

VÄRLDSREVOLUTIONERANDE NANO-ROBOTAR OCH MERA GLID I SKIDORNA

– NANOTEKNOLOGINS UTOPIER, DYSTOPIER OCH VERKLIGHET IDAG

Olika slags nanomaterial och -produkter under utveckling utlovar fantastiska framsteg inom nästan alla industrigrenar. Samtidigt är det möjligt att dessa nya och unika nanoegenskaper innebär hälsorisker för både mänskliga och miljö, och forskningen i nanoskador befinner sig i barnskorna även den. Nanoteknologin har följaktligen blivit de samhällseliga och vetenskapliga utopiernas och dystopiernas förlovade land.

(övers. Nina Honkela)

Text: Arho Toikka

Industriellt producerade nanomaterial har redan hittat fram till hyllorna i våra vanliga supermarketer, detta trots att forskningen kring egenskaperna hos material fortfarande befinner sig på ett mycket tidigt stadium. Silverplåster och nanoskidor med mikroskopiskt små fästytter utgör dock bara början på utvecklingen – på gott och ont. Nanoteknologin överskrider vetenskapsgränserna och ändrar på forsknings- och utvecklingsarbetets karaktär. Man tror att den redan om några år kommer att förändra ekonomiska strukturer, samhället och i slutändan rentav hela mänskligheten. Utöver prognoser är dock visionerna även taktiska redskap med hjälp av vilka branschen utvecklas.

Vad är dessa material egentligen?

En nanometer är en miljardtedels meter, och nanomaterial är ämnen som är mellan en till hundra nanometer långa, tjocka eller breda. De vanligaste nanomaterialen framställs av bekanta ämnen såsom silver eller kol. Till följd av sina antiseptiska egenskaper används nanosilver speciellt i medicinska applikationer. Av kol framställs ihålliga nanorör med egenskapen att leda ström och ljus. De används inom till exempel elektroniken. De är också ytterst hållbara: de vildaste visionärerna planerar redan att bygga en rymdhiss av nanokolrör! Andra nanomaterial framställs av föreningar som redan är i allmänt bruk, som titandioxid, som använts inom kosmetiken långt innan utvecklingen av nanostorleken. Ett kapitel för sig utgörs av nanoteknologierna, där man strängt taget inte framställer material i nanostorlek, utan till exempel låter trycka yttfigurer i nanostorlek. Prefixet 'nano' används också för att marknadsföra produkter som inte nödvändigtvis har något alls med nanoteknologi att göra. Ett exempel härpå är den indiska bilen Tata Nano; med valet av namn vill man understryka bilens ringa storlek.

I visionärernas arbeten har nanoteknologin redan länge uppehållit sig vid det möjligas gränser. År 1959 höll fysikern **Richard Feynman** ett föredrag med titeln "There's Plenty of Room at the Bottom", där han målade upp bilden av små sväljbara nanokirurgirobotar och maskiner som ändrar om enskilda atomers lägen. Feynman lade fram resultatet av nanoteknologin som en utmaning för vetenskapsutövare – han visste inte hur visionerna skulle förverkligas, men ansåg dem vara möjliga. Feynmans visioner glömdes bort för flera decennier och nanoteknologin utvecklades vidare mer eller mindre oberoende av dem. Det framväxande vetenskapliga området började emellertid sakna en förhistoria och en egen berättelse, och Feynmans föredrag grävdes fram ur naftalinet. I USA är det federala National Nanotechnology Initiative en betydande finansiär av nanovetenskap, och vid grundan-

Nanoteknologin överskrider vetenskapsgränserna och ändrar på forsknings- och utvecklingsarbetets karaktär.

det av initiativet grundades hänvisade president **Clinton** direkt till arvet från Feynman. Ambitionerna har alltså bara ökat: där Feynman talade om att printa ut *Encyclopedia Britannica* i ett knappnålshuvud, talade Clinton om att spara in hela det amerikanska kongressbiblioteket i ett format lika stort som en sockerbit!

Behovet att skapa en egen historia uppstår ur nanovetenskapernas behov av en egen identitet. Fältet definieras av

en viss storleksgrad, inte av en viss vetenskaplig metod, och forskningen är till sin natur tvärvetenskaplig. Forskningsfinansieringen och det praktiska arbetet med forskning och utveckling föder dock ett tryck att skapa en enhetlig nanovetenskap och en lika enhetlig nanoforskare. Vid universitet runtomkring i världen grundas följaktligen olika nanoinstitut och forskningsfinansierarna – i Finland speciellt Tekes – grundar nanoforskningsprogram.

Nanoteknologin ändrar på förhållandet mellan grundvetenskap och produktutveckling. I den traditionella modellen

I utopierna smälter naturvetenskaperna, bio- och informationsvetenskaperna samt ingenjörsvetenskaperna samman och revolutionerar läkarvetenskapen med precisionsvård; förorsakar en revolution inom jordbruket; samt förbättrar den mänskliga kapaciteten exempelvis genom att skärpa sinnesfunktionerna.

äger grundforskningen rum inom ramen för universiteten, inom grundvetenskaperna fysik och kemi, och oberoende av ekonomins föränderliga vindar. Den tillämpande vetenskapen, såsom ingenjörsvetenskaperna, tar sedan i bruk resultaten. Industrins produktutveckling utnyttjar slutligen den tillämpande vetenskapens resultat. Inom nanovetenskapens är ordningen den omvända: forskningen orienteras utgående från tillämpningen, och fundamentala grundkalkyler utförs på basis av industrins behov och förfrågningar, ofta i samarbetsprojekt mellan universitet och företag.

Även visionerna för den närmaste framtiden kan sålunda innehålla många olösta frågor. Det har alltid varit svårt att förutspå teknologins utveckling. Graden av osäkerhet är dock alldeles ny då självaste grunderna för de produkter som presenteras för konsumenterna om fem år fortfarande är under utredning. Ändå ses den närmaste framtiden ofta som en fortsättning på dagens trender.

Skådar man lite längre in i framtiden stöter man på en ännu mer hisnande visioneringsprocess. I utopierna smälter naturvetenskaperna, bio- och informationsvetenskaperna samt ingenjörsvetenskaperna samman och revolutionerar läkarvetenskapen med precisionsvård; förorsakar en revolution inom jordbruket; samt förbättrar den mänskliga kapaciteten exempelvis genom att skärpa sinnesfunktionerna. Även om visionen är hisnande, brukar man ofta påminna publiken om att det inte handlar om nya saker, utan att alla

naturliga och av människan producerade system opererar på nanonivå och består av nanostrukturer. Till exempel den av amerikanska National Science Foundation utgivna rapporten "Converging Technologies for Improving Human Performance" målar upp visionen av en ny renässans i vilken vetenskapen integreras till en ny enhet – i likhet med naturen, som det är tänkt att vetenskapen ska beskriva och forma.

Med de utopistiska visionerna tävlar dock nanodystopierna. *Grey goo*, den gråa massan, är en nytt scenario för världens undergång i vilket självkopierande nanoroboter undslipper mänsklig kontroll och använder upp all materia. Visionen presenterades av **Eric Drexler** i "Engines of Creation" år 1986, och har sedermera kommit att utgöra grundmaterial inom science fiction-genren. Trots att Drexler är en omstridd figur i vetenskapliga kretsar är han dock en utövar av vetenskap. Till exempel debatterade **Richard Smalley**, utvecklare av nanoteknologi och nobelpristagare i kemi, synligt med Drexler om det möjliga och omöjliga med robotar som kan montera ihop sig själva. Robotar som effektivt monterar ihop sig själva finns med också i visionerna om teknologisk singularitet, maskiner som är intelligentare än människorna. **Ray Kurzweils** "Singularity is Near" förutspår att nanodatamaskinerna och nanorobotarna kommer att överskrida den mänskliga kapaciteten år 2045 – och att de kommer att fortsätta bygga allt vildare superversioner av sig själva tills hela universum består av en enda superdatamaskin.

De verkliga riskerna med existerande produkter faller lätt i skuggan av allt visionerande. Exemplet med utvecklingen av genmanipulering eller kärnkraft visar att den breda allmänheten förhåller sig mer skeptisk än tidigare gentemot teknologi.

Vissa nanomaterial har förknippats med hälsorisker: till exempel är man rädd för att nanokolrör ska bete sig på samma sätt i lungorna som asbest. Det finns dock nanokolrör av många olika slag, och riskerna är avhängiga egenskaperna hos en viss produkt. Lagstiftningen definierar emellertid ännu inte regler separat för material i nanostorlek. Den europeiska kemikalielagstiftningen REACH täcker i princip även nanomaterial. Eftersom dess krav baserar sig på vikt-begränsningar och en mycket liten mängd nanomaterial kan räcka till för omfattande produktion, når den dem dock i praktiken inte.

Den vetenskapliga gemenskap som utvecklar nanoteknologi är orolig för den breda allmänhetens reaktioner och är rädd för överreglering baserad på skräckbilder. Dessa skräckbilder har dock sitt ursprung i samma diskussioner som de positiva visionerna om den världsrevolutionerande nanon, och nanoaktörerna är beredda att spela med dem i sina idéförsäljningsprojekt.



Arho Toikka är politices doktor och forskar i risker förknippade med ny teknologi