



## **Agenda grafen 2018**

Den svenska strategiska innovationsagendan för grafen

## Rekommenderade aktiviteter i korthet

Den här agendan rekommenderar ett antal aktiviteter för att skapa förutsättningar för ännu starkare grafeninnovation i Sverige. Här listar vi aktiviteterna i korthet.

### **Aktivitet 1 Öppna utlysningar för samverkansprojekt**

Vi vill genomföra öppna utlysningar där företag i samverkan med andra aktörer kan söka finansiering för projekt och konsortieuppbyggnad.

### **Aktivitet 2 Öppna utlysningar för specifika demonstratorprojekt**

Vi vill genomföra öppna utlysningar där företag i samverkan med andra aktörer kan söka finansiering för demonstratorprojekt.

### **Aktivitet 3 Workshoppar**

Vi vill genomföra ett antal ämnesspecifika workshoppar inom angelägna områden, för att skapa samverkan, öka kunskapsnivån och förbättra förutsättningarna för innovation.

### **Aktivitet 4 Konferenser**

Vi vill, för att skapa ökad samsyn och kunskapsspridning, genomföra årliga konferenser med fokus på aktuella frågeställningar.

### **Aktivitet 5 Karaktäriseringscheckar**

Vi vill skapa en möjlighet för innovationsaktörer inom grafenområdet att ansöka om checkar för att kvalitetssäkra inköpt grafenmaterial.

### **Aktivitet 6 Internationalisering**

Vi vill att fler svenska aktörer utnyttjar finansierings- och samverkansmöjligheter inom EU, och att vi i förlängningen påverkar kommande utlysningar så att de matchar svenska intressen.

### **Aktivitet 7 Omvärldsbevakning**

Vi vill skapa goda förutsättningar för innovation genom att tillhandahålla omvärldsbevakning för innovationsaktörerna inom tre prioriterade områden.



**Aktivitet 8 Seminarier och kurser**

Vi vill öka kunskapsöverföringen mellan olika aktörer genom seminarier och kurser.

**Aktivitet 9 Mallar för IP-hantering och -avtal**

Vi vill underlätta samarbeten, framför allt för mindre företag och forskare i samarbeten med större företag, genom att tillhandahålla mallar för samarbetsavtal, sekretess och IP-hantering.

**Aktivitet 10 Uppsökande verksamhet**

Vi vill utöka nätverkandet inom innovationsområdet för grafen och komplettera leverantörskedjorna till fungerande innovationsmekanismer.

**Aktivitet 11 Testbäddsprogram – LIGHTest**

Vi vill fortsätta att utvärdera hur 2D-material blir en del av framtida test- och demoanläggningar.

**Aktivitet 12 Färdplaner och strategiska enskilda projekt**

Vi vill att de av SIO Grafens styrkeområden som inte redan har en färdplan påbörjar arbetet med att ta fram sådana inom två år.

**Aktivitet 13 Kommunikation**

Vi vill att SIO Grafen ska framstå som en trovärdig och seriös partner för forsknings- och utvecklingsprojekt inom grafenområdet.

**Aktivitet 14 Finansiering på låga TRL**

Vi vill att det ska skapas en finansieringsform för långsiktigt behovsdrivna industridoktorandprojekt.

Läs i detalj om dessa aktiviteter i kapitel 5. Eller starta med kapitel 1 för att se hela vårt strategiska resonemang som leder fram till aktiviteterna.

**Text:** Agenda grafen 2018 är en agenda för svensk grafenrelaterad innovation för perioden fram till 2030. Målsättningen är att stärka förutsättningarna för nationell konkurrenskraft inom grafenområdet. Dokumentet är framtaget av akademi, näringsliv och myndigheter (se deltagande organisationer på sidorna 26–27), vilka tillsammans äger alla rättigheter till dokumentet. Innehållet får gärna citeras om källan uppges tydligt.

**Foto/rendering:** 3 ABB Corporate Research/Mamoun Taher 7 Johan Liu 10 Dostoevsky/Shutterstock.com, Leszek Glasner/Shutterstock.com, Yaruniv Studio/Shutterstock.com 11 Chalmers/Roland Kádár, SIO Grafen, Sarin Kunthong/Shutterstock.com 13 Bonninstudio/iStock/Thinkstock, SIO Grafen, Graphene Flagship 15 Iaremenko Sergii/Shutterstock.com, SIO Grafen 16 Zoonar RF/Zoonar/Thinkstock 17 Graphene Flagship 18 Oil and Gas Photographer/Shutterstock.com, Rade Kovac/Shutterstock.com, Airbus/Anthony Pecchi 19 eternalcreative/iStock/Thinkstock, Abramov Valery/Shutterstock.com, Smile Fight/Shutterstock.com

**Projektledning:** Helena Theander och Johan Ek Weis, Chalmers Industriteknik

**Processledning, redaktion, formgivning, illustration, layout:** Gunnar Linn, Linnkonsult

**Tryck:** Majornas Grafiska, Göteborg, 2017

**Kontakt:** info@siografen.se



## Om detta dokument

Den första innovationsagendan för grafen togs fram 2013. Det internationella landskapet ser annorlunda ut i dag; den tekniska mognaden och den svenska aktiviteten har utvecklats sen dess. Denna nya innovationsagenda tar ut riktningen för de kommande åren, baserat på omvärldsförändringar, erfarenheter och lärdomar från de första åren.

1	GRAFEN OCH INNOVATION .....	6
2	VISION 2030 .....	12
3	NULÄGE OCH UTMANINGAR .....	14
4	MÅL 2025 OCH 2020 .....	20
5	REKOMMENDERADE AKTIVITETER .....	22
6	MEDVERKANDE I AGENDAARBETET .....	26

# GRAFEN OCH INNOVATION

Vad är egentligen grafen?  
Varför är grafenområdet en bärare av svensk innovation?  
Och varför behövs en uppdaterad strategi?

## Vad är grafen?

Grafen är ett så kallat 2D-material, vilket betyder att det utgörs av ett tunt tvådimensionellt skikt – färre än tio atomlager tjockt. Grafen, som består av kolatomer, var det första 2D-materialet som isolerades och som med sina fantastiska egenskaper och sin stora potential startade intresset för denna materialklass. Det finns även 2D-material som består av andra atomer än kol, exempelvis bornitrid (BN) samt molybden- och wolframdisulfid ( $\text{MoS}_2$  och  $\text{WS}_2$ ). Efter- som utvecklingen av grafen har kommit betydligt längre än övriga 2D-material ligger fokus här på grafen, men även övriga 2D-material inkluderas i agendan och dess strategi.

Karaktäristiskt för dessa supertunna material är att de kan ha flera samtidiga extraordinära egenskaper jämfört med tjocka (tre-dimensionella) material. Grafen är exempelvis 200 gånger starkare än stål men ändå böjbart, det är genomskinligt men ogenomträngligt för gaser. Det är den bästa kända termiska ledare man känner till och även en av de bästa elektroniska ledarna; exempelvis rör sig elektroner upp till 100 gånger fortare i grafen än i kisel, som används i traditionell elektronik.

Flera av 2D-materialen kan förekomma antingen i form av film eller som flagor. Flagorna kan även produceras som grafenoxid (GO). Flagor är billigare, medan film har generellt bättre kvaliteter. Gemensamt för de olika 2D-materialen är att de kombinerar ett flertal eftertraktade egenskaper. Samtidigt har de inbördes olika fördelar för olika tillämpningar. I vissa tillämpningar kan man därför skapa ytterligare fördelar genom att kombinera två olika 2D-material och uppnå högre prestanda än vad materialen hade presterat vart för sig.

Amorft kol, diamant, kolnanorör och andra icke-tvådimensionella material (med fler än tio atomlager) tillhör inte grafenområdet och faller utanför ramen för denna agenda.

## Potential att förändra världen

Grafen har genomgått en vetenskaplig explosion sedan de grundläggande rönen som 2010 resulterade i Nobelpriset i fysik till Andre Geim och Konstantin Novoselov. Grafen är allmänt erkänt som ett av de största framtidshoppen inom materialutveckling.

Grafens unika kombination av flera samtidiga extraordinära egenskaper är därför en startpunkt för nya och potentiella disruptiva teknologier över ett mycket brett fält. Egenskaperna kan exploateras inom en mängd industriella områden med stor bredd såsom sensorer, ytbeläggningar, multifunktionella material, medicinteknik och liknande krävande områden. Flera av dessa kan så småningom

eventuellt snabba upp en teknologisk revolution när den tekniska utvecklingen mognat.

Materialet har redan börjat röra sig från forskning till industri. Exempel på enklare produkter som redan finns på marknaden är starka och lätta kompositmaterial i framförallt sportartiklar. På kort sikt förväntas också ytbeläggningar, sensorer och enklare energilagringsprodukter att nå marknaden. Dessa tar dock längre tid till marknaden eftersom kraven på teknisk mognadsgrad ökar. Men det är på längre sikt de stora vinsterna förväntas.

Grafen ska inte ses som enbart en generisk och bred teknologi, utan som en helt ny materialklass som representerar en unik möjlighet för industrin – inom många branscher – och för samhället. Men eftersom den tekniska mognaden fortfarande utvecklas känner ingen med säkerhet till den fulla potentialen hos grafenteknologi.

Grafenutvecklingen har fått upp en viss fart. Vi har en någorlunda god uppfattning om grafens potential de närmaste åren och vilka områden som har nått de högsta tekniska mognadsnivåerna, och det är dessa områden som denna innovationsagenda fokuserar på – plus eventuella andra områden där det finns ett industriellt intresse och ett behov av samarbete för delad risk och kortare väg till marknaden. Fortfarande är det uppenbart att vi ännu inte insett i vilken område och tillämpning som grafen kommer nå störst inverkan på samhället.

Trots omogenheten i grafenutvecklingen och begränsad tillgång på reproducerbart material och kunskap finns ett substantiellt och numera relativt vidspritt intresse, där man ser ett behov av att samverka för att nå en kritisk massa och skapa framtida leverantörskedjor. Om hindren för teknologimplementering kan överbryggas kan svensk industri bli väl positionerad för att snabbt kunna utveckla produkter och exploatera affärsmöjligheter.

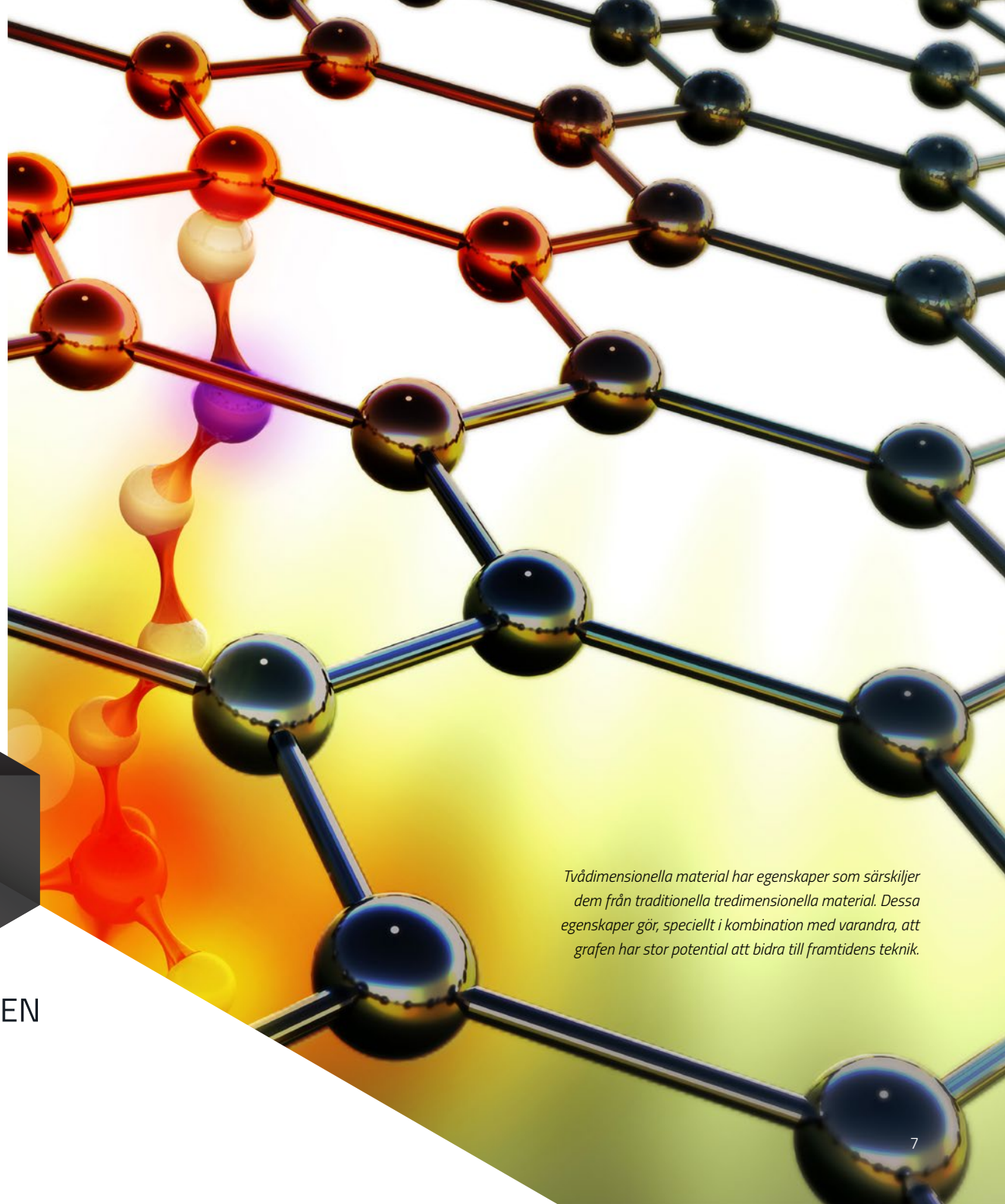
### Strategiskt innovationsprogram

Grafenområdets strategiska betydelse för svensk innovation manifesteras genom att området sedan 2014 utgör verksamhetsområdet för ett av Sveriges 17 strategiska innovationsprogram – SIO Grafen. Programmets uppgift är att transformera denna omogna och fragmenterade industri till en etablerad och framåtskridande industri där Sverige är bland de tio främsta länderna när det gäller att utnyttja grafen för att säkerställa industriellt ledarskap inom avancerad teknologi.

Detta kräver att grafen kan integreras i existerande produkter och



 **SIO GRAFEN**



*Tvådimensionella material har egenskaper som särskiljer dem från traditionella tredimensionella material. Dessa egenskaper gör, speciellt i kombination med varandra, att grafen har stor potential att bidra till framtidens teknik.*

## GRAPHENE FLAGSHIP

Graphene Flagship är ett tioårigt projekt med över 150 partner från 23 europeiska länder. Projektet strävar efter att föra samman forskare från akademi och industri för att ta grafen från universitetens laboratorier till samhället för att generera ekonomisk tillväxt, nya jobb och nya möjligheter för Europa.

Forskning och utveckling utförs inom 15 olika tekniska områden. Sverige har en bra position eftersom Graphene Flagship leds av Chalmers. Det ger en förstahandskunskap inom det globala forsknings- och innovationsfältet. Dessutom ger det tillgång till nätverk inom både akademi, institut och flera industrisektorer, vilket adderar till Sveriges kredibilitet och attraktivitet för internationella investeringspartner.

I viss mån har detta redan kanaliseras till det svenska nätverket, men det finns stora möjligheter att ta tillvara på den europeiska anknytningen ytterligare för svenska företag, när nu dessa blivit mer insatta i området.



 SIO GRAFEN

SIO Grafen är ett nationellt innovationsprogram med ambitionen att stärka gränsöverskridande samverkan mellan forskningsleverantörer och företag inom grafenområdet och på så sätt etablera Sverige som ett av de ledande länderna i världen inom grafeninnovation. SIO Grafen drivs med stöd från myndigheterna Vinnova, Formas och Energimyndigheten samt från sponsorpartners.

Syftet är att bygga en nationell kraftsamling och gemenskap kring grafen, att identifiera och föra samman viktiga aktörer i värdekedjor mot tillämpningar. Programmet föreslår också prioriterade områden inom forskning och innovation samt utlyser demonstrationsprojekt inom dessa.

Andra viktiga program är de europiska programmen Graphene Flagship och FLAG-ERA, samt Påverkansplattform grafen.

processer samtidigt som dessa utvecklas, anpassas och förbättrar nya teknologier, komponenter och system.

Genomförandet av programmet regleras av den strategiska innovationsagenda du just nu håller i handen. Den aktuella versionen (2018) är en uppdatering av 2013 års agenda. Agendan identifierar utmaningar, sätter upp mål för att möta dessa och föreslår aktiviteter som ska hjälpa till att driva innovationsområdet mot de uppsatta målen.

2013 års agenda identifierade ett antal styrkeområden som tillsammans utgör fokus inom grafenområdet. Utgångspunkten för dessa områden är svensk industris uttalade intresseområden, där grafen har en potential att tillföra värde och där industrin vill fokusera de närmsta åren. Dessa styrkeområden har reviderats genom åren allteftersom utvecklingen gått framåt. I årets uppdaterade agenda har områdena justerats och förfinats ytterligare för att möta det nya nuläget och den förändrade omvärlden som vi ska läsa mer om i kapitel 3.



**Elektronik:** sensorer, tryckt elektronik, högfrekvenselektronik



**Komposit:** polymerbaserade med och utan fiber, textilier, betong, metall



**Ytbeläggning:** beläggningar, membran, barriärer, filter



**Tillverkning:** materialtillverkning, karaktärisering, processutveckling, testbäddar, produktionsutveckling



**Bioteknik:** medicinteknik, miljö- och hälsoaspekter



**Energi:** lagring, generering, termisk och elektrisk ledning

*De styrkeområden som grafenområdet fokuserar på i dagsläget är tillverkning, elektronik, komposit, ytbeläggning, energi och bioteknik. Detta är en förädlad uppsättning av de områden som identifierats i tidigare sammanhang. Läs mer om styrkeområdena på sidorna 10–11.*



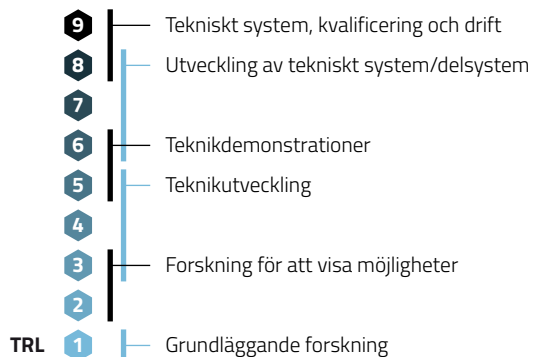
## Aktörer och roller

Det svenska grafenområdet, samlat inom SIO Grafen, består av aktörer som har verksamheter på alla teknikmognadsnivåer (TRL, se figur) inom grafenrelaterad innovation.

Grafenområdet är förhållandevis ungt, vilket gör att det finns en tyngdpunkt inom grundläggande och tillämpad forskning; de flesta projekt och aktiviteter i Sverige befinner sig på TRL 2–5, med några få undantag där tekniken använts i produkter som nått enskilda köpare. Anledningen är naturligtvis att tekniken inom innovationsområdet ännu inte hunnit ta sig så långt mot produktutveckling.

Ett ungt innovationsområde behöver dock minst lika mycket fokus på samverkan mellan olika delar av de ingående värdekedjorna och framtida leverantörskedjor som ett etablerat område, för att utveckla olika delar av leverantörskedjan samtidigt och för att dela risk och kunskap.

Inom vissa av styrkeområdena finns redan samarbeten i mer eller mindre kompletta värdekedjor. Ett sådant område är barriärer inom förpackningar. Inom kompositser börjar lite bredare samarbeten komma på plats. På andra områden sker samarbeten med ett fåtal aktörer; här behövs stimulans för att få kompletta värdekedjor på plats. Inom exempelvis elektronik och energidistribution finns flera naturliga samarbetspartner utomlands, vilket programmet behöver förhålla sig till för att lyfta dessa områden.



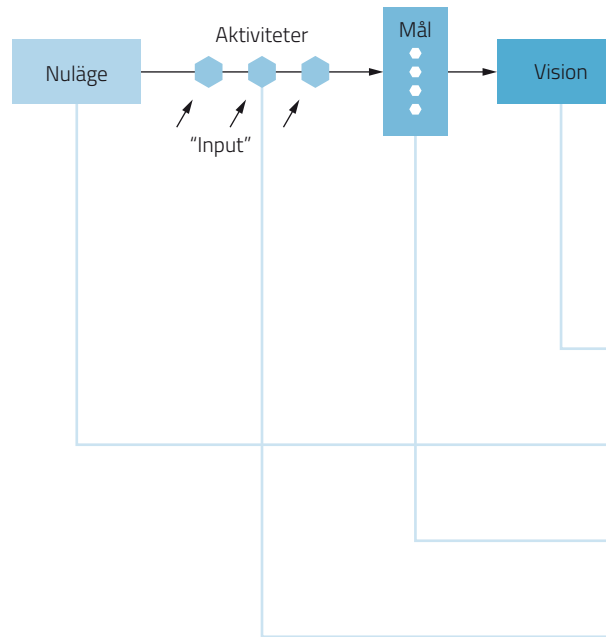
*Teknikmognad, eller hur långt en viss teknik tagit sig på resan från idé till produktifierad lösning på marknaden, anges med TRL-begreppet (Technology Readiness Level). TRL 1 motsvarar grundforskning närmast efter idé, och TRL 9 innebär beprövad produkt på marknaden. Skalan är i dag standardverktyget för att beskriva en tekniks mognadsgrad och är väl kommunicerat i innovationsstyrningssammanhang.*

## Behov av en uppdaterad strategi

En strategi är, enkelt uttryckt, "resan" från ett nuläge till ett önskat läge, där det önskade läget kan sammanfattas i en vision.

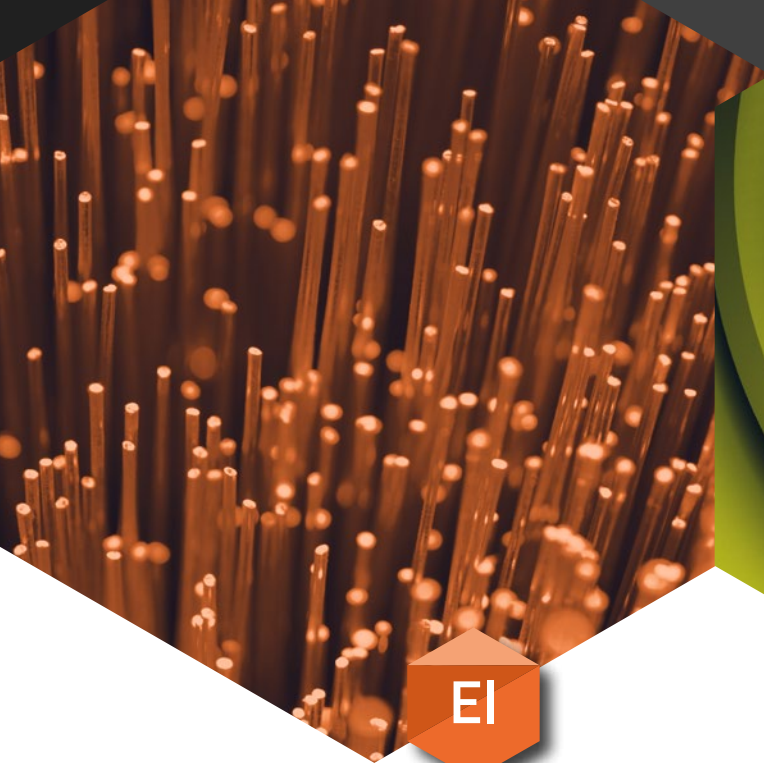
Visionen får sedan ligga till grund för en mängd mål, och för att uppfylla målen måste man bestämma och genomföra ett antal aktiviteter.

En strategi är därmed ett systematiskt förhållningssätt till ett valt förändringsarbete – i vårt fall utvecklingen av innovationsområdet för grafen. Allteftersom tiden går behöver dock strategin uppdateras, eftersom flera av komponenterna i "resan" förändras över tid. Nuläget är inte detsamma som när vi skrev vår första agenda 2013, och både vi och omvärlden har utvecklats vilket har krävt att vi konkretiserar vår vision och uppdaterar våra mål. För att strategin ska fungera föreslår vi också nya aktiviteter.



*Agendan du håller i handen redovisar grafenområdets strategiska "resa". I kapitel 2 berättar vi om vår vision, i kapitel 3 läser du om vårt nuläge och våra utmaningar, i kapitel 4 ser du våra uppställda mål och kapitel 5 innehåller våra förslag på aktiviteter – både sådana som vi själva ska genomföra och sådana som aktörer utanför vårt innovationsområde behöver hjälpa till med, som vi kan kalla "input" till förändringsprocessen.*

2	VISION 2030 .....	12
3	NULÄGE OCH UTMANINGAR.....	14
4	MÅL 2020 OCH 2025.....	20
5	REKOMMENDERADE AKTIVITETER.....	22



### Styrkeområde: Elektronik

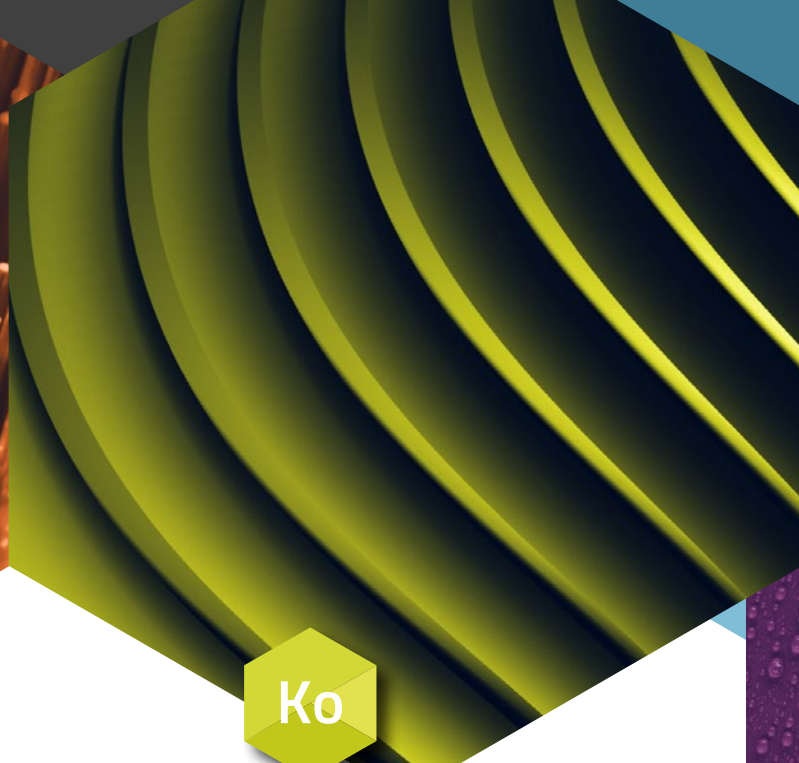
Elektronikområdet består av flera delområden, exempelvis tryckt elektronik, sensorer, optoelektronik och hörfrekvens elektronik.

För tryckt elektronik används i dag kimerök och silver som tillsatser i ledande bläck. Grafen kan ersätta dessa tillsatser, vilket ger minskad miljö- och hälsopåverkan. Grafenbaserat bläck förväntas ta fem procent av marknaden på 2,5 miljarder USD.

På sensorsidan har grafen utvärderats för att detektera låga gaskoncentrationer, vilket är betydligt svårare än att detektera höga koncentrationer. Användningsområden finns inom bland annat mobiltelefoni, forensik, jordbruk och medicin.

Grafenbaserad optoelektronik är ett spännande område för nästa generations integrerade optiska sändare/mottagare (transceivrar). Energieffektiva modulatorer, brytare, filter och fotodetektorer med höga prestanda till låg kostnad utvecklas.

Inom högeffektelektronik ger grafenbaserade fälteffekttransistorer (G-FET) mer linjära modulatorer och detektorer än andra material. G-FET har demonstrerats med hög datahastighet (12,8 Gbps) och frekvens (88 GHz) med potential för exempelvis trådlös kommunikation på THz-nivå. Detta gör dem väldigt intressanta för tillämpningar inom radar och kommunikation med hög datahastighet.



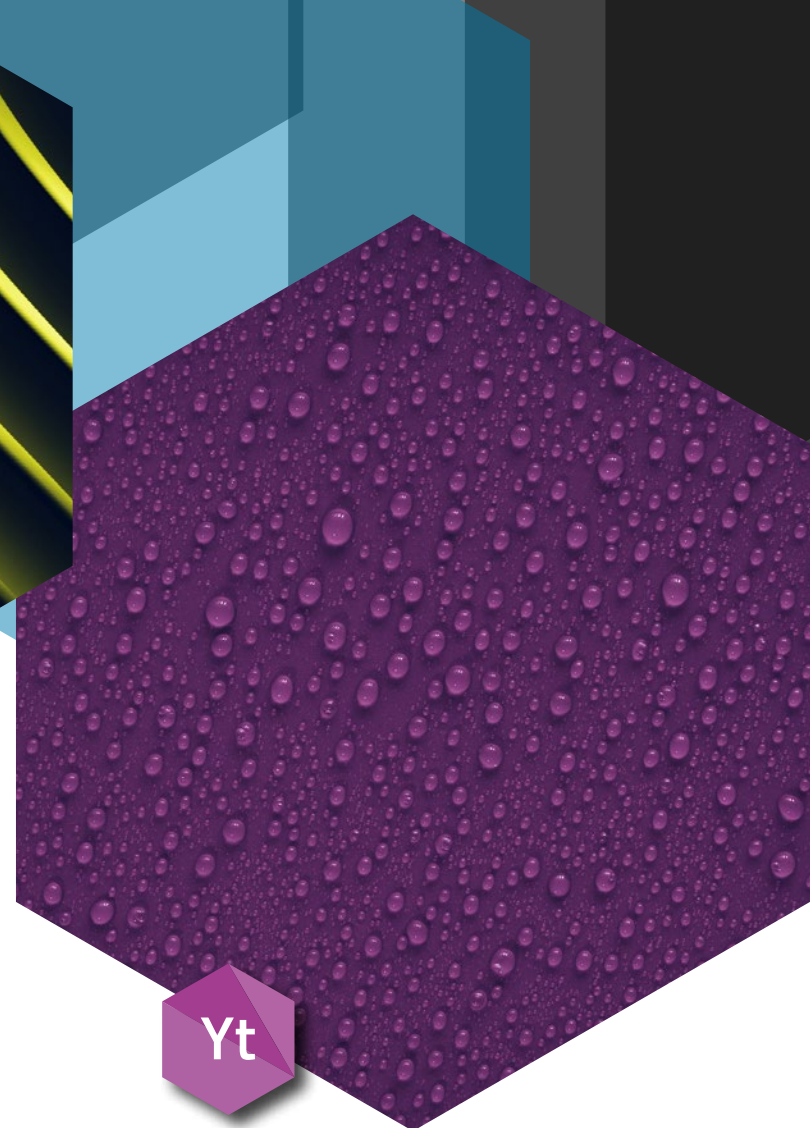
### Styrkeområde: Komposit

Kompositerna används i dag i flera marknadssegment och förväntas ta allt större plats framöver inom nya områden såsom bilindustrin. Grafen kan ge helt nya och multifunktionella egenskaper till kompositerna. De kan till exempel göras både termiskt och elektriskt ledande, få ökade barriäregenskaper och göras betydligt starkare alternativt betydligt lättare med samma mekaniska egenskaper.

Detta är en intressant marknadsmöjlighet för Sverige som har många delar på plats för att kunna skapa position: grafit, grafit-tillverkning från grafit, komponenter som kan blanda grafen och polymerer samt formsprutare som kan tillverka detaljer av grafen-förstärkta polymerer.

Ett konkret exempel är flygplansvingar, där grafen kan ge både bärande egenskaper och ytegenskaper som förbättrar avisning, brand- och blyttålighet – samt även bidra till kortare produktionstid. Ett annat exempel är inom försvarsområdet där grafenkompositerna har potential att användas inom skyddsutrustningar för att göra dessa lättare.

Smarta textilier är ytterligare ett användningsområde, liksom betong, där grafen används för att minska vikten med bibehållna prestanda samt för att påverka de termiska egenskaperna.

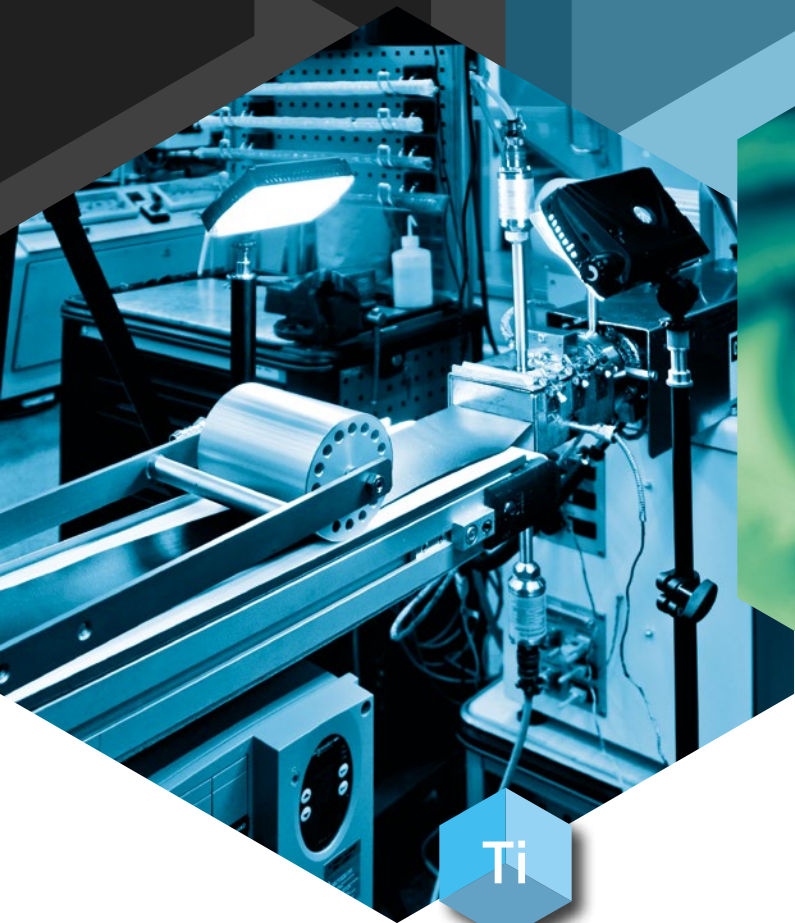


### Styrkeområde: Ytbeläggning

Ytbeläggning kan antingen handla om att skydda en yta, exempelvis mot korrosion och påväxt i tuffa miljöer, eller om att reglera genomförelse av gaser och vätskor i så kallade barriärsnitt.

Grafen har mycket goda prestanda i båda dessa sammanhang. Materialet kan skräddarsys för att uppvisa önskade egenskaper och det är samtidigt ett mycket tunt material. De små mängder som går åt ger förhållandevis liten miljöpåverkan jämfört med andra barriärer som normalt används i sammanhang med höga krav på barriärvärkan, exempelvis förpackningar av mat och läkemedel.





Ti

#### Styrkeområde: Tillverkning

En både bred och spetsig kompetens inom tillverkning av grafen är en nödvändig grund för samtliga grafenrelaterade aktiviteter. I Sverige finns goda förutsättningar för internationell konkurrenskraft: grafitgruvor, tillverkare av grafenflagor samt produktion av grafen på kiselkarbid och i viss mån av grafenfilm. Sverige har även experter på karaktärisering. Förutsättningarna är på plats för att en industriell grafensatsning ska kunna påbörjas.



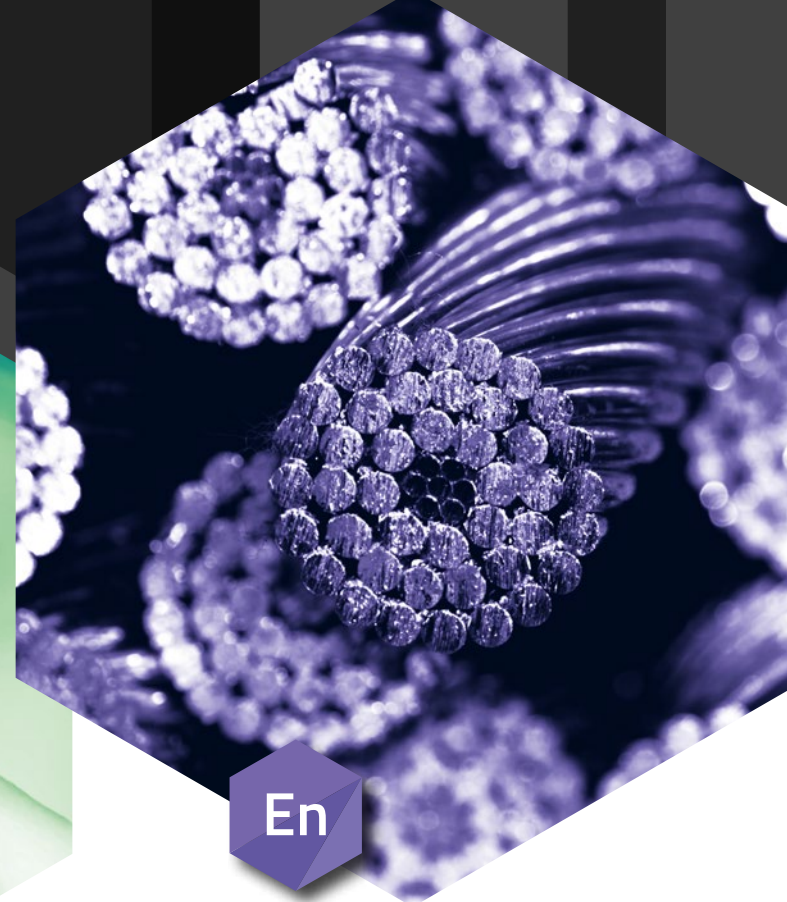
Bi

#### Styrkeområde: Bioteknik

När det gäller bioteknik kan grafen användas inom underområdet medicinteknik, där fördelar som biokompatibilitet, möjlighet att böjas runt exempelvis ögats form, elektrisk ledningsförmåga och liknande kan utnyttjas för sensorer, elektroder och implantat.

Resultat från svenska studier pekar på möjligheter att använda en viss typ av grafen som antibakteriellt ytskikt i medicintekniska tillämpningar. Området är ännu i ett tidigt skede.

Inom bioteknikområdet ingår också frågeställningar om hur olika 2D-material växelverkar med omgivande miljö.



En

#### Styrkeområde: Energi

I alla elektriska sammanhang, på alla nivåer från största kraftverk till minsta skrivbordslampa, används elektriska kontakter. Och i alla elektriska kontakter sker nötning av kontaktmaterialet, vilket påverkar livslängden hos kontakten.

Genom att blanda i en liten mängd grafenoxid i kontaktmaterialet kan man avsevärt förbättra nötningsegenskaperna, vilket exempelvis kan medföra ett förbättrat materialutnyttjande, stabilare elektriska egenskaper och längre tid mellan underhållsinsatser. Grafenoxiden ger en smörjande effekt utan att negativt påverka den elektriska ledningsförmågan, samtidigt som den är termiskt stabil.

Kontaktmaterial som innehåller en liten mängd grafenoxid har stor potential att förbättra egenskaper och sänka kostnader i många typer av kontakter i den elektriska energins nyttjandekedja.

Tack vare den höga ytarean, den elektriska ledningsförmågan och de mekaniska egenskaperna kan grafen även användas för lagring av energi i batterier och superkondensatorer.



# 2 | VISION 2030

Vår vision för 2030 är att Sverige är ett av världens tio främsta länder vad gäller att använda materialet grafen och dess relaterade teknikområden för att skapa en industriell position.

År 2030 är grafen etablerat så tillvida att det finns i svenska produkter på marknaden inom samtliga SIO Grafens styrkeområden. Produkter med lång utvecklingstid ska närma sig marknaden. Grafenområdet har därmed utvecklats i både inkrementella och disruptiva steg.



Samverkan ska vara starkt genom framgångsrikt nyttjande av europeiska finansieringsmedel. Fungerande leverantörskedjor, inklusive internationella aktörer, ska finnas på plats i alla SIO Grafens styrkeområden. SIO Grafen ska tillhandahålla strategisk vägledning för områdets samtliga aktörer att arbeta i samma riktning och tillsammans skapa ett nationellt grafenerbjudande – från forskning till industriell utveckling – med internationell konkurrenskraft.

År 2030 ska svensk grafentillverkning säkerställa tillgång på relevanta volymer grafenmaterial och grafenkompositmaterial.



# 3 NULÄGE OCH UTMANINGAR

Grafeninnovationen i Sverige har en hel del gemensamt med annan innovation, men också en del egenskaper som gör den unik.

Vi gör en genomgång och tittar på utmaningar ur ett antal aspekter.

## Aspekt: Nya förutsättningar

När den första grafenagendan skrevs 2013 och när det strategiska innovationsprogrammet SIO Grafen startade 2014 beskrevs området som omoget och fragmenterat. Målet för programmet var att verka för att svensk industri inom 15 år skulle vara ett av de bästa länderna i världen på att använda grafen där det gav konkurrensfördelar, och att tillvarata den synlighet som Chalmers fick genom ledarskapet av det europeiska programmet Graphene Flagship (se sidan 8).

Under de första tre åren har programmet SIO Grafen aktivt arbetat med att öka den tekniska mognaden, stärka värdekedjor, länka finansieringsmöjligheter, tillhandahålla ledning och ge gemensam syn och stimulera svensk materialförsörjning.

Landskapet ser annorlunda ut i dag än det gjorde 2013. Då trodde man att få aktörer var och en skulle delta i stora och fokuserade projekt. I dagsläget har över 30 innovationsprojekt startats, där minst 50 organisationer deltagit i minst ett projekt – många har deltagit i flera. Ett svenskt nätverk har etablerats och växer stadigt. Denna stora aktörsbredd är positiv, men skapar samtidigt en spretighet inom området som riskerar att minska möjligheterna till fokuserad innovation.

Eftersom mognadsgraden och kunskapsnivån har ökat bland framförallt industriaktörer finns en helt annan förutsättning att ta fram relevanta mål och färdplaner för kommande år. Det återstår dock mycket arbete, inom både tillämpad forskning, produkt-, process- och produktionsutveckling för att nå de uppsatta målen.

**Utmaning 1:** Vad kan göras för att motverka den spretighet som i dagsläget karakteriserar grafenområdet?

## Aspekt: Marknad, tillämpningar och produktion

Det finns fortfarande stora möjligheter att ta plats på den globala markanden. Konkurrensen är tydlig från framförallt USA och Asien där Kina, Korea och Malaysia utmärker sig som aktörer med både satsningar på forskning, patentering och kommersialisering av grafenprodukter. Flera europeiska företag är starka inom Graphene Flagship och är i viss mån konkurrenter, likaväl som möjliga samarbetspartner.

Grafen har många potentiella tillämpningar i produkter från så jordnära sammanhang som gummiprodukter (inte minst däck) till elektronik och energilagring i rymdsonder och satelliter. Tillämpningar inom kompositer förväntas ha stor betydelse, antingen som funktionella ytbeläggningar, som strukturmateriale eller som tunna filmer

i tryckt elektronik och förpackningsmaterial. Inte sällan krävs bara små mängder grafen för att uppnå värdefulla prestandaförbättringar.

Utvecklings- och affärslogiken för denna sorts industrialisering skiljer sig från massproduktion av exempelvis kompositmaterial med grafeninslag för bärande delar i fordon eller förpackningsmembran. I dessa fall kräver en fullskaleindustrialisering i minsta läget tiotusentals ton av det grafenberikade materialet.

Stegen från lyckat experiment till full industrialisering ser därmed radikalt annorlunda ut både ur ett utvecklings-, test- och investeringsperspektiv jämfört med mikroapplikationerna av grafen. Gapet mellan startupföretaget och slutbeställaren (exempelvis en biltillverkare) är därmed också motsvarande större. Vikten av att kunna få hjälp av att hitta rätt mellanled – led som i sig kan bestå av både nationella och internationella storföretag – och att formulera rätt affär och utveckling är därmed avgörande för industrialiseringen för vissa tillämpningar av grafen.

Gränsen mellan dessa områden är i sig inte teknologisk utan definieras helt enkelt skalmässigt – kommer produktionen i slutänden kräva enstaka kilogram eller tusentals ton grafen?

Produktionskapaciteten har stadigt ökat, samtidigt som kvali-

teten blivit bättre och priset stadigt sjunkit (se faktarutan med olika trendexempel). Denna trend förväntas hålla i sig många år. I trendanalyserna förutspås också en framtida överproduktion av grafen, men priset är fortfarande högt i dag eftersom priset snarare består av utvecklingskostnad än av produktionskostnad.

Än så länge har den globala omsättningen övervägande gällt FoU-sammanhang, men den bilden ändras snabbt i och med att arbetet flyttas från akademien till industrin och fler produkter kommer ut på marknaden. Marknaden förutspås börja ta fart om ungefär två år\*, inte på grund av någon specifik händelse utan snarare eftersom många tillämpningar har ungefär två års utvecklingstid kvar innan de lanseras. Marknaden för flagor förväntas bli mycket större än marknaden för film. Områden som kompositmaterial, energilagring samt bläck, limmer och ytbeläggningar förväntas bli störst på kort sikt.

Det saknas dock *best practice* för karaktärisering av materialtyper, och därför kan inte leverantörerna visa upp kvalitetssäkrade datablad som beskriver produkterna på ett standardiserat sätt. Det finns även utmaningar avseende reproducerbarheten.

År 2013 låg det globala fokuset på grafen i elektronikrelaterade tillämpningar. Numera har detta breddats avsevärt och 2016 var grafenbaserade kompositmaterial den tillämpning som genererade mest produkter och mest artiklar i nyhetsflöden. Bland SIO Grafens projekt är komponenter vanligaste området, följt av ytbeläggningar, tillverkning (inklusive kompositmaterial) och tryckt elektronik.

Inom överskådlig framtid kommer grafen mest att användas i form av substitut för andra lösningar. Än så länge finns det ingen *killer app*, alltså någon tillämpning där grafen är möjliggörande i en så hög grad att konkurrens helt saknas; utsikterna att hitta en "killer app" ökar om man kan finna en tillämpning där två eller flera av grafenets fördelar kan kombineras och på så sätt öka försprånget dramatiskt framför alternativa material och lösningar.

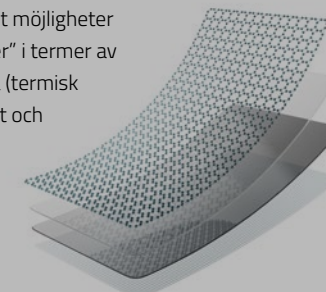
**Utmaning 2:** Hur möter vi det faktum att begränsad tillgång på högkvalitativ grafen är det utpekade största hotet för grafenutvecklingen, både inom SIO Grafens undersökningar, inom Graphene Flagship och i marknadsanalyser?

#### Aspekt: Samverkan inom innovationsområdet

Innovation definieras som resan från idé till produkt på marknaden och graderas ofta med hjälp av TRL-skalan (se sidan 9). Fungerande innovation är helt beroende av att flödet längs TRL-kedjan är obrutet

#### Grafenexempel: Barriär i flerskiktstrukturer

Grafen har potential att ersätta aluminiumfolie i flerskiktstrukturer där det är höga krav på barriären. Förutom de goda barriäregenskaperna kan miljöprofilen användas som huvudargument. Eventuellt kan också produktionsprocessen förenklas eftersom det inte krävs någon laminering av folie. Utöver detta finns det möjligheter för "bonusegenskaper" i termer av god ledningsförmåga (termisk och elektrisk), styvhet och liknande.



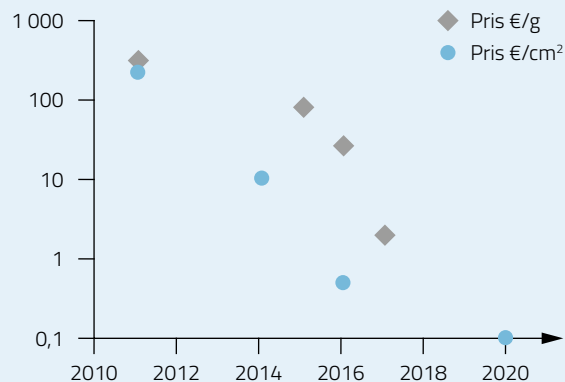
\* Källa: Graphene, 2D Materials and Carbon Nanotubes: Markets, Technologies and Opportunities 2017-2027, IDTechEx, 2017



#### Grafenexempel: Lättviktstillämpningar

Grafen, i kombination med kolfiber och epoxi, kan användas för att demonstrera ny funktionalitet för kompositstruktur i exempelvis flygfarkoster där 20 % viktbesparing bedöms vara möjlig. Funktioner som eftersöks är förbättrad hållfasthet och skadetålighet, samt lägre fuktupptagning och förbättrad elektrisk ledningsförmåga i laminaten.

#### Trendexempel



Priset på såväl ● grafenfilm (med CVD-teknik, kemisk ångdeponering) som ◆ grafenoxid (GO) har reducerats med omkring en faktor 1 000 sedan 2011. Många leverantörer skalar upp produktionen och priserna förväntas fortsätta sjunka.

Källa: Graphenea, spansk grafentillverkare



Den generella TRL-stegen på grafenområdet uppvisar liksom många andra områden en bristfällig koppling mellan akademi och industri. Därtill kommer det faktum att inte många grafenrelaterade tekniker nått marknaden i form av produkter, vilket gör att värdekedjorna i övre delen av stegen är glest befolkade och att informationsflödet mellan stegens delar, inklusive återkopplingen från marknad till forskning för utvecklad innovation, är utvecklat.

och välsmort. På grafenområdet finns ett antal mekanismer som gör att flödet inte fungerar optimalt.



*Delaspekt: Ungt område*

Ett innovationsområde byggs normalt upp underifrån. Aktiviteter på låga TRL utvecklas med tiden till högre TRL, vilket betyder att ett ungt område kommer att ha en tonvikt på lägre TRL. Detta är fallet för grafenområdet. Tiden har inte gått tillräckligt långt för att det ska finnas välutvecklade funktioner på höga TRL. Man kan uttrycka det som att grafens TRL-stege är "smal" på de övre nivåerna.

De aktörer som ändå har aktiviteter på höga TRL, exempelvis som en följd av enskilda satsningar i specifika tillämpningar eller sammanhang, upplever en "ensamhet" i sin verksamhet. Denna ensamhet skapar problem, både för den enskilde aktören som kan ha problem med exempelvis finansiering och annat stöd för sin verksamhet, och för innovationsområdet i form av bristande samverkan mellan aktörer och roller.

Ensamheten återfinns också i mindre skala längre ned i TRL-stegen, även här förmodligen på grund av att området är ungt och att kontaktnät och rollförståelser inte hunnit utvecklas fullt.

**Utmaning 3:** Hur kan vi bygga bort "ensamheten" ur innovationsområdet genom att skapa kontakter mellan aktörer? Grafenområdet behöver samverka internt men även samverka mer med andra strategiska innovationsprogram, dels för att skapa kontakter och synergimöjligheter och dels för att lära av andra, mognare innovationsområden: hur har andra områden klarat samma resa?

**Utmaning 4:** Hur kan vi skapa förutsättningar för multipel funktionalitet, där alltså försprånget framför konkurrerande tekniker kan mångfaldigas?

**Utmaning 5:** Vilka insatser, utöver tid, kan medföra att TRL-stegens övre del blir "fullt funktionell"? Denna funktion behöver vara på plats dels för sin egen skull, dels för att välutvecklad hög-TRL-innovation även, via den nödvändiga återkopplingen från produktutveckling och marknad, skapar goda förutsättningar för den nedre halvan av TRL-stegen.

*Delaspekt: Otydlig "push"-riktning och bristfällig "pull"-kraft*

Från industrins sida har utmaningen varit att se affärsnyttan då kundvärdet inte varit enkelt att förutse för många av de tillämpningar som är möjliga med grafen. För att skapa bättre förutsättningar för industriaktörer att "dra" upp teknik från låga TRL ("pull") behövs en god förmåga att tydliggöra framtida sannolika marknader för innovationsområdet. Men det är mycket svårt för enskilda aktörer att kunna bedöma teknologiska möjligheter och affärsnytta, speciellt i kombination.

Delvis har industrialiseringsfrågor också varit svåra att hantera – skalbarhet och uppfattningar om möjliga kostnader för massprodukter som exempelvis kompositier saknas eller är svåra att etablera. Något som i sin tur har gett onödigt höga riskbedömningar.

En följd av ovanstående osäkerheter är att det kan uppfattas som att det finns skarpare idéer om tillämpningar på lägre TRL än på högre. Det betyder att den teknik-"push" som är en stark drivkraft i många innovationssammanhang inte har riktningen klar för sig.

En möjlig väg att gå för att skapa den struktur som saknas, eller som åtminstone inte upplevs finnas på plats, är att fokusera på de värdekedjor som innovationen bygger på.

**Utmaning 6:** Hur skapar vi bättre "verklighetskontakt" på höga TRL? Detta kan vara en fråga om att inkludera de industriella aktörerna (ofta SMF) bättre i innovationen. Ofta handlar det om värdekedjor i flera led (där vissa inte ens befinner sig i Sverige), där kunskap och medvetande behöver stärkas.



**Utmaning 7:** Hur skapar vi dessutom bästa förutsättningar för att relevanta och konkreta forskningsfrågor ska kunna matas in i forskningsledet och ge upphov till nya innovationer med bra träffsäkerhet på marknaden? Hur bör mekanismerna se ut för denna nödvändiga löpande återkoppling?

*Delaspekt: Otillräcklig materialkaraktärisering*

Om överlämning ska kunna ske effektivt mellan de olika aktörerna i värdekedjorna måste de inblandade aktörerna vara överens om exakt vad det är för typ av material som ska överlämnas – och vilket som faktiskt överlämnas. Därför är det av stor vikt att grafen som material kan karaktäriseras på ett meningsfullt och tydligt sätt. Materialkaraktärisering blir därmed ett kommunikationsverktyg med potential att skapa fungerande värdekedjor.

Karaktäriseringen bör naturligtvis gälla materialkvalitet, men också ligga till grund för kunskap om vilka former av grafen som ger bäst egenskaper i olika tillämpningar. För slutanvändaren är det slutfunktionen hos produkten som är det intressanta, och då blir informationsbehovet en fråga om vilken grafenform och -kvalitet som ger bäst förutsättningar i det specifika fallet. Här stöter man naturligtvis på svårigheterna med att översätta systemkrav till exempelvis en materialspecifikation.

De större företagen efterfrågar ökad grafenkompetens hos underleverantörerna, ofta eftersom de inte har kunskapen själva och efterfrågar hjälp, men det kan också handla om riskminimering och effektivisering av affärsperspektivet.

Grafenområdet är ungt och har ännu inte fullt utarbetade standarder för olika material. Inom standardiseringsarbetet finns potential för kraftigt underlättande av karaktärisering och kommunikation.

**Utmaning 8:** Hur kan materialkaraktäriseringen inom grafenområdet mogna och växa till fungerande verktyg, både i form av kommunicerbara datablad för "rätt produkt i rätt tillämpning" och i form av standarder som alla aktörer i kedjorna kan förhålla sig till? Detta är viktigt för flödet inom värdekedjorna, men även för att exempelvis säkerställa miljövänlig produktion i de fall där produktionen ligger utanför det egna påverkansområdet.

**Utmaning 9:** Hur kan grafen positionera sig gentemot konkurrerande material? Här kan karaktärisering vara ett synliggörande och styrande verktyg.

*Delaspekt: Bristfällig demonstration*

Kopplingen mellan akademi och industri är, liksom på många andra innovationsområden, bristfällig. Ett vanligt fenomen är speciellt att forskningsinsatser tenderar att "ta slut" efter fullbordat, inskickat och antaget akademiskt paper. Detta är ett hot mot innovationen, eftersom innovation innefattar hela resan från idé till produkt på marknaden. Ur ett innovationsperspektiv är det av kritisk vikt att akademien utgör en länk i kedjan och skapar bästa förutsättningar för att forskningsrön och metoder kan tas vidare till nästa länk.

Ett parallellt fenomen är att demonstratorfasen, som utgör länken mellan akademi och industri och är den fas där framforskade resultat ska omsättas i praktiska sammanhang för att påvisa potential för produktifiering, är en innovationsmässig flaskhals. Detta kan ofta vara en finansieringsfråga men behöver inte enbart vara det, det kan också handla om brist på aktörer, brist på information och brist på samsyn.

Samtidigt rapporterar några av storföretagen inom området att de befärs att det är svårt att skala upp demonstrerad teknik. Detta kan vara en kompetensfråga, där man skulle kunna söka svaren i samverkan med underleverantörer som ofta är SMF. Men även hos SMF finns hinder i form av ekonomiska svårigheter att ta risker, och naturligtvis även kompetensbrist i många fall.

**Utmaning 10:** Hur ser vi till att framforskade rön kan tas vidare in i produktutveckling och därmed möjliggöra innovation?

**Utmaning 11:** Hur kan vi öka storföretagens möjligheter att skala upp demonstrerad teknik?

**Utmaning 12:** Hur kan vi öka möjligheterna för SMF att delta i riskfylld innovation, gärna i symbios med storföretagen?

**Grafenexempel: Motorcykelhjälm**

Inom Graphene Flagship har designföretaget MomoDesign och det italienska institutet IIT utvecklat en högfunktionell grafenbaserad ytbeläggning för motorcykelhjälm. Grafenskiktet ökar möjligheterna till värmebortförel och ger ytskydd mot skador på hjälmen.



#### Grafenexempel:

##### Ytbeläggning

Eftersom rent grafen inte släpper igenom vätskor eller gaser finns många möjligheter att använda grafenbaserade ytskikt för att skydda produkter. Flera pågående projekt strävar efter korrosionsskydd för metallbaserade produkter, bakteriehämmande ytskydd i medicinska tillämpningar, korrosionsskydd och påväxthämmande skydd i marina miljöer och liknande.



#### Grafenexempel: Säkerhetsskanner

Grafenbaserade fälteffekttransistorer (G-FET) är böjbara och möjliggör exempelvis att flygplatsernas säkerhetsskannrar kan göras böjda. Detta ger en mycket bättre bildupplösning och möjlighet att utvinna mer information än om skannerns yta är platt.

#### Aspekt: Samverkan mellan innovationsområden

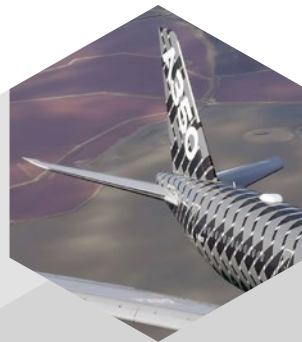
Tack vare de strategiska innovationsprogrammen, etablerade runt 2014, finns olika etablerade öppna arenor där SIO Grafen kan samverka. Samarbeten med andra strategiska innovationsprogram ger en möjlighet att nå andra nätverk och att lära av mer etablerade områden. Samtidigt tillför grafen en möjlighet för innovativa lösningar till dessa.

Hittills har samverkan med SIP Lättvikt resulterat i gemensamma workshoppar och en gemensam utlysning som resulterade i tre demonstratorprojekt (startade i maj 2017) med mål att ta fram lättviktslösningar med hjälp av grafen.

Inom ramen för regeringens satsning på samverkansprogram har SIP Lättvikt och SIP Metalliska material, tillsammans med SIO Grafen och Innovair startat upp en satsning inom testbäddar. I uppstartsfasen är SIO Grafen med och bevakar, men målsättningen är att kunna inkludera grafenmaterial på sikt.

Samverkan med SIP Smartare Elektroniksystem inleds med en gemensam workshop om fotodetektorer under hösten 2017.

**Utmaning 13:** Hur kan vi öka samverkan med övriga strategiska innovationsprogram och i andra nationellt prioriterade innovationssammanhang?



#### Grafenexempel: Flygplansvinge

Inom Graphene Flagship kommer Airbus tillsammans med andra parter under 2018 att demonstrera tillverkning och tester av en grafenbaserad horisontell stjärtvinge av samma design som används på Airbus A350. Grafen medför högre mekaniska prestanda, lättare vikt och möjlighet till färre produktionssteg.

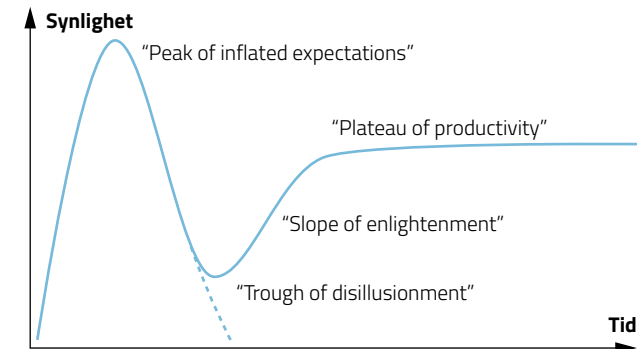
#### Aspekt: Risken för hajp

Alla framväxande tekniker får olika grad av uppmärksamhet vid olika tillfällen under sin utveckling – från förväntningar på helt ny teknik med enorm potential, via forskning och demonstration till industriellt implementerad produktion med tillhörande kostnadspress.

En "hajpkurva" (se figur) visar *synligheten* (ungefär intresset) för tekniken i fråga, men också, som en följd av synligheten, hur lätt det är att allokera resurser till tekniken beroende på hur länge den funnits.

Gemensamt för alla framväxande tekniker är den svacka ("trough of disillusionment", ungefär "besvikelsens svacka") som inträder efter den inledande "smekmånaden", där tekniken kanske inte riktigt visar sig vara precis så förlösande eller enkelt industriellt applicerbar som man först trodde.

Många framväxande tekniker har därför nedprioriterats i svackan



Hajpkurvan för framväxande tekniker innehåller en puckel i början, när intresset är stort, och sedan ofta en "besvikelsens svacka" där intressent sjunker. Många tekniker har aldrig återhämtat sig efter denna svacka, eftersom nedprioriteringar gjorts på basis av det relativa ointresset för området. Dessa nedprioriteringar är inte alltid rättvisa mot teknikens potential.

Källa: Gartner

och har aldrig nått den efterföljande industriella utvecklingen och produktifieringen. Ofta har dessa nedprioriteringar i efterhand visat starka tecken på att ha varit felbedömningar, inte minst i jämförelse med andra aktörer och nationer som gjort andra prioriteringar och lyckats få upp tekniken på den efterföljande "plateau of productivity" (ungefär "produktivitetsplatån").

Grafen är ett material med både stor och mångfasetterad potential. Olika grafentillämpningar befinner sig på olika mognadsnivå och kommer att ta olika lång tid på sig innan de i slutet av sin innovationscykel kan addera värde på marknaden. I sin helhet befinner sig dock grafenområdet i stort i övergången mellan forskning och industriell tillämpning i form av demonstration, utveckling och produktion.

Det är viktigt att involvera underleverantörer i innovationen och lyfta deras synlighet i sammanhanget. Rätt förutsättningar, som bäddar för industriell uthållighet i kombination med fortsatt akademisk forskning, kommer att kunna skapa denna förståelse.

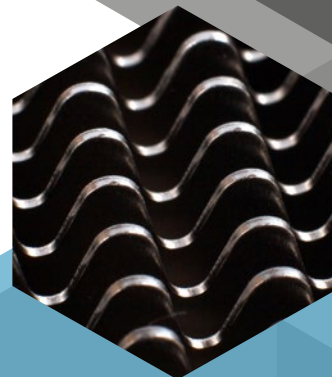
**Utmaning 14:** Hur kan vi, för att mildra effekten av "besvikelsens svacka", skapa förutsättningar för utvalda tillämpningar av grafen att överleva övergången mellan förväntningstoppen och produktivitetsplatån? Dessa tillämpningar behöver inte alltid vara av paradigmskiftande karaktär, där grafen skapar omvälvande förändringar på marknaden; även "lägre frukter" i form av mer inkrementella utvecklingssteg behöver "plockas" eftersom dessa kan ge marknaden en tidigare förståelse för grafens potential.

**Utmaning 15:** Hur kan vi överhuvudtaget förkorta leddiderna inom grafeninnovationen för att tidigare nå marknaden med produkter?

**Utmaning 16:** Hur kan vi synliggöra SMF och andra aktörer som inte arbetar direkt mot slutkund, så att de kan hjälpa till att lyfta hela grafenområdets synlighet och därigenom undvika Gartner-kurvans svacka? Detta kan vara en fråga om att bli bättre på att kommunicera delresultat på ett sätt som marknad, beslutsfattare och finansärer kan ta till sig.

#### Grafenexempel: Smidiga sensorer och antenner

Uppkopplade, smarta vardagsföremål kräver snabb internetöverföring via lättintegrerade antenner och sensorer, som även kan fästas direkt på kroppen för hälsorelaterad eller medicinsk användning. Böjbara grafenbaserade fälteffekt-transistorer (G-FET) möjliggör smidig integration av sådana antenner.



#### Grafenexempel: Värmespridning

Grafen är den bästa värmeledaren man känner till. Möjligheter öppnas bland annat genom att i elektronikprodukter antingen tillåta högre värmeeffekter eller möjliggöra hårdare krympning av elektronikprodukter. Andra möjligheter finns inom effektiva kylsystem i nästa generations elektronik, särskilt mobil elektronik, kommunikationsteknik och stor infrastruktur, eller inom effektivare värmeöverföring i värmepumpar.



#### Grafenexempel:

##### Styrning och övervakning

Grafenbaserade sensorer kan göra stor skillnad för styrning och övervakning av exempelvis elektriska drivlinor för bilar. Mer noggranna sensorer kan leda till snabbare laddning och mer effektiv energianvändning. Inom styrning och övervakning av industriella maskiner och robotar kan bättre sensorer betyda mer precisa rörelser i elektriska servon. Denna typ av grafenbaserade sensorer har tillverkats och utvärderats, med plan för fortsatt kommersialisering.

# MÅL 2025 OCH 2020

Kärnan i vår agenda är de mål vi sätter upp för att styra utvecklingen så att vi övervinner de utmaningar vi presenterat i föregående kapitel. Inom fyra målområden sätter vi upp mål för 2025 och 2020.

2025

2020

## Målområde A: Etablera grafen som styrkeområde

2025-A1

Minst 1 demonstrator i varje styrkeområde.

Adresserar utmaningar: 1 3 4 5 9 11 12 13 14 16

2025-A2

Enstaka produkter finns framtagna inom elektronik, funktionella kompositer och ytskikt.

Adresserar utmaningar: 2 4 5 6 11 14 16

2020-A1

Minst 1 demonstrator framtagna inom vardera områdena elektronik, funktionella kompositer och ytskikt/barriär. (Dessa demonstratorer banar väg för ytterligare demonstratorer i andra områden och uppmuntar till internationella samarbeten).

Adresserar utmaningar: 1 3 4 5 9 11 12 13 14 16

2020-A2

Minst 40 nya svenska företagsdrivna FoU-satsningar har startats upp.

Adresserar utmaningar: 3 4 7 10 11 12 14 15

2020-A3

3 produkter med tydligt kundvärde finns till försäljning till minst en kund.

Adresserar utmaningar: 2 4 5 6 11 14 16

Utmaningarna ser du på sidorna 14–19.



### Målområde B: Stärka samverkan

2025-B1

Exempel på fungerande leverantörskedjor, inklusive internationella aktörer, finns på plats i minst 3 av SIO Grafens styrkeområden.

Adresserar utmaningar: 1 2 3 5 6 7 8 10 11 12 14 15 16

2020-B1

Minst 5 samverkansprojekt med både svenska och utländska parter har ansökt om FoU-finansiering (inom EU-finansierade samverkansprojekt).

Adresserar utmaningar: 1 3 7 10 14 15 16

2020-B2

Minst 6 svenska företag har etablerat affärs-samarbete med kund eller underleverantör från annat land (för grafenrelaterad affär). (Enbart inköp av råmaterial för forskningsprojekt räknas inte.)

Adresserar utmaningar: 1 2 3 5 6 7 8 10 11 12 14 15 16

2020-B3

Sverige är med och påverkar kommande utlysningar och har ett starkt deltagande i ett europeiskt industrialiseringsprogram för grafen och i fortsatta forskningsprogram för grafen och nya 2D-material.

Adresserar utmaningar: 1 7 9 13

2020-B4

Utländska företag har etablerat FoU-verksamhet i Sverige för att samarbeta inom grafen.

Adresserar utmaningar: 2 5 6 8 12 14 15

2020-B5

Gemensamma innovationsaktiviteter finns med två andra strategiska innovationsprogram.

Adresserar utmaningar: 3 6 9 13 15 16

### Målområde C: Stimulera svensk grafontillgång

2020-C1

Säkerställd tillgång på relevanta volymer av grafenmaterial från svenska leverantörer.

Adresserar utmaningar: 2 8 9 10 11 14 15

2020-C2

Säkerställd tillgång på datablad innehållande för kunden relevanta tekniska materialdata.

Adresserar utmaningar: 2 8 9 10 11 14 15

2020-C3

Tillgång till kunskap för tillverkning, av multifunktionella kompositer, barriärmaterial och elektronik, samt leverantörer av grafenbaserade material och dess primers för att utföra detta.

Adresserar utmaningar: 2 4 5 6 9 10 11 13 14 15

### Målområde D: Tillhandahålla strategisk vägledning

2020-D1

Kunskapsöverföring mellan alla nivåer i värdekedjan upplevs inte som ett hinder av dess aktörer; forskningen har tillgång till företagens behov, och företagen har tillgång till forskningens möjligheter.

Adresserar utmaningar: 1 3 6 7 10 11 12 14 15 16

2020-D2

Alla innovationsområdets aktörer arbetar aktivt mot den gemensamma visionen.

Adresserar utmaningar: 1 3 12

2020-D3

Det finns en färdplan för varje styrkeområde.

Adresserar utmaningar: 1 3 5 6 7 12 14 15

# REKOMMENDERADE AKTIVITETER

För att möta de mål vi satt upp i kapitel 4 lägger vi här de slutliga byggstenarna i vår innovationsstrategi: våra rekommenderade aktiviteter.

## Aktivitet 1: Öppna utlysningar för samverkansprojekt

Vi vill genomföra öppna utlysningar där företag i samverkan med andra aktörer kan söka finansiering för exempelvis:

- behovsdrivna Fol-projekt;
- projektering för uppskalning, inklusive finansieringsmöjligheter för att skapa och konsolidera teknologiska värdekedjor;
- resebidrag för konsortieuppbyggnad i samband med utlysningar inom framförallt EU.

Första steget föreslås tas av:

SIO Grafens programkontor

Uppfyller (helt eller delvis) mål:

2025-A1 2025-A2 2020-A1 2020-A2 2020-A3 2025-B1 2020-B5 2020-C1 2020-C2 2020-C3

## Aktivitet 2: Öppna utlysningar för demonstratorprojekt

Vi vill genomföra öppna utlysningar där företag i samverkan med andra aktörer kan söka finansiering för demonstratorprojekt, där en värdekedja tillsammans jobbar för att nå en demonstrator 2020. Minst tre demonstratorprojekt bör få finansiering, en i vardera styrkeområdet komposit, beläggning/barriär och elektronik.

Första steget föreslås tas av:

SIO Grafens programkontor

Uppfyller (helt eller delvis) mål:

2025-A1 2025-A2 2020-A1 2020-A3 2025-B1

Målen ser du på sidorna 20–21.

### Aktivitet 3: Workshoppar

Vi vill genomföra ett antal ämnesspecifika workshoppar inom angelägna områden, för att skapa samverkan, öka kunskapsnivån och förbättra förutsättningarna för innovation. Vi tänker oss:

- tre tekniskt fokuserade workshoppar per år fram till 2020, där ämnena väljs för att passa aktuella tekniska utmaningar;
- en business-case-workshop per år fram till 2020, med fokus på att skapa förutsättningar för affärsmässig lönsamhet i de innovationssatsningar som görs.

Dessutom genomförs industriworkshoppar inom Graphene Flagship som i de flesta fall är av intresse för svenska aktörer, och som tillför både kunskap och nätverk.

Första steget föreslås tas av:

#### SIO Grafens programkontor

Uppfyller (helt eller delvis) mål:

2025-A1 2025-A2 2020-A1 2020-A2 2020-A3 2025-B1 2020-B1 2020-B5 2020-D1 2020-D3

### Aktivitet 4: Konferenser

Vi vill, för att skapa ökad samsyn och kunskapsspridning, genomföra årliga konferenser med fokus på aktuella frågeställningar. Konferenserna föreslås ske i regi av dels Svenskt Grafenforum, dels årsstämman. Konferenserna anordnas av SIO Grafens programkontor.

Dessutom anordnas årligen Graphene Week av Graphene Flagship som är en bra konferens för utbyte av forskningsresultat och utvidgade nätverk.

Första steget föreslås tas av:

#### SIO Grafens programkontor

Uppfyller (helt eller delvis) mål:

2020-A3 2020-B5 2020-D1 2020-D2 2020-D3

### Aktivitet 5: Karaktäriseringscheckar

Vi vill skapa en möjlighet för innovationsaktörer inom grafenområdet att ansöka om checkar för att kvalitetssäkra inköpt grafenmaterial. Företag som har ett behov av att karaktärisera och kvalitetssäkra grafenmaterial kan ansöka om en check på upp till 60 000 kronor för att finansiera en materialanalys. Informationen blir öppna data och publiceras i SIO Grafens materialdatabas.

Första steget föreslås tas av:

#### SIO Grafens programkontor

Uppfyller (helt eller delvis) mål:

2020-C1 2020-C2 2020-C3 2020-D1

### Aktivitet 6: Internationalisering

Vi vill att fler svenska aktörer utnyttjar finansierings- och samverkansmöjligheter inom EU, och att vi i förlängningen påverkar kommande utlysningar så att de matchar svenska intressen.

Påverkansplattform grafen, som är ett systerprojekt till SIO Grafen med nationell täckning och primärt syfte att länka och påverka möjligheter med utlysningar inom EU, behöver utvecklas under kommande programperiod.

Graphene Flagship tillsätter åtta affärsutvecklare inom olika tekniska områden 2018. Detta ger ytterligare möjligheter för svenska aktörer att samverka med aktörer inom flaggskeppet.

Utöver forskningssamarbetena bör affärssamarbeten som andra program bygger upp med exempelvis Brasilien och Indien utvärderas för att vidareutvecklas med grafenrelaterad samverkan.

Första steget föreslås tas av:

#### SIO Grafens programkontor

#### Påverkansplattform grafen

Uppfyller (helt eller delvis) mål:

2020-B1 2020-B2 2020-B3 2020-B4

## Aktivitet 7: Omvärldsbevakning

Vi vill skapa goda förutsättningar för innovation genom att tillhandahålla omvärldsbevakning för innovationsaktörerna, främst inom tre områden:

- marknadsnyheter – veckonyhetsbrev med information om aktörer, produkter och trender;
- halvårsvis utkommande forskningsrapporter om de mest läsvärda forskningsartiklarna under perioden;
- information om utlysningar och konferenser.

Första steget föreslås tas av:

SIO Grafens programkontor

Uppfyller (helt eller delvis) mål:

2020-A2 2025-B1 2020-B1 2020-B2 2020-B3 2020-C3 2020-D1

## Aktivitet 8: Seminarier och kurser

Vi vill öka kunskapsöverföringen mellan olika aktörer genom seminarier och kurser. Dessa kan exempelvis vara öppna onlinekurser (MOOC) som utförs av Chalmers, eller utgörs av andra universitets seminarier och kurser.

Det kan också finnas behov av skraddasydda behovsdrivna korta kurser i regi av SIO Grafens programkontor.

Första steget föreslås tas av:

Akademin SIO Grafens programkontor

Uppfyller (helt eller delvis) mål:

2020-C3 2020-D1

## Aktivitet 9: Mallar för IP-hantering och -avtal

Vi vill underlätta samarbeten, framför allt för mindre företag och forskare i samarbeten med större företag, genom att tillhandahålla mallar för samarbetsavtal, sekretess och IP-hantering.

Första steget föreslås tas av:

SIO Grafens programkontor

Uppfyller (helt eller delvis) mål:

2020-B1 2020-B2 2020-B3 2020-B4 2020-B5

## Aktivitet 10: Uppsökande verksamhet

Vi vill utöka nätverkanter inom innovationsområdet för grafen och komplettera leverantörskedjorna till fungerande innovationsmekanismer. Då behövs fler aktörer som arbetar tillsammans och delar på risken med Fol-projekt. Framförallt SMF har svårt att lägga tid på att komma på de workshoppar och liknande som anordnas. Det är därför nödvändigt med uppsökande verksamhet, som bygger på specifika diskussioner med fokus på vad materialet grafen kan tillföra just detta företags affärer och vem företaget kan samarbeta med.

Denna uppsökande verksamhet bör breddas till fler regionala noder.

En helpdeskfunktion i form av en epostadress till personer som kan svara på vem som kan hjälpa till med specifika frågor kan också vara en bra lösning.

Första steget föreslås tas av:

SIO Grafens SME-stöd

Uppfyller (helt eller delvis) mål:

2025-B1 2020-B1 2020-B2 2020-B3 2020-B4 2020-B5



## Aktivitet 11: Testbäddsprogram – LIGHTest

Vi vill fortsätta att utvärdera hur 2D-material blir en del av framtida test- och demoanläggningar. Under 2017 startades ett testbäddsprogram inom ramen för satsningarna inom regeringens samverkansprogram. Detta förslag togs fram av SIP Metalliska material, SIP Lättvikt, SIO Grafen och Innovair. Programmet drivs av Swerea. I pilotprojekten ingår inte grafenmaterial, men avsikten är att grafenmaterial ska kunna ingå i framtida piloter och så småningom vara valbart material i den virtuella testbädden.

Primärt behöver det ske en utvärdering av behov och en formering av satsningar för att uppfylla målet att grafen ska kunna användas i testbäddar anpassade för avancerade material.

Första steget föreslås tas av:

SIO Grafens programkontor

Uppfyller (helt eller delvis) mål:

2020-B1 2020-B2 2020-B3 2020-B4 2020-C3 2020-D1

## Aktivitet 12: Färdplaner och strategiska enskilda projekt

Vi vill att de av SIO Grafens styrkeområden som inte redan har en färdplan påbörjar arbetet med att ta fram sådana inom två år, i likhet med de två färdplaner som togs fram 2016 inom områdena kompositerna och ytbeläggningar.

Behovet av svenska färdplaner bedöms som starkt eftersom tillgängliga internationella roadmaps delvis inte berör de marknadssegment där svensk industri har affärsintressen och delvis har ett starkt forskningsfokus snarare än ett industriellt fokus.

En uppdatering av de två befintliga färdplanerna bör göras senast 2020.

Första steget föreslås tas av:

SIO Grafens programkontor

Uppfyller (helt eller delvis) mål:

2020-C1 2020-C2 2020-C3 2020-D2 2020-D3

## Aktivitet 13: Kommunikation

Vi vill att SIO Grafen ska framstå som en trovärdig och seriös partner för forsknings- och utvecklingsprojekt inom grafenområdet. Målsättningen är att få svenska företag att vilja börja arbeta med grafen för att öka sin konkurrenskraft.

Kommunikationsplanen är en viktig komponent i detta. Den tar avstamp i programmets mål och består av flera kanaler:

- *Webbsidan* ger basinformation om grafen och om programmet, men innehåller också nyheter, nedladdningsbara rapporter, information om sponsorpartner, utlysningar och projekt. Det är också via webben som anmälan till events (årsstämma och workshoppar) sker, och det är här man tecknar sig för nyhetsbrev.
- *Nyhetsbrevet* innehåller information om SIO Grafens verksamhet, aktuella utlysningar och inbjudningar till event, både inom Sverige och internationellt.
- En *LinkedIn-grupp* finns för möjlighet att ställa frågor till nätverket.

Kommunikationsplanen behöver utvecklas och anpassas till den strategiska agendan.

Första steget föreslås tas av:

SIO Grafens programkontor

Uppfyller (helt eller delvis) mål:

2020-B1 2020-B2 2020-B3 2020-B4 2020-C3 2020-D1 2020-D2 2020-D3

## Aktivitet 14: Finansiering på låga TRL

Vi vill att det ska skapas en finansieringsform för långsiktigt behovsdrivna industridoktorandprojekt. Inom etablerade områden är långsiktigt behovsdriven forskning av stor vikt för fortsatt utveckling och kommersialisering. Den kunskap, de doktorer och de resultat som behovsdrivna doktorandprojekt genererar är oftast basen eller startskottet för fortsatta innovationsprojekt. Denna bas saknas till stor del inom grafenområdet i dag. Vidare saknas också program, såsom exempelvis kompetencentra, för att initiera och katalysera dessa.

Finansiering av denna typ av forskning ryms inte inom de strategiska innovationsprogrammen utan sker ofta i samverkan mellan industrin och akademien och med delfinansiering genom SSF eller Vinnova.

Första steget föreslås tas av:

Akademien Industrin SIO Grafens programkontor

Uppfyller (helt eller delvis) mål:

2025-A1 2025-A2 2020-B5 2020-D1

# MEDVERKANDE I AGENDAARBETET

## **Arbetsgrupp**

Chris Bonnerup **Stora Enso**  
Stefan Christiernin **NEVS**  
Johan Ek Weis **Chalmers Industriteknik**  
Sören Eriksson **Volvo Cars**  
Pontus Nordin **Saab**  
Fredrik Sahlén **ABB**  
Johan Svenningstorp **Volvo Group**  
Mikael Syväjärvi **Graphensic**  
Helena Theander **Chalmers Industriteknik**  
Gemma Vall-Llosera **Ericsson Research**  
Jan Wahlberg **Tetra Pak**  
Avgust Yurgens **Chalmers**

## **Processledare och redaktör**

Gunnar Linn **Linnkonsult**

### **Referensgrupp**

Anwar Ahniyaz [RISE Research Institutes of Sweden](#)

Amer Ali [Graphensic](#)

Peter Björkholm [RISE Acreo](#)

Sophie Charpentier [Chalmers Industriteknik](#)

Pontus de Laval [Saab](#)

Jens Eriksson [Linköpings universitet](#)

Lubomir Gradinarsky [Astra Zeneca](#)

Jörgen Gustafsson [Nolato Silikonteknik](#)

Erik Hansson [Chalmers Industriteknik](#)

Henrik Hillborg [ABB Corporate Research](#)

Kari Hjelt [Chalmers Industriteknik](#)

Richard Holm [Chalmers Industriteknik](#)

Henrik Holter [Saab](#)

Roland Kádár [Chalmers](#)

Jari Kinaret [Chalmers](#)

Curt Lindmark [Lindmark Innovation](#)

Eiwe Ljungblom [Spirit Ventures](#)

Ros-Marie Lundh [Saab](#)

Katarina Malaga [RISE CBI Betonginstitutet](#)

Jussi Myllyluoma [Nolato Silikonteknik](#)

Peter Nilsson [APR Technologies](#)

Torbjörn Nilsson [Saab](#)

Karin Persson [RISE Research Institutes of Sweden](#)

Steven Savage [FOI](#)

Alexander Soldatov [Luleå tekniska universitet](#)

Pia Westlund [Chalmers Industriteknik](#)

Jon Wingborg [Chalmers Industriteknik](#)



 SIO GRAFEN

[www.siografen.se](http://www.siografen.se)

Med stöd från:



FORMAS



STRATEGISKA  
INNOVATIONS-  
PROGRAM