

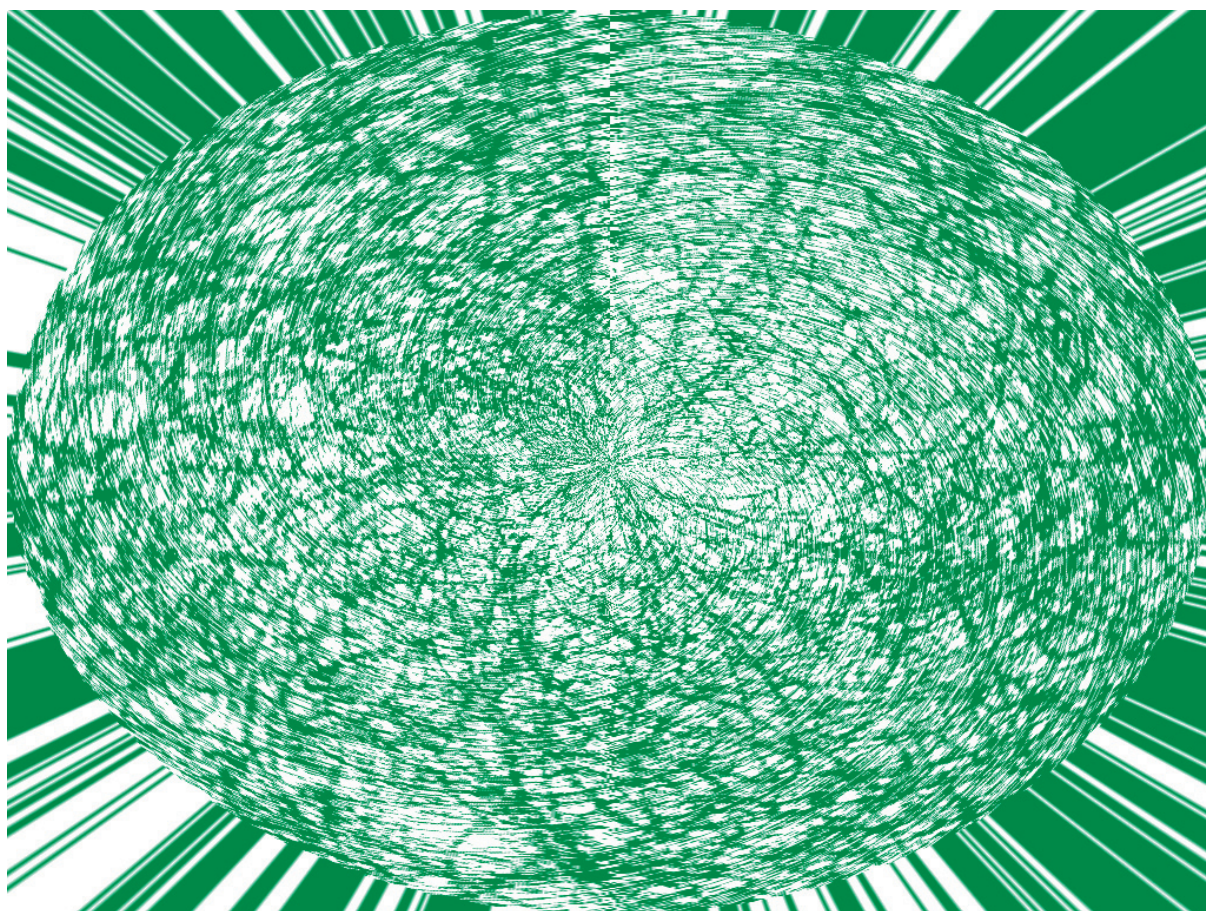


VINNOVA POLICY  
VP 2010:01

# NATIONELL STRATEGI FÖR NANOTEKNIK

---

Ökad innovationskraft  
för hållbar samhällsnytta



ERIK BORÄLV, LENNART ELG, EUGENIA PEREZ & LENA SVENDSEN

**Titel:** Nationell strategi för nanoteknik - Ökad innovationskraft för hållbar samhällsnytta

**Författare:** Erik Borälv, Lennart Elg, Eugenia Perez & Lena Svendsen

**Serie:** VINNOVA Policy VP 2010:01

**ISSN:** 1651-3568

**Utgiven:** Februari 2010

**Utgivare:** VINNOVA - Verket för Innovationssystem/Swedish Governmental Agency for Innovation Systems

**Diariernr:** 2008-04400

---

## Om VINNOVA

VINNOVAs roll är att vara en proaktiv aktör i det svenska innovationssystemet där FoU är av kritisk betydelse för tillväxt.

VINNOVA är en statlig myndighet under Näringsdepartementet. Verksamheten styrs av regeringens instruktion och det årliga regleringsbrevet. VINNOVAs verksamhet ska bidra till måluppfyllelse inom sex olika politikområden. Huvudfokus ligger inom Forskningspolitik och Näringspolitik men även politikområdena Arbetslivs-, Energi-, Transport samt Regional utvecklingspolitik har pekats ut av regeringen.

Regeringen har i regleringsbrevet för 2009 bland annat gett VINNOVA i uppgift att göra Sverige till en ledande forskningsnation, där forskning bedrivs med hög vetenskaplig kvalitet.

VINNOVAs vision är ”VINNOVA bidrar tydligt till att Sverige utvecklas till ett ledande tillväxtland.”

Under många år har Sverige legat i täten internationellt när det gäller investeringar i FoU, särskilt näringslivet har gjort stora FoU-investeringar. VINNOVA bidrar till att Sverige hamnar i täten också i tillväxt.

VINNOVAs insatser ska

- ge en mätbart ökad hållbar tillväxt i Sverige
- tydligt bidra till ny kunskap, kompetens och innovationer i nya framgångsrika produkter, tjänster och processer
- ge en tydlig positionering av VINNOVA nationellt och internationellt med fokus på betydelsen av behovsmotiverad forskning och effektiva innovationssystem

I serien VINNOVA Policy publiceras material som återger VINNOVAs synpunkter och ställningstagande i olika frågor. Det kan röra strategiskt viktiga remissvar, regeringsuppdrag, verksamhetsplanering eller andra dokument där VINNOVA gör policymässiga ställningstaganden.

# Nationell strategi för nanoteknik

Ökad innovationskraft  
för hållbar samhällsnytta



# Förord

Den svenska regeringen, genom Näringsdepartementet, har gett VINNOVA uppdraget att ”utarbete en strategi för hur möjligheter och risker, som kan vara förknippade med användning av nanoteknologi, kan tillvaratas och beaktas mot bakgrund av den snabba utvecklingen inom området”. Vidare angavs att arbetet ska utföras ”i samråd med Vetenskapsrådet och efter samråd med Forskningsrådet för miljö, areella näringar och samhällsbyggande och Kemikalieinspektionen.”

Målgrupp för strategin är regeringen, departement, statliga myndigheter samt organisationer som på olika sätt arbetar med nanoteknikområdet.

Analysen visar på ett behov av ökad översikt samt identifierar vidare behov av ett antal åtgärder. Ett antal förslag ges, där huvudförslagen utgörs av tillsättandet av en delegation som kan ge den överblick som efterfrågas och en samordning av det internationella arbete som utförs av myndigheter och departement. Ytterligare förslag ges som bl. a. inbegriper att binda samman risk- och innovationsaspekter genom hela forsknings- och innovationsprocessen.

Centralt i utformningen av strategin har varit en hearing med representanter från forskning, näringsliv och myndigheter. Ann Fernholm, vetenskapsjournalist, har arbetat med förberedelser och som moderator vid hearingen. Värdefulla bidrag har lämnats av personer som deltog i hearingen, referensgrupper och de som deltagit på andra sätt under processens gång.

Strategin har utarbetats av en grupp bestående av representanter från VINNOVA och de samrådande myndigheterna Vetenskapsrådet, Kemikalieinspektionen och Forskningsrådet för miljö, areella näringar och samhällsbyggande (Formas). Arbetsgruppen på VINNOVA har bestått av Lena Svendsen (projektledare), Eugenia Perez, Lennart Elg och Erik Borälv (analytiker). Tomas Andersson, Vetenskapsrådet och Camilla Grunditz, Formas, har aktivt bidragit med värdefulla synpunkter vid utformandet av strategin och de förslag som presenteras. Maria Wallén och Ivar Lundbergh från Kemikalieinspektionen har deltagit aktivt med bakgrundsmaterial, analys och skrivande avseende risker.

VINNOVA tackar för det engagemang som visats.

VINNOVA i januari 2010

*Charlotte Brogren*  
Generaldirektör

*Lena Svendsen*  
Projektledare för nanoteknikstrategin



# Sammanfattning

Visionen för denna strategi tar avstamp i nanoteknikens möjligheter och risker och väver samman dessa element för att adressera globala utmaningar – Sverige ska ta vara på de möjligheter nanotekniken ger för att möta ekonomiska, medicinska, tekniska och miljömässiga utmaningar.

Nanoteknik omfattar ett brett område och kan vara till gagn för samhället genom, till exempel, nya jobb, ökad konkurrenskraft för industrin, förbättrad sjukvård och ett mer hållbart användande av världens resurser. Samtidigt finns det osäkerheter kring teknikens hälso- och miljöeffekter. Ett stort politiskt, industriellt och forskningsrelaterat intresse har väckts för nanoteknikområdet. Utvecklingen av nanotekniken förändrar nu många sektorer över hela världen. Nanomaterial används redan idag bland annat i elektronisk utrustning, bilar, kosmetik, hygienartiklar, kläder, hushållsprodukter, livsmedel, sportutrustning och leksaker.

Ett stort antal länder har presenterat nationella forskningsprogram och strategier under senare år. Sverige har saknat dessa motsvarigheter. VINNOVA har på regeringens uppdrag, i samråd med Vetenskapsrådet, efter samråd med Formas och Kemikalieinspektionen, utarbetat en strategi för *”hur möjligheter och risker, som kan vara förknippade med användning av nanoteknologi, kan tillvaratas och beaktas mot bakgrund av den snabba utvecklingen inom området”*.

Strategin visar att nanoteknik berör många områden och att det inte är önskvärt att samordna samtliga aspekter i en samlad ”nanopolitik”. Svensk nanoteknik har en internationellt sett stark kunskapsmässig position och nanoteknik är ett tydligt potentiellt tillväxtområde för svenskt näringsliv. För att ta vara på områdets potential behöver både möjligheter och risker relaterade till utvecklingen och användningen av tekniken beaktas.

Idag råder brist på överblick inom nanovetenskap, nanoteknik och dess risker. Området har vuxit fram organiskt och börjar bli så omfattande att en övergripande beskrivning är nödvändig genom en koordinering av kunskap från olika forskningsmyndigheter och intressegrupper. Analysen pekar på behov av samspel för att nå ökad kunskap och spridning av kompetens. Dagens splittrade situation är i sig ett problem då den hindrar en god utveckling. Strategins två huvudförslag är dels en delegation för bättre överblick och dels stöd för samordnat internationellt arbete. Övriga strategiförslag är viktiga uppgifter när en överblick har skapats och det blir rimligt att fokusera medel mot särskilda inriktningar. Förslagen i korthet:

**Bilda en nanoteknikdelegation** med företrädare från regering, näringsliv, akademi och relevanta myndigheter. Gruppen ska förmedla kunskap mellan myndigheter, ha en bred överblick kopplad till utveckling och användning av nanoteknik samt ge underlag för

regeringens agerande. Gruppen kan underlätta nationell dialog och kan även guida utländska aktörer i det svenska systemet.

**Stöd och samordna det internationella arbetet** som utförs av olika departement och myndigheter inom nanoteknik. En ökad nationell samsyn för i vilken riktning Sverige vill påverka ramverken bör skapas, och det internationella arbetet bör drivas på ett informerat och medvetet sätt.

**En policy bör skapa förutsättningar för att innovations- och riskprocessen kan vävas samman.** Eftersom risk och möjligheter går hand i hand är det viktigt att risker hanteras kontinuerligt genom hela processen. Även i en tidig fas bör riskerna beaktas, eftersom en vägledning avseende hållbara innovationer innebär större möjlighet att ta till vara teknikens möjligheter.

**Identifiera områden för tematiska satsningar på nanoteknik.** För att öka nyttiggörandet av nanoteknik i Sverige bör offentliga aktörer aktivt arbeta för att koppla nanotekniken till breda samhällsmål, som exempelvis miljö-, energi- och hälsomål. Satsningarna bör inriktas på samhälliga utmaningar i samverkan mellan aktörer från akademi, det offentliga och näringsliv.

Skapa tillväxt genom att **koppla nanoteknologi till befintliga satsningar** inom svenska styrkeområden som till exempel miljö och hälsa. Det finns behov av att **ta fram produktionsrelaterad kunskap** och att föra ut kunskap om teknikens möjligheter till företagen.

Skapa **stöd för tillfällig personrörlighet**. Nanoområdets breda karaktär skapar ibland barriärer med avseende på arbetssätt, vilket utgör hinder för en interdisciplinär spridning av kunskap. En spridning av kunskap mellan aktörer är inte bara betydelsefull ur kompetensavseende utan också för att nya lösningar och innovationer ska komma till stånd. Personrörlighet bör underlättas mellan akademi och företag, även för korta projekt. **Infrastrukturen bör hållas uppdaterad** gällande till exempel instrument, renrum och metodkompetens.

En socialt hållbar utveckling ställer krav på framskriden dialog med sin omgivning. Engagera samhällsaktörer att **göra framtidsscenarier** för att undersöka vilket samhälle som kan skapas med nanoteknik och vad tekniken kan tänkas leda till. Teknik- och samhällsutveckling måste ske i balans för att framstegen ska uppfattas som eftertraktade och trovärdiga. Även allmänheten ska kunna påverka faktisk policy. Det finns anledning att ta lärdom av och upprepa andra länders initiativ för **dialog med allmänheten**, till exempel via nätgemenskaper.



# Summary

The vision for this strategy is based on the opportunities and risks of nanotechnology and weaves these elements together in addressing global challenges – Sweden should make the most of the potential benefits of nanotechnology in order to meet economic, medical, technical and environmental challenges.

Nanotechnology covers a broad area and can benefit society in various ways including new jobs, increased industrial competitiveness, better healthcare and a more sustainable use of the world's resources. Even so, there is uncertainty regarding the health and environmental impacts of the technology and major political, industrial and research-related interest in nanotechnology has been aroused. The development of nanotechnology is now affecting many sectors all over the world. Nanomaterials are already used in electronic equipment, cars, cosmetics, personal care, clothes, household products, foodstuffs, sporting equipment and toys amongst other things.

A large number of countries have presented national research programmes and strategies in recent years, but Sweden has gone unrivalled. On the orders of the government, VINNOVA in consultation with the Swedish Research Council and following consultation with the Swedish Research Council Formas and Swedish Chemicals Agency, has drawn up a strategy for *“how opportunities and risks possibly associated with the use of nanotechnology may be safeguarded and monitored in the light of the rapid expansion within the area”*.

This strategy shows that nanotechnology affects many areas and that it is not desirable to coordinate all aspects under a single “nano policy”. Nanotechnology is a potential growth area for Swedish industry and, from an international perspective, Swedish nanotechnology occupies a strong scientific position. Safeguarding the potential of this area requires the monitoring of opportunities as well as risks related to the development and use of the technology.

There is currently insufficient oversight of nanoscience and nanotechnology and their risks. The area has developed organically and is starting to become so wide-ranging that the knowledge from different research authorities and interest groups needs to be coordinated into a comprehensive review. The analysis indicates a need for interaction to achieve increased knowledge and disseminate competence. The current fragmented situation is a problem in itself, since it is an obstacle to positive development. The two main proposals of the strategy are a delegation for better oversight and support for co-ordinated international work. Once acceptable oversight has been put in place, it would be reasonable to address the rest of the proposals and target funds at particular objectives. These are the proposals in brief:

**Form a nanotechnology delegation** with representatives of the government, industry, academia and relevant authorities. This group should supply knowledge to official

bodies, have broad oversight of the development and use of nanotechnology and provide a basis for government action. The group may facilitate national dialogue and may also guide foreign actors in the Swedish system.

**Support and coordinate the international work** carried out by different departments and authorities within nanotechnology. The international work should be conducted in an informed and deliberate fashion and an increased national consensus should be created regarding the direction in which Sweden wishes to influence the development.

**A policy should create the conditions to interweave the innovation and risk processes.** Since risks and opportunities go hand-in-hand, it is important for risks to be managed continuously throughout the entire process. Guidance regarding sustainable innovations means more opportunity to utilise the technology's opportunities, so there should also be early monitoring of the risks.

**Identify areas for thematic efforts.** In order to increase utilisation of nanotechnology in Sweden, public actors should work actively to link nanotechnology to broad public goals, such as environment, energy and health goals. Actors from academia, the public sector and industry should collaborate to target efforts at these challenges.

Create growth by **linking nanotechnology to existing efforts** within Swedish areas of strength, such as environment and health. There is a need to **generate production-related knowledge** and broadly distribute knowledge of the technology's opportunities to companies.

Generate **support for short-term mobility of staff.** The broad nature of the nanotechnology field sometimes creates barriers in regard to working methods, which form obstacles to an interdisciplinary spread of knowledge. A dissemination of knowledge between actors is not only significant in regard to competence but also if new solutions and innovations are to come about. Staff mobility should be facilitated between academia and companies, even for short periods. **The infrastructure should be kept updated** in regard to such things as instruments, clean rooms and methodological competence.

In order to promote a socially sustainable development of nanotechnology, it is important to involve community actors in **creating future scenarios** so as to better understand what the technology may bring to society. Technological and societal development must be balanced if the progress is to be perceived as desirable and trustworthy. It should also be possible for the public to influence actual policy. There is the opportunity to learn from and repeat the initiatives of other countries for **dialogue with the public**, through web communities for example.

# Innehåll

<b>1</b>	<b>Inledning .....</b>	<b>13</b>
1.1	Uppdraget .....	13
1.1.1	Vision.....	14
1.2	Genomförande .....	15
<b>2</b>	<b>Nanoteknik, möjligheter och risker .....</b>	<b>16</b>
2.1	Nanoteknik .....	16
2.2	Möjligheter i global kontext.....	18
2.3	Risker .....	18
<b>3</b>	<b>En svensk strategi i en internationell kontext .....</b>	<b>21</b>
3.1	OECD:s policyarbete för nanoteknik .....	21
3.2	EU:s policyarbete för nanoteknik.....	22
3.3	Andra länders strategier .....	23
<b>4</b>	<b>Målbilder .....</b>	<b>27</b>
4.1	Innovationskraft i gemensamma styrkeområden.....	27
4.1.1	Globala utmaningar och nanotekniklösningar .....	28
4.1.2	Svenska kunskapsmässiga styrkeområden .....	29
4.1.3	Svensk industriell kapacitet .....	30
4.1.4	Exempel på möjligheter .....	31
4.2	En reflekterande innovationskraft .....	32
<b>5</b>	<b>Förutsättningar – svensk nanoteknik i en global kontext .....</b>	<b>35</b>
5.1	Svenska aktörer .....	36
5.2	Användning och utbredning .....	37
5.3	Ramverk .....	38
5.4	Det svenska systemets innovationskraft.....	39
5.4.1	Drivkrafter för hållbar utveckling och användning .....	39
5.4.2	Spridning och utveckling av kunskapsbasen .....	40
5.4.3	Kommersialisering.....	40
5.4.4	Utveckling av marknader.....	41
5.4.5	Legitimitet för utveckling och användning.....	41
5.4.6	Resurser för hållbar utveckling av nanoteknik .....	42
5.4.7	Interaktion mellan aktörer.....	42
<b>6</b>	<b>Strategiförslag .....</b>	<b>44</b>
6.1	Ökad samverkan och kompetens .....	46
6.2	Framsynt internationellt arbete för att påverka ramverk .....	47
6.3	Bind samman innovations- och riskprocesser .....	48
6.4	Samla aktörer kring globala utmaningar .....	49
6.5	Bana vägen för innovationer .....	50
6.6	Stärk och sprid den nanotekniska kompetensen.....	51
6.7	Skapa kommunikation med allmänheten .....	52
<b>7</b>	<b>Nyckeldokument .....</b>	<b>53</b>

## **Bilaga A: Nanoteknikens utbredning i Sverige - En sammanställning av offentliga och privata aktiviteter inom nanoteknik**

<b>Carl Arvid Dahlöf &amp; Ellinor Wihed .....</b>	<b>57</b>
A.1 Inledning.....	57
A.2 Nanoteknik i näringslivet.....	58
A.2.1 Svenska företag aktiva inom nanoteknik.....	58
A.2.2 Metod för kartläggning av svenska företag inom nanoteknik.....	64
A.3 Nanoteknik inom akademien.....	66
A.3.1 Universitet och högskolor aktiva inom nanoteknik.....	66
A.3.2 Metod för kartläggning av universitet och högskolor .....	69
A.3.3 Forskningsinstitut .....	70
A.4 Offentliga satsningar inom nanoteknik.....	70
A.4.1 Anslag till nanoteknikrelaterad forskning .....	70
A.4.2 Metod för estimering av anslag till nanoteknikrelaterad forskning .....	72
A.5 Internationella initiativ inom nanoteknik .....	73
A.5.1 Metod för kartläggning av internationella nanoteknikinitiativ.....	74
A.6 Diskussion .....	74
A.6.1 Metodmässig diskussion.....	74
A.6.2 Allmänna reflektioner och förslag till ytterligare analys.....	76
A.7 Litteraturförteckning.....	77
Appendix 1: Antal nanoteknikpatent enligt Nanomapper (för företag med minst ett nanopatent) .....	78
Appendix 2: Tillvägagångssätt för de olika universiteterna.....	79
Appendix 3: Tillvägagångssätt för de olika instituten.....	82
Appendix 4: Sammanslagning av offentliga satsningar till nanoteknik 2008.....	83
Appendix 5: Tillvägagångssätt för de olika forskningsfinansiärerna.....	84
Appendix 6: Nationella strategier för nanoteknik .....	86

## **Bilaga B: Svensk nanoteknik i en global kontext..... 101**

B.1 Utgångspunkt.....	101
B.2 Aktörer i nanoteknikens Sverige.....	101
B.2.1 Universitet och institut.....	102
B.2.2 Företag .....	103
B.2.3 Offentliga aktörer .....	103
B.3 Användning och utbredning.....	105
B.4 Lagstiftning, direktiv och standarder .....	107
B.4.1 EU:s regelverk .....	107
B.4.2 Läkemedel .....	109
B.4.3 Livsmedel .....	109
B.4.4 Kosmetika .....	112
B.5 Det svenska systemets innovationskraft .....	112
B.5.1 Drivkrafter för hållbar utveckling och användning av nanoteknik.....	112
B.5.2 Spridning och utveckling av kunskapsbasen för nanoteknik.....	113
B.5.3 Kommersialisering av nanoteknik .....	114

B.5.4 Utveckling av marknader.....	115
B.5.5 Legitimitet för utveckling och användning av nanoteknik.....	115
B.5.6 Resurser för hållbar utveckling av nanoteknik.....	116
B.5.7 Interaktion mellan aktörer inom nanoteknik .....	117

**Bilaga C: Resultat från hearing..... 120**

C.1 Del 1 – Nanoteknikens möjligheter .....	120
C.2 Del 2 – Hinder för nyttiggörande av nanoteknik.....	122
C.3 Del 3 – Risker med nanoteknik.....	125
C.4 Del 4 – Samband risk och innovation.....	127
C.5 Avslutning.....	129
C.6 Utvalda minnesanteckningar.....	130
C.6.1 Nanoteknikens möjligheter.....	130



# 1 Inledning

Nanotekniken har under det senaste decenniet pekats ut som ett område som kommer skapa stor nytta för samhället, så som nya jobbtillfällen, ökad konkurrenskraft för industrin, förbättrad sjukvård – och på senare tid – även ett mer hållbart användande av världens resurser. Samtidigt finns det osäkerheter avseende negativa miljö- och hälsoeffekter med tekniken.

Stort politiskt, industriellt och forskningsrelaterat intresse har väckts för nanoteknikområdet. Anledningen är de stora möjligheter till radikala lösningar som skapas till följd av att ett ämne i nanometerstorlek kan få helt andra egenskaper jämfört med samma ämne i större skala. Tekniken handlar om att hantera materia på nanometerskalan. De klassiska fysikaliska lagar som dominerar makro- och mikrovärlden, till exempel gravitation, blir obetydliga i nanovärlden. Här dominerar istället kvantmekanikens lagar, vilket gör att kända material kan få förändrade kvaliteter. Genom att bygga material atomlager för atomlager kan forskarna få fram helt nya egenskaper hos material.

Utvecklingen av nanotekniken förändrar nu alltifrån transportsektorn till livsmedelssektorn. Nanomaterial återfinns redan världen över i elektronisk utrustning, bilar, kosmetika och hygienartiklar, kläder och textilier, hushålls- och livsmedelsrelaterade produkter, sportutrustning och leksaker.

Ett stort antal länder runt om i världen har presenterat nationella forskningsprogram, strategier och initiativ under det senaste decenniet för att bygga förutsättningar för att ta tillvara områdets potential och hantera dess risker. Sverige har under många år saknat motsvarigheter. I och med satsningen på nanoteknik genom de strategiska forskningsområdena i senaste forskningspropositionen, och kemikalieinspektionens regeringsuppdrag har området fått uppmärksamhet på nationell politisk nivå även i Sverige de senaste åren.

Svensk nanoteknik anses hålla en internationellt sett stark kunskapsmässig position och nanoteknik har pekats ut som ett potentiellt tillväxtområde för svensk industri. Men för att ta vara på områdets potential behöver både möjligheterna och hälso- och miljörisker relaterade till utvecklingen och användningen av tekniken beaktas.

## 1.1 Uppdraget

I regleringsbrevet för 2009 fick VINNOVA i uppdrag att utarbeta en strategi för nanoområdet:

*"VINNOVA ska i samråd med Vetenskapsrådet och efter samråd med Forskningsrådet för miljö, areella näringar och samhällsbyggande och Kemikalieinspektionen utifrån deras respektive kompetensområde utarbeta en strategi för hur möjligheter och risker, som kan vara förknippade med*

*användning av nanoteknologi, kan tillvaratas och beaktas mot bakgrund av den snabba utvecklingen inom området."*

I arbetet med att formulera denna strategi har arbetsgruppen utgått från en långsiktig vision om hur Sverige ska ta vara på nanoteknikens möjligheter parallellt med att ta hänsyn till potentiella hälso- och miljörisker.

Ett första steg till att teckna de praktiska implikationerna av visionen tas genom att målbilder formuleras. En viktig målbild i strategin är att hantera möjligheter och risker parallellt, inte som två skilda spår. En annan är att identifiera ett antal möjligheter i relation till styrkeområden inom svensk forskning och i svenska företag.

En implementering av strategin kräver en förståelse för de svenska förutsättningarna i ett globalt sammanhang. Utifrån de svenska förutsättningarna och målbilderna har arbetsgruppen försökt specificera behov av åtgärder för att skapa förutsättningar att nå visionen.

Uppdraget har inte varit att formulera en forskningsstrategi, men området har en stark koppling till forskning och sådana frågor är centrala. Arbetsgruppen har heller inte tagit fram förslag för fördelningar av resurser mellan olika områden. De förslag arbetsgruppen presenterar inkluderar inte en beräkning av kostnader för genomförande. Att avsätta resurser för genomförande är dock en central fråga vid implementeringen av strategin.

### **1.1.1 Vision**

Visionen för denna strategi tar avstamp i nanoteknikens möjligheter och risker och väver samman dessa element genom att adressera globala utmaningar i form av ekonomiska, medicinska, tekniska och miljömässiga utmaningar. Nanotekniska lösningar kommer att skapa möjligheter att möta dessa utmaningar förutsatt att risker för hälsa och miljö identifieras och hanteras. Tas inte hänsyn till dessa kommer värdet som nanotekniken kan skapa att äventyras. Tas dessa möjligheter tillvara skapas välfärd genom att nanotekniken omsätts i samhällsliga värden. Utifrån detta har arbetsgruppen formulerat följande vision:

*Sverige ska ta vara på de möjligheter nanotekniken ger att lösa ekonomiska, medicinska, tekniska och miljömässiga utmaningar. Utveckling av nanoteknik ska:*

- stärka konkurrenskraften hos svenskt näringsliv på ett långsiktigt och hållbart sätt,
- bidra till en säker användning,
- höja livskvaliteten; förbättra hälsan och öka levnadsstandarden,
- bidra till en renare miljö och effektivisera användningen av naturtillgångar, energi och råvaror.



## 1.2 Genomförande

Strategin har utarbetats av en grupp bestående av representanter från VINNOVA, Vetenskapsrådet, Formas och Kemikalieinspektionen. Till arbetet har knutits en intern referensgrupp på VINNOVA, samt en referensgrupp av forskare. Under arbetet har ett antal intervjuer genomförts med forskare, myndigheter och företag. En hearing har genomförts med ca 70 forskare och representanter för myndigheter och företag, där preliminära slutsatser och åtgärdsförslag diskuterades. En preliminär version av rapporten har skickats för kommentarer till representanter för ledningsgrupperna inom de samverkande myndigheterna, samt till Naturvårdsverket, Livsmedelsverket och Läkemedelsverket.

Som underlag för strategiarbetet har ett antal nyckeldokument analyserats: andra länders nanoteknikstrategier, befintliga analyser och rapporter, m.m. En tidigare genomförd kartläggning av aktörer i Sverige<sup>1</sup> har uppdaterats.

Rapporten är strukturerad på följande sätt:

- Kapitel 2 diskuterar vad nanoteknik innebär och de möjligheter och risker som kan vara förknippade med tekniken.
- Kapitel 3 redogör för internationellt policyarbete.
- Kapitel 4 tecknar två målbilder utifrån visionen:
  - I den första diskuteras ett antal möjligheter i relation till globala utmaningar, styrkeområden inom svensk forskning och svenska företag.
  - Den andra handlar om att hantera möjligheter och risker parallellt och inte som två skilda element.
- Kapitel 5 beskriver det svenska forsknings- och innovationssystemet inom nanoteknik i internationellt perspektiv.
- Kapitel 6 innehåller strategins förslag.

---

<sup>1</sup> Perez, E., Sandgren, P., 2007. Nanoteknikens innovationssystem, VINNOVA Analys. VINNOVA, Verket för Innovationssystem, Stockholm.

## 2 Nanoteknik, möjligheter och risker

Uppdraget att utforma en strategi för nanoteknikområdet ska utgå från hur möjligheter kan tillvaratas och risker med användning av nanoteknik kan hanteras. I detta uppdrag finns tre begrepp som definierar arbetet med strategin: nanoteknik, möjligheter och risker. Nedan följer en beskrivning av hur arbetsgruppen tolkat begreppen i arbetet med utvecklingen av strategin.

### 2.1 Nanoteknik

Nanotekniken handlar om att hantera materia på nanometerskalan. Där framträder fysikalisk-kemiska egenskaper som skiljer sig från dem hos motsvarande bulkmaterial. Material i nanometerstorlek kan uppvisa mycket speciella mekaniska, optiska, elektriska och magnetiska egenskaper som eftertraktas i olika applikationer och tekniker. Nanoteknik är idag en relativt vanlig term, trots pågående debatt om huruvida nanoteknik är ett nytt vetenskapligt och tekniskt område eller en ny etikett på redan befintliga områden. Nanotekniken har formats från den sammanlöpande utvecklingen av olika delområden inom fysik, biologi och kemi. Därför har nanotekniken fått ett brett och växande genomslag.

Material i nanostorlek förekommer naturligt i vår omgivning, till exempel som partiklar från ett vulkanutbrott. Men nanoteknik innebär medveten framställning av strukturer som tar vara på de fysikalisk-kemiska egenskaperna som uppstår på nanometernivå. Nanomaterial kan till exempel vara strukturerade metaller, metalloxider, kompositer eller olika strukturer av kolatomer som fullerener, kolnanorör och organiska nanopartiklar. Det finns ännu inte någon internationellt överenskommen och accepterad definition för nanomaterial<sup>2</sup>. Många definitioner har dock tre generella aspekter som karaktäriserar området<sup>3</sup>. Dessa är:

- En struktur som oftast men inte uteslutande är 1 – 100 nanometer i en eller flera dimensioner.
- Egenskaper i denna struktur skiljer sig från egenskaper i bulkmaterialiet.
- Strukturen framställs medvetet och är inte en restprodukt av andra aktiviteter.

Inom nanotekniken utnyttjar forskare de förändrade fysikalisk-kemiska egenskaperna för att utveckla ny teknik. Nanotekniken är i högsta grad generisk<sup>4</sup> vad gäller tekniker

---

<sup>2</sup> ISO, International Organization for Standardization, har under senare år arbetat med att ta fram en definition av området.

<sup>3</sup> OECD, 2009, DSTI/STP/NANO(2009)8

<sup>4</sup> Med generisk teknologi avses en teknologi som väntas skapa nytta inom många olika tillämpningsområden; "a technology the exploitation of which will yield benefits for a wide range of sectors of the economy and/or society".(Keenan, M., 2003. Identifying emerging generic technologies at the national level: the UK experience. Journal of Forecasting 22 (2/3),129–149)

och applikationer och väntas gradvis och radikalt påverka i princip varje industrisektor. Nanotekniken har bland annat drivits fram av elektronikindustrin i utvecklingen av datorer med bättre prestanda – ju mindre komponenter desto snabbare och effektivare dator. Instrument och metoder som gör det möjligt att hantera materien på nanoskalan är också användbara inom många teknik- och forskningsområden relevanta för andra sektorer än elektronik. Även utvecklingen inom materialforskningen har varit viktig för utvecklingen av nanoteknik.

**Energieffektivare belysning:** Stockholmsbaserade LightLab utvecklar med nanoteknikens hjälp lågenergilampor som är fria från kvicksilver. Ett test visade nyligen att lamporna är mer energieffektiva än dagens lågenergilampor. Ett annat företag på samma marknad är Lundaföretaget Glo AB. De utvecklar lysdioder baserade på nanotrådar. Dessa är minst lika lysstarka som konkurrenternas LED:s, men mycket billigare.

Intressanta möjligheter uppstår i gränssnittet mot biotekniksektorn. Nanostrukturer och biomolekyler, som till exempel proteiner, har ungefär samma dimensioner. Därför kommer nanotekniken på sikt att revolutionera även biotekniken och medicinen. Känsligare diagnostiseringsmetoder, nya former av målriktade läkemedel och nya material som kan läka kroppen utvecklas. Inom livsmedelssektorn finns ett flertal tänkbara användningsområden inom förpacknings- och materialområdet, tillsatsområdet, nya livsmedelsområdet, pesticidområdet samt inom kosttillskottsområdet.

**Snabbare och billigare diagnos av smittsamma sjukdomar:** Diagnostiska tester för smittsamma sjukdomar kan ta flera dagar och kräver ofta tillgång till ett laboratorium. Vid Uppsala universitet utvecklas nanobaserade tester som på några minuter, i någons hem, kan göra samma jobb. Testet bygger på en magnetisk nanopartikel som roterar i en elektrisk krets. På ytan av nanopartikeln sitter specialdesignade biologiska molekyler som kopplar till exempelvis tuberkelbakteriens eller hiv:s arvs massa. Om det blir napp kommer den snurrande nanopartikeln rotera långsammare. Det påverkar den elektriska kretsen som till exempel kan få en grön lampa att slå om och bli röd.

Ofta skiljer man på så kallade *top-down*- och *bottom-up*-metoder att nå nanoskalan. Top-down-metoder är i huvudsak inkrementella utvecklingar av olika spår inom fysiken och är vanlig, inte minst på grund av dess tillämpning inom elektronikindustrin. Exempel är manipulation av material genom litografi, etsning eller fräsningstekniker. Bottom-up-metoder är mindre vanliga och skapar nya nanometerstora strukturer molekyl för molekyl, eller atom för atom. Epitaxi är ett exempel på detta då man genom ordnad tillväxt av en kristallin film kan skapa nanometertjocka ytor.

Man kan även dela in de material som skapas av dessa tekniker i partiklar, ytstrukturer och material i bulkform. Partiklar kan vara fria, ligga i en vätska, vara bundna till en yta eller inkorporeras i ett fast material. Ytstrukturer kan bestå av funktionella strukturer på ett bulkmaterial eller funktionella filmer i nanometerstorlek. Nanostrukturer på titan är exempelvis viktigt för titanimplantat i tänder och för benproteser. Funktionella filmer kan verka självvengörande, ljusreglerande eller ha andra eftertraktade egenskaper. Material strukturerade med hjälp av nanoteknik i tre dimensioner blir ett skraddarsytt material som har speciella egenskaper beroende på hur man manipulerat strukturen,

exempelvis genom olika typer av nanokompositer och nanoporösa material. Som synes finns många tvärgående kunskapsbaser som flätar samman olika tekniker och discipliner runt de nya funktioner som uppstår på nanometernivå. Det är dock viktigt att även förstå den mångfald som karaktäriserar nanotekniken. Nanotekniken är inte att betrakta som ett mål i sig, utan som ett verktyg. Olika grenar inom nanotekniken presenterar olika möjligheter och även olika typer av risker.

## 2.2 Möjligheter i global kontext

En av vår tids utmaningar handlar om att skapa ekonomiskt välstånd samtidigt som hänsyn tas till jordens klimat, ekosystem och människors hälsa och sociala välfärd. Utveckling av ny nanoteknik kommer att ge dellösningar till många globala utmaningar, som att rena vatten, att producera tillräckligt med mat på ett hållbart sätt, att minska utsläppen av växthusgaser, att producera tillräckligt med energi och att förbättra människors hälsa.

Nanoteknik skapar många olika typer av möjligheter. De största möjligheterna ur ett samhällsekonomiskt perspektiv finns i de lösningar nanoteknik kan presentera för att möta globala utmaningar. Sverige anses idag vara en viktig miljöpolitisk nation och ha en god legitimitet inom hälso- och medicinområdet. Genom att satsa på tillämpningar av nanoteknik som adresserar globala utmaningar kan Sverige få ett internationellt försprång inom framtida tillväxtområden; svensk industri kan öka sin konkurrenskraft och export samtidigt som den bidrar till en hållbar samhällsutveckling. Tillväxtmål kopplas då samman med andra samhällsmål, som exempelvis förbättringar av tillståndet i miljön och människors hälsa, vilket ökar nyttiggörandet av tekniken.

**Rening av arsenikförgiftat vatten:** I Bangladesh pågår världens just nu största giftkatastrof. Tusentals människor dör efter att ha druckit vatten från naturligt arsenikförgiftade brunnar. Vid Rice University i Texas utvecklar forskare en metod för att få bort arseniken. Nanopartiklar av rost, järnoxid, binder starkt till arsenik. Sedan går det att fiska upp de giftbetäckta nanopartiklarna från vattnet med en vanlig magnet. Ett pilottest pågår i den mexikanska staden Guanajuato.

Nanotekniken är ett mycket forskningsintensivt område. För att ta tillvara möjligheterna krävs att forsknings- och innovationssystemet samspelar med andra delar av samhället. Kopplingen mellan innovationer i form av nya produkter, tjänster, processer eller organisatoriska lösningar och den vetenskapliga forskningen har växt sig allt starkare under senare år. Ett väl fungerande samspel mellan samhällsbehov i form av globala utmaningar, utvecklandet av innovationer och forskning har därför blivit allt viktigare för en hållbar samhällsutveckling.

## 2.3 Risker

Alla nya tekniker innehåller ett mått av paradox; de ger upphov till ny funktionalitet som kan skapa värde, men denna medför samtidigt nya risker. Risken att samhällsutvecklingen tar ovälkomna riktningar genom att nanotekniken genererar oönskade produkter behöver öppet diskuteras. Vad gäller risker fokuserar denna strategi på risker

som är negativa för individen ur hälsosynpunkt eller ger upphov till betydande miljöeffekter. En viktig utgångspunkt för en sådan riskanalys måste vara att se tekniken ur ett livscykelperspektiv, där även avfallshantering och återvinning av produkter som innehåller nanomaterial beaktas.

Målsättningen för varje riskbedömning av kemikalier är att, så noggrant och realistiskt som är motiverat i det enskilda fallet, beskriva sannolika hälso- och miljöeffekter av exponering för en enskild substans eller en grupp av kemikalier. Om möjligt ska bedömningen även omfatta en uppskattning av sannolikheten för att skador uppkommer. Dessa bedömningar grundas på bästa tillgängliga underlag samt på de vetenskapligt motiverade antaganden som behövs för att överbrygga kunskapsluckor och osäkerheter i det vetenskapliga underlaget.

En bedömning baserad på det mest allsidiga och trovärdiga underlaget kan dock aldrig generera hundra procentigt säkra utsagor om skadliga effekter på hälsa och miljö. Det är därför viktigt att i varje riskbedömning ta hänsyn till den osäkerhet och det begränsade bedömningsunderlag som alltid föreligger. I en rekommendation om "*a code of conduct for responsible nanosciences and nanotechnologies research*"<sup>5</sup> formulerar EU-kommissionen detta på följande sätt:

*"N&N<sup>6</sup> research activities should be conducted in accordance with the precautionary principle, anticipating potential environmental, health and safety impacts of N&N outcomes and taking due precautions, proportional to the level of protection, while encouraging progress for the benefit of society and the environment."*

Kunskapen om hur människa och miljö kan exponeras för nanomaterial och vilka farliga egenskaper olika nanomaterial har är fortfarande bristfällig och behöver förbättras. EU-kommissionens Vetenskapliga kommitté för nya och nyligen identifierade hälsorisker (SCENIHR) konstaterar att det råder brist på exponeringsuppskattningar och riskbedömningar inom detta område. Man behöver dessutom skilja ut riskerna i produkters olika stadier: produktion, användning och återvinning. Det sistnämnda är i stort sett utforskat idag.

**Nanopartiklar kan tränga in i kroppen:** Studier visar att vissa kolnanorör initialt kan ge liknande skador på lungorna som asbestfibrer. Forskare har också upptäckt att nanopartiklar kan transporteras till hjärnan via näsan och luktnerven. Ytterst små nanopartiklar, så kallade kvantprickar, verkar även kunna gå genom huden. Men forskning på partiklar i solskydd visar snarare att de inte tas upp via intakt hud.

Alla risker för hälsa och miljö som kan uppstå med nanoteknik är inte kända idag. Detta beror bl.a. på att det finns en otillräcklig kännedom huruvida existerande standardiserade testmetoder är lämpliga för att undersöka hälso- och miljöfarlighet av olika nanomaterial eller om nya och/eller modifierade metoder måste tas fram. Detta gäller

<sup>5</sup> C(2008) 424 final, [http://ec.europa.eu/nanotechnology/pdf/nanocode-rec\\_pe0894c\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/nanotechnology/pdf/nanocode-rec_pe0894c_en.pdf)

<sup>6</sup> Nanosciences and Nanotechnologies

test- och mätmetoder med fokus på källor, utsläpp och spridning i miljön, fysikalisk-kemiska egenskaper, inre och yttre exponering, dosimetri och testmetoder både *in vivo* och *in vitro*.

EU:s nya kemikalierregelverk, Reach, lägger ett tydligt ansvar på den som tillverkar eller sprider ett kemiskt ämne:

*”Denna förordning grundas på principen att det är tillverkare, importörer och nedströmsanvändare som bär ansvaret för att de ämnen som de tillverkar, släpper ut på marknaden eller använder inte har några skadliga hälso- och miljöeffekter. Bestämmelserna i förordningen bygger på försiktighetsprincipen.”<sup>7</sup>*

Utgångspunkten för denna strategi är att bygga kunskap för att så långt som möjligt förutse potentiella risker på ett tidigt stadium, så att denna kunskap tidigt kan påverka val av inriktning vid utveckling av nanoprodukter. Det handlar om att hantera genuina osäkerheter eftersom det saknas kunskap om vilka och hur stora effekterna av utveckling och användning av tekniken är.

Nanotekniken täcker in ett stort område av olika material, strukturer och applikationer, vilket gör att risker varierar mycket. När man idag pratar om risker med nanotekniken handlar det oftast om osäkerheter gällande hur fria nanopartiklar påverkar hälsa och miljö, trots att långt ifrån all nanoteknik inbegriper partiklar som till exempel nanostrukturerade ytor. Detta visar på svårigheterna med att hantera riskaspekter med nanoteknik på en generell nivå.

Möjligheterna att påverka hanteringen av risker går i stor utsträckning via lagar och tillhörande vägledning, eller via standardiseringsorgan. Där måste inte bara svenska myndigheter, utan även svenska företag, inta ledande positioner. Förmågan att påverka risker inom området kommer bland annat att vara avhängig Sveriges status med avseende på internationellt ledarskap inom nämnda område. Om svensk företagsverksamhet är kommersiellt och forskningsmässigt ledande inom nanoteknik, så kan nationella aktörer i betydande grad påverka uppkomsten och hanteringen av risker med nanoteknik, bland annat genom tillämpning av Reach-förordningens krav om att skapa och förmedla kunskap om säker användning.

---

<sup>7</sup> Artikel 1.3 i Europaparlamentets och rådets förordning (EG) nr 1907/2006.

## 3 En svensk strategi i en internationell kontext

Det finns idag ett stort antal nationella och internationella politiska processer som rör policy för utveckling och användning av nanoteknik. I internationella policydiskussioner identifieras aspekter som är viktiga för utvecklingen och användningen av nanoteknik och som kan ha relevans för det svenska sammanhanget. Det finns också ett antal program som fokuserar på hur skador på hälsa och miljö ska kunna undvikas.

### 3.1 OECD:s policyarbete för nanoteknik

Inom OECD finns två större arbetsgrupper för nanoteknikfrågor. Arbetsgruppen för tillverkade nanomaterial, WPMN<sup>8</sup>, där Kemikalieinspektionen deltar, verkar för internationell samverkan om hälso- och miljöriskrelaterade frågor för tillverkade nanomaterial. Arbetsgruppen för nanoteknik, WPN<sup>9</sup>, där VINNOVA deltar, syftar till att vägleda i policyfrågor för ett ansvarsfullt utvecklande och användande av nanoteknik. Eftersom sammanhangen skiljer sig åt mellan länder är alla policyimplikationer inte relevanta för Sverige. Följande nyckelfrågor som presenterats i WPN är relevanta för de svenska förhållandena och inriktningen för denna strategi:

- En generell "nanoteknikpolitik" är olämpligt eftersom nanotekniken är mångfasetterad och inte har karaktären av en industri. Styrmedel måste anpassas till specifika delområden.
- Både nyetablerade och större företag är viktiga för utvecklingen av nanoteknik. Nyetableringar framställs ofta som viktiga i framväxten av en ny teknik. Inom nanoteknik har även större företag lyfts fram som viktiga utifrån deras kompetens och resurser.
- För kommersialisering är tillgången på kompetent humankapital och finansiellt kapital, utveckling av produktionskapacitet och hanteringen av potentiella miljö- och hälsorisker med nanoteknik betydelsefull. Vikten av samordning av olika myndigheter och instrument för kommersialisering framhålls.
- Steget från produktutveckling och pilottillverkning till fullskalig industriell produktion är en stor utmaning. Tillgång till stödjande infrastruktur i form av instrumentering, renrum och forskningscentra etc. är betydelsefull. Vid finansiering av forskning och utvecklingsprojekt bör denna aspekt beaktas.
- Generalister som kan fungera som länkar mellan olika vetenskapliga discipliner, teknikområden och organisationer är viktiga. Att leda tvärvetenskapliga grupper och integrera olika kunskapsområden innebär utmaningar. Det framhålls som viktigt att satsa på utbildning av generalister och praktisk utbildning i tillverkning på nanonivå samt att underlätta tvärvetenskapligt samarbete.

---

<sup>8</sup> Working Party on Manufactured Nanomaterials

<sup>9</sup> Working Party on Nanotechnology

- Nystartade företag inom nanoområdet möter speciella utmaningar rörande tekniska och produktionsrelaterade frågor samt marknadsosäkerheter<sup>10</sup>. Genom att länka samman nystartade företag med stora etablerade företag kan detta adresseras. Samtidigt bör medverkan av medelstora företag främjas.
- Det finns osäkerheter avseende miljö- och hälsofrågor relaterade till nanoteknik. Detta rör både allmänhetens syn på miljö- och hälsorisker men också osäkerheter avseende tolkningen av regelverk. Arbetet med miljö- och hälsofrågor bör hanteras på branschnivå med utgångspunkt i branschspecifika förhållanden. Politiken bör stödja en snabb utveckling av öppna och lämpliga riktlinjer för bedömning av miljö- och hälsorisker utifrån olika typer av delområden inom nanoteknik. Samtidigt är det viktigt att sträva efter internationell harmonisering.

Miljö- och hälsofrågor relaterade till nanoteknik diskuteras inom WPMN. Syftet med arbetsgruppen är att främja internationellt samarbete om aspekter kring hälso- och miljö säkerhet om nanomaterial bland OECD:s medlemsländer. Programmet har relevans för inriktningen av denna strategi och omfattar bland annat:

- Utbyte av information om tillämpbarhet av existerande internationellt accepterade riktlinjer för testning av hälso- och miljöeffekter orsakade av nanomaterial.
- Testning av ett antal representativa tillverkade nanomaterial i ett program sponsrat av industrin. Testningen kommer att ligga till grund för utvärdering av tillämpbarheten av testmetoderna.

## 3.2 EU:s policyarbete för nanoteknik

Europeiska kommissionen har utarbetat en handlingsplan för nanoteknik i Europa för åren 2005 till 2009. I det arbetet har man kontinuerligt arbetat med policyfrågor. Under senare år har tre centrala dokument med relevanta policyimplikationer för Sverige presenterats; Andra genomföranderapporten 2007-2009<sup>11</sup>, *Commission Recommendation on a code of conduct for responsible nanosciences and nanotechnologies research* C(2008) 424<sup>12</sup> och *Regulatory aspects of nanomaterials* SEC(2008) 2036<sup>13</sup>. Dessa dokument har generella rekommendationer på EU-nivå och följande punkter som de belyser är särskilt relevanta för svenska sammanhang och denna strategis inriktning:

- Nanoteknik bör bidra till hållbar utveckling till nytta för individer och samhälle. Tekniken bör inte biologiskt, fysiskt eller moraliskt skada organismer eller miljö, idag eller i framtiden. Prioritet bör ges till forskning som ger störst positiva effekter.
- Forskningen måste generellt stärkas och kopplas till relevanta sektorer för ökad innovations- och konkurrenskraft. Parallellt ska målet att garantera ett starkt skydd av folkhälsan och miljön beaktas.
- Infrastrukturen och utbildningssystemet måste utvecklas för att svara mot nanoteknikens tvärvetenskapliga karaktär.

<sup>10</sup> Se vidare avsnitt 5.3.4

<sup>11</sup> <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2009:0607:FIN:SV:PDF>

<sup>12</sup> <ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/fp7/docs/nanocode-recommendation.pdf>

<sup>13</sup> [http://ec.europa.eu/nanotechnology/pdf/com\\_regulatory\\_aspect\\_nanomaterials\\_2008\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/nanotechnology/pdf/com_regulatory_aspect_nanomaterials_2008_en.pdf)



- Mekanismerna för industriell innovation måste stärkas.
- En direkt, begriplig och kontinuerlig samhällsdialog bör skapas, särskilt gällande frågor som rör konsument-, miljö- och arbetarskydd.
- Lagstiftningens lämplighet för nanoteknikområdet måste ses över. Kommissionen anser dock att nuvarande lagstiftning täcker potentiella hälso- och miljörisker, men det behövs bättre tillämpning i form av tolkning, styrdokument och rutiner.
- Forskning om riskbedömning i ett livscykelperspektiv, karaktärisering av nanomaterial och testmetoder bör öka. Metoder för att skatta och hantera risker bör utvecklas.
- Utvecklare och producenter förväntas vara ansvariga för miljö- och hälsoeffekter kopplade till deras teknik.
- Forskare och andra aktörer uppmuntras genomföra framtidsstudier som visar på framtida konsekvenser av teknikutvecklingen med syfte att tidigt möta eventuella negativa effekter. Etiska kommittéer bör konsulteras vid sådana framtidsstudier.

### 3.3 Andra länders strategier

OECD har under 2008 kartlagt 24 länder<sup>14</sup> med avseende på officiella avsiktsförklaringar och riktlinjer (policy) inom nanoområdet. Sedan kartläggningen genomfördes har ett par länder publicerat ytterligare initiativ som tagits med i resonemanget nedan.

En stor majoritet har nationella nanostrategier. Några länder saknar en specifik strategi alternativt täcker nanoområdet genom generella forskningsstrategier (Belgien, Danmark, Kanada, Schweiz, Sverige). Strategierna har i de flesta fall initierats antingen kring år 2001 (Israel, Kina, Sydkorea, USA) eller 2005-2006 (Brasilien, Finland, Japan, Nederländerna, Norge, Tyskland). Det finns också exempel på strategier som är inriktade på ett särskilt område, som Finlands nanostrategier inom trä och IKT<sup>15</sup>.

De senast publicerade nationella strategierna pekar på en utveckling i riktning mot att skapa tillämpningar och kommersialisering. Fokus ligger inte främst på forskning utan snarare runt forskningsmiljöerna i en vidare mening. Kompetensförsörjning genom utbildning är en förutsättning för att kunna vara internationellt konkurrenskraftig. Nätverk och regelverk som möjliggör utveckling och kommersialisering är högst prioriterade.

Många strategier förespråkar globala utmaningar som drivkraft<sup>16</sup> och som igångsättare av aktiviteter och prioritering. Den tyska aktionsplanen pekar ut offentliga aktörer som departement och anslagsgivare som koordinatörer för att driva aktiviteter angående

<sup>14</sup> Australien; Belgien; Danmark; Finland; Frankrike; Irland; Israel; Japan; Kanada; Korea; Nederländerna; Norge; Polen; Portugal; Ryssland; Schweiz; Storbritannien; Sverige; Sydafrika; Tjeckien; Tyskland; Ungern; USA; Österrike

<sup>15</sup> FinNano, Nanotech Finland 2013 - Workshop 27.1.2009,

[http://akseli.tekes.fi/opencms/opencms/OhjelmaPortaali/ohjelmat/NANO/en/finnano\\_events.html](http://akseli.tekes.fi/opencms/opencms/OhjelmaPortaali/ohjelmat/NANO/en/finnano_events.html)

<sup>16</sup> Challenging Europe's Research: Rationales for the European Research Area (ERA), 2008, ISBN 978-92-79-08412-6, [http://www.era.gv.at/attach/leg7-era-rationales-final-report\\_en.pdf](http://www.era.gv.at/attach/leg7-era-rationales-final-report_en.pdf)

detta. Att skapa samförstånd bland aktörer anses underlätta, generera och accelerera innovationer.

De flesta av länderna tillskriver industrin och allmänheten formella roller i utvecklingen av nationella riktlinjer. Dessa aktiviteter varierar, från specifika program och öppna konsultationer med bred representation, till mer lokala initiativ som söker fånga utvalda grupperns synpunkter. Både Australien<sup>17</sup> och Schweiz<sup>18</sup> placerar kommunikation och publik debatt högt upp på agendan.

Från strategierna kan man utläsa att *Ethical, Legal and Social Aspects* (ELSA) nästan alltid adresseras. Man pekar särskilt på att en medveten hantering av risk kräver en process för att informera allmänhet och belysa sociala aspekter. Det är en integrerad del i de senaste strategierna, men saknar ofta lika konkreta mål som övriga områden. Ett av EU:s projekt om de etiska frågeställningarna avseende nanoteknik, DEEPEN, konstaterar att den traditionella uppdelningen mellan forskningen och samhället är den som gäller i praktiken<sup>19</sup>: att forskare forskar, och att samhälle och etisk expertis hanterar sociala och etiska konsekvenser.

USA har tagit ett grepp om hela området genom The National Nanotechnology Initiative (NNI) som sedan 2001 samlar offentliga aktörer (c:a 25 stycken) inom området. Medverkande organisationer arbetar mot en uppsättning gemensamma mål<sup>20</sup>:

- *“to maintain world-class R&D with a view to exploit the full potential of nanotechnology*
- *to facilitate technology transfer to products for economic growth, new jobs and social utility*
- *to create resources for education with corresponding advanced infrastructure and tools*
- *to support a responsible development of nanotechnology”*

NNI:s senaste strategi är från 2007 och man avser att uppdatera den var tredje år. De fyra punkterna ovan är övergripande mål; strategin identifierar också aktiviteter för att uppnå de målen samt huvudområden som kräver investeringar för att målen ska uppnås. Man har under 2008 specificerat särskilda forskningsfrågor i dokumentet Strategy for Nanotechnology-Related Environmental, Health, and Safety Research<sup>21</sup>.

---

<sup>17</sup> The Australian Office of Nanotechnology - Social Inclusion and Engagement Workshop Report, 2008, <http://www.innovation.gov.au/Section/Innovation/Documents/SocialInclusionandEngagementWorkshopFinalReport.pdf>

<sup>18</sup> Aktionsplan "Synthetische Nanomaterialien", Bundesamt für Umwelt BAFU, Bericht des Bundesrates vom 9. April 2008, <http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/00574/index.html>

<sup>19</sup> Reconfiguring Responsibility - Deepening Debate on Nanotechnology, <http://www.geography.dur.ac.uk/Projects/Portals/88/Publications/Reconfiguring%20Responsibility%20September%202009.pdf>

<sup>20</sup> 2007 NNI Strategic Plan, The National Nanotechnology Initiative, [http://www.nano.gov/NNI\\_Strategic\\_Plan\\_2007.pdf](http://www.nano.gov/NNI_Strategic_Plan_2007.pdf)

<sup>21</sup> [http://www.nano.gov/NNI\\_EHS\\_Research\\_Strategy.pdf](http://www.nano.gov/NNI_EHS_Research_Strategy.pdf)

I Japan har nanoteknik/-material en framskjuten position som ett av fyra prioriteringsområden i den s.k. tredje forskningsplanen<sup>22</sup>:

*“The second basic plan emphasized R&D on national/social issues, especially those relating to the life sciences, information and telecommunications, environmental sciences, and nanotechnology/materials, and funds were preferentially allocated to those four areas. The third basic plan deems those four areas as areas in which R&D activities should be promoted primarily”*

Japan avser att avsätta medel till områden som uppfyller följande punkter:

- Bidrar starkt till vetenskap och teknik, ekonomi och samhälle.
- Medborgarnas förväntningar och intressen är höga.
- Hänsyn har tagits till andra länders strategier inom vetenskap och teknik.
- Praktiskt lämpliga, livskraftiga ut ett strategiskt perspektiv.

Sveriges grannländer har lite olika angreppssätt. Norge har som vision att bli ledande inom någon nisch inom nanoteknik<sup>23</sup>. Man vill inrätta nationella centra för infrastruktur och skapa nätverk för bred tillgänglighet.

*”Arbeidsgruppen anbefaler en tung satsing på seks kompetanseområder: Materialer, grenseflate-/overflatevitenskap og katalyse, fundamentale fysiske og kjemiske fenomener og prosesser på nanometernivå, bionanoVT, komponenter, systemer og komplekse prosesser basert på nanoVT samt etiske, juridiske og samfunnsmessige aspekter (ELSA), herunder helse, miljø og sikkerhet.”*

Man vill som komplement till traditionella forskningsprojekt skapa s.k. *storprojekt* där grundforskning, utveckling, innovation och samarbete med industrin ingår som likvärdiga delar.

Danmark har som vision att till 2020 vara bland de allra bästa i världen på att omsätta nanoteknik till industriell nytta, ökad tillväxt och viktiga samhällsbehov<sup>24</sup>. Man gör det genom följande föreslagna handlingsplan:

- 1 ”Prioriter teknologiområder
- 2 Skab samspil mellem nanoteknologisk forskning og højteknologisk erhvervsudvikling

---

<sup>22</sup> Science and Technology, 3<sup>rd</sup> basic plan, Government of Japan.

<http://www8.cao.go.jp/cstp/english/basic/3rd-Basic-Plan-rev.pdf>

<sup>23</sup> Nasjonal strategi for nanovitenskap og nanoteknologi,

[http://www.regjeringen.no/upload/kilde/kd/rap/2006/0028/ddd/pdfv/298886-nasj\\_strategi\\_nanovt\\_web.pdf](http://www.regjeringen.no/upload/kilde/kd/rap/2006/0028/ddd/pdfv/298886-nasj_strategi_nanovt_web.pdf)

<sup>24</sup> Teknologisk fremsyn om dansk nanovidenskab og nanoteknologi, Ministeriet for Videnskab, 2004.

<http://www.fi.dk/publikationer/2004/teknologisk-fremsyn-om-dansk-nanovidenskab-og-nanoteknologi/Nanovidenskab%20og%20nanoteknologi.pdf>

- 3 *Etabler nanoteknologiske kraftcentre (innovationshuse)*
- 4 *Forøg produktionen af kandidater og forskere*
- 5 *Udbred nanoteknologi bredt til danske virksomheder*
- 6 *Inddrag risici, sundhed, miljø og etik.”*

Finland tog under 2005 fram forskningsprogrammet för nanovetenskap, FinNano 2006-2010. Programmets syfte är att effektivisera industrins utnyttjande av nanoteknik samt att säkerställa att Finlands konkurrenskraft inom nanoteknik stärks och växer sig internationellt lockande också för ny företagsverksamhet. Målsättningen för FinNano är att<sup>25</sup>:

- *”stöda nanovetenskaplig grundforskning på hög nivå som en del av innovationsmiljön*
- *aktivera området interdisciplinärt och tvärvetenskapligt*
- *utveckla forskningsmiljöer och forskarskolor som anknyter till området*
- *skapa konkret mervärde för de forskningsgrupper som deltar i programmet genom bildandet av nätverk, internationell synlighet och utnyttjande av forskningsresultat*
- *stöda en ansvarsfull utveckling av nanoteknologin – forsknings-programmet tar i beaktande de etiska utmaningarna, alltså frågor som berör säkerheten, hälsan och miljön*
- *främja områdets europeiska och annan internationell verksamhet och mobilitet”*

---

<sup>25</sup> <http://www.aka.fi/Tiedostot/Tiedostot/FinNano/Ohjelmamuistio.pdf>

## 4 Målbilder

Utifrån strategins vision tecknas två målbilder. Den första handlar om att identifiera ett antal möjligheter i relation till styrkeområden inom svensk forskning och svenska företag. Den andra är att hantera möjligheter och risker parallellt och inte som två skilda element. Målen är av strategisk karaktär och knyter an till visionen.

### 4.1 Innovationskraft i gemensamma styrkeområden

Strategin identifierar möjligheter i de lösningar nanoteknik kan presentera för att möta globala utmaningar så som hållbart utnyttjande av naturresurser och tillgång till mat och vatten. Genom att koppla samman ekonomiska tillväxtmål med andra samhällsmål, som exempelvis hälsa, kan nyttiggörandet av en teknik öka. Nyttiggörandet sker genom förnyelse av industri och offentlig verksamhet i form av utvecklandet av innovationer.

De globala utmaningarna kommer att skapa morgondagens möjligheter och marknader eftersom de möter de stora behov som måste tillfredställas för mänsklighetens fortlevnad. Genom att identifiera potentialer som finns i *snittet mellan nanotekniklösningar för globala utmaningar, svenska kunskapsmässiga styrkeområden och svensk industriell kapacitet*, kan Sverige få ett internationellt försprång inom framtida tillväxtområden. I skärningen mellan dessa områden uppstår möjligheter till innovation som ökar chansen att möta viktiga behov. På så sätt kan Sverige stärka industrins konkurrenskraft på ett långsiktigt och hållbart sätt, samtidigt som man tar tillvara nanoteknikens möjligheter att nå samhällsnytta.

Nanoteknik är i högsta grad ett generellt verktyg som kan leda till en positiv utveckling inom många områden. En mängd vetenskapliga discipliner vävs samman och ett stort antal applikationsområden och branscher berörs. Samtidigt är Sverige en förhållandevis liten aktör med begränsade resurser som inte är tillräckliga för att mäta sig med de stora globala aktörerna. Svenska aktörer bör därför fokusera och samlas kring specifika möjligheter inom områden där det finns goda förutsättningar för att öka nyttiggörandet.

Detta skapar utmaningar vid formuleringen av en strategi, eftersom nanoteknik kommer att spela olika roller för olika områden. Därför behövs områdesspecifika samarbeten identifieras som binder samman aktörer runt svenska kunskapsmässiga styrkeområden och svensk industriell kapacitet och som samtidigt adresserar globala utmaningar.

#### 4.1.1 Globala utmaningar och nanotekniklösningar

Regeringen pekar ut sex globala utmaningar<sup>26</sup> som Sverige kan adressera för att nå hållbar global utveckling. För tre av dessa, ekonomiskt utanförskap, klimatförändringar och miljöpåverkan samt smittsamma sjukdomar och andra hälsopotentialer<sup>27</sup>, kan nanoteknik bidra med möjliga lösningar.

Det finns en rad befintliga nanotekniska områden som kan stärka näringslivet inom olika branscher. Exempelvis är beläggningar och kompositer framtagna med nanoteknik redan viktiga för fordonsindustrin. Bränsletillsatser, katalysatorer, batterier och superkondensatorer framställda med nanoteknik kommer inom en snar framtid ha en central roll. Inom byggindustrin kan kompositer, beläggningar fyllda med partiklar och andra avancerade material stärka och skydda byggnadsmaterial. Andra exempel kan hittas inom produktionstekniken där nanomaterial effektiviserar genom att minska behovet av underhåll, ökar precisionen och underlättar tillverkningsprocesser.

**Mer bränslesnåla bilar:** Ett hinder i utvecklingen av än mer bränslesnåla bilar är att katalysatorerna inte längre klarar av att ta hand om kväioxiderna i avgaserna. Men det Chalmers-baserade företaget CleanSense har tagit fram en ny form av nanobaserad sensor, som mäter halten av kväveoxider i avgaserna. Sensorn skulle kunna bli en del i framtidens katalysatorer, som tillfälligt ska lagra kväveoxidgaser. När halterna blir för höga känner sensorn av det och drar tillfälligt igång en högre bensinförbrukning. Under denna korta period kan katalysatorn omvandla kväveoxiderna till ofarligt syre och kväve. CleanSenses teknik kan även användas för att effektivisera solceller och bränsleceller.

Enligt marknadsanalyser gjorda av Lux Research<sup>28</sup> kommer etablerade företag snart ta en större roll när det gäller tillverkning och användning av nanomaterial. Deras fokus de kommande åren förutspås ligga huvudsakligen på stegvis och snabb omsättning i mer "vardaglig" användning av nanomaterial, medan de mer omdanande innovationerna ligger längre fram i tiden.

Klimatförändringar och miljöpåverkan är utmaningar där nanotekniken kan bidra väsentligt. Nanotekniken kan komma att ge alternativ till fossila bränslen samt presentera lösningar för hantering av avfall. Nanomaterial spelar en betydande roll i att skraddarsy beläggningar och kompositer som kan förbättra prestanda i omvandling av avfall eller spillvärme till energi.

Nanoteknik presenterar även många möjligheter för rening av vatten och kan generellt spela en roll i att effektivisera användningen av naturtillgångar.

<sup>26</sup> Förtryck, Ekonomiskt utanförskap, Klimatförändringar och miljöpåverkan, Migrationsströmmar, Smittsamma sjukdomar och andrahälsopotentialer samt Konflikter och sviktande situationer. [ur Globala utmaningar - vårt ansvar, Skr.2007/08:89, ISBN: 978-91-7496-382-3]

<sup>27</sup> Nanotechnology crucial in fighting infectious disease, The Lancet, vol. 9, april 2009.

<sup>28</sup> Lux Research Inc, Nanomaterials State of the Market Q1 2009.

**Vattenrening:** Rent vatten till jordens befolkning är en av de viktigaste hälsofrågorna. Det svenska miljöteknikföretaget Wallenius water använder nanoteknik istället för onyttiga kemikalier som klor för vattenrening. En UV-lampa aktiverar en yta av titandioxidnanopartiklar, som i sin tur omvandlar vatten och syre till extremt reaktiva fria radikaler. Dessa tar död på skadliga mikroorganismer, till exempel Legionella. Tekniken kan också sterilisera båtars ballastvatten och hindra marina mikroorganismer från att sprida sig. Fel art på fel plats kan slå ut ett helt ekosystem. Även kolera kan spridas med ballastvatten.

En tredje global utmaning rör hälsa. Nanomedicin är tillämpningar av nanotekniker inom hälsoområdet och ett område som växer snabbt. Man kan dela in nanomedicinen i tre områden: diagnostik, läkemedelsdistribution och regenerativ medicin<sup>29</sup>. Trots att många nanoteknikbaserade läkemedel fortfarande inväntar prövning har nanomaterial redan börjat påverka diagnostik, medicinsk utrustning och produkter för egenvård. Silverjonens antibakteriella egenskaper utnyttjas idag i medicinska produkter genom användning av nanosilverpartiklar. Nanomaterial förväntas dock att ge mer raffinerade effekter i form av transportsystem för läkemedel (s.k. *drug delivery*) och olika typer av terapeutiska lösningar. Nanoteknik möjliggör utvecklingen av sofistikerade sensorer som kan guida verksamma ämnen och begränsa behandlingar och undvika skador på intilliggande vävnad. Inom regenerativ medicin kan man med hjälp av nanotekniker ersätta skadad vävnad genom att kombinera till exempel stamceller och nanomatriser. Det vore en tilltalande behandling på många nedbrytande sjukdomar och skadetillstånd där terapier idag saknas.

**Potentiell revolution för cancermedicinen:** Vid Uppsala universitet utvecklar forskare ett nytt läkemedel mot cancer. De kapslar in ett cellgift, som även bär på en radioaktiv jodatomb, i en nanometerstor fettpartikel. På ytan sitter en molekyl som känner igen och kopplar till cancerceller. När partikeln sprutas in i blodet kommer den giftiga lasten framförallt hamna i cancercellerna. I USA finns ett tiotal olika nystartade företag som med nanopartiklars hjälp tar fram riktade cancerbehandlingar.

#### 4.1.2 Svenska kunskapsmässiga styrkeområden

Sverige hör till de länder i världen som i förhållande till bruttonationalprodukten investerar mest i forskning och utveckling, runt 3,6 procent för år 2007. Svensk forskning placerar sig i toppen när det gäller antalet vetenskapliga publikationer i relation till befolkningen. Näringslivet svarar för runt tre fjärdedelar av investeringarna, med en hög koncentration till ett litet antal FoU-intensiva företag. Enligt Statistiska Centralbyrån<sup>30</sup> svarade 20 företag år 2007 för 62 procent av näringslivets investeringar i forskning och utveckling.

<sup>29</sup> Regenerativ medicin handlar om att ersätta skadade kroppsdelar, organ, celler eller gener med nya permanenta komponenter av biologiska eller syntetiska material.

<sup>30</sup> Forskning och utveckling inom företagssektorn 2007, SCB.

Generellt har Sverige ett flertal framstående forskningsmiljöer inom olika områden. Exempel på utpekade styrkeområden i regeringens forskningsproposition<sup>31</sup> av relevans för nanoteknik är:

- Medicin och vårdvetenskap - grundläggande cell- och molekylärbiologi, infektion, läkemedelsutveckling, cancerforskning och medicinsk bildteknik.
- Teknikvetenskaper - materialteknik, informations- och kommunikationsteknologi, produktionsteknik, fordons- och medicinteknik.
- Naturvetenskap och matematik – strukturbologi, molekylärbiologi, ekologi, materialvetenskap, partikelfysik, biokemi, energi och elektronik.
- Lantbruksvetenskaper – strukturbologi, bioenergi och fiber.

De 24 strategiska forskningsområdena som regeringen prioriterar under perioden 2009-2012 har som mål:

- Forskning som långsiktigt har förutsättningar att vara av högsta internationella kvalitet.
- Forskning som kan bidra till att tillgodose stora samhällsbehov och lösa viktiga problem i samhället.
- Forskning inom områden med anknytning till det svenska näringslivet.

Från den politiska sidan finns visioner om betydelsen av nanoteknikens innovationssystem. Kunskapsbasen hos akademien inom nanoteknik i Sverige uppfattas generellt sett som hög vilket stöds av studier av antal publikationer, citeringar och patent. Tillgång på forskarkompetens inom nanoteknik anses i stort vara tillfredsställande<sup>32</sup>. Sammantaget finns en god vetenskaplig och kunskapsmässig bas att bygga på.

#### **4.1.3 Svensk industriell kapacitet**

Den svenska nanoindustrin är ännu begränsad i omfattning. Det är ett skäl i sig för att engagera befintliga företag i utvecklingen av nanoområdet. Det etablerade näringslivets deltagande i utvecklingen av nanotekniska innovationer är viktig då dessa företag innehar produktions-, marknads- och affärskunskap.

Svensk ekonomi är mycket beroende av några få framgångsrika exportföretag. Samtidigt som industrins styrka behöver tas tillvara behöver även ny industri skapas genom att fler företag växer. Analyser av satsningar där forskning genomförts i nära samarbete med industrin har visat på stora positiva effekter. Ny kunskap behöver omsättas till produktion i Sverige; i framtiden är kunskap en avgörande produktionsfaktor. Det finns anledning att minska distansen mellan den akademiska forskningen och användare och producenter inom företag och offentliga organisationer.

---

<sup>31</sup> Regeringens proposition Ett lyft för forskning och innovation, Prop. 2008/09:50.

<sup>32</sup> Nanoteknikens innovationssystem, VINNOVA, 2007.

<http://www.VINNOVA.se/Publikationer/Produkter/Nanoteknikens-innovationssystem/>



Som nation har vi gott anseende inom läkemedelsområdet. Även inom informations- och kommunikationsteknik har Sverige styrkeområden. Genom att utnyttja olika existerande bransch- eller ämnesrelaterade styrkor – både förtroendekapital och industriell kapacitet – kan tillämpningspotentialen göras synlig inom nanoområdet. Detta kan också fungera som förebild för andra branscher för att främja kommersialisering av nanoteknik. En teknikspridning till näringslivet skapar förutsättningar för starka aktörer inom området.

#### 4.1.4 Exempel på möjligheter

Efterfrågan på miljöteknik är starkt växande på den globala marknaden<sup>33</sup>. Det finns idag en stor potential för miljöområdet där nanoteknik kan bidra med nya lösningar. Som exempel kan nämnas förnybar och uthållig energitillförsel från sol, vind och bioenergi samt minskad energiförbrukning i olika applikationer.

Häri återfinns en möjlighet att förena en tydlig marknadsdrivkraft med en stark svensk forskningskompetens. Detta skapar dessutom förutsättningar för svensk industri att bli internationellt konkurrenskraftig i utveckling av innovationer i form av produkter, system, processer och tjänster som möter krav på resurseffektivitet och miljöprestanda för hållbar utveckling och tillväxt.

Genom att sammanföra etablerat näringsliv, som har infrastrukturella resurser och marknadskunskap, med forskare, som har kompetens och forskningsresultat som är möjliga att använda utan omfattande nya forskningsinsatser, skapas förutsättningar att ta fram klara kostnadseffektiva applikationer.

Industrins konkurrenskraft avseende miljöteknikapplikationer stärks genom användning av forskningskompetens inom nanoteknikområdet. Samtidigt stärks även forskningen inom området genom värdefullt engagemang och samspel med näringslivet. I förlängningen bidrar detta till tillväxt och till lösningar på globala miljö- och resursrelaterade utmaningar.

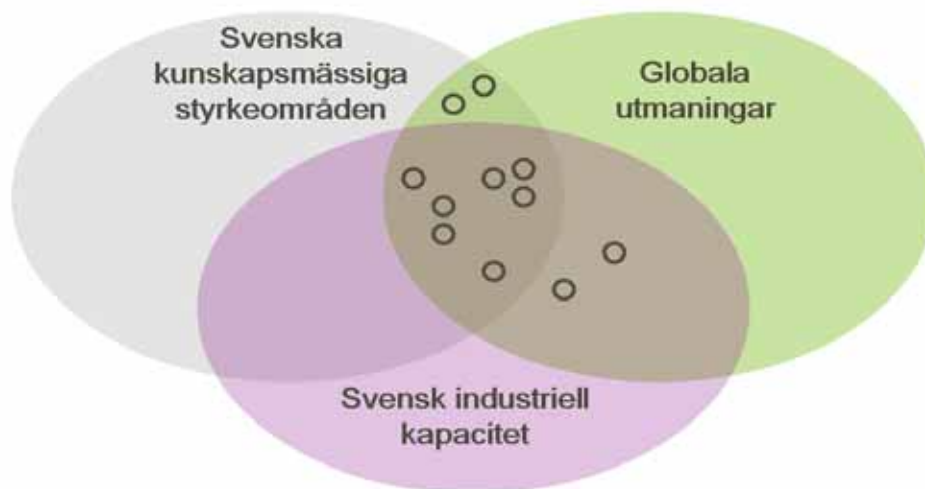
Det finns fler möjligheter än dagens industriella kapacitet klarar av. Sådana radikalt nya möjligheter som saknar en befintlig avnämning kan vara viktiga som framtida styrkeområden och visa på möjliga framtida riktningar för den industriella kapaciteten. Där har akademien en viktig roll att fylla eftersom grundforskningen skapar förutsättningar för att svara mot framtida kompetensbehov. Bredden och styrkan inom den nanotekniska grundforskningen är central för att skapa beredskap för framtiden.

Globala utmaningar kan formuleras genom politiska mål, så som en giftfri miljö, hållbar tillväxt, minskad energikonsumtion och bättre allmänhälsa. Dessa politiska mål finns även lokalt hos, bland annat, kommuner och landsting. Lokala aktörer kan på så sätt återge delar av de globala utmaningarna genom sina egna mål och anta en beställarroll gentemot andra aktörer.

---

<sup>33</sup> Bortom krisen, Globaliseringsrådet, 2009. ISBN 978-91-38-23219-4.

Figur 1 Möjligheter som presenterar sig i skärningen mellan områden



Marknaden för vissa globala utmaningar, såsom miljö och energi, är i dagsläget utvecklade. I de fallen kan lokala aktörer skapa nischmarknader där nanotekniska lösningar på utmaningar kan utvecklas. Även samarbeten med internationella aktörer kan leda till att marknader skapas.

## 4.2 En reflekterande innovationskraft<sup>34</sup>

Visionen i denna strategi integrerar risker som en naturlig del i det samhällsekonomiska skapandet av värde. Innovationer är ett sätt att ta tillvara på möjligheter genom att skapa värden. Samtidigt finns det risker med nanoteknik och detta sätter värdet i innovationer på spel.

Det går inte generellt att värdera nanoområdet som ett homogent område. Det finns områden inom nanotekniken som bedöms ha allvarliga negativa hälso- och miljöeffekter och områden där kunskapen om hur man bedömer risken är dålig. Samtidigt finns stora områden med små miljö- och hälsorisker i traditionell mening. En dator innehållande en processor baserad på kretsar i nanoskala anses i sig inte utgöra en fara för en användare.

Det finns begränsad kunskap om vilka och hur stora hälso- och miljöeffekterna av utveckling och användning av nanotekniken är, och detta skapar osäkerhet. Samtidigt lägger till exempel Reach tydliga krav på att de företag som utvecklar och säljer nanomaterial ska ta fram tillräcklig kunskap om eventuella negativa hälso- och miljöeffekter.

<sup>34</sup> Detta kapitel bygger på Fogelberg och Sandéns (2008) artikel. Diskussioner med författarna Hans Fogelberg, Göteborgs Universitet, och Björn Sandén, Chalmers Tekniska Högskola, har varit viktiga i utformningen av detta kapitel.

Det saknas dock ramverk som stödjer aktörer som forskare, företag och tillsynsmyndigheter i att hantera dessa osäkerheter. Detta hindrar i sin tur skapandet av värden eftersom aktörerna inte vågar agera, vilket hejdar utvecklingen av innovationer. En prioriterad uppgift är därför att minska osäkerheten om hälso- och miljörisker, så långt det är möjligt redan tidigt i utvecklingskedjan. Det finns annars en fara i att de ramverk som utvecklas för stöd av hanteringen av osäkerheter blir för rigida i brist på kunskap. Om det saknas återkoppling mellan utvecklarna av ramverken och de som använder och påverkas av dem finns det en risk att ramverken blir onödigt strikta vilket minskar handlingsutrymmet för aktörer och skapandet av värden. Vidare finns anledning att inta en teknikneutral position då den snabba utvecklingen kan medföra att en reglering snabbt kan bli inaktuell.

För att hantera osäkerheter behöver aktörer reflektera över konsekvenserna av sitt handlande i ett samhällsekonomiskt perspektiv. En ständig återkoppling mellan olika aktörer som påverkar och påverkas av teknikens utveckling är viktig. Denna reflektion och återkoppling bör genomsyra hela innovationsprocessen och finnas på alla nivåer i samhället: hos individer, organisationen och inom politiken<sup>35</sup>.

Vi saknar i Sverige en utvecklad debatt om vad nanoteknik kan och borde betyda för samhällsutvecklingen. Akademi och finansiärer har inte i tillräcklig utsträckning satt tekniken i större sammanhang för att därigenom skapa en lärprocess. En väl fungerande dialog mellan parterna förmår bättre att hantera områdets utveckling.

Det finns produkter på marknaden som innehåller fria nanopartiklar, till exempel skosprayer, rengöringsprodukter för båtar och bilar och olika former av städprodukter. Kunskapen om hur dessa nanopartiklar kan påverka vår hälsa och miljö är otillräcklig. Om någon produkt är katastrofalt hälso- eller miljöfarlig kan det innebära ett bakslag för hela nanoindustrin. Det i sin tur kan hämma utvecklingen av andra applikationer.

I föregående kapitel presenterades utgångspunkten att se nanoteknikens bidrag till ekonomiska, sociala och miljömässiga mål där aspekter som en giffri miljö och en förbättrad hälsa ingår. För att kunna skapa en helhetsbild behövs en förståelse av teknikens både positiva och negativa aspekter. Positiva aspekter finns exempelvis i förbättringen av prestanda i befintliga produkter, vilket minskar materialanvändning och energikonsumtion. Ännu större positiva effekter kan uppstå genom att nanotekniken möjliggör radikala förändringar på systemnivå, som omställning av energisystem, helt nya typer av läkemedel, nya sätt att hantera avfall etc. Negativa aspekter med nanotekniken rör i första hand oönskade hälso- och miljöeffekter. Nanoteknikens bredd kommer att ge upphov till olika typer av effekter – positiva och negativa – inom olika områden och för olika aktörer.

För att skapa en reflekterande innovationskraft bör *risker och innovationer betraktas som olika sidor av en och samma nyttiggörandeprocess*. De bör vara integrerade i en

---

<sup>35</sup> Strategy for Nanotechnology-Related Environmental, Health, and Safety Research. National Nanotechnology Initiative, 2008. [http://www.nano.gov/NNI\\_EHS\\_Research\\_Strategy.pdf](http://www.nano.gov/NNI_EHS_Research_Strategy.pdf)

nära sammanbunden process med kontinuerlig återkoppling. Hälsoeffekter, miljöeffekter och fysikalisk-kemiska egenskaper bör undersökas genom att riskbedömningar är integrerade i forskning och industriell utveckling.

Utvecklingsmöjligheter som överhuvudtaget inte ryms inom det kända kunskapsmässiga området bör inge viss försiktighet. Ett lärande exempel är skildringen av hur illa bedömningen av asbest hanterades:

*”The evil effects of asbestos dust have also instigated a microscopic examination of the mineral dust by HM Medical Inspector. Clearly revealed was the sharp glass-like jagged nature of the particles, and where they are allowed to rise and to remain suspended in the air of the room in any quantity, the effects have been found to be injurious as might have been expected.” – Deane<sup>36</sup>, 1898.*

I en rapport från European Environment Agency (EEA) analyseras kända problemområden under 1900-talet, bland annat hanteringen av asbest och vilka lärdomar och slutsatser man kan dra från liknande fall<sup>37</sup>. En av slutsatserna är att det är klokt att beakta försiktighetsprincipen då man saknar kunskap om ämnen är säkra eller inte, och speciellt när säkra gränsvärden för skadliga miljö- och hälsoeffekter helt saknas. En osäker situation bör hanteras med den inställningen som Sokrates hade till säkert kontra osäkert vetande, det vill säga att ’man vet att man inte vet’. EEA konstaterar:

*“Long-term environmental and health monitoring rarely meets the short-term needs of anyone, thus requiring particular institutional arrangements if it is to meet society’s long-term needs.”*

En integrerad riskbedömning i innovationsprocesser på alla samhällsnivåer är ett steg för att nå en reflekterande innovationskraft. Det kan påverka innovationssystemet på olika sätt. Utvecklingen av ett innovationssystem kan ta olika vägar utifrån de teknik- och applikationsval som görs. Genom att reflektera över vägvalens samhällsekonomiska värdeskapande kan systemet vägledas mot stegvis alternativt radikalt mer hållbara applikationer. Denna vägledning öppnar nya spår för innovationer, på samma sätt som innovatörer behöver beakta risker bör riskforskare tänka i termer av innovationer. Även i en tidig fas måste riskerna beaktas eftersom en tidig vägledning avseende hållbara innovationer innebär större möjlighet att ta till vara på värden. Att reflektera över teknikens långsiktiga samhällsekonomiska konsekvenser tidigt skapar även legitimitet för utvecklingen och användningen av tekniken. Genom reflektion kan man även lösa och hantera osäkerheter i systemet, vilket ökar aktiviteten bland aktörerna och stärker innovationskraften.

---

<sup>36</sup> Deane, Lucy, 1898. ‘Report on the health of workers in asbestos and other dusty trades’, in HM Chief Inspector of Factories and Workshops, 1899, Annual Report for 1898, HMSO London.

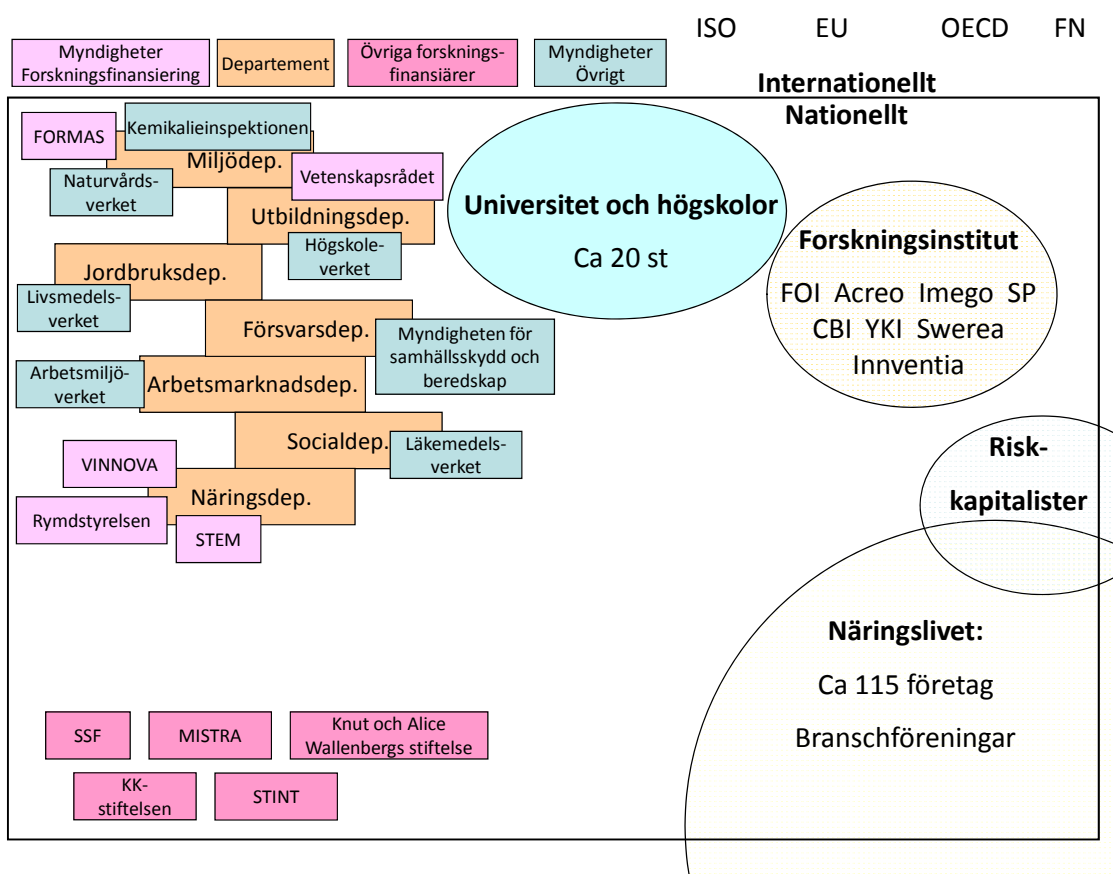
<sup>37</sup> Late lessons from early warnings: the precautionary principle 1896–2000, Environmental issue report No 22, 2001.

[http://www.eea.europa.eu/publications/environmental\\_issue\\_report\\_2001\\_22/Issue\\_Report\\_No\\_22.pdf](http://www.eea.europa.eu/publications/environmental_issue_report_2001_22/Issue_Report_No_22.pdf)

## 5 Förutsättningar – svensk nanoteknik i en global kontext<sup>38</sup>

Nanoteknik har länge varit ett starkt forskningsområde i Sverige, trots att vi till skillnad från många andra industrialiserade länder, saknat ett nationellt nanotekniskt initiativ. Avsaknaden av ett nationellt initiativ och en försiktig användning av termen nanoteknik bland svenska aktörer har tolkats som en blygsam aktivitet i Sverige. Trots detta har många aktörer varit aktiva med nanoteknik i närmare 25 år. Mycket av den svenska nanotekniken har byggts upp i anknytning till tre större ramprogram; programmet för Ytors fysik och kemi (Styrelsen för teknisk utveckling, STU, 1981-), Mikronikprogrammet (STU, NUTEK1987-97) och materialkonsortierna (NUTEK och Naturvetenskapliga forskningsrådet, 1990-talet).

Figur 2 Aktörer inom nanoteknik i Sverige



<sup>38</sup> En mer detaljerad beskrivning finns i bilaga B: Svensk nanoteknik i en global kontext

## 5.1 Svenska aktörer

Idag finns ett ökande antal aktörer i Sverige som på olika sätt påverkar användningen och utvecklingen av nanoteknik, se figur 2. Det finns även ett antal internationella aktörer som påverkar utveckling och användning av nanoteknik i Sverige

Omkring 20 universitet och högskolor är aktiva inom området. De stora universiteten, Lunds universitet, Chalmers tekniska högskola, Linköpings universitet, Kungliga Tekniska högskolan och Uppsala universitet, dominerar. Det finns ett tiotal centrum-bildningar runt om i landet varav flera är internationellt erkända forskningsmiljöer. Åtta forskningsinstitut är verksamma inom området. Generellt har dock institutens aktivitet varit lägre.

Inom näringslivet finns omkring 115 företag som antingen baserar sin verksamhet på nanoteknik eller som delvis använder sig av nanoteknik. Omkring 40 % av företagen tillhör den första kategorin och är till stor del universitetsavknoppningar. Företagen finns till största delen inom *Life Science* (läkemedel, bioteknik och medicinteknik) och elektronik.

För flera av de etablerade företagen med nanoteknikverksamhet har nanoteknik länge varit ett inslag som utvecklats gradvis som ett naturligt steg i verksamhetens utveckling. Hos andra har nanoteknik kommit in som ett nytt inslag som drivits fram av sökandet efter ökad produktprestanda.

Företagen har olika roller i globala värdekedjor och använder nanoteknik på olika sätt. Gemensamt för dem är att företagen behöver nanoteknologi för att bedriva verksamheten.

Sju departement arbetar på olika sätt med nanoteknikrelaterade frågor. Med anknytning till dessa finns tolv statliga verk i form av tillsynsmyndigheter och forskningsfinansiärer.

Av offentliga forskningsfinansiärer stod Vetenskapsrådet för de största satsningarna under 2008 genom stora anslag till centrumbildningar och många projektanslag. Stiftelsen för Strategisk Forskning och VINNOVA stod var och en för ungefär hälften så mycket som Vetenskapsrådet. Andra mindre finansiärer inom området är i KK-stiftelsen, Energimyndigheten, Stiftelsen för Miljöstrategisk Forskning (MISTRA), Formas och Stiftelsen för internationalisering av högre utbildning och forskning (STINT).

Övriga statliga verk med nanoteknikverksamhet utgörs till största del av tillsynsmyndigheterna: Arbetsmiljöverket, Naturvårdsverket, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap och Kemikalieinspektionen (KemI). Mycket av verksamheten handlar om kunskapsuppbyggnad men även medverkan i internationella nätverk för tolkning av lagar, regleringar och direktiv för nanoteknik. Kemikalieinspektionen är den aktör bland tillsynsmyndigheterna som haft mest aktiviteter rörande nanoteknik.

## 5.2 Användning och utbredning<sup>39</sup>

I en internationell kartläggning av produkter baserade på nanoteknik beskrivs c:a 1000 konsumentprodukter<sup>40</sup>. Åtkomligheten av produkter innehållande nanomaterial är internationellt gränsöverskridande. De flesta produkter är importerade och vår inhemska produktion av nanomaterial är fortfarande låg. Tabell 1 visar exempel på produkter på den svenska marknaden där nanoteknik kommer in som ett nytt radikalt inslag.

**Tabell 1 Exempel på nanomaterial (KemI, PM1/09)**

VARA PÅ SVENSK MARKNAD	TROLIGT NANOMATERIAL
Ytbeläggningar: bilar, kakel, sten, glas, textil	titandioxid, kiseldioxid/glas, polymerer
Färg och plast	hyperförgrenade polymerer
Racketar	kolnanorör, kiseldioxidkomposit
Cyklar	kolnanorörkomposit, aluminium
Skidor och hockeyklubbor	epoxi-kolnanorörkomposit
Tennisbollar	nanolerakomposit
Bildelar	polymer-lerkomposit
Fyllmedel i gummidäck, svart färg	kimrök
Filter för luftrening av tilluft till motorer	nanofiber av polymerer
Sockor, sulor, förband	silvernanostråd
Kläder	fluorerade fibrer
Vattenavvisande på textil	dendrimerer; hydrofoberade
Solskyddskräm	titandioxid, zinkoxid
Tandkräm	hydroxiapatit
Papperskemikalier	kiseldioxid
Elektronmikroskopi	guldparklar

Det finns även fall där fria nanopartiklar endast återfinns under tillverkningen (däck, billack, batterier och tennisracket). En majoritet av dagens elektronikprodukter har komponenter som bygger på nanoteknik. Andra exempel är byggindustrin (ytbeläggning av fönsterglas), fordonsindustrin (filter och katalysatorer). Vi kan via Internet beställa kosttillskott och antibakteriella produkter som innehåller nanoteknik. Dessa har i de flesta fall inte genomgått någon riskvärdering. Användningen av nanomaterial ökar och det gör även antalet tillverkare. Denna ökning väntas fortsätta under kommande decennier.

<sup>39</sup> Detta avsnitt bygger i huvudsak på Kemikalieinspektionens rapport PM 1/09, Användningen av nanomaterial i Sverige 2008 – analys och prognos.

<sup>40</sup> Augusti 2009. <http://www.nanotechproject.org/inventories/consumer/> Ramverk

### 5.3 Ramverk

Lagstiftning med tillhörande vägledning och standarder för utveckling och användning av nanoteknik kan både begränsa och stödja nyttiggörandet av nanoteknik. Idag är vissa svenska aktörer avvaktande till att införa nanoprodukter på marknaden i väntan på riktlinjer som kan hjälpa till att identifiera och klassificera riskerna med utveckling och användning av nanoteknikprodukter.

För att få en bättre fungerande marknad måste möjliga risker tidigt beaktas i utvecklingen av nanoteknik. Det kommer att öka trovärdigheten hos allmänheten och göra företagen tryggare i sina investeringar. Samtidigt är det viktigt att regleringen inte bli för rigid och omotiverat omfattande; riskerna ser olika ut på olika områden. Rätt utformad kan regleringen både begränsa risker och vara ett stöd vid utvecklingen av användbar nanoteknik.

Sveriges medlemskap i EU innebär att miljökrav i dag sätts på europeisk nivå. Sverige behöver bidra till utvecklingen av lagstiftning, tillhörande direktiv och standarder för nanoteknik, som ger förutsättningar för en säker användning. För detta krävs kunskap och samordning av Sveriges agerande.

Reach-förordningen ersätter stora delar av de kemikaliereregler som gällde före den 1 juni 2007 inom EU och i Sverige. Syftet med förordningen är i korthet att informera om kemikalier, se till att de används på ett säkert sätt och bidra till den europeiska industrins konkurrenskraft.

Reach innehåller grundläggande förändringar i systemet för att reglera kemikalier. Ett tydligt ansvar läggs på industrin när det gäller att ta fram data om kemiska ämnen samt göra riskbedömningar och föreslå åtgärder för att hantera riskerna. Reach bygger på principen att tillverkare, importörer och nedströmsanvändare<sup>41</sup> ska se till att tillverkningen, utsläppandet på marknaden och/eller användningen av kemikalierna inte skadar människors hälsa eller miljön. Bestämmelserna i Reach bygger på försiktighetsprincipen. Enligt Reach ska tillverkare och importörer lämna ett registreringsunderlag för ämnen som de tillverkar eller importerar minst 1 ton av per år. Vid minst 10 ton/år ska sökanden lämna en kemikaliesäkerhetsrapport.

Utgångspunkten för EU-kommissionen och medlemsländerna är att Reach i princip omfattar nanomaterial, men eftersom det inte finns något uttryckligt omnämnande av nanomaterial i Reach måste man utreda om tillämpningen kommer att fungera. Det står klart att särskild vägledning för nanomaterial kommer att behöva utvecklas, men det återstår att avgöra om detta räcker eller om även specifik reglering behöver tillföras artikeltexten i Reach. Kommissionen och medlemsländerna anser att en eventuell

---

<sup>41</sup> En nedströmsanvändare är en fysisk eller juridisk person som inte är tillverkare av ett ämne eller importör av ämnen och beredningar och som använder ett ämne antingen som sådant, eller ingående i en beredning (en blandning av olika ämnen), i sin industriella eller yrkesmässiga verksamhet. ([http://www.kemi.se/templates/Page\\_\\_\\_\\_4684.aspx](http://www.kemi.se/templates/Page____4684.aspx))



särskild reglering av nanomaterial kan övervägas i samband med den översyn av Reach-förordningen som ska presenteras 1 juni 2012.

Användningen av nanomaterial berör många olika lagstiftningsområden. De senaste årens diskussioner har i första hand rört produkter som används direkt på kroppen, eller intas. Det finns idag ett fåtal medicintekniska produkter som innehåller nanoteknik. Läkemedelsverket är den berörda tillsynsmyndigheten i Sverige. Europeiska läkemedelsmyndigheten (EMA) har tillsatt en särskild arbetsgrupp, Innovation Task Force (ITF)<sup>42</sup> för att samordna kompetens med avseende på nya terapier och teknologier, inklusive nanoteknologi.

European Food Safety Authority (EFSA) har fastslagit att varje livsmedelsapplikation med nanoteknik måste riskvärderas och utvärderas från fall till fall eftersom ett ämnes egenskaper i bulkform inte självklart kan förutsättas då ämnet föreligger i nanoform. Detta gäller även aktiva eller intelligenta material avsedda att komma i kontakt med livsmedel, exempelvis (non-stick) folie som inte fäster vid mat, förpackningsfilm som möjliggör skydd mot syre via gasfyllning, eller lagringskärl med antibakteriella egenskaper.

## 5.4 Det svenska systemets innovationskraft

För att en ny teknik ska växa fram behöver ett antal faktorer beaktas. *Drivkrafter* behövs för att aktörer ska utveckla och använda tekniken på ett hållbart sätt. För att möjliggöra detta behöver *kunskapsbasen* för nanoteknik utvecklas och spridas. *Kommersialisering* är en viktig aspekt för att tekniken ska komma till nytta. För att detta ska ske måste det även skapas möjligheter i form av att *marknader* utvecklas. Vidare måste det finnas *legitimitet* för utveckling och användning av nanoteknik i samhället. I detta är hanteringen av negativa effekter med tekniken ett viktigt inslag. Slutligen behövs *resurser* för hållbar utveckling och *interaktion* mellan aktörer för att tekniken ska utvecklas och nyttiggöras.

### 5.4.1 Drivkrafter för hållbar utveckling och användning

Förväntningar på framtida användningsområden skapar incitament för aktörer att utveckla och använda nanoteknik. Nanoteknik framhölls som ett strategiskt viktigt område för Sverige i forskningspropositionen för 2009-2012 och tilldelades särskild finansiering. Statliga satsningar på internationell nivå inom energi- och miljöområdet har fått nanoteknikföretag, särskilt avknopningsföretag, att styra om sin verksamhet åt det hållet. Det finns alltså redan idag drivkrafter som skapar incitament för företag att adressera denna typ av globala utmaningar.

---

<sup>42</sup> <http://www.emea.eu.int/htms/human/itf/itfintro.htm>

### 5.4.2 Spridning och utveckling av kunskapsbasen

Sverige uppfattas generellt av internationella aktörer som en stark global aktör inom nanoteknisk forskning. Dock visar bibliometriska data inte på ett särskilt utmärkande svenskt resultat om man jämför med svenska resultat inom annan teknisk- och naturvetenskaplig forskning<sup>43</sup>. Det finns en väl utvecklad infrastruktur i form av renrum och instrument, bland annat genom satsningar från Knut och Alice Wallenbergs stiftelse.

Kunskapsbasen om potentiella miljö- och hälsofaror orsakade av nanomaterial är bristfällig. Det finns idag väldigt lite forskning, trots att nya satsningar har gjorts, bland annat genom Formas finansiering av centret Nanosphere. Länkarna mellan riskforskning och den övriga forskningen är svag. Detta område, liksom nanoteknikforskningen generellt, präglas av tvärdisciplinära utmaningar i form av kommunikationsproblem mellan olika discipliner.

Det finns ett antal nanoteknikrelaterade utbildningar, både på grund- och forskarnivå. Dock har det identifierats brist på humankapital med tvärdisciplinär kompetens och små och medelstora företag har svårt att hitta lämpligt specialutbildade personer. Större företag förutser brist på humankapital inom nanoteknik på tio års sikt.

### 5.4.3 Kommersialisering

Kommersialisering är en stor del av nyttiggörandet och processen kan ske på olika sätt. Exempelvis har befintliga storföretag tagit till sig tekniken och använt den till innovationer som legat i linje med befintlig riktning i verksamheter. Näringslivet kopplar då upp sig mot de mest relevanta forskningsmiljöerna som har erfarenhet av att samarbeta med industrin. Det finns flera goda exempel bland befintliga centrumbildningar inom nanoteknik. Dock finns indikationer på att dessa länkar har blivit svagare. Förklaringen kan finnas i globalisering av företagets aktiviteter och minskade resurser i offentlig sektor. Den etablerade industrin spelar en viktig roll för att sammanföra nanoteknik med andra teknikområden och i befintliga applikationer.

Nanoteknikområdet präglas av en forskningsbaserad kunskapsutveckling och mycket av nyttiggörandet av tekniken sker genom bildandet av nya forskningsbaserade kunskapsföretag. Dessa fungerar som länkar till stora företag som vill integrera nanoteknik i sina produkter.

Utöver de problem alla nystartade kunskapsföretag möter har nanoområdet några specifika utmaningar.

För en ny generisk teknologi är det inte självklart var de mest intressanta tillämpningarna kommer att finnas. Det finns idag visst stöd från finansiärer i systemet för att validera idéer, men detta uppfattas av många forskare som för litet och ramarna för hur och vilka idéer som ska verifieras anses för rigida. Avsaknaden av nanoteknikkunskap

---

<sup>43</sup> Igami and Saka, 2007; Lux Research Inc., 2009; Perez and Sandgren, 2008

hos riskkapitalister är en brist. Det finns idag stora tekniska osäkerheter om utvecklingen av kompletterande tekniker till nanoapplikationer och utvecklingen av produktionstekniken. Detta är steg i kommersialiseringsprocessen som kräver omfattande resurser.

Kompetensen och infrastrukturen för utveckling av idéer som finns runt laboratorier och renrummen har varit central för områdets utveckling. Ofta är det en del av kompetensen från dessa platser som kommersialiseras och egentligen inte enstaka forskningsresultat eller idéer. Det blir då centralt att arbeta utifrån dessa platser som ofta är en spegling av de olika centrubildningarna. Dessa bildar sedan kluster av företag, som växt upp runt Lund, Göteborg, Linköping, Uppsala och Stockholm. Det är viktigt att bygga vidare på dessa miljöer utifrån lokaliseringen och infrastrukturen. Den specialiserade kompetensen tillsammans med instrumenten utgör en fruktbar miljö.

#### **5.4.4 Utveckling av marknader**

För att nanotekniken ska kunna kommersialiseras måste det finnas marknader att adressera. I en tidig utvecklingsfas av teknikens framväxt kan marknader saknas. Marknaden för energi och miljö är fortfarande outvecklad men den framtida potentialen är stor. Detta skapar möjligheter för svenska aktörer att få ett försprång men det kan vara svårt att nå lönsamhet på kort sikt. Detta gäller även medicinska och farmaceutiska marknaden för nanoteknik. Det finns redan idag applikationer men det tar lång tid att gå igenom reglerande processer.

#### **5.4.5 Legitimitet för utveckling och användning**

För att ta vara på nanoteknikens möjligheter behöver det skapas acceptans och legitimitet för dess användning. Osäkerheter om negativa effekter med tekniken hindrar aktörer från att ge sig in i området vilket minskar nyttiggörandet. Befintliga regler, direktiv och standarder brister ofta i att fånga upp nanoteknik. Detta minskar områdets legitimitet och hämmar dess utveckling. Flera arbetsgrupper, särskilt inom EU och kopplade till Reach, arbetar med att utveckla lämpliga lagar, direktiv och standarder, men detta tar tid.

Många år av osäkerhet väntar framöver och olika aktörer, både utvecklare och användare, behöver stöd för att hantera det. Dessa osäkerheter gör vissa av de stora etablerade företagen avvaktande och småföretagen får svårigheter att orientera sig och hitta finansiering.

Allmänhetens inställning till tekniken är också en viktig del av legitimiteten för ett område. Hälsorisker med nanoteknik anses av svenskar vara måttlig. I ett internationellt perspektiv är kunskapen om nanoteknik hos allmänheten i Sverige förhållandevis låg.

#### 5.4.6 Resurser för hållbar utveckling av nanoteknik

Sverige är ett litet land och kan i absoluta termer inte hävda sig mot de större nationerna. Offentliga satsningar på nanoteknik uppskattas till drygt 600 miljoner kronor för år 2008.<sup>44</sup> Detta motsvarar 1,7 % av den statliga finansieringen av forskning och utveckling i Sverige. I internationell jämförelse kan detta uppfattas som lågt. Många andra europeiska länder satsar förhållandevis mer, så som Nederländerna och Tyskland. Samtidigt ligger Sveriges andel relativt nära USA:s, vilken är en aktör som ofta pekas ut som föregångsland vad gäller nanoteknisk forskning och utveckling. På EU-nivå finns uppgifter om att 90-95 % av resurserna går till teknisk utveckling och resten till forskning på risker för hälsa och miljö.<sup>45</sup>

#### 5.4.7 Interaktion mellan aktörer

En viktig aspekt att beakta i utvecklingen av ett nytt kunskapsområde är balansgången mellan mångfald i satsningar och behov av kraftsamling, som kan åstadkommas genom koncentration av resurser eller genom samverkan mellan olika kunskapsnoder.

Till skillnad från majoriteten av världens industrialiserade länder saknar Sverige ett nationellt nanoteknikinitiativ. En del aktiviteter har genomförts för att nå en samling utan att nå direkta resultat. Dock har dessa initiativ drivit fram ett samtal mellan aktörer och bidragit till viss ökad interaktion.

Under senare tid har forskningspolitiska initiativ stöttat framväxten av olika typer av kunskapsnoder med varierande medverkan från näringslivet. Dessa initiativ har ofta syftat till att skapa geografiskt koncentrerade "centers of excellence", genom utlysningar där olika miljöer konkurrerar med varandra. Detta riskerar samtidigt att motverka ökad nationell samverkan mellan dessa noder, som skulle kunna vinna på att exempelvis dela infrastruktur i form av instrument och renrum, forskarutbildning och framför allt ett utökat kompetensutbyte. Inom life science-området, som delar många särdrag med nanotekniken, indikeras att en ökad samverkan kan skapa nationell kraftsamling, internationell synlighet och ökad utväxling på forsknings- och utvecklingsinvesteringar.

Behovet av interaktion blir särskilt aktuellt när syftet är att i samma processer hantera både nanoteknikens möjligheter och eventuella risker. Detta kräver också interaktion mellan flera myndigheter som ligger under olika departement, och som har både främjande och reglerande uppgifter. Idag finns ingen aktör som har den övergripande överblicken och nätverken har precis börjat byggas.

I Sverige är utformningen av mer detaljerad policy till stor del delegerad till myndighetsnivån. Därmed läggs också ett koordineringsansvar på myndigheterna och i slutändan enskilda tjänstemän. Eftersom operativa beslut tas långt ned i hierarkin krävs bred kunskap och förståelse även för andra aspekter av frågan än de egna, om olika

---

<sup>44</sup> I denna summa ingår offentliga konkurrensutsatta medel (anslag från myndigheter och stiftelser), fakultetsanslag samt pengar från kommun och landsting.

<sup>45</sup> Europeiska Ekonomiska och Sociala Kommittén, EU-kommissionen 2008, 366

åtgärder ska dra åt samma håll. Personliga nätverk tar tid att bygga upp och kan snabbt raseras när nyckelpersoner byts ut. En *ad hoc*-betonad och informell koordinering kan fungera bra i det korta perspektivet, men får svårare att tidigt förutse behov av koordinering, eller att bygga långsiktiga samarbeten.

## 6 Strategiförslag

Uppdraget har inte haft som mål att formulera en forskningsstrategi, men området har en stark koppling till forskning. Forskning och utveckling behövs för att föra området framåt. De förslag som presenteras inkluderar inte en beräkning av kostnader för genomförande. Att avsätta resurser för genomförande är dock en central fråga i implementeringen av strategin.

Nanoteknik är ett vitt begrepp och berör många olika områden. Det är inte möjligt eller önskvärt att samordna alla aspekter med nanoteknik i en samlad "nanopolitik". Genom de bakgrundsstudier, intervjuer och analyser som genomförts har en bild växt fram som pekar på behov av ökat samspel, kunskap och kompetens i ett antal avseenden:

- En samlad kompetens till regeringens förfogande.
- Stärka kunskapsbasen generellt, och specifikt avseende riskaspekter.
- Bättre kunskapsutbyte mellan forskning och näringsliv.
- Bättre kontakt mellan forskning som utnyttjar nanoteknikens möjligheter och forskning om eventuella risker.

Idag råder brist på överblick inom området som omfattar nanovetenskap, nanoteknik och dess risker. Området har vuxit fram organiskt och börjar bli så omfattande att en övergripande beskrivning av området är nödvändig genom en koordinering av kunskap från olika forskningsmyndigheter och intressegrupper.

Nanoteknik är ett av många områden som har växt fram under senare år. Andra områden med liknande komplexitet är bioteknik och informationsteknik (IT). I strategin<sup>46</sup> för bioteknikområdet har man prioriterat ett förslag för bildandet av ett Nationellt bioteknikråd - för strategi, handlingskraft och beredskap. Inom IT-området har flera kommissioner<sup>47</sup>, och senast e-delegationen<sup>48</sup>, visat att ett nationellt perspektiv varit ett effektivt arbetssätt när det gäller att knyta till sig bred kompetens inom olika områden och förankra de analyser som görs. En motsvarande samling inom nanoteknik skulle fungera som rådgivande till regeringen i övergripande och strategiska frågor, även kunna vara pådrivande och kunskapspridande och dessutom kunna belysa konsekvenser för samhällsutvecklingen.

Vårt huvudförslag (förslag 1-2) är att bilda en **delegation för nanoteknikrelaterade frågor**. Delegationen ska förmedla kunskap mellan myndigheter, ha en bred överblick

---

<sup>46</sup> Strategi för tillväxt – bioteknik, <http://www.VINNOVA.se/upload/EPiStorePDF/vp-05-02.pdf>

<sup>47</sup> Dir 1995:1995:1, Kommission för att främja en bred användning av informationsteknik, [http://www.riksdagen.se/webbnav/?nid=3260&rm=1995&bet=1995:1&dok\\_id=DIR1995:1](http://www.riksdagen.se/webbnav/?nid=3260&rm=1995&bet=1995:1&dok_id=DIR1995:1), Dir 1998:1998:38, Kommissionen för analys av informationsteknikens påverkan på samhällsutvecklingen - IT-kommissionen, [http://www.riksdagen.se/Webbnav/index.aspx?&nid=10&dok\\_id=DIR1998:38](http://www.riksdagen.se/Webbnav/index.aspx?&nid=10&dok_id=DIR1998:38)

<sup>48</sup> Strategi för myndigheternas arbete med e-förvaltning, <http://www.regeringen.se/sb/d/108/a/133813>

över aspekter kopplade till utveckling och användning av nanoteknik samt kunna ge underlag för regeringens agerande. Delegationen kan också följa den internationella utvecklingen på området. Övriga strategiförslag (förslag 3-7) är viktiga uppgifter för denna delegation. När en överblick har skapats är det rimligt att fokusera medel mot särskilda inriktningar. Strategiförslaget sammanfattas i bilden nedan.

**Figur 3 Sammanfattning av strategiförslaget**



## 6.1 Ökad samverkan och kompetens

I dag saknas överblick och samordning för nanotekniska frågor på departements- och myndighetsnivå. Storbritannien och USA har bildat nationella samverkansgrupper för att just skapa en överblick. Utvecklingen inom området i Sverige har skett utan koordinering. Splittringen i sig är ett problem då den hindrar en samlad förståelse av nanoteknikens roll i samhällsutvecklingen. Policys behöver vara bättre synkroniserade, både på departementsnivå och på myndighetsnivå.

Faktorer som adresseras	
Drivkrafter	X
Kunskapsbasen	
Kommersialisering	
Marknader	
Legitimitet	X
Resurser	
Interaktion	X

Behovet av en sådan samordning motiveras av nanoteknikens förväntade betydelse för ett brett spektrum av viktiga samhällsbehov, samtidigt som de långsiktiga konsekvenserna av tekniken ännu är bristfälligt kända. Bättre kunskapsutbyte mellan forskning och näringsliv är ytterligare ett skäl till ökad samordning.

### Förslag 1

För att fördjupa dialogen mellan regering, näringsliv, akademi och relevanta myndigheter föreslås att en **nanoteknikdelegation** med företrädare från dessa aktörer inrättas. Det är viktigt att gruppens roll formaliseras för att få kontinuitet i arbetet och skapa förutsättningar för ett medvetet framsynt arbete. Gruppen ska förmedla kunskap mellan myndigheter, ha en bred överblick över aspekter kopplade till utveckling och användning av nanoteknik samt kunna ge underlag för regeringens agerande. Delegationen arbetar också aktivt med uppföljning, vilket ger förutsättningar för ett snabbt svenskt agerande då möjligheter och hot uppkommer inom området. Denna grupp blir en ingång till nanoteknikens Sverige som underlättar nationell samverkan och kan även guida utländska aktörer i det svenska systemet.



## 6.2 Framsynt internationellt arbete för att påverka ramverk

Tydliga och stabila ramverk, i form av regleringar, lagar och förordningar, är viktiga för ett nyttiggörande av nanoteknik. Dessa ramverk kan vara kopplade till olika politikområden som delvis överlappar och påverkar varandra. Utan sådana ramverk riskerar osäkerheterna med användandet av tekniken att hindra aktörer från att våga investera i nanoteknikutveckling.

### Faktorer som adresseras

Drivkrafter	X
Kunskapsbasen	
Kommersialisering	
Marknader	
Legitimitet	X
Resurser	
Interaktion	

Utvecklingen av regelverk sker idag huvudsakligen på internationell nivå. Många departement och myndigheter, liksom några övriga aktörer, är engagerade i detta arbete i olika internationella fora, men det saknas överblick och samordning av dessa aktiviteter. Det är viktigt att det internationella arbetet förankras och återspeglas i det nationella arbetet.

### Förslag 2

En viktig nationell uppgift är att **stödja och samordna det internationella arbetet** som utförs av olika departement och myndigheter inom nanoteknikområdet. Denna typ av aktiviteter är tidskrävande och det behöver avsättas resurser och kompetens för att föra ett aktivt och framsynt internationellt arbete. Det bör skapas ökad nationell samsyn för i vilken riktning Sverige vill påverka ramverken och att det internationella arbetet drivs på ett informerat och medvetet sätt.

### 6.3 Bind samman innovations- och riskprocesser

Nanoteknik förutspås leda till radikala innovationer som för med sig både stora möjligheter och delvis ännu okända risker. Idag är innovationsprocesserna och riskhanteringsprocesserna åtskiljda. Det finns en specialisering av dessa kompetenser och även en spänning mellan de två perspektiven. Riskhantering ses som en ensidig begränsning till innovationsprocessen och knyts ofta till slutdelen; rollen blir att summera den färdiga applikationens effekter istället för att vägleda innovationsprocessen.

#### Faktorer som adresseras

Drivkrafter	
Kunskapsbasen	
Kommersialisering	
Marknader	
Legitimitet	X
Resurser	
Interaktion	X

Eftersom risk och möjligheter går hand i hand är det viktigt att risker också hanteras kontinuerligt genom hela processen. Även i en tidig fas bör riskerna beaktas, eftersom en vägledning avseende hållbara innovationer innebär större möjlighet att ta till vara teknikens möjligheter.

Ett första steg är att binda samman dessa aspekter på departements- och myndighetsnivå. Detta skapar förutsättningar för att stödja aktörer, exempelvis genom att hjälpa dem att identifiera riskerna med sina idéer till applikationer och sättas i förbindelse med riskforskning. Företagen, i grupp eller individuellt bör sträva efter att öppet dela med sig av den information de har om riskerna med sitt material för att bidra till utformandet av regelverk. Detta kommer i förlängningen att skapa bättre kunskapsunderlag och förfina utformningen av regelverk på nationell och internationell nivå. Särskilt mindre företag behöver hjälp vad gäller tillgång till aktuell kunskap om risker samt stöd kopplat till renrum och annan infrastruktur.

Riskforskning bör kopplas till forsknings- och utvecklingsprojekt. Det åstadkoms företrädesvis genom att sammanlänka innovation och risk i offentligt finansierade FoU-program. Riskanalytiker ska inkluderas som en del av innovationsprocessen, på samma sätt som exempelvis affärsutvecklare, marknadsanalytiker, ingenjörer och riskkapitalister.

#### Förslag 3

Risk- och innovationsaspekter binds samman på departements- och myndighetsnivå. En policy behöver **skapa förutsättningar för att innovations- och riskprocessen kan vävas samman.**

## 6.4 Samla aktörer kring globala utmaningar

En av vår tids utmaningar handlar om att skapa välstånd samtidigt som hänsyn tas till en hållbar utveckling. Nanoteknik adresserar flera av utmaningarnas områden – vatten och mat, klimat, energi och hälsa. Dess potential för klimatsmarta lösningar i industriella tillämpningar är uttalad. Genom att koppla samman tillväxtmål med samhällsmål kan nyttiggörandet öka.

Faktorer som adresseras	
Drivkrafter	X
Kunskapsbasen	
Kommersialisering	
Marknader	X
Legitimitet	
Resurser	X
Interaktion	X

Eftersom nanoteknik är en generisk generell teknik behöver resurser kanaliseras för att rikta utvecklingen mot dessa möjligheter. Utifrån svenska kunskapsmässiga styrkeområden och industriell kapacitet finns det stora möjligheter för näringslivsaktörer som vågar tänka stort och göra framsynta val i tekniken.

Ett stöd och engagemang från offentliga aktörer i form av projektledning och att föra samman parterna kan bidra till att satsningar kommer till stånd. Det finns utrymme för myndigheter att bidra till planering och koordinering av bildandet av industrikonsortium (med länkar till akademi) för att i partnerskap mellan offentliga och privata aktörer finansiera och utforma till exempel pilotanläggningar eller prototypverkstäder som kan utnyttjas av såväl akademi som industri. Denna behöver inte drivas i offentlig regi men långsiktig medfinansiering behövs.

För att öka nyttiggörandet av nanoteknik i Sverige bör offentliga aktörer aktivt arbeta för att koppla nanotekniken till breda samhällsmål, som exempelvis miljö och hälsomål.

### Förslag 4

**Identifiera områden för tematiska satsningar** på nanoteknik som adresserar samhällliga utmaningar, i samverkan med aktörer från akademi, det offentliga och näringsliv.

## 6.5 Bana vägen för innovationer

Nanotekniken är – liksom mikroelektronik och bioteknik – en generisk teknik med många möjliga användningsområden. Den gör det möjligt att skapa material med egenskaper som idag inte kan förutses. Utvecklingen är till stor del forskningsdriven.

Tekniken befinner sig med några undantag ännu i ett tidigt utvecklingsstadium – den är oprövad och därmed svår att bedöma. Även på de områden där tekniken fungerar i laboratorieskala finns kunskapsluckor om hur den kan skalas upp till industriell produktion, med säkerställd kvalitet. Att pröva nya möjligheter kräver tillgång till dyra instrument, renrum, etc. Företagens intresse minskar även på områden där industriella möjligheter redan identifierats på grund av osäkerheter. Kombinationen av osäkerheter och långa ledtider har dämpat intresset för nanoteknik bland riskkapitalister, även före innevarande finanskris.

En oprövad teknik innebär att det finns stort utrymme för samhället att med innovationspolitiska åtgärder skapa marknader och ge tekniken möjlighet att utvecklas. Innovativ upphandling kan till exempel ge incitament för näringslivsaktörer att styra sin verksamhet mot globala utmaningar.

Sverige har en god forskningsbas att bygga på, men andra delar av innovationssystemet behöver utvecklas. Inom andra teknikområden har det framkommit att skapandet av innovationer kan ta olika vägar. Forskningsbaserade kunskapsföretag kan spela en viktig roll som länkar mellan forskningsfronten och industriella behov.

### Förslag 5

Skapa tillväxtmarknader genom att **koppla nanoteknologi till befintliga satsningar** inom andra områden som miljö (exempelvis solceller, bränsleceller och rening av luft och vatten) och hälsa (exempelvis läkemedelsutveckling och regenerativ medicin). Det finns behov av att **ta fram produktionsrelaterad kunskap**, och att föra ut kunskap om teknikens möjligheter brett till företagen.

Faktorer som adresseras	
Drivkrafter	
Kunskapsbasen	
Kommersialisering	X
Marknader	X
Legitimitet	
Resurser	
Interaktion	X

## 6.6 Stärk och sprid den nanotekniska kompetensen

Den existerande kompetensen och infrastrukturen behöver kontinuerligt uppdateras för att vara effektiv och relevant. Lokal tillgång till instrument är en förutsättning för att kunna behålla nationell kompetens och utveckla ny test- och analysmetodik. På samma sätt måste kompetensen kontinuerligt stärkas genom fortsatta starka forsknings-satsningar.

### Faktorer som adresseras

Drivkrafter	
Kunskapsbasen	X
Kommersialisering	
Marknader	
Legitimitet	
Resurser	
Interaktion	X

Nanoteknik har en generisk karaktär och därför är länken mot andra teknikområden viktig. Dock finns det barriärer med avseende på arbetssätt för olika områden, vilket utgör hinder för en interdisciplinär spridning av kunskap. En spridning av kunskap mellan aktörer är inte bara betydelsefull ur kompetensavseende utan också för att nya lösningar och innovationer ska komma till stånd. Kunskapen behöver binda samman teknisk och samhällelig kompetens.

Den svenska kunskapsbasen är stark inom ett antal områden men behöver stärkas där kunskapsluckor finns, speciellt för nyttiggörande och risker. Forskare kan idag peka på möjliga riktningar för tekniken vilket skapar en grund för att vara proaktiv i arbetet med riskanalyser, utan alltför generella analyser som leder till hinder för teknikutveckling. Det finns därför grund för att stödja integrerad bedömning av risk i all forskning och utveckling men också för att få till stånd riskforskning som en specialiserad aktivitet.

Uppkoppling mot internationella miljöer är betydelsefull då koncentrerade resurser och insatser ger större effekt inom både forskning och utveckling. Genom aktivt stöd till sådana samarbeten kan nanoområden nå mycket längre i målet att skapa samhällsnytta som är relevant i en global kontext.

### Förslag 6

Skapa **stöd för tillfällig personrörlighet**, åt båda hållen, mellan högskola och företag för kortare projekt (6-12 månader) än industridoktorander och **håll infrastrukturen uppdaterad**. FoU-området behöver tillgång till kostnadseffektiv infrastruktur både vad gäller instrument, renrum och tillhörande metodkompetens.

## 6.7 Skapa kommunikation med allmänheten

En socialt hållbar utveckling ställer krav på framskriden dialog med sin omgivning.

Även en förhållandevis enkel första generationens nanoteknik utmanar den traditionella bedömningen av risk. Även om det är oklart vilka av framtidsvisionerna som kommer att bli realitet så finns det nya element av risk som dagens metoder inte kan hantera. Grundläggande ny funktionalitet åtföljs alltid av nya risker tillsammans med ett ansvar för att hantera konsekvenser på ett omdömesfullt sätt.

Faktorer som adresseras	
Drivkrafter	
Kunskapsbasen	
Kommersialisering	
Marknader	
Legitimitet	X
Resurser	
Interaktion	X

Enbart tillgång till ny teknik gör inte ett land rikare i sig – det behövs utbildad arbetskraft, ett regelverk som gör samhället stabilt och säkert, samt en social överenskommelse som gör utvecklingen både önskad och välkommen.

En position som en säker teknologi är avgörande för att kunna utnyttja potentialen fullt ut. Genom successivt ökad kunskap om nanoprodukter kan området få en status som en trygg teknik. Att allmänheten uppfattar nanoteknik som ett trovärdigt område är minst lika viktigt som tekniska framsteg. För att åstadkomma detta behöver samhället vara en del i processen. Teknik- och samhällsutveckling måste ske i balans för att framstegen ska uppfattas som eftertraktade och trovärdiga.

### Förslag 7

Engagera samhällsaktörer att **göra framtidsscenarier** som visar vilket samhälle som kan skapas med nanoteknik och vad tekniken kan tänkas leda till. Debatten bör användas för att påverka faktisk policy. Det finns anledning att ta lärdom av och upprepa andra länders initiativ för **dialog med allmänheten**. Inte minst via nätgemenskaper finns prov på nya metoder och format som ger meningsfull dialog om aktuella och angelägna frågor.

## 7 Nyckeldokument

Följande förteckning över dokument är det huvudsakliga material som har använts som underlag vid framtagningen av denna strategi.

Aktionsplan Synthetische Nanomaterialien, 2008. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern.

Andersen, M.M., Rasmussen, B., 2006. Nanotechnology development in Denmark - environmental opportunities and risk. Risø National Laboratory, Roskilde.

Australian Office of Nanotechnology, 2009. National Nanotechnology Strategy (NNS) Annual Report 2007-08. Australian Office of Nanotechnology, Canberra.

Bünger, M., 2008. Sweden among nanotech nations: Status, prospects and examples, Seminar at IVA, 8 February 2008. Lux Research Inc., Stockholm.

Cabinet of the Netherlands, 2008. Nanotechnology Action Plan. Ministry of Economic Affairs, Den Haag.

Davies, J. Clarence, 2009. Oversight of Next-Generation Nanotechnology, Project on Emerging Nanotechnologies, Washington DC.

Dosch, H., Voorde, M.H.V.d., 2009. Gennesys White Paper - A new European Partnership between Nanomaterials Science & Nanotechnology and Synchrotron Radiation and Neutron Facilities, Stuttgart.

Environmental Defense—DuPont, 2007. Nano Risk Framework. Wilmington.

Europaparlamentet, 2009. Betänkande om lagstiftning om nanomaterial. Utskottet för miljö, folkhälsa och livsmedelssäkerhet, A6-0255/2009.

European Commission, 2008a. European activities in the field of ethical, legal and social aspects (ELSA) and governance of nanotechnology. DG Research.

European commission, 2008b. Commission recommendation on a code of conduct for responsible nanosciences and nanotechnologies research. C(2008) 424 final.

European commission, 2008c. Regulatory aspects of nanomaterials, SEC(2008) 2036.

European Commission, 2008d. Challenging Europe's Research: Rationales for the European Research Area (ERA). EUR 23326 EN.

European Environment Agency, 2001. Late lessons from early warnings: the precautionary principle 1896–2000.

Europeiska kommissionen, 2005. Nanovetenskap och nanoteknik: En handlingsplan för Europa 2005-2009.

Europeiska kommissionen, 2009. Nanovetenskap och nanoteknik: En handlingsplan för Europa 2005–2009. Andra genomföranderapporten 2007-2009, KOM(2009)607 slutlig.

- Federal Ministry of Education and Research (BMBF), 2009. Nano-Initiative – Action Plan 2010. Berlin.
- FinNano, 2005. Forskningsprogrammet för nanovetenskap 2006–2010. Finlands akademi, Helsingfors.
- Fogelberg, H., 2002. Framväxten av en ny kunskapsbaserad basteknologi (nanoteknik) och dess relevans för det transportteknologiska området, VINNOVA.
- Fogelberg, H., 2008. Den svenska modellen för nanoteknik - mer effektiv än reflexiv? *Nordic Journal of Applied Ethics* 2, 53-71.
- Fogelberg, H., Sandén, B.A., 2008. Understanding reflexive systems of innovation: An analysis of Swedish nanotechnology discourse and organization. *Technology Analysis & Strategic Management* 20, 65.
- Frost & Sullivan, 2009. *Green Nanotechnology—The Trend of the Future*. San Antonio.
- Hansen, S.F., 2009. Regulation and risk assessment of nanomaterials - Too little, too late? Department of Environmental Engineering. Technical University of Denmark, Lyngby, p. 111.
- Hunt, G., Mehta, M., 2006. *Nanotechnology: Risk, Ethics and Law*. Earthscan, Sterling.
- International risk governance council, 2007. *Nanotechnology Risk Governance, Policy Brief*. Geneva.
- IVA, 2006. *En nanostrategi för Sverige*. Kungl. Ingenjörsvetenskapsakademien, Stockholm.
- Karhi, A.-S., 2006. *Den lilla tekniken i det stora skeendet: nanoteknik, gränser och omvärldsuppfattningar*, Technology and Social Change. Linköping University, Linköping.
- Kemikalieinspektionen, 2007. *Nanoteknik – stora risker med små partiklar?* Kemikalieinspektionen, Sundbyberg.
- Kemikalieinspektionen, 2009a. *Användningen av nanomaterial i Sverige 2008 – analys och prognos*. Kemikalieinspektionen, Sundbyberg.
- Kemikalieinspektionen, 2009b. *Nanomaterial – aktiviteter för att identifiera och uppskatta risker*. Kemikalieinspektionen, Sundbyberg.
- Langlais, R., Bruun, H., Hukkinen, J., Fogelberg, H., 2004. *Anticipate the social dimensions of nanotechnology*. VEST 17.
- Lux Research Inc., 2008. *Nanotechnology Corporate Strategies*. Lux Research, New York.
- Lux Research Inc., 2009. *Nanomaterials State of the Market Q1 2009: Cleantech's Dollar Investments, Penny Returns*. New York.
- Matsuura, J.H., 2006. *Nanotechnology Regulation And Policy Worldwide*. ARTECH HOUSE, Norwood.



- Meyer, M., 2005a. Nanotechnology in Sweden: An Overview of Bibliometric and Patent Studies. KnowledgeFlows, Helsinki.
- Meyer, M., 2005b. Nanotechnology in Sweden: Tracking Patenting Activity & Links Between Nanotech Firms and Swedish Science, Report to IVA. Knowledge Flows, Helsinki.
- Miller, G., Senjen, R., 2008. Out of the laboratory and on to our plates: Nanotechnology in Food & Agriculture. Friends of the Earth, Melbourne.
- National Institute for Public Health and the Environment, 2009. Nanotechnology in perspective. RIVM Report 601785003/2009, Netherlands.
- Natural Environment Research Council, 2009. Small World Natural Environment: Nanoscience. Department for Environment Food and Rural Affairs, Engineering and Physical Sciences Research Council, Environment Agency, UK.
- Norges forskningsråd, 2006. Nasjonal strategi for nanovitenskap og nanoteknologi, Oslo.
- OECD, 2008. Inventory of national science, technology and innovation policies for nanotechnology. Working Party on Nanotechnology, Directorate for Science, Technology and Industry, Committee for Scientific and Technological Policy. DSTI/STP/NANO(2008)18/FINAL.
- Palmberg, C., Miguet, C., Dernis, M., 2008. Nanotechnology: An Overview. OECD.
- Pandza, K., Holt, R., 2007. Absorptive and transformative capacities in nanotechnology innovation systems. *Journal of Engineering and Technology Management* 24, 347-365.
- Perez, E., Sandgren, P., 2007. Nanoteknikens innovationssystem, VINNOVA, Stockholm.
- Perez, E. (to be published) Tracing the impact of academic R&D on the emergence of the Swedish nanotechnological innovation system, Chalmers University of Technology.
- Pidgeon, N., Harthorn, B.H., Bryant, K., Rogers-Hayden, T., 2008. Deliberating the risks of nanotechnologies for energy and health applications in the United States and United Kingdom. *Nat Nano* advanced online publication.
- Rothaermel, F.T., Thursby, M., 2007. The nanotech versus the biotech revolution: Sources of productivity in incumbent firm research. *Research Policy* 36, 832-849.
- Sandler, R., 2009. Nanotechnology: The Social and Ethical Issues. Project on Emerging Nanotechnologies, Washington DC.
- Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks (SCENIHR), 2009. Risk Assessment of Products of Nanotechnologies. European Commission.
- Technology Strategy Board, 2009. Nanoscale Technologies Strategy 2009-12. Swindon, UK.

- The National Nanotechnology Initiative, 2007. Strategic Plan. NNI, USA.
- Theodore, L., Kunz, R.G., 2005. Nanotechnology: Environmental Implications and Solutions. John Wiley & Sons, Hoboken.
- Throne-Holst, H., Stø, E., 2008. Who should be precautionary? Governance of nanotechnology in the risk society. *Technology Analysis & Strategic Management* 20, 99.
- Videnskabsministeriet, 2004. Teknologisk fremsyn om dansk nanovidenkab og nanoteknologi. København.
- Zwanenberg, P.v., Rafols, I., Morgan, M., Nightingale, P., Smith, A., 2008. How can regulation shape the direction of nanomaterials innovation? SPRU working paper. University of Sussex, Brighton.
- Zäch, M., Hägglund, C., Chakarov, D., Kasemo, B., 2006. Nanoscience and nanotechnology for advanced energy systems. *Current Opinion in Solid State and Materials Science* 10, 132-143.

# Bilaga A: Nanoteknikens utbredning i Sverige

## En sammanställning av offentliga och privata aktiviteter inom nanoteknik

*Carl Arvid Dahlöf & Ellinor Wihed*

### A.1 Inledning

VINNOVA har fått i uppdrag av regeringen att arbeta fram en svensk strategi för hur möjligheter och risker förknippade med användning av nanoteknik kan tillvaratas och beaktas mot bakgrund av den snabba utvecklingen inom området. Som en del av det underlag som kommer att ligga till grund för denna strategi efterfrågades en kartläggning och nulägesrapport av Sveriges aktiviteter inom nanoteknik, såväl inom akademien som inom näringslivet. Exempel på information som eftersöktes var vilka universitet och högskolor som forskar inom nanoteknik, vilka företag som arbetar med nanoteknik och inom vilka branscher dessa befinner sig. En tidigare kartläggning gjord av VINNOVA 2007 (Perez & Sandgren, 2007) har till stor del legat till grund för kartläggningen även om den i viss utsträckning behövde uppdateras med aktuell information. Den här rapporten kommer att presentera några huvudsakliga resultat från kartläggningen av aktiviteter inom nanoteknik men stor vikt kommer även att läggas vid hur kartläggningsarbetet har utförts och vilka begränsningar det medför i datan. Ett ytterligare uppdrag till VINNOVA var en förfrågan från EU-kommissionen om en uppskattning av de offentliga anslag som gått till nanoteknikrelaterad forskning under 2008. Rapporten innehåller även resultatet från denna uppskattning samt tillvägagångssättet för att ta fram den.

Nanoteknik är ett brett begrepp som inkluderar delar av många olika ämnesområden såsom fysik, elektronik, biologi och kemi. Man kan skilja på nanovetenskap och nanoteknik, där nanovetenskap kan beskrivas som studier av fenomen och egenskaper som uppkommer på atomär och molekylär nivå, medan nanoteknik är tillämpningen av nanovetenskap genom manipulering av molekyler och små strukturer (Perez & Sandgren, 2007, s. 11). Nanoteknik kan även definieras som ”förståelsen och den kontrollerade manipuleringen av strukturer och tillämpningar på molekylär och atomär nivå” (Perez & Sandgren, 2007, s. 12). Denna kartläggning har haft en bred syn på nanoteknikbegreppet där både nanovetenskap och nanoteknik har inkluderats och använts synonymt. Vidare har företagens egen syn på huruvida deras verksamhet inkluderar nanoteknik gått före ett försök att göra en mer strikt teknisk bedömning utifrån en bestämd definition.

Den huvudsakliga metoden för kartläggningen har varit att utgå ifrån och sammanställa information från befintliga kartläggningar och publik information på internet. I viss

utsträckning har även berörda företag kontaktats för ytterligare frågor genom e-mail och telefon. För att identifiera aktörer inom akademien har samtliga svenska universitet och högskolors webbplatser genomsköts efter information om eventuell aktivitet inom nanoteknik. För att identifiera företag har tidigare kartläggningar varit den viktigaste utgångspunkten. På grund av begränsade tidsresurser för kartläggningen och på grund av att rapportens författare endast har grundläggande kunskaper inom nanoteknik har många delar av kartläggningen baserats på sökningar efter ordet "nano", exempelvis i projektbeskrivningar. En brist med kartläggningen är därför att vissa områden som skulle kunna innefattas i begreppet nanoteknik i vissa fall kan ha förbisetts om de inte över huvud taget beskrivits med hjälp av ordet "nano".

Rapporten är uppdelad i fyra olika huvudområden. Den första delen berör nanoteknik inom akademien där information ges om vilka svenska universitet och högskolor som är aktiva inom nanoteknik och hur många forskare och projekt som är aktiva för respektive skola. Den andra delen beskriver kartläggningen av svenska företag inom nanoteknik och behandlar bland annat antalet företag, deras sektortillhörighet och patenteringsaktivitet. Den tredje delen handlar om uppskattningen av offentliga medel till nanoteknik under 2008 och beskriver hur denna uppskattning gjorts samt dess resultat. Den fjärde och sista delen ger en översiktlig internationell utblick över de strategier och initiativ som många andra nationer arbetat fram för nanoteknikområdet.

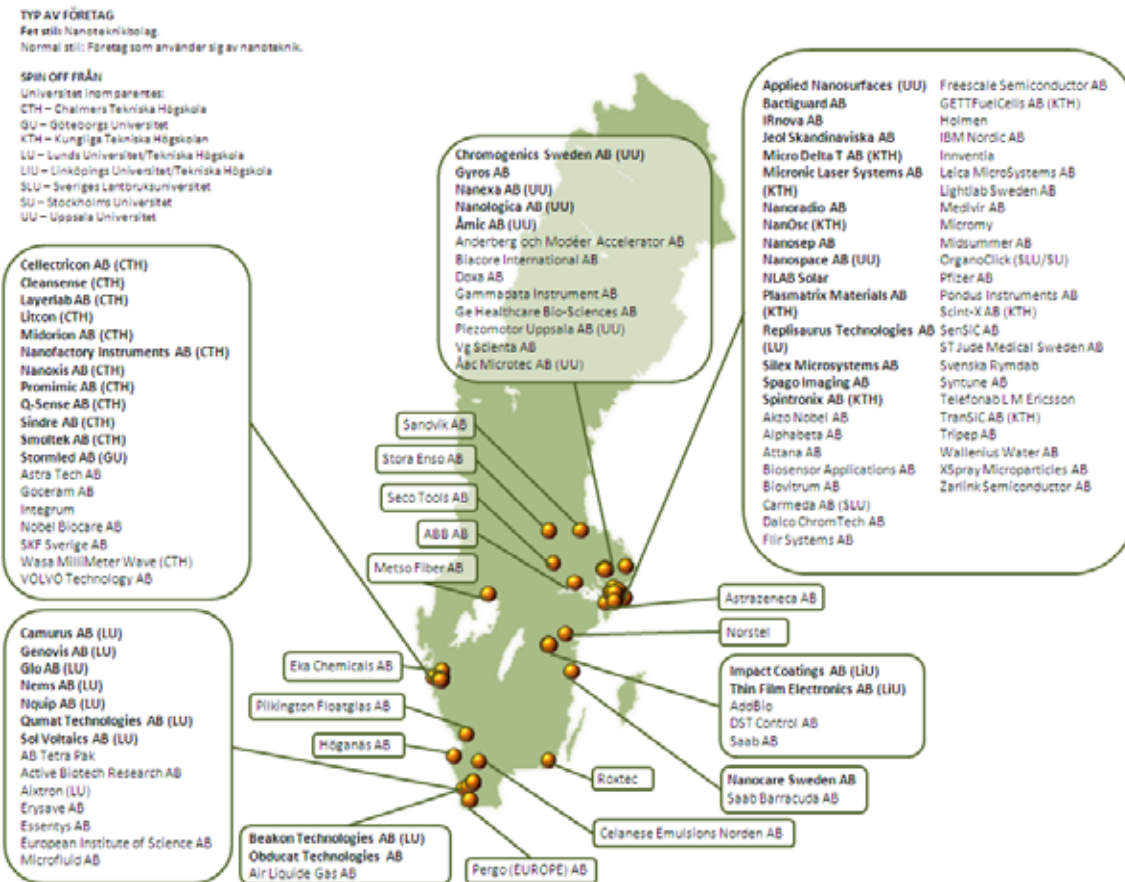
## **A.2 Nanoteknik i näringslivet**

I följande kapitel kommer ett antal resultat från kartläggningen av nanoteknikens utbredning i svenskt näringsliv att presenteras. Tillvägagångssättet för kartläggningen kommer också att beskrivas tillsammans med de potentiella brister i datan som detta tillvägagångssätt inneburit.

### **A.2.1 Svenska företag aktiva inom nanoteknik**

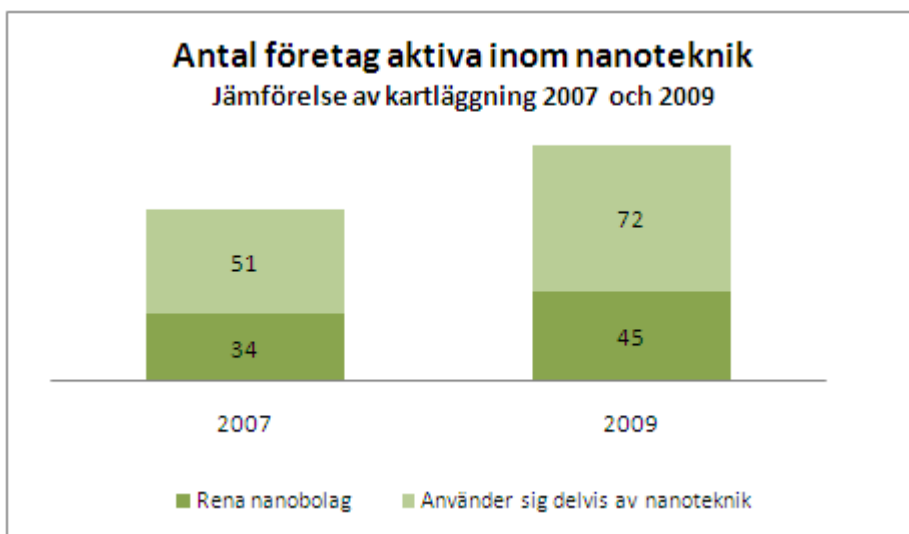
Totalt 117 svenska företag har identifierats som aktiva inom nanoteknik. Av dessa 117 företag är det 45 stycken, eller 38%, som klassificerats som *rena nanobolag*, det vill säga företag där nanoteknik är den teknik som företaget baserar sin verksamhet på. Resterande 72 företag (62%) klassificeras istället som *företag som delvis använder sig av nanoteknik* för att möjliggöra del av verksamheten. Företagens geografiska utbredning kan ses i Figur A.1 där det framgår att merparten av företagen är lokaliserade i de största universitetsorterna. 34 av de 45 rena nanobolagen har dessutom identifierats som avknoppade från något av universiteten.

Figur A.1 Karta över de svenska företag som är aktiva inom nanoteknik



I kartläggningen av nanoteknikföretag från 2007 (Perez & Sandgren, 2007) identifierades totalt 85 företag varav 34 stycken klassades som rena nanobolag. Figur A.2 visar en jämförelse mellan antalet bolag i den aktuella kartläggningen och den från 2007. Förutom de 117 företag som identifierats som aktiva inom nanoteknik har ytterligare 8 företag identifierats som kan sägas vara relaterade till nanoteknik genom att de är inkubatorer eller holdingbolag åt nanoteknikföretag.

Figur A.2 Jämförelse mellan kartläggning 2007 och 2009 av antalet företag aktiva inom nanoteknik

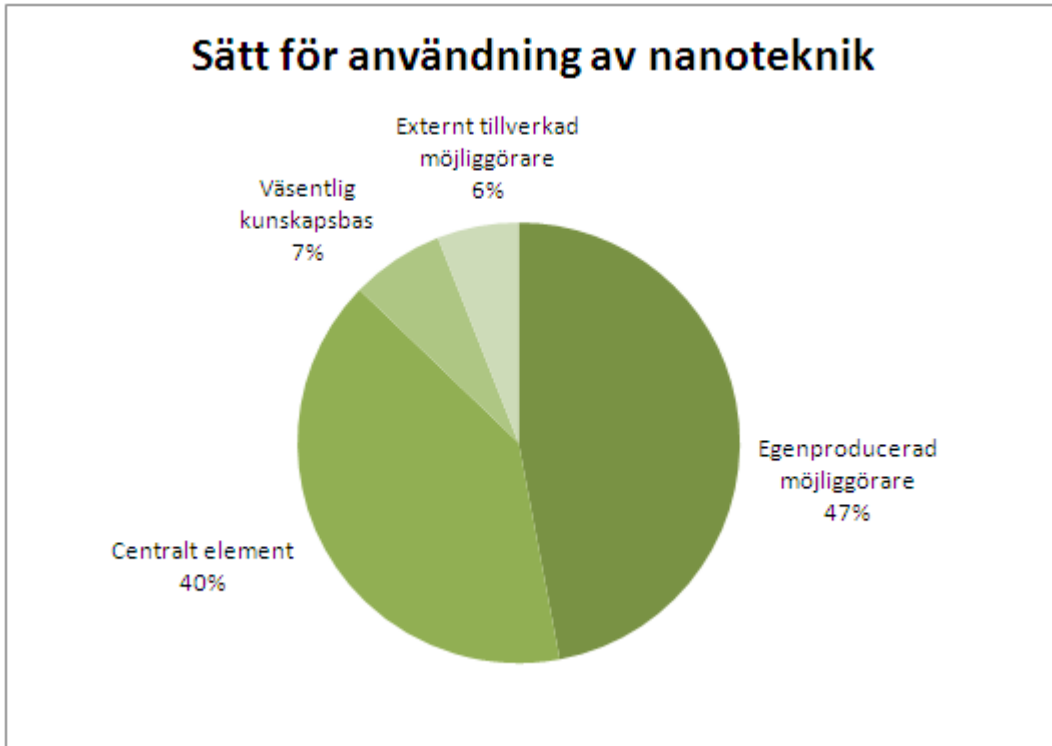


Vidare har företagen placerats i en av följande fyra kategorier baserat på hur de använder sig av nanoteknik. De fyra kategorierna klassificerar nanoteknik som något av följande för företagen:

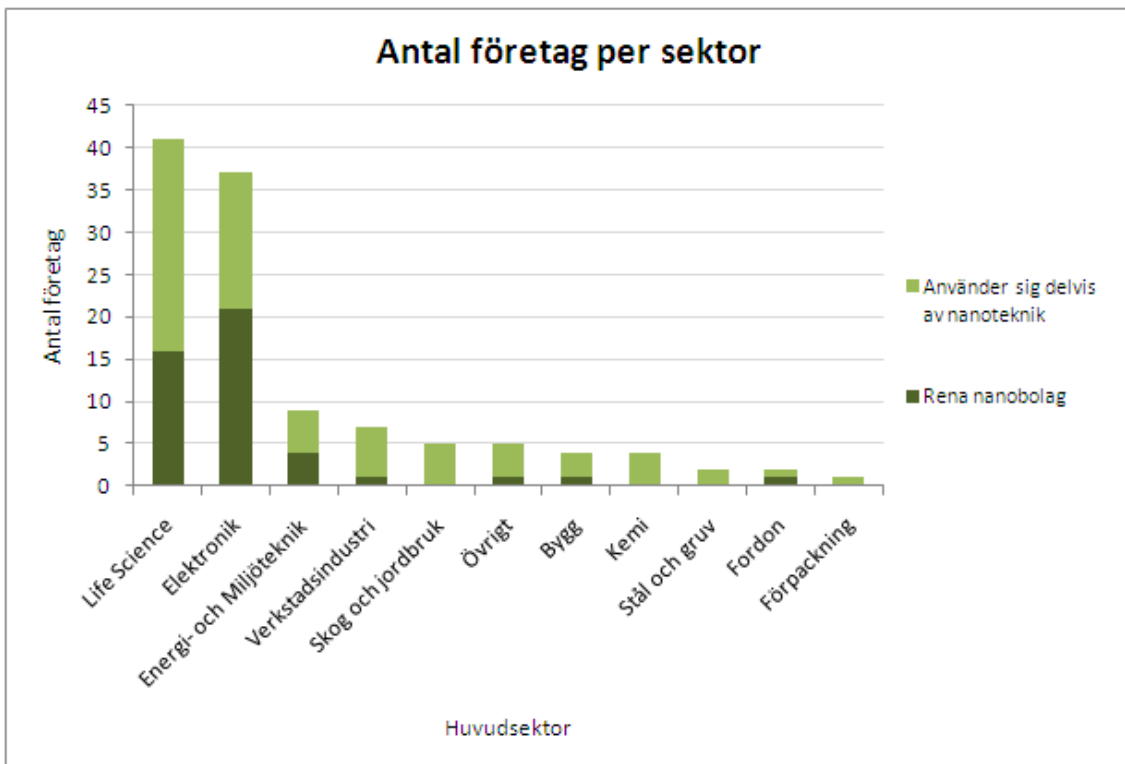
- Centralt element i företagets produkter eller tjänster.
- Egenutvecklad möjliggörare för tillhandahållande av företagets produkter eller tjänster.
- Externt utvecklad möjliggörare för tillhandahållande av företagets produkter eller tjänster.
- Nödvändig del av kunskapsbasen utan att direkt ingå i företagets produkter eller tjänster.

Den resulterande fördelningen av företagens sätt att använda nanoteknik återfinns i Figur A.3 som visar att nanoteknik är ett centralt element för 40% av företagen (47 st.) och en egenproducerad möjliggörare för 47% av företagen (55 st.). Endast 6% av företagen (7 st.) har identifierats som användare av externt utvecklad nanoteknik. 7% av företagen (8 st.) har dessutom identifierats där nanoteknik är en nödvändig kunskapsbas för att kunna utveckla företagets produkter. I dessa fall ingår inte nanoteknik direkt i företagets produkter utan kommer exempelvis att användas av andra för tillverkning av nanostrukturer. Företagen har även delats in i ett antal huvudsektorer vilka framgår av Figur A.4. Här framgår att sektorerna Life Science och Elektronik är de två dominerande sektorerna, både för de rena nanobolagen och för de företag som delvis använder sig av nanoteknik. För de rena nanobolagen är det hela 82% av bolagen som har klassats till dessa sektorer och för resterande bolag som delvis använder sig av nanoteknik är det 57% som placerats i sektorerna Life Science eller Elektronik. Figur A.5 visar även en uppdelning av företagen enligt deras olika roller i värdekedjan. Det framgår av denna figur att den största gruppen, 40 bolag vilket motsvarar 34%, använder nanoteknik för att tillverka någon typ av utrustning.

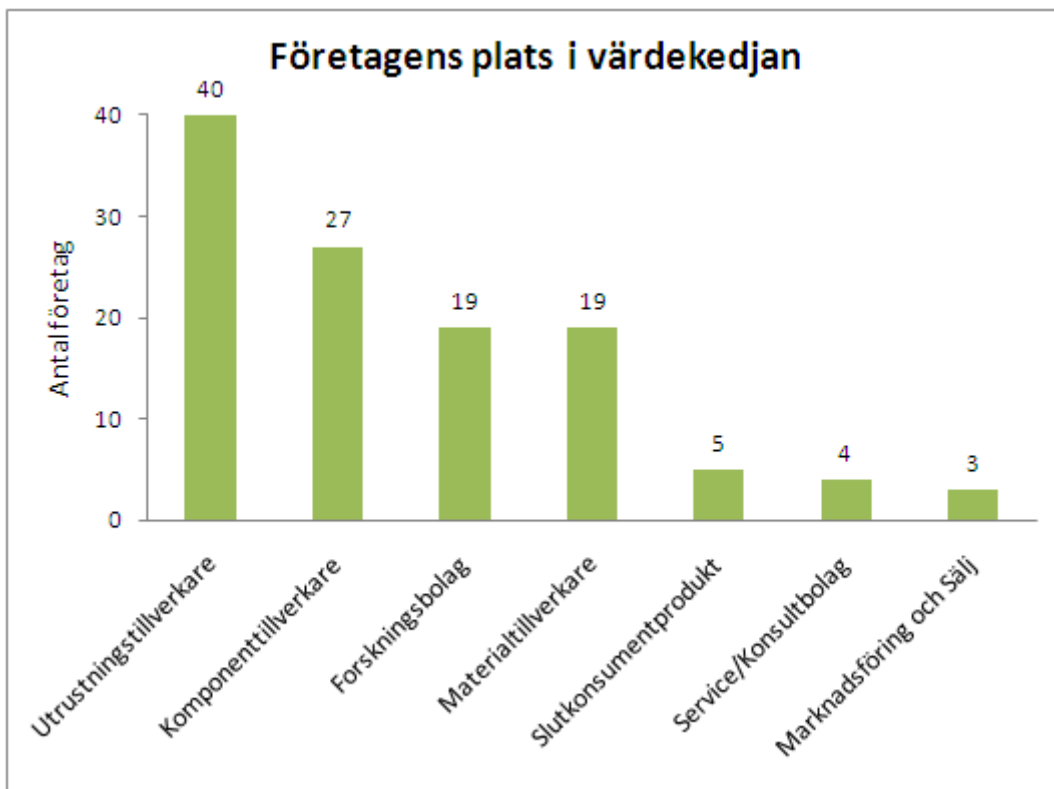
Figur A.3 Uppdelning av företagen i fyra kategorier av nanoteknikanvändning



Figur A.4 Företag aktiva inom nanoteknik uppdelade i huvudsektor



Figur A.5 Uppdelning av företagen i deras olika roller i värdekedjan



De patent som de identifierade företagen besitter inom nanoteknikområdet har räknats med hjälp av Nanomapper, en databas som gör det möjligt att söka patent inom just nanoteknikområdet (Nanomapper, 2009). Sammanlagt innehar de 117 företag som identifierats som aktiva inom nanoteknik 274 nanoteknikpatent enligt denna databas. Av dessa innehas 72 av patenten av de rena nanobolagen och resterande 202 patent av företagen som delvis använder sig av nanoteknik. Medelantalet patent är högre för företagen som delvis använder sig av nanoteknik, 2,8 patent per företag, jämfört med de rena nanobolagens 1,6 patent per företag. De största patentinnehavarna i respektive företagskategori kan ses i Figur A.6. I Appendix 1 presenteras antalet nanoteknikpatent för samtliga företag som har minst ett sådant.



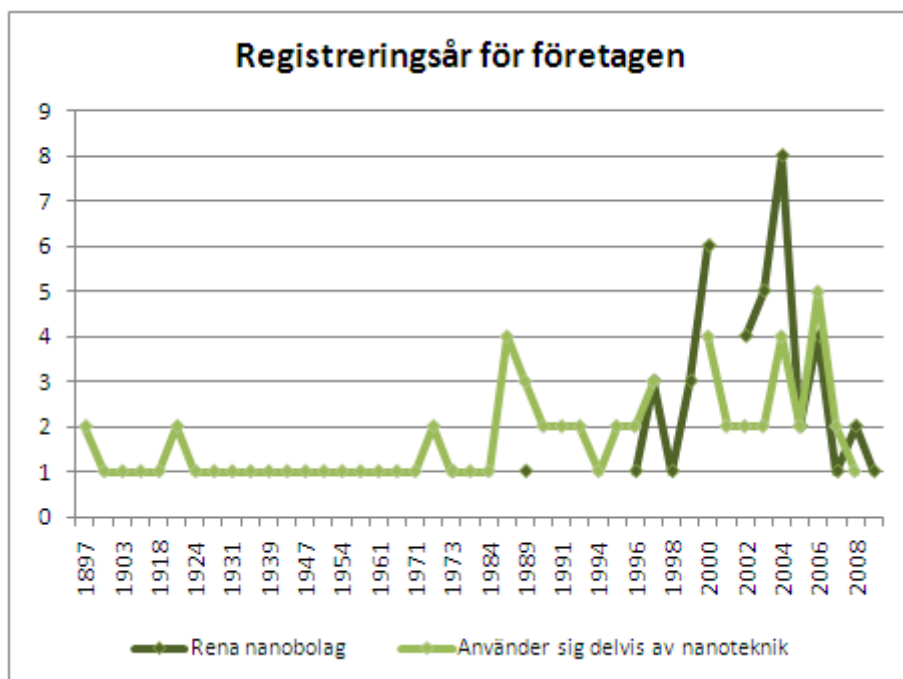
**Figur A.6** Tabeller över de största patentinnehavarna för de rena nanobolag respektive företag som delvis använder nanoteknik

Rena nanobolag	Antal nanopatent
Micronic Laser Systems	47
Gyros	11
Nanofactory Instruments	5

Företag som delvis använder nanoteknik	Antal nanopatent
Ericsson	54
Astrazeneca	27
Pfizer	22

Företagens ålder skiljer sig, liksom väntat, mycket mellan de rena nanobolagen och de bolag som delvis använder sig av nanoteknik. De förstnämnda bolagen är huvudsakligen startade på 2000-talet eller senare delen av 90-talet medan de senare företagens startår är mer jämnt spridda över nittonhundratalet. Figur A.7 visar spridningen av registreringsår för bolagen.

**Figur A.7** Registreringsår för de rena nanobolagen respektive företagen som delvis använder nanoteknik

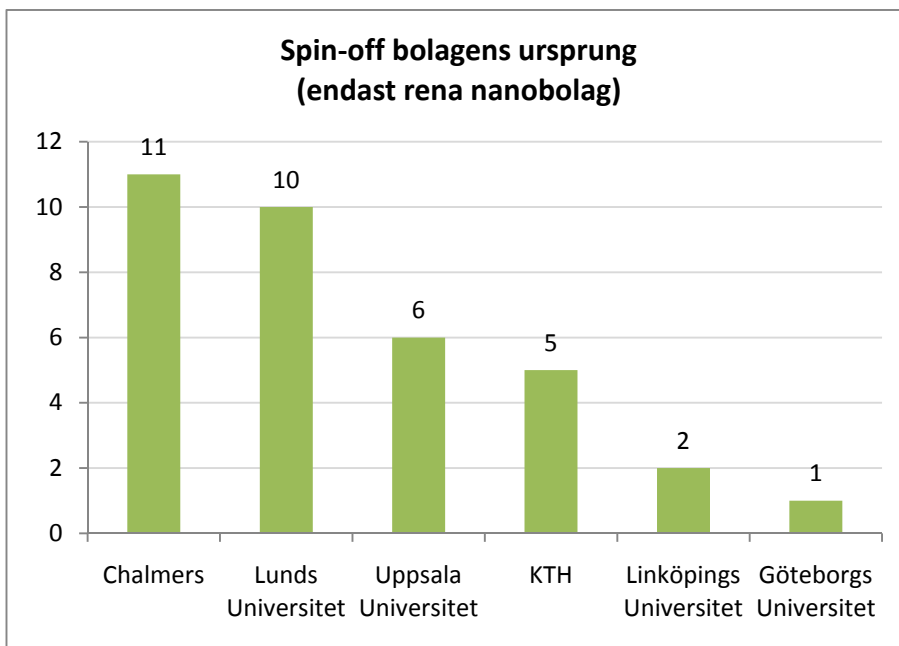


Om man summerar de rena nanobolagens senast redovisade omsättning (2008 för de flesta bolag och 2007 för några av bolagen), uppnås en sammanlagd omsättning på 974 miljoner kr. Motsvarande siffra för kartläggningen 2007 (Perez & Sandgren, 2007) visar en total omsättning på ca 1,5 miljarder kr. En granskning av nanobolagens omsättnings-

utveckling visar att den stora omsättningsminskningen nästan uteslutande beror på att det enskilt största nanobolaget, Micronic Laser Systems omsättning har gått från ca 1,2 miljarder år 2005 (det årsbokslut som användes i 2007 års kartläggning) till ca 400 miljoner 2008. Om man utesluter Micronic Laser Systems så har istället omsättningen för de rena nanobolagen ökat från ca 340 miljoner till ca 540 miljoner. Av nanobolagen är det vidare 18% som redovisar vinst. Motsvarande siffra i 2007 års kartläggning var 15% så här verkar det inte ha skett någon stor förändring. Det totala antalet anställda på de rena nanobolagen är 823 stycken och här har det skett en ökning sedan förra kartläggningen då ca 680 anställda identifierades. Ökningen består till stor del av företag som var precis nystartade och endast hade ett fåtal anställda vid förra kartläggningen. Två tydliga exempel är företagen Gyros och Silex Microsystems som båda flerdubblat antalet anställda.

Som tidigare nämnts är 34 av de 45 de rena nanobolagen avknoppningar från olika universitet. Fördelningen av universitet som företagen knoppats av ifrån ses i Figur A.8 där det framgår att Chalmers och Lunds Universitet står för flest avknoppningar.

**Figur A.8 Fördelning av avknoppningsföretag på dess ursprungsuniversitet**



### A.2.2 Metod för kartläggning av svenska företag inom nanoteknik

Företagen som ingår i kartläggningen har identifierats från ett antal olika källor. 72 företag är tagna från den tidigare kartläggning av nanoteknikföretag som gjorts i rapporten Nanoteknikens Innovationssystem (Perez & Sandgren, 2007). Då syftet med kartläggningen i den rapporten var att ge en bild av nanoteknikens utbredning så bedöms datan vara relativt rättvisande för det år den gjordes (2006). För de många nystartade företag som inkluderades har dock stora förändringar kunnat ske på tre år varför det ansetts nödvändigt att återigen gå igenom företagen för att verifiera att de

fortfarande är aktiva inom nanoteknikområdet och för att komplettera med ytterligare information. 17 av de identifierade företagen är tidigare klassificerade som företag som arbetar med nanoteknik i VINNOVAs databas över nystartade teknikföretag. Även företagen från denna databas har återigen gått igenom för att kontrollera att de arbetar med nanoteknik samt för att komplettera med ytterligare information. 8 företag har identifierats med hjälp av databasen Nanomapper som, liksom tidigare nämnts innehåller patent relaterade till nanoteknik (Nanomapper, 2009). Genom att gå igenom alla svenska företag som innehar nano-klassade patent har ytterligare företag kunnat identifieras. Övriga företag har identifierats bland annat genom avknoppningar som listats på universitetshemsidor, genom att söka på ordet "nano" i UC, genom att de omnämns i Ny Teknik eller då de fått bidrag inom nanoteknikprogram.

För att samla in tillräckligt med information om företagen och möjliggöra olika kategoriseringar har i första hand företagens hemsidor använts. I många fall har den publicerade informationen inte varit tillräcklig och företagen har då kontaktats via e-mail eller telefon.

Företagen som bedömts vara aktiva inom nanoteknik har klassificerats på ett antal olika sätt. Till att börja med har företagen klassificerats antingen som *rena nanobolag* eller *företag som delvis använder nanoteknik*. Den förstnämnda kategorin innehåller företag där nanoteknik anses vara den teknik som företaget baserar sin verksamhet på och andra kategorin innehåller företag som arbetar med nanoteknik men där denna teknik är sekundär. För de företag där gränsdragningen varit svår har företagen kontaktats för att ta reda på vilken grupp de själva bedömer att de tillhör. En potentiell felkälla är till att börja med det tiotal företag som inte svarat och där en bedömning gjorts med den information som funnits att tillgå. En annan felkälla kan vara att vissa företag gärna framhåller sig själva som nanobolag trots att de inte är det, alternativt att de inte vill ses som nanobolag trots att verksamheten faktiskt kan sägas grundas på denna teknik. Företagen har även klassificerats utifrån hur nanoteknik används ((1) Centralt element i företagets produkter eller tjänster, (2) Egenutvecklad möjliggörare för tillhandahållande av företagets produkter eller tjänster, (3) Externt tillverkad möjliggörare för tillhandahållande av företagets produkter eller tjänster, samt (4) Nödvändig del av kunskapsbasen utan att direkt ingå i företagets produkter eller tjänster). De företag som klassats som rena nanobolag har även ansetts använda nanoteknik som centralt element (första kategorin). Några företag som endast delvis använder nanoteknik har också placerats i första kategorin om de uttryckligen sagt att nanoteknik är ett centralt element. Övriga bolag som delvis använder sig av nanoteknik har sagts använda nanoteknik som en egenutvecklad möjliggörare om de själva utvecklar tekniken de använder och som externt utvecklad möjliggörare om ett annat företag tillhandahåller tekniken som används. Ett fåtal företag tillverkar utrustning som ska användas i andras nyttjande av nanoteknik, exempelvis tillverkning av nanostrukturer. Även om dessa företag inte använder nanoteknik i tillverkningen av sina produkter krävs en kunskapsbas om nanoteknik för att kunna utveckla och testa produkterna. Dessa företag har placerats i den fjärde kategorin.

Företagen har vidare grupperats efter roll i värdekedjan: Forskningbolag, Materialtillverkare, Komponenttillverkare, Slutkonsumentprodukt, Marknadsföring och sälj, samt Service/Konsultbolag. Slutligen har företagen även klassats utifrån huvudsektor och sekundär sektor som de tillhör. Båda dessa klassificeringar har för vissa företag varit svåra i de fall företaget varit aktivt inom många sektorer eller haft flera olika led i värdekedjan. Klassningen har då i första hand baserats på hur företaget själv presenterar sin verksamhet och sina marknader och även med hjälp av verksamhetstillhörigheten enligt UC.

Information om patent har hämtats från Nanomapper (Nanomapper, 2009) och Derwent (Derwent, 2009). Nanomappers databas har tagits fram genom att utarbeta en söksträng med ett stort antal ord och begrepp som är relaterade till nanoteknik. Både patent från USPTO (år 1976-2006) och EPO (år 1978-2006) är inkluderade. Databasen har därför fördelen att den fångar upp patent som är relaterade till nanoteknik men där inte ordet nano ingår. En nackdel med patentdatabasen är dock att vissa patent felaktigt verkar ha identifierats som nanoteknikrelaterade eftersom rätt ord förekommit i fel sammanhang. Ett exempel på detta är att ämnet "NaNO" inte har skiljts från ordet "nano". En annan nackdel med Nanomapper är att patenten som ingår i databasen endast sträcker sig fram till 2006 och att nyare patent därför kan ha missats. För att hitta patent i databasen Derwent har "Assignee" satts till företagsnamnet i fråga och "Topic" satts som "nano\*". Information om finansiell data, antal anställda och startår har tagits från UC.

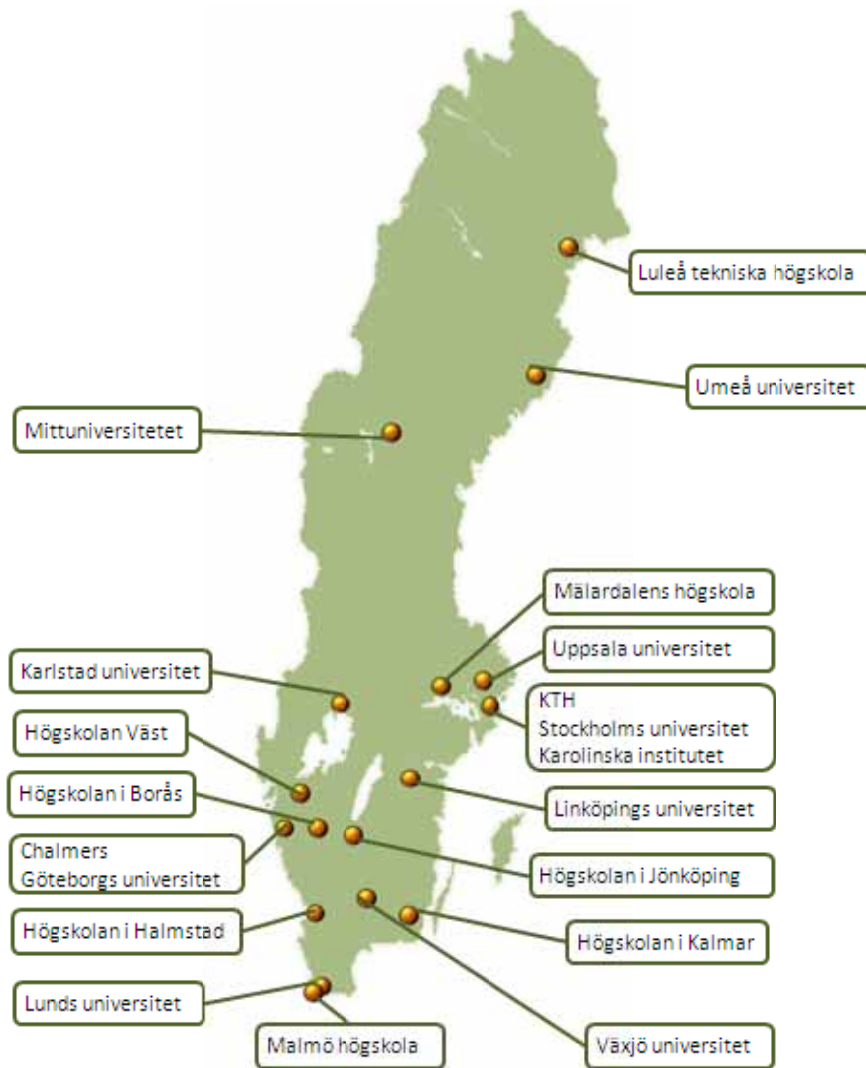
### **A.3 Nanoteknik inom akademien**

I följande kapitel behandlas nanoteknikens utbredning som forskningsområde på Sveriges universitet och högskolor. De viktigaste resultaten från kartläggningen kommer att presenteras följt av en beskrivning av de metoder som använts vid framtagningen av datan. I slutet av detta kapitel kommer även den aktivitet inom nanoteknik som hittats på svenska forskningsinstitut kort att beröras.

#### **A.3.1 Universitet och högskolor aktiva inom nanoteknik**

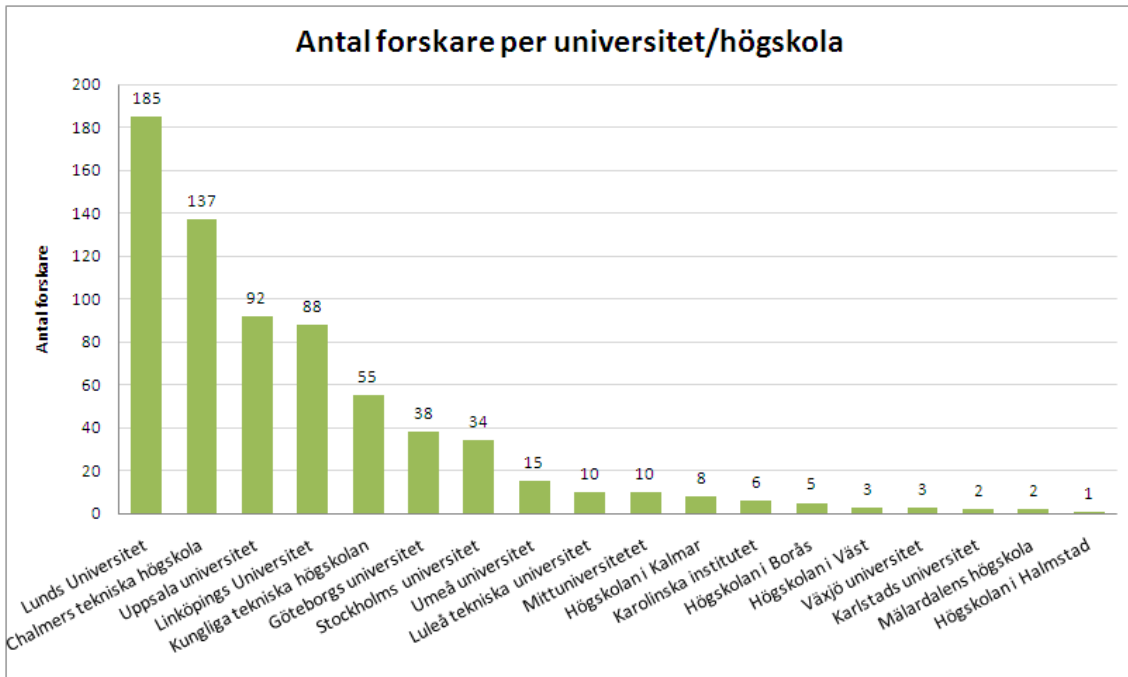
Totalt 20 universitet och högskolor har identifierats som aktiva inom nanoteknik. Figur A.9 visar vilka dessa universitet är samt hur de är lokaliserade i Sverige. Från den förra kartläggningen från 2007 har det skett en ökning med 5 universitet eller högskolor beroende på att 6 skolor tillkommit och en skola försvunnit. De skolor som tillkommit är Högskolan i Borås, Högskolan Väst, Högskolan i Jönköping, Karlstad Universitet, Malmö Högskola och Växjö Universitet. Örebro Universitet har istället försvunnit från den grupp skolor där forskning inom nanoteknik har hittats. Då kartläggningen har tagit hänsyn till pågående projekt inom nanoteknik behöver det inte för Örebro Universitet betyda att nanoteknikforskningen formellt har lagts ner, det skulle istället kunna vara så att det inte finns något projekt som pågår just nu inom nanoteknik men att sådana kan komma att återupptas.

Figur A.9 Karta över de universitet och högskolor i Sverige som är aktiva inom nanoteknik

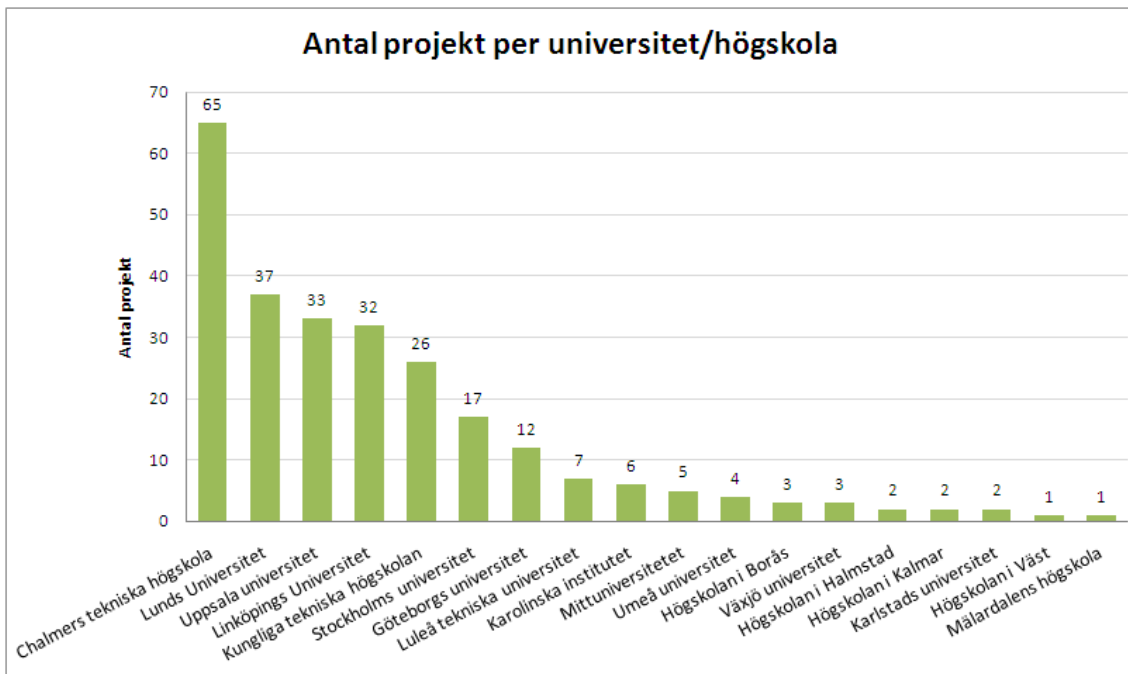


Antalet forskare (professorer, doktorer och doktorander) har räknats för respektive universitet och högskola. Totalt har 694 forskare som är aktiva inom nanoteknik hittats. Fördelningen av dessa på de olika universiteten och högskolorna visas i Figur A.10. Lunds Universitet har det största antalet forskare, 185 av de cirka 700 forskarna. De fem universitet med flest forskare (Lunds Universitet, Chalmers, Uppsala Universitet, Linköpings Universitet och KTH) står tillsammans för 80% av alla nanoforskare i Sverige. Figur A.11 visar istället antalet projekt inom nanoteknik för de olika universiteten och högskolorna där det totala antalet projekt uppgår till 258 stycken. Här är det Chalmers som står för flest antal projekt, 65 stycken, eller 25%, av det totala antalet projekt.

**Figur A.10** Fördelningen av antalet forskare på de universitet och högskolor som är aktiva inom nanoteknik



**Figur A.11** Fördelningen av antal nanoteknikrelaterade projekt på de universitet och högskolor som är aktiva inom nanoteknik



Tre universitet har identifierats som aktiva inom riskforskning förknippad med nanoteknik. Dessa är Chalmers, Göteborgs Universitet och Karolinska Institutet.

Exempel på riskforskning är projekt om nanomaterials eventuella skadliga inverkan på immunsystemet och om skadlig inverkan av nanopartiklar.

För 8 av universiteten och högskolorna har någon form av nanoteknikcenter eller nanoteknikinitiativ identifierats. De största av dessa är Chalmers Nanotechnology Center och Nanometer Structure Consortium i Lund.

### **A.3.2 Metod för kartläggning av universitet och högskolor**

Samtliga högskolor som återfinns i Högskoleverkets lista över Svenska högskolor har gått igenom för att finna forskning inom nanoområdet (Högskoleverket, 2009). I samtliga fall är ”nano” det sökord som använts för att hitta projekt hos respektive universitet. I ett första skede har webbplatsens egna sökfunktion, alternativt Googles site-sökning<sup>49</sup>, använts för att bilda en uppfattning om var på webbplatsen informationen kan hittas. För de flesta universitet har det varit nödvändigt med en mer detaljerad granskning av institutioner, avdelningar och enskilda forskargrupper för att kunna identifiera vilken forskning som bedrivs. Här har fokus legat på de ämnesområden som verkat mest relevanta, exempelvis naturvetenskap och dess underkategorier. På varje sida har en vanlig sökning i texten gjorts och projektbeskrivningar etc. har granskats översiktligt. Ett par universitet har sökbara projekt-/forskningsdatabaser, vissa med avancerade sökalternativ. I de fall då sådana databaser funnits har mindre fokus lagts på de andra sökmetoderna.

De institutioner där nanorelaterad forskning återfinns har listats för respektive skola. Uppgifter om antalet projekt och antal forskare som är aktiva inom nanoforskning har också angetts där det funnits uppgifter om detta. I de fall en hel avdelning verkar vara inriktad på nanoteknik så har alla forskare på avdelningen och alla aktiva projekt räknats med. I de fall då endast vissa projekt eller delar av en avdelning använder nanoteknik har endast de personer som angetts aktiva inom nanorelaterade projekt räknats med. Om samma personer arbetar med flera projekt har varje person bara räknats en gång. De personer som räknats är professorer, doktorer och doktorander. Administratörer, tekniker, examensarbetare och gästforskare har exkluderats. För olika nanocentra har vi räknat de personer som inte tidigare räknats med på någon avdelning.

För de större universiteten som är mycket aktiva inom nanorelaterad forskning länkas direkt till hemsidan för respektive avdelning som jobbar med nanoteknik. För de universitet och högskolor som endast har några få projekt inom nanoteknik länkas till de aktuella projektens hemsidor.

I flera fall hittas inte de projekt som listats som bidragsmottagare hos någon av de kartlagda forskningsfinansiärerna. En anledning kan vara att man i projektbeskrivningen valt att referera till nanoteknik för att marknadsföra projektet medan det internt fokuseras mindre på detta. Ytterligare en anledning, en felkälla som är generell för

---

<sup>49</sup> Söksträngen ”site:” direkt följt av en hemsidadress och sökord innebär att Google söker igenom hela webbplatsen efter sökordet.

kartläggningen, kan vara att universitetens hemsidor ibland verkar dåligt uppdaterade, samt att projekten inte alltid beskrivs särskilt utförligt på hemsidan. I Appendix 2 återfinns en mer detaljerad beskrivning av hur sökningen har gått till för respektive universitet/högskola där nanoteknikrelaterade projekt hittats.

### **A.3.3 Forskningsinstitut**

Nanoteknikaktivitet har identifierats hos åtta av forskningsinstituten. I allmänhet presenterar inte instituten enskilda projekt och forskare i samma utsträckning som universiteten, utan ger mer övergripande information om verksamhetsområdena. Därför har det i vissa fall varit svårt att avgöra huruvida det pågår nanoteknikrelaterade projekt eller om det handlar om ett av flera kompetensområden på institutet. I de fall där projekt har identifierats har namnet på den ansvariga enheten eller avdelningen också vanligen hittats. Totalt har ett trettiotal projekt identifierats, men det är bara för Acreo som uppgifter om antalet forskare har hittats. Acreo som är inriktat på elektronik, optik och kommunikationsteknologi, är även det institut som redovisar flest antal projekt, ca 10 st, följt av SP och dess dotterbolag. Värt att notera är att FOI bedriver två mer riskinriktade projekt: *CopeTech* och *Hälsoeffekter av industriellt framställda nanopartiklar*. I Appendix 3 återfinns kortfattad information om hur sökningen har gått till på respektive institut där nanoverksamhet har hittats.

## **A.4 Offentliga satsningar inom nanoteknik**

Följande kapitel kommer att behandla den uppskattning av offentliga anslag som satsades på nanoteknikrelaterad forskning under 2008. Kapitlet kommer att beskriva hur uppskattningen har genomförts samt vilket resultat som nåddes.

### **A.4.1 Anslag till nanoteknikrelaterad forskning**

Den totala offentliga satsningen på nanoteknik uppskattas till drygt SEK 600 miljoner för år 2008. I denna summa ingår offentliga konkurrensutsatta medel (anslag från myndigheter och stiftelser), fakultetsanslag, samt pengar från kommun och landsting. Fakultetsanslagen och de konkurrensutsatta medlen utgör ungefär lika mycket, SEK 300 miljoner respektive SEK 280 miljoner, medan pengarna från kommun och landsting uppgår till ca SEK 27 miljoner. En sammanfattning av de exakta siffrorna återfinns i Appendix 4.

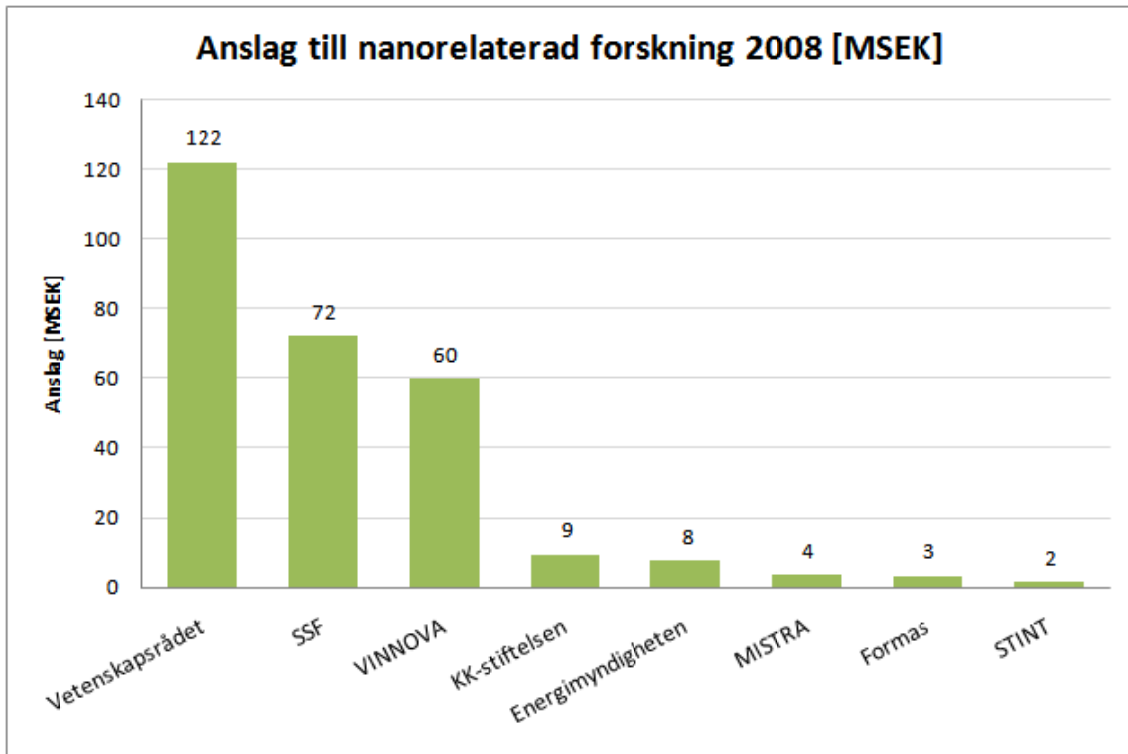
Fördelningen av fakultetsanslag och pengar från kommun och landsting har inte redovisats på projekt- eller lärosätetsnivå, varför resultaten av kartläggningen nedan endast behandlar detaljerad information om de konkurrensutsatta medlen.

Totalt har drygt tvåhundra projekt som fått del av konkurrensutsatta medel under 2008 identifierats. Den överväldigande majoriteten av dessa har klassificerats som tillhörande forskningsområdet "Teknikutveckling". Vad gäller typen av forskning är just ren "Forskning" den absolut vanligaste typen, medan "Utbildning" och "Utveckling" endast förekommer i ett fåtal fall.



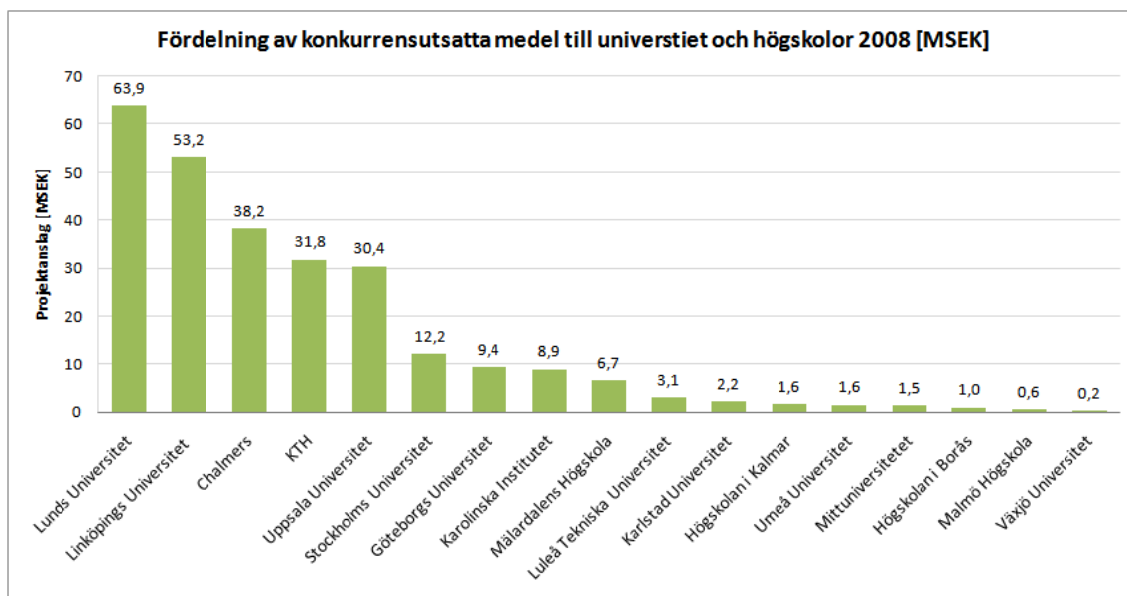
Vetenskapsrådet står för den i särklass största andelen av anslag till den nanorelaterade forskningen (se Figur A.12), något som förklaras av de stora anslagen till centrumbildningar och att Vetenskapsrådet stöder flest antal projekt. SSF och VINNOVA anslår ungefär hälften så mycket pengar som VR, men samtidigt många gånger mer än de övriga finansörerna som stöder ett fåtal nanorelaterade projekt var.

Figur A.12 Anslag till nanorelaterad forskning från offentliga finansörer 2008



Fördelningen av konkurrensutsatta medel korrelerar med antalet forskarprojekt; de största universitetet inom nanoteknikforskningen får mest pengar även om den inbördes ordningen skiljer sig jämfört med Figur A.13 som visar fördelningen av konkurrensutsatta medel på de olika skolorna.

Figur A.13 Fördelning av konkurrensutsatta medel till universitet och högskolor 2008



#### A.4.2 Metod för estimering av anslag till nanoteknikrelaterad forskning

De offentliga anslagen till nanoteknikrelaterad forskning har estimerats genom att först beräkna vilken andel som nanoteknikrelaterad forskning utgör av de totala konkurrensutsatta medlen. Detta har gjorts genom att gå igenom de projekt som beviljats anslag från de största svenska forskningsfinansiärerna och summera anslagen till de projekt som handlar om nanoteknik. Den andel av de konkurrensutsatta medlen som går till nanoteknikrelaterad forskning antas därefter kunna vara representativ även för den andel av fakultetsanslag samt anslag från kommun och landsting som går till nanoteknikrelaterad forskning. Detaljerade antaganden för de olika typerna av offentlig forskningsfinansiering återfinns nedan.

##### A.4.2.1 Konkurrensutsatta medel

De samlade konkurrensutsatta medlen är summan av anslag från de 14 statliga myndigheter och offentliga stiftelser som listas som de största finansiärerna av svensk forskning i en rapport av Forskning.se (2006) samt från FOI. Övriga finansiärer bedöms vara så små att de inte har någon betydande inverkan på slutsumman.

I de flesta fall har det funnits sökbara projektdatabaser där sökningar på ordet ”nano”, antingen i projekttitel eller som fritext, gjorts. I vissa fall där sökfunktion saknats eller om det totala antalet projekt varit litet, har projektbeskrivningarna lästs igenom. Information om aktuella centrumbildningar och deras finansiering kommer från Excel-dokument: ”Centraansökan Forskningsproposition” (VINNOVA, 2007). Förutom de centrumbildningar inom sektorerna Nanotechnology, ICT (micro and nano technology) och Life Sciences (chemistry, biomaterials, nano) så har även alla projekt genomförts efter ordet ”nano”. I Appendix 5 återfinns en mer detaljerad beskrivning av hur sökningen har gått till för respektive finansiär.

I första hand eftersöks det belopp som spenderats under 2008 (till skillnad från beviljats 2008). Då ett anslag har beviljats för en flerårsperiod har det totala beloppet dividerats med antalet år för att få delanslaget för år 2008.

Varje projekt har klassificerats efter huvudsakligt forskningsområde: ELSA (Ethical, Legal and Social Aspects), risk, infrastruktur, teknikutveckling eller centrumbildning. Vidare har projekten delats in efter typ av forskning: forskning, utveckling, utbildning eller en kombination. Avvägandet av vad som är forskning och vad som är utveckling har generellt sett varit svår att göra utan djupare kunskap i ämnet.

#### **A.4.2.2 Fakultetsanslag**

Uppgifter om fakultetsanslag har hämtats från SCB:s rapport ”Forskning och utveckling inom universitets- och högskolesektorn 2007” (Statistiska centralbyrån, 2009, s. 23).

För de konkurrensutsatta medlen har andelen anslag som går till nanoteknikrelaterad forskning beräknats utgöra ca 3%. Denna procentsats har antagits vara rimlig även vid beräkning av den del av fakultetsanslagen som går till nanoteknikrelaterad forskning. Det antas dock att andelen nanorelaterad forskning inom ämnesområdet ”Humaniora och religionsvetenskap” är så liten att det blir felvisande att räkna med 3% av dessa anslag. Anslagen som hör till detta område inkluderas därför inte i de totala fakultetsanslagen vid beräkningen av den nanoteknikrelaterade andelen.

De detaljerade siffror om anslag till FoU som finns att få tag på från SCB gäller för 2007. För att justera anslagen så att de bättre stämmer med nivån för 2008 så används SCB:s rapport ”Statliga anslag till forskning och utveckling 2008” som är en budget för 2008. Här redovisas hur mycket de totala anslagen till FoU har ökat från 2007 till 2008 (Statistiska centralbyrån, 2008, s. 1). I löpande priser ökar FoU-medel i statsbudgeten med ca 3,6% och anslagen till nanorelaterad forskning för 2007 räknas därför upp med denna procentenhet.

#### **A.4.2.3 Anslag från landsting och kommun**

Uppgifter om anslag till forskning från kommun och landsting har hämtats från SCB:s rapport ”Forskning och utveckling inom universitets- och högskolesektorn 2007” (Statistiska centralbyrån, 2009, s. 25).

Liksom för fakultetsanslagen har det antagits att av alla anslag, utom de till humaniora och religionsvetenskap, går 3% till nanorelaterad forskning, det vill säga samma andel som för konkurrensutsatta medel. Även anslagen från kommun och landsting räknas upp med en procentsats på ca 3,6% för att justera för en ökning av anslag från 2007 till 2008.

### **A.5 Internationella initiativ inom nanoteknik**

I följande kapitel kommer en kort internationell utblick att göras för att ge en översiktlig bild av de nationella strategier för nanoteknik som redan tagits fram i ett flertal länder.

### **A.5.1 Metod för kartläggning av internationella nanoteknikinitiativ**

Kartläggningen av olika länders nationella nanoteknikinitiativ/strategier bygger främst på information från OECD:s sammanställning av enkätsvar som lämnats av departement/myndighetsorganisationer i respektive land (OECD, 2008). Detaljerad information kring exempelvis mål och budget har hämtats från myndigheternas hemsidor och från nätportalen Nanoforum (Nanoforum, 2009). Hemsidorna har i de flesta fall hittats genom sökning på olika kombinationer av nyckelord ("nano" "strategy", "initiative", "national") och landsnamn. Länderna har valts på basis av deras deltagande i OECD-enkäten, med undantag för Brasilien och Kina som inte deltog men som bedömdes intressanta att inkludera.

I kartläggningen ingår totalt 16 länder: Brasilien, Danmark, Finland, Frankrike, Israel, Japan, Kanada, Kina, Nederländerna, Norge, Ryssland, Schweiz, Storbritannien, Sydkorea, Tyskland och USA. Av dessa är det tre stycken (Danmark, Kanada, Schweiz) som säger sig sakna en nationell strategi medan övriga länder har en sådan. Strategierna har i de flesta fall initierats antingen kring år 2001 (Israel, Kina, Sydkorea, USA) eller 2005-2006 (Brasilien, Finland, Japan, Nederländerna, Norge, Tyskland).

Sett till vilka myndigheter som är involverade i de nationella strategierna är olika motsvarigheter till Utbildningsdepartementet vanligast förekommande. Därefter följer departement med ansvar för "forskning och teknologi", samt motsvarigheter till Näringsdepartementet och Miljödepartementet. Andra inblandade är exempelvis expertråd och statliga verk med koppling till innovationer och specifikt till nanoteknologi.

Risker med nanoteknologi ägnas särskild uppmärksamhet i sex av strategierna, men omfattningen varierar mellan olika länder. Exempel på hur risker beaktas: "the research programme will take into account ethical challenges" (Finland), "Ministry of Health, Labour and Welfare conducts research on health impacts" (Japan), "from 2005 to 2007, over \$120 million was invested in environment, health, and safety R&D to understand and address potential risks with nanotechnology" (USA).

I Appendix 6 återfinns mer information på engelska kring respektive strategi.

## **A.6 Diskussion**

För att sammanfatta resultatet av kartläggningen kan sägas att nanoteknikaktiviteten har intensifierats under de senaste tre åren, både inom akademi och näringsliv, även om det inte är dramatiska ökningarna som identifierats. De största aktivitetsökningarna kan ses i antalet företag som arbetar med nanoteknik där antalet ökat med ca 38% samt i antalet universitet som forskar på nanoteknik där antalet ökat med ca 30%.

### **A.6.1 Metodmässig diskussion**

Definitionen av vad som ska klassas som nanoteknik/nanoteknologi och ämnets höga grad av generalitet är viktiga källor till osäkerhet i undersökningen. Utan djupare teknisk kunskap är det svårt att göra tydliga avgränsningar och det uppstår oklarheter

kring vilka företag och forskningsprojekt som är ”tillräckligt nano”. Därför utgår undersökningen i första hand från studieobjektens egna definitioner och bedömningar. Genom att använda ”nano” som sökord för att klassificera forskningsprojekt och företags verksamhetsområden får man ett tydligt kriterium att utgå ifrån. Samtidigt är det oundvikligt att olika forskare och företag skiljer sig i sin syn på vad som ska kallas nanoteknik. I vissa fall väljer man att fokusera på specifika delar av nanotekniken och använder då kanske mer detaljerade begrepp för att beskriva ett forskningsområde eller produkt. Å andra sidan väljer man ibland att se nanoteknik som ett generellt område där mycket kan inkluderas. Huruvida någonting klassas som nanoteknik eller inte kan vara ett medvetet val med hänsyn till hur man önskar profilera ett forskningsprojekt eller en verksamhet. Behovet och viljan att sätta en ”nanostämpel” på verksamheten verkar vara större inom den akademiska världen än i näringslivet. Företag verkar nöja sig med att ”göra det man gör” medan man inom akademin verkar mån om att lyfta fram nanoteknik, åtminstone i extern kommunikation.

Svårigheten att ge en entydig definition av begreppet nanoteknik har märkts i kontakten med företag. På frågan ”använder ni nanoteknik?” har flera företag svarat att det beror på hur man väljer att definiera nanoteknik och efterfrågat vilket definition som den aktuella kartläggningen utgår ifrån. De har då fått ta ställning till nanoteknik som "förståelsen och den kontrollerade manipuleringen av strukturer, och tillämpningar på molekylär och atomär nivå"; en beskrivning som kan inkludera ganska mycket.

Sammantaget kan sägas att de flesta siffror som gäller antal forskare och projekt antagligen ligger i underkant eftersom kartläggningen har fokuserat på ”tydlig” förekomst av nanoteknik. Med fler relevanta nyckelord i sökandet och djupare kunskap om nanoteknik som hjälpmedel skulle resultaten förmodligen visat på ännu högre av aktivitet.

Antagandet att 3% av fakultetsanslagen går till nanoteknikrelaterad forskning, baserat på procentandelen av de konkurrensutsatta medlen, förutsätter att fakultetsanslag kommer forskningen till godo i samma utsträckning som anslagen från offentliga finansiärer. Att så verkligen är fallet har inte kunnat bekräftas utan är just ett antagande. Å andra sidan gällde den specifika frågeställningen i detta fall hur mycket pengar som betalades ut med nanoteknikrelaterad forskning som adressat, inte hur de faktiskt används internt.

Utgångspunkten i kartläggningen har varit att information som lärosäten och företag presenterar på sina hemsidor är korrekt och aktuell. Detta stämmer sannolikt för majoriteten, men för exempelvis enskilda forskargrupper har hemsidorna ibland upplevts som dåligt uppdaterade. Direktkontakt med forskare, avdelningschefer etc. hade kunnat ge mer aktuell information men har under den här kartläggningen bedömts alltför tidskrävande.

Kartläggningar som bygger på tidigare studier har fördelen att det finns en kärna av data att lägga till eller ta bort ifrån. Detta medför mycket tidsbesparing då mycket grundarbete redan är utfört. Samtidigt kan det finnas en risk i att aldrig börja om från

början och så att säga ”nollställa” urvalskriterier, tolkningar etc. Ett helt objektivt klassificerat register över alla nanoteknikföretag är nog att betrakta som uteslutet med tanke på de definitionsproblem som tagits upp.

### **A.6.2 Allmänna reflektioner och förslag till ytterligare analys**

I ljuset av att många företag inte har ett entydigt svar på huruvida de arbetar med nanoteknik eller inte utan menar att det beror på hur nanoteknik definieras, görs reflektionen att många företag inte verkar anse att nanotekniken är ett mål i sig, utan snarare ett medel som gör att man exempelvis kan göra det man redan gör ännu bättre. Nanoteknik skulle enligt detta resonemang kunna liknas vid en infrastruktur eller en katalysator som har förmågan att förändra många branscher men som i mindre utsträckning är ett mål i sig. En parallell kan dras med IT som bidragit till innovationer i de flesta branscher och där stor del av potentialen ligger i att använda informationsteknologi för att göra sådant som tidigare gjorts på ett nytt sätt, till exempel börja sälja en befintlig produkt med internet som distributionskanal. På samma sätt kan nanoteknik användas av företag som redan tillverkar diagnostiseringsinstrument till att göra dem mindre eller ge dem bättre precision. En av skillnaderna mellan nanoteknik och informationsteknik kan dock sägas vara att IT har möjliggjort stora effektiviseringar av företags stödfunktioner och kringverksamhet, vilket gjort att näst intill alla företag på ett eller annat sätt kunnat dra nytta av denna utveckling. Trots att nanoteknik berör de flesta branscher kommer troligtvis inte lika många företag, åtminstone i ett inledningsskede, att beröras av dess utveckling. För de företag som kan utnyttja potentialen med nanoteknik kommer tekniken dock möjligen i större utsträckning att kunna användas till att förbättra kärnverksamheten snarare än stödfunktionerna.

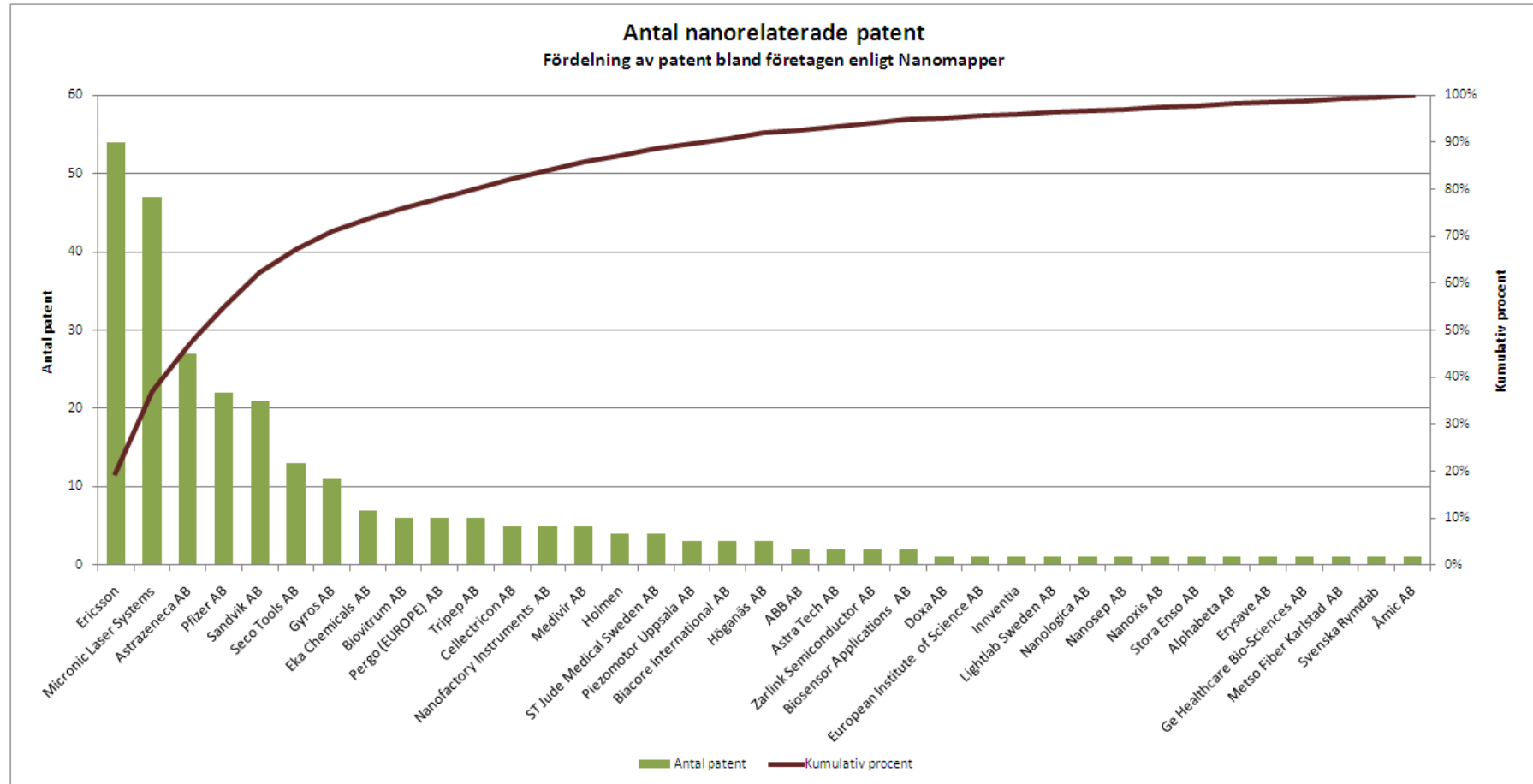
En potentiell svårighet med att ta fram en nationell strategi för nanoteknik skulle kunna vara att vissa företag inte tolkar det som att strategin berör dem då det kan finnas en inställning att ”vi gör det vi alltid gjort om än med allt mindre strukturer - detta gör oss väl inte till ett nanobolag?”. För att underlätta mottagandet av en strategi kan det möjligen underlätta att vara tydlig med att man vill inkludera nanoteknik även där den används som en mer generell hjälpteknologi.

Den data som samlats in i kartläggningen skulle kunna användas för att utföra flera typer av analyser än de som presenterats i denna rapport. För företagen skulle man exempelvis kunna titta på vilka branscher som står för störst del av omsättningen och störst del av patenten. För universiteten skulle man kunna jämföra antalet nano-forskare per skola med det totala antalet forskare för respektive skola. Man skulle även kunna jämföra antalet forskare på universitetens olika institutioner, exempelvis hur många som forskar på nanoteknik inom området för fysik respektive kemi. En tidsserie över när de identifierade patenten beviljats skulle dessutom ge mer information om vilket stadium tekniken verkar befinna sig i.

## A.7 Litteraturförteckning

- Derwent. (2009). Hämtat från <http://go.isiproducts.com/>
- Forskning.se. (2006). *Svensk Forskning - Större forskningsfinansiärer*. Hämtat från <http://www.fas.se/upload/dokument/publiaktioner/pdf/svenskforsk.pdf> Juli 2009
- Högskoleverket. (2009). *Den svenska högskolan*. Hämtat från <http://www.hsv.se/densvenskahogskolan/hogskolorna/adresser.4.539a949110f3d5914ec800062390.html> Juli 2009
- Nanoforum. (Juli 2009). Hämtat från Nanoforum - European Nanotechnology Gateway: <http://www.nanoforum.org/> den 1 Juli 2009
- Nanomapper*. (2009). Hämtat från <http://nanomapper.eller.arizona.edu:8080/NanoMapper/Aboutus.jsp> Juli 2009
- OECD. (2008). *Progress report and questionnaire findings DSTI/STP/NANO(2008)18*. OECD.
- Perez, E., & Sandgren, P. (2007). *Nanoteknikens Innovationssystem*. VINNOVA .
- Statistiska centralbyrån. (2009). *Forskning och utveckling inom universitets och högskolesektorn 2007*. SCB.
- Statistiska centralbyrån. (2008). *Statliga anslag till forskning och utveckling 2008*. SCB.
- VINNOVA. (2007). *CentraansökanForskproppUtökad, 2007-08-10.xls*.

## Appendix 1: Antal nanoteknikpatent enligt Nanomapper (för företag med minst ett nanopatent)





## **Appendix 2: Tillvägagångssätt för de olika universitet**

### **Chalmers**

Hemsidan om Chalmers nanoinitiativ, <http://www.chalmers.se/en/sections/research/current-strategic/nanoscience>, listar de institutioner och avdelningar som sägs arbeta med nanoteknik. För att kontrollera om även andra institutioner arbetar med nanoteknik har de som skulle kunna vara aktuella undersökts med utgångspunkt i en lista över institutionerna på Chalmers från: <http://www.chalmers.se/en/sections/research/departments>.

### **KTH**

Sökning på projekt i projektdatabas och då endast på de projekt som avslutas 2009 eller senare. För respektive projekt finns beskrivet vilken institution och avdelning det tillhör. På så sätt har de institutioner och avdelningar som håller på med nanoteknik tagits fram.

### **Göteborgs Universitet**

Sökning på "nano" med hjälp av hemsidans sökfunktion. Institutionerna för fysik och kemi har kontrollerats mer noggrant.

### **Högskolan i Borås**

Under Forskning→Projekt listas alla projekt på högskolan. Denna lista med projekt har genomsökts efter projektnamn som innehåller ordet "nano".

### **Högskolan i Halmstad**

Sökning på "nano" med hjälp av hemsidans sökfunktion. Vid genomgång av träfflistan återfinns ett antal institutioner som verkar inom nanoteknikrelaterad forskning.

### **Högskolan i Kalmar**

Projektdatabasen har genomsökts efter projekt med ordet "nano".

### **Högskolan i Väst**

Under Forskning→Pågående forskning har beskrivningen av de olika projekten genomsökts efter ordet "nano".

### **Högskolan i Jönköping**

Sökning på "nano" med hjälp av hemsidans sökfunktion. Kemi Institutionerna för fysik och kemi har kontrollerats mer noggrant.

### **Karlstads Universitet**

Sökning i forskningsdatabas efter projekt med ordet "nano" i titeln eller i projektbeskrivningen.

### **Karolinska Institutet**

Sökning efter projekt med ordet "nano" i titeln i projektdatabasen. Inga projekt hittas dock här. Eftersom ett antal projekt från KI har fått finansiering från bland annat

Vetenskapsrådet så kontrolleras vilka avdelningar som fått finansiering till nanoteknikprojekt, dessa avdelningar har inkluderats.

### **Linköpings Universitet**

Alla institutioner och centrum inom teknik och naturvetenskap finns listade på följande sida: <http://www.liu.se/forskning/teknat?l=sy>

Varje institution har underavdelningar och de flesta av dessa har en länk till forskning eller projekt på avdelningen. Alla sidor om forskning och projekt har genomsökts efter ordet "nano".

Förutom institutionerna inom teknik och naturvetenskap har även de institutioner inom medicin och inom humaniora och samhällsvetenskap som skulle kunna tänkas vara relaterade till nanoteknik genomsökts. Här har dock inga institutioner som arbetar med nanoteknik hittats.

### **Luleå Universitet**

Länken "Institutioner" leder till en lista över institutioner. Varje institution listar ett antal avdelningar. Dessa avdelningar listar sina projekt och alla dessa avdelningars projekt har genomsökts efter ordet "nano".

### **Lunds Universitet**

Hemsidan för Nanometerkonsortiet i Lund listar de medverkande forskarna och de institutioner som dessa tillhör vilket ger ett antal nanoteknikrelaterade institutioner. För att hitta andra institutioner har sidan Forskning A-Ö undersökts efter alla ämnesord som innehåller ordet "nano". För att finna resterande institutioner har en genomgång av alla institutioner på LU, [http://www.lth.se/forskning/institutionernas\\_forskning/gjorts](http://www.lth.se/forskning/institutionernas_forskning/gjorts). På hemsidan för respektive institution finns i de flesta fall en sida om institutionens forskning eller dess projekt. Dessa sidor har genomsökts efter ordet "nano".

### **Malmö Högskola**

Följer länkarna: Forskning → Fakulteternas/Områdenas forskningsinformation. För respektive fakultet listas varje avdelnings forskning och projekt. Dessa beskrivningar har genomsökts efter ordet "nano".

### **Mälardalens Högskola**

Sökning på "nano" med hjälp av hemsidans sökfunktion. Genomgång av de olika akademierna.

### **Mittuniversitetet**

Under länken "Forskning" finns ytterligare en länk till en forskningsdatabas där vi har sökt efter projekt med ordet "nano". Sökningen begränsas till pågående projekt.

### **Stockholms Universitet**

Sökning på ordet "nano" på forskningsprojekt på varje institution. På Fysicums hemsida har projekt för varje forskargrupp genomsökts.

**Umeå Universitet**

Sökning på ordet ”nano” i forskningsdatabasen, begränsat till pågående projekt.

**Uppsala Universitet**

Varje sektion och varje institution under dessa sektioner har genomsökts genom sökning på ordet ”nano” i forsknings- eller projektbeskrivningar.

**Växjö Universitet**

Sökning på ”nano” med hjälp av hemsidans sökfunktion.

## **Appendix 3: Tillvägagångssätt för de olika instituten**

### **Acreeo (Swedish ICT)**

Sökning på "nano" med hjälp av hemsidans sökfunktion. Mailkontakt bekräftade verksamhet inom nanoteknik.

### **Imego (Swedish ICT)**

Sökning på "nano" med hjälp av hemsidans sökfunktion. Mailkontakt bekräftade verksamhet inom nanoteknik.

### **Innventia**

Sökning på "nano" med hjälp av hemsidans sökfunktion.

### **FOI Totalförsvarets forskningsinstitut**

Sökning på "nano" med hjälp av hemsidans sökfunktion.

### **SP Sveriges tekniska forskningsinstitut (inklusive CBI Betonginstitutet och YKI Ytkemiska institutet)**

Sökning på "nano" med hjälp av hemsidans sökfunktion och genomgång av "Innehåll A-Ö". På SP:s webbplats listas även dotterbolagen CBI och YKI

### **Swerea**

Sökning på "nano" med hjälp av hemsidans sökfunktion.

### **Övriga undersökta (utan nanoprojekt)**

Interactive Institute, Viktoria Institute, Santa Anna IT Research Institute, SICS

## Appendix 4: Sammanslagning av offentliga satsningar till nanoteknik 2008

### Sammanslagning av konkurrensutsatta anslag, fakultetsanslag och anslag från landsting och kommun till nanoteknikrelaterad forskning 2008

#### Konkurrensutsatta medel till nanorelaterad forskning

Konkurrensutsatta medel till all forskning 2008	9 313 323 500
Andel medel till nanoteknik	3,0%
<b>Konkurrensutsatta medel till nanoteknik</b>	<b>280 242 343</b>

#### Fakultetsanslag till nanorelaterad forskning

Fakultetsanslag till all forskning 2007	10 577 000 000
Fakultetsanslag till all forskning exklusive humaniora och religion 2007	9 588 000 000
Andel anslag till nanorelaterad forskning	3,0%
<b>Fakultetsanslag till nanorelaterad forskning</b>	<b>288 507 490</b>

<b>Justering för ökning av totalt anslag till F&amp;U i 2008 års statsbudget jämfört med 2007</b>	103,6%
	<b>298 901 421</b>

#### Anslag från kommun och landsting till nanorelaterad forskning

Anslag från kommun och landsting till forskning på universitet och högskola 2007	890 000 000
Anslag från kommun och landsting till forskning på universitet och högskola 2007 exklusive humaniora och religion	882 000 000
Andel anslag till nanorelaterad forskning	3,0%
<b>Anslag från kommun och landsting till nanorelaterad forskning 2007</b>	<b>26 539 800</b>

<b>Justering för ökning av totalt anslag till F&amp;U i 2008 års statsbudget jämfört med 2007</b>	103,6%
	<b>27 495 938</b>

#### Summa av konkurrensutsatta medel, fakultetsanslag och anslag från landsting och kommun till nanorelaterad forskning 2008 [SEK]

<b>Summa av konkurrensutsatta medel, fakultetsanslag och anslag från kommun och landsting till nanorelaterad forskning 2008</b>	<b>606 639 702</b>
---	--------------------

## **Appendix 5: Tillvägagångssätt för de olika forskningsfinansiärerna**

### **Vetenskapsrådet**

Sökning i Vetenskapsrådets projektdatabas. Avgränsningar: Finansieringsår 2008, Projekttitel "nano".

### **VINNOVA**

Sökning i projektkatalogen på "nano" i projekttitel.

### **Energimyndigheten**

Sökning i projektdatabas efter projekt som innehåller ordet "nano" i titeln.

### **FAS**

Vid fritextsökning i projektdatabasen på ordet "nano" återfanns inga projekt.

### **Naturvårdsverket**

Inget av de program som finansieras av Naturvårdsverket verkar innehålla nanorelaterad forskning.

### **Rymdstyrelsen**

Inget av projekten i projektkatalogen verkar vara relaterat till nanoteknik.

### **Riksbankens Jubileumsfond**

Inga av de beviljade anslag som listas på hemsidan är relaterade till nanoteknik.

### **SIDA**

Av SIDA:s stipendier är det resestipendierna som skulle kunna vara relevanta för nanoprojekt. I programkontorets årsrapport framgår dock ej detaljerad information om vem som fått resestipendier.

### **STINT**

Under "Nyheter" på hemsidan återfinns beviljade bidrag för 2008 inom ett antal olika områden. De bidrag som beviljats inom Institutional Grants Program innehåller ett antal bidrag till nanoprojekt. De projektbidrag som beviljats år 2008 antas även användas under 2008.

### **KK-Stiftelsen**

I projektdatabasen söktes efter projekt med ordet "nano". De projekt vars projektperiod innefattar 2008 och där ordet nano återfinns i projektnamn eller projektbeskrivning tas med. Där ett anslag beviljats för flera år divideras det totala beloppet med antalet år för att uppskatta anslaget för år 2008.

### **MISTRA**

Mistra stöder ett antal forskningsprogram och ger ett antal idéstöd. Inget av de forskningsprogram som pågick under 2008 verkar vara nanorelaterade. Ett större

forskningsprogram i samarbete med SSF, ProEnviro, kommer att stöda ett nanoteknikföretag, men inte förrän 2009. Två av stiftelsens idéstöd är relaterade till nano. Den totala summan som beviljas divideras med antalet år för projektet.

### **Vårdalstiftelsen**

Genom hemsidans sökfunktion kan man söka bland stiftelsen beviljade ansökningar. Inga projekt hittades vid sökning på "nano".

## Appendix 6: Nationella strategier för nanoteknik

### Brazil

#### *Strategy/Initiative*

The National Nanotechnology programme was started in 2005 with a budget of R\$ 58.6 million (€1.2 million) until 2009. Brazilian government investment in nanotechnology research 2001-2006 totals R\$ 170.2 million (€1.6 million).

[http://www.nanoforum.org/nf06~modul~showmore~folder~99999~scid~498~.html?acti on=longview\\_publication&](http://www.nanoforum.org/nf06~modul~showmore~folder~99999~scid~498~.html?acti on=longview_publication&) (NanoforumEULA, *Nanotechnology in Brazil*)

Further info in Portuguese: <http://www.mct.gov.br//index.php/content/view/77609.html>

#### *Attention to risk*

No info found.

#### *Main governmental bodies involved*

- Ministry for Science and Technology

[http://www.nanoforum.org/nf06~modul~showmore~folder~99999~scid~498~.html?acti on=longview\\_publication&](http://www.nanoforum.org/nf06~modul~showmore~folder~99999~scid~498~.html?acti on=longview_publication&) (NanoforumEULA, *Nanotechnology in Brazil*)

#### *Key academic/industrial actors*

- University of Campinas
- University of Sao Paulo
- Federal University of Minas Gerais
- Federal University of Rio de Janeiro
- Pontifical Catholic University of Rio de Janeiro
- Federal University of Pernambuco

[http://www.nanoforum.org/nf06~modul~showmore~folder~99999~scid~498~.html?acti on=longview\\_publication&](http://www.nanoforum.org/nf06~modul~showmore~folder~99999~scid~498~.html?acti on=longview_publication&) (NanoforumEULA, *Nanotechnology in Brazil*)

#### *Assessment of strategy impact*

No info found.

---

### Canada

No strategy formulated.

---



## China

### *Strategy/Initiative*

*National Programme of Nanotechnology* runs from 2001 to 2010. Nanotechnology is also covered by the *National Key Basic Research Project 973* and the *National High Technology Plan 863*. <http://www.ics.trieste.it/Portal/ActivityDocument.aspx?id=5769>

The National 863 Programme for Nano Science and Technology started in 2002 with the total budget of 170M RMB (\$20 million).

<http://www.epsrc.ac.uk/CMSWeb/Downloads/Other/NanotechStrategy.doc>

According to *Wired*, Nanotechnology research is one of four Chinese "science Megaprojects". The estimated government investment is \$400 million between 2002 and 2007. <http://www.wired.com/wiredscience/2008/02/the-chinese-gov/>

### *Attention to risk*

No info found.

### *Main governmental bodies involved*

- Ministry of Science and Technology
- Ministry of Education
- Chinese Academy of Sciences
- National Science Foundation of China

<http://www.epsrc.ac.uk/CMSWeb/Downloads/Other/NanotechStrategy.doc>

### *Key academic/industrial actors*

- Beijing University
- Tsinghua University
- Fudan University
- Jiaotong University
- Nanjing University

<http://www.epsrc.ac.uk/CMSWeb/Downloads/Other/NanotechStrategy.doc>

### *Assessment of strategy impact*

No info found.

---

## Denmark

No strategy formulated.

---

## Finland

### *Strategy/Initiative*

*FinNano - Finnish nanoscience and nanotechnology programme* was formulated in 2005. (OECD Report: DSTI/STP/NANO(2008)18)

The total volume of the programme is approx. 70 million euros, including €25 million in research funding, and €20 million in corporate financing from Tekes. The duration of the programme is five years, 2005 – 2009.

<http://akseli.tekes.fi/opencms/opencms/OhjelmaPortaali/ohjelmat/NANO/en/etusivu.html>

### *Attention to risk*

One of the programme's objectives is "to advance responsible development of nanotechnology – the research programme will take into account ethical challenges, i.e. safety, health and environment related issues".

<http://www.aka.fi/en-gb/A/Science-in-society/Research-programmes/Ongoing/FinNano/>

Taken from the application for participation: "Nanosafety is an essential part of the development of innovations based on nanotechnologies. Applicants are asked to describe possible hazards, exposure, and other risks to human and environmental health potentially associated with nanomaterials. If the project does not comprise any risks, please justify it properly."

<http://akseli.tekes.fi/opencms/opencms/OhjelmaPortaali/ohjelmat/NANO/en/osallistumien.html>

### *Main governmental bodies involved*

- Tekes - Finnish Funding Agency for Technology and Innovation
- Ministry of Employment and the Economy
- Nanotechnology Cluster Programme
- Academy of Finland
- Ministry of Education
- Ministry of the Environment

(OECD Report: DSTI/STP/NANO(2008)18)

### *Key academic/industrial actors*

Steering group members 2008-2009 come from:

- University of Oulun
- Helsinki University of Technology (TKK)
- University of Helsinki
- Jyväskylä Innovation (Nanotechnology Cluster Programme)
- Vaisala
- Nokia

- Nanocomp
- UPM-Kymmene
- Premix

[http://akseli.tekes.fi/opencms/opencms/OhjelmaPortaali/ohjelmat/NANO/en/Steering\\_group.html](http://akseli.tekes.fi/opencms/opencms/OhjelmaPortaali/ohjelmat/NANO/en/Steering_group.html)

*Assessment of strategy impact*

No info found.

---

## **France**

*Strategy/Initiative*

Multiple strategies in 2003-2006.

(OECD Report: DSTI/STP/NANO(2008)18)

Further info in French:

[http://www.industrie.gouv.fr/portail/politiques/index\\_nanotech.html](http://www.industrie.gouv.fr/portail/politiques/index_nanotech.html)

*Attention to risk*

No info found.

*Main governmental bodies involved*

- ANR ([www.agence-nationale-recherche.fr](http://www.agence-nationale-recherche.fr))
- CNRS ([www.cnrs.fr](http://www.cnrs.fr))
- CEA ([www.cea.fr](http://www.cea.fr))

(OECD Report: DSTI/STP/NANO(2008)18)

*Key academic/industrial actors*

No info found.

*Assessment of strategy impact*

No info found.

---

## **Germany**

*Strategy/Initiative*

Germany has a nanotechnology strategy called *Nano-Initiative Action Plan 2010*. The strategy was formulated in 2006. The "[Nano Initiative - Action Plan 2010](#)" for the first time gives a unified framework across all departments.

<http://www.bmbf.de/en/nanotechnologie>

[http://www.bmbf.de/pub/nano\\_initiative\\_action\\_plan\\_2010.pdf](http://www.bmbf.de/pub/nano_initiative_action_plan_2010.pdf)

Budget: Unknown.

#### *Attention to risk*

One of the goals with the initiative: Enable an intensive dialogue with the public about the opportunities offered by nanotechnology but also taking possible risks into account. Possible effects on health and nature will be analyzed, a common strategy on environmental risks of insoluble nano particles developed, and modern means of information and participation of the public applied.

<http://www.bmbf.de/en/nanotechnologie>

The Government will intensify international cooperation on nanotechnology for a number of topics one of which is: “Cooperation with the International Risk Governance Council (IRGC), which is running an initiative on understanding and managing the potential risks of nanotechnology with respect to health, safety, the environment, the economy, and society.”

[http://www.bmbf.de/pub/nano\\_initiative\\_action\\_plan\\_2010.pdf](http://www.bmbf.de/pub/nano_initiative_action_plan_2010.pdf) p 21.

Further on, it is said that: “It is imperative that we extend our knowledge on the consequences of releasing nanoparticles for the environment and health so that we can better evaluate the potential for harm. For this reason, the BMBF has initiated the NanoCare project group (NanoCare, INOS, and TRACER projects). These projects involve participants from commerce and industry working together to investigate the potential risks of handling new nanoscaled or nanostructured materials at an early stage of the development process and to communicate the results to interested commercial groups and to the public (funding up to 2009 amounts to around 8 million euros).”

[http://www.bmbf.de/pub/nano\\_initiative\\_action\\_plan\\_2010.pdf](http://www.bmbf.de/pub/nano_initiative_action_plan_2010.pdf) p 25.

#### *Main governmental bodies involved*

Seven agencies have laid the foundations to the initiative.

- Federal Ministry of Education and Research (BMBF)
- Federal Ministries for Labour and Social Affairs (BMAS)
- Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU)
- Food, Agriculture and Consumer Protection (BMELV)
- Defense (BMVg)
- Health (BMG)
- Commerce and Technology (BMWi)

<http://www.bmbf.de/en/nanotechnologie>

#### *Key academic/industrial actors*

No info found.

*Assessment of strategy impact*

No info found.

*Assessment of strategy impact*

No info found.

---

## **Israel**

*Strategy/Initiative*

The Israel National Nanotechnology Initiative was formulated in 2001.

(OECD Report: DSTI/STP/NANO(2008)18)

From its establishment through 2005, the INNI has distributed nearly \$45 million in government funds. <http://www.nanoisrael.org/funding.asp>

*Attention to risk*

No info found.

*Main governmental bodies involved*

- Council of Higher Education
- Ministry of Science & Technology
- Ministry of Industry, Trade & Labour

(OECD Report: DSTI/STP/NANO(2008)18)

*Key academic/industrial actors*

- Bar Ilan University
- Hebrew University of Jerusalem
- Ben-Gurion University of the Negev
- Technion Israel Institute of Technology
- Weizmann Institute of Science

[http://www.nanoisrael.org/player\\_acad.asp](http://www.nanoisrael.org/player_acad.asp)

A 2005 mapping of nanotechnology companies in Israel can be found here:

[http://www.nanoisrael.org/images/survey\\_company\\_map\\_large.jpg](http://www.nanoisrael.org/images/survey_company_map_large.jpg)

*Assessment of strategy impact*

No info found.

---

## Japan

### *Strategy/Initiative*

In the 3<sup>rd</sup> *Science and Technology Basic Plan*, formulated in 2006, nanotechnology/materials is one of “four priority fields to be promoted”. The total amount of governmental R&D expenditure is estimated to about JPY 25 trillion 2006 to 2010.

<http://www8.cao.go.jp/cstp/english/basic/3rd-Basic-Plan-rev.pdf>

### *Attention to risk*

Ministry of Health, Labour and Welfare conducts research on health impacts, and New Energy Development Organization conducts risk assessment. (Lux Research report LRNI-SMR-08-02 January 2009)

### *Main governmental bodies involved*

- Cabinet Office
- Ministry of Internal Affairs and Communications
- Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology
- Ministry of Health, Labour and Welfare
- Ministry of Economy, Trade and Industry
- Ministry of the Environment
- Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism
- National Institute for Materials Science

(OECD Report: DSTI/STP/NANO(2008)18)

### *Key academic/industrial actors*

- University of Tsukuba

<http://www.nims.go.jp/eng/news/press/2009/06/p200906170.html>

### *Assessment of strategy impact*

No info found.

---

## Korea

### *Strategy/Initiative*

The Korean National Nanotechnology Initiative was formulated in 2001.

(OECD Report: DSTI/STP/NANO(2008)18)

The “Nanotechnology Development Plan” included the investment of KRW 1485 billion (ca €843 million) in R&D over a period of 10 years from 2001 till 2010.

<http://www.k-nano.kr/policy/formulatcon.html?menuStat=1-1>

### *Attention to risk*

No info found.

### *Main governmental bodies involved*

- Ministry of Science & Technology
- Korea science and engineering foundation
- Korea Institute of S&T Evaluation and Planning
- Nano Technology Research Association
- Nanotechnology Information Centre in KISTI

(OECD Report: DSTI/STP/NANO(2008)18)

### *Key academic/industrial actors*

A list of almost 40 universities with nanoscience/nanotechnology activity can be found at

<http://www.k-nano.kr/network/university.html?menuStat=5-2> . Major Korean companies active in nano field include Samsung and LG, as well as a number of others listed at

<http://www.k-nano.kr/network/enterprise.html?menuStat=5-3>.

### *Assessment of strategy impact*

Five years after the establishment of the Phase-1 Nanotechnology Development Plan during which nanotechnology development was actively conducted throughout the country, the Phase-2 Nanotechnology Development Plan (2006-2015) was formulated as a new national policy of nanotechnology development. <http://www.k-nano.kr/policy/developmentPlans.html?menuStat=1-2>

The actual spending 2002-2007 was KRW 1534 billion (ca €871 million) compared to a planned sum of KRW 1009 billion (ca €573 million). <http://www.k-nano.kr/roadmap/investment.html?menuStat=3-1>

The number of nanotechnology-related companies, which was merely 78 (including 33 venture companies) in 2001, increased to 236 (including 153 venture companies) in 2006. <http://www.k-nano.kr/roadmap/commercialization.html?menuStat=3-3>

In 2000, Korea's nanotechnology research manpower totaled around 1,000 including those that were utilizable or convertible from other similar fields. In 2007 the research workforce was estimated at approximately 5 000. Nanotechnology-related departments at colleges also increased from three in 2001 to 56 in 2007. <http://www.k-nano.kr/roadmap/rnd.html?menuStat=3-4>

Representative R&D Results from 1st Phase Nanotechnology Initiative:

- Devices
  - World's first tera-level flash memory device

- Photonic crystal laser, one millionth of a meter scale
- Materials
  - World's first synthesis of CNT at room temperature
  - World's highest purity semiconductor nanorod
- Nano-Bio
  - Chips for diagnosis of hepatitis or cancers
  - Nano-bio sensors for cell use
- Processes/Tools
  - 100 nm level soft lithography technology
  - Manipulation of block co-polymer for semiconductor devices
- Products
  - 16 giga NAND flash memory
  - Sterilizing air conditioner/washing machine using nanosilver
  - Next-generation AFM

<http://www.k-nano.kr/roadmap/development.html?menuStat=3-2>

---

## **Netherlands**

### *Strategy/Initiative*

The *Cabinet View Nanotechnologies*, and *Action Plan for Nanotechnology* were formulated in 2006. (OECD Report: DSTI/STP/NANO(2008)18)

NanoNed, FOM and STW published their strategic research agenda for the new Netherlands Nano Initiative, developed at the Cabinet's request, in 2008. The organisation propose to invest €1 billion in ten years between 2010 and 2020 in nanotechnology research. They request the Dutch government to pay half this amount.

<http://www.nanoforum.org/nf06~modul~showmore~folder~99999~scc~news~scid~3743~.html?action=longview&>

### *Attention to risk*

15% of the budget for the new Netherlands Nano Initiative is reserved for research on risks and societal aspects.

<http://www.nanoforum.org/nf06~modul~showmore~folder~99999~scc~news~scid~3743~.html?action=longview&>

### *Main governmental bodies involved*

- Ministry of Economic Affairs
- Ministry of Education, Culture and Science
- Ministry of Housing, Regional Development and the Environment
- Ministry of Health Welfare and Sports
- Ministry of Defence



- Ministry of Interior and Kingdom Relations
- Ministry of Agriculture, Nature Management and Fisheries
- Ministry of Justice
- NanoNed
- Rathenau Institute
- National Health Council
- National Institute for Public Health and Environmental Protection
- Foundation on fundamental research on matter (FOM)
- Netherlands organization on scientific research
- Foundation for technical sciences (STW)

(OECD Report: DSTI/STP/NANO(2008)18)

*Key academic/industrial actors*

The partners in the NanoNed consortium consist of:

- University of Twente
- TU Delft
- University of Groningen
- University of Nijmegen
- Wageningen University and Research Center
- TNO
- Fotonica Group Amsterdam
- Philips Research Europe

<http://www.nanoned.nl/NanoNed/Partners.htm>

*Assessment of strategy impact*

No info found.

## **Norway**

*Strategy/Initiative*

The *National Strategy for Nanoscience and Nanotechnology* was formulated in 2006. (OECD Report: DSTI/STP/NANO(2008)18)

Recommended overall framework for N&N: NOK 140 million in 2007, steadily increasing to NOK 280 million in 2016.

<http://www.forskningsradet.no/servlet/Satellite?c=Publikasjon&pagename=ForskningsradetNorsk%2FHovedsidemal&cid=1190048420739>

*Attention to risk*

No info found.

#### *Main governmental bodies involved*

- Ministry of Education and Research
- Ministry of Trade and Industry
- Research Council of Norway
- Norwegian Pollution Control Authority
- The Norwegian Board of Technology

#### *Key academic/industrial actors*

- Vestfold University College
- The Norwegian University of Life Sciences
- The Norwegian University of Science and Technology
- The University of Bergen
- The University of Stavanger
- The University of Tromsø
- The University Graduate Centre at Kjeller

<http://www.forskningsradet.no/servlet/Satellite?c=Publikasjon&pagename=ForskningsradetNorsk%2FHovedsidemal&cid=1190048420739> (PDF)

No info about companies found.

#### *Assessment of strategy impact*

No info found.

---

## **Russian Federation**

### *Strategy/Initiative*

The *Strategy of NanoIndustry Development* was initiated in 2007. In order to co-operate implementation of the public policy in the field of nanotechnology, development of innovation infrastructure in the field of nanotechnology, implementation of the projects of perspective nanotechnologies and nanoindustry development, and in accordance with the Federal Law “On Russian Corporation of Nanotechnologies”, State Corporation “Russian Corporation of Nanotechnologies” has been established.

<http://www.rusnano.com/Admin/Files/FileDownload.aspx?id=1772>

RUSNANO participates in building nanotechnology infrastructure, which includes the nanotechnology centers of excellence, business incubators and early stage investment funds. RUSNANO provides scientific and educational programs that are required for its investment projects to succeed, and also supports the popularization of nanoscience and nanotechnology. RUSNANO selects promising spheres for investment based on longer-term foresight created by the leading Russian and world experts.

To assist the Russian nanotechnology industry advance to the global market and strengthening of its international links RUSNANO develops partnerships with the

leading nanotechnology centers in the world and organizes the annual Nanotechnology International Forum in Russia.

<http://en.rusnano.com/Rubric.aspx?RubricId=398>

Budget: No info found.

*Attention to risk*

No info found.

*Main governmental bodies involved*

- Ministry of Education and Science of the RF
- Federal Agency of Science & Innovations
- State Corporation “Russian Corporation of Nanotechnology” [www.rusnano.com](http://www.rusnano.com)

(OECD Report: DSTI/STP/NANO(2008)18)

*Key academic/industrial actors*

No info found.

*Assessment of strategy impact*

No info found.

---

## **Switzerland**

No strategy formulated.

---

## **United Kingdom**

*Strategy/Initiative*

U.K. has the multiple strategies related to nanotechnology:

- Bionanotechnology (BBSRC)
  - No further info found.
- Environment and Human Health theme (NERC)
  - One goal is to “enable an understanding of the impact of nanotechnology and nanoparticles on human health”.
  - <http://www.nerc.ac.uk/research/programmes/humanhealth/aims/areas.asp>
- Nanoscience through Engineering to Applications (EPSRC),
  - The aim of the programme is to focus UK nanotechnology research to enable the UK to make an international impact in this rapidly developing field. The programme has involvement from all other research councils and the Technology Strategy Board.
  - Budget: £6.3 million for 2009/2010
  - <http://www.epsrc.ac.uk/ResearchFunding/Programmes/Nano/Intro.htm>

- Technology Strategy Board strategy.
  - No further info found.

(OECD Report: DSTI/STP/NANO(2008)18)

*Attention to risk*

A few initiatives related to risk are found:

- Nanotechnology Research Coordination Group
  - The Nanotechnology Research Coordination Group (NRCG) was set up to coordinate publicly funded research into the potential risks presented by the products and applications of nanotechnologies. Defra chairs the NRCG and the membership includes Government Departments, Regulatory Agencies and the Research Councils.
  - <http://www.defra.gov.uk/environment/nanotech/research/index.htm>
- Small World Environmental Nanoscience Initiative
  - <http://www.nerc.ac.uk/research/programmes/nanoscience/documents/eni-brochure.pdf>

*Main governmental bodies involved*

- BBSRC ([www.bbsrc.ac.uk](http://www.bbsrc.ac.uk))
- DIUS ([www.dius.gov.uk](http://www.dius.gov.uk))
- NERC ([www.nerc.ac.uk](http://www.nerc.ac.uk))
- DEFRA ([www.defra.gov.uk/environment/nanotech/index.htm](http://www.defra.gov.uk/environment/nanotech/index.htm))
- EPSRC ([www.epsrc.ac.uk](http://www.epsrc.ac.uk))
- Technology Strategy Board ([www.innovationuk.org](http://www.innovationuk.org))

(OECD Report: DSTI/STP/NANO(2008)18)

*Key academic/industrial actors*

No info found.

*Assessment of strategy impact*

No info found.

**USA**

*Strategy/Initiative*

The strategy is called *National Nanotechnology Initiative* (NNI) and was started in 2001.

(OECD Report: DSTI/STP/NANO(2008)18)

Budget: \$1.44 billion during 2008.

[http://www.nano.gov/NNI\\_08Budget.pdf](http://www.nano.gov/NNI_08Budget.pdf)

[http://www.nano.gov/html/about/home\\_about.html](http://www.nano.gov/html/about/home_about.html)

*Attention to risk*

Responsible development of nanotechnology includes supporting fundamental discovery-based research as well as targeted research and other activities to understand potential risks associated with the manufacture and use of engineered nanoscale materials. Since the inception of the National Nanotechnology Initiative, the participating agencies have supported research to safely develop and apply nanotechnology for societal benefit and economic growth as well as research to better protect public health and the environment. By integrating the results of such research, the NNI aims to ensure the benefits of this new technology are maximized within a coordinated research framework that emphasizes understanding and prioritizing potential risks as well as the means to manage such risks.

<http://www.nano.gov/html/society/EHS.html>

From 2005 to 2007, over \$120 million was invested in environment, health, and safety R&D to understand and address potential risks with nanotechnology.

[http://www.nano.gov/NNI\\_08Budget.pdf](http://www.nano.gov/NNI_08Budget.pdf)

The [U.S. Food and Drug Administration \(FDA\)'s Nanotechnology Task Force's report](#) recommends that the agency consider developing guidance for manufacturers and researchers and taking other steps to address the benefits and risks of drugs and medical devices using nanotechnology.

The National Nanotechnology Coordination Office commissioned an article called Understanding Risk Assessment,

[http://www.nano.gov/Understanding\\_Risk\\_Assessment.pdf](http://www.nano.gov/Understanding_Risk_Assessment.pdf).

*Main governmental bodies involved*

- Nanoscale Science, Engineering, and Technology Subcommittee
- National Science and Technology Council
- Committee on Technology
- Office of Science and Technology Policy
- National Nanotechnology Coordination Office

(OECD Report: DSTI/STP/NANO(2008)18)

*Risk related agencies:*

- U.S. Environmental Protection Agency (EPA) – Nanoscale Materials Stewardship Program.
  - The program has the objective to develop a scientific foundation for future regulatory decisions and to learn about existing risk management practices for nano-scale materials.
- U.S. Food and Drug Administration (FDA)

- FDA is taking a risk management approach to nanomaterials and is focusing on nanomaterials used in e.g. cosmetics, food and color additives, drugs and medical devices.
- U.S National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)
  - NIOSH is working to prevent work-related illness and injury from exposure to nanomaterials.

(Lux Research report LRNI-SMR-08-02 January 2009)

*Key academic/industrial actors*

No info found.

*Assessment of strategy impact*

No info found.

# Bilaga B: Svensk nanoteknik i en global kontext

## B.1 Utgångspunkt

I regleringsbrevet för 2009 fick VINNOVA i uppdrag att utarbeta en strategi för nanoområdet. För att utforma en nationell strategi behövs en förståelse för de svenska förutsättningarna i en global kontext. Detta dokument presenterar en kartläggning och analys av de svenska förutsättningarna.

Studien ser på nanoteknikområdet i Sverige som ett innovationssystem. Analysramen som använts grundar sig i stora drag på Bergek et al (2008)<sup>50</sup>. I studien har aspekter på utbredning och användning, samt faktorer som är relaterade till beaktandet av risker både i användning och av tekniken, lyfts fram i större utsträckning än i rådande användning av analysramen från Bergek et al (2008). Underlaget i denna bilaga grundar sig på intervjuer<sup>51</sup> men främst studier av Perez och Sandgren 2007<sup>52</sup>, Kemikalieinspektionen (KemI) 6/07<sup>53</sup>, Aktuellt från KemI 1/09 och 2/09, Fogelberg och Sandén 2008<sup>54</sup>, Dahlöf och Wihed 2009<sup>55</sup>, samt Perez<sup>56</sup>

Denna bilaga lutar sig på de definitioner och avgränsningar som presenterats i huvuddokumentet för strategin. Nanoteknik är ett vitt begrepp och berör många olika områden. Det är därför svårt att genomföra en heltäckande och djupgående analys av området i Sverige. Dokumentet ger dock inblick i de svenska förutsättningarna att ta tillvara möjligheterna och beakta riskerna med utveckling och användning av nanoteknik.

## B.2 Aktörer i nanoteknikens Sverige

Nanoteknik har länge varit ett starkt forskningsområde i Sverige, trots att vi, till skillnad från många andra industrialiserade länder, saknat ett nationellt nanotekniskt initiativ. Mycket av den svenska nanotekniken har byggts upp kring tre större ramprogram: programmet för ytfysik och kemi (1981), Mikronikprogrammet (1980) och

---

<sup>50</sup> Bergek, A., Jacobsson, S., Carlsson, B.; Lindmark, S. Rickne, A., (2008), Analyzing the functional dynamics of technological innovation systems: A scheme of analysis. *Research Policy*, 37 pp. 407-429.

<sup>51</sup> Livsmedelsverket, Naturvårdsverket, SCA, Arbetsmiljöverket, Hans Fogelberg, Bengt Kasemo, Maria Strömme (fler)

<sup>52</sup> Nanoteknikens innovationssystem; Eugenia Perez & Patrik Sandgren; VINNOVA Analys VA 2007:01.

<sup>53</sup> Nanoteknik – stora risker med små partiklar? Kemikalieinspektionen, 2007.

<sup>54</sup> Fogelberg, H., Sandén, B.A., 2008. Understanding reflexive systems of innovation: An analysis of Swedish nanotechnology discourse and organization. *Technology Analysis & Strategic Management* 20, 65.

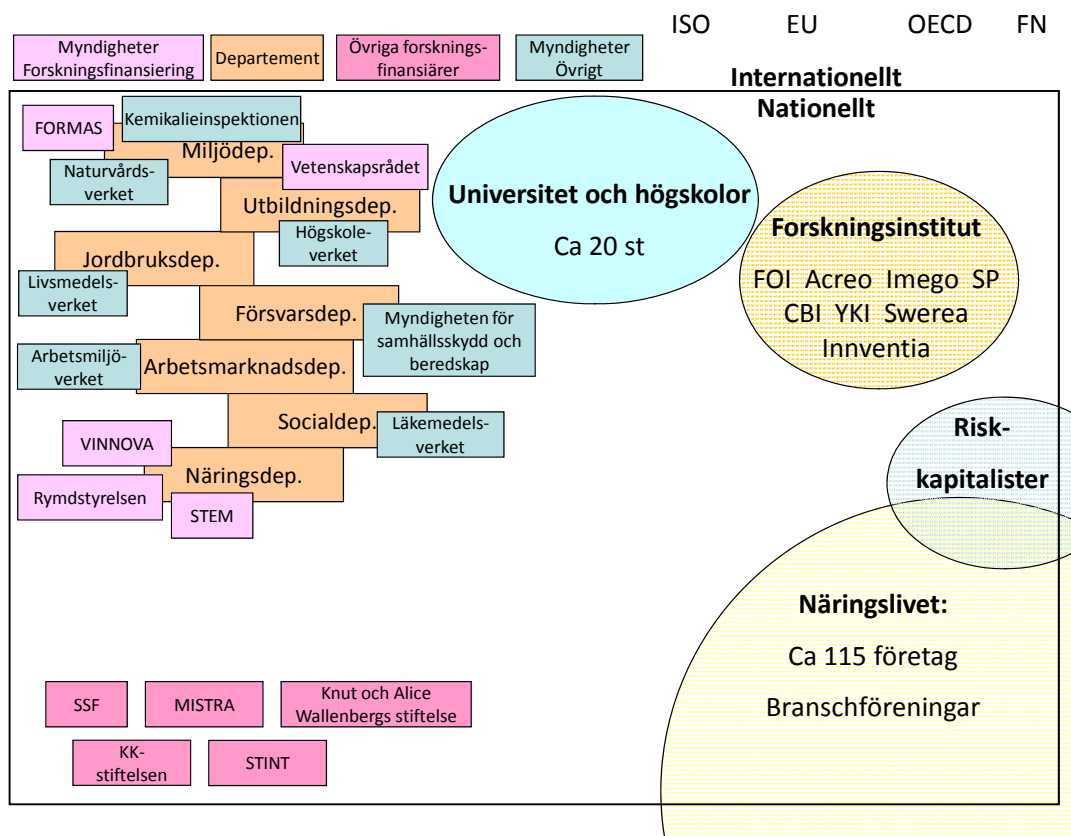
<sup>55</sup> Bilaga A.

<sup>56</sup> Perez E, (to be published), Tracing the impact of academic R&D on the emergence of the Swedish nanotechnological innovation system.

materialkonsortier (1990-talet). Avsaknaden av ett nationellt initiativ och en försiktig användning av termen nanoteknik bland svenska aktörer har tolkats som en blygsam aktivitet i Sverige. Trots detta, och tack vare de tidiga svenska satsningarna, har många aktörer varit aktiva med nanoteknik i närmare 25 år, i stor utsträckning genom starka kopplingar till materialforskningen.

Idag finns ett ökande antal aktörer i Sverige som på olika sätt påverkar användningen och utvecklingen av nanoteknik. Figuren nedan visar på mängden och bredden av olika aktörer.

Figure B.1 Aktörer inom nanoteknik i Sverige



### B.2.1 Universitet och institut

Den forskningsrelaterade verksamheten med universiteten i centrum har länge drivit på utvecklingen för området. Det finns idag ca 20 universitet/högskolor och 700 forskare som är aktiva med nanoteknikforskning inom olika discipliner och i olika utsträckning. Forskning inom nanoteknologi i Sverige sker i störst utsträckning på de stora universiteten: Lunds universitet, Chalmers tekniska högskola, Linköpings universitet, Kungliga Tekniska högskolan och Uppsala universitet. Idag har de flesta lärosätena samordning av sina aktiviteter inom nanoteknik. Det finns ett tiotal centrumbildningar runt om i landet varav flera är internationellt erkända forskningsmiljöer. Åtta forskningsinstitut är verksamma inom området, av vilka Acreo, Imego och Forsvarets



forskningsinstitut (FOI) har varit mest drivande. Generellt har dock institutens aktivitet varit mindre, vilket speglar det nationella innovationssystemets struktur.

## **B.2.2 Företag**

Inom näringslivet finns ca 115 företag som antingen baserar sin verksamhet på nanoteknik eller som delvis använder sig av nanoteknik för att möjliggöra del av verksamheten. Omkring 40 % av bolagen tillhör den första kategorin där nanoteknik är en central kunskapsbas för företagets verksamhet. Av dessa är hela tre fjärdedelar universitetsavknoppningar vilket illustrerar akademins aktiva roll i nanoteknikens utveckling i Sverige. Många av företagen är även lokaliserade i de största universitetsorterna. För flera av de etablerade företagen med nanoteknikverksamhet har nanoteknik länge varit ett inslag som utvecklats gradvis som ett naturligt spår i verksamheten. Hos andra har nanoteknik kommit in som ett nytt inslag som drivits fram av sökandet efter ökad produktprestanda.

Näringslivsaktörerna har olika roller och använder nanoteknikelement på olika sätt. Cirka en tredjedel av företagen i Sverige använder nanoteknik för att tillverka utrustning. En fjärdedel är komponenttillverkare och mindre än fem procent av bolagen tillverkar konsumentprodukter. De flesta företagen tillverkar själva nanoteknikelement i sina produkter, medan en mycket liten del endast köper in nanoteknikkomponenter som sedan inkluderas i deras produkter. I andra fall ingår inte nanoteknik direkt i företagets produkter utan kommer exempelvis att användas av andra för tillverkning och mätning av nanostrukturer. Gemensamt för alla dessa bolag är dock att de behöver nanoteknologi för att bedriva verksamheten.

Företagen hittas till största del inom läkemedel, bioteknik, medicinteknik och elektronik. För företag som baserar sin verksamhet på nanoteknik tillhör hela fyra femtedelar dessa två sektorer. Motsvarande siffra för företag som använder sig av nanoteknik för att möjliggöra del av verksamheten är omkring tre femtedelar. Dock är företagen utspridda över ett stort antal sektorer och flera branscher är berörda.

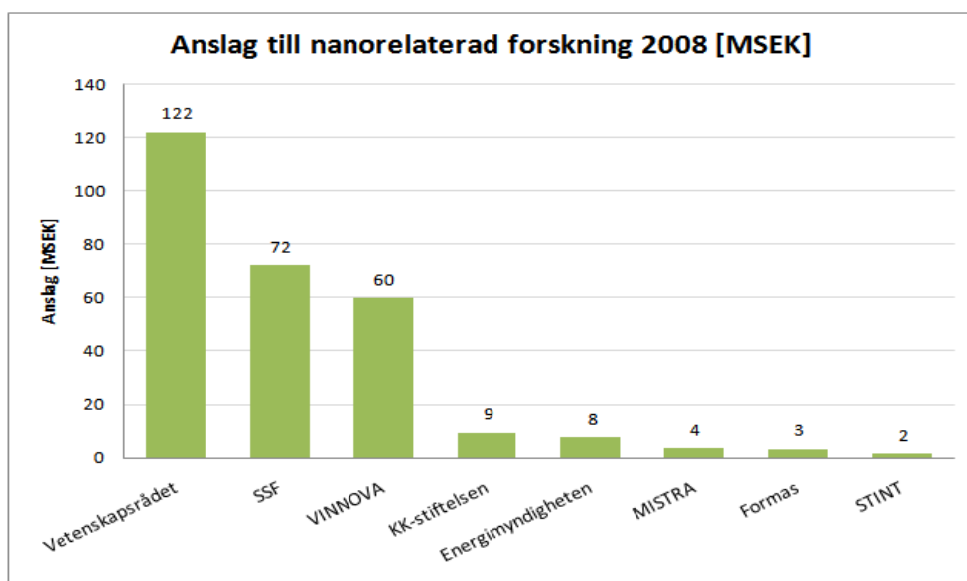
## **B.2.3 Offentliga aktörer**

Det finns idag sju departement som på olika sätt och i olika utsträckning arbetar med nanoteknikrelaterade frågor; se figur B.1. Med anknytning till dessa finns tolv statliga organisationer, i form av tillsynsmyndigheter och forskningsfinansiärer.

### **B.2.3.1 Forskningsfinansiärer**

Bland forskningsfinansiärer, utöver näringslivssektorn, kan ytterligare fem oberoende större forskningsstiftelser, både privata och offentliga räknas. Detta är en ögonblicksbild och antalet finansiärer väntas öka i framtiden. Figur B.2 illustrerar fördelningen av konkurrensutsatta anslag till nanorelaterad forskning från offentliga finansiärer för 2008.

Figur B.2 Fördelning av konkurrensutsatta anslag till nanoteknikrelaterad forskning 2008



Av forskningsfinansiärerna stod Vetenskapsrådet (VR) för de största satsningarna under 2008 genom de stora anslagen till centrumbildningar och många projektanslag. Stiftelsen för Strategisk Forskning (SSF), som är en oberoende forskningsstiftelse, och VINNOVA stod var och en för ungefär hälften så mycket som Vetenskapsrådet. Andra mindre finansiärer inom området är i KK-stiftelsen, Energimyndigheten, Stiftelsen för miljöstrategisk forskning (MISTRA), Forskningsrådet för miljö, areella näringar och samhällsbyggande (Formas) och Stiftelsen för internationalisering av högre utbildning och forskning (STINT).

### B.2.3.2 Tillsynsmyndigheter

Övriga statliga verk med nanoteknikverksamhet utgörs till största del av tillsynsmyndigheter. Generellt handlar verksamheten om kunskapsuppbyggnad men även deltagande i internationella nätverk för tolkning av lagar, regleringar och ”*code of conduct*” för nanoteknik.

Arbetsmiljöverket har ett uppdrag att bevaka nanoteknikområdet genom sitt vanliga uppdrag och deltar i svenskt standardiseringsarbete och EU:s arbete med nanoteknik och arbetsmiljö. På Livsmedelsverket berörs ett 10-tal personer av nanoteknikrelaterade frågor som främst gäller produktion och riskvärdering av nanoteknik samt analysmetoder för detektion av nanomaterial i livsmedel. Naturvårdsverket arbetar mest med miljöbevakning och har finansierat seminarier kring nanoteknik. Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) har genom före detta Räddningsverket bedrivit en del arbete om nanoteknik i samband med risker i framtidsscenarier för samhällsutveckling och med anledning av boendets olycks- och hälsorisker. Kemikalieinspektionen (KemI) är den aktör bland tillsynsmyndigheterna som haft mest aktiviteter rörande nanoteknik. Under de senaste åren har man utfört flera utredningar på EU-kommissionens och regeringens uppdrag rörande risker, förekomst och lagstiftning.

KemI deltar även i olika arbetsgrupper på EU-nivå och inom OECD. Myndigheten driver även ett informellt nätverk där svenska forskare och myndigheter (Konsumentverket, Krisberedskapsmyndigheten, Högskoleverket) ingår.

### **B.2.3.3 Offentliga aktörer i internationella samarbeten**

Svenska aktörer deltar i ett antal internationella nätverk som gäller nanoteknikfrågor. Inom EU finns många arbetsgrupper för nanoteknikrelaterade frågor, ofta med inriktning på kunskapsuppbyggnad och kartläggning. EU-kommissionen har inrättat en arbetsgrupp (CASG Nano<sup>57</sup>) för behöriga myndigheter som lämnar råd och rekommendationer om hur nanomaterial ska hanteras inom den europeiska kemikalieförordningen Reach. I denna grupp ingår KemI, som även deltar i flera implementeringsprojekt för Reach. KemI deltar även i arbetet med nanoteknologi och nanomaterial inom den globala kemikaliestrategin SAICM (Strategic Approach to International Chemicals Management) under FN:s miljöprogram UNEP.

Inom OECD finns två större arbetsgrupper för nanoteknikfrågor. Arbetsgruppen för tillverkade nanomaterial (WPMN, där KemI deltar) verkar för internationell samverkan om hälso- och miljöriskrelaterade frågor för tillverkade nanomaterial. Arbetsgruppen för nanoteknik (WPN) där VINNOVA deltar, syftar till att vägleda i policyfrågor kring det ansvarsfulla utvecklandet och användandet av nanoteknik. VINNOVA och Vetenskapsrådet deltar även i nanoteknikrelaterade aktiviteter i anslutning till det Europeiska ramprogrammet för forskning och utveckling.

## **B.3 Användning och utbredning<sup>58</sup>**

Nanoteknikinslag i produkter finns på ett stort antal marknader. I en internationell kartläggning av produkter baserade på nanoteknik beskrivs ca 1000 konsumentprodukter<sup>59</sup>. Största delen av de konsumentprodukter som identifierats är kosmetik- och hälsoprodukter. Åtkomligheten av produkter innehållande nanomaterial är internationellt gränsöverskridande. De flesta produkter är importerade och vår inhemska produktion av nanomaterial är fortfarande låg. Det är svårt att täcka in alla typer av nanoteknikprodukter i systematiska kartläggningar. Ofta fokuserar man på produkter där nanoteknik kommer in som ett nytt radikalt inslag, ofta i partikelform som exempelvis i produkter som kosmetika (frisyrgeleer, smink) och läkemedel (plåster, hudsalvor). I svenska undersökningar har man identifierat ett hundratal sådana produkter. Tabell B.1 visar exempel på dessa nanomaterial som ingår i varor på den svenska marknaden. Typen av produkter man identifierat i Sverige speglar förekomsten i andra länder i Nordeuropa, förutom produkter med antibakteriellt nanosilver som är förhållandevis färre i Sverige.

---

<sup>57</sup> Competent Authorities Subgroup on Nanomaterials.

<sup>58</sup> Detta kapitel bygger i huvudsak på Kemikalieinspektionens rapport PM 1/09, Användningen av nanomaterial i Sverige 2008 – analys och prognos.

<sup>59</sup> Augusti 2009. <http://www.nanotechproject.org/inventories/consumer/>

## Abell B.1 Exempel på nanomaterial (KemI, PM1/09)

---

VARA PÅ SVENSK MARKNAD	TROLIGT NANOMATERIAL
Ytbeläggningar: bilar, kakel, sten, glas, textil	titandioxid, kiseldioxid/glas, polymerer
Färg och plast	hyperförgrenade polymerer
Racketar	kolnanorör, kiseldioxidkomposit
Cyklar	kolnanorörkomposit, aluminium
Skidor och hockeyklubbor	epoxi-kolnanorörkomposit
Tennisbollar	nanolerakomposit
Bildelar	polymer-lerkomposit
Fyllmedel i gummidäck, svart färg	kimrök
Filter för luftrening av tilluft till motorer	nanofiber av polymerer
Sockor, sulor, förband	silvernanostråd
Kläder	fluorerade fibrer
Vattenavvisande på textil	dendrimerer; hydrofoberade
Solskyddskräm	titandioxid, zinkoxid
Tandkräm	hydroxiapatit
Papperskemikalier	kiseldioxid
Elektronmikroskopi	guldparklar

---

Det finns även fall där fria nanopartiklar endast återfinns under tillverkningen (däck, billack, batterier, tennisracket). Som konsument kommer vi i detta fall i kontakt med fixerade partiklar eller fibrer i material. En grupp produkter som ofta glöms bort i kartläggningar är elektronikvaror. En majoritet av dagens elektronikprodukter har komponenter som bygger på nanoteknik, och antalet ökar. Byggindustrin har även ett antal nanoteknikprodukter i form av yt nanostrukturer i fönsterglas och väggbeläggning. Inom fordonsindustrin finns nanokomponenter i filter och katalysatorer. I sportartiklar förekommer nanomaterial i alltifrån golfklubbor och tennisbollar till cykeldelar och vådräcker. Det finns idag ett fåtal medicintekniska produkter som innehåller nanoteknik. Inom livsmedelsområdet finns möjligheter att via Internet importera kosttillskott och antibakteriella produkter som innehåller nanoteknik. Även inom textilindustrin finns nanoteknikapplikationer, trots att användningen i Sverige fortfarande är mycket liten.

Det finns även en stor grupp produkter som innehåller *carbon black* (kimrök), vilket kan räknas till nanomaterialen. Detta ämne har använts länge och inom många olika typer av applikationsområden, men täcks sällan av kartläggningar av nanoprodukter. Exempelvis förekommer ämnet i svart färg i tidningar, gummidäck och andra svarta plast- och gummikomponenter.

Användningen av nanomaterial ökar och det gör även antalet tillverkare. Denna ökning väntas fortsätta under kommande decennier<sup>60</sup>. Förekomsten av produkter i Sverige kommer även fortsättningsvis att spegla tillgängligheten på produkter på den internationella marknaden.

## **B.4 Lagstiftning, direktiv och standarder**

Frågor om lagstiftning, direktiv och standarder för utveckling och användning av nanoteknik har kommit högt upp på den politiska agendan de senaste åren. Denna typ av ramverk kan både begränsa och stödja nyttiggörandet av nanoteknik. En reflekterande system, där möjliga risker tidigt beaktas i utvecklingen av nanoteknik kommer att leda till en bättre fungerade marknad. Det kommer att öka trovärdigheten hos allmänheten och göra företagen tryggare i sina investeringar. Samtidigt är det viktigt att regleringen inte bli för rigid och omotiverat omfattande; riskerna ser olika ut på olika områden. Rätt utformad kan regleringen både begränsa risker och vara ett stöd vid utvecklingen av användbar nanoteknik.

Sveriges medlemskap i EU innebär att miljökrav i dag sätts på europeisk nivå. Sverige behöver bidra till utvecklingen av balanserade lagar, direktiv och standarder för nanoteknik. För detta krävs kunskap och samordning av Sveriges agerande.

Idag är vissa svenska företag avvaktande till att införa nanoprodukter i väntan på riktlinjer som kan hjälpa till att identifiera och klassificera riskerna med utveckling och användning av nanoteknikprodukter. Rädslan för att ordet nano kan komma att förknippas med en hälso- eller miljökatastrof bromsar idag utvecklingen. Många företag vågar inte satsa på nanoteknik eftersom kunskapsbristen avseende risker med nanopartiklar är stora. Det råder exempelvis osäkerhet om hur EU:s Reachförordning reglerar användandet av nanopartiklar. Både Reach och andra lagar och föreskrifter kommer under de närmaste åren att ses över angående tillämpningen av nanotekniken.

Livsmedelsverkets erfarenhet är att många producenter utvecklar och forskar inom detta område, men få produkter har nått marknaden. Känslan är att industrin ”väntar” på riskvärderingar som säger att nanotekniken är säker. Arbetsmiljöverket arbetar med frågor om produktion av nanoteknik, men vet inte i vilken utsträckning och hur detta sker i Sverige. Man har i de fallen hänvisat till rådande direktiv om krav för arbetsmiljön och hänvisat till att man bör minimera exponeringen. Det är arbetsgivarens ansvar att miljön är säker och den som säljer produkter har ansvar att informera om risker.

### **B.4.1 EU:s regelverk**

Reach-förordningen är en kemikalielagstiftning som ersätter stora delar av de kemikalieregler som gällde i EU och i Sverige före den 1 juni 2007. Syftet med

---

<sup>60</sup> Lux Research Inc., 2009. Nanomaterials State of the Market Q1 2009: Cleantech's Dollar Investments, Penny Returns. New York.

förordningen är i korthet att informera om kemikalier, se till att de används på ett säkert sätt och bidra till den europeiska industrins konkurrenskraft. Reglerna finns i en EG-förordning (nr 1907/2006) och ska därför tillämpas direkt av företagen, utan att införas i svenska regler.

Reach står för Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals, eller på svenska: registrering, utvärdering, godkännande och begränsning av kemikalier. Förordningen trädde i kraft inom hela EU den 1 juni 2007, men bestämmelserna i Reach-förordningen börjar gälla stegvis.

Reach bygger på principen att tillverkare, importörer och nedströmsanvändare<sup>61</sup> ska se till att tillverkningen, introduktionen på marknaden och/eller användningen av kemikalierna inte skadar människors hälsa eller miljön. Reach bygger även på försiktighetsprincipen. Enligt Reach ska tillverkare och importörer lämna ett registreringsunderlag för ämnen som de tillverkar eller importerar minst 1 ton av per år. Vid minst 10 ton/år ska sökanden lämna en kemikaliesäkerhetsrapport.

Utgångspunkten för EU-kommissionen och medlemsländerna är att Reach i princip omfattar nanomaterial, men eftersom det inte finns något uttryckligt omnämnande av nanomaterial i Reach måste man utreda om tillämpningen kommer att fungera. Det står klart att särskild vägledning för nanomaterial kommer att behöva utvecklas, men det återstår att avgöra om detta räcker eller om även specifik reglering behöver tillföras artikeltexten i Reach. Kommissionen anser att en eventuell särskild reglering av nanomaterial kan övervägas i samband med den översyn av Reach-förordningen som ska presenteras 1 juni 2012.

För nanoområdet finns en europeisk expertgrupp, ”Competent Authorities Subgroup on Nanomaterials”, som förväntas lämna råd och rekommendationer till EU-kommissionen och medlemsländernas myndigheter om tillämpligheten i de olika processerna under Reach-förordningen, t.ex. registrering och information i distributionskedjan, utvärdering och tillstånd. Under 2008 och 2009 har arbetet bland annat inriktats på att ta fram en beskrivning av hur nanomaterial omfattas av dessa olika processer i Reach. Många detaljfrågor kvarstår dock att besvara innan det går att avgöra om man kan formulera en hållbar tolkning att tillämpa vid genomförandet. Under 2009 startas därför tre vägledningsprojekt kring ämnesidentifiering, behov av särskilda informationskrav om hälso- och miljöeffekter samt om metodik för exponerings- och riskbedömning av nanomaterial. Projekten planeras pågå i 12-18 månader.

EU-lagstiftningen om klassificering, märkning och förpackning av ämnen och blandningar, den så kallade CLP-förordningen (Europaparlamentets och Rådets Förordning (EG) nr 1272/2008), syftar till att säkerställa en hög skydds nivå för människors hälsa och för miljön, och samtidigt främja konkurrenskraft och innovation.

---

<sup>61</sup> En nedströmsanvändare är en fysisk eller juridisk person som inte är tillverkare av ett ämne eller importör av ämnen och beredningar och som använder ett ämne antingen som sådant, eller ingående i en beredning (en blandning av olika ämnen), i sin industriella eller yrkesmässiga verksamhet.

Detta görs genom att bestämma kriterier för vilka egenskaper hos ämnen och blandningar som leder till att de klassificeras som farliga, så att de effekter och faror som kan uppstå vid exponering för dessa ämnen och blandningar identifieras och meddelas korrekt till kunder och användare, via märkning av förpackningar, varningstexter och säkerhetsdatablad.

Användningen av nanomaterial är bred och berör därför många olika lagstiftningsområden. De senaste årens diskussioner om behovet av att utveckla lagar, direktiv och standarder har, förutom överläggningar avseende Reach, i första hand rört produkter som används direkt på kroppen, eller intas. Nedan följer en beskrivning av lagstiftningar inom läkemedel, livsmedel och kosmetika, som är de områden där frågan om nanoteknik i varor varit mest aktuell.

#### **B.4.2 Läkemedel**

Det finns idag ett fåtal medicintekniska produkter som innehåller nanoteknik<sup>62</sup>. Läkemedelsverket är den berörda tillsynsmyndigheten.

Europeiska läkemedelsmyndigheten (EMA) har tillsatt en särskild arbetsgrupp, Innovation Task Force (ITF)<sup>63</sup> för att samordna vetenskaplig och regulatorisk kompetens med avseende på nya terapier och teknologier, inklusive nanoteknologi. Gruppen ska också vara ett forum för tidig dialog med läkemedelsindustrin omkring regulatoriska och vetenskapliga frågor som kan komma upp i utvecklingen<sup>64</sup>.

#### **B.4.3 Livsmedel**

Trots att det ännu inte finns så mycket nanoteknikprodukter på livsmedelsmarknaden är frågor om potentiella risker och reglerande ramverk mycket aktuell. Det finns indikationer på att industrin i allmänhet har mycket dålig kännedom, både om risker och om den lagstiftning om nanoteknik som faktiskt finns inom livsmedelsområdet.

Enligt Europaparlamentets och rådets förordning (EG) nr 178/2002 om allmänna principer och krav för livsmedelslagstiftning och livsmedelssäkerhet<sup>65</sup> gäller att livsmedel som införs på marknaden ska vara säkra (artikel 14) och att livsmedelsföretagaren är ansvarig för detta (artikel 17) och är skyldig att dra tillbaka livsmedel från marknaden som inte är säkra (artikel 19). Tre specialområden inom EG-lagstiftningen omfattar nanomaterial: tillsatser, nya livsmedel och material och produkter i kontakt med livsmedel.

---

<sup>62</sup> <http://www.nanotechproject.org/inventories/medicine/apps/all/>

<sup>63</sup> <http://www.emea.eu.int/htms/human/itf/itfintro.htm>

<sup>64</sup> Reflection paper on nanotechnology-based medicinal products for Human Use, European Medicines Agency, 2006. <http://www.emea.europa.eu/pdfs/human/genetherapy/7976906en.pdf>

<sup>65</sup> <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2002R0178:20080325:SV:PDF>

**Definitioner:**

**Nytt livsmedel:** Livsmedel som inte har använts som människoföda i betydande omfattning i gemenskapen före den 15 maj 1997, däribland livsmedel som innehåller eller består av konstruerade nanomaterial.

Det innebär att livsmedel med konstruerat nanomaterial alltid är nytt livsmedel och ska hanteras regelmässigt enligt denna förordning och i praktiken ska det genomgå hälsomässig utvärdering från fall till fall. (Jfr EFSA:s Opinion)

**Konstruerat nanomaterial:** avsiktligt tillverkat material som har en eller flera dimensioner i storleksordningen 100 nm eller mindre eller som består av åtskilda funktionella delar, antingen i sitt inre eller på ytan, varav många har en eller flera dimensioner i storleksordningen 100 nm eller mindre, inbegripet strukturer, agglomerat eller aggregat, som kan vara i storleksordningen över 100 nm men behåller egenskaper som är utmärkande för nanonivån.

European Food Safety Authority (EFSA) har fastslagit<sup>66</sup> att varje nanoapplikation måste riskvärderas och utvärderas från fall till fall. Detta eftersom ett ämnes egenskaper i bulkform inte självklart kan förutsättas då ämnet föreligger i nanoform. Vidare finns stor osäkerhet när det gäller att karaktärisera, detektera och mäta nanoprodukter i livsmedel kopplat till toxikologiska aspekter. Det saknas också kunskap om eventuell exponering från sådana produkter och i vilka halter dessa förekommer i livsmedel.

#### **B.4.3.1 Tillsatser**

Enligt Europaparlamentets och rådets förordning (EG) nr 1333/2008 om livsmedelstillsatser, som ska tillämpas från 20 januari 2010, gäller bland annat att en tillsats enligt artikel 6.1. inte, med utgångspunkt från tillgängliga vetenskapliga rön, får utgöra en hälsorisk i den mängd som föreslås, att ett tekniskt behov finns och att konsumenten inte vilseleds av användningen.

I artikel 12 anges att om det sker en väsentlig förändring av produktionsmetod eller det ursprungsmaterial som används, eller vid en förändring av partikelstorleken, t.ex. med hjälp av nanoteknik, ska den livsmedelstillsats som beretts med dessa nya metoder eller material anses som en annan tillsats och återutvärdering eller ändring i specifikationen krävas.

#### **B.4.3.2 Nya livsmedel**

Nya livsmedel – Novel Foods på engelska – är ett begrepp för mat inom EU som infördes 1997. EG-förordningen om nya livsmedel, (EG) nr 258/97, har en process för godkännande av nya livsmedel och livsmedels ingredienser inom EU. I nuvarande förordning finns inte nämnt någonting om nanoformer. Dock finns en diskussion i

---

<sup>66</sup> se EFSA:s opinion "The potential risks arising from nanoscience and nanotechnologies on food and feed safety; Scientific Opinion of the Scientific Committee; 10 feb 2009; [www.efsa.europa.eu](http://www.efsa.europa.eu)



samband med revideringen huruvida särskilda krav angående nanopartiklar samt utvärderingsmetoder bör tas fram.

Enligt förordningen definieras "nya livsmedel" som livsmedel och livsmedelsingredienser som inte har använts som människoföda i större utsträckning inom gemenskapen före 15 maj 1997. En sådan kategori, enligt artikel 1.2 (f), är livsmedel och livsmedelsingredienser till vilka använts en produktionsmetod som för närvarande inte används, då denna produktionsmetod innebär betydande förändring av livsmedlets eller livsmedelsingrediensens sammansättning eller struktur som påverkar dess näringsvärde, metabolism eller halten av icke önskvärda ämnen.

I artikel 3 beskrivs att livsmedel och livsmedelsingredienser bland annat inte får vara farliga för konsumenten, vilseleda konsumenten eller förändra livsmedlet det ska ersätta på ett sådant sätt att det blir näringsmässigt negativt för konsumenten.

En *ny förordning om nya livsmedel*, som ska ersätta ovan nämnda förordning, är under förhandling. En överenskommelse finns bland medlemsländerna i rådet och Europaparlamentet ska göra sin andra läsning.

#### **B.4.3.3 Material och produkter i kontakt med livsmedel**

Enligt Europaparlamentets och rådets förordning (EG) nr 1935/2004 om material och produkter avsedda att komma i kontakt med livsmedel<sup>67</sup>, den s.k. *ramförordningen* inom materialområdet, gäller att sådana material och produkter inte får utgöra en fara för människors hälsa, orsaka oacceptabla förändringar av livsmedlets sammansättning och inte försämra deras organoleptiska<sup>68</sup> egenskaper (artikel 3). Enligt artikel 16 ska tillverkare av material och produkter avsedda att komma i kontakt med livsmedel skriftligen förklara att produkterna överensstämmer med bestämmelserna.

I Kommissionens direktiv 2002/72/EG om material och produkter av plast som är avsedda att komma i kontakt med livsmedel, det s.k. *plastdirektivet*<sup>69</sup>, godkänns monomerer och tillsatser för tillverkning av dessa material och produkter efter prövning av EFSA. Titaniumnitrid (TiN) har prövats av EFSA för tillverkning av PET-flaskor<sup>70</sup>. Det är ännu inte godkänt av kommissionen men får användas med stöd av medlemsländernas egen nationella lagstiftning till och med 2009 enligt artikel 4 i plastdirektivet.

Enligt artikel 5 i kommissionens förordning (EG) nr 450/2009 om *aktiva och intelligenta material och produkter* avsedda att komma i kontakt med livsmedel<sup>71</sup> ska användningen av nanomaterial regleras från fall till fall.

---

<sup>67</sup> <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2004:338:0004:0017:SV:PDF>

<sup>68</sup> Användandet av sinnesorganen vid bestämning av livsmedels och andra varors kvalitet.

<sup>69</sup> <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2002L0072:20080327:SV:PDF>

<sup>70</sup> [http://www.efsa.europa.eu/EFSA/efsa\\_locale-1178620753812\\_1211902210701.htm](http://www.efsa.europa.eu/EFSA/efsa_locale-1178620753812_1211902210701.htm)

<sup>71</sup> <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:135:0003:0011:SV:PDF>

Att kommissionen inte godkänt titaniumnitrid trots EFSA:s positiva granskningsutlåtande och att nanomaterial i aktiva och intelligenta material och produkter ska prövas från fall till fall speglar kommissionens försiktiga hållning till hanteringen av riskerna med nanomaterial.

I ingen av dessa generella eller mer detaljerade förordningar anges några mer specifika tester eller andra och ytterligare krav på undersökning än de allmängiltiga – mycket beroende på att här saknas kunskap om vilka nya eventuella hälsorisker nanopartiklar utgör. Först när eventuella risker är klarlagda utifrån forskning, kan mer exakta testbetingelser eller testmetoder krävas.

#### **B.4.4 Kosmetika**

Det befintliga kosmetikadirektivet från 1976 (Rådets direktiv 76/768/EEG om tillnärmning av medlemsstaternas lagstiftning om kosmetiska produkter) kommer inom några år att ersättas av en ny kosmetikaförordning som beslutas av rådet och parlamentet gemensamt. Parlamentet antog förordningen den 24 mars 2009. Förordningen är i princip klar, och kan förväntas publiceras snart. Efter kommissionens förslag har parlamentet varit mycket aktivt för att öka konsument säkerheten när det gäller nanomaterial.

### **B.5 Det svenska systemets innovationskraft**

För att en ny teknik ska växa fram på ett hållbart sätt och skapa samhällsekonomiskt värde behöver ett antal faktorer beaktas. *Drivkrafter* behöver finnas för att aktörer ska manas till att aktivt utveckla och använda tekniken på ett hållbart sätt. För att möjliggöra detta behöver *kunskapsbasen* för nanoteknik utvecklas och spridas. *Kommer-sialisering* är en viktig aspekt för att tekniken ska komma till nytta. För att detta ska ske måste det även skapas möjligheter i form av att *marknader* utvecklas. Vidare måste det finnas *legitimitet* för utveckling och användning av nanoteknik i samhället. I detta är hanteringen av negativa effekter med tekniken ett viktigt inslag. Slutligen behövs *resurser* för hållbar utveckling och *interaktion* mellan aktörer för att tekniken ska utvecklas och nyttiggöras. Utifrån dessa aspekter kan de svenska förutsättningarna för att skapa samhällsnytta av nanoteknik beskrivas.

#### **B.5.1 Drivkrafter för hållbar utveckling och användning av nanoteknik**

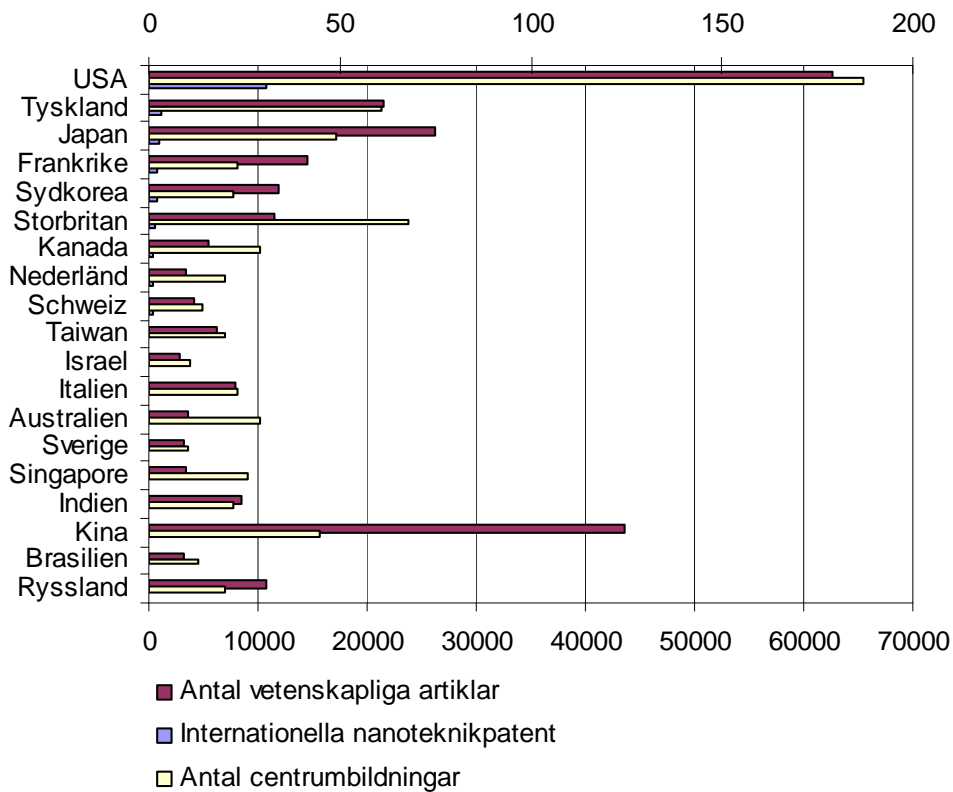
Förväntningar på framtida användningsområden skapar incitament för aktörer att utveckla och använda nanoteknik. Det politiska intresset för området har länge varit starkt på det internationella planet och på senare år har området getts uppmärksamhet även i Sverige. Nanoteknik framhölls som ett strategiskt viktigt område för Sverige i forskningspropositionen för 2009-2012 och tilldelades särskild finansiering. Även lokaliseringen av European Spallation Source, ESS, och konstruktionen av MAX IV-laboratoriet i Sverige har bidragit till att ge nanoteknik ett ökat nationellt politiskt intresse och även internationell uppmärksamhet. Ett stort antal aktörer är idag verksamma med nanoteknik i Sverige och det lockar ytterligare aktörer.

Det finns en stor variation i fråga om teknik, applikationer och marknader för nanoteknik, vilket gör det svårt för aktörer att orientera sig. På internationell nivå har nanoteknikapplikationer för energi och miljö fått stor uppmärksamhet. Statliga satsningar på internationell nivå inom energi- och miljöområdet har fått ett antal nanoteknikföretag att styra om sin verksamhet åt det hållet. Det finns alltså redan idag drivkrafter som skapar incitament för företag att adressera denna typ av globala utmaningar.

### B.5.2 Spridning och utveckling av kunskapsbasen för nanoteknik

Sverige uppfattas generellt av internationella aktörer som en stark aktör inom nanoteknisk forskning. Dock visar bibliometriska data inte på ett särskilt utmärkande svenskt resultat om man jämför med svenska resultat inom annan teknisk- och naturvetenskaplig forskning<sup>72</sup>.

Figur B.3 En internationell jämförelse av antal artiklar, patent och centrumbildningar



Det finns en väl utvecklad infrastruktur i form av renrum och instrument. Det har gjorts relativt stora investeringar i forskningsinfrastrukturen, bland annat genom satsningar från Knut och Alice Wallenbergs stiftelse. Infrastrukturen är en viktig komponent för att säkra utvecklingen av kunskapsbasen och behöver upprätthållas i takt med att tekniken utvecklas.

<sup>72</sup> Igami and Saka, 2007; Lux Research Inc., 2009; Perez and Sandgren, 2008

Kunskapsbasen om potentiella miljö- och hälsofaror orsakade av nanomaterial är mycket bristfällig. Det är oklart om befintliga standardiserade testmetoder är lämpliga för att undersöka hälso- och miljöfarlighet av olika nanomaterial. Det finns idag väldigt lite sådan forskning, trots att nya satsningar har gjorts, bland annat genom Formas finansiering av centret Nanosphere. Riskforskningen idag speglar heller inte den övriga nanoteknikforskningen som inte är direkt riskorienterad. Länkarna mellan riskforskning och den övriga forskningen är svag. Detta område, liksom nanoteknikforskningen generellt, präglas av tvärdisciplinära utmaningar i form av kommunikationsproblem mellan olika discipliner.

Spridning av kunskap har varit begränsad på det nationella planet, eftersom nationella nätverk varit underutvecklade. Dock har detta ökat på senare tid, delvis på grund av incitament i den senaste svenska forskningspropositionen i form av de strategiska utlysningarna.

Utbildning är ett viktigt sätt att sprida kunskapsbasen. Det finns idag ett antal nanoteknikrelaterade utbildningar på de svenska universiteten, både på grund- och forskarnivå. FOI och Lunds universitet har utbildning om nanoteknik, både gällande möjligheter med tekniken och risker, till företag och myndigheter. Tillgängligheten på nanoteknologisk kompetens har generellt ansetts vara tillräcklig. Dock har det identifierats brist på humankapital med tvärdisciplinär kompetens och det finns svårigheter för små och medelstora företag att hitta lämpligt specialutbildade personer. Större företag förutser brist på humankapital inom nanoteknik på tio års sikt.

### **B.5.3 Kommersialisering av nanoteknik**

Kommersialisering är en stor del av nyttiggörandet, och processen kan ske på olika sätt. Exempelvis har befintliga storföretag tagit till sig tekniken och använt det till innovationer som legat i linje med befintlig riktning i verksamheter. Näringslivet sätter sig då i förbindelse med de mest lämpliga forskningsmiljöerna med erfarenhet av att samarbeta med industrin. Det finns flera exempel bland befintliga centrumbildningar inom nanoteknik. Det finns en tradition av att samarbeta på detta sätt som går tillbaka till de grupperingar som uppstod under materialkonsortierna. Även militär industri har historiskt sett varit aktiv i denna typ av konstellationer, och exempel kan hittas inom det forskningsprogram om nanoteknik som FOI drev tillsammans med industrin och akademien mellan 2003 och 2008. Dock finns indikationer på att dessa länkar har blivit svagare och förklaringar kan finnas i globalisering av företagets aktiviteter och minskade resurser i offentlig sektor. Det finns även stora kulturella skillnader mellan dessa aktörer, samt formella hinder som försvårar samarbetet.

Nanoteknikområdet präglas av en forskningsbaserad kunskapsutveckling, och mycket av nyttiggörandet av tekniken sker genom bildandet av nya bolag. Det har framförts att en del av den svenska nanoteknikforskningen saknar en avnämning, vilket leder till att framför allt akademiska aktörer skapar nya företag istället för att etablerad industri kommersialiserar forskningen. Ansvaret för att kommersialisera läggs hos universiteten och förutsättningarna för detta anses vara svåra. Det saknas utrymme för forskare att

agera som entreprenörer. Till att börja med är det svårt för forskare att få tid och resurser till att verifiera potentiellt kommersialiserbara idéer. Många gånger handlar detta inte om att kommersialisera forskningsresultat utan idéer uppkommer som ett resultat av forskarnas generella kompetens. Ofta finns då inget utrymme att testa dessa idéer och det är svårt att få finansiering. Det finns idag visst stöd från finansiärer för att validera idéer, men detta uppfattas av forskarna som för litet och ramar för hur och vilka idéer som ska verifieras anses för rigida och utgår inte från forskarnas perspektiv. En viktig aspekt i sammanhanget är avsaknaden av entreprenörer, personer med erfarenhet från kommersialiseringsprocesser. Även avsaknaden av nanoteknikkunskap hos riskkapitalister är en brist. Det finns idag stora tekniska osäkerheter om utvecklingen av komplementära tekniker till nanoapplikationer och utvecklingen av produktionstekniken. Detta är steg i kommersialiseringsprocessen som kräver mycket resurser.

Kompetensen och infrastrukturen för utveckling av idéer som finns runt laboratorier och renrummen har varit central för områdets utveckling. Ofta är det en del av kompetensen från dessa platser som kommersialiseras, inte egentligen enstaka forskningsresultat eller idéer. Det blir då centralt att arbeta utifrån dessa platser som ofta är en spegling av de olika centrumbildningarna. Detta bildar sedan kluster av företag, som växt upp runt Lund, Göteborg, Linköping, Uppsala och Stockholm. Det är viktigt att bygga vidare på dessa miljöer utifrån platsen och infrastrukturen. Den specialiserade kompetensen tillsammans med instrumenten bildar en möjliggörande miljö.

#### **B.5.4 Utveckling av marknader**

För att nanotekniken ska kunna kommersialiseras måste det finnas marknader att rikta sig mot. I en tidig utvecklingsfas av en tekniks framväxt kan marknader saknas. Efter som nanoteknik är generisk finns ett stort antal potentiella marknader. Det finns idag marknader för nanoteknikprodukter som är väl utvecklade, på det globala planet och i Sverige. Exempel är i kosmetika, färg, ytor och beläggningar och instrumentering.

Samtidigt har utvecklingen av andra specifika marknader för nanoteknik varit svag. Det finns stora marknadsosäkerheter, delvis kopplade till brist på kunskap om negativa miljö- och hälsoeffekter och befintliga ramverks förmåga att fånga upp dessa. Detta kan försvåra för företag vid sökandet efter potentiella marknader. Det finns svårigheter för vissa nanoteknikföretag med generiska tekniker att identifiera lämpliga marknader.

Marknaden för energi och miljö är fortfarande outvecklad, men den framtida potentialen är stor. Förverkligandet av denna potential väntas ligga längre fram i tiden. Detta skapar möjligheter för svenska aktörer men svårigheter att nå lönsamhet på kort sikt. Det gäller även den medicinska och farmaceutiska marknaden för nanoteknikapplikationer.

#### **B.5.5 Legitimitet för utveckling och användning av nanoteknik**

För att ta vara på de möjligheter som nanotekniken bjuder behöver det finnas en acceptans och legitimitet för dess utveckling och användning. Hanteringen av ovan beskrivna osäkerheter om negativa effekter med tekniken är ett viktigt inslag då det hindrar aktörer från att ge sig in i området och minskar på så sätt nyttiggörandet.

Vägledning, direktiv och standarder saknas. Befintliga reglerande lagar, direktiv och standarder brister ofta i att fånga upp nanoteknik. Detta minskar områdets legitimitet och hämmar dess utveckling. Flera arbetsgrupper, särskilt inom EU och kopplade till Reach, arbetar med att utveckla lämpliga lagar, direktiv och standarder, men detta tar tid.

Många år av osäkerhet väntar framöver och olika aktörer, både utvecklare och användare, behöver stöd för att hantera det. Dessa osäkerheter gör vissa av de stora etablerade företagen avvaktande och småföretagen får svårigheter att orientera sig och hitta finansiering.

Allmänhetens inställning till tekniken är också en viktig del av legitimiteten för ett område. I ett internationellt perspektiv är kunskapen om nanoteknik hos allmänheten i Sverige förhållandevis låg.

### **B.5.6 Resurser för hållbar utveckling av nanoteknik**

Sverige är ett litet land och kan i absoluta termer inte hävda sig mot de större nationerna. Offentliga satsningar på nanoteknik uppskattas till drygt 600 miljoner kronor för år 2008<sup>73</sup>. Detta motsvarar 1,7 % av den statliga finansieringen av forskning och utveckling i Sverige. I internationell jämförelse kan detta uppfattas som relativt lågt. Många andra europeiska länder satsar förhållandevis mer, så som Nederländerna och Tyskland. Samtidigt ligger Sveriges andel relativt nära USA:s, vilken är en aktör som ofta pekas ut som föregångsland vad gäller nanoteknisk forskning och utveckling.

Statlig finansiering i Sverige har haft tyngdpunkt på forskning och avsaknaden av resurser för verifiering av potentiellt kommersialiserbara idéer från akademien har belysts tidigare. Brist på resurser är även ett problem då man går längre fram i kommersialiseringskedjan och behöver utveckla kompletterande och produktionsrelaterade tekniker. Stora osäkerheter präglar denna fas och den fragmenterade finansieringen av innovationsprocessen i det svenska systemet, tillsammans med liten mängd riskkapital gör det svårt för aktörer att bygga upp verksamheter.

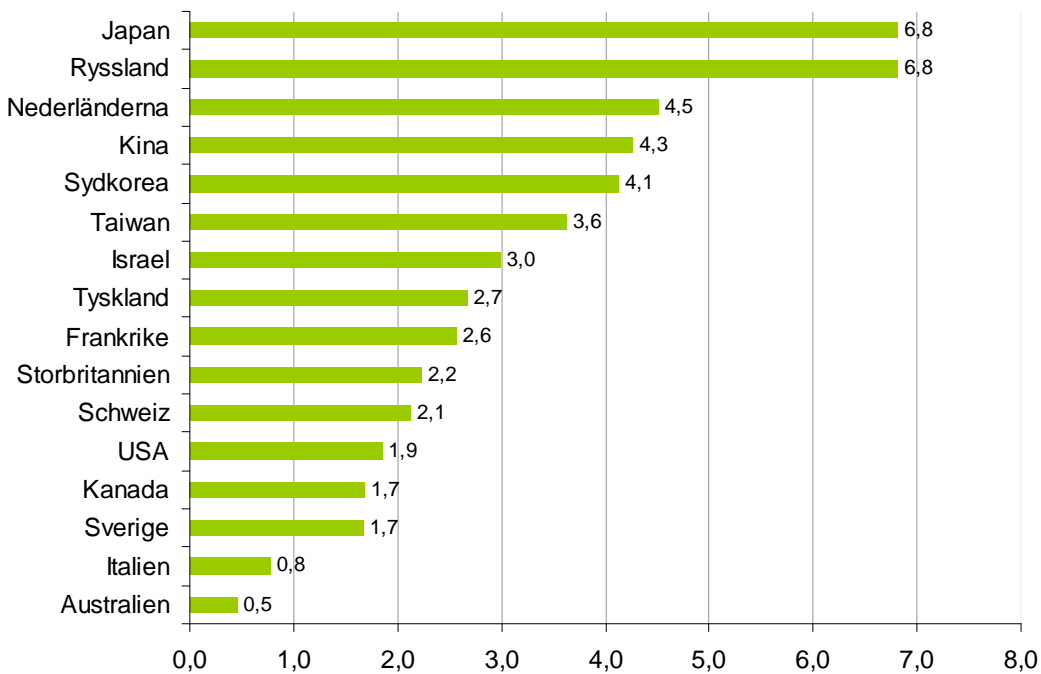
Näringslivets finansiering av forskning och utveckling inom nanoteknik ligger globalt sett på ungefär samma nivå som statliga satsningar och ökar, men i mindre utsträckning. Här är Asien den framträdande regionen, vilket även speglar nivåer på statliga anslag. Riskkapitalinvesteringar i nanoteknik ökar också och är liksom näringslivets övriga finansiering i högsta grad internationell. Dock har riskkapitalet för tidiga faser, så som såddfasen, sjunkit på den internationella marknaden som effekt av att aktörerna blivit mindre riskbenägna under den rådande finansiella krisen. Det finns även indikationer på att samma sak händer i Sverige. Ökade riskkapitalinvesteringar på nanoteknik sker i första hand i senare faser i bolagsutvecklingen. Att kommersialisera nanoteknik tar lång tid och ett uthålligt kapital är därför nödvändigt. Dock är riskkapitalet sällan uthålligt

---

<sup>73</sup> I denna summa ingår offentliga konkurrensutsatta medel (anslag från myndigheter och stiftelser), fakultetsanslag, samt pengar från kommun och landsting.

och långsiktigt, vilket skapar behov av andra finansieringsformer för utvecklandet av nanoteknik.

**Figur B.4 Andel av statlig finansiering av FoU som går till nanoteknik, skattning för 2008 i procent<sup>74</sup>**



En annan viktig finansieringskälla för svenska nanoteknikaktörer är det europeiska ramprogrammet för forskning och utveckling, FP7, som både finansierar offentliga och privata aktörer. FP7 löper från 2007 till 2013, och har liksom tidigare ramprogram nanotekniken som ett tematiskt område. Ramprogrammet *Nanosciences, Nanotechnologies, Materials and new Production Technologies* har en budget på 3,5 miljarder euro. Inom ramprogrammet finns även *EuroNanoMed*, en gemensam utlysning av forskningsråd och andra nationella forskningsfinansiärer i Europa, där svenska aktörer varit framgångsrika med att erhålla medel. ERA-Net SKEP (European Research Area; Scientific Knowledge for Environmental Protection), var en liknande aktivitet under förra ramprogrammet. Programmet finansierade bland annat nanoteknisk riskforskning och svensk finansiär var Naturvårdsverket.

### **B.5.7 Interaktion mellan aktörer inom nanoteknik**

Interaktionen bland nanoteknikaktörer på det nationella planet är bristfällig ur ett antal dimensioner. Många aktörer som på olika sätt är aktiva i utvecklingen av området framhåller avsaknaden av samverkan. Detta gäller både på policynivå och mellan

<sup>74</sup> OECD 2009 och Lux Research 2009

näringslivet och akademien, men även mellan aktörer med olika roller avseende risk- och innovationsfrågor.

Sverige har till skillnad från majoriteten av världens industrialiserade länder saknat ett nationellt nanoteknikinitiativ. Aktiviteter har genomförts för att nå en samling kring nanoteknik, ofta efter initiativ från akademien, men utan att nå direkta resultat. Dock har initiativen drivit fram ett samtal mellan aktörer och bidragit till viss ökad interaktion. Exempelvis har Ingenjörsvetenskapsakademien (IVA) organiserat olika typer av nätverksarbete, såsom seminarier och workshops och särskilda nätverk finns runt explicita frågor som infrastruktur, regional kunskapsdelning och informella politiska informationsutbyten. Starka nätverk finns även i långsiktiga samarbeten mellan universitet och näringsliv som ofta bygger på de tidiga materialkonsortierna. Dessa internationellt erkända forsknings- och innovationsmiljöer återfinns idag kring centrumbildningar på universiteten. Här har aktörerna gemensamma intressen och en relation som byggts upp under årtionden. Under senare tid har många forskningspolitiska instrument stöttat framväxten av olika typer av ”centres of excellence”. Även den senaste forskningspropositionens strategiska forskningsområden ökade satsningarna på dessa centrumbildningar som delvis utökades då nya aktörer på universiteten lockades till dessa grupperingar. De olika grupperna ställs dock ofta mot varandra i utlysningar kring olika forskningspolitiska instrument. Det motverkar den nationella samverkan, som troligen skulle kunna vinna på starkare samverkan genom exempelvis delad infrastruktur i form av instrument och renrum, forskarutbildning och framför allt kompetensutbyte. Inom *life science*-området, som delar många karaktärsdrag med nanotekniken, indikeras att en ökad samverkan kan skapa nationell kraftsamling, internationell synlighet och ökad utväxling på forsknings- och utvecklingsinvesteringar. I stället för att ställa miljöerna mot varandra borde samverkan främjas, liksom en samverkan mellan forskningen och industrin och främjandet av innovationsprocesser.

Brist på interaktion har även präglad policysfären som rör nanoteknik. Generellt sker policykoordinering på regeringsnivå i Sverige till stor del genom krav på gemensam beredning av ett ärende mellan de departement som är berörda<sup>75</sup>. I den svenska statsapparaten, där regeringskansliet styr i första hand med regleringsbrev och budgetallokeringar, är utformningen av mer detaljerad policy delegerad till myndighetsnivån. Eftersom operativa beslut tas långt ned i hierarkin krävs bred kunskap och förståelse även för andra aspekter av frågan än de egna, om olika åtgärder ska dra åt samma håll.

Därmed läggs också ett koordineringsansvar på myndigheterna, utan att det egentligen finns några mekanismer för detta. De reella möjligheterna blir till stor del beroende av enskilda tjänstemäns förmåga och ambition att bygga personliga nätverk, och söka kunskap via dessa, både om vilka som har intressen i en viss fråga och hur olika aktörer ser på denna.

---

<sup>75</sup> OECD, *Governance of Innovation Systems*, Vol 2: Case Studies in Innovation Policy, 2005



En informell koordinering kan fungera bra i det korta perspektivet, men får svårare att tidigt förutse behov av koordinering, eller att bygga långsiktiga samarbeten. Personliga nätverk tar tid att bygga upp och kan snabbt raseras när nyckelpersoner byts ut. Samtidigt har formella krav på samordning begränsad effekt, om inte berörda aktörer har något att vinna på att engagera sig.

Dessa aspekter har observerats även inom nanoteknikområdet och blir särskilt aktuella om syftet är att i samma processer hantera både nanoteknikens möjligheter och eventuella risker. Detta kräver dialog mellan flera myndigheter som ligger under olika departement. Idag finns ingen aktör som har den övergripande överblicken av tekniken, och nätverken har precis börjat byggas. För många myndigheter sker interaktionen med andra myndigheter informellt genom deltagande på seminarier och liknande, främst i bevakningssyfte.

Denna brist gällande samspel om hanterandet av nanoteknikens möjligheter och eventuella risker har även observerats för aktörer inom akademien och näringslivet. På det organisatoriska planet ställs ”reglerande” funktioner mot ”utvecklande” funktioner. Jämförelser görs mellan storleken på den riskorienterade och den icke- riskorienterade forskningen, utan att se på hur dessa förhåller sig till varandra. Samma brist på samspel och förståelse kan noteras mellan ”reglerare” och ”utvecklare” på individplanet<sup>76</sup>.

---

<sup>76</sup> Karhi, A.-S., 2006. Den lilla tekniken i det stora skeendet: nanoteknik, gränser och omvärldsuppfattningar, Technology and Social Change. Linköping University, Linköping.

## Bilaga C: Resultat från hearing

Innehållet i denna bilaga är främst kommentarer som kom in via de terminaler som användes vid ”Hearing: Nationell strategi för nanoteknik” i Göteborg den 5 november 2009.

Inbjudna var akademi, industri, institut och myndigheter/departement. Följande 46 organisationer var närvarande med minst en representant: Acreo, Alvista, Arbetsmiljöverket, Bactiguard, Blue & Green, Chalmers tekniska högskola, CleanSense, Formas, Functional Materials Division, Glo, Göteborgs universitet, NanOsc, Högskolan i Borås, Intergalactic Industries, Karolinska Institutet, Sveriges lantbruksuniversitet, KK-stiftelsen, Konsumentverket, Kraft Foods, KTH, Linköpings universitet, Livsmedelsföretagen, Livsmedelsverket, Lunds universitet, Miljödepartementet, Myfab, Nano Connect Scandinavia, Nanologica, Naturvårdsverket, Nestlé Sverige, NLAB Solar, Promimic, Q-Sense, Sandvik Tooling, SCA, Silex Microsystems, Sol Voltaics, stormLED, Swedish Medical Nanoscience Center (KI), Totalförsvarets forskningsinstitut (FOI), Uppsala universitet, Vetenskapsrådet, VINNOVA, Öresundsuniversitetet.

Resultaten redovisas i den ordning som strategins förslag till åtgärder presenterades under hearingen. Kommentarer listas i den ordning som deltagarna publicerade i. Endast kosmetiska redigeringar har gjorts av texten, för läsbarhetens skull.

### C.1 Del 1 – Nanoteknikens möjligheter

Förslag till åtgärder:

- 1 Identifiera områden för tematiska satsningar på nanoteknik som adresserar samhälliga utmaningar genom gemensamma workshops med aktörer från akademi, offentligheten och industrin. Både kortsiktiga och mer framsynta utmaningar bör adresseras.
- 2 Skapa forsknings- och innovationsprogram kring identifierade tematiska samarbeten som:
  - tar fram konkreta lösningar och applikationer som adresserar globala utmaningar
  - stärker och upprätthåller den svenska kunskapsbasen
  - ökar samverkan mellan industri, akademi och offentliga aktörer
  - på lång sikt skapar nya svenska styrkeområden för att möta globala utmaningar

*Fråga: Har ni ytterligare förslag till åtgärd (eller någon förändring av befintliga förslag)?*

- Inkludera samverkan med finansiärer även icke-statliga för att höja deras kunskapsnivå.

- Adressera även lokala och regionala utmaningar utifrån våra förutsättningar. Det kommer troligen att adressera de globala utmaningarna, men är hanterbar
- Missionärer, ambassadörer, katalysatorer för att koppla ihop de som kan nanoteknikens möjligheter med industrier som kan använda nano i produktförbättringar
- Betoning av vikten av att underlätta samarbete mellan industri och akademi. Genom att skapa incitament, så som de satsning som VINNOVAs program innebär, att övervinna de utmaning det innebär för industrin och akademien att samarbeta. Genom att inom dessa program ställa krav, förutom huvudsyftet, kan man styra och betona samhällsnyttiga funktioner.
- Stöd för att undersöka marknaden för nanobaserade affärsidéer och accessprogram för att utnyttja forskningsresurser, så som renrum, för prototypframtagning.
- Möjligheter utanför teman: Det är svårt för en duktig forskare utanför starka miljöer/tematiska områden att få finansiering. Systemet får inte cementeras.
- Brainstorming network. Hur kan vi samarbeta för att ta fram oväntade lösningar inom olika områden.
- Nationell samordning av området, kanske i rådsform. Skapa tyngd och inflytande. Att veta vad som pågår.
- Trots viktigt fokus, så får man inte glömma bort grundforskningen
- Viktigt att utgå från svenska företag och se vilka förutsättningar som finns för Nanoteknik
- Bättre möjligheter till att universiteten själva kan katalysera och finansiera innovationsprocesser. Kan detta bidra till stärkta finanser för universiteten?
- Internationellt samarbete/kontakter nödvändiga.
- Hur behålla värden av genererad kunskap i Sverige (flyttbar vs "sticky")?
- "Månlandarprojekt" - samlande fokus, angeläget fokus.
- Forskare är inte bäst på att definiera teman: Kommer forskarna till ett "temamöte" för att råna banken eller för att diskutera fritt? Ska medel omfördelas och prioriteras strategiskt måste det göras på politisk nivå. Givetvis i samverkan med forskare och näringsliv.
- Identifiera områden att satsa på: Finns det en risk om man bara satsar på svenska styrkeområden?
- Vi behöver hitta metoder att få fram helt nya områden också.
- De tematiska områdena måste identifieras i ett tidsperspektiv:
- De med stark samverkan näringsliv - akademi ses i 3-5 års perspektiv; dessa ska snabbt brytas ner på en mer avgränsad och konkret nivå; mer akademiinriktade kan ha 5-10 års perspektiv
- Under punkt 1 gäller det att identifiera konkreta styrkeområden både inom forskning och produkter i Sverige
- Punkt 2: Skapa plattform med kunskap om nano i Sverige, hela kedjan från styrkeområden på forskningssidan till vilka företag och produkter det finns + investeringsmöjligheter
- Viktigt att fundera på utbildning

- Tematiska områden, OK, men först när vi har en god översikt över verksamheten inom området, med beaktande av den stora diversiteten.
  - Om man väljer att satsa på ett tematiskt område så får detta inte bli så stort att det slukar diversiteten.
- Behov att stärka innovationskedjan, produktifiering
- Samverkan och synkronisering mellan industri och akademi är extremt viktigt i ett relativt nytt forskningsområde som nano är för att skapa mervärde och kommersialiseringspotential. Jämfört med traditionella forskningsområden som exempelvis medicin är samverkan dålig och forskningen mkt spretig.
- Inkludera investerare/riskkapitalister i diskussioner kring nanoteknikens möjligheter. viktigt att utbilda dessa grupper i kort och långt perspektiv.
- Titta på möjligheterna och behovet av en dedikerad investment fond som har sitt fokus på nano produkter/applikationer
- Använda konceptet av s.k. "grand challenges" d.v.s. svårlösta frågor med hög payoff
- Identifiera områden: För att satsa på rätt områden kan det vara bra med kriterier för hur bedömningen ska göras.

## C.2 Del 2 – Hinder för nyttiggörande av nanoteknik

Förslag till åtgärder:

- 3 Skapa flexibla resurser för att verifiera potentiellt kommersialiserbara idéer från akademien.
- 4 Skapa incitament för personrörlighet mellan industri och akademi, exempelvis genom ett program för industridoktorander.
- 5 Säkerställa finansiellt stöd i såddfasen och för produktionsutveckling, exempelvis genom ett program för att nå produktionsduglighet.
- 6 Ta tillvara på kompetensen kring instrument och laboratorier, till exempel genom att underlätta tillgången för nyetablerade och mindre företag.

*Fråga: Har ni ytterligare förslag till åtgärd (eller någon förändring av befintliga förslag)?*

- Ökad kunskap om nano i samhället, spec för risk-kap.
- Kors-kurser mellan studenter i olika områden på universitetet-typ ekonomer, konstvetare, ingenjörer i syfte att förutsättningslöst hitta "vita" områden, dvs nya områden som vi ännu inte tänkt på.
- Behovsdriven innovation
- Företagens problem exponeras förtroendefullt i syfte att finna lösningar som akademien kanske ser men som inte ännu är så synliga för marknaden.
- Open innovation- förtroendefulla möten - hur kan "grannens" teknik användas hos mig
- Kommentar/tillägg till Johan Åkerman: I USA har man även en mycket tät relation mellan forskare och forskningsfinansiärerna via personlig kontakt med enskilda handläggare. Denna närhet saknas för det mest i Sverige. Många av dessa kontakter hjälper även till i exploatering av idéer. Vanligtvis coachar även handläggarna

forskarna i sina projekt i USA. I Sverige skickar man in en rapport (i bästa fall) när projektet är klart. Sedan går man vidare med annat... Förhållningssättet och närheten är betydligt bättre på flera olika plan i USA - en kulturell sak som måste arbetas på i Sverige!!!

- Säkra rätt regelverk genom god information kring riskerna och vad som görs för att förstå dem och minimera dem till de som skapar lagar och till media och allmänhet.
- Vi behöver bred utbildning och opinionsbildning för att få en positiv bild av nanotekniken
- Marknadsför den goda forskningsmiljön som vi har i Sverige på ett internationellt plan
- Patent: Se till att det finns fria medel för patentering, ex.vis genom forskningsanslag, utan att det behöver finnas ett företag med affärsplan först.
- Patent kontra publikation: Hitta sätt att överbygga motsättningen mellan akademins behov att publicera forskningsresultat och näringslivets behov att patentera utvecklingsresultat.
- Skydda ej patenterbara resultat? Skapa alternativa värdemätare för akademien till publikationer.
- Punkt 6. Ta bättre till vara kompetens kring instrument och laboratorier vid svenska branschforskningsinstitut.
- Hinder: Personrörlighet: Prioritera personrörligheten för korttidsprojekt. Viktigt att industrin kommer till akademien för att upptäcka möjligheter.
- Dyra instrument och lab krävs. Problem i alla faser. Pilot tillverkning mkt svårt att finansiera
- Hinder: Bred folklig utbildning av nanoteknik för att få acceptans för nanoprodukter.
- Hinder: Kunskapsspridning kan ge möjlighet att öka viljan att satsa på nano, främst i industrier som riktar sig direkt mot konsument.
- Personrörlighet viktig mellan akademi och industri - inte bara via
- industridoktorander utan även med seniora forskare
- Hinder: Forskning kring hälsorisker kan undanröja onödig lagstiftning.
- Tillägg till p.6: Det är idag väldigt dyrt för uppstarts företag med tillgång till såväl personal som instrument inom akademien. Riktade bidrag, liksom VGRs konsultcheckar, för dessa aktiviteter behövs.
- Punkt 4. Inkludera även branschforskningsinstitut i forskarutbytet.
- Skapa förutsättningar för att engagerade finansiärer/entreprenörer att möta forskare och tanka dessa på ideer - alltså inte endast incitament att facilitera forskare att ensidigt möta/fånga finansiärer.
- Utnyttja institutens roll som länk mellan industri och akademi
- Licensiering: skippa bildandet av bolag som ändå inte kommer någonstans.
- Licensieringsverktyget måste bli det primära inom nanoområdet.
- SME-industridoktorand: Gör det möjligt med industridoktorander / industri-fo.ass. även för små företag. SME har inte 5 års perspektiv och den risken måste hanteras. Gör det möjligt disputeras i stort sett enbart på patent i stället för artiklar.

- Få/hitta kompetens som är villig att "äventyra" sin karriär. Nya entreprenörer behöver stöd
- Behov av "korsbefrukting", hitta applikationsområden som forskarna inte har kunskap om
- Hinder: Långa cykler till kommersiell försäljning, ovilja att vänta hos finansiärer; behov av fortsatta program av typ GrönNano, ev. långa lån som betalas tillbaka vid positiv kassaflöde
- Behov RISKkapitalets återkomst, idag vågar få ta risk
- Hantera media: Lyft fram lyckade exempel,
- Kommunicera fördelar/nytta med nanoteknologi på begripligt sätt i alla led; från grundforskning till slutanvändare.
- Stöd för småföretag att förstå och hantera och lämna synpunkter på regelverk
- Satsa resurser på utveckling av regelverk och att kunna verka för svenska intressen internationell under utvecklingen av regelverk (öka förmågan att koppla verksamhet med regelverk och deras utveckling)
- Utvecklingen av regelverk för "risk" behöver utveckling av "grundkompetens" inom vissa forskningsområden och hos myndigheter (t ex KemI)
- Repatrieringsstöd för forskare som varit ute i "industrin"
- Stöd till "samverkanstjänster" mellan universitet och företag
- Underlätta investeringar från industrin: Underlätta för traditionell industri att satsa pengar i företag som bedriver tidiga stadier av forskning/utveckling, t.ex. genom riktade skattelättnader.
- Tjänster: Förbättra möjligheten att köpa tjänster från tex MyFab, snarare än bara hyra tid på utrustning.
- Skapa återkommande möten mellan företag och forskare för att identifiera nya tillämpningar/produktideer utifrån forskningsresultat/forskningskompetens - mobilitet och utbyte av idéer
- Webbplats som beskriver kompetenser/kontaktdata inom akademien och ev näringsliv
- Stimulera/skapa bättre förutsättningar för företagsanställda att komma tillbaka till akademien och vice versa
- Hinder: att vi identifierar bra idéer, men inte hur de ska implementeras. Strategin måste innehålla "hur"
- Då förslag till åtgärder läggs fram bör även förslag på ansvarig implementerare läggas fram
- Ge MyFab resurser att anställa teknisk personal till varje "dyrt" instrument så att alla instrument finns tillgängliga med hög tillförlitlighet. Vårt företags projekt blir ständigt försenat av att många processer ligger nere.
- Ansvar fördelat mellan flera departement. Skulle effektivitet och fokus kunna ökas genom att definiera ett departement som drivande.

### C.3 Del 3 – Risker med nanoteknik

Förslag till åtgärder:

- 7 Se över behovet och förutsättningarna för att utforma ett nationellt riskforskningsprogram som ligger steget före utvecklingen.
  - säkerställ en positiv samhällsnytta av nanoteknik
  - ge underlag till utvecklingen av regleringar och stödjande ramverk
  - stötta näringslivsaktörer i att lösa och hantera osäkerheter

Nya satsningar finns men det behöver stärkas och spridas så att det speglar befintlig forskning och utveckling av nanoteknik. Industri och myndigheter behöver även kopplas upp.

- 8 Driva på utvecklingen av lämpliga internationella regleringar och stödjande ramverk. Det bör skapas klara nationella riktlinjer för i vilken riktning Sverige vill påverka ramverken. Dessa ska förankras och återspeglas i det nationella arbetet.

*Fråga: Har ni ytterligare förslag till åtgärd (eller någon förändring av befintliga förslag)?*

- Säkra en öppen och tillförlitlig kanal för information och kommunikation kring vad man vet om nano riskerna och vad man gör för att minimera dessa.
- Se till att lagstiftare är väl informerade om nano risker och vad man gör inom forskning och industri för att minimera hälsorisker
- Metoder för att mäta och karakterisera nanopartiklar i olika matriser t.ex. livsmedel, luft behövs för att kunna lagstifta.
- T.ex. inom livsmedelsområdet finns redan lagstiftning vilket kan vara hindrande för ny nanoteknik därför är det viktigt att forskning inom miljö- och hälsorisker ligger steget före kommersialiseringen av produkter.
- Jobba även med att avfärda befarade risker: För att minska osäkerheten för många företag behöver man även titta tidigt på riskerna inom områden där man inte förväntar sig några tillkommande problem med nanoteknik jämfört med traditionella produkter. Exempel kan vara Sandviks Nanoflex-stål och mikroelektronik med nanokomponenter.
- Akademisk forskning kan inte tillgodose riskforskningen. Samarbete behövs mellan akademi och riskforskning behövs för att få tillförlitliga data. Systematiska studier för att få underlag till relevant lagstiftning.
- Olika produktionsfaser: Viktigt att skilja ut riskerna i produktens olika stadier: produktion, användning och återvinning. Det sistnämnda är kraftigt underbeforskat idag.
- Viktigt att inte särskilja nanorisker med övriga risker och på så sätt "hänga ut" nano som något exklusivt utan istället inkludera det behov som finns av mer grundläggande forskning inom nanotoxikologi inom ramen för övrig riskbedömning
- Viktigt att samordna forskning inom Europa. EU:s framtida direktiv kommer att gälla.

- Standardiseringar är viktiga för branschen. Vi kan själva aktivera oss i ett aktivt standardiseringsarbete.
- Kalla det säkerhetsforskning istället för riskforskning
- Portal för att företag skall kunna bidra med sin kunskap om nanopartiklar
- Lyssna på företagen egen oro för hinder (t.ex. Sandviks beskrivning av dammspridning och risk för hälsopåverkan). I arbetsmiljöer är partikelspridning via luft en betydande risk. Därmed blir effekter via inandning en stor fråga där det fortfarande finns betydande kunskapsluckor. Ta del av den forskning och kunskap som finns om andra miljöpartiklar!
- I utvecklingen av olika forskningsprojekt med nanoteknik bör man ge fördel till projekt där man har ett "inbyggt" risktänkande.
- Eftersom samma nanopartikel har olika effekt beroende på matris/omgivning blir det väldigt viktigt att differentiera detta inom lagstiftningen. Viktigt att utbilda media som en vidarebefordrare av kunskap.
- För att ha möjlighet att ligga "steget före utvecklingen" så måste man fokusera på att undersöka hur generella fysikaliska egenskaper (ytarea, etc) påverkar toxiciteten. Och inte bara studera/godkänna specifika nanomaterial hela tiden.
- Nanotox studier skall vara ett obligatoriskt moment i forskning och utveckling med redovisningsplikt enligt ett etablerat regelverk. Detta medför dock att regelverket måste vara extremt välordnat så det inte blir ett hinder för utvecklingen och en oöverstiglig utgiftspost.
- För att bedöma en nanopartikels farlighet bör man bl.a. utgå från denna nanopartikels funktion. Anledningen till varför den används ger ofta input till hur den kan vara farlig.
- Generella tester av yta m.m. kanske inte blir relevanta för farligheten.
- Regelverket måste ta hänsyn till den faktiska risksituationen dvs inte vara för generell, i dialog med industri.
- Det finns en analogi till läkemedelsutveckling som kanske kan användas för att identifiera en process för "riskanalys". (Särskilt viktigt när materialutvecklingen gäller material som skall användas i biomedicinska tillämpningar.)
- Det är viktigt att koppla ihop materialforskningens tidiga skeden med ett "risktänkande" och införa övervägande om miljöfaror i materialutvecklingen.
- Det kan också vara viktigt att föra in tänkande om olika "nanoteknologiers" potential att på längre sikt förändra samhällsstrukturer.
- Det är nödvändigt att utvärdera olika typer av nanomaterial enskilt och inte generalisera och behandla alla typer av nanopartiklar t.ex. av en viss storlek och form som om de var identiska.
- Viktigt att ha kontroll på riskerna, men samtidigt har nanopartiklar genererats sedan länge med många olika tekniken och riskerna är inte större för att nanoteknik används för att generera partiklarna. Skilj mellan nanoteknik och nanopartiklar alltså.
- Hudupptag: Studera risker vid ev. hudupptag? Hur interagerar nanopartiklar med biologiska system?



- Koppla, på något sätt, ihop medel forskning till teknik/material/naturvetenskap med medel till forskning kring olika risker

## C.4 Del 4 – Samband risk och innovation

Förslag till åtgärder:

- 9 Bilda en kompetent och operativ stab för svensk nanoteknik. Den ska överblicka utveckling och användning av nanoteknik i Sverige. Detta underlättar nationell koordination och möjliggör sammanlänknigen mellan risk och innovation. Relevanta departement och myndigheter ska tillsätta referenspersoner som knyts till staben.
- 10 För en faktabaserad diskussion med allmänheten kring nanoteknikens roll i samhällsutvecklingen. Skapa medvetenhet och förståelse. Detta kan exempelvis ske i workshops och i samband med olika typer av utbildningar.
- 11 Hitta fungerande metoder att integrera riskhanteringen i innovationsprocessen. Mer kunskap behövs för att skapa en hållbar och reflexiv utveckling av nanotekniken.
- 12 Koppla riskforskare till forsknings- och utvecklingsprojekt, både i befintliga och nya program. Skapa exempelvis incitament som sammanlänkar innovation och risk i statligt finansierade FoU-program.
- 13 Utbilda humankapital som kan integrera riskaspekter i innovationsprocessen. Dels bör riskaspekter ingå som del i relevanta utbildningar av forskare och ingenjörer, dels bör det utbildas generallister med förutsättningar att se teknikens dubbelsidiga roll i samhällsutvecklingen.
- 14 Skapa förutsättningar för att få innovatörer och riskanalytiker att mötas. Öka medvetenheten hos innovatörer och riskanalytiker på individnivå om nyttan i ett nära samarbete. Workshops eller liknande bör anordnas för aktörer inom ramen för olika myndigheters verksamheter.

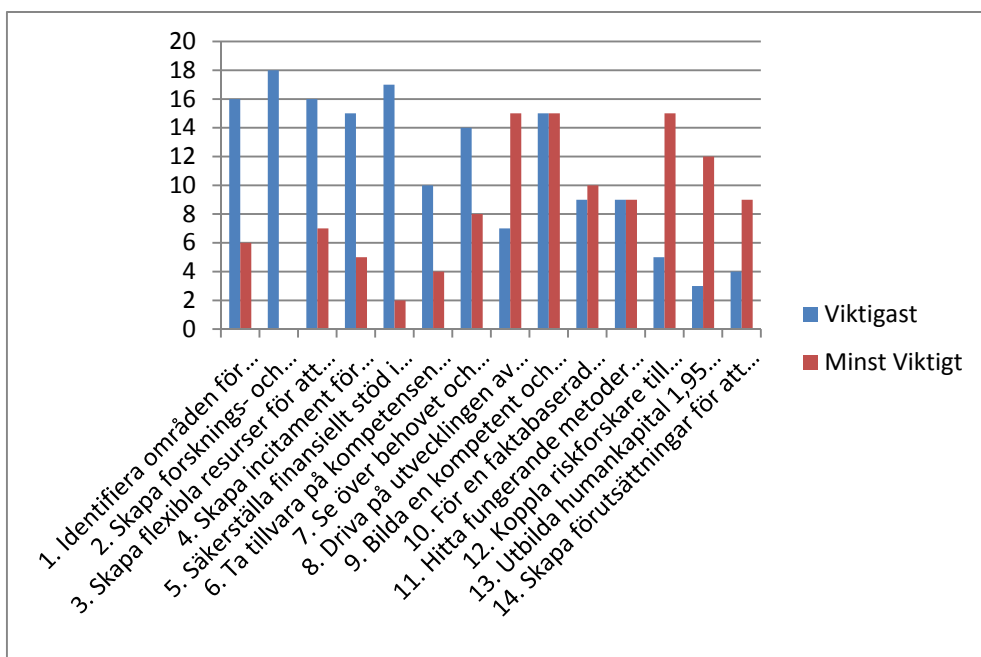
*Fråga: Har ni ytterligare förslag till åtgärd (eller någon förändring av befintliga förslag)?*

- VINNOVA har möjlighet att genom att ställa krav på att det i projekt presteras på området miljö- och hälsoaspekter och inte bara på det huvudsyfte som finns med projektet styra resurser dit.
- Vad menas med "operativ" i punkt 9??
- Operativ stab = Myndighetsråd vid VINNOVA? : Vid flera myndigheter har regeringen inrättat råd av ledamöter för att bevaka utvecklingen ur olika aspekter i en viss fråga KEMI har ett REACH-råd, Naturvårdsverket har 11 olika råd, exv Miljömålsrådet som bevakar utvecklingen i Sverige mot de nationella miljömålen, samt Avfallsrådet som både bevakar miljö och samhällsangelägna frågor inom Avfallssektorn. Då är det jätteviktigt att Rådet är sammansatt av representanter för de relevanta intressena och kompetenserna.
- NNI-pengar: VINNOVA måste sticka ut hakan och sätta upp (kräva?) en budget för hur mycket finansiering som behövs för att det ska vara lönt att gå vidare. Om dessa medel kommer från omfördelning eller är nya får bli en senare fråga.

- Se varje risk som en möjlighet till att göra en bättre produkt och bättre samhällstillämpning.
- Kooperativ forskningsfinansiering kanske behövs för att få fram koppling mellan forskning kring material/teknik och risk.
- Definiera stabens funktion - samordnande, kommunicerande/informerande...?
- Skall staben ta över ansvar från nuvarande myndigheter inom nanoområdet?
- Samlad strategi/stab kanske bra. Risk för tungrodd överbyggnad...?
- Ställa krav på att den som ansöker om bidrag knyter kompetens inom hälso- och miljöfrågor till projektet, antingen intern eller extern. Redan i ansökan bör man belysa riskerna och hur man tänker behandla denna fråga vidare.
- Punkt 9: istället för en "kompetent och operativ stab för svensk nanoteknik" varför inte bilda en "etisk" nämnd (helpdesk) för att underlätta implementering och acceptans av nanoteknik. jfr etisk nämnd för djurförsök - ökar krav på utföraren och på trovärdigheten i deras verksamhet.
- Vi är skeptiska till att 6/14 av föreslagna åtgärder handlar om riskerna med nanoteknik.
- Det bästa sättet att inte ta några risker är att inte göra någonting, men då kommer man inte fram. Hur skapar man en balans mellan riskerna och potentiella payback?
- Pratar VINNOVA med t ex SSF om de här nanofrågorna?
- Bättre prata om ELSA än risk
- FoU inom nanoteknik behöver stöd från ansvariga myndigheter på ett tidigt stadium för att öka förståelsen hos myndigheterna och undvika onödig lagstiftning.
- I punkt 9 bör det tilläggas att det är viktigt att flera typer av relevanta kompetenser är direkt och indirekt involverade i uppbyggandet i ett nanoinnovationssystem.
- Ett systemtänkande i "Sverige AB" för en ny infrastruktur, dvs. för jurister, tekniker, ekonomer, finansiärer alla yrkesgrupper som behandlar nanoteknik.
- Vid utlysning av tex forskningsprogram skall det finnas med en ELSA-komponent.
- NanoSÄKERHET: Kan vi enas om att det ligger i vårt intresse att prata om nanosäkerhet istället för risk.
- Möjlighet att överklaga beslut behövs: Apropå riskbedömning; Frågan om farlighet (trade-off mellan nytta/risk) är och kommer alltid att vara en fråga om grad (Man kan även dö av att dricka för mycket vatten). Eftersom den aktör som gör riskbedömningar (med juridiska följdverkningar) kommer att ha stor makt finns det ett behov av att kunna vända sig till en instans för överklagan, jmf med att möjligheten idag att kunna vända sig till EU-domstolen. Det handlar om att bibehålla det rättssäkra samhället. Risken är annars att riskbedömare hellre faller än friar för att undslippa eget ansvar jfm rädslan att göra fel.

## C.5 Avslutning

Sätt kryss för de tre viktigaste respektive de tre oviktigaste förslagen.



Fråga: Vilket är det enskilt viktigaste åtgärdsförslaget, diskutera runt bordet?

- #2. Skapa forsknings- och innovationsprogram kring identifierade tematiska samarbeten:
  - tar fram konkreta lösningar och applikationer som adresserar globala utmaningar
  - stärker och upprätthåller den svenska kunskapsbasen
  - ökar samverkan mellan industri, akademi och offentliga aktörer
  - på lång sikt skapar nya svenska styrkeområden för att möta globala utmaningar
- #9. Bilda en kompetent och operativ stab för svensk nanoteknik:
  - Den ska överblicka utveckling och användning av nanoteknik i Sverige. Detta underlättar nationell koordination och möjliggör sammanlänknigen mellan risk och innovation. Relevanta departement och myndigheter ska tillsätta referenspersoner som knyts till staben.
- #11. Hitta fungerande metoder att integrera riskhanteringen i innovationsprocessen:
  - Mer kunskap behövs för att skapa en hållbar och reflexiv utveckling av nanotekniken.
  - Om innovatören samtidigt utvecklar den hälso- och miljömässiga produkten genom att integrera riskhantering i projektet och därigenom förbättra produkten så kommer han/hon att skapa en produkt som får stora konkurrensfördelar och en, i det stora perspektivet, hållbar produkt/utveckling.

## C.6 Utvalda minnesanteckningar

Följande inlägg är VINNOVAs egna anteckningar från diskussionerna och övriga inspel som kom vid sidan av det datorsystem som användes vid hearingen.

### C.6.1 Nanoteknikens möjligheter

*Hur kan nanotekniken lösa globala utmaningar och öka konkurrenskraften hos svensk industri?*

- Det finns en fara i att man bara tittar på produkter med partiklar i och att man på så sätt missar det stora farorna. Nanotekniska produkter handlar om mycket mer än bara partiklar, glöm inte elektroniken och andra varor med "naturliga" inslag av nanoteknik. Det blir lätt att fokus bara läggs på produkter som börjar inkludera nanoteknik, där det "läggs till". Andra produkter som länge har innehållit nano faller mellan stolarna.
- Acreo: Pengar till produktifiering och kommersialisering behövs och att det finns fokuserade satsningar som svarar mot industrins behov.
- Viktigt att hitta metoder för att samverka, att skapa öppna forum.
- Konkreta instrument bör tas fram, exempelvis ett Forska&Väx för nano.
- Viktigt att inte bara dra på i gamla spår utan även hitta nya områden för Sverige. Detta kan man exempelvis göra i forum.
- Man skulle kunna skapa kriterier för att identifiera tematiska områden så att inte de som skriker mest får mest.
  - Kan vara en poäng i att de som skriker mest får mest eftersom det speglar var intresset finns. De som är mest drivna skriker även mest.
- Det är viktigt att skapa möjligheter att komma och gå mellan industrin och akademien. En lösning kan vara att ha ett repatrieringsbidrag, så att det finns en väg tillbaka till akademien om man väljer att testa att gå ut i industrin. Ungefär som det finns när man har gjort postdoc i utlandet och kommer tillbaka. Då får man repatrieringsbidrag för att komma igång i Sverige igen.
- Nano i livsmedel och inom medicin får inte glömmas bort.

*Hinder för nyttiggörande av nanoteknik. Vilka är hindren och hur undanröjer man dem?*

- Myfab underströk vikten av access till instrument. Det borde finnas ett prova-på-bidrag för SMF.
- Utnyttja instituten genom att sprida information om dem som viktiga forum att mötas kring, ger möjlighet till strukturerad samverkan.
- Personrörlighet är viktig, kunskap finns hos människor.
  - Sandvik: finns behov av att ha kortare projekt mot industrin där man exempelvis tar in en akademiker för ett halvår/år, inte bara i industrin utan även i myndigheter.

- Livsmedelsverket: understryker företagens skyldighet att informera om farorna med sina produkter.
  - Vi vet mycket mindre om effekterna av nanopartiklar i maten än vid inandning!
- Nanologica: tycker att grön-nano-programmet är väldigt bra.
  - × Viktigt att det finns bidragspengar för att skapa goda exempel.
- Viktigt att adressera tvärvetenskapliga utmaningar. Det ska ingå i de tematiska satsningarna.
- Det behövs större öppenhet från industrins sida för att kunna få stöd att utveckla ramverken.
- Behov av finansiering av utveckling och karakteriseringsmetoder som kan användas för att skapa regelverk.
- Det behövs satsningar på tvärvetenskapliga områden för att uppmuntra till nya innovativa lösningar.
- Många idéer utvecklas inte till produkter. Därför blir instituten viktiga. Tydliggör det och förstärk rollen mellan akademien och företagen.
- ”patent-light” för preliminärskydd innan den krångliga patenteringsprocessen startar.

*Samband risk och innovation. Hur kan vi skapa en hållbar utveckling av nanoteknik?*

- Det finns olika begrepp som bör benämnas ut, risk vs säkerhet vs hälsa. Kanske säkerhet är ett bättre ord än risk (Risk står det i uppdraget)
- Det viktigaste för staben är att samla in kunskap om det som sker, att det blir någon typ av expertorganisation eller referensgrupp. Inte en styrgrupp för hur nanoteknikens skall skötas i Sverige.
  - Stab är inget lyckat ord. Kanske kansli.
  - Naturvårdsverket: Inrätta ett råd för nano vid VINNOVA istället för en stab, som det medicinetiska rådet.
- Viktigt att det finns ett forum för aktörer att samlas kring, industri-akademi-allmänhet-politik
  - Hur hanterar man/skapar man denna interaktion?
  - Finns en fara i att man försöker koordinera för mycket, alla har trots allt sina specialområden. Det kanske inte blir bättre bara för att man samverkar.
- Det finns ett behov av att säkra rättssäkerheten, att det finns en instans att överklaga till om ramverken blir för snäva eller för dåliga (reflexivitet).
- Rädsla bromsar och det finns en risk att ramverken blir för snäva. Då är det viktigt att man får informerad återkoppling.

*Risker med nanoteknik. Hur hanterar vi dem och vilka är kunskapsluckorna?*

- Viktigt att skapa en positiv bild av tekniken.
- Ramverket kring risker, för mycket regleringar, hindrar redan utvecklingen av området på livsmedelssidan.
  - Det finns en fara med för mycket regleringar.

- Vi vet en del från humantoxikologi/yrkesmedicin, t ex asbest, stendamm, vedrök, avgaser etc. Ger oss åtminstone hypoteser att utgå ifrån, t ex jämförelsen kolnanorör/asbestfibrer
- Regleringar baserar på volymen av ett ämne, men på nanonivå är det den exponerade arean som är viktig
- Inom ekotoxikologi finns en del att bygga på från kunskap om naturligt förekommande partiklar, men först nu börjar det komma resultat
- Testade ämnen som är tillverkade med en ny process måste (delvis) prövas på nytt.
- Lagstiftningen ställer krav som vi inte har metoder för att hantera ännu. Svårt ge ett klart godkännande om det inte finns analysmetoder.
- Vi vet inte vad som händer vid återvinning.
  - Riskerna är olika i olika delar av värdekedjan/livscykeln.
  - Effekter av avfall och återvinning är okända.
- Det finns risker som ligger bortom det vi idag vet är faran med exempelvis partiklar. Det kan finnas radikala, etiska risker. Partiklarna är vi medvetna om.
- Nanoforskarna gör de dem är bra på. Andra riskforskare, inte nanoforskarna ska titta på riskerna och hur man kan hantera dem.
- Viktigt att tidigt koppla in riskerna.
  - Sandvik: det är viktigt att företagen får hjälp med att hantera risker
- Det handlar inte bara om faran med nanopartiklar utan det kan finnas andra faror i framtidens material, som olika kombinationseffekter.
  - Det måste finnas en beredskap för oväntade effekter.

#### Sammanfattande punkter

- Behovet av att behålla en bredd i forskningsbasen, att fortsätta stödja grundforskningen. Se akademins roll för att täcka för framtida osäkerheter.
- Det är viktigt att det tillsätts resurser för att genomföra strategin
- Lokala behov kan spegla globala behov. Genom att engagera landsting och kommuner kan man få dem att formulera behov att adressera, och ofta blir det behov som sammanfaller med de globala.
  - Inte glömma landsting och kommuner som beställare
- Tematiska satsningar behövs eftersom tekniken är så generell. Grön nano är ett bra alternativ.
- Nationell samordning behövs men det är viktigt att det inte blir för tungt och byråkratiskt.
- Att teckna upp bilden och få översyn över nanosverige är viktigt.
  - Göra en katalog över de olika aktörernas roller, resurser och kunskaper (främst instituten) för att guida aktörer.

#### Annat uppfångat:

- Miljödepartementet: viktigt att bli klar över vilka risker vi faktiskt har, för att möta oron överdriven riskbild.

- Debatten med allmänheten måste lyftas mer.
- Var inte rädd för att tala om osäkerhet – skapa förtroende för att vi faktiskt tar den på allvar.
- Svårt att tala om hela nanoområdet. Ur risksynpunkt kanske relevant att dela upp området i kroppsnära applikationer vs. Nya material.
- På vissa områden behöver vi kanske koordinera mer.
- Rörigt område – gör kanske inte så mycket att vi inte haft en strategi tidigare.
  - Det finns en gemensam bild av området idag som inte fanns förr.
  - Saknas: "Vem behöver nano?" Allmänheten vet inte vad nano är – eller vad det kan bidra till.
- Det finns en oro för att det blir en överdriven riskbild.
  - Finns alltid rädsla för allt som är nytt!
- Viktigt att rita nanokartan så att folk kan orientera sig inom området.
- Viktigt att någon äger frågan och engagerar sig i nano.
- Det finns mycket att vinna på att samarbeta med SSF och KK-stiftelsen.





# VINNOVAs publikationer

Februari 2010

För mer info eller för tidigare utgivna publikationer se [WWW.VINNOVA.SE](http://WWW.VINNOVA.SE)

## VINNOVA Analys

### VA 2010:

- 01 Ladda för nya marknader - Elbilens konsekvenser för elnät, elproduktionen och servicestrukturer
- 02 En säker väg framåt? - Framtidens utveckling av fordonssäkerhet

### VA 2009:

- 01 Svenska tekniker 1620 - 1920
- 02 Effekter av statligt stöd till fordonsforskning - Betydelsen av forskning och förnyelse för den svenska fordonsindustrins konkurrenskraft. *För kortversion på svenska respektive engelska se VA 2009:11 och VA 2009:12*
- 03 Evaluation of SIBED. Sweden - Israeli test bed program for IT applications. *Finns endast som PDF*
- 04 Swedish possibilities within Tissue Engineering and Regenerative Medicine
- 05 Sverige och FP7 - Rapportering av det svenska deltagandet i EUs sjunde ramprogram för forskning och teknisk utveckling. *Finns endast som PDF*
- 06 Hetast på marknaden - Solenergi kan bli en av världens största industrier
- 07 Var ligger horisonten? - Stor potential men stora utmaningar för vägkraften
- 08 Vindkraften tar fart - En strukturell revolution?
- 09 Mer raffinerade produkter - Vedbaserade bioraffinaderier höjer kilovärdet på trädet
- 10 Förnybara energikällor - Hela elmarknaden i förändring
- 11 Sammanfattning - Effekter av statligt stöd till fordonsforskning. *Kortversion av VA 2009:02, för engelsk kortversion se VA 2009:12*
- 12 Summary - Impact of Government Support to Automotive Research. *Engelsk kortversion av VA 2009:02, för svensk kortversion se VA 2009:11*
- 13 Singapore - Aiming to create the Biopolis of Asia
- 14 Fight the Crisis with Research and Innovation? Additional public investment in research and innovation for sustainable recovery from the crisis.

- 15 Life Science Research and Development in the United States of America - An overview from the federal perspective. *Finns endast som PDF*
- 16 Two of the "new" Sciences - Nanomedicine and Systems Biology in the United States. *Finns endast som PDF*
- 17 Priority-setting in the European Research Framework Programme
- 18 Internationellt jämförande studie av innovationssystem inom läkemedel, bioteknik och medicinteknik
- 19 Investering i hälsa - Hälsoekonomiska effekter av forskning inom medicinsk teknik och innovativa livsmedel
- 20 Analysis of Chain-linked Effects of Public Policy - Effects on research and industry in Swedish life sciences within innovative food and medical technology
- 21 Research Priorities and Priority-setting in China
- 22 Priority-Setting in U.S. Science Policies
- 23 Priority-Setting in Japanese Research and Innovation Policy

## VINNOVA Information

### VI 2010:

- 01 Transporter för hållbar utveckling
- 02 Fordonsstrategisk Forskning och Innovation FFI

### VI 2009:

- 02 Forskning om chefskap. Presentation av projekten inom utlysningen Chefskap; förutsättningar, former och resultat. *För engelsk version se VI 2009:03*
- 03 Research on the managerial tasks: condition, ways of working and results. *Finns endast som PDF. För svensk version se VI 2009:02*
- 04 Högskolan utmaningar som motor för innovation och tillväxt - 24-25 september 2008
- 05 VINNOVA news

- 06 Årsredovisning 2008
- 07 Innovationer för hållbar tillväxt. *För engelsk version se VI 2009:08*
- 08 Innovations for sustainable Growth. *För svensk version se VI 2009:07*
- 09 Forska&Väx
- 10 Ungdomar utan utbildning - Tillväxtseminarium i Stockholm 4 mars 2009
- 11 Cutting Edge - Swedish research for growth
- 12 Mobilitet, mobil kommunikation och bredband - Branschforskningsprogram för IT & telekom. Projektkatalog
- 13 Forskning och innovation för hållbar tillväxt

## VINNOVA Policy

### VP 2010:

- 01 Nationell strategi för nanoteknik - Ökad innovationskraft för hållbar samhällsnytta

### VP 2009:

- 01 TRANSAMS uppföljning av "Nationell strategi för transportrelaterad FUD" åren 2005 - 2007. Två uppföljningar - en för 2005 och en för 2006 - 2007. *Finns endast som PDF*
- 02 VINNOVAs internationella strategi - att främja hållbar tillväxt i Sverige genom internationellt forsknings- och innovationssamarbete

### VP 2008:

- 01 Forskning och innovation för hållbar tillväxt - VINNOVAs förslag till forsknings- & innovationsstrategi 2009-2012
- 02 Offentlig upphandling som drivkraft för innovation och förnyelse. *Finns endast som PDF. För engelsk version se VP 2007:03*

## VINNOVA Rapport VR 2010:

- 01 Arbetsgivarringar: samverkan, stöd, rörlighet och rehabilitering - En programuppföljning
- 02 Innovations for sustainable health and social care - Value-creating health and social care processes based on patient need. *För svensk version se VR 2009:21*
- 03 VINNOVAs satsningar på ökad transportsäkerhet: framtagning av underlag i två faser. *Finns endast som PDF*
- 04 Halvtidsutvärdering av TSS - Test Site Sweden - Mid-term evaluation of Test Site Sweden. *Finns endast som PDF*

## VR 2009:

- 01 Affärsutveckling inom trämanufaktur och möbler - hur skapas effektivare värdekedjor? *Finns endast som PDF*
- 02 Användarna och datorerna - en historik 1960 - 1985
- 03 First Evaluation of the Berzelii Centra Programme and its centres EXSELENT, UCFB, Uppsala Berzelii & SBI Berzelii
- 04 Evaluation of SAFER – Vehicle and Traffic Safety Centre at Chalmers - a Centre of Excellence with financing from VINNOVA. *Finns endast som PDF*
- 05 Utvärdering av forskningsprogrammet SkeWood. *Finns endast som PDF*
- 06 Managing and Organizing for Innovation in Service Firms - A literature review with annotated bibliography. *Finns endast som PDF*
- 07 Den tjänstedominanta logiken - Innebörd och implikationer för policy.
- 08 Tjänster och relaterade begrepp - Innebörd och implikationer för policy.
- 09 Underlag för VINNOVAs satsningar inom transportsäkerhetsområdet. *Finns endast som PDF*
- 10 Utmaningar och kunskapsbehov - Om innovation, ledning och organisering i nio olika tjänsteföretag. *Finns endast som PDF*
- 11 De två kulturerna på Internet - En utmaning för företag, myndigheter och organisationer. Huvudrapport
- 12 Uppföljning av VINN NU-företag
- 13 Kartläggning av svensk FoU inom området IT och miljö - med fokus på teknikens indirekta och systemmässiga effekter. *Finns endast som PDF*
- 14 Forska&Väx - Hållbar tillväxt genom forskning och utveckling i Små- och Medelstora Företag

- 15 Tjänsteinnovationer för tillväxt
- 16 Behovet av genusperspektiv - om innovation, hållbar tillväxt och jämställdhet. Utvärdering. *Finns endast som PDF*
- 17 Ekonomisk omvandling och makrologistiska kostnader. *Finns endast som PDF*
- 18 En undersökning av innovativa företags syn på strategiskt utvecklingsarbete i spåret av lågkonjunkturen. *Finns endast som PDF*
- 19 The Public Sector - one of three collaborating parties. A study of experiences from the VINNVÄXT programme.
- 20 Från hantverkskilt till hästföretag - Genusperspektiv på innovation och jämställdhet
- 21 Innovationer för hållbar vård och omsorg - Värdeskapande vård- och omsorgsprocesser utifrån patientens behov. *För engelsk version se VR 2010:02*
- 22 Organising Work for Innovation and Growth. Experiences and efforts in ten companies
- 23 Mid Term Evaluation of the Institute Excellence Centres Programme
- 24 Process Support, Communication and Branding - VINNOVA's VINNVÄXT programme
- 25 The Innovation Platform
- 26 Citizens' Services - Nordic and Baltic Research Needs
- 27 Kina och internet - Tillväxt och tilltro
- 28 eGovernment of Tomorrow - Future scenarios for 2020
- 29 Organisationsformernas betydelse i klusterverksamhet - Att organisera klusterarbete är en ständigt pågående process som ställer höga krav på ledarskap och långsiktig strategi
- 30 Inomhusskidbacke i Lindvallen, Sälen. *Finns endast som PDF*
- 31 Kartläggning av svenska klusterinitiativ. *Finns endast som PDF*
- 32 Service Innovations in Sweden Based Industries - Aiming for 30-60% revenue increase/Tjänsteinnovationer i Sverigebaserad tillverkningsindustri - Med sikte på 30-60 % intäktsökning
- 33 Chinese Views on Swedish Management - Consensus, conflict-handling and the role of the team

- 34 First Evaluation of the second, third and fourth Round of VINNOVA VINN Excellence Centres - FASTE, SUS, FUNMAT, CHASE, GHZ, MOBILE LIFE, iPACK, HERO-M, PRONOVA, BIOMATCELL, WINQUIST, SUMO, BIMAC INNO, WISENET and AFC
- 35 International Evaluation of PLUS Competence Centre - at Chalmers. *Finns endast som PDF*





VINNOVA är en statlig myndighet  
med uppgift att främja hållbar tillväxt  
genom finansiering av behovsmotiverad forskning  
och utveckling av effektiva innovationssystem.

---

VERKET FÖR INNOVATIONSSYSTEM – SWEDISH GOVERNMENTAL AGENCY FOR INNOVATION SYSTEMS

VINNOVA, SE-101 58 Stockholm, Sweden Besök/Office: Mäster Samuelsgatan 56  
Tel: +46 (0)8 473 3000 Fax: +46 (0)8 473 3005  
VINNOVA@VINNOVA.se www.VINNOVA.se