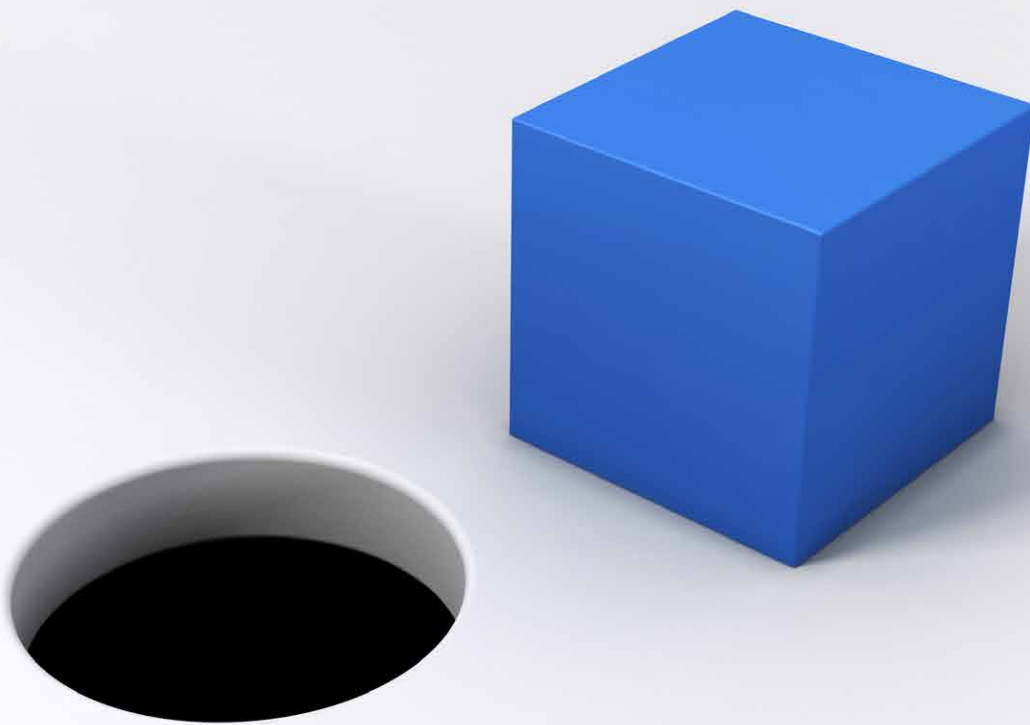


Standardisering och best practice för nya nanomaterial

Fallstudier grafen och nanocellulosa



Detta är slutrapporten för Vinnova projekt nr 2019-91983, **Standardisering och best practice för nya nanomaterial – fallstudier nanocellulosa och grafen**. Projektet har pågått under tiden april 2019 till mars 2020. Projektdeltagare har varit **Ulf Haraldsson** och **Linn Hologård**, SIS, **Verónica López Durán**, RISE Bioekonomi, **Johan Ek Weis**, Chalmers Industriteknik samt **Åsalie Hartmanis**, SwedNanoTech, tillika projektledare.

English summary

Nanotechnology, long regarded as one of the leading technologies of the future, is an area of untapped innovation potential in Sweden. The industry's involvement in the standardization work in the nanotechnology area is virtually non-existent at present. This means that the possibility of influencing international standards could be used considerably better. Through a genuine corporate engagement in the SIS work and hence the impact on international standardization work, we do believe the conditions for improving the innovation climate and creating sustainable solutions, internationalization and long-term customer-supplier relationships are increased.

In two case studies, nanocellulose and graphene, we have investigated how companies, academia and institutes work with standards in their operations and whether standards and standardization are used as tools and whether they function as limitations or support for the business.

During the project, SIS has decided to lower the fee for companies with less than ten employees, in order to attract new committee members to the SIS Technical Committee for Nanotechnology. Furthermore, a graphene working group has been established.

As a result of several interviews and two workshops with stakeholders, we have defined a set of recommendations that we believe will boost the Swedish impact on international standardization.

- Strengthen the work within the technical committee TK 516, by electing a convenor and engaging more companies in the work
- Strengthen the dialogue with other committees in SIS
- Information and education to SMEs, about standardization in the context of innovation and emerging markets etc.
- Information and education to academia and CROs, for materials validation, characterization etc.
- Together with stakeholders, create a roadmap, including a Swedish standards strategy for nanotechnology.

Sammanfattning

Nanoteknik, sedan länge ansedd som en av framtidens spetsteknologier, är ett område med outnyttjad innovationspotential i Sverige. Industrins engagemang i standardiseringsarbetet på nanoteknikområdet är i det närmaste obefintlig i dagsläget. Det innebär att möjligheten att påverka internationella standarder skulle kunna utnyttjas betydligt bättre.

Projektets idé har varit att med två modellmaterial, nanocellulosa och grafen, kartlägga hur företag, akademi och institut arbetar med standarder i sina verksamheter och om standarder och standardisering används som verktyg och fungerar som begränsningar eller stöd.

Under projektets gång har SIS beslutat att underlätta för s k mikroföretag (färre än 10 medarbetare) att delta i standardiseringsarbetet genom att minska deltagaravgiften för SIS/TK 516 Nanoteknik, där dessa områden ingår med 50 procent. Vidare har SIS startat en särskild arbetsgrupp för grafenintressenter.

Genom ett flertal intervjuer med företag inom grafen- respektive nanocellulosaområdet och två workshops har vi fått fram en tydlig bild av intressenternas visioner kring standardisering och deras behov. Vi tror att följande rekommendationer kommer att stärka Sveriges möjlighet till att påverka standardiseringsarbetet för nanoteknik internationellt:

4

- Stärk arbetet inom SIS teknikkommitté TK 516, genom att tillsätta en ordförande och engagera fler företag/intressenter
- Stärk samarbetet med andra kommittéer inom SIS och IEC
- En kommunikationskampanj riktad mot små och medelstora företag, startups på nanoteknikområdet
- En kommunikationskampanj riktad mot akademien och forskningsinstitut, så att arbetet med standarder kan ingå i forskningsprojekt
- Skapa en tydlig strategi och Roadmap för arbetet med standardisering gällande nanoteknik och nanomaterial

Bakgrund

Innovativa produkter och tjänster, där nanomaterial eller nanoteknik har en avgörande roll för funktionen och därmed är den faktor som skapar extra värde, utvecklas i allt snabbare takt men marknadsintroduktionen går långsamt. Företag i Sverige som arbetar med lösningar baserade på avancerade material/ nanomaterial och nanoteknik, främst startups och tillväxtföretag, har svårt att hitta kunder i landet p. g. a. svårigheten att verifiera nya materials egenskaper (performance, SHE) gentemot existerande regelverk eller standarder. Svenska företags engagemang att påverka och skapa standarder på området är i stort sett obefintlig.

I regeringens standardiseringsstrategi lyfts betydelsen av standardiseringsarbetet för spetsteknologier som nanoteknik. *“Digitala lösningar och annan spetsteknik som bio-, rymd- och nanoteknik är beroende av ett standardiseringsarbete som främjar innovativa tekniklösningar. Standarder har stor betydelse för att utveckla teknik och användning av artificiell intelligens och stora data. Företag och upphandlande myndigheter som utvecklar eller använder avancerad teknik kan ha stor nytta av att standarder som främjar innovativ teknik och systemlösningar utvecklas.”*

Vår utgångspunkt har varit att kunskapen om existerande standarder för nanomaterial och nanoteknik generellt är låg, framförallt bland startup-företagen. På grund av det låga engagemanget för standardiseringsarbetet riskerar existerande och kommande standarder för nanoteknik och nanomaterial bli något svenska företag behöver anpassa sig till på den internationella marknaden, snarare än att vara med och påverka och främja utvecklingen i önskad riktning.

Projektets idé har varit att med två modellmaterial, nanocellulosa och grafen, kartlägga hur företag, akademi och institut arbetar med standarder i sina verksamheter och om standarder och standardisering används som verktyg och fungerar som begränsningar eller stöd. Ett öppet arbetssätt och delning av kunskap mellan aktörer i Sverige borde kunna öka engagemanget för delta i standardiseringsarbetet nationellt, vilket kommer att få genomslag även på internationella standarder.

Förutom kartläggningen har projektet gått ut på att leverera scenarier för hur standardiseringsarbetet på nya innovationsområden kan förändras så att det blir attraktivt och inkluderande för företagen, oavsett storlek och position i värdekedjan. Genom ett djupare företagsengagemang i SIS arbete och påverkan på det internationella standardiseringsarbetet vill vi öka förutsättningarna för att förbättra innovationsklimatet och skapa hållbara lösningar, internationalisering och långsiktiga kundleverantörsrelationer.

Utmaningar

Inom grafenområdet upplevs bristen på standardiserad beskrivning av grafenmaterialen hos leverantörerna, samt brist på best practice för hur karakterisering av materialen skall ske, som det största hindret för industrin att gå vidare med produktutveckling där grafen ingår. Nanostorleken gör att många befintliga analysmetoder inte fungerar. Dessutom påverkar provberedning inför karakterisering utfallet, vilket tydliggör behovet av att beskriva hur detta görs på ett standardiserat sätt.

Dessa frågor jobbar det strategiska innovationsprogrammet SIO Grafen med, men vi tror att det finns en hävstångseffekt att bredda frågan. Många aktörer jobbar trots allt med många olika typer av (nano)material, samt att många nanomaterial kan nyttja samma typer av analysmetoder. Det finns en risk att best practice-arbeten blir suboptimerade om vi inte samarbetar i likartade frågor.

Det finns alltså en stor potential att lära av varandra och att gemensamt bli effektivare. Idag säljs många andra typer av kol felaktigt som grafen. Det innebär att material med lägre kvalitet felaktigt ingår i forsknings- och innovationsprojekt, med resultatet att lägre funktionalitet än förväntat uppnås och felaktiga slutsatser om grafens potential tas. Detta tydliggör behovet av standarder för nomenklatur som nu äntligen finns på plats, men också möjligheten att på ett standardiserat sätt validera materialet och dess kvalitet.

Det finns minst sex nystartade svenska grafenleverantörer som är direkt berörda av kommande standarder och best practice för sin konkurrenskraft. Dessutom berör det användare av deras material och de flesta av de över 100 organisationer som arbetar med grafeninnovationer i Sverige. Den globala marknaden för försäljning av grafenmaterial bedöms uppgå till mellan 200–2000 MUSD år 2025.¹ Marknaden för produkter som innehåller grafen förväntas vara minst hundra gånger större.

Nanocellulosa är en annan materialgrupp där bristen på standardiserade beskrivningar är påtaglig. Nanocellulosa benämns idag med flera olika namn, till exempel: nanofibrillär cellulosa (NFC), cellulosa nanofibriller (CNF), mikrofibrillär cellulosa (MFC), cellulosanokristaller (CNC), nanokristallin cellulosa (NCC) osv. Detta har lett till stor förvirring inom fältet, där patent i vissa fall har beviljats även om "prior art" har existerat, men det är svårt för patentverken att hitta det i sökningarna, på grund av den röriga terminologin.

6

Nanocellulosa förekommer redan i flertalet kommersiella produkter, så som i vissa av EloPaks förpackningar, ett samarbete med Stora Enso.² Nanocellulosa förekommer också i kommersiella produkter inom kosmetika,³ för lukteliminering⁴ och mindre tillämpningar, som t.ex. för att förhindra imma.⁵

Intresset för nanocellulosa är otroligt stort världen över, och marknaden har vuxit mycket senaste åren. 2018 beräknades den globala marknaden vara värd ca. 285 MUSD och den beräknas växa till ca. 660 MUSD till år 2023. Man räknar med att den största tillväxten kommer att ske inom Europa, där Sverige och svenska företag kommer vara viktiga och starka spelare. Företag som Stora Enso gör redan satsningar och 2017 meddelade Stora Enso att de utökar sin satsning på nanocellulosa, med vidare investeringar i Imatra i Finland och Fors bruk i Sverige.⁶ Holmen har investerat i en pilotanläggning för kristallin nanocellulosa tillsammans med Processum, More Research och Melodea.⁷

Det pågår mycket arbete inom dessa frågor globalt. Men trots att Sverige ser nanomaterial som ett viktigt strategiskt industriellt område (bland annat

1 <https://bit.ly/2Qvac4K>

2 <https://www.storaenso.com/en/newsroom/news/2016/2/more-with-less-with-mfc>

3 <https://deleocosmetics.com/product/face-mask/>

4 <https://www.nipponpapergroup.com/english/news/year/2015/news150916003182.html>

5 <https://www.fogkickerdefog.com/>

6 <https://www.storaenso.com/en/newsroom/regulatory-and-investor-releases/2017/1/stora-enso-investerar-for-utokad-kommersiell-anvandning-av-mikrofibrillar-cellulosa-i-forpackningskartong>

7 <https://www.processum.se/sv/spprocessum/vara-resurser/ncc-pilot>

utpekad delområde i senaste regeringens strategiska samverkansprogram) förblir potentialen att påverka internationella standarder tämligen outnyttjad.

Är det så att företagen inte ser potentialen i att engagera sig i standardiseringsarbetet? Kräver arbetet för mycket resurser? Är arbetsformerna dåligt anpassade för startupföretagens villkor? Hur kan SIS arbetsprocess anpassas inom rådande regelverk, för att möta upp mot nya typer av företag på nya marknader?

Arbetsätt

Projektet har följt den ursprungliga planen, med litteraturstudier, omvärldsutblick, studier av standardiseringsdatabaser, intervjuer med personer inom forskning och marknad inom företag som arbetar med tillverkning eller teknikutveckling för nanocellulosa och grafen, två workshops samt diskussioner med SIS för en optimal intressentanpassning av arbetet.

Standardisering

Standardisering för nanoteknik i Sverige och internationellt

Standardisering som har pågått i snart 100 år styrs av ett internationellt regelverk under World Trade Organization, WTO, för att säkra att resultatet, standarden, som kommer ut stämmer överens med gällande riktlinjer.

Nationella och internationella standarder bidrar till effektivare handel, underlättar introduktion av innovationer på nya marknader och bidrar till en bättre förståelse och acceptans av nya material och teknik. Standardiseringsarbete pågår i världen inom CEN/CENELEC och ISO/IEC. I Sverige finns en spegelkommitté på SIS och en på SEK. SEK representerar el och elektronik med i huvudsak säkerhetsfrågor. SIS representerar övrig standardisering och i vissa fall finns konstellationer där vi samarbetar på områden. Samarbeten är vanligen intressentstyrda.

SIS är det svenska standardiseringsorganet som projektleder det svenska arbetet med att ta fram standarder. SIS verkar för ökat svenskt inflytande i internationella samarbeten och för att best practice sprids och tillämpas i Sverige. SIS är en ideell förening som är en del av den internationella organisationen ISO och den europeiska motsvarigheten CEN.

Arbetet inom SIS pågår i 300 tekniska kommittéer som arbetar med att utveckla standarder inom allt ifrån skruvhylsor till socialt ansvarstagande, maskinsäkerhet, Internet of Things, till miljöpåverkan och förpackningar. Kommittén för nanoteknik, TK 516, påverkar innehåll och riktlinjer för framtida standarder, både globalt och nationellt. Med nanomaterial ges möjlighet till förbättrade materialegenskaper och nya tillämpningsområden. Syftet med standarder för

nanoteknik är bland annat att skänka trygghet och trovärdighet till att nanoteknik inte orsakar nya larm av miljörisker eller farliga arbetsplatser.

Arbetet är organiserat i fem arbetsgrupper, vilka speglar de arbetsgrupper som finns inom ISO:s kommitté, ISO/TC 229, se figur 1. Under projektets gång har ytterligare en nationell arbetsgrupp för grafen bildats, som skär horisontellt genom de övriga arbetsgrupperna och har fokus på grafen och andra tvådimensionella material.

Arbetsgrupper inom SIS TK 516, Nanoteknologi

SIS/TK 516/AG 1, Terminologi och nomenklatur

SIS/TK 516/AG 2, Mätteknik och karaktärisering

SIS/TK 516/AG 3, Miljö, hälsa och säkerhet

SIS/TK 516/AG 4, Materialspecifikationer

SIS/TK 516/AG 5, Produkter och applikationer

SIS/TK 516/AG 6, Grafen

Figur 1: Arbetsgrupper inom SIS TK 516, mars 2020

8

I dagsläget deltar följande organisationer i kommittéarbetet:

- Akademi: Chalmers, Karolinska Institutet, Kungliga Tekniska Högskolan, Lunds universitet
- Forskningsinstitut: RISE, Göteborg samt RISE Bioekonomi, Stockholm
- Företag: Nouryon AB
- Branschorganisation: IKEM/SwedNanoTech
- Myndighet: Konsumentverket
- Övrigt: Industrifacket Metall, SIO Grafen⁸

Kommittén har två möten per år. Kommittén saknar ordförande och arbetet består i att agera på förslag som tas fram internationellt. Administrativt sköts arbetet i kommittén av ett team bestående av en projektassistent, och en projektledare. Arbetet idag består av att agera på förslag som kommer in till kommittén.

Kommittéer på SIS kan följa arbeten som sker internationellt, antingen som "participating member" eller "observing member". Som "participating member"

8 SIO Grafen har gått med i kommittén under projektets gång.

ska kommittén delta aktivt genom att rösta på standardförslag och delta på och bidra till internationella möten. Som "observing member" har man rätt att följa arbetet som sker genom att få dokument från de internationella grupperna, lämna kommentarer till standardförslag och delta på möten.

Kommittén deltar ytterst sällan i omröstningar på internationella förslag och bidrar aldrig till arbetet i de internationella mötena. Detta har fått till följd att den löper risk att nedgraderas till "observing member".

Kommittén har tidigare haft fler deltagare från industrin, bland annat från Cementsa och TetraPak.

Materialstandard

Enligt SIS finns det idag ca 70 standardiseringsdokument i form av tekniska rapporter, specifikationer och standarder som tagits fram inom ISO gällande nanoteknik/nanomaterial och ytterligare dryga 50 förslag är under utarbetande.⁹

En standardisering av ett material bör innehålla:

- Materialstandard – krav på storlek, egenskaper, sammansättning och uppförande
- Provningsstandard – krav på hur man mäter, verifierar sitt material
- Tjänstestandard – krav på innehåll i information för säkerhet och miljöaspekter
- Terminologistandard – termer och definitioner

Innehållet i standarder skrivs av intressenter och experter som deltar i det nationella arbetet och påverkar internationellt för att skapa och driva välfungerande standarder.

Ett material – många applikationer

Embryon till standardskrivning kan finnas i en stor mängd produkt- eller applikationsstandarder, ett antal för grafen och nano-cellulosa har identifierats av projektet. I den bästa av världar bör standarder för en produkt, som är blandad av olika material som var och en förstärker eller framhäver en egenskap hos produkten, ta sina materialstandardvärden från materialstandarderna.

Material, och produkter där materialen ingår, hanteras inom SIS av olika kommittéer. Anledningen är att experterna som skriver standard för ett material inte har samma kompetens som de experter som skriver standarder för batterier eller vägbeläggningar.

Standarder kan definiera på många olika områden, några exempel följer nedan:

- Produktstandard – krav på storlek, uppförande
- Provningsstandard – krav på hur man mäter, kontrollerar
- Tjänstestandard – krav på innehåll, information, säkerhet, etik
- Kompetensstandard – krav på förmåga, kunskap, utförande
- Terminologistandard – termer, definitioner, översättning
- Informationsstandard – krav på datastruktur, dataformat, semantik
- Symbolstandard – t.ex. för schemaritningar
- Metodstandard – krav på genomförande

Stor insats, stor utdelning

Många hävdar att det strategiska värdet av standarder är betydande, men företagen gör olika prioriteringar, ofta beroende på var företaget själv befinner sig i mognadsgrad och storlek. De industrier som ser det strategiska värdet av standardisering är villiga att ta kostnaden för att delta i arbetet, som ofta bedöms som stor. Kostnaderna omfattar arbetstid för experter, deltagaravgifter i SIS kommittéarbete samt resor till internationella arbetsgruppsmöten och det är insatser som företagen förväntar sig att kunna räkna hem med råge. Ett exempel på detta är när ett för Sverige stort plastföretag sätter en av sina bästa och högst betalda experter för att uteslutande arbeta med standardisering. Personen reser och deltar i möten över hela världen för att företagets åsikter ska gälla i kommande standarder.

10

Det är svårt för mindre företag att göra men det finns många exempel på små som gjort just detta och har på ett antal år växt till nära nog branschledande.

Vilka driver utvecklingen?

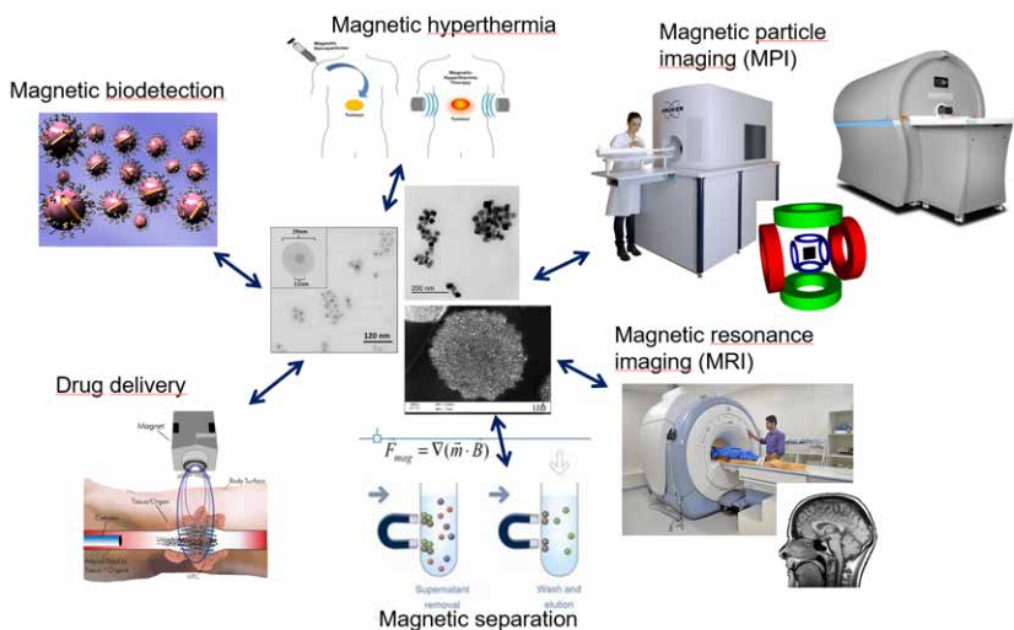
Allt standardiseringsarbete präglas av konsensus, öppenhet, frivillighet och är intressentstyrt. Utvecklingen av internationella standarder tillkommer på initiativ av en eller flera organisationer. Anledningen är ofta ett behov av tydliga riktlinjer och enhetliga krav och rutiner inom ett visst område.

En genomgång av de aktuella projektförslag som för närvarande handläggs inom ISO:s kommitté, alternativt har genererat standarder (och kan hittas i den slutna delen av ISO:s webbplats), visar att Korea är avgjort den mest drivande parten i arbetet med grafenstandarder. För nanocellulosa är bilden inte lika entydig. USA, Kanada och England är de länder som tar ledningen för standardiseringsprojekten för nanocellulosa. Generellt sett är Sverige och Norden inte drivande beträffande projekt i standardiseringen, förutom i ett fall där två större svenska nanocellulosaproducenter är drivande i produktstandardisering tillsammans med sina potentiella kunder.

Exempel: Internationellt samarbete i projektform

Christer Johansson, RISE, är med i TK 516 och har arbetat i olika EU-projekt där målet har varit att ta fram standardförslag för magnetiska nanopartiklar. Här redogör han för projekten.

Figur 2: Applikationsområden inom biomedicin för magnetiska nanopartiklar.



Magnetiska nanopartiklar används inom en rad olika områden, där en del av de biomedicinska applikationerna är listade i nedanstående Figur 1.

Inom ramen för EU FP7 fick RISE godkänt ett stort projekt kring att ta fram och utveckla metoder för harmonisering och standardisering av karakterisering och analys av magnetiska nanopartiklar med inriktning inom biomedicinska applikationer. Forskningen i projektet innebar syntes av magnetiska nanopartiklar, karakterisering och analys samt framtagning av standardiseringsmetoder. Knutna till projektet fanns också en stor grupp företag (stakeholder committee) med både SME och större företag samt standardiseringsorganisationen NIST i USA, se figur 3.

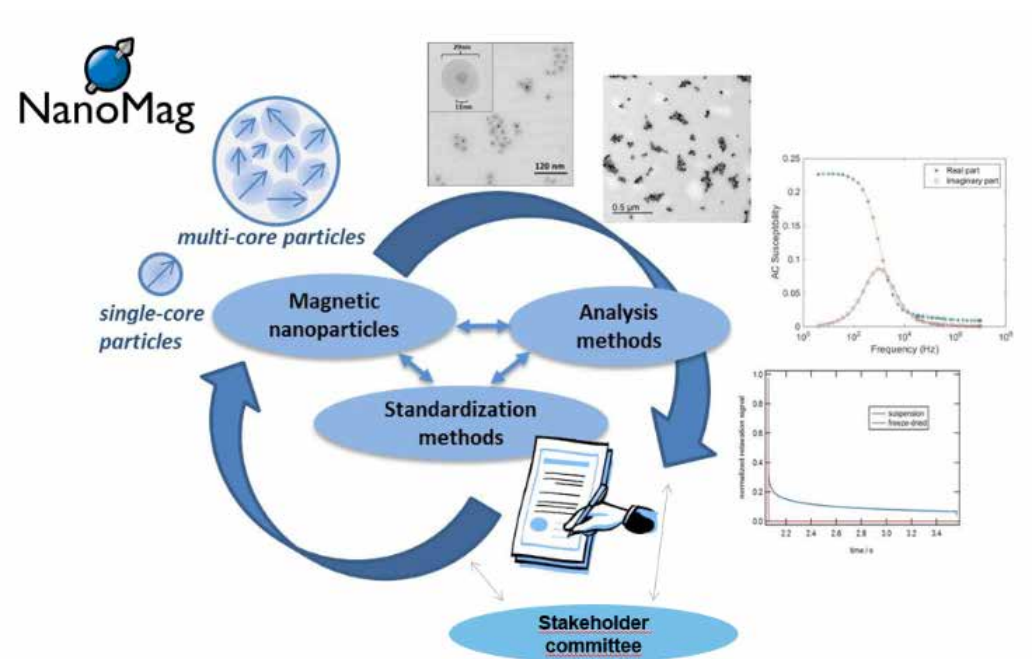
Projektet började 2013 och avslutades 2017 och hade en total budget på 120 MSEK. Partners i projektet var från Sverige, Tyskland, Spanien och Danmark. Såväl universitet, företag, standardiseringsorganisationer och institut deltog i projektet där RISE Research Institutes of Sweden agerade koordinator och forskningspartner.¹⁰ På EU-kommissionens hemsida finns också den öppna slutrapporten.¹¹ Projektet resulterade i över 85 publikationer, 150 internationella presentationer, mätprotokoll för olika analysmetoder, nomenklatur för magnetiska nanopartiklar och nya tillverkade magnetiska nanopartikelsystem som några exempel på resultatet.

Efter NanoMag projektet hade RISE möjligheten att vara med att starta upp ett fortsättningsprojekt (MagNaStand, EMPIR projekt) där vi valde

¹⁰ <http://www.nanomag-project.eu/>, <https://www.ri.se/sv/vad-vi-gor/projekt/nanometriologi-magnetiska-nanopartiklar>

¹¹ <https://cordis.europa.eu/project/rcn/110824/factsheet/en>

Figur 3: Schematisk bild över aktiviteterna i NanoMag-projektet.



ut fyra analysmetoder för fortsatt utveckling av harmonisering och standardiseringsmetoder av dessa mätprinciper. I detta projekt fortsatte delar av konsortiet från NanoMag¹² med PTB (Tyskland) som koordinator. Projektet startade 2017 och håller på till maj 2020. I detta projekt hade vi också möjligheten att bidra till två ISO-standardiseringar 19807-1,¹³ ISO/TS 19807-1:2019, Nanotechnologies — Magnetic nanomaterials — Part 1: Specification of characteristics and measurements for magnetic nanosuspensions) som nu är godkänd samt 19807-2,¹⁴ ISO/CD TS 19807-2, Nanotechnologies — Magnetic nanomaterials — Part 2: Specification of characteristics and measurements for nanostructured superparamagnetic beads for nucleic acid extraction) som är under arbete. I detta projekt har vi också tagit fram checklistor för standardisering av tre av de fyra analysmetoderna för magnetiska nanopartiklar.

Resultaten från dessa projekt har publicerats på respektive projektwebb. De erfarenheter som kan dras från arbetet är enligt Christer Johansson att det är en stor fördel att standardiseringsorganisationerna deltar som partner i projekten från början, när projekten designas specifikt för att ta fram standarder. I dessa fall har t. ex. brittiska BSI och tyska DIN deltagit i konsortiet. Vidare anser Christer Johansson att projekten har blivit lyckade tack vare ett bra team, genom att deltagarna kände varandra sedan tidigare.

12 <https://www.magnastand.eu/>
13 <https://www.iso.org/standard/66237.html>
14 <https://www.iso.org/standard/73840.html>

Fallstudier

För att begränsa området nanomaterial till ett hanterligt omfång har vi valt ut grafen och nanocellulosa. Anledningen är dels att Sverige har stor kompetens inom dessa material, dels också att företagsstrukturen är olika. Företag som tillverkar grafen är ofta små eller medelstora, nystartade och har sitt ursprung i akademien. De företag som tillverkar nanocellulosa är framförallt de stora och etablerade skogsföretagen. Denna skillnad påverkar deras inställning till standardisering.

Grafen – ett lager kol med många egenskaper

Grafen är nytt, det upptäcktes 2004, belönades med Nobelpriset i fysik 2010 och med sina unika egenskaper skulle det erövra världen med tillämpningar på alla upptänkliga områden. Grafen är ett så kallat tvådimensionellt material då det i sin ursprungliga form består av endast ett lager kolatomer. Det visar sig emellertid att "grafen" inte är ett entydigt begrepp, där företrädaren ofta ges fri tolkning.

Det finns många olika metoder att tillverka grafen och dessa ger inte exakt samma material. Det kan handla om olika tjocklek, lateral storlek, syrehalt, defekter osv. Dessutom ger metoderna oftast en fördelning av flagor med olika storlek etc. Det är därmed helt avgörande att materialet är väl karakteriserat och att denna karakterisering är standardiserad. Karakterisering och standardisering har därmed identifierats som några av de viktigaste frågorna för fortsatt utveckling av grafenområdet.

Det pågår en hel del arbete kring standardisering av grafen internationellt. Inom IEC (TC 113) och ISO (229) fokuseras det nu på standardisering av:

- Egenskaper hos material, system (och produkter)
- Karakteriseringsmetoder
- Provberedning
- Data-analys
- Terminologi

Pågående arbeten inom ISO/TC229 återfinns på ISOs webb¹⁵ och inom IEC/TC113.¹⁶ Generellt verkar de standarder som är under utveckling inom ISO (TC 229) handla om mer omfattande karakteriseringsprotokoll, medan de inom IEC (TC 113) har en mer modul-inriktning där varje projekt fokuserar på en metod.

Mycket av standardiseringsarbetet kring grafen i Europa pågår inom Graphene Flagship. Detta är en stor EU-satsning på utveckling av grafen med en budget på €1 miljard. Karlsruhe Institut für Technologie, KIT, koordinerar standardiseringsarbetet inom Graphene Flagship och till exempel National Physical Laboratory, NPL, i Storbritannien är drivande inom många frågor.

15 <https://www.iso.org/committee/381983/x/catalogue/p/0/u/1/w/0/d/0>

16 https://www.iec.ch/dyn/www/f?p=103:23:14681021951275:::FSP_ORG_ID,FSP_LANG_ID:1315,25

Det har publicerats ett fåtal standarder om grafen. Den första var om elektrisk karakterisering. Efter denna har det publicerats en översikt över grafens egenskaper och med vilka karakteriseringsmetoder dessa kan undersökas samt en som definierar vokabulären kring grafen och en del andra två-dimensionella material.

Nomenklaturen följs idag generellt inte. Tydligast är att många tillverkare kallar sitt material för grafen även om det är mer likt grafit. En åsikt är att detta inte spelar någon större roll utan det enda som verkligen har betydelse är prestandan hos slutprodukten oavsett vad det verkligen är för material inuti. Även om detta kan vara sant för slutanvändaren så missar det betydelsen av standarder inom produktionen. Standarderna blir väldigt viktiga för att till exempel jämföra olika material, garantera reproducerbarhet eller för att kunna ha flera olika leverantörer av samma material.

Utöver de standarder om grafen som finns publicerade så har NPL tagit fram en "good practice guide" med rekommendationer kring en del karakteriseringsmetoder och deras provberedning. Dessutom har det brittiska standardiseringsinstitutet (BSI) tagit fram en guide kring egenskaper hos grafenflagor.

Grafen är det första verkligen tvådimensionella materialet. Det har visats teoretiskt att det finns tusentals liknande skiktade material och att många av dessa bör gå att framställa. Flera av dem har redan utforskats experimentellt, men betydligt mer är känt om grafen än om de övriga 2D-materialen. De flesta utav de standarder som utvecklas är därmed också fokuserade på grafen. Vi är dock bara inne i början av utvecklingen av dessa material och det kommer med stor sannolikhet behövas arbetas fram många standarder för alla dessa nya material.

Intervjuer

En hel del svenska företag arbetar med grafen och/eller nanocellulosa. Det strategiska innovationsprogrammet SIO Grafen har under sina 5 år finansierat totalt 86 projekt utförda av sammanlagt 130 organisationer. De flesta - men inte alla - av dessa är svenska organisationer som alltså undersöker/undersökt möjligheterna med grafen. En del utav de här projekten har lett till nya produkter som nu finns på marknaden. Utöver dessa 130 organisationer finns det företag som arbetar eller har arbetat med grafen utan att få finansiering genom SIO Grafen. Trots detta har inga svenska organisationer engagerat sig direkt i standardisering av grafen.¹⁷

Inom det här projektet utfördes ett tiotal intervjuer där svenska företag tillfrågades om deras syn på standardisering. En blandning utav små, medel och stora företag samt forskningsinstitut inkluderades i intervjuerna. Samtliga vidhöll att det är väldigt viktigt att Sverige engagerar sig inom det internationella standardiseringsarbetet för att se till att de standarder som utvecklas är bra.

¹⁷ Möjligtvis med undantag av Chalmers Tekniska Högskola och Karolinska Institutet som genom Graphene Flagship varit involverade.

De flesta som intervjuades belyste att de tyvärr redan har väldigt begränsat med tid för att kunna fokusera alltför mycket på standardiseringsfrågor. Alla - utom de från ett företag - tyckte dock att det är en så pass viktig fråga att de har stort intresse av att vara med i en grupp som fokuserar på standardisering av grafen ändå.

Det sista företaget skulle helst se att det finns en aktör (till exempel SIO Grafen) som är med i standardiseringsarbetet inom SIS och som även regelbundet uppdaterar nätverket med information om nya standarder som tagits fram samt vad som är under utveckling.

Vision

Samtliga tillfrågade personer var väldigt kunniga om grafenområdet. De var även intresserade av att hjälpa till med standardiseringsarbetet av grafen i Sverige. Utöver de som nu intervjuats finns det en hel del ytterligare kunniga personer inom det svenska grafennätverket som mycket väl skulle kunna vara intresserade av att ta del i arbetet.

En tydlig målbild var att formera en grupp med fokus på standardiseringsarbete av grafen och andra tvådimensionella material.

Eftersom en stor del utav de grafen-standarder som är under utveckling ligger inom IEC skulle det vara viktigt att ha ett starkt samarbete mellan SIS och SEK där en potentiell arbetsgrupp kring grafen skulle arbeta med standarder inom både IEC och ISO. Om det skulle komma upp grafenrelaterade frågor inom andra tekniska kommittéer skulle det även vara naturligt för den kommittén att ta stöd av den nya grafengruppen.

Tanken med arbetet inom denna arbetsgrupp är inte att konkurrera med det arbete som redan utförs internationellt. En del arbetsuppgifter skulle vara att:

- Ett minimum skulle vara att representanter för Sverige/SIS/SEK tycker till om och röstar om de standarder som utvecklas av andra aktörer.
- Det skulle även finnas möjligheter att tidigare vara i mer konkret kontakt med de som redan utvecklar standarder. Här är det i dagsläget en stor övervikt av akademiska partners och forskningsinstitut. En tydlig möjlighet till input skulle därmed vara att ge input kring företags synvinklar. Vi har redan hört att detta är något som efterfrågas internationellt.
- Mer direkt experimentell involvering i arbetet av de standarder som redan är under utveckling.
- Informera övriga grafenintressenter i Sverige om vilka standarder som finns och om vilka som är under utveckling.
- Identifiering av områden där svenska företag skulle gynnas av att ta fram standarder som det inte redan arbetas på internationellt.
- Bättre kommunikation och utbildning till mindre företag kring ramverk, kontakter, standardisering. Stöd vid framtagning av nya standarder som drivs av svenska företag.

Tabell 1: SLista över de projekt som finns inom IEC/TC 113 och ISO/TC 229. De flesta utav de tekniska specifikationer (TS) som utvecklas ligger under IEC. De projekt som ISO/TC 229 ansvarar för är markerade med *. De tre som är publicerade är i kursiv stil.

Number	Title
Nanotechnologies	
19733*	<i>Matrix of properties and measurement techniques for graphene and related two-dimensional (2D) materials</i>
21356-01*	Structural characterization of graphene - Graphene from powders and dispersions
80004-13*	<i>Vocabulary - Graphene and related two-dimensional (2D) materials</i>
Nanomanufacturing - Material specifications -	
62565-03-01*	Graphene - Blank detail specification
62565-03-02	Graphene - Sectional blank detail specification for nano-ink
62565-03-03	Graphene film - Sectional blank detail specification: Monolayer graphene
62565-03-04	Graphene film - Sectional blank detail specification: Bilayer graphene
62565-03-05	Graphene - Sectional blank detail specification for graphene powder
Nanomanufacturing - Key control characteristics -	
62607-06-01	Graphene powder – Volume resistivity: four probe method
62607-06-02	Graphene – Evaluation of the number of layers of graphene
62607-06-03*	Graphene material – Domain size: Surface oxidation
62607-06-04	<i>Graphene - Surface conductance measurement using resonant cavity</i>
62607-06-05	Graphene materials - Contact and sheet resistance: Transfer length method
62607-06-06	Graphene - Uniformity of strain analyzed by spatially-resolved Raman spectroscopy
62607-06-07	Determination of specific surface area of graphene materials using methylene blue adsorption method
62607-06-08	Graphene film- Sheet resistance: Four-point probe method
62607-06-09	Graphene material – Sheet resistance: Eddy current method
62607-06-10	Graphene film - Sheet resistance: Terahertz time-domain spectroscopy
62607-06-11	Graphene film - Defect density: Raman spectroscopy
62607-06-12	Graphene film – Number of layers: Raman spectroscopy, optical reflection
62607-06-13	Graphene powder - Oxygen functional group content: Boehm titration method
62607-06-14	Graphene powder – Defect level: Raman spectroscopy
62607-06-15	Sample preparation for the reliability test of sheet resistance and contact resistance for graphene and two-dimensional materials
62607-06-16	Two-dimensional materials - Doping concentration: Field effect transistor method
62607-06-17	Graphene materials - Spatial order parameter: XRD and TE
62607-06-18	Graphene powder - Functional groups: TGA-FTIR
62607-06-19	Graphene powder - Elemental composition: CS analyzer , QNH analyser
62607-06-20	Graphene powder - Metallic impurity content: ICP-MS
62607-06-21	Graphene Powder – Elemental composition, C/O ratio: XPS
62607-06-22	Determination of the ash content of graphene-based materials by incineration
62607-06-23	Graphene film - Sheet resistance, Carrier density, Carrier mobility: Hall bar
62607-06-24	Number of layers: Optical reflection
62607-06-25	Two-dimensional materials - Doping concentration: Kelvin Probe Force Microscopy
62607-06-26	2D materials – Fracture stain and stress, Young’s modulus, residual strain and stress: Bulge test
Nanomanufacturing - Reliability assessment	
62876-03-01	Graphene materials - Stability test: Temperature and humidity

Nanocellulosa – konsten att öka värdet av ett träd

Nanocellulosa är projektets andra modellmaterial, ett material som utvinns ur trä- och växtfibrer. Det har exceptionella styrkeegenskaper i klass med kevlar, men i motsats till kevlar och andra material baserade på fossila råvaror är nanocellulosa helt förnybart. I en tid när många företag söker hitta biobaserade lösningar för sina produkter och affärer har nanocellulosa därför seglat upp på topplistan bland intressanta biobaserade material.

Fibrillär nanocellulosa har funnits sedan början av 1980-talet men kommersialiseringen misslyckades på grund av den energikrävande processen som krävdes för att delaminera fibrer. Vändpunkten kom på 2010-talet. Med nya förbehandlingsmetoder av fibermassa minskade energiåtgången drastiskt. Sedan 2016 har RISE en transportabel demonstrationsfabrik för tester och tillverkning i direkt anslutning till olika pappersbruk.

Sverige, Japan, Finland och Kanada räknas idag som de länder och regioner som är världsledande på området.

Idag finns det mer än hundra olika typer av nanocellulosa (NC). Variationerna mellan dem är stora och det är främst tre faktorer som avgör skillnaden mellan typerna, nämligen cellulosakällan, metoden för att extrahera och framställa materialet samt ytkemin.

Nanocellulosa kan isoleras från olika källor: träd/växter, havslevande organismer som manteldjur (tunicater, till exempel havsprut) och alger, eller kan produceras av bakterier.

Dessa råmaterialkällor har stora skillnader i cellulosabiosyntesprocesser, som påverkar cellulosakedjans tredimensionella struktur. Således har de olika formerna av nanocellulosa olika grader kristallinitet, partikelformatförhållanden, längder, bredder och tvärsnittsmorfologier. I Sverige framställas majoriteten av nanocellulosa från träd.

Det finns många olika ISO-standarder gällande nanoteknologi. Dessa metoder inkluderar generellt nomenklatur, materialspecifikationer och säkerhetspraxis. För närvarande är det bara två ISO-standarder gällande nanocellulosa.

- ISO/TS 20477:2017: Nanotechnologies
 - Standard terms and their definition for cellulose nanomaterial
- ISO/TR 19716:2016: Nanotechnologies
 - Characterization of cellulose nanocrystals

Det finns också en standard under utveckling, ISO/TS 21364 Nanotechnologies – Characterization of individualized cellulose nanofibril samples.

Kanada har också utvecklat egna nationella standarder:

- CAN/CSA-Z5100-17: Cellulose nanomaterials
 - Test methods for characterization
- CAN/CSA-Z5200-17: Cellulose nanomaterials
 - Blank detail specification

Intervjuer

Inom projektet intervjuades företag som har NC relaterade aktiviteter. Deltagarna delades in i två grupper de som producerar materialet och de som använder det.

Idag produceras nanocellulosa både av stora och startup företag. StoraEnso är den enda svenska pappersföretag som framställer nanocellulosa. Cellutech, är ett startup företag som försöker hitta nya tillämpningsområden på detta material, men de köptes nyligen av StoraEnso. Under 2016 grundades FineCell med målet att producera sin egen typ av nanocellulosa. RISE framställer också olika typer av nanocellulosa.

På användarsidan hittar vi pappersföretag som Billerud Korsnäs, SCA, Södra och Holmen, vilka testar nanocellulosa i sina produkter. I många fall samarbetar de med producenter i andra länder. Företag som CellInk, TetraPak och Nouryon har också testat nanocellulosa, antingen som en produkt eller som en ingrediens eller additiv i sina formuleringar.

Standardisering viktigt

Oberoende av företaget finns en allmän överenskommelse om att det finns ett stort behov av att standardisera NC, producerande företag kan inte jämföra sina produkter med de som konkurrenterna producerar. Företag som letar efter nya tillämpliga kan inte bedöma prestanda av olika NC typer.

Bara StoraEnso är del av arbetsgrupp på ISO nivå. På grund av brist på resurser eller tid de små företag som producerar NC är inte involverade i detta arbete. På andra sidan, användare av detta material tycker att det måste vara producent som karakterisera materialet. Generellt, det finns intresse från industri att lägga tid i detta ämne, men tydliga mål behövs också det var överens om att karakterisering av NC bör göras i samarbete med alla olika aktörer som använder NC.

Vision

Företagens representanter som deltog i intervjuerna hade mycket kunskap om materialet, och de var intresserade av att hjälpa till med detta arbete. Det finns mycket forskning kring framställning och nya tillämpliga av NC som görs på universiteten. Aktörer på akademi skulle också bidra som experter i standardiseringsarbetet.

På samma sätt om grafen, ingår nanocellulosa i det arbete som ISO/TC 229 hanterar. Det är emellertid svårt att fastställa hur mycket som görs på området. Det finns därför ett önskemål att bilda en arbetsgrupp med en expertpanel inom nanocellulosaområdet.

För standardisering av nanocellulosa bör fyra olika kategorier övervägas:

- Terminologi och nomenklatur: Forskningsgrupper runt om i världen har använt sina egna termer för att beskriva olika typer av nanocellulosa och därför finns det ett starkt behov av att ha en enhetlig och universellt accepterat terminologi följt av utveckling av standardnomenklatur.

- Mätning och karakterisering: Behovet av att identifiera viktiga NC egenskaper och undersöka befintliga standarder.
- Miljö, hälsa och säkerhet: potentiell exponering.
- Materialspecifikationer: bestäm först egenskaperna som krävs för att beskriva NC för produktspecifikation och testmetoder för att bestämma dessa egenskaper. Det är också viktigt att skilja mellan olika typer av NC och produkter.

Workshops

Under projektperioden har vi hållit två workshops, för att fördjupa frågorna kring behov och önskemål från intressenterna. Mötena hölls den 7 oktober 2019 och den 5 mars 2020 på SIS konferensanläggning i Stockholm.

Den första workshoppen hölls i samband med standardiseringskommitténs möte. Förutom kommittéledamöterna deltog fyra personer.

Det blev tydligt vid mötet i oktober att företagen gärna vill bidra till standardiseringsarbetet, men förstår inte alltid vilken expertis som behövs. Skillnaden mellan företagen på de olika områdena gör också att behoven skiljer sig stort. En gemensam nämnare är emellertid att båda områdets representanter primärt önskar standarder kring nomenklatur och terminologi, att företagen känner till existerande standarder och att dessa följs. Detta är viktigt för att kunna jämföra olika kvaliteter – vilken kvalitet får jag när jag handlar av företag A jämfört med företag B? Deltagarna tog också upp möjligheterna att samarbeta med andra standardiseringskommittéer i Norden, för nanocellulosa skulle även ett samarbete med Kanada vara intressant.

Grafenrepresentanterna ansåg att det är svårt att prioritera standardiseringsarbetet i ett litet företag, men var positiva till det projektgruppen hade diskuterat med SIS under hösten, nämligen att starta en särskild arbetsgrupp inom kommittén som syftar till att hantera existerande förslag på grafenstandarder och föreslå egna projekt. En representant som framförallt arbetar med grafen tryckte särskilt på att svenska intressenter blir tvungna att anpassa sig till internationella standarder och att det är viktigt att hitta nya former så att startup-företagen involveras.

Den slutliga workshoppen i mars 2020 samlade totalt 23 personer, där fördelningen mellan intressentgrupperna var tämligen jämnt. Målet med workshoppen var att prioritera behoven och arbetet för en fokusgrupp för nanocellulosa och för den redan bildade arbetsgruppen för grafen.

De följande gruppdiskussionerna fick olika vändningar. Nanocellulosaintressenterna, vilka främst var från större företag samt RISE, betonade att sk materialstandarder var viktigast, dvs nomenklatur och mätmetoder samt säkerhet, hälsa och miljö. I de två övriga existerande arbetsgrupperna – materialspecifikationer samt produkter – var företagen mindre villiga att delta i arbetet, då de ansåg att man där kommer in på företagsspecifika data och affärshemligheter. Vidare ansåg de inte att det behövdes någon särskild arbetsgrupp för nanocellulosa under SIS teknikkommitté TK 516, då en sådan redan existerar under TK 157, Massa och papper.

Den nystartade arbetsgruppen för grafen röntes å andra sidan stort intresse. Huvuddelen av de deltagande företagen skrev upp sig på en kontaktlista för gruppen som ska hanteras av SIS handläggare. Diskussionen kunde sedan sammanfattas i ett ord, ROADMAP. För att prioritera behov, arbetsuppgifter och vilka frågor gruppen ska drivas behövs en roadmap med en tydlig strategi.

Bedömning och förslag

Projektet har belyst standardisering på området nya nanomaterial ur olika vinklar. Standardisering för nanocellulosa i SIS TK 516 lämnar fortfarande mycket utrymme för förbättring, men storföretagen anser att detta hanteras i redan etablerade arbetsgrupper. För grafenområdet finns det ett stort intresse att engagera sig i en arbets-/fokusgrupp och arbetet kommer att påbörjas snart.

SIS har under projektets gång agerat för att underlätta för mindre företag att engagera sig i standardiseringsarbetet genom att minska deltagaravgiften med 50 procent för så kallade mikroföretag. SIS har även startat en intern arbetsgrupp inom TK 516 för grafen. Detta är två mycket värdefulla insatser som kommer att underlätta ett svenskt engagemang inom internationell standardisering. Efter workshoppen i mars har SIO Grafen samt tre företag visat intresse av att ingå i arbetsgruppen.

För att ytterligare stärka svenska företags röst internationellt på området nya nanomaterial/nanoteknik föreslår vi följande:

- **Stärk TK 516.**
Vi ser det som helt avgörande att kommittéarbetet leds av en dedikerad och drivande ordförande och uppmanar kommittén att snart tillsätta en sådan. Det är också av största vikt att fler företag engageras i standardiseringsarbetet genom att delta i arbete i TK 516.
- **Stärk samarbetet mellan SIS andra teknikkommittéer och TK516 samt med SEKs nanoteknologikommitté.**
TK 516 hanterar främst materialstandarder medan andra kommittéer hanterar produktstandarder. Vi vill se en öppen dialog och samarbete med kommittéer där nanomaterial kan komma att användas.
- **En kommunikationskampanj riktad mot små och medelstora företag, startups på nanoteknikområdet.**
Då kunskapen om SIS arbete på nanoteknikområdet är mycket låg bland intressenterna och då SIS TK 516 under lång tid till största delen passivt har administrerat ISO-omröstningar, vill vi rekommendera SIS att se över kommunikationen mot företagen, särskilt gentemot startups. Det finns stora möjligheter att engagera företagen via nätverken på området, till exempel SIO Grafen och SwedNanoTech.

- **En kommunikationskampanj riktad mot akademien och forskningsinstitut, så att arbetet med standarder kan ingå i forskningsprojekt.**

I de forskningsprojekt som syftar till att karakterisera, validera och på andra sätt definiera ett specifikt material, bör skapande av standarder och Standard Operation Procedures vara leverabler. Det stärker projekten om standardiseringsorgan också blir part i forskningsprojekt och -program. Det är frivilligt, inte obligatoriskt, att använda standarder vid definition av ett material. Samtidigt kan standarder tjäna som underlag för regulatoriska beslut, varför standarder kan ha en viss påverkan på lagstiftning.

- **Skapa en tydlig strategi och Roadmap.**

I projektet har vi identifierat ett antal pågående initiativ. För att nyansera bilden och optimera effekten av dessa är det nödvändigt att fortsätta arbetet, dvs gå in lite djupare i vad som verkligen görs och vad statusen är, definiera en målbild, utforma en strategi och en färdplan, en roadmap för hur svenska aktörer kan påverka internationellt standardiseringsarbete för nanoteknik samt hur vi ska nå dit.



Research Institutes
of Sweden

Med finansiering från

