



MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII
INSTITUTUL NATIONAL
DE CERCETARE - DEZVOLTARE PENTRU
M I C R O T E H N O L O G I E
I M T - B u c u r e s t i

RAPORT DE CERCETARE
(rezumat extins)

Tema

STRATEGIA DE CERCETARE-DEZVOLTARE IN DOMENIILE
MATERIALE NOI, MICRO SI NANOTEHNOLOGII,
IN PERSPECTIVA INTEGRARII IN SPATIUL DE CERCETARE EUROPEAN

AUTORI

Dr. ing. Georgeta Alecu, ICPE-CA Bucuresti
Dr. Floarea Benea, ISIM Timisoara
Dr.ing. Gabrielle Charlotte Chitanu, ICMPP Iasi
Conf.dr.ing.C.M.Craciunescu, UP Timisoara
Dr.ing. Dana Cristea, IMT Bucuresti
Acad. Dan Dascalu, Director General IMT Bucuresti,
Dr.ing. Maria Dinescu, INCDFLPR Magurele
Dr. Nicolae Farbas, Director Stiintific ISIM Timisoara
Dr. ing. Lucian Galateanu, IMT Bucuresti, Diector de Proiect
Drd.ing. Cristina Ghitulica, F.“C.D.Nenitescu”
Dr.Ioan Grozescu, ICMC Timisoara
Ing. Ionica Iorga, IMT Bucuresti
Dr. ing. Wilhelm Kappel, Director General ICPE-CA Bucuresti
Dr.ing. Irina Kleps, IMT Bucuresti
Dr.ing.Carmen Moldovan, IMT Bucuresti
Dr.ing. Alexandru Muller, IMT Bucuresti
Dr.ing Muller Raluca, IMT Bucuresti
Drd.ing. Mihaela Birsan Nastase, F.“C.D.Nenitescu”
Ing. Georgeta Pall, F.“C.D.Nenitescu”
Dr.ing. Radu, Piticescu IMNR Bucuresti
Dr.ing. Roxana Piticescu, IMNR Bucuresti
Fiz. Elena Stanila, IMT Bucuresti
Drd. Ella Stefan, F.“C.D.Nenitescu”
Drd.ing. Stefania Stoleriu, F.“C.D.Nenitescu”
Ing. Ioan Surcel, IMNR Bucuresti
Fiz. Catalin Tibeica, IMT Bucuresti
Dr. fiz. Ladislau Vekas, CNISFC Timisoara
Dr. Maria Zaharescu, ICF Bucuresti

Bucuresti, iulie 2004

CUPRINS

| | <u>Pag.</u> |
|---|-------------|
| 1. Introducere..... | 3 |
| 2. Contextul international. Integrarea in spatiul de cercetare european, in domeniul “materiale noi, micro si nanotehnologii”..... | 4 |
| 2.1. Contextul la nivel mondial in domeniul materialelor avansate, micro si nanotehnologiilor. Programul national al SUA de dezvoltare in domeniul nanotehnologiilor (NNI)..... | 4 |
| 2.2. Strategii ale Uniunii Europene pentru Nanotehnologie..... | 7 |
| 2.2.1. “Catre o Strategie Europeana pentru Nanotehnologie”- - comunicare a Comisiei Europene, mai 2004..... | 7 |
| 2.2.2. “Nanoelectronica, in centrul schimbarilor. Viziune 2020. O strategie pe termen lung pentru Europa.”..... | 9 |
| 2.3. Oportunitati pentru Romania privind integrarea in spatiul de cercetare european, in domeniul nanotehnologiilor..... | 10 |
| 3. Contextul national. Reforma activitatii de cercetare-dezvoltare din tara noastra. P.N.C.D.I. – Programul MATNANTECH..... | 10 |
| 4. Motivatie privind elaborarea unei strategii comune pentru domeniile materiale noi, micro si nanotehnologii..... | 12 |
| 5. Strategia de cercetare-dezvoltare in domeniile “materiale noi, micro si nanotehnologii”..... | 12 |
| 5.1. Efectuarea anchetei pentru evaluarea situatiei existente, a tendintelor si a perspectivei de dezvoltare in domeniile „materiale noi, micro si nanotehnologii”..... | 12 |
| 5.2. Strategia de cercetare-dezvoltare in domeniul microtehnologiilor/ microsystemelor..... | 13 |
| 5.3. Strategia de cercetare-dezvoltare in domeniul nanotehnologiilor..... | 18 |
| 5.4. Strategia de cercetare-dezvoltare in domeniul “materiale noi”..... | 26 |
| 6. Propuneri de elemente de strategie politica si/sau economica generala sau la nivel sectorial, considerate a fi necesare pentru realizarea obiectivelor prevazute..... | 38 |
| 7. Concluzii..... | 42 |
| 8. Bibliografie..... | 45 |

1. INTRODUCERE

In cadrul proiectului prioritar cu tema: "Strategia de cercetare-dezvoltare in domeniile materiale noi, micro si nanotehnologii, in perspectiva integrarii in spatiul de cercetare european", s-a elaborat o propunere privind strategia de cercetare-dezvoltare a domeniului, aceasta urmand sa fie definitivata de Comitetul de specialisti numit prin Ordinul Ministrului nr. 3917/ 28.05.2004.

In vederea elaborarii unei strategii relevante pentru dezvoltarea domeniilor in discutie s-a urmarit asigurarea unei cat mai bune baze de documentare, in fiecare din cele trei directii care constituie punctele de plecare pentru elaborarea strategiei.

Un prim punct de plecare a fost insasi **formarea colectivului de autori**. S-a urmarit antrenarea, ca autori a unui numar optim de specialisti, reprezentativi pentru domeniile cheie, de mare interes. In primul rand, ca parteneri in consortiu, au participat, alaturi de **IMT Bucuresti** (coordonator general si responsabil direct/ autor pentru domeniul "micro- si nanotehnologii"), **ICPE-CA** (coordonator pentru domeniul "materiale noi" si responsabil direct/ autor pentru subdomeniile de materiale ceramice si compozite, oteluri si superaliaje speciale, pulberi si metalurgia pulberilor, materiale si sisteme magnetice cu proprietati controlate, materiale compozite lemnoase, sinteza si modificarea polimerilor, materiale carbonice avansate, materiale de sinteza si carbonice, obtinerea si caracterizarea monocristalelor si a materialelor ordonate, subdomenii de materiale noi, identificate pe parcursul lucrarilor la proiect), **ISIM Timisoara** (coordonator pentru zona de vest si responsabil direct/ autor pentru subdomeniile de materiale biocompatibile, materiale cu memoria formei, nanoparticule, fluide magnetice), **IMNR** (responsabil direct/ autor pentru subdomeniile de nanomateriale pe baza de aliaje neferoase, compozite si ceramice, materiale pentru acoperiri si strat-uri cu proprietati controlate) si **Fundatia "C.D.Nenitescu"** (responsabil direct/ autor pentru subdomeniile de materiale ceramice, materiale compozite ceramice, sticle si materiale cvasicristaline avansate, performante, lianți și sisteme performante lianti). De asemenea, o serie de institutii/ domenii au fost reprezentate la nivel de colaboratori: **Institutul de Chimie Fizica al Academiei Romane** (responsabil pentru domeniul nanomaterialelor oxidice si hibride), **INCDFLPR** (responsabil pentru domeniul tehnologiilor pe baza de laseri si plasma pentru obtinerea de materiale nano si microstructurate) si **ICMPP Iasi** (responsabil pentru domeniul utilizarii polimerilor si interactiilor acestora ca materiale noi in micro si nanotehnologii). Formarea unui colectiv de autori reprezentativ pentru intregul domeniu a fost o prima premiza pentru realizarea unei propuneri de Strategie relevanta.

Al doilea punct de plecare pentru elaborarea Strategiei a fost **evaluarea situatiei existente pe plan intern**, referitor la potentialul uman si infrastructura in domeniile stiintifice si tehnice vizate. S-a efectuat o ancheta larga prin completarea on-line a unor baze de date deschise pe site-ul IMT. Se face mentiunea ca nu toti factorii anchetati au raspuns solicitarii de a completa bazele de date. Lipsa unor inregistrari a fost partial suplinita prin inscrierea in tabelele centralizatoare si a altor date provenite de la retelele de excelenta, date disponibile la nivelul IMT si al partenerilor de proiect. De asemenea, autorii Strategiei au utilizat si alte informatii rezultate din baza proprie de cunoastere a domeniului, in care dansii detin pozitia de specialist reprezentativ. In acest fel, bazele de date nu cuprind statistica reala a informatiilor utilizate efectiv la realizarea Strategiei. Cu aceasta mentiune, se poate nota ca inregistrarile cuprind date referitoare la 33 de institutii de cercetare, 56 de centre de competență, 107 specialişti, 61 echipamente specifice (seturi de echipamente cu o utilizare comuna), precum si date referitoare la proiecte cu tematică specifică, finanțate pe plan intern sau prin programe internaționale. Sunt identificate (Anexa 6, tabelul 4) 36 de participari in proiecte internationale in domeniile vizate, proiecte finantate de Comisia Europeana in cadrul FP6 si FP5. Un rol central in realizarea proiectului I-au avut institutiile participante la Programul MATNANTECH. S-a evidentiat, de asemenea, **corelarea domeniului cu celelalte Programe din PNCDI**. S-a identificat in ce masura rezultatele obtinute in proiectele MATNANTECH au aplicatii in domenii conexe, in care cercetarea-dezvoltarea este finantata de alte Programe din PNCDI. Au rezultat corelari puternice cu Programele RELANSIN, MENER, VIASAN, BIOTECH, INFOSOC, AGRAL si AEROSPATIAL. De asemenea, s-a identificat implicarea specialistilor din domeniul "materiale noi, micro si nanotehnologii" in realizarea de proiecte in Programele RELANSIN, CERES, BIOTECH, INFOSOC, VIASAN si CALIST.

Al treilea punct de plecare pentru elaborarea Strategiei a fost **analiza contextului international**. Dezvoltarea la nivel mondial a domeniilor "materialelor noi, micro si nanotehnologiilor" este impulsionata de evolutia in domeniul "nanotehnologiilor" care s-a impus in ultima perioada ca domeniul de cea mai mare actualitate, cu cea mai mare dinamica si cu un impact "disruptiv/ revolutionar" asupra industriei si societatii pentru urmatoarele decenii. Romania are in vedere importanta majora a participarii la dezvoltarea acestui domeniu si isi propune adoptarea unei strategii in acest sens, care nu

poate fi decat o strategie de integrare in eforturile care se fac la nivel global si in special la nivel european. Numai in ultimele patru luni au aparut, referitor la dezvoltarea acestui domeniu, trei strategii de relevanta mondiala, una in SUA [1] si doua la nivelul Uniunii Europene [2, 3]. In lucrare se face o analiza atenta a acestor strategii identificandu-se o serie de oportunitati pentru Romania, cu totul deosebite ca importanta si impact, create indeosebi de strategia de dezvoltare europeana pentru nanotehnologii.

Se face mentiunea ca IMT Bucuresti, ca institut national de cercetare-dezvoltare, a elaborat o strategie proprie in domeniul micro- si nanotehnologiilor si a contribuit la lansarea (mai 2004) a "Initiativei Nationale pentru Nanostiinta si Nanotehnologie"[4]. Variante actualizate ale acestor materiale sunt prezentate in Anexele 7 si 8.

Pentru elaborarea Strategiei, cele 33 de institutii de cercetare, 56 de centre de competenta si 107 specialisti, care sunt inregistrate(i) in bazele de date, au fost anchetate(i) asupra tendintelor si a perspectivei de dezvoltare, pe termen mediu si lung in domeniile respective. Datele primite au fost prelucrate de colectivul de autori si au contribuit la identificarea elementelor de strategie cuprinse in lucrare. Strategia este structurata pe trei capitole mari: "Microtehnologii", "Nanotehnologii" si "Materiale noi". In fiecare din acest capitol sunt identificate urmatoarelor elemente:

- directiile de cercetare-dezvoltare care pot asigura avantaje competitive pentru Romania; categoriile de produse/ tehnologiile care pot constitui tinte realiste de dezvoltare in tara noastra sau la dezvoltarea carora Romania poate participa ca partener;
- potentialul si infrastructura de cercetare-dezvoltare necesare pentru atingerea obiectivelor stabilite;
- formarea unor retele tehnologice integrate, care sa cuprinda realizatorii potentiali ai obiectivelor stabilite (lantul de parteneri - unități C-D, instituții de învățământ superior și agenți economici, de același profil si/sau complementar - care pot asigura impreuna intregul complex al activitatilor de cercetare-dezvoltare implicate pentru elaborarea si punerea in fabricatie a unui nou produs);
- nise de colaborare si integrare tehnologica la nivel international (domenii concrete in care oferta specialistilor romani este acceptata pentru realizarea in parteneriat international a unui produs cu valorificare pe piata).

Un capitol grupeaza cateva considerente cu privire la elementele de strategie politica si/sau economica generala sau la nivel sectorial, identificate a fi necesare pentru realizarea obiectivelor prevazute.

2. CONTEXTUL INTERNATIONAL. INTEGRAREA IN SPATIUL DE CERCETARE EUROPEAN, IN DOMENIUL "MATERIALE NOI, MICRO SI NANOTEHNOLOGII"

2.1. CONTEXTUL LA NIVEL MONDIAL IN DOMENIUL MATERIALELOR AVANSATE, MICRO SI NANOTEHNOLOGIILOR. PROGRAMUL NATIONAL AL SUA DE DEZVOLTARE IN DOMENIUL NANOTEHNOLOGIILOR (NNI).

Dezvoltarea la nivel mondial a domeniilor "materialelor noi, micro si nanotehnologiilor" este impulsionata de **evolutia in domeniul "nanotehnologiilor"** care s-a impus ca domeniul de cea mai mare actualitate, cu cea mai mare dinamica si cu un impact "disruptiv/ revolutionar" asupra industriei si societatii pentru urmatoarele decenii. Numai in ultimele patru luni au aparut, referitor la dezvoltarea acestui domeniu, trei strategii de relevanta internationala, una in SUA [1] si doua la nivelul Uniunii Europene [2, 3].

Gradul mare de noutate al termenului de "nanotehnologie" face ca studiile de prognoza elaborate la nivel international sa acorde atentie definirii acestui nou concept. Conform acestor definitii [1, 2, 3], nanotehnologia reprezinta stiinta si tehnologia care au capacitatea de a intelege, controla si manipula materia la dimensiuni nanometrice, ceea ce reprezinta o scara de la nivelul atomilor si moleculelor individuale pana la nivelul "supramolecular" al ciorchinilor de molecule, pana la 100 de diametre moleculare. Operarea la aceste dimensiuni implica intelegerea si stapanirea unor principii stiintifice noi si a unor proprietati noi, care se manifesta atat la scara micro cat si la scara macro si care sunt folosite pentru dezvoltarea de materiale, dispozitive si sisteme cu proprietati, functii si performante esentialmente noi.

SUA are meritul de a fi lansat, in ianuarie 2000, primul si cel mai mare program de cercetare-dezvoltare in domeniul nanotehnologiilor, intitulat "Initiativa Nationala in Nanotehnologie" (NNI). NNI a stimulat aparitia pe plan mondial a unor programe si investitii guvernamentale in domeniul

Strategia de cercetare-dezvoltare in domeniile materiale noi, micro si nanotehnologii, in perspectiva integrarii in spatiul de cercetare european

nanotehnologiilor care au fost anuntate de Japonia si Coreea, in 2001 si de Comunitatea Europeana, Germania, China si Taiwan, in 2002 [1]. Cu o investitie totala de 961 mil USD, anuntata pentru 2004, fata de un total al investitiilor pe plan mondial de 3,5 mld USD, NNI continua sa reprezinte principalul deschizator de drumuri la nivel mondial in domeniul nanotehnologiilor. O analiza a realizarilor NNI precum si o prezentare a planurilor pe urmatorii 5 ani a fost facuta la Washington, pe 1-2 aprilie a.c., de catre Dr. M. C. Roco, presedintele "Subcomisiei de Stiinta, Inginerie si Tehnologie la scara nano" a "Consiliului National pentru Stiinta si Tehnologie" a SUA [1]. In Anexa 1, este redat un extras din aceasta prezentare. Este important de retinut cateva elemente care sunt definitorii pentru evolutia la nivel mondial in domeniul nanotehnologiilor.

Sunt identificate trei motive principale pentru interesul actual in nanotehnologie. Mai intai, nanostiinta ne ajuta sa umplem o lacuna majora in cunoasterea fundamentala a materiei. Intre capatul mic si cel mare al scarii, la nanoscara intermediara, care este pragul natural unde toate sistemele vii si artificiale functioneaza, stim mult mai putine lucruri. Proprietatile si functiile de baza ale structurilor si sistemelor materiale sunt definite aici si chiar mai important, pot fi schimbate in functie de organizarea materiei via interactiunilor moleculare "slabe" (cum ar fi legaturile hidrogenului, dipolul electrostatic, fortele Van der Waals, forte de suprafata, forte electrofluidice etc.). Al doilea motiv al interesului in nanotehnologie este ca fenomenele la scara nanometrica promit aplicatii radical noi. Se estimeaza ca nanotehnologia are potentialul de a crea 7 milioane de locuri de munca pana in 2015 pe piata mondiala. In sfarsit, al treilea motiv al interesului este inceputul prototipizarii industriale si a comercializarii si faptul ca guvernele in lume stimuleaza dezvoltarea nanotehnologiei cat se poate de rapid.

Sunt de retinut urmatoarele **obiective** ale Initiativei Nationale in Nanotehnologie (NNI):

- Sa extinda granitele stiintei si ingineriei la scara nanometrica prin sprijin pentru cercetare;
- Sa stabileasca o infrastructura echilibrata si flexibila, incluzand forta de munca calificata;
- Sa abordeze implicatiile sociale ale nanotehnologiei, incluzand actiunile anticipative care trebuie intreprinse pentru a aduce avantajul noii tehnologii, intr-un mod responsabil;
- Sa stabileasca o "mare coalitie" a invatamantului superior, industriei si guvernului pentru a realiza intregul potential al noii tehnologii.

Strategia de finantare a NNI se bazeaza pe **cinci forme de investitii**. Prima favorizeaza investitii echilibrate in **cercetarea fundamentala** in intreaga sfera a stiintei si ingineriei. A doua forma, este cunoscuta in general drept "**marile provocari**". Se concentreaza asupra a noua zone concrete de cercetare-dezvoltare, care sunt direct legate de aplicatiile nanotehnologiei si care au fost identificate ca avand potentialul de a realiza un impact semnificativ economic, guvernamental si social in circa un deceniu. Acestea sunt: materiale nonostructurate prin design; ingineria la nanoscara; detectia agentilor chimici, biologici, radiologici si a explozivilor, ca si protectia; Instrumentare si metrologie la nanoscara; nano-electronica, nano-fotonica si nano-magnetica; ingrijirea sanatatii, terapeutica si diagnoza; conversia si depozitarea eficienta a energiei; microaparatura si robotica; procese la nanoscara pentru imbunatatirea mediului. A treia forma de investitii sprijina **centre de excelenta** care realizeaza cercetare in sanul institutiilor gazda. Aceste centre promoveaza proiecte cu obiective de cercetare largi, multidisciplinare care nu sunt sprijinite de programele mai traditional structurate. De asemenea, aceste centre promoveaza formarea viitorilor cercetatori ca si instruirea unei forte tehnice calificate de munca pentru industria in continua extindere a nanotehnologiei. NSF, DOD si NASA au infiintat 16 noi centre de cercetare in intervalul 2001-2003. Cea de a patra forma finanteaza **dezvoltarea infrastructurii, instrumentatiei, standardelor**, capacitatilor de calcul si altor instrumente necesare in cercetare-dezvoltare la nanoscara. NSF a creat trei retele de cercetare si facilitati de utilizare, iar DOE o retea larga de facilitati pentru utilizatori. A cincea si ultima forma recunoaste si finanteaza cercetarea in domeniul **implicatiilor asupra societatii** si se adreseaza nevoilor educationale asociate cu dezvoltarea cu succes a nanostiintei si nanotehnologiei. Pe langa activitatile de educatie universitara si postuniversitara, NSF sprijina educarea in domeniul nanotehnologiei in cazul studentilor, liceenilor si publicului larg.

Sunt evidentiata **evolutiile potentiale in cercetare-dezvoltare la nanoscara pana in 2015:**

Jumatate din materialele avansate nou-proiectate si din procesele de manufacturare vor fi realizate prin utilizarea controlului la nanoscara. Aceasta estimare se bazeaza pe evaluarile realizate in cadrul industriei intr-o varietate de sectoare, precum electronica, substantele chimice, industria grea, industria farmaceutica si industria aeronautica. Vizualizarea si simularea numerica a domeniilor tridimensionale cu rezolutie nanometrica vor fi necesare pentru aplicatiile industriale manufacturiere. Se va extinde utilizarea unor catalizatori proiectati la nanoscara in manufacturi chimice "exacte" pentru a diviza si lega aglomerari moleculare, cu o risipa minima. Tranzistorii pe baza de

Strategia de cercetare-dezvoltare in domeniile materiale noi, micro si nanotehnologii, in perspectiva integrarii in spatiul de cercetare european

siliciu vor atinge dimensiuni mai mici de 10nm si vor fi integrati in sisteme moleculare sau de alta natura la nanoscara /in afara CMOS sau integrate cu acestea/. Este posibil sa fie dezvoltate noi platforme in domeniul stiintei si ingineriei, ca de pilda cea bazata pe chimia carbonului, care sa inlocuiasca transportul sarcinii electronice cu spinul electronului si sa creeze cipuri fotonice, prin utilizarea interactiunii voltaice intre electron si nuclee si exploatarea mecanismelor de cuplare intre efectele electric-magnetic-optic in stare solida.

Suferinta de pe urma unor boli cronice se va reduce drastic. Pana in 2015, capacitatea noastra de a detecta si trata tumori in primul an de la aparitie sa poata reduce suferintele si numarul cazurilor de decese de pe urma cancerului. Sinteza farmaceutica, procesarea si furnizarea medicamentelor vor fi dezvoltate prin controlul la nanoscara si aproximativ jumătate din substantele farmaceutice vor utiliza nanotehnologia ca o componenta cheie. Vizualizarea functiilor interne si modelarea interactiunilor neuron-neuron vor fi posibile urmare a progreselor in domeniul masurarilor si simularii la nanoscara.

Stiinta si ingineria nanobiosistemelor constituie una din cele mai provocatoare componente ale nanotehnologiei, fiind esentiala pentru intelegerea mai buna a sistemelor vii si pentru dezvoltarea unor noi instrumente in medicina, a unor noi solutii in ingrijirea sanatatii (administrarea "la tinta" unor medicamente, medicina regenerativa sau modelarea neuromorfica) si a unor materiale biocompatibile mai bune sau nanobiomateriale pentru aplicatii industriale. Provocari importante sunt intelegerea proceselor din interiorul celulei sau a sistemului neural. Nanobiosistemele furnizeaza modele pentru nanosisteme create de om.

Convergenta stiintei si ingineriei la nanoscara va stabili un tipar principal pentru aplicarea si integrarea nanotehnologiei in biologie, electronica, medicina, intelegerea fenomenelor si alte domenii. Aici sunt cuprinse manufacturarea de materiale hibride, ingineria neuromorfica, organele artificiale, extinderea duratei de viata, cresterea productivitatii, aprofundarea capacitatilor de intelegere si senzoriale. Vor fi dezvoltate noi concepte in manufacturarea distributiva si in consortiile cu competente multiple. Un rezultat principal va fi crearea de sisteme prin utilizarea principiilor biologice, a legilor fizicii si proprietatilor diverselor materiale.

Sustenabilitatea ciclurilor de viata si biocompatibilitatea vor fi urmarite la crearea de noi produse. Dezvoltarea cunostintelor in nanotehnologie va duce la reguli de siguranta solide pentru limitarea consecintelor neprevazute ale nanostructurilor pentru mediu si sanătate. Sinergismul ciclurilor de viata ale diferitelor grupuri de produse va asigura o dezvoltare generala sustenabila. Se va controla cantitatea de nanoparticule in aer, sol si apa, prin utilizarea unei retele nationale.

Dezvoltarea cunostintelor si educatia isi vor avea fundamentul la nanoscara. O noua paradigma in domeniul educatiei care sa nu fie bazata pe discipline ci pe unitatea naturii si integrarea educatie-cercetare va fi testata pentru grupul de varsta de 16 ani. Schimbarile de paradigma in domeniul stiintei si educatiei vor fi cel putin la fel de fundamentale ca cele din timpul "tranzitiei la microscara".

Companiile din domeniul nanotehnologiei se vor restructura in directia integrarii cu alte tehnologii, cu **productia distributiva, educatia continua** si formarea unor **consortii pentru activitati complementare**.

Nanotehnologia devine o "**competenta**" **nationala cheie**, ajutand industria existenta sa devina mai competitiva, generand progrese in domeniul cunostintelor si educatiei, sprijinind tehnologiile emergente si dezvoltand produse si proceduri medicale fara precedent, ce nu ar putea fi realizate cu ajutorul cunostintelor si instrumentelor actuale. Nanotehnologia are potentialul pe termen lung de a aduce schimbari revolutionare in societate si de a armoniza eforturile internationale spre un tel mai mult decat dezvoltarea unui singur domeniu al stiintei si tehnologiei sau a unei singure regiuni geografice. Se preconizeaza o strategie globala ghidata de obiective globale de interes reciproc ale societatii.

Un motiv principal pentru dezvoltarea nanotehnologiei il constituie **extinderea limitelor dezvoltarii sustenabile**. Una din cai este manufactura "exacta" la nanoscara, cu un consum mic de energie, apa si materiale, ca si cu o risipa redusa la minimum. O alta cale este reducerea efectelor contaminantilor nanostructurati existenti din activitatile traditionale precum motoarele cu combustie sau din surse naturale cum ar fi biomineralizarea si fragmentarea sedimentara. O a treia cale consta in controlul evolutiei nanostructurilor existente, de curand emise in mediu.

2. 2. STRATEGII ALE UNIUNII EUROPENE PENTRU NANOTEHNOLOGIE

La momentul lansarii proiectului prioritar pentru elaborarea unei Strategii de cercetare-dezvoltare in domeniul "materiale noi, micro si nanotehnologii", interesul la nivel european pentru acest domeniu se putea identifica prin **tematica Programelor Cadru de cercetare promovate de Comisia Europeana**. PC 6 abordeaza tematica nano-tehnologiilor la prioritatea 3 iar in cadrul prioritatii 2, destinata tehnologiilor societatii informatinale, sunt abordate tematici in domeniul microsistemelor si nano-dispozitivelor. De asemenea, nanotehnologiile se regasesc si in tematicile altor prioritati, ca de exemplu prioritatea 1 (Sanatate) si 5 (Alimentatie). Totusi, numai continutul acestor tematici reprezinta o informatie rupta de contextul ansamblului de actiuni destinate dezvoltarii domeniului, fiind greu de exploatat pentru elaborarea unei strategii de dezvoltare pentru Romania (axata pe integrarea in spatiul de cercetare european).

In luna mai a.c., CE a lansat studiul "**Catre o Strategie Europeana pentru Nanotehnologie**" [2]. Un extras este prezentat in Anexa 2. In iunie a.c., tot sub egida CE, un grup de specialisti de "Inalt Nivel", reprezentand 20 de firme europene de inalt prestigiu, au elaborat studiul: "**Nanoelectronica, in centrul schimbarilor. Viziune 2020. O strategie pe termen lung pentru Europa.**"

2.2.1. "Catre o Strategie Europeana pentru Nanotehnologie"- comunicare a CE, mai 2004 [2]

Comunicarea Comisiei Europene "Catre o Strategie Europeana pentru Nanotehnologie" [2] prezinta un complex de actiuni pentru "**intarirea cercetarii-dezvoltarii europene in nanostiinte si nanotehnologii**". Sunt identificate urmatoarele **directii principale de actiune**:

- cresterea investitiei si coordonarea cercetarii-dezvoltarii, pentru a consolida exploatarea industrială a nanotehnologiilor mentinand in acelasi timp excelenta stiintifica si competitia;
- dezvoltarea unei infrastructuri de cercetare-dezvoltare competitiva de talie mondiala ("poli de excelenta") care sa ia in considerare nevoile industriei si ale organizatiilor de cercetare;
- promovarea educatiei interdisciplinare si instruirea personalului din cercetare impreuna cu dezvoltarea unui mod de gandire antreprenorial mai puternic;
- asigurarea de conditii favorabile pentru transferul tehnologiei si a inovatiei pentru a asigura ca excelenta cercetarii-dezvoltarii este transpusa in produse care genereaza bunastare;
- integrarea considerentelor sociale in procesul de cercetare-dezvoltare intr-o faza incipienta;
- abordarea deschisa a riscurilor potentiale cu privire la sanatatea publica, siguranta, mediu inconjurator prin integrarea evaluarii riscului in fiecare faza a ciclului de viata a produselor pe baza de nanotehnologie, adaptand metodologiile existente sau dezvoltand unele noi;
- completarea actiunilor printr-o cooperare adecvata si initiative la nivel international.

Se considera ca nanotehnologia este importanta deoarece **va patrunde in toate sectoarele tehnologice**. Ea beneficiaza de o abordare interdisciplinara sau "convergenta" si se asteapta sa conduca la inovatii ce pot contribui la rezolvarea multelor probleme care privesc societatea de astazi. Sunt prezentate exemple [2] cu referire la domeniul medical, tehnologia informatiei, producerea si stocarea energiei, stiinta materialelor, studiul proprietatilor materiei, domeniul mancarii, apei si a mediului inconjurator, securitate.

Se estimeaza ca **piata** pentru produsele care incorporeaza nanotehnologii este actualmente de 2,5 bilioane €, ca se poate ridica la sute de bilioane de € in 2010 si ulterior la un trilion de €.

Avand perspectiva de obtinere a unor performante crescute cu un consum mic de materii prime, in special pe calea realizarii fabricatiei "de jos in sus", nanotehnologia are potentialul de a reduce pierderile de-a lungul intregului ciclu de viata a produselor. Nanotehnologia poate contribui la **realizarea dezvoltarii durabile** si la scopurile mentionate in "Agenda 21" si in Planul de Actiune pentru Tehnologia Mediului.

In ceea ce priveste **finantarea pentru cercetare-dezvoltare in nanotehnologie**, se remarca faptul ca in ultima decada a existat o explozie de interes cu o crestere a investitiei publice de la aproape 400 milioane € in 1997 la peste 3 bilioane € azi. Se identifica nivelele importante de finantare publica realizate in tari ca SUA, Japonia, Coreea de Sud, China si Taiwan si faptul ca "**UE, avand 56% din investitia totala de cercetare-dezvoltare din surse private, este in urma SUA si Japonia cu 66% si repectiv 73%**".

Europa a recunoscut potentialul nanotehnologiei intr-o etapa timpurie si a dezvoltat o baza de cunoastere solida in nanostiinte cu unele din cele mai stralucite minti in domeniu. Intre 1997-1999 UE a avut o cota de 32% din publicatiile mondiale in domeniu, in comparatie cu 24% SUA si 12% Japonia. Totusi, aceasta cunoastere nu pare sa fie fructificata de industrie. Analiza patentelor dezvaluie ca UE

Strategia de cercetare-dezvoltare in domeniile materiale noi, micro si nanotehnologii, in perspectiva integrarii in spatiul de cercetare european

are o cota mondiala de 36%, in comparatie cu 42% SUA, demonstrand ca transformarea cercetarii in aplicatii este un punct slab. **O diferenta cruciala intre UE si competitorii sai este ca peisajul cercetarii-dezvoltarii europene in nanotehnologie risca sa devina fragmentat. "Este putin probabil ca UE sa ramana competitiva la nivel mondial fara o mai buna concentrare si coordonare la nivel de Comunitate"**.

Numeroase proiecte de cercetare colaborativa si alte initiative au fost deja sprijinite pe calea Programelor Cadru ale UE. Acestea au adaugat o importanta dimensiune europeana prin stabilirea de colaborari transnationale si au catalizat o crestere substantiala in finantarea nationala si privata. In timp ce programele patru (FP4) si cinci (FP5) au finantat un numar insemnat de proiecte de nanotehnologie, numai in al saselea (FP6) nanotehnologia a fost identificata ca una din prioritatile majore.

Sunt identificate **cinci dinamici** pentru a stimula progresul pe drumul catre micul infinit: cercetarea-dezvoltarea, infrastructura, educatia si instruirea, inovatia si dimensiunea sociala. Este identificat de asemenea, un set de actiuni sinergetice care este necesar la nivelul Comunitatii in toate aceste dinamici interdependente pentru a exploata potentialul care exista in Zona de Cercetare Europeana.

In ceea ce priveste **cercetarea & dezvoltarea**, se identifica necesitatea de crestere a investitiei in cunoastere pentru a imbunatati competitivitatea Europei, necesitatea coordonarii si integrarii cercetarii la nivelul Comunitatii si coordonarea politicilor nationale, necesitatea elaborarii unor "roadmaps".

In ceea ce priveste **infrastructura**, se remarca faptul ca pentru dezvoltarea nanotehnologiei sunt necesare echipamente si instrumente care folosesc **cele mai moderne metode**. Pentru a accelera dezvoltarea atat a nanostiintelor cat si a nanotehnologiilor, **investitia intr-o mare gama de facilitati, instrumente si echipamente avansate este esentiala**. Datorita interdisciplinaritatii si naturii sale complexe, investitia trebuie impartita adesea intre organizatii la nivel local, regional, national sau privat. Este utila o clasificare a infrastructurii in trei nivele de investitie astfel:

- cateva zeci de milioane de €; tipic la nivel local sau regional (Centrele de Cercetare Interdisciplinara in Nanotehnologie, Marea Britanie si Centrele de Competenta pentru Nanotehnologie, Germania);
- pana la 200 milioane de €; tipic la nivel national (MINATEC in Franta, IMEC in Belgia si MC2 in Suedia au devenit centre de vizibilitate atat europeana cat si globala);
- mai mult de 200 milioane de € de investitie, pentru care nu exista facilitati dedicate nanotehnologiei in cadrul UE dar sunt in curs de dezvoltare in tarile din lumea a treia.

Se identifica necesitatea unor noi **"poli de excelenta"** pentru Europa. Pentru a atinge masa critica necesara, resursele trebuie concentrate intr-un numar limitat de infrastructuri in cadrul Europei. Totusi, nevoia de a minimiza fragmentarea si duplicarea trebuie echilibrata pentru a asigura competitia. Dezvoltarea de centre multiple si/sau repartizate poate fi un mijloc de a mentine un nivel adecvat de competitie. Este nevoie de o balanta adecvata intre infrastructura la nivel european, national si regional.

A treia dinamica este **investitia in resurse umane**. Pentru a realiza potentialul nanotehnologiei, UE are nevoie de o populatie de cercetatori si ingineri interdisciplinari care pot genera cunoastere si pot asigura ca aceasta este transferata industriei. *Atragerea tineretului* catre "nano" este esentiala. Nanotehnologia, ca un domeniu nou si dinamic, prezinta o oportunitate de aur pentru a atrage un numar mai mare de tineri in cariere in cercetare. Nanotehnologia pune un accent pe o abordare interdisciplinara. Este necesara *depasirea barierelor disciplinare traditonale*. De asemenea, sunt necesari cercetatori si ingineri *cu mod de gandire antreprenorial*. Pe masura ce nanotehnologia se apropie mai mult de piata, nevoia de instruire pentru crearea de "start-ups" si "spin-off", pentru siguranta si conditiile de munca este tot mai importanta.

In ceea ce priveste **inovatia**, aceasta trebuie sa parcurga intregul drum de la cunoastere la tehnologie. Pe piata globalizata de azi succesul economic pe termen lung este dependent din ce in ce mai mult de exploatarea cunoasterii. Abilitatea de a utiliza potentialul cunoasterii in domeniul nanotehnologiilor este cruciala pentru a da noi impulsuri industriilor care nu mai sunt competitive datorita competitiei internationale puternice, ca si cultivarea de noi industrii europene bazate pe cunoastere. Un rol important in crearea noilor afaceri il joaca crearea capitalului de risc in nanotehnologie. Banca Europeana de Investitie (EIB) poate juca un rol important in furnizarea de imprumuturi si intarirea bazei de capital pentru intreprinderile de nanotehnologie. Pentru inlesnirea drumului de la cunoastere la inovatia industrială, se identifica necesitatea rezolvarii unor probleme legate de patentare, legate de reglementarile specifice nanotehnologiilor, privind domeniul sanatatii publice, protectiei consumatorului si mediului inconjurator precum si probleme de metrologie si standarde.

In sfarsit, cea de-a cincea dinamica identificata se refera la **integrarea dimensiunii sociale**. Trebuie avuta in vedere o dezvoltare responsabila a nanotehnologiei. Principiile etice trebuie respectate si, acolo unde este adecvat, intarite prin reglementari. Trebuie crescuta constientizarea publica a nanotehnologiei. Increderea publica si acceptarea nanotehnologiei va fi cruciala pentru dezvoltarea sa pe termen lung. Este evident ca comunitatea stiintifica va trebui sa isi imbunatateasca abilitatile de comunicare.

Se scoate in evidenta **importanta cooperarii internationale pentru progresul in nanotehnologie**. Cooperarea internationala este un lucru cheie pentru progresul cercetarii-dezvoltarii. FP6 ingaduie echipelor de cercetare din toate tarile sa participe la proiecte. Aceasta are o importanta speciala pentru nanotehnologie, unde este nevoie de multa cunoastere de baza si unde pentru multe provocari stiintifice si tehnice poate fi nevoie de o masa critica globala. Se impune o cooperare internationala intarita in nanostiinte si nanotehnologii atat cu tarile care sunt mai avansate din punct de vedere economic (pentru a impartasi cunoastere si a imparti profitul din masa critica) cat si cele mai putin avansate din punct de vedere economic (pentru a asigura accesul lor la cunoastere si de a evita "un apartheid al cunoasterii"). Schimburile preliminare de vederi cu reprezentanti spre exemplu din SUA, Japonia, Elvetia si Rusia sunt foarte incurajatoare in aceasta privinta si pot deschide drumul pentru initiative ulterioare.

2.2.2. Nanoelectronica, in centrul schimbarilor. Viziune 2020. O strategie pe termen lung pentru Europa

Strategia pentru nanoelectronica, elaborata sub egida CE de catre un grup de specialisti de "Inalt Nivel" reprezentand 20 de firme europene de inalt prestigiu, a fost lansata in luna iunie a.c. Strategia evidentiaza faptul ca microelectronica a reprezentat cel mai important motor al progresului economic si social in ultimele decenii si ca in aceasta etapa, are loc "o deplasare catre dispozitive la scara nano, numita **nanoelectronica**, care va **revolutiona in continuare aplicatiile**". "Europa trebuie sa-si creasca eforturile cu privire la rezolvarea nevoilor cercetarii, proiectarii, aplicatiilor si fabricatiei, pentru a ramane in cursa."

In viziunea autorilor **nanoelectronica va fi "averea cheie pentru viitorul Europei"** care este prefigurata ca un "**viitor nano**" in care produse competitive la nivel global vor asigura aplicatii noi, revolutionare pentru un ambient inteligent, diagnosticare si tratament medical la scara nano, transport sigur, curat si confortabil, securitate si protectie anti-terorism.

Este subliniat rolul cheie al **cercetarilor pe termen lung in nanostiinta si nanomateriale**. La scara nanoelectronicii, este dificil sa se mentina conceptul clasic pe care il avem despre un material. Nanostiintele si nanomaterialele devin strans intrepaturse. O importanta speciala o prezinta faptul ca, compatibilitatea de scara dintre nanoelectronica si biologia moleculara introduce posibilitatea de a produce dispozitive hibride de interfatare intre componentele biologice si electronice, deschizand o gama larga de aplicatii medicale si biologice cu beneficii pentru sanatate si calitatea vietii.

Sunt preconizate "**strapungeri/ aplicatii epocale**" in mai multe domenii si anume:

- **nanomagnetism**: nanotranzistoare foarte rapide, de foarte mica putere, bazate pe "electronica de spin", pot fi sursa unor tehnologii noi de stocare de capacitate imensa;
- **biomimetica**: structuri care imita natura prin reproducerea unor mecanisme precum motoarele moleculare, masini si componente structurale;
- **afisaje**: noi materiale semiconductoare organice, emitatoare de lumina vor fi utilizate pentru a fabrica afisaje cu performante mult imbunatatite, foarte subtiri si flexibile;
- **nanofotonica**: va creste in continuare viteza si va scadea pretul transmisiei de date; vor aparea aplicatii importante in domeniul senzorilor;
- **electronica moleculara**: functii precum cea a unui tranzistor vor putea fi incorporate intr-o molecula; va oferi noi posibilitati pentru o tehnica de calcul de performante mai inalte;
- **instrumente nano-mecanice**: sisteme pentru controlul nanofluidelor, nano filtre, nano bare, nano pensete, balante la scara moleculara;
- **nanosenzori si nanoactuatori**: senzori si actuatori mai sensibili si mai selectivi vor regla vocea, vederea, simtul tactil si stimularea; vor oferi noi aplicatii in biomasurari si monitorizarea mediului.

Sunt identificate eforturile care trebuiesc intreprinse, cerinta unei **abordari multidisciplinare**, nevoia unor **actiuni coordonate**. Se remarca faptul ca actiuni coordonate si puternic sustinute la nivel guvernamental exista deja in tari ca SUA si Japonia. Satisfacerea unor cerinte tehnologice considerate ca "uluitoare" inseamna **cereri de capital foarte mare** pentru investitii, ceea ce face ca companiile individuale si chiar tarile individuale sa nu poata sa raspunda singure provocarilor. Raspunsul este de a evita duplicarile si dispersarea eforturilor prin **parteneriate public-privat, stimulate la nivel**

supranational. Sunt identificate avatajele obtinute prin dezvoltarea unor **Platforme Tehnologice**. Acestea ar permite industriei, institutiilor de cercetare, cercetatorilor universitari, autoritatilor guvernamentale (UE, regionale sau nationale) si organizatiilor de finantare sa interactioneze intr-un cadru pe termen lung, aducand toate resursele cerute intr-un cadru de finantare si de programe de dezvoltare multidimensional, cu scopul de a creste colaborarile si de a da cea mai buna utilizare talentelor si infrastructurii.

2.3. OPORTUNITATI PENTRU ROMANIA PRIVIND INTEGRAREA IN SPATIUL DE CERCETARE EUROPEAN, IN DOMENIUL NANOTEHNOLOGIILOR

Din analiza contextului la nivel mondial si european privind dezvoltarea domeniului nanotehnologiilor, rezulta o serie de oportunitati pentru Romania de valorificare a potentialului de care dispune, oportunitati cu totul deosebite ca importanta si impact:

i) Ne aflam inca la momentul de inceput al dezvoltarii unui nou domeniu, cand sansele fiecaruia sunt relativ echilibrate. Fiind vorba de un domeniu a carui dezvoltare are implicatii majore si un impact "disruptiv" asupra evolutiei industriei si societatii, exploatarea acestui moment este o sarcina deosebita care revine generatiei noastre.

ii) Europa constientizeaza ca in cursa pentru competitivitate pe plan mondial, ea trebuie sa-si intareasca pozitia in noul domeniu, al nanotehnologiilor. Europa a identificat "necesitatea imperioasa" a unui efort concertat, la care participarea tuturor fortelor este binevenita. Este un context favorabil pentru valorificarea potentialului de care dispune fiecare tara. Ne revine sarcina de a face cunoscut acest potential si de a minimiza barierele birocratice si subiective care stau in calea afirmarii sale.

iii) Primul capital ca importanta in dezvoltarea domeniului nanotehnologiilor este cunoasterea. Rezulta importanta majora a resurselor umane in acest domeniu. Romania are cotationi bune si foarte bune in aceasta privinta si trebuie sa actioneze pentru valorificarea acestui capital.

iv) La nivel european, s-a identificat necesitatea unor investitii majore (mai mari de 200 mil €) care sa asigure conditii pentru dezvoltarea nanotehnologiilor. Tarile cu forta de munca inalt calificata, puternic motivata si ieftina, ca Romania, reprezinta o varianta pentru plasarea unor astfel de investitii. Este cazul ca Romania sa acorde atentie unei astfel de oportunitati si sa actioneze pentru crearea unor conditii favorabile, atractive pentru luarea unei astfel de decizii. Dezvoltarea unei investitii nationale in domeniu poate asigura conditii de valorificare a potentialului uman de care dispunem si poate deveni nucleul pentru o investitie europeana majora. Nu trebuie pierduta din vedere necesitatea eliminarii piedicilor birocratice si subiective care se fac simtite in functionarea structurilor noastre administrative.

v) Desi dispersarea fortelor trebuie evitata pe cat posibil, strategia europeana evidentiaza necesitatea creerii, la nivel european, a mai multor poli de excelenta, aceasta vizand asigurarea competitiei intre grupurile de cercetatori. Competenta recunoscuta a Romaniei in domeniul nanotehnologiilor [5], reprezinta o sansa reala pentru dezvoltarea in Romania a unui pol de excelenta de nivel european.

vi) Caracterul de mare noutate al domeniului, in care continua sa apara directii si tematici noi, caracterul profund multidisciplinar, apropierea fara precedent dintre cercetarea fundamentala, aplicativa si de transfer tehnologic, face ca trasarea unor limite privind implicarea in domeniu a unor anume competente sa fie neproductiva.

3. CONTEXTUL NATIONAL. REFORMA ACTIVITATII DE CERCETARE-DEZVOLTARE DIN TARA NOASTRA. P.N.C.D.I.- Programul MATNANTECH.

Reforma activitatii de cercetare-dezvoltare din tara noastra a stabilit **obiectivele strategice generale ale activitatii C-D**, legate de ridicarea competitivitatii in economie: sustinerea dezvoltarii durabile, bazate pe inovare; accelerarea procesului de integrare a Romaniei in U.E.; dezvoltarea economiei si a societatii de tip informational.

Prioritatile activitatii C-D pentru primul deceniu al mileniului III sunt: consolidarea societatii bazata pe inovare, cu un nivel de dezvoltare ridicat; generalizarea integrarii in economie si societate a rezultatelor competitive ale C-D; asigurarea cresterii calitatii vietii la nivel national.

Directiile prioritare si **obiectivele C-D**, stabilite la nivel national si pe ramuri/ sectoare, au fost promovate si realizate prin Programul National de Cercetare-Dezvoltare (P.N.C.D.I.), H.G. nr. 27/1994.

Strategia de cercetare-dezvoltare in domeniile materiale noi, micro si nanotehnologii, in perspectiva integrarii in spatiul de cercetare european

Pentru a determina orientarile strategice ce trebuie adoptate in activitatea C-D in cadrul sectoarelor si ramurilor economice, s-au realizat **analize** pentru fiecare sector, care determina **fluxurile obiective-resurse-rezultate specifice**.

Programele cuprinse in **P.N.C.D.I.**, incepand cu "Orizont 2000" si continuand cu **RELANSIN, MATNANTECH, INFRAS, CERES, CALIST** etc., abordeaza teme de proiecte in domeniul transporturilor, energetic, resurselor naturale, produselor si tehnologiilor industriale, standardelor si metodelor de masura si testare, dar si al materialelor noi, avansate, micro si nanotehnologiilor si sustin realizarea urmatoarelor **obiective ale proceselor de restructurare la nivelul sectoarelor**:

- re tehnologizarea si modernizarea unor procese de productie;
- alinierea la ariile tematice cuprinse in Programele Cadru C-D.T. ale U.E.;
- sustinerea programelor de C-D prin actiuni suport.

Romania a identificat domeniile "materialelor noi, micro si nanotehnologiilor" ca domenii de cercetare-dezvoltare prioritare, de mare actualitate si avand un impact major asupra dezvoltarii societatii, odata cu lansarea in cadrul PNCDI, in anul 2001, a Programului MATNANTECH. Este esential de remarcat faptul ca inca de la lansarea acestui Program, cand aceste domenii au fost reunite in cadrul MATNANTECH, s-a avut in vedere impulsionearea acestora de evolutia pe plan mondial in domeniul "nanotehnologiilor", care s-a impus in ultima perioada ca domeniul cu cea mai mare dinamica si cu un impact "disruptiv/ revolutionar" asupra industriei si societatii.

Domeniul Materiale noi, Micro si Nanotehnologii (MN) reprezinta un sector important al cercetarii avansate si al inaltelor tehnologii, cu un pronunțat caracter de cercetare aplicativă pluridisciplinară, care impune participarea unor specialiști din domenii extrem de variate, cum ar fi: a) științele fundamentale: fizică, chimie, biologie, matematică; b) inginerie (electronică, comunicații, automatică, calculatoare, electrotehnică, chimie, mecanică, metalurgie, aviatică), medicină. De asemenea, mijloacele puse la dispozitie de MN sunt menite sa sprijine cercetarea in domeniul medicinei, biotehnologiei, agriculturii, mediului, aerospacial s.a. Progresul si varietatea aplicatiilor in energetica, mediu, sanatate depind tot mai mult de aportul noilor materiale, materialelor inteligente, multifunctionale.

In mod special, programul MATNANTECH isi propunea crearea unei sinergii intre domenii, care sa conduca la rezultate superioare strapungerilor individuale realizate de cercetatorii dintr-un singur domeniu.

Programul MATNANTECH a creat premise pentru:

- Abordarea unor activități de C-D legate de **tehnologii cu efecte revolutionare asupra dezvoltării durabile**;
- Consolidarea si dezvoltarea unui **domeniu de C-D cu un potențial important în inovarea și creșterea competitivității produselor**. Acest domeniu, desprins din cel al tehnologiei informației si al comunicațiilor, are un efect de revigorare asupra tuturor domeniilor economice prin realizarea de sisteme tehnice bazate pe miniaturizare, integrare si capacitatea de culegere, prelucrare, stocare si transmisie a informațiilor;
- Concentrarea unor competențe și resurse din domeniul științei si tehnologiei in jurul unor **problematici cu puternic caracter interdisciplinar, sinergetic și inovativ**, care vor permite crearea de parteneriate științifice intre unitati de cercetare, universitati si agenti economici, in vederea extinderii patrimoniului stiintific, tehnologic si de inovare national;
- Participarea mai eficienta a cercetarii romanesti la **programele UE** prin corelarea mai buna cu actualele programe si cu tendintele cele mai recente care se vor manifesta in programele urmatoare;
- Valorificarea potentialului uman autohton prin **cooperare internationala**.

Momentul actual, cand dezvoltarea pe plan mondial a nanotehnologiilor anunta un impact "disruptiv/ revolutionar" asupra industriei si societatii, aduce o confirmare a bunei orientari a Programului MATNANTECH si impune gasirea in continuare a celor mai bune cai pentru exploatarea oportunitatilor cu totul deosebite ca importanta si impact care se deschid pentru Romania, privind valorificarea potentialului de cercetare-dezvoltarea de care dispune (identificate in capitolul 2.3).

Se face mentiunea ca **IMT Bucuresti**, ca institut national de cercetare-dezvoltare, a fundamentat o **strategie proprie in domeniul micro- si nanotehnologiilor** si a contribuit la lansarea (mai 2004) a **"Initiativei Nationale pentru Nanostiinta si Nanotehnologie"** [4]. Variante actualizate ale acestor materiale sunt prezentate in Anexele 7 si 8.

4. MOTIVATIE PRIVIND ELABORAREA UNEI STRATEGII COMUNE PENTRU DOMENIILE MATERIALE NOI, MICRO SI NANOTEHNOLOGII

Pe plan international, domeniul „**nanotehnologiilor**” se identifica ca un domeniu distinct, de mare actualitate, cu o mare dinamica si cu un impact “disruptiv/ revolutionar” asupra industriei si societatii pentru urmatoarele decenii. In acest context, autorii isi propun elaborarea unei strategii vizand o **dezvoltare comuna** a domeniilor de **materiale noi, de micro si de nanotehnologii**. De ce aceasta optiune? In primul rand, au fost identificate trei motive principale pentru dezvoltarea in comun a domeniilor de **micro** si de **nanotehnologii**:

- i) abordarea nanotehnologiilor “de sus in jos”, **de la micro spre nano**, continua sa reprezinte **principala cale de generare a inovatiei in domeniul nanotehnologiilor**. Cea de-a doua cale de abordare a nanotehnologiilor, “de jos in sus”, prin structurarea/ autoorganizarea materialelor, la nivelul atomilor si moleculelor, pe baza indeosebi a imitarii modelelor din lumea vie, a adus rezultate spectaculoase dar pentru afirmarea adevaratului sau potential mai sunt de facut pasi importanti.
- ii) traspunerea inovatiei din domeniul „nano” in aplicatii concrete se face de cele mai multe ori prin produse fabricate cu microtehnologii, **complementaritatea celor doua domenii fiind in continuare o conditie esentiala a valorificarii prin aplicatii concrete a nanotehnologiilor**.
- iii) nanotehnologiile deschid un camp vast pentru dezvoltarea microsistemelor. Diverse nanostructuri/ nanomateriale se regasesc in componenta unor microsisteme asigurand realizarea unor functii noi, complexe. **Dezvoltarea microsistemelor este tot mai mult determinata de componenta nano care nu este „un concurent care va elimina micro” ci este un element major de dezvoltare pentru realizarea de dispozitive cu functii tot mai complexe.**

In ceea ce priveste domeniul **materialelor noi**, avansate, previziunile la nivel mondial arata ca pana in anul 2015 „**jumătate din materialele avansate nou-proiectate si din procesele de manufacturare vor fi realizate prin utilizarea controlului la nanoscala**” [1]. Desigur ca nu trebuie pierdut din vedere ca o serie de materiale noi, avansate, care confera performante deosebite unor aplicatii noi, nu sunt materiale nanostructurate. Avand in vedere diversitatea directiilor de dezvoltare a nanomaterialelor, **pluridisciplinaritatea** implicata, cu **ramificatii dintre cele mai complexe ale colaborarilor**, este greu si oricum neproductiv de tras o linie de demarcatie pe criterii „nano” intre sectoare.

In elaborarea strategiei de cercetare dezvoltare sunt abordate, intr-o ordine data de complexitatea produselor, urmatoarele domenii: i) domeniul **microtehnologiilor**, respectiv al **microsistemelor**; ii) domeniul **nanotehnologiilor/ nanostructurilor** si iii) domeniul **materialelor noi**, subliniindu-se puternica **interdependentă si intrepatrundere** dintre aceste domenii. Se evidentiaza faptul ca **nanotehnologiile reprezinta puntea de legatura intre toate aceste domenii, nucleul central al ansamblului**, fiind in acelasi timp **zona cu cea mai mare dinamica** a dezvoltarilor pe plan mondial.

5. STRATEGIA DE CERCETARE-DEZVOLTARE IN DOMENIILE “MATERIALE NOI, MICRO SI NANOTEHNOLOGII”

5.1. EFECTUAREA ANCHETEI PENTRU EVALUAREA SITUATIEI EXISTENTE, A TENDINTELOR SI A PERSPECTIVEI DE DEZVOLTARE IN DOMENIILE MATERIALE NOI, MICRO SI NANOTEHNOLOGII

S-a efectuat o ancheta pentru realizarea unei baze de date care sa permita evaluarea situatii existente, a tendintelor și a perspectivei de dezvoltare, pe termen mediu și lung, luând în considerare sistemele de cercetare din România (institute naționale, universități, Academia Română). Pentru ancheta, s-au utilizat cinci chestionare: Pagina pentru Instituții, Pagina Centrelor de Competență, Pagina pentru Proiecte, Pagina pentru Echipamente si Pagina pentru Specialisti. Chestionarele au fost completate de factorii anchetați si transmise on-line pe site-ul IMT. Anexa 4 cuprinde tabelele centralizatoare ale informatiilor inscrise in bazele de date, pe urmatoarele capitole: **Instituti, Centre de Competenta, Specialisti, Proiecte si Echipamente** (seturi de echipamente cu o utilizare comuna).

Se face mentiunea ca nu toti factorii anchetati au raspuns solicitarii de a completa bazele de date. Lipsa unor inregistrari a fost partial suplinita prin inscrierea in tabelele centralizatoare si a altor date provenite de la rețelele de excelenta, date disponibile la nivelul IMT si al partenerilor de proiect. Pe langa aceasta, autorii Strategiei au utilizat si alte informatii din baza proprie de cunoastere a domeniului, in care dansii detin pozitia de specialist reprezentativ. In acest fel, bazele de date ale proiectului nu cuprind statistica reala a informatiilor utilizate efectiv la realizarea Strategiei. Cu aceasta mentiune, se poate nota ca inregistrările cuprind date referitoare la 33 de institutii de cercetare, 56 de centre de competență, 107 specialiștii, 61 echipamente precum si date referitoare la proiecte cu

tematică specifică, interne sau internaționale. In Anexa 6, tabelul 4, se identifica 36 de participari in proiecte internationale in domeniile vizate, proiecte finantate de CE, in cadrul FP6 si FP5.

Un rol central in realizarea proiectului l-au avut institutiile participante la Programul MATNANTECH. S-a evidentiat, de asemenea, corelarea domeniului cu celelalte Programe din PNCDI. S-a identificat in ce masura rezultatele obtinute in proiectele MATNANTECH au aplicatii in domenii conexe, in care cercetarea-dezvoltarea este finantata de alte Programe din PNCDI. Au rezultat corelari puternice cu Programele RELANSIN, MENER, VIASAN, BIOTECH, INFOSOC, AGRAL si AEROSPATIAL. De asemenea, s-a identificat implicarea specialistilor din domeniul "materiale noi, micro si nanotehnologii" in proiecte din Programele RELANSIN, CERES, BIOTECH, INFOSOC, VIASAN si CALIST.

5.2. STRATEGIA DE CERCETARE-DEZVOLTARE IN DOMENIUL MICROTEHNOLOGIILOR/ MICROSISTEMELOR

5.2.1. Evaluarea potentialului uman si a infrastructurii

In domeniul **microtehnologiilor**, respectiv a realizarii **dispozitivelor MEMS si a microsistemelor**, in Romania se poate vorbi de o istorie de aproximativ 12 ani, comparabila cu istoria domeniului in lume, rezultatele obtinute bucurandu-se de apreciere internationala.

Pentru evaluarea potentialului de cercetare in domeniu s-a facut o prima analiza a **proiectelor de cercetare**. Date centralizatoare referitoare la titlul proiectelor, coordonatori și parteneri, precum și rezultate obținute sunt date în **Anexa 4, tabelul 4**.

Cu privire la **proiectele internationale**, a fost identificata incadrarea acestora in tematica specifica microsistemelor din programele de cercetare ale Comisiei Europene. Astfel, pentru FP6, se constată participarea cercetatorilor romani la proiecte internaționale in urmatoarele subdomenii: 2.3.1. "Micro, Nano and Opto-electronics", 2.3.2. "Micro and Nano Technologies, Microsystems, Displays", 3.4.1. "Nanotechnologies and Nanosciences", 3.4.1.3. "Nano-metre-scale engineering", 3.4.1.5. "Applications in health, chemistry, energy, optics, food and environment", 3.4.2. "Knowledge-based multifunctional materials", și 3.4.3. "New production processes and devices". Proiecte de cercetare pentru microsisteme se regasesc si in programele FP5, PHARE, EUREKA, COPERNICUS, CRAFT, NATO. Se remarcă de asemenea participarea specialiștilor români și la Programe de cercetare bilaterale și anume: SCOPES (Canada), BRÂNCUȘI (Franța).

Pentru exemplificare, sunt prezentate **proiectele internationale din domeniul RF MEMS**. Proiectul european, Inco Copernicus/ FP4, **MEMSWAVE**, derulat in perioada 1998-2001, coordonat de IMT si avand 7 parteneri din Europa, a obtinut pentru rezultate deosebite, nominalizarea pentru premiul DESCARTES. In cadrul acestui proiect s-au realizat primele structuri de elemente pasive de microunde pe membrane subtiri dielectrice (tehnologie MEMS) raportate in Europa. Workshop-ul MEMSWAVE, a carui prima editie a fost organizata de IMT, a devenit din anul 2002, datorita interesului deosebit pe plan european, o manifestare stiintifica independenta, itineranta in Europa (2002-Heraklion, 2003-Toulouse, 2004-Uppsala). Lucrarile workshopului MEMSWAVE sunt editate in volum, in seria Micro and Nanoengineering, Editura Academiei Romane. Un alt proiect este Reteaua de Excelenta "Advanced MEMS For RF and Millimeter Wave Communications"- **AMICOM**, 2004-2006 (Programul FP 6, prioritatea 2-IST), in care IMT este partener alaturi de 28 de participanti europeni. In **programe de cercetare bilaterale**, se regasesc urmatoarele participari: proiect Brancusi in colaborare cu LAAS Toulouse; proiect IMPACT, in colaborare cu LAAS Toulouse (Franta); bilaterala IMT – FORTH MRG (Grecia); bilaterala IMT – ITC IRST (Italia); colaborare interacademica IMT – MFA Budapesta; bilaterala IMT – KERY (Korea).

In ceea ce priveste **proiectele nationale**, se identifica finantarea de proiecte în domeniul MEMS in cadrul urmatoarelor Programe de cercetare-dezvoltare: **MATNANTECH, AEROSPATIAL, BIOTECH, RELANSIN, PROGRAME ALE ACADEMIEI ROMÂNE, CERES, PROGRAMUL NUCLEU**. Direcțiile de cercetare în domeniul dispozitivelor MEMS si a microsistemelor sunt relativ bine reprezentate in programele nationale de cercetare și ele se referă la dezvoltarea unor noi tehnologii pentru MEMS-uri, pe substrat de siliciu, sticla, ceramici, carbon amorf, carbura de siliciu etc functie de aplicatiile acestora. Obiectivele principale avute în vedere au avut drept scop studierea si implementarea de noi tehnici de proiectare si caracterizare si noi tehnologii pentru realizarea de microstructuri, microsenzori si microsisteme cu aplicatii in industrie, comunicatii mobile, monitorizarea mediului, agricultura, controlul calitatii alimentelor, industria de automobile si aeronautica, medicina - investigatii si tratament, biologie-cercetare si testare de medicamente.

Cu privire la evaluarea **infrastructurii** existente in domeniul MEMS, o sinteza a răspunsurilor din "Pagina de echipament" este realizată în Anexa 4, tabelul 5. Prezentarea echipamentelor utilizate în cercetare este oarecum sumara, in sensul ca nu se regasesc toate echipamentele existente in tara. Pot fi identificate echipamente utilizate pentru procesarea de microstructuri si microsisteme, caracterizarea electrica si testarea functionala a acestora, investigarea fizico-chimica a straturilor subtiri, impreuna cu locul unde aceste echipamente sunt amplasate, anul punerii în funcțiune si persoana de contact. Se remarca faptul ca exista un numar relativ redus de echipamente in domeniul procesarii microelectronice puse în funcțiune după anul 1990 desi se pot identifica o serie de echipamente puse in functiune dupa anul 2000 care prezinta o anumita importanta. Echipamentele sunt diversificate în funcție de domeniul de cercetare și de utilizarea concreta. Principalele echipamente pentru realizare de microsisteme pot fi grupate astfel:

- instalații de cercetare și microprocesare pentru fotolitografie;
- spiner, masina de aliniere, rinser/dryer pentru plachete, etuve intarire fotorezist;
- hote chimice pentru corodari;
- instalatii de plasma pentru corodari uscate;
- instalatii de cercetare si microproductie pentru procese termice;
- cuptoare de difuzie pentru plachete de 3" si 4", oxidare, annealing;
- instalații de cercetare și microprocesare pentru implantare ionica;
- instalatii pentru depuneri straturi subtiri;
- instalatii pentru depuneri straturi metalice (Al, Au, Cr, Pt, Ag, Ti, Cu);
- echipamente de cercetare pentru caracterizare fizico-chimica (SEM, AFM);
- Microscopie optice controlul alinierii, controlul dezvoltarii si a corodarii;
- Caracterograf pentru caracterizare electrica;
- Sonde mobile, osciloscoape;
- Echipamente pentru masuratori de fiabilitate a microsistemelor;
- Linie completa pentru procesare masti de 4" si 5';
- Echipament XRD;
- Echipament IR, elipsometru;
- Instalatie pentru corodarea anizotropa a siliciului termostata, cu refluxare;
- Balanta analitica cu 5 zecimale pentru masuratori de masa.

Sunt identificate un numar semnificativ de **institutii** cu rezultate meritorii in domeniul microsistemelor (Anexa 4, tabelul 5). O detaliere este facuta pentru domeniul **micro- si nanofotonicii**, pentru care este prezentat un tabelul cu date ale principalelor 10 institutii de cercetare din tara avand personal cu experienta si echipamente tehnologice in domeniu.

Evaluarea potentialului uman si a infrastructurii in domeniul microsistemelor, scoate in evidenta caracterul **multidisciplinar** al cercetarii in acest domeniu. Pentru exemplificare, se prezinta subdomeniul **micro- si nano-fotonicii**, unde dezvoltarea presupune aportul unor:

- specialisti in chimie organica, anorganica, chimia polimerilor, *pentru elaborarea de materiale compozite si straturi subtiri cu uniformitate si dimensiuni foarte bine controlate;*
- tehnologi cu experienta in *micro si nanotehnologii, microprelucrarea siliciului, straturi subtiri, procese fotolitografice avansate, incapsulari neconventionale, integrare hibrida;*
- cercetatori cu experienta in *proiectare, modelare-simulare de componente micro /nanofotonice si microsisteme opto-electro-mecanice*
- fizicieni si ingineri cu experienta in *optica, optoelectronica, optica integrata, microsisteme* pentru a proiecta componente noi, pe baza materialelor si proceselor nou elaborate;
- chimisti si biologi cu experienta in domeniul *senzorilor chimici si biologici* pentru proiectarea si experimentarea de materiale senzitive;
- specialisti din industrie pentru *aplicarea industrială* a rezultatelor cercetarii.

5.2.2. Directii si obiective de cercetare-dezvoltare tehnologica care pot asigura avantaje competitive pentru Romania

Avand in vedere rezultatele obtinute de colectivele de cercetare in domeniul microtehnologiilor si microsistemelor, tinand cont de resursele existente si de posibilele colaborari internationale, se identifica urmatoarele **directii** si **obiective** de cercetare-dezvoltare tehnologica care pot asigura avantaje competitive pentru Romania:

- Dispozitive si module pentru controlul si conversia energiei (inclusiv dispozitive semiconductoare de putere, celule solare, microbaterii electrochimice, sisteme de monitorizare a consumului) ;
- Subsisteme integrate microelectronice, microfotonice si de microunde;

- Dispozitive de microunde necesare prelucrării și transmisiei informației;
- Noi materiale, microstructuri și microsisteme pentru comunicații și radiolocație în domeniul undelor centimetrice, milimetrice și submilimetrice;
- Componente micro și nanofotonice, micro și nano-sisteme cu aplicații în comunicații, în transmiterea și prelucrarea optică a informației (materiale fotonice active și pasive și heterostructuri microfotonice, integrarea cu circuite microelectronice; cristale fotonice - proiectare, experimentare și aplicare la realizarea de componente și circuite nanofotonice; materiale hibride organic-anorganic pentru nanofotonica; tehnologii de realizare componente și microsisteme pe baza noilor materiale obținute; componente și circuite micro/nano fotonice pentru comunicații; MOEMS, NOEMS pentru comunicații și prelucrarea optică a informației; dispozitive de emisie)
- Componente micro și nanofotonice pentru senzori cu aplicații biomedicale și de mediu (materiale nanostructurate sensibile pentru senzori cu detecție optică; dispozitive funcționale avansate și circuite integrate fotonice pentru aplicații biomedicale și de mediu);
- Dispozitive de afișare și emisie pe baza de materiale organice ;
- Detectori de substanțe și de radiație pentru controlul poluării mediului;
- Microstructuri/microsisteme utilizate în producerea, stocarea, transportul și controlul energiei electrice
- Microstructuri, microtraductori și microsisteme cu aplicații în comunicații, prelucrarea informației ;
- Microstructuri și microsisteme pentru microprocesare chimică și biologică, microseparare, microanaliza și microinstrumentație ;
- Senzori pentru testarea calității produselor agro-alimentare;
- Microtraductoare (senzori și elemente de acționare miniaturizate și integrate): materiale, tehnologii, demonstratoare cu aplicații în industrie, agricultură, transporturi ;
- Materiale, dispozitive și microsisteme de recunoaștere și respectiv de eliminare a agenților poluanți pentru monitorizarea și protecția mediului;
- Tehnici computaționale (inclusiv calcul molecular), arhitecturi hardware, microsisteme și elemente de microrobotica elaborate pe principii biologice (biomimetice);
- Microdispozitive și microsisteme de investigare biomedicală (microelectrozi, biosenzori, elemente de microfluidică etc.), inclusiv pentru manipularea și studierea celulelor și a materialului genetic.

Intrucât dezvoltarea microtehnologiilor, respectiv a microsistemelor, este în mare parte întreprinsă cu dezvoltarea nanotehnologiilor, la capitolul referitor la "nanotehnologii", este făcută o sistematizare a unor direcții principale de cercetare-dezvoltare comune celor două subdomenii. Sistematizarea propusă ține cont și de evoluțiile pe plan internațional în domeniul micro și nanotehnologiilor.

5.2.3. Estimarea duratelor, a potențialului și a infrastructurii necesare pentru atingerea obiectivelor propuse

Pentru un orizont de timp de 3 – 5 ani, cercetarea românească, utilizând potențialul și infrastructura existente precum și colaborările internaționale deja stabilite, poate continua să înregistreze obținerea de noi contribuții valoroase la dezvoltarea domeniului microsistemelor, în direcțiile tematice identificate la capitolul anterior. Se pune însă problema în ce măsură societatea românească va valorifica aceste rezultate. Se va dezvolta în România o fabricație de microsisteme, se vor crea noi locuri de muncă? Se va crea o emulație în cercetarea-dezvoltarea domeniului? Ancheta efectuată în rândul cercetătorilor de prestigiu din domeniu, care se bucură efectiv de o recunoaștere europeană și care au luat contact cu realitățile europene, releva faptul că rezultate mult mai importante în ceea ce privește beneficiul economic și social, s-ar putea obține în situația punerii în funcțiune a unei investiții noi în domeniu, care să vizeze atât microtehnologiile cât și domeniul mai nou al nanotehnologiilor.

Se propune asigurarea finanțării pentru realizarea unei facilități de interes național în domeniul micro-nanotehnologiilor. Data fiind convergența micro și nanotehnologiilor, există elemente multiple de întreprindere și de convergență a acestor domenii. Practic putem avea „microsisteme” cu straturi sensibile nano, sau nanoelectrozi poziționați pe un varf „micrometric” care să fie inserat în țesutul nervos sau muscular. Când vorbim de microsenzori, microsisteme și nanostructuri, avem în vedere echipamente tehnologice și de caracterizare comune care permit realizarea acestora, ne gândim la fluxuri tehnologice unitare care permit integrarea pe același cip a microsistemelor și a nanostructurilor, împreună cu materiale nanostructurate, pentru realizarea unor funcții complexe cum ar fi: microsistem pentru înregistrarea glicemiei și livrarea controlată de insulină, arii de microsenzori de gaz cu straturi sensibile nanometrice pentru detecția diversilor poluanți (nasul electronic).

Dezvoltarea în viitor a microsistemelor va fi determinată de componenta nano care nu este „un concurent care va elimina micro” ci este un element major de dezvoltare în realizarea de dispozitive cu funcții tot mai complexe.

Orice analiza cat de cat documentata arata importanta coplecitoare a microsystemelor in economie si societate la nivel mondial, cat si rezultatele si competentele existente in acest domeniu in Romania. Se impun masuri concrete care sa ajute dezvoltarea infrastructurii pentru acest domeniu, in asa fel incat echipamente noi, care asigura competitivitatea cercetarii si produselor sa poata fie larg utilizate de institute, universitati si companii. Justificarea unei investitii nationale in micro si nanotehnologii va fi dezvoltata la capitolul privind strategia de cercetare-dezvoltare in domeniul „nanotehnologiilor”.

In ceea ce priveste **potentialul uman**, in acest domeniu de cercetare este necesar un proces de dezvoltare continua a acestuia. Intr-un domeniu cu o dinamica de dezvoltare deosebita, este importantă dezvoltarea continuă a competentelor. De asemenea, trebuie avuta in vedere angrenarea unui numar crescut de tineri. Atragerea tinerilor în activitatea de cercetare constituie garanția continuității iar oferirea de granturi și burse de cercetare la centre de renume din străinătate le asigură tinerilor specializarea necesară la un înalt nivel științific. Prin acești tineri cercetători se asigură deschiderea instituțiilor spre lumea științifică, accesul la o serie de activități și facilități ale partenerilor. Este necesara incurajarea tinerilor de a lucra in domeniu. Cei care au specializari cu doctorate in strainatate, trebuie incurajati sa se intoarca. Sunt necesare masuri financiare corespunzatoare. De mare importanta este si asigurarea unui mediu stiintific corespunzator, cu dotari care sa permita o perfectionare profesionala la nivel competitiv pe plan international.

5.2.4. Propunerea unor solutii pentru dezvoltarea retelelor tehnologice integrate care sa cuprinda realizatorii potentiali ai obiectivelor stabilite

Proiectele nationale in domeniul MEMS au ca parteneri in țară institute de cercetare (ex: Institutul de Izotopi și Tehnologie Moleculară Cluj Napoca, Institutul de Chimie Fizica al Academiei Române, Institutul Petru Poni Iasi, Centrul de Cercetări Tehnice Fundamentale Avansate, ICPE București, ICTCM București, Institutul de Fizica Materialelor București, Institutul de Fizica Laserilor, Plasmei și Radiatiilor, Institutul National de Geologie, Institutul de Biologie al Academiei Romane, Institutul de Biochimie, Institutul de Farmacologie, Institutul de Inteligenta Artificiala al Academiei Romane, Institutul National de Electrochimie, Institutul National de Metale Rare etc), centre de cercetare (Centrul de Cercetari Medico –Militare), instituuții de învățământ superior (Universitatea Politehnica Bucuresti, Universitatea Politehnica Timișoara, Universitatea de Vest Timișoara, Universitatea Targu Mures, Universitatea Tehnica Iasi, Universitatea Craiova, Universitatea Cluj, Universitatea Valahia Targoviste, Universitatea din Pitesti), precum și agenți economici (ROMQUARTZ, DACIA Pitești, IPEE Curtea de Arges, ROMES S.A, Microelectronica S.A, Orange Romania, Calculatoare Felix, Softwin, etc.).

In subdomeniul **RF MEMS**, realizarea obiectivelor propuse implica participarea alaturi de IMT a unui numar insemnat de parteneri din țara printre care: Universitatea Politehnica Bucuresti, Institutul „Petru Poni” din Iasi, Academia Militara Bucuresti, INCDFM Magurele, Facultatea de Fizica a Univ. Bucuresti, IFIN-HH Magurele si Univ. Valahia Targoviste.

Pentru subdomeniul **micro- si nanofotonicii** se identifica parteneriate complexe. Pentru dispozitive micro si nanofotonice, micro si nano-sisteme cu aplicatii in comunicatii si prelucrarea optica a informatiei sunt necesare contributiile pentru dezvoltarea de noi materiale care pot fi realizate de colective din INCDFM, INCDFLPR, ICF, Inst. “Petru Poni”, Univ. Babes Bolyai. Aplicabilitatea acestor materiale in dezvoltarea de procese tehnologice pentru componente pentru comunicatii poate fi facuta de IMT in colaborare cu INCDFLPR si INCDFM. Proiectarea de componente este asigurata de IMT in colaborare cu CCO. Pentru caracterizari de materiale si procese sunt implicate INCDFM, INCDFLPR, ICF, Inst. Petru Poni, Univ. Babes Bolyai, CMMPI in timp ce caracterizarile de componente pot fi asigurate de CCO, IMT si INCDFLPR.

Pentru dezvoltarea de senzori cu aplicatii biomedicale si de mediu, realizarea de materiale si de straturi senzitive este asigurata de Institutul de Biologie al Academiei Romane si ICF iar dispozitivele ca atare sunt realizate de IMT si INCDFM.

Dispozitivele de afisare si emisie pe baza de materiale organice pot fi realizate pe baza urmatoarelor contributiile: cercetari de material - Inst. Petru Poni, ICEPALV, INCDFM ; dezvoltare tehnologica - IMT, INCDFM ; dezvoltare de produse - IMT, INCDFM; caracterizare de material -INCDFM, INCDFLPR, ICF, Inst. Petru Poni, Univ. Babes Bolyai, CMMPI ; caracterizari dispozitive - CCO, IMT, INCDFLPR.

5.2.5. Căi de implicare a României în cercetarea europeană în domeniul tehnologiilor de microsistem. Rețele tehnologice integrate. Nișe de colaborare și integrare tehnologică

Parteneriatele internationale sunt importante in acest domeniu complex, al realizarii de microstructuri si microsisteme. In general nici o institutie nu are toate dotarile necesare pentru dezvoltarea acestor produse complexe, cu atat mai mult cu cat tehnologiile de microsistem necesita conditii de camera alba, fluide si echipamente extrem de scumpe. Exista si situatia in care unele institute vestice au dotari foarte bune insa forta de munca calificata (cercetatori cu experienta) este redusa. Realizarea de proiecte in parteneriat este necesara atat in tara cat si in strainatate.

Printre principalii parteneri străini la realizarea proiectelor internationale in domeniul MEMS se menționează: Ecole Polytechnique Federale de Lausanne - Elveția, NMRC Cork, IMEL Democritos, Budapest University of Technology and Economy, Warsaw University of Technology, Academia Bulgara, Uppsalla Suedia, Tuebingen University Germany, IMSAS Bremen, LAAS France, ETB (European Technology for Bussiness) UK, IMEC Belgia, Lancaster University, Montpellier University France, Cardiff University UK, etc.

Ancheta a evidențiat faptul că există **produse și tehnologii** care pot constitui **ținte realiste** de dezvoltare în țara noastră sau la dezvoltarea cărora România poate participa ca partener. Senzorii și actuatorii se pot menționa ca produse țintă realiste în domenii ca industria automobilistica, monitorizarea mediului, medicina, electrocasnice. Cercetătorii români pot asigura tehnologii care au fost folosite in dezvoltarea unor demonstratoare, prototipuri sau produse precum urmatoarele: microprelucarea de volum a siliciului, sticlei, polimerilor; microprelucarea de suprafata a siliciului; tehnologii de depunere straturi sensitive polimerice pentru senzori chimici; tehnologii de depunere straturi biologice pentru biosenzori si chemosenzori; tehnologii de depuneri straturi metalice, ceramice (AlN), dielectrice (Si₃N₄, SiON), piezoelectrice (PZT, ZnO).

Cercetatorii romani pot participa la colaborari internationale pentru dezvoltarea productiei unor dispozitive MEMS precum: microsenzori de gaz chemorezistivi pentru CO si NO₂; micropelistori pentru detectia gazului metan; arii de microelectrozi pentru masuratori de impedanta la nivel celular si tisular, in vivo si in vitro; arii de microelectrozi pentru aplicatii de mediu; accelerometru pentru industria auto; detectori de radiatie; microalveole pentru cresteri de celule; microsenzori magnetici; celule solare; microsenzori de glucoza.

In domeniul RF MEMS, cercetatorii din IMT pot realiza produse competitive la nivel european, pe baza unor colaborari care au capatat deja o traditie, la laboratoarele tehnologice si de caracterizare de la LAAS Toulouse din Franta, FORTH Heraklion din Grecia, ITC IRST Trento din Italia. Lista partenerilor externi mai cuprinde: FORTH-IESL Herakion, Grecia; CNR – M²T - Microwave Microsystem Technology, Roma, Italia; Universitatea Tor Vergata, Roma, Italia; ITC-IRST Trento, Italia; HAS-MFA, Budapesta, Ungaria; CNRS LAAS Toulouse, Franta.

In domeniul dispozitivelor micro si nanofotonice se identifica parteneriate internationale care asigura competitivitatea pe plan european a realizarilor noastre. Putem contribui la: dezvoltari de componente micro si nanofotonice, micro si nano-sisteme cu aplicatii in comunicatii si prelucrarea optica a informatiei, in parteneriate cu LAAS-CNRS Toulouse, Fraunhofer Institut für Nachrichtentechnik-Heinrich Hertz Institut (procesare tehnologica) si Universitatea din Atena (caracterizari opto-electrice); dezvoltari de componente micro si nanofotonice pentru senzori cu aplicatii biomedicale si de mediu, in parteneriate cu Institut fur Polymerforschung Dresden –IPF, Germania, Lund University- Suedia, Centre National de la Recherche Scientifique – Polymer Group CNRS, Franta; precum si la dezvoltari de dispozitive de afisare si emisie pe baza de materiale organice in colaborare cu INSTM-Italian Institute of Materials Science and Technology Lund University, Suedia.

Ancheta efectuata a pus in evidenta existenta unui parteneriat international foarte larg in domeniul microsistemelor, institutiile cu care se colaboreaza fiind printre cele mai renumite din Europa si din lume. Aceste parteneriate si proiectele derulate la nivel european reprezinta baza de formare a unor nise de colaborare si integrare tehnologica. Se mentioneaza faptul ca parteneriatele internationale se vor dezvolta in continuare, in functie de cerintele concrete de colaborare care apar. Ceea ce este important este ca specialistii romani si-au castigat accesul la aceste parteneriate si ca exista un cadru de dezvoltare a acestora, asigurat de proiectele internationale precum proiectul WAPITI, retelele de excelenta MANOFUN-POLY si 4M – clusterul micro-optica si rețeaua de training ASSEMIC.

5.3. STRATEGIA DE CERCETARE-DEZVOLTARE IN DOMENIUL NANOTEHNOLOGIILOR

5.3.1. Evaluarea potentialului uman si a infrastructurii

Asa cum a fost evidentiat in capitolele anterioare, **nanotehnologiile reprezinta un nucleu central** al domeniilor de **materiale noi, micro si nanotehnologii**, fiind zona cu cea mai mare dinamica a dezvoltarilor pe plan mondial, care se preconizeaza sa aduca un impact major, "disruptiv/ revolutionar" asupra industriei si societatii, in urmatoarele decenii. Nanotehnologiile și nanomaterialele reprezintă o oportunitate deosebită pentru relansarea economiei românești, renunțarea la industriile mari consumatoare de energie și abordarea unor activități care implică multă inteligență si inovatie, cu profituri uriașe. Strategii relevante la nivel mondial [1, 2, 3], analizate in capitolul 2, considera ca nanotehnologiile reprezinta: „**competenta nationala cheie**” sau „**averea cheie pentru viitorul Europei**”. In acest context, s-a urmarit sa se evidentieze faptul ca implicarile in domeniul „nano”, relativ la potentialul uman si la infrastructurile de care dispune tara noastra, au o pondere si o insemnatate semnificative in ansamblul domeniilor in discutie. Pentru aceasta s-au intocmit, pe baza inregistrarilor din bazele de date ale proiectului, diagrame privind ponderea „**reprezentarii domeniului „nano”**”, la nivelul Centrelor de Competenta (Figura 1), repartizarea pe tipuri de institutii (Figura 4), ponderea echipamentelor cu utilizare in domeniul „nano” (Figura 6), repartizarea acestora intre procesele de fabricatie si operatiile de caracterizare (Figura 7), incadrarea proiectelor de cercetare din domeniul „nano” in directiile tematice ale prioritatilor specifice din FP6 (Figura 8).

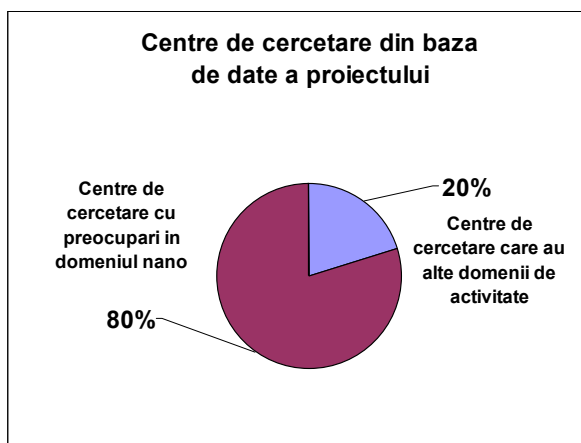


Figura1.

Ponderea Centrelor de Competenta cu preocupari in domeniul "Nano"

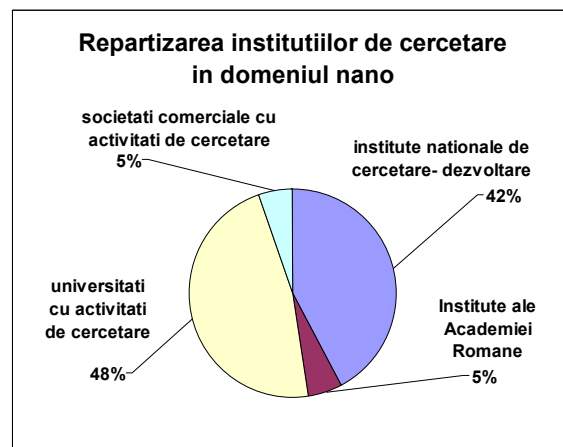


Figura 4.

Ponderea diferitelor tipuri de institutii de cercetare din Romania cu preocupari in domeniul "Nano"

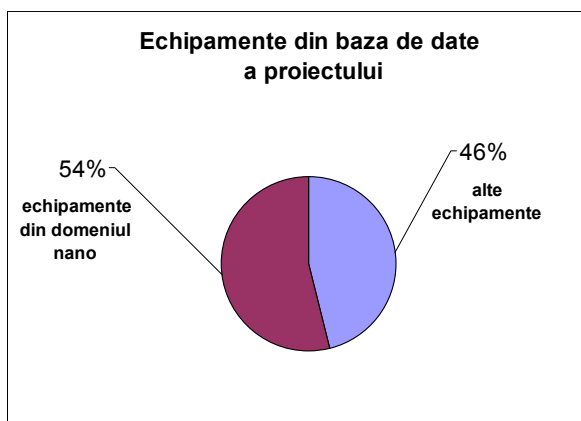


Figura 6.

Ponderea echipamentelor cu utilizari in domeniul "Nano"

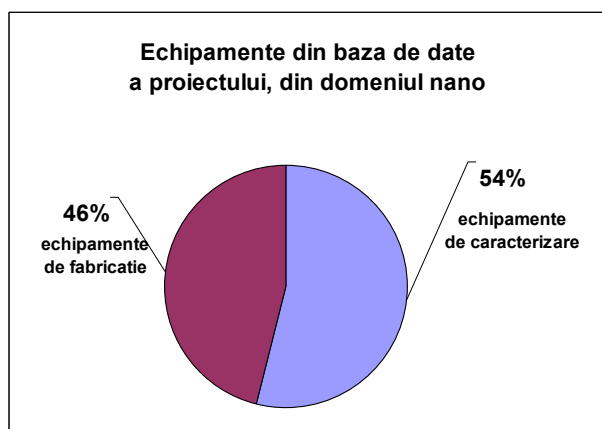
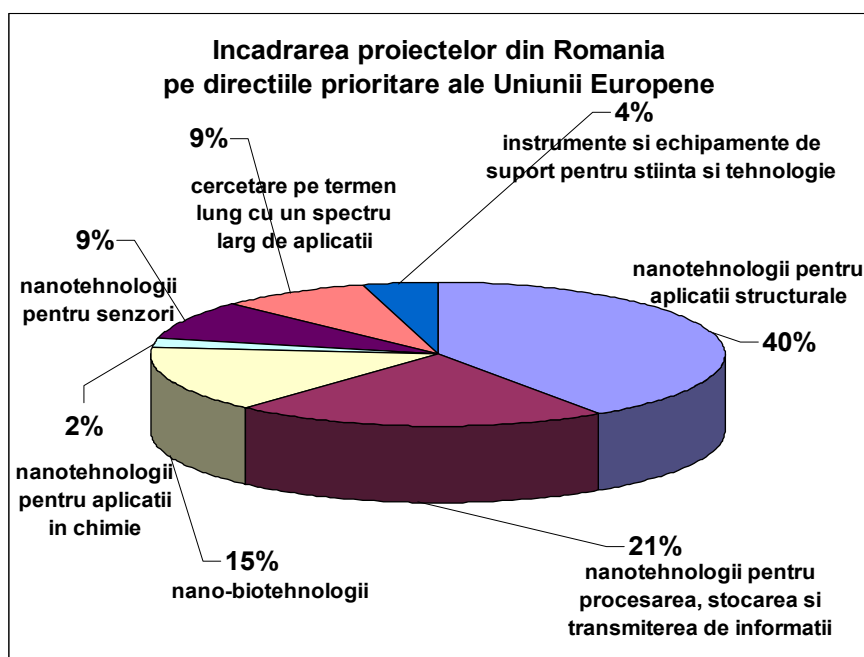


Figura 7.

Repartizarea echipamentelor cu utilizari in domeniul "Nano"

intre procese de fabricatie si caracterizare

Figura 8.
Incadrarea
proiectelor de
cercetare din
domeniul „nano”
in directiile
tematice ale
prioritatilor
specifice din FP6



Pentru evaluarea potentialului de cercetare in domeniul **nanotehnologiilor** s-a facut analiza proiectelor de C-D din acest domeniu, a dotarilor existente si a potentialului uman. Datele sunt centralizate in Anexa 5, pentru domeniile **nanoparticulelor, materialelor cu memoria formei, materialelor biocompatibile și a fluidelor magnetice.**

O prima analiza se refera la incadrarea proiectelor in tematica specifica nanotehnologiilor promovata in programele de cercetare ale CE, respectiv in FP6. Acest lucru este ilustrat în **Anexa 5, tabelul 1**, cu menționarea domeniilor și subdomeniilor de interes primar, secundar și de ordinul III. **Tabelele 2 și 3** se refera la implicarea instituțiilor și centrelor de competență în programe de cercetare internaționale și naționale si au fost intocmite utilizandu-se datele din "Pagina de instituție" și "Pagina Centru de competență". Se constată participarea la 24 proiecte internaționale pentru FP6 - subdomeniile 3.4.1.1, 3.4.1.2, 3.4.1.3, 3.4.1.5, 3.4.2.1, 3.4.2.2 și 3.4.2.3, 3.4.3., pentru programele PHARE, EUREKA, CABCS, COATRANS, COPERNICUS, CRAFT, FP5, NATO si bilaterale: SCOPES (Canada), DAAD (Germania), BRÂNCUȘI (Franța). Cu privire la proiectele naționale, se identifica participarea la Programele MATNANTECH, AEROSPAȚIAL, BIOTECH, RELANSIN, PROGRAME ALE ACADEMIEI ROMÂNE, CERES. Detalii referitoare la titlul proiectelor, coordonatori și parteneri, precum și rezultate obținute se dau în tabelul 4, întocmit pe baza chestionarelor "Pagina de proiect". Rezultă că direcțiile de cercetare în domeniul nanotehnologiilor sunt bine reprezentate. Se consideră că în cercetarea românească s-au obținut rezultate care trebuie să fie mai bine cunoscute în afara granițelor pentru a fi integrate în activități ale unor laboratoare sau mari consorții. Nanotehnologiile reprezintă o oportunitate deosebită pentru relansarea economiei românești prin renunțarea la industriile mari consumatoare de energie și abordarea unor activități care implică multă inteligență, cu profituri uriașe.

Pentru evaluarea **infrastructurii** existente, s-a realizat o sinteza a datelor cuprinse la "Pagina pentru Echipamente" prezentată în Anexa 5, tabelul 6 care oferă o imagine privind echipamentele utilizate în domeniile nanoparticulelor, materialelor cu memoria formei, materialelor biocompatibile și a fluidelor magnetice. Se menționează locul de amplasare, anul punerii în funcțiune, persoana de contact. Se remarcă existența unei infrastructuri performante, 87 % din echipamente fiind puse în funcțiune după anul 1990, iar 37.5% după anul 2000. Echipamentele pot fi grupate astfel:

- instalații pentru sinteza și procesarea materialelor cristaline sau amorphe cu nanostructuri;
- cromatografe și spectrometre pentru identificarea compușilor funcționali și cercetarea proceselor la nivel molecular și supramolecular și determinări de compoziții ionice;
- analizoare granulometrice cu laser pentru determinarea distribuției granulometrice a nanoparticulelor;
- aparat electroforeză pentru cercetarea comportării organismelor la nivel celular;
- derivatografe și termobalanțe pentru identificarea transformărilor termice și a transformărilor de fază și a parametrilor cinetici din reacțiile de oxidare și degradare termică;
- laser și echipament cu ultrasunete pentru realizarea microîmbinărilor;
- echipament investigații contrast pentru decelarea variabilității caracteristicilor la nivel molecular;
- instalații de difracție și de elaborare materiale amorphe, pentru sinteza materialelor cu memoria formei;
- instalații de pulverizare în jet de plasmă și cu arc electric pentru depunerea particulelor ultrafine;

Strategia de cercetare-dezvoltare in domeniile materiale noi, micro si nanotehnologii, in perspectiva integrarii in spatiul de cercetare european

- magnetometre pentru determinarea proprietăților magnetice ale fluidelor complexe magnetizabile;
- reometre pentru măsurarea proprietăților reologice și magnetoreologice ale fluidelor magnetizabile;
- microscopie pentru determinarea microstructurilor, analiza transformărilor de faze în materialele avansate și pentru decelarea variabilității formei organismelor la nivel molecular.

În tabelul 7, se prezintă **structura potențialului uman** implicat în activitatea de cercetare din institutele de C-D, instituții de învățământ superior și centre de competență în domeniile nanoparticulelor, materialelor cu memoria formei, materialelor biocompatibile și a fluidelor magnetice. Datele reprezintă sinteza Paginilor de instituție și a Paginilor Centrelor de Competență pentru 8 instituții și 9 centre de competență. Se remarcă numărul mare al cercetătorilor principali, al doctorilor și al doctoranzilor. Se consideră mulțumitor numărul de masteri și studenți implicați. Există deci potențial uman cu înaltă pregătire, cu experiență care să poată participa în parteneriate internaționale.

Tabelul 8 centralizează datele referitoare la **specialiștii** din domeniul nanoparticulelor, materialelor bioactive, aliaje cu memoria formei, fluide magnetice, cu menționarea afilierii, vârstei, competenței și experienței pe subdomeniile 3.4 (FP6), posibilitățile de contactare (e-mail, telefon, fax). Repartizarea lor în funcție de competență/ experiență este prezentată în tabelul 9, cu o detaliere în tabelul. Repartizarea după vârstă a specialiștilor este următoarea: ♦22-30 ani - 3%; ♦30-35 ani - 3%; ♦35-40 ani -16%; ♦40-45 ani -10%; ♦45-50 ani - 20%; ♦50-55 ani -14%; ♦55-60 ani -30%; ♦peste 60 ani - 3%. Se constată numărul mic al specialiștilor tineri sub 30 de ani și numărul mare de specialiști cu vârsta peste 50 de ani. Se impun măsuri pentru întinerirea personalului de cercetare. Se menționează câteva: crearea unor colective mixte de cercetare în care experiența cercetătorilor să fie împărtășită tinerilor, numirea tinerilor ca directori de proiecte de cercetare, mobilizarea studenților din anii terminali la activitățile de cercetare pentru stimularea interesului pentru domeniu, trimiterea cu burse de doctorat la universități din străinătate, antrenarea lor în parteneriatele de cercetare, organizarea unor activități științifice de tipul manifestării "Tinerii și cercetarea multidisciplinară", organizată de ACMV Timișoara.

Tabelul 11 prezintă interesul specialiștilor pentru colaborări, cu detalierea modalităților de colaborare.

Pentru domeniul **nanomaterialelor oxidice si hibride**, se identifica grupuri de cercetare cu tradiție în modelări, obținere, caracterizări fizico-chimice complexe și în diferite aplicații, existente în universități și institute de cercetare ca: Institutul de Chimie Fizică "I.G.Murgulescu" al Academiei Române, Institutul de Chimie "C.Dragulescu" al Academiei Române Timișoara, Universitatea "Politehnica" București și Universitatea "Politehnica" Timișoara, INCDFM-București, ICPE-CA. Infrastructura pentru cercetare în toate institutiile menționate este sub nivelul necesar unei cercetări competitive de nivel european, deși s-au făcut eforturi deosebite pentru modernizarea acestora.

În domeniul utilizării **polimerilor si interacțiilor acestora ca materiale noi in micro si nanotehnologii (PMNM)**, s-au identificat un număr de cinci institutii care activează în domeniu și anume: Institutul de Chimie Macromoleculară "Petru Poni" Iași (ICMPP); Universitatea Tehnică "Gh. Asachi" Iași, Catedra Macromoleculare; Universitatea Politehnică București, Facultatea de Chimie Industrială; ICECHIM București și Institutul de Cercetări Produse Auxiliare Organice Medias ICPAO (societate comercială pe acțiuni). În cadrul acestor institutii funcționează mai mult de 12 Centre de Competență care au domenii de cercetare bine definite și a căror complementaritate stă la baza unui număr însemnat de proiecte realizate în parteneriat. Convergența unor preocupări îndreptate către aplicații ale polimerilor în nanotehnologii asigură parteneriate ale ICMPP Iași cu IMT București și Universitatea Babeș-Bolyai din Cluj pentru mai mult de cinci proiecte comune și patru rețele. O măsură a potențialului de cercetare în domeniu o reprezintă proiectele cu finanțare externă. Ca exemplificare, se menționează că ICMPP Iași și IMT București sunt angrenate în câte 5 proiecte FP6, în domeniu.

În domeniul de **tehnologii moderne pe baza de laseri si plasma pentru obtinerea de materiale nano si microstructurate cu proprietati functionale**, grupul de cercetare care activează în cadrul INCDFLPR dispune de cadre cu experiență în domeniu (6 CSP) precum și de 11 tineri angrenati în activitatea de doctorat în domeniu. Fiecare din cei 17 specialiști a efectuat stagii de lucru în institutii de cercetare de prestigiu din domeniu: Institute CNR din Roma, Potenza și Pisa (Italia), Institutul de Fizică Experimentală al Universității Johannes Kepler Linz, Austria, Universitățile "La Sapienza", Roma (Italia), Universitatea Tehnologică din Eindhoven (Olanda), Ecole des Mines Nancy, (Franța). Grupul a participat în ultimii 9 ani la trei proiecte la nivel european (Copernicus, NATO-SfP și FP V), ceea ce a permis achiziționarea de aparatură modernă de cercetare în valoare de 550 000 Euro.

5.3.2. Estimarea directiilor si obiectivelor de cercetare-dezvoltare tehnologica care pot asigura avantaje competitive pentru Romania

Luand in considerare rezultatele obtinute de colectivele de cercetare precum si evolutiile pe plan international in domeniul nanotehnologiilor, se identifica urmatoarele **directii** de cercetare-dezvoltare tehnologica care pot asigura avantaje competitive pentru Romania:

- microsisteme cu filme subtiri nanomateriale, materiale nanostructurate, nanocompozite pentru diferite aplicatii (senzori, biosenzori, alte dispozitive);
- dispozitive bazate pe chimia moleculara, supramoleculara, auto-asamblare;
- nanomateriale si nanostructuri pentru aplicatii biomedicale si de mediu;
- nanomateriale si nanostructuri cu proprietati functionale;
- functionalizarea suprafetelor;
- nanopori in membrane;
- nanostructuri- nanofibre, nanotuburi;
- nanoparticule; nanopulberi
- materiale nanocompozite;
- nanostructurare-cristale fotonice;
- nanomateriale magnetice;
- polimeri nanostructurati; utilizarea polimerilor si interactiilor acestora ca materiale noi in micro si nanotehnologii (PMNM);
- materiale ceramice nanostructurate;
- caracterizare nanomateriale si nanostructuri.

Pentru domeniile **nanoparticulelor, materialelor cu memoria formei, materialelor biocompatibile și a fluidelor magnetice** se face urmatoarea detaliere privind directiile de cercetare:

- sinteza unor materiale nanostructurate cu proprietăți electrice, optice, magnetice, termomecanice noi;
- sinteza și analiza unor materiale semiconductoare nanostructurate;
- elaborarea unor materiale nanocristaline avansate pentru energetica solară;
- procedee de stabilizare/dispersare a nanoparticulelor magnetice in diferite tipuri de lichide de baza;
- metode de obtinere/ analiză a nanocristalelor, fluidelor complexe magnetizabile (nanofluid magnetice -ferofluid, fluide magneto-reologice, emulsii magnetizabile, nano/ microcompozite polimerizabile cu microstructura ordonata magnetic) materialelor biocompatibile, aliajelor cu memoria formei;
- caracterizarea nanoparticulelor, fluidelor complexe magnetizabile, materialelor biocompatibile, aliajelor cu memoria formei prin microscopie electronica, difuzie de neutroni (in special SANS), magnetometrie (VSM), reometrie si magnetoreometrie, investigatii magnetooptice;
- investigarea structurii si proprietatilor mecanice ale nanoparticulelor, fluidelor complexe magnetizabile, materialelor biocompatibile, aliajelor cu memoria formei ;
- metode de simulare numerica a proceselor ;
- experimente de microgravitatie privind comportarea fluidelor magnetizabile ;
- aplicatii tehnice (etansari rotitoare, senzori si traductoare), ale materialelor piezoelectrice nanostructurate pentru realizarea rezonatoarelor de mare performanță;
- aplicatii biomedicale: compozite biostimulatoare de uz vegetal, unguente antimicrobiene de uz veterinar;
- elaborarea/ realizarea de microîmbinări cu tehnici speciale (laser, ultrasunete, energie înmagazinată);
- elaborarea de aliaje nanoicosaedrale și nanocristaline pe bază de aluminiu;
- straturi tribologice nanocompozite cu aplicații în energetică, biologie, medicină, electronică, electrotehnică, optică, mediu, transport, construcții;
- elaborarea tehnologiilor și obținerea de straturi subțiri nanomateriale prin metode PVD.

Obiectivele principale avute în vedere de către cercetătorii din domeniu, pot fi sintetizate astfel:

- investigarea aspectelor fundamentale legate de proprietățile nano-particulelor;
- cercetări privind mecanismele transformărilor termice și magnetice în aliajele cu memoria formei;
- cercetări privind procedeele fizice și chimice care stau la baza obținerii de nanoparticule magnetice;
- nanofluid magnetice (fluide magnetice "inverse", emulsii, geluri, elastomeri, compozite polimerice);
- obținerea de nanofluid și nanocompozite magnetizabile biocompatibile /bioactive;
- fluide magnetoreologice (particule feromagnetice micro / particule magnetice nano și micrometrice);
- investigații structurale, magnetometrie și reo/magnetometrie pentru fluide complexe magnetizabile;
- modelarea teoretică și simularea numerică a comportării nanoparticulelor, aliajelor cu memoria formei și nanofluidelor magnetizabile și a nanocompozitelor magnetofluidice;
- cercetări asupra inducerii și păstrării efectului de memorie a formei;
- biocompatibilitatea a nanoparticulelor, aliajelor cu memoria formei și fluidelor magnetice;
- cercetări privind comportarea în condiții extreme (radiație, temperaturi, cavitație, hipogravitație) a nanoparticulelor, aliajelor cu memoria formei și fluidelor magnetice;

- tehnologii de realizare a nanoparticulelor, aliajelor cu memoria formei și fluidelor magnetice;
- cercetări privind protecția biocompatibilă și anticorozivă a materialelor cu memoria formei;
- obținerea de aliaje speciale nanostructurate sub formă de benzi prin solidificare rapidă;
- fabricarea de filme subțiri (PVD, CVD, PLD, evaporare etc.)
- aplicații biomedicale ale aliajelor cu memoria formei și a nanomaterialelor magnetice inteligente (fluide);
- aplicații tehnice ale nanoparticulelor, aliajelor cu memoria formei și a nanomaterialelor magnetice inteligente cu proprietăți de fluid;
- utilizarea aliajelor cu memoria formei în structuri și arhitecturi compozite inteligente (rezonanța în panouri compozite, elemente de sesizare și acționare în compozite inteligente, arhitecturi multiferoice);
- utilizarea nanoingineriei în materiale masive, filme subțiri și în arhitecturi complexe;
- cercetarea materialelor nemetalice (polimerice și ceramice) cu memoria formei.

În domeniul **nanomaterialelor oxidice și hibride**, cercetările care pot asigura avantaje competitive pentru România au ca direcție obținerea de pulberi și filme oxidice și hibride multifuncționale:

- pulberi și filme nanostructurate cu aplicații catalitice, pentru eliberarea dirijată a medicamentelor;
- filme pentru dispozitive electronice și straturi senzitive;
- filme pentru protecție anticorozivă și împotriva microundelor.

În domeniul **tehnologiilor moderne pe baza de laseri și plasma pentru obținerea de materiale nano și microstructurate**, se identifică obținerea unor avantaje competitive, în direcția:

- realizarea de senzori (rețele) prin tehnologii “curate” și reproductibile bazate pe laseri și plasma.

Intrucât dezvoltarea microtehnologiilor, respectiv a microsistemelor, este în mare parte întrepătrunsă cu dezvoltarea nanotehnologiilor, este făcută o sistematizare a unor direcții principale de cercetare-dezvoltare comune celor două subdomenii.

Direcțiile și obiectivele de cercetare-dezvoltare, în forma prezentată, au un grad mare de detaliere. Se propune o sistematizare a acestora, pentru o mai bună adecvare la cerințele unei strategii. Sistematizarea propusă pleacă de la faptul că dezvoltările domeniilor microtehnologiilor/microsistemelor și nanotehnologiilor sunt puternic întrepătrunse (cap.5.2) și identifică următoarele șase direcții principale de cercetare-dezvoltare comune celor două domenii:

1. **Nanostiinta și nanotehnologiile.** Dezvoltarea bazei de cunoaștere prin explorarea proceselor, fenomenelor, principiilor la scară nano-metrică și utilizarea acestora pentru ingineria la nanoscară. Dezvoltarea instrumentarului pentru manipulare și caracterizare la scară nano-metrică și utilizarea acestuia pentru înțelegerea fenomenelor. Noi procese de nanoinginerie.
2. **Micro și nanoelectronica. Optoelectronica. Dispozitive pentru microunde. Dispozitive pentru producerea, conversia, stocarea, transportul și controlul energiei electrice. Electronica de putere.** Dezvoltarea de dispozitive și microsisteme avansate, performante, competitive pe plan internațional. Dezvoltarea de microsisteme cu elemente având definiții nano, microsisteme incorporând nanostructuri sau nanomateriale, dezvoltarea de nanostructuri pasive și active. Noi metode și procese tehnologice, de caracterizarea și monitorizarea proceselor tehnologice, de testare și asigurarea calității și fiabilității.
3. **Detectori de substanțe, senzori integrați, microstructuri și microsisteme pentru detectia și monitorizarea agenților chimici, biologici, radiologici și a explozibililor cu aplicații în protecția mediului și a apei, în agricultură și industria alimentară, în asigurarea securității oamenilor, în procesele industriale.** Dezvoltarea unor metode și procese de remediu, bazate pe nanotehnologii, pentru îmbunătățirea mediului, neutralizarea unor agenți poluanți. Utilizarea proceselor de interfatare dintre materialul biologic și suprafețe nanostructurate, pentru optimizarea performanțelor de biodetectie. Procese de funcționalizare a suprafețelor pentru fixarea moleculelor. Realizarea unor nanobiomateriale cu aplicații în industrie;
4. **Micro, nano și biotehnologii pentru îngrijirea sănătății și calitatea vieții.** Noi instrumente în medicină. Kituri de diagnosticare miniaturizate, implantate, pentru diagnosticarea timpurie a stării de boală. Noi instrumente de caracterizare a proceselor din interiorul celulei. Îmbunătățirea bioactivității și biocompatibilității implanturilor. Noi medicamente, pe baza utilizării nanotehnologiilor. Medicamente cu administrare “la tinta”. Creșterea potențialului uman, capacitățile cognitive și senzoriale.
5. **Utilizarea proprietăților noi ale unor nanomateriale** (proprietăți fizice, chimice, electrice, magnetice, mecanice, de suprafață, de interfatare, de autoasamblare) pentru realizarea de dispozitive, nanostructuri și microsisteme cu funcții noi sau performante avansate pentru aplicații industriale.
6. **Tehnologia informației.** Medii de stocare a datelor cu densități foarte mari de înregistrare. Tehnologii pentru afișaje flexibile. Nanoelectronica moleculară sau biomoleculară.

5.3.3. Estimarea duratelor, a potentialului si a infrastructurii de cercetare-dezvoltare necesare pentru atingerea obiectivelor stabilite

In domeniul nanotehnologiilor, la nivel mondial, se preconizeaza pentru urmatorii ani o dinamica fara precedent a dezvoltarilor, impusa de importanta covarsitoare a domeniului in lupta pentru competitivitate [1, 2, 3]. In acest context, potentialul actual al Romaniei in domeniu, isi va pierde semnificatia in lipsa unor masuri importante si urgente.

Mentionam faptul ca IMT Bucuresti, ca institut national de C-D, a fundamentat o strategie proprie de dezvoltare in domeniul micro- si nanotehnologiilor si a lansat "Initiativa Nationala pentru Nanostiinta si Nanotehnologie" [4]. Variante actualizate ale acestor materiale sunt prezentate in **Anexele 7 si 8**.

O analiza la nivelul bazelor de date releva faptul ca desi exista un numar important de specialisti si institutii cu preocupari si rezultate importante in domeniul nanotehnologiilor, care dispun de echipamente de fabricatie si de caracterizare la scara nano totusi, in marea lor majoritate, echipamentele de care dispunem au performante tehnologice reduse, sunt depasite moral si de cele mai multe ori nu exista linii complete de fabricatie si caracterizare.

Tinand cont de **factorii interni** (experienta, echipamente existente, colaborarile realizate pe plan intern si international) precum si de **factorii externi** (evolutia la nivel mondial a domeniului „nano”; strategia europeana pentru dezvoltarea domeniului), se considera de **maxima importanta pentru Romania promovarea in perioada imediat urmatoare a unor investitii semnificative in domeniu**.

Se propune finantarea unei **investitii de interes national** pentru echipamente in domeniul nanotehnologiilor, care sa asigure facilitati cheie pentru fabricare si caracterizare nanostructuri. De asemenea, se propune finantarea unor **investitii de completare a dotarilor la principalii membrii ai retelelor nationale cu preocupari in domeniul NANO**. Se are in vedere constituirea unor consortii puternice care impreuna sa detina si sa utilizeze facilitatile necesare realizarii si caracterizarii de nanostructuri, specifice diferitelor domenii.

Se considera ca **promovarea unor investitii de nivel national in domeniu** va constitui un **factor major de atractivitate pentru promovarea in Romania a unei investitii de nivel european**. Strategia europeana a identificat necesitatea urgenta a unor investitii majore care sa asigure conditii pentru dezvoltarea nanotehnologiilor in Europa [2]. Mai multi factori fac ca **Romania sa reprezinte o varianta care va fi luata in calcul pentru plasarea unei astfel de investitii**. Europa considera necesara crearea mai multor **“poli de excelenta”** pentru mentinerea competitiei la nivel european. O recomandare pentru dezvoltarea in Romania a unui astfel de **“pol de excelenta”** rezulta din recunoasterea europeana a competentei Romaniei in domeniul nanotehnologiilor [5]. Un alt factor este legat de **importanta majora a resurselor umane** intr-o dezvoltare bazata pe cunoastere. Specialistii romani au **cotatii bune si foarte bune** in aceasta privinta. Forta de munca in Romania este inalt calificata, puternic motivata si ieftina. Trebuie sa luptam pentru valorificarea unor sanse cu totul speciale. Ne aflam la **momentul de inceput** al dezvoltarii unui nou domeniu, cand **sansele fiecaruia sunt relativ echilibrate**. Este vorba de un domeniu a carui dezvoltare are implicatii majore si un impact **“disruptiv”** asupra evolutiei industriei si societatii pentru urmatoarele decenii, ceea ce face ca exploatarea acestui moment sa fie **o sarcina deosebita care revine generatiei noastre**.

Este important ca investitiile facute sa genereze **o emulatie a dezvoltarilor** pe plan intern. Pentru aceasta trebuie avuta in vedere dezvoltarea initiativelor private si stimularea implicarii IMM-urilor. Esentiala va fi **diseminarea larga a unor informatii bine structurate**. Atat intreprinzatorii cat si publicul larg, potentialii utilizatori trebuie sa constientizeze avantajele noilor tehnologii si a noilor dezvoltari. Un al doilea element de importanta majora este sa se asigure **functionalitatea liniilor distribuite pentru realizarea si caracterizarea nanostructurilor** precum si a **Parcurilor Tehnologice** si aceasta cu referire la toate aspectele implicate, conditii tehnice si administrative corespunzatoare, conditii financiare stimulativ.

Este necesar sa fie avuta in vedere o dezvoltare a potentialului uman in acest domeniu de cercetare. Intr-un domeniu cu o dinamica de dezvoltare deosebita, o componentă importantă a dezvoltarii potentialului uman o constituie perfecționarea continuă a competentelor. De asemenea, trebuie avuta in vedere angrenarea unui numar crescut de tineri. Este necesara incurajarea tinerilor de a lucra in domeniu. Asigurarea unui mediu stiintific corespunzator, cu dotari care sa permita o perfectionare profesionala la nivel international, va fi o conditie esentiala pentru realizarea acestui demers.

5.3.4. Propunerea unor solutii privind formarea si dezvoltarea retelelor tehnologice integrate care sa cuprinda realizatorii potentiali ai obiectivelor stabilite

Parteneriatele dintre institute de cercetare, universități, centre de competență și industrie s-au impus ca absolut necesare pentru abordarea multitudinii de aspecte legate de fabricarea, caracterizarea și utilizarea nanotehnologiilor. Multidisciplinaritatea domeniului precum și funcționarea unor linii distribuite de fabricație și de caracterizare va determina formarea unor parteneriate complexe, cu ramificații multiple ale conexiunilor. Este important de remarcat că în România există formata mentalitatea de colaborare în cadrul proiectelor naționale multidisciplinare sau în cadrul rețelelor naționale. Pentru a ilustra această experiență, în Anexa 5, tabelul 5 se prezintă parteneriatele și interesul pentru colaborări rezultate din sinteza răspunsurilor la anchetă pentru domeniile **nanoparticulelor, materialelor biocompatibile, materialelor cu memoria formei și a fluidelor magnetice**.

Se remarcă colaborarea ISIM-UPT, respectiv UPT - Fundația Caesar din Germania în domeniul **aliajelor cu memoria formei**. Sunt inițiate parteneriate în vederea determinării unor domenii compoziționale de interes, în special în zona biferoică în sfera fabricării și caracterizării aliajelor cu memorie sub formă de filme subțiri, a asamblării prin sudare în diverse variante, respectiv a analizei biocompatibilității materialelor realizate prin teste embriologice sau prin metode de creștere a celulelor. Se menționează și existența unui parteneriat interdisciplinar între ingineri, medici și fizicieni (orientați pe abordarea fenomenologică a aspectelor cercetării) fiind avută în vedere și includerea matematicienilor și informaticienilor pentru modelare teoretică fenomenologică.

În domeniul **fluidelor magnetice**, colaborarea de bază este între Laboratorul de lichide magnetice (LLM) al Centrului de Cercetări Tehnice Fundamentale și Avansate (CCTFA), Filiala Timișoara a Academiei Române și Centrul Național pentru Ingineria Sistemelor cu Fluide Complexe (CNISFC)-Universitatea Politehnică Timișoara. S-au stabilit colaborări cu următorii parteneri: Institutul de Științe Spatiale și Laboratorul Laseri de la INCDFLPR București, Agenția Spațială Română, Universitatea de Științe Agricole și Medicină Veterinară (USAMVB) Timișoara și S.C. ROSEAL S.A. Odorhei. S-au dezvoltat relații de cooperare cu ITIM Cluj, Institutul de Chimie - Fizică "I. Murgulescu" a Academiei, Institutul de Cercetare a Materiei Condensate - INCEMC Timișoara.

Partenerii din țară sunt atât institute de cercetare (Institutul de Izotopi și Tehnologie Moleculară din Cluj Napoca, Academia Română, Centrul de Cercetări Tehnice Fundamentale Avansate, Centrul Național pentru Ingineria Sistemelor cu Fluide Complexe, ICPE București, IPA București, ICMET Craiova, ICTCM București, Institutul de Fizică Materialelor București), instituții de învățământ superior (Univ. POLITEHNICA Timișoara, Universitatea de Vest Timișoara, Universitatea EMTE Sapienția Târgu Mureș), dar și agenți economici (ROMQUARTZ, ANA IMEP Pitești, AUTOMOBILE DACIA Pitești, ELBA Timișoara, DIGITLINE ELECTRIC Timișoara, SC HROTICOLA Timișoara, DERATON Timișoara, SC Durkopp-Adler Târgu Mureș, DAEWOO AUTOMOBILE Craiova, AEROSTAR Bacău).

Ancheta efectuată a relevat faptul că începe să funcționeze cu bune rezultate o colaborare între cercetare și industrie, agenții economici fiind în general beneficiari de produse din domeniul nanomaterialelor. În parteneriatele constituite se identifică, alături de institutele de cercetare, instituțiile de învățământ superior și centrele de competență, agenți economici importanți precum: AEM Timișoara, ELBA TEHNOMET Timișoara, DACIA Automobile Pitești, Daewoo Automobile Craiova.

În domeniul **nanoparticulelor** doar materialele nanocristaline de mari dimensiuni au aplicabilitate deocamdată în sectoarele industriale. Se fac eforturi pentru a utiliza materiale nanocristaline în aplicații din energetică (de ex. conversia energiei solare) la mediu (decontaminarea aerului în spații închise), în medicină (vectori pentru medicamente), în electronică (materiale piezoelectrice, microlaseri).

În domeniul **aliajelor cu memoria formei**, există o invenție a unui cercetător român în curs de patentare și valorificare în SUA. Se consideră că trebuie intensificate eforturile de diseminare a rezultatelor cercetării în acest domeniu pentru a stârni interes în rândul factorilor industriali.

SC Roseal SA Odorhei în colaborare cu Laboratorul de Lichide Magnetice, din cadrul Academiei Române, filiala Timișoara, realizează arbori etanși magnetofluidici pentru întrerupătoare electrice de putere cu SF6. În continuare se așteaptă cereri de arbori etanși pentru vid înalt și ultraînalt.

Dezvoltarea unor dispozitive cu performanțe deosebite și creșterea activității industriale în următorii 3-5 ani va accelera implementarea **aplicațiilor nanofluidelor magnetice**. Rezultatele cercetărilor din domeniul nanoștiinței pot contribui la crearea de noi sectoare cum ar fi cel al materialelor inteligente și a sistemelor microelectromecanice (MEMS –uri), al materialelor nanostructurate.

5.3.5. Căi de implicare a României în cercetarea europeană în domeniul nanotehnologiilor și nanomaterialelor. Rețele tehnologice integrate. Nișe de colaborare și integrare tehnologică.

Parteneriatele internaționale sunt importante în acest domeniu care utilizează echipamentele tehnologice și de caracterizare cele mai performante pe plan mondial. Ideea unor linii distribuite de fabricație/ caracterizare este acreditată pe plan internațional. În general nici o instituție nu are toate dotările posibile pentru dezvoltarea produselor nanotehnologiilor.

O importanță deosebită pentru dezvoltarea implicării României în cercetarea europeană o reprezintă participarea unui număr important de instituții din țară în Programul European FP6, în Rețele de Excelență în domeniul Nano. Evaluări europene recunosc competența României în domeniul Nano [5]. În bazele de date sunt evidențiate partenerii străini (ca exemplu: Anexa 5, tabelul 5 - pentru domeniile nanoparticulelor, materialelor biocompatibile, materialelor cu memoria formei și a fluidelor magnetice)

Ancheta a evidențiat faptul că există **produse și tehnologii** care pot constitui **ținte realiste** de dezvoltare în țara noastră sau la dezvoltarea cărora România poate participa ca partener. Există instalații de cercetare și microproducție cu care poate fi obținută o gamă diversificată de materiale nanostructurate ceramice, oxidice, feritice, dure sau extradure (TiO_2 , SiO_2 , Fe_2O_3 , BaTiO_3) prin metodele hidrotermale la presiuni și temperaturi mari, plasma de RF cuplată inductiv, sol-gel, solvotermal, evaporare în vid. Sunt necesare fonduri pentru dezvoltarea de aplicații. Senzorii și actuatorii pot fi menționați ca ținte realiste în domeniul materialelor cu memoria formei.

Se preconizează dezvoltarea producției de dispozitive magnetofluidice precum: etansări rotitoare magnetofluidice, traductoare de debit și contoare de debit de gaz, amortizoare magnetoreologice. De asemenea se are în vedere utilizarea unor tipuri speciale de lichide magnetice ca agent termic controlabil magnetic. O altă direcție se referă la utilizarea unor compozite magnetofluidice în tehnică (nanocompozite polimerice), respectiv în biologie și medicină.

Există deja **nișe de colaborare** între specialiști. În domeniul nanoparticulelor funcționează o colaborare bilaterală între Institutul de Cercetare a Materiei Condensate din Timișoara și Universitatea din Szeged pentru studiul nanomaterialelor semiconductoare de tipul CuInSe (S) pentru conversia energiei solare în energie electrică. În același domeniu se derulează o colaborare cu Universitatea Tehnică din Varșovia, cu Institutul ENSAT din Franța și cu firma EXOMART din SUA. Partenerii străini sunt solicitați în general pentru studiul structurilor, morfologiei și a unor proprietăți fizice.

În domeniul nanoingineriei aliajelor cu memoria formei funcționează nișe de colaborare între Centrul COSMON din Timișoara și Fundația Center for Advanced European Studies and Research din Bonn, University of Maryland, pe materiale multiferoice cu memorie a formei. Cercetători români participă la programul landului NordRhein Westfalia prin cooperare în domeniul aliajelor cu memoria formei.

În cercetarea nanomaterialelor magnetice inteligente cu proprietăți de fluid funcționează nișe de colaborare între Centrul Național pentru Ingineria Sistemelor cu Fluide Complexe din Timișoara și următorii parteneri din străinătate: Laboratorul Van't Hoff-Universitatea Utrecht; Laboratorul Frank – IUCN Dubna; Budapest Neutron Center-Institutul de Fizica Solidului și Optica al Academiei de Științe din Ungaria; Geesthacht Neutron Center-GKSS; Institutul de Fizică Experimentală din Kosice al Academiei de Științe din Slovacia; INEGI-CEMACOM-Universitatea Porto; Departamentul de Chimia Coloizilor-Universitatea din Szeged.

În domeniul **tehnologiilor pe baza de laseri și plasma pentru obținerea de materiale nano și microstructurate**, se apreciază că integrarea la nivel european se poate realiza în domeniul producerii și caracterizării de materiale micro și nanostructurate cu proprietăți funcționale prin tehnologii moderne și curate, bazate pe laseri și plasma (aceste tehnologii nu necesită compuși chimici corozivi, scumpi și greu de manipulați, ci doar metale de tip Zn, Zr, Cu, Pt, Ni și gaze precum azot, oxigen argon, etc.).

O investiție la nivel național pentru domeniul "NANO" ar deschide perspective noi, deosebite pentru participarea României la programele internaționale de cercetare-dezvoltare și pe plan intern ar putea asigura procese strategice pentru dezvoltarea IMM-urilor și/sau pentru industria din România.

5.4. STRATEGIA DE CERCETARE-DEZVOLTARE IN DOMENIUL “MATERIALE NOI”

Strategia de cercetare-dezvoltare referitoare la “**Materiale noi**” abordeaza urmatoarele domenii de interes:

- materiale noi, avansate si nanomateriale pe baza de aliaje neferoase
- materiale noi, avansate si nanomateriale pe baza de compozite si ceramice
- materiale pentru acoperiri si strat-uri cu proprietati controlate
- oteluri si superaliaje speciale;
- pulberi si metalurgia pulberilor;
- materiale si sisteme magnetice cu proprietati controlate;
- materiale compozite lemnoase;
- sinteza si modificarea polimerilor;
- materiale carbonice avansate, materiale de sinteza si carbonice;
- obtinerea si caracterizarea monocristalelor si a materialelor ordonate;
- lianti;
- sticle.

5.4.1. Evaluarea potentialului uman si a infrastructurii

Se prezinta o analiza a situatiei actuale privind potentialul uman si infrastructura, pe subdomenii, asa cum a rezultat din analiza bazelor de date ale proiectului dar si din analiza unor date obtinute prin anchete proprii facute de partenerii din consortiu, indeosebi in unitatile de invatamant superior si la o serie de agenti industriali. Tabele centralizatoare prezinta rezultatele analizei separat pentru centre de cercetare-dezvoltare si pentru unitati de productie, pentru fiecare subdomeniu de materiale in parte.

Pentru domeniul materiale ceramice, materiale compozite ceramice, sticle si materiale cvasicristaline avansate, performante, lianti si sisteme performante linanti, s-a facut o clasificare a institutiilor implicate, atat in ceea ce priveste implicarea in activitatile de cercetare-dezvoltare cat si utilizarea rezultatelor cercetarii. Analiza indica ca peste 50% din unitati sunt unitati productive si numai 32% si respectiv 14% apartin institutelor de cercetare si centrelor din invatamantul superior.

Se face o analiza a distributiei proiectelor de cercetare-dezvoltare care abordeaza dezvoltarea de noi materiale cu noi aplicabilitati in domeniul materiale ceramice, materiale compozite ceramice, sticle si materiale cvasicristaline avansate, performante, lianti si sisteme performante linanti pe programele nationale MATNANTECH, BIOTECH, RELANSIN, CERES si internationale.

5.4.2. Directii si obiective de cercetare-dezvoltare tehnologica care pot asigura avantaje competitive pentru Romania

5.4.2.1. Materiale noi, avansate si nanomateriale pe baza de aliaje neferoase

- Aliaje speciale cu baza metale mai puțin uzuale, metale nobile, metale rare cu aplicații în electronică, microelectronică, electrotehnice;
- Noi generații de aliaje speciale cu proprietăți ridicate, pe bază de Al, Ti, Cu, Ni, Zn, Pb, compuși intermetalici, semifabricate și produse din acestea, cu aplicații în industriile constructoare de mijloace de transport, echipamente chimice, metalurgice, electrotehnică, electronică.
- Aliaje speciale nanostructurate obținute prin prelucrări plastice, metalurgia pulberilor, sau depuneri termice, electrochimice, cu proprietăți înalte fizico-mecanice, de rezistență la coroziune, de biocompatibilitate, pe bază de Ni, Ti, Al, Ag, alte metale și aliaje.
- Aliaje amorfe și quasicristaline din sisteme metalice complexe cu proprietăți deosebite și aplicații speciale.
- Aliaje inteligente cu memoria formei din sistemul Cu-Al-Ni Cu-Zn-Al cu utilizări în industria auto, aeronautică, aparate electrocasnice, și din sisteme complexe Ni-Ti cu aplicații în medicină.
- Aliaje metalice biocompatibile și produse din acestea.
- Aliaje complexe și pseudoaliaje obținute prin metode noi de sinteză și procesare;
- Pulberi metalice din metale și aliaje speciale, având caracteristici controlate și produse sinterizate din acestea pentru utilaje și echipamente industriale.
- Pulberi metalice nanocristaline cu aplicații în obținerea de produse sinterizate și acoperiri, cu proprietăți mecanice, tribologice și de coroziune superioare, cu aplicații în producția de autoturisme.

5.4.2.2. Materiale noi, avansate si nanomateriale pe baza de ceramice si compozite

- Pulberi ceramice nanocristaline si materiale sinterizate pe baza de alumina, zirconie, carburi, nitruiri si oxo-nitruiri de Si si Al, pentru aplicatii structurale (pentru industriile energetica, de aparare, chimie si petrochimie, prelucrarea metalelor, realizarea de protectii anticorozive si la uzura);
- Pulberi si produse ceramice sinterizate pe baza de titanati, zirconati si zircono-titanati dopate cu pamanturi rare, cu aplicatii in electronica si electrotehnica: condensatori, semiconductori PTCR, piezoelectrice, ceramica optoelectronica;
- Materiale ceramice nanocristaline bioinerte si biocompatibile, indeosebi pe baza de fosfati de calciu, alumina si zirconie;
- Whiskers si fibre ceramice pentru aplicatii termo-mecanice;
- Compozite ceramice, inclusiv compozite armate cu whiskers si fibre ceramice;
- Materiale compozite cu matrice metalica armate cu particule nanostructurate, whiskers sau fibre pentru aplicatii in constructia de mijloace de transport si energetica.

5.4.2.3. Materiale pentru acoperiri si straturi cu proprietati controlate

- Noi tehnologii de obtinere a filmelor ceramice, metalice si compozite nanostructurate (sol-gel, electrochimice, hidrotermal/electrochimice, electrotermice, CVD, PVD) pentru aplicatii in electronica;
- Metode avansate de studiu a reactiilor chimice, microstructurii si proceselor de adeziune a filmelor pe diferite substraturi pentru aplicatii in electronica, biomateriale, acoperiri termo-mecanice avansate;
- Noi metodologii de obtinere a filmelor compozite nanostructurate hibride organic/inorganic functionalizate cu structura predeterminata pentru aplicatii biomedicale si biotehnologii;
- Elaborarea si transferul tehnologiilor de obtinere a acoperirilor ceramice, metalice si compozite prin depuneri in plasma si alte procedee inovative pentru aplicatii in acoperirile rezistente la soc termic, abraziune si coroziune.

5.4.2.4. Oteluri si superalaje speciale

Tendinte de dezvoltare:

A. Influența structurii asupra coroziunii intergranulare a oțelurilor inoxidabile austenitice.

- Coroziunea intergranulară este explicată și demonstrată experimental prin modificări structurale ale limitelor de grăunte datorate prezenței fazelor Hägg și a fazelor intermetalice bogate în crom.
- Structura influențează rezistența la coroziune intergranulară în măsura în care diferiții factori metalurgici modifică transformările la limita de grăunte.
- Domeniul de susceptibilitate la coroziunea intergranulară este inclus în domeniul de început de precipitare a carburilor de crom.
- Se poate determina susceptibilitatea la coroziune intergranulară numai din considerente termodinamice, între activitatea termodinamică a carbonului și T_{max} existând o dependență liniară.
- Elementele de aliere, temperatura de punere în soluție, gradul de deformare, mărimea de grăunte, temperatura de sensibilizare, tratamentul termic de stabilizare, care deplasează curbele de început de transformare a austenitei suprasaturate în austenită și diferite faze intermediare spre dreapta diminuează tendința la coroziune intergranulară.
- Factorii structurali pot diminua tendința la coroziune intergranulară fără a o elimina.
- Între asigurarea imunității totale sau parțiale la coroziune intergranulară și creșterea proprietăților mecanice a oțelurilor inoxidabile se face un compromis: un oțel foarte rezistent la coroziune intergranulară are proprietăți mecanice scăzute iar asigurarea proprietăților mecanice ridicate poate diminua rezistența la coroziune.

B. Influența structurii asupra rezistenței la coroziune sub tensiune.

- Mecanismul de manifestare a coroziunii sub tensiune fiind favorizat de capacitatea de blocare a dislocațiilor pe planele de alunecare “active”, structura influențează coroziunea sub tensiune prin modul de dispunere a dislocațiilor (rezistența crește de la o dispunere neomogenă a dislocațiilor la o dispunere în pereți de dislocații, apoi aglomerări de dislocații până la o structură celulară).
- Oțelurile inoxidabile austenitice obișnuite au o rezistență scăzută la coroziunea sub tensiune în medii specifice, datorită unei substructuri formate din pereți de dislocații.
- Elementele de aliere din oțelurile inoxidabile austenitice modifica rezistența la coroziune sub tensiune, prin modificarea configurației dislocațiilor și a scăderii energiei defectelor de împachetare.

C. Comportarea la coroziune a îmbinărilor sudate din oțelurile inoxidabile austenitice.

- Prin sudare are loc micșorarea rezistenței la coroziune a oțelurilor inoxidabile austenitice.
- Zonele cu cele mai scăzute nivele de rezistență la coroziune sunt situate în cordonul de sudură.

- Îmbinările sudate pot manifesta scăderea rezistenței la coroziune intergranulară, și a rezistenței la coroziune sub tensiune.
- Prevenirea susceptibilității la coroziune a îmbinărilor sudate se bazează pe factori antagonici (obținerea unei structuri complet austenitice favorizează fisurarea la cald, iar folosirea tratamentului termic post sudură pentru îndepărtarea feritei δ din cordon ridică foarte mult costul îmbinării sudate.
- Tratamentul termic de detensionare trebuie să fie în afara intervalului de precipitare absolută a carburilor de crom.
- Cele mai rezistente suduri din oțelurile inoxidabile austenitice sunt din cele care conțin carbon foarte scăzut sau sunt stabilizate cu niobiu.

În ultimul timp se încearcă o dezvoltare a compușilor intermetalici monofazici prin îmbunătățirea proprietăților aliajelor pe bază pe nichel la temperaturi înalte. Trei astfel de sisteme de aliaje bogate în nichel de interes sunt: Ni_3Al , NiAl și Ni_3Si . NiAl are punctul de topire cel mai mare (1640°C), dar și cea mai mică densitate dintre aceste aliaje. Comportarea la întindere și la fluaj a Ni_3Si și Ni_3Al a fost mult timp studiată; aspectul cel mai remarcabil al comportării celui de-al doilea compus este creșterea neobișnuită a tensiunii de deformare plastică odată cu creșterea temperaturii, a fost produsă o serie de noi aliaje cu conținut de fier, zirconiu și hafniu cu durități comparabile cu cele ale unor superaliaje vechi cum este Waspaloy. Durificarea cu filamente reprezintă o modalitate nouă și mult mai promițătoare de a obține intermetalice structurale la temperatură înaltă. Pentru o sortare granulometrică potrivită materialele cele mai indicate sunt SiC , Al_2O_3 și fibrele din aliaj de wolfram. Se cercetează combinații specifice matrice-fibre. Aliajele Hastelloy și IN 600 sunt tipice. La temperaturi înalte rezistența la oxidare este asigurată de filme protectoare din Al_2O_3 și de Cr_2O_3 . Există o tendință puternică de diminuare a conținutului de crom la superaliajele moderne, acesta fiind cunoscut atât pentru deteriorarea rezistenței la temperaturi ridicate cât și pentru scăderea energiei limitei de antifază γ' . În concluzie, trebuie evidențiat faptul că molibdenul și wolframul sunt considerate elementele dizolvate cele mai vătămătoare având în vedere rezistența la coroziune la cald. Cu toate acestea, pentru durificare este necesar numai unul sau amândouă aceste elemente, deoarece alierea realizată pentru îmbunătățirea stabilității suprafeței este des opusă alierii pentru durificare. Aluminiul și tantalul sunt elementele dizolvate cele mai indicate atât în asigurarea durității cât și a stabilității suprafeței.

5.4.2.5. Pulberi si metalurgia pulberilor

Metalurgia pulberilor ofera posibilitati reale de:

- reducere a consumurilor de materiale precum si de productie a unor aliaje speciale cu proprietati speciale cerute de tehnica moderna, care nu pot fi fabricate prin alte procedee.
- eliminare aproape completa a deseurilor care la alte procedee de prelucrare reprezinta 20-80 %. Se elibereaza capacitati de productie mari fata de tehnologiile clasice, dar ceea ce este mai important se elimina aproape complet prelucrarile mecanice si deci costul unor utilaje pretentioase si costisitoare.
- reducere a manoperei, cu posibilitatea de folosire a fortei de munca cu calificare mai redusa.

Directiile de dezvoltare cuprind:

- **Obținerea pulberilor metalice si nemetalice** (procedee de obținere a pulberilor; tehnici de caracterizare a pulberilor; modelarea proceselor din cadrul procedeelelor de obținere a pulberilor);
- **Obținerea materialelor compozite** (structural - cu matrice metalica/ nemetalica; procedee de obținere: amestecarea, tratamente termice, aliere mecanica; functional: materiale conductoare, materiale dielectrice, materiale magnetice, materiale cu densitate ridicata; tehnici de caracterizare a materialelor compozite);
- **Obținerea de produse din pulberi simple sau compozite**
 - procedee de obținere: compactare (presare, presare la cald, injectie, sintermatritare); sinterizare (in aer, in mediu controlat, in vid); formare finala (calibrare, prelucrari mecanice); revenire; protectie anticoroziva (termal spraying, nitrurare, brumare);
 - caracteristici de produs.

5.4.2.6. Materiale si sisteme magnetice cu proprietati controlate

Proprietatile intrinseci ale unui material sunt temperatura de ordonare magnetica (temperatura Curie in corpurile feromagnetice), magnetizarea spontana si anizotropia magnetica. O alta proprietate esentiala este coercivitatea. Campul coercitiv reprezinta intensitatea campului magnetic aplicat intr-o directie antiparalela la magnetizare si necesar reversarii acesteia. Coercivitatea este strans legata de anizotropia magnetica; ea poate fi puternica in aliajele sau compusii ce asociaza la elementele de tranzitie elemente pamant rar (Nd, Sm). Totodata, coercivitatea este o proprietate de natura extrinseca, ce depinde intr-o masura critica, de microstructura sau de nanostructura materialului. Plecand de la valoarea coercivitatii, se disting trei mari categorii de materiale: materiale moi, materiale dure si materiale pentru inregistrari magnetice. Pentru alte doua categorii de materiale, una dintre

proprietatile lor fizice depinde de starea lor magnetica: rezistivitatea la materialele magnetorezistive si dimensiunile, la materialele magnetostrictive.

Prezinta importanta materialele magnetice si supraconductoare care se clasifica, dupa proprietati, in materiale magnetice moi, materiale magnetice dure, materiale pentru memorii magnetice, materiale moleculare, materiale magnetostrictive. O alta clasificare, dupa aplicatii, le imparte in materiale pentru electronica de spin, materiale magnetice si micro sisteme, materiale magnetice si supraconductoare.

Aplicatiile materialelor magnetice vizeaza trei domenii: energie, informatii si telecomunicatii.

Studiile sistematice cantitative ale compusilor intermetalici pe baza de pamanturi rare au constituit o parte importanta de cercetare ale caror proprietati sunt fie originale (compusi prezentand «gap» in structura de banda la temperaturi joase), fie sunt importante pentru aplicatii (nitruiri ale compusilor intermetalici, siliciuri ale pamanturilor rare). Utilizarea procedeelor de fabricatie a materialelor cu calitate ridicata, in particular a monocristalelor, poate constitui o baza indispensabila pentru studiile cantitative ulterioare ale proprietatilor magnetice (de exemplu, metoda "melt spinning" deschide campuri noi de cercetare prin prepararea aliajelor amorfe sau microcristaline). Difractia cu neutroni constituie o tehnica esentiala de studiere a materialelor magnetice. Difractia magnetica si dicroismul magnetic al razelor X s-au dezvoltat in ultimul timp ca metode complementare ale difractiei cu neutroni. Activitatile de dezvoltare a straturilor subtiri reprezinta in strainatate o directie majora de cercetare (prin ablatia unei tinte cu ajutorul unui fascicul de electroni pulsatoriu). Obtinerea pe plan mondial pentru prima data a straturilor epitaxiale de compusi intermetalici, cum ar fi bi-straturile Fe/pamanturi rare ilustreaza interesul utilizarii acestei tehnici de fabricatie prin ablatie cu fascicul de electroni. Studiile proprietatilor cu totul originale ale multistraturilor («sandwich») pe baza de aliaje amorfe pamant rar-cobalt se orienteaza spre prepararea de sisteme modelate, pe de o parte pentru a analiza mecanismele de formare a peretilor, pe de alta parte pentru a pune in evidenta proprietatile specifice pe care le pot prezenta aceste sisteme (suscceptibilitate puternica, anomalie a magnetostrictiunii). Prepararea retelelor de particule magnetice prin litografie constituie o tema promotoare in domeniul cercetarii. Sunt intreprinse eforturi pentru dezvoltarea metodelor de masurare a magnetizarii de foarte inalta sensibilitate. In domeniul magnetismului la scara nanoscopica sunt abordate cum ar fi proprietatile dinamice ale nanoparticulelor.

In domeniul supraconductorilor cu temperatura critica ridicata sunt studiate proprietatile magnetice ale compusilor magnetici ai compusilor $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ si La_2CuO_4 in stare mixta, pentru a se intelege mecanismele de fixare a vortexului. O importanta a capatat si cercetarile in domeniul sistemului MgB_2 . O alta directie de studiu este cea a texturarii materialelor (magnetice, ca si supraconductoare), prin presare. Se propune, o intelegere noua, din punct de vedere teoretic, a supraconductivitatii in ceramici cuprate. Considerand aceste materiale ca fiind izolanti de tip Mott, ar putea sa existe excitare de tip excitonic care sa conduca eventual la un mecanism de supraconductivitate.

Cercetarea de materiale noi pentru aplicatii se apropie tot mai mult de stiinta materialelor si a magnetismului, atat la scara microscopica, cat si la scara macroscopica. Astazi materialele magnetice isi gasesc aplicatii, plecand de la industria de automobile si ajungand la tehnica medicala (de exemplu, executia valvelor cardiace al caror element activ este actionat de un magnet permanent minuscul).

Directiile de cercetare in domeniul materialelor magnetice, sunt:

▪ **In domeniul magnetilor permanenti sinterizati pe baza de Nd-Fe-B:**

- atingerea unor valori ale produsului energetic maxim de peste 57 MGOe (firma Vacuumschmelze - Germania a raportat epruvete magnetice cu $(BH)_{max} \simeq 55,5$ MGOe);
- cresterea stabilitatii termice, astfel încât sa permita temperaturi maxime de functionare peste 225°C;
- îmbunatatirea rezistentei la coroziune, în special pentru climat cald si umed, fara modificari microstructurale ale magnetilor.

▪ **In domeniul magnetilor permanenti sinterizati pe baza de Sm – Co:**

- realizarea de magneti pe baza de $Sm_2(Fe,Cu,Co,Zr)_{17}$ cu temperaturi maxime de functionare peste 550°C, si deci, cu coeficienti scazuti de variatie cu temperatura a coercivitatii.

▪ **In domeniul materialelor magnetice nanostructurate:**

- cresterea performantelor magnetice ale aliajelor NdFeB, PrFeB si Nd/Pr-FeB durificate prin efect de schimb la nivel de nano-faze;
- prepararea de pulberi nanocompozite cu inductie remanenta crescuta ($B_r \geq 10$ kGs), care sa conduca la fabricatia unor magneti permanenti pentru aplicatii cu temperaturi de lucru peste 180°C.

▪ **In domeniul pulberilor si al mixturilor magnetice:**

- obtinerea, prin procedeul HDDR (Hydrogen-Decrepiation-Desorbition-Recombination), de pulberi magnetice anizotrope cu proprietati magnetice bune, chiar si în sistemul ternar Nd-Fe-B, fara elemente

de adaos, pulberi care sa permita atingerea unor valori de cca. 30 MGsOe pentru magnetii aglomerati (a fost raportata deja realizarea de magneti permanenti aglomerati cu BH) $\max \geq 27$ MGOe, pornind de la pulberi pe baza de NdFeB preparate prin procedeul HDDR);

- obtinerea de mixturi, superioare din punct de vedere al procesarii si al proprietatilor magnetice ((BH) $\max \geq 2,5$ MGOe), termice si mecanice, pentru extinderea aplicatiilor pentru ferite aglomerate.

5.4.2.7. Materiale compozite lemnoase

Lemnul are un cuvânt de spus mai ales din punct de vedere al faptului că este un material regenerabil care poate ameliora semnificativ ciclul carbonului, a cărui prelucrare este cel mai puțin poluantă și are costurile energetice cele mai mici. El poate, de asemenea, recuceri statutul de produs natural, prieten al omului. Clasificările tradiționale sunt: pentru mobilier și pentru industrie (construcții, plăci, etc.). Analizele făcute în cadrul grupurilor de lucru specializate pe domeniul forestier și al prelucrării lemnului (din cadrul UE) vor permite să se stabilească un punct de vedere pertinent privind viitorul lemnului, ca material ecologic, material de construcție și ca element de bază în lanțul vital al planetei Pământ.

Plăcile dispun de avantaje importante: omogenitate mai bună decât a lemnului masiv, posibilitate de combinare cu alte materiale care să conducă la obținerea de materiale noi și cu utilizări noi. Utilizarea plăcilor va crește deci, sub diverse forme (PAL, MDF., OSB, plăci din aşchii și fibră cu lianți minerali).

În materie de produse și procedee de fabricație sunt **compozitele pe bază de lemn**, care fac obiectul a numeroase cercetări cu scopul de a obține tot felul de produse complet noi sau chiar complet diferite, amestecând lemnul cu alte materiale (lemnul + plastic, lemn + beton, lemnul ameliorat, lemn + izolatori)., A aparut o **revigorare a interesului pentru chimia lemnului**: salturi tehnologice, în special în ceea ce privește comportamentul și modificările ligninei în legătură cu tratarea chimică care se aplică pastei de hârtie – (SUA și Japonia lucrează la acestea deja).

Noile produse menționate sunt utilizate aproape în exclusivitate ca materiale de construcții (se pot realiza în proporție de 60-80% din **deșeuri reciclate**). Tot în categoria produselor noi se încadrează "lemnul lamelar" (GLUELAM), produs realizat din resturi de cherestea de rășinoase încleiate și utilizat în construcții ca înlocuitor de grinzi din lemn natural și ca panouri de acoperiș.

Cel de-al 6-lea program de acțiune ecologică (6th EAP) intenționează să fie noul program de acțiune pe termen lung al UE. **Propunerea formulată conține câteva mesaje deosebit de pozitive pentru industriile producătoare de plăci pe bază de lemn:**

- fixarea carbonului trebuie exploatată prin tehnici care să intensifice (amplifice) absorbția lui în agricultură și silvicultură și prin utilizarea produselor pe bază de lemn în construcțiile de locuințe și industrie **"Recunoașterea de către UE că, pădurile și produsele lemnoase sunt depozitante de carbon"**, nu a fost niciodată mai clară ca acum;
- în vederea utilizării durabile a resurselor, s-a propus că cercetarea trebuie să se axeze pe produse mai puțin consumatoare de resurse și pe procesele de producție ale acestor produse. Aceasta este o ocazie favorabilă pentru a intensifica cercetarea spre materia primă regenerabilă care este lemnul, pentru că el este un material potențial care poate înlocui o mulțime de materiale și produse neregenerabile și energo-intensive;
- comisia, în colaborare cu grupurile industriale, va pune la punct o serie de instrumente care să aibă drept scop ajutarea și sprijinirea afacerilor astfel încât, să se înțeleagă condițiile și cerințele ecologice în CE și modul în care acestea trebuiesc îndeplinite;
- comisia a declarat că, scopul este să se recupereze și să se recicleze deșeurile la nivele acceptabile.

Din analizele efectuate împreună cu producătorii și utilizatorii produselor compozite din lemn rezultă necesitatea completării programului de cercetare cu teme privind:

- Materiale de obținere a plăcilor pentru construcții cu lianți organici și minerali;
- Plăci cu densitate redusă pentru mobilă, bazate pe combinații lemn-plastic expandat;
- Produse extrudate pe lemn-plastic pentru utilizări în medii agresive;
- Compozite din lemn și fibre celulozice;
- Materiale pentru realizarea lemnului lamelar stratificat.

5.4.2.8. Sinteza si modificarea polimerilor

Domeniile de aplicații sunt dintre cele mai diferite - materiale de construcție, materiale electrotehnice, industria aero-spațială, automobile, agricultură, medicină, ambalarea și conservarea alimentelor etc. **Printre avantajele se pot enumera:** greutatea specifică redusă; prelucrarea ușoară - după metodele utilizate la metale, dar cu consumuri energetice considerabil mai mici; rezistență bună la acțiunea agenților chimici; proprietăți mecanice și electrice care îi fac practic de neînlocuit într-o multitudine de

aplicații specifice tehnologiilor moderne; sursele de obținere sunt abundente - între acestea, petrolul și gazele naturale reprezintă sursele de obținere al majorității polimerilor de sinteză); posibilitatea controlării proprietăților prin modificarea structurii. Ca urmare, domeniile active în știința compușilor macromoleculari cuprind toate aspectele de la sinteza, caracterizarea, stabilizarea, modificarea, utilizarea, găsirea de noi aplicații, până la reciclarea, reutilizarea și distrugerea deșeurilor polimerice. Sunt astfel implicate probleme de chimie, tehnologie chimică, fizică, științe tehnice, ecologie. Materialele polimerice sunt astfel obiectul unor interesante aplicații multidisciplinare.

Principalele probleme pe care le ridică utilizarea materialelor polimerice pot fi:

a) **performanță** - creșterea performanței materialelor polimerice poate fi descrisă cu ajutorul unor proprietăți indicator, cum sunt: durabilitatea - de regulă se urmărește extinderea duratei de viață a materialelor polimerice, în scopul creșterii duratei de exploatare; sunt situații în care se urmărește însă și inducerea unei durate de viață limitate, precum și a unui anumit nivel de biodegradabilitate, în scopul creșterii puterii de absorbție a mediului față de deșeurile polimerice; proprietățile funcționale - se urmărește accentuarea proprietăților funcționale prin crearea de noi polimeri prin modificare adecvată; crearea de noi polimeri este limitată destul de sever de rațiuni economice, precum și de reglementări ecologice; extinderea aplicațiilor - prin exploatarea sau crearea unor noi proprietăți funcționale;

b) **ecologie** - problemele sunt legate de reciclarea deșeurilor de astfel de materiale, care adeseori sunt destinate utilizării ca produse de unică folosință; probleme mari ridică unii aditivi încorporați în scopul creșterii unor performanțe (ignifugare, coloranți, agenți de luciu, antistatizanți, etc.) ce pot contamina mediul înconjurător sau corpurile cu care vin în contact (de exemplu alimentele);

c) **economice** - în general utilizarea polimerilor ca înlocuitori ai altor materiale este justificată economic; datorită trecerii la industrializarea rapidă a polimerilor, înainte de a se cunoaște exact comportarea acestora, s-au ales diferite soluții tehnice (pentru stabilizare, de exemplu) pe baza experienței anterioare în alte domenii, urmând ca rezultatele cercetărilor asupra polimerilor să fie preluate și asimilate din mers; din acest motiv, uneori, costurile cu cercetarea în acest domeniu par disproporționat de mari pentru produse aflate deja în largă utilizare.

Direcțiile de perspectivă par să se orienteze astfel:

- crearea polimerilor cu risc zero de degradare sub acțiunea condițiilor de solicitare;
- realizarea de polimeri cu proprietăți fizico-mecanice similare polimerilor utilizați uzual, dar cu proprietăți funcționale deosebite - conducție electrică, magnetism, proprietăți optice controlate;
- materiale biologice sintetice perfect compatibile cu țesuturile organismului uman;
- materiale polimerice perfect bio-degradabile, cu durată de viață strict determinată, care să nu aibă efecte dăunătoare asupra mediului.

5.4.2.9. Materiale carbonice avansate, materiale de sinteza si carbonice

Anozii de carbon, utilizând cocs de petrol și smoala de huila, sunt pivotul *productiei de aluminiu*. **Electrozii de grafit** controlează *procesarile metalurgice*. **Fibrele de carbon** sunt utilizate pentru ranforsarea unditelor și rachetelor de tenis, fiind esențiale în *aviatia moderna și la vehiculele spatiale*. **Discurile de frina din carbon** în trenul de aterizare sunt de importanță capitală privind securitatea avionului. **Bateriile litium-carbon** sunt prezente în viața oricărui om. **Negrul de fum** utilizat în *industria pigmentilo*. **Carbonul activ** utilizat în *industria alimentara* și filtre pentru deodorizante în refrigeratoare. **Folie de grafit** pentru membrane de contact în tastatura calculatoarelor

Materialele carbonice prezintă o dezvoltare dinamică remarcabilă, cu schimbarea domeniilor de vîrf la interval de 5 ani : **1960** fibre de carbon pe baza de PAN, carboni pirolitici și carbon sticlos; **1965** au fost puse în evidență sferile de mezofază, deschizând domenii noi, active și în prezent: fibre de carbon din mezofază, compozite pe baza de mezofază; **1975** compuși intercalați ai grafitului de înaltă conductivitate electrică; **1985** descoperirea fullerenelor; **1990** superconductivitatea compusului K_3C_{60} ; **1993** nanotuburile de carbon. O problemă de ultimă oră pentru materialele carbonice este controlul porozității nu numai prin promovarea unei tehnici de procesare (combinații de polimeri, metoda replicii, a intercalării) ci și introducerea unui nou concept, ca porii sunt unul din componente, adică materialele carbonice poroase sunt aliaje de carbon cu pori.

Plaja largă de pori în materialele carbonice a început să se găsească diverse aplicații;

- *micropori* în electrozii de carbon în capacitatori cu dublu strat electric,
- *macropori* pentru absorbția și recuperarea uleiurilor grele varsate în apă (mare, ocean)

Trebuie menționat că există multe posibilități de a dezvolta noi materiale carbonice prin controlul structurii și texturii. De asemenea, se întrevide dezvoltarea unui concept nou de aliaje carbonice, **nanocarboni** care vor deschide domenii pentru materiale carbonice noi.

5.4.2.10. Obținerea și caracterizarea monocristalelor și a materialelor ordonate

Straturile se depun prin diverse metode, dintre care cele mai frecvent folosite sunt depunerea prin evaporare în vid, electrodepunerea și pulverizarea în vid pe un suport nemagnetic. O nouă metodă, este metoda ablației laser. Astfel, pentru obținerea straturilor subțiri de permalloy, la început a fost folosită mai ales evaporarea, în vreme ce mai recent a fost preferată pulverizarea.

În vederea constituirii unei teorii satisfăcătoare privitoare la comportarea lor, au fost intens studiate experimental atât straturile subțiri obținute din elementele feromagnetice pure cât și cele realizate din diferite aliaje, cu structuri mai mult sau mai puțin complexe.

Multistraturile prezintă un mare interes practic din mai multe puncte de vedere. Pe plan științific straturile subțiri magnetice și multistraturile prezintă un caz foarte favorabil de studiere a materialelor magnetice. Astfel, straturile subțiri magnetice au o structură de domenii magnetice foarte regulată, fiind practic monodomeniale în grosime, așa încât, spre deosebire de cazul corpurilor masive, toate observațiile efectuate la suprafață permit cunoașterea structurii reale de domenii în volum. Proprietățile magnetice ale straturilor subțiri, cum ar fi anizotropia, punctul Curie, magnetizația spontană și dependența de temperatură a acesteia, sunt puternic influențate de grosimea eșantionului. În privința aplicațiilor, straturile subțiri, prezintă un interes excepțional în contextul actual, al dezvoltării industriei mijloacelor de calcul și al înregistrării magnetice și magnetooptice a sunetului și imaginii.

Aplicațiile pot fi grupate în următoarele categorii:

- Capete magnetice de înregistrare și/sau lectură
- Memorii de scriere/lectură : discuri magnetic dure și flexibile, benzi magnetice
- Memorii numai pentru lectură: discuri magneoptice, pe bază de efect Kerr polar; memorii funcționând pe baza efectelor Faradaz, magnetorezistiv uriaș și colosal, termostriktiv etc.;
- Transformatoare și convertizoare de înaltă frecvență
- Aplicații pentru microunde: atenuatoare, filtre, generatoare, inductanțe variabile;
- Senzori și elemente de măsură a căror ieșire este funcție de intensitatea câmpului magnetic, de deplasarea liniară sau unghiulară, de intensitatea curentului etc.;
- Traductoare magnetice, capabile să realizeze în prezența câmpului magnetic deplasări de ordinul micrometrilor;
- Imprimante magnetice;
- Comutatoare cu straturi subțiri supraconductoare.

5.4.2.11. Lianți

Dat fiind faptul că lianții se utilizează sub formă de materiale compozite de tip beton, în prezent se acordă o atenție deosebită cercetărilor privind realizarea de:

- betoane înalt performante, caracterizate prin rezistențe mecanice mari și foarte mari, ca și o durabilitate bună, inclusiv la solicitări de îngheț-dezghet sau în contact cu diferite medii agresive;
- betoane cu proprietăți speciale, cum sunt de exemplu betoane pentru lucrări de restaurare a unor monumente și construcții vechi, betoane pentru solidificare/imobilizare și/sau depozitare de deșeuri nocive, inclusiv radioactive, betoane pentru reparații ultrarapide, mase expansive, mase liante pentru cimentarea găurilor de sondă, mase termorezistente și refractare.

Cercetările pe plan mondial sunt orientate în câteva **direcții principale**:

- ameliorarea calității lianților în directă corelare cu funcția lor de utilizare, inclusiv sau mai ales prin cercetarea și utilizarea unor lianți de tip compozit, conținând diferite pulberi minerale;
- cercetări privind utilizarea de plastifianți și superplastifianți, care să permită realizarea de betoane cu autocompactare, deci economie de energie și calități estetice deosebite dar și betoane cu rezistențe mecanice foarte mari;
- cercetări privind performanțele betoanelor armate dispers cu diferite tipuri de fibre (metal, sticlă, polimeri organici, carbon).

O atenție deosebită în domeniul cercetării lianților se acordă realizării unor materiale liante ecologice, a căror obținere să aibă un impact negativ minim asupra mediului înconjurător și să presupună un consum de energie minim posibil. Acest deziderat poate fi realizat prin înlocuirea, în proporții cât mai mari posibile, a cimentului portland cu pulberi minerale reactive, în condițiile menținerii sau chiar a îmbunătățirii performanțelor betonului. Considerarea în acest scop a unor materiale de tipul zgurilor de furnal, cenușilor de termocentrală sau fierului calcaros, are implicații atât sub aspectul reducerii consumului de energie (fabricarea cimentului portland implică un consum de energie termică de aproximativ 3200 kJ/kg clincher) ca și al reducerii emisiei de gaze nocive în atmosferă (producerea unei tone de clincher conduce la emisia unei tone de CO₂, alături de cantități variabile de SO₂, oxizi de azot) și a unor cantități mici de metale grele.

Sunt absolut necesare cercetări privind asigurarea unei bune compatibilități între liantul de bază, de tip portland sau aluminos și adaosul de pulbere reactivă, cu considerarea și a unor aditivi organici cu efect superplastifiant. Pentru valorificarea superioară a potențialului liant a unor astfel de sisteme compozite, se impun cercetări aprofundate privind procesele fizico-chimice deosebit de complexe care au loc la întărirea lor.

5.4.2.12. Sticle

Tendențele de dezvoltare în viitor, pe plan mondial sunt mai mult decât promițătoare și pe sectoare specifice se concretizează astfel:

- Domeniul sticlei plane, oferă un câmp de oportunități incomparabil. Sunt imaginate noi funcțiuni, noi concepții privind transparența, încălzirea, luminozitatea, pentru a oferi un grad înalt de confort și eficiență maximă utilizatorilor, în principal industria construcțiilor și automobilelor.

În acest sens tendința dominantă este de creștere și diversificare a producției sticlelor cu straturi multifuncționale din ultima generație, ca de exemplu:

- geamurile care se autocurăță (pe bază de straturi cu TiO_2 cu efect autocatalitic)
- geamurile cu proprietăți de control solar, care oferă o protecție solară optimă, o foarte bună izolare termică și o puternică transmisie a luminii (geamuri electrocrome sau cele cu emisivitate redusă)

Vitrajul multifuncțional va reprezenta în viitor componenta cheie în gestionarea climatică și energetică a clădirilor .

- Domeniul fibrelor de sticlă va ocupa în continuare o poziție dominantă în termo-fono-izolarea construcțiilor, datorită proprietăților excepționale de izolare. De asemenea cererea de fibre de sticlă pentru armare are un trend ascendent în SUA și Europa Occidentală.
- Sectorul sticlei de ambalaj, deși la concurență cu ambalajele din material plastic, va cunoaște o creștere de circa 35% până în 2005.
- Domeniul sticlelor speciale, ca și cel al sticlăriei de uz casnic se vor extinde și diversifica. În domeniul sticlelor cu compoziții speciale tendința este de diversificare și de extindere a aplicațiilor în medicină (sticle biocompatibile), comunicații (sticle optice), electronică etc.

Utilizarea sticlei ca matrice pentru imobilizarea unor deșeuri toxice și periculoase constituie un aspect deloc de neglijat în exploatarea potențialului inepuizabil al materiei vitroase. Tehnici speciale de transformare a sticlei în vitroceram vor conduce la lărgirea gamei de produse cu proprietăți și aplicații speciale.

Alături de componenta de performanță a produselor, o problemă care va preocupa în continuare specialiștii și producătorii de produse de sticlă va fi cea legată de conceptul dezvoltării durabile care impune norme clare în strategia atât pe termen scurt cât și pe termen lung. În această direcție tendințele care trebuie urmate se referă la:

- accentuarea utilizării celor mai eficiente tehnologii de topire – prelucrare pentru apropierea de limitele randamentului teoretic. În acest sens alături de perfecționarea topirii electrice se are în vedere utilizarea oxy – combustiei, care pe lângă o economie substanțială de energie poate oferi și o reducere a gradului de poluare a mediului (prin reducerea conținutului de noxe eliminate în atmosferă)
- îmbunătățirea soluțiilor existente și găsirea altora noi pentru facilitarea reciclării și reutilizării deșeurilor din sticlă .

Strategia de cercetare-dezvoltare in domeniile materiale noi, micro si nanotehnologii, in perspectiva integrarii in spatiul de cercetare european

In ceea ce priveste orientarile generale, pentru perioada care urmeaza, ale activitatii de cercetare-dezvoltare in tara, in domeniul materialelor noi, avansate, au fost analizate rezultatele unui **studiu efectuat la nivel international ("Raportul Delphi al Institutului de Cercetarea Inovarii si Tehnica Sistemului", Germania, Publications INISTEP 1996-2003; Anexa 3, extras)** precum si rezultatele studiului realizat prin **interviewarea specialistilor din diferite institute de cercetare si centre de competenta din tara**. Rezulta urmatoarele **tedinte pe plan mondial** ale cercetarii-dezvoltarii in domeniul materialelor noi, avansate:

- 1) Promovarea cercetarii fundamentale avansate raportata la pozitia ei in lume
 - Promovarea cercetarii fundamentale in concordanta cu cea de-a 14 Recomandare la nivel mondial;
 - Imbunatatirea si generalizarea proiectarii de materiale/substante noi si a tehnologiilor lor
- 2) Promovarea unei cercetari-dezvoltari creative cu efecte importante
 - Marirea eficientei in explorarea substantelor si materialelor;
 - Dezvoltarea si stabilirea noilor tehnologii pentru realizarea aplicatiilor practice
- 3) Identificarea si stabilirea unor materiale care sa raspunda necesitatilor socio-economice si promovarea unei asemenea cercetari-dezvoltari
 - Rezolvarea rezultatelor globale cum ar fi mediul global, resursele si energia;
 - ✓ Refolosirea mai usoara si viata lunga a materialelor structurale;
 - ✓ Dezvoltarea materialelor si aparatelor pentru generarea de putere fotovoltaica
 - Promovarea electronicelor inrudite cu domeniul;
 - ✓ Dezvoltarea optoelectronicii si materialelor (semiconductoare noi, supraconductoare avansate)
 - Promovarea stiintei vietii inrudita cu domeniul
- 4) Cresterea si siguranta cercetatorilor din viitoarea generatie
 - Asigurarea pozitiilor necesare pentru cercetatori si asistenti cercetatori
- 5) Constructia unei noi scheme de cercetare-dezvoltare
 - Activare a schimbarii de tip cercetare-dezvoltare;
 - Inlocuire a cercetatorilor conducatori, cu manageri
- 6) Internationalizarea mediului de cercetare pentru intensificarea cerc.-dezvoltarii creative
 - Imbogatirea facilitatilor de cercetare in conducerea mondiala;
 - Managementul de organizare a cercetarii si schema suport a cercetarii in conformitate cu standardul global
- 7) Imbunatatirea crearii distributiei informatiei intelectuale si promovarea standardizarii internationale
- 8) Constituirea unui nou procedeu pentru sistemul de evaluare
 - Evaluarea indicatorilor particaliari pentru cerc.-dezvoltare in domeniul materialelor noi.

Studiul realizat prin interviewarea specialistilor din diferite institute de cercetare si centre de competenta din tara indica importanta promovarii unor tinte-obiectiv ale cercetarii-dezvoltarii, astfel:

- 1) dezvoltarea teoretica si sistematica de noi substante si materiale prin cercetarea fenomenelor la nivel micronic si explorarea noilor fenomene
- 2) crearea substantelor si materialelor cu functii inovative ar trebui urmarita prin comandarea unor asemenea metode cum ar fi controlul mediilor de reactie, controlul structurilor, aplicarea de biofunctii si proiectarea de substante si materiale
- 3) promovarea tehnologiilor de material corespunzatoare unui camp vast de necesitati in ariile respective, prin utilizarea pozitiva a descoperirilor obtinute prin cercetare fundamentala si stabilirea tehnologiilor de procesare, reabilitarea acestora

Strategia in domeniul materialelor va trebui sa se concentreze asupra promovarii pe termen mediu si lung a CD in domeniul materialelor cu potential inovativ ridicat, insa avand un risc tehnico-economic si stiintific inalt. Dezvoltarea de materiale noi cat si epuizarea potentialelor inca existente ale materialelor cunoscute, producerea si prelucrarea lor trebuie sa fie, de asemenea, un tel la fel de important. Ne referim la toate tipurile de materiale: **metale, ceramici, polimeri, materiale compozite sub forma de materiale masive, strat-uri si stratificate si suprafete conditionate**.

In urma chestionarii unui numar mare de experti din industrie si stiinta, s-au identificat **cinci domenii de aplicatii** in care materialele vor juca un rol fundamental: energetica, transporturile, medicina si biologia, tehnologia informaticii si agricultura. In tabelul urmator sunt identificate posibilitatile de utilizare a materialelor noi in diferite domenii de aplicatii, in corelare cu celelalte programe ale PNCDI.

**Strategia de cercetare-dezvoltare in domeniile materiale noi, micro si nanotehnologii,
in perspectiva integrarii in spatiul de cercetare european**

**Posibilitati de utilizare a materialelor noi la realizarea unor produse
in diferite domenii de aplicatii. Corelarea cu celelalte Programe din PNCDI**

| Material | TI / INFOSOC | Energetica / MENER | Transporturi / AMTRANS | Tehnologia fabricatiei / MATNANTECH | Medicina / VIASAN | Mediu / MENER |
|---|--|---|--|--|--|---|
| Ceramica structurala si materiale dure | Ceramica transparenta pentru lentile cu solicitari mecanice mari | Turbine ceramice, lagare, palete acoperite pentru turbine | Componente motoare, materiale de frictiune, autolubrefiante, lagare din SixNy | Scule tolerante la degradare, lagare SiN, scule taietoare, scule mai dure decat diamantul (C3N4) | Implanturi de lunga durata, proteze | Cresterea randamentului in producerea energiei, membrane, sensori, adsorbanti |
| Ceramica functionala si piezo | Microsenzori, microactuatori, substrat AIN pentru electronica de putere | Senzori de gaz, supraveghere de sistem | Monitorizare, sensoristica pentru motoare | | Neuro-stimulatori, hipertermie tumori cu ceramici magnetice | Senzori de gaz, economii de energie prin optimizarea sistemelor |
| Polimeri | Computere optice, sisteme coloranti, conductori organici, ecrane plate mari | Schimbator de caldura, materiale plastice | Baterii usoare, iluminat cu polimeri electro-luminiscenti | | Medicatie adaptata, inlocuitor de piele, membrane biologice | Economie materii prime si purtatori de energie |
| Materiale optice/fotonice | Conductori de lumina pana la 100 GB/sec., semi-conductori optici, memorii optice | Circuite cu pierderi mici | Diode luminiscente polimerice de mare suprafata, tehnici de actionare si semnalizare | | Materiale sensibile pentru reducerea solicitarii la radiatie | Sonde on-line pentru noxe |
| Semiconductori de temperatura ridicata (SiC, cBN, C3N4) | Electronica de mare putere | Transformatori de energie eficienti | Actionare si sensoristica de motoare | | | Economie de energie si combustibil |
| Straturi diamant | Ecrane plate, electronica de mare putere, componente active, pasive | | | Scule aschietoare acoperite cu diamant | | Economie de resurse prin marirea duratei de viata |
| Superaliaje si compusi intermetalici | | Componente de turbina de mare solicitare | Componente rezistente la temperaturi mari pentru motoarele generatiilor urmatoare | | | Solicitarea redusa a mediului prin producerea eficienta a energiei |
| Nanomateriale | Comutatori si conductori moleculari, electronica cuantica | Nanocompozite ceramice pentru componente de turbina | | | | Cresterea randamentului la producerea energiei |
| Magneti de inalta energie si magnetostrictori | Memorii noi, micro-interruptori | Generatori de mare putere, comutatoare rapide | Levitatie magnetica, motoare compacte | | | Reducerea noxelor prin reglare optimizata |

Strategia de cercetare-dezvoltare in domeniile materiale noi, micro si nanotehnologii, in perspectiva integrarii in spatiul de cercetare european

| | | | | | | |
|-------------------------------------|------------------------------|--|--|---------------------------|---|--|
| Materiale multifunctionale adaptive | Optica adaptiva | Componente auto-optimizante si autoreparabile, amortizoare inteligente | | Scule inteligente | Adaptarea medicatiei locale functiei de nevoie din depozite implantate de medicamente | Securitate, durata de viata |
| Materiale cu memoria formei | Microactuatori | Elemente de reglare de consum redus de energie | Reglare de temperatura, fara intretinere | Conexiune SDV/ componenta | | Economie de energie |
| Aerogel | Acoperiri la fibre optice | Superizolatie izolatia transparenta | Antifonare in trenuri de mare viteza | | | Economie de energie, economie de resurse |
| Materiale biomimetice | Optica neliniara, biosensori | Nanocompozite cu vascozitate extrema la densitate mica | | | Piele artificiala, membrane de dializa, organe artificiale | Disponibilitate de resurse ridicata |

Programul de materiale va trebui conjugat cu finantari din alte programe nationale de CD pentru obtinerea efectelor de sinergie. Intrevedem urmatoarele domenii tehnologice de mare importanta pentru materiale: materiale avansate si multifunctionale; nanotehnologiile; microelectronica; tehnica sistemelor si microsistemelor; tehnica fotonica; electronica moleculara; biotehnologia celulara; software si simulare.

Necesitatea finantarii bugetare a cercetarii de material rezulta din:

- posibilitatea utilizarii unor potentiale importante pentru produse noi si procedee energetic avantajoase si neagresive fata de mediul inconjurator, ca si contributie, la pastrarea unei competitivitati tehnologice si griji fata de viitor;
- caracterul strategic al noilor materiale pentru dezvoltari tehnologice importante ale economiei nationale; in multe cazuri dupa o dezvoltare de succes a unor noi materiale este necesara o dezvoltare de tehnologie specifica, fapt care ingreuneaza participarea IMM –lor, care nu ar putea finanta astfel de dezvoltari paralele (de material si de tehnologie);
- perioada lunga de difuzie a rezultatelor cercetarii de material spre utilizare practica, de 10-15 ani; de asemenea, complexitatea crescanda si multidisciplinaritatea problemelor de unde rezulta un risc tehnico-stiintific si economic peste medie;
- necesitatea unor dezvoltari de materiale cu costuri ridicate pentru necesar mic (de exemplu, materiale functionale), dar care ar putea fi indispensabila intr-o dezvoltare ulterioara dintr-un anumit domeniu.

5.4.3. Estimarea duratelor, a potentialului si a infrastructurii necesare pentru atingerea obiectivelor stabilite.

Dezvoltarea si perfectionarea personalului de cercetare trebuie sa aiba in vedere imbunatatirea posibilitatilor de instruire, mobilitate si promovare profesionala, cat si initierea unor programe de formare continua. Initierea si dezvoltarea politicilor de formare de tip “e-Learning” in domeniu ar putea constitui una din solutiile pentru atingerea obiectivelor dorite. Resursele trebuie sa nu fie doar conservate ci si dezvoltate. Trebuie abandonata urgent **mentalitatea de supravietuire**.

Din datele actuale, in domeniile materiale ceramice, materiale compozite ceramice, sticle si materiale cvasicristaline avansate, performante, lianti si sisteme performante lianti, exista o pondere a specialistilor tineri (pana in 35 de ani) de aproape 40% din totalul specialistilor, iar dintre acestia un procent de 38% reprezinta studentii, masteranzii si doctoranzii. Ca masuri ce pot fi luate mentionam crearea unor colective mixte de cercetare, mobilizarea studentilor din anii terminali la activitatile colectivelor de cercetare si mobilitatea tinerilor (burse de doctorat la universitati din strainatate).

Estimarea infrastructurii existente. Analiza pe subdomenii evidentiaza limitele infrastructurii actuale si necesitatea urgenta a unor completari de dotare. Se remarca situatia identificata cu privire la echipamentele utilizate la cercetarea in domeniile materiale ceramice, materiale compozite ceramice,

Strategia de cercetare-dezvoltare in domeniile materiale noi, micro si nanotehnologii, in perspectiva integrarii in spatiul de cercetare european

sticle si materiale cvasicristaline avansate, performante, lianti si sisteme performante lianti, unde exista o infrastructura performanta, 70% din echipamente fiind puse in functiune dupa anul 1995.

5.4.4. Propunerea unor solutii pentru dezvoltarea retelelor tehnologice integrate care sa cuprinda realizatorii potentiali ai obiectivelor stabilite

Strategia de cercetare-dezvoltare are in vedere dezvoltarea retelelor tehnologice integrate care sa cuprinda realizatorii potentiali ai obiectivelor stabilite. Parteneriatele interne, de la universitati si institute de cercetare pana la agentii economici, trebuie sa cuprinda toti factorii implicati tinand cont de necesitatea abordarii multidisciplinare si de parcurgerea tuturor fazelor de cercetare-dezvoltare, pana la punerea in fabricatie a produselor elaborate prin cercetare.

Pentru **toate subdomeniile de materiale noi, propuse ca directii de cercetare-dezvoltare, exista in tara unitatile competente pentru asigurarea intregului lant de activitati de cercetare-dezvoltare, incepand de la cercetarea fundamentala si pana la transferul tehnologic, chiar daca nu intotdeauna exista dotarea completa sau de cea mai inalta performanta.** Desigur ca se pun probleme privind perfectionarea managementului proiectelor de cercetare si mai ales, imbunatatirea eficientei privind valorificarea rezultatelor cercetarii. Aceste probleme sunt cu atat mai importante cu cat multidisciplinaritatea cercetarilor, complexitatea echipamentelor de caracterizare si de fabricatie impun formarea unor parteneriate tot mai complexe. In acest context, se subliniaza importanta finantarii in continuare a retelelor de excelenta, in conformitate cu modelul european, pentru a asigura **multidisciplinaritatea, complementaritatea si sinergismul** in directia introducerii in cercetare a noilor metodologii de modelare, realizare si caracterizare a noilor produse.

5.4.5. Estimarea niselor de colaborare si integrare tehnologica la nivel international

Directiile de cercetare-dezvoltare propuse se incadreaza in tematica din Programul Cadru 6 al U.E. dupa cum urmeaza:

| Tematica FP6 | Materiale si aplicatii |
|--|---|
| 3.4.1.1 Cercetari interdisciplinare pe termen lung pentru intelegerea fenomenelor, controlul proceselor si a mijloacelor de cercetare | Sisteme cu auto-organizare si auto-asamblare (modelare, crestere, nano-entitati, functionalizare). |
| 3.4.1.2 Nano-bio-tehnologii | Noi cunostinte asupra interfetelor entitatilor biologice si non-biologice |
| 3.4.1.3 Inginerie la scara nanometrica pentru crearea materialelor si componentelor | Productia la nivel industrial a nanoparticulelor (dezvoltarea tehnologiilor de productie a nanoparticulelor sub 100 nm), prin sinteza in faza gazoasa, procese sol-gel, etc, functionalizarea nanoparticulelor, incapsularea, manipularea, stabilizarea, transportul si stocarea nanoparticulelor (inclusiv pulberi si fibre) |
| 3.4.1.5 Aplicatii in arii ca sanatatea si sistemele medicale, chimie, energie, optica, alimentatie si mediu | Impactul nanoparticulelor asupra sanatatii si mediului Noi sisteme pentru diagnoza si controlul sanatatii (3.4.5.4) Circuite Nano-fotonice si Nano-Electronice (3.4.5.5) |
| 3.4.2. Materiale multifunctionale bazate pe cunoastere | |
| 3.4.2.1 Dezvoltarea cunostintelor fundamentale | Intelegerea fenomenelor fizico-chimice si biologice fundamentale in procesarea materialelor multifunctionale si ecoeficiente, si reciclabile, materialelor noi cu caracteristici fizice chimice si biologice predeterminate Modelarea si proiectarea materialelor multifunctionale |

Strategia de cercetare-dezvoltare in domeniile materiale noi, micro si nanotehnologii, in perspectiva integrarii in spatiul de cercetare european

| | |
|--|--|
| 3.4.2.2 Tehnologii pentru producerea, transformarea si procesarea materialelor multifunctionale si biomaterialelor pe baze stiintifice (materiale inteligente) | <i>Dezvoltarea materialelor nanostructurate</i> (compozite, filem subtiri multifunctionale, materiale izolatoare noi) nanostructurate si proprietati chimice si fizice semnificativ diferite fata de maerialele clasice cu potential tehnologic ridicat) |
| | <i>"Biomateriale inteligente" pentru repararea tesuturilor si regenerare</i> (noi biomateriale metalice, ceramice polimerice si compozite) cu potential bioactive de suprafata specific |
| | <i>Ingineria suprafetelor cu proprietati tribologice</i> (acoperiri cu materiale rezistente la coroziune, cu durabilitate si eficienta sporite pentru energetica, industria auto si aerospatuala) |
| | <i>Noi materiale ultraperformante multifunctionale pentru aplicatii la scara macro</i> (structuri complexe cu baza metalice, ceramice, polimerice, sticle, compozite, alte materiale cu perofrmance ridicate) |
| 3.5 Integrarea nanotehnologiilor, materialelor noi si proceselor de productie a lor in imbutatirea constructiilor, chimicalelor si transportul de suprafata | Noi generatii de materiale multifunctionale si tehnologii pentru transportul de suprafata; Dezvoltarea industriei chimice si crearea unor metode de sinteza eficiente ecologic (cataliza si biocataliza, microreactoare, noi cai de sinteza a materialelor ecologice si regenerabile) |

6. PROPUNERI DE ELEMENTE DE STRATEGIE POLITICA SI/SAU ECONOMICA GENERALA SAU LA NIVEL SECTORIAL, NECESARE PENTRU REALIZAREA OBIECTIVELOR PREVAZUTE

6.1. Analiza SWOT a rezultatelor anchetei pentru domeniile nanoparticule, materiale biocompatibile, aliaje cu memoria formei și nanomaterialelor magnetice inteligente

Pentru domeniile nanoparticule, materiale biocompatibile, aliaje cu memoria formei și nanomaterialelor magnetice inteligente cu proprietăți de fluid, răspunsurile obținute la anchetă au fost supuse analizei SWOT. Rezultatele sunt prezentate in continuare, ele punand in evidenta masurile care se impun pentru valorificarea „punctelor tari” si a „oportunitatilor” precum si pentru diminuarea/eliminarea „punctelor slabe” si a factorilor care reprezinta „amenintari” pentru realizarea obiectivelor.

◆ puncte tari:

- centrele de competență au fost înființate și funcționează;
- institutele de cercetare, instituțiile de învățământ superior manifestă interes pentru Prioritatea 3 din Programul FP6 și au obținut rezultate cu aplicații practice;
- există preocupări pe o gamă largă de subdomenii;
- implicarea cercetătorilor în programe de cercetare internaționale și naționale;
- direcțiile de cercetare sunt bine definite;
- tematica proiectelor îmbina corect cercetările fundamentale cu cele aplicative;
- proiectele menționate au coordonatori români și parteneri din țară și străinătate;
- există parteneriat și interes de colaborare pe o gamă largă de subdomenii;
- există aplicații industriale;
- colectivele de lucru sunt formate din specialiști cu diferite pregătiri, alături de ingineri fiind coopțați chimiști, fizicieni, matematicieni, informaticieni, specialiști bine pregătiți, doctori sau doctoranzi în științe tehnice, profesori și conferențieri universitari;
- existența unei infrastructuri performante, 87 % din echipamente fiind puse în funcțiune după anul 1990, iar 37,5% după anul 2000.
- paletă largă de echipamente de cercetare și microproducție;
- realizări deosebite, chiar cu număr mic de specialiști;
- în domeniul aliajelor cu memoria formei, există o invenție a unui cercetător român în curs de patentare și valorificare în SUA;
- un pas bun în diseminarea rezultatelor cu aplicații tehnologice în mediul industrial o reprezintă rețeaua NANOTECH.
- există produse și tehnologii care pot constitui ținte realiste de dezvoltare în țara noastră sau la dezvoltarea cărora România poate participa ca partener;
- gamă diversificată de materiale nanostructurate ceramice, oxidice, feritice, dure sau extradure;

Strategia de cercetare-dezvoltare in domeniile materiale noi, micro si nanotehnologii, in perspectiva integrarii in spatiul de cercetare european

- există premise favorabile în ceea ce privește formarea și dezvoltarea unor rețele tehnologice cu partenerii actuali;
- există nișe de colaborare între specialiști români și străini.

◆ puncte slabe:

- număr redus de răspunsuri la anchetă;
- număr redus de programe, raportat la numărul de factori anchetați;
- insuficientă diseminare în mediul industrial a rezultatelor cercetărilor;
- număr mic de specialiști pe domeniu, raportat la numărul total de cercetători;
- numărul mic al specialiștilor sub 30 de ani și numărul mare de specialiști peste 50 ani;
- patentarea rezultatelor insuficient încurajată și sprijinită;
- unii consideră că rețelele tehnologice integrate au în prezent doar rolul de a face legătura între parteneri;
- realizarea obiectivelor propuse necesită în general perioade de timp de câțiva ani;
- lipsa unei politici pentru promovarea inovațiilor;
- cunoștințe limitate la nivelul industriei;
- cadru social și educațional inadecvat pentru aplicarea rezultatelor cercetării;
- legislația care nu încurajează colaborarea;
- investiții reduse la beneficiari;
- riscul respingerii inovațiilor la nivel de întreprinderi.

◆ oportunități

- nanotehnologiile și nanomaterialele reprezintă o oportunitate deosebită pentru relansarea economiei românești, renunțarea la marile industrii mari consumatoare de energie și abordarea unor activități care implică multă inteligență, cu profituri uriașe;
- mobilizarea IMM-urilor, prin Agenția Națională a IMM-urilor;
- rezultatele cercetării să fie diseminate la mai mulți factori și să fie prezentate avantajele preluării în fabricație de serie mică a nanomaterialor;
- dezvoltarea cercetărilor fundamentale, pentru a sprijini cercetarea în domeniile vizate;
- modernizarea laboratoarelor de cercetare la nivelul tehnicilor de vârf;
- introducerea inovațiilor bazate pe nanotehnologii în sectoare deja existente;
- crearea de noi sectoare industriale;
- promovarea cercetării interdisciplinare și multidisciplinare;
- eforturile cercetătorilor ar trebui îmbinate cu ajutor din partea statului pentru activități care să conducă la creșterea încrederii agenților economici în potențialul românesc de cercetare;
- preocupări permanente ale factorilor de decizie pentru perfecționarea continuă a cercetătorilor;
- să fie asigurate fonduri pentru dotarea instituțiilor și centrelor de competență cu echipamentele necesare performante pentru sinteză și analiză;
- se impune crearea unor colective mixte de cercetare în care experiența cercetătorilor să fie împărtășită tinerilor, numirea tinerilor ca directori de proiecte de cercetare, aceasta contribuind la creșterea responsabilității, mobilizarea studenților din anii terminali la activitățile colectivelor de cercetare pentru stimularea interesului de a munci după absolvire în domeniu, trimiterea cu burse de doctorat la universități din străinătate, antrenarea lor în parteneriatele de cercetare, organizarea unor manifestări științifice de tipul "Tinerii și cercetarea multidisciplinară" organizată de ACMV Timișoara;
- diseminarea în mediul economic ar trebui să se realizeze prin cooptarea în colectivele de cercetare a unor economiști care să evalueze oportunitățile de dezvoltare și modul de abordare a pieței. Ulterior ei pot fi aceia care să găsească modalitățile optime de diseminare în mediul de afaceri
- atragerea de fonduri pentru dezvoltarea de aplicații ale materialelor elaborate;
- este necesară stabilirea unor priorități în concordanță cu interesele de moment și de perspectivă și stimularea acelor idei care pot conduce la dezvoltarea de noi domenii de colaborare internațională și la valorificare pe piețe locale sau internaționale.
- s-a formulat dorința ca subdomeniile nanoparticule, materiale biocompatibile, nanomateriale magnetice cu proprietăți de fluid, aliaje cu memoria formei să fie cuprinse explicit în programul MATNANTECH atât în ceea ce privește obținerea cât și aplicarea acestor materiale. Să fie încurajată formarea de parteneriate pe teme concrete de cercetare, pe baza relațiilor de cooperare deja existente. Să se facă demersuri pentru intensificarea cooperării cu parteneri din străinătate, în special pentru PC6 (în perspectivă, PC7) și colaborare bilaterală (cu sprijin din programul COPBIL).

◆ amenințări

- birocrație care ar putea îngreuna accesul la parteneriat
- resurse financiare reduse care ar îngreuna scurtarea duratei cercetare-aplicare practică
- după terminarea perioadei de stagiul de doctorat în străinătate, s-ar putea ca tinerii să nu revină în România.

6.2. Propuneri de elemente de strategie politica si/sau economica

Domeniile materialelor avansate si nanostructurate metalice, ceramice, compozite si al filmelor subtiri nanostructurate

Cu privire la resursele umane:

- numarul de cercetatori care lucreaza in domeniu este mult sub nivelul actual din tarile dezvoltate;
- numarul si pregatirea personalului din domeniu care lucreaza in industrie este mult sub nivelul necesar pentru transferul si implementarea materialelor noi si avansate;
- este necesara o politica de sprijinire pentru formarea tinerilor cercetatori si specialisti si de stimulare a celor experimentati prin acordarea unor avantaje similare celor care s-au acordat in cazul firmelor din domeniul IT, pentru a stopa plecarea acestora in tarile din UE sau in SUA;
- realizarea unei politici nationale in domeniul invatamantului, incepand cu cel liceal si terminand cu invatamantul superior, astfel incat tineretul sa fie atras spre invatamantul ingineresc si sa-si insuseasca notiunile de baza din domeniul nanomaterialelor si nanotehnologiilor. In prezent practic la nici o universitate din tara acest domeniu nu este prevazut la nivelul necesar in programele de studiu;
- este necesara atragerea cercetatorilor recunoscuti in domeniu in activitatea de instruire a studentilor intr-o maniera mult mai deschisa si eficienta.

In domeniul infrastructurii:

- deoarece progresul in domeniul materialelor nanostructurate se bazeaza pe intelegerea corelatiilor dintre metodele de sinteza, microstructura si proprietatile la nivel atomic si molecular, este necesara o politica echilibrata si de ansamblu pentru completarea si modernizarea dotarilor din institutetele de C-D atat pentru elaborarea unor procedee moderne si eficiente de sinteza cat si de caracterizare.
- se propune infiintarea unui grup de lucru sub egida Ministerului Cercetarii sau al Academiei Romane care sa analizeze nivelul actual al dotarilor si sa promoveze o lista minima de dotari necesare pentru centrele de excelenta existente.

La nivel sectorial:

- Sprijinirea activa de catre stat, prin Ministerele de resort, dar si prin Uniuni si Asociații Profesionale, a promovării si infiintării de IMM inovative, realizarea unei politici coerente in scopul promovării acestora pe piata de produse si tehnologii avansate;
- Sprijinirea noilor centre de transfer tehnologic in domeniile de interes pentru implementarea rezultatelor existente pe plan national prin acordarea unui sprijin financiar si logistic corespunzator;
- Infiintarea de noi Parcuri Stiintifice si Tehnologice si sprijinirea celor existente in domeniu pentru atragerea de capital strain si infiintarea de joint ventures in productia de materiale avansate, inlocuirea actualei politici de import exclusiv a acestor materiale prin masuri stimulative adecuate;
- Realizarea anuala de informari si prognoze pe termen scurt si mediu de catre principalele institute participante in programul de materiale noi si avansate si de catre institutetele de ramura subordonate Ministerului Economiei si Industrii care sa orienteze politica nationala in domeniu;
- Realizarea, dupa modelul altor state avansate, a unei Comisii permanente care sa fie consultata de organele decizionale cu privire la politica in domeniul materialelor avansate, micro si nanotehnologiilor.

Domeniile nanoparticulelor, materialelor biocompatibile, materialelor cu memoria formei și a fluidelor magnetice

Realizarea obiectivelor propuse necesită în general perioade mai lungi de timp, de câțiva ani, deoarece sunt necesare experimentări repetabile și perfectibile pentru a asigura reproductibilitatea rezultatelor. Un fapt pozitiv îl reprezintă faptul că există experiența necesară pentru a dezvolta noi metode și tehnici în domeniul propriu de activitate, se impune însă necesitatea investițiilor pentru achiziționarea de aparatură și standuri pentru analize fizico-chimice și studiul unor proprietăți de bază ale nanoparticulelor, materialelor cu memoria formei, materialelor biocompatibile, fluide magnetice.

Potențialul uman este estimat la câteva zeci de persoane pe fiecare subdomeniu, cercetători cu experiență și tineri care să utilizeze o infrastructură performantă alcătuită din instalații de vid înaintat, instalații de depunere PVD, MBE, PLD, aparatură de caracterizare (AFM, TEM, SEM, EDX, WDS).

Există propuneri din partea unor factori anchetati ca partenerii consorțiilor formate în scopul promovării unor noi produse și tehnologii să beneficieze de o serie de facilități fiscale la investiții, priorități și scutiri de taxe.

Strategia de cercetare-dezvoltare in domeniile materiale noi, micro si nanotehnologii, in perspectiva integrarii in spatiul de cercetare european

S-a formulat dorința ca subdomeniile nanoparticule, materiale biocompatibile, nanomateriale magnetice cu proprietăți de fluid, aliaje cu memoria formei să fie cuprinse explicit în programul MATNANTECH.

Manifestările științifice, atelierile de lucru pe tematici, organizate la nivel zonal, național și internațional constituie încă un element de strategie pentru diseminarea cunoștințelor și pentru realizarea aplicațiilor practice a materialelor elaborate.

Colaborarea cercetare – industrie

Ancheta efectuată a relevat faptul că începe să funcționeze o colaborare între cercetare și industrie, agenții economici fiind în general beneficiari de produse din domeniul nanomaterialelor. Aplicarea rezultatelor cercetării în industrie este încă limitată datorită următorilor factori:

- lipsa unei politici pentru promovarea inovațiilor;
- cunoștințe limitate la nivelul industriei;
- cadru social și educațional inadecvat pentru aplicarea rezultatelor cercetării;
- legislația care nu încurajează colaborarea
- investiții reduse;
- riscul respingerii inovațiilor la nivel de întreprinderi.

În domeniul nanoparticulelor doar materialele nanocristaline de mari dimensiuni au aplicabilitate deocamdată în sectoarele industriale. Se fac eforturi pentru a utiliza materiale nanocristaline în aplicații din energetică (de ex. conversia energiei solare) la mediu (decontaminarea aerului în spații închise), în medicină (vectori pentru medicamente), în electronică (materiale piezoelectrice, microlaseri).

În domeniul aliajelor cu memoria formei, există o invenție a unui cercetător român în curs de patentare și valorificare în SUA. Se consideră că trebuie intensificate eforturile de diseminare a rezultatelor cercetării în acest domeniu pentru a stârni interes în rândul factorilor industriali.

SC Roseal SA Odorhei în colaborare cu Laboratorul de Lichide Magnetice, din cadrul Academiei Române, filiala Timișoara, realizează arbori etanși magnetofluidici pentru întrerupătoare electrice de putere cu SF6. În continuare se așteaptă cereri de arbori etanși pentru vid înalt și ultraînalt.

Dezvoltarea unor dispozitive cu performanțe deosebite și creșterea activității industriale în următorii 3-5 ani va accelera implementarea aplicațiilor nanofluidice magnetice și în alte domenii.

Rezultatele cercetărilor din domeniul nanoștiinței pot contribui la crearea de noi sectoare cum ar fi cel al materialelor inteligente și a sistemelor microelectromecanice (MEMS –uri) al materialelor nanostructurate.

Diseminarea în mediul economic ar trebui să se realizeze prin cooptarea în colectivele de cercetare a unor economiști care să evalueze oportunitățile dezvoltării domeniilor implicate economic și modul de abordare a pieței. Ulterior ei pot fi aceia care să găsească modalitățile optime de diseminare în mediul de afaceri.

7.CONCLUZII

Dezvoltarea la nivel mondial in domeniile “materiale noi, micro si nanotehnologii” este impulsionata de **evolutia in domeniul “nanotehnologiilor”**, care s-a impus in ultima perioada ca domeniul de cea mai mare actualitate si cu cea mai mare dinamica. Numai in ultimele patru luni au aparut, referitor la dezvoltarea acestui domeniu, trei strategii de relevanta internationala, una in SUA [1] si doua la nivelul Uniunii Europene [2, 3]. Impactul nanotehnologiei asupra dezvoltarii industriale si a societatii este considerat “disruptiv” si “revolutionar”, comparabil cu impactul pe care l-a avut in ultimele decenii dezvoltarea tehnologiei informatiei [1, 2, 3]. Romania are in vedere importanta majora a participarii la dezvoltarea acestui domeniu si isi propune adoptarea unei strategii in acest sens. Aceasta nu poate fi decat o strategie de integrare in eforturile care se fac in acest domeniu, la nivel global si in special la nivel european. Pentru a elabora o astfel de strategie, s-a realizat, pe de o parte, o evaluare a situatiei existente, incercandu-se sa se indentifice potentialul de integrare al cercetarii romanesti in spatiul de cercetare european. In acelasi timp, s-a facut o analiza atenta a strategiei europene pentru nanotehnologie [2], punandu-se in evidenta o serie de **oportunitati pentru Romania cu totul deosebite ca importanta si impact**. Astfel:

- Ne aflam inca la momentul de inceput al dezvoltarii unui nou domeniu, cand sansele fiecaruia sunt relativ echilibrate. Ne revine sarcina exploatarii acestui moment.
- Europa are nevoie de un efort concertat, ceea ce inseamna un context favorabil pentru valorificarea potentialului de care dispune fiecare tara.
- Primul capital ca importanta in dezvoltarea domeniului nanotehnologiilor este cunoasterea. Rezulta importanta majora a resurselor umane in acest domeniu, Romania avand cotate bune si foarte bune in aceasta privinta.
- La nivel european, s-a identificat necesitatea unor investitii majore care sa asigure conditii pentru dezvoltarea nanotehnologiilor. Tarile cu forta de munca inalt calificata, puternic motivata si ieftina, ca Romania, si cu rezultate in domeniu, reprezinta o varianta luata in calcul pentru plasarea unor astfel de investitii. Strategia europeana evidentiaza necesitatea creerii, la nivel european, a mai multor poli de excelenta, aceasta vizand asigurarea competitiei intre grupurile de cercetatori. Competenta recunoscuta a Romaniei in domeniul nanotehnologiilor [6], reprezinta o sansa reala pentru dezvoltarea in Romania a unui pol de excelenta de nivel european.

Se mentioneaza faptul ca IMT Bucuresti, ca institut national de C-D, a fundamentat o strategie proprie cercetare-dezvoltare in domeniul micro- si nanotehnologiilor si a contribuit la lansarea “Initiativei Nationale pentru Nanostiinta si Nanotehnologie”[4]. Variante actualizate ale acestor materiale sunt prezentate in Anexele 7 si 8 ale lucrarii.

In ceea ce priveste **evaluarea situatiei existente** in tara, facuta pe baza de ancheta, cu completarea on-line a bazelor de date deschise pe site-ul IMT, aceasta a pus in evidenta existenta unui potential uman si a unei infrastructuri capabile sa conduca la obtinerea de rezultate valoroase la nivel mondial sau european. Romania a identificat domeniile “materialelor noi, micro si nanotehnologiilor” ca domenii de cercetare-dezvoltare prioritare, de mare actualitate si avand un impact major asupra dezvoltarii societatii, odata cu lansarea in cadrul PNCDI, in anul 2001, a **Programului MATNANTECH**. Buna corelare a Programului MATNANTECH cu directiile de cercetare-dezvoltare promovate in cadrul Programelor Cadru ale Comisiei Europene (evidentiata in raport), a asigurat succesul cercetatorilor romani in competitii pentru proiecte internationale si in special europene, in domeniul micro si nanotehnologiilor inventariindu-se un numar de 36 de proiecte internationale, numai in FP6 si FP5 (Anexa 6). Inventarul afirmarilor pe plan international si al colaborarilor internationale releva un numar semnificativ de rezultate deosebite, care pentru multe domenii sunt de ordinul zecilor, ca de exemplu, pentru domeniul microsystemelor, cu o mentionare speciala pentru subdomeniul RF MEMS, domeniile nanotehnologiilor, a nanoparticulelor, materialelor biocompatibile, materialelor cu memoria formei, a fluidelor magnetice, a nanomaterialelor pe baza de compozite si ceramice precum si pentru utilizarea polimerilor si interactiilor acestora ca materiale noi in micro si nanotehnologii.

Corelarea cu celelalte Programe din PNCDI, a fost evidentiata prin identificarea in ce masura rezultatele obtinute in proiectele MATNANTECH au aplicatii in domenii conexe, in care cercetarea-dezvoltarea este finantata de alte Programe din PNCDI (de exemplu: Tabelul 2, pag. 98). De asemenea, s-a identificat in Fisa de Institutii care este implicarea specialistilor din domeniul “materiale noi, micro si nanotehnologii” in proiecte finantate in alte Programe. Plecand de la identificarea domeniilor de aplicatii ale proiectelor din cadrul MATNANTECH, au rezultat corelari puternice cu Programele: RELANSIN, MENER, VIASAN, BIOTECH, INFOSOC, AGRAL, AMTRANS si AEROSPATIAL. Ca participari, specialistii din domeniul “materiale noi, micro si nanotehnologii” sunt

Strategia de cercetare-dezvoltare in domeniile materiale noi, micro si nanotehnologii, in perspectiva integrarii in spatiul de cercetare european

implicati in realizarea de proiecte in Programele: RELANSIN, CERES, BIOTECH, INFOSOC, VIASAN si CALIST.

In acelasi timp, sunt identificate **limitele resurselor actuale**, legate atat de infrastructura de cercetare-dezvoltare cat si de fortele umane implicate in domeniile analizate. O analiza la nivelul bazelor de date releva faptul ca desi exista un numar important de specialisti si institutii cu preocupari si rezultate importante in domeniul micro si nanotehnologiilor si al materialelor noi, care dispun de echipamente de fabricare si de caracterizare in domeniile respective totusi, in marea lor majoritate, echipamentele de care dispunem au performante tehnologice reduse, sunt depasite moral si de cele mai multe ori nu exista linii complete de fabricatie si de caracterizare. Necesitatea urgenta, cel putin a unor completari de dotare cu echipamente considerate esentiale pentru mentinerea competitivitatii, este identificata pentru unele subdomenii pana la detalierea unor liste de echipamente. Ca exemple, fara ca acestea sa constituie o lista de prioritati, pot fi amintite solicitarile de completari de dotare pentru nanomateriale pe baza de aliaje neferoase, pe baza de compozite si ceramice, materiale pentru acoperiri si straturi cu proprietati controlate, polimeri nanostructurati precum si pentru tehnologii pe baza de laseri si plasma pentru obtinerea de materiale nano si microstructurate.

In aceasta directie, a completarilor de dotare, se propune **finantarea unor investitii de completare a dotarilor la principalii membri ai retelelor nationale** din domeniu. Se are in vedere constituirea unor consortii care impreuna sa detina si sa utilizeze in comun facilitatile necesare realizarii si caracterizarii de nanostructuri, pentru domenii specifice.

Se propune finantarea **unei investitii de interes national** pentru achizitionarea de echipamente in domeniul nanotehnologiilor, care sa asigure facilitati cheie pentru fabricare si caracterizare nanostructuri. Se considera ca prin aceasta se fructifica oportunitatile pentru Romania oferite de momentul actual al planificarii unor dezvoltari fara precedent, concertate la nivel european, pentru dezvoltarea unui domeniu care va revolutiona industria si societatea. Sansele reale ale Romaniei de a participa la aceasta dezvoltare sunt crescute semnificativ de promovarea unei astfel de investitii care poate asigura conditii competitive de afirmare si valorificare a potentialului uman de care dispunem si poate deveni, in acelasi timp, un punct de atractivitate si nucleul pentru o investitie europeana.

Este necesar sa fie avuta in vedere **o dezvoltare a potentialului uman** in acest domeniu de cercetare. Intr-un domeniu cu o dinamica deosebita, este importanta perfectionarea continuă a competentelor, care trebuie realizata cu ajutorul tuturor mijloacelor specifice. De asemenea, trebuie avuta in vedere angrenarea unui numar crescut de tineri. Este necesara incurajarea tinerilor de a lucra in domeniu. Se propune finantarea unor programe pentru formarea si perfectionarea specialistilor, pentru asigurarea conditiilor de training si a mobilitatilor necesare. Este avuta in vedere implicarea universitatilor, dezvoltarea cursurilor care se tin la nivel universitar si post universitar. Cooperarea invatamant-cercetare-productie, se considera ca este determinanta pentru asigurarea unui continut corespunzator pentru procesul de instruire. Constituirea unor retele locale poate asigura integrarea activitatilor de formare a specialistilor in domeniu. Asigurarea unui mediu stiintific corespunzator, cu dotari care sa permita o perfectionare profesionala la nivel competitiv pe plan international, va fi o conditie esentiala pentru realizarea acestui demers.

Este important ca investitiile facute in infrastructura si in factorul uman sa genereze o emulatie a dezvoltarilor pe plan intern. Pentru aceasta trebuie avuta in vedere **dezvoltarea initiativelor private si stimularea implicarii IMM-urilor**. Trebuie avuta in vedere promovarea unor noi concepte precum **fabricatia distribuita, integrarea unor competente multiple** precum si a **Parcurilor Tehnologice**. Se propune dirijarea unor finantari prin programe specifice pentru asigurarea conditiilor de eficienta economica a initiativelor inovative in domeniu. De asemenea, esentiala va fi diseminarea larga a unor informatii bine structurate. Atat intreprinzatorii cat si publicul larg, potentialii utilizatori trebuie sa constientizeze avantajele noilor tehnologii si a noilor dezvoltari.

In cadrul Strategiei, au fost identificate **directii si obiective de cercetare-dezvoltare care se considera ca pot asigura avantaje competitive pentru Romania**. La identificarea acestor directii, au fost avuti in vedere urmasorii factori:

- dezvoltarea domeniului micro si nanotehnologiilor, pe plan mondial si european;
- cerintele strategiei europene privind dezvoltarea domeniului si cerintele/ oportunitatile care rezulta pentru integrarea Romaniei in spatiul de cercetare european;

Strategia de cercetare-dezvoltare in domeniile materiale noi, micro si nanotehnologii, in perspectiva integrarii in spatiul de cercetare european

- potentialul existent in tara pentru cercetarea-dezvoltarea in domeniu, ca premiza pentru integrarea europeana; afirmarea in proiecte si colaborari internationale;
- masuri propuse pentru dezvoltarea infrastructurii de cercetare-dezvoltare, in domeniu;
- masuri propuse pentru dezvoltarea potentialului uman, in domeniu;
- corelarea cu dezvoltarea domeniilor conexe si cu celelalte programe de cercetare-dezvoltare din PNCDI;
- corelarea cu politica nationala pentru o dezvoltare durabila (integrarea dimensiunii sociale, dezvoltare sigura)

Directiile si obiectivele de cercetare-dezvoltare identificate au un grad mare de detaliere. In consecinta, s-a propus o sistematizare a acestora, pentru o mai buna adecvare la cerintele unei strategii. Sistematizarea are in vedere evolutiile pe plan international in domeniile vizate si faptul ca dezvoltarile domeniilor microtehnologiilor/ microsistemelor, nanotehnologiilor si materialelor noi, avansate sunt puternic intrepatrunse. Se identifica urmatoarele directii principale de cercetare-dezvoltare:

- 1. Nanostiinta si nanotehnologiile.** Dezvoltarea bazei de cunoastere prin explorarea proceselor, fenomenelor, principiilor la scara nano-metrica si utilizarea acestora pentru ingineria la nanoscala. Dezvoltarea instrumentarului pentru manipulari si caracterizare la scara nano-metrica si utilizarea acestuia pentru intelegerea fenomenelor. Noi procese de nanoinginerie.
- 2. Micro si nanoelectronica. Optoelectronica. Dispozitive pentru microunde. Dispozitive pentru producerea, conversia, stocarea, transportul si controlul energiei electrice. Electronica de putere.** Dezvoltarea de dispozitive si microsisteme avansate, performante, competitive pe plan international. Dezvoltarea de microsisteme cu elemente avand definitii nano, microsisteme incorporand nanostructuri sau nanomateriale, dezvoltarea de nanostructuri pasive si active. Noi metode si procese tehnologice, de caracterizarea si monitorizarea proceselor tehnologice, de testare si asigurarea calitatii si fiabilitatii.
- 3. Detectori de substante, senzori integrati, microstructuri si microsisteme pentru detectia si monitorizarea agentilor chimici, biologici, radiologici si a explozibililor cu aplicatii in protectia mediului si a apei, in agricultura si industria alimentara, in asigurarea securitatii oamenilor, in procesele industriale.** Dezvoltarea unor metode si procese de remediu, bazate pe nanotehnologii, pentru imbunatatirea mediului, neutralizarea unor agenti poluanti. Utilizarea proceselor de interfatare dintre materialul biologic si suprafete nanostructurate, pentru optimizarea performantelor de biodetectie. Procese de functionalizare a suprafetelor pentru fixarea moleculelor. Realizarea unor nanobiomateriale cu aplicatii in industrie;
- 4. Micro, nano si biotehnologii pentru ingrijirea sanatatii si calitatea vietii.** Noi instrumente in medicina. Kituri de diagnosticare miniaturizate, implantate, pentru diagnosticarea timpurie a starii de boala. Noi instrumente de caracterizare a proceselor din interiorul celulei. Imbunatatirea bioactivitatii si biocompatibilitatii implanturilor. Noi medicamente, pe baza utilizarii nanotehnologiilor. Medicamente cu administrare "la tinta". Cresterea potentialului uman cu privire la capacitatile cognitive si senzoriale.
- 5. Utilizarea proprietatilor noi ale unor nanomateriale** (proprietati fizice, chimice, electrice, magnetice, mecanice, de suprafata, de interfatare, de autoasamblare) pentru realizarea de dispozitive, nanostructuri si microsisteme cu functii noi sau performante avansate pentru aplicatii industriale.
- 6. Tehnologia informatiei.** Medii de stocare a datelor cu densitati foarte mari de inregistrare. Tehnologii pentru afisaje flexibile. Nanoelectronica moleculara sau biomoleculara.
- 7, 8,.. Directii de cercetare-dezvoltare pentru subdomenii de materiale noi.** In lucrare este facuta o **sistematizare matriciala** a directiilor de cercetare-dezvoltare pentru "materiale noi", evidentindu-se
 - pe de-o parte, directii de c-d pe **category de materiale**: materiale noi, avansate si nanomateriale pe baza de aliaje neferoase; materiale noi, avansate si nanomateriale pe baza de compozite si ceramice; materiale pentru acoperiri si straturi cu proprietati controlate; nanoparticule, materiale cu memoria formei, materiale biocompatibile și fluide magnetice; nanomateriale oxidice si hibride; tehnologii pe baza de laseri si plasma pentru obtinerea de materiale nano si microstructurate cu proprietati functionale; oteluri si superaliaje speciale; pulberi si metalurgia pulberilor; materiale si sisteme magnetice cu

proprietati controlate; materiale compozite lemnoase; sinteza si modificarea polimerilor/ polimeri nanostructurati; materiale carbonice avansate, materiale de sinteza si carbonice; obtinerea si caracterizarea monocristalelor si a materialelor ordonate; lianti; sticle;

si

- pe de alta parte, o incadrare a acestora pe principalele **domenii de aplicatii: tehnologia informatiei/ micro-, nanoelectronica; tehnica biomedicala; medicina; energetica; aeronautica; transporturi; constructii; mediu.**

Momentul actual, cand dezvoltarea pe plan mondial a nanotehnologiilor anunta un impact "disruptiv/ revolutionar" asupra industriei si societatii, aduce o confirmare a bunei orientari a Programului MATNANTECH si impune gasirea in continuare a celor mai bune cai pentru exploatarea oportunitatilor cu totul deosebite ca importanta si impact care se deschid pentru Romania, privind valorificarea potentialului de cercetare-dezvoltare de care dispune, in acest domeniu.

8. BIBLIOGRAFIE

1. Mihail C. Roco, "INITIATIVA NATIONALA IN NANOTEHNOLOGIE: PLANURI PE URMATORII CINCI ANI", National Nanotechnology Initiative: From Vision to Commercialization, 31 martie - 2 aprilie 2004, Washington, DC.
2. Comisia Europeana, "Spre o Strategie Europeana pentru Nanotehnologie", Comunicare de la Comisia Europeana, 12 mai 2004.
3. Comisia Europeana, "Nanoelectronica, in centrul schimbarilor. Viziune 2020. O strategie pe termen lung pentru Europa.", Raport al grupului de inalt nivel, iunie 2004, EUR 21149.
4. Acad. Dan Dascalu, "Initiativa Nationala pentru Nanostiinta si Nanotehnologie", Simpozionul "Lansarea Initiativei romanesti in Nanostiinta si Nanotehnologie", 14 mai 2004, Bucuresti – CCIRB.
5. Raport Delphi, Institutul de Cercetare a Inovarii si Tehnica Sistemului, Germania, Publications INISTEP, 1996-2003.
6. Nanoforum Org., "Nanotehnologiile in Tarile Candidate", Al doilea raport Nanoforum, martie 2004.