoju gospodarki w Polsce oraz wysoce niejasne potrzeby przemysłu zlokalizowanego w naszym kraju poważnie utrudniają wypracowanie spójnej koncepcji rozwoju badań w dziedzinie nauk technicznych. **Będzie to więc strategia badań, które – naszym zdaniem – muszą być prowadzone, aby w Polsce mógł dokonać się wzrost i aby ten wzrost był zrównoważony.**

2. Założenia – uwarunkowania

Wytyczanie strategii rozwoju nauk technicznych na określony przedział czasu w przyszłości musi opierać się na odpowiednich wstępnych założeniach dotyczących tych czynników, od których zależą badania naukowe (np. potrzeby przemysłu i gospodarki, stopień zaawansowania badań w określonych dziedzinach w chwili obecnej, obecne trendy światowe w rozwoju nauk technicznych itp.). Czynniki te obarczone są różnym stopniem niepewności (nieokreśloności). Niepewność ta będzie miała wpływ na trafność strategii.

Określanie strategii rozwoju nauk technicznych bardzo mocno, immanentnie, wiąże się z pytaniem: w jakiej roli chcemy widzieć nauki techniczne na początku XXI wieku? Czy mają one

pełnić przede wszystkim ważną rolę poznawczą – w rozpoznawaniu, opisywaniu i analizowaniu nowych zjawisk (z dziedzin należących do nauk technicznych), czy mają one głównie służyć rozwojowi nowych technologii i innowacji przemysłowych?

Oczywiście, jeśli nauki techniczne chcą pozostawać w sferze nauki, muszą obejmować tzw. badania podstawowe zjawisk i procesów; rozpoznawanie i analiza tych zjawisk ma również zwykle ważne (chociaż nie bezpośrednie) znaczenie utylitarne. Nie jest jednak oczywiste, jaki powinien być stosunek „ilościowy" badań podstawowych do badań służących bezpośrednio rozwojowi technologicznemu!

W ostatnim czasie dużo pisze się o nowym widzeniu (definiowaniu) roli i wzajemnych uwarunkowań nauki i techniki (por. np. Nelson R.R. [3], Kozłowski J. [4] i cytowana tam literatura). Sądy pochodzące od poważnych specjalistów w dziedzinie polityki naukowej, dotyczące wzajemnych oddziaływań między badaniami podstawowymi i techniką, potwierdzają pogląd, że nauka pobudza technikę i odwrotnie. Przeprowadzone badania tej relacji dowodzą jednak, że rozwój techniki ma (na ogół) większy wpływ na rozwój nauki niż odwrotnie. Rozwój przemysłu jest z kolei znacznie ważniejszym bodźcem postępu technicznego niż idee i odkrycia naukowe! Postęp techniczny czerpie inspiracje w większym stopniu (niż z nauki) z rozpoznania rynku bądź z chęci ulepszenia produkcji! Badania naukowe są ważnym składnikiem innowacji, ale tylko jednym spośród wielu. Komórki badawczo-rozwojowe w przedsiębiorstwach są z reguły skuteczniejszym źródłem innowacji niż badania (zlecane) w instytucjach naukowych. Dominuje przekonanie, że sukces innowacji zależy od współpracy naukowców, inżynierów, menedżerów, specjalistów od marketingu itp. Co więcej (por. N. Rosenberg [5] oraz [4]) wiedza skodyfikowana – zawarta w podręcznikach i czasopismach – jest często ważniejszym źródłem innowacji technologicznych niż wiedza powstająca aktualnie w instytutach naukowych.

Przytoczone wyżej sądy są bardzo interesujące same w sobie, a także w kontekście strategii rozwoju nauk technicznych. Wskazują one na bardzo ważną rolę tzw. prac rozwojowych – adaptujących istniejące wyniki badań do specyficznych, konkretnych potrzeb technologicznych. Czy istnieje taki nurt ambitnych badań naukowych (w ścisłym znaczeniu), który – mimo poglądów zacytowanych wyżej – miałby niekwestionowany ważny wpływ na bezpośredni rozwój technologiczny? Wydaje się, iż badania takie powinny koncentrować się na problemach (celach), dla rozwiązania których istniejąca „wiedza skodyfikowana" jest nieprzydatna, w związku z czym konieczny jest duży ładunek myśli oryginalnej. Istnieje więc potrzeba badań podstawowych inspirowanych przez **ważne, atrakcyjne** i **nowe** problemy technologiczne.

Trzeba też pamiętać, iż poza funkcją utylitarną badań w naukach technicznych bardzo ważna jest zawsze, i taką pozostanie, **kulturotwórcza i edukacyjna rola** ambitnych badań naukowych. Badania takie tworzą prestiż kraju i są niezbędne dla dobrej edukacji akademickiej, a w dalszej perspektywie mogą stawać się źródłem aplikacji i innowacji technologicznych.

3. Cele strategiczne

Mechanika

Zaczynamy od mechaniki – jednej z najwcześniejszych nauk przyrodniczych – zajmującej się rozpoznawaniem i analizą praw rządzących ruchem układów materialnych (różnej fizycznej natury) pod wpływem działających na nie sił (wymuszeń, obciążeń). Będąc nauką ściśle związaną z matematyką i fizyką, mechanika stała się jednocześnie podstawą różnorodnych zastosowań w szeroko rozumianej inżynierii i technologii. Tradycyjnie mechanika dzieli się na mechanikę układów dyskretnych (punktów materialnych i brył sztywnych) oraz mechanikę układów (ośrodków) ciągłych (gazów, cieczy, ciał stałych deformowalnych). Ponieważ otaczający nas świat

wypełniony jest przeróżnymi „bytami" materialnymi – naturalnymi i wytworzonymi przez człowieka – wraz z działającymi na nie siłami, to obszar badań i zastosowań mechaniki był zawsze i ciągle pozostaje – ogromny. To mechanika – jej prawa i metody, pozwoliły człowiekowi rozpoznać prawidłowości rządzące ruchem gwiazd, przepływem gazów i cieczy w atmosferze oraz urządzeniach technicznych, pozwoliły skonstruować nowoczesne środki komunikacji itd. Dzisiaj mechanika ma przed sobą nowe wyzwania, wynikające z jednej strony – z potrzeby wyjaśniania zjawisk wcześniej niedostrzeganych, zaś z drugiej strony – z konieczności sprostania nowym wymaganiom zastosowań w medycynie (biomechanika), w inżynierii środowiska, w projektowaniu układów infrastruktury, układów maszynowych itp.

A oto najważniejsze, priorytetowe kierunki (o charakterze badań podstawowych):

- mechanika złożonych struktur nieliniowych wraz z zastosowaniami (np. w biologii);
- skomplikowane ruchy (przepływy) płynów – wraz z zastosowaniem do prognozy klimatu i pogody; turbulencja;
- mikromechanika ciał stałych (materiałów), ze szczególnym uwzględnieniem mikropękania i plastyczności w mikroskali;
- mechanika układów z ewolucją degradacji własności;
- mechanika (prawa konstytutywne i ich analiza) materiałów w bardzo niskich i bardzo wysokich temperaturach;
- zachowanie się materiałów pod działaniem obciążeń dynamicznych o dużej intensywności; propagacja fal, fragmentacja itp.;
- statystyczne (stochastyczne) modele zjawisk mechanicznych w mikroskali.

Inne – ważne problemy badawcze mechaniki związane bezpośrednio z potrzebami inżynierii i technologii będą wymienione w punktach następnych.

Ochrona i inżynieria środowiska

Ochrona i inżynieria środowiska obejmuje te wszystkie działania techniczne i badania naukowe, których celem jest ochrona i takie kształtowanie środowiska naturalnego człowieka, aby zapewniało ono najkorzystniejsze warunki zdrowotne obecnie i w przyszłości.

Zakres zadań i wyzwań tej dziedziny jest ogromny, a problemy mają wysoce interdyscyplinarny charakter. Ochrona i inżynieria środowiska łączy w sobie nade wszystko biologię, chemię, mechanikę oraz takie dziedziny techniki jak budownictwo i transport. **Biologia (sanitarna, środowiskowa)** zajmuje się badaniem zjawisk i procesów mikrobiologicznych zachodzących w środowisku człowieka (wodnym, powietrznym, gruntowym) oraz w wodzie wodociągowej, ściekach i odpadach; dostarcza informacji dla ustalenia kryteriów oceny jakości środowiska ze względu na zdrowie ludzi i zwierząt. Wyniki badań tych procesów biologicznych są podstawą dla opracowania odpowiednich procesów technologicznych uzdatniania wody, oczyszczania ścieków itp. **Chemia (środowiska)** bada procesy fizykochemiczne zachodzące w środowisku człowieka i umożliwia opracowanie nowych metod oczyszczania wody i ścieków, ocenę skażenia gruntów produktami ropopochodnymi itp. **Mechanika płynów i ośrodków porowatych** opracowuje modele i przeprowadza analizę oraz prognozę transportu zanieczyszczeń od źródła zanieczyszczenia do dowolnego punktu przestrzennego w gruntach, akwenach podpowierzchniowych, w skałach, w powietrzu. Mechanika dostarcza również metod obliczania nieustalonych przepływów ścieków w kanalizacji deszczowej, ściekowej itp. Ochrona i inżynieria środowiska korzysta też z rozwijanych w mechanice metod oceny niezawodności i optymalizacji.

Biorąc pod uwagę wielkie potrzeby krajowe w zakresie ochrony i inżynierii środowiska oraz takie priorytety Unii Europejskiej, jak: „poprawa jakości życia i gospodarowania żywymi

zasobami" oraz „środowisko, zrównoważony rozwój, energia", proponujemy następujące – priorytetowe kierunki badań:

- badania podstawowe dotyczące filtracji i transportu (zanieczyszczeń) w ośrodkach niejednorodnych; w szczególności – w gruntach i w akwenach podpowierzchniowych o różnej strukturze przestrzennej;
- badania służące uzdatnianiu wody i oczyszczaniu ścieków oraz przeróbki substancji odpadowych (z jednoczesną minimalizacją zużycia energii);
- metody prognozowania poboru wody i spływu ścieków (deterministyczne i stochastyczne modele prognostyczne);
- automatyczne sterowanie w technicznych układach wodno-kanalizacyjnych;
- optymalizacja technologiczna reaktorów biologicznych;
- problemy związane z zagrożeniami naturalnymi (np. powodzie, pożary lasów) i czynnikami technologicznymi;
- problemy ochrony środowiska przed „zanieczyszczeniami" typu akustycznego (hałas) i komunikacyjnego.

Infrastruktura

Wydaje się, iż termin „infrastruktura" nie ma jasno określonego zakresu znaczeniowego. Zwykle przez infrastrukturę rozumie się zespół powiązanych ze sobą obiektów, urządzeń i konstrukcji technicznych koniecznych do właściwego funkcjonowania gospodarki i służących człowiekowi w jego współdziałaniu z innymi ludźmi (sieć połączeń lotniczych, kolejowych, sieć telefoniczna, sieć dróg i autostrad itp.).

W niniejszej strategii rozwoju badań naukowych skoncentrujemy się na infrastrukturze (inżynierii) komunikacyjnej, do której należą problemy związane ze stanem i rozwojem dróg (zwykłych i autostrad), lotnisk, linii kolejowych, mostów itp.

Wymienione wyżej obiekty techniczne, tworzące infrastrukturę komunikacyjną, mają bardzo istotny wpływ na funkcjonowanie państwa, ułatwiają transport i szybkie przemieszczanie się ludzi. Obciążenia nawierzchni dróg samochodowych (i szynowych) oraz lotnisk, a także mostów, są dzisiaj wielokrotnie większe niż w przeszłości, a z każdym rokiem będą jeszcze większe. Rosnące zapotrzebowanie na infrastrukturę komunikacyjną i jej jakość musi być zaspokojone przy ograniczonych nakładach finansowych. Zmusza to do szukania rozwiązań najbardziej efektywnych przy ustalonych kosztach. Jednocześnie ważnym zadaniem jest uwzględnianie wymagań ochrony środowiska (np. często występuje groźba zaburzenia stosunków wodnych, zanieczyszczenia wód).

A oto najważniejsze, w naszej opinii, priorytetowe kierunki badań (por. [5]):

drogi i nawierzchnie lotniskowe:

- przepustowość dróg i problemy sygnalizacji;
- modelowanie i optymalizacja sterowania ruchem;
- ocena (diagnostyka) trwałości (nośności) nawierzchni drogowych – istniejących;
- modele obliczeniowe dla projektowania nawierzchni dróg;
- badanie własności reologicznych lepiszczy asfaltowych, polimeroasfaltowych;
- oddziaływanie ruchu na środowisko;
- modele obliczeniowe dla projektowania nawierzchni lotniskowych (nawierzchnia jako złożony układ warstwowy o skomplikowanych cechach sprężystych);
- analiza rozkładu naprężeń w płytach lotniskowych przy obciążeniach termicznych i mecha-

nicznych generowanych przez lądujące samoloty (odrzutowe, transportowe); metody zmniejszania naprężeń;
- nowoczesne materiały do optymalnej technologii nawierzchni lotniskowych (fibrobetony, betony wewnętrznie uszczelnione i inne).

kolejnictwo:
- prognozowanie zapotrzebowania na przewozy kolejowe;
- modernizacja układów torowych;
- konstrukcja nawierzchni kolejowej i podtorza;
- diagnostyka nawierzchni i podtorza,
- badanie degradacji nawierzchni (szyn), naprężenia resztkowe, pękanie zmęczeniowe itp.

mosty:
- statyka i dynamika układów mostowych o różnej konfiguracji przestrzennej;
- badania doświadczalne i teoretyczne nad nowymi generacjami betonów (np. betony lekkie o kruszywie sztucznym, fibrobetony, betony samozagęszczone) i nowymi materiałami kompozytowymi;
- nowe metody diagnostyki stanu technicznego mostów.

Maszyny: trwałość i niezawodność

Chociaż analizę i projektowanie większości współczesnych konstrukcji maszynowych i całych systemów mechanicznych, na których opiera się np. lotnictwo, budowa statków i przemysł samochodowy, można uważać za dziedziny dość dobrze rozwinięte (i mające wiele imponujących osiągnięć), to jednak ciągle istnieje szereg nierozwiązanych ważnych problemów. Niektóre z tych problemów pojawiają się w związku z wprowadzaniem nowych materiałów (np. różnego typu kompozytów). Inne – wynikają z potrzeb zapewnienia coraz wyższej jakości – np. komfortu nowych samolotów czy samochodów. We wszystkich sytuacjach chodzi jednak o zapewnienie maksymalnej trwałości i niezawodności – przy jednoczesnym obniżaniu ciężaru (maszyn i urządzeń) i uwzględnianiu coraz bardziej skomplikowanych – ekstremalnych obciążeń. Rozpoznanie mechanizmów degradacji części i podzespołów wywołanych skomplikowanym stanem naprężeń, a także optymalizacja ich wzajemnych oddziaływań, stawia przed badaniami naukowymi – teoretycznymi i eksperymentalnymi – fundamentalnie ważne i trudne zadania. Często zadania te są stawiane przez przemysł, gdyż jego istnienie i powodzenie – w warunkach konkurencji – zależy od ciągłych innowacji.

A oto najważniejsze, w naszej opinii, problemy badawcze w szeroko rozumianej budowie i eksploatacji maszyn i urządzeń – pod kątem zapotrzebowań technologicznych w takich dziedzinach, jak – przemysł lotniczy, stoczniowy i samochodowy:
- badania podstawowe dotyczące dynamiki układów złożonych, o zmiennej strukturze i skomplikowanych oddziaływaniach ich części (w ujęciu deterministycznym i stochastycznym) przy uwzględnieniu rzeczywistych obciążeń i warunków eksploatacji;
- niezawodność i optymalizacja układów złożonych;
- aktywne sterowanie połączone z optymalizacją w warunkach obciążeń dynamicznych;
- sterowanie w układach „inteligentnych" (adaptacyjnych) zawierających zespoły czujników i działań aktywnych zmniejszających amplitudy drgań lub nadmierne koncentracje naprężeń; problemy mechatroniki;
- wibroakustyka układów maszynowych oraz ich wibroizolacja;
- identyfikacja modeli oraz diagnostyka i monitoring uszkodzeń, badania wytrzymałości zmęczeniowej;

- modelowanie i analiza zjawisk kontaktowych i tarcia w różnych sytuacjach technologicznych, metrologia warstwy wierzchniej;
- badanie zjawisk związanych ze zmniejszeniem zużycia energii i zanieczyszczenia środowiska w maszynach i urządzeniach;
- rozpoznawanie własności mechanicznych i „eksploatacyjnych" nowych materiałów (kompozyty intermetaliczne, metalowo-ceramiczne itp.) i ich zastosowań w budowie środków transportu.

Nowoczesne materiały

Jest oczywiste, iż tradycyjne materiały używane w przemyśle (np. stale, stopy) coraz częściej nie mogą już sprostać wysokim wymaganiom współczesnych technologii, np. w przemyśle lotniczym, samochodowym, w budowie elektrowni atomowych, w szeregu technologii militarnych itp. Okazało się jednak, że różne „kombinacje" tychże tradycyjnych materiałów – w postaci różnych struktur kompozytowych – mogą dawać materiały o dużo lepszych własnościach (wytrzymałościowych, termicznych itp.) niż indywidualne składniki. Obecnie w praktyce inżynierskiej używane są różne typy kompozytów, np. kompozyty wzmacniane włóknami, laminaty czy materiały o bardziej skomplikowanej geometrii wzmocnień (krótkie włókna, inkluzje o różnych własnościach, wymiarach i kształtach). Ciągle jednak istnieje wiele problemów badawczych dotyczących mechaniki takich materiałów i adekwatnych modeli pozwalających na przewidywanie zachowania się nowych kompozytów w określonych warunkach eksploatacyjnych. Ważne jest, na przykład, dla przeważającej części zastosowań, rozpoznanie ewolucji zniszczenia i wzrostu pęknięć w takich materiałach. Istnieje również wiele problemów dotyczących projektowania, wytwarzania, łączenia i odnawiania (recykling) tych nowych struktur kompozytowych, które w najbliższej przyszłości muszą być rozwiązane (lub przynajmniej – rozpoznane), jeśli struktury te mają być wykorzystywane do projektowania i tworzenia bezpiecznych i trwałych konstrukcji przeznaczonych do pracy w warunkach ekstremalnych obciążeń takich, jak: jednoczesne obciążenia termo-mechaniczne, obciążenia uderzeniowe, bardzo zmienne w czasie itp. Takie warunki są typowe w nowych technologiach w przemyśle lotniczym, samochodowym czy w produkcji urządzeń energetycznych.

A oto najważniejsze rodzaje materiałów, których badanie jest ze wszech miar wyzwaniem przyszłości:

- nowoczesne kompozyty metaliczno-ceramiczne (dla potrzeb wzmacniania warstw wierzchnich różnych elementów konstrukcyjnych, dla urządzeń elektronicznych, dla technologii kosmicznych itp.);
- nowe struktury międzymetaliczne (intermetale) (np. połączenia tytanu i aluminium o zbliżonym składzie procentowym wzbogacone dodatkami takimi jak chrom i inne mniej znane składniki) – takie kompozytowe związki cechują się niskim ciężarem właściwym, wysoką granicą plastyczności i wysoką wytrzymałością na rozciąganie;
- nowe materiały gradientowe i cienkie warstwy (są to struktury, których własności zmieniają się silnie w jednym kierunku – w kierunku prostopadłym do powierzchni – mają dużą odporność na zużycie i pękanie);
- materiały elektroniczne i aktywne.

Wydaje się, iż w dziedzinie nowoczesnych materiałów wieloskładnikowych mamy w Polsce szczególnie dobre warunki dla prowadzenia ambitnych badań dotyczących dziedzinie nowoczesnych materiałów niejednorodnych – omówionych wyżej. Z jednej strony istnieje bardzo znaczący potencjał w polskich instytutach inżynierii materiałowej, zaś z drugiej – wysoko roz-

winięte w wielu ośrodkach badania podstawowe dotyczące mechaniki materiałów, szczególnie – w IPPT PAN.

Literatura

1. *World Commission on Environment and Development*. Our Common Future, Oxford Univ. Press: N. York, 1987
2. Mihelcic J. R., Crittendet J. C., et. al. *Sustainability Science and Engineering: The Emergence of a Metadiscipline,* Environ. Sci. Technol., **37**, 5314-5324, 2003.
3. Nelson R. R., *The sources of economic growth*, Harvard University Press, Cambridge, 1996
4. Kozłowski J., *Nauka w Polsce: Konieczna metamorfoza*, „Nauka", nr 4, 55-83, 1999.
5. Rosenberg N., *Exploring the Black Box. Technology, Economics and History* Cambridge University Press, Cambridge, 1994.
6. *Nauka w dziedzinie inżynierii lądowej i wodnej; diagnoza i prognoza rozwoju*, XLVIII Konferencja Naukowa Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN „Krynica 2002", Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, Wrocław, 2002.
7. Projekt Europejskiej Sieci Doskonałości *Knowledge-based Multicomponent Materials for Durable and Safe Performance* (W. Nowacki, M. Basista, K. Doliński), IPPT PAN, Warszawa, 2003.

B. Nauki informacyjne (informatyka, automatyka, robotyka, telekomunikacja)

Zgodnie z najnowszymi poglądami i tendencjami, z punktu widzenia niniejszego opracowania należy obecnie rozpatrywać łącznie automatykę, robotykę, informatykę, telekomunikację itp., ponieważ wszystkie te dziedziny dotyczą w swej istocie zagadnień pozyskiwania, przesyłania, przechowywania i przetwarzania informacji. Jasne jest, że takie wspólne traktowanie tych dziedzin nauki i techniki pojawiło się stosunkowo niedawno i nie bez oczywistych trudności trafiło do świadomości badaczy oraz osób zajmujących się strategią nauki i planowaniem badań.

W niniejszym opracowaniu przyjmiemy także taki punkt widzenia, biorąc jedynie dodatkowo pod uwagę – jeśli to będzie uzasadnione – specyfikę poszczególnych dziedzin.

1. Kryteria

Podobnie jak w innych częściach niniejszego raportu, dotyczących innych dziedzin nauk technicznych, przyjmiemy za podstawę następujące kryteria:

A) istniejące i przewidywane możliwości badawcze (grupy badawcze, laboratoria itp.),
B) tendencje w nauce i technice światowej,
C) potrzeby polskiej gospodarki, przemysłu i edukacji,
D) istniejące priorytety badawcze polskie i europejskie.

Jasne jest, że kryteria A), a zwłaszcza B) są w obecnej sytuacji kraju trudne do precyzyjnego sformułowania, ponieważ jest zbyt dużo niewiadomych, zwłaszcza w tak krótkim okresie po wejściu Polski do Unii Europejskiej, jeżeli chodzi o koniunkturę i wzrost gospodarczy, sytuację finansową państwa oraz rzeczywiste nakłady na naukę i badania, a także rzeczywiste możliwości pozyskania środków ze źródeł europejskich. Podobnie jest z potrzebami gospodarki, ponieważ nie jest jeszcze jasne, jak będzie następował rozwój przemysłu w kraju, zwłaszcza w dziedzinie tzw. wysokiej technologii.

Jeżeli chodzi o sprawę kadr badawczych, to – z jednej strony – jak to opiszemy dalej, dysponujemy w szeroko rozumianych naukach informacyjnych kadrami naukowymi na najwyższym poziomie, placówkami badawczymi i uczelnianymi uznanymi w świecie i na krótsza metę nie widać tu trudności. Jednocześnie mamy niewątpliwie do czynienia ze starzeniem się naukowców i dość ograniczoną skalą kluczowego procesu, jakim jest odmładzanie kadry naukowej. Proces ten na pewno można przyspieszyć, ale jedynie w przypadku zwiększenia nakładów na naukę i stworzenia możliwości oferowania młodym i zdolnym absolwentom takich wynagrodzeń, aby zmniejszyć istniejącą dziś dysproporcję między wynagrodzeniami w tzw. gospodarce oraz nauce i edukacji. Jest to szczególnie ważne w szeroko rozumianych naukach informacyjnych, gdzie możliwości znalezienia przez zdolnych absolwentów dobrej i atrakcyjnej finansowo pracy są niewątpliwie większe niż w innych dziedzinach nauki i techniki. Jak wspomnimy dalej, ten proces obejmować będzie niewątpliwie, zgodnie z tendencjami światowymi, globalizację nauki polskiej w sensie pozyskiwania wysoko kwalifikowanych kadr spoza kraju, jak to się już dzieje we wszystkich praktycznie krajach „starej" Unii. Wymaga to jednak przedsięwzięć organizacyjnych, które są też związane z finansowaniem nauki (stypendia, granty badawcze itp.). Czy ten proces odmłodzenia nauki uda się przeprowadzić, nie wiadomo – jest to jedna ze wspomnianych powyżej wielkich niewiadomych, mających znaczący wpływ na perspektywy i strategię badań.

Podobna sytuacja dotyczy kryterium D), ponieważ – po pierwsze – brak jest wyraźnej i w miarę spójnej polityki naukowej w kraju, a jednocześnie priorytety w nauce i technologii też nie zawsze są jasne, a poza tym – co dotyczy zwłaszcza priorytetów unijnych – są często wyraźniej ukierunkowane na bardziej rozwinięte „stare" kraje Unii, które z oczywistych względów mają często inne potrzeby i stoją przed innymi wyzwaniami niż „nowe" kraje Unii, w tym Polska.

2. Założenia

Założenia i uwarunkowania, które należy wziąć pod uwagę w przypadku wyznaczania strategii nauk informacyjnych, są podobne jak w przypadku innych dziedzin, co np. omówiono w poprzednim punkcie, we fragmencie dotyczącym zrównoważonego rozwoju. Chodzi głównie o to, że przy wytyczaniu strategii trzeba wziąć pod uwagę szersze uwarunkowania ekonomiczne, społeczne, międzynarodowe itp. Ma to wielkie znaczenie w przypadku wszelkich nauk, ale szczególne w przypadku nauk informacyjnych, które ze swej natury wymagają skomplikowanych i często kosztownych technologii, a także wysokiego poziomu wykształcenia społeczeństwa, aby mogło ono i zrozumieć kluczowe znaczenie rozwoju tych nauk, i „skonsumować" wyniki.

Jeżeli chodzi o ogólniejsze aspekty ekonomiczne, to wydaje się, że można bezpiecznie przyjąć, że rozwój kraju będzie przebiegał tak, jak to ma miejsce w nowoczesnych gospodarkach, tzn. nastąpi wzrost udziału usług i produkcji wysoko przetworzonej, rozwój będzie się koncentrował na nowoczesnych dziedzinach, uznanych za priorytetowe przez Unię Europejską, jak np. informatyka, automatyka, robotyka, telekomunikacja itp.

Ważne jest tu jednak, że w przeciwieństwie do większości krajów europejskich Polska dysponuje znaczącymi zasobami surowcowymi oraz sporym areałem ziemi uprawnej. Jest także krajem dużym, o rozległym rynku zbytu.

Ważnym czynnikiem będzie niewątpliwie fakt, że tempo wzrostu PKB powinno być dość wysokie (ok. 4-5%), najprawdopodobniej większe niż w wielu krajach Unii. Jednocześnie, mimo obecnych trudności, należy się spodziewać wzrostu nakładów na naukę, zgodnie z dyrektywami unijnymi i tym, co się dzieje w większości krajów.

Należy też oczekiwać większej konsolidacji placówek naukowych (uczelnie, instytuty PAN, instytuty resortowe) wokół dużych programów badawczych, przy czym będą one najprawdopodobniej współfinansowane przez firmy komercyjne, jak to się dzieje w wielu innych krajach.

Jednymi z najważniejszych i najbardziej brzemiennych w skutki będą też niewątpliwie już w najbliższej przyszłości negatywne tendencje demograficzne, czyli – przede wszystkim – starzenie się społeczeństwa we wszystkich rozwiniętych krajach świata, w tym także w Polsce. Może to doprowadzić do drastycznego braku siły roboczej w produkcji i usługach, w związku z tym wszelkie próby automatyzacji czy też wspomagania człowieka w wykonywaniu różnorodnych czynności oraz podejmowaniu decyzji będą zyskiwać na znaczeniu. Należy podkreślić, że chodzi tu zarówno o działalność produkcyjną, jak też działalność usługową. Jednocześnie trzeba mieć świadomość, że proces automatyzacji tych różnorodnych prac i czynności musi być przeprowadzany w sposób świadomy i rozsądny.

Potencjał kadrowy i laboratoryjny

Automatyka i informatyka mają długą tradycję w nauce polskiej. Można powiedzieć, że już w bardzo krótkim czasie po pojawieniu się nowoczesnej automatyki, co nastąpiło wkrótce po zakończeniu II wojny światowej, prace w tej dziedzinie podjęte zostały w kraju. Polska szkoła sterowania optymalnego, teorii wielkich systemów, automatyki przemysłowej itp. zyskała duże uznanie w świecie, a wielu czołowych jej przedstawicieli (np. prof. prof. Findeisen, Kulikowski, Górecki, Węgrzyn itd.) nadal aktywnie pracuje.

To samo dotyczy informatyki. Otóż, już na początku lat pięćdziesiątych ówczesny dyrektor Instytutu Matematycznego PAN, prof. K. Kuratowski, powołał zespół zajmujący się komputerami, w którego skład wchodzili matematycy i inżynierowie, a niektórzy z jego członków jeszcze teraz są aktywni (np. prof. Łukaszewicz). W latach sześćdziesiątych i siedemdziesiątych powstało kilka oryginalnych konstrukcji komputerów, jak np. minikomputer K-202, komputery z serii Odra itp., najpierw w jednostkach uczelnianych i badawczo-rozwojowych, a potem też w firmach komercyjnych. Niestety, w późniejszym czasie prace na tym polu zarzucono, co zresztą było zgodne ze światową tendencją koncentracji produkcji sprzętu komputerowego w kilku krajach świata, potem już tylko w niewielkiej liczbie firm. Jednakże wysoko kwalifikowane kadry pozostały i potencjał nauki oraz techniki polskiej w tej dziedzinie jeszcze istnieje. Oczywiście, nie ma większego sensu rozwijanie w Polsce produkcji sprzętu komputerowego o charakterze bardziej uniwersalnym, natomiast wytwarzanie w pojedynczych egzemplarzach sprzętu wysoko wyspecjalizowanego dla bardzo specjalistycznych zastosowań, wymagającego przede wszystkim kwalifikacji ludzkich, może być uzasadnione, biorąc pod uwagę poziom kadry naukowej i inżynierskiej.

Wielkie tradycje ma też polska szkoła informatyki teoretycznej, a wspomnieć tu można np. o ciągle aktywnym i twórczym prof. Z. Pawlaku, znanym na całym świecie – ostatnio jako twórca teorii zbiorów przybliżonych, która jest niewątpliwie polską specjalnością. Polskie ośrodki pracujące nad zagadnieniami teorii i zastosowań zbiorów przybliżonych reprezentują poziom światowy.

Te chlubne tradycje polskiej automatyki, informatyki i teleinformatyki sprawiły, że ciągle jeszcze istnieje wielki potencjał ludzki w tych dziedzinach, we wszystkich praktycznie uczelniach wyższych oraz instytutach PAN. Na podkreślenie zasługuje fakt, że obok tradycyjnych ośrodków typu znanych od lat dużych politechnik, badania w tych dziedzinach rozwinęły się także w nowych, mniejszych, lecz dynamicznych ośrodkach takich jak Uniwersytet Zielonogórski czy Politechnika Częstochowska. Warte odnotowania jest też to, że wśród aktywnie działających ośrodków są również branżowe instytuty badawczo-rozwojowe, jak np. Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów, Instytut Łączności, Naukowa i Akademicka Sieć Komputerowa (NASK) itp.

Wśród ośrodków badawczych czołową rolę odgrywają instytuty PAN, a przede wszystkim Instytut Badań Systemowych PAN, Instytut Podstaw Informatyki PAN oraz Instytut Informatyki

Teoretycznej i Stosowanej PAN, także ośrodki badawcze w Politechnice Warszawskiej, Poznańskiej czy w AGH.

Wysoki poziom reprezentują prace o charakterze aplikacyjnym wykonywane w instytutach branżowych, przede wszystkim w Przemysłowym Instytucie Automatyki i Pomiarów, Naukowej i Akademickiej Sieci Komputerowej oraz w Instytucie Łączności.

Kierunki badań na świecie

Badania w dziedzinie nauk informacyjnych (automatyki, robotyki, informatyki, telekomunikacji itp.) są prowadzone we wszystkich praktycznie czołowych ośrodkach światowych, przy czym należy podkreślić, że choć ciągle czołową rolę odgrywają amerykańskie uczelnie i przemysłowe ośrodki badawcze, to niezwykle intensywny rozwój zaobserwować można przede wszystkim w Azji, gdzie oprócz tradycyjnych centrów w Japonii i Korei, coraz aktywniejsze stają się ośrodki badawcze w Chinach, Indiach, na Tajwanie i w Singapurze. Europa Zachodnia stara się dotrzymać kroku, co jest zresztą jednym z wyników strategii wzrostu konkurencyjności, czemu służą programy europejskie.

Kierunki badań na świecie wynikają w dużym stopniu z pojawienia się wyzwań mających charakter badawczy i komercyjny. Na przykład, w informatyce wielki wysiłek badawczy skoncentrowany jest na różnorodnych zagadnieniach związanych z koniecznością radzenia sobie ze zbyt dużą ilością informacji gromadzonych w coraz większych bazach danych, coraz częściej rozproszonych, co doprowadziło do powstania nowej dziedziny: drążenia danych, odkrywania wiedzy itp. A znów powszechność Internetu i WWW oraz dostęp do wielkich zbiorów informacji spowodowały rozwój np. technik agentowych, metod wyszukiwania informacji itp.

Na podkreślenie zasługuje też rozwój wielodyscyplinarnych badań nad ograniczeniami i szansami, jakie stwarza człowiek jako aktywny element wielu systemów komputerowych. Zaowocowało to niezwykle istotnymi dla wszelkich zastosowań pracami nad interfejsami człowiek – komputer (maszyna), a także badaniami nad językiem naturalnym.

W dziedzinie automatyki obserwuje się prace zmierzające do zastosowania metod automatyki i sterowania w coraz bardziej złożonych systemach. Są to przy tym nie tylko systemy techniczne, ale także systemy inne, głównie usługowe, np. bankowe, w których, ze względu na koszt pracy ludzkiej i zawodność człowieka, korzystne może być zautomatyzowanie przynajmniej niektórych czynności. Coraz bardziej rozwija się też handel elektroniczny, aukcje internetowe itp. Będą one zdobywały coraz większą popularność np. ze względu na konieczność redukcji kosztów. Te zastosowania pociągają za sobą konieczność rozwiązania bardzo ważnych problemów związanych np. z bezpieczeństwem zakupów, badaniem preferencji użytkowników itp.

Coraz większą wagę przywiązuje się też do opracowywania metod i technik „inteligentnych", które dopuszczają niepewność, nieprecyzyjność oraz brakujące dane. Sprawy te nabierają coraz większego znaczenia, w miarę jak analizuje się coraz bardziej skomplikowane systemy, zwłaszcza z człowiekiem jako elementem kluczowym.

Zapotrzebowanie w kraju

Można przyjąć, że tak jak na świecie, także w kraju szeroko rozumiana informatyka (automatyka, robotyka, telekomunikacja, informatyka itp.) będzie się rozwijała bardzo burzliwie. Zauważyć należy tu jednak specyfikę polskiej nauki i gospodarki. Otóż niewątpliwie nauka polska w tych dziedzinach będzie – tak jak dotąd – w czołówce światowej, podejmując tematy i wyzwania ważne dla czołowych gospodarek świata. Natomiast należy niewątpliwie wziąć pod uwagę fakt, że gospodarka polska może nie być w stanie „wchłonąć" tych wszystkich badań na świato-

wym poziomie, ponieważ m.in. nie należy się spodziewać, aby koncerny światowe były bardzo zainteresowane wdrażaniem polskich technologii, mając własne.

Poza tym, wydaje się, że w Polsce olbrzymia większość przemysłu i usług będzie oparta na średnich i małych firmach, które nie są ani bardzo zainteresowane, ani nie są w stanie zastosować wszystkich nowoczesnych rozwiązań technologicznych opracowanych przez światową naukę, które są zwykle zarówno zaawansowane technicznie, jak i kosztowne, co może być przeszkodą dla mniejszych firm nie dysponujących ani odpowiednimi kadrami, ani funduszami.

Nauka polska powinna uwzględnić specyfikę i potrzeby tych firm, bo inaczej wdrożenia będą znów stanowiły nierozwiązany problem, jak to się dzieje od lat. Jednocześnie muszą być stworzone mechanizmy finansowe, fiskalne itp. stymulujące stosowanie i wdrażanie nowych technologii i procedur, tak by zapewnić konkurencyjność polskiej gospodarki na rynkach Unii Europejskiej i świata.

3. Uwarunkowania

Jak już wspomnieliśmy, należy się spodziewać większej konsolidacji placówek naukowych (uczelnie, instytuty PAN, instytuty resortowe) wokół dużych programów badawczych, przy czym będą one najprawdopodobniej w pewnym stopniu inspirowane i współfinansowane przez firmy komercyjne, jak to się dzieje w wielu innych krajach.

Wydaje się, że wprowadzenie dużych programów badawczych jako najpowszechniejszej i najbardziej efektywnej formy prowadzenia badań w zakresie nowoczesnej technologii wymusi nowy sposób pracy i współpracy. Najogólniej biorąc, podstawowe znaczenie będzie miała efektywna komunikacja i praca grupowa z wykorzystaniem technik internetowych. Pozwoli to na znaczne zwiększenie efektywności i szybkości obiegu informacji, a także na lepszy kontakt z potencjalnymi odbiorcami, przygotowywanie ofert itp.

W świetle powyższego wydaje się, że w dziedzinie szeroko rozumianych technik informacyjnych bardzo celowe byłoby także podjęcie próby uruchomienia Wirtualnego Instytutu Technik Informacyjnych, podobnego koncepcyjnie do Wirtualnego Instytutu Nano i Mikrotechnologii, którego koncepcję przedstawiono schematycznie na rycinie 4 w dalszej części niniejszego opracowania. Oczywiście, ta koncepcja wymagałaby zmiany wielu przyzwyczajeń i „starego" sposobu myślenia, zarządzania, koordynacji badań itp., ale potencjalne korzyści mogłyby być bardzo duże.

4. Cele strategiczne

Choć, jak już wspomnieliśmy, wyznaczanie celów strategicznych w tak burzliwie rozwijającej się dziedzinie, jaką są ogólnie rozumiane nauki informacyjne, jest bardzo trudne, a nawet ryzykowne, to wydaje się, że – biorąc pod uwagę istotność problemów i tendencje światowe, można przyjąć, że poniższe cele będą odgrywać pierwszoplanową rolę w perspektywie najbliższych kilkunastu lat:

- Upowszechnienie łatwego i taniego dostępu do zasobów informacyjnych. Występują tu kwestie techniczne w powiązaniu z aspektami ekonomicznymi i społecznymi, przy czym za główne wyzwanie można uważać przeciwdziałanie bardzo groźnemu zjawisku tzw. podziału cyfrowego (ang. *digital divide*) świata na tych, co mają dostęp do nowych technik informacyjnych i zasobów informacyjnych, głównie przez tani i ogólnie dostępny Internet, i tych, co tego nie mają, ze wszystkimi negatywnymi konsekwencjami cywilizacyjnymi i społecznymi. Zadanie nauk informacyjnych polega tutaj, jak się wydaje, na proponowaniu odpowiednich mechanizmów oraz ich symulacyjnej i doświadczalnej weryfikacji.
- Rozwój systemów wspomagających podejmowanie decyzji, w tym modelowania matematycznego i metod optymalizacji w zastosowaniu do lepszego wykorzystania zasobów natu-

ralnych (oszczędne gospodarowanie zasobami) oraz jak najlepszego wykorzystania zasobów pracy. Zadania nauk informacyjnych to głównie: tworzenie i upowszechnienie narzędzi do wspomagania decyzji, kreowanie wspólnych zespołów składających się z inżynierów, ekonomistów i matematyków, zespoły te powinny przygotować i sprawdzić łatwe w praktycznym zastosowaniu metody i procedury.

- Systemy informacyjne dla bezpieczeństwa ludzi oraz obiektów prywatnych i publicznych, a także bezpieczeństwo samych systemów informacyjnych (EU Program PASR w latach 2004-2004, później w znacznie większej skali). Zadania nauk informacyjnych to głównie: opracowanie i rozwój metod wykrywania zagrożeń i możliwych sposobów reagowania na te zagrożenia, nowe metody zabezpieczania informacji, weryfikacji prawdziwości informacji, także weryfikacji tożsamości osób (np. metody biometryczne).
- Zastosowania i rozwój systemów informacyjnych w urządzeniach i procesach w skali mikro i nano; Główne zadania nauk informacyjnych to: współpraca z innymi specjalistami, w tym mikrobiologami, chemikami i in., przy tworzeniu „inteligentnych" urządzeń zminiaturyzowanych dla różnych aplikacji.
- Rozwój metod i środków przyjaznego i „inteligentnego" otoczenia; budowa robotów i innych urządzeń ułatwiających życie oraz eliminujących udział ludzi w działaniach niebezpiecznych dla życia i zdrowia, w szczególności robotów sprawujących opiekę nad ludźmi niedołężnymi i poprawiających jakość ich życia. Zadania nauk informacyjnych to przede wszystkim: rozwój metod i urządzeń charakteryzujących się inteligencją funkcjonalną i przyjaznych człowiekowi.
- Rozwój metod i środków automatyzacji procedur oraz procesów produkcyjnych i usługowych, biorąc pod uwagę potrzeby gospodarcze i społeczne, a przede wszystkim specyfikę gospodarki i kraju oraz aspekty społeczne, czyli np. wprowadzanie automatyzacji tam, gdzie jest ona uzasadniona nie tylko ekonomicznie.

Ośrodki polskie mogą z powodzeniem uczestniczyć w badaniach dotyczących wymienionych kierunków i zagadnień. Potrzebne jest zorganizowanie dużych krajowych programów badań z postawionymi wyraźnie celami i odpowiednim finansowaniem. Stawiane cele muszą być racjonalne z ekonomicznego punktu widzenia. W świecie, w którym już – na szczęście – nie dominuje wyścig zbrojeń, a zaczyna narastać troska o wyczerpujące się zasoby naturalne, racjonalność ekonomiczna rozwiązań technicznych staje się imperatywem badań w dziedzinie techniki. Ważne, wręcz podstawowe znaczenie ma w takiej sytuacji dobra współpraca z różnymi podmiotami gospodarki. Jednocześnie trzeba brać pod uwagę aspekty społeczne, demograficzne i psychologiczne.

Bardzo ważne obecnie i trudne pytanie, być może jedno z najważniejszych i najtrudniejszych w historii rozwoju techniki, dotyczy tego, w jaki sposób nauki informacyjne, a szerzej cała technika, mogą pomóc ludziom w znajdowaniu dla siebie odpowiedniego miejsca i zajęcia we współczesnej gospodarce, w jaki sposób powinny być tworzone nowe rozwiązania techniczne, które by wyrównywały szanse ludzi, zamiast je różnicować i rozwarstwiać społeczeństwo. Warto zauważyć, że rozwój techniki w XIX i pierwszej połowie XX wieku temu celowi w istocie służył, zwłaszcza w Europie i Stanach Zjednoczonych. Obecnie, jak się wydaje, już od kilku dziesięcioleci jest niestety inaczej. Następuje, w znacznej mierze w skutek rozwoju nowoczesnej techniki, w gospodarce opartej na wiedzy szybkie różnicowanie szans życiowych i poziomu życia różnych krajów, grup społecznych i poszczególnych osób. Wielkie wyzwanie stojące przed nauką, w tym przed naukami informacyjnymi, polega na potrzebie znalezienia rozwiązań, które odwrócą ten szalenie niedobry trend. Nie jest to zadanie łatwe.

5. Organizacja badań – propozycja rozwiązań

Wyznaczanie priorytetowych kierunków badań na dłuższy okres w tak szybko rozwijających się dziedzinach jest zagadnieniem bardzo ryzykownym. Wydaje się więc, że bardziej uzasadnione jest wskazanie priorytetowych kierunków badań jedynie na najbliższe kilka lat.

Biorąc pod uwagę powyższe aspekty, można powiedzieć, że w zakresie automatyki, robotyki, informatyki, teleinformatyki itp. za priorytetowe kierunki badań można przyjąć:

- projektowanie i zastosowanie układów sterowania złożonymi układami technicznymi, usługowymi itp.;
- projektowanie i zastosowanie inteligentnych robotów i zautomatyzowanych systemów wytwarzania;
- projektowanie i zastosowanie inteligentnych systemów wspomagania decyzji;
- rozwój i zastosowanie metod inteligentnej analizy danych oraz drążenia danych i odkrywania wiedzy;
- rozwój i zastosowanie nowoczesnych architektur sieci komputerowych;
- rozwój i zastosowanie efektywnych metod zwiększania bezpieczeństwa korzystania z sieci komputerowych, zwłaszcza globalnych typu Internetu;
- rozwój i zastosowanie nowoczesnych metod gromadzenia, analizy, monitoringu itp. danych oraz wspomagania podejmowania decyzji w zastosowaniach medycznych i telemedycznych.

Jeżeli chodzi o rozwiązania pozwalające na realizację tych ambitnych celów, to – jak już powiedziano w poprzednich punktach – główny problem polega na dużej niepewności uwarunkowań zewnętrznych. Na przykład, nie wiedząc zbyt wiele o ogólnej polityce kraju w dziedzinie nauki i badań, a przede wszystkim o wysokości nakładów na naukę nawet w bliskiej przyszłości, trudno jest proponować rozwiązania. Nie należy też zapominać o globalizacji nauki, bo np. już teraz w większości państw Unii Europejskiej (nie mówiąc już o USA, Kanadzie, Australii czy Japonii) poważną część kadr badawczych stanowią cudzoziemcy, dla których stworzono efektywnie działający system stypendiów, rekrutacji, procedur imigracyjnych itp. Ten system będzie chyba zyskiwał na znaczeniu i powinien być w Polsce propagowany, ze względu na starzenie się społeczeństw wszystkich praktycznie państw Unii i to samo prędzej czy później nastąpi w Polsce, gdzie też w bliskiej przyszłości może już nie być wystarczającej liczby młodych asystentów czy doktorantów, dobrze przygotowanych merytorycznie. Tego typu system powinien być więc stworzony.

Biorąc pod uwagę powyższe uwagi, można by się jedynie pokusić o przedstawienie dwóch skrajnych scenariuszy.

Pierwszy scenariusz, pesymistyczny, zakładałby utrzymanie dotychczasowych, niskich nakładów na naukę, a więc utrzymanie niskich wynagrodzeń, zwłaszcza młodych pracowników, ograniczenia w zatrudnianiu młodej kadry badaczy, ekonomiczną konieczność pracy dodatkowej, niskie nakłady na sprzęt laboratoryjny, biblioteki itp. W tym przypadku należałoby chyba oczekiwać, że realizacja powyższych głównych zadań badawczych byłaby jeszcze możliwa przez pewien okres z wykorzystaniem dotychczas pracującej kadry, której wysokie kwalifikacje nie budzą zastrzeżeń i są na poziomie światowym. Trzeba sobie jednak zdawać sprawę, że starzenie się kadry naukowej w kraju jest zjawiskiem powszechnym i niezwykle groźnym na dłuższą metę. Poza tym zagrożenia powoduje także nienaturalna, odwrócona piramida w nauce, gdy np. na jednego asystenta przypadać może wielu adiunktów, docentów i profesorów. Jest to, jak już wiadomo od lat, struktura nieefektywna, nie pozwalająca na realizację ważniejszych i większych projektów. Jednocześnie niestworzenie systemu efektywnego pozyskiwania młodych pracowników naukowych lub doktorantów z innych państw (praktycznie spoza obecnych krajów Unii Europejskiej), w których

istnieć mogą jeszcze „zasoby" dobrze przygotowanych i wykształconych młodych absolwentów i pracowników naukowych, tylko pogorszy sytuację.

Drugi skrajny scenariusz, optymistyczny, zakładałby jakościową zmianę polityki naukowej i nakładów na naukę, co zaowocowałoby lepszym wyposażeniem laboratoriów i bibliotek, a zwłaszcza wzrostem wynagrodzeń, powodującym przede wszystkim możliwość skoncentrowania się na pracy badawczej oraz przyciągnięcie młodych i zdolnych absolwentów uczelni, zainteresowanych w pracy badawczej. Oczywiście, obejmuje to także stworzenie efektywnego systemu pozyskiwania pracowników, doktorantów itp. z innych państw poprzez stworzenie systemu stypendiów, grantów, procedur imigracyjnych itp. W takim przypadku nastąpiłoby znaczne odmłodzenie kadry naukowej przez pozyskanie kadr badawczych zarówno z kraju, jak i z innych państw, oraz powrót do „naturalnej" piramidy zespołów badawczych, a przez to stworzenie warunków do realizacji najpoważniejszych projektów badawczych i konkurowania z powodzeniem z zespołami z innych krajów.

Trudno jest w tej chwili powiedzieć, który z powyższych scenariuszy się sprawdzi, prawdopodobnie jakiś pośredni, ale fakt ten będzie miał brzemienne skutki dla rozwoju szeroko rozumianych nauk informacyjnych w Polsce.

C. Mikro- i nanotechnologia

Mikro- i nanotechnologia to jeden z ważnych priorytetowych kierunków badań naukowych i prac rozwojowych. W tej strategii przedstawione zostały kryteria, zakres badań, założenia i uwarunkowania, a także zostaną przedstawione strategiczne cele do osiągnięcia do roku 2020 w Polsce oraz formy organizacji badań naukowych i prac rozwojowych.

1. Kryteria

Potencjał kadrowy i laboratoryjny

Obecnie w kraju ponad 25 placówek naukowych prowadzi badania związane z rozwojem mikro- i nanotechnologii. Są to między innymi:

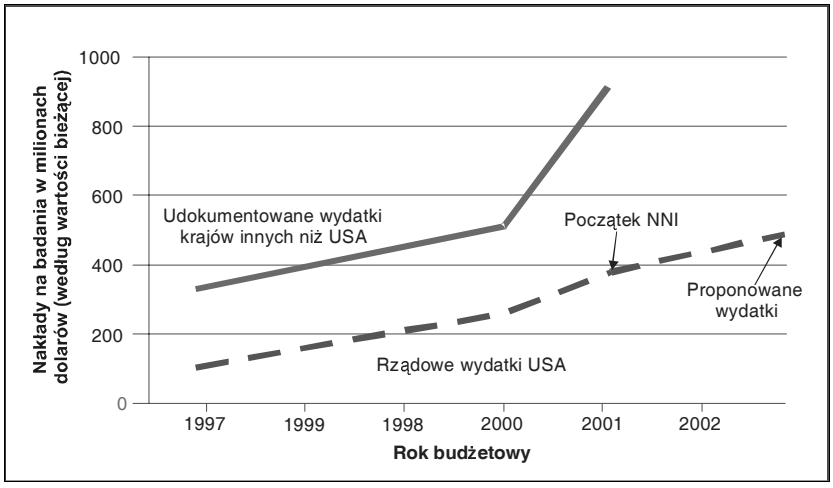
- Instytut Chemii Fizycznej Polskiej Akademii Nauk,
- Instytut Fizyki Polskiej Akademii Nauk,
- Instytut Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych im. W. Trzebiatowskiego PAN,
- Instytut Podstawowych Problemów Techniki Polskiej Akademii Nauk,
- Wydział Chemiczny Politechniki Warszawskiej,
- Wydział Inżynierii Materiałowej Politechniki Warszawskiej,
- Wydział Inżynierii Chemicznej i Procesowej Politechniki Warszawskiej,
- Instytut Chemii Fizycznej i Teoretycznej Politechniki Wrocławskiej,
- Instytut Fizyki Politechniki Wrocławskiej,
- Wydział Elektroniki Mikrosystemów i Fotoniki Politechniki Wrocławskiej,
- Wydział Inżynierii Produkcji Politechniki Warszawskiej,
- Centrum Badań Wysokociśnieniowych „Unipress" PAN,
- Wydział Mechaniczny Politechniki Poznańskiej,
- Instytut Elektrotechniki Oddział Technologii i Materiałoznawstwa Elektrotechnicznego we Wrocławiu,
- Wydział Mechaniczny Technologiczny Politechniki Śląskiej.

W placówkach tych średnio 3 pracowników naukowych + 3 doktorantów zajmuje się badaniami z zakresu mikro- i nanotechnologii.

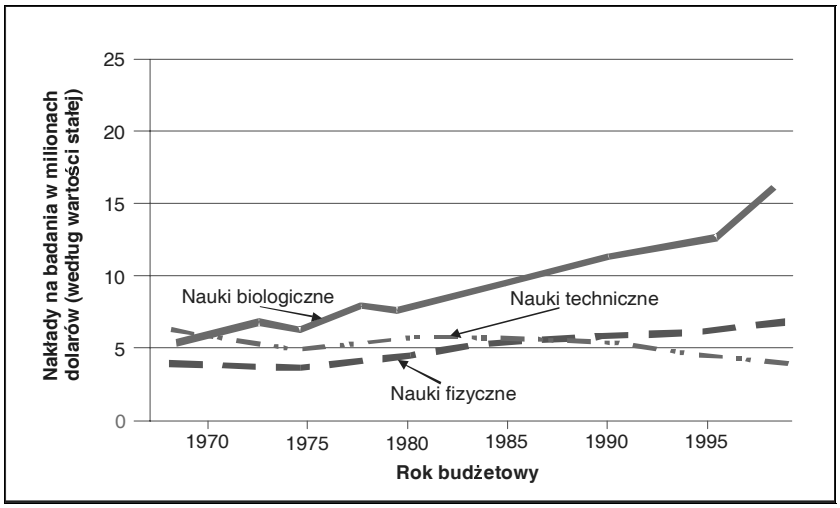
W czasie pracy została zinwentaryzowana aparatura naukowa i technologiczna, która znajduje się w różnych placówkach naukowych, a przy obecnie zorganizowanym sposobie badań może stanowić wystarczający potencjał do uzyskania zamierzonych celów.

Kierunki badań na świecie

Badania nad mikro- i nanotechnologią rozpoczęte w latach 70. charakteryzują się bardzo szybkim rozwojem (ryc. 1 i 2).

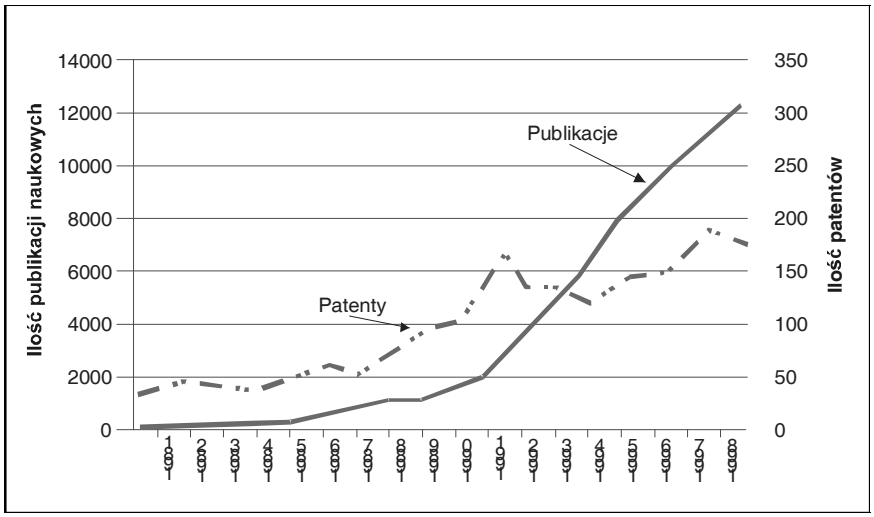


Ryc. 1. Nakłady na nanotechnologię [1]



Ryc. 2. Nakłady na badania w wybranych dyscyplinach [1]

O zainteresowaniach i dynamicznym rozwoju mikro- i nanotechnologii świadczy również ilość publikacji i patentów w okresie 1981-1998 (rys. 3).



Ryc. 3. Liczba patentów i publikacji w latach 1981-1998 [1]

Pierwsze zastosowania nanotechnologii poza biologią to wykorzystanie nanocząstek do poprawy podstawowych właściwości materiałów. Na przykład, jedna z pierwszych firm nanotechnologicznych obecnych już na giełdzie – Nanophase Technologies – wytwarza cząstki tlenku cynku o rozmiarach nanometrów do produkcji filtrów przeciwsłonecznych. Pozwalają one na uzyskanie przezroczystości kremu, który jest normalnie biały, ponieważ te maleńkie cząstki nie rozpraszają światła widzialnego.

Tabela I. Liczba publikacji naukowych i patentów na milion mieszkańców [2]

Pozycja	Publikacje (1997-99)		Patenty (1991-99)	
1	150,2	Szwajcaria	12,2	Szwajcaria
2	91,4	Izrael	4,4	Niemcy
3	73,5	Szwecja	3,9	Izrael
4	61,5	Niemcy	3,8	Belgia
5	56,9	Dania	3,6	Francja
6	56,8	Singapur	3,5	Stany Zjednoczone
7	52,6	Austria	2,4	Holandia
8	50.0	Francja	2,4	Szwecja
9	48,3	Finlandia	2,3	Japonia
10	47,7	Holandia	1,8	Wielka Brytania
11	46,4	Japonia	1,5	Kanada
12	43,6	Belgia	1,3	Australia
13	42,7	Wielka Brytania	1,0	Austria
14	39,2	Stany Zjednoczone	0,5	Włochy
15	36,0	Słowacja	0,3	Hiszpania

Narodowa Inicjatywa Nanotechnologiczna (NNI), rozpoczęta w roku budżetowym 2001, ma pomóc zachować konkurencyjność Stanów Zjednoczonych w światowych wydatkach na nanotechnologię. Dzięki tej inicjatywie nastąpi także znaczny wzrost nakładów na nauki fizyczne i techniczne, który był ostatnio niewielki w porównaniu ze wzrostem nakładów na nauki biologiczne.

Najwyższy procent publikowanych prac mają przodujące kraje w tej dziedzinie: USA, Japonia i Niemcy. Największa liczba publikacji w przeliczeniu na milion mieszkańców przypada na Szwajcarię, Izrael i Szwecję (tabela I i tabela II).

Tabela II. Procentowy udział w publikacjach i patentach [2]

Pozycja	Publikacje (1997-99) (%)		Patenty (1991-99) (%)	
1	23,7	Stany Zjednoczone	42,0	Stany Zjednoczone
2	12,5	Japonia	15,3	Niemcy
3	10,7	Niemcy	12,6	Japonia
4	6,3	Chiny	9,1	Francja
5	6,3	Francja	4,7	Wielka Brytania
6	5,4	Wielka Brytania	3,7	Szwajcaria
7	4,6	Rosja	2,0	Kanada
8	2,6	Włochy	1,7	Belgia
9	2,3	Szwajcaria	1,7	Holandia
10	2,1	Hiszpania	1,7	Włochy
11	1,8	Kanada	1,4	Australia
12	1,8	Korea Południowa	1,1	Izrael
13	1,6	Holandia	1,1	Rosja
14	1,4	Indie	0,9	Szwecja
15	1,4	Szwecja	0,5	Hiszpania

Rozwój mikro- i nanotechnologii przewidywany na podstawie prowadzonych badań i ankiet otrzymanych od kilkudziesięciu ekspertów obejmuje: nanoelektronikę, nanomateriały, chemię molekularną, nanotrybologię, ultraprecyzyjne maszyny, nanoinżynierię produkcji, biomechanikę, MEMS-y i inżynierię protein.

Zapotrzebowanie w kraju

Przyjmujemy w naszym opracowaniu założenie, że w kraju najszybciej będą się rozwijać: technologie informatyczne i nauki decyzyjne, a także telekomunikacja, optoelektronika, mikroelektronika oraz bioinżynieria, biomechanika, bioelektronika i biomedycyna, a także nowe źródła energii i technologie zapewniające zrównoważony rozwój kraju (budowa maszyn, mechanika, infrastruktura komunikacyjna, ochrona środowiska, architektura).

Przy tych założeniach należy przyjąć, że właśnie te obszary badań, technologii i produkcji będą stanowiły źródło największych zapotrzebowań na wyniki badań i produkty mikro- i nanotechnologii.

2. Założenia

Rozwój kraju będzie się dokonywał przy nakładach na naukę średnio 2% od roku 2010 (deklaracja Lizbońska postuluje 3%) przyrostu PKB rocznie w sposób zabezpieczający zrównoważony rozwój i uwzględniający krajowe atrybuty takie, jak: własne surowce w produkcji żywnoś-

ci i spore zasoby energetyczne (węgiel, źródło hydrotermalne), przy założeniu utworzenia przemysłu pobudzającego działalność kooperacyjną (motoryzacyjny, optoelektroniczny sprzęt do gospodarstwa domowego) i przy wykorzystywaniu przez gospodarkę przynajmniej w 50% wyników badań krajowych placówek naukowych.

Rozwój przemysłu i budownictwa będzie się odbywał harmonijnie z poprawą środowiska naturalnego, produkcji zdrowej żywności i dbałości o zdrowie obywateli.

Znaczne zmniejszenie pracowników zatrudnionych bezpośrednio w przemyśle i rolnictwie na korzyść liczby zatrudnionych w usługach i edukacji.

Rozwój badań, technologii i innowacji będzie obejmował przede wszystkim:

- technologie informatyczne i nauki decyzyjne (automatykę, sztuczną inteligencję, robotykę, telekomunikację), optoelektronikę i mikrotechnologię,
- bioinżynierię (biomechanikę, bioelektronikę, inżynierię biomedyczną),
- nowe systemy i źródła energii,
- technologie zapewniające zrównoważony rozwój kraju (budowa nowoczesnych maszyn, budowa infrastruktury komunikacyjnej, ochrona środowiska, i przyjazna architektura.

Nastąpi znaczna konsolidacja placówek naukowych (uczelnie, instytuty PAN, instytuty resortowe) wokół dużych programów badawczych, finansowanych przez państwo i współfinansowanych ze środków pozabudżetowych oraz ze środków EC.

System organizacji badań będzie obejmował zarówno badania naukowe poznawcze, jak też kompleksowe badania rozwojowe, i będzie ułatwiał praktyczne wykorzystywanie wyników badań w praktyce.

3. Uwarunkowania

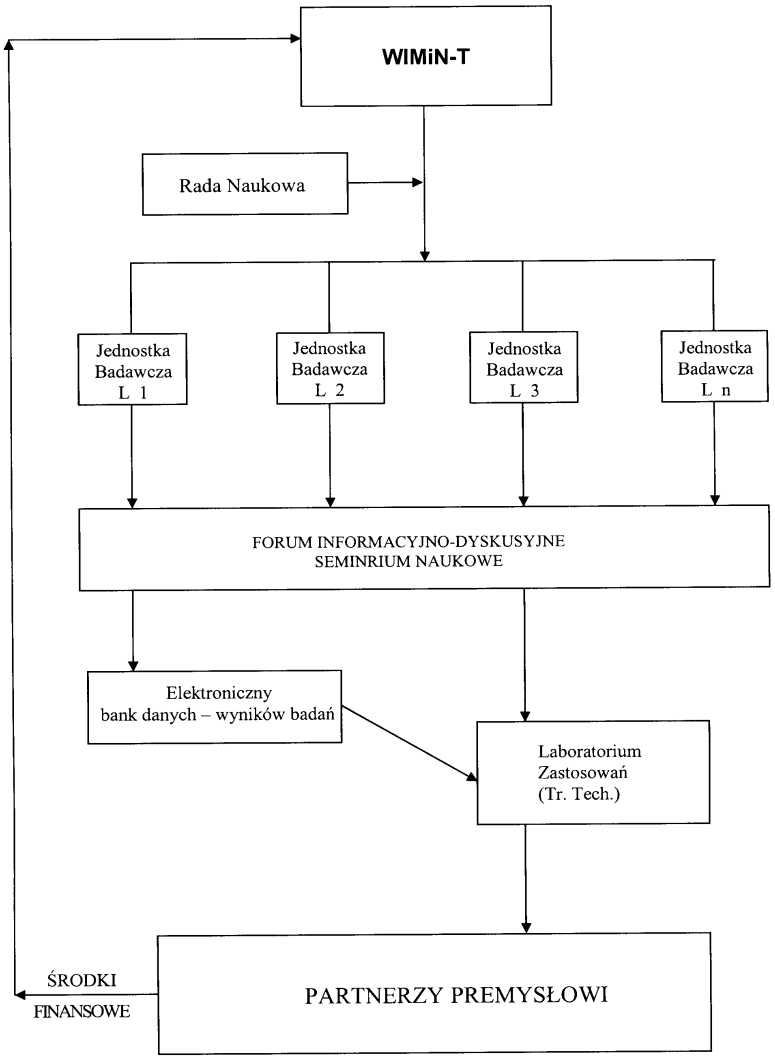
Nastąpi koncentracja badań w obszarze mikro- i nanotechnologii. Formą działalności zapewniającą współpracę może być Wirtualny Instytut Mikro- i Nanotechnologii utworzony przez placówki naukowe i szkoły wyższe, prowadzące badania naukowe w tym obszarze tematycznym (ryc. 4). WIMiNT będzie obecnie przyjmowaną w krajach europejskich formą tzw. Platformy Technologicznej, złożoną z placówek naukowych, jednostek rozwojowych oraz z przedsiębiorstw produkcyjnych. Prace nad tworzeniem WIMiNT należy rozpocząć już w roku 2005 od powołania tzw. sieci naukowej grupującej głównych partnerów WIMiNT.

Korzyści dla placówek naukowych wchodzących w skład WIMiNT mogą być następujące:

- możliwość koncentracji badań priorytetowych w poszczególnych placówkach,
- przy wspólnym aplikowaniu większa skuteczność w pozyskiwaniu środków finansowych na badania,
- korzyści z informacji otrzymywanych od partnerów z instytutu,
- korzyści ze wspólnego kształcenia doktorantów,
- możliwości korzystania ze środków pozabudżetowych,
- możliwości wykorzystywania przez placówki wyposażenia badawczego przez wzajemne usługi naukowe i pomiarowe,
- współpraca z ośrodkami zagranicznymi,
- możliwość skuteczniejszego wdrożenia wyników badań do praktyki,
- wspólne i skoordynowane prace powinny się przełożyć na efektywność prowadzonych badań.

Obecnie można przewidzieć następujące formy współpracy WIMiNT

1. Podstawowym środkiem i narzędziem powiązań placówek jest sieć internetowa.



Ryc. 4. Schemat Wirtualnego Instytutu Mikro- i Nanotechnologii

2. W sieci (elektroniczny bank danych) gromadzone będą informacje dotyczące:
- placówek (jednostek badawczych, zespołów badawczych) przesyłanych w ankiecie, a także informacji aktualizowanych,
- realizacji prac badawczych,
- wyników pozyskiwanych w badaniach,
- pozyskiwanej aparatury badawczej i pomiarowej,
- konferencji, seminariów naukowych.

3. W sieci prowadzone będą dyskusje naukowe pomiędzy partnerami.
4. Przewiduje się okresowe spotkania bezpośrednie, warsztaty naukowe, seminaria, szkoły naukowe. Pracownia (laboratorium) zastosowań współpracuje bezpośrednio z placówkami

i partnerami przemysłowymi przy wdrażaniu wyników badań do praktyki (wykonywanie modeli, patenty, komercjalizacja).
5. Konieczne jest działanie Ministerstwa Nauki i Informatyzacji w zakresie utworzenia systemu finansowania programu WIMiNT oraz przeznaczenie na ten cel odpowiednich środków.
6. Konieczne będzie porozumienie Prezydium PAN, MENiS, Ministerstwa Gospodarki oraz MNiI, w sprawie ustalenia organizacji i sposobu finansowania programu WIMiNT.
7. Ministerstwo Edukacji Narodowej i Sportu uwzględni w programie kształcenia dopływ specjalistów z dziedziny nanotechnologii.

4. Cele strategiczne

Opracowanie źródeł energii baterii przeznaczonych do samochodów i pojazdów szynowych. Baterie te będą wykonane ze stopów: TiFe, ZrV, LaNi5 i Mg2Ni syntezowanych mechanicznie i posiadających struktury nanometryczne.

Mikrosystemy (MEMS) uzyskane metodami technologii elektronowej i laserowej, a przeznaczone dla urządzeń elektronicznych i zastosowania w technice wojskowej.

Nowe źródła światła oparte o materiały nanowarstwowe przeznaczone dla nowych samochodów i samolotów, a także opracowanie nanowarstwowych elementów maszyn i urządzeń dla medycyny.

Opracowanie farmaceutyków złożonych z molekuł lub ich aglomeratów o wymiarach nanometrycznych przeznaczonych dla medycyny.

Badania, prace rozwojowe i produkcja powinny być prowadzone we wspólnej platformie technologicznej.

Literatura

1. „Świat Nauki" 1/2001.
2. 1. R.Companó i A. Hullmann, 2. Nanotechnology 13/2002.

D. **Optoelektronika (mikroelektronika)**

Można z całą odpowiedzialnością postawić tezę, że nie ma takiej dziedziny nauki i techniki, w której optoelektronika i mikroelektronika nie znalazłaby zastosowania i w której rozwoju nie odegrałaby znaczącej roli. Należy jednak natychmiast dodać, że tak gwałtowny i burzliwy rozwój optoelektroniki i mikroelektroniki, jaki obserwujemy w ostatnich latach, następuje na skutek ciągłego stawiania przed tymi dziedzinami coraz nowych wyzwań i wymagań.

1. Kryteria

- W zakresie optoelektroniki oraz mikro- i nanoelektroniki posiadamy w kraju, zatrudnioną w instytutach PAN, instytutach resortowych i na wyższych uczelniach, liczną kadrę samodzielnych i pomocniczych pracowników prowadzących badania. W najbardziej aktywnych zespołach badawczych, działających obecnie w kraju w zakresie optoelektroniki, mikroelektroniki i mikrosystemów, które mogą z powodzeniem prowadzić badania na poziomie europejskim, pracuje ponad 90 samodzielnych pracowników naukowych i ponad 150 doktorów. Kadra naukowa współpracująca w zakresie systemów informatycznych i telekomunikacyjnych jest znakomicie większa.

- Ponadto działa już obecnie w kraju dwadzieścia kilka firm optoelektronicznych i ciągle powstają nowe. Stwarza to szansę na wdrażanie wyników badań i ich komercjalizację.

  Jest to poważny kapitał, który powinien być jak najlepiej spożytkowany na potrzeby kraju.

Przewiduje się, że dla zapewnienia zrównoważonego rozwoju kraju najszybciej będą rozwijane takie dziedziny, jak: informatyka, telekomunikacja, automatyka, robotyka, bioinżynieria, budowa maszyn, medycyna, ochrona środowiska i techniki wojskowe. Wszystkie te dziedziny w większym lub mniejszym stopniu będą musiały być wspierane wynikami badań i wytworami optoelektroniki, mikro- i nanoelektroniki oraz nanotechnologii. Analiza literatury światowej wykazuje niezbicie, że w najbliższych latach szczególnie istotną rolę będą odgrywały optoelektroniczne przyrządy, systemy pomiarowe i telemetryczne dla potrzeb medycyny, przemysłu, ochrony środowiska i techniki wojskowej.

2. Założenia

- Harmonijny rozwój kraju uwzględniający wykorzystanie własnych zasobów surowcowych i energetycznych przy równoczesnym tworzeniu gałęzi przemysłu stymulujących rozwój – powstawanie sieci zakładów współpracujących.
- Integracja placówek badawczych i tworzenie realnych możliwości prowadzenia wybranych kierunków takich badań, które w dużej mierze zostaną wykorzystane w gospodarce narodowej i będą stymulować dalszy jej rozwój.

3. Uwarunkowania

- Unia Europejska tworzy nowe formy organizacyjne, które mają doprowadzić do integracji placówek naukowych i wytwórczych krajów unijnych. Powstają „Sieci Doskonałości", przynoszące obecnie finansowanie pozwalające na kontakty naukowe. Powstają „Centra Zaawansowanych Technologii", które w założeniu mają prowadzić badania finansowane z unijnych funduszy strukturalnych. Powstają „Platformy Technologiczne" wybranych dziedzin, które mają integrować placówki badawcze i wytwórcze. Szereg zespołów badawczych aplikuje do europejskich programów ramowych i NATO. Wszystkie wymienione formy zdobycia finansowania powinny być przez nas wykorzystywane.
- Trzeba sobie jednak zdawać sprawę z tego, że takie incydentalne działania, oprócz tzw. dorobku naukowego, dotychczas nie przynoszą krajowi żadnych korzyści ekonomicznych i nie podnoszą w kraju poziomu naukowego i technicznego wybranych dziedzin.

4. Cele strategiczne

W dziedzinie optoelektroniki oraz mikro- i nanoelektroniki rozwija się na świecie szczególnie wiele różnych kierunków badań. Odpowiedni wybór tych kierunków byłby o wiele prostszy, gdyby istniał w kraju strategiczny program rozwoju przemysłu. Wówczas można byłoby opracować komplementarny program badań wspierających i zabezpieczających ten rozwój i uzyskać na ten cel odpowiednie nakłady finansowe. Wobec braku takiego programu należało się oprzeć na rozeznaniu potrzeb krajowych przez specjalistów zgrupowanych w Komitecie Elektroniki i Telekomunikacji PAN oraz Polskim Komitecie Optoelektroniki SEP. Zwracają oni uwagę na gwałtownie wzrastające w kraju zapotrzebowanie w zakresie metrologii, w związku z przystąpieniem Polski do Unii Europejskiej. Przyjmując ten kierunek przy typowaniu tematyki badań, wzięto pod uwagę możliwości zespołów badawczych w uzyskaniu wyników na poziomie europejskim (kadra, aparatura) i możliwości powielania produkcyjnego, licząc głównie na małe i średnie przedsiębiorstwa prywatne bez konieczności inwestowania w bardzo drogą aparaturę np.

technologiczną. Równocześnie wybrane zostały obszary posiadające największe prawdopodobieństwo uzyskania wyników zapełniających pewne nisze, a więc takich, które nie są opanowane przez wielkie koncerny i mogą przynieść efekty ekonomiczne. Dotyczy to opracowań o dużym wkładzie myśli ludzkiej, powielanych w małej skali – dziesiątkach, setkach czy tysiącach egzemplarzy. Takimi obszarami spełniającymi powyższe warunki są:

1) Optoelektroniczne i mikroelektroniczne czujniki wielkości fizycznych, w tym wytwarzane technikami nanotechnologii.
2) Technologie mikro- i nanosystemów czujnikowych i funkcjonalnych MEMS i MOEMS.
3) Nowoczesne technologie i konstrukcje detektorów oraz źródeł promieniowania elektromagnetycznego z zakresu od ultrafioletu do podczerwieni.
4) Nowe generacje technik i technologii na potrzeby usług telekomunikacyjnych i informacyjnych, w tym sieci stacjonarnych i mobilnych oraz telemedycyny i telemonitoringu.

W każdym z tych obszarów można wyróżnić najbardziej nośną grupę tematyki badawczej spełniającą wyżej omówione kryteria. Są to:

W obszarze 1)

- Światłowodowe (włóknowe i planarne) struktury czujnikowe, w tym także chemo- i biosensory wytwarzane metodami MBE, MOCVD, plazmowymi RF i MW.
- Rozwój metod wytwarzania submikrometrowych (nanometrycznych) struktur z udziałem materiałów 2-, 3- i 4-składnikowych, w tym z czwartej grupy układu okresowego, i wykorzystanie ich specyficznych cech dla konstrukcji nanometrycznych struktur o zmiennych właściwościach w obszarach pojedynczych warstw atomowych.
- Rozwój technologii, badanie właściwości i aplikacje nowych form ciała stałego, np. fulereny, nanorurki, supersieci krystaliczne i amorficzne, kryształy fotoniczne z punktu widzenia zastosowań czujnikowych.

W obszarze 2)

- Nowe technologie i badania materiałów mogących spełniać równocześnie specyficzne funkcje elektroniczne i fotoniczne, a posiadających pożądane właściwości mechaniczne.
- Systemy integracji funkcji opto- i mikroelektronicznych w zintegrowanych układach ciała stałego, zwłaszcza z wykorzystaniem nowych form i konstrukcji w obszarach porównywalnych z długościami wiązań (wykorzystanie oddziaływań międzyatomowych bliskiego zasięgu).
- Systemy przetwarzania sygnału elektron-foton, a także generacji, wprowadzania i propagacji strumieni fotonów w określonych konstrukcyjnie obszarach ciała stałego.
- Konstrukcje mechaniczne mW i nW-owe zintegrowane elektronowo i (lub) fotonowo z układami sterującymi i detekcyjnymi. Fotonowo-elektronowe systemy komunikacji.

W obszarze 3)

- Wieloczęstotliwościowe lasery włóknowe z konwersją "up" i lasery włóknowe średniej mocy.
- Mikrolasery objętościowe i paskowe ciała stałego.
- Diody laserowe o dużej mocy do pompowania laserów ciała stałego.
- Kaskadowe struktury laserowe i detektorowe oparte na wykorzystaniu przejść wewnątrzpasmowych.
- Półprzewodnikowe detektory średniej i dalszej podczerwieni, dyskretne i matrycowe, wytwarzane ze związków III-V oraz II-VI.
- Półprzewodnikowe detektory UV ze związków III-N.

W obszarze 4)

- Rozwój bazy technologicznej na potrzeby usług telekomunikacyjnych i informacyjnych, w tym nowe zjawiska i materiały fotoniczne.

- W pełni optyczne sieci, w tym wzmacniacze i komutatory optyczne, transmisja solitonowa, sieci nowych generacji.
- Sieci teleinformatyczne i technologie IP, rozwój nowej generacji sieci dostępowych oraz radiowych sieci komputerowych.
- Rozwój usług telemedycznych i realizacja powszechnych badań przesiewowych dla dzieci i młodzieży, wykrywanie wad serca, słuchu, wzroku, skolioz.
- Rozwój metod i systemów telematyki i telemonitoringu, w tym powszechny monitoring zagrożeń hałasowych, skażeń środowiska, zagrożeń bezpieczeństwa, całodobowy monitoring – nadzór chorych i inne.

5. Organizacja badań

Wiadomo, że najlepsze rezultaty badań, spełniających wyżej omówione warunki, uzyskuje się przy ścisłej współpracy wielu zespołów pracujących w ramach dużych, wyselekcjonowanych tematycznie programów badawczych finansowanych przez państwo. Na przykład, udało się to zapewnić, na najbliższe trzy lata, w zakresie optoelektroniki, uzyskując duży projekt zamawiany pt. *Elementy i moduły optoelektroniczne do zastosowań w medycynie, przemyśle, ochronie środowiska i technice wojskowej*. Przewiduje się, że wyniki badań w postaci dokładnie dobranych ponad 50 elementów i modułów optoelektronicznych będą wdrożone do produkcji w małych zakładach jako produkcja niszowa, pozwalając na budowę wielu systemów metrologicznych, diagnostycznych, terapeutycznych, sygnalizacyjnych itd.

Jest to, jak wynika z doświadczeń dziesiątek lat prowadzenia badań, i to nie tylko u nas, jedyny sposób ich organizacji, który zapewnia uzyskanie dla kraju pozytywnych wyników ekonomicznych. Taki sposób powinien być stosowany.

Uwaga: Opracowanie niniejsze ma charakter autorski i uwzględnia wiedzę zdobytą na podstawie przeglądu kilkunastu periodyków o cyrkulacji międzynarodowej i kilkunastu monografii, które ukazały się w okresie kilku ostatnich lat.

E. Bioinżynieria

Bioinżynieria stanowi połączenie nauk technicznych, biologicznych i medycznych, umożliwiające praktyczne wykorzystanie osiągnięć tych nauk w wielu obszarach życia społecznego i gospodarki. Bioinżynieria jest więc pojęciem ogólnym, obejmującym biotechnologię, inżynierię bioprocesową, bioelektronikę, biomechanikę i inżynierię biomedyczną. Poniżej przedstawiono kryteria, założenia i uwarunkowania rozwoju w Polsce tej priorytetowej dziedziny nauki.

1. Kryteria

Potencjał kadrowy i laboratoryjny

Obecnie badania w obszarze bioinżynierii prowadzi w Polsce ponad 50 placówek naukowych. W dziedzinie samej tylko biotechnologii badania prowadzi około 30 jednostek, a kształceniem kadry zajmuje się 20 uczelni wyższych. Krajowa kadra naukowa, aktywna w obszarze bioinżynierii, reprezentuje bardzo dobry poziom, czego dowodem jest choćby poważny udział polskich zespołów badawczych w 5. Programie Ramowym Unii Europejskiej. Oznacza to, że kraj nasz dysponuje dobrą kadrą i dostatecznym (choć wymagającym uzupełnień) zapleczem laboratoryjnym dla rozwoju bioinżynierii.

Kierunki badań na świecie

Bioinżynieria należy do najszybciej rozwijających się dziedzin nauki i techniki. W obszarze biotechnologii wyróżnia się trzy obszary badawcze:

- zieloną biotechnologię, obejmującą technologie związane z rolnictwem;
- czerwoną biotechnologię, obejmującą technologie wykorzystywane w ochronie zdrowia;
- białą biotechnologię (lub biotechnologię przemysłową), obejmującą technologie wykorzystywane w produkcji przemysłowej i ochronie środowiska.

Z biotechnologią czerwoną związana jest ściśle inżynieria biomedyczna; z biotechnologią białą (i częściowo także zieloną) – inżynieria bioprocesowa.

Biotechnologia zielona rozwija się szczególnie szybko poza Europą (USA, Indie). W Europie przeszkodę w jej rozwoju stanowi nieufność w stosunku do genetycznie modyfikowanej żywności. Wszędzie jednak rozwijane są prace, związane z wykorzystaniem biomasy jako źródła odnawialnej energii i chemikaliów, a także prace związane z produkcją i przetwórstwem żywności tradycyjnej (tj. niemodyfikowanej genetycznie).

Biotechnologia czerwona obejmuje badania nad wykorzystaniem technik inżynierii genetycznej w diagnostyce medycznej i terapii, a także nad produkcją nowych leków i paraleków. Z czerwoną biotechnologią związana jest ściśle inżynieria biomedyczna, obejmująca m.in. takie ważne dziedziny, jak: informatyka medyczna, telemedycyna, inżynieria tkanek, robotyka chirurgiczna czy inżynieria sztucznych organów.

Biotechnologia biała opiera się głównie na biokatalizie i bioprocesach. Dzięki tej biotechnologii surowce odnawialne, głównie produkty rolne, są przekształcane w cenne chemikalia, leki, materiały polimerowe, czynniki energetyczne, dodatki konsumpcyjne etc. z wykorzystaniem komórek pleśni, drożdży, bakterii czy enzymów z nich pochodzących. Dla ilustracji rangi zagadnienia można podać, że zakres białej biotechnologii (w roku 2004) oceniany jest na ponad 5% rynku opanowanego przez przemysł chemiczny, zaś w roku 2010 przewiduje się, że 10, a być może nawet 20% produktów przemysłu chemicznego, będzie wytwarzane w bioprocesach.

Biała biotechnologia czyni aktywność przemysłową bardziej przyjazną dla środowiska i jednocześnie obniża koszty wytwarzania poprzez zmniejszenie zużycia surowców i energii, redukcję odpadów czy też bioremediację skażonego środowiska.

W Unii Europejskiej dąży się obecnie do intensywnego wykorzystania potencjału biotechnologii przemysłowej. Następuje silna koncentracja zespołów badawczych i przemysłu biotechnologicznego w celu przygotowania i stworzenia warunków do jej rozwoju. Szczególną rolę przypisuje się krajom akcesyjnym, a przede wszystkim Polsce, ze względu na zasobność w odnawialne surowce oparte na zielonej biotechnologii, wykorzystywane do wytwarzania produktów biotechnologii przemysłowej.

Zapotrzebowanie w kraju

W Polsce wyjątkowo duże szanse rozwoju mają biotechnologie biała i czerwona, a w ich obszarze – inżynieria bioprocesowa i biomedyczna.

Wynika to z następujących przesłanek:

- istnieje konieczność szybkiego unowocześnienia przetwórstwa rolnego i produkcji żywności;
- niezbędne jest szybkie polepszenie sytuacji w zakresie ochrony zdrowia, co obok zmian natury organizacyjnej i ekonomicznej wymaga polepszenia stanu techniki medycznej (a więc rozwoju inżynierii biomedycznej);
- konieczne jest polepszenie sytuacji w dziedzinie ochrony środowiska;
- rozwój białej biotechnologii i inżynierii bioprocesowej wpłynie korzystnie na rozwój rol-

nictwa, przemysłu chemicznego, a także technik ochrony środowiska i wykorzystania alternatywnych źródeł energii (biomasa).

2. Założenia

Nauki techniczne są szczególnie predystynowane do wywarcia wpływu na rozwój kraju ze względu na potencjał wdrożeniowy wyników uzyskiwanych w obszarze tych nauk. Dlatego przy opracowywaniu strategii rozwoju nauk technicznych należy uwzględniać potrzeby i możliwości gospodarki kraju, którego ta strategia dotyczy. Taki sposób postępowania jest przyjęty we wszystkich krajach opracowujących strategię rozwoju nauki.

Polska posiada bogate zasoby surowców chemicznych (poza ropą naftową i gazem ziemnym) oraz wielki potencjał rolniczy, co sprzyja m.in. produkcji biomasy. Biorąc pod uwagę perspektywę wyczerpania się w ciągu kilku dziesięcioleci złóż ropy i gazu, a także coraz powszechniejszą tendencję do wykorzystania biomasy jako źródła energii i produktów chemicznych, niezbędne jest rozwijanie badań nad nowymi i (lub) ulepszonymi metodami przetwórstwa produktów rolniczych i chemicznych (biomasa, węgiel). Oznacza to potrzebę rozwijania takich gałęzi nauki, jak: biotechnologia, inżynieria procesowa, inżynieria bioprocesowa. Dziedziny te mają także wielkie znaczenia dla przetwórstwa żywności, produkcji leków i środków ochrony zdrowia, ochrony środowiska.

Polska dysponuje dużym potencjałem w zakresie nauk biologicznych i bardzo dobrą kadrą w obszarze inżynierii procesowej (polska inżynieria chemiczna i procesowa zajmuje wysokie, dwunaste miejsce na świecie). Niestety, stosunkowo niewielka część badaczy pracuje w obszarze inżynierii bioprocesowej. Wymagałoby to położenia większego nacisku na rozwój tej części inżynierii procesowej.

Inżynieria bioprocesowa stanowi techniczną część biotechnologii. Dziedzina ta jest obecnie intensywnie rozwijana na świecie. Wykorzystuje się zarówno osiągnięcia nauk biologicznych (genomika, inżynieria metabolizmu), jak i nauk technicznych (reaktory wielofunkcyjne, procesy hybrydowe, nowe metody rozdziału, nanotechnologie). Prowadzi się szeroko zakrojone badania nad wykorzystaniem biomasy jako surowca chemicznego, zarówno metodami termicznymi (*biocrude*, *biosyngas*), jak i biologicznymi (*biocascade*, *biorefining*). Powszechnie znane są prace nad otrzymywaniem i wykorzystaniem biopaliw.

Starzenie się społeczeństwa oraz coraz częstsze występowanie chorób cywilizacyjnych związane jest z nasileniem występowania chorób chronicznych, w tym chorób przemiany materii, schorzeń układu nerwowego i narządów ruchu oraz cukrzycy typu 2 i chorób sercowo-naczyniowych. Choroby te przyczyniają się do powstawania niewydolności narządów wewnętrznych – przede wszystkim serca, nerek i trzustki.

Rozwiązania techniczne przedłużające życie ludzkie podnoszą jednak znacznie koszty opieki zdrowotnej. Przykładem jest dializoterapia (sztuczna nerka), umożliwiająca wieloletnie aktywne życie pacjentów z krańcową niewydolnością nerek. Dializoterapia jest jednak dość drogą metodą leczenia. W Polsce obecnie jest leczonych tą metodą około 11 000 pacjentów i koszt leczenia jednego pacjenta wynosi około 60 000 zł rocznie. Przewiduje się, że w 2010 r. liczba chorych leczonych dializoterapią wzrośnie do 28 000. Podobne przykłady można mnożyć. Oznacza to potrzebę intensywnego rozwijania krajowej inżynierii biomedycznej.

3. Uwarunkowania

Perspektywy polskiej bioinżynierii zależą m.in. od szybkiego dostosowania norm prawnych, edukacji i udziału społeczeństwa, intensyfikacji badań podstawowych, wspomagania badań

rozwojowych, zwiększenia liczby inkubatorów przedsiębiorczości, łączących naukę i przemysł. Lista czynników warunkujących postęp w nauce, nie tylko w bioinżynierii, jest długa. Wiele z tych czynników zależy od właściwego zaangażowania agend rządowych, których skuteczne decyzje mogą usunąć utrudnienia w wykorzystaniu efektów nauki w gospodarce. Konieczna, jak się wydaje, jest realizacja następujących postulatów:

– niezbędne jest skrócenie okresu patentowania w Polsce (obecnie procedura trwa do 5 lat, a powinna rok – adresatem jest Urząd Patentowy);

– konieczne jest wprowadzenie mechanizmów, które będą sprzyjały większej innowacyjności i efektywności produkcji rolniczej, a zwłaszcza przetwórstwa i żywności – adresatem jest Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi;

– konieczne jest uruchomienie programów nastawionych na rozwiązanie przez bioinżynierię konkretnych i ważnych problemów (np. przez ogłoszenie specjalnych projektów zamawianych i zadbanie o bardzo wszechstronną ich ocenę) – adresatem jest Ministerstwo Nauki i Informatyzacji;

– konieczne jest stworzenie możliwości uzyskiwania korzystnych kredytów na zakładanie małych kilkuosobowych firm biotechnologicznych) (przykład: system wprowadzony w Niemczech) – adresatami są: Ministerstwo Finansów, Ministerstwo Gospodarki;

– konieczne jest, aby przygotowywana nowa ustawa o finansowaniu nauki poprzez uregulowanie podstawowych kwestii związanych z finansowaniem badań stwarzała dogodne warunki do przepływu środków finansowych ze źródeł prywatnych oraz jednostek gospodarczych do pracowni badawczych – adresatem jest Ministerstwo Nauki i Informatyzacji.

Szybki rozwój inżynierii bioprocesowej w Polsce utrudniają dwie okoliczności. Pierwszą z nich jest słabość krajowego przemysłu biotechnologicznego, zwłaszcza w obszarze małych i średnich firm. Oznacza to duże trudności w uzyskaniu funduszy na badania ze strony przemysłu. Podobna trudność w Niemczech została z dobrym skutkiem usunięta drogą zwiększenia finansowania z budżetów landów i budżetu centralnego. W Polsce konieczne jest w tym zakresie działanie ze strony Ministerstwa Nauki i Informatyzacji.

Drugą przeszkodą w rozwoju inżynierii bioprocesowej (i w konsekwencji biotechnologii) jest ciągle zbyt mała liczba specjalistów w tej dziedzinie. Absolwenci kierunku biotechnologia kształceni na uniwersytetach i w szkołach rolniczych otrzymują zdecydowanie zbyt skromne wykształcenie w dziedzinie inżynierii bioprocesowej, politechniki natomiast mają trudności z rozwijaniem tego kierunku z uwagi na brak kadry nauczającej w zakresie nauk biologicznych. Rozwiązaniem musi tu być upowszechnienie studiów międzywydziałowych i międzyuczelnianych, zapewniających bardziej wszechstronne wykształcenie na odpowiednio wysokim poziomie. W tym zakresie niezbędne jest działanie Ministerstwa Edukacji, a także odpowiednie zmiany legislacyjne.

4. Cele strategiczne – priorytety badawcze

Przewiduje się następujące obszary koncentracji badań:

W obszarze inżynierii biomedycznej:

1) Informatyka medyczna, bioinformatyka, komputerowe systemy wspomagania decyzji lekarzy.

Informatyka medyczna ma podstawowe znaczenie dla zarządzania służbą zdrowia oraz informatyzacji dokumentacji medycznej (historia choroby, wyniki badań). Do istotnych jej zasto-

sowań należą także: przetwarzanie obrazów (np. rentgenowskich, tomograficznych), wykrywanie uwarunkowań genetycznych oraz tworzenie komputerowych modeli systemów fizjologicznych („wirtualni pacjenci"), służących do wspomagania decyzji lekarzy i usprawniania badań nad nowymi lekami.

2) Telemedycyna

Telemedycyna obejmuje rozwój systemów zdalnego nadzoru nad chronicznie chorymi (cukrzyca, choroby serca i in.). Do ważnych jej zastosowań należą także systemy zdalnych konsultacji specjalistów oraz systemy komunikacji z osobami z niedoczynnością narządów zmysłów (niewidomych, niemych, głuchych).

3) Nieinwazyjne lub minimalnieinwazyjne systemy pomiarowe do diagnostyki

Zapobieganiu rosnącym kosztom opieki nad chorymi może służyć technicznie wspomagana prewencja oparta na usprawnionej diagnostyce. Należy tu wymienić przede wszystkim systemy do diagnostyki biochemicznej oraz do pomiarów i analizy sygnałów elektrofizjologicznych.

4) Inżynieria tkanek

Rosnącemu zapotrzebowaniu na tkanki i narządy może sprostać rozwój inżynierii tkanek, w którym istotny udział powinna mieć inżynieria materiałowa i nanotechnologie. Wynikiem badań powinny być ulepszone, biozgodne protezy kości, więzadeł i stawów.

Brak wystarczającej liczby dawców narządów do transplantacji i koszty związane ze stosowaniem sztucznych narządów stymulują rozwój inżynierii tkanek w kierunku badań nad enkapsulacją komórek produkujących czynniki wzrostu oraz ich lokalną transplantacją, prowadzącą do regeneracji uszkodzonego narządu. Regenerację może również umożliwić odciążenie narządu naturalnego przez czasowe stosowanie sztucznego narządu (np. sztuczne serce) lub narządu hybrydowego (bioreaktory wątrobowe).

5) Roboty chirurgiczne

Roboty chirurgiczne są szybko rozwijającą się dziedziną. Zastosowanie robotów w chirurgii ma ulepszyć jakość i zmniejszyć inwazyjność operacji chirurgicznych.

6) Sztuczne i hybrydowe narządy wewnętrzne

Dziedzina ta, która ma już ugruntowaną pozycję, będzie dalej się rozwijała. Należy oczekiwać udoskonalenia terapii nerkozastępczych (i sztucznej nerki), postępów w konstrukcji wszczepialnego sztucznego serca oraz bioreaktorów do wspomagania czynności wątroby.

W obszarze biotechnologii:

1) Inżynieria bioreaktorów

Bioreaktory są najważniejszymi urządzeniami technicznymi, wykorzystywanymi w biotechnologii – w nich właśnie przebiegają przemiany biochemiczne i biologiczne. Ze względu na wielkie zróżnicowanie konstrukcji bioreaktorów i ich wielkości (od mikroreaktorów do bioreaktorów o objętości tysięcy metrów sześciennych) badania hydrodynamiki, wymiany masy i makrokinetyki przemian przebiegających w bioreaktorach stanowią podstawę rozwoju przemysłu biotechnologicznego.

2) Procesy rozdzielania i oczyszczania substancji

Procesy rozdzielania i oczyszczania substancji, będących produktami przemian biotechno-

logicznych (tzw. *down-stream processing*), stanowią niezbędne uzupełnienie procesów bioreaktorowych, warunkujące możliwość wykorzystania uzyskiwanych produktów. Badania w tej dziedzinie obejmują szeroki wachlarz procesów, zarówno klasycznych, znanych w inżynierii chemicznej, które trzeba dostosowywać do potrzeb biotechnologii, jak i nowych, tworzonych specjalnie na potrzeby tej dziedziny.

3) Biotechnologia źródeł energii

Biotechnologiczne, odnawialne źródła energii szybko zyskują na znaczeniu. Należą do nich w pierwszym rzędzie biopaliwa, a także biotechnologiczne metody wytwarzania metanu i metody wytwarzania wodoru, uważanego powszechnie za paliwo przyszłości.

4) Biotechnologiczne źródła chemikaliów

Biomasa stanowi bardzo atrakcyjne, odnawialne źródło wielu podstawowych chemikaliów. Metody przetwarzania biomasy (*biosyngas*, *biorefining*, *biocascade*) są obecnie przedmiotem intensywnych prac badawczych i wdrożeniowych.

5) Biotechnologia w żywieniu społeczeństwa

Badania w tym obszarze obejmują metody produkcji, przetwórstwa i diagnostyki żywności, w tym także żywności genetycznie modyfikowanej, z wykorzystaniem mikroorganizmów i enzymów.

6) Biotechnologia dla potrzeb ochrony zdrowia

Biotechnologiczne metody wytwarzania leków i medycznych materiałów pomocniczych (np. środków opatrunkowych) stanowią obszerną dziedzinę badań i prac wdrożeniowych.

5. Organizacja badań – propozycja rozwiązań

Niezbędne jest stworzenie gremium, działającego np. przy Wydziale IV PAN, koordynującego wysiłek badawczy i prace wdrożeniowe placówek nauk technicznych, biologicznych i medycznych, działających w obszarze bioinżynierii (inżynierii bioprocesowej i biomedycznej).

Należy doprowadzić do stworzenia sieci placówek, zajmujących się inżynierią bioprocesową i inżynierią biomedyczną, oraz dokonać podziału zadań priorytetowych w obrębie tych sieci.

Konieczne są działania na poziomie resortów, zmierzające do ułatwienia powstawania małych i średnich firm biotechnologicznych, rozwoju przemysłu aparatury biomedycznej oraz uruchamiania projektów celowych i zamawianych w obszarze bioinżynierii. Działania te przedstawiono wyżej w punkcie 3.

Literatura

1. Jaron D.: *On activities of IFMBE and future of biomedical engineering.* „Nauka", 2001, 3, 165-171
2. *Biotechnology for clean industrial products and processes, Towards Industrial Sustainability*, OECD, 1998.
3. EuropaBio, http://www.europabio.org.
4. R.A.Brown"Thoughts on the Evolution of Chemical Engineering: one MIT Perspective", AIChE Summer School, Boulder, Colorado, 2002.
5. *European Technology Platform for Sustainable Chemistry: the vision for 2020 and beyond,* Final Draft, Barcelona 2005.
6. Stanowisko Komitetu Biotechnologii PAN, „Sprawy Nauki" 2005.

F. Systemy energetyczne i nowe źródła energii

Do ważnych, priorytetowych kierunków badań naukowych i prac rozwojowych należą m.in. badania w obszarze systemów energetycznych i nowych źródeł energii, a zwłaszcza nowoczesnych technologii wykorzystania naturalnych zasobów energetycznych oraz użytkowania energii. W opracowaniu przedstawiono kryteria, założenia i uwarunkowania projektów strategii naukowej w powyższym obszarze, a także cele strategiczne, możliwe do osiągnięcia do roku 2020.

1. Kryteria

Jednym z podstawowych kryteriów strategii naukowej jest **istniejący potencjał kadrowy** i **aparaturowy** krajowych placówek badawczych. Obecnie w kraju ponad 25 placówek prowadzi badania związane z rozwojem energetyki. Są to między innymi:

- Instytut Badań Systemowych PAN w Warszawie,
- Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN w Krakowie,
- Instytut Maszyn Przepływowych PAN w Gdańsku,
- Instytut Automatyki Systemów Energetycznych we Wrocławiu,
- Instytut Energetyki w Warszawie,
- Instytut Energii Atomowej w Świerku,
- Instytut Techniki Cieplnej w Łodzi,
- Wydział Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej,
- Wydział Elektrotechniki i Elektroniki Politechniki Łódzkiej,
- Wydział Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Elektroniki Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie,
- Wydziały Elektryczne Politechnik: Białostockiej, Częstochowskiej, Lubelskiej, Poznańskiej, Szczecińskiej, Śląskiej, Warszawskiej i Wrocławskiej,
- Wydział Mechaniczno-Energetyczny Politechniki Wrocławskiej,
- Wydział Mechaniczny Energetyki i Lotnictwa Politechniki Warszawskiej,
- Wydziały Mechaniczne Politechnik: Białostockiej, Gdańskiej, Krakowskiej, Lubelskiej, Łódzkiej i Szczecińskiej.

Łączna liczba pracowników naukowych i doktorantów, zajmujących się badaniami naukowymi w dziedzinie energetyki, w powyższych placówkach wynosi co najmniej 300.

2. Założenia

Rozwój kraju będzie następował w tempie ok. 3% przyrostu PKB rocznie w sposób zapewniający zrównoważony rozwój kraju i uwzględniający takie atrybuty, jak własne surowce do produkcji żywności, znaczne zasoby energetyczne oraz średni w skali europejskiej poziom technologii przy założeniu wykorzystywania przez gospodarkę przynajmniej w 50% wyników badań prowadzonych w krajowych placówkach naukowych.

Rozwój przemysłu i budownictwa będzie się odbywał harmonijnie z poprawą środowiska naturalnego, produkcją zdrowej żywności i dbałością o zdrowie obywateli. Nastąpi jednak znaczne zmniejszenie liczby pracowników zatrudnionych bezpośrednio w przemyśle i rolnictwie na korzyść liczby zatrudnionych w usługach i edukacji.

Rozwój badań, technologii i innowacji będzie obejmował zgodnie z prognozą KBN przede wszystkim:

- informatykę (automatykę, sztuczną inteligencję, robotykę, telekomunikację),
- bioinżynierię (biotechnologię, biomechanikę, bioelektronikę, biomedycynę),

- nowe systemy energetyczne i źródła energii,
- technologie zapewniające zrównoważony rozwój kraju.

Nastąpi znaczna konsolidacja placówek naukowych (uczelni, instytutów PAN, instytutów resortowych) wokół dużych programów badawczych, finansowanych przez państwo i współfinansowanych przez przemysł i Unię Europejską. System organizacji badań będzie obejmował zarówno badania naukowe poznawcze, jak i badania rozwojowe, i ułatwiał wykorzystywanie wyników tych badań w praktyce.

W ramach strategii nauk technicznych do roku 2020 zostanie również opracowana strategia zrównoważonego rozwoju sektora energetyki w Polsce. Celem tego opracowania będzie:

- określenie założeń i strategicznych kierunków rozwoju sektora energii w Polsce oraz podstaw zrównoważonej polityki energetycznej państwa;
- określenie działań zmierzających do racjonalnego gospodarowania energią i środowiskiem oraz minimalizacji skutków negatywnego wpływu procesów energetycznych na zdrowie obywateli.

3. Uwarunkowania

Potrzeba zajęcia się powyższą tematyką wynika z konieczności wprowadzenia istotnych zmian w dotychczasowej polityce energetycznej i wdrożenia zasad zrównoważonego rozwoju przez:

- wzrost efektywności energetycznej gospodarki narodowej w powiązaniu z zarządzaniem środowiskiem,
- zwiększenie innowacyjności i konkurencyjności gospodarki przez wprowadzenie technologii energooszczędnych oraz wykorzystanie energii odpadowej,
- realizację zobowiązań międzynarodowych w sprawie ograniczenia emisji CO_2,
- wzrost udziału energii ze źródeł odnawialnych i rozproszonych w bilansie energetycznym kraju,
- wzrost udziału energii wytwarzanej w skojarzeniu (energii elektrycznej, ciepła i zimna),
- wzrost konkurencyjności sektora energetycznego przy wypełnianiu standardów ochrony środowiska naturalnego.

4. Cele strategiczne

Cel ogólny:

Optymalizacja zaopatrzenia gospodarki narodowej w energię dla zapewnienia zrównoważonego rozwoju kraju w warunkach rynkowych.

Cele szczegółowe:

- zmniejszenie energochłonności gospodarki, wyrażonej w formie zużycia energii przypadającego na jednostkę produktu krajowego brutto,
- zwiększenie konkurencyjności gospodarki przez wprowadzenie nowych technologii energooszczędnych,
- ograniczenie emisji zanieczyszczeń powstających w wyniku przemian energetycznych,
- wzrost udziału energii ze źródeł odnawialnych i rozproszonych, a zwłaszcza energii wodnej, wiatrowej, biomasowej i słonecznej,
- optymalny rozwój skojarzonych układów wytwarzania: energii elektrycznej, ciepła i zimna oraz wykorzystania energii odpadowej.

Nowe technologie energetyczne jako cele do osiągnięcia:

- spalanie w kotłach fluidalnych i palniki niskoemisyjne,
- układy gazowo-parowe w elektrowniach i elektrociepłowniach,
- ogniwa paliwowe w rozproszonych źródłach energii elektrycznej,
- układy regulacji i akumulacji energii w energetyce wiatrowej,
- mikroelektrociepłownie z turbinami i silnikami gazowymi,
- kolektory słoneczne w budownictwie miejskim i wiejskim.

Wyżej wymienione technologie energetyczne, możliwe do opanowania w warunkach krajowych, stanowią przykłady oparte na dotychczasowym ich rozwoju w naszych placówkach badawczych. Celami strategicznymi powinny być stosunkowo nieliczne technologie (urządzenia i systemy), które mają szansę stać się polskimi specjalnościami naukowo-technicznymi.

5. Organizacja badań – propozycja rozwiązań

W zakres prac badawczych i rozwojowych, które należałoby podjąć w ramach powyższej strategii rozwoju energetyki w Polsce, powinny wejść następujące zadania:

- opracowanie perspektyw pozyskania energii pierwotnej z uwzględnieniem zarówno konwencjonalnych nośników energii (węgla kamiennego i brunatnego oraz gazu ziemnego), jak i źródeł odnawialnych,
- określenie kierunków rozwoju nowych technologii energetycznych, charakteryzujących się wysoką sprawnością energetyczną, niskim szkodliwym oddziaływaniem na środowisko naturalne oraz konkurencyjnością ekonomiczną,
- określenie strategicznych kierunków rozwoju krajowego systemu energetycznego oraz podsystemów: paliw stałych, ciekłych i gazowych, odnawialnych źródeł energii (wodnej, wiatrowej, słonecznej, biomasowej, geotermalnej i in.), a także podsystemów elektroenergetycznego i ciepłowniczego,
- propozycje podwyższenia efektywności użytkowania energii końcowej w przemyśle, transporcie, budownictwie, rolnictwie i sektorze komunalnym,
- określenie spodziewanej emisji zanieczyszczeń w miarę rozwoju gospodarczego i działań niezbędnych dla wypełnienia zobowiązań ekologicznych, z uwzględnieniem handlu pozwoleniami na emisję.

W efekcie przeprowadzonych badań powinny zostać opracowane spójne mechanizmy legislacyjne, fiskalne, rynkowe i promocyjne, mające na celu:

- promowanie efektywnego użytkowania energii,
- rozwój efektywnego, konkurencyjnego rynku energii,
- zwiększenie konkurencyjności odnawialnych i alternatywnych źródeł energii,
- rozwój mechanizmów zarządzania energią po stronie odbiorcy,
- internalizację kosztów zewnętrznych i korzyści ekologicznych,
- przeciwdziałanie zmianom klimatu i rozwiązywanie innych problemów środowiskowych,
- otwarcie atrakcyjnego obszaru badań naukowych związanego z realizacją zrównoważonej polityki energetycznej z możliwością współfinansowania w ramach programów naukowych Unii Europejskiej,
- dopływ środków ze źródeł prywatnych w sektorze energii do sfery badań naukowych.

Literatura

[1] Nakićenović N. et al.: *Global Energy Perspectives*. World Energy Council, IIASA, Laxenburg (Austria), 1998.

[2] Jaczewski M., Marecki J., Sikora W.: *Program zapotrzebowania na węgiel kamienny i energię elektryczną do roku 2020*. Ekspertyza KPE PAN, Warszawa, 1999.
[3] Ministerstwo Gospodarki: *Założenia polityki energetycznej Polski do 2020 roku*. Warszawa, 2000.
[4] Marecki J.: *Perspektywy rozwoju elektroenergetyki w Polsce do 2020 roku*. „Przegląd Elektrotechniczny" nr 7/2002.
[5] *Statystyka elektroenergetyki polskiej 2003*. Agencja Rynku Energii SA, Warszawa, 2004.
[6] Soliński J.: *Sektor energii – świat i Polska, rozwój 1971-2000, perspektywy do 2030 r.* Polski Komitet Światowej Rady Energetycznej, Warszawa, 2004.

Zakończenie

Nakreślenie strategii badań w zakresie nauk technicznych jest zadaniem trudnym w samej swej istocie. Wielość dziedzin i dyscyplin naukowych związanych z inżynierią i technologią z jednej strony oraz różnorodność uwarunkowań i pewien stan nieokreśloności w zakresie całościowej wizji rozwoju gospodarczego kraju z drugiej strony sprawiają, iż każde przedsięwzięcie dotyczące prognozy i ustalenia strategii badań w przyszłości nie będzie nigdy w pełni zadowalające. Autorzy naszkicowanej wyżej strategii są tego świadomi. Świadomość słabości nie powinna jednak powstrzymywać wysiłków w kierunku rozpoznania istniejącego potencjału badawczego oraz obecnych i rozwijających się tendencji i – na tej podstawie – wskazania możliwych kierunków priorytetowych. Sądzimy, iż tego rodzaju prognostyczna praca jest naszym obowiązkiem, gdyż dotyczy spraw, które są przedmiotem naszej wielkiej troski.

Zdajemy sobie sprawę, że przedstawiona wyżej strategia może budzić niedosyt jako niewystarczająco ujednolicona zarówno pod względem językowym, jak i merytorycznym. Mamy jednak nadzieję, iż mimo tych oraz innych ewentualnych niedociągnięć okaże się ona użyteczna dla Czytelnika.