

Strategiska tekniker för Sverige

Analysunderlag 2025

Utgivare: Vinnova – Sveriges innovationsmyndighet

Titel: Strategiska tekniker för Sverige – Analysunderlag 2025

Författare: Liselott Bergman, Ann-Mari Fineman, Karl Hallding, Daniel Johansson, Nannan Lundin, Annika Zika-Viktorsson, Göran Marklund

Produktion: Spoon Agency

Utgiven: 15 december 2025

ISBN-nummer: 978-91-89905-37-5

Diarienummer: 2025-01649

Förord

På uppdrag av regeringen ska Vinnova genomföra insatser för samverkansbaserad forskning och innovation inom excellenskluster för banbrytande och strategisk teknik. Vinnova fick uppdraget i slutet av maj 2025 (KN2025/01161).

Inom ramen för detta uppdrag ska Vinnova vidareutveckla det kunskapsunderlag som redovisades till regeringen den 31 oktober 2024 (KN2024/00977). Kunskapsunderlaget ska uppdateras årligen i en analysrapport till Regeringskansliet fram till 2028.

Analysrapporten baseras på olika typer av kvantitativa data och kvalitativa analysunderlag från dialoger med viktiga aktörer i forsknings- och innovationssystemet samt skriftliga underlag från olika källor. Syftet med analysen är att ge ett kunskapsunderlag för olika aktörers prioriteringar.

I analysarbete och slutsatser kopplat till energiteknik har Energimyndigheten bidragit. Inom uppdraget har Vinnova även i samverkat Patent- och registreringsverket kring patentdata, samt haft dialog med ett antal andra myndigheter.

Darja Isaksson

Generaldirektör Vinnova

Göran Marklund

Direktör, Strategisk omvärldsanalys

Innehållsförteckning

Sammanfattande analys	6
1 Inledning.....	16
1.1 Syfte	16
1.2 Metod.....	17
1.3 Disposition	19
2 Global utveckling av FoU	20
2.1 Globala utvecklingstrender.....	20
2.2 USA, Kina och EU – drivkrafter och strategier	24
2.3 Framtidsperspektiv på global samverkan och konkurrens	30
3 Sveriges position inom olika teknikområden	34
3.1 Artificiell intelligens.....	36
3.2 Robotik och autonoma system	45
3.3 Halvledarteknik.....	52
3.4 Konnektivitet och digital teknik	59
3.5 Sensorteknik	66
3.6 Kvantteknik.....	72
3.7 Energiteknik	80
3.8 Industriell nettonollteknik.....	87
3.9 Material- och tillverkningsteknik.....	97
3.10 Bioteknik	105
3.11 Framdrivningsteknik.....	112
3.12 Rymdteknik.....	119
4 Teknikkonvergens och industriella värdekedjor	127
4.1 Konvergens mellan teknikområden – internationella analyser.....	128
4.2 Framväxande konvergensmönster.....	131
4.3 Teknikkonvergens och industriella värdekedjor – aktörsperspektiv	146
4.4 Sammanfattande reflektioner	148
5 Framtidsperspektiv och Sveriges möjligheter	150
5.1 Syfte och angreppssätt	150
5.2 Scenariorymd 2035 – scenarier för global ordning.....	151

5.3 Teknikspår i olika framtider	152
5.4 Förutsättningar för Sverige	154
Bilaga 1: Kvalitativ analysmetod och underlag	156
Bilaga 2: Teknikområdeslista	160
Ordlista	164

Sammanfattande analys

Regeringen har givit Vinnova i uppdrag att årligen uppdatera det kunskapsunderlag för strategiskt viktiga tekniker för Sverige som redovisades 2024. Denna analysrapport är den första uppdateringen. Syftet med rapporten är att ge underlag för att förstå den globala teknikutvecklingen och Sveriges internationella position inom teknikområden som är viktiga för hållbar tillväxt och nationell säkerhet.

Utgångspunkten för analysen har varit de teknikområden som EU-kommissionen listade 2023. I detta analysarbete har dock vissa modifieringar och breddningar gjorts. Denna analys fokuserar på 12 teknikområden.



Analysen kombinerar kvantitativa och kvalitativa metoder och är en vidareutveckling och fördjupning av 2024 års analys. Kontinuerlig metodutveckling är en viktig del av analysuppdraget. De metoder som har använts beskrivs i kapitel 1.

Global utveckling

Stora globala samhällsutmaningar har utvecklats och vuxit fram under lång tid och har blivit större. Drivkrafterna bakom dessa är sammanflätade och har ömsesidigt

förstärkande effekter. Teknikutvecklingen spelar en central roll i denna utveckling och har fått större betydelse det senaste decenniet.

Geopolitisk konkurrens om ledarskap inom strategiskt viktiga tekniker och kritiska råvaror har accelererat under senare år. Under 2025 har denna geopolitiska teknikkonkurrens eskalerat. Den är nu en central del i de djupgående och alltmer oförutsägbara förändringar i världen som riskerar att leda till systemhotande kriser.

Tre stora aktörer – USA, Kina och EU – dominerar, genom sin ekonomiska styrka, konkurrensen om inflytande över värdeskapande, nationell säkerhet, teknologiskt ledarskap och tillgång till viktiga resurser. Denna konkurrens mellan politiskt och ideologiskt olika block påverkar alla länder och deras förutsättningar att främja hållbar utveckling, tillväxt, välfärd och säkerhet.

Det globala systemet för forskning och innovation har under senare tid i stor utsträckning drivits av USA och Kina. Under de senaste åren, och särskilt det senaste året, har EU och andra länder, framför allt i Asien, utvecklat strategier för att öka sin teknologiska självständighet gentemot både USA och Kina.

En konsekvens är att den tidigare öppna globaliseringen ersätts av regionalisering där teknologisk förmåga blir en avgörande strategisk resurs. När regionaliseringen ökar, fragmenteras värdekedjor och ekosystem. Samarbete och internationella allianser förändras och konkurrensen om teknisk kompetens blir hårdare. Trots ökande spänningar och stora förändringar är länder, ekonomiska block, industriella värdekedjor och forskningssystem fortfarande starkt beroende av varandra.

Kinas satsningar på forskning och utveckling har ökat kraftigt under de senaste decennierna. Kina har nu nästan lika stor andel av världens investeringar i forskning och utveckling som USA. EU:s satsningar har ökat mycket långsammare än Kinas och är nu ungefär hälften av USA:s och Kinas.

Under de senaste åren, särskilt under 2025, har USA, Kina, EU och många andra länder satsat stort på forskning och innovation inom strategiskt viktiga tekniker. Bakom satsningarna finns ambitiösa och högt prioriterade teknik- och innovationsstrategier. EU har under de senaste åren utvecklat flera strategier som ligger till grund för stora satsningar. Under 2025 har arbetet med EU:s nästa ramprogram för forskning och innovation samt en konkurrenskraftsfond börjat ta form. Konkurrenskraftsfonden ska stärka EU:s industri och tekniska utveckling. Inriktningen och prioriteringarna styrs i hög grad av den geopolitiska konkurrensen med USA och Kina.

Sveriges position inom strategiskt viktiga teknikområden

Sveriges begränsade storlek innebär att landet påverkas mycket av forsknings- och innovationsinvesteringar som görs i de största FoU-länderna. FoU-investeringarna i Sverige har ökat stadigt under de senaste drygt 20 åren och är bland de länder som

investerar mest i FoU i förhållande till BNP. Ett betydande antal länder har emellertid ökat sina FoU-investeringar mer under samma tid.

Eftersom Sverige med absoluta mått mätt är ett litet FoU- och innovationsland i ett globalt FoU-landskap kan Sverige, i absolut mening, inte vara internationellt ledande inom något teknikområde. Däremot kan Sverige vara bland de internationellt ledande länderna inom vissa delområden.

Sverige är beroende av att vara integrerat i internationella forsknings- och innovationssystem. För att effektivt kunna delta vid den vetenskapliga tekniska fronten i internationella FoU-system krävs att Sverige är tillräckligt starkt inom olika områden för att involveras i sådana samarbeten.

Behovet att strategiskt positionera Sverige i det nya och snabbt förändrade internationella landskapet för forskning och innovation har ökat markant de senaste åren, särskilt under 2025. I den nya geopolitiska konkurrensen har Sveriges beroende av EU ökat väsentligt. Deltagande i EU:s satsningar är viktigt för att Sverige ska få uppväxling på sina investeringar i forskning och innovation. Samverkan kring forskning och innovation inom NATO är också en viktig möjlighet för Sverige. Det förändrade globala FoU-landskapet öppnar dessutom upp för ökat samarbete med länder utanför EU, i synnerhet med länder i Asien, liksom med bland andra Kanada och Storbritannien. Många länder vill öka sina samarbeten med andra länder än USA och Kina. EU och Norden som hävstång för internationell samverkan utanför EU bör vara viktig för kraftfullare samverkan än om Sverige självt ska driva sådan samverkan.

Sverige har, jämfört med många andra mindre länder, ett näringsliv med flera internationellt ledande företag inom olika branscher. Dessa företag bedriver omfattande forskning och utveckling i Sverige och är starkt kopplade till varandra genom utvecklingsblock i värdekedjor som växer globalt. Det ger Sveriges nationella ekosystem för innovation en utvecklingspotential som många andra länder saknar.

Analysen visar att Sverige har styrkeområden inom alla 12 analyserade teknikområden. I vissa områden är Sverige bland de ledande länderna i världen. Svenska styrkeområden är i många fall kopplade till styrkor inom industriella värdekedjor. I dessa kopplingar mellan forskning, innovation och industriella värdekedjor finns betydande potential för Sverige. Nedan görs en samlad värdering av Sveriges internationella konkurrenskraft.

Sveriges konkurrenskraft inom de 12 teknikområden som analyserats har värderats ur nio dimensioner på en skala från 0–10. Bedömningarna baseras på en kombination av kvantitativa data och kvalitativa underlag och sammanväger två perspektiv:

- Relativ styrka som värderar hur starkt Sverige är i förhållande till sin storlek.
- Absolut styrka som värderar hur starkt Sverige är i absoluta tal.

Värderingarna avser att vara balanserade helhetsbedömningar där värderingar av absolut internationell tyngd avgör bedömningar om Sverige är bland de globalt ledande.¹

Samlad bedömning av Sveriges konkurrenskraft i olika dimensioner



¹ Se bilaga 1 för utförligare beskrivning av hur värderingarna gjorts.

Teknikkonvergens och industriella värdekedjor

Teknikkonvergens har alltid varit en central drivkraft för teknikutvecklingen och drivs av att behov av lösningar i näringsliv och samhälle kräver kombinationer av tekniker. De drivs också av att teknikutvecklingen i sig själv möjliggör och ger drivkrafter för nya teknikkombinationer.

De senaste åren har teknikkonvergens mellan olika strategiskt viktiga teknikområden accelererat och blivit en ännu starkare utvecklingskraft och strukturell katalysator för konkurrenskraft, säkerhet och hållbar omställning än tidigare. Internationellt ledande analyser visar att kombinationer av tekniker inom nedanstående områden har ökat i styrka:

- AI och digitalisering som dominerande drivkraft.
- Nästa generations beräkningsplattformar – kvantteknik, neuromorfik² och edge³
- Bioteknik och hälsa med stöd av AI.
- Nya material och tillverkningsmetoder – nycklar för digital och grön omställning.
- Energisystem och nettonollteknik för systeminnovation.
- Rymd- och mobilitetsteknik som utvecklas tillsammans.

Svenska aktörers syn på teknikkonvergens stämmer väl överens med den internationella diskussionen. I dialogerna beskrivs en utveckling som är snabbare, mer systemisk och starkare kopplad till geopolitik än tidigare. Många aktörer ser att starka drivkrafter för nya mönster i teknikkonvergenser är ett geopolitiskt fenomen, där USA, Kina och EU aktivt formar teknikblock, inte bara marknader. Från ett industriellt värdekedjeperspektiv bedömer de industriella aktörerna att utvecklingskraften i teknikkonvergenser ökar starkt. Många upplever att Sverige har stark teknikkonvergens i industriella värdekedjor, särskilt lyfts:

- AI, sensorer avancerad konnektivitet och robotik i industri, logistik och fordon.
- Fossilfri stål-, gruv- och processindustri – energi, material och automatisering.
- Batterivärdekedjan – råvaror, battericeller, batterier, kraftelektronik.
- Fordon, mobilitet och framdrivning – starkt kopplad till batterivärdekedjan.
- Bioteknik, data och cirkularitet inom livsmedel, hälsa och bioekonomi.

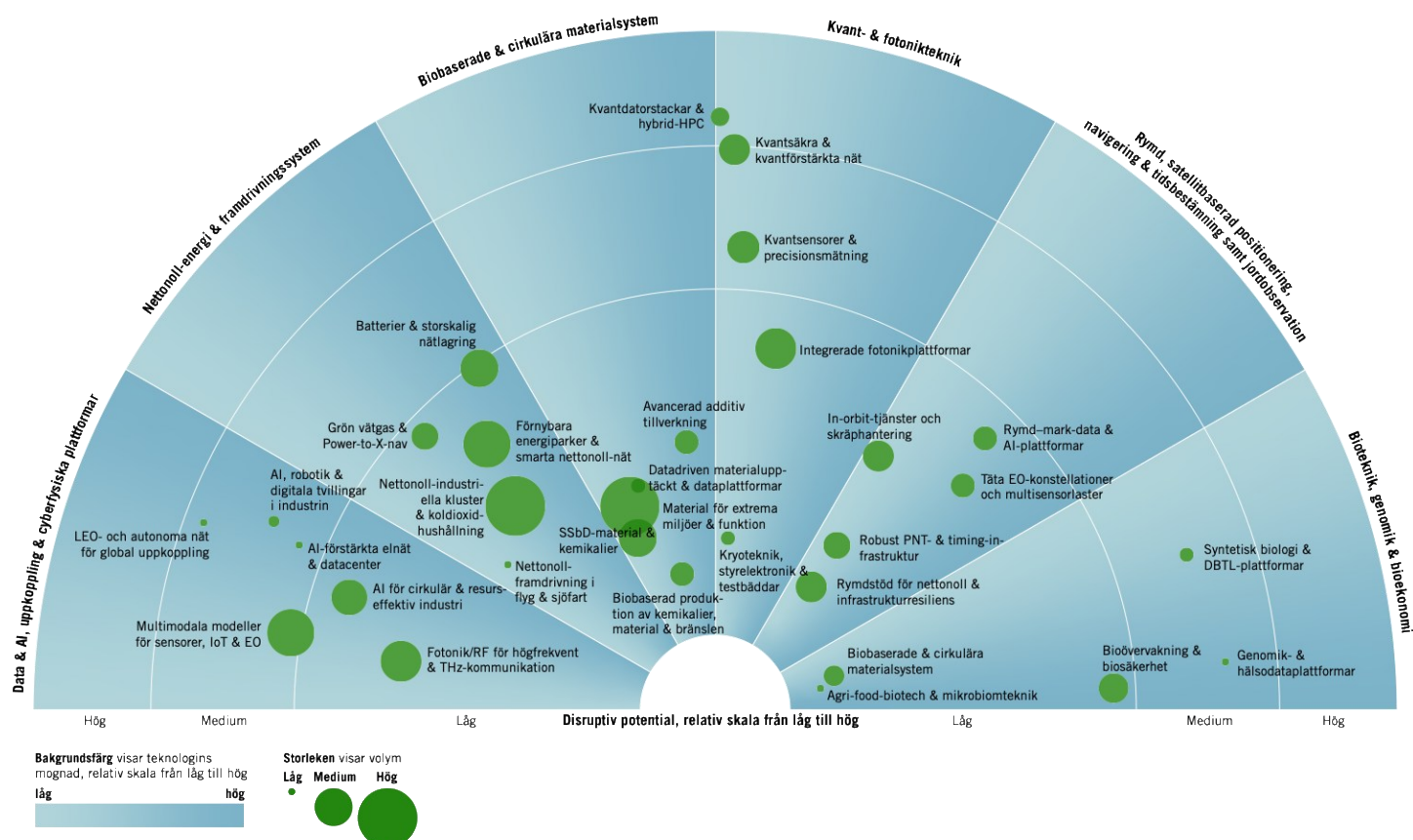
Accelererande teknikkonvergenser innebär att säkerhet, reglering och etik blir alltmer centrala faktorer för en hållbar teknikutveckling. Samtidigt suddas traditionella gränser ut. Militär och civil användning av teknik flyter ihop. Gränser mellan personligt och offentligt förskjuts, till exempel i övervakning och integritet i utvecklingen av smarta städer. När tekniker flätas samman i nya mönster behöver säkerhet och etik tänkas in i designen från början.

² Datorkretsar som efterliknar den mänskliga hjärnans och nervsystemets uppbyggnad

³ Edge computing är distribuerad datorteknik som innebär att databehandling och datalagring utförs närmare datakällorna eller användarna istället för i en central server eller molninfrastruktur.

Vinnova har genomfört en AI-baserad analys av starka och framväxande mönster i kopplingar mellan olika teknikområden. Analysen diskuteras i kapitel 4 och sammanfattas nedan.⁴

Mognad och banbrytande teknikutveckling i olika zoner av teknikkonvergens



Teknikutvecklingen sker i allt högre grad genom kombinationer av flera olika teknikområden. Tillsammans pekar dataanalyser, dokumentanalyser och aktörsdialoger på tre mönster som är särskilt viktiga ur ett svenskt perspektiv:

- Infrastruktur och plattformar – data, kommunikationsnät, testmiljöer, avancerade produktionssystem och materialplattformar – blir alltmer avgörande för vilka länder som kan ta en aktiv roll i teknikkonvergens.
- Värdeskapandet förskjuts mot systemintegration och tjänster: den som kan kombinera komponenter, data och algoritmer till fungerande system, och kan ta ansvar för drift, säkerhet och uppdateringar över tid, får en större del av värdet.

⁴ Mer detaljerade data över de nya mönster i kopplingar mellan olika teknikområden som identifierats kommer att publiceras på Vinnovas webbplats.

- Många framväxande teknikspår är starkt beroende av strategiska resurser – från kritiska material och energi till kompetens, data och regulatorisk kapacitet. Därför hänger teknik-, närings- och säkerhetspolitik allt oftare nära samman.

Sverige har betydande styrkor i tidiga led i flera värdekedjor. Samtidigt är positionen svagare i de mest kapital- och volymtunga delarna, där investeringar, skalfördelar och tillgång till råvaror spelar större roll. Detta innebär både sårbarheter och möjligheter. En central fråga blir hur Sverige kan använda sina styrkor för att få mer inflytande i de delar av värdekedjorna där teknikkonvergensen avgör utvecklingen och konkurrenskraften.

Policyinsatser för Fol i Sverige och inom EU är i hög grad utformade för att ge förutsättningar för konkurrenskraft genom nya och stärkta kombinationer av tekniker och värdekedjor. Sveriges Fol-policy har en bredd av insatser som adresserar olika behov i systemet. Stora och långsiktiga samverkansprogram mellan olika företag, akademiska miljöer, forskningsinstitut och offentliga aktörer spelar centrala roller i det svenska Fol-systemet. Dessa satsningar fungerar i hög grad som konvergensmiljöer med multidisciplinär och tvärssektoriell forskning och innovation.

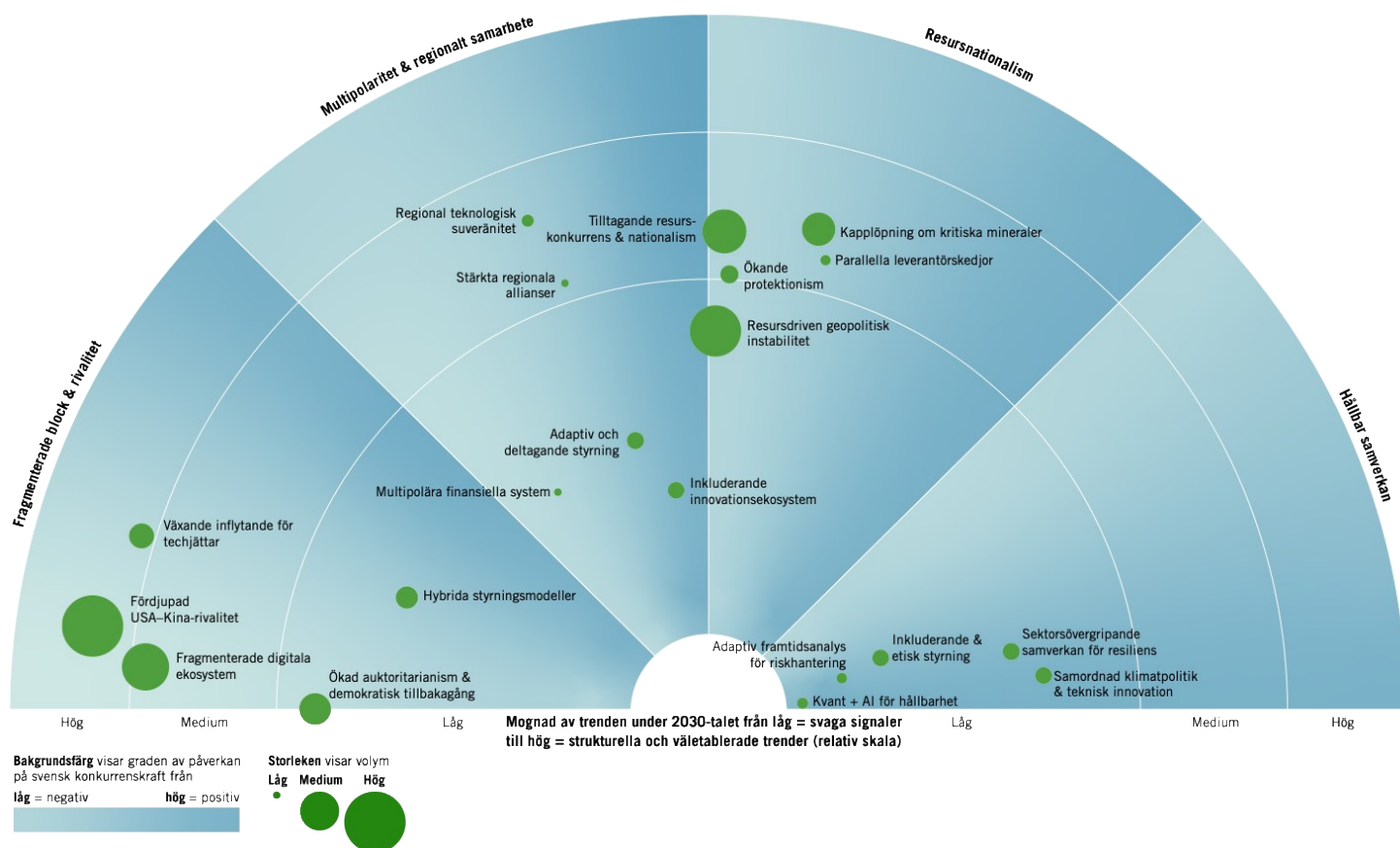
Den accelererande och alltmer komplexa teknikkonvergensen, i kombination med den eskalerande geopolitiska konkurrensen om teknologiskt och industriellt ledarskap, ställer ökande och förändrade krav på Fol-satsningar. För att effektivt främja internationell konkurrenskraft behöver skala och förutsättningar för acceleration, från forskning till innovation, och vidare till uppskalning vara internationellt ledande. Fol-satsningarna behöver samtidigt kunna hantera den ökande komplexitet och de nya risker som uppstår. Det ställer ökade krav på nya angreppssätt för hantering av komplexa regelverk över sektorsgränser.

Framtidsperspektiv och Sveriges möjligheter

Osäkerheterna i den framtida utvecklingen är extrema, vilket i hög grad påverkar alla aktörers strategiska perspektiv och beslut. För att kunna navigera och anpassa strategier och policy när spelplaner förändras radikalt krävs kompass och framtidsperspektiv.

I denna analys har Vinnova genomfört en AI-baserad scenarioanalys över geopolitisk utveckling. Analysen baseras på en stor mängd scenarier av olika slag från många olika länder och illustreras nedan.

Scenarietrender för global geopolitisk utveckling



Sverige har, i förhållande till folkmängd, en stark forsknings- och innovationsposition inom många teknikområden. I absoluta tal är Sverige dock inte ledande inom något teknikområde. Sverige är djupt integrerat i europeiska och globala innovationsekosystem och värdekedjor. Därför kommer Sverige att påverkas starkt av vilka framtidsscenarier som kommer att prägla den globala utvecklingen. Analysen pekar på strategiska möjligheter som bör vara viktiga oavsett vilka globala utvecklingsspår som kommer att dominera.

- **Pionjäranvändare och testmiljö för vissa teknikspår:** Särskilt där Sverige redan har kombination av stark forskning, industrialiseringsförmåga och välorganiserade offentliga system: datadrivna energilösningar, digitaliserad processindustri, avancerade produktionskedjor, precisionsmedicin och biosäkerhetslösningar. I globala samverkansscenarier eller regelbaserad global ordning kan sådana testmiljöer bli draglok i europeiska satsningar. I mer konfliktfyllda scenarier bidrar de till att bygga nationell och regional resiliens.
- **Integrationsnod i vissa värdekedjor:** Kombinationer av svensk styrka i forskning, ingenjörskap och systemintegration med europeiska och globala partners. Batterier och energilagring, industriella nettonollkluster, cirkulära

materialflöden, biobaserad produktion och användning av rymddata är alla områden där Sverige har möjlighet att vara en central aktör. I scenarier med multipolaritet och regionalt samarbete blir förmågan att fungera som nod i europeiska värdekedjor särskilt viktig.

- **Komponentleverantör, tjänsteutvecklare och kunskapsbärare i banbrytande utveckling:** Exempel där Sverige har eller kan utveckla konkurrenskraftiga erbjudanden är kvant- och fotoniklösningar, avancerade mät- och sensorsystem, specialiserad programvara för kvant- och AI-tillämpningar, samt plattformar för säker data- och modellhantering. Det gäller både i scenarier med ökat samarbete och i scenarier där mer av teknikutvecklingen sker inom block eller regionala allianser.
- **Styrning, etik och hantering av risker:** Safe-and-sustainable-by-design, styrning av data- och AI-system, biosäkerhet och hantering av dual use-frågor är områden där Sverige har goda förutsättningar att bidra till normer, metoder och institutionella lösningar. I scenarier med samverkansbaserade gröna ömsesidiga beroenden kan det vara en del av att forma gemensamma regelverk. I scenarier med större spänningar blir förmågan att kombinera teknisk kompetens med genomtänkt riskhantering viktig för förtroende, säkerhet och handlingsfrihet.

Satsningar på kompetensförsörjning inom data och AI, energieffektivisering, cirkulär materialhantering och datadrivna hälsolösningar framstår som relativt säkra prioriteringar oavsett vilken global ordning som dominerar. Däremot är mycket storskaliga satsningar på vissa typer av rymdinfrastruktur eller kvantdatorhårdvara mer känsliga för hur samarbeten, standarder och finansiering utvecklas internationellt. För sådana områden bör det vara särskilt viktigt att kombinera deltagande i internationella program med medveten scenariobaserad riskbedömning.

Dialogerna med svenska aktörer visar att Sverige har goda förutsättningar att vara konkurrenskraftigt när globala teknikkonvergenser utvecklas. Strategiska tekniker inom många områden har blivit alltmer tvärsektoriella och tvärdisciplinära. Till exempel visar dialogen med Energimyndigheten att energiforskning och innovation behöver ske i samspel med andra energipolitiska styrmedel. Energimyndigheten har sedan lång tid gjort detta, vilket har stärkt energiområdet och skapat förutsättningar att nå energi- och klimatmålen genom utveckling av produktion, flexibilitet, lagring, effektiv användning, beredskap och nya tekniker. Samtidigt finns utmaningar i att skala upp innovation och att integrera lösningar industriellt. Sverige har god systemförståelse och bra samverkan mellan olika teknikområden, men är svagare när det gäller uppskalning, investeringstakt och industrialisering. Sverige bedöms också ha god förmåga att bygga kluster, men har svårare att ge dem långsiktig styrning och resurser. Sammanfattning över Sveriges strukturella styrkor:

Förmågor	Samverkan	Kompetenser
• Tekniskt avancerad industri inom många sammanvävda värdekedjor • Stark uppkoppling i globala FoU- och industriella värdekedjor • Ledande förmåga att utveckla systemlösningar – system-av-system • Stark industriell teknikefterfrågan och omställningsvilja	• Stor tillit och samverkansförmåga mellan företag, sektorer och FoU-aktörer • Avancerade miljöer för testning och demonstration • Starka forsknings- och innovationsmiljöer samt kluster inom viktiga teknikområden • Starkt och dynamiskt ekosystem med många innovativa startups	• Hög kompetens inom energi, material och digitalisering • Välutbildad befolkning som snabbt tar till sig ny teknik • Tradition av ledarskap inom miljö och klimat, både i forskning och industri • Tradition av och kompetens för att jobba med etik och jämställdhet

Sveriges styrkor uppfattas som mer relevanta än någonsin, men också mer sårbara samtidigt som möjligheterna är mer tidskritiska än tidigare. Osäkerheterna är fler och större, globala växlar högre och Sveriges handlingsutrymme bedöms i hög grad bero på koordination, tempo och på att lyckas skala upp teknik från FoU till industriell produktion.

Sammantaget visar analysen att Sveriges möjligheter inte enbart avgörs av teknisk spets eller volym, utan av hur väl landet lyckas kombinera tre förmågor: att vara tidig och kvalificerad användare, att vara en attraktiv partner i värdekedjor och samarbeten, och att bidra till utformningen av de regler och institutioner som styr utvecklingen av strategiska tekniker. Fem strategiska möjligheter för Sverige att ta internationell position lyfts i dialogerna:

- Ledarskap i systemintegration av olika tekniker, där Sverige har unik kompetens.
- Europeisk roll i nettonollomställning, där Sverige ligger långt fram.
- Använda test- och demonstrationsmiljöer som motor för teknikkonvergens.
- Stora industriella styrkeområden kan fungera som draglok för nya kombinationer.
- Positionera Sverige för test och industrialisering av nya teknikkombinationer.

1 Inledning

Den 28 maj 2025 gav regeringen Vinnova i uppdrag att vidareutveckla det kunskapsunderlag för strategiskt viktiga tekniker för Sverige som redovisades den 31 oktober 2024. Underlaget ska uppdateras varje år och denna analysrapport är den första uppdateringen.

1.1 Syfte

Syftet med rapporten är att ge underlag för att förstå den globala teknikutvecklingen och Sveriges internationella position inom teknikområden som är viktiga för konkurrenskraft, nationell säkerhet och hållbar tillväxt.

Utgångspunkten för analysen har, liksom i Vinnovas analys från 2024, varit de tio teknikområden som EU-kommissionen listade i sin rekommendation om kritiska teknikområden för EU:s ekonomiska säkerhet i oktober 2023. I detta analysarbete har dock modifieringar och breddningar gjorts av EU:s teknikområden, baserat på insikter från arbetet med 2024 års rapport. Avgränsningarna av de olika teknikområdena har modifierats och antalet analyserade teknikområden har utökats till 12, som sammantaget omfattar 76 underområden. En lista på samtliga underområden som ingår i analysunderlaget redovisas i bilaga 2.

Strategiskt viktiga teknikområden i 2025 års analys



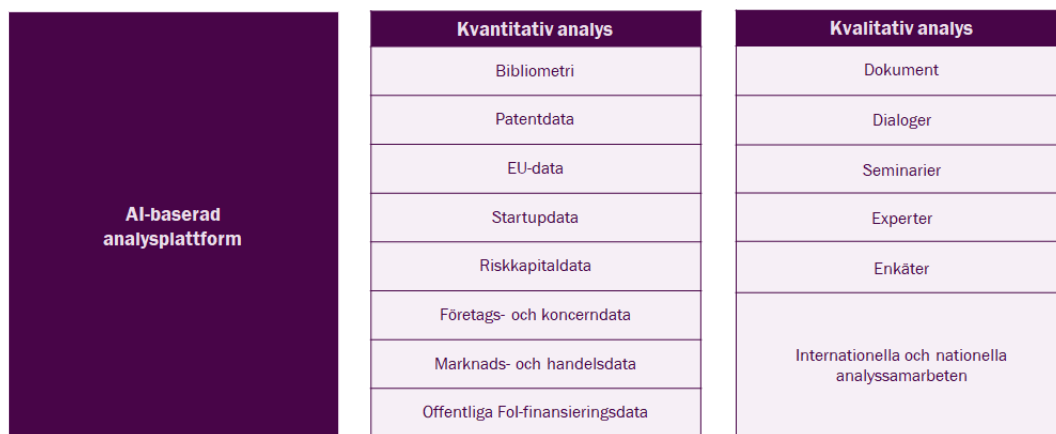
Fyra övergripande frågeställningar står i fokus för analysen:

- Global utveckling inom strategiskt viktiga teknikområden – utmaningar och möjligheter för Sverige.
- Sveriges position och förutsättningar inom strategiskt viktiga teknikområden för konkurrenskraft, nationell säkerhet, samhällets resiliens och klimatomställning.
- Kopplingar mellan olika strategiskt viktiga teknikområden och mellan olika värdekedjor där teknikområdena är viktiga för Sveriges konkurrenskraft.
- Framtidsperspektiv på teknikutveckling, värdekedjor och geopolitik – möjligheter för Sverige.

1.2 Metod

Analysen baseras på en kombination av kvantitativa och kvalitativa datakällor och analysmetoder som analyseras med stöd av en AI-baserad analysplattform, Dcipher Analytics. Eftersom det inte finns etablerade statistiska kategorier för de teknikområden som har analyserats är det nödvändigt att avgränsa dessa teknikområden genom söksträngar av begrepp och nyckelord. En del av dessa begrepp och nyckelord är etablerade kategorier och nomenklaturer inom ramen för olika datakällor. Detta avgränsningsarbete är en grundläggande del i analysens metod. En översiktlig illustration av metodologiskt angreppssätt och analysstrategi ges nedan.

Metodologiskt angreppssätt och analysstrategi – en översikt



I 2024 års kvantitativa analys användes bibliometriska data, patentdata och EU-data. I 2025 års analys omfattar analysen även startupdata och riskkapitaldata. Kommande uppdateringar av analysen kommer även att omfatta övriga kvantitativa data i översikten ovan. Årets analysrapport baseras på en uppdaterad avgränsning av teknikområdena med förfinade söksträngar, begrepp och nyckelord, vars relevans och precision testats i flera led. Det finns dock inga perfekta eller odiskutabla avgränsningar av teknikområden, samtidigt som de förändras över tid.

Även den kvalitativa analysen har uppdaterats i 2025 års analys jämfört med 2024 års analys. Fler och mer strukturerade dialoger med aktörer har genomförts. AI-baserade dokumentanalyser av teknikkonvergens och framtidsscenarioer har genomförts med nya metoder, jämfört med 2024 års analys.

Det kontinuerliga arbetet med att uppdatera kunskapsunderlaget möjliggör systematisk vidareutveckling och förfining av metoder för avgränsning av teknikområden och data för dessa. Dessutom möjliggörs successiv integrering av fler datakällor och nödvändig metodutveckling för detta. Slutligen möjliggörs vidareutveckling av AI-baserade metoder i analyser av olika datakällor, kvantitativa och kvalitativa. I metodutvecklingsarbetet samarbetar Vinnova med andra länders motsvarigheter i olika internationella fora.⁵

Den kvantitativa analysen i rapporten baseras på indikatorer för internationell konkurrenskraft i olika dimensioner inom respektive teknikområde. Som nämnts ovan baseras den kvantitativa analysen på data över vetenskapliga publiceringar och patentdata, data över riskkapitalinvesteringar och startups, samt data över deltagande i olika delar av EU:s ramprogram för forskning och innovation. Tidsperioden för de kvantitativa indikatorerna är 2019–2024. För EU-data är tidsperioden 2020–2024.

I analysen av vetenskapliga publiceringar har data från Web of Science och Scopus använts. Patentindikatorerna baseras på data från European Patent Office (EPO) PATSTAT-data och avser sökta patent i USA:s patentsystem, USPTO. Data från Pitchbook har använts för indikatorer på startups och riskkapitalinvesteringar. Analysen av EU-deltagande baseras på EU:s CORDIS-data.

I rapporten redovisas genomgående data i förhållande till folkmängd för att jämföra Sverige med andra länder. Det ger indikatorer på Sveriges relativa konkurrenskraft. Samtidigt döljer dessa jämförelser olika länders absoluta konkurrenskraft, eftersom olika länders totala volymer för olika indikatorer inte framgår. I värderingar av Sveriges internationella position och förutsättningar är detta viktigt att beakta. För var och en av de kvantitativa indikatorer som använts har ett mått använts för att jämföra olika länder. Det finns emellertid andra relevanta mått för respektive indikator. Fler mått för respektive indikator respektive data över olika länders absoluta volymer för olika indikatorer kommer att redovisas på Vinnovas webbplats under 2026.

De olika datakällor som använts i analysen har olika strukturer och nomenklaturer, vilket innebär att avgränsningar och identifiering av data behöver utformas på olika sätt. Det är en viktig del i metodutvecklingsarbetet. Enskilda data bör tolkas med försiktighet. I synnerhet gäller det data över startups och riskkapitalinvesteringar, som till sin natur är oregelbundna och därför kan enskilda investeringar och företag påverka indikatorerna kraftigt. En fördjupad metodgenomgång kommer att publiceras på Vinnovas webbplats.

⁵ OECD Strategic Intelligence, OECD Committee for Science and Technology Policy, EU Observatory for Critical Technologies (Co-led by DG Defence Industry and Space, DEFIS, and Joint Research Center), EU Joint Research Center – System Dynamics for System Innovation

Den kvalitativa analysen baseras på olika underlag. Dels baseras den på dialoger med företag, branschorganisationer, forskningsinstitut, lärosäten och myndigheter. Dels baseras den på analyser av ett stort antal publicerade rapporter och skriftliga underlag från olika aktörer. Den kvalitativa analysen fokuserar både på nuläge och på framtidsperspektiv på den globala utvecklingen och på Sveriges möjligheter. De dialoger och dokumentanalyser som genomförts redovisas i bilaga.

I analys och slutsatser kopplat till energiteknik och industriell nettonollteknik har Energimyndigheten bidragit. Inom uppdraget har Vinnova även samverkat med Patent- och registreringsverket kopplat till patentdata samt haft dialog med ett antal andra myndigheter.

1.3 Disposition

I kapitel 2 görs en övergripande analys av den globala utvecklingen kopplat till strategiskt viktiga teknikområden. Det är en uppdatering av den globala analys som Vinnova genomförde 2024. Fokus är främst på utvecklingen i USA, Kina och EU.

I kapitel 3 analyseras Sveriges position och förutsättningar inom vart och ett av de 12 strategiskt viktiga teknikområden som analyserats i denna rapport. Data för de 76 underområdena till dessa teknikområden kommer att publiceras på Vinnovas webbplats.

I kapitel 4 analyseras utveckling och nya mönster i kopplingar mellan olika teknikområden och mellan olika värdekedjor där teknikområdena är viktiga för Sveriges konkurrenskraft.

I kapitel 5 görs en framtidsinriktad analys av Sveriges förutsättningar för internationellt ledarskap och konkurrenskraft inom de teknikområden som analyserats, och i befintliga och nya framväxande kombinationer av olika teknikområden.

2 Global utveckling av FoU

I det här kapitlet görs en övergripande analys av den globala utvecklingen kopplat till strategiskt viktiga teknikområden. Vinnova gjorde en bredare analys av den globala utvecklingen kopplat till 2024 års rapport, Globalt perspektiv på kritiska tekniker I Vinnova. Detta kapitel uppdaterar analysen och bygger vidare på den, med särskilt fokus på skeenden som haft stor betydelse för den globala utvecklingen under 2025. Fokus ligger främst på utvecklingen i USA, Kina och EU.

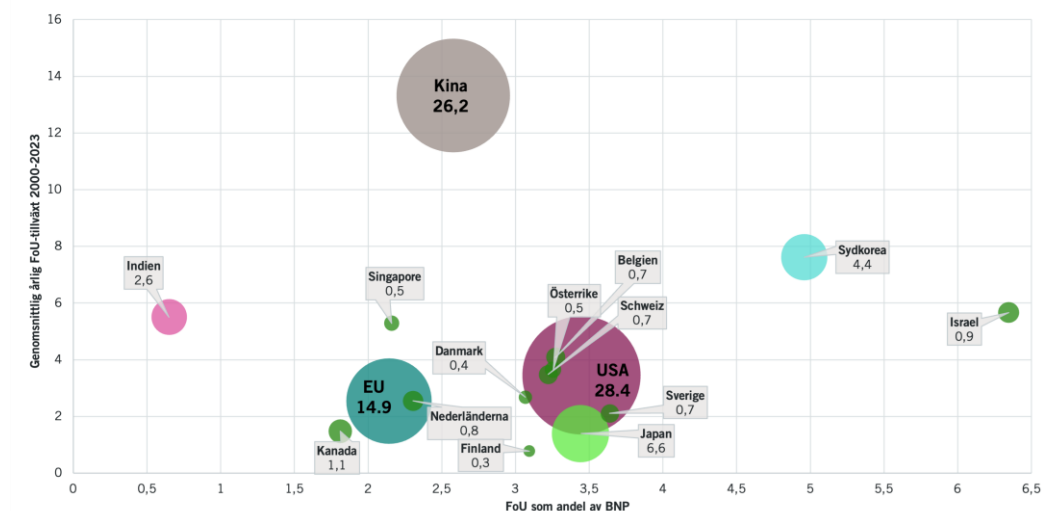
Syftet är att beskriva de viktigaste globala trenderna som påverkar Sveriges utveckling och möjligheter. Centralt är också att beskriva EU:s roll och position i den globala konkurrensen och i internationellt samarbete. Sverige är ett litet land och är därför beroende av EU:s samlade konkurrenskraft inom viktiga teknikområden. Genom gemensamma EU-satsningar kan Sverige få större effekt av sina egna investeringar. Sverige är också beroende av EU för samarbeten med länder utanför unionen.

2.1 Globala utvecklingstrender

De globala FoU-investeringarna har nästan tredubblats de senaste decennierna, trots ekonomiska kriser, pandemi och geopolitiska spänningar. I denna utveckling har det globala innovationslandskapet genomgått en avsevärd geografisk förskjutning. Flera medelinkomstländer, särskilt i Asien, Mellanöstern och Nordafrika, har ökat sin andel av de globala FoU-utgifterna påtagligt. Denna utveckling speglar en bred omställning mot en mer multipolär innovationsvärld.

De senaste åren har den årliga tillväxttakten i de globala FoU-investeringarna avtagit, från 3,6 procent 2022 till 2,4 procent 2023. De offentliga FoU-budgetarna minskade med ungefär 1,2 procent i reala termer mellan 2023 och 2024. Den genomsnittliga FoU-intensiteten i OECD-länderna, mätt som andel av BNP, låg dock på samma nivå, 2,7 procent, 2023 som året innan. Den svagare FoU-utvecklingen förklaras av lågkonjunktur, höga räntor, inflation och geopolitiska spänningar som begränsat de offentliga FoU-investeringarna. Samtidigt har näringslivets FoU-investeringar ökat i OECD-länderna. Företagssektorn står för cirka 78 procent av investeringarna i USA och Kina. I EU är genomsnittet 66 procent. Genomsnittet för OECD-länderna är 74 procent. Hur ekonomisk osäkerhet och geopolitiska spänningar kommer att påverka näringslivets investeringstakt i FoU är en viktig fråga.

FoU-investeringar 2023 och FoU-tillväxt 2000–2023 i olika länder⁶



Källa: WIPO Global Innovation Index och OECD Main Science and Technology Indicators.

De senaste åren har den årliga tillväxttakten i de globala FoU-investeringarna avtagit, från 3,6 procent 2022 till 2,4 procent 2023. De offentliga FoU-budgetarna minskade med ungefär 1,2 procent i reala termer mellan 2023 och 2024. Den genomsnittliga FoU-intensiteten i OECD-länderna, mätt som andel av BNP, låg dock på samma nivå, 2,7 procent, 2023 som året innan. Den svagare FoU-utvecklingen förklaras av lågkonjunktur, höga räntor, inflation och geopolitiska spänningar som begränsat de offentliga FoU-investeringarna. Samtidigt har näringslivets FoU-investeringar ökat i OECD-länderna. Företagssektorn står för cirka 78 procent av investeringarna i USA och Kina. I EU är genomsnittet 66 procent. Genomsnittet för OECD-länderna är 74 procent. Hur ekonomisk osäkerhet och geopolitiska spänningar kommer att påverka näringslivets investeringstakt i FoU är en viktig fråga.

USA, Kina, EU och många andra länder satsar stort på forskning och innovation. Fokus ligger på kritiska tekniker och försvarsinnovation, med syfte att stärka ekonomisk konkurrenskraft, nationell säkerhet, resiliens och teknologisk självständighet. Utvecklingen drivs i hög grad av ökande spänningar och säkerhetsintressen. En konsekvens av denna utveckling är att den tidigare öppna och genomgripande globaliseringen successivt ersätts av regionalisering där teknologisk förmåga i allt högre utsträckning blir en viktig strategisk resurs.

I den alltmer polariserade globala utvecklingen används geopolitiska verktyg som tullar, subventioner, exportkontroll och investeringsrestriktioner för att styra tillgången till kunskap, teknik och kritiska råmaterial. De senaste åren har det globala systemet för forskning och innovation drivits i stark konkurrens mellan främst två block, ett kring USA

⁶ Bonaglia, D., Rivera León, L. & Wunsch-Vincent, S. (2024) 'End of Year Edition – Against All Odds, Global R&D Has Grown Close to USD 3 Trillion in 2023', WIPO Global Innovation Index Blog. [End of Year Edition – Against All Odds, Global R&D Has Grown Close to USD 3 Trillion in 2023](#)

och ett kring Kina. Det senaste året har dock EU och flera andra länder, särskilt i Asien, utvecklat strategier för att öka sin teknologiska självständighet gentemot både USA och Kina. En konsekvens av detta är utveckling av regionala leveranskedjor, standarder och nätverk. Konkurrensen om teknikkompetenser blir hårdare. Nationella talangprogram och visumpolitik används för att säkra kompetens, vilket i sin tur påverkar akademiskt samarbete och forskningssäkerhet. Utvecklingen gör att globala värdekedjor och ekosystem fragmenteras, att samverkansmönster och allianser omformas samt att internationell samverkan minskar.

Det globala innovations- och industrilandskapet har förändrats snabbt och genomgripande under det senaste året. Drivkrafterna är Kinas acceleration inom industri, teknik och vetenskap; USA:s ambition att dominera strategiska teknologier; en tilltagande polarisering inom AI och grön teknik, samt ökande restriktioner för internationellt utbyte av kritiska teknologier:

- **AI och grön teknik polariseras:** USA, och delvis Kina, leder inom AI. Kina dominerar grön teknik som sol, batterier och elfordon.
- **Halvledare och kritiska material:** USA och andra västländer satsar på att bygga avancerad chipproduktion. Kina kontrollerar nyckelmateriel och förädlingsled.
- **EU och övriga länder** anpassar sig till konflikten mellan USA och Kina. Fokus ligger på teknologisk självständighet, resiliens och selektiv öppenhet.
- **Disruption** i branscher accelereras av digital och grön omställning, understödd av snabb teknologisk innovation.

Kina har under 2025 haft fortsatta framgångar inom industri, teknik och vetenskap. Utvecklingen har stärkts genom en målmedveten statlig mobilisering kring strategiska tekniker och försörjningssäkerhet. Samtidigt har USA:s strävan att behålla sin dominans inom strategiska tekniker påtagligt påverkat handel, standarder, exportkontroller och FoU-finansiering. Amerikanska restriktioner har blivit en stark katalysator för Kina att stärka sin egen utveckling av avancerad teknik. Tidigare köpte Kina amerikansk topptechnik. Nu kan begränsningar för amerikanska företags försäljning i Kina komma att urholka kassaflöden och marknadsandelar. Det kan i sin tur försämma deras globala konkurrenskraft.

Det senaste året har tre förändringar varit särskilt tydliga:

- **Skärpt teknikgeopolitik:** Exportkontroller, investeringsgranskning och säkerhet kring forskning har intensifierats. Effekterna av USA:s restriktioner mot Kina har försämrat kinesisk tillgång till avancerade halvledare. Samtidigt har detta skapat kraftiga incitament för egen halvledarutveckling.
- **Omstrukturering av industriella ekosystem:** Utvecklingen av halvledare koncentreras till USA, Japan och Sydkorea, medan investeringar i EU är mer osäkra. Kina dominerar grön teknik. USA:s satsningar på batterier och elektriska fordon har tappat fart. EU strävar efter att bygga en europeisk värdekedja och blir mindre beroende av utländska investerare.

- **Reglering och suveränitet:** EU driver på för att stärka sin teknologiska suveränitet. Det märks i synnerhet i planeringen av nästa ramprogram för forskning och innovation (FP10), i AI-lagstiftningen (AI Act) och i satsningar på kritiska råmaterial. EU står inför svåra avvägningar mellan reglering, öppenhet och konkurrenskraft. Samtidigt breddas EU:s internationella FoU-samarbete genom associering av nya så kallade tredjeländer i EU:s FoU-program.

Exportkontroll, granskning av investeringar och säkerhet kring forskning har blivit standardverktyg för att skydda kritiska teknologier. Samtidigt har samarbetet mellan EU och USA Trade and Technology Council tappat momentum. Det gör det svårare att samordna standarder och leveranskedjor. Följden har blivit försenade samarbeten, ökade transaktionskostnader och fragmentering av globala FoU-nätverk. USA har under året fortsatt sin restriktiva hållning mot Kina och infört höga handelstullar samt hotat med ännu större höjningar. Den tidigare ambitiösa industripolitiken för grön omställning har i princip stoppats, medan satsningar delvis fortsätter inom digitala näringsgrenar. Den federala forskningspolitiken har påtagligt förändrats: anslagen till bred vetenskaplig forskning föreslås minska, samtidigt som satsningar på strategiskt viktiga tekniker för amerikansk konkurrenskraft ökar, särskilt inom AI och kvantteknik.

EU har under 2025 förberett nästa ramprogram för forskning och innovation (FP10), vilket innefattar en konkurrenskraftsfond och samordning av olika finansieringsinstrument. Teknologisk suveränitet är ett huvudtema. Nya initiativ har tagits för teknologisk suveränitet inom strategiskt viktiga områden: AI Act, AI-fabriker, kvantteknik och kritiska råmaterial.

I Storbritannien har den nya regeringen inlett en omställning av sin industripolitik. Japan har tagit fram utkast till sin sjunde grundplan för forskning och innovation, vilken fokuserar på strategiska tekniker och industriell förmåga. Finland har under 2025 fortsatt med sin ambitiösa plan för att öka offentliga och privata FoU-investeringar, som fastlagts i en FoU-lag. Danmark, Österrike, Nederländerna och Singapore har alla aktiva portföljer av målinriktade satsningar på AI, kvantteknik, data och avancerad tillverkning. Indien och Brasilien är på väg att utvecklas till starka länder inom kritiska material och digital ekonomi.

AI-ekosystemen i USA, Kina och EU har under 2025 blivit alltmer olika. USA investerar stort i ett fåtal Big Tech-företag och massiv träning av stora språkmodeller. Det finns stora osäkerheter kring investeringskostnader, energitillgång och möjliga effekter på de finansiella marknaderna. I Kina drivs utvecklingen mot öppna modeller och bred tillämpning, delvis för att landet har begränsad tillgång till de mest avancerade chipen. I EU görs satsningar på utveckling av en europeisk "teknologistack". Dessa ambitioner präglas av betydande osäkerheter, bland annat på grund av regleringsnivån (AI Act) och relationen till de stora amerikanska teknikföretagen som är globalt ledande i AI-utvecklingen.

Trots ökande spänningar är länder, block och industriella värdekedjor fortfarande starkt beroende av varandra. Gemensamma spelregler och tekniska standarder är avgörande för ekonomisk tillväxt, klimatomställning, internationell säkerhet och global hälsa. Därför behövs strategier som säkrar balans mellan konkurrens och samarbete.

Sveriges begränsade storlek innebär att landet påverkas mycket av de investeringar i forskning och innovation som görs i de största länderna. Sveriges egna FoU-investeringar har ökat stadigt under de senaste drygt 20 åren och Sverige är ett av de länder som investerar mest i forskning och utveckling i förhållande till BNP. Ett betydande antal länder har emellertid ökat sina investeringar mer än Sverige under samma tid.

Sverige är beroende av att vara effektivt integrerad i internationella forsknings- och innovationssystem. Behoven av att strategiskt positionera Sverige i det nya och snabbt förändrade internationella FoU-landskapet har ökat markant de senaste åren och i synnerhet under 2025.

I den nya geopolitiska konkurrensen har Sveriges beroende av EU ökat väsentligt. EU-samarbete spelar en avgörande roll för möjligheterna att få uppväxling på Sveriges FoU-investeringar. FoU-samverkan inom NATO är också en viktig möjlighet för Sverige. I det nya globala FoU-landskapet öppnas även möjligheter till internationell FoU-samverkan med andra länder utanför EU, i synnerhet med länder i Asien, Kanada och Storbritannien. Eftersom många länder söker ökad FoU-samverkan med andra länder än USA och Kina är potentialen för samverkan med andra FoU-intensiva länder stor. EU och Norden som hävstång för internationell samverkan utanför EU bör vara viktiga för kraftfullare samverkan än om Sverige självt ska driva sådan samverkan.

EU har under 2025 breddat sina forskningssamarbeten. Schweiz och Storbritannien har åter blivit en del av EU:s FoU-program. Samtidigt har Kanada, Nya Zeeland och Sydkorea blivit nya associerade länder och Japan förhandlar om att ansluta. Israel är också associerat, men kriget i Gaza har väckt frågor om samarbetet. Flera mindre EU-länder tar olika initiativ för att fördjupa internationella samarbeten, till exempel inom NATO:s innovationsprogram DIANA.

2.2 USA, Kina och EU – drivkrafter och strategier

USA, Kina och EU har olika strategier där tekniskt ledarskap inom kritiska områden ses som avgörande för ekonomisk och säkerhetspolitisk utveckling. Konkurrensen är hård när det gäller AI, halvledare och digital infrastruktur. I denna kapplöpning är beräkningskraft, tillgång till data och teknisk kompetens avgörande resurser. Samtidigt blir andra områden snabbt viktigare i den globala konkurrensen, bland andra kvantteknik, bioteknik och avancerade material.

EU vill bli mer självständigt och minska beroendet av både USA och Kina. Därför satsar unionen på strategisk autonomi och digital suveränitet. USA vill behålla sin ledande position och skydda sin spetskompetens inom viktiga teknikområden. Kina satsar på att

bli självförsörjande och utveckla egna kärnteknologier. Kina vill också kontrollera tillgången till sällsynta jordartsmetaller. Syftet är att undvika flaskhalsar från väst och snabbt bygga upp sin tekniska förmåga.

De här olika strategierna märks tydligt i kampen om att bestämma globala standarder för AI, 6G, molntjänster, cybersäkerhet. När regler och standarder skiljer sig åt ökar kostnaderna och komplexiteten för företag. Det hämmar innovation, skapar osäkerhet och försvårar att olika system fungerar ihop globalt. Länder som hamnar mitt emellan tvingas göra svåra val och blir beroende av tekniska och juridiska system som är svåra att förena.

Många länder satsar alltmer på att bygga egen teknisk kapacitet. De använder olika politiska verktyg för att främja innovation, skydda viktiga resurser och behålla sin position i ett alltmer spänt geopolitiskt läge. Strategierna handlar bland annat om att öka ekonomiska fördelar som subventioner och skatteavdrag. De innehåller också restriktioner, till exempel exportkontroller och regler för utländska investeringar. Det nya geopolitiska läget för forskning och innovation gör att företag och länder tar fram strategier för att hantera både politiska verktyg och den osäkerhet som följer med utvecklingen. En tydlig trend är att olika länder försöker minska beroenden och begränsa risker, men inte bli helt oberoende.

En viktig strategi är att flytta hem produktion och samarbeta mer med länder som anses pålitliga. Målet är att göra systemen mer motståndskraftiga genom robusta produktionskedjor och mindre beroende av osäkra aktörer och genom mer samarbete med länder som delar samma värderingar. Därför byggs regionala och säkra produktionskedjor upp inom nyckelområden som halvledare, batterier, läkemedel och sällsynta jordartsmetaller. Exempel på politiska åtgärder som styr handeln är exportkontroller för avancerade chip, granskning av investeringar i kritiska sektorer och breddning av import av viktiga mineral till fler länder.

Den globala utvecklingen inom teknik och geopolitik leder till hårdare konkurrens om standarder, marknader och kontroll över viktiga delar i värdekedjor. Länder och företag vill även säkra tillgången till råvaror. Mönstren för samarbete och konkurrens inom teknikutveckling ändras snabbt. Även de länder och företag som historiskt varit allierade befinner sig i dubbla förhållanden – de samarbetar om standarder och värdekedjor, men tävlar samtidigt om marknadsandelar, investeringar och kompetens.

I dagens värld med flera maktcentra bildas nya allianser som bygger på praktiska behov, inte på gemensam ideologi. Länder samarbetar om teknik, säkerhet och handel. Exempel är Quad Tech-initiativet, samarbetet kring halvledare, och EU–USA:s Trade and Technology Council (TTC), som dock tappat fart på senare tid. Dessa allianser kräver flexibla samarbeten som klarar både samverkan och konkurrens samtidigt.

USA:s teknikpolitiska verktyg och strategier

För att stärka sin tekniska konkurrenskraft och minska beroendet av utländska aktörer har USA under de senaste åren drivit en mycket aktiv industripolitik. Landet har infört höga subventioner och handelstullar och gjort stora federala satsningar på teknisk infrastruktur. Syftet är att skydda strategiska sektorer, stärka inhemsk kapacitet och att attrahera utländska företag och kompetenser. Samtidigt har kraftfulla politiska beslut tagits i syfte att omforma det federala forskningslandskapet och styra inriktningen på forskning och innovation.

America First – teknisk suveränitet, handelstullar och projekt för AI-infrastruktur

USA:s teknikpolitik utgår från America First-doktrinen. Målet är att stärka nationell teknisk suveränitet och minska beroendet av framför allt Kina, men även av andra länder. Handelstullar används strategiskt för att minska handelsunderskott och för att stärka amerikansk konkurrenskraft. Genom att kombinera reglering, investeringar och handelspolitik strävar USA efter en mer självständig och motståndskraftig teknologisk infrastruktur.

Presidentdekret används för att styra myndigheter och för att omforma forskningsfinansieringen. White House Council on Supply Chain Resilience samordnar insatser för att säkra leveranskedjor och stärka inhemsk produktion. Nya federala upphandlingsregler prioriterar regionala leverantörer, småföretag och snabb AI-upphandling. Ett exempel på USA:s satsningar är projektet *Stargate*, där aktörer som OpenAI, SoftBank och Microsoft investerar 500 miljarder dollar i nästa generations AI-infrastruktur. Projektet innefattar även upp till 20 datacenter.

Presidentdekret för forskning och innovation

För att befästa nationellt ledarskap inom framtidstekniker drivs USA:s teknologipolitik genom en rad presidentdekret och strategiska memorandum. Ett centralt exempel är *Removing Barriers to American Leadership in Artificial Intelligence*, som syftar till att undanröja hinder för innovation och stärka USA:s globala position inom AI. Fokus ligger på ökat federalt stöd till forskning, investeringar och ökad värderingsstyrning i teknikutvecklingen, i synnerhet vad gäller generativ AI.

För att skydda amerikanska företag från utländsk påverkan har initiativet *Defending American Companies and Innovators* lanserats. Det riktar sig mot regler och skatter, särskilt inom digitala tjänster. Syftet är även att motverka krav på tekniköverföring och datadelning som man anser hotar amerikanska immateriella rättigheter.

Inom teknik- och kommunikationssäkerhet har Council on National Security (FCC) etablerats för att säkra leveranskedjor och motverka cyberhot. Rådet fokuserar på att befästa USA:s ledarskap inom kritiska teknologier såsom 5G, 6G, AI, satellitteknik, kvantdatorer, robotik, autonoma system och IoT. Detta är särskilt viktigt i konkurrensen med Kina.

Förändring av USA:s federala FoU-landskap och kompetenspolitik

Föreslagna nedskärningar i USA:s forskningsbudget kan komma att få betydande konsekvenser för både kompetensförsörjning och innovationskapacitet. När forskningsmyndigheter som National Science Foundation (NSF) och National Institute of Health (NIH) beviljar färre projekt blir det mindre forskning och minskad tillgång till anläggningar och forskningsinfrastruktur, särskilt inom klimat-, miljö- och geovetenskap. Detta påverkar efterfrågan på grön teknik och försvårar rekrytering av naturvetenskaplig och teknisk kompetens i tidiga skeden.

Samtidigt flyttas resurser till nationell säkerhet och försvarsteknik. Civila forskningsmyndigheter som NIH, NSF, Department of Energy (DOE) och National Aeronautics and Space Administration (NASA) får minskade anslag för grundforskning och miljövetenskap. Detta riskerar att försvaga viktiga forskningsmiljöer och långsiktig kunskapsuppbyggnad kring framtidsfrågor. De stora neddragningarna på US Agency for International AID (USAID) innebär också stora försvagningar av resurser till internationella forskningssamarbeten inom hälsa, som är beroende av världsunika data från de södra delarna av världen.

För att skydda amerikanska arbetstagare har H1B-visumprogrammet reformerats. Det innebär en avgift på 100 000 amerikanska dollar per visumansökan och att internationell rekrytering fördyras. Detta kan särskilt påverka universitet och startups negativt, genom minskad tillgång till högspecialiserad kompetens.

Kinas strategi för kontroll, kapacitet och global påverkan

Kina genomgår en omfattande teknisk omställning med målet att uppnå självförsörjning och stärkt global konkurrenskraft. Kontrollen över strategiska resurser, dataflöden och tekniska standarder intensifieras. Genom lagstiftning, statlig styrning, subventioner, riktade investeringar, exportkontroll, datasäkerhet och standardisering är målet att mobilisera hela samhället.

Ny styrning av vetenskap och teknik – en "hela-nationen-strategi"

Kina intensifierar sin satsning på vetenskap och teknik som en central del av sin långsiktiga utvecklingsplan. Genom en ny styrningsmodell och "hela-nationen-strategin" mobiliseras resurser från akademi, industri och militär för att uppnå teknologisk självförsörjning och globalt ledarskap inom områden som AI, kvantteknik, avancerade material och grön teknik.

Centrala kommissionen för vetenskap och teknik (CSTC) samordnar insatser över sektorsgränser och driver nationella teknologiska uppdrag, med företagsledd innovation i fokus. Den nationella planen för vetenskap och teknik (2021–2035) prioriterar konvergens och gränsområden som hjärn–dator-gränssnitt, regenerativ medicin och rymdforskning.

Den kommande femårsplanen (2026–2030) väntas fördubbla satsningarna på strategisk teknisk självständighet, särskilt inom halvledare och AI. Parallellt utvecklas en ny version av industristrategin Made in China 2025. Den har fokus på uppbyggnad av en modern, avancerad och säker industribas som omfattar både grundforskning och modernisering av produktionen.

Exportkontroller, datasäkerhet och nya standarder

Som svar på västerländska teknikrestriktioner har Kina infört exportkontroller för kritiska material och teknologier, särskilt inom högteknologiska och militära områden. Samtidigt har landet skärpt reglerna för data genom nya lagar om datasäkerhet och skydd av personuppgifter. Dessa lagar påverkar både utländska teknikföretag och internationella forskningssamarbeten.

Kina främjar inhemska tekniska standarder kopplade till upphandling och säkerhet. Landet arbetar också aktivt för att påverka globala standarder inom områden som 5G, elfordon och Internet of Things (IoT). Syftet är att harmonisera tekniska regler med kinesiska lösningar och därmed skapa inlåsnings effekter till fördel för kinesiska aktörer. Ytterligare ett sätt att stärka det nationella innovationssystemet är att med hjälp av finansiering och incitament återrekrytera forskare och entreprenörer från utlandet. Fokus ligger inte enbart på kinesiska talanger i diasporan utan även på rekrytering av utländsk expertis.

EU:s strategi för konkurrenskraft, säkerhet och teknologiskt ledarskap

EU stärker sina insatser för ökad konkurrenskraft, ekonomisk och digital säkerhet samt utveckling av ledarskap inom ny teknologi. Det övergripande strategiska målet är att skala upp framväxande och strategiska tekniker inom EU, minska och diversifiera externa beroenden samt omvandla gröna och digitala regelverk till en drivkraft för efterfrågan på EU-baserade lösningar.

Strategisk färdplan för ekonomisk konkurrenskraft

Europeiska kommissionen har tagit fram en strategisk färdplan för att stärka unionens ekonomiska konkurrenskraft under de kommande fem åren. Denna *Konkurrenskraftskompass* bygger på analyser av bland andra Mario Draghi⁷ och Enrico Letta⁸ och fokuserar på tre centrala utmaningar:

- Överbrygga innovationsgapet – genom att främja forskning, innovation och bättre villkor för startups och teknikföretag.
- Fasa ut fossila bränslen – utan att försvaga industrins konkurrenskraft, bland annat genom stöd till energiintensiva sektorer och satsningar på ren teknik.

⁷ European Commission. (2024). *The Draghi report on EU competitiveness*. Brussels: European Commission. [97e481fd-2dc3-412d-be4c-f152a8232961_en](#)

⁸ European Council. (2024). *Much More Than a Market – Speed, Security, Solidarity*. Brussels: European Council.

- Minska beroendet av omvärlden – för att stärka EU:s ekonomiska säkerhet och teknologiska självständighet.

För att nå sina mål har EU valt ut fem centrala möjliggörare som ska genomsyra hela konkurrenskraftsstrategin. För det första behöver regelverken förenklas och byråkratin minska, så att företag lättare kan verka och växa inom unionen. För det andra krävs att kvarvarande hinder på den inre marknaden tas bort, vilket stärker rörligheten för varor, tjänster, kapital och arbetskraft. För det tredje ska finansiering till konkurrenskraftiga satsningar säkras genom både offentliga och privata investeringar. För det fjärde ska kompetens utvecklas och kvalitativa jobb skapas så att arbetskraften är rustad för framtidens behov. Slutligen betonas vikten av bättre politisk samordning mellan EU:s institutioner och medlemsländer för att säkerställa gemensamma prioriteringar.

Färdplanen innehåller flera olika förslag. Det handlar om fördjupning av den inre marknaden, ökad tillgång till riskkapital, snabbare tillståndsprocesser och gemensam standardisering. Fokus ligger på att omvandla forskning till innovation och produktion inom kritiska värdekedjor, samt att stärka industriell kapacitet och digital suveränitet. Klimatpaketet Fit-for-55 är en satsning på hållbar omställning och nettonollutsläpp av växthusgaser genom utsläppshandel, koldioxidtullar, koldioxidinfångning och vätgas.

Kraftfullare insatser och smidigare regelverk

EU har under de senaste åren intensifierat sina insatser för att stärka sin självständiga kapacitet inom teknikutveckling för global konkurrenskraft. I en tid präglad av ökande geopolitiska spänningar, teknologisk omställning och klimatutmaningar har EU utvecklat en rad målmedvetna initiativ som baseras på en strategi för en mer motståndskraftig, hållbar och innovativ ekonomi.

EU:s forskningsstrategi bygger på flera olika verktyg som stödjer forskning, innovation och uppskalning. Det största programmet är Horisont Europa, som finansierar grundforskning, internationella samarbeten och innovationsinsatser, inklusive Europeiska innovationsrådet (EIC). Ett annat verktyg är europeiska partnerskap som kombinerar EU-medel med nationell och privat finansiering. Ett nytt initiativ, Fonden för europeisk konkurrenskraft (ECF), med fokus på uppskalning av innovationer är under utveckling.

För att stärka den industriella kapaciteten och utvecklingen av grön teknik görs insatser för att minska beroenden av andra länder, skala upp strategiska värdekedjor och stärka den industriella basen. Exempel är European Chips Act (ECA) som syftar till att öka självförsörjningen av halvledare inom EU, samt Net-Zero Industry Act (NZIA) som främjar utvecklingen av klimatneutral teknik. Genom Critical Raw Materials Act (CRMA) ska tillgången till viktiga råmaterial säkras.

EU möjliggör samordning av investeringar i framtidsteknik, bland annat genom insatser som Important Projects of Common European Interest (IPCEI). Det är ett industripolitiskt verktyg som gör det möjligt för medlemsstater att ge statligt stöd till storskaliga projekt av gemensamt europeiskt intresse. Genom IPCEI kan

gränsöverskridande forskning och investeringar inom områden som batterier, vätgas och mikroelektronik samt moln- och edgeteknik⁹ samordnas och accelereras. Det gemensamma europeiska intresset, och att projekten bidrar till strategiska mål som grön omställning, digitalisering och innovation, tillåter undantag från statsstödsreglerna och ovanligt höga stödnivåer. För att styra finansiering till strategiska sektorer har EU dessutom lanserat Strategic Technologies for Europe Platform (STEP), ett instrument som stärker digital, grön och bioteknisk tillverkning samt uppskalning av innovationer.

EU:s strategi för digital självständighet innehåller flera nyckelinitiativ. AI Act inför ett riskbaserat regelverk för ansvarsfull AI-användning. Data Act och Data Governance Act reglerar tillgång till och delning av industriella och offentliga data för att skapa en rättvis och säker dataekonomi. För att stärka digital infrastruktur har EU lanserat IRIS², Infrastructure for Resilience, Interconnectivity and Security by Satellite, ett satellitbaserat system för säker uppkoppling, särskilt vid kriser. Dessutom utvecklas gemensamma europeiska datainfrastrukturer för att stödja digitaliseringen.

EU stärker även den digitala, militära och ekonomiska säkerheten. Network and Information Security Directive 2 (NIS2-direktivet) skärper cybersäkerhetskraven inom kritiska sektorer som energi, transport och finans. EU har också etablerat en europeisk försvarsfond (EDF) för gemensam FoU inom försvarsteknik. Den kompletteras med en försvarsindustriell strategi för minskat beroende och stärkt digital samverkan (interoperabilitet).

2.3 Framtidsperspektiv på global samverkan och konkurrens

Den globala konkurrensen om teknik handlar inte längre bara om marknadsandelar och säkerhet. Den rör också värderingar och vägval mellan fortsatt globalisering och ökad regionalisering. I centrum står styrning av teknikutveckling, vilka ekosystem som byggs upp samt hur motståndskraftiga länder och företag är.

För att möta dagens och framtidens utmaningar krävs en balans mellan tillväxt, säkerhet och hållbar omställning. Den pågående teknikkapplöpningen riskerar att bli ett nollsummespel som ökar risken för konflikter. Därför blir förmågan att stärka innovationskraften, skydda sina långsiktiga intressen och samtidigt delta i internationellt samarbete avgörande för vilka aktörer som lyckas i den globala konkurrensen.

OECD¹⁰ lyfter fram tre stora trender som förändrar forskning och innovation. Dessa trender gör att aktörer måste balansera mellan samarbete, självständighet och effektiv användning av teknik. De tre trenderna är fler säkerhetskontroller, industripolitiska

⁹ Moln- och edgeteknik är två olika men kompletterande sätt att hantera databehandling och lagring. Molnteknik erbjuder centraliserad kapacitet för avancerad databehandling och lagring, medan edgeteknik kompletterar genom att möjliggöra snabb, lokal bearbetning i situationer där realtidsrespons är avgörande. Dessa tekniker används tillsammans i hybrida arkitekturer för exempelvis smarta fabriker, 5G-nätverk och avancerade AI-applikationer.

¹⁰ OECD. (2025). *OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2025*. OECD Publishing. [OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2025 \(EN\)](#)

investeringar och regler för AI som begränsar beräkningskraft, det vill säga att det införs gränser för hur mycket datorkraft som får användas vid utveckling och träning av avancerade AI-modeller. Detta påverkar samarbeten, lokalisering av laboratorier och fabriker samt vilka tekniska standarder och immaterialrättsstrukturer som får genomslag. Den globala integrationen är fortfarande stark, men det globala Fol-systemet omformas alltmer i riktning mot blockindelning och konkurrerande normer.

Kostnadsinflation för innovation är en växande utmaning. Investeringar i överkapacitet (redundans), ökade krav på efterlevnad och omlokalisering av verksamheter driver upp både kapital- och driftkostnader. Detta leder till långsammare avkastning på investeringar. Trenden pekar mot ett innovationslandskap där produktivitet, effektivitet och strategisk teknikimplementering blir avgörande för att bibehålla konkurrenskraft.

Strategiskt styrd konkurrens om teknik kommer sannolikt att intensifieras ytterligare. I takt med att teknologisk förmåga blir alltmer kopplad till geopolitisk makt, tvingas alla länder att balansera svåra avvägningar: främjande av innovation och internationellt samarbete samtidigt med skydd av nationell säkerhet. Parallellt växer behovet av att bygga teknisk suveränitet och inhemsk förmåga, utan att fragmentera de globala nätverk som forskning och innovation är beroende av.

Konvergensmiljöer som viktiga motorer för teknisk innovation

En central utvecklingsdimension är teknikkonvergens, vilket drivs av näringslivets och samhällets innovationsbehov, genom Fol-prioriteringar i företag och policy respektive av teknikutveckling i sig självt¹¹. Genom att integrera tidigare separata teknikområden och informationsflöden i integrerade system möjliggörs nya funktionaliteter, tjänster och värdekedjor. I takt med att samhällsutmaningarna blir alltmer komplexa och kräver lösningar som överskrider traditionella disciplinära gränser blir nya tekniska konvergensmönster viktiga för innovation och systemomställningar.

För att realisera potential i teknikkonvergenser krävs miljöer där samverkan mellan olika teknikområden kan ske på systematiska och målinriktade sätt^{12, 13}. Konvergensmiljöer är dynamiska ekosystem där flera avancerade tekniker samverkar, ofta över traditionella sektorsgränser. Att skapa och stärka konvergensmiljöer som formulerar och driver strategiska agendor, arenor, laboratorier och program ökar chanserna till genombrott och konkurrenskraft.

Ett exempel är energisystemets utveckling, där sektorer tidigare var relativt oberoende. Den integrerade omställningen med elektrifiering av transport- och industrisektorn har ökat komplexiteten och kräver mer multidisciplinära och tvärsektoriella Fol-insatser.

¹¹ World Economic Forum. (2025). *Technology Convergence Report 2025*. Geneva: World Economic Forum. [WEF Technology Convergence Report 2025.pdf](#)

¹² OECD. (2025). *OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2025*. OECD Publishing. [OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2025 \(EN\)](#)

¹³ World Intellectual Property Organization [Technology Trends](#)

Energimyndigheten har utvecklat en bred palett av policyverktyg och Fol-insatser för att möta dessa utmaningar.

Policydimensioner för internationell samverkan och forskningssäkerhet

Internationella beroenden inom forskning och innovation har ökat påtagligt de senaste åren. Samtidigt innebär den geopolitiska konkurrensen om strategiskt viktiga tekniker och kompetens att internationella samverkansallianser i många fall behöver omprövas och att nya behov identifieras och formas. För alla aktörer har det blivit betydligt svårare att navigera i det förändrade globala Fol-landskapet.

För policyutveckling och policyprioriteringar har forskningssäkerhet, eller ansvarsfull internationalisering, blivit en ny central dimension för prioriteringar och utformning av policy för internationell samverkan. Det ställer nya krav på förmågor att värdera och prioritera satsningar och att utforma regelverk tvärs över olika politikområden. OECD har sammanfattat de viktigaste kraven på policyprioriteringar och policyutformning kopplade till internationell Fol-samverkan på följande sätt.

Viktiga dimensioner och förmågor i policy för internationell samverkan



Hållbar konkurrenskraft kräver samordnad styrning och strategisk förmåga

För en hållbar konkurrenskraft behöver länder ha tydliga prioriteringar och strategier som kombinerar många olika politikområden. Det ställer höga krav på samordning och på breda och genomarbetade kunskapsunderlag. Forskning och innovation behöver bidra till snabba och breda samhällsomställningar. Industripolitiken behöver röra sig bort från sektorsvisa lösningar och i stället baseras på ekosystembaserade perspektiv, där olika aktörer, tekniker och processer samverkar dynamiskt¹⁴.

Staten behöver agera strategiskt i flera olika roller: som finansiär av forskning och innovation, som samordnare och som regulator. Det förutsätter förmåga till flexibel policyutveckling som kan hantera osäkerhet, snabba teknikskiften och stora samhällsförändringar. Det kräver också god förståelse för ekosystemets aktörer och hur institutioner och regelverk samspelar. Tre centrala verktyg är strategisk omvärldsanalys, systemanalys och framsyn, som ger beslutsfattare bättre insikt i teknikutvecklingen och dess samhällseffekter. Det kräver också god förståelse för ekosystemets aktörer och hur institutioner och regelverk samspelar. Ett annat verktyg är policyexperiment, till exempel regulatoriska sandlådor och utfallsfinansiering, där nya tillvägagångssätt testas för att sedan integreras i styrnings- och budgetprocesser.

För att dessa verktyg ska fungera effektivt krävs både organisering och investeringar i kompetens. Det handlar om att bygga kapacitet inom dataanalys, utvärdering, strategisk omvärldsanalys och framsyn samt experimentell policyutveckling. Sådana förmågor är viktiga för att strategier ska bli proaktiva snarare än reaktiva.

¹⁴ OECD. (2025). *OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2025*. OECD Publishing. [OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2025 \(EN\)](#)

3 Sveriges position inom olika teknikområden

I detta kapitel analyseras Sveriges position inom 12 teknikområden och 76 underområden inom dessa. Analyserna bygger på en internationell jämförelse av Sverige med hjälp av kvantitativa indikatorer för forskning, teknikutveckling och innovation. Utöver detta görs kvalitativa analyser av Sveriges innovationssystem och värdekedjor inom varje teknikområde.

Analyserna har genomförts med stöd av en AI-baserad analysplattform, Dcipher Analytics. Eftersom det inte finns etablerade statistiska kategorier för de teknikområden som analyseras är det nödvändigt att avgränsa dessa teknikområden genom söksträngar av begrepp och nyckelord.¹⁵

Årets analysrapport baseras på fler kvantitativa indikatorer och en uppdaterad avgränsning av teknikområdena, med förfinade söksträngar, begrepp och nyckelord jämfört med 2024 års analys. Relevans och precision i söksträngar, begrepp och nyckelord har testats i flera led. Det finns dock inga perfekta eller odiskutabla avgränsningar av teknikområden samtidigt som de förändras över tid. Även den kvalitativa analysen har uppdaterats i 2025 års analys jämfört med 2024. Fler och mer strukturerade dialoger med aktörer har genomförts. AI-baserade dokumentanalyser har genomförts med nya metoder jämfört med 2024 års analys.

Den kvantitativa analysen baseras på indikatorer för internationell konkurrenskraft i olika dimensioner inom respektive teknikområde. De kvantitativa analyserna har baserats på:

- Bibliometriska data från Web of Science och Scopus.
- Patentdata över sökta patent i USA (USPTO)¹⁶, hämtade från PATSTAT.
- Startup-data och riskkapitaldata från Pitchbook.
- EU-data från EU:s Cordisdatabas.

Tidsperioden för de kvantitativa indikatorerna är 2019–2024, förutom för EU-data där tidsperioden är 2020–2024.

I de kvantitativa analyserna har Sverige jämförts med 21 andra länder. Dessa länder är Australien, Belgien, Danmark, Finland, Grekland, Irland, Israel, Kanada, Nederländerna, Nya Zeeland, Norge, Portugal, Schweiz, Singapore, Österrike, Tyskland, Storbritannien, Japan, Sydkorea, Taiwan och USA samt med EU27. I analyserna av EU-data har Sverige jämförts med 12 av länderna ovan.

¹⁵ Operationaliseringarna kommer att redovisas på Vinnovas webbplats.

¹⁶ Användningen av data från USPTO innebär sannolikt att USA:s patentering övervärderas. Samtidigt är patentering i USPTO en bra indikator på de flesta andra länders patentering.

Jämförelserna har genomgående gjorts i förhållande till olika länders befolkningsstorlek. Det ger indikatorer på Sveriges relativa konkurrenskraft. Samtidigt döljer dessa data olika länders absoluta konkurrenskraft, eftersom olika länders totala volymer för olika indikatorer inte framgår. I värderingar av Sveriges internationella position och förutsättningar är detta viktigt att beakta. För var och en av de 7 olika kvantitativa indikatorer som använts har ett av flera möjliga mått använts för att jämföra olika länder. Det finns emellertid andra relevanta mått för respektive indikator. Fler mått för respektive indikator, respektive data över olika länders absoluta volymer för olika indikatorer, kommer att redovisas på Vinnovas webbplats under 2026.

För vetenskapliga publikationer används indikatorn antal publiceringar som tillhör de 10% högst citerade i världen per miljon invånare 2019–2024. För patent används patent sökta i det amerikanska patentsystemet USPTO per miljon invånare 2019–2024. Startupindikatorn avser antal privatägda, externt finansierade bolag, som hade minst en VC-liknande investering som registrerats i Pitchbook under 2019–2024. Riskkapitalindikatorn avser total volym ängelkapital, såddkapital, tidigt riskkapital och senare riskkapitalsteg per miljoner invånare i de startups som registrerats i Pitchbook 2019–2024.

EU-data analyseras med tre indikatorer baserade på EU:s Cordisdata. European Research Council (ERC) finansierar forskning vid den vetenskapliga fronten. ERC-indikatorn avser total projektsättning per miljon invånare i ERC-projekt som forskare från olika länder deltar i. European Innovation Council (EIC) finansierar innovation och innovativa startups i tidiga skeden samt uppskalning av banbrytande innovation. EIC-indikatorn avser total projektsättning per miljon invånare i de EIC-projekt som företag från olika länder deltar i. Indikatorn för EU-samverkan avser total projektsättning per miljon invånare i de EU-projekt inom EU:s ramprogram för forskning, exklusive ERC och EIC, som olika aktörer från respektive land deltar i.

Enskilda data bör tolkas med försiktighet. I synnerhet gäller det data över startups och riskkapitalinvesteringar, som till sin natur är oregelbundna och därför kan enskilda investeringar och företag påverka indikatorerna kraftigt. En fördjupad metodgenomgång kommer att publiceras på Vinnovas webbplats.

Den kvalitativa analysen baseras på olika underlag. Dels baseras den på dialoger med företag, branschorganisationer, forskningsinstitut, lärosäten och myndigheter. Dels baseras den på analyser av ett stort antal publicerade rapporter och skriftliga underlag från olika aktörer. Den kvalitativa analysen fokuserar både på nuläge och på framtidsperspektiv på den globala utvecklingen samt på Sveriges möjligheter. De dialoger och dokumentanalyser som genomförts redovisas i bilaga 1.

3.1 Artificiell intelligens

Artificiell intelligens, AI, en generell nyckelteknologi (general purpose technology), har utvecklats snabbt under 2024–2025, både inom forskning och praktiska tillämpningar. Det innebär att AI är både ett eget forskningsområde och ett verktyg som gör att vetenskapliga framsteg går snabbare inom många discipliner. Det gör det möjligt att utveckla nya lösningar och innovationer över olika tillämpningsområden. En annan viktig trend är att AI-forskningen växer i en mycket snabb takt, och att utvecklingen inte bara drivs av universitet och forskningsinstitut utan också av företag. För att förstå vilken roll AI har för forskning och innovation, och vilka nya utmaningar och möjligheter som följer, kan utvecklingen analyseras och belysas utifrån tre huvudkategorier:

- Grundläggande AI (Fundamental AI): Forskning som fokuserar på AI:s teoretiska fundament.
- Tillämpad AI (Applied AI): Forskning med fokus på praktisk implementering och användning av AI i verkliga miljöer och sammanhang.
- Reflektioner kring AI (Reflections on AI): Forskning om AI:s samhällsliga, etiska, filosofiska och konceptuella konsekvenser, inklusive styrningsfrågor.

Hur har Sveriges position utvecklats¹⁷?

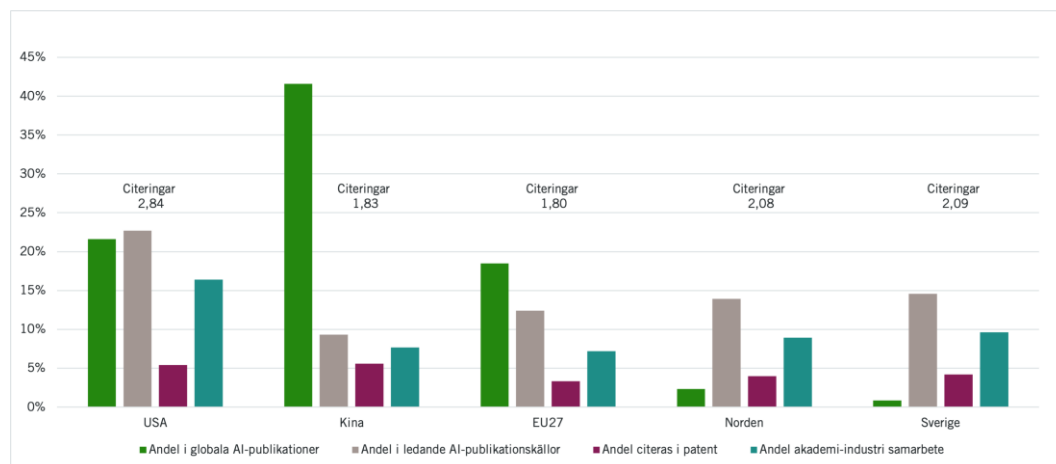
En omfattande global översikt av olika typer av AI-forskning och AI-innovation visar tydliga skillnader mellan olika regioner.

Grundläggande AI domineras av USA och Kina, som tillsammans utgör ”den tekniska kärnan”. Kina står för den största andelen av de globala AI-publikationerna, medan USA kombinerar en hög andel i ledande publikationer med klart högst citeringsgrad¹⁸ och starka kopplingar mellan akademi och industri. EU27 har en betydande andel av både total publicering och de ledande publikationerna samt är relativt starkt i publikationer som citeras i patent. De nordiska länderna bidrar med en liten andel av den globala volymen, men uppvisar hög kvalitet mätt som citeringsgrad och en styrka i akademi–industri-samarbeten.

¹⁷ Observationerna och slutsatserna i detta avsnitt bygger på en analys av en bred uppsättning datakällor om AI-forskning, inklusive vetenskapliga publikationer, preprints, patent och policydokument, under perioden 2019–2024 och omfattar över en miljon dokument. En avancerad metod har tillämpats som kombinerar semantisk likhetsanalys (semantic similarity), med hjälp av den senaste generationen av Large Language Models (LLM), och citeringsanalys. Detta gör det möjligt att särskilja när AI utgör ett forskningsobjekt från när AI används på ett substantiellt sätt som verktyg och innovationsmöjliggörare. Detta angreppssätt säkerställer att hela spektrumet av AI:s inverkan på utvecklingen av forskning och innovation fångas upp. Både metoden och analysen utvecklades under 2025 av Elsevier Analytical and Data Services, Research Intelligence, på uppdrag av Vinnova.

¹⁸ Citeringsgrad mäts med FWCI (Field-Weighted Citation Impact), ett mått som visar hur ofta en publikation citeras jämfört med genomsnittet inom sitt ämnesområde.

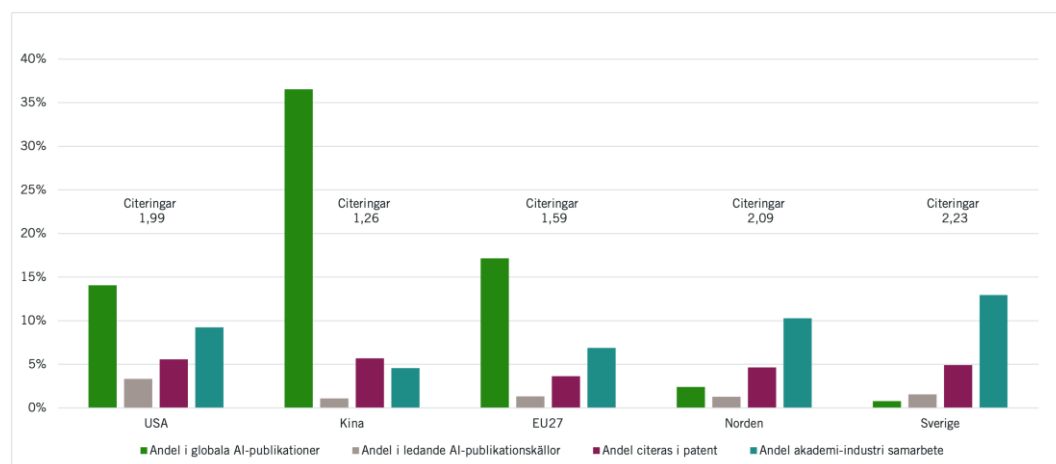
Grundläggande AI – en global översikt över vetenskapliga publicering



Källa: Elsevier Analytical and Data Services, Research Intelligence, 2025

Tillämpad AI domineras av Kina, som står för den största andelen av de globala AI-publikationerna men har ett relativt lägre genomslag i ledande publikationer och citeringar. USA och EU27 bidrar med betydande volymer och har en starkare koppling till patentering än Kina. Norden svarar för en liten del av den totala publiceringen men utmärker sig genom högre citeringsgrad och starkare samverkan mellan akademi och industri.

Tillämpad AI – en global översikt över vetenskaplig publicering

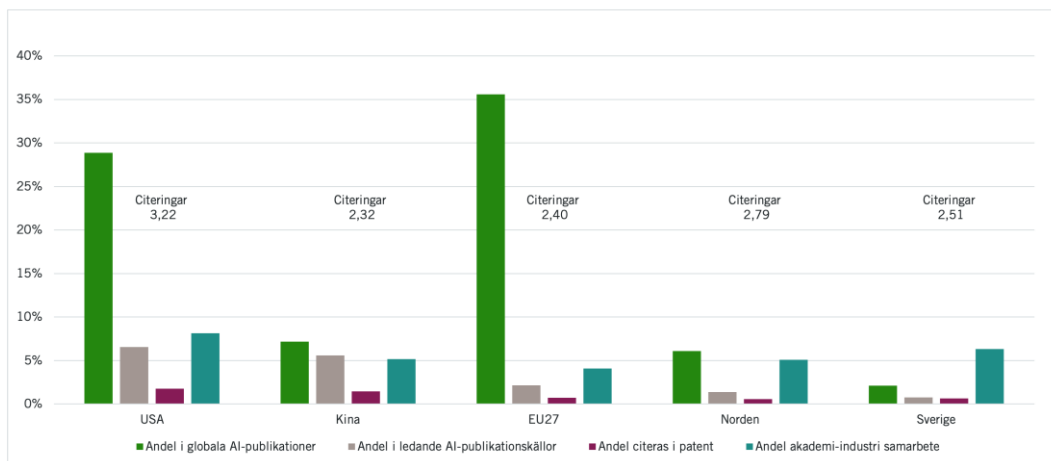


Källa: Elsevier Analytical and Data Services, Research Intelligence, 2025

Reflektioner kring AI uppvisar en annan dynamik: EU27 står för den största andelen av de globala publikationerna. USA behåller dock ett tydligt kvalitetsförsprång med högst citeringsgrad, stor närvaro i ledande publikationer och stark akademi-industri-samverkan. Kina har en mer begränsad utveckling i denna kategori och ett lägre genomslag mätt i citeringar och patent. Norden svarar för en liten del av den globala

volymen, men kännetecknas av relativt hög citeringsgrad och en hög nivå av samarbete mellan akademi och industri.

Reflektioner kring AI – en global översikt över vetenskaplig publicering



Källa: Elsevier Analytical and Data Services, Research Intelligence, 2025

I denna internationella jämförelse kan Sveriges position beskrivas utifrån olika perspektiv:

- Inom grundläggande AI ligger Sverige i den övre mitten när det gäller andelen publikationer i de mest ansedda vetenskapliga tidskrifterna. I tillämpad AI är andelen publikationer i ledande källor mer begränsad och inom området Reflektioner kring AI hör Sverige till de lägre rankade länderna.
- När det gäller citeringsgrad, som är ett mått på forskningskvalitet, ligger Sverige tydligt över världsgenomsnittet inom alla tre typer av AI. Särskilt inom tillämpad AI, där Sverige har högst citeringsgrad i jämförelsen.
- Sverige har en relativt hög andel publikationer som citeras i patent inom både grundläggande AI och tillämpad AI.
- Samarbete mellan akademi och industri är en tydlig styrka för Sverige. Inom tillämpad AI tillhör Sverige den globala toppgruppen för akademi–industri-samverkan. Sverige ligger också över EU27 och de nordiska länderna inom både grundläggande AI och Reflektioner kring AI.
- Sverige har en mycket stark internationell profil när det gäller sampublicering, särskilt inom tillämpad AI. För alla tre AI-typer är andelen internationella sampubliceringar högre än i EU27 och i USA samt betydligt högre än i Kina.

Sveriges grundläggande AI-forskning omfattar ett brett spektrum av avancerade metoder. Starka områden är federerad inlärning för att skydda dataintegritet, transformerande angreppssätt för språkmodeller, förklarbara neurala nätverk, metaheuristiska optimeringsalgoritmer samt förstärkningsinlärning och multiagent-optimering. Även mer nischade metodområden är tydligt profilerade, till exempel konformala

prediktionsmetoder¹⁹, generativa modeller för bildsyntes, hyperdimensionell beräkning och kvantifiering av osäkerhet i djupa nätverk. Inom tillämpad AI är Sverige särskilt starkt inom hälso- och sjukvård, till exempel cancerdiagnostik, diagnostisk bildanalys, läkemedelsutveckling och single-cell-data. Sverige har också styrkor inom industri och transport, som digitala tvillingar, feldiagnostik i maskiner, beräkning av återstående livslängd, autonoma fordon och analys av förarbeteende. Inom energi, miljö och avancerad fysik märks batterihantering, hydrologiska prognoser och simulering av turbulenta flöden. Samtidigt finns en tydlig inriktning mot etik, AI:s påverkan på samhället och interaktionen mellan människa och AI, samt frågor om rättvisa och bias i algoritmer. Dessa observationer visar att Sverige är ett forskningsstarkt AI-land. Samtidigt finns det potential och behov av att omsätta akademisk excellens i praktisk användning i industrin, bland annat genom nära samverkan mellan akademi och företag.

Sveriges innovationsekosystem och Fol-miljöer

Sveriges AI-ekosystem bygger på en stark kombination av långsiktiga forskningssatsningar och tillämpade innovationsmiljöer. Wallenbergprogrammet WASP är en av Europas mest ambitiösa AI-satsningar och har som mål att stärka Sveriges konkurrenskraft och position som internationell ledare inom AI, autonoma system och mjukvara. AI Sweden fungerar som det nationella centret för tillämpad AI och samlar över 150 partners från industri, offentlig sektor och akademi. Runt dessa noder finns Sveriges forskningsinstitut RISE, SciLifeLab, universitetens AI-centra samt europeiska digitala innovationshubbar, till exempel Health Data Sweden, som stödjer digitalisering och AI-användning i offentlig sektor och i små och medelstora företag.

Under 2024 och 2025 har flera EU-initiativ stärkt Sveriges AI-ekosystem. Sverige har blivit värd för MIMER, en AI-optimerad superdator och innovationsmiljö vid Linköpings universitet och RISE. Den ska accelerera AI-innovation samt ge små och medelstora företag tillgång till beräkningskraft och expertis. Den finansieras av EuroHPC JU, som är EU:s gemensamma satsning på högpresterande datorkapacitet, och initiativet AI Factories. Sverige har även en ledande roll i TEF-Health, en testmiljö för tillförlitlig AI i hälso- och sjukvård, där Karolinska Institutet och RISE är centrala aktörer. Regeringen förstärker samtidigt medfinansieringen av EU:s program för digitalisering (EU DIGITAL) med 100 miljoner kronor per år 2026–2028 för att öka Sveriges deltagande i europeiska AI-satsningar.

Internationella investeringar stärker Sveriges AI-infrastruktur. Det amerikanska företaget, Nvidia samarbetar med Wallenberg-sfären och storbolag som AstraZeneca och Ericsson i ett nytt AI-center med en superdator baserad på Grace Blackwell-arkitekturen. Microsoft investerar cirka 34 miljarder kronor i datacenter och AI-infrastruktur, medan AWS (Amazon Web Services, en av världens största molnplattformar) och Google Cloud (Googles tjänst för molninfrastruktur och AI) expanderar sina molnregioner i Sverige. Dessa satsningar innebär att amerikanska bolag inte bara säljer tjänster utan bygger och

¹⁹ Statistiska, algoritmiska, system som använder historiska data för att förutsäga framtida utfall.

medfinansierar den AI-infrastruktur som svenska aktörer använder – från forskningssuperdatorer som Berzelius och Mimer till kommersiella datacenter och gemensamma satsningar som fysisk AI.

Trots dessa styrkor och nya möjligheter finns betydande utvecklingsbehov. Sverige behöver öka takten i utbyggnaden av beräkningsresurser för att möta kraven från storskaliga modeller och generativ AI. Försörjningen av kompetens är en kritisk utmaning – fler doktorander, ingenjörer och AI-specialister behövs för att omsätta forskningsresultat i industriell tillämpning.

Implementeringen i näringsliv och offentlig sektor går fortfarande långsamt, särskilt i små och medelstora företag. Utöver detta finns behov att säkerställa tillgång till data, etablera standarder för ansvarsfull AI och utveckla robusta lösningar för cybersäkerhet. När det gäller Sveriges deltagande i EU-program inom AI-relaterade områden krävs större resurser för medfinansiering, även i jämförelse med andra EU-länder. Det behövs också ökat engagemang och inflytande från det svenska Fol-systemet.

Vilken betydelse har teknikområdet för Sverige?

AI har blivit ett systemkritiskt teknikområde för Sveriges konkurrenskraft. Det gäller allt från energioptimering av elintensiva anläggningar till automatiserad tillverkning med hög precision och avancerad tjänsteproduktion. Utan AI riskerar Sverige att halka efter konkurrentländer när det gäller produktivitet, kvalitet och resurseffektivitet, särskilt när globala värdekedjor blir mer data- och mjukvarudrivna. För ett exportberoende land som Sverige, med starka kluster inom fordon, telekom, verkstadsindustri, läkemedel och skog och energi, handlar AI inte bara om effektivisering. Det handlar om att överhuvudtaget kunna hävda sig i nästa generations industri- och tjänsteekonomi. Samtidigt gör dessa egenskaper AI till en fråga om resiliens och nationell säkerhet. När kritisk infrastruktur som energisystem, transporter, vattenförsörjning, finansiella system och offentlig förvaltning i allt större utsträckning styrs, övervakas och optimeras med hjälp av AI blir Sverige dubbelt sårbart. Dels finns ett beroende av dataflöden, plattformar och modeller som kan ligga utanför Sverige eller Europa. Dels finns risk för desinformation, cyberangrepp och manipulation av AI-beslut.

Det finns en oro för att Sverige ska bli strategiskt beroende av ett fåtal globala leverantörer av molntjänster och AI-modeller, och därmed förlora sin handlingsfrihet och tekniska suveränitet. Samtidigt är AI ett av de viktigaste verktygen för att stärka säkerheten, till exempel för att upptäcka avvikelser i elnät och finanssystem, analysera hot, cybersäkerhet och underrättelsearbete. För Sverige är därför nyckelfrågan inte om AI ska användas i ekonomi och samhälle, utan hur. Det handlar om att bygga egen kapacitet, skapa robust infrastruktur och utveckla starkt internationellt samarbete.

Förutsättningar och möjligheter för Sverige

Sverige har i dag goda förutsättningar för AI, men står inför avgörande strategiska vägval. Satsningar som WASP och starka universitets- och institutsmiljöer har byggt upp en hög

akademisk nivå. Trots detta realiseras mycket av potentialen inte fullt ut i brett industriellt genomslag. Sverige är ett kunskapsstarkt men underutnyttjat AI-land, där glappet mellan forskningsfronten och implementering i företag, kommuner och myndigheter växer. En möjlighet är att förflytta fokus från "AI som projekt" till långsiktig kapacitetsuppbyggnad – beräkningskraft, datainfrastruktur, kompetens och ledningsförmåga. AI behöver bli en integrerad del av styrning och reglering, produktion och tjänsteutveckling.

Sverige har goda förutsättningar att bli ett internationellt "applikationsland" för avancerad industriell AI, snarare än att tävla om att bygga de största generella modellerna. Kombinationen av avancerad fordons-, skogs-, gruv- och processindustri, stark automations- och sensorteknik samt erfarenhet av systemintegration skapar en naturlig arena för AI i komplexa system-av-system. AI byggs in i fordon, fabriker, energisystem och logistikflöden genom edge-nära och domänspecifik intelligens. Här finns stora möjligheter inom energi- och resursoptimering samt för säker, verifierbar och robust AI i industriella miljöer, där krav på spårbarhet och driftsäkerhet passar väl med svenska styrkor i kvalitet, standardisering och säkerhetskultur. Samma logik gäller inom life science och materialutveckling, där starka labbmiljöer och växande beräkningskapacitet kan göra "AI+labbet" (AI kombineras med laboriemiljöer) till ett framtida svenskt flaggskepp.

Framåtblickande blir AI snabbt en infrastrukturfråga för svensk industri och välfärd. Det blir en basteknik som förutsätts finnas i allt från planering av elnät och vätgassystem till autonoma gruvfordon, smart logistik och individanpassad vård. Förutsättningarna handlar därför om strategiskt oberoende, trygg datainfrastruktur och kapacitet. Det innebär utveckling av egna, energieffektiva AI-lösningar nära processerna och samtidigt säkra tillgång till internationella moln- och modellresurser på fördelaktiga villkor. Om Sverige lyckas koppla samman sina forskningsstyrkor med industriellt ledande företag, offentliga testbäddar och europeiska satsningar på fysisk och suverän AI, finns en möjlighet att bli ledande i att definiera nästa generation av tillförlitlig och industriellt anpassad AI. Denna AI kan stödja nettonollindustri, säkerhet och välfärd.

SWOT-analys

Styrkor

- Stora AI-satsningar och infrastruktur: Ambitiösa Fol-program och växande AI-infrastruktur ger global attraktionskraft.
- Tvärsektoriell samverkan: Sverige har en stark tradition av samarbete och högt förtroende mellan sektorer, vilket gynnar AI-innovation.
- Industrifall och testbäddar: Framgångsrika AI-tillämpningar inom telekom, fordon, processindustri och hälsa, med många testmiljöer.
- Gynnsam data- och regulatorisk miljö: Hög datakvalitet och trygg reglering stödjer utveckling och implementering.

Svagheter

- Akut brist på beräkningskraft: HPC/GPU-resurser är en strategisk flaskhals.
- Pilotkultur: Svårigheter att skala AI-lösningar bortom pilotprojekt.
- Beroende av externa plattformar: Få svenska grundmodeller ökar beroendet av globala aktörer.
- Kompetensbrist: För få "implementerare" jämfört med forskare; forskningen omsätts inte fullt ut.
- Långsam offentlig adoption: Offentlig sektor är trög i avancerad AI-användning.

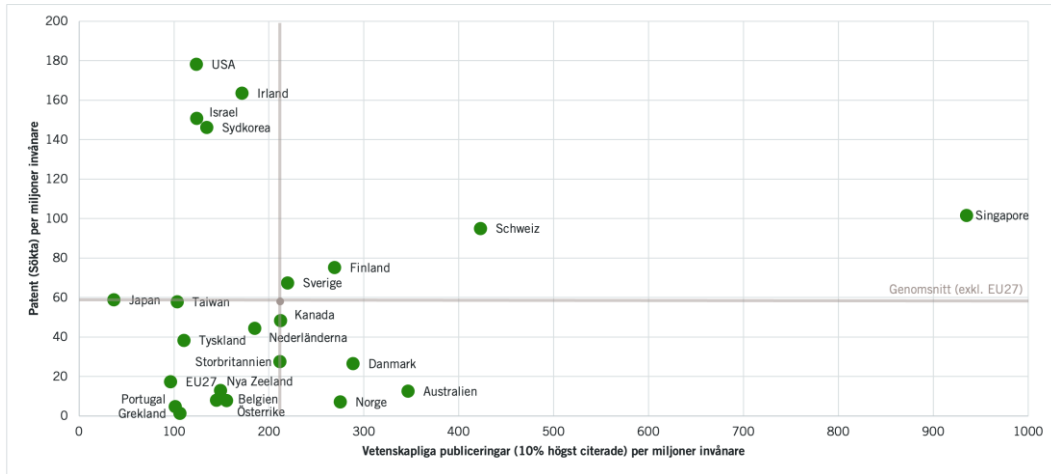
Möjligheter

- AI som motor i industri och energi: Profiler Sverige som ledande applikationsland för avancerad industriell AI, energi- och resurseffektivisering och optimering.
- Ledarskap inom säker och etisk AI: Bygg vidare på styrkor inom standardisering och ansvarsfull AI.
- Smarta fabriker och autonomi: Utveckla nästa generations produktion och logistik genom AI och testbäddar.

Hot

- Globalt försprång hos konkurrenter: USA och Kina investerar massivt – risk för att Sverige halkar efter.
- Cyberrisker och databeroenden: Ökad sårbarhet genom beroende av utländska plattformar och dataflöden.
- Kompetensflykt: Risk att talanger lämnar Sverige och innovationer kommersialiseras utomlands.

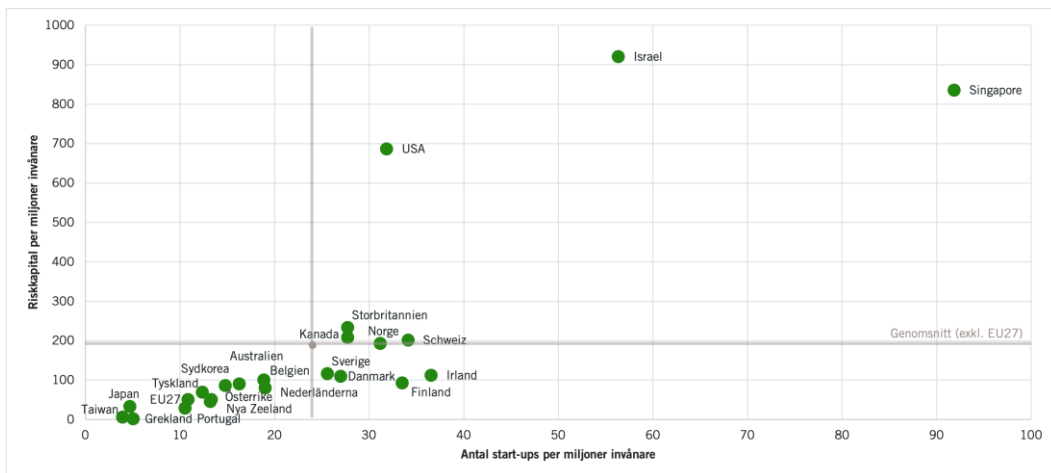
Artificiell intelligens – Vetenskaplig publicering och patentering 2019–2024 per miljon invånare



Källa: Web of Science och PATSTAT

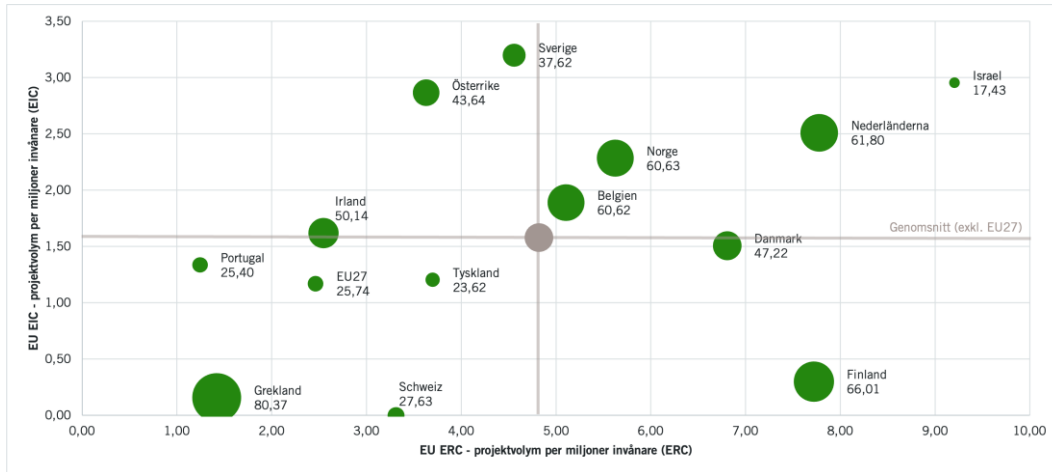
Kommentar: Vetenskapliga publiceringar avser 10% högst citerade artiklar i världen. Patent avser beviljade patent i USPTO.

Artificiell intelligens – Antal startups och riskkapitalinvesteringar (USD) 2019–2024 per miljon invånare



Källa: Pitchbook

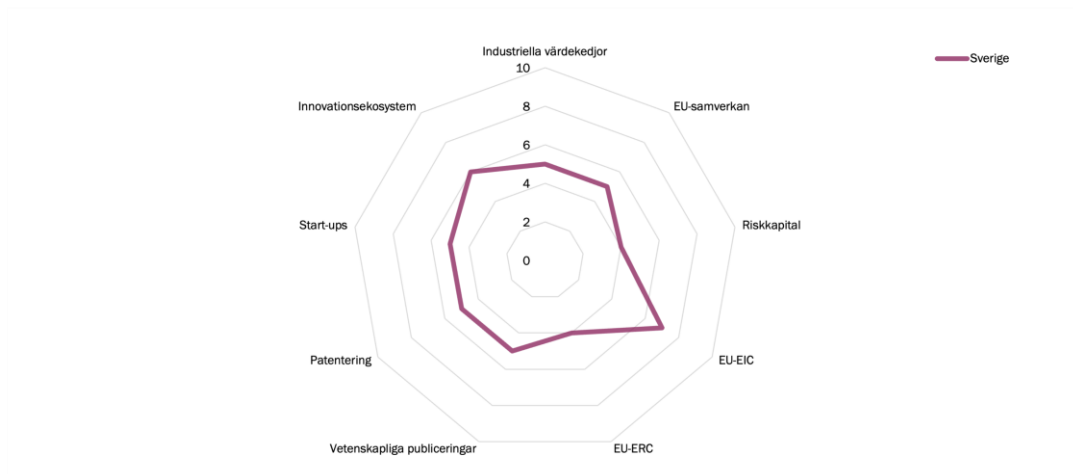
Artificiell intelligens – EU-deltagande (EURO) i ERC, EIC och i övriga delar av EU:s ramprogram 2020–2024 per miljon invånare



Källa: EU:s CORDIS-databas

Kommentar: EU-deltagandet avser total projektomsättning i EURO.

Artificiell intelligens – Samlad bedömning av Sveriges internationella konkurrenskraft i olika dimensioner



Kommentar: Bedömningarna är baserade på kvantitativa data och kvalitativa underlag från dialoger och dokumentanalyser på en 10-gradig skala.

3.2 Robotik och autonoma system

Robotik och autonoma system (RAS) omfattar industrirobotar, autonoma fordon, drönare, exoskelett, robotstyrd precisionsteknik och AI-baserade mjukvarusystem. De används i industri, transport, vård, jord- och skogsbruk och många andra sektorer. I EU:s definition ingår både traditionella robotar och autonoma farkoster på land, i luften, på ytan och under vatten samt AIsystem som fattar egna beslut i fysisk eller digital miljö. Under 2024–2025 stärktes bilden av RAS som en möjliggörarteknik för både grön och digital omställning. Global forskning och innovation växer snabbt. Utvecklingen drivs framför allt av tre spår: drönare och autonoma fordon för logistik, övervakning och miljöövervakning; precisionsrobotik och exoskelett i industri och vård; samt Alaktiverade system för långsiktig autonomi och människa–robotsamarbete. Samtidigt kvarstår svåra frågor om säkerhet, etik, standarder och industrialisering. Marknaden växer starkt. Den internationella robotfederationen bedömer att värdet av robotik kan nå över 90 miljarder euro till 2030, med en växande andel servicerobotar. Drivkrafterna är arbetskraftsbrist, produktivitetskrav, nettonollmål och behov av robusta värdekedjor. EU:s Alförordning (AI Act) innebär nya krav på transparens, riskhantering och testning för många RAS-tillämpningar. Detta skapar kostnader men också en konkurrensfördel för aktörer som bygger in säkerhet, spårbarhet och ansvar från början.

Hur har Sveriges position utvecklats?

Sverige har en stark industribas inom RAS. ABB är fortsatt en av världens ledande tillverkare av industrirobotar. Den svenska verkstadsindustrin hör till de mest robottöta i världen och stora företag som Volvo Group, Scania, Epiroc, Saab, Husqvarna och Alfa Laval driver avancerad utveckling inom autonoma fordon, maskiner och drönare. Å andra sidan upplever många att Sveriges relativa försprång har minskat. Konkurrensen från Asien och USA accelererar, samtidigt som införandet av avancerade autonoma system i svenska företag, särskilt små och medelstora företag, går långsamt. Sverige har under de senaste åren gått från att vara "autonomilandet" till att bli ett av flera avancerade länder, snarare än det självklart ledande landet.

Bibliometriska analyser för perioden 2019–2024 visar ett starkt svenskt fotavtryck i det globala publikationslandskapet. Det finns drygt 88 000 publikationer inom robotik och autonoma system från 40 ledande länder. Sverige står för knappt 1,1 procent av de globala publikationerna och cirka 3,8 procent av de europeiska. Det ger en 15:e plats globalt och 8:e plats i Europa i volym. Kvaliteten är dock högre än volymen antyder. Ungefär 21 procent av de svenska artiklarna tillhör de 10 procent mest citerade i sina fält. Citeringsnivån ligger tydligt över både världs- och europasnittet. Tematiskt är Sverige särskilt starkt inom säkra och pålitliga autonoma system, formella metoder, modellkontroll och testning, cyberfysiska system och IoT, förklarbar och tillitsbar robotik samt människa–robotinteraktion. Detta bekräftar en forskningsprofil som lutar mot mjukvara, styrning, säkerhet och systemintegration. USApatent ger en kompletterande

bild av teknisk position. Inom robotik och autonoma system har det lämnats in drygt 48 000 ansökningar globalt under perioden 2019–2024 och beviljats knappt 26 000 patent. Sverige står för cirka 1,4 procent av ansökningarna och 1 procent av patenten. Sverige hamnar därmed på åttonde plats globalt och på tredje plats i Europa, efter Tyskland och Schweiz. Ungefär en tiondel av Europas USA-patent inom robotik och autonoma system har svenskt ursprung.

Svenska patent är särskilt koncentrerade till tre kluster. Det första gäller avancerad styrning, sensorer och kommunikation för autonoma och uppkopplade vägfordon. Det andra rör industri- och logistikrobotik, alltså manipulatorer, automatiserade materialflöden och robotiserade processer. Det tredje gäller tjänste- och medicinsk robotik kopplat till diagnostik, kirurgi och hjälpmedel, där mjukvara, bildanalys och AI spelar en växande roll. Sverige har starkt deltagande i European Research Council (ERC) och European Innovation Council (EIC). Under Horisont 2020 var Sverige starkt i breda robotikprojekt; i Horisont Europa har deltagandet ökat i systeminriktad autonomi, exempelvis hållbar gruvdrift och avancerad mobilkommunikation. Svenska ERC-projekt speglar hög vetenskaplig kvalitet inom autonoma fordon, drönare, människa–robot-interaktion samt säkra och pålitliga autonoma system.

Sveriges styrkor ligger i högkvalitativ forskning, patentintensiv industri och stark närvaro i EU:s excellensprogram. Samtidigt har det relativa försprånget i flera tillämpningar minskat, och implementering, industrialisering och skalning framstår som svagaste länkarna.

Sveriges innovationsekosystem och Fol-miljöer

Sveriges forsknings- och innovationsmiljöer inom RAS bedöms som internationellt konkurrenskraftiga och i vissa delar världsledande. WASP-programmet och de tekniska universiteten, bland annat Kungliga Tekniska högskolan (KTH), Chalmers tekniska högskola (Chalmers), Linköpings universitet, Lunds universitet och Örebro universitet, pekas ut som stabila och avancerade miljöer. De har stark kompetens inom autonoma system, reglerteknik, mjukvaruteknik och robotik. Gruv- och skogsindustrin är centrala demonstrationsmiljöer. Sverige har stora avstånd, svåra terrängar, underjordsmiljöer och kallt klimat. Det ställer höga krav på robust autonomi och fjärrstyrning. När detta kombineras med stark fordons- och maskinindustri, som Volvo Group, Scania, Volvo Construction Equipment, Epiroc, Komatsu Forest, Husqvarna och Saab, finns goda möjligheter att testa och skala lösningar från algoritm till verklig miljö. På drönarområdet kombineras specialiserad forskning med industriella och försvarsrelaterade satsningar, till exempel utveckling av drönarsvärmar och nya militära drönarsystem. EU-gemensamma regler för drönare och ett tidigt införande i Sverige ger en tydligare spelplan för test och kommersiell användning, även om regelverken också upplevs som begränsande.

Sverige har hela kedjan från avancerad forskning via tillämpad utveckling till test i realistiska miljöer, med starka kluster i bland annat Västerås, Mälardalen, Skellefteå och

Kiruna samt Västsverige. Stora industriföretag fungerar som systemintegratörer och förstakunder och investerar i AI-aktiverad automation och människa–robotsamverkan. Samtidigt finns det flera svagheter. Det finns ett skalningsgap mellan pilotprojekt och bred implementering, särskilt i små och medelstora företag och i offentlig sektor. Sverige har relativt få snabbväxande scaleups inom robotik, tjänsterobotik och mjukvaruinfrastruktur, jämfört med exempelvis USA och vissa EU-länder. Det råder brist på kompetens inom systemarkitektur, säkerhetskritisk AI, verifiering och cybersäkerhet, samtidigt som konkurrensen om talanger hårdnar. Osäkerhet kring AI-förordningen och annan reglering kan också vara ett hinder. Det riskerar att bromsa innovation om inte stöd, vägledning och testmiljöer för regelefterlevnad utvecklas.

Fol-miljöer och innovationsekosystem inom RAS i Sverige är därmed starka, men kräver förstärkta insatser för skalning, kompetensförsörjning och systemintegration. Det behövs tydliga vägar för att kombinera innovationsdrivna experiment med kraven i den nya AI-regleringen.

Vilken betydelse har teknikområdet för Sverige?

För ett högkostnadsland som Sverige är RAS en strategisk nyckelteknik för konkurrenskraft, det vill säga avgörande för att behålla avancerad tillverkning och höga löner. Gruv-, skogs-, energi- och tillverkningsindustrin ser autonoma system som nödvändiga för att hantera kompetensbrist, dämpa energikostnader samt säkerställa spårbarhet och kvalitet. RAS är också centralt för nettonoll: elektrifierade och vätgasbaserade värdekedjor kräver finmaskig styrning och optimering; autonoma system styr komplexa processer i realtid, minskar energiförluster och möjliggör prediktivt underhåll. Globalt pekar analyser på att kombinationen av AI, robotik, IoT och avancerade sensorer driver nästa produktivitetsskytt i industri, logistik och tjänster. Sedan 2024–2025 är kopplingen till resiliens och säkerhet tydligare –autonoma system flyttar människor bort från riskmiljöer och stärker kritiska samhällsfunktioner. Samtidigt utvecklar Sverige, i ljuset av NATO-medlemskap och ett skärpt säkerhetsläge, militära tillämpningar, till exempel drönarsvärmar och autonoma sensor/övervakningssystem, vilket kräver stark cybersäkerhet och adressering av ansvarsfrågor.

RAS bygger på flera nyckelområden: AI och data (perception, beslut, beteendeförändring), sensorer, halvledare och edgatorer (realtidskapabel hårdvara), material och mekanik (lätta, robusta konstruktioner) samt energi (batterier, bränsleceller, laddning). Denna starka koppling gör robotik strategiskt i teknikkonvergensen. Samtidigt är tillgången till halvledare, sensorer och avancerade programvaruplattformar en sårbarhet. AI-förordningen och europeiska drönarregler visar hur reglering kan bli både en konkurrensfördel, genom hög tillit och säkerhet, och en belastning, genom komplexitet och kostnader. RAS är därmed både en motor för produktivitet och en nyckelkomponent för robusta, säkra och hållbara värdekedjor.

Förutsättningar och möjligheter för Sverige

Sverige har goda förutsättningar att ta ledarskap inom robotik och autonoma system (RAS). En tydlig styrka är robotik och autonomi i svåra miljöer. Sverige är särskilt konkurrenskraftigt i underjordsmiljöer, skogsterräng, kallt klimat och komplexa industriella processer. Här kan kombinationen av gruv-, skogs- och energiindustri, avancerad fordons- och maskinteknik samt robust kommunikation användas mer systematiskt i riktade program. Sverige har också förutsättningar för industriell automation i världsklass. Fordons-, gruv- och processindustrin efterfrågar avancerad robotisering och vill vara partners i utveckling och uppskalning. Det planerade Volvo–Daimler-bolaget för lastbilsprogramvara visar hur svensk industri kan driva standarder och referensarkitekturer på europeisk nivå. En tredje möjlighet är edge-AI och realtidsautonomi. Kombinationen av svensk reglerteknik, sensorer, kommunikation och AI gör att Sverige kan ta en global position. Målet är plattformar och lösningar för smart autonomi nära processen, i fabriker, energisystem, fordon och kritisk infrastruktur. En fjärde möjlighet är säkerhetskritisk autonomi. Autonoma system kan stärka räddningstjänst, övervakning, underhåll av kritisk infrastruktur, civil beredskap och försvar. Sveriges säkerhetskultur och systemsäkerhet, tillsammans med RAS-kompetens, kan bli en tydlig svensk nisch.

För att realisera möjligheterna behövs snabbare industrialisering och brett införande, särskilt i små och medelstora företag och i offentlig sektor. Testbäddar, demonstrationsprojekt och rådgivning om AI-förordningen kan påskynda införandet. Det krävs också långsiktig kompetensförsörjning inom reglerteknik, AI, programvaruarkitektur, verifiering, cybersäkerhet och människa–robot-interaktion. Sverige behöver strategier för att säkra tillgången till halvledare, sensorer och avancerade programvaruplattformar och samtidigt bidra till europeisk teknologisk självständighet.

Uppdateringen för 2024–2025 visar att Sverige redan har många byggstenar för ett internationellt ledande RAS-ekosystem. Den avgörande frågan framåt är tempot: att skala, integrera och använda tekniken tillräckligt snabbt för att möta konkurrens, klimatutmaningar och ett mer osäkert säkerhetsläge.

SWOT-analys

Styrkor

- Ledande industriell bas och internationellt konkurrenskraftiga forskningsmiljöer.
- Dokumenterad excellens: hög publicerings- och patentnivå samt stark närvaro i ERC/EIC.
- Unika test- och demomiljöer (gruva, skog, kallt klimat, komplex processindustri).
- Djup teknisk kompetens inom regler-, realtids-, inbyggda system och kommunikation.

Svagheter

- Sverige ses som avancerat men inte självklart ledande.
- Långsam implementering och skalning, särskilt hos SME och i offentlig sektor.
- Skalningsgap: få snabbväxande scale-ups inom tjänsterobotik och mjukvaruinfrastruktur.
- Brist på nyckelkompetens och beroende av importerade halvledare/sensorer/plattformar; osäker tolkning av AI-förordningen.

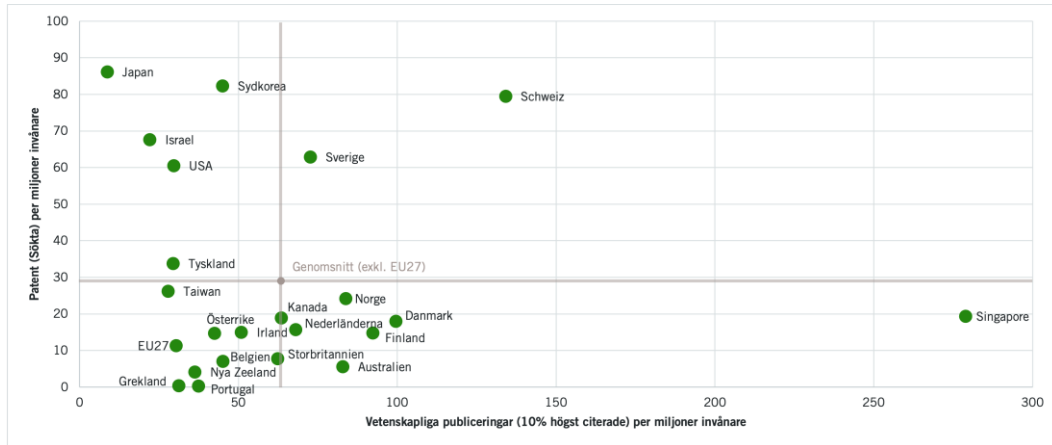
Möjligheter

- Växande globalt behov av autonomi för produktivitet, nettonoll, spårbarhet och resiliens.
- Ledarposition i tillämpningar i svåra miljöer.
- "Smart autonomi nära processen": säker, förklarbar edge AI i kritiska system.
- Säkerhetskritisk autonomi för infrastruktur, beredskap och försvar (NATO som hävstång); pålitlig AI och standardisering som konkurrensfördel; drönare/servicerobotik/vårdrobotik.

Hot

- Accelererande konkurrens från Asien/USA med risk för tappade marknadsandelar och standardinflytande.
- Geopolitiska exportrestriktioner på kritiska insatsvaror stör värdekedjor och FoU.
- AI-förordningen/drönarregler kan öka kostnader och hämma innovation, särskilt för SME.
- Talangbrist, risk för "pilotland utan skala" och ökad cybersårbarhet.

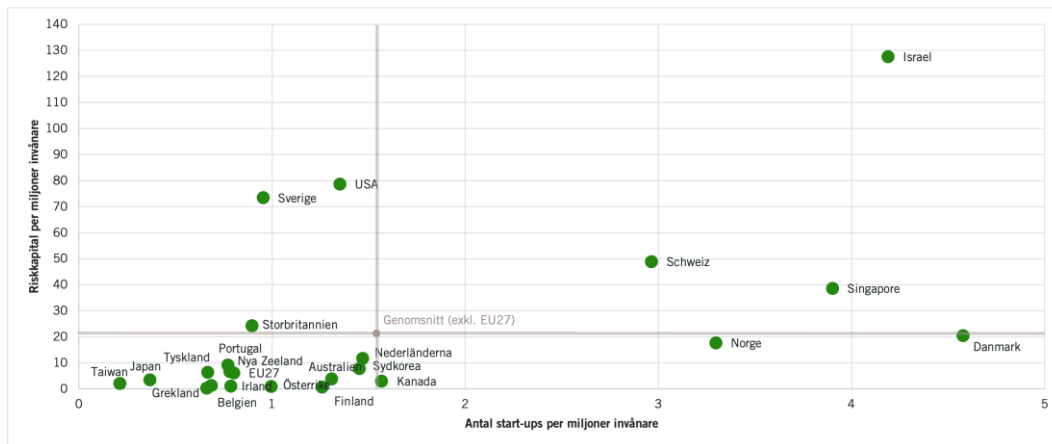
Robotik och autonoma system – Vetenskaplig publicering och patentering 2019–2024 per miljon invånare



Källa: Web of Science och PATSTAT

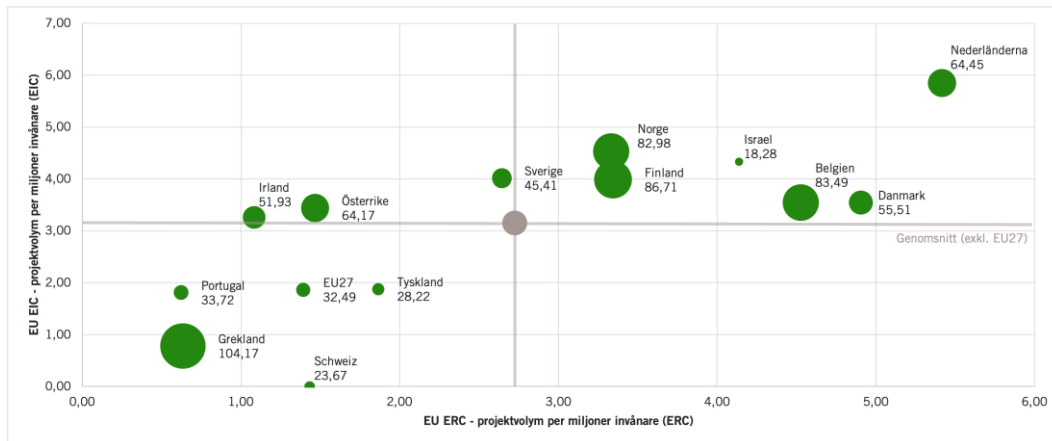
Kommentar: Vetenskapliga publiceringar avser 10% högst citerade artiklar i världen. Patent avser beviljade patent i USPTO.

Robotik och autonoma system – Antal startups och riskkapitalinvesteringar (USD) 2019–2024 per miljon invånare



Källa: Pitchbook

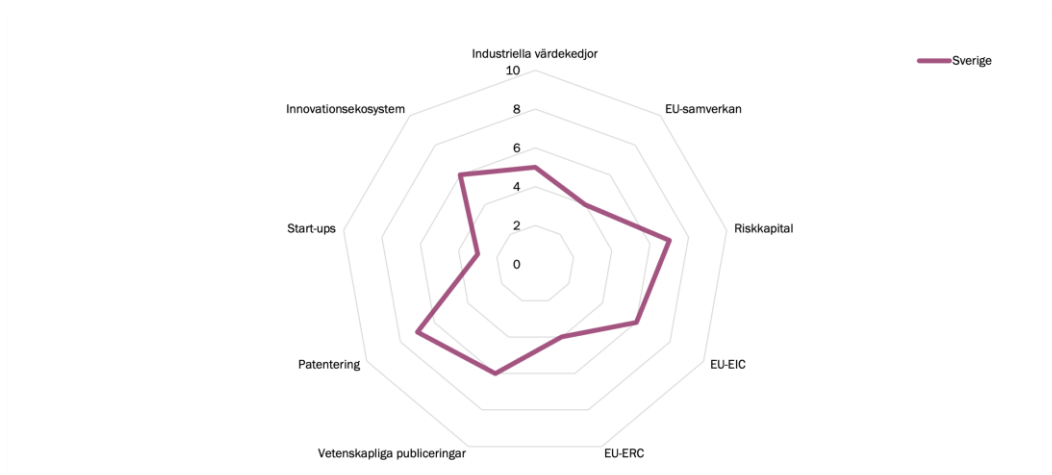
Robotik och autonoma system – EU-deltagande (EURO) i ERC, EIC och i övriga delar av EU:s ramprogram 2020–2024 per miljon invånare



Källa: EU:s CORDIS-databas

Kommentar: EU-deltagandet avser total projektomsättning i EURO.

Robotik och autonoma system – Samlad bedömning av Sveriges internationella konkurrenskraft i olika dimensioner



Kommentar: Bedömningarna är baserade på kvantitativa data och kvalitativa underlag från dialoger och dokumentanalyser på en 10-gradig skala.

3.3 Halvledarteknik

Halvledarutvecklingen 2024–2025 präglades av snabb AI-utveckling, särskilt generativ AI, och växande industripolitiska satsningar. Satsningarna USA:s CHIPS and Science Act och EU:s Chips Act var centrala. Det komplexa geoekonomiska läget påverkar försörjningssäkerhet och värdekedjor inom fordons-, industri-, telekom- och datacentersektorn. Utvecklingen går även fortsatt mot mer specialiserade lösningar för AI, edge och autonoma system.

Öppna arkitekturer som RISC-V²⁰ får snabbt genomslag i inbyggda system och edge-enheter, inklusive edge AI. Chiplet-arkitekturer, kraftelektronik baserad på kiselkarbid (SiC) och galliumnitrid (GaN), samt 2.5D/3D-integration blir avgörande för prestanda och energieffektivitet. Kompetens och produktionsteknik för avancerad paketering är fortsatt en flaskhals. AI används alltmer för att utveckla och tillverka chip.

Materialinnovationer och minnestekniker, som HBM (High Bandwidth Memory – minne med mycket hög överföringshastighet) är centrala för kraftfulla AI-system i datacenter.

Marknaden styrs av krav på beräkningskapacitet, effekt, kylning, säkerhet, kompetens och hållbarhet. I EU pågår en intensiv debatt om teknologisk suveränitet och en möjlig "EU Chips Act 2.0". Erfarenheterna från satsningen visar att målet – att nå 20 procent av den globala halvledarkapaciteten till 2030, kräver en tydlig färdplan, samordnad finansiering, satsningar på kompetens och samarbete med likasinnade länder. Fokus behöver breddas till mellannoder, paketering, hållbar tillverkning, mjukvara och systemintegration. Med pilotlinor och kompetenscentra i EU Chips Joint Undertaking (JU) på plats 2025 finns nu bättre förutsättningar för ett starkt ekosystem. Där kan industri, akademi, forskningsinstitut samt små och medelstora företag (SMF) tillsammans driva utvecklingen framåt.

Hur har Sveriges position utvecklats?

Under 2024–2025 stärkte flera satsningar Sveriges internationella konkurrenskraft. Sverige bidrog med kritiska byggstenar i de globala halvledarvärdekedjorna – från material och design till utrustning och systemintegration. Här är några exempel på utvecklingen:

- Frontgrade Gaisler utvecklar nya rymdanpassade datorkretsar, både RISC-V-baserade och hjärnliknande (neuromorfa), vilket placerar svenska rymdkretsar i Europas framkant.
- META-PIX vid Chalmers tekniska högskola (Chalmers) bygger upp ett centrum för avancerad ljus teknik, och Lund Laser Centre fortsätter sin forskning på kraftfulla lasrar i världstopp.

²⁰ RISC-V är en öppen och modulär instruktionsuppsättning för processorer som bygger på principen om enkelhet och flexibilitet, vilket gör den populär för allt från små inbyggda system till avancerade datorer.

- I projektet GaN6G+ tar SweGaN, Ericsson, Saab och Chalmers fram nya förstärkare för radiosignaler till framtida 6G-system.
- Deeptech-bolag som AlixLabs och Excillum utvecklar avancerad tillverknings- och mätteknik för nästa generations extremt små elektronikkomponenter.

Industrin stärker samtidigt sin roll i halvledarutvecklingen, till exempel:

- Ericsson satsar på egna ASIC-lösningar för 5G Advanced och kommande 6G, kombinerat med chipnära FoU-miljöer.
- Volvo Cars, Volvo Group och Scania driver elektrifiering med SiC-baserade invertrar, ofta i samarbete med globala leverantörer.
- Hitachi Energy investerar i HVDC-lösningar där krafthalvledare är centrala.
- ABB, SKF och Atlas Copco satsar på kraftelektronik, smarta sensorer och AI-edge-lösningar för styrning och automation. Atlas Copco är världsledande inom vakuumsystem för halvledarindustrin, som blir allt viktigare för företaget.

På produktionssidan har Silex Microsystems återgått till svenskt majoritetsäggande och stärker därmed Sveriges position inom avancerad MEMS-tillverkning, som används i sensorer och styrsystem. Mycronic har tagit flera stora systemordrar och förvärvat amerikanska Surfx, medan Obducat har uppmärksammats för tre decennier av pionjärbete inom nanoimprint-litografi, en teknik för att skapa extremt små strukturer på ytor. Samtidigt stärker följande bolag sina internationella positioner: SweGaN, som tillverkar GaN-on-SiC-epiwafers för högeffektskomponenter, Silverson Semiconductors med lösningar för radiofrekvens och optik för 5G, 6G och AI-datacenter, AlixLabs med processteknik för avancerade chipnoder och Excillum med röntgenkällor för mätteknik. Vinnovas program Accelerate Deep Tech ger dessutom riktat stöd till startups som Polar Light Technologies, som utvecklar mikro-LED-teknik, och AlixLabs, vilket ytterligare stärker kommersialisering och den svenska kompetensbasen.

Sveriges roll som en nischaktör bekräftas av det globala patentlandskapet, som domineras av USA och stora asiatiska ekonomier som Taiwan, Japan, Sydkorea och Kina. Sverige står för endast 39 ansökningar och 23 beviljade patent 2019–2024 i USA – knappt 0,1 procent av totalen.

Sveriges innovationsekosystem och FoU-miljöer

Under 2024–2025 har stärkta forskningsmiljöer och nya satsningar förbättrat Sveriges position inom halvledarforskning, både nationellt och internationellt. Några exempel på kompetenscentrumsutveckling, som tillsammans stärker svensk spetskompetens inom material, design och avancerade chiparkitekturer är:

- WiTECH (Chalmers, RISE, 15 industripartner) fokuserar på hållbara, energieffektiva halvledarteknologier och nästa generations trådlösa system.
- C3NiT (Lunds universitet) stärker Sveriges roll inom III-nitridbaserad kraftelektronik och högfrequenselektronik och driver etableringen av den svenska noden i EU:s wide bandgap-pilotlina.

- ACT (Lunds universitet) fokuserar på 3D-integration och fotonisk integration, inklusive kiselbaserad fotonik för kommunikation, sensorer och energiskörd.
- ClassIC (Stiftelsen för Strategisk Forskning, SSF) fokuserar på kretsdesign och har gjort internationellt avtryck.

Exempel på andra viktiga händelser inom halvledarekosystemet:

- Invigningen av Swedish Chips Competence Centre (SCCC) i Lund 2025 som Sveriges "one-stop-shop" till EU:s Chips JU och kopplar svenska aktörer till pilotlinor, utbildning och designplattformar samt erbjuder kompetenshöjande insatser och livslångt lärande. Via SCCC och Myfab görs europeiska pilotlinor och forskningsinfrastrukturer tillgängliga för startups, SMF och industrin, vilket accelererar vägen "från labb till fab".
- Nordic Chip Meet-Up i Lund 2025 initierade ett nordiskt nätverk för design, förpackning, test och utbildning.
- Semicon Sweden, finansierad av Tillväxtverket (2025–2029), lanserades som nationell plattform för att stärka halvledarekosystemet och länka nationella, regionala och europeiska initiativ.

På EU-nivå bidrar näringslivet – både stora bolag och SMF – med finansiering och strategisk input till prioriteringar och färdplaner. EU:s konkurrenskraft avgörs av detta engagemang och av bred samverkan. Sverige deltar aktivt i EU:s Chips JU med fem nya projekt inom edge-AI, fotonik, RF/6G, kraftelektronik och metrologi. Genom dessa projekt får Sverige tillgång till Europas mest avancerade process-, AI- och paketeringsteknik. En milstolpe är etableringen av EU:s fem pilotlinor med en finansiering på 1,67 miljarder euro, där Sverige har en stark roll i wide bandgap-linan. Vinnova finansierar uppgradering av renrum och utveckling av kraft- och radiofrekvenskomponenter med högre prestanda. Det svenska halvledarekosystemet kännetecknas av stark samverkan mellan akademi, industri och offentlig sektor. Utmaningar kvarstår kring finansiering, koordinering och tillgång till både finansiella och utvecklingsresurser för startups och SMF. Kompetenscentrum, strategiska program och internationella nätverk ger Sverige en stark plattform att bygga vidare på.

Vilken betydelse har teknikområdet för Sverige?

Halvledare är kärnan i dagens teknikutveckling och driver allt från AI och medicinteknik till elfordon, telekommunikation, försvar och kritisk infrastruktur. Svensk industri är starkt beroende av halvledare – från kraftelektronik och sensorer i fordon till smarta elnät, batterilagring, högpresterande chip för 5G/6G och specialkretsar för försvarssystem. Sverige har världsledande forskning inom flera områden, men för att omsätta denna styrka i nya företag och en starkt industri krävs strategiska satsningar, långsiktiga investeringar samt insatser för kompetensförsörjning och kapacitetsutveckling.

Förutsättningar och möjligheter för Sverige

Sverige gick 2024–2025 in i en ny halvledardynamik med bättre förutsättningar och nya möjligheter. Ekosystemets styrkor – spetskompetens i nischer, starka slutanvändarindustrier och en tradition av samverkan – ger en solid grund. Sverige har världsledande kompetens inom wide-bandgap-effekthalvledare, högfrekvenshalvledare, MEMS och sensorer, RF/millimetervågsteknik samt delar av utrustning och teknik för halvledarproduktion och kretsdesign. Dessa områden sammanfaller med globala megatrender som elektrifiering, gröna energisystem, 5G/6G och chiplet-baserad integration. Det ger Sverige komparativa fördelar att positionera sig som en system- och applikationsdriven halvledarnation med världsledande nischer. Fordonsindustrin, telekom, energi, avancerad industri och försvar ställer tidigt krav på nästa generations elektronik och erbjuder svenska företag en hemmamarknad för test och utveckling.

Hållbarhetstrenden är ytterligare en möjlighet och Sverige kan ta ledningen i grön produktion och cirkulära flöden. Pilotprojekt för klimat- och PFAS-rapportering samt utveckling av ”gröna” referensdesigner för kraftelektronik är redan i gång. På EU-nivå öppnar Chips Act momentum, och diskussioner om en ”Chips Act 2.0” för större satsningar efter 2030. Det inkluderar en föreslagen halvledarfond för strategiska områden som edge-AI, 6G, MEMS, fotonik, kvantchip och avancerade material – alla områden där Sverige har kompetens. Om EU skalar upp ambitionen blir detta en hävstång för svenska aktörer, förutsatt att investeringar och nationell samordning kommer på plats.

Lovande startups växer fram. Med tillgång till pilotlinor och designplattformar kan dessa utvecklas till nästa generation svenska halvledarföretag. EU Chips JU satsar stort på prototyputveckling och pilotlinor, och betonar samtidigt utveckling av kompetens- och kapacitet. Sverige deltar redan och har möjlighet att ta ledarskap i nischade pilotlinor där landet har stark kompetens. Samtidigt ökar intresset för samarbete med Europa. Asiatiska aktörer, särskilt i Sydkorea och Japan, söker partners, och Sverige kan dra nytta av detta. Ett exempel är att Eureka GlobalStars har lanserat en utlysning tillsammans med Japan inom konnektivitet med fokus på 6G och Open RAN, där Sverige deltar för första gången. SSF lanserade en gemensam utlysning med Taiwans NSTC för perioden 2024–2025, vilket gav svenska forskare tillgång till världens mest avancerade halvledarekosystem. EU:s Chips JU gjorde en ny insats 2025 för att stärka samarbetet med Japan. Liknande samarbeten med Sydkorea och Japan kan ge svenska aktörer teknik och marknader som annars är svåra att nå. I en tid av ”friend-shoring” och allianser för säkrare leveranskedjor, har Sverige möjlighet att profilera sig som en attraktiv partner i internationella halvledarsamarbeten.

SWOT-analys

Styrkor

- Bred forskningsbas från material och nano-/mikroelektronik till systemintegration
- Spets inom kraft- och högfrekvens elektronik – kritiskt för elektrifiering, energieffektivitet, nätverk och försvar.
- Dynamiskt ekosystem med deeptech-bolag, startups och etablerad industri, stödd av innovationsprogram och EU-samarbeten.
- Hög kompetens i systemintegration för transport, telekom, energi och försvar.
- Välfungerande samverkanskultur, inkl. nordiskt samarbete och aktivt deltagande i Chips JU.

Svagheter

- Ingen avancerad tillverkningskapacitet – långt efter USA och Asien
- Fragmenterad FoU och avsaknad av nationell strategi.
- Lågt nationellt stöd till EU-samarbeten som Chips JU.
- Halvledare integreras svagt i AI- och digitaliseringsprogram.
- Begränsat samarbete utanför EU med ledande halvledarnationer.

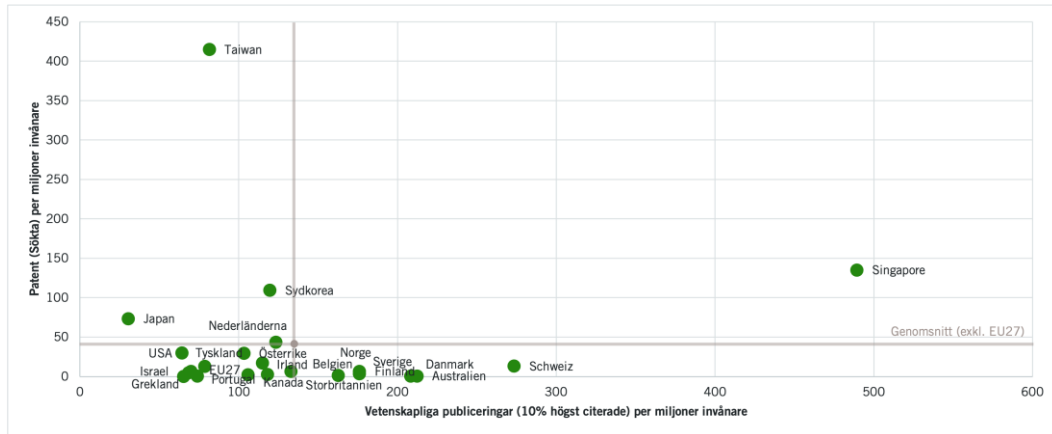
Möjligheter

- Tekniktrender öppnar nischer inom transport, 5G/6G, energi, försvar och rymd.
- Hållbarhet och tillit som konkurrensfördel.
- Chips JU och kommande Chips Act 2.0 ger stora möjligheter för forskning, SME och deeptech.
- Strategiska initiativ som wide bandgap-pilotlina och SCCC stärker kompetens och forskning.

Hot

- Global sårbarhet i leveranskedjor och beroende av USA/Asien.
- Geopolitiska risker och handelshinder.
- Kapplöpning om investeringar – risk att Europa hamnar efter.
- Kompetensbrist och talangflykt.
- Kapitalbrist för uppskalning – risk för tidiga uppköp av svenska bolag.
- Osäker finansiering av nationella program hotar ekosystemets uthållighet.

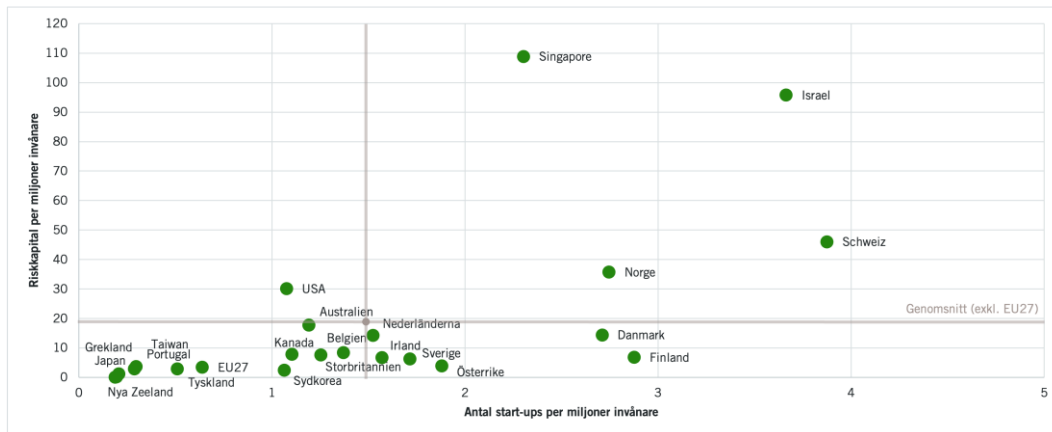
Halvledarteknik – Vetenskaplig publicering och patentering 2019–2024 per miljon invånare



Källa: Web of Science och PATSTAT

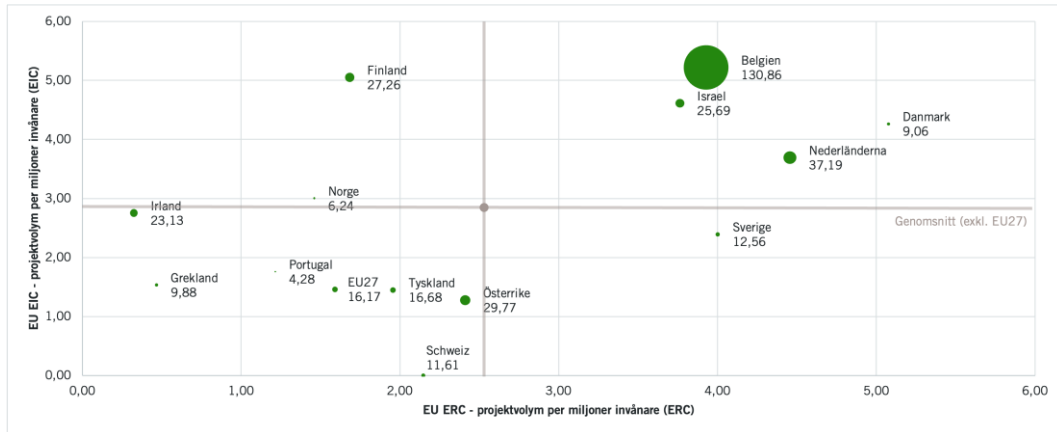
Kommentar: Vetenskapliga publiceringar avser 10% högst citerade artiklar i världen. Patent avser beviljade patent i USPTO.

Halvledarteknik – Antal startups och riskkapitalinvesteringar (USD) 2019–2024 per miljon invånare



Källa: Pitchbook

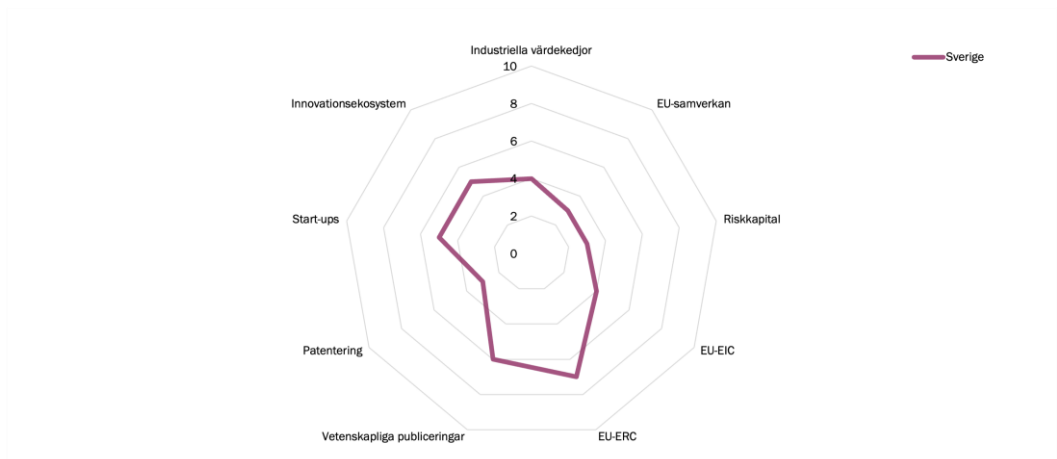
Halvledarteknik – EU-deltagande (EURO) i ERC, EIC och i övriga delar av EU:s ramprogram 2020–2024 per miljon invånare



Källa: EU:s CORDIS-databas

Kommentar: EU-deltagandet avser total projektsättning i EURO.

Halvledarteknik – Samlad bedömning av Sveriges internationella konkurrenskraft i olika dimensioner



Kommentar: Bedömningarna är baserade på kvantitativa data och kvalitativa underlag från dialoger och dokumentanalyser på en 10-gradig skala.

3.4 Konnektivitet och digital teknik

Utvecklingen inom avancerad konnektivitet har accelererat globalt under 2024–2025. Det gäller särskilt sjätte generationens nätverk (6G), navigationssystem och digital infrastruktur. Utvecklingen drivs av framsteg inom standardisering, innovation och policyutveckling i en fragmenterad värld där konkurrensen hårdnar. Policymässigt har avancerad konnektivitet och digital infrastruktur lyfts fram som strategiska för länders konkurrenskraft. Det finns stora möjligheter till effektivisering och transformation när konnektivitet integreras med nya funktioner och kapaciteter. Exempel är AI-driven nätoptimering, integrerad kommunikation och sensing (ISAC) samt sömlös mark-satellit-uppkoppling. Samtidigt växer komplexa utmaningar kopplade till teknisk och nationell säkerhet, suveränitet, energi- och resursanvändning samt inkludering och delaktighet. Dessa utmaningar skapar både spänningar och begränsningar i en ny geopolitisk verklighet.

Hur har Sveriges position utvecklats?

Sverige är en nyckelaktör inom utvecklingen av 6G. Även om mycket av den mest synliga forskningen och innovationen sker genom program i Finland, Kina, Sydkorea och USA, är svenska aktörer djupt involverade i stora internationella projekt och partnerskap som formar framtidens 6G. Svensk forskning och industri, med aktörer som Ericsson och forskningsinstitutet RISE (Research Institutes of Sweden), ligger i framkant inom områden som säker radioaccessnät (RAN, Radio Access Network), öppna radioaccessnät (Open RAN) och 6G. Genom internationella samarbeten. I EU-samarbeten och nationella satsningar har fokus bland annat legat på att integrera AI, edge computing och edge AI samt kvantsäker kryptering. Forskningen omfattar även rättsliga och regulatoriska ramar för cybersäkerhet, samt integritets- och säkerhetsutmaningar i IoT- (Internet of Things) och VR-miljöer (Virtual Reality). En ny bibliometrisk studie visar att den globala konkurrensen inom avancerade och digitala infrastrukturer koncentreras till bland annat följande områden:²¹

- 6G-integration och intelligenta kommunikationssystem
- Federerat lärande för dataintegritet
- Open RAN-innovation i 5G-arkitektur
- Digitala tvillingar i cyberfysiska system

Samtidigt framträder Sveriges styrkor särskilt inom forskning om integration av satellit- och markbaserade kommunikationssystem, samt 5G för fordonskonnektivitet. Det positionerar Sverige som en viktig aktör i kritiska nischer som är kopplade till nästa generations kommunikationsinfrastruktur. I programmet Horisont Europa är Sverige en betydande aktör. Detta gäller särskilt inom Kluster 4 (Digitala frågor, industri och rymden) och i partnerskapet Smart Networks and Services Joint Undertaking (SNS JU), som bygger upp europeisk 6G-kapacitet och accelererar utbyggnaden av avancerade 5G-

²¹ Vinnova 6G Analytical Dashboard, Elsevier Analytical and Data Services, 2024.

nät. Under 2024–2025 har svenska aktörer haft en tydlig, om än inte dominerande närvaro i båda. Sammantaget placerar detta Sverige i det övre mittfältet i EU: cirka 3,3–3,4 procent av Horisont Europas medel (åttonde plats), med beviljandegrad i nivå med EU-snittet men under det nationella målet på 3,7 procent. Det finns därmed betydande potential att stärka deltagandet ytterligare, givet Sveriges styrkepositioner och den strategiska betydelsen av området.

Det globala patentlandskapet inom avancerad konnektivitet, baserat på patent i USA under perioden 2019–2024, domineras av aktörer från USA, Kina, Sydkorea och Japan. Fokus ligger på trådlösa nät, särskilt mobilnät, radioresurshantering, handoversteknik och positionering. Sverige har en stark position i förhållande till sin storlek och står för cirka 3 procent av patentansökningarna och 2,5 procent av de beviljade patenten. Det placerar Sverige på en femteplats globalt.

Sveriges innovationsekosystem och Fol-miljöer

Sveriges ekosystem för forskning och innovation inom avancerade kommunikationsnät och 6G bygger på ett tätt samspel mellan industri, akademi, forskningsinstitut och offentliga aktörer. Ericsson är en central motor som bedriver omfattande egen 6G-Fol och driver global standardisering via 3rd Generation Partnership Project (3GPP). Operatörer som Telia och Tele2, industribolag och försvarsföretag som Volvo Cars, Volvo Group, Scania och Saab samt ett lager av specialiserade små och medelstora företag – till exempel BeamWave, Cellmax Technologies och NorthernWaves – bidrar med behov, nischteknik och tillämpningar. Flera universitet har starka forskargrupper inom trådlösa system, bland annat Kungliga Tekniska högskolan (KTH), Chalmers tekniska högskola, Luleå tekniska universitet, Lunds universitet, Linköpings universitet och Uppsala universitet. På institutsidan spelar RISE och Totalförsvarets forskningsinstitut (FOI) viktiga roller, bland annat kring testbäddar och systemdemonstratorer för nästa generations kommunikation och säker kommunikation. Under 2024–2025 har ekosystemet förstärkts av flera strategiska och långsiktiga satsningar. Forsknings- och innovationsprogrammet Avancerad digitalisering är ett av Sveriges största program med en total budget på cirka 1 miljard kronor per år under perioden 2024–2027. Ett av huvudtemana är digital infrastruktur och kommunikation. Programmet medfinansierar fem kompetenscentrum med stark koppling till 5G/6G och avancerad elektronik:

- NextG2Com (Next Generation Communication)
- SweWIN (Swedish Wireless Innovation Network)
- WiTECH (Wireless Technology)
- SEDDIT (Secure and Dependable Digital Infrastructure Technologies)
- CoDig (Connected Digitalization)

Dessutom finansieras ACT (Advanced Chip Technology), inom avancerad halvledarteknik. Parallellt har regeringen gett Vetenskapsrådet och Vinnova ett särskilt 6G-uppdrag. Vetenskapsrådet finansierar fyra forskningsmiljöer inom 6G under perioden 2024–2026 med totalt 104 miljoner kronor inom en satsning på 140 miljoner kronor. Vinnova

stärker den tillämpade forskningen och innovationen inom 6G genom ett nationellt uppdrag på totalt 250 miljoner kronor för samma period. Hösten 2025 hade detta 6G-program finansierat 79 projekt med en sammanlagd budget på uppemot 150 miljoner kronor. Projekten fokuserar på AI, antennteknik, edge-noder, edge AI och satellitintegration för 6G, med tillämpningar inom industri, energi, fordon och samhällskritiska system.

Från 2025 kompletteras bilden av Stiftelsen för Strategisk Forsknings (SSF) centrum SMART 6GSAT som har en budget på 60 miljoner kronor. Det är ett nationellt forskningscentrum som leds av Kungliga Tekniska högskolan (KTH) och samlar 21 partners från universitet, forskningsinstitut, företag samt myndigheter och regioner. Målet är att integrera markbunden 6G-kommunikation med satellitbaserade system till en sömlös, hållbar och robust uppkoppling med intelligent (AI-driven) nätstyrning. Detta bygger vidare på den långa traditionen av rymdforskning vid bland annat Chalmers tekniska högskola och ett växande kluster av svenska rymdföretag, vilket ger Sverige en tydlig strategisk position inom icke-terrestriell konnektivitet.

Vilken betydelse har teknikområdet för Sverige?

6G och avancerad konnektivitet är en grundläggande möjliggörande teknik för svensk konkurrenskraft. Tillförlitlig, lågfördröjd och säker uppkoppling kan öka produktiviteten och skapa nya affärsmodeller inom bland annat fordonsindustrin, processindustrin, gruvnäringen, energisektorn, hälsoområdet och den offentliga sektorn. Detta sker med autonoma system, precisionsstyrning och realtidsdata som bärande komponenter. Samtidigt driver 6G utveckling i hela värdekedjan, från radio, halvledare och elektronik till molntjänster, edge-AI, sensorer och cybersäkerhet. Utvecklingen har också en tydlig energi- och hållbarhetsdimension. 6G-standardiseringen lyfter energieffektivitet som ett nyckelkrav, men ökande datavolymer och mer komplexa nät riskerar att ändå driva upp den totala energianvändningen. Detta gör livscykelperspektiv, spårbarhet, cirkularitet och biologiskt nedbrytbara material till strategiska frågor där svenska aktörer som RISE och Uppsala universitet redan är aktiva. Kopplingen till klimat- och resursmål kan bli en konkurrensfördel. På EU-nivå är 6G central för ambitionen om teknologisk suveränitet. Sverige är engagerat i hela teknikstacken. På system- och nätverksnivå sker engagemanget genom Horisont Europa och SNS JU. På komponent- och hårdvarunivå deltar Sverige i Chips Joint Undertaking (Chips JU). På beräkningsområdet och inom AI är Sverige aktivt i European High Performance Computing (EuroHPC) och i de europeiska AI-fabrikerna (MIMER). Genom detta stärks både svensk innovationsförmåga och Sveriges position i europeiska värdekedjor, samtidigt som Sverige får inflytande över framtida standarder och regelverk. I ett alltmer osäkert säkerhetspolitiskt läge blir konnektivitet en central del av totalförsvaret. Tekniker som ISAC – där basstationer får radarliknande funktioner – liksom passiv avkänning, navigation utan GPS, AI-stödd radiofrekvensövervakning av spektrum och lågdetekterbar kommunikation kopplar samman den civila 6G-utvecklingen med innovation inom försvarsområdet. Därmed blir

standardisering, spektrumreglering, AI-säkerhet och interoperabilitet strategiska arenor där frågor om resiliens, kritisk infrastruktur och teknologiska beroenden avgörs.

Förutsättningar och möjligheter för Sverige

Sverige har goda förutsättningar. Det finns en sammanhängande värdekedja från forskning till globala produkter. Landet har en etablerad samverkanskultur mellan industri, akademi, forskningsinstitut och offentliga aktörer. Det finns också omfattande och långsiktiga satsningar genom programmet Avancerad digitalisering, Vetenskapsrådets och Vinnovas 6G-program och forskningscentrumet SMART 6GSAT. Sverige har dessutom nischstyrkor inom satellit–mark-integration, fordonskommunikation och rymdbaserad konnektivitet. Aktiv medverkan i SNS JU, Chips JU, EuroHPC, 3GPP och O-RAN ger Sverige dessutom inflytande i standardisering och EU-program. Samtidigt finns viktiga utmaningar. Det råder brist på kompetens inom radio, halvledare, AI och säkerhet. Det saknas tydlig ledning inom nyckelområden som AI-nativenät, edge-AI, öppna arkitekturer och digitala tvillingar. Det finns risk för fragmentering mellan nationella satsningar och svag koppling till policy- och regulatoriska processer. Det behövs också tydligare affärsmodeller, prioriterade användningsfall samt större involvering av slutanvändare i vissa satsningar. Sveriges styrkor och utvecklingsbehov pekar också mot tydliga strategiska möjligheter, särskilt i arbetet med en nationell agenda för konnektivitet. I stället för att försöka vara bäst på allt kan Sverige bland annat fokusera på områden som är kopplade till resiliens, inkludering och hållbarhet. Dessa områden kan vara av särskilt intresse för Sverige

- Avancerad industri och automation: Sverige har styrkor inom fordon, energi och gruvor och kan bli ledande inom AI-native och deterministiska nät för industri 5.0, inklusive uppkopplade drönare och självkörande fordon.
- Sömlös mark–satellit-uppkoppling: Sverige har ledande kompetens inom rymdområdet och har utvecklingsbehov i Norrland. Detta kan ge möjlighet att bli testland för konnektivitet i glesa områden och vid kriser, baserat på den starka rymdforskningen och rymdindustrin i Sverige.
- Gröna, energieffektiva och intelligenta nät: Sverige har goda förutsättningar att koppla 6G-forskning till klimat- och energiprofilen och göra energieffektivitet, livscykelperspektiv, cirkularitet och biologiskt nedbrytbar teknik till konkurrensfördelar.

Ett tidigt införande av 6G i Sverige – med tidiga testmiljöer och kommersiella lanseringar – har också stor betydelse. Historiskt har tidig användning av ny nätinфраstruktur bidragit till att skapa användarnära startup-bolag inom digitala tjänster, som Spotify och Storytel. Ett liknande mönster kan upprepas i 6G-eran, med nya bolag inom immersiva tjänster, industrinära applikationer och datadriven konnektivitet.

SWOT-analys

Styrkor

- Globalt konkurrenskraftigt FoU-ekosystem med växande SME-skikt.
- Stora, långsiktiga satsningar som ger kritisk massa och stabilitet.
- Nischstyrkor inom satellit–markintegration, fordonskommunikation, rymd, avancerade antenn- och RF-lösningar.
- Aktiv roll i EU-satsningar och internationellt samarbete, vilket ger inflytande över standarder och vägval.

Svagheter

- Begränsad spets inom vissa framväxande områden.
- Underutnyttjad potential i Horisont Europa/SNS JU jämfört med Sveriges ambitioner.
- Kompetensbrist och konkurrens om talang inom nyckelområden.
- Risk för fragmentering mellan nationella initiativ och svag koppling till policy- och regulatoriska processer.
- Affärsmodeller, användarfall och slutanvändarinvolvering är inte alltid tillräckligt tydliga.

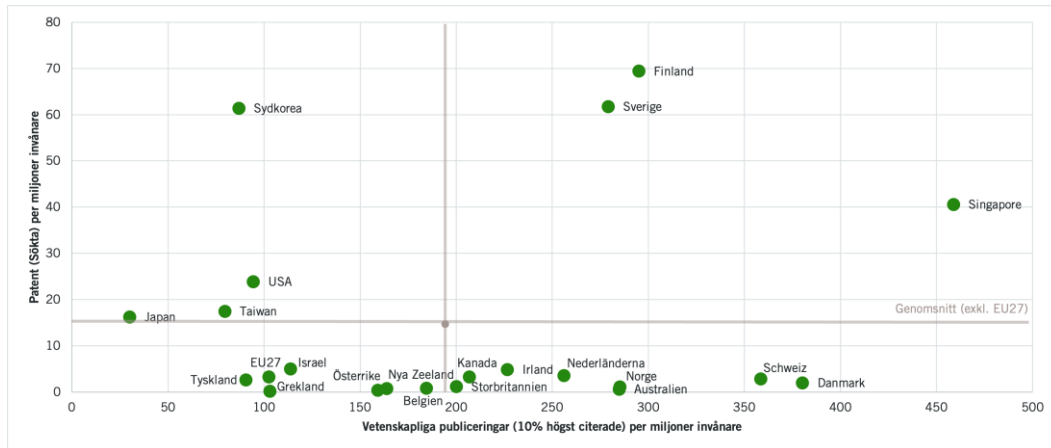
Möjligheter

- Kommande EU-utlysningar och internationella partnerskap inom 6G, rymd och halvledare.
- Positionera Sverige som testland för industriell 6G, mark–satellit-integration och robust konnektivitet i glesbygd.
- Utveckla autonoma, energieffektiva nät och edge-arkitekturer som sänker driftskostnader och öppnar för nya tjänster.
- Bygga vidare på tidigt 6G-införande för att skapa nya startup- och scaleup-bolag inom data- och konnektivitetsdrivna tjänster.

Hot

- Hård global konkurrens och ökande technonationalism som kan begränsa marknadstillgång och samarbeten.
- Risk för ökat beroende av icke-europeiska komponenter, plattformar och molntjänster om Sverige/EU inte lyckas stärka egna kedjor.
- Säkerhetsrisker i mer komplexa och AI-styrda nät, inklusive sårbarhet i spektrum, programvara och leverantörsled.
- Risk för tappad fart om affärsnytta, hållbarhet och samhällsnytta inte blir tydlig nog, eller om satsningar sprids ut utan samlad nationell riktning.

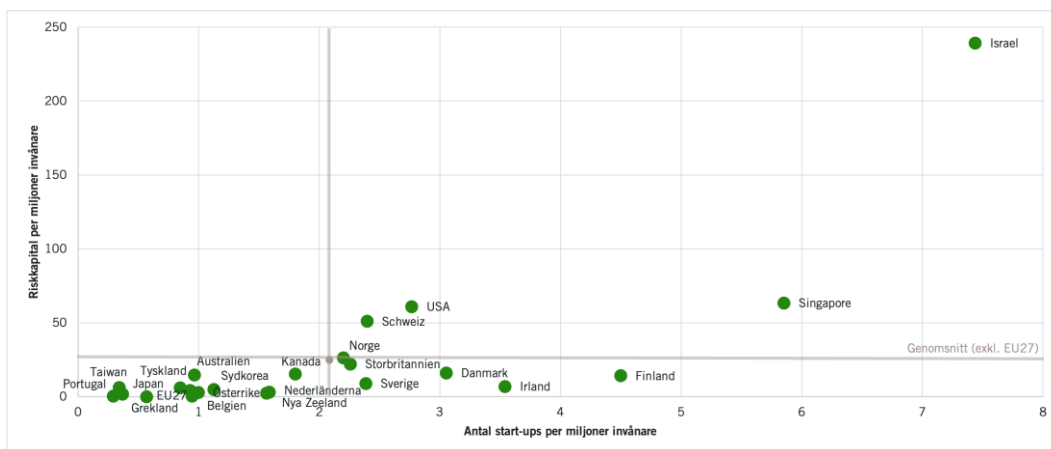
Konnektivitet och digital teknik – Vetenskaplig publicering och patentering 2019–2024 per miljon invånare



Källa: Web of Science och PATSTAT

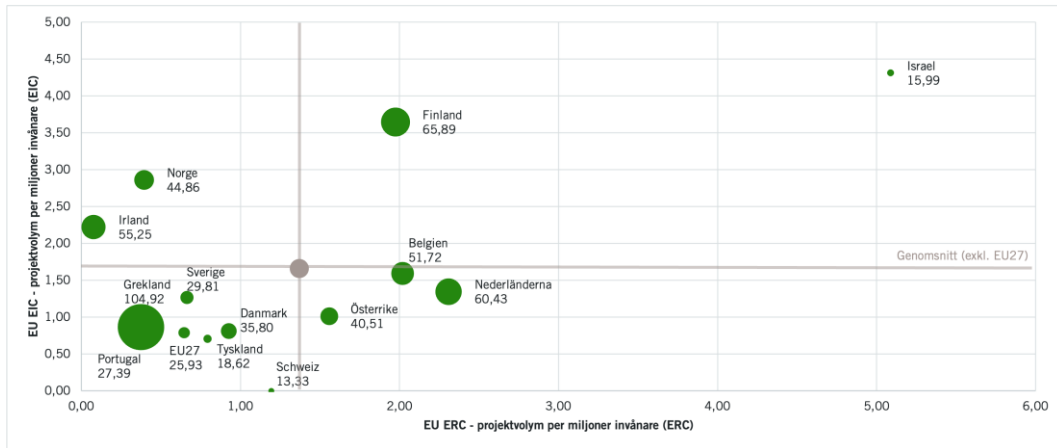
Kommentar: Vetenskapliga publiceringar avser 10% högst citerade artiklar i världen. Patent avser beviljade patent i USPTO.

Konnektivitet och digital teknik – Antal startups och riskkapitalinvesteringar (USD) 2019–2024 per miljon invånare



Källa: Pitchbook

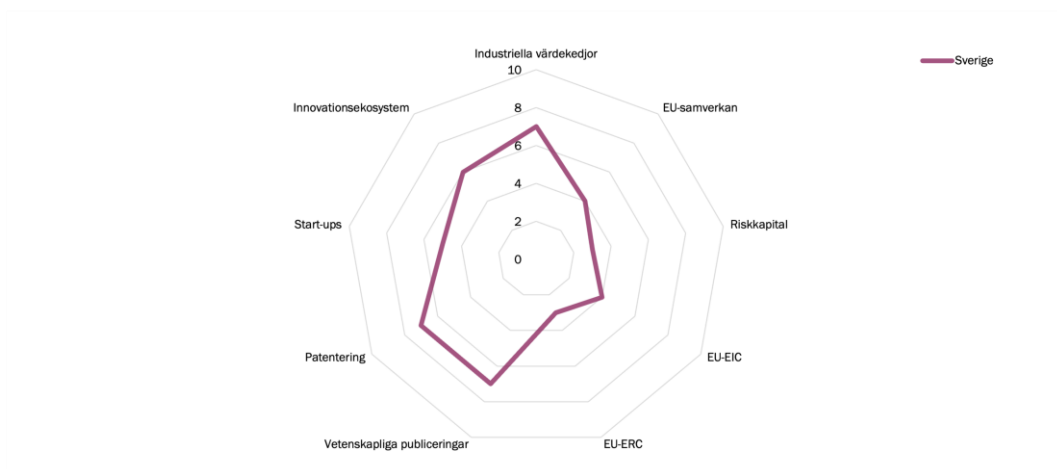
Konnektivitet och digital teknik – EU-deltagande (EURO) i ERC, EIC och i övriga delar av EU:s ramprogram 2020–2024 per miljon invånare



Källa: EU:s CORDIS-databas

Kommentar: EU-deltagandet avser total projektsättning i EURO.

Konnektivitet och digital teknik – Samlad bedömning av Sveriges internationella konkurrenskraft i olika dimensioner



Kommentar: Bedömningarna är baserade på kvantitativa data och kvalitativa underlag från dialoger och dokumentanalyser på en 10-gradig skala.

3.5 Sensorteknik

Avancerad sensorteknik är en grundkomponent i nästan alla högteknologiska system. Sensorer används för att mäta, övervaka och styra allt från industriella processer, energi- och transportsystem till sjukvård, miljöövervakning, rymd och försvar. Globalt utvecklas avancerad sensorteknik snabbt inom flera modaliteter: elektro-optiska och distribuerade fiberoptiska sensorer, kemiska och biologiska sensorer, magnetometrar och gravitationssensorer, undervattenssensornätverk samt strålnings- och fjärranalytiska sensorer. Drivande trender är miniatyrisering, nya material – till exempel 2D-material, MXenes och nanomaterial – integration av AI och utvecklingen av distribuerade, multifunktionella sensornätverk. Dessa tekniker används i miljö- och klimatövervakning, hälso- och sjukvård, robotik, smart infrastruktur, energisystem med mera. Sammantaget har synen på sensorer utvecklats från främst som komponenter i mätkedjor till att betrakta sensorsystem som ”ögon och öron” för nästan alla andra strategiska tekniker, med direkt koppling till både konkurrenskraft och säkerhet.

Hur har Sveriges position utvecklats?

Sensorteknik är ett svenskt styrkeområde med stark forskning och flera industriella nischer, bland annat optiska sensorer, kemiska sensorer och biosensorer, radarsystem, miljösensorer och avancerade realtidsmätsystem. Samtidigt är skalning och industrialisering fortfarande begränsade. Potentialen ligger särskilt i avancerad sensorik för utmanande miljöer, hög precision och robusta system, snarare än i volymproduktion. Svenska fallstudier visar hur befintlig telekominfrastruktur används som sensornät för realtidsövervakning av exempelvis kraftnät, trafik och miljö, samt hur undervattenssensorer för magnetiska och elektriska mätningar används för säkerhet och havsmiljö. Sverige har hög kompetens i skärningspunkten mellan material, elektronik, fotonik och digital signalbehandling. Processindustrin och energisektorn framhåller att avancerad sensorik nu är en av de viktigaste möjliggörarna för nettonoll, autonomi och resurseffektivitet. Samtidigt påverkas Sverige av den globaliserade sensormarknaden, där hårdvaruproduktionen till stor del är koncentrerad till andra regioner.

Det vetenskapliga publikationslandskapet inom avancerade sensorteknologier under 2019–2024 omfattar cirka 3 600 publikationer från 37 länder. Kina står för knappt 26 procent av alla publikationer, USA för omkring 21 procent, följt av Tyskland, Storbritannien och Sydkorea. Europa som helhet svarar för ungefär en tredjedel av produktionen. Sensorområdet är starkt tvärvetenskapligt men har tyngdpunkter i elektroteknik, fysik, geovetenskap och instrumentering. Dominerande teknikspår är bland annat högupplösta elektromagnetiska och elektriska fältsensorer för geofysiska tillämpningar, avancerad medicinsk och neurosensorik, optiska och fotoniska sensorer samt säkerhets- och forensiktillämpningar där avancerad signal- och bildanalys används. Sverige har i detta landskap en relativt liten men specialiserad roll med motsvarande knappt 0,9 procent av den globala produktionen och cirka 2,5 procent av den

européiska, vilket ger ungefär 20:e plats globalt och 12:e plats i Europa i volym. Kvalitetsmässigt ligger Sverige nära världs- och Europasnittet. Den svenska produktionen är tydligt nischad mot geofysik och elektromagnetiska sensorer, rymd- och rymdplasmasensorer samt sensorfusion för marina system och undervattenssystem. Det amerikanska patentlandskapet för avancerade sensorteknologier 2019–2024 omfattar cirka 20 000 patentansökningar och drygt 9 300 beviljade patent från 73 länder. USA står för ungefär 47 procent av ansökningarna, följt av Japan, Tyskland, Kina och Sydkorea. Sverige har i detta landskap en liten men profilerad position, motsvarande knappt 0,8 procent av världens ansökningar och cirka 0,5 procent av de beviljade patenten. Detta placerar Sverige på ungefär 14:e plats globalt och på sjätte plats i Europa, med cirka 4 procent av de europeiska ansökningarna.

Sveriges innovationsekosystem och Fol-miljöer

Sveriges forsknings- och innovationsmiljöer inom sensorer beskrivs som internationellt konkurrenskraftiga. Universitet och institut har stark kompetens inom sensorfysik, mikrosystem, material sensorik och integrerade sensorsystem. Flera aktörer inom skog, gruva, energi och fordon lyfter avancerade Fol-miljöer med nära koppling till verkliga miljöer där sensorsystem testas under tuffa förhållanden. Sverige har särskilt starka kluster inom radarsystem, fotonik och biosensorik. Det finns många testbäddar i krävande miljöer – under jord, i skog, till havs och i komplexa industriella processer. Sverige är starkt på systemintegration: att koppla samman sensorer med AI, robotik, kommunikationsnät och moln- och edge-plattformar. Hög kvalitet på material- och nanoteknologiska Fol-miljöer ger en stabil grund för nästa generations sensormaterial och komponenter. Samtidigt finns tydliga svagheter. Sverige saknar storskalig produktion av avancerade sensorer, vilket gör att kommersiell uppskalning ofta sker utomlands. Kapitalbrist för deeptech-hårdvara är en återkommande utmaning. Det är dyrt och riskfyllt att ta hårdvarubaserad sensorteknik från labb till produkt. Det råder också kompetensbehov inom paketering, realtidssystem och avancerad elektrisk design, samt på behov av snabbare regulatoriska processer för miljö- och hälsosensorer.

Den samlade bilden är att sensorFol är internationellt stark och väl förankrad i industri och tillämpningar. Men innovationsekosystemet har ett tydligt industrialiseringsgap, särskilt mellan pilotprojekt och serieproduktion i Sverige.

Vilken betydelse har teknikområdet för Sverige?

Sensorer är en central möjliggörande teknik för flera av Sveriges viktigaste sektorer. Sensorer är helt avgörande för automatisering, nettonollteknik, kvalitetskontroll, prediktivt underhåll och realtidsoptimering. Gruv-, skogs- och processindustrin betonar att avancerad sensorik krävs för resurseffektiva, autonoma och säkra processer. Energibranschen beskriver sensorik som grunden för smarta nät, flexibel produktion och stabil drift. I värdekedjeperspektiv kopplas sensorområdet direkt till flera andra strategiska tekniker: artificiell intelligens för tolkning av stora datamängder, robotik och autonoma system för perception, halvledare för chip och moduler, materialteknik för nya

sensorprinciper och tåliga material, energisystem för övervakning och styrning samt bioteknik för biosensorer och diagnostik. För resiliens och säkerhet är sensorer helt centrala inom miljö, klimat, strålning, vibrationer, intrångsdetektion och industriella riskmoment för att stärka robustheten i kritisk infrastruktur, energisystem och transporter. Samtidigt ökar sensorberoendet sårbarheten om leverantörskedjorna inte är robusta. Inom försvar och säkerhet finns behovet av sensorik som fungerar i extrema miljöer, är cybersäker och störningsresistent. Undervattenssensorer, distribuerade sensorsystem, rymdbaserade sensorer och robusta system för detektion och lägesbild är särskilt viktiga, där Sverige redan har kompetens och testmiljöer som kan byggas vidare på. Samlat innebär detta att avancerad sensorik är en nyckelfråga för både Sveriges teknologiska konkurrenskraft och för förmågan att hantera klimatförändringar, energisäkerhet och säkerhetspolitiska risker.

Förutsättningar och möjligheter för Sverige

Sveriges framtida potential inom avancerad sensorteknik är god, men beroende av om landet lyckas omsätta forsknings- och nischstyrkor i skalbar industriell verksamhet. Sverige har unika testmiljöer i gruvor, skogsbruk, arktiskt klimat och kemiskt krävande industriella processer. Detta ger goda förutsättningar att utveckla sensorer och sensorsystem som klarar vibrationer, fukt, korrosion, extrema temperaturer och elektromagnetisk störning – egenskaper som efterfrågas globalt i energi-, industri- och försvarssektorn. Sverige har möjlighet ta ledande positioner inom nya sensormaterial, optiska metoder och nanostrukturerade sensortekniker. Kombinationen av starka fotonik- och materialmiljöer och internationellt erkända forskningsresultat inom fiberoptisk sensing, nya material och optiska fältmätare gör detta till ett naturligt fokusområde.

Industrin ser stor potential i ledande sensor- och dataekosystem för nettonollfabriker, smarta elnät, processindustri och cirkulär ekonomi, där sensorer kopplas till artificiell intelligens, digitala tvillinger och avancerad styrning. Här kan Sveriges kombination av stark processindustri, avancerad automation och hög digital mognad ge konkurrensfördelar, om investeringar i pilot- och demonstrationsanläggningar fortsätter. Sveriges starka ställning inom life science innebär att biosensorer lyfts som ett område med expansionsmöjligheter för diagnostik, behandling, läkemedelsutveckling och livsmedelssäkerhet. På sikt kan integrationen av biosensorer med bärbar elektronik, e-hälsa och AI-baserad analys skapa nya nischer där svensk forskning och industri redan är aktiva. Sverige har förutsättningar att utveckla nischad sensorik för säkerhetskritiska tillämpningar, som kraftnät, transportinfrastruktur, gruvor och försvar. Rymdbaserade sensorer kan vara särskilt lovande, där svensk sensorteknik, bildanalys, satellitbaserad processorkapacitet och framtida 6G-konnektivitet kan kopplas till Esranges unika position som rymdbas och EU-program för jordobservation.

Sensorik kopplas närmare säkerhet, beredskap och nettonollteknik, och mindre till enskilda komponenter. Sveriges styrkor ligger i forskningskvalitet, nischade excellensområden och starka testmiljöer. De centrala utmaningarna är skalning,

industrialisering och beroendet av globala leverantörskedjor. Om Sverige kan kombinera sin forskning, sina testmiljöer och sin roll i EU:s excellensprogram med en mer samlad strategi för industrialisering och export, har landet goda möjligheter att befästa en ledande position inom avancerade sensorteknologier. Inte i volymproduktion av standardiserade komponenter, utan genom specialiserade, högpresterande sensorsystem för krävande miljöer, nettonollomställning och säkerhet.

SWOT-analys

Styrkor

- Stark FoU inom sensorfysik, fotonik, radar, kemiska/biosensorer, mikrosystem.
- Nischad spets: fiberoptisk sensing, geofysik/EM-sensorer, undervattenssensorer, smart infrastruktur.
- Internationellt konkurrenskraftiga testmiljöer (gruva, skog, hav, processindustri).
- Stark på systemintegration: sensorer + AI + robotik + kommunikation.
- Stark profil inom EU-programm och USA-patentering inom avancerad sensorik.

Svagheter

- Ingen större inhemsk volymproduktion av avancerade sensorer.
- Tydligt industrialiseringsgap: från labb/pilot till serieproduktion sker ofta utomlands.
- Importberoende av halvledare, moduler och produktionsutrustning.
- Kapital- och kompetensbrist för deeptech-hårdvara (packaging, realtid, eldesign).
- Liten total volympublikationer/patent jämfört med ledande sensorländer.

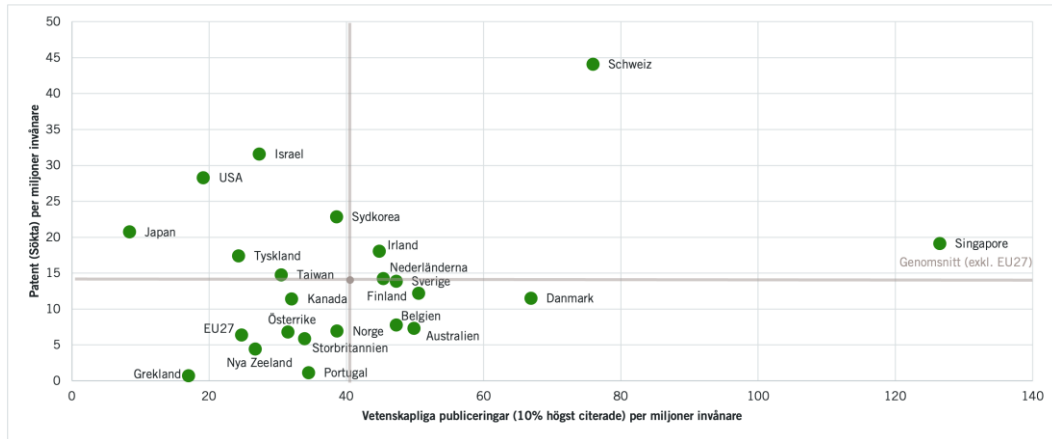
Möjligheter

- Kraftigt växande global efterfrågan: nettonoll, smarta elnät, autonomi, säkerhet.
- Ledarskap i sensorik för tuffa miljöer (gruva, skog, arktiskt klimat, hav).
- Nya material och fotonik för högpresterande nischprodukter.
- Biosensorer och e-hälsa kopplat till stark svensk life science-sektor.
- Rymd- och försvarssensorer för Eorange, EU-program och Nato-samarbeten.

Hot

- Hård konkurrens från USA, Kina, Japan, Tyskland och Sydkorea.
- Geopolitiska spänningar och exportkontroller på chip och sensorer.
- Sårbara leverantörs- och datakedjor; cyberhot mot distribuerade sensornät.
- Risk att Sverige fastnar som pilotland utan egen skala och produktion.
- Tekniksprång och kapitalbrist innebär risk för uppköp och utflytt av sensorbolag.

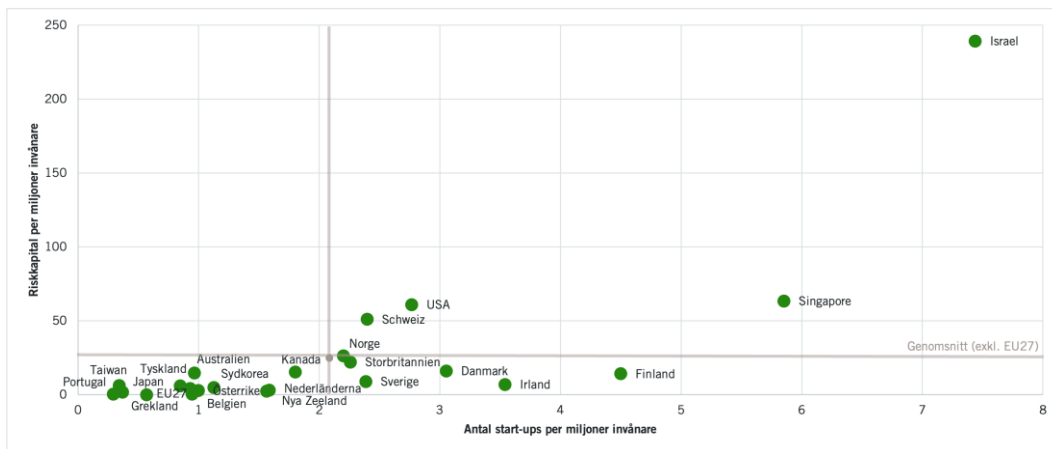
Sensorteknik – Vetenskaplig publicering och patentering 2019–2024 per miljon invånare



Källa: Web of Science och PATSTAT

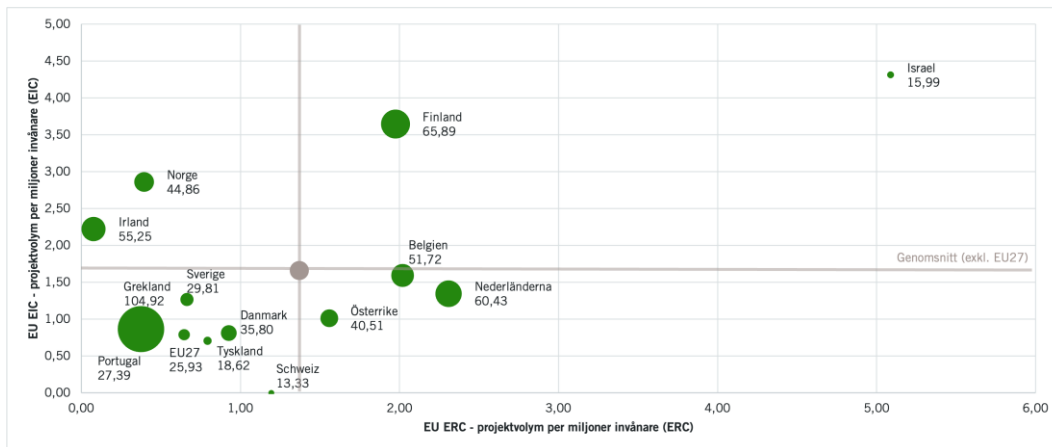
Kommentar: Vetenskapliga publiceringar avser 10% högst citerade artiklar i världen. Patent avser beviljade patent i USPTO.

Sensorteknik – Antal startups och riskkapitalinvesteringar (USD) 2019–2024 per miljon invånare



Källa: Pitchbook

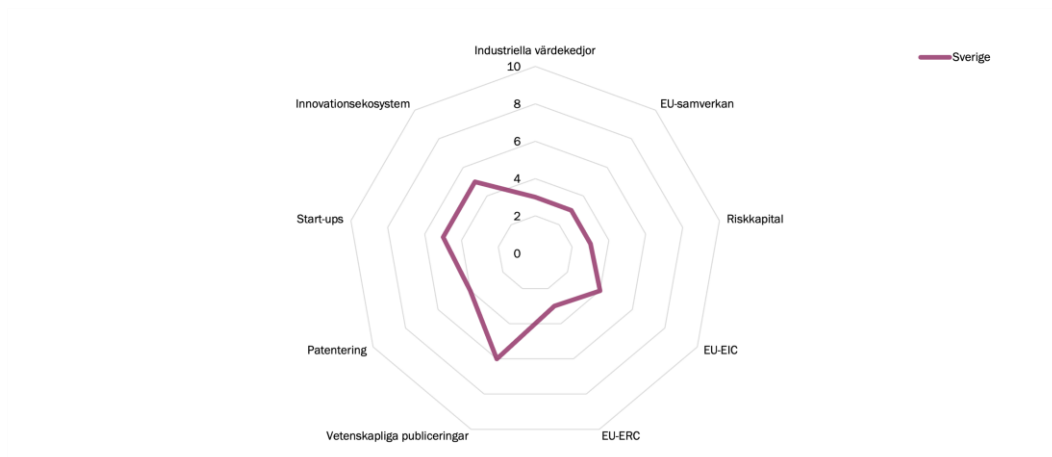
Sensorteknik – EU-deltagande (EURO) i ERC, EIC och i övriga delar av EU:s ramprogram 2020–2024 per miljon invånare



Källa: EU:s CORDIS-databas

Kommentar: EU-deltagandet avser total projektsättning i EURO.

Sensorteknik – Samlad bedömning av Sveriges internationella konkurrenskraft i olika dimensioner



Kommentar: Bedömningarna är baserade på kvantitativa data och kvalitativa underlag från dialoger och dokumentanalyser på en 10-gradig skala.

3.6 Kvantteknik

Kvantvetenskap och kvantteknologi samlar tekniker som nyttjar kvantmekaniska fenomen (superposition, intrassling, koherens) för att bearbeta information, kommunicera, mäta och simulera. Den första generationen lade grunden för dagens högteknologiska samhälle (skannrar, GPS, transistorer, halvledare, lasrar). Den andra generationen, som nu växer fram, omfattar kvantdatorer, kvantsimulatorer, kvantkommunikation och kvantsensorer/metrologi och öppnar möjligheter bortom befintlig digital teknik. Under 2024–2025 har alla delområden tagit steg framåt. Kvantdatorer utvecklas med flera modaliteter (atomer, molekyler, joner, kvantpunkter i halvledare, defekter i diamanter, supraledande kretsar). De är tekniskt krävande och varje system har egna utmaningar. Supraledande kretsar har haft mest fokus men möter skalningshinder; alternativa modaliteter utvecklas snabbt som komplement. Skalning kräver felkorrigering, stabila qubits, förbättrad styrning och robust hård- och mjukvara i hybridmiljöer. Kvantsensorer mäter små variationer i magnetiska, elektriska och gravitationsfält och utvecklas snabbt (atomklockor, kvantgyroskop, magnetometrar) med tidiga tillämpningar i navigation, medicin och avancerad bildanalys. Kvantmetrologi definierar standarder, exempelvis tidtagning. Kvantkommunikation testas för säkrare datalänkar i kritisk infrastruktur och för distribuerade sensorer och kvantdatorer, från kvantnyckeldistribution till kvantsäker kryptografi. Nischade nyttor inom sensorer, kommunikation och simulering väntas realiseras före felkorrigerade och universella kvantdatorer.

Kvantteknologi har blivit en tydligt strategisk fråga som kopplas till teknologisk suveränitet, cybersäkerhet och resiliens i kritisk infrastruktur. EU:s ramverk Quantum Europe Strategy (2025)²² syftar till globalt ledarskap till 2030 genom satsningar på forskning, infrastruktur, industrialisering och kompetens. Kvantchip, testbäddar för kvantinternet samt kvantsäker kommunikation via European Quantum Communication Infrastructure (EuroQCI) lyfts fram som nyckelområden. USA och Kina intensifierar samtidigt sina program, med stark koppling till både försvar och civil infrastruktur. Standardisering, exportkontroller och internationellt samarbete får därmed ökad betydelse även för ett mindre land som Sverige.

Hur har Sveriges position utvecklats?

Sverige är en tydlig kunskaps- och innovationsnation inom delar av kvantteknologin, men är ett litet land i sammanhanget. Nationella styrkorna ligger framför allt i skärningspunkten mellan kvantoptik, kvantsensorik, avancerad mätteknik och material.

I det globala publikationslandskapet dominerar USA och Kina, följt av större europeiska länder som Tyskland, Storbritannien och Frankrike. Under perioden 2019–2024 stod svenska aktörer för knappt en procent av världens kvantrelaterade publikationer och drygt två procent av de europeiska, vilket placerar Sverige runt tolfte plats i Europa i volym. Räknet per invånare ligger Sverige över både EU-genomsnittet och USA, men

²² [Quantum Europe Strategy | Shaping Europe's digital future](#)

under de mest specialiserade mindre länderna. Samtidigt är kvaliteten hög: omkring en tredjedel av artiklarna tillhör den globala topp-tio-procentgruppen mätt i citeringar, och den genomsnittliga citeringsnivån ligger tydligt över världsgenomsnittet. Svensk forskning är särskilt profilerad mot kvantsensorer och kvantmetrologi, ofta kopplat till precisionsnavigation, gravitation, geofysik och tester av fundamental fysik. Detta placerar Sverige i en liten men tydligt profilerad position i skärningspunkten mellan kvantoptik, avancerad mätteknik och instrumentering, med täta internationella samarbeten.

Ledande miljöer finns vid flera universitet. Chalmers tekniska högskola har en tydlig profil inom supraledande kvantkretsar, komponenter och kryoteknik. Kungliga Tekniska högskolan, Stockholms universitet och Lunds universitet bidrar med starka nischer inom kvantoptik, kvantmaterial, fotonik och kvantalgoritmer. Det finns också täta internationella samarbeten inom Europa, Nordamerika och Asien.

På patentsidan är Sverige en liten men profilerad aktör. Volymerna är små jämfört med de största länderna, men knutna till starka forskningsmiljöer och en växande grupp små företag med produkter inom supraledande kvantdatorer, kvantkomponenter, kvantkommunikation och sensorer – ofta med koppling till det nationella WACQT-programmet. Tyngdpunkten ligger på hårdvara (supraledande kvantchip, kryokomponenter, förstärkare), kvantsäker kommunikation och avancerade sensorer.

I EU-programmen står sig Sverige relativt väl per capita. Svenska forskare har en stark position i ERC, och även EIC-deltagandet är högre än EU-genomsnittet per invånare. I andra delar av ramprogrammet är volymerna inom kvantteknologi mindre och ligger snarare i nivå med eller något under EU-genomsnittet. Portföljen består av ett mindre antal projekt med hög vetenskaplig kvalitet, ofta inriktade mot kvantkommunikation, kvantsensorik och kvantberäkning med koppling till material- och informationsvetenskap, snarare än stora volymer.

Under de senaste två åren har kvantteknologi kopplats allt tydligare till säkerhetspolitik, standardisering och kompetensförsörjning. Trycket ökar på att Sverige positionerar sig tydligare i nischer nära forskningsfronten. De främsta nischerna är kvantsensorik, kvantmaterial och fotonikbaserad hårdvara. Samtidigt kan fokus ligga på applikationer i gränslandet mellan HPC, AI och kvant samt på mjukvaruutveckling. Detta är att föredra framför att försöka konkurrera om generella, storskaliga, molnbaserade kvantdatorer.

Sveriges innovationsekosystem och Fol-miljöer

Svenska Fol-miljöer inom kvantteknologi bedöms fortsatt vara internationellt starka. Det finns framstående akademisk forskning vid flera universitet, med god internationell synlighet inom kvantsensorik, supraledande system, kvantalgoritmer och kvantmaterial, samt väl etablerade kopplingar till materialforskning, AI och avancerad tillverkning.

Wallenberg Centre for Quantum Technology (WACQT) och andra Wallenberg-satsningar har etablerat ett nationellt centrum med ambitionen att både bygga en svensk

kvantdator och bredda kompetensen inom kvantkommunikation och kvantsensorer. Vid Chalmers har en supraleddande kvantdator med omkring 25 qubits utvecklats och gjorts tillgänglig som testbädd för forskare och företag, med planerad uppskalning mot 100 qubits. Initiativ som Quantum Helpdesk underlättar för företag att identifiera relevanta användningsfall och testa kvantteknik i liten skala.

Det finns lovande testmiljöer för kvantkryoteknik, fotonik och avancerad mätteknik, men de är få och relativt små jämfört med de största länderna. Många projekt befinner sig fortfarande på TRL 1–3. Utan förstärkt finansiering för uppskalning, ingenjörsarbete och demonstration i verkliga miljöer finns en risk att de fastnar i labbmiljöer.

På innovationssidan finns flera styrkor: gott samarbete mellan akademi och institut och ett växande landskap av uppstartsbolag kring kvantsensorer, fotonik och specialiserad mikro- och kryoelektronik. De kvantitativa indikatorerna visar att antalet kvantrelaterade startups per invånare är relativt högt. Riskkapitalinvesteringarna per capita är dock betydligt lägre än i flera jämförbara länder, vilket förstärker bilden av ett industrialiseringsgap. Det finns även tydliga kopplingar till etablerade svenska styrkeområden som avancerad telekom, rymd, försvar och mätteknik. Samtidigt återkommer svagheter som är typiska för deeptech: brist på kapital i sena utvecklingsfaser, få stora industriella ankare med tydlig kvantstrategi, begränsat antal ingenjörer med erfarenhet av att ta kvantsystem från labb till robust produkt. Det finns också en osäkerhet kring framtida standarder och regelverk, särskilt för kvantkryptografi och kvantsäkra lösningar.

Den samlade bilden är ett Fol-system som är forskningsmässigt starkt men har ett tydligt industrialiseringsgap. Beroendet av internationella partners och europeisk infrastruktur för att ta nästa steg är stort.

Vilken betydelse har teknikområdet för Sverige?

Kvantteknik är en strategisk möjliggörande teknik, snarare än ett avgränsat industriområde. Betydelsen för Sverige kan ses längs tre axlar: konkurrenskraft, resiliens och säkerhet.

Sett ur ett perspektiv av konkurrenskraft och värdekedjor kan kvantdatorer och kvantsimulering på sikt förändra sättet man utvecklar material, kemikalier, läkemedel och optimerar komplexa system. Detta omfattar områden såsom processindustri, läkemedel, energi, fordon och logistik där svensk industri redan är stark. Kvantsensorer kan ge mer precisa mätningar i gruvor, energi- och infrastruktursystem, autonoma plattformar, rymd och avancerad tillverkningsindustri, och därmed förstärka befintliga värdekedjor inom telekom, rymd, flyg och sensorteknik. Kvantkommunikation och kvantkryptografi är centrala för att långsiktigt säkra kommunikationsnät, finansiella system och kritisk infrastruktur. Det handlar inte bara om enskilda QKD-länkar, utan om uppbyggnaden av kvantkommunikationsnät som kan integreras i befintliga fiber- och satellitsystem.

Ur ett resiliens- och säkerhetsperspektiv kopplas kvantteknik allt tydligare till skydd av samhällsviktiga funktioner. EU:s satsningar på EuroQCI och den nya kvantstrategin knyter kvantkommunikation direkt till cybersäkerhet, teknologisk suveränitet och skydd av data. Forskning om kvantkryptografi och kvantsäkra lösningar bedrivs både civilt och militärt. För Sverige är det viktigt att vara delaktigt i dessa processer för att inte bli beroende av andra länders tekniska och standardmässiga val. Kvantsensorer för navigation, tidsreferenser, geofysik och gravimetri samt övervakning av rymd- och undervattensmiljöer, liksom vissa radartillämpningar, är särskilt relevanta för totalförsvaret och för robusta energi- och kommunikationssystem. I dialoger med svenska aktörer beskrivs kvantteknik i allt högre grad som lika mycket en säkerhets- och suveränitetsfråga som en forsknings- och innovationsfråga.

Samtidigt finns också tydliga beroenden och kopplingar till andra teknikområden. Kvantteknik är starkt sammanlänkad med halvledare och avancerad tillverkning, eftersom kvantchip, fotonik och kryosystem kräver sofistikerad mikro- och nanofabrikation. Den hänger nära samman med avancerade material – supraleutare, kvantmaterial och nanostrukturer – samt med AI och digitalisering, där kvant-klassiska hybridlösningar och AI-stödd drift, styrning och felsökning av kvantsystem blir allt viktigare.

På kort sikt förstärker kvantteknik främst andra svenska styrkeområden, exempelvis avancerade sensorer, rymdteknik, försvar och materialvetenskap. På längre sikt kan den skapa helt nya värdekedjor inom kvant-IT, kryoteknik och kvantbaserade tjänster.

Förutsättningar och möjligheter för Sverige

Sverige har det senaste året tagit viktiga steg för att förbättra förutsättningarna inom kvantteknik. Hösten 2024 presenterade Vetenskapsrådet ett underlag för en nationell kvantstrategi 2025–2030. Underlaget föreslår strategiska mål och initiativ som kan ligga till grund för en officiell strategi. Ett nyckelspår är att fokusera på svenska nischer där vi redan står oss väl, såsom kvantsensorer, kvantkommunikation och kvantkryptografi, i stället för att försöka konkurrera brett inom alla delområden.

Genom att etablera nationella program som knyter samman hela värdekedjan – från grundforskning via testbäddar till kommersialisering – kan Sverige bygga ett mer sammanhållet innovationsekosystem. Just kvantkryptografiska system och kvantsensorer lyfts ofta fram som lovande områden för svensk spets, där det redan finns forskargrupper i toppklass och potentiella användare inom industri, offentlig sektor och totalförsvaret.

Kompetensförsörjning är en annan kritisk förutsättning. Både teknisk expertis (kvantfysiker, kvantingenjörer, kryoteknikspecialister) och regulatorisk kompetens (säkerhetsexperter, standardiserings- och upphandlingskompetens) pekas ut som bristresurser. För att möta detta behövs insatser längs hela utbildningskedjan – från mastersprogram i kvantteknik till vidareutbildning av ingenjörer – samt attraktiva karriärvägar som gör att nyckelpersoner stannar i eller söker sig till Sverige.

Den europeiska nivån är central. God utdelning i ERC och närvaro i EIC ger en bra plattform för fortsatt EU-positionering. Sverige kan fördjupa samarbetet med länder som Finland, Nederländerna och Tyskland kring fotonik, tillverkning och kvantnät, samt utnyttja kommande europeiska kvantchip-initiativ för att möta behov som inte kan lösas nationellt. Samtidigt är många kvantrelaterade innovationsprojekt inom Europa fortfarande små och fragmenterade.

Trots den starka forskningsbasen finns ett tydligt industrialiseringsgap. Sverige har få stora industriella ankare med kvantteknik som kärnstrategi, begränsad tillverkningsnära infrastruktur och en kapitalstruktur som sällan matchar de långsiktiga investeringshorisonter som krävs. Många företag upplever osäkerhet kring tidshorisont och affärsnytta och efterfrågar konkret vägledning: vilka kvanttekniska tillämpningar är relevanta för oss, och när kan de bli mogna? WACQT:s testbädd, EuroQCI och initiativ som Chalmers Quantum Helpdesk erbjuder viktiga plattformar, men mer branschriktade satsningar och offentlig upphandling kan behövas för att skapa hemmamarknader och tidiga referenser.

Sammantaget finns goda möjligheter för Sverige att ta en profil inom kvantsensorik, kvantkommunikation och möjliggörande komponenter, förutsatt att satsningar blir tillräckligt fokuserade, långsiktiga och kopplade till tydliga industriella användningsfall.

SWOT-analys

Styrkor

- Akademisk excellens inom kvantmaterial, kvantsensorer, kvantoptik och fotonik.
- Tidiga byggstenar: WACQT, QSIP och fler aktiva SMF.
- Stark koppling mellan akademi och industri som etablerat internationellt varumärke.
- Starka industriella kopplingar till material, telekom, sensorer, rymd och försvar.
- EU-närvaro i kvantkommunikation och kvantsäkerhet (EuroQCI).
- Spirande nordiskt samarbete (gemensam deklaration 2025).

Svagheter

- Låg allmän kunskap om kvantteknologi.
- Begränsad tillgång till kvantdatorer i flera modaliteter.
- Otillräcklig pilot-, tillverknings- och testkapacitet (chip, paketering, renrum).
- Avsaknad av nationell kvantstrategi för forskning, innovation, kommersialisering och säkerhet.
- Fragmenterad samordning mellan forskning, institut och industri.
- Brist på långsiktig finansiering och styrning för IP-utveckling och skydd.
- Liten och sårbar kompetensbas, även inom standardisering, säkerhet och regulatoriska frågor.

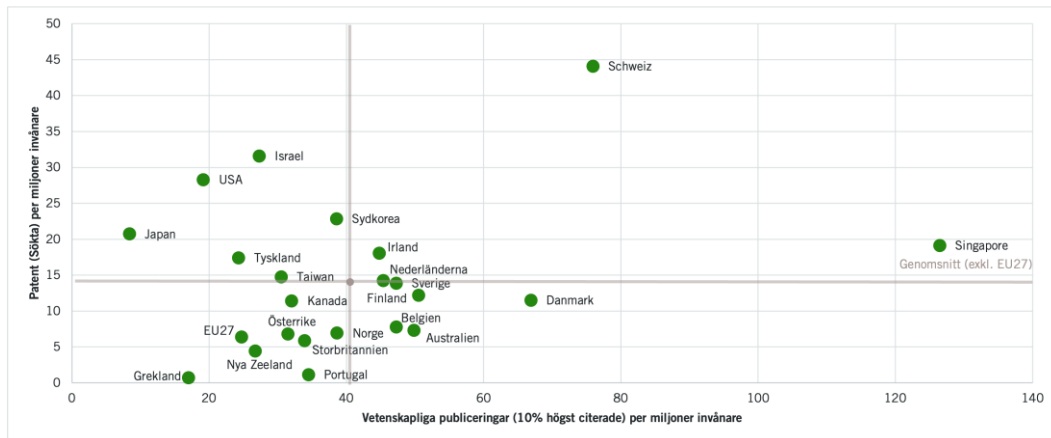
Möjligheter

- Bred industribas med tydliga användningsfall och stark akademi-industri-modell.
- EU:s kvantstrategi och kommande Quantum Act ger finansiering och infrastrukturroller.
- EuroQCI och kvantsäker kommunikation skapar efterfrågan i offentlig sektor och kritisk infrastruktur.
- NATO-samarbeten för dual-use-applikationer.
- Nischledarskap inom kvantsensorer, kvantkrypto, kryoteknik, fotonik och kvantmaterial.
- Offentlig upphandling, testbäddar och demonstrationer bygger hemmamarknad och referenser.
- Fördjupat nordiskt och europeiskt samarbete med likasinnade nationer stärker infrastruktur, talang och kapital.

Hot

- Otydliga politiska ramverk nationellt och i EU trots hårdnande global konkurrens från Kina och USA.
- Geopolitisk fragmentering och exportkontroller begränsar komponenttillgång och samarbeten.
- Standarder, säkerhetskrav och marknadsregler utan svenskt inflytande riskerar inlåsning.
- Nationell brist på verktyg, medel och aktörer för att omsätta forskning till innovation.
- Senfärdighet i prioriteringar hotar säkerhet, resiliens och framtida konkurrenskraft.

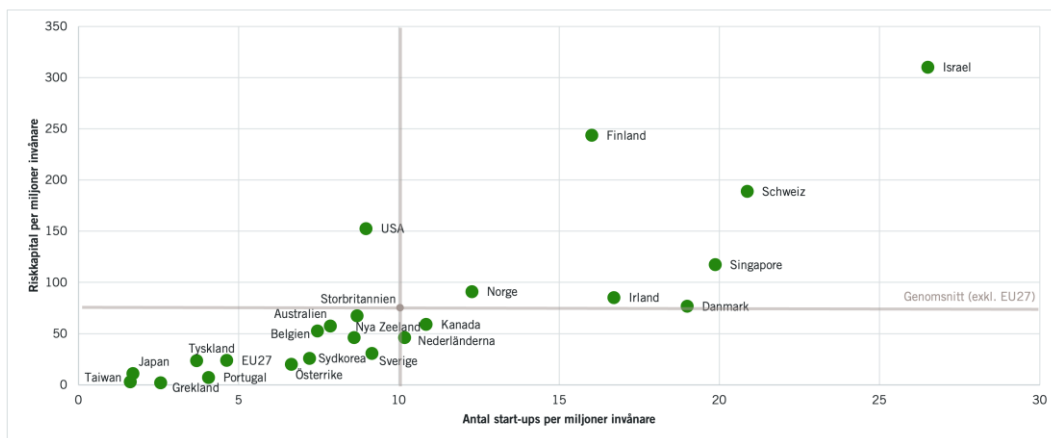
Kvantteknik – Vetenskaplig publicering och patentering 2019–2024 per miljon invånare



Källa: Web of Science och PATSTAT

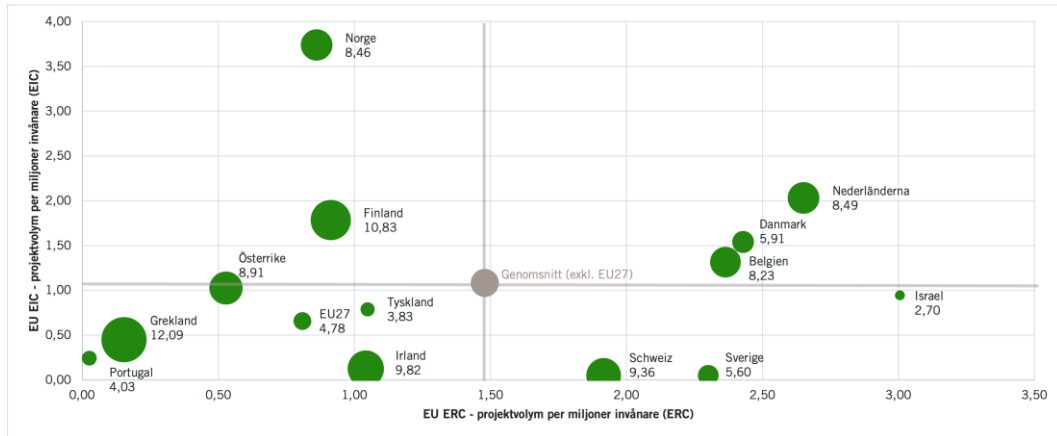
Kommentar: Vetenskapliga publiceringar avser 10% högst citerade artiklar i världen. Patent avser beviljade patent i USPTO.

Kvantteknik – Antal startups och riskkapitalinvesteringar (USD) 2019–2024 per miljon invånare



Källa: Pitchbook

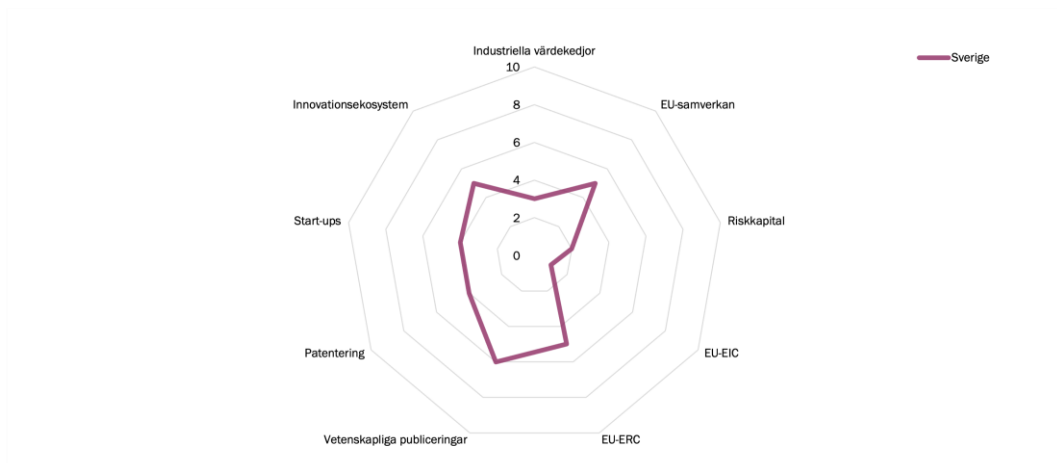
Kvantteknik – EU-deltagande (EURO) i ERC, EIC och i övriga delar av EU:s ramprogram 2020–2024 per miljon invånare



Källa: EU:s CORDIS-databas

Kommentar: EU-deltagandet avser total projektsättning i EURO.

Kvantteknik – Samlad bedömning av Sveriges internationella konkurrenskraft i olika dimensioner



Kommentar: Bedömningarna är baserade på kvantitativa data och kvalitativa underlag från dialoger och dokumentanalyser på en 10-gradig skala.

3.7 Energiteknik

Energiteknik är ett samlingsnamn för tekniker som behövs för att producera, överföra, lagra och använda bränslen, el, värme och kyla. Ur ett policyperspektiv kännetecknas området av nära samspel mellan teknikutveckling och de energipolitiska målen. Dessa är inriktade på att upprätthålla konkurrenskraft och välfärd, möta samhällets behov av el med god försörjningstrygghet, samt att genom fortsatt elektrifiering bidra till klimatmålen. Energimyndigheten är Sveriges största statliga finansiär av energiforskning och innovation, och har anslag som år 2025 uppgår till 1 600 mkr, vars främsta syfte är att bidra till energiomställning, konkurrenskraft och försörjningstrygghet.

Hur har Sveriges position utvecklats

Sverige har en god vetenskaplig position inom flera områden kopplade till förnybar energi, däribland solcellsmaterial,²³ men inom landet finns endast ett fåtal näringslivsaktörer som bedriver teknikutveckling. Bland dessa finns Absolicon AB som utvecklar solfångare för värme, Chromogenics som bland annat tillverkar "smart glas" med integrerade solceller och Midsummer som utvecklar kiselfria solceller. Den globala tillverkningen av solcellspaneler finns i dag huvudsakligen i Asien. Sverige har ingen tillverkning av vindkraftverk, men företag som Hitachi Energy, Svenska Kullagerfabriken (SKF), Norddeutsche Kabelwerke (NKT) och ABB är underleverantörer av komponenter.

Ett antal mindre bolag har tagit fram innovativa lösningar, exempelvis vindkraftstorn i trä (Modvion) och flytande fundament (Hexicon). Dessa mindre företag ger avtryck i jämförelsen av riskkapitalinvesteringar inom området där Sverige intar en tätposition. Framför allt bidrar emellertid några framgångsrika startup-bolag inom marin energi, exempelvis CorPower Ocean och Novi Ocean. Kolavskiljning (CCS/CCU²⁴) kopplad till bioeldade kraftvärme- och värmeverk och pappersmassabruk (bio-CCS) är ett viktigt utvecklingsspår för svensk industri. Inom landet finns också starka forskningsmiljöer kring kraftvärme och fjärrvärme i samspel med de företag som driver kraftvärmeverk, främst kommunalt ägda energibolag. Sverige har också varit en föregångare i installation av värmepumpar och har för sin storlek en stark global position inom värmepumpsteknik. Här finns huvudkontor och FoU-verksamhet av Nibe Groups och Atlas Copco, delar av Bosch:s produktutveckling, liksom några mindre och medelstora företag.

Vätgas och nya fossilfria bränslen är centrala för energisystemets omställning. Sverige har en god vetenskaplig position inom området. I landet finns ett flertal pilotprojekt för framställning och distribution av vätgas. Energimyndigheten har bland annat finansierat stora demonstrationsprojekt, till exempel inom koldioxidfri ståltillverkning. Fortsatt utbyggnad bromsas framför allt av eftersläpning i regelverk och på sikt möjligen av tillgång på elkraft. När det gäller riskkapitalinvesteringar visar Vinnovas analys att Sverige hamnar i mittfältet i jämförelsen, tydligt bakom länder som Schweiz och Norge.

²³ Svenskt deltagandet i ramprogramsfinsierad materialforskning (Vinnova, 2024)

²⁴ CCS = Carbon Capture and Storage, CCU = Carbon Capture and Use

Inom teknik för gasbaserad kraftproduktion, viktig som reglerkraft, har Siemens Energy AB en omfattande tillverkning av gasturbiner i Sverige. För flytande biobränslen finns anläggningar för HVO, SAF, RME²⁵ och pyrolysolja i drift och fler byggs. Bland annat är drivmedelsdistributörerna Preem och St1 engagerade. Några svenska tillverkningsföretag är aktiva inom utveckling av teknik för bland annat vätgasframställning och CCS, exempelvis Alleima.

Inom kärnteknisk forskning har Sverige en framskjuten position, om än något efter de ledande länderna Schweiz och Finland. Svenska myndigheter och kraftproducenter prioriterade länge ned FoU inom ny kärnenergi. Stiftelsen för strategisk forskning (SSF) gjorde emellertid en utlysning år 2019 och sedan 2020 finansierar Energimyndigheten åter kärnkraftsforskning. Effekten av dessa satsningar ligger bortom tidshorisonten för denna analys. Regeringen bedömer i energiforskningspropositionen (Prop. 2024/25:72) att ökad tillväxt inom kärnkraftssektorn kräver ytterligare ökad FoU inom området. Energimyndigheten har därför kraftigt ökat satsningarna på kärnkraftsrelaterad FoU. Bland tillverkningsföretag med verksamhet i Sverige finns Westinghouse Electric som enda nordiska tillverkare av kärnbränsle. Sverige har en internationellt framstående verksamhet kring kärnbränslecykeln, inklusive ett av världens längst framskridna koncept för slutförvar av använt kärnbränsle. Det internationellt expansiva utvecklingsfältet kring små modulära kärnkraftverk (SMR) representeras i Sverige i huvudsak av uppstartsbolaget Blykalla, vars teknik baseras på blykylda reaktorer. Materialutvecklingen till reaktorn sker i samarbete med Höganäs.

Utveckling av fusionsteknik är koncentrerad till Chalmers, samt KTH Fusion Centre och uppstartsbolaget Novatron Fusion Group. Det finns i Sverige också företag som tillverkar komponenter till kärnkraftsreaktorer, exempelvis Alleima som tillverkar ånggeneratorrör i rostfritt stål och speciallegeringar som används i kärnkraftsreaktorer. Vinnovas analys visar att volymen riskkapital till uppstartsbolag inom kärnkraftsområdet, per capita, i de flesta länder är mindre än inom andra energiteknikområden. Sverige intar en mellanposition i jämförelsen.

Svenskt näringsliv står starkt inom kraftöverföringsområdet. ABB utvecklar ett brett spektrum av produkter och system för elsystem, exempelvis ställverk, styr- och automationslösningar samt digitala plattformar för energihantering. Hitachi Energy tillverkar i Sverige främst transformatorer, avancerade kraftelektronikventiler för HVDC (högspänd likström), samt komponenter för elkvalitet och nätstabilitet. NKT AB tillverkar i Sverige främst högspänningskablar (växelström och likström) för land- och sjökabelsystem.

Batteriforskning är ett svenskt styrkeområde²⁶ och Sverige koordinerar EU:s flaggskeppsinitiativ inom området, Battery2030+. Området är sedan tidigare föremål för riktade insatser från såväl Energimyndigheten som Vinnova. Exempelvis inrättade

²⁵ HVO = hydrerad vegetabilisk olja, SAF = sustainable aviation fuel, RME = rapsmetylester.

²⁶ Energimyndigheten; Naturvårdsverket och SGU (2022) och Energimyndigheten (2025).

Energimyndigheten är 2024 det tematiska forsknings- och innovationsprogrammet Hållbar batterivärdekedja (HBVK). Det finns flera svenska företag som utvecklar olika typer av batterier och samarbetar med forskningsmiljöerna. Exempel är Enerpoly (zinkjonbatterier) och Altris (natriumjonbatterier). En viktig utveckling inom elsystemet är den ökade användningen av batterier både i enskilda hushåll och i större batterilager i elsystemet. Den svenska batteriutvecklingen är också intressant ur detta perspektiv. Energilagring i andra former, exempelvis med tryckluft eller saltsmältor, är en viktig marknad för Alfa Laval's tillverkning av värmeväxlare. I jämförelsen av riskkapitalinvesteringar under åren 2020–2024 intar Sverige en mycket stark position. Till stor del beror utfallet på investeringar i Northvolt, men här återfinns även exempelvis ovan nämnda Enerpoly.

Sverige har framstående forskning inom området elektrifiering av transporter. Detta omfattar en bredd av energitekniker, exempelvis batterier, elektrifierade fordon och laddinfrastruktur. De stora forskningsmiljöerna har ett nära samarbete med industriaktörer inom tunga transporter som Volvo och Scania, men även företag som utvecklar andra typer av elektriska fordon och maskiner som Epiroc Sweden AB (gruvmaskiner) och Alstom (tåg) och Polestar (personbilar).

Sveriges innovationsekosystem och Fol-miljöer

Inom landet finns många starka forskningsmiljöer och ett starkt näringsliv. Till det kommer en utbredd förståelse för att omställningen i sig är nödvändig och medför affärsmöjligheter. Omställningsprocessen kräver ökad sammankoppling av sektorer och aktörer, vilket förutsätter bransch- och sektorsöverskridande samverkan, i sig svenska styrkeområden. Exempelvis kommer teknik för kraftöverföring att vara fundamentalt för samhällets fortsatta elektrifiering, oavsett vilka energibärare som används vid elproduktionen. Det finns också stor potential att fortsätta utveckla smarta nätfunktioner, där traditionell teknik inom kraftöverföring och styr- och reglerteknik kombineras med bland annat sensorteknik, dataöverföring och avancerad databearbetning. Det senare framhölls i aktörsdialogerna som genomförts inom analysarbetet, bland annat kopplingar till cybersäkerhet, bioteknik och avancerade material. Inför kommande uppdateringar finns det anledning att fördjupa belysningen av de svenska ekosystem som är viktiga för svensk förmåga inom sådana fält av teknikkonvergens.

Energimyndigheten är i dag den största offentliga finansiären av energirelaterad Fol i Sverige. Verksamheten bedrivs som en strategiskt sammansatt portfölj som omfattar produktion, distribution, lagring och användning. Forskningen fokuserar på energisystemets och marknadernas utveckling samt sammankoppling av energibärare, sektorer och aktörer i ett systemövergripande angreppssätt.²⁷

²⁷ Regeringens proposition 2024/25:72, Forskning och innovation på energiområdet för försörjningstrygghet, konkurrenskraft och klimatomställning.

Förutsättningar och möjligheter för Sverige

Det finns en global medvetenhet om behovet att fasa ut fossila bränslen och att effektivisera energiförsörjningssystemen. Samtidigt står en betydande del av världens befolkning utan pålitlig och kostnadseffektiv energiförsörjning. Sammantaget innebär detta en stor potentiell efterfrågan på energitekniska lösningar. Denna driver i sin tur utveckling inom exempelvis materialteknik, råvaruutvinning och digitalisering. Nödvändig utveckling bromsas av svårigheter att finansiera investeringar, geopolitiska spänningar, liksom av att energipolitiska val är känsliga och omstridda i de flesta länder.

Sverige är i flera avseenden väl positionerat att fortsätta utveckla energiteknik som ett nationellt styrkeområde. Landet har en framstående vetenskaplig och industriell position inom energiteknik. Den är starkt kopplad till förutsättningarna för landets egen energiförsörjning, liksom till några verkstads- och processindustriella styrkeområden, exempelvis fordonsindustrin. Sverige har goda grundförutsättningar för fossilfri energiproduktion och behovet av långväga kraftöverföring har inneburit att svenska aktörer skaffat sig världsledande förmåga inom högspänningsområdet. Med ökad elektrifiering, liksom utbyggnad av intermittenta (ej kontinuerliga) kraftkällor, kommer bland annat energieffektivisering, energilagring och "smarta lösningar" för nät drift att bli viktigare. Samtidigt ökar energisystemens komplexitet. Dels i form av förstärka kopplingar mellan energibärare, exempelvis genom ökad användning av el i fjärrvärmesystemet. Dels mellan energiteknik som Fol-område och andra teknikområden, som materialteknik och databearbetning. Sverige har också en stor energiintensiv industrisektor där exempelvis fossilfria energibärare, elektrifiering och koldioxidlagring är viktiga tekniklösningar. Behovet av sektorsövergripande forskning, innovation och demonstration på systemnivå ökar. Det pågår Fol-program i samfinansiering med näringslivet inom samtliga delområden, även om vissa områden kan anses underfinansierade. Elektrifiering, energieffektivisering, liksom nya fossilfria bränslen är viktiga utvecklingsspår.

Samtidigt framgick i aktörsdialogerna att energiteknikområdet har likartade utmaningar som de flesta andra teknikområden vad gäller generiska behov som kompetensförsörjning och kommersialisering. Energisystemens komplexitet innebär dock att kommersialisering av nya tekniker och lösningar alltid bygger på att flera delar av ett system utvecklas samtidigt. Det gäller lagar och regler, incitament och potentiella målkonflikter, liksom tillgång till kompetens. Några konkreta exempel är finansiering av forskning kring hur drift av vindkraftsverk kan optimeras via regler- och styrsystem, samt hur vattenkraftens tekniska utrustning behöver anpassas till nya driftsmönster i ett allt komplexare energisystem. Här är Energimyndighetens samlade ansvarsuppdrag som både expertmyndighet och forskningsfinansiär inom energiområdet viktig, vilket inkluderar möjligheter att finansiera från låga TRL-nivåer hela vägen till omfattande finansiering av uppskalning på höga TRL-nivåer. Samtidigt finns det viktiga kopplingar till andra myndighetsansvar vilket kräver myndighetssamverkan inom såväl analys som

genomförande. Hit hör att energiteknisk FoU har stark beröring med andra FoU-områden, liksom delade utmaningar vad gäller kompetensförsörjning och kommersialisering.

SWOT-analys

Styrkor

- Starka forskningsmiljöer inom energiteknik (elproduktion, kraftöverföring, elektrifiering) samt angränsande områden (materialteknik, styr- och reglerteknik).
- Stora tillverkningsföretag i energisektorn med betydande FoU-verksamhet.
- Etablerad sektorsintegration och branschöverskridande FoU, särskilt i samverkan med industri och transport.
- Gott samverkansklimat; finansiering från Energimyndigheten och EU möjliggör storskaliga projekt.

Svagheter

- Kompetensförsörjningen är en utmaning i hela sektorn.
- Brist på systemdemonstratorer som visar hela värdekedjan för nya tekniker.
- Svagare deltagande i EU:s ramprogram än nordiska grannländer.
- Finansieringsluckor i uppskalningsfasen; svårt att skala upp energiteknik-startups.

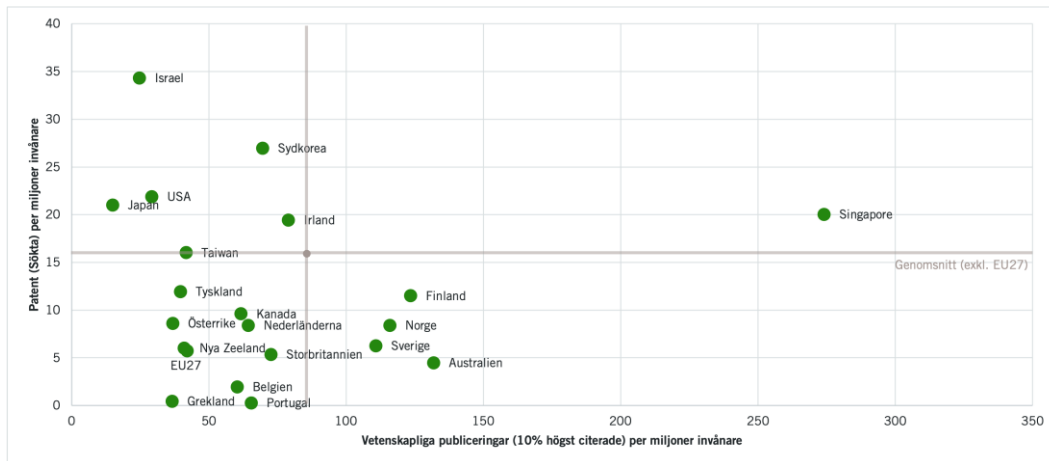
Möjligheter

- Energiomställningen står högt på den politiska agendan (globalt, EU, nationellt).
- Ökad elektrifiering genom energiomställning och digitalisering ger stora marknadsmöjligheter.
- Växande efterfrågan på energilagring/batterier – ett svenskt styrkeområde.
- Goda förutsättningar för bio-CCS.
- Stark industriell utvecklingsförmåga; svenska aktörer har haft framgångar i den europeiska innovationsfonden.

Hot

- Svårigheter att rekrytera till forskarutbildning och högre utbildning i viktiga energiteknikområden.
- Hård internationell konkurrens om spetsforskare.
- Liksom i många andra länder försvårar polariseringen i energipolitiken bred parlamentarisk enighet och långsiktigt stabila spelregler.

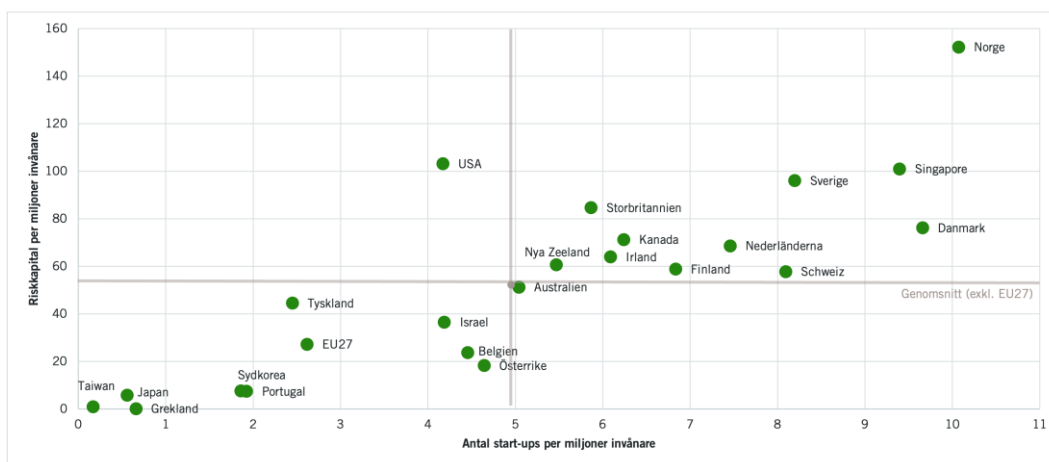
Energiteknik – Vetenskaplig publicering och patentering 2019–2024 per miljon invånare



Källa: Web of Science och PATSTAT

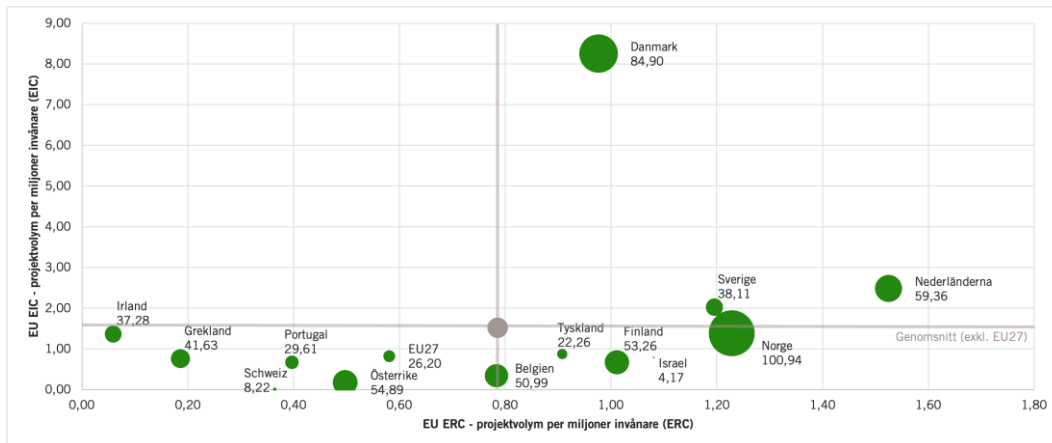
Kommentar: Vetenskapliga publiceringar avser 10% högst citerade artiklar i världen. Patent avser beviljade patent i USPTO.

Energiteknik – Antal startups och riskkapitalinvesteringar (USD) 2019–2024 per miljon invånare



Källa: Pitchbook

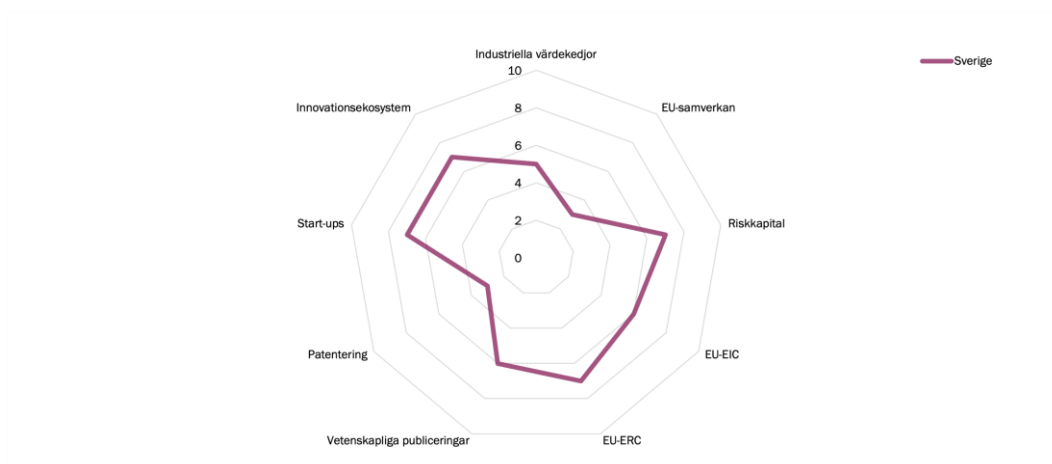
Energiteknik – EU-deltagande (EURO) i ERC, EIC och i övriga delar av EU:s ramprogram 2020–2024 per miljon invånare



Källa: EU:s CORDIS-databas

Kommentar: EU-deltagandet avser total projektsättning i EURO.

Energiteknik – Samlad bedömning av Sveriges internationella konkurrenskraft i olika dimensioner



Kommentar: Bedömningarna är baserade på kvantitativa data och kvalitativa underlag från dialoger och dokumentanalyser på en 10-gradig skala.

3.8 Industriell nettonollteknik

Industriell nettonollteknik är ett sammanhållet system av tekniker för klimatneutral, resurseffektiv och konkurrenskraftig industri. I detta system ingår kritiska råmaterial, avancerade material, energi- och produktionstekniker samt styrning av efterfrågan som kopplar ihop produktion och konsumtion. Centrala industriella kluster inom basindustrier och tillverkningsindustrier driver omställningen mot nettonoll. Under de senaste åren har integreringen mellan industriell nettonollteknik, digitalisering och AI utvecklats snabbt och blivit en avgörande faktor för framtida konkurrenskraft.²⁸ Tvärsektoriella systemkopplingar samt integrering av energi-, material-, produktions- och digital teknik är inget nytt i Sverige. Dessa har medvetet stärkts över tid genom bland annat Energimyndighetens satsningar och samverkansprogram som Fordonsstrategisk Forskning och Innovation (FFI) samt de strategiska innovationsprogrammen.

Det som är nytt, som denna rapport belyser, är ökade krav på snabb uppskalning, tvärgående orkestrering och styrning mot tydliga systemeffekter, liksom accelererad integration med AI och digitalisering. Detta mot bakgrund av hårdare geopolitisk konkurrens och en växande klimatkris. Samtidigt möter utvecklingen motstånd i form av global politisk osäkerhet, handelskonflikter och hård teknologisk konkurrens. Ett verktyg som sedan 2018 har bidragit till snabb teknikspridning för industrins omställning är Industriklivet, som administreras av Energimyndigheten. Det finns både överlappningar och skillnader mellan energiteknik och nettonollteknik.

Med energiteknik avses, i denna rapport, produktion, lagring, överföring och effektbalansering av energi (el, värme, vätgas). Med industriell nettonollteknik avses teknikersystem i industriella värdekedjor som direkt reducerar utsläpp, till exempel elektrifiering av processer, vätgas, materialsättning, cirkularitet och efterfrågestyrning, ofta med stöd av data- och AI-optimering. Gränssnittet mellan energiteknik och nettonollteknik utgörs av elektrifiering, integration av olika energislag samt systemintegration längs värdekedjor och mellan produktions- och konsumtionsled. Det är i dessa gränssnitt som systemeffekter uppstår. Sverige har länge legat i framkant inom flera av dessa områden, bland annat genom Energimyndighetens uppdrag som omfattar hela energisystemets utveckling – från produktion till konsumtion.

Hur har Sveriges position utvecklats?

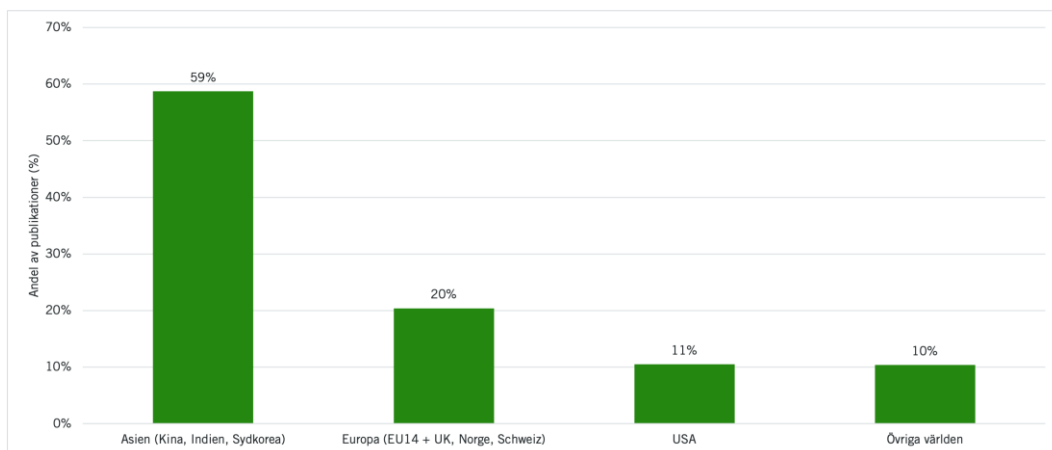
Sveriges position inom industriell nettonollteknik har, utöver de indikatorer som analyserats för alla teknikområden, i denna rapport även analyserats genom en fördjupad bibliometrisk analys. Analysen omfattar vetenskapliga publikationer för perioden 2019–2024.²⁹

²⁸ Se Kapitel 4 om teknikkonvergens, där begreppen "fysisk AI" och "twin transition" behandlas i detalj.

²⁹ Den bibliometrisk analysen bygger på 20 olika dataset inom "nettonollteknik" och "nettonollomställning" och omfattar 1,000,039 akademiska publikationer under perioden 2019–2024. Både metoden och analysen

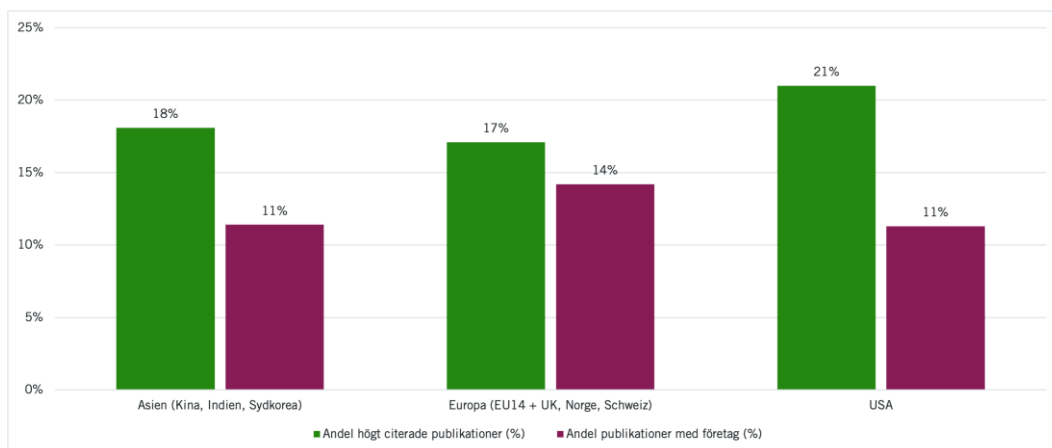
Resultaten visar att forskning inom nettonollteknik är starkt koncentrerad till Asien. Kina, Indien och Sydkorea står tillsammans för närmare 60 procent av världens publikationer inom fyra centrala nettonollsektorer: kritiska råmaterial, avancerade material, industriproduktion inom både processindustri och diskret tillverkning samt styrning av efterfrågan³⁰. Europa (EU14 samt Storbritannien, Norge och Schweiz) står för omkring 20 procent och USA för drygt 10 procent. USA ligger därmed i de flesta dimensioner efter både Asien och Europa i volym, men har största andelen högt citerade publikationer. Andelen publikationer med företag som medförfattare är relativt hög i alla tre regioner, med en något högre nivå i Europa, vilket understryker att nettonollforskning har starka industrikopplingar.

Asien dominerar i vetenskapliga publiceringar



Källa: Elsevier Analytical and Data Services, Research Intelligence, 2025

USA starkt i vetenskaplig kvalitet, Europa starkt i industrisamarbeten i forskning

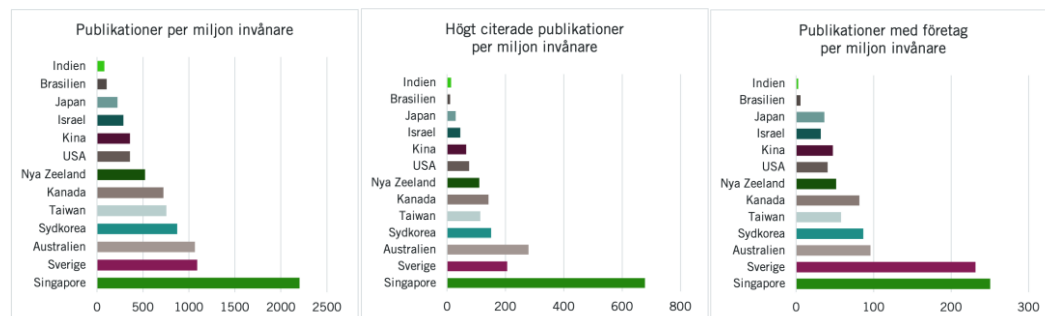


Källa: Elsevier Analytical and Data Services, Research Intelligence, 2025

³⁰ En direkt översättning av den engelska termen Demand-Side Management (DSM).

Sverige tillhör genomgående toppskiktet bland jämförda länder per capita. Landet har många publikationer inom de fyra centrala nettonollsektorerna, en hög andel högt citerade artiklar samt näst flest gemensamma publikationer mellan akademi och företag.

Sveriges position i vetenskaplig publicering inom nettonollteknik



Källa: Elsevier Analytical and Data Services, Research Intelligence, 2025

Analysen visar att svensk forskning inom industriell nettonollteknik har en bred akademisk bas med både processinriktade och explorativa teman. De starkaste områdena är återvinning av kritiska material, biobaserade material, omvandling av avfallsströmmar till resurser, lågkolhaltig förbränning inklusive vätgas och infångning av koldioxid, systemoptimering för energi och mobilitet samt avancerad tillverkning och materialbearbetning.

En genomgång av alla patent, både ansökningar och beviljade i USA under samma tidsperiod, visar att patentlandskapet för nettonollteknik domineras av ett fåtal stora länder: USA, Japan, Sydkorea och Kina.

Tillsammans står de för drygt 80 procent av alla ansökningar. Patentlandskapet är starkt koncentrerat till litiumjonbatterier och andra avancerade batterier, deras material och tillverkningsmetoder, batteripack, batterihanteringssystem (BMS), laddkretsar och kraftförsörjning för fordon, industriella system och elektronik. Detta indikerar att energilagring och elektrifiering är centrala möjliggörare för omställningen till nettonoll. Sverige ligger på elfte plats när det gäller patentansökningar och på trettonde plats för beviljade patent. Det motsvarar knappt en procent av den totala volymen. Med tanke på Sveriges storlek har landet en konkurrenskraftig roll i det globala patentflödet, men det är inte en ledande position.

Sveriges innovationsekosystem och Fol-miljöer

Sverige har både långsiktiga satsningar på forskning och utveckling och en tidig, tydlig inriktning mot hållbarhet och klimat. Detta har skapat unika förutsättningar att utveckla nettonolltekniker inom innovationssystem och forskningsmiljöer som bygger på samverkan och tydliga ambitioner. Energimyndigheten främjar Fol genom flera satsningar, till exempel Fol-programmet *Industrins energi- och klimatomställning* samt

pilot- och demonstrationsprogrammet. De 17 strategiska innovationsprogram,³¹ som samfinansieras av Vinnova, Energimyndigheten och Formas, utgör en viktig grund för innovation och samarbete i Sveriges omställning mot nettonoll. Tillsammans täcker programmen alla delområden inom nettonollteknik, men med olika tyngdpunkter. Vissa fokuserar på kritiska råmaterial, som Swedish Mining Innovation, Metalliska material och RE:Source. Andra fokuserar på avancerade material, till exempel SIO Grafen, LIGHTer, BioInnovation och Smartare elektroniksystem. Industriell produktion är huvudområde för Produktion2030, PiiA, InfraSweden, Smart Built Environment och Innovair. Digitalisering är i fokus för IoT Sverige, Drive Sweden och Smart Built Environment, medan cirkularitet är prioriterat i RE:Source, BioInnovation, LIGHTer och Viable Cities. Minskad toxicitet är ett tvärgående tema, särskilt i program som Medtech4Health och Swelife som har material- och hälsoinriktning. Av de cirka sju miljarder kronor som hittills har beviljats är en stor del koncentrerad till områden som är avgörande för nettonoll. Tusentals aktörer, från tung industri till startups, har mobiliserats i projekt längs hela innovationskedjan – från forskning till demonstration och tidig marknadsintroduktion.

Sedan 2018 har Energimyndigheten, inom ramen för regeringsuppdraget Industriklivet, finansierat innovativa och teknikskiftande lösningar för att nå nettonollutsläpp inom industrin genom förstudier, forsknings-, pilot- och demonstrationsprojekt samt investeringar. Stöd har under de senaste åren bland annat gått till LKAB för HYBRIT, Stegra AB för fossilfri ståltillverkning, Perstorp Oxo AB för CCU och Södra för ligninproduktion.

Under 2024–2025 har två stora och långsiktiga satsningar lanserats: Avancerad digitalisering³² och Impact Innovation³³. Avancerad digitalisering ska utveckla lösningar som både stärker svensk industris konkurrenskraft och påskyndar den gröna omställningen, till exempel genom AI, data, digital infrastruktur och elektrifiering. Alla fem program inom Impact Innovation är utformade för att driva systeminnovation mot nettonoll i olika delar av samhället och industriella värdekedjor. Net Zero Industry fokuserar på en konkurrenskraftig tillverkningsindustri med nettonollutsläpp. Swedish Metals & Minerals arbetar för en hållbar försörjning av metaller och mineral. Water Wise Societies utvecklar lösningar för en robust och hållbar vattenhantering. Shift Sweden har fokus på klimatneutrala städer och mobilitet, medan SustainGov handlar om styrning och policy som ska påskynda omställningen. Vinnovas satsningar på deeptech utgår från att forskningsintensiva företag är avgörande för att nå målen om nettonollutsläpp. Genom utlysningar som Acceleration av deeptech-företag³⁴ och initiativ som DeepInK³⁵, får startups inom energi, avancerade material, elektronik och bioteknik stöd för att

³¹ För mer information se [Cooperation sustainable innovation: strategic innovation programs | Vinnova](#)

³² För mer information se <https://www.avanceradigitalisering.se/>

³³ För mer information se [Impact Innovation – Sweden's innovation investment for the 2030s](#)

³⁴ För mer information se [Acceleration av deeptechföretag 2024 | Vinnova](#)

³⁵ För mer information se [DeepInK – developed for the pre-incubation of research-based deeptech projects. | Vinnova](#)

minska risker och snabbare få ut lösningar som bidrar till utsläppsminskningar och elektrifiering.

Sverige är nära integrerat i EU:s satsningar på nettonoll genom ett brett deltagande i forsknings- och innovationsprogram, industriprojekt och partnerskap. Detta kan illustreras med flera exempel. Svenska aktörer är starkt engagerade i Horisont Europa, särskilt i kluster 5 för klimat, energi och mobilitet, som ska påskynda den gröna och digitala omställningen mot klimatneutralitet år 2050. På industrisidan deltar Sverige i flera stora EU-initiativ. Stockholm Exergis bio-CCS-anläggning får 180 miljoner euro från EU:s innovationsfond för att leverera storskaliga negativa utsläpp. Svenska företag medverkar i IPCEI Batteries, som ska bygga upp en europeisk värdekedja för batterier. HYBRIT-projektet ingår i IPCEI Hydrogen och planerar en vätgasanläggning på 500 megawatt för fossilfri produktion av järn och stål.

Inom området kritiska råmaterial har Sverige både drivit fram EU:s förordning om kritiska råmaterial (CRMA) och tagit på sig rollen som koordinator för det nya Horisont Europa-partnerskapet RAMP – Raw Materials Partnership for the Green and Digital Transition³⁶. I partnerskapet samverkar 54 organisationer från 32 länder för att säkerställa en trygg och hållbar råvaruförsörjning till den gröna och digitala omställningen.

Svenska forsknings- och innovationsmiljöer för industriell nettonollteknik framhålls som internationellt attraktiva, särskilt i skärningspunkten mellan energi, material och digitalisering. Kombinationen av AI, avancerade material och produktionsteknik är en tydlig svensk styrka, där miljöerna kan optimera energi- och resursanvändning i realtid. Starka forskningskluster kring fossilfri gruv- och stålproduktion, cirkulär kemikalie- och materialhantering samt biobaserade nettonolllösningar inom skogsindustrin är en viktig tillgång och en tydlig styrka inom processindustrin. Genom både befintliga och nya nationella program samt aktivt deltagande i EU-initiativ kan Sveriges innovationsnav för nettonollteknik och omställningen vidareutvecklas och stärkas. Samtidigt finns två strukturella svagheter. Innovationsekosystemet är starkt i de tidiga skedena men betydligt svagare när det gäller industrialisering. Brister i systemkapacitet och orkestrering – snarare än enskilda projekt och program – avgör om Sverige kan behålla sitt försprång.

Vilken betydelse har teknikområdet för Sverige?

Industriell nettonollteknik håller på att bli en grundläggande infrastruktur för svensk ekonomi. Den avgör om Sveriges exportintensiva basnäringar och avancerade tillverkningsindustri kan behålla sin konkurrenskraft och om Sverige uppfattas som en modern, hållbar industrination. Klimatneutrala produkter som fossilfritt stål, batterikomponenter och biobaserade avancerade material växer fram som premiumsegment där svenska företag kan kombinera teknisk spets med både pris- och

³⁶ För mer information, se [projects. I Vinnova Sverige leder femdubblad EU-satsning på råmaterial I Vinnova](#)

varumärkespremier. Sveriges styrka ligger i kombinationerna. Det handlar till exempel om integrationen av nettonollteknik med avancerade material och artificiell intelligens, eller kopplingen mellan biobaserade processer och avancerad tillverkning. Dessa kombinationer möjliggör lösningar med högt teknisk nivå, resurseffektivitet och global konkurrenskraft. Samtidigt stärker nettonolltekniken försörjningstrygghet och säkerhet genom att minska beroendet av fossila bränslen, material och osäkra leverantörskedjor. Sverige och Europa bygger upp robusta värdekedjor kring fossilfri el, vätgas och strategiska material från svenska och europeiska källor, i linje med EU:s nettonollagenda. I dessa sammanhang är systemperspektivet styrande. Det är systemeffekter och effektmål – såsom effektbalans, utsläppsminskning per producerad enhet och ökad resiliens – som driver teknik- och systemteknikutvecklingen. Dessa satsningar ger inte bara klimatnytta utan också geopolitiskt och säkerhetspolitiskt mervärde som grund för strategisk autonomi och ekonomisk säkerhet.

Sverige har goda förutsättningar att ta en ledande roll inom industriell nettonollteknik – både genom etablerade och nya FoU-satsningar och ekosystem samt genom framväxten av gröna industrikuster, exempelvis i norra Sverige. Där samlas gruvor, stålverk, batterifabriker, kemiföretag, energibolag och digitaliseringsaktörer i geografiskt koncentrerade värdekedjor. I dessa kluster kan integrerade och storskaliga systemlösningar för nettonoll testas i full skala. Dessa kluster kan fungera som systemdemonstratorer för nettonoll. Samtidigt har Sverige ett strukturellt försprång inom biobaserad nettonollindustri och i cirkulära, resurseffektiva produktionssystem. Skogsindustrin ser bioraffinaderier, biobaserade supermaterial och klimatpositiva produkter som områden där kombinationen av svensk råvara, processkunnande och FoU-struktur ger en unik position. På motsvarande sätt pekar både teknikföretag och gruvsektorn på möjligheten att göra Sverige ledande inom materialutveckling och cirkulära industriella materialflöden. Avancerad processövervakning, AI, sensorer och dataanalys kan användas för att minimera spill, maximera återvinning och skapa innovativa och hållbara värdekedjor.

Det finns en tydlig möjlighet att profilera Sverige som ett "living lab" för storskalig industriell effektivitet och cirkularitet. Sverige har alltså goda förutsättningar att vara konkurrenskraftigt. Men den globala konkurrensen inom industriell nettonollteknik handlar i hög grad om tempo i uppskalning, systemorkestrering och regelverk som främjar omställningen. De stora investeringarna i gruvor, fossilfritt stål, batterier och energi kräver snabb utbyggnad av elnät, produktion av fossilfri el, och i vissa fall Carbon Capture and Storage (CCS) eller Bioenergy with Carbon Capture and Storage (BECCS). I dag leder tillståndsprcesser och sektoriserad planering till långa ledtider och systemhinder. Osäkerhet i klimat- och energipolitik innebär potentiella "policyriskpremier" för investerare, det vill säga extra kostnader som uppstår när regelverk är otydliga eller förändras snabbt. De regulatoriska sandlådor som nu diskuteras – testmiljöer där nya regler kan prövas i begränsad skala – är lovande, men är ännu inte verktyg som fungerar i stor skala. Dagens regelverk är i grunden utformat för

att minimera risker, inte för att möjliggöra snabb och storskalig systeminnovation. Ett annat problemområde är kapacitet och resursbegränsningar. Nettonollindustrin världen över konkurrerar om samma flaskhalsresurser: kvalificerad arbetskraft, kapital till storskaliga demo- och förstaanläggningar samt tillgång till mark, vatten, elnät och samhällsservice i de regioner där investeringarna koncentreras. På materialsidan står Sverige relativt starkt. Samtidigt är landet en del av globala värdekedjor där konkurrensen om kritiska råvaror, komponenter och utrustning hårdnar – inte minst när större ekonomier som USA och Kina erbjuder kraftigare subventioner och industripolitiska paket. Om Sverige lyckas koppla ihop dessa delar – gröna industrikuster, biobaserade och cirkulära system, tekniksuveränitet samt en modern reglerings- och finansieringsmodell – finns förutsättningar att nå nettonoll. Samtidigt kan detta stärka landets konkurrenskraft, resiliens och säkerhet.

SWOT-analys

Styrkor

- Världsledande basindustrier som aktivt driver nettonollomställning.
- Hög kompetens i systemintegration av energi, material, digitalisering och AI – "system av system" med fokus på hela värdekedjor.
- Välutvecklade samverkansmodeller med testbäddar och demonstration i verkliga anläggningar.
- Energimyndighetens satsningar, inklusive Industrikivet, FFI:s delprogram Nollutsläpp samt övriga delprogram och samverkansprogrammen FFI och de strategiska innovationsprogrammen, med fokus på systemperspektiv och integration.
- Forsknings- och innovationsmiljöer med stark kompetens inom kritiska teknikområden för att nå nettonoll.
- Växande gröna industrikuster i norra Sverige som kan fungera som fullskaliga systemdemonstratorer.

Svagheter

- Långsamma tillstånds- och elnätsprocesser samt sektoriserad planering skapar systemhinder och investeringsrisk.
- "Valley of death": kapitalkrävande teknik med begränsad tillgång till riskvilligt kapital för demonstration och uppskalning.
- Begränsad inhemsk produktion av nyckelkomponenter, vilket ökar beroendet av globala värdekedjor.
- Kompetensbrist inom systemintegration, AI för produktion och avancerad process- och energiteknik.
- Brister i systemkapacitet och orkestrering – starka projekt men svårigheter att skala hela system.

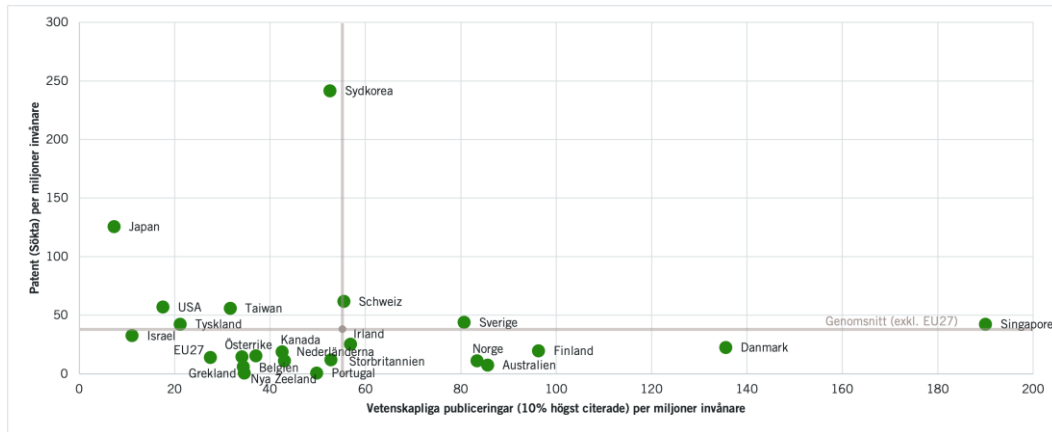
Möjligheter

- Växande global efterfrågan på fossilfria, cirkulära material och produkter där Sverige kan bli referensleverantör.
- Gröna industrikuster som "living labs" för integrerade nettonollsystem lockar investeringar och EU-samarbeten.
- EU:s satsningar på Net-Zero Industry och kritiska råmaterial öppnar möjligheter för Sverige i europeiska partnerskap.
- Kombinationer av nettonollteknik inom avancerade material, digitalisering, AI och bioteknik skapar nya affärsmodeller.
- Möjlighet att stärka tekniksuveränitet och försörjningstrygghet kring fossilfri el, vätgas och strategiska material och komponenter.

Hot

- Hård internationell konkurrens om gröna investeringar – andra länder agerar snabbare med subventioner och enklare villkor.
- Risk att teknik utvecklas i Sverige men industrialiseras utomlands om energipriser, kompetens och infrastruktur inte hänger med.
- Geopolitiska spänningar och handelsrestriktioner kring kritiska material och komponenter kan störa värdekedjor.
- Om systemstyrning, nätinfrastruktur och finansieringsmodeller inte anpassas riskerar Sverige att tappa sitt försprång.

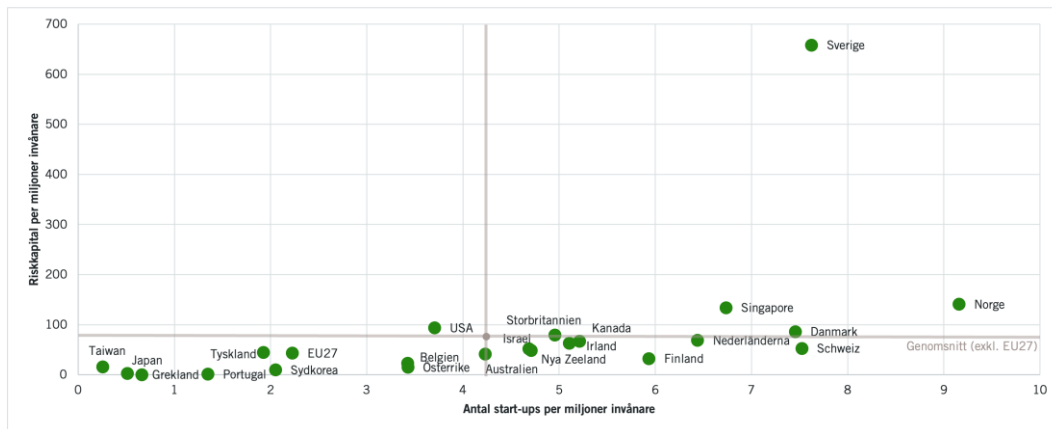
Industriell nettonollteknik – Vetenskaplig publicering och patentering 2019–2024 per miljon invånare



Källa: Web of Science och PATSTAT

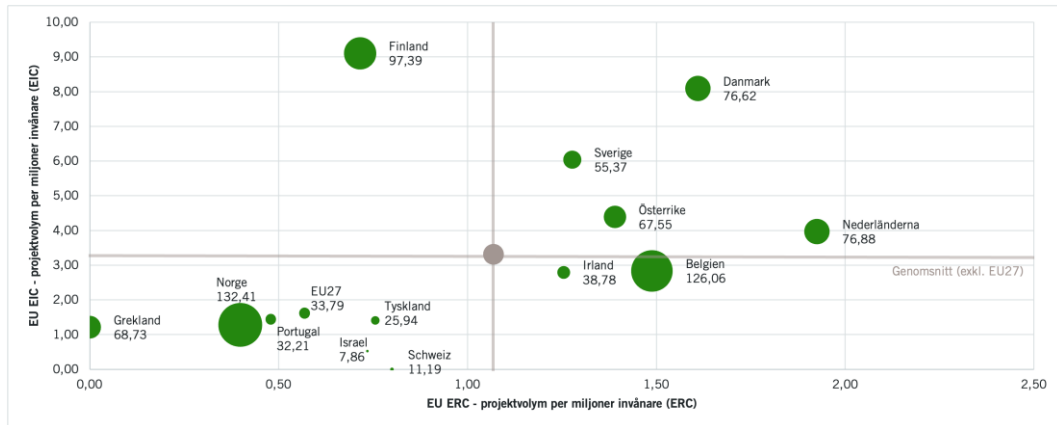
Kommentar: Vetenskapliga publiceringar avser 10% högst citerade artiklar i världen. Patent avser beviljade patent i USPTO.

Industriell nettonollteknik – Antal startups och riskkapitalinvesteringar (USD) 2019–2024 per miljon invånare



Källa: Pitchbook

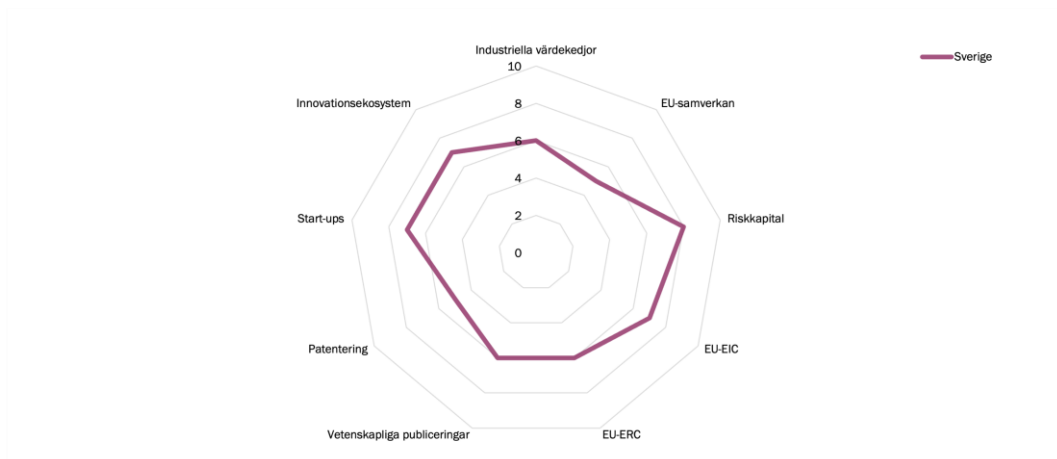
Industriell nettoinlleteknik – EU-deltagande (EURO) i ERC, EIC och i övriga delar av EU:s ramprogram 2020–2024 per miljon invånare



Källa: EU:s CORDIS-databas

Kommentar: EU-deltagandet avser total projektsättning i EURO.

Industriell nettoinlleteknik – Samlad bedömning av Sveriges internationella konkurrenskraft i olika dimensioner



Kommentar: Bedömningarna är baserade på kvantitativa data och kvalitativa underlag från dialoger och dokumentanalyser på en 10-gradig skala.

3.9 Material- och tillverkningsteknik

Den globala utvecklingen inom kritiska material, avancerade material och avancerad tillverkning drevs under 2024–2025 i hög grad av geopolitik, klimatomställning och snabb teknikutveckling. Länder och företag tävlar om att säkra tillgången till strategiska råmaterial, ta ledningen i nya avancerade material och bygga upp mer automatiserad, AI-styrd produktion. Samtidigt blir sårbarheter i globala leverantörskedjor och beroendet av enskilda länder, särskilt Kina, allt tydligare. Tempot i USA, Kina och delar av Asien ökar snabbt, inom fysisk AI, robotik, materialutveckling och industrialisering. För Sverige innebär detta både nya möjligheter och ett hårdare konkurrenstryck. Sverige har en ovanlig kombination av råvaror, energi- och industrikompetens samt starka FoU-miljöer. Samtidigt krymper fönstret för att omsätta denna position i teknologiskt ledarskap.

Hur har Sveriges position utvecklats?

Under de senaste åren har Sveriges position inom kritiska material, avancerade material och avancerad tillverkning gått från att vara självklart stark till att bli mer konkurrensutsatt. Sverige har en stark position inom kritiska material och är ledande inom prospektering, processindustri, cirkulära materialflöden samt miljö- och säkerhetskompetens. Däremot är positionen svagare när det gäller att skala upp materialförädling, särskilt där billig el, stort kapital och snabba tillståndsprocesser krävs. Inom avancerade material betraktas Sverige fortfarande som internationellt tongivande, bland annat inom fossilfritt stål, batterimaterial, avancerad processteknik och biobaserade material. Svenska materialinnovationer har samtidigt blivit tydligt mer industrinära i takt med att marknaden efterfrågar cirkularitet, energieffektivitet och avancerade processer. Inom avancerad tillverkning finns en stark kompetensbas och flera ledande företag. Samtidigt gör högre energipriser och långsamma tillståndsprocesser att många aktörer tvekar inför att investera i större anläggningar i Sverige, trots den tekniska styrkan.

Bibliometriska data visar att Sverige under perioden 2020–2024 placerar sig högt internationellt inom kritiska material, avancerade material och avancerad tillverkning, med publikationer per capita och andel högciterade artiklar klart över EU27-genomsnittet. Positionen är särskilt stark inom avancerade material. CORDIS-data över EU-deltagande visar att Sverige, mätt i ERC³⁷-projekt per capita, hör till de främsta länderna inom avancerade material och avancerad tillverkning. I EIC³⁸-programmen placerar sig Sverige runt plats 5–6 bland jämförbara länder. Sverige ligger i övre mittfältet inom övriga Horizon Europe-program. Särskild styrka finns i projekt som kopplar avancerade material och avancerad tillverkning till digitalisering samt klimat- och energiomställning. En närmare tematisk kartläggning visar att Sverige har en tydlig

³⁷ European Research Council.

³⁸ European Innovation Council.

profil, med särskilda nischer där Sverige ligger starkt.³⁹ Inom kritiska material utmärker sig Sverige för tekniker som sluter materialkretslopp, till exempel återvinning av batterimetaller och sällsynta jordartsmetaller, behandling av elektronikavfall och näringsåtervinning ur avloppsflöden. Detta förstärks av stark kompetens i materialflödesanalys och miljöbedömningar. Inom avancerade material har Sverige särskilda styrkor i biobaserade och nanostrukturerade material, till exempel nanocellulosa, biobaserade polymerer och ligninbaserade material. Det finns också starka positioner inom funktionella material för filtrering, katalys, energilagring och robusta bygg- och energimaterial. Samtidigt bidrar svenska aktörer till avancerade elektroniska och strukturella material, såsom högentropilegeringar, avancerade transistorer och självläkande eller strukturellt integrerade energilagringssystem. Inom avancerad tillverkning är Sverige starkt inom laserbaserad och metallisk additiv tillverkning, inklusive processer som möjliggör komplexa komponenter och skräddarsydda mikrostrukturer. Dessa styrkor är tätt kopplade till forskning om processoptimering, digitala tvillingar och högautomatiserad produktion. Sammantaget kombinerar Sverige starka kompetenser i cirkulära och hållbara lösningar för material och processer med avancerad, digitaliserad tillverkning. Det ger en konkurrenskraftig och tydligt profilerad position internationellt.

Patentlandskapet visar en mer utmanande bild. Globalt domineras patenten 2019–2024 av USA, Japan, Kina och Tyskland. Inom kritiska material ligger fokus på material- och metallåtervinning för bland annat litiumjonbatterier. Inom avancerade material ligger fokus på beräkningsbaserad utveckling. Det omfattar computational chemistry och computational materials science, där maskininlärning och simulering används för att utveckla nya lösningar. Inom avancerad tillverkning ligger fokus på laserbaserad materialbearbetning kopplad till additiv och högautomatiserad produktion.⁴⁰ Sverige står bara för cirka 0,3–1 procent av US-patenten och är särskilt svagt inom avancerade material. Samtidigt har Sverige en relativt starkare position och hög beviljandegrad inom avancerad tillverkning. Det pekar på hög kvalitet men små volymer. Sammantaget har Sveriges position inom material- och tillverkningsteknik utvecklats mot fortsatt stark forskning och god EU-medverkan. Samtidigt ökar den internationella konkurrensen, utmaningarna i industriell uppskalning och svagheten i det globala patentlandskapet.

Sveriges innovationsekosystem och Fol-miljöer

Inom kritiska material är svenska Fol-miljöer tekniskt starka. Sverige har världsledande kompetens inom hållbar gruvdrift, processindustri, sensorik och autonom gruvteknik, med företag som Boliden, LKAB och Epiroc. De strategiska innovationsprogrammen Swedish Mining Innovation, RE:Source och PiiA samlar gruv-, material- och återvinningsaktörer kring hållbar brytning, cirkulära flöden och digitaliserad

³⁹ Den tematiska kartläggningen bygger på 17 988 akademiska publikationer med svenska medförfattare inom dessa tre teknikområden under 2019–2024, av Elsevier Data Analytics and Service.

⁴⁰ Additiv produktion är en tillverkningsmetod där material byggs upp lager för lager, t.ex. 3D-utskrift, för att skapa en komponent i stället för att avlägsna material som vid traditionell bearbetning.

processindustri. Under 2024–2025 förstärktes detta genom det nya EU-partnerskapet för råmaterial (RAMP) ⁴¹, där Vinnova har en samordnande roll, och genom uppbyggnaden av Impact Innovation Metals & Minerals som nationell plattform. Svagheter finns framför allt i pilot- och demonstrationsfasen, där anläggningar, tillstånd och finansiering inte räcker för att möta industrins behov. Inom avancerade material är utgångsläget mycket starkt. Sverige har tung industri inom stål, batterier, skogsbaserade material och kemi. De strategiska innovationsprogrammen Metalliska material, BioInnovation, LIGHTer och SIO Grafen ger långsiktiga arenor för högt presterande metalliska material, biobaserade material, lättvikt och avancerade 2D-material. Här samverkar företag som SSAB och stora skogsbolag med Kungliga Tekniska högskolan (KTH), Chalmers tekniska högskola (Chalmers), Luleå tekniska universitet (LTU) och Research Institutes of Sweden (RISE). Sveriges roll i forskningsinitiativet Battery 2030+ och andra europeiska batteri- och materialprojekt har stärkts ytterligare under 2024–2025. Energimyndigheten har inrättat Fol-programmet hållbar batterivärdekedja.

Ekosystemet är starkt inom forskning, tidiga prototyper och systemdemonstratorer. Utmaningen är stegen till fullskalig produktion. Här finns fortfarande ett tydligt glapp som begränsar möjligheten att kommersialisera innovationer. Inom avancerad tillverkning är innovationssystemet brett och industrinära. Sverige har en stark industriell bas inom automation, robotik, autonoma system och produktionsteknik, med aktörer som ABB, Volvo och Scania. De strategiska innovationsprogrammen Produktion2030, PiiA och Smartare elektroniksystem kopplar samman industri, institut och universitet kring smarta fabriker, kraftelektronik, inbyggda system och digitalisering av produktion. Under 2024–2025 har satsningen Avancerad Digitalisering skruvats upp och blivit en central motor för AI, digitala tvillingar och avancerad produktion.

EU-satsningar som EIT Manufacturing North förstärker detta genom att ge svenska aktörer en nodfunktion i norra Europa. Det ger goda förutsättningar för fysisk AI och resurseffektiv, flexibel produktion. Samtidigt efterfrågar industrin fler pilot- och demomiljöer och bättre riskdelning vid investeringar i nya produktionslinor. Sveriges innovationsekosystem och Fol-miljöer är konkurrenskraftiga inom kritiska material, avancerade material och avancerad tillverkning. Styrkan ligger främst på forsknings- och utvecklingssidan, medan svagheter finns i uppskalning, tillståndsprocesser och finansieringsgapet mellan demonstration, förserie och fullskalig produktion. Utan åtgärder riskerar Sverige att fastna som ett "prototypeland". Med stärkta satsningar på pilot- och demonstrationsprojekt kan samma ekosystem i stället bli en tydlig internationell konkurrensfördel.

⁴¹ RAMP: Raw Materials Partnership for the Green and Digital Transition. För mer information, se: [Sverige leder femdubblad EU-satsning på råmaterial i Vinnova](#).

Vilken betydelse har teknikområdet för Sverige?

Kritiska material, avancerade material och avancerad tillverkning är tre strategiska hörnstenar för Sveriges långsiktiga konkurrenskraft. De är också avgörande för Sveriges förmåga att genomföra den gröna och digitala omställningen. De påverkar om svenska företag kan ligga i framkant i globala värdekedjor för fordon, batterier, energi, elektronik, maskiner och avancerade industrisystem. De avgör också om Sverige kan konkurrera med högt förädlingsvärde, hög innovationstakt och god klimatprestanda. Kritiska material är utgångspunkten för hela kedjan. Utan tillgång till batterimetaller, permanentmagneter, halvledarmaterial och andra strategiska råvaror riskerar både industrins utveckling och energi- och klimatomställningen att bromsa in.

Genom att kombinera stark gruv- och processindustri med cirkulära flöden, återvinning, materialeffektivitet och strategiska lager kan Sverige minska sin klimat- och miljöpåverkan. Det ger också en mer förutsägbar och kostnadseffektiv materialförsörjning. Avancerade material är motorn bakom prestanda, energieffektivitet, livslängd och återvinningsbarhet i svenska produkter och system. Det gäller allt från fordon, byggande och energisystem till elektronik, försvar och rymd. De ger svenska aktörer möjlighet att ta nischade premiumpositioner internationellt. Avancerad tillverkning knyter ihop kedjan genom att omsätta kritiska och avancerade material i komplexa produkter med hjälp av digitaliserade, AI-styrda och högautomatiserade produktionsprocesser. Det höjer produktivitet, kvalitet och innovationshastighet. Det gör också att avancerad produktion kan stanna och växa i Sverige.

På systemnivå blir kritiska material, avancerade material och avancerad tillverkning en gemensam säkerhetsfråga. Teknologisk suveränitet kräver inhemsk produktionsförmåga. Den kräver också styrning av materialflöden från utvinning till återvinning och ett nära samspel med EU-initiativ som Chips Act och EU:s Critical Raw Materials Act (CRMA). Digital spårbarhet och gemensamma standarder för datautbyte kan förändra marknaden för sekundära material. Med dessa lösningar blir återvunna material "bankbara", det vill säga resurser som industrin och finansmarknaden bedömer som tillförlitliga och värda att investera i. Fossilfria processer och en större andel återvunnet material i produkter med högt värde ger två viktiga effekter – det minskar utsläppen och minskar beroendet av jungfruliga råvaror. Målen i CRMA till 2030 är tydliga: 10 procent utvinning, 40 procent bearbetning och 25 procent återvinning av strategiska råmaterial inom EU. De ger en klar riktning. När de kopplas till nationella satsningar och samordning kan hållbar och säker material- och produktionsförsörjning bli ett konkret konkurrensmedel för Sverige, inte bara ett regelverk att följa.

Förutsättningar och möjligheter för Sverige

Den globala konkurrensen har hårdnat. Investeringsnivåerna är ofta högre internationellt än i Sverige. Samtidigt är material och tillverkning centrala för klimatomställning, försörjningstrygghet och säkerhet. Här finns både starka möjligheter och tydliga hinder. Inom kritiska material har Sverige goda förutsättningar, med stark gruvkompetens,

processindustri, cirkulära materialflöden och hög miljö- och säkerhetsstandard. Samtidigt är uppskalning av materialförädling en svag punkt. Billig el, stort riskvilligt kapital och snabba tillstånd är ofta en bristvara. Beroendet av Kina för sällsynta jordartsmetaller, magneter och batterimaterial är en växande risk. Sverige kan bli en ledande nod i EU:s materialkedjor, men bara om flaskhalsar i tillstånd, energi och industriell skala hanteras. Inom avancerade material är utgångsläget starkt. Sverige har tung industri inom stål, batterier, skogsbaserade material och processindustri. Det ger goda möjligheter för biobaserade avancerade material, cirkulära metaller och nya funktionsmaterial. Här finns en tydlig koppling till energi- och klimatmål. Samtidigt kräver uppskalning stora investeringar, långsiktiga spelregler och bättre samordning mellan prospektering, förädling och industriell användning. Inom avancerad tillverkning har Sverige en stark industriell bas. Det gäller särskilt automation, robotik, autonoma system och avancerad processteknik. Det ger möjligheter att bli ledande inom fysisk AI, där AI, robotik och digitala tvillingar styr fabriker och andra industriella miljöer. Det finns också möjligheter inom nischad chiprelaterad produktion, till exempel fotonik och kraftelektronik. Den globala efterfrågan på hållbar, flexibel och högkvalitativ produktion ökar, vilket passar svenska styrkor. För att ta vara på detta krävs starkare pilot- och demomiljöer, snabbare och mer innovationsvänlig offentlig upphandling och bättre samverkan mellan akademi, storföretag och småföretag.

Det finns en växande oro för splittrad styrning. Kedjan från prospektering till förädling och industriell användning är svagt koordinerad. Kompetensförsörjning, tillståndprocesser och otydlig ansvarsfördelning mellan myndigheter återkommer som utmaningar. Sverige har alla byggstenar för att bli en materialhubb för Europas omställning och kan knyta ihop hållbar brytning, avancerad förädling, cirkulära flöden och automatiserad, AI-driven processindustri. Om Sverige lyckas täppa till uppskalningsgapet och koppla ihop satsningar på material, energi och digitalisering kan landet behålla – och i vissa nischer stärka – en ledande position i Europa. Om Sverige inte lyckas stärka förutsättningarna finns en tydlig risk att investeringar och produktion flyttas utomlands.

SWOT-analys

Styrkor

- Stark och bred FoU-bas inom material och tillverkning.
- Världsledande kompetens inom gruvor, processindustri, automation, robotik och avancerad produktion.
- Globala industriföretag som ger tung förankring.
- Tydliga spetsar i cirkulära flöden, återvinning, biobaserade/nanostrukturerade material och additiv tillverkning.

Svagheter

- Svårt att skala upp materialförädling och ny produktion i Sverige.
- Brist på pilot- och demoanläggningar och finansiering i uppskalningsfasen.
- Ökade energikostnader, tröga tillstånd och höga kapitalkrav hämmar investeringar.
- Liten hårdvarubas inom elektronik, chip, kraftelektronik och vissa avancerade material.

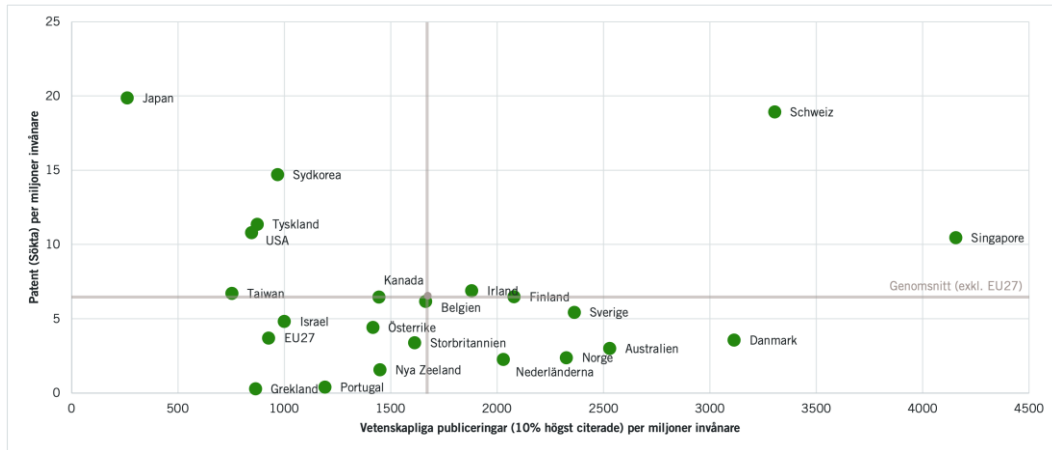
Möjligheter

- Växande global efterfrågan på metaller, batterimaterial och avancerade material för klimatomställning och AI.
- EU:s satsningar på materialautonomi, nettonollindustri och partnerskap ger nya finansierings- och samverkansmöjligheter.
- Ledarskap i fossilfria material, cirkulära värdekedjor, biobaserade material och digitaliserad produktion kan ge nischade premiumpositioner.
- Kombinationen materialteknik, AI och automation möjliggör kompletta systemlösningar.

Hot

- Hårdare global konkurrens från vertikalt integrerade aktörer i Asien samt stora satsningar i USA och Kina.
- Geopolitisk osäkerhet och importberoende av kritiska råvaror, halvledare och magneter ökar sårbarheten.
- Investeringar kan flytta till länder med lägre energipriser, snabbare tillstånd och starkare demostöd.
- Risk att Sverige tappar position i forskning och EU-projekt när andra länder skalar upp snabbare.

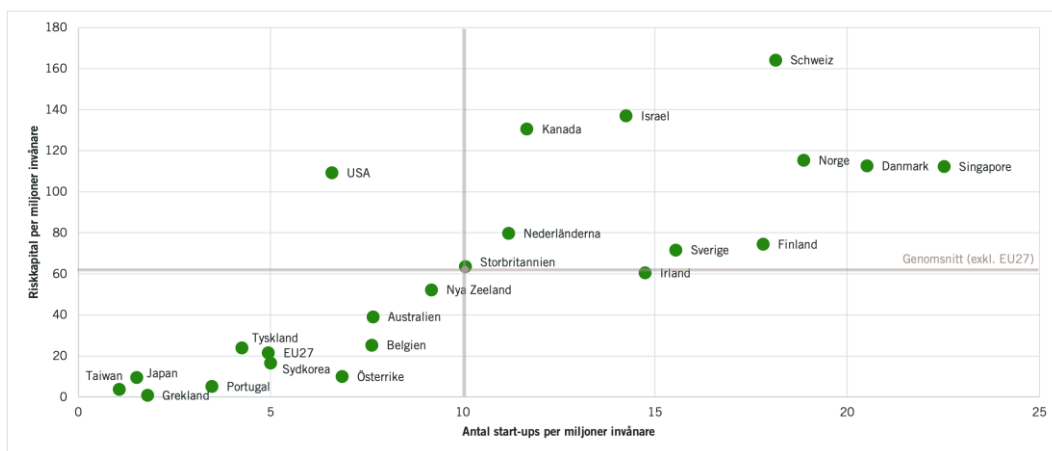
Material- och tillverkningsteknik – Vetenskaplig publicering och patentering 2019–2024 per miljon invånare



Källa: Web of Science och PATSTAT

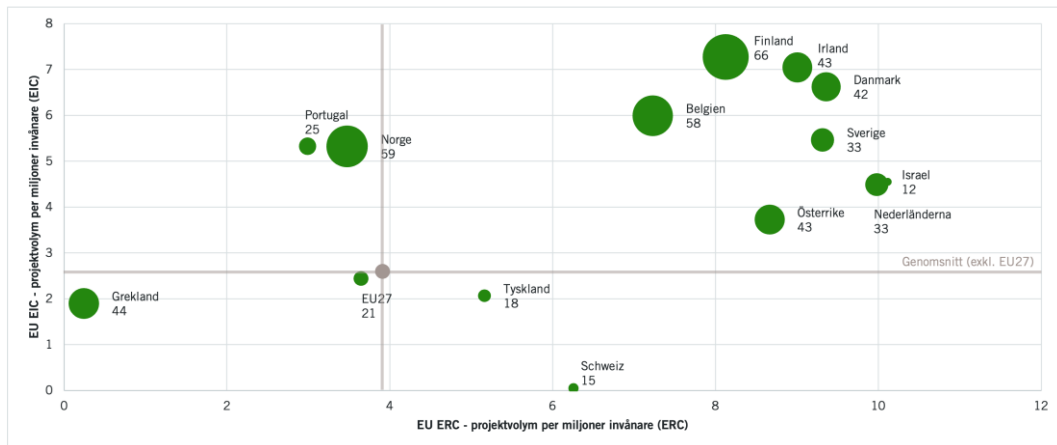
Kommentar: Vetenskapliga publiceringar avser 10% högst citerade artiklar i världen. Patent avser beviljade patent i USPTO.

Material- och tillverkningsteknik – Antal startups och riskkapitalinvesteringar (USD) 2019–2024 per miljon invånare



Källa: Pitchbook

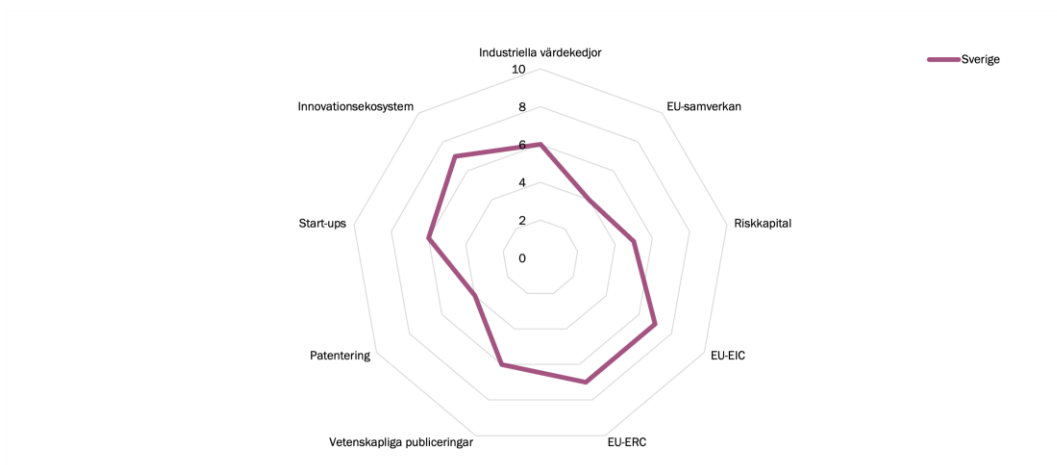
Material- och tillverkningsteknik – EU-deltagande (EURO) i ERC, EIC och i övriga delar av EU:s ramprogram 2020–2024 per miljon invånare



Källa: EU:s CORDIS-databas

Kommentar: EU-deltagandet avser total projektsättning i EURO.

Material- och tillverkningsteknik – Samlad bedömning av Sveriges internationella konkurrenskraft i olika dimensioner



Kommentar: Bedömningarna är baserade på kvantitativa data och kvalitativa underlag från dialoger och dokumentanalyser på en 10-gradig skala.

3.10 Bioteknik

Under 2024–2025 har utvecklingen inom genetisk modifiering, nya genomiska tekniker (NGT), gene drive-system⁴² och syntetisk biologi⁴³ accelererat kraftigt. Genredigering används nu i klinisk behandling, inte bara i teorin. Gene drive-genombrott hanteras med stor försiktighet och syntetisk biologi skapar innovationer i flera sektorer. Samtidigt har AI blivit en central drivkraft som kopplar samman den digitala och biologiska världen, vilket gör bioteknik till en dubbel möjliggörare – både för precisionshälsa och klimatomställning. USA, Kina, övriga Asien och Europa leder den globala utvecklingen, med olika strategier, regelverk och tempo. Sverige är en mindre aktör men har stark forsknings- och innovationskapacitet, avancerad infrastruktur och en i grunden öppen inställning till bioteknik. Utmaningarna ligger i att bygga industriell skala med stabil kvalitet och kostnadseffektivitet. Sverige behöver också minska beroendet av internationella värdekedjor när den globala konkurrensen hårdnar i ett alltmer komplext geopolitiskt läge.

Hur har Sveriges position utvecklats?

Sverige har fortsatt att stärka sin ställning som ett av Europas mest attraktiva länder för tidig forskning, utveckling och innovation inom bioteknik. Sverige har starka forskningsprofiler inom molekylärbiologi, proteinteknik, vaccinteknik, materialbioteknik och bioinformatik. Detta stöds av forskningsinfrastruktur som Science for Life Laboratory (SciLifeLab), MAX IV Laboratory (MAX IV) och European Spallation Source (ESS), samt kliniska miljöer för diagnostik och theranostik.

Inom medicinsk genteknik följer Sverige den globala utvecklingen av genterapier. 2024 godkändes den första CRISPR-baserade⁴⁴ genterapin för användning i EU. Svenska forskare bidrar med mer precisa och säkra metoder för genredigering, bland annat ljusstyrd CRISPR vid Karolinska Institutet. De största kommersiella framstegen inom cell- och genterapier – såsom CAR-T-behandlingar⁴⁵ sker i USA och Kina. Även i Sverige används CAR-T, bland annat vid Akademiska sjukhuset i Uppsala. Samtidigt begränsar EU:s strikta regler för genetiskt modifierade organismer (GMO) och nya genomiska tekniker (NGT) den praktiska användningen och påverkar hur snabbt tekniken införs. Syntetisk biologi är ett växande strategiskt område där Sverige profilerar sig med fokus på hållbarhet och bioekonomi. Det stärker landets position inom både klimat- och hälsoinriktad bioteknik. De fortsatta utmaningarna är att skala upp produktionen till industriell nivå och att behålla den globala konkurrenskraften.

⁴² En genetisk teknik som används för att sprida en specifik genetisk förändring snabbt genom en population.

⁴³ Syntetisk biologi är ett tvärvetenskapligt forsknings- och utvecklingsområde där man kombinerar biologi, kemi, teknik och datavetenskap för att designa och bygga nya biologiska system, funktioner och organismer som inte finns naturligt, eller för att designa om befintliga biologiska system för att skapa nya lösningar.

⁴⁴ CRISPR: Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats

⁴⁵ CAR-T: Chimeric Antigen Receptor T-cell

Kombinationen AI och bioteknik är ett tydligt styrkeområde. Genom Wallenberg-programmet för datadriven life science (DDLs) bygger SciLifeLab kapacitet för AI-baserad analys av biologiska data och precisionsmedicin. AstraZeneca är en nyckelaktör inom AI-stödd läkemedelsutveckling och samarbetar nära med Karolinska Institutet, Uppsala universitet, Göteborgs universitet, Kungliga Tekniska högskolan (KTH) samt Chalmers tekniska högskola. Generativ och agentisk AI⁴⁶ används för allt från bildanalys (KTH:s BioImage.IO-chatbot) till självkörande laboratorier (Chalmers Genesis) och design av nya antikroppar.⁴⁷

Vinnovas kartläggning⁴⁸ har identifierat över 850 svenska life science-företag inom bioteknik. Tyngdpunkten ligger på ”möjliggörare” – instrument, material, resiner, bioprocessutrustning och biofabrikation. Dessa möjliggör sekvensering, single-cell-analys, DNA-syntes och uppskalning av produktion. På applikationssidan finns en växande grupp av företag inom cell- och genterapi, så kallade avancerade terapier och medicinska produkter (ATMP⁴⁹). Sveriges konkurrenskraft på kort sikt ligger i att koppla den starka möjliggörarbasen till produktion och export, samtidigt som biosäkerhet och beredskap stärks.

Sverige deltar aktivt i EU-program som Horisont Europa, EU4Health och Innovative Health Initiative (IHI), samt partnerskap inom sällsynta, kroniska sjukdomar och precisionsmedicin. Genom projekt inom bland annat antibiotika, neurodegenerativa sjukdomar och ATMP stärks både kunskap och nätverk. Deltagande i 1 Million Genomes och utvecklingen av European Health Data Space (EHDS) via Health Data Sweden förbättrar möjligheterna till säker och standardiserad datadelning. Det ger också Sverige inflytande över framtida EU-policy. Biopatentlandskapet domineras av USA och asiatiska länder. Sverige är en mindre men tydlig aktör och står för cirka 0,5 procent av både ansökningar och beviljade patent i USA under perioden 2019–2024. De svenska patenten finns främst inom läkemedel, medicinteknik och diagnostik samt industriell bioteknik.

Sveriges innovationsekosystem och Fol-miljöer

Sverige har ett sammanhållet ekosystem för forskning, utveckling och innovation inom bioteknik, från grundforskning till praktisk tillämpning. Särskilt starka kompetenser finns inom antibiotikaresistens, proteinteknik (protein engineering), avancerad diagnostik och biosensorer. En tydlig styrka är samverkanskulturen. Akademi, sjukvård och industri samverkar i miljöer som BioVentureHub i Mölndal och i nationella nätverk som Genomic Medicine Sweden (GMS), där universitetssjukhus samarbetar över regionsgränser. SciLifeLab Data Centre utvecklar nationella dataplattformar för biobank- och genomdata, och GMS driver införandet av helgenomsekvensering och precisionsdiagnostik vid

⁴⁶ Agentisk AI är en typ av artificiell intelligens som kan agera självständigt för att uppnå mål, fatta beslut och initiera handlingar utan att behöva direkta instruktioner för varje steg.

⁴⁷ Gartner (2025) [Generative AI Use-Case Comparison for Life Sciences](#) och [AI Agents in the Life Sciences: Use Case Examples](#)

⁴⁸ [Statistik över svenska life science-företag, deeptech-företag inom life science, fördjupad rapportering](#)

⁴⁹ ATMP: Advanced Therapy Medicinal Products.

cancer, sällsynta sjukdomar och antibiotikaresistens. De inkluderar AI-baserade projekt som BrainChild för barncancer. Testa Center i Uppsala är testbädd för bioteknisk uppskalning och bioproduktion, där digitala och tekniska innovationer kan verifieras i fullskalig bioprocess. NorthX Biologics fungerar som nationell innovationshubb för avancerade terapier och vacciner. Innovationshubben CCRM Nordic har etablerats som nordisk nod för industrialisering av cell- och genterapier. Tillsammans skapar dessa aktörer en kedja från idé via testbäddar till tidig kommersiell produktion. Parallellt stärks hållbar och resurseffektiv tillverkning av biologiska läkemedel och medicintekniska produkter.

Genom satsningar på hållbar läkemedelsproduktion och en nationell innovationsplattform⁵⁰ i samarbete mellan Research Institutes of Sweden (RISE), AstraZeneca, Scania och akademin, utvecklas nya lösningar inom fossilfri energi, grön kemi, cirkulär ekonomi och hållbara transportsystem. Exempel är buffertåteranvändning, kontinuerliga bioprocesser, biobaserade engångsprodukter och enzymbaserad vattenrening. Trots starka forskningsmiljöer är uppskalning och industriell produktion en svag länk. Storskalig infrastruktur för god tillverkningssed (GMP – Good Manufacturing Practice) finns i högre grad i länder som USA och Sydkorea och kräver stora investeringar. Sverige har kompetensbrist inom bland annat bioinformatik, AI, GMP-teknik och regulatoriska frågor. Det finns också finansieringsgap – både mellan tidig forskning och verifiering och i sena kliniska faser. Detta gör att lovande innovationer riskerar att bromsas eller flytta utomlands. Den gröna biotekniksektorn är mindre än hälsosektorn men växer snabbt. Företag utvecklar biodrivmedel, biobaserade material och nya proteinkällor, till exempel fermenteringsbaserade livsmedel och odlad fisk. Ofta används syntetisk biologi som kärnteknik. Program som BioInnovation och testanläggningar för bioraffinaderier har lagt grunden för utvecklingen, och EU:s bioekonomiarbete väntas skapa ytterligare möjligheter. Biotech Heights drivs av Tetra Pak och Lunds universitet och fokuserar på bioprosessteknik för hållbar livsmedels- och materialproduktion. Satsningen lanserades 2023 med stöd från Vinnova och tillhandahåller avancerade laboratorie- och pilotmiljöer för utveckling av biobaserade produkter och lösningar.

Vilken betydelse har teknikområdet för Sverige?

Bioteknik är central för svensk konkurrenskraft och omställning mot hållbarhet inom läkemedel, jordbruk och livsmedel, energi samt kemi och material. Tekniken möjliggör nya behandlingar, klimatanpassade grödor, fermenteringsbaserade proteiner, biodrivmedel och biobaserade material. AI-utvecklingen har gjort bioteknik till en horisontell förmåga genom hela värdekedjan – från upptäckt till design, testning och produktion. Stora modeller tränade på biologiska data och automatiserade biofabriker med robotik och högkapacitetsanalys ger snabbare målidentifiering och mer träffsäkra designer inom både hälsa och industri. I Sverige skapar DDLS och SciLifeLab stora datamängder som kan användas för att träna nya AI-modeller och utveckla bättre

⁵⁰ [Regeringen satsar 95 miljoner på nationell innovationsplattform för hållbarhetsteknik](#)

diagnostik och behandlingar. Samtidigt ökar kraven på biosäkerhet, inhemsk produktionsförmåga och robusta leveranskedjor. Försörjningstrygghet innebär att säkra tillgången till livsmedel, drivmedel och kritiska produkter som diagnostik, vacciner, läkemedel och antibiotika även under kriser. När biotekniken blir mer kraftfull ökar behovet av säker hantering av biologiska ämnen och genetiska konstruktioner, spårbarhet och tydliga regelverk. Sverige behöver stärka både biosäkerhet och beredskap för att kombinera snabb teknikutveckling med trygghet, säkerhet och resiliens.

Förutsättningar och möjligheter för Sverige

Förutsättningarna för svensk bioteknik formas av satsningar och strategier i EU och nationellt. EU:s life science-strategi⁵¹ lyfter bioteknik som avgörande för tillväxt, hälsa och hållbarhet. European Biotech Act (EBA) ska korta vägen från laboratorium till marknad. Kopplingen mellan satsningar på bioekonomi, forskningsinfrastruktur, startup- och scaleup-företag, AI samt kompetensförsörjning är avgörande. EHDS ska göra det möjligt att använda hälsodata säkrare och mer harmoniserat i hela EU. Nationellt pekar den uppdaterade life science-strategin⁵² ut inriktningen mot excellens i forskning, avancerad infrastruktur, datadriven precisionshälsa och bättre användning av hälsodata. Det sker i partnerskap mellan akademi, vården, näringslivet, myndigheter och patientorganisationer.

Regeringens uppdrag till Vinnova att etablera ett program för avancerad life science, bland annat med satsningar på CCRM Nordic, syftar till att bygga mer kompletta värdekedjor i Sverige, attrahera EU-medel och minska risken att lovande innovationer kommersialiseras utomlands⁵³. Näringslivet efterfrågar särskilt långsiktiga Fol-program, tillgång till infrastruktur, hälso- och sjukvårdens medverkan i innovation samt tydliga och säkra regler för användning av hälsodata. Sammantaget har Sverige goda förutsättningar att ta en ledande position inom hälso- och klimatrelaterad bioteknik. För att lyckas krävs bättre samordning, starkare finansieringskedjor, satsningar på kompetens och talangförsörjning samt incitament för klinisk medverkan och mer förutsebar reglering.

SWOT-analys

Styrkor

- Världsledande forskning och infrastruktur med hög innovationsgrad inom molekylär-/syntetisk biologi och AI-integrerad life science.
- Kompletta Fol-ekosystem: Tydlig kedja från idé till produkt genom samverkan mellan akademi, vård, industri, myndigheter samt patientorganisationer.
- Brett näringsliv: Över 850 biotech-företag med särskild styrka i "möjliggörare" och starkt engagemang i hållbarhetsteknik.

⁵¹ [Strategy for European Life Sciences - Research and innovation](#)

⁵² [broschyr-a4_life-science_digital_sv_250227.pdf](#)

⁵³ <https://www.regeringen.se/contentassets/ac7b461ff74d4477a59ca8ff418112da/uppdrag-till-verket-for-innovationssystem-att-inratta-ett-program-for-avancerad-life-science.pdf>

- Starkt EU-deltagande: Aktiv medverkan i EU:s ramprogram och partnerskap med fokus på hälsorelaterad bioteknik och life science.
- Etik och legitimitet: Strikta etiska regelverk och hög tillit ger internationellt förtroende och underlättar globala samarbeten.

Svagheter

- Begränsad skala och kapital: Få stora aktörer och brist på senfas-kapital.
- Kompetensbrist: För lite spetskompetens inom bland annat AI och bioinformatik.
- Svag långsiktighet i finansiering: Mindre, spetsiga samverkansmiljöer har osäker finansiering, vilket riskerar att urholka utveckling av nischade kompetenser.
- Begränsade satsningar på hälsodata.
- Otillräcklig produktionskapacitet: Begränsad inhemsk tillverkning av ATMP ger beroende av globala produktionskedjor.
- Tröga regelverk: Långsamma tillstånd och strikt EU-lagstiftning bromsar innovation och konkurrenskraft.

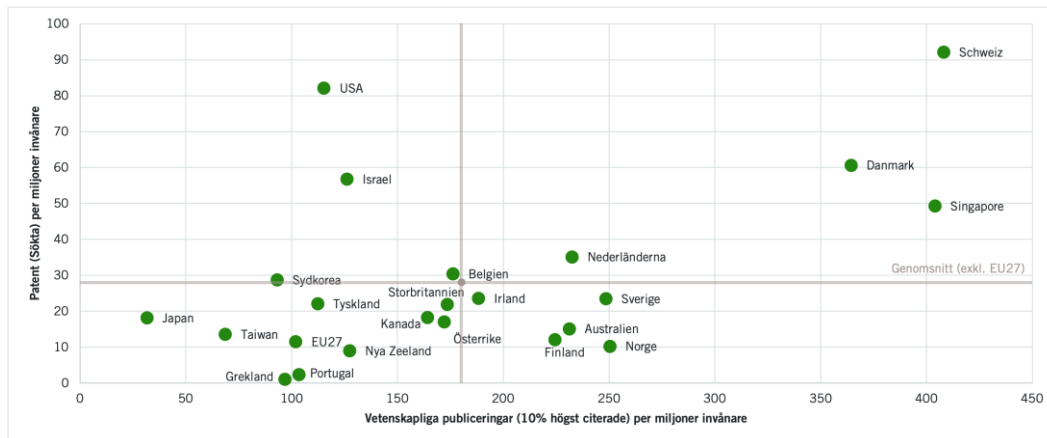
Möjligheter

- System-av-system-lösningar: Förmågan att koppla ihop värdekedjor och sektorer.
- AI och datadriven bioteknik: Goda utsikter att leda inom AI-baserad läkemedelsdesign, syntetisk biologi, biofabriker och precisionsmedicin med starka dataresurser.
- NGT och grön bioekonomi: Reformerade NGT-regler och svensk bioresursbas öppnar för ledarskap.
- ATMP och uppskalning: Möjlighet att bli europeisk nod för ATMP genom förstärkt produktion, testbäddar och CCRM Nordic.
- Internationella partnerskap: EU-program, nordiska plattformar och delad infrastruktur kan stärka kompetens, innovationskraft och export.

Hot

- Risk för stuprörsstyrning: Bioteknik, data, AI, säkerhet och etik behandlas separat i stället för i ett integrerat och människocentrerat perspektiv.
- Geopolitisk konkurrens: Kan begränsa FoU-utbyten, störa leveranskedjor och öka risken för skadlig användning av bioteknik.
- Hjärnflykt: Topptalanger kan lämna Sverige om villkor, karriärvägar och resurser inte upplevs konkurrenskraftiga.
- Värdeflykt: Utländskt ägande och senfas-finansiering gör att kontroll och ekonomiskt värde i framgångsrika bolag riskerar att hamna utomlands.
- Biosäkerhet och sårbarhet: Begränsad beredskap och produktionsförmåga vid kris hotar hälso- och försörjningssäkerhet.

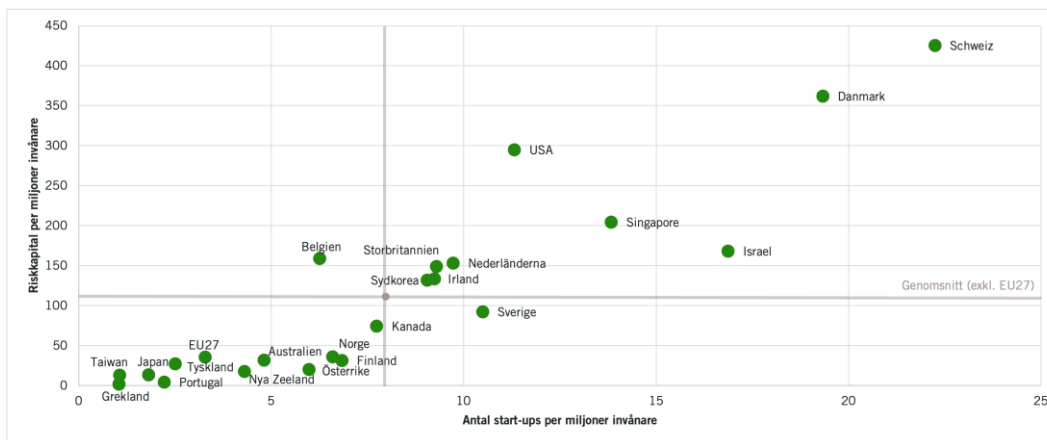
Bioteknik – Vetenskaplig publicering och patentering 2019–2024 per miljon invånare



Källa: Web of Science och PATSTAT

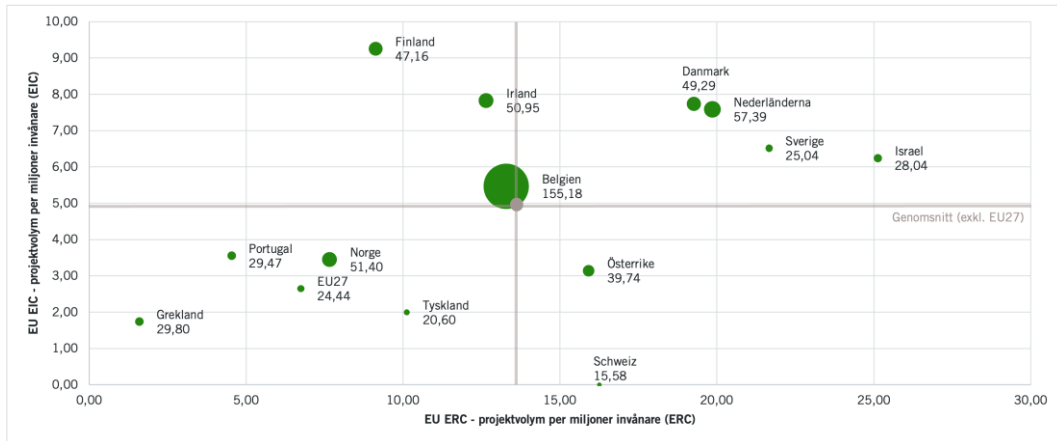
Kommentar: Vetenskapliga publiceringar avser 10% högst citerade artiklar i världen. Patent avser beviljade patent i USPTO.

Bioteknik – Antal startups och riskkapitalinvesteringar (USD) 2019–2024 per miljon invånare



Källa: Pitchbook

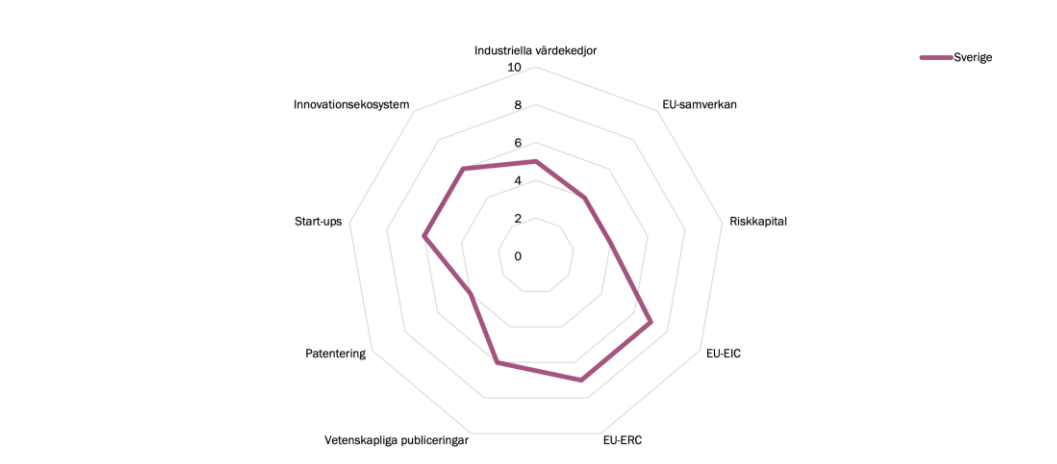
Bioteknik – EU-deltagande (EURO) i ERC, EIC och i övriga delar av EU:s ramprogram 2020–2024 per miljon invånare



Källa: EU:s CORDIS-databas

Kommentar: EU-deltagandet avser total projektomsättning i EURO.

Bioteknik – Samlad bedömning av Sveriges internationella konkurrenskraft i olika dimensioner



Kommentar: Bedömningarna är baserade på kvantitativa data och kvalitativa underlag från dialoger och dokumentanalyser på en 10-gradig skala.

3.11 Framdrivningsteknik

Framdrivningsteknik omfattar de system som ger dragkraft åt luft-, rymd-, väg- och sjöburna fordon. Det handlar om allt från gasturbiner, raketmotorer och förbränningsmotorer till elektriska drivlinor, vätgas- och hybridlösningar samt de styr-, övervaknings- och säkerhetssystem som omger dem. Området präglas just nu av en snabb omställning. Krav på klimatneutralitet, energieffektivitet, bullerreduktion och minskade lokala emissioner driver fram skiften bort från fossila bränslen och mot elektrifiering, nya bränslen och mer avancerad styrning och övervakning.

För Sverige knyter framdrivningstekniken ihop flera andra strategiska teknikområden: elektrifieringen av väg- och sjötransporter, batteri- och kraftelektronik, avancerade material och digitala styr- och säkerhetssystem. Området spänner från tunga lastbilar, bussar och arbetsmaskiner, via fartygs- och marinmotorer, till flyg- och rymdframdrivning. Området omfattar också snabbväxande nischer som Alleima – hypersoniska högtemperaturmaterial och certifiering av nya framdrivningskoncept. Det berör både civila tillämpningar och tillämpningar inom totalförsvaret. Samtidigt är det starkt integrerat i internationella värdekedjor där motorer, drivlinor, elektronik, material och bränslen utvecklas och tillverkas i många olika länder.

Hur har Sveriges position utvecklats?

Sverige har en stark kunskaps- och patentposition inom framdrivningsteknik, men en mer blandad bild när det gäller investeringar och uppskalning av nya företag. Vetenskapliga publikationer är, räknat per invånare, drygt dubbelt så högt som EU-genomsnittet och omkring tre till fyra gånger fler än i Kina och USA. Det speglar en bred och avancerad forskningsbas inom allt från aerodynamik, turbomaskiner och förbränning till elektriska drivlinor, nya bränslen och styrsystem. Inom patentering tillhör Sverige en liten grupp länder med hög patenteringsgrad per capita. Nivån ligger i samma storleksordning som USA och tydligt över EU-snittet, medan Kina ligger långt efter när man justerar för befolkning. Det tyder på att svensk forskning och ingenjörskompetens i betydande utsträckning omsätts i patenterbara lösningar. Det gäller särskilt inom förbrännings- och turbinteknik, elektrifierade drivlinor och säkerhetskritiska styrsystem för fordon och flyg. Sverige har också en stark närvaro i EU-programmen, både som partner och i koordinerande roller. Särskilt inom innovationsinriktade satsningar som European Innovation Council (EIC) ligger Sverige klart över EU-genomsnittet. Deltagandet i European Research Council (ERC) är däremot svagare än i flera jämförbara länder, vilket pekar på ett mindre genomslag i de mest konkurrensutsatta forskningsprogrammen.

När man går från Fol-insatser till kommersiell utveckling blir bilden mer splittrad. Antalet nya startups inom framdrivningsteknik per capita ligger ungefär i nivå med EU-genomsnittet men är betydligt lägre än i USA. Riskkapitalinvesteringar i bolag med tydlig framdrivningsprofil är per capita klart under EU-snittet och framför allt den nivå

som ses i USA och vissa asiatiska länder. Detta indikerar ett svagare ekosystem för snabb uppskalning av nya företag. Mycket av utvecklingen är koncentrerad till etablerade industriföretag inom fordon, flyg, marint och energi, där nya drivlinor, motorplattformar och styrsystem utvecklas i befintliga organisationer. Sammantaget innebär detta goda utgångspunkter för att bidra till omställningen av framdrivningssystem globalt. Det ställer också krav på att bättre koppla samman forskningen med nyföretagande, riskkapital och industriell uppväxling i Sverige.

Sveriges innovationsekosystem och FoU-miljöer

Ekosystemet domineras av några få men tunga industriella kluster som under lång tid har kombinerat avancerad ingenjörskompetens med nära kopplingar till forskning och provningsmiljöer. Sverige är en betydande leverantör av tunga vägfordon, bussar, entreprenadmaskiner och avancerade komponentleverantörer. Kring fordonsklustren i Västsverige och Mälardalen finns en tät väv av stora systemleverantörer, mindre specialistföretag, ingenjörskonsulter och testanläggningar. Under det senaste decenniet har omfattande satsningar gjorts på elektrifiering, energieffektivisering och automatisering. Det har gjort att forskning på traditionella förbränningsmotorer i hög grad kompletterats med kompetens inom batterisystem, kraftelektronik, mjukvara och funktionell säkerhet.

På flyg- och rymdsidan finns en liknande struktur, om än i mindre skala. Sverige har sedan länge avancerad kompetens inom flygplans- och motorkonstruktion, aerodynamik, struktur- och materialteknik samt test av komponenter för gasturbiner och raketmotorer. Runt denna bas har det vuxit fram miljöer som arbetar med lågutsläpps- och hybridkoncept för regionalflyg, elektrifierade delsystem, nya bränslen och mer automatiserade test- och övervakningslösningar. Kopplingen till europeiska partnerskap inom flyg- och rymdprogram är stark. Svenska aktörer deltar i både forskningsprojekt och demonstrationsprogram. Marint är ekosystemet mer fragmenterat, men med betydande kompetens inom energieffektiva framdrivningssystem, propeller- och skrovdessin, styrsystem och marin miljöteknik. Här växer intresset snabbt för el- och hybridlösningar, metanol och andra alternativa bränslen, samt system för optimering av fartygsdrift genom dataanalys och AI.

FoU-miljöerna kännetecknas av starka tekniska universitet och forskningsinstitut med spetskompetens inom fordonsteknik, turbomaskiner, elektroteknik, styrteknik, material och aerodynamik. De har tillgång till specialiserade testbäddar och provbanor för fordon, eldrivlinor och avancerade framdrivningssystem. Dessutom finns välutvecklade samverkansplattformar där industri, akademi, institut och offentliga aktörer driver gemensamma program kring elektrifiering, automatisering, nya bränslen och säkerhet.

Den industriella strukturen präglas av ett fåtal stora systemaktörer, medan många mindre företag arbetar som underleverantörer med svagare egen FoU-kapacitet. Detta kan försvåra för nya nischer att växa fram snabbt, särskilt där affärsmodellerna bryter mot den etablerade logiken för fordon, motorer och framdrivningssystem. Aktörerna

upplever att innovationssystemet är för långsamt när det gäller att föra tekniken från pilot till industriell skala. Det finns få stora pilot- och demonstratorprojekt jämfört med Sveriges konkurrentländer.

Även kapitalstrukturen anses otillräcklig för de mycket stora investeringar som krävs för att bygga fabriker, energiintegration eller avancerade systemtestmiljöer. Kompetensbrist inom kraftsystem, drivlinor och elektronik nämns som ett växande problem.

Vilken betydelse har teknikområdet för Sverige?

Framdrivningsteknik har stor betydelse för Sveriges ekonomiska utveckling, klimatomställning och säkerhet. Detta är inte bara en fråga om teknikval i transportsektorn, utan om hur Sverige vill positionera sig i globala värdekedjor, hur beroenden av omvärlden hanteras och hur robust mobilitet kan garanteras i olika kris- och konfliktscenarier. Elektrifierad mobilitet är i ökande grad lika mycket en fråga om försörjningstrygghet och totalförsvar som om klimatmål.

Fordon, maskiner och andra transportrelaterade produkter står för en stor del av varuexporten, och konkurrenskraften bygger i hög grad på förmågan att erbjuda bränslesnåla, tillförlitliga och alltmer klimatneutrala drivlinor. Globala marknader efterfrågar nu elektrifierade fordon, lösningar med låga eller inga utsläpp för sjöfart och flyg samt system som är förberedda för automatiserade och uppkopplade funktioner. Därför är det avgörande att Sverige ligger långt fram i utvecklingen av framdrivningssystem och tillhörande mjukvara.

Teknikområdet utgör också en nyckelfaktor för att upprätthålla transporter av människor och varor i ett läge med störningar i energiförsörjning, handel eller säkerhet. Övergången bort från fossila bränslen minskar på sikt sårbarheten kopplad till import av olja och diesel. Den innebär på kort och medellång sikt nya beroenden av elektricitet, batterimaterial, kraftelektronik och komponenter som ofta tillverkas utanför Sverige. I dag saknas större inhemsk produktion av battericeller, effekthalvledare och avancerad kraftelektronik, vilket förstärker detta importberoende. Förmågan att underhålla, reparera och uppgradera framdrivningssystem i landet, samt att ha alternativa lösningar för bränslen och energiförsörjning, är central för robustheten i både civila transporter och kritiska samhällsfunktioner. Inom totalförsvaret är mobilitet på marken, till sjöss och i luften avgörande för militär förmåga, logistik och civil krisberedskap. Försvarsmaktens fordon, fartyg och flygplan är beroende av både robusta drivlinor och säker tillgång till bränslen, reservdelar och underhållskompetens. Samtidigt kan nya tekniker – elektrifiering, tystare framdrivningssystem, autonoma plattformar, användning av alternativa bränslen – ge både möjligheter och nya sårbarheter. Kopplingen till cybersäkerhet blir också starkare när drivlinor i växande utsträckning är uppkopplade, mjukvarustyrda och integrerade i bredare system.

Förutsättningar och möjligheter för Sverige

Utgångsläget ger Sverige goda förutsättningar, men också tydliga val. Hög teknisk kompetens, internationellt konkurrenskraftiga industriaktörer och väl utvecklade samverkansmiljöer utgör en grundläggande styrka. Demonstrations- och pilotprojekt inom elektrifierade tunga fordon, el- och hybridfartyg, nya flygkoncept och intelligenta ladd- och bränslelösningar lägger grunden för en roll som tidig användare och utvecklingspartner när nya lösningar ska sättas i drift. Med en liten hemmamarknad krävs att svensk framdrivningskompetens kopplas ihop med starka europeiska partnerskap, både i forskning och i industriella satsningar. Det gäller till exempel batteri- och vätgaskedjor, standarder för laddning och tankning, och gemensamma utvecklingsprogram för flyg och sjöfart.

Med mycket av den avancerade utvecklingen inom ett fåtal stora företag, vilket i sig är en styrka, finns samtidigt anledning att bredda innovationsbasen. Incitament, testmiljöer och offentlig upphandling kan användas mer aktivt för att stimulera mindre företag och nya konstellationer att bidra med komponenter, mjukvara och tjänster runt framdrivningssystemen. Teknikskiftet mot elektrifierade och vätgasbaserade framdrivningssystem kräver också utbyggd ladd- och tankinfrastruktur, justerade regelverk för säkerhet och ansvar, och långsiktiga spelregler som gör det attraktivt att investera i nya lösningar. Här har Sverige redan tagit flera steg, men det finns fortsatt behov av samordning mellan transport-, energi-, närings- och försvarspolitikerna för att undvika flaskhalsar och motsägelsefulla signaler.

Om dessa förutsättningar hanteras väl har Sverige möjlighet att vara en ledande utvecklings- och demonstrationsmiljö för tunga elektrifierade transporter. Det finns också potential att ta nischer inom el- och hybridlösningar för sjöfart och regionalflyg. Möjligheter finns även inom elektrifierade gruvor och industriella mobilitetsmiljöer. Dessutom kan Sverige utveckla avancerade systemlösningar där framdrivning kopplas till energilagring, laddinfrastruktur, sensorer, AI, autonoma funktioner och rymdbaserade tjänster för positionering och kommunikation. På så vis kan Sverige stärka rollen som strategisk partner i europeiska satsningar på hållbara och resilienta transport- och logistiksystem.

SWOT-analys

Styrkor

- Stark forsknings- och ingenjörskompetens inom fordons-, flyg- och marinteknik, elektrifiering, systemintegration och styrsystem.
- Etablerade industriföretag med lång erfarenhet av framdrivningsteknik och globala marknader.
- Väl utvecklade samverkansmiljöer och testbäddar för fordon, eldrivlinor och nya bränslen.
- Hög omställningsvilja kopplad till klimatmål och elektrifiering av transporter.

- Starkt utgångsläge inom elektrifierade gruvor och andra industriella mobilitetsmiljöer.

Svagheter

- Relativt svag startup- och riskkapitalmiljö specifikt kring framdrivningsteknik; få nya snabbväxande företag.
- Beroende av internationella leverantörer för flera nyckelkomponenter, material och bränslen.
- Stor del av FoU-verksamheten koncentrerad till några få stora aktörer, vilket kan begränsa bredden i innovationen.
- Begränsad hemmamarknad, vilket försvårar uppskalning av nya lösningar utan tidig export.
- Brist på storskaliga pilot- och demoanläggningar jämfört med konkurrerande regioner.

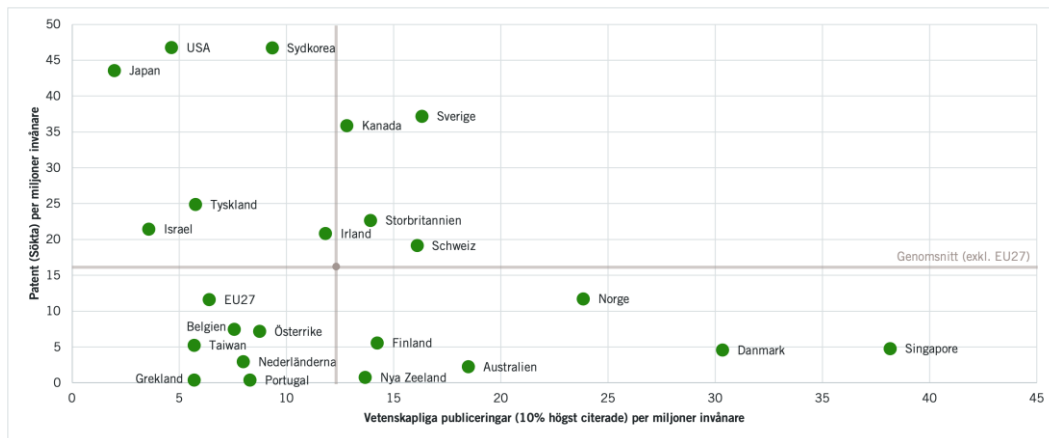
Möjligheter

- Elektrifiering och klimatkrav driver global efterfrågan på nya framdrivningslösningar inom tunga vägtransporter, sjöfart och regionalflyg.
- Möjlighet att kombinera framdrivningskompetens med styrkor inom batterier, kraftelektronik, material, data och AI.
- Europeiska satsningar på hållbar mobilitet, försörjningstrygghet och försvar där Sverige kan ta en tydlig roll som partner och testland.
- Nya affärsmodeller kring tjänstefiering, prediktivt underhåll och livscykelansvar för framdrivningssystem.

Hot

- Hård internationell konkurrens från större ekonomier med större industriprogram och mer riskkapital, med risk att värdekedjor flyttar dit om investeringstakten i Sverige blir för låg.
- Ökad geopolitisk osäkerhet och resurskonkurrens som kan störa tillgången till energi, bränslen och kritiska material.
- Risker att reglering och infrastrukturutbyggnad inte hinner i takt med teknikutvecklingen, inklusive osäkerheter i EU:s reglering, vilket bromsar adoption.
- Ökade krav på cybersäkerhet och funktionssäkerhet i uppkopplade framdrivningssystem, där brister kan få stora konsekvenser.

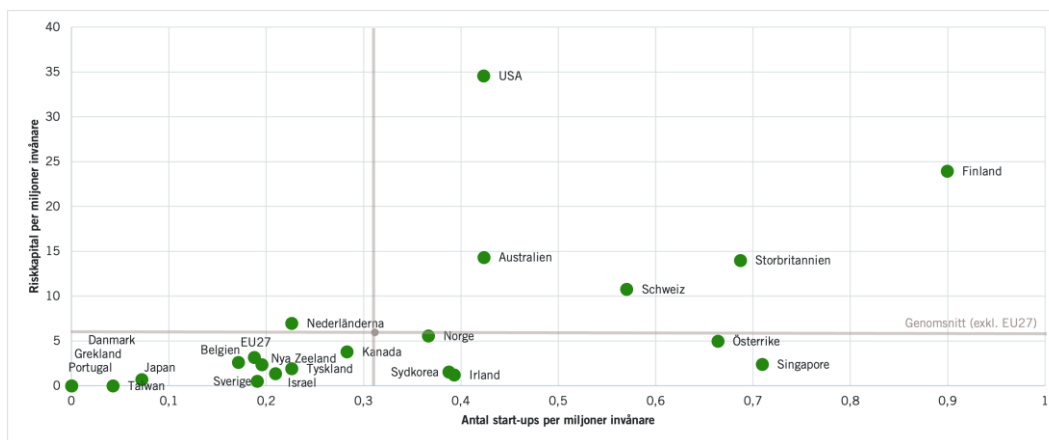
Framdrivningsteknik – Vetenskaplig publicering och patentering 2019–2024 per miljon invånare



Källa: Web of Science och PATSTAT

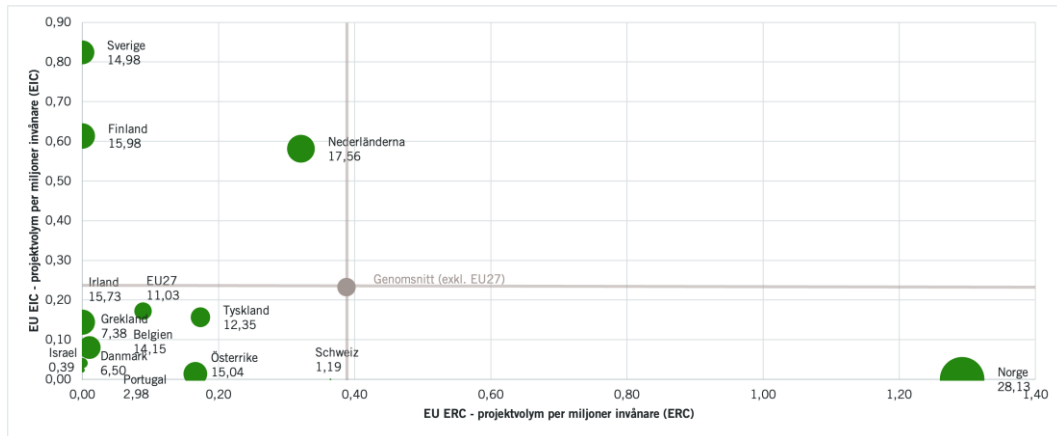
Kommentar: Vetenskapliga publiceringar avser 10% högst citerade artiklar i världen. Patent avser beviljade patent i USPTO.

Framdrivningsteknik – Antal startups och riskkapitalinvesteringar (USD) 2019–2024 per miljon invånare



Källa: Pitchbook

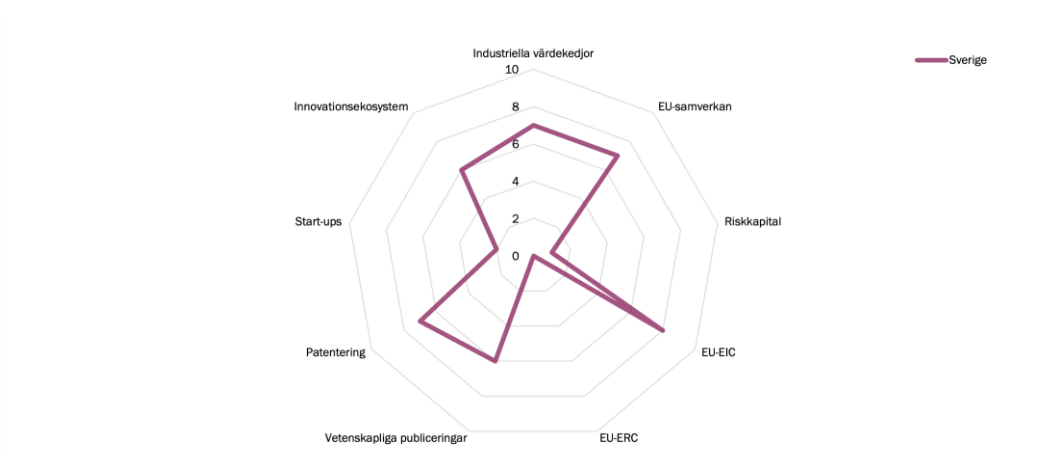
Framdrivningsteknik – EU-deltagande (EURO) i ERC, EIC och i övriga delar av EU:s ramprogram 2020–2024 per miljon invånare



Källa: EU:s CORDIS-databas

Kommentar: EU-deltagandet avser total projektsättning i EURO.

Framdrivningsteknik – Samlad bedömning av Sveriges internationella konkurrenskraft i olika dimensioner



Kommentar: Bedömningarna är baserade på kvantitativa data och kvalitativa underlag från dialoger och dokumentanalyser på en 10-gradig skala.

3.12 Rymdteknik

Rymdteknik omfattar teknik och system för att utveckla, skjuta upp, driva och använda rymdburna plattformar samt för att hantera data och tjänster som bygger på rymdinfrastruktur. Området spänner från uppskjutnings- och testkapacitet, satelliter och nyttolaster, framdrivning, sensorer och ombordelektronik, till marksegment, kommunikation, datainfrastruktur och tillämpningar i andra sektorer. Rymdteknik har en tydlig dual-use-karaktär: samma kapacitet som stödjer klimat- och samhällstjänster kan också vara central för försvar, säkerhet och robusthet i kritisk infrastruktur. Utvecklingen drivs av geopolitik, ökade behov av jordobservationsdata och Europas ambition att stärka en mer oberoende rymdkapacitet.

Teknikområdet utvecklas snabbt och präglas av tre skiften. Övergången till distribuerade och datadrivna rymdsystem innebär att småsatelliter och konstellationer, ofta byggda på modulära plattformar, sänker kostnader och förkortar utvecklingscykler. AI och avancerad signal- och databehandling används i ökande grad både ombord och på marken. Det andra skiftet innebär att rymd i allt högre grad ses som säkerhetskritisk infrastruktur. Fokus ökar på rymdlägesbild (Space Situational Awareness, SSA), skydd mot störning och sabotage samt försörjningstrygghet i leveranskedjor. Slutligen integreras rymddata alltmer i industriella och offentliga besluts- och styrsystem. Det skapar nya affärsmodeller, men också nya beroenden och sårbarheter.

Rymdteknik har därmed blivit en grundläggande infrastruktur för datahantering, säkerhet, klimatövervakning och industriell utveckling. Denna utveckling kopplas ofta till begreppet "new space" – en snabbt växande sektor där privata aktörer och nya affärsmodeller driver innovation och ökar tillgången till rymdbaserade tjänster. Samtidigt har EU successivt skärpt sin rymdpolitik. Galileo och Copernicus är fortsatt kärnan i europeisk infrastruktur för positionering, navigation och tid (PNT) samt jordobservation. Nya initiativ för säker satellitkommunikation, mer harmoniserad rymdlagstiftning och ett ökat fokus på rymdsäkerhet och hållbarhet stärker kopplingen mellan kommersiell utveckling, säkerhet och långsiktigt ansvar, inklusive hantering av rymdskrot.

Hur har Sveriges position utvecklats?

Sverige har en tydlig styrkeposition inom flera delar av rymdteknikens värdekedja, men bilden är mer blandad när det gäller kommersialisering och snabb uppskalning. I ett europeiskt perspektiv är Esrange en strategisk tillgång som ger Sverige en stark roll i test, verifiering och uppskjutningsnära verksamhet. Svenska aktörer har också etablerade styrkor i ombordelektronik, sensorer, kommunikationslösningar och system som används i europeiska rymdprogram och satellitplattformar. Sammantaget framträder Sverige som en komponent- och systemaktör i europeiska värdekedjor, med särskild tyngd i teknik som kopplar rymd till telekom, datahantering och avancerad mätteknik.

Den rymdrelaterade akademiska publiceringen har ökat tydligt de senaste åren. Fältet domineras av Kina (drygt 30%) och USA (cirka 15%) men EU27 står för ca 40%, följt av större europeiska och asiatiska länder. Sveriges 1,5% motsvarar en 16:e plats i volym. Genomslaget är samtidigt högt: nära 18 procent av de svenska publikationerna tillhör de 10 procent mest citerade. Per capita ligger publiceringsnivån över både EU-snittet och USA, och den genomsnittliga citeringsnivån ligger över både världs- och Europasnitt. Den svenska profilen är inriktad på avancerad reglerteknik och automation, rymd- och flygteknik samt material- och konstruktionsfrågor för extrema miljöer och livstidsförlängning, ofta med hållbarhets- och systemperspektiv.

Patentindikatorerna förstärker bilden av Sverige som en tekniskt stark nischaktör. USA står för drygt hälften av ansökningarna registrerade sedan 2019, följt av Kina, Sydkorea och Japan. Sverige står för 4,4 procent av ansökningarna inom rymdteknik och för närmare 40 procent av de europeiska ansökningarna i USA under samma period. Tyngdpunkten ligger på satellitkommunikation, trådlösa nät, antenn- och sensorteknik samt integrerade rymd-telekomsystem. Det ligger i linje med svenska styrkor inom 5G/6G och avancerad radio, och tyder på att svensk FoU i relativt hög grad omsätts i skyddsvärda lösningar kopplade till starka industrimiljöer och internationella program.

Sveriges deltagande i EU:s forsknings- och innovationsprogram inom rymdteknik är stabilt. Sverige ligger över EU-genomsnittet per capita i ERC. Samtidigt ligger Sverige under EU-genomsnittet i EIC, vilket indikerar att färre rymdrelaterade innovationsprojekt når de mer marknads- och uppskalningsnära EU-instrumenten. I övriga delar av ramprogrammet ligger Sverige nära EU-genomsnittet per capita. Sammantaget har Sverige god FoU-anknytning och stark kvalitet, men ett tydligt glapp i steget från teknik till marknad i konkurrens med större ekosystem.

Det glappet syns även i marknadsindikatorer. Antalet startups inom rymdteknik per capita ligger ungefär i nivå med, eller något över, EU-genomsnittet men under USA. Riskkapitalinvesteringar per capita är samtidigt klart lägre än EU-genomsnittet och långt under USA. Det innebär att nyföretagande finns, men att ekosystemet för finansiering av snabb skalning och internationell marknadsetablering är svagare. Sveriges position är därför starkast i forskningsintensiva nischer och i europeiska värdekedjor för komponenter, test och system, medan uppskalning och kommersiell bredd i användnings- och tjänsteledet är mer begränsad.

Sveriges innovationsekosystem och FoU-miljöer

Sveriges innovationsekosystem inom rymdteknik är forskningsmässigt starkt och i flera delar strategiskt viktigt för Europa. Ekosystemet är relativt koncentrerat och präglas av tydliga noder där akademi, institut och industri möts. FoU-miljöerna spänner från rymdfysik och instrumentering till satellitkommunikation, autonoma system, sensorteknik och dataanalys. En viktig styrka är välutvecklade test- och verifieringsmiljöer som möjliggör kvalificerad provning i relevanta miljöer, vilket är avgörande för att rymdsystem ska bli robusta, certifierbara och exportmogna.

Samarbetet med Europeiska rymdorganisationen (ESA) och deltagandet i ESA-program är en central del av ekosystemet. Det ger svenska aktörer tillgång till avancerad infrastruktur och internationella nätverk, och möjlighet att påverka standarder. ESA:s inkubatorer, ESA BIC (Business Incubation Centres), bidrar dessutom till att stötta framväxande, tekniktunga företag inom rymdtjänster och hårdvarunära innovation.

Ekosystemet domineras samtidigt av ett fåtal större aktörer och ett antal specialiserade mindre företag som bär en stor del av den tekniska utvecklingen. Swedish Space Corporation utgör navet i den svenska rymdinfrastrukturen och är med ESRANGE Space Center en europeisk nyckelresurs. ESRANGE ger Sverige och EU unik uppskjutnings- och testkapacitet, inklusive responsiva uppskjutningar med kort framförhållning, vilket blir allt viktigare för totalförsvaret och den ekonomiska säkerheten. Kapaciteten utvecklas nu för orbitala uppskjutningar och på sikt även för potentiellt återanvändbara bärraketer. BEYOND GRAVITYS omborddatorer används i många europeiska satelliter, och GKN AEROSPACE levererar avancerade framdrivningskomponenter till bärraketen Ariane 6. Tillsammans ger dessa aktörer Sverige en plats i Europas rymdindustriella kärna.

Samtidigt finns flera starka nischer med utvecklingspotential, exempelvis sensorer, småsatelliter, rymd-AI, marksegment och kommunikation. Däremot finns få stora systemintegratörer med global kommersiell räckvidd, och den civila användningen av rymddata i offentlig sektor och näringsliv är mindre utvecklad än i flera jämförbara länder. Många initiativ stannar vid pilotstudier och demonstrationer och blir sällan fullskaliga produkter eller tjänster. En viktig förklaring är att steget från prototyp och test till drift i större skala ofta är svårt att finansiera. Hårdvarutunga rymdprojekt har långa ledtider och hög teknisk risk, vilket gör att privat kapital kan vara svårt att mobilisera i tidiga skeden. För att fler lösningar ska nå marknaden krävs därför mer uthålliga satsningar på systemdemonstration, certifiering och marknadsetablering, ofta i samspel med ESA/EU-program och internationella partners.

Vilken betydelse har teknikområdet för Sverige?

Rymdteknik är en strategisk möjliggörare för Sverige och påverkar både konkurrenskraft, resiliens och säkerhet. Utvecklingen går snabbt från att rymdtjänster främst varit en fråga om innovation och effektivisering till att i allt högre grad bli en fråga om försörjning, robusthet och samhällskritisk funktion. Samtidigt innebär "new space" att rymd inte längre bör förstås som en avgränsad sektor, utan som en möjliggörande infrastruktur som integreras i många andra områden.

Rymdtjänster för kommunikation, positionering, navigation och tidssynkronisering (PNT) samt jordobservation är i dag grundläggande för svenska värdekedjor inom transport, energi, finans, jord- och skogsbruk, gruvor, digital infrastruktur och klimatarbete. Svensk konkurrenskraft blir därmed alltmer beroende av robusta rymdbaserade tjänster, både i globala system och i system där svenska aktörer medverkar i utveckling och drift. Konstellationer i låg omloppsbana (LEO, Low Earth Orbit) och integrerade rymd-telekomlösningar är särskilt viktiga eftersom de kan ge låg latens, hög bandbredd och

ökad robusthet i kritiska nät, inte minst i glesbygd och i Arktis. Rymdområdet bidrar också till export och industrinära teknikutveckling, exempelvis genom sensorer, antenner och andra rymdkomponenter, telekomutrustning samt avancerad signal- och databehandling. Kombinationen av rymdsensorer, dataanalys och AI öppnar samtidigt för nya tillämpningar, såsom precisionsskogbruk, övervakning av hav och miljö samt tillståndsbaserad övervakning av infrastruktur.

Ur ett resiliens- och säkerhetsperspektiv är rymd särskilt betydelsefullt eftersom rymdbaserade funktioner både är svåra att ersätta snabbt och kan bli mål för störning, cyberangrepp eller fysisk påverkan. EU:s Space Strategy for Security and Defence lyfter rymdinfrastrukturens roll för civil beredskap, militär förmåga och krishantering, samt behovet av skydd mot hot och störningar. Sverige, som medlem i Nato, ser rymdsystem för övervakning, PNT, kommunikation och underrättelser som en integrerad del av totalförsvaret. Möjligheten att kunna skjuta upp satelliter med kort varsel från Esrange har därför fått en tydligare roll i det säkerhetsrelaterade perspektivet på rymd.

Rymdteknik har dessutom starka kopplingar till andra strategiska teknikområden. Halvledare, kommunikationssystem, sensorer, AI, avancerad mätteknik och robotik är djupt integrerade i rymdens värdekedjor, samtidigt som rymddata och rymdkommunikation stärker robustheten i energi-, transport- och digitala system på marken. Därför är rymdteknik både ett kritiskt beroende och en förstärkare av svensk konkurrenskraft och resiliens.

Förutsättningar och möjligheter för Sverige

Sverige har goda förutsättningar att stärka sin roll i europeiska rymdvärdekedjor, särskilt i nischer där svensk kompetens redan är stark: test och verifiering, ombordelektronik och kommunikation, sensorer samt rymdrelaterad datahantering. Europas ökade fokus på oberoende, säker kommunikation och robusta system skapar nya möjligheter för svenska aktörer som teknikpartner och leverantör. Esrange är en strategisk tillgång som kan utvecklas till ett europeiskt nav för uppskjutningar, raketttester och rymdrelaterad forskning. Tillsammans med svenska nischföretag kan detta också bygga nya industriella spår inom uppskjutningsnära tjänster, integration, test, marksegment och drift.

En viktig möjlighet är att fördjupa svensk specialisering inom rymdsensorer, jordobservation och säkra kommunikationssystem och koppla den till tillämpningar inom new space-sektorn. Genom att kombinera rymddata – klimat- och miljö, skog och hav, urbana miljöer och kritisk infrastruktur – med svensk styrka i sensorteknik och AI-baserad dataanalys kan Sverige i större utsträckning leverera tjänster och beslutsstöd, inte bara komponenter. Det kan också stärka värdeskapandet i de senare leden, när data omsätts i tjänster och affärsnytta.

EU-nivån är avgörande. EU:s satsningar på strategisk autonomi, säker satellitkommunikation och rymdsäkerhet kan fungera som hävstång. Genom aktiv

medverkan i program och partnerskap kan Sverige både ta roller i framtida europeisk infrastruktur och påverka standarder och regelverk.

För att ta vara på möjligheterna behövs ett bättre samspel mellan akademi, industri och offentliga aktörer. Fokus behöver ligga på tekniköverföring, demonstration och på att fler lösningar går från pilot till drift i större skala. Kommersialiseringen av rymddata i civila sektorer behöver också stärkas. Innovationsprogram och offentlig upphandling kan bidra genom att efterfråga rymdbaserade lösningar där Sverige har tydliga behov och kan bli en tidig referens.

Sammantaget har Sverige ett nischat men konkurrenskraftigt ekosystem inom rymdteknik. Den avgörande frågan framåt är om Sverige lyckas skala och kommersialisera och göra rymdteknik till en integrerad del av industri, säkerhet och samhällsinfrastruktur.

SWOT-analys

Styrkor

- ESRANGE som unik europeisk infrastruktur för test, verifiering och uppskjutningsnära verksamhet.
- Starka nischer inom satellitkommunikation, antenner, sensorer och ombordelektronik.
- Hög vetenskaplig kvalitet och tydlig patentspecialisering inom rymd–telekom och relaterad signalbehandling.
- Väl etablerade FoU-miljöer och lång erfarenhet av ESA- och EU-samarbeten.

Svagheter

- Litet och koncentrerat industrikluster, med få svenska systemintegratörer med global kommersiell räckvidd.
- Svagare kommersialisering i användnings- och tjänsteledet; många initiativ stannar vid pilot och demo.
- Begränsad privat kapitaltillgång för hårdvarutunga satsningar och långsam skalning av deeptechbolag.
- Hög beroendegrad av internationella program, standarder, komponentkedjor och uppskjutningskapacitet.
- Otydlighet i nationell samordning kring rymddata, säkerhet, prioriteringar och offentlig efterfrågan.

Möjligheter

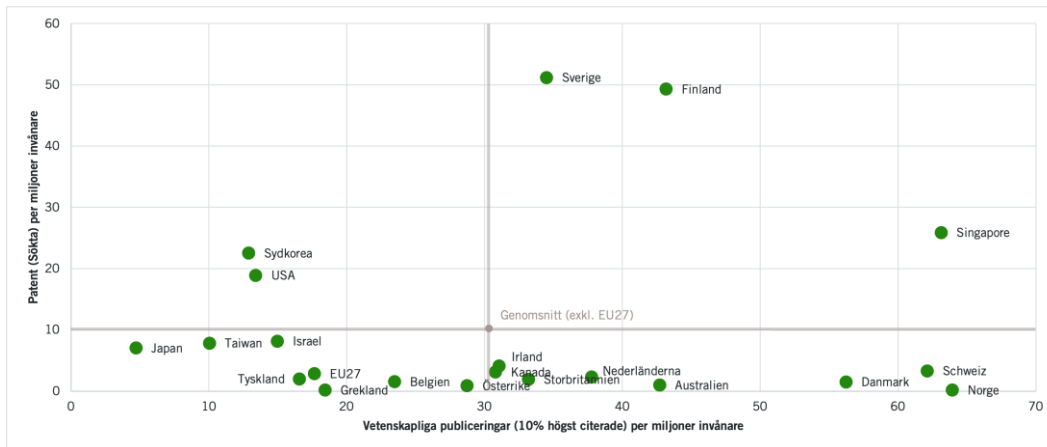
- EU:s ökade fokus på strategisk autonomi, säker satellitkommunikation och rymdsäkerhet.
- ESRANGE som europeiskt nav för responsiva missioner, test, integration och uppskjutningsrelaterade tjänster.

- Växande efterfrågan på klimat-, miljö- och säkerhetsrelaterad jordobservation och beslutsstöd.
- Kombinera rymdsensorer, AI och 5G/6G till konkurrenskraftiga nischlösningar inom kommunikation och övervakning.
- Fördjupade EU- och Nato-samarbeten som kan ge fler projekt, investeringar och industriella partnerskap.

Hot

- Hård global konkurrens från stora statliga satsningar och privata konstellationer med snabbare skalning.
- Geopolitiska spänningar och exportkontroller som påverkar komponenttillgång, samarbeten och marknadstillträde.
- Ökad sårbarhet för störning, spoofing och cyberangrepp mot PNT och satellitkommunikation.
- Risk att Sverige blir kvar i FoI och komponentroller medan värdeskapandet i tjänsteledet hamnar i andra länder.
- Rymdskrot, trängsel i omloppsbanor och skärpt reglering som kan höja kostnader och öka barriärer för nya aktörer.

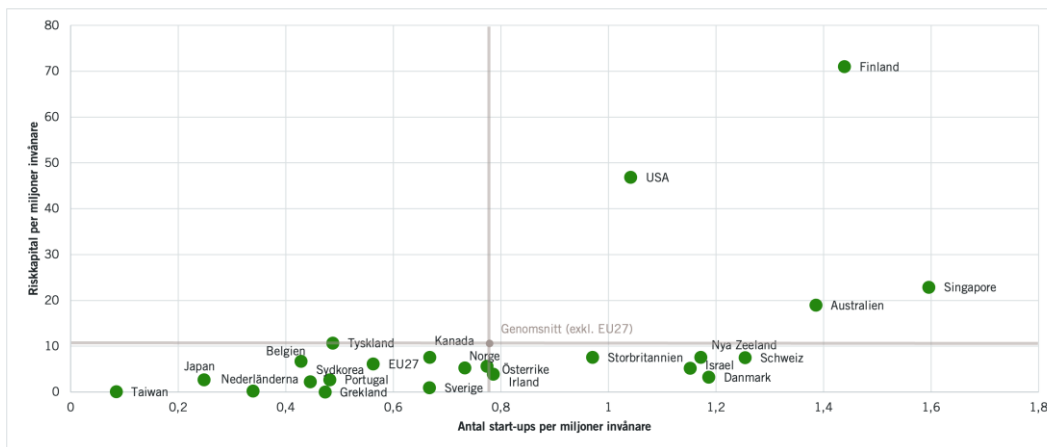
Rymdteknik – Vetenskaplig publicering och patentering 2019–2024 per miljon invånare



Källa: Web of Science och PATSTAT

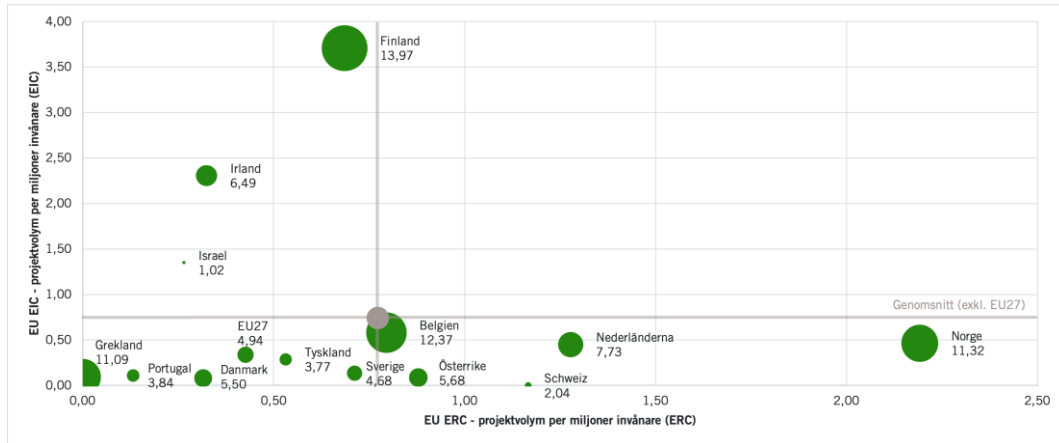
Kommentar: Vetenskapliga publiceringar avser 10% högst citerade artiklar i världen. Patent avser beviljade patent i USPTO.

Rymdteknik – Antal startups och riskkapitalinvesteringar (USD) 2019–2024 per miljon invånare



Källa: Pitchbook

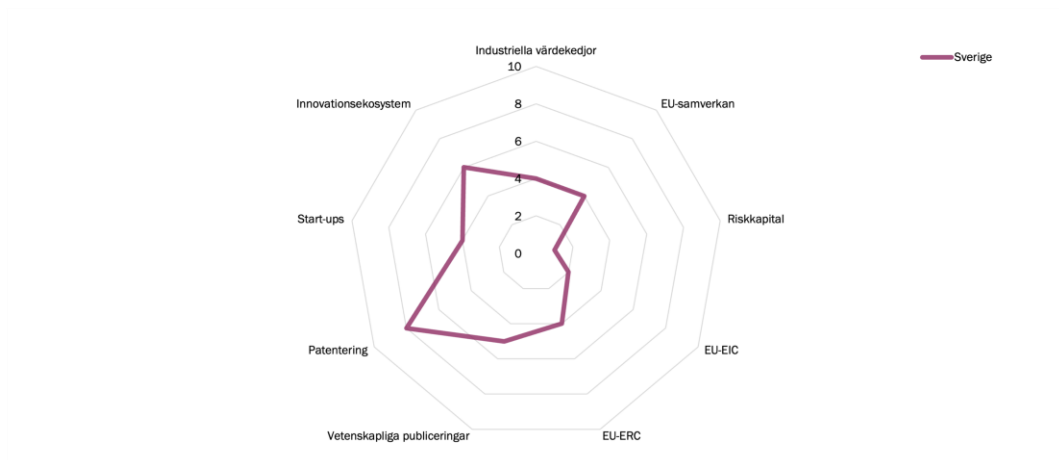
Rymdteknik – EU-deltagande (EURO) i ERC, EIC och i övriga delar av EU:s ramprogram 2020–2024 per miljon invånare



Källa: EU:s CORDIS-databas

Kommentar: EU-deltagandet avser total projektsättning i EURO.

Rymdteknik – Samlad bedömning av Sveriges internationella konkurrenskraft i olika dimensioner



Kommentar: Bedömningarna är baserade på kvantitativa data och kvalitativa underlag från dialoger och dokumentanalyser på en 10-gradig skala.

4 Teknikkonvergens och industriella värdekedjor

I det här kapitlet analyseras hur de tolv strategiskt viktiga teknikområdena hänger ihop genom teknikkonvergens och globala värdekedjor.

Utgångspunkten är att innovationer sällan bygger på enskilda tekniker, utan på kombinationer av tekniska, industriella och institutionella förmågor. Kopplingar mellan teknikområden påverkar både konkurrenskraft, säkerhet och samhällets förmåga att ställa om.

Det finns betydande kopplingar mellan olika strategiskt viktiga teknikområden. Innovationer och industriella tillämpningar baseras oftast på kombinationer av olika tekniker, tillsammans med andra resurser och förmågor. Teknikkonvergens har alltid varit en central drivkraft för teknikutvecklingen och drivs av att behov av lösningar i näringsliv och samhälle kräver kombinationer av tekniker. Teknikkonvergenserna drivs också av att teknikutvecklingen i sig själv möjliggör och ger drivkrafter för nya teknikkombinationer. Det innebär i många fall starka ömsesidiga utvecklingsberoenden och nya innovationsmöjligheter. Kopplingar och konvergens mellan olika teknikområden är komplexa, både i industriella värdekedjor och inom forskning och utveckling. Förmåga att koppla ihop olika tekniker, kompetenser och andra resurser är ofta avgörande för konkurrenskraft och innovationsförmåga.

I Vinnovas analys av strategiska tekniker 2024 analyserades kopplingar mellan olika teknikområden översiktligt. Sedan den analysen har konvergens mellan olika strategiskt viktiga teknikområden accelererat, i synnerhet konvergens i teknikutvecklingen mellan AI och andra teknikområden. I detta kapitel görs, jämfört med 2024 års rapport, en fördjupad analys av konvergens mellan olika teknikområden.

I avsnitt 4.1 sammanfattas internationella analyser av teknikkonvergens, där OECD, EU-kommissionen och andra aktörer pekar ut ett antal kärnområden där konvergens accelererar. I avsnitt 4.2 fördjupas analysen med hjälp av en AI-baserad dokumentanalys av omkring 11 000 observationer, där sex konvergensarenor och ett trettiotal delområden kartläggs med hjälp av en radarfigur och nätverksanalyser. Avsnittet visar hur teknikkonvergens ser ut globalt, hur den knyter an till centrala värdekedjor och hur Sveriges utgångsläge ser ut i ljuset av resultaten i kapitel 3. I avsnitt 4.3 knyts detta till de aktörsdialoger som genomförts i analysarbetet. Där diskuteras hur teknikkombinationer påverkar industriella värdekedjor i praktiken, och vilka strategiska möjligheter som öppnas för Sverige.

4.1 Konvergens mellan teknikområden – internationella analyser

De senaste åren har teknikkonvergensen mellan olika strategiskt viktiga teknikområden accelererat. OECD:s rapport STI Outlook 2025 lyfter fram att teknikkonvergens är en nyckeltrend och en strukturell katalysator för konkurrenskraft, säkerhet och hållbar omställning ur två perspektiv:

- **Produktperspektivet:** Tidigare separata teknologier som kombineras och integreras eller utvecklas tillsammans (co-evolution).
- **Processperspektivet:** Mekanismer och processer som skapar förutsättningar för konvergens mellan discipliner och metoder som leder till framväxt av helt nya kunskaps- och teknikområden.

Teknikkonvergens drivs av olika vetenskapliga, teknologiska och marknadsmässiga faktorer och sammanhang. Kunskap, verktyg och aktörer från olika områden integreras för att skapa lösningar på komplexa problem, på nya och ofta transformativa sätt. Ett exempel är konvergens mellan syntetisk biologi, neurovetenskap, kvantfysik, rymdteknik och digitalisering, där AI fungerar både som sammanhållande möjliggörare och som banbrytande teknik. Detta möjliggör tillämpningar som hjärna-maskingränssnitt (Brain-Computer Interface, BCI), kvantbiosensorer och många andra lösningar som spänner över flera sektorer. Samtidigt driver mer avancerade sensorer och datanät AI-prestanda. AI-utvecklingen kräver och stimulerar i sin tur framsteg i hårdvaruutveckling och beräkningskapacitet.

Accelerationen i framväxten av nya mönster i teknikkonvergenser ställer ökande krav på förmåga att följa, förstå och värdera teknikutvecklingen. Ett stort antal internationella omvärldsanalyser och horisontspaningar (horizon scanning), sammanställda av OECD, World Economic Forum och EU-kommissionens Joint Research Centre (JRC), pekar samstämmigt ut ett antal kärnområden för framväxande teknikkonvergenser av stor betydelse:⁵⁴

- **AI och digitalisering som dominerande drivkraft:** En genomgripande möjliggörare och en tvärgående katalysator som kopplar samman delområden som generativ AI och maskininlärning, avancerad dataanalys och sakernas internet (IoT), metaversum och immersiva tekniker samt cybersäkerhet och integritetsteknik.
- **Nästa generations beräkningsplattformar** med kvantteknik, neuromorfik och edge: En konvergerande beräkningsrevolution med olika paradigmer (kvant, biologiskt inspirerad, distribuerad edge) som utvecklas parallellt och som kommer att leverera exponentiellt högre prestanda. Samtidigt kan denna utveckling förändra både civila och militära tillämpningar i grunden.

⁵⁴ OECD (2025) *Is technology horizon scanning for you? An introduction for policy makers and an analysis of existing horizon scans*. (forthcoming) World Economic Forum (2025) *Technology Convergence Report 2025* <https://www.weforum.org/publications/technology-convergence-report-2025/> och European Commission, Joint Research Centre JRC (2023). *Scanning Deep Tech Horizons: participatory collection and assessment of signals and trends* [JRC134369_01.pdf](#).

- **Bioteknik och hälsa i samverkan med AI:** En explosiv utveckling där biologi och digital teknik konvergerar. AI och datadriven innovation ger bioteknik och hälsa en kraftfull teknisk hävstång. I läkemedelsutvecklingen skyndar AI på identifiering av molekylkandidater. I folkhälsoutvecklingen kan mobildata och maskininlärning spåra epidemier och pandemier. I utvecklingen av precisionsmedicin gör konvergens mellan medicinsk forskning, storskalig dataanalys och AI det möjligt med effektiv och individuellt anpassad prevention och behandling.
- **Nya material och tillverkningsmetoder – nycklar för digital och grön omställning:** Avancerade batterimaterial som bygger på konvergens av materialforskning, fordonsdesign och energiteknik; additiv tillverkning som förenar tillverkningsteknik, materialvetenskap och mjukvarudesign; samt cirkulära produktionsmodeller där grön teknik och digitalisering smälter samman i industrin för både klimatnytta och produktivitet.
- **Energisystem och nettonollteknik för systeminnovation:** Förnybar energi, energilagring och grön vätgas utvecklas genom konvergens mellan materialteknik, AI och digitala lösningar. Energiomställningen fungerar som ett centralt nav som kopplar ihop olika industriella värdekedjor och samhällssektorer, som transportsystem, fossilfri industriell utveckling och livsmedelssystem. Framsteg inom ett område skapar förutsättningar för utveckling inom andra områden, exempelvis elektrifierade fordon, koldioxidinfångning och klimatsmarta matsystem.
- **Rymd- och mobilitetsteknik som utvecklas tillsammans:** Billigare uppskjutningar och småsatelliter har sänkt kostnaderna för rymdinfrastruktur. Det har gjort det möjligt att använda svärmar av satelliter för kommunikation och jordobservation, där AI och nanomaterial optimerar konstellationer och nätverk. Samtidigt pågår en dubbel revolution inom transport – fordon blir både autonoma och elektrifierade, vilket kräver konvergens mellan sensorer, AI, batteriteknik och smarta elnät. Städer utvecklar smart infrastruktur med AI, IoT, och 5G för att optimera trafik- och mobilitetstjänster.

Drivkrafterna bakom de accelererande teknikkonvergenserna inom dessa områden drivs i hög grad av innovationsbehov i näringsliv och samhälle. Samtidigt är de olika teknikerna inom dessa områden nära sammanflätade med varandra och utvecklingsberoendena mellan de olika områdena är starka.

Accelererande teknikkonvergenser innebär att säkerhet, reglering och etik blir alltmer centrala faktorer för en hållbar teknikutveckling. När tekniker flätas samman, exempelvis AI med fordon eller privata aktörer i rymden, ställs nya krav på regleringar och standarder för att hantera risker. Cyberhot mot uppkopplad infrastruktur eller satellitsystem innebär att cybersäkerhet måste tänkas in i designen från början. Samtidigt suddas traditionella gränser ut. Militär och civil användning av teknik flyter ihop. Rymdteknik och drönare har tydliga dual-use-egenskaper, vilket betyder att samma

teknik kan användas både civilt och militärt. Gränser mellan personligt och offentligt förskjuts, till exempel i övervakning och integritet i utvecklingen av smarta städer.

Ur ett geopolitiskt perspektiv har teknikkonvergens betydande politiska och strategiska implikationer för Europa, med hänsyn till både ambitionen om strategisk autonomi, AI-suveränitet och utvecklingspotentialen inom fysisk AI. AI-suveränitet diskuteras ofta som en juridisk eller etisk fråga, men den har också konkreta fysiska dimensioner: halvledarchip, datacenter, kommunikationsnät och elnät. Tillsammans utgör dessa kombinationer och konvergenser den "fysiska AI-stack" – grunden som avgör vilka språkmodeller som kan tränas, var data får flöda och vilka värderingar som byggs in i systemen.

Länder, i både Europa och i andra delar av världen, satsar stora resurser på att bygga AI-fabriker, datacenter och egna kommunikationsnät. Syftet är att bli starkare i den globala konkurrensen och samtidigt kunna vara mer oberoende⁵⁵. Samtidigt skapar ett ökat fokus på fysisk AI, alltså tillämpning av AI i industriella och fysiska miljöer och på AI-suveränitet, nya möjligheter. När Europa utvecklar mer avancerad teknik och klättrar i teknikstacken och värdekedjan kan det stärka sin position. Detta innebär bland annat följande skiften och konvergenser:

- Från fokus på data till fokus som omfattar både data och applikationer.
- Från branschstandardiserad molnmjukvara (SaaS) till specialiserade lösningar och nischer.
- Från kapplöpning om språkmodeller (LLM) till utveckling av världsmodeller, där ingen aktör ännu dominerar globalt.
- Från forskning till industriell skalning, där fysisk AI snabbt går från labb och pilotprojekt till full drift inom tillverkning, energi och hälsa.
- Från slutna modeller till öppna modeller och delad infrastruktur som gör det enklare att experimentera och bygga egna lösningar.

Ur ett teknikkonvergensperspektiv är fysisk AI en central mötespunkt. Ur ett europeiskt perspektiv hänger fysisk AI och AI-suveränitet nära ihop. Europa ligger efter USA och Kina när det gäller språkmodeller, men har starka positioner inom fordonsindustri, avancerad tillverkning, energi och telekom – områden där fysisk AI är avgörande. Genom att integrera AI i fabriker, fordon och elnät kan Europa skapa ett försprång, baserat på sina industriella styrkor. För att uppnå suveränitet krävs en pragmatisk strategi: acceptera global hårdvara men säkra kontroll över data, infrastruktur och tillämpningar inom viktiga sektorer.

⁵⁵ Gupta, G. (2025, July 28). *Emerging Tech: AI Vendor Race: Sovereign AI Has a Single Point of Failure* (ID G00823961). Gartner

4.2 Framväxande konvergensmönster

Det här avsnittet utgår från samma kunskapsbas som resten av rapporten men lägger fokus på vad som händer när flera teknikområden möts. I kapitel 3 analyseras de enskilda teknikområdena var för sig. Här riktar vi i stället blicken mot kopplingarna: hur teknikerna kombineras i praktiken, vilka nya delområden som växer fram och hur detta relaterar till globala värdekedjor.

Analysen bygger på tre huvudsakliga underlag:

- En omfattande kunskapsbas med omkring 11 000 spaningar från forskning, patent, policy och marknadsrapportering.
- En nätverksanalys där teknikområden, delområden och framväxande lösningar har kopplats ihop utifrån hur de förekommer tillsammans i materialet.
- Den kvantitativa databas av indikatorer för publikationer, patent, EU-projekt, startupaktivitet och riskkapital, som i kapitel 3 används för att beskriva Sveriges position per teknikområde. I det här kapitlet använder vi samma indikatorer men läser dem genom konvergensglasögon – vilka kombinationer av områden som är särskilt viktiga och hur Sverige står sig i just dessa kombinationer.

Kapitlets analys bygger på tre centrala begrepp: konvergensarenor, konvergenszoner och framväxande teknikspår. Konvergensarenor är breda fält där flera teknikområden möts kring tydliga samhällsutmaningar och fungerar som en karta över var teknikkombinationerna är mest koncentrerade:

- Data- och AI-centriska system.
- Nettonoll, energi och drivlinor
- Avancerade material och tillverkning.
- Kvant- och fotonikbaserad infrastruktur.
- Rymd- och jordobservationssystem.
- Bioteknik och bioekonomi.

Inom varje arena finns ett antal mer avgränsade konvergenszoner. Det är delområden där kombinationen av tekniker är särskilt tydlig och där aktiviteten i omvärlden är hög. Ett exempel är batterier och nätlagring i nettonollarenan, ett annat är data- och AI-baserade industriplattformar i den digitala arenan. Konvergenszonerna är i många fall tillräckligt konkreta för att kunna kopplas till delar av globala värdekedjor, till exempel specifika led i energi-, material- eller rymdsystem.

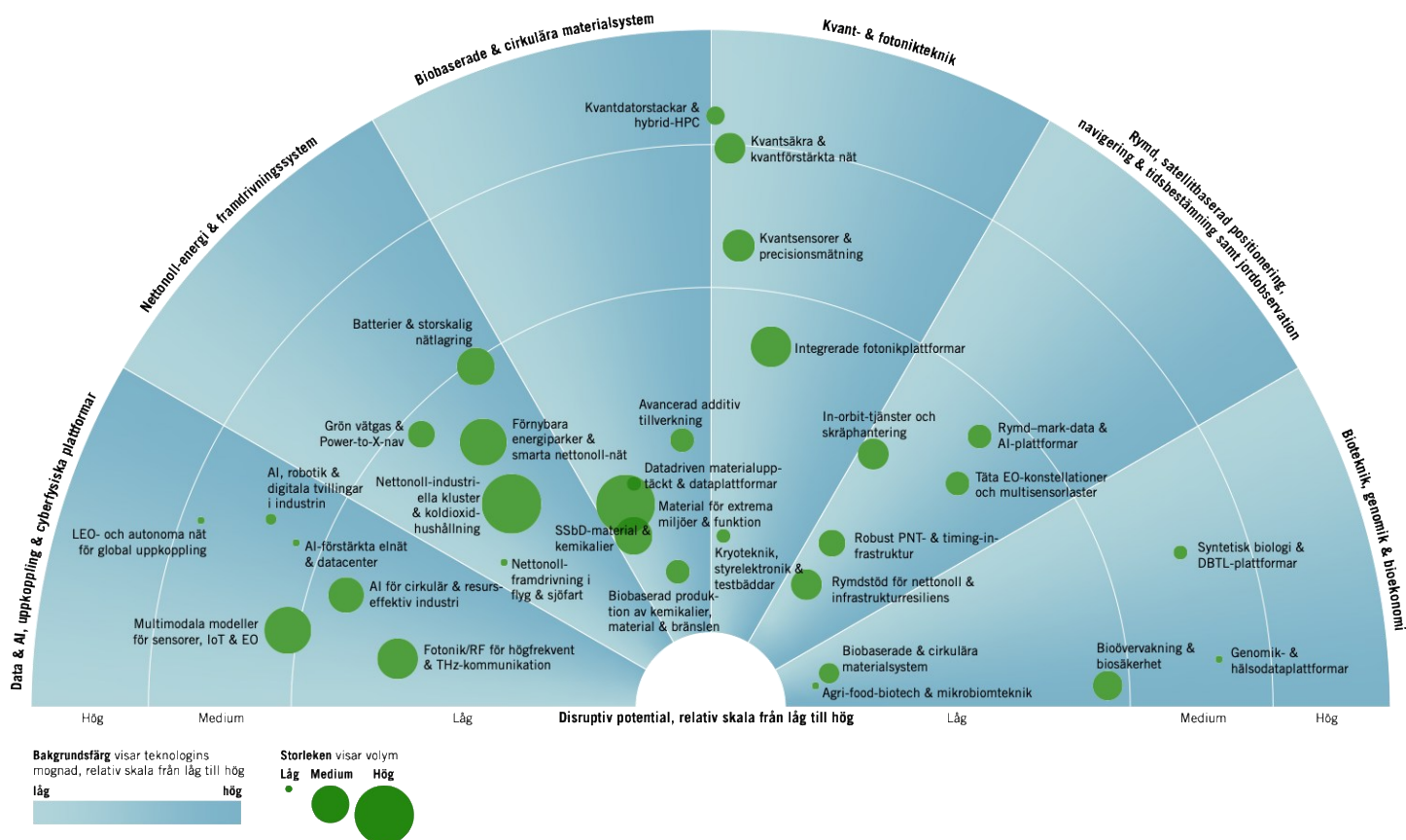
I zonerna finns i sin tur framväxande teknikspår, det vill säga mer precisa tekniska lösningar, plattformar eller tillämpningar. Ett teknikspår kan till exempel vara en viss typ av kvantsensor, en plattform för syntetisk biologi, en specifik typ av batterikemi eller en familj av AI-modeller. Teknikspåren används för att konkretisera arenorna och zonerna, men de presenteras inte en och en, utan fokus ligger på mönstren mellan dem.

Globala konvergensmönster

Teknikkonvergens utgör korsningen där nästa tekniksprång kan dra igång. När flera teknikfält börjar kopplas ihop – till exempel digital teknik, avancerade material, energilösningar, sensorer och nya produktionsmetoder – uppstår kombinationer som kan flytta prestandakurvor, stuva om värdekedjor och ändra spelreglerna för kostnad, effektivitet, säkerhet och skala. Det är i denna typ av korskopplingar som omvälvande teknikspåren formas, där disruptiva lösningar kan utvecklas snarare än inkrementell utveckling mot "ytterligare en bättre komponent". Genom att analysera var och hur sådana kombinationer återkommer i olika typer av datalager kan man identifiera tidiga signaler, framväxande teknikspår och områden där utvecklingen snabbt kan accelerera. Radarn nedan sammanfattar de tydligaste konvergensmönstren och visar samtidigt deras mognad och potentiella genomslag.

Radarbilden nedan sammanfattar ett trettiotal konvergenszoner fördelade över de sex arenorna. Varje sektor i radarn motsvarar en arena och varje bubbla ett delområde inom arenan. Radiellt kan man avläsa var konvergenszonen befinner sig i utvecklingskedjan: innerst sådant som fortfarande domineras av forskning och tidiga pilotprojekt, ytterst sådant som redan prövats och som nu implementeras. Placeringen medurs inom varje sektor speglar bedömd omvälvande potential och bubblornas storlek hur mycket material som kunskapsbasen innehåller om just det delområdet. Radarn ger på detta sätt en överblick över både mognad, genomslag och uppmärksamhet.

Mognad och banbrytande teknikutveckling i olika zoner av teknikkonvergens



Konvergensarenor med fokus på implementering och uppskalning

I digitala och AI-centriska system och i bio- och genomikarenan ligger många zoner relativt långt ut från centrum, med hög potential och stora bubblor. Det handlar till exempel om AI-drivna produktionssystem och digitala tvillingar, AI-stödda elnät och datacenter, genomik- och hälsodataplattformar för precisionsmedicin och nya biosäkerhetslösningar. Tekniken används redan brett men fortsätter att förändra arbetssätt, affärsmodeller och styrning i både företag och offentlig sektor. Dessa arenor kan beskrivas som implementeringsarenor – förändringen pågår nu och handlar lika mycket om uppskalning och styrning som om nya genombrott.

Konvergensarenor med tydlig värdekedjelogik

I nettonoll, energi och framdrivning samt i avancerade material och tillverkning ligger många zoner i mitten av radarn. De är mer mogna än de mest experimentella områdena, men ännu inte fullt ut implementerade. I energiarenan gäller det till exempel batterier och nätlagring, gröna vätgas- och power-to-X-lösningar, det vill säga energi till olika energibärare, och nettonollkluster. I material- och tillverkningsarenan handlar det om extremmaterial för energi och elektronik, safe-and-sustainable-by-design-material och avancerad additiv tillverkning. Tillsammans beskriver de en pågående omställning där

energisystem, industriella processer och byggd miljö systematiskt anpassas till klimatmålen. Logiken i värdekedjan är tydlig: nya material och processer måste anpassas, från råvaror och komponenter till färdiga system och tjänster.

Konvergensarenor i forsknings- och innovationsfronten

Kvant- och fotonikarenan samt delar av rymdarenan ligger närmare radarns centrum. Här är tekniken tidig men potentialen ofta mycket hög. Kvantdatorer, kvantsäkra kommunikationsnät, kvantsensorer och integrerade fotonikplattformar befinner sig huvudsakligen i forsknings- och pilotfas, men kan på sikt påverka allt från cybersäkerhet och materialforskning till finans, logistik och försvar. I rymdarenan gäller det bland annat omloppsbanetjänster, mer robusta system för position, navigation och tid samt avancerade jordobservationskonstellationer. Sammantaget kan dessa arenor beskrivas som banbrytande arenor: mycket av det ekonomiska och samhällsliga värdet ligger längre fram i tiden, men tidiga investeringar och vägval i dag avgör vilka länder och aktörer som får genomslag när tekniken mognar.

Samttaget framträder tre huvudtyper av konvergenszoner:

- Den första typen finns i arenor där tekniken redan används brett men fortsatt kan rita om kartan, framför allt inom data- och AI-centriska system och inom bioteknik och genomik.
- Den andra typen domineras av omställningen av befintliga system, där klimat och resurstryck driver hopkopplingen av flera teknikområden. Hit hör stora delar av energi-, material- och tillverkningsarenorna samt delar av rymdinfrastrukturen.
- Den tredje typen är de mer spekulativa gränsszonerna, där kvant- och fotoniklösningar och avancerade rymdsystem fortfarande är i forskningsfas men samtidigt håller på att få tydliga användarfall.

Resten av kapitlet går igenom arenorna en och en och kopplar radarbilden till både de underliggande teknikspåren och till Sveriges position i de berörda teknikområdena. Det gör det möjligt att peka ut vilka konvergenszoner som är särskilt relevanta för Sverige, var Sverige redan har ett försprång, var det finns tydliga gap och var det framför allt handlar om att bevaka och bygga kunskap inför framtida scenarier.

Sex centrala konvergensarenor

I radarbilden framträder sex arenor där flera teknikområden möts kring tydliga samhällsutmaningar. Tillsammans fångar de en stor del av den globala teknikkonvergens som kunskapsbasen identifierar. För varje arena beskrivs hur konvergensen ser ut, hur den knyter an till globala värdekedjor och hur Sveriges utgångsläge ser ut i ljuset av analyserna i kapitel 3.

De sex arenorna är fortfarande breda. För att fånga vad som sker i teknikutvecklingen har arenorna brutits ned i ett antal mer konkreta teknikspår. Det handlar om omkring 60

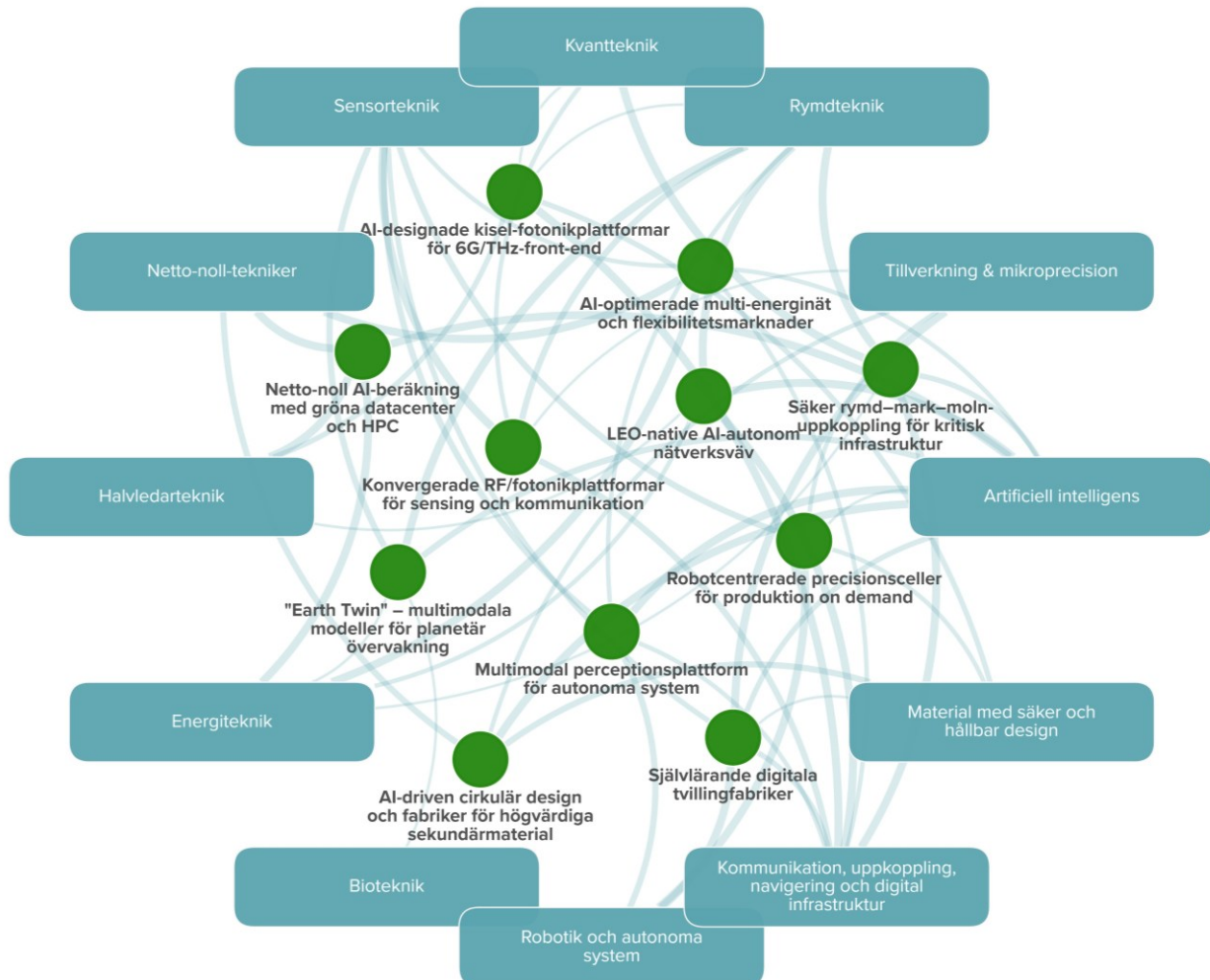
konkreta spår som representerar återkommande mönster i hur tekniker kombineras, vilka användningsfall som diskuteras och var investeringar och policyinitiativ tenderar att samlas.

Nätverksbilderna som hör till respektive arena visar hur de specifika teknikspåren kan kopplas till de bredare teknikområden i kapitel 3. Det är mönstren av kombinerade styrkor och kapaciteter inom kopplade teknikområden som indikerar potentialen inom varje teknikspår. I genomgången som följer lyfts framför allt dessa mönster, inte enskilda noder.

Data- och AI-centriska system

Den digitala arenan samlar teknikspår där data, uppkoppling och AI fungerar som bärande lager i allt från energisystem till industriproduktion och samhällsservice. I radarbilden ligger flera zoner i den yttre delen av sektorn, med hög omvälvande potential och relativt hög mognad. Det gäller till exempel AI-stödda elnät och datacenter, självlärande digitala tvillingar av fabriker och infrastruktursystem, samt multimodala AI-modeller som kan kombinera sensordata, IoT-flöden och satellitdata.

Data- och AI-centriska system



I värdekedjeperspektiv handlar arenan om både infrastruktur och om tillämpningar. Längst ned i kedjan finns datacenter, kommunikationsnät och sensorplattformar. Ovanpå dessa byggs plattformar för datainsamling, modellering och analys. Längst ut ligger tjänsterna: optimering av elnät, förutsäggande underhåll i industrin, logistik- och mobilitetstjänster, beslutsstöd i offentlig sektor och mycket annat. När tekniken mognar flyttas tyngdpunkten från enskilda algoritmer till hela system, där frågor om säkerhet, styrning och ansvar blir lika viktiga som själva prestandan.

Sveriges utgångsläge i den här arenan är starkt. Kapitel 3 visar att Sverige ligger högt per capita i vetenskaplig produktion inom AI, sensorteknik, kommunikation och angränsande digitala områden. Sverige har också en betydande närvaro i EU-projekt och en livlig startupmiljö inom AI, industriell digitalisering och digitala tjänster. Samtidigt är de största investeringarna i grundläggande AI-infrastruktur, mycket stora modellplattformar och globala molntjänster koncentrerade till ett fåtal internationella

aktörer. För Sverige blir det därför strategiskt viktigt att kunna kombinera egna styrkor med tillgång till internationella plattformar. Det är också viktigt att bygga starka användarmiljöer i industrin, energisektorn och offentlig sektor, snarare än att försöka kopiera de allra största aktörerna.

Nettonoll, energi och drivlinor

Nettonollarenan omfattar teknikspår som tillsammans bär upp omställningen mot ett fossilfritt energisystem. I radarn syns särskilt tre typer av zoner: batterier och storskalig energilagring, gröna vätgas- och power-to-X-hubbar⁵⁶ samt nettonollstrategier i tunga industrikuster. Dessa zoner ligger i mitten till den yttre delen av radarn – tekniken är långt driven, men implementeringen på systemnivå pågår fortfarande.

Nettonoll, energi och drivlinor



⁵⁶ Power-to-X-hubbar är integrerade anläggningar där förnybar el används för att producera vätgas och vidareförädla den till bränslen och industriråvaror, ofta samlokaliserat med industrins behov

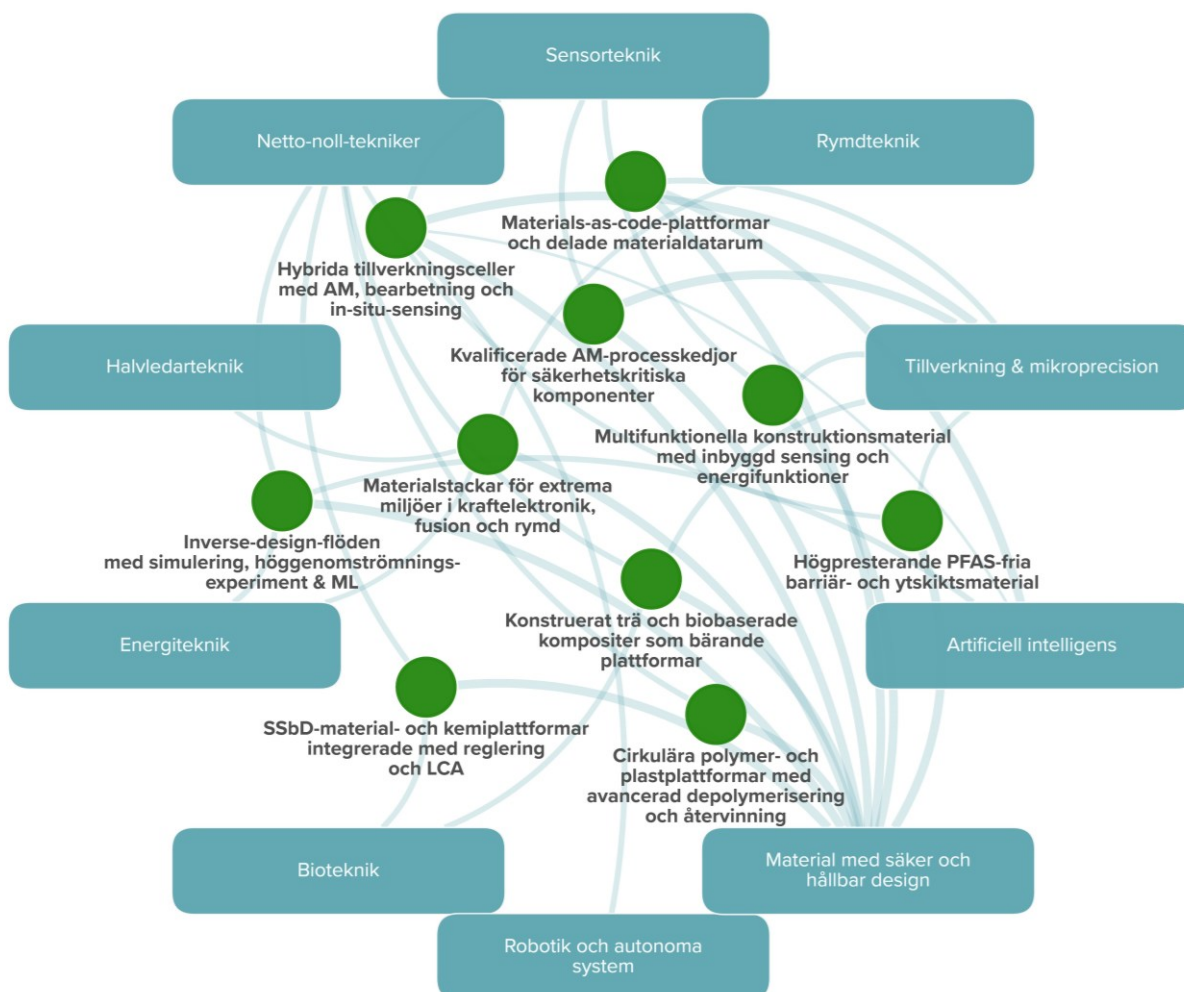
Värdekedjorna i denna arena är tydliga och materialintensiva. I batteri- och lagringszonen sträcker sig kedjan från utvinning och återvinning av kritiska material via elektrokemi och cellproduktion till integrerade system i fordon, elnät och industriprocesser. Vätgas- och power-to-X-zonerna kopplar samman elproduktion, elektrolysanläggningar, transportinfrastruktur och användning i industri och transport. Nettonollkluster handlar om att väva samman flera av dessa tekniker med koldioxidinfångning och -lagring, styrsystem och affärsmodeller på regional nivå.

Underlagen i kapitel 3 visar att Sverige har en stark forskningsposition inom energiteknik, nettonolltekniker och de materialområden som dessa kedjor vilar på. Sverige ligger över EU-snittet per capita i publikationer, patent och EU-finansiering i flera av de berörda områdena. Det finns redan betydande industrisatsningar kring batterier, fossilfritt stål och andra delar av omställningen. Samtidigt är skalan på de globala investeringarna i batteri- och vätgaskedjor mycket stor och koncentrerad till ett fåtal länder. För Sverige handlar den strategiska frågan därför inte bara om att bygga enskilda anläggningar, utan om att säkra hela kedjor av kompetens, leverantörer och infrastruktur, och att hitta roller där svensk industri kan bli en självklar nod i europeiska och globala system.

Avancerade material och tillverkning

Arenan för avancerade material och tillverkning utgör i många avseenden den tekniska ryggraden i andra arenor. Här samlas teknikspår kring extremmaterial för energi, elektronik, konstruktion och mobilitet; material och kemikalier som är designade för att vara både säkra och hållbara; samt avancerade produktionsprocesser, inklusive additiv tillverkning och digitaliserade processkedjor. Radarbilden placerar dessa zoner i mitten av skalan – de är inte lika spekulativa som kvantteknik, men mycket återstår innan potentialen är fullt utnyttjad.

Avancerade material och tillverkning



Ur ett värdekedjeperspektiv är arenan nära knuten till både energiomställning och industrins konkurrenskraft. Nya material med bättre egenskaper behövs i allt från kraftelektronik och batterier till byggmaterial och lätta fordon. Safe-and-sustainable-by-design-logiken innebär dessutom att materialens egenskaper måste in i ett större sammanhang av reglering, cirkularitet och återvinning redan från början. Avancerad additiv tillverkning och digitala processer gör det möjligt att skräddarsy komponenter, att korta ledder och flytta produktion närmare användare, men ställer också krav på nytt kunnande hos företag och arbetstagare.

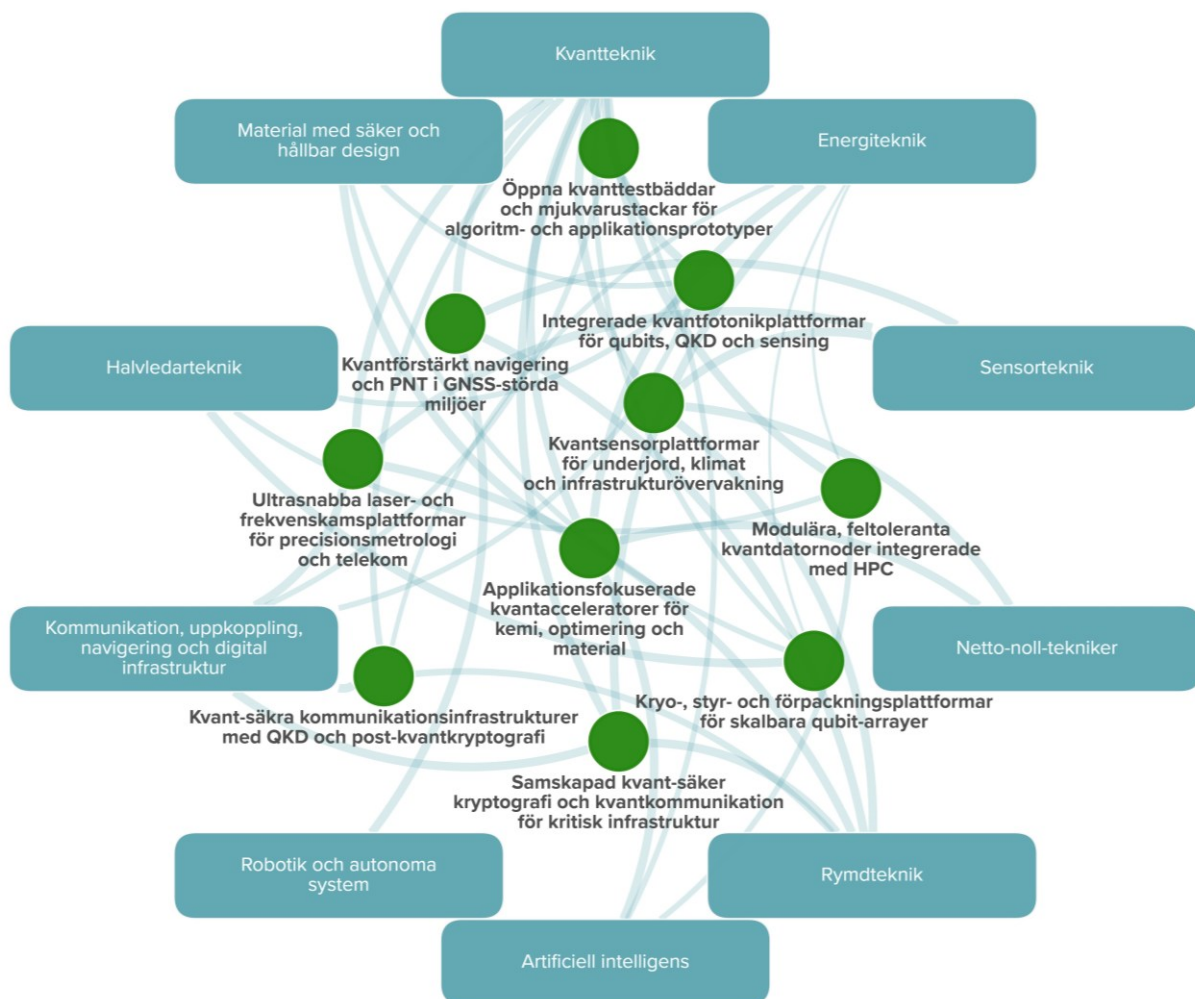
Sverige har en bred styrka i denna arena. Forskningen inom materialvetenskap, kemiteknik, tillverknings- och produktionsteknik är stark, och det finns en omfattande basindustri inom skog, stål, fordon, kemi och verkstad som driver behov och erbjuder testmiljöer. Sverige ligger över EU-snittet per capita i publikationer, patent och EU-projekt inom många relevanta delområden. Samtidigt är utvecklingen kapital- och anläggningsintensiv, och flera av de största material- och kemiföretagen globalt finns i

andra länder. En central fråga för Sverige blir därför hur FoU-styrkan kan kopplas till inhemska och europeiska produktionsmiljöer, och hur landet kan ta en tydlig roll i utvecklingen av cirkulära, hållbara materialkedjor snarare än att enbart bidra med kunskap och tidiga pilotprojekt.

Kvant- och fotonikbaserad infrastruktur

Kvant- och fotonikarenan ligger tydligt i de mest banbrytande delarna av radarn. De flesta zoner befinner sig fortfarande nära centrum, men potentialen bedöms som hög. Arenan omfattar teknikspår kring kvantdatorer och deras mjukvarustackar, kvantsäker och kvantförstärkt kommunikation samt kvantsensorer och avancerade fotoniska plattformar. Gemensamt är att de på sikt kan påverka ett brett spektrum av värdekedjor, från cybersäkerhet och finans till materialforskning, logistik, rymdsystem och avancerad mät- och styrteknik.

Kvant- och fotonikbaserad infrastruktur



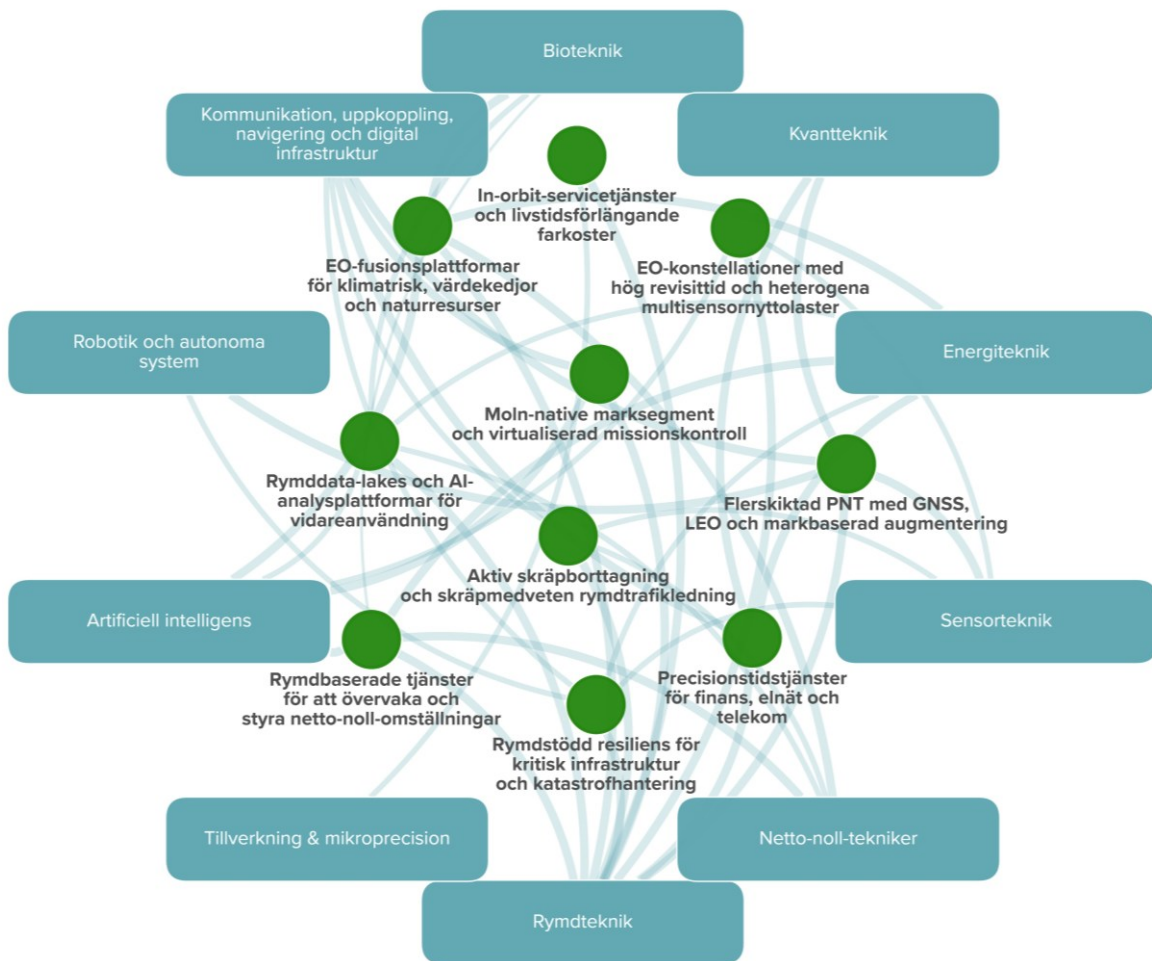
I dag är bilden fragmenterad. Vissa delar, som kvantdatorhårdvara, kräver mycket stora forsknings- och investeringssatsningar och domineras av ett fåtal länder och företag. Andra delar, som algoritmer, kvantsäker kryptografi, mjukvaruramverk och specialiserade sensorer, kan utvecklas i mindre men spetsiga miljöer. Fotonikplattformar fungerar dessutom som möjliggörare i andra arenor, till exempel genom optiska kommunikationslänkar i rymdsystem eller avancerade mätinstrument i industrin.

Sverige har ett gott utgångsläge i flera av dessa delar. Forskningsläget inom kvantrelaterad fysik, optik, fotonik och mätteknik är starkare än genomsnittet i EU. Dessutom deltar svenska aktörer i europeiska flaggskeppsprogram och infrastrukturinitiativ. Det finns även en växande grupp företag som arbetar med optik, mätinstrument, säkra kommunikationslösningar och nischad kvantmjukvara. Däremot saknas de riktigt stora satsningarna på kvantdatorhårdvara, och investeringarna är små i jämförelse med de största ekosystemen internationellt. För Sverige handlar det därför i första hand om att ta tydliga roller som kompetensnav och användare inom utvalda tillämpningsdomäner, snarare än att försöka täcka hela fältet. Det kan handla om materialmodellering, optimering av energisystem, avancerad mätteknik eller säker kommunikation i kritisk infrastruktur.

Rymd- och jordobservationssystem

Rymdarenan omfattar både den fysiska infrastrukturen i omloppsbana och de dataflöden som knyter samman rymd och mark. Radarbilden visar zoner kring omloppsbantjänster, robusta system för position, navigation och tid samt täta konstellationer av jordobservationssatelliter. Zonerna ligger generellt i den tidiga till mellersta delen av mognadsskalan, men med tydlig rörelse utåt när nya tjänster testas och tas i drift.

Rymd- och jordobservationssystem



Värdekedjorna omfattar allt från utveckling och tillverkning av bärraketer, satellitplattformar och nyttolaster till marksegment, dataöverföring och grundläggande databehandling. De leder vidare till användning inom områden som klimat- och miljöövervakning, jord- och skogsbruk, sjöfart, stadsplanering och säkerhet. Nya omloppsbanetjänster och robustare PNT-lösningar (positionering, navigation och tidsangivelse) lägger till ytterligare lager i denna infrastruktur och ställer frågor om standarder, säkerhet och styrning.

Sverige har en lång tradition av rymdverksamhet, med etablerade företag och institutioner inom både bärraketer, satellitdelar, instrument och marksegment. Forskningen inom rymdrelaterade områden och jordobservation är stark, liksom medverkan i europeiska program. Dessutom finns en växande grupp aktörer som använder rymddata i klimatanalys, skogs- och havsförvaltning och urbana tillämpningar, ofta i nära samspel med data- och AI-kompetens. Samtidigt är de största satsningarna på rymdinfrastruktur, omloppsbanetjänster (satellitjänster) och globala PNT-system

koncentrerade till stora rymdnationer. För Sverige blir det viktigt att säkra både tillgången till dessa infrastrukturer och ta tydliga nischer som komponentleverantör, dataförädlare och avancerad användare, inte minst i klimat- och säkerhetsrelaterade tillämpningar.

Bioteknik och bioekonomi

Den biobaserade arenan samlar teknikspår där biologiska system, data och kemisk processindustri möts. Radarbilderna visar zoner som genomik- och hälsodataplattformar för precisionsmedicin, syntetisk biologi och biobaserad produktion samt biosurveillance (bioövervakning) och diagnostik. Jämfört med kvant- och fotonikarenan ligger många av dessa zoner längre ut i radarn – tekniken används redan brett men är fortfarande i snabb utveckling.

Bioteknik och bioekonomi



Värdekedjorna sträcker sig från insamling och analys av genetiska och andra biologiska data via utveckling av cellfabriker, enzymer och bioprocesser till produktion av läkemedel, kemikalier, material, livsmedel och bränslen. Inom hälsa blir kopplingen till

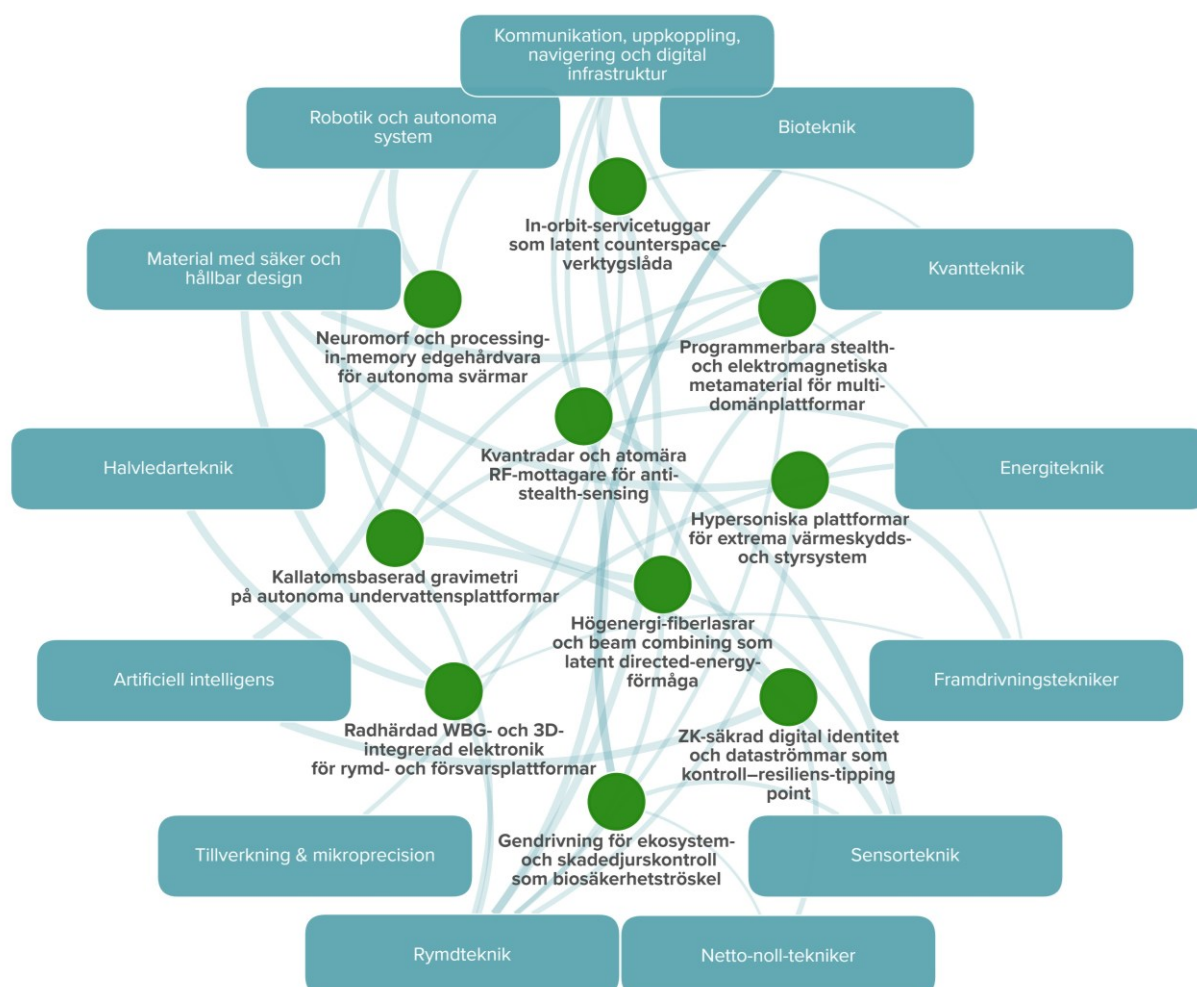
data särskilt tydlig – genomikplattformar, journaldata, bilddiagnostik och andra informationskällor måste kunna kombineras för att möjliggöra precisionsmedicin. Inom bioekonomi och industribioteknik knyts biologiska processer till skogs- och jordbruksresurser, kemi- och materialindustri samt energisystem.

Sverige har mycket goda förutsättningar i denna arena. Den biomedicinska forskningen håller hög internationell nivå, och vi har välutvecklade register- och datainfrastrukturer som kan underlätta utvecklingen av datadriven precisionsmedicin. Detta förutsatt att integritets- och säkerhetsfrågor hanteras på ett genomtänkt sätt. Inom bioekonomi finns en stark skogs- och processindustri som driver både efterfrågan och erbjuder testmiljöer för nya biobaserade processer och produkter. Samtidigt är vägen från pilotprojekt till storskalig bioindustri ofta lång och kapitalkrävande, och flera konkurrerande regioner satsar tungt. För Sverige blir det därför centralt att koppla forsknings- och datafördelarna till långsiktiga satsningar på demonstrationsanläggningar, industriella partnerskap och styrmedel som gör det möjligt att bygga hållbara värdekedjor, snarare än enskilda anläggningar.

Framväxande teknikspår och svaga signaler

Utöver de tydligare teknikspåren finns ett mindre antal företeelser där signalen ännu är svag men möjliga konsekvenser kan vara stora. De rör ofta teknikområden som har stark koppling till säkerhet och försvar, eller kombinationer av tekniker där dagens tillämpningar är begränsade men där diskussionen om framtida användning är intensiv.

Framväxande teknikspår och svaga signaler



Exempel är vissa tillämpningar av kvantsensorer, extremt precisa navigationssystem, avancerade stealthmaterial⁵⁷ och genetiska tekniker som väcker både medicinska och etiska frågor. I analysen behandlas dessa som svaga signaler. De är inte lika centrala för de arenor som fokuserar på den pågående energi- och digitaliseringsomställningen, men de är viktiga att bevaka eftersom de kan förändra förutsättningarna i flera värdekedjor samtidigt, och har ofta tydliga dual use-dimensioner.

Sammantaget medger fokus på teknikspår att det blir möjligt att gå från en översikt med arenor och zoner till en mer konkret diskussion om vilka typer av lösningar som kan komma att utvecklas. I nästa kapitel används de som byggstenar i ett mer explorativt

⁵⁷ Avancerade stealthmaterial är skräddarsydda kompositer, metamaterial och nanostrukturer med egenskaper som absorberar, sprider eller omdirigerar detekterande signaler (radar, IR), vilket radikalt minskar detektionsmöjligheter.

framtidsperspektiv, men redan här syns tydliga mönster i hur de hänger ihop med Sveriges styrkor och svagheter.

4.3 Teknikkonvergens och industriella värdekedjor – aktörsperspektiv

De globala konvergensmönster som beskrivs i 4.2 bekräftas i dialogerna med svenska aktörer, men får här en mer konkret form i termer av industriella värdekedjor, styrkor, svagheter och möjligheter. Dialogerna bekräftar en tydlig bild – global teknikkonvergens ses inte längre som en möjlig trend, utan som en utvecklingskraft som formar konkurrens, försörjningssäkerhet och innovationskraft i alla större värdekedjor.

Jämfört med 2024 års dialoger finns en ännu tydligare och mer angelägen efterfrågan på ett skifte från "listor över tekniker" till förståelse för underliggande systemkopplingar och utvecklingsdynamiker som påverkar och formar innovationsekosystem. Enligt dialogerna handlar den globala teknikutvecklingen mindre om nya, isolerade fält och mer om hur olika tekniker vävs samman i värdekedjor, både vertikalt och horisontellt. Aktörerna beskriver en global utveckling som är snabbare, mer systemisk och starkare kopplad till geopolitik. Många aktörer ser att starka drivkrafter för nya mönster i teknikkonvergenser är ett geopolitiskt fenomen – där USA, Kina och EU aktivt formar teknikblock, inte bara marknader.

Tre globala konvergensmönster framträder tydligt i dialogerna:

- **Digitalisering dras in i alla teknikområden.** AI, sensorer, modellering och mjukvara kopplas nu starkt ihop med energi, material, biologi, rymd och industriell automation. Många aktörer talar om AI som "ett nytt infrastrukturlager" som innebär att tekniker måste utvecklas tillsammans, inte parallellt.
- **Energi som konvergensmotor.** Många beskriver energiintegration, flexibel produktion, vätgas, lagring och elnätets digitalisering som "plattformen där tekniker möts". Energisystemens utveckling avgör i hög grad vilka tekniker som blir konkurrenskraftiga.
- **Material, biologi och cirkularitet kopplas samman.** Nya biomaterial, avancerade energimaterial, enzymteknologier, återvinning och processindustri beskrivs som växande ekosystem, snarare än separata branscher.

Från ett industriellt värdekedjeperspektiv bedömer de industriella aktörerna att utvecklingskraften i teknikkonvergenser ökar kraftigt och att Sverige har stark teknikkonvergens i industriella värdekedjor, särskilt lyfts:

- AI, sensorer, konnektivitet och robotik i industri, logistik och fordon.
- Fossilfri stål-, gruv-, processindustri – energi, material och automatisering.
- Batterivärdekedjan – råmaterial, batterier, kraftelektronik, återvinning.
- Fordon, mobilitet, framdrivning – starkt kopplad till batterivärdekedjan.
- Bioteknik, data och cirkularitet inom livsmedel, hälsa och bioekonomi.

Policyinsatser för Fol i Sverige och inom EU är i hög grad utformade för att ge förutsättningar för konkurrenskraft genom nya och stärkta kombinationer av tekniker och värdekedjor. Sveriges Fol-system har en bredd av aktiviteter som adresserar olika behov i systemet. Stora och långsiktiga samverkansprogram mellan olika företag, akademiska miljöer, forskningsinstitut och offentliga aktörer spelar centrala roller i det svenska Fol-systemet. Dessa satsningar fungerar i hög grad som konvergensmiljöer med multidisciplinär och tvärsektoriell forskning och innovation. I Sverige finns en lång tradition av satsningar som fungerar som konvergensmiljöer, exempelvis det strategiska samarbetsprogrammet Fordonsstrategisk forskning och innovation (FFI), strategiska innovationsprogram (SIP), kompetenscentrum, myndighetsgemensamma program samt test- och demoplattformar. På energiområdet har Energimyndighetens Fol-uppdrag varit centralt för att nå energi- och klimatmålen genom att främja utvecklingen av energisystemet – från produktion och flexibilitet till lagring och effektiv användning. Det omfattar även energiberedskap och nya tekniker. Den accelererande och alltmer komplexa teknikkonvergens, i kombination med den eskalerande geopolitiska konkurrensen om teknologiskt och industriellt ledarskap, ställer ökande och förändrade krav på sådana satsningar.

För att effektivt främja internationell konkurrenskraft behöver skalan och förutsättningar för acceleration från forskning till innovation, till uppskalning vara internationellt ledande. De behöver samtidigt kunna förebygga och hantera den ökande komplexiteten och nya risker som uppstår. Det ställer ökade krav på nya angreppssätt för att hantera komplexa regelverk över sektorsgränser. Teknikkonvergens behöver utvecklas genom strategiska balansgångar och vägval i en alltmer komplex geopolitisk kontext. Det ställer stora krav på förmåga att integrera perspektiv inom olika policyområden och att skapa synergier mellan policyområden.

Förmågan att utnyttja potentialen i teknikkonvergenserna bedöms bli avgörande för vilka länder som är relevanta om 10–15 år. För Sveriges del är styrning, tempo och långsiktighet avgörande för att realisera denna potential. Åtta strukturella styrkor för konkurrenskraft genom teknikkonvergens lyfts särskilt fram:

- Sverige ligger långt fram i systemförståelse och samverkan mellan teknikområden.
- Starka industriella värdekedjor.
- Samverkanskultur och gränsöverskridande arbetssätt samt starka nätverk och kluster.
- Stark industriell efterfrågan och omställningsvilja.
- Fol-miljöer som redan är tvärtekniska, med samverkan mellan teknikområden.
- Test- och demonstrationsmiljöer som är ovanligt avancerade.
- Hög kompetens inom till exempel energi–material–digitalisering.
- Resiliens genom värdekedjemångfald – möjlighet att koppla om och integrera.

Fyra svagheter lyfts i dialogerna:

- Brist på långsiktig styrning och resurser till uppbyggda kluster.
- Relativt svagt i fråga om uppskalning, investeringstakt och industrialisering.
- Långsamma och osäkra villkor för investeringar i produktion.
- Beroende av import av hårdvara (chip, elektronik, batterikomponenter).

Tre möjligheter för Sverige lyfts i dialogerna:

- Använda test- och demonstrationsmiljöer som motor för teknikkonvergens. "Här kan teknikerna mötas i verkligheten".
- Låta stora industriella styrkeområden (stål, fordon, skog, gruvor, kemi, life science) fungera som draglok för kombinationer av AI, sensorer, energi, material med mera.
- Positionera Sverige genom EU och andra samarbeten som ett land där teknikkombinationer testas och industrialiseras tidigt.

Två teknikutvecklingsscenarier återkommer i dialogerna:

- **Högkonvergensscenariot** – där länder och regioner lyckas bygga ekosystem som integrerar flera teknikområden (till exempel energi-AI-material) för nya värdekedjor, exportformat och resiliens.
- **Fragmenteringsscenariot** – där tekniker utvecklas var för sig, i separata stuprör, eller låses in av geopolitik, monopolistiska plattformar eller osäker reglering.

Dialogerna pekar tydligt på att aktörerna ser det första scenariot som eftersträvänsvärt, men att det ställer stora krav på hur EU och större länder agerar kring data, halvledare, energi och säkerhet.

Sammantaget är bilden från dialogerna att Sverige har ovanligt goda strukturella förutsättningar för teknikkombinationer och värdekedjesynergier, men att dessa inte realiseras fullt ut utan tydligare riktning, prioritering och kraftsamling.

4.4 Sammanfattande reflektioner

Analysen visar hur teknikutvecklingen i allt högre grad sker genom kombinationer av flera olika teknikområden, snarare än inom enskilda, isolerade fält. De sex konvergensarenor som identifierats samlar just sådana knutpunkter – områden där digitalisering, energi- och klimatteknik, bioteknik, rymd- och sensorteknik, säkerhet och avancerade produktionssystem vävs samman till nya plattformar och lösningar. I praktiken handlar det om tekniska ekosystem som kan användas i många olika sektorer, från industri och transport till vård, beredskap och försvar.

Aktörsdialogerna i avsnitt 4.3 bekräftar den bilden, men sätter den tydligare i ett industriellt sammanhang. Företag och andra aktörer beskriver hur teknikkombinationer slår igenom i konkreta värdekedjor, vilka förmågor som uppfattas som styrkor och var

svagheter ligger. Tillsammans pekar analysen och aktörsperspektivet på tre mönster som är särskilt viktiga ur ett svenskt perspektiv:

- Infrastruktur och plattformar – data, kommunikationsnät, testmiljöer, avancerade produktionssystem och materialplattformar – blir alltmer avgörande för vilka länder som kan ta en aktiv roll i teknikkonvergensen.
- Värdeskapandet förskjuts mot systemintegration och tjänster: den som kan kombinera komponenter, data och algoritmer till fungerande system, och som kan ta ansvar för drift, säkerhet och uppdateringar över tid, får en större del av värdet.
- Många av de framväxande teknikspåren är starkt beroende av strategiska resurser – från kritiska material och energi till kompetens, data och regulatorisk kapacitet – vilket gör att teknikpolitik, näringspolitik och säkerhetspolitik allt oftare hänger samman.

Sammantaget framträder en bild där Sverige har betydande styrkor i tidiga led av flera värdekedjor, med stark forskning, test- och demonstrationsmiljöer och en relativt hög innovationsförmåga i små och medelstora företag. Samtidigt är positionen svagare i de mest kapital- och volymtunga delarna av kedjorna, där investeringar, skalfördelar och tillgång till råvaror spelar större roll. I flera av arenorna är Sverige beroende av import av nyckelkomponenter, material och utrustning, samtidigt som svenska aktörer bidrar med nischkompetens, systemintegration, mjukvara och tjänster.

Detta innebär både sårbarheter och möjligheter. En central fråga framåt blir hur Sverige kan använda sina styrkor – i kunskap, testmiljöer, digital infrastruktur, förtroendebaserade institutioner och samverkansförmåga – för att få mer inflytande i de delar av värdekedjorna där teknikkonvergensen faktiskt sker. Det kan handla om att utveckla nationella och internationella plattformar för test och standardisering, att bygga starkare broar mellan industri, akademi och offentlig sektor kring några tydligt prioriterade teknikområden. Det kan också handla om att säkerställa långsiktiga partnerskap inom EU och med andra likasinnade länder där Sverige i dag saknar egna industriella baser.

Kapitel 4 har framför allt handlat om hur teknikkonvergensen ser ut i dag, vilka värdekedjor den vilar på och var Sverige står i denna utveckling. I nästa kapitel lyfts blicken mot 2035. Där används både den här teknikkartan och en bredare scenariobaserad omvärldsanalys för att belysa hur olika utvecklingsbanor i omvärlden kan påverka Sveriges handlingsutrymme. Kapitlet lyfter också vilka strategiska vägval som blir särskilt viktiga framöver.

5 Framtidsperspektiv och Sveriges möjligheter

I detta kapitel görs en framtidsinriktad analys av Sveriges förutsättningar för internationellt ledarskap och konkurrenskraft. Analysen utgår från de teknikområden och teknikkonvergenser som påverkar industriella värdekedjor. Analysen baseras på en scenarioanalys, aktörsdialoger och en litteraturgenomgång. I kapitlet görs samlade värderingar av Sveriges möjligheter.

5.1 Syfte och angreppssätt

Det här kapitlet använder explorativa scenarier för att belysa hur de tekniska konvergensmönster som analyserats i kapitel 4 kan utvecklas i olika framtida omvärldslägen. Syftet är inte att förutsäga hur världen kommer att se ut 2035, utan att pröva robustheten i olika strategiska vägval. Genom att placera teknikspåren i flera möjliga framtider blir det tydligare vilka satsningar som är relativt robusta, vilka som är mer beroende av global utveckling och var det behövs flexibilitet och beredskap.

Underlaget för kapitel 5 bygger på en separat, systematisk omvärldsspaning med fokus på perioden fram till 2035. Den har genomförts av Vinnova i nära samarbete med den Militära underrättelse- och säkerhetsstjänsten (MUST) och Försvarshögskolan (FHS). Syftet har varit att belysa hur Sverige i perspektiv av miljö- och hållbarhetsutmaningar, geopolitiska förskjutningar och tekniksprång kan upprätthålla säkerhet, resiliens och konkurrenskraft. I denna spaning har nästan 23 000 texter från olika språkområden samlats in och analyserats med hjälp av AI-stödda verktyg: rapporter från internationella organisationer, forskningsartiklar, policydokument, scenariostudier, företagsanalyser och expertbidrag. Utifrån detta material har cirka 1 500 korta scenariobeskrivningar konstruerats, som fångar olika tänkbara kombinationer.

Analysen i detta kapitel utgår från en ram med fyra olika men möjliga utvecklingar. Världsordningen beskrivs som ett av följande framtida tillstånd:

- Fragmenterade block och strategisk rivalitet.
- Multipolaritet och regionalt samarbete.
- Merkantilistisk resursnationalism⁵⁸.
- Ömsesidiga beroenden och hållbar samverkan.

⁵⁸ Merkantilistisk resursnationalism innebär att länder använder råvaror och kritiska resurser – som metaller, energi eller livsmedel – som ett verktyg för makt och säkerhet. I stället för frihandel prioriterar man kontroll: exportförbud, statligt ägande och politiskt villkorade leveranser blir viktigare än effektivitet i globala värdekedjor.

För att göra scenarierna möjliga att förstå presenteras de i form av en radarbild. Den visar vilka trender som återkommer i scenariomaterialet och som har direkt betydelse för framväxande och kritiska tekniker. I nästa avsnitt förklaras hur radarn är uppbyggd och vilka huvudmönster som framträder.

5.2 Scenariorymd 2035 – scenarier för global ordning

Radarbilden nedan sammanfattar scenariorymden för 2035 utifrån osäkerheten om den globala ordningen. Varje sektor i radarn motsvarar en möjlig utvecklingsbana:

- **Fragmenterade block och strategisk rivalitet:** hårdnande konflikt mellan stormakter, ökad teknologisk suveränism och en mer fragmenterad informationsmiljö.
- **Multipolaritet och regionalt samarbete:** en mer ordnad multipolär värld där regionala samarbeten och institutioner väger tungt.
- **Merkantilistisk resursnationalism:** kontroll över energi, mat och kritiska mineraler väger tyngre än öppna marknader.
- **Ömsesidiga beroenden och hållbar samverkan:** klimat- och hållbarhetsmålen fungerar som sammanhållande kraft och där tekniksamarbete används för att hantera gemensamma risker.

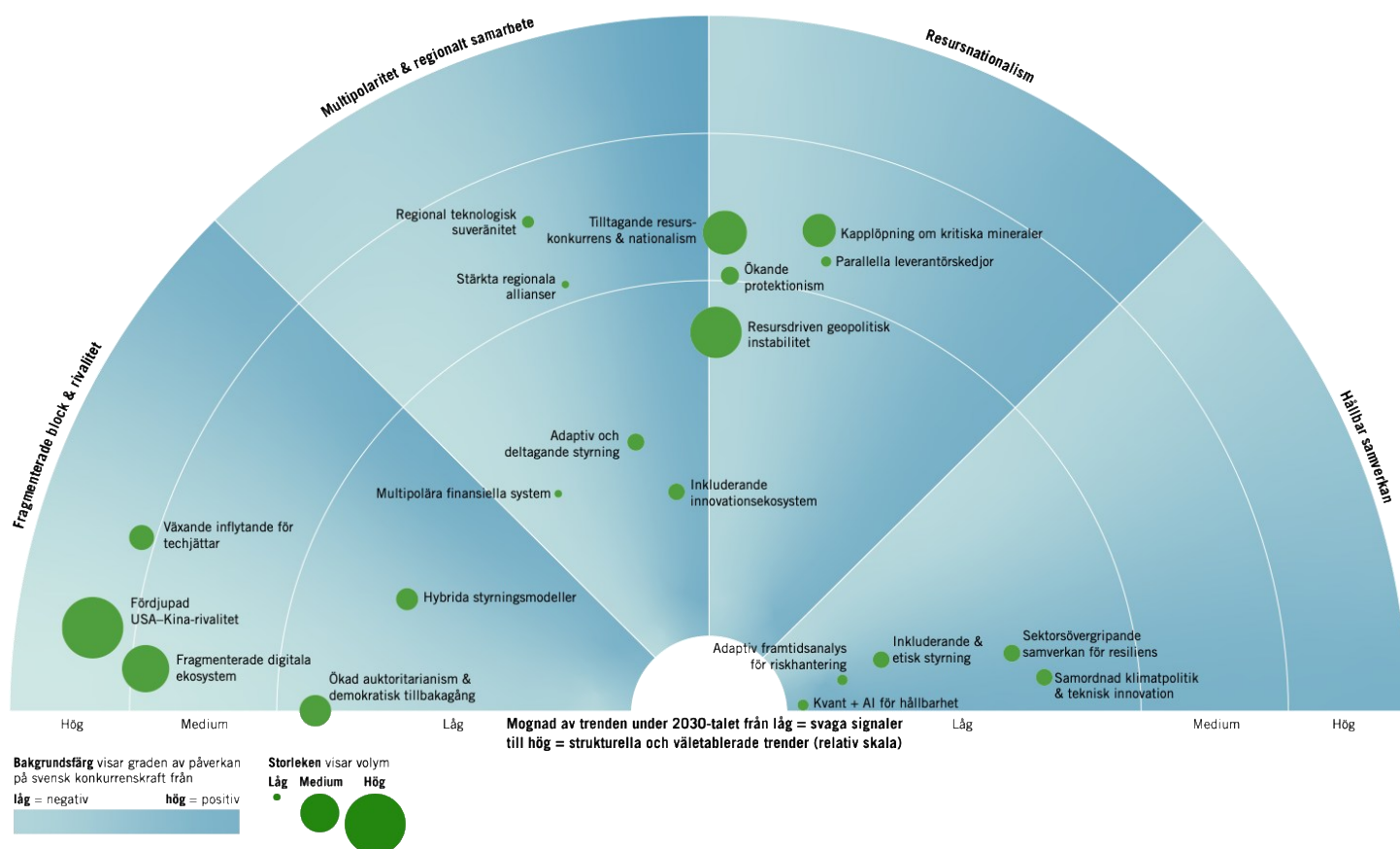
Bubblorna i varje sektor visar på dominerande trender som återkommer i scenariomaterialet. Varje bubbla står för ett kluster av scenarier där en viss utveckling är central.

Trendernas position i radarn visar två saker. Avståndet från centrum anger hur etablerad trenden bedöms vara fram emot 2030-talet. Trender nära mitten motsvarar svaga signaler och mer osäker utveckling, medan trender nära ytterkanten speglar mönster som bedöms ha blivit strukturella. Trendernas läge medurs inom varje sektor beskriver den samlade bedömningen av effekten på Sveriges konkurrenskraft, från negativt till tydligt positivt. Bubblornas storlek visar hur starkt de stöds av scenariomaterialet – ju större bubbla desto oftare dyker trenden upp i de cirka 1 500 scenarierna.

Radarn ger en samlad bild av valet mellan olika framtider. I de mer konfliktfyllda ordningarna – fragmenterade block och resursnationalism – ligger flera stora och mogna trender som är negativa för Sverige, till exempel fördjupad stormaktsrivalitet, fragmenterade digitala ekosystem och hårdnande konkurrens om kritiska råvaror. En mer "styrd" multipolär ordning innebär en blandad men relativt gynnsam bild, där regionala allianser, nya finansiella arrangemang och mer inkluderande innovationssystem spelar större roll. I de mer samarbetsorienterade "gröna" narrativen är trenderna mindre etablerade men tydligt positiva – samordnad klimatpolitik, gränsöverskridande tekniksamarbete, etisk styrning och adaptiv riskhantering.

I resten av kapitlet används denna scenariorymd för att diskutera hur de konvergensarenor och teknikspår som identifierats i kapitel 4 kan utvecklas i olika globala ordningar, och vilka strategiska roller Sverige kan spela i respektive fall.

Scenarietrender för global geopolitisk utveckling



5.3 Teknikspår i olika framtider

De teknikspår som beskrivs i kapitel 4 har identifierats utan att ta ställning till vilken global ordning som dominerar 2035. När teknikspåren granskas med scenarietradarna framträder flera mönster. Vissa spår återkommer som nödvändiga eller önskvärda, oavsett om världen rör sig mot ökad rivalitet, resursnationalism eller grönt ömsesidigt beroende. Andra är starkt avhängiga av i vilken utsträckning handel, kunskap och data kan flöda fritt.

Dominerande teknikspår

Ett antal teknikspår är i praktiken centrala i alla fyra ordningar. Hit hör mycket av det som ligger i arenorna för data- och AI-centriska system, nettonollenergi, avancerade material och bioekonomi. Även i en mer konfliktfylld värld måste energisystemen bli mer flexibla och resurseffektiva, industrin behöver digitaliseras, resursflöden effektiviseras

och klimat- och miljörisker hanteras. Flera teknikspår fyller funktioner både i scenarier med ökat samarbete och i scenarier där tonvikten ligger på krisberedskap och egenförsörjning. Exempel på det är AI-stödda elnät och datacenter, digitala tvillingar i industrin, datadriven materialoptimering, cirkulära materiallösningar, biobaserade processer och mer precisa diagnostik- och övervakningssystem. Skillnader mellan dem ligger främst i vilka marknader som är öppna, vilka standarder som används och hur snabbt uppskalning kan ske.

Centrala teknikspår i en fragmenterad värld

Vissa teknikspår blir särskilt centrala i scenarier där fragmentering, resurskonflikter och säkerhetspolitiska spänningar dominerar. Här spelar arenorna för kvant- och fotonikbaserad infrastruktur, rymd och biosäkerhet en större roll. Robusta positionerings- och tidssystem bortom nuvarande satellitnavigering, kvantsäkra kommunikationslösningar, avancerade sensorer och fotonikbaserad mätteknik, rymdbaserad övervakning och bioövervakningssystem är exempel på spår där efterfrågan ökar när misstron i omvärlden växer. Detsamma gäller teknik för spårbarhet och återvinning av kritiska material, säker datainfrastruktur och lokalt anpassade energisystem. I en mer konfliktfylld värld är det dessutom troligt att samma teknikspår får större inslag av dual use, med parallella civila och militära användningar.

Samarbetsorienterade teknikspår

Slutligen finns en grupp teknikspår som i högre grad förutsätter någon form av samarbetsorienterad eller åtminstone regelbaserad global ordning. Hit hör de mest ambitiösa varianterna av öppna data- och forskningsinfrastrukturer, plattformar för genomik och hälsodata med internationell räckvidd och globalt koordinerade klimatsystemlösningar. Hit hör även vissa former av avancerad AI-utveckling där mycket stora datamängder, datadelning och gemensam standardisering är centrala. I scenarier där ömsesidiga gröna beroenden står i centrum kan sådana lösningar växa fram som gemensamma nyttigheter, medan de i fragmenteringsscenarier riskerar att splittras i regionala eller företagsstyrda "öar" med begränsad interoperabilitet.

Sett sammantaget betyder detta att teknikspåren från kapitel 4 inte bara är mer eller mindre "viktiga", utan fyller olika roller i olika framtider. Digitalisering, energieffektivisering, cirkulär ekonomi och grundläggande bio- och hälsoteknik har en robust roll i nästan alla scenarier. Teknik för resiliens, övervakning, säkra kommunikationer och autonomi blir särskilt central när rivalitet och resurskamp dominerar. Öppna plattformar, gränsöverskridande datainfrastruktur och vissa former av spetsforskning kräver i högre grad en ordning där samarbete, tillit och gemensamma spelregler väger tungt. Mot denna bakgrund diskuteras i det avslutande avsnittet vilka strategiska roller Sverige kan spela.

5.4 Förutsättningar för Sverige

Sverige har en stark kunskaps- och innovationsposition per capita i många av de teknikområden som bär upp konvergensarenorna. Samtidigt är Sverige ett litet land i absoluta tal och djupt integrerat i europeiska och globala värdekedjor. Scenarierna i detta kapitel understryker att vilka roller som är möjliga och attraktiva för Sverige påverkas av hur den globala ordningen utvecklas, men pekar också på strategiska inriktningar som bör vara viktiga oavsett vilket scenario som materialiseras.

- **Pionjäranvändare och testmiljö för vissa teknikspår:** Det gäller särskilt där Sverige redan har kombinationen av stark forskning, industrialiseringsförmåga och välorganiserade offentliga system: datadrivna energilösningar, digitaliserad processindustri, avancerade produktionskedjor, precisionsmedicin och biosäkerhetslösningar. I scenarier med kooperativ eller ordnad global ordning kan sådana testmiljöer bli draglok i europeiska satsningar. I mer konfliktfyllda scenarier bidrar de till att bygga nationell och regional resiliens.
- **Integrationsnod i vissa värdekedjor:** Det handlar mindre om att försöka kontrollera hela kedjor, och mer om att kombinera svensk styrka i forskning, ingenjörskap och systemintegration med europeiska och globala partners. Batterier och energilagring, industriella nettonollkluster, cirkulära materialflöden, biobaserad produktion och användning av rymddata är alla områden där Sverige har möjlighet att vara en central, men inte ensam, aktör. I scenarier med multipolaritet och regionalt samarbete blir förmågan att fungera som stabil nod i europeiska värdekedjor särskilt viktig.
- **Komponentleverantör, tjänsteutvecklare och kunskapsbärare inom delar av banbrytande arenor:** Kvant- och fotoniklösningar, avancerade mät- och sensorsystem, specialiserad programvara för kvant- och AI-tillämpningar, samt plattformar för säker data- och modellhantering är exempel där svenska aktörer redan har eller kan utveckla internationellt konkurrenskraftiga erbjudanden. Det gäller både i scenarier med ökat samarbete och i scenarier där mer av teknikutvecklingen sker inom block eller regionala allianser.
- **Styrning, etik och hantering av risker:** Safe-and-sustainable-by-design, styrning av data- och AI-system, biosäkerhet och hantering av dual use-frågor är områden där Sverige har goda förutsättningar att bidra till normer, metoder och institutionella lösningar. I scenarier med kooperativ gröna ömsesidiga beroenden kan sådana bidrag vara en del av att forma gemensamma regelverk. I scenarier med större spänningar blir förmågan att kombinera teknisk kompetens med genomtänkt riskhantering viktig för att upprätthålla förtroende, säkerhet och handlingsfrihet.

Scenarierna pekar också på behovet av strategisk flexibilitet. Vissa satsningar – till exempel kompetensförsörjning inom data och AI, energieffektivisering, cirkulär materialhantering och datadrivna hälsolösningar – framstår som relativt säkra investeringar oavsett vilken global ordning som dominerar. Andra, som mycket

storskaliga satsningar på en viss typ av rymdinfrastruktur eller kvantdatorhårdvara, är mer känsliga för hur samarbeten, standarder och finansiering utvecklas internationellt. För sådana områden kan det vara viktigt att kombinera deltagande i internationella program med medveten scenariobaserad riskbedömning.

Sammantaget visar analysen att Sveriges möjligheter inte enbart avgörs av teknisk spets eller volym, utan av hur väl landet lyckas kombinera tre förmågor: att vara tidig och kvalificerad användare, att vara en attraktiv partner i värdekedjor och samarbeten, och att bidra till utformningen av de regler och institutioner som styr utvecklingen av strategiska tekniker. I den meningen fungerar scenarierna inte som svar på hur framtiden blir, utan som verktyg för att identifiera robusta satsningar och de val där Sverige behöver hålla öppna handlingsalternativ.

Bilaga 1: Kvalitativ analysmetod och underlag

Översikt över den kvalitativa analysen

Den kvalitativa analysen för 2025 bygger på ett strukturerat insamlat underlag från dialoger, intervjuer och inskickat material från aktörer i det svenska innovationssystemet. Samtliga dialoger genomfördes under oktober–november 2025 och följde en gemensam frågeram. Detta möjliggjorde jämförbarhet över teknikområden och ett mer metodiskt grepp än i 2024 års analys.

Analysen har tematiserats och integrerats med den kvantitativa analysen för att skapa en sammanvägd bedömning av nuläge, systemhinder och framtida möjligheter.

Genomförda dialogmöten (2025)

Dialogerna nedan utgör huvudunderlag för den kvalitativa analysen. I dialogerna deltog aktörer från respektive sektor, som bidrog med relevanta erfarenheter och analyser.

Branschorganisationer, företag och industri

IKEM, Jernkontoret, Skogsindustrierna, Swemin, Teknikföretagen, Teknikföretagens forsknings- och innovationsråd (Fol-rådet)

Lärosäten och akademiska aktörer

Universitet och högskolor, kunskaps- och policyorganisationer, Huvudmannarådet

Innovationsmiljöer och science parks

Swedish Incubators & Science Parks (SISP)

Forskningsinstitut

Research Institutes of Sweden (RISE)

Myndigheter

Myndighetsdialog

Fördjupande intervjuer (oktober-november 2025)

För att täcka områden med lägre representation i dialogerna genomfördes kompletterande intervjuer med aktörer inom energi, life science, deeptech och riskkapital. Intervjuerna följde samma tematiska struktur som dialogerna och integrerades i den samlade analysen.

Inskickat analysmaterial

Aktörer har löpande skickat in underlag som fördjupat resonemang kring tematiska områden såsom AI, neuromorfik, geopolitik, rymd, materialplattformar, energi, cirkulära värdekedjor samt förslag på missions och framtidsscenarier. Materialet har integrerats i de tematiska analyserna.

Material har inkommit från bland annat skogsindustriella aktörer, rymd- och satellitaktörer, halvledar- och elektronikmiljöer, life science-aktörer, Swedish Incubators & Science Parks (SISP), AI- och datacenteraktörer, cirkulära material- och industrikuster, samt livsmedelssektorn.

Värderingsmetod för de 12 teknikområdena

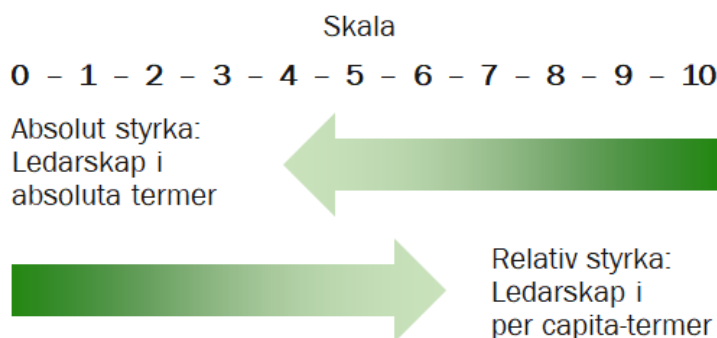
Sveriges konkurrenskraft inom de 12 teknikområden som analyserats har värderats ur nio dimensioner i en skala från 0–10. Bedömningarna baseras på en kombination av kvantitativa data och kvalitativa underlag.

Bedömningarna sammanväger två perspektiv:

- Relativ styrka (per capita) som visar hur starkt Sverige är i förhållande till sin storlek, till exempel i publiceringar, patent, startups eller EU-deltagande. Det fångar specialisering, effektivitet och forsknings- och innovationsintensitet.
- Absolut styrka (volym och systemroll) visar Sveriges tyngd i faktiska tal och förmåga att påverka utvecklingen: till exempel storleken på industriella värdekedjor, kritisk massa i kompetens och kapital, möjlighet att driva stora program, sätta standarder, skala upp och leverera i internationella samarbeten.

I bedömningarna kräver höga värderingar både starka per capita-nivåer och stor absolut tyngd internationellt. Om Sverige är mycket starkt per capita men har liten volym kan resultatet bli en tydlig nischstyrka snarare än globalt ledarskap.

Värderingarna som gjorts avser att vara balanserade helhetsbedömningar där per capita-data fungerar som grund, men värderingar av absolut internationell tyngd avgör bedömningar om Sverige är bland de globalt ledande inom olika dimensioner.



Bedömningarna av *industriella värdekedjor och innovationsekosystem* bygger på:

1. Strukturerade dialoger (gemensam frågeram)
2. Tematiska fördjupningsintervjuer
3. Inskickade kvalitativa analyser
4. Triangulering mellan aktörer och teknikområden
5. Samlad värdering av kvantitativa data

Utsagorna har kodats tematiskt och värderats mot samma två dimensioner som i 2024 års rapport. För jämförbarhet har skalan och tolkningen av nivåer kalibrerats mot 2024 års värden.

Eftersom dialogerna 2025 ofta betonade framtida potential snarare än nuläge har bedömningarna justerats för att enbart spegla strukturella förflyttningar som återkommande kvalitativa utsagor pekar på.

Bedömningarna av *vetenskaplig publicering, patentering, startups, riskkapital*, EU-deltagande i *ERC, EIC* och *EU-samverkan* i övriga delar av EU:s ramprogram för forskning och innovation baseras på kvantitativa data med stöd av kvalitativa underlag.

Skalor som använts för att bedöma Sveriges internationella position

A. Industriella värdekedjor (0–10)

Bedömer kapacitet att producera, integrera, skala och kommersialisera teknik.

- 0–1: Obefintlig industriell bas
- 2: Fragmenterad, svag kapacitet
- 3: Acceptabel men ej konkurrenskraftig
- 4: Nischstyrkor men stora luckor
- 5: Stabil bas inom delar
- 6: Styrkepositioner i vissa led, men begränsad skalförmåga
- 7: Stark och konkurrenskraftig värdekedja
- 8–10: Globalt ledarskap

B. Innovationsekosystem (0–10)

Bedömer Fol-miljöer, testbäddar, startups, investeringar, samverkan.

- 0–1: Mycket låg aktivitet
- 2: Få aktörer, låg koordination
- 3: Fragmenterat men växande
- 4: God akademi, svag kommersialisering
- 5: Starka forskningsmiljöer
- 6: Välfungerande ekosystem med styrkor
- 7: Konkurrenskraftigt och koordinerat
- 8–10: Globalt ledande ekosystem

C. Värdering av kvantitativa data (0–10)

- 0–1: Mycket svag position
- 2: Svag position
- 3: Svagare än internationellt genomsnitt
- 4: Omkring internationellt genomsnitt
- 5: Starkare än internationellt genomsnitt
- 6: Stark internationell position
- 7: Mycket stark internationell position
- 8–10: Globalt ledarskap

Bilaga 2: Teknikområdeslista

Artificiell intelligens

- Grundläggande och generativa modeller
- Perception och multimodal AI
- Edge AI och federerat lärande
- MLOps och datapipelines
- AI-acceleratorer och distribuerad träning
- Ansvarsfull och säker AI
- MoIn-/HPC-infrastruktur (flytt till COM)

Robotik och autonoma system

- Drönare och fordon (luft/land/yta/under vatten)
- Robotar och robotstyrda precisionssystem
- Exoskelett
- AI-aktiverade system

Halvledarteknik

- Högfrekventa chip
- Mikroelektronik (inkl. processorer)
- Fotonik (inkl. högenergilaser)
- Halvledartillverkningsutrustning (avancerade noder)

Konnektivitet och digital teknik

- Fysiskt lager och spektrum (RF + optisk/icke-RF)
- Nätverksarkitektur och hantering (RAN/kärna/operationer)
- Edge/beräkning, orkestrering och AI för nätverk
- Icke-terrestra och mobilitetssystem
- Säkerhet, integritet och förtroende (inkl. identitet & DLT)
- Applikationer och vertikaler (IoT & XR)

Sensorteknik

- Elektro-optisk och infraröd sensor- och bildavbildning
- Radaravbildning och avbildning
- Kemisk, biologisk och strålningsmätning
- Gravitationsmätare och gradiometrar
- Magnetometrar och magnetiska gradiometrar
- Undervattenssensorer för elektriska fält

Kvantteknik

- Kvantkommunikation
- Kvantdatorer
- Kvantkryptografi
- Kvantsensorer och radar

Energiteknik

- Väte och nya bränslen
- Fotovoltaik och solenergiteknologier
- Kärnfusion, reaktorer och kraftproduktion
- Smarta nät och kraftsystem
- Vindkraftsteknologier

Industriell nettonollteknik

- Energilagring och batterier
- Nettonollorienterade processer och operationer
- Resurseffektivitet, cirkularitet och återvinning
- Trä och andra förnybara material

Material och tillverkning

Tillverkningsteknik

- Stängd digital additiv tillverkningsstack
- Avancerade råvaror och multimaterial/graderad AM
- Adaptiv fotonik och multiupplöst utskrift
- Hybrid AM + precisionsfinish och metrologi
- Avancerad bearbetning och ytteknik

Materialteknik

- Nanomaterial
- Smarta material
- Avancerade keramiska material
- Stealth-material
- Säkra och hållbara material med design
- Datadrivet och SSbD-styrt material
- Högpresterande och extremmiljömaterial

Kritiska material

- Hydromet 2.0 (selektiv urlakning + EW/ED)
- Industriell bioextraktion (biolakning/biosorption)
- Nanoteknologibaserad filtrering och infångning
- Elektrokemisk bearbetningsstack (MSE, DLE, EW/ED)
- Avancerad återvinning av svarta massor (slutna metaller och direkt regenerering)

Bioteknik

- Gendrivning
- Nya genomiska tekniker
- Syntetisk biologi
- Tekniker för genetisk modifiering
- Design, data och metrologi
- Plattformer och leverans
- System och tillverkning

Framdrivningsteknik

- Hypersoniska system och möjliggör högtemperaturmaterial.
- Förbrännings- och turbinframdrivning
- Elektrisk framdrivning och drivlinor
- Väte och hybrid
- Framdrivningskontroll, säkerhet och certifiering

Rymdteknik

- Rymdfarkostplattformar och delsystem (buss- och nyttolastintegration)
- Rymdsituationsmedvetenhet (SSA/SDA)
- Jordobservationslaster och data
- Rymdpositionering, navigation och tidtagning (PNT)
- Säker satellitkommunikation (inkl. LEO-anslutning)
- Marksegment och uppdragsoperationer (TT&C)
- Tjänster i omloppsbanor (OOS/OADR/ISAM)

Ordlista

Denna ordlista är framtagen för att underlätta förståelsen av facktermer och begrepp. Syftet är att ge enklare förklaringar av termer som ofta används i rapporten. Ordlistan är ett urval av centrala ord och autogenererad med hjälp av Microsoft Copilot.

A

Additiv tillverkning: Metod där material byggs lager för lager, till exempel 3D-printing

AI Act: EU:s regelverk för ansvarsfull användning av AI

ASIC: Application-Specific Integrated Circuit – specialdesignad krets

ATMP: Avancerade terapier som bygger på celler och gener

Autonoma fordon: Fordon som kan köra utan mänsklig förare med hjälp av AI och sensorer

B

BECCS: Bioenergy with Carbon Capture and Storage – bioenergi med koldioxidlagring

Biobaserade material: Material framställda från biologiska råvaror, t.ex. trä eller biomassa

Bioteknik: Användning av biologiska processer för medicin, material och energi

Biosensor: Sensor som mäter biologiska eller kemiska parametrar

C

CCS: Carbon Capture and Storage – teknik för att lagra koldioxid

CCU: Carbon Capture and Use – teknik för att använda infångad koldioxid

CRISPR: Teknik för exakt genredigering i biologiska organismer

CRMA: Critical Raw Materials Act – EU:s lag för kritiska råmaterial

Cyberfysiska system: Integrerade system där mjukvara styr fysisk utrustning

Cybersäkerhet: Skydd av system och data mot digitala hot

D

Digital infrastruktur: Grunden för uppkoppling, datalagring och kommunikation

Digital tvilling: Virtuell modell av en fysisk process eller produkt

Dual use: Teknik, produkter eller kunskap som kan användas för både civila och militära ändamål

E

Edge: Edge computing – databehandling nära datakällan för snabb respons

Edge AI: AI som körs nära datakällan för snabb analys och beslut

Energilagring: Teknik för att lagra energi, till exempel batterier eller vätgas

EuroQCI: Europeisk kvantkommunikationsinfrastruktur

Excellenskluster: Miljöer som samlar spetskompetens för forskning och innovation

Exoskelett: Bärbar robotstruktur som förstärker människans rörelser

F

Fit-for-55: EU:s klimatkpaket för att minska utsläpp med 55 procent till 2030

Fol: Forskning och innovation – utveckling av ny kunskap och lösningar

FoU: Forskning och utveckling – arbete för att skapa nya produkter, tjänster och processer

Fotonisk: Teknik som använder ljus för kommunikation och beräkning

Fysisk AI: AI integrerad i fysiska system, till exempel robotar och maskiner

G

GaN: Galliumnitrid – material för högeffektskomponenter

Generativ AI: AI som skapar nytt innehåll, till exempel text, bild eller kod

Grön vätgas: Vätgas producerad med förnybar energi

H

HPC: High Performance Computing – beräkningar med mycket hög kapacitet

HVO: Hydrerad vegetabilisk olja – biodrivmedel

I

Industrikluster: Geografisk koncentration av företag och forskningsmiljöer inom samma bransch

IoT: Internet of Things – uppkopplade enheter som utbyter data

IPCEI: EU:s projekt av gemensamt europeiskt intresse

K

Konnektivitet: Teknik för att koppla samman system och enheter säkert och snabbt

Konvergens: När olika tekniker kombineras för nya funktioner och lösningar

Kvantkrypto: Kryptering baserad på kvantmekaniska principer

Kvantteknik: Teknik som utnyttjar kvantmekaniska effekter för beräkning och kommunikation

M

Maskininlärning: Teknik där algoritmer lär sig från data för att förbättra prestanda

MEMS: Mikroelektromekaniska system – små sensorer och komponenter

Multidisciplinär: Forskning som kombinerar flera vetenskapsområden

N

Nettonoll: Tekniker som minskar utsläpp till nära noll genom effektivisering och cirkularitet

Neuromorfik: Kretsar som efterliknar hjärnans sätt att bearbeta information

New Space: Den nya generationen av rymdindustri som drivs av privata aktörer och innovation

P

Pilotlinor: Anläggningar för test och utveckling innan fullskalig produktion

Prediktivt underhåll: Underhåll som planeras utifrån data och analyser för att förutse och förebygga fel innan de inträffar

Q

QKD: Quantum Key Distribution – kvantbaserad säker nyckelöverföring

R

RAS: Robotik och autonoma system – teknik för automatiserade rörelser och beslut

Resiliens: Förmåga att motstå och återhämta sig från störningar

RME: Rapsmetylester – biodiesel från raps

S

SAF: Sustainable Aviation Fuel – hållbart flygbränsle

Sensorfusion: Kombination av data från flera sensorer för bättre analys

SiC: Kiselkarbid – material för kraftelektronik

Systemintegration: Sammanlänkning av olika tekniska system för att fungera som en helhet

T

Testbäddar: Miljöer där ny teknik kan testas i realistiska förhållanden

TRL: Technology Readiness Level – mått på teknikens mognad

Tvärsektoriell: Samarbete mellan olika sektorer för gemensamma lösningar