



# Artificiell intelligens för grafeninnovation

Sophie Charpentier och Johan Ek Weis

Chalmers Industriteknik

augusti 2020

Med stöd från

**VINNOVA**  
Sveriges innovationsmyndighet

 **Energimyndigheten**

**FORMAS** 

Strategiska  
innovations-  
program

## Sammanfattning

Det har bedrivits industriell verksamhet i Sverige i flera århundraden. Ändå befinner vi oss bara i början på resan mot de möjligheter vi just nu står inför. Vägen dit går via grafen och artificiell intelligens (AI). Trots att båda teknologierna är nya är det nästintill omöjligt att se förbi potentialen som finns inom dem. Speciellt när de kombineras.

I den här rapporten har SIO Grafen undersökt hur utvecklingen av AI- och grafenområdena bättre skulle kunna dra nytta av varandra. Här presenteras en lista över ett antal olika AI-miljöer i Sverige, men även några internationella exempel nämns. Rapporten ger också en introduktion till materialfamiljen grafen och presenterar en kartläggning över vad AI och grafen kan göra för varandra för att svensk industri ska fortsätta utvecklas och potentiellt bli mer effektiv, ekonomisk och hållbar.

I arbetet med rapporten som pågått under 2020 har sex områden där AI kan användas för att accelerera grafenutvecklingen identifierats:

- Prognos av nya material: AI skulle kunna förutspå vilka egenskaper olika kombinationer av nya och existerande 2D-material kan ge upphov till.
- Karakterisering och optimering av grafentillverkning: AI-teknologi kan snabba upp analys av 2D-material och underlätta tydningen av svårtolkad information. Detta skulle potentiellt kunna ge grafentillverkare helt nya förutsättningar att etablera sina produkter på marknaden.
- Optimering och övervakning av tillverkningsprocesser av produkter: AI-teknologi kan bland annat möjliggöra virtuella sensorer och förutsäga när underhåll är nödvändigt, och därmed möjliggöra att reparationer endast utförs vid behov.
- Dataanalys: AI-teknologi är mycket väl anpassad för att analysera en stor mängd data och erbjuder därför möjligheter att utveckla dataanalyssystem som är snabbare, mer exakta och robusta.
- Rätt grafen på rätt plats: Grafen är en familj av liknande men olika material som har många potentiella tillämpningsområden. Med hjälp av AI-system är det möjligt att underlätta utvecklingen av grafenbaserade produkter genom att analysera egenskaperna och implementera rätt grafen i rätt sammanhang.
- Korrelera vetenskaplig litteratur kring grafen: AI-teknologi skulle kunna skanna av vetenskapliga artiklar och hitta samband mellan dem, som annars är svåra att upptäcka.

På motsvarande sätt kan grafen användas för ökad användning av AI-teknologi:

- Simulering och design av nya produkter: Grafen skulle kunna ge ytterligare möjligheter till materialfunktioner och möjliggöra multifunktionella material.
- Förbättringar av elektronik med hjälp av grafen: Jämfört med dagens kiselbaserade elektronik har grafen till exempel stor potential att göra morgondagens elektronik betydligt mer energisnål.

- Grafenindustrin - ett framgångsexempel för möjligheter med AI: Eftersom grafenindustrin är ung finns möjlighet att redan från början bygga upp den på ett modernt sätt och visa på vad som är möjligt när hela industrier och värdekedjor kombineras med AI.

En grov uppskattning av den aktuella mognadsnivån för de potentiella användningsområdena ovan presenteras längre fram i rapporten. Avslutningsvis har vi sammanställt en lista över aktiviteter som kan bidra till att öka användningen av AI för grafeninnovation.

I arbetet med rapporten har vi sett att tillgången till kunskap om AI är avgörande för att fler företag och samhället i stort ska dra nytta av potentialen med teknikens möjligheter. För att fördelarna med AI i högre utsträckning ska tas tillvara i projekt som rör grafeninnovation bör grundläggande information om AI bli mer utbredd. Förhoppningen är att innehållet i denna rapport gör det möjligt för grafenexperter och företag som arbetar med grafen att i större utsträckning ha AI-lösningar i åtanke när de planerar nya projekt eller installationer. Målet är inte att alla ska bli experter utan att fler ska få tillräcklig kunskap om AI:s kapacitet.

## Innehåll

Sammanfattning.....	1
Innehåll.....	3
Inledning och bakgrund.....	5
AI för fortsatt grafenutveckling .....	7
Prognos av nya material .....	7
Karakterisering och optimering av grafentillverkning.....	8
Optimering och övervakning av tillverkningsprocesser av produkter .....	9
Dataanalys.....	10
Rätt grafen på rätt plats .....	10
Korrelera vetenskaplig litteratur om grafen .....	11
Grafen för utveckling av AI .....	12
Simulering och design av nya produkter .....	12
Förbättringar av elektronik med hjälp av grafen .....	12
Grafenindustrin - ett framgångsexempel för möjligheter med AI.....	12
Mognadsnivå .....	12
AI – en teknologi med potential.....	15
AI i Sverige .....	15
AI i världen.....	18
Grafen - ett material med potential.....	20
Grafen i Sverige .....	21
Grafen i världen.....	21
Hur kan SIO Grafen bäst arbeta med AI framåt? .....	23
Kunskap .....	23
Data.....	23
Nätverkande.....	24
Aktiviteter .....	24



## Inledning och bakgrund

Artificiell intelligens (AI) och grafen är två områden som väckt stort intresse de senaste åren. Båda områdena utgör egentligen gamla begrepp men det är först på senare år teknologin har blivit tillräckligt bra för att kunna göra stort genomslag. AI och grafen har nu mognat avsevärt och används mer och mer inom industrin där det fortsatt finns mycket god potential för utveckling.

Den här rapporten är framtagen av SIO Grafen som är ett av 17 strategiska innovationsprogram (SIP) och finansieras av Vinnova, Formas och Energimyndigheten. Det finns i dagsläget inget SIP som är fokuserat på AI, men teknologin har redan använts i projekt inom några av programmen. Till exempel har PiiA (processindustriell IT och automation) redan haft flera utlysningar om digitalisering av industriella värdekedjor. I slutet på 2018 fick alla 17 strategiska innovationsprogram ett erbjudande från Vinnova om stöd till utveckling av strategier för att stärka AI-inslaget i sin verksamhet. SIO Grafen startade detta arbete senare än de andra SIP:arna, som redan publicerat sina rapporter<sup>1</sup>.

Det finns många olika definitioner av AI och termen kan användas väldigt brett. Här används definitionen från online kursen "Elements of AI"<sup>2</sup> som beskriver två egenskaper som karakteriserar AI:

- **Autonomi:** Förmåga att uträtta uppgifter i komplexa miljöer utan ständig styrning av användaren.
- **Adaptivitet:** Kapaciteten att förbättra sin prestationsförmåga genom att lära sig av olika erfarenheter.

Grafen är ett nytt material som har stor potential att förbättra många produkter inom flera tillämpningsområden och kan dessutom möjliggöra helt nya produkter som annars inte skulle vara möjliga. De många egenskaperna och variationen av materialtyper gör att grafen kan utgöra grunden i många olika tillämpningar, allt ifrån multifunktionella kompositier (elektriskt ledande, starka och lätta),

---

<sup>1</sup> Rapporterna från [PIIA](#), [SWELife](#), Viable Cities, [Innovair](#), [RE:Source](#) och [Drive Sweden](#) finns på nätet (juni 2020).

<sup>2</sup> Elements of AI är en en kostnadsfri onlinekurs som beskriver grunderna i AI. Kursen erbjuds av AI Innovation of Sweden, AI Competence for Sweden, Linköpings universitet och Vinnova tillsammans med University of Helsinki och Reaktor.

syrgasbarriärer i förpackningar, korrosionsskydd, i böjbar elektronik och displayer samt i gas- och biosensorer med hög känslighet.

I den här rapporten kartlägger vi grunden för vad områdena AI och grafen kan göra för varandra för fortsatt industriell utveckling. Därefter beskrivs AI-teknologi och några kommentarer om det globala landskapet. Några av de viktigaste svenska centra som kan vara av intresse listas. En kort beskrivning av grafen följer tillsammans med materialets potential och möjligheter för många applikationer. Rapporten avslutas med en lista över möjliga aktiviteter om hur SIO Grafen bäst kan arbeta med AI framöver.

Kartläggningen av grafen- och AI-landskapens förmodade potential för varandra som presenteras i denna rapport är främst baserad på litteraturstudier kombinerade med dialoger och intervjuer. Vi har också haft givande diskussioner med de andra SIP:arna vars verksamheter precis som SIO Grafen är inriktade på material. Dessa är Metalliska material, BioInnovation och SIP Lättvikt (LIGHTer). Genom diskussionerna delar vi exempel på användning av AI, och strävar efter att hitta gemensamma frågor att samarbeta kring.

Liksom grafen finns många aspekter av AI som inte är direkt kopplade till ett användningsområde utan som är viktiga för alla tillämpningar. Några exempel är GDPR cybersäkerhet, etik och juridik. Dessa områden ligger dock utanför den här rapporten. Fokus här ligger istället på material-, produkt- och processutveckling.

## AI för fortsatt grafenutveckling

Flera områden av grafeninnovation där AI kan påverka har identifierats under arbetet med denna rapport. Dessa områden har olika mognadsnivåer, som diskuteras i slutet av kapitlet.

### Prognos av nya material

Det har uppskattats att det finns flera tusen skiktade material i naturen. Det är fullt möjligt att det går att använda samma metoder som i dagsläget används för att framställa grafen av grafit, för att tillverka tvådimensionella versioner av dessa material. Det har uppskattats att runt 1000 av naturens skiktade material är enkla att exfoliera till andra 2D-material.<sup>3</sup> Dock har bara en bråkdel av dem framställts än så länge. Det finns databaser<sup>4,5</sup> med information om vilka egenskaper en stor del av dessa skulle ha, baserat på olika simuleringar och modeller. Det finns även större och mer utvecklade databaser för andra material än de tvådimensionella, till exempel Materials Project<sup>6</sup>.

AI-teknologi skulle kunna förbättra dessa modeller men ännu mer intressant vore att förutspå vilka egenskaper olika kombinationer av 2D-material i heterostrukturer<sup>7</sup> skulle kunna ge upphov till. Det finns redan experiment och prognoser där ett fåtal olika 2D-material har kombinerats för att generera nya egenskaper. Med hjälp av AI skulle det till exempel kunna vara möjligt att förutspå vilka kombinationer som skulle ge upphov till specifika eftersökta egenskaper.

I en ny artikel<sup>5</sup> diskuterar forskare baserade i USA utvecklingen av en databas och maskininlärningsmodeller för att påskynda design och upptäckt av heterostrukturer av 2D-material. Relevanta parametrar för nästan 700 material användes för att generera mer än 225 000 möjliga heterostrukturer. Resultaten validerades genom att jämföra med experimentella data för ett flertal exempel och kan användas för att

---

<sup>3</sup> Mounet, N. *et al.* Two-dimensional materials from high-throughput computational exfoliation of experimentally known compounds. *Nat. Nanotechnol.* **13**, 246 (2018)

<sup>4</sup> Computational 2D Material Database (C2MD) <https://cmr.fysik.dtu.dk/c2db/c2db.html>

<sup>5</sup> K. Choudhary *et al.* arXiv 2004.03025 (2020)

<sup>6</sup> Jain, A. *et al.* The Materials Project: A materials genome approach to accelerating materials innovation. *APL Materials*, 2013, 1(1), 011002 och <https://materialsproject.org/>

<sup>7</sup> En heterostruktur är en struktur där olika material är skiktade ovanpå varandra.



designa heterostrukturer för en specifik applikation, till exempel fotokatalysatorer eller fotodetektorer<sup>5</sup>.

I framtiden skulle det vara möjligt att ge eftersökta materialegenskaper som input till ett AI-program. Programmet skulle sedan kunna ge förslag på nya kombinationer av 2D-material eller till och med vara kopplat till robotar som bygger upp det nya materialet eller produkten.

## **Karakterisering och optimering av grafentillverkning**

Säkra, stabila och kostnadseffektiva metoder för karakterisering av tvådimensionella material är en av de största utmaningarna för utvecklingen. Det är ett viktigt område eftersom det finns många olika typer av grafen med olika egenskaper, och grafenets egenskaper kan dessutom variera mellan olika batcher. AI-teknologi kan underlätta karakteriseringen och kategorisering av olika sorters grafen på flera sätt.

Flera forskargrupper runtom i världen har redan rapporterat användningen av AI för att underlätta analysen (storlek, tjocklek) av optiska bilder<sup>8</sup> och av Ramanspektra<sup>9</sup>. Detta kan både avsevärt påskynda karakteriseringen samt underlätta tydningen av svårtolkad information.

Ett bekymmer med de flesta analysmetoder som ger detaljrik information om grafen är att de kräver provberedning. Detta leder till att de är svåra att implementera direkt i tillverkningsprocessen. I dagsläget karakteriserar industriella grafentillverkare därför sitt material först långt efter att det har producerats, vilket gör det svårt att styra produktionsprocessen. Ett alternativ är att istället mäta det som går att mäta direkt i tillverkningsprocessen (till exempel med optiska metoder som Raman spektroskopi) och korrelera detta med mer tidskrävande analyser efter tillverkningsprocessen (till exempel AFM, elektronmikroskopi eller avancerad Raman spektroskopi). AI-teknologi skulle kunna underlätta denna korrelation och även koppla ihop med processparametrar för att direkt kunna styra processen till att tillverka specifika material.

---

<sup>8</sup> S. Masubuchi *et al.* NPJ 2D Mater. Appl. vol. 9 s. 1 (2020) och Y. Li *et al.* J. Materiomics vol. 5 no. 3 s. 413 (2019)

<sup>9</sup> W. S. Leong *et al.* Crystals vol. 10 no. 4 s. 308 (2020) och D. L. Silva *et al.* Carbon vol. 161 s. 181 (2020)

## Optimering och övervakning av tillverkningsprocesser av produkter

En stor del av tillverkningsindustrin är redan digitaliserad och automatiserad, vilket bland annat innebär att en stor mängd data samlas in. Från en övervakad produktion, där erfarna ingenjörer använder mätningar från olika sensorer kopplade till test- och felmetoder, är det mest naturliga steget ”smart tillverkning” där sensorer möjliggör automatisering och optimering av fabriksprocesser. Användningen av AI-system underlättar detta nästa steg och skulle ge mer pålitliga och reproducerbara resultat. Detta är inte specifikt för processen och produkterna som använder grafen men sker i allmänhet inom tillverkningsindustrin och skulle även kunna användas inom och gynna tillverkning av grafenprodukter.

Användningen av AI-system gäller särskilt för storskaliga eller industriella tillämpningar. Med AI:s funktioner kan det bli möjligt att förutsäga när underhåll behövs, och att reparationer endast utförs vid behov. Data från olika källor kan alltså samlas in, kombineras och analyseras i realtid med hjälp av AI. På så sätt kan företagen förutse fel i sina maskiner genom att upptäcka minskad prestanda och utföra reparationer innan hela produktionslinjen behöver stoppas.

I Sverige pågår flera projekt med målet att optimera underhållsarbetet i industrin. Forskare vid Center for Applied Intelligent Systems Research (CAISR) vid Högskolan i Halmstad har varit aktiva inom området i 15 års tid och har haft flera industriella projekt som fokuserat på frågan. Från 2020 fram till 2022 pågår ett samarbetsprojekt (CAISR+) där medlemmarna i centret tillsammans med flera industripartner kommer att arbeta och fokusera specifikt på förebyggande industriellt underhåll.

En bättre, mer robust och noggrann processövervakning kan uppnås genom att kombinera simulering och datainsamling på flera punkter under processen, tillsammans med information om prestanda för produkterna efter processen. Genom att därmed korrelera prestandan med processparametrar kan effektiviteten förbättras och möjliggöra en mer exakt kvalitetsprognos. Projektet ”[Digitaliserad produktionsberedning för induktionshårdning](#)” syftar till att implementera digitaliserad produktionsplanering liknande den som beskrivs ovan, vilken möjliggör snabb implementering av robusta processer för nya produkter och material.

En annan intressant teknologi när det kommer till processövervakning är att ersätta fysiska sensorer med virtuella. En virtuell sensor är som en digital tvilling som kan ersätta eller komplettera en fysisk sensor. En sensor mäter ett värde eller upptäcker en förändring i ett tillstånd, exempelvis förändringen i temperatur. Baserat på flera ingångsvariabler räknar den virtuella sensorn ut ett värde som är en ersättning eller en representation av ett annat sensorvärde. Metoden är särskilt användbar i fall där det är svårt eller till och med omöjligt att mäta en viss parameter.

De flesta tillämpningar med grafen är inte i den här industriella skalan ännu. Däremot finns redan ett antal ytbeläggningar och kompositer som tillverkas i större skala, och mycket talar för att material som dessa kommer att tillverkas i större skala

även framöver. Detta bör ses som en bra möjlighet att bygga grafenområdet med AI och digitalisering i åtanke redan från början.

För de flesta tillämpningarna inom kompositmaterial krävs endast en liten mängd grafen för att erhålla en önskad effekt. Det är avgörande att grafenet är väl blandat i kompositen och inte klumpar ihop sig. Därför är det viktigt att utveckla en effektiv och pålitlig processövervakning för att säkerställa en jämn spridning av grafenet. Här skulle AI kunna övervaka processerna och bidra till kvalitetssäkring.

## Dataanalys

En av de uppenbara fördelarna med att använda AI är möjligheten att analysera en stor mängd data och hitta samband, vilket annars inte skulle vara möjligt. AI-teknologi erbjuder därför många möjligheter att utveckla dataanalyssystem som är snabbare, mer exakta och robusta än de som används idag.

Det finns flera exempel på applikationer som är värda att nämna men som inte är specifika för grafen. Gassensorer som med hjälp av "konventionell" programvara kan detektera en gas skulle kunna använda ett AI-system och analysera den komplexa responsen hos sensorn mer i detalj, och därmed detektera flera olika gaser. Ett annat tillämpningsområde är att upptäcka defekter i produkter baserat på bildanalys. Företaget Pedab som arbetar med IT och bland annat hjälper andra företag med deras digitaliseringsfrågor använder AI för att analysera och klassificera innehåll i bilder och video<sup>10</sup> och identifierar avvikelser inom produktionen som annars skulle kunna leda till att produkter måste kasseras. Detta leder till att produktionen kan snabbas upp och att kvaliteten förbättras. Tyvärr är detta projekt inte kopplat till grafen, men samma typ av teknik kan användas för grafenprodukter i framtiden.

I en artikel<sup>11</sup> analyserade forskare från Chalmers Tekniska Högskola bilder från en grafenbaserad komposit för att förutsäga dess egenskaper (styvhet och värmeledningsförmåga). För närvarande används resultaten för att få en bättre förståelse av parametrarna (så som flagor, storlek, och distribution) som styr egenskaperna.

## Rätt grafen på rätt plats

Det finns många olika typer av grafen. Materialet kan jämföras med plaster där man i början av utvecklingen inte förstod skillnaden mellan olika typer av polymerer. I dag

---

<sup>10</sup> <https://www.di.se/brandstudio/pedab/pedabs-ai-losning-digitaliserar-produktionen-inom-svensk-industri/>

<sup>11</sup> B.J. Blinzler *et al.* Nanomaterials vol.9 s.1578 (2019)

är det väl känt vilka typer som passar bäst för specifika tillämpningar. Grafen är på ett liknande sätt snarare en familj av liknande – men olika – material med potential att användas inom många väldigt olika tillämpningsområden. Det är dock inte etablerat vilka specifika grafenmaterial som passar bäst för de olika tillämpningarna. Här skulle AI-system kunna underlätta utvecklingen med att analysera egenskaperna och implementera rätt grafen i rätt sammanhang.

## **Korrelera vetenskaplig litteratur om grafen**

Det har publicerats många tusen vetenskapliga artiklar om grafen och det kommer ut nya artiklar snabbare än vad de flesta hinner läsa dem. AI-teknologi skulle kunna skanna av vetenskapliga artiklar och patent och hitta samband i den offentliga informationen, som annars är svåra att upptäcka.

Ett projektförslag från University of Manchester förra året syftade till att använda AI för detta ändamål. Idén med projektet var att samla dataset av vetenskapliga artiklar med naturlig språkbearbetning för att automatiskt extrahera enkla data, så som utförda typer av experiment, erhållna resultat och tekniker som beskrivs i artiklar. Genom att kombinera insyn i flera artiklar kan AI användas för att leta efter osynliga trender och hitta bästa praxis inom exempelvis tillverkning och bearbetning. Projektet har dock ännu inte fått finansiering (juni 2020).

Ett annat sätt att använda AI kopplad till vetenskaplig litteratur beskrivs i en ny artikel<sup>12</sup>, där publicerad vetenskaplig kunskap används för materialupptäckt med hjälp av en algoritm som använder naturlig språkanalys. Genom att ge en bildrepresentation av egenskaperna hos de 12 000 undersökta materialen fann forskarna att material oftast klustras i enlighet med deras applikationer. De kunde sedan identifiera några material som klustrades kring en tillämpning som aldrig hade studerats tidigare. Detta indikerar ett förhållande som inte uttryckligen skrivits i tidigare publicerade artiklar. I artikeln gjordes 50 förutsägelser (dvs. detta material bör ha denna intressanta egenskap) och under skrivandet och publicering av artikeln bekräftade andra publicerade artiklar tre av förutsägelseerna. Det skulle vara intressant att se om en liknande analys skulle avslöja nya kopplingar mellan tillämpningar och olika typer av grafen.

Det är värt att notera att en utmaning kring denna typ av användning av AI för grafenutveckling är att det finns många olika typer av grafen och det inte alltid är tydligt vilken typ som har använts ens i de vetenskapliga artiklarna.

---

<sup>12</sup> V. Tshitoyan *et al.* Nature vol. 571 s. 95 (2019)

## Grafen för utveckling av AI

Det finns också några områden där grafen kan användas för utveckling av AI. Dessa områden har också olika mognadsnivåer, som diskuteras i slutet av kapitlet.

### Simulering och design av nya produkter

Generativ design är en specifik tillämpning av datorstödd designmetod där en designer definierar de mål som skall uppnås, medan datorn genererar flera designalternativ inom begränsningarna. På det sättet kan AI-teknologi designa komplicerade produkter som kan fylla sin funktion betydligt bättre än traditionella strukturer. Dessa typer av AI-design är dock ofta omöjliga att tillverka annat än med additiv tillverkning. Grafen skulle kunna ge ytterligare möjligheter till materialfunktioner inom dessa tillämpningar och möjliggöra multifunktionella material.

### Förbättringar av elektronik med hjälp av grafen

Ett generellt bekymmer med nya avancerade datorprogram är att de kräver mer och mer energi. Utökad användning av AI kommer därmed att ställa ökade krav på energisnål elektronik. Det krävs fortfarande en hel del utveckling men ny elektronik baserad på grafen och andra 2D-material har stor potential att vara betydligt mer energisnåla än dagens elektronik. Grafen har väldigt hög värmeledningsförmåga och kan därför också användas för att möjliggöra bättre kylning av elektronik.

### Grafenindustrin - ett framgångsexempel för möjligheter med AI

Grafen är ett nytt material och grafenindustrin är fortfarande ung. Det finns därmed möjlighet att bygga upp industrin på ett modernt sätt från grunden. Utgångspunkten skiljer sig från den hos etablerade industrier, som måste ställa om och anpassa sig för att kunna använda modern AI-teknologi, något som kan vara svårt, ta stora resurser och kräva mycket tid. Eftersom grafenindustrin saknar ett cementerat ramverk för tillverkning är det jämförelsevis en vit canvas och kan genom sin flexibilitet därmed utgöra ett ypperligt område för AI-teknologin att växa och utvecklas, men också visa vad som är möjligt när nya teknologier kombineras. Detta skulle i förlängningen kunna inspirera andra industrier att ställa om sin produktion och göra den både mer effektiv, ekonomisk och hållbar. Eftersom grafen kan användas som ett additiv inom flera andra industrier blir det dessutom naturligt med kunskapspridning även inom andra områden.

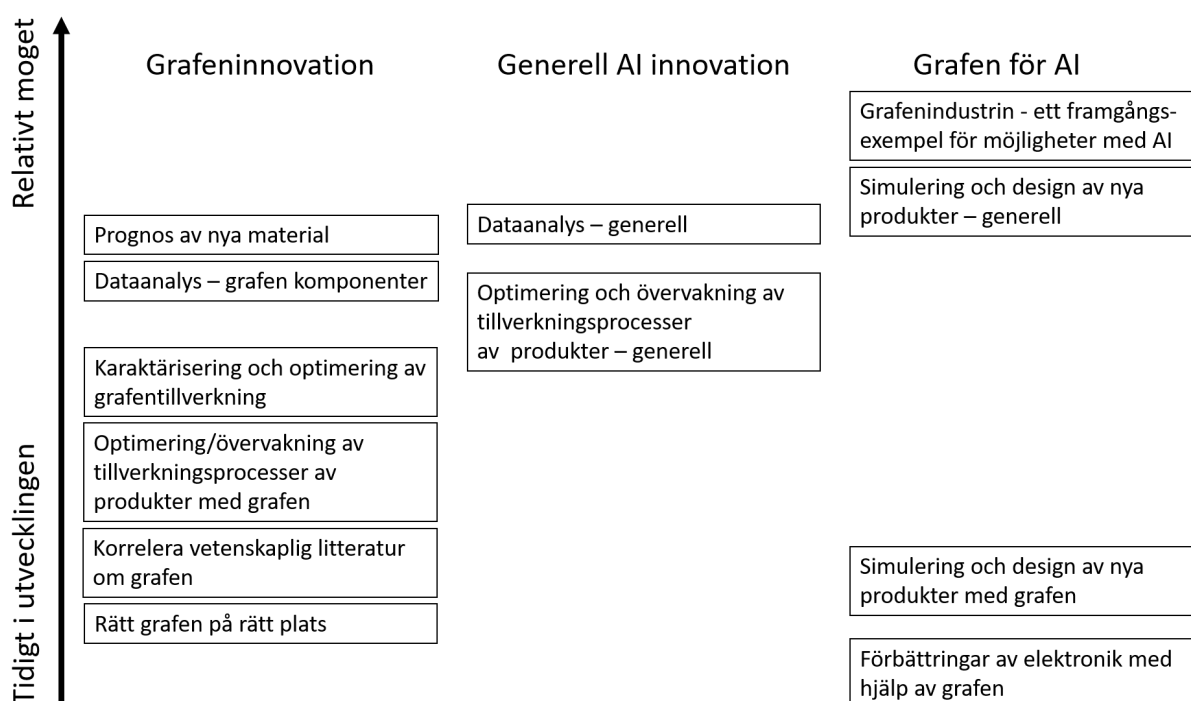
## Mognadsnivå

Generellt är mognadsnivån för de flesta av de diskuterade områdena ganska låg. Föga förvånande är områden som är generella och kan appliceras inom andra industrier mer utvecklade än de som handlar om enbart grafen. Utvecklingen går

dock snabbt och mycket har hänt de senaste månaderna. Från att det för 1,5 år sedan (när Vinnova började finansiera den här typen av undersökningar för alla SIParna) fanns få studier som både använde AI och grafen har nu flera rapporterats.

Det viktigaste steget för fortsatt utveckling är att överlappet mellan de två nätverken kring AI och grafen ökas. Detta kan ske genom gemensamma workshoppar, inspirationsföreläsningar, utbildningar etc. Just ökad kompetens kring AI på alla nivåer som till exempel allmänheten, ingenjörer, experter och företagsledare pekas ofta ut som det viktigaste för att ta utvecklingen och användandet av AI till nästa nivå inom i princip alla industrier.

Mognadsnivån för alla tillämpningar av AI för fortsatt grafenutveckling och grafen för utveckling av AI presenteras i Figur 1. Den vertikala axeln representerar den relativa mognadsnivån (en applikation kontra den andra).



Figur 1 Relativa mognadsnivåer för olika användningsområden av AI för grafeninnovation och grafen för utvecklingen av AI.

Det finns redan modeller som gör prognoser av nya material, vilket gör att området är relativt moget. Det är däremot betydligt tidigare i utvecklingen att kunna designa nya kombinationer av material för att erhålla önskade egenskaper.

Ett av de första områden som associeras med AI-tillämpningar är dataanalys eftersom AI-teknologi är väl lämpad att analysera stora mängder data. Området är mer utvecklat inom andra områden än grafen. En anledning kan vara en begränsad kunskap kring AI inom grafennätverket och att de stora mängder data som behövs för att verkligen kunna utnyttja AI ännu inte genererats.

Karakterisering och optimering av grafentillverkning med hjälp av AI har redan gjorts i labbskala, vilket gör att området är relativt moget. Likt för dataanalys behövs det dock mer involvering av AI-kompetens för att utnyttja möjligheterna med AI-teknologi inom karakterisering och optimering av grafentillverkning.

Det finns inte så många grafenbaserade produkter som tillverkas i stor skala ännu. Optimering/övervakning av tillverkningsprocesser av produkter med AI-teknologi är därför föga förvånande mer utvecklat inom andra områden. Det är ett tydligt område där AI-teknologi skulle kunna göra stor nytta och det redan samlas in stora mängder data i tillverkningsprocesser för många produkter. Det är dock inte alltid denna data används på ett effektivt sätt. Datan behöver också vara relevant och representativ för att AI-teknologi ska kunna korrelera och analysera informationen. Precis som för dataanalys sker det mycket utveckling inom andra områden som även skulle kunna användas inom grafentillämpningar.

Det har gjorts en del försök att korrelera vetenskaplig litteratur om grafen, men området är relativt tidigt i utvecklingen. En startpunkt för att veta vilken typ av grafen som är mest effektiv för en tillämpning är att hitta trender och undersöka vad som redan försökts i den öppna litteraturen. Området är därmed sammankopplat med nästa område om att använda rätt grafen på rätt plats. Även här skulle det behövas att personer med AI kompetens (främst inom "språkanalys") samarbetar med grafenexperter för att utveckla ny kunskap om grafen med hjälp av AI. Det skulle vara fördelaktigt att först fokusera på ett område för att sedan ta lärdomarna vidare till andra områden. Områden där det redan finns stora mängder data som skulle kunna analyseras är till exempel inom ytbeläggningar eller polymerkompositer med grafen.

Möjligheten att förbättra elektronik med hjälp av grafen har diskuterats mer och mer det senaste året, men det kommer med största sannolikhet fortfarande krävas en hel del utveckling och tid innan grafen kommer ge en stor effekt. Forskningen på området är fortfarande på en akademisk nivå. Olika tillämpningar inom värmeavledning med grafen är mer utvecklat och det finns redan ett antal storskaliga tillämpningar, men de har inte använt AI (än).

Det är viktigt med simulering och design av nya produkter och används redan inom många industrier. Här ligger dock användningen på grafen efter. Simulering av grafenbaserade system är relativt outvecklat.

Eftersom grafenindustrin är ung finns möjlighet att redan från början bygga upp den på ett modernt sätt och redan från början använda den bästa och mest utvecklade AI-teknologin. Detta skulle kunna starta redan nu med lärdomar från andra industrier. Även om det finns intresse från grafenindustrin är det ett outvecklat område.

## AI – en teknologi med potential

Artificiell intelligens (AI) kan beskrivas som en kombination av matematiska modeller och algoritmer som utvecklats för att lösa olinjära problem. Termen AI började användas för över 60 år sedan, men det är först på senare år som datorerna har blivit tillräckligt snabba och kraftfulla för att göra området intressant för industrin och inte bara vara ett område av akademiskt intresse. År 2025 förväntas AI-marknaden vara värd 59 miljarder USD<sup>13</sup>. AI är en viktig drivkraft för produktivitet och ekonomisk tillväxt i hela världen och har redan en betydande inverkan på våra dagliga liv. Till exempel använder Google, Netflix och Facebook AI för att lära sig preferenser från användare och presentera mer relevant innehåll. Även svenska myndigheter (till exempel Skatteverket) använder AI för enkla uppgifter.

En förutsättning för bra AI-program är en stor mängd representativa data. Till exempel kan program för bildigenkänning inkludera miljontals manuellt kategoriserade bilder. Det är också viktigt att datan är representativ eftersom algoritmerna annars riskerar att bli partiska. Ett känt exempel är att Google för några år sedan försökte skapa en ansiktsigenkänningsalgoritm. De tränade den dock främst med bilder på vita män, vilket ledde till att den gav helt felaktiga resultat på personer med annan etnicitet (främst mörkhyade personer). Detta skapade mycket dålig press och visar vad som händer när AI-programmet inte är vältränat.

### AI i Sverige

En rapport<sup>14</sup> publicerad av fackförbundet Ledarna Sveriges chefsorganisation presenterar en undersökning från 5000 chefer om användningen av AI i svenska företag och organisationer. Undersökningen visar att användningen av AI inom svenska företag och offentliga organisationer är på en betydligt lägre nivå än vad tidigare studier visat. Den vidhåller dock att implementeringen av AI bör tillåtas ta tid.

---

<sup>13</sup> European Institute of Innovation & Technology, "EIT Artificial Intelligence activities report 2019", 2019

<sup>14</sup> Ledarna – Sveriges chefsorganisation, AI bortom hypen, "5 000 chefer om AI-användningen i svenska företag och organisationer", 2019



Under 2018 publicerade Vinnova en rapport<sup>15</sup> där en analys av utvecklingen och potentialen med AI presenterades. Syftet var att kartlägga och analysera Sveriges potential att använda AI inom näringsliv och offentlig verksamhet. Rapporten gav också exempel på möjligheter, utmaningar, utveckling av AI-användning- och kompetens inom denna sektor.

Vinnovas rapport drar slutsatsen att Sverige har stor potential att använda AI och att AI-teknologin i sig har stor potential att skapa ytterligare värde och effektivitet inom ett brett spektrum av sektorer. I rapporten dras slutsatsen att en nationell strategi för AI behöver utvecklas för att maximera effekterna och regeringen bör stimulera användningen av AI. Dessa åtgärder bör ha som mål att göra Sverige världsledande för utveckling och användning av AI för en hållbar tillväxt och välfärd. Samarbete på nationell och internationell nivå kommer också att vara viktigt och vidareutbildning inom AI-området bör också genomföras och anpassas till arbetsmarknadens behov.

Utan att ytterligare gå in på detaljerna i Vinnovas rapport är det värt att nämna några viktiga delar. Rapporten innehåller en övergripande SWOT<sup>16</sup>-analys av Sveriges AI-förmåga och SWOT-analyser från SIP:ar med avseende på Sveriges AI-potential. I rapporten presenteras också ett patentlandskap som visar att andelen AI-relaterade patentansökningar med minst en uppfinnare från Sverige utgör runt 1% av patentansökningarna globalt. I Sverige är Ericsson det företag som har den största AI-relaterade patentportföljen. En bibliometrisk analys visar att svensk AI-forskning hittills varit relativt svag. Baserat på publiceringsvolym bedrivs den mest omfattande AI-forskningen i landet vid KTH och vid Linköpings universitet. Det finns dock andra forskningsmiljöer som utmärker sig positivt i ett svenskt perspektiv såsom Lunds universitet, Chalmers tekniska högskola och Örebro universitet<sup>17</sup>. Det finns också ett kapitel i Vinnovas rapport som sammanfattar policydiskussioner och policyinitiativ

---

<sup>15</sup> Vinnova, "Artificiell intelligens i svenskt näringsliv och samhälle - Analys av utveckling och potential," 2018

Det finns också en engelsk sammanfattning av denna rapport: Vinnova, "Artificial intelligence in Swedish business and society - Analysis of development and potential," 2018.

<sup>16</sup> Namnet SWOT kommer från orden "Strengths", "Weaknesses", "Opportunities" och "Threats") är ett företagsekonomiskt planeringshjälpmedel där man försöker finna styrkor, svagheter, möjligheter och hot vid en strategisk översyn.

<sup>17</sup> Man bör notera att dessa data extraherades i slutet av 2017-början av 2018. Flera initiativ, som Chalmers AI Research Centre (CHAIR) har sedan dess öppnats och det skulle vara intressant att se hur institutionernas betydelse utvecklas med tiden.

från några länder (USA, Kina, Storbritannien med flera) som bedöms ha relevans för utformningen av framtida strategier och åtgärder i Sverige. Detta ligger dock utanför denna rapports omfattning.

Vinnovas rapport presenterar slutsatsen att starka samarbetsmiljöer både nationellt som internationellt är nyckelfaktorer för framgång.

2019 publicerade Vinnova en annan rapport<sup>18</sup> med målet att identifiera forsknings- och innovationsmiljöer som tagit på sig ett ledarskap och som samlar och koordinerar utvecklingskrafter och kompetens för utveckling av AI i Sverige. Rapporten ger en kort beskrivning av 39 olika AI-miljöer som arbetar för utveckling av AI. Nedan ges en översikt över några av dessa som är av särskilt intresse för grafenområdet.

[AI Competence for Sweden](#) är ett nationellt initiativ för utbildning och kompetensutveckling inom AI som lanserades av regeringen 2018. Målet är att skapa en kunskapsplattform och erbjuda kurser för yrkesverksamma.

[AI Innovation of Sweden](#) är ett nationellt centrum för tillämpad AI-forskning och innovation och syftar till att stärka den svenska industrins konkurrenskraft och välfärd. Centrumet är en paraplyfunktion som tar ett nationellt grepp om AI-frågan för att skapa en samlande kraft för tillämpad AI i Sverige, samtidigt som det också består av geografiska noder som gemensamt bygger upp helheten.

[Swedish AI Society](#) (SAIS) är en intresseorganisation som bildades 1982 och syftar bland annat till att främja AI-intressen i nationella och internationella sammanhang.

[Wallenberg AI, Autonomous Systems and Software Program](#) (WASP) är ett av Sveriges största forskningsprogram för strategisk grundforskning, utbildning och kompetensuppbyggnad. Forskningsprogrammet är inriktat mot AI och autonoma system.

[RISE AI](#) samlar AI-forskare, företag och myndigheter för att driva på utvecklingen av nästa generations AI-tillämpningar för industri och offentlig verksamhet. Fokus i projekten ligger bland annat på maskininlärning, bildanalys och datacenter.

[Software Center](#) (Chalmers tekniska högskola och Göteborgs universitet) är en nationell hub och accelerator för mjukvaruutveckling med fokus på bland annat autonoma system, användardata och ekosystem.

---

<sup>18</sup> Vinnova, "AI-miljöer i Sverige," 2019.

[Stockholm AI](#) är en ideell organisation med målet att sprida kunskap om och främja möten kring AI i Stockholmsområdet. Målgruppen för organisationen inkluderar hobbyister, akademi, industri, investerare och offentlig sektor.

[Centrum för tillämpade autonoma sensorsystem](#) (AASS, Örebro universitet) bedriver forskning inom ämnen robot- och autonoma system.

[Chalmers AI Research Centre](#) (CHAIR, Chalmers tekniska högskola) har syftet att bygga upp ett regionalt ekosystem av AI-forskning och industriella tillämpningar inom transport, automation, system och programvara.

Denna lista bör inte ses som heltäckande för den aktivitet som bedrivs inom AI-området idag. Man bör också notera att fler initiativ och centra kan ha tillkommit sedan publiceringen av denna rapport. Dessutom har de flesta svenska universiteten kurser i artificiell intelligens och forskar inom flera olika inriktningar.

## AI i världen

I en ny rapport<sup>19</sup> publicerade Center for Data Innovation en "Think Tank" som studerar skärningspunkten mellan data, teknik och offentlig politik. I rapporten undersöktes vem som leder "AI-loppet" med hjälp av olika mått. Slutsatserna är att USA ligger i framkant, följt av Kina och Europeiska unionen (EU). Kina har en oöverträffad tillgång till data, och även om de just nu släpar efter i kompetens ökar AI-utvecklingen i landet mycket snabbt. Rapporten rekommenderar att EU fokuserar på att öka forskning och utveckling och prioriterar tekniköverföring för att upprätthålla ledarskap i frågan.

Rekommendationerna ligger också i linje med de som presenteras i en rapport<sup>20</sup> publicerad av EU-kommissionen. Rapporten syftar till att ge en bedömning av möjligheter och utmaningar för AI ur ett europeiskt perspektiv och stödja utvecklingen av europeiska åtgärder i det globala AI-sammanhanget. En analys av nationella strategier visar att de flesta europeiska länder (inklusive Sverige) vill arbeta med att stärka forskningsbasen, inklusive inrättandet av ett eller flera nationella centra för AI. Förutsättningarna för stöd till ländernas branscher, och små och medelstora företag är ytterligare frågor som prioriteras, liksom medvetenheten om behovet av att bättre dela data mellan intressenterna offentlig sektor, industri, och allmänhet. I detta avseende är de steg som har gjorts under de senaste åren i Sverige i linje med utvecklingen i andra europeiska länder. Jämfört med andra

---

<sup>19</sup> Center for Data Innovation, "Who Is Winning the AI Race: China, the EU or the United States?", 2019.

<sup>20</sup> European Commission, Joint Research Centre, "Artificial Intelligence – A European Perspective", 2018.

regioner är regleringsstandarderna för skydd av personuppgifter mycket höga i Europa. Även om detta kan ses som en svaghet ger det också Europa en unik plats att etablera en distinkt form av AI som är etiskt robust och skyddar individer, företag och samhällets allmänna rättigheter. De flesta nationella strategier visar dock medvetenhet om behovet av att dela data bättre mellan alla intressenter (på nationell nivå): den offentliga sektorn, industrin och allmänheten.

## Grafen - ett material med potential

Grafen är ett så kallat 2D-material vilket betyder att det består av ett tunt tvådimensionellt skikt – färre än tio atomlager tjockt. År 2004 blev grafen, som består av kolatomer, det första 2D-materialet som isolerades och som med sina fantastiska egenskaper och stora potential väckte 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  $\text{WS}_2$ ). Grafen kallas ibland "ett supermaterial" eftersom det har flera olika användbara egenskaper, som dessutom kan tas tillvara och utnyttjas samtidigt. Grafen är exempelvis 200 gånger starkare än stål men är ändå böjbart. Det är genomskinligt men ogenomträngligt för gaser. Det är den bästa kända termiska ledaren och även en av de bästa elektriska ledarna. Exempelvis rör sig elektronerna upp till 100 gånger snabbare i grafen än i kisel, som används i traditionell elektronik.

Alla dessa fantastiska egenskaper har lett till att marknadsvärdet för materialet grafen uppskattas uppgå från 40–400 miljoner USD i 2020 till mellan 200 – 2 000 miljoner USD vid år 2025.<sup>21</sup> Produkter som bygger på materialet grafen väntas ha en marknad värd 100 gånger mer.

Som många andra 2D-material kan grafen förekomma antingen i form av filmer eller som flagor. Flagorna kan bland annat ha olika storlek, tjocklek och syrehalt.

Flagor är billigare, medan filmer generellt har bättre kvalitet. Flera metoder används för att producera flagor och ger en bred storleksfördelning. Olika storlekar kan sedan till viss del separeras, men alla kommersiella material har en storleksspridning. Flagorna av grafen har typiskt en lateral storlek i mikrometer-skala och är upp till 3 nm tjocka.

### Förbättrade egenskaper

Grafenflagor kan användas som ett additiv för att förbättra eller addera nya egenskaper till befintliga produkter och även möjliggöra helt nya lösningar. Till skillnad från många andra additiv räcker det att addera en väldigt låg andel grafen (omkring 1% beroende på material och önskad egenskap) för att få en stor effekt. Grafenet kan förbättra flera olika egenskaper samtidigt, vilket kan ge ny multifunktionalitet. Vissa tillverkningsmetoder skapar defekter i grafenskiten som kan förbättra kopplingen mellan grafenflagorna med andra material och därmed vara en fördel i till exempel kompositillämpningar.

---

<sup>21</sup> T Reiss, K Hjelt and AC Ferrari, Nat. Nanotechnol. vol 14 no 10 s 907-910 (2019)

Atomärt tjocka grafenfilmer tillverkas med kemisk ångdeponering, CVD, eller sublimering av kisel på skivor (wafers) av kiselkarbid. CVD grafen kan tillverkas storskaligt i rulle-till-rulle processer. Båda ger filmer med hög kvalitet till högre pris. Filmerna av grafen är i första hand lämpade för tillämpningar inom elektronik (sensorer, optoelektronik och högfrequenselektronik).

Andra 2D-material har andra egenskaper än grafen och ger därmed olika fördelar i olika applikationer. I vissa tillämpningar kan ytterligare fördelar skapas genom att kombinera två eller flera olika 2D-material och uppnå högre prestanda än vad materialen hade presterat var för sig.

## **Grafen i Sverige**

SIO Grafen är ett strategiskt innovationsprogram som grundades 2014 för att stärka gränsöverskridande samverkan mellan forskningsleverantörer och företag inom grafenområdet. Programmet utgörs av sex styrkeområden - Elektronik, Komposit, Bioteknik, Tillverkning, Ytbeläggningar och Energi. I dag har runt 160 svenska företag och organisationer deltagit i projekt via SIO Grafen. Programmets vision är att Sverige ska bli ett av världens tio främsta länder på att använda grafen för att säkerställa industriellt ledarskap år 2030.

Det finns i dagsläget (juni 2020) sex svenska produkter med grafen på marknaden. Det finns dessutom sju svenska grafenleverantörer varav två planerar att skala upp produktionskapaciteten till tio ton per år under 2020.

Det forskas på grafen inom de flesta svenska universitet och högskolor med vetenskaplig inriktning. En av de större kraftsamlingarna är det nystartade kompetenscentrumet 2D-TECH med 17 forskare från sex olika institutioner på Chalmers och 16 olika företag längs värdekedjan.

## **Grafen i världen**

Det finns över 100 grafenleverantörer i världen och produktionskapaciteten för flagor av grafen uppskattades under 2019 till omkring 6000-7000 ton per år.<sup>22</sup> Flera av tillverkarna av filmer av grafen kan tillverka flera 1000-tals kvadratmeter per år. Större delen av framställningen sker i Kina, men även leverantörer i Europa och Amerika utökar kapaciteten rejält. Efterfrågan har dock uppskattats till endast cirka 10-20 % av kapaciteten.<sup>22</sup>

2013 startade Graphene Flagship som ett av EU:s största vetenskapliga forskningsinitiativ någonsin. Budgeten motsvarar 1 miljard euro över 10 år. Genom

---

<sup>22</sup> Enligt T. Barkan (the Graphene Council) och K. Ghaffarzadeh (IDTechEx) under Graphene2019.

ett kombinerat akademiskt-industriellt konsortium täcker forskningsinsatserna hela värdekedjan, från materialproduktion till komponenter och systemintegration och inriktar sig på ett antal specifika mål som utnyttjar grafens unika egenskaper. Det är ett slutet konsortium med ungefär 150 partners, varav nästan hälften är verksamma inom industrin.

## Hur kan SIO Grafen bäst arbeta med AI framåt?

Vi befinner oss bara i början av AI som möjliggörare för att främja grafeninnovation. Samtliga exempel som lyfts i denna rapport beskriver hur teknologin kan appliceras och komma till nytta inom olika områden. Den gemensamma nämnaren för dessa exempel är att alla fortfarande är nya, där större delen baseras på forskning som gjorts under de senaste sex till tolv månaderna. Utifrån mognadsnivån för de olika applikationerna som diskuterats förväntar vi oss att ett fåtal grafenprojekt som använder AI redan kommer att dyka upp under de närmaste åren, med en bredare användning inom fem till tio år. Det finns dock mycket som behöver utarbetas redan nu för att området artificiell intelligens för grafeninnovation ska kunna nå sin fulla potential.

### Kunskap

För att fördelarna med AI i högre utsträckning ska tas tillvara i projekt som rör grafeninnovation bör grundläggande information om AI bli mer utbredd. Förhoppningen är att information i denna rapport bör göra det möjligt för grafenexperter och företag som arbetar med grafen att i större utsträckning ha AI-lösningar i åtanke när de planerar nya lösningar, projekt eller installationer. Målet är inte att alla ska bli experter utan att fler ska ges tillräcklig kunskap om AI:s kapacitet. Det finns redan flera kurser online som SIO Grafen och andra aktörer kan marknadsföra, och flera Vinnova-projekt syftar också till att öka den grundläggande kunskapen om AI<sup>23</sup>. Att utöka användningen av etablerade introduktionskurser i AI-teknologi (till exempel "Elements of AI") är ytterligare ett sätt att öka den allmänna kunskapen. Att ta fram fler exempel på så kallade Success stories - artiklar där SIO Grafen lyfter deltagare från våra projekt och deras resultat - skulle också kunna inspirera nya aktörer att använda AI och förbättra förutsättningarna för utveckling av framtidens grafeninnovationer. Dessa förslag ökar kunskapen om AI i grafennätverket. Omvänt bör de också öka kunskapen om grafen i AI-nätverket.

### Data

Data är det grundläggande blocket som AI kan byggas på. Fördelen med att tidigt börja tänka på potentiell användning av AI, även utan att vara redo att implementera någon lösning, är insamlingen av data. Mängden data är viktig, men också vilken

---

<sup>23</sup> [KUL 4.0 – Kursutveckling för livslångt lärande inom basindustrin](#)

[Kompetensbehov och kurser för yrkesverksamma inom IT och konkurrenskraftig produktion](#)

[AI och ML för industri och samhälle](#)



information som finns, dess kvalitet och hur den lagras för att bearbetas vidare. I detta avseende är det viktigt att ha en uppfattning om vad som är möjligt med AI redan innan datan samlas in.

## Nätverkande

I Sverige är både AI-och grafennätverken välutvecklade men det finns inte mycket överlappning dem emellan. Således finns ett behov av att skapa möjligheter för nätverken att träffas: workshoppar och inspirationsdagar är några exempel.

Efter ett möte med representanter från AI-projekt i de andra SIP:arna i januari 2020 skapades en arbetsgrupp för SIP:ar som arbetar med materialutveckling: SIO Grafen, Metalliska material, BioInnovation och SIP Lättvikt (LIGHTer). Gruppen träffas online under några timmar en gång i månaden. Målet är att dela exempel på användning av AI, Success stories och utmaningar, och hitta möjliga sätt att samarbeta för att påskynda användningen av AI i respektive nätverk. Detta samarbete bör upprätthållas. Det skulle också vara intressant att se om det strategiska innovationsprogrammet PiiA (Process Industrial IT and Automation) också kan bli involverade eftersom deras användning av AI ligger i framkant och deras intresseområden överlappar med de som diskuteras inom gruppen. När diskussionen mognat kan AI Innovation of Sweden engageras och möjligtvis hjälpa till med att organisera en workshop.

## Aktiviteter

Ett antal aktiviteter har identifierats för att öka och underlätta användningen av AI för grafeninnovation. De flesta av dessa aktiviteter bör genomföras av SIO Grafens programkontor. I några få fall (specificeras nedan) är även andra SIP:ar involverade.

- Marknadsföra AI-kurser.
- Marknadsföra AI-utlysningar via SIO Grafens nätverk.
- Bjuda in representant från AI-nätverket att berätta om AI vid ett av SIO Grafens större evenemang.
- Uppmuntra involvering i Digi Demo Day, ett arrangemang organiserat av LIGHTer, Innovair, Metalliska material, SIO Grafen och Produktion 2030.
- Ta fram en AI-manual som förklarar hur man kan börja arbeta med AI.
- Ta fram och marknadsför fler Success stories, både korta som visar på bredden och längre med mer detaljer som kan ge inspiration till nya lösningar.
- Delta i AI-evenemang för att bredda SIO Grafens nätverk och marknadsföra grafenrelaterade projekt till AI-aktörer.

- Fortsatt engagemang i arbetsgrupp tillsammans med Metalliska material, BioInnovation och SIP Lättvikt (LIGHTer).
- Tillsammans med Metalliska material, BioInnovation och SIP Lättvikt (LIGHTer) arrangera en workshopserie om ett gemensamt tillämpningsområde för AI.
- Tillsammans med Metalliska material, BioInnovation och SIP Lättvikt (LIGHTer) öppna en utlysning för projekt där tvärvetenskapliga team efterfrågas.
- Arrangera en workshop med syfte att matcha representanter från akademi och industri, där AI- och grafennätverken kan träffas och gemensamt sätta ramarna för nya spännande projekt.