



 SIO GRAFEN

## Svenskt Grafenforum 2019

Sofia Öiseth, Sophie Charpentier, Johan Ek Weis,  
Jon Wingborg, Eleonor Hendar and Elisabeth Sagström

21 november 2019

Med stöd från

**VINNOVA**  
Sveriges innovationsmyndighet

 **Energimyndigheten**

**FORMAS** 

Strategiska  
innovations-  
program

## Sammanfattning

Svenskt Grafenforum 2019 hölls på Lindholmen Science Park i Göteborg. Runt 70 deltagare från näringsliv, universitet och forskningsinstitut närvarade och fick under två intensiva dagar höra om de senaste resultaten från projekt finansierade genom SIO Grafen. Dessutom hölls en frågestund med Vinnovas generaldirektör, fyra workshoppar och ett studiebesök på Provexa. Övergripande insikter från projekten var att det tar längre tid än beräknat att få fram resultat, det lönar sig att samarbeta med andra med kompletterande kompetens samt att dra nytta av grafenproducenternas expertis. Det noterades också att behovet av standardisering och karaktärisering av grafen är fortsatt viktiga områden.



Fullsatt Svenskt Grafenforum 2019!

## Projektpresentationer

Under de två forumsdagarna hölls längre presentationer av 16 spännande innovationsprojekt. De hölls på en blandning av svenska och engelska och därför är även rapporteringen blandad språkmässigt.

- Polymerer med exponerade grafenkanter: nya antibakteriella material för medicintekniska applikationer – Magnus Svensson, Wellspect

Wellspect har tittat närmare på hur grafen-flingor (olika storlek och koncentration) inbäddade i LDPE påverkar bakterier (*E. Coli* och *S. Epidermidis*). De har funnit att grafen dödar bakterier mekaniskt genom att vassa grafen-spikar/kanter penetrerar cellmembranen. Däggdjursceller å andra sidan förblir intakta då deras storlek är betydligt större och ytan fungerar mer som en spikmatta. De nya ytorna har upp till 1000 gånger bättre antibakteriell effekt än vad som uppnåtts under tidigare försök. Områden som bör undersökas vidare är agglomeration av grafen-flagorna och ojämn fördelning i kompositen.

- Multifunktionell färg genom tillsats av orienterade grafenflagor – Linnea Selegård, Saab

Projektet har tittat på lösningar för att använda grafens goda ledningsförmåga och lättvikt för att skapa en färg som skyddar mot blixtnedslag och motverkar isbildning på flygplan. Grafenpulver av olika typer och koncentrationer har blandats i epoxybaserad pulverlack. Vid inblandning i pulverform uppstod aggregering av grafenflagorna vilket resulterade i en oförbättrad ledningsförmåga. Nästa steg var att dispergera flagorna i en lösning före inblandning i lacken varvid mer lovande resultat med metalliknande egenskaper uppnåddes.

- Grafenbaserade ytskydd med bättre ledningsförmåga – Sophie Charpentier, Chalmers Industriteknik

Avsevärt förbättrat korrosionsskydd för metallföremål har uppnåtts genom inblandning av grafenflagor i ytskyddet. Goda friktionsegenskaper och hög ledningsförmåga är egenskaper som eftersökts. Ett tunt skyddande lager av zink/järn/grafen-beläggning erhöles genom elektrodeponering. Även efter reptest på ytorna uppstod ingen rostspridning. Nästa steg är att utveckla ett bättre sätt att övervaka koncentrationen av grafen i deponeringsbadet och testa andra substrat.

- Graphene-reinforced TeXtreme® materials – Florence Rinn, Oxeon

A new material with a dispersion of graphene nanoplatelets applied to a tape for reinforcement has been developed. The tape is woven into a fabric called TeXtreme. With graphene close to fibres, it improves the interlaminar properties and fracture toughness of the material. A challenge for the future will be to improve the graphene functionalisation. Part of the project also included screening of graphene suppliers and their products as well as a literature study of various graphene types.

- Grafen i Kompositmaterial 2 – Sören Halvarsson, 2D fab, för Saintpro

Grafen har testats som komponent i skyddsprodukter, som skottsäkra västar och sköldar, för att göra dem starkare och lättare. En komposit av polykarbonater med grafen skapades som en masterbatch som senare kunde formsprutas. Mekaniska och ballistiska tester utfördes av produkterna/materialen. Positiva resultat uppvisades med förbättrade mekaniska egenskaper vid kompondering med grafen.

- Graphene Enhanced Cement based coating – Lars Nilsson, Lanark

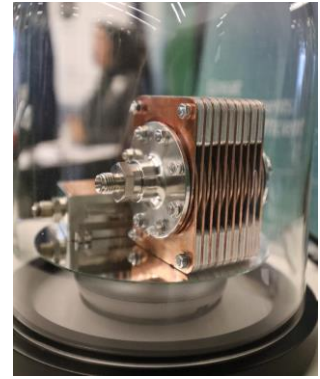
Projektet har infört funktionaliserat grafen i cementbaserad färg för att förbättra dess mekaniska egenskaper. Tillägget av grafen gav förbättrade böjgenskaper, bättre vidhäftning med cementbaserade underlag och mer motståndskraft mot kloridgenomträngning. Förbättringsnivån låg i intervallet 20%-50%. En kommersiell produkt beräknas vara på marknaden om tre år.

- Grafenförstärkt betongstängsel – Simo Järelöv, Heda

The aim of the project was to reduce the amount of concrete by 50% in concrete fence posts by the introduction of graphene flakes. This would lead to reduced costs but more important better workers health, less volumes for transportation and reduced environmental footprint. Functionalised graphene was homogeneously dispersed in the concrete and outdoor field tests (cold climate or exposure to harsh ocean winds) and indoor accelerated tests were carried out. Results showed that graphene addition could enhance the bend and compression strengths with 5-20%.

- Miniaturiserad kryokylare baserad på grafen – Patrik Lundin, APR Technologies

APR Technologies utvecklar kryokylare och har i projektet utnyttjat grafen för att materialet har en hög värmeledningsförmåga och minimal vikt. Teknologin har inga rörliga delar vilket eliminerar störande vibrationer samt utökar hållbarheten. Flera prototyper togs fram inom projektet och visade på en robust, tät, billig och skalbar konstruktion. Även om projektet ännu inte nått fram till ett helt fungerande kylsystem så byggdes en bra pump, vilket är ett väldigt viktigt steg.



- Large area graphene-based sensors/IR-photodetectors – Qin Wang, RISE och Sri Iyer, Senseair

The project used films of graphene produced by chemical vapour deposition (CVD) to develop device processing technology in order to make an IR detector for CO<sub>2</sub> and/or alcohol and a chemical sensor for drug detection. The device was shown to be able to detect amphetamine. The graphene and device processing were significantly developed, but more work is needed in order to increase the yield and reduce the cost before launching any new products.

- Aros graphene based TIM – Jörgen Gustafsson, Nolato

Projektet har utnyttjat grafens höga värmeledningsförmåga för att utveckla termiska interfacematerial. Flera olika typer av grafen användes och det upptäcktes att en kombination av grafen med andra större sfäriska fyllnadsmedel fungerade bäst. Prototyper med en värmeledningsförmåga på cirka 20 W/mK tillverkades, vilket fortfarande kan optimeras.

- Self-lubrication and self-cooling Polymer-Aros Graphene composites – Mamoun Taher, Graphmatec

Projektet började med att utveckla PPS-material med grafen. En metod för att ytbelägga polymerer i form av pellets/pulver med grafen togs fram, men projektet lyckades inte få några bra resultat. Lärdomarna togs dock vidare till att istället utveckla nylonmaterial med grafen. Här blev resultaten fantastiska (till exempel 60% lägre friktionskoefficient) och en ny produkt har lanserats. Grafen är alltså inte alltid rätt material, men kunskapen från mindre lyckade tester kan tas vidare för att avsevärt förbättra andra produkter.

- Hög termiskt ledande grafenfilm som termisk rem och värmespridare för radar och laserapplikationer – Lilei Ye, SHT

Thermal straps need to have a high in-plane thermal conductivity and excellent flexibility. They can be made from several different materials, such as Cu, Al or pyrolytic graphite, but the project developed thermal straps of graphene that are more conductive, lighter, thinner and more flexible than the commercial products. A graphene film product is about to be launched with a production capacity of 200 m<sup>2</sup>/month.

- Graphene enhanced adhesives for spot welding – Marcus Schmidt Volvo Cars

As there are around 5000 spot welds in a modern car, the processability of these are very important. The project incorporated graphene into commercial adhesives in order to increase the conductivity and thereby the weld-bonding window. The results were promising, and the next step is to develop an adhesive which is custom-made for graphene.

- GNOME 2 – Kjell Lundgren, Scandidos

The project aimed to replace heavy elements in radiation sensors in order to remove secondary scattering, and more specifically to replace the Cu closest to the sensor with graphene. The graphene was coated onto small elastic particles and incorporated into an anisotropic adhesive. The electrical properties were sufficient for the sensor function and the team will continue developing the product in a new product.

- Mikrografen – Lars Eng, 2D fab

2D fab använder expanderad grafit för att tillverka grafen. Projektet har undersökt hur grafiten kan expanderas med hjälp av mikrovågor istället för termiskt som görs idag. De har gjort storskaliga tester och utvecklat en process med väldigt hög verkningsgrad. En ny prototyp har designats och nästa steg är att bygga denna.

- Grafen i innebandyblad – Johan Östeman, Renew Group Sweden

Innebandyblad ska vara både lätta och styva. Projektet har använt grafen som tillsats i PP och PE för att tillverka styvare blad. Flera olika typer av grafen undersöktes och materialegenskaperna hos kompositerna karakteriserades grundligt. Innebandyblad tillverkades med två olika grafenmaterial. Bladen blev styvare och håller även på att testas i spel av innebandyspelare i Pixbo Wallenstam.



Innebandyklubbor med grafenförstärkta blad väckte stort intresse.

## Projektkavalkad

I en intensiv kavalkad på en timme fick vi höra uppdateringar av följande intressanta genomförbarhetsstudier vilka förhoppningsvis kommer att leda till större nya projekt.

1. Functionalized graphene enhanced coating – Applied Nanosurfaces
2. Graphene Coatings for High-End textiles – FOV

3. Värmereducerande textil – Saab Barracuda
4. Stabila dispersioner av grafen och nanocellulosa för framtida kompositmaterial – RISE
5. Grafenkomposit som elektrod i superkondensator – Brightday Prototypes
6. Graphene coated fibre – Bitelecom
7. Små kapacitiva grafenbaserade sensorer – Anincko
8. Högdissipativa mikrovätskekylda elektronikförpackningar – APR Technologies
9. Anisotropa egenskaper hos grafen nanokompositer för högspänningsisolering – Chalmers
10. Sensor för snabbare, billigare, och enklare bestämning av dioxiner i miljön – Linköpings Universitet
11. Funktionaliserade grafenkvantumpunkter som läkemedelsbärare – Smart High Tec
12. Grafenoxid ytebeläggningar för vattenrenande membran – Grafren
13. Grafenförbättrad vattenrening - KTH
14. Grafenförbättrade biobaserade beläggningar för korrosionsskydd av varmförzinkat stål – RISE
15. Från koltjära till grafen - produktionsmetoder och framtidiga användningsområden – Swerim



Membran för vattenrening visades upp av Grafren



Paneldiskussion med Sophie Charpentier och Florence Rinn.

## Workshoppar

Fyra parallella workshoppar genomfördes där olika områden diskuterades och erfarenheter utbyttes.

- Hur väljer du rätt grafen?

De många olika sorters grafen som finns på marknaden lämpar sig för olika tillämpningar. I den här workshoppen diskuterade vi tillsammans våra erfarenheter av hur man hittar och väljer rätt material och leverantör.

Det grafenmaterial som man kan köpa har en storleksfördelning och består inte av en enda sorts grafen. Många leverantörer är dock inte transparenta kring exakt vilket material de levererar utan har sina egna metoder. Det diskuterades därmed att oavsett om det finns specialmetoder för karakterisering på universitet och institut så behövs det utvecklas mer industri-relevanta metoder. En uppdatering av SIO Grafens leverantörslista eftersöktes för att underlätta valet av grafen. Standarder diskuterades flitigt och att det är väldigt viktigt att dessa utvecklas och att det tidigt kommuniceras kring vad som är på väg. Det finns en tröskel för nya företag att börja arbeta med grafen. Det föreslogs därför att SIO Grafen skulle ta fram material som underlättar för de som är intresserade av grafen att börja arbeta med materialet.

- Grafen i omvärlden – hur når vi utanför Sverige?

Workshoppen diskuterade erfarenheter av internationalisering, samarbete utanför Sveriges gränser och vidgade marknader. Vilka länder är viktiga att hålla koll på/etablera sig i? Hur hittar man en internationell återförsäljare? Import/export av råmaterial och produkter? Vikten av standardisering av grafen för att tala samma språk och veta vad man köper/diskuterar kom

upp vid flera tillfällen. Vikten av att sprida vetskap om och uppdatera SIO grafens leverantör och aktörs-listor framhölls. Chanser för småföretag att skapa kontakter och nätverk inom främst EU bör uppmärksammas av SIO grafen, Vinnova och Business Sweden.

- Uppskalning av ytbeläggningar – vad krävs?

Under de senaste åren har det utförts ett stort antal utvecklingsprojekt om grafenbaserade beläggningar. Detta har dock inte översatts i ett stort antal storskaliga implementationer. I denna workshop diskuterade vi hur kunskapen kan skalas upp till färdiga ytbeläggningsprodukter baserade på grafen.

En del av diskussionen handlade om olika aspekter relaterade till tillverkning av grafen. Det är svårt att hitta rätt leverantör som producerar rätt grafen på ett jämnt och pålitligt sätt. Det är därför viktigt att SIO grafen försätter arbeta med standardisering och uppdaterar nätverket med vad som görs internationellt.

Det diskuterades också om hållbarhet, avfallshantering och återvinning. Dessa frågor är inte enkla för företag och det är bra att SIO grafen fortsätter informera om potentiella hälsoaspekter och REACH, eftersom de flesta deltagare ansåg att det saknas tydlighet kring detta. Vi diskuterade också svårigheterna med att testa i stor skala och behovet av att hitta snabba och enkla mätmetoder i en produktionsmiljö.

Många deltagare ansåg att det skulle vara bra att ha möjligheter att spendera mer tid och finansiering på mer grundläggande förståelse. Till exempel skulle detta hjälpa till att felsöka när en uppskalad process inte ger samma egenskaper som produktion i liten skala. Det skulle också vara bra om SIO grafen kan skanna fler tillämpningsmöjligheter genom att vara mer i kontakt med slutanvändare och deras krav.

- Thermal conductivity of composites

Diskussionen inleddes med en presentation av Jiantong Li om arbetet med “Best practice study of highly thermally conductive graphene polymers composite”. Projektet kommer sammanfattas i en separat rapport med tips och trix för att få fram material med högre värmeledningsförmåga. Efter Jiantongs rapport diskuterades vilka nivåer i värmeledningsförmåga som deltagarna eftersträvade. Två tydliga nivåer identifierades; antingen  $>20$  WmK vilket deltagarna tyckte kunde vara ok för en polymer-komposit med dessa egenskaper, eller så var man på jakt efter en produkt med ledningsförmåga på 2000 WmK eller högre.

## **Besök av Vinnovas generaldirektör Darja Isaksson**

Darja Isaksson svarade på frågor av Pontus de Laval, styrelseordförande SIO grafen, och från publiken. Hon poängterade att Sverige har en fördel med sin bredd på industrin med aktörer i hela värdekedjan och därmed ligger väl framme i områden som elektrifiering, automatisering, bio science and hållbar framtid. Sverige är också ledande när det gäller regelutveckling och systemdemonstratorer inom många områden. Ett orosområde är små bolag som har svårt att växa, då det är svårt att få finansiering i mellanklassen (1-20 miljoner). Fler testbäddar för uppskalning kan vara en väg att stödja framtida satsningar. Hon nämnde också vikten av att samarbeta med internationella aktörer.





Vinnovas generaldirektör, Darja Isaksson, och SIO grafens styrelseordförande, Pontus de Laval, diskuterade grafens framtid inom svensk industri.

## Information och sammanfattning från programchefen

Elisabeth Sagström-Bäck, ny programchef från 1 oktober för SIO Grafen, inledde och avslutade Grafenforum.

### Ny utlysning inom SIO Grafen:

- En utlysning planeras öppna i november 2019.
- Tre projektformer och alla styrkeområden.
- Den 16 januari hålls en workshop för Konsortiekatalys att hållas i Stockholm för de som vill ha stöttning i att utveckla sin projektidé, söker partners eller vill informera om sin kompetens.
- Redan nu finns information på Vinnovas hemsida under planerade utlysningar.

### Ansök om medlemskap i SIO Grafen!

Från i år är tidigare sponsormedlemskap ersatt med medlemskap i SIO Grafen. Organisationer som har R&D verksamhet eller produktion i Sverige, alternativt är en branschorganisation el. dyl. som verkar inom SIO Grafens styrkeområde välkomnas som medlemmar.

### Nytt strategiskt projekt Round Robin 2019

Karakterisering och standardisering av grafen lyfts av aktörerna inom SIO Grafen som mycket viktiga frågor. Därför har styrelsen beslutat om ett nytt Round Robin-projekt med fokus på metodikutveckling. SIO Grafens aktörer kommer bjudas in att delta i projektet.

### SIO Grafen utvärderas 2020

Andra kullen strategiska innovationsprogram, där SIO Grafen ingår, utvärderas under 2020. Många av aktörerna och projektdeltagarna kommer involveras i utvärderingen.

Faugert & Co Utvärdering gör arbetet på uppdrag av Vinnova, ni kan få mejl eller telefonsamtal från dem eller deras underleverantörer. Det är mycket viktigt att ni tar er tid att svara på frågorna kring programmet!

## **Success Stories och produkter/koncept/demos från SIO Grafen-projekt**

Programkontoret vill marknadsföra resultat från SIO Grafen projekten ännu mer än idag. Vi vill ha exempel på resultat från projekten som t.ex koncept, produkter eller kanske demos.

Mejla [info@siografen.se](mailto:info@siografen.se) med dina idéer före, under och efter projekten.

### **Aktiviteter 2020 – save the date**

Årsstämman kommer hållas den 22 april i Uppsala.

Svenskt Grafenforum hålls den 13–14 oktober i Sundsvall.

### **Vill du ha en SIO Grafen-aktivitet på ditt företag?**

Under 2020 vill vi gärna ordna några möten/workshoppar ute på företag inom SIO Grafen.

Kontakta oss om du vill att vi ordnar ett möte hos er.



I pauserna gavs chans för djupare diskussioner med nya och gamla kontakter.

## **Studiebesök på Provexa**

Forumet avslutades med ett besök hos ytbehandlingsföretaget Provexa i Gamlestan. Vid en rundvandring i fabriken besöktes deras olika elektrodeponeringslinjer samt kvalitetslabb. Rostskyddsbehandling av lastbilsdelar och stora skruvar pågick i stor skala men även förkromning utan krom av små specialprodukter. Metalldelar som ytbehandlats med Pluto, som innehåller grafen, visade hög motståndskraft mot rostangrepp.