

# ROBOTARNAS ÅRHUNDRADE

En rapport från Blue Institute om  
robotikens utveckling, marknaderna  
och konsekvenserna för samhället.



**EXECUTIVE SUMMARY** 2



**TEKNIKUTVECKLING** 6



**MARKNADSÖVERSIKT** 16



**ROBOTAR I SAMHÄLLET** 36



**DEN SVENSKA MARKNADEN** 44

**KÄLLFÖRTECKNING** 52

Stiftelsen Blue Institute är en tankesmedja grundad av Mercuri Urval Group för att bedriva forskning och analysverksamhet med fokus på strategi- och tillväxtfrågor. Kunskapen ska spridas och underlätta för näringsliv och samhälle att fatta beslut.

Rapporten Robotarnas århundrade är den 17:e studien inom projektet Framtida tillväxtmöjligheter för Sverige. Projektet syftar till att analysera hur olika tillväxtområden påverkar de strategiska utmaningar som svenskt näringsliv och samhälle står inför. Projektet drivs med bidrag från VINNOVA, Sveriges innovationsmyndighet. Tidigare studier är tillgängliga på [framtidatillvaxt.se](http://framtidatillvaxt.se)

Författare: Benjamin Ståhl och Madeleine Sunding, Blue Institute.  
Grafisk design: Anders Gunér. Tryck: UrbanPrint, Stockholm 2015

ISBN 978-91-982132-1-8

Robotiken utvecklas i snabb takt. Det innebär växande marknader och nya användningsområden, men också utmaningar för såväl företag som för samhället i stort.

Den här rapporten ger en överblick över drivkrafterna och tekniken som ligger bakom utvecklingen och beskriver dynamiken i både etablerade och framväxande marknader.

Rapporten inleds med en Executive Summary som sammanfattar studien. Därefter följer ett avsnitt som beskriver robotikens utveckling och vilka teknikområden som driver

fram nya lösningar. Kärnan av rapporten utgörs av nästa avsnitt, som skildrar den globala marknaden och de olika segmentens tillväxt. Avsnittet innehåller även nedslag inom områdena drönare, 3D-skrivare och förarlösa fordon. Därefter följer ett avsnitt som belyser konsekvenserna av en ökad robotisering för ekonomin och samhället. Rapporten avslutas med en analys av de svenska utmaningarna och möjligheterna i förhållande till robotikens utveckling.

## EXECUTIVE SUMMARY

Vi lever i robotarnas århundrade. Användningen växer exponentiellt och på bred front. Robotar kommer att bli betydligt vanligare i alla delar av ekonomin och alla delar av samhället. Etablerade leverantörer gynnas av tillväxten, men utmanas av nya aktörer som tar sig in på marknaden. Utvecklingen ställer också krav på användare att förstå vad som händer och ta tillvara på möjligheterna för att undvika en försämrad konkurrenskraft.

**A**ven om robotanvändningen har nästan 50 år på nacken har tillväxten nu gått in i en ny fas. Antalet industrirobotar har ökat med över 50 procent de senaste fem åren. Men den kanske viktigaste trenden är att robotar används i högre utsträckning utanför industrin. Att det såldes 230 000 industrirobotar under 2014 var imponerande, och ett rekord, men det ska jämföras med att det såldes fyra miljoner robotdammsugare och en och en halv miljon drönare samma år.

Drivkraften är att robotar, i en allt högre grad och i accelererande takt, är kostnadseffektiva lösningar som kan tillämpas på en mängd områden. Den här rapporten visar att det inte är fråga om en tillfällig ökning. Kombinationen av högre funktionalitet, lägre priser och ett växande behov talar för att vi är i början av en utdragen tillväxtfas. Konsekvenserna av tillväxten är tvådimensionella.

För det första innebär det marknadsmöjligheter för utvecklare och tillverkare av robotar. Kostnadspress och ökad funktionalitet öppnar upp nya segment. Robotar till mindre företag och till konsumenter ger volymer som i sig pressar kostnader. Öppen källkod, systemkretsar och billiga, lättillgängliga komponenter gör det enklare än någonsin att utveckla produkter.

För det andra har den ökande användningen stora konsekvenser för produktivitetsutveckling, vilket påverkar företa-

gens produktionsstrategier och även samhällsekonomin i stort. En ökad robotisering kommer att innebära förändringar för hur arbete organiseras och utförs, inte minst i tjänstesektorer där robotar tidigare inte har förekommit. Det finns stor potential, men det för också med sig betydande utmaningar.

Den här studien ger en överblick över robotmarknaderna och robotikens utveckling globalt. Det är dock inget enhetligt, enkelt avgränsat område. Robotik är en del av en större transformering, drivet av digitalisering och automation. Därför är det inget enskilt teknikområde eller någon gemensam marknad som täcker alla aspekter av utvecklingen. Marknadsstrukturen inom olika segment ser olika ut, och är därtill ofta högst fragmenterad. Särskilt gäller det för icke-industriella tillämpningar.

Samtidigt finns gemensamma nämnare, då många tekniska framsteg kan tillämpas i många lösningar. Ett exempel är maskinseende, som är lika viktigt för vissa industrirobotar som för förarlösa fordon. Det gör att utvecklingen präglas av en dynamik, där ”nya” aktörer slår sig in på marknaden. En del är uppstickare medan andra, som Google och Amazon, har betydande resurser och kommer från helt andra branscher och med annan kärnkompetens. Synergierna som finns i teknik och tillämpning gör att det sannolikt kommer att ske

betydande branschglidning och fortsatt konsolidering inom delsegmenten.

### BILLIGARE OCH BÄTTRE

En robot, som vi använder begreppet här, är en maskin som kan ”känna, tänka och handla” i det fysiska rummet. Förmågan att göra det baseras på hårdvara och mjukvara som går raskt framåt vilket ökar funktionalitet och användningsområdet samtidigt som kostnaderna minskar.

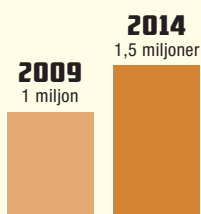
Framstegen som görs tillämpas inom robotik, men drivkraften kommer framförallt från utvecklingen av andra marknadsområden, inte minst konsumentelektronik och mobiltelefoner. Förutom att det har lett till billigare, mindre och bättre komponenter har det också skapat en utbredd infrastruktur som robotar kan dra nytta av.

Robotar är tänkande maskiner, och har därför gynnats av den snabba utvecklingen av processorkraft och sensorer. Nu finns systemkretsar för till exempel drönare och tillverkande robotar. Utvecklingen mot mer avancerad artificiell intelligens, till exempel maskinlärning som främst utvecklats för processautomatisering, är direkt tillämpbar på många av robotikens delområden. Molntjänster är också ett område som används inom robotik.

**UNIMATE** var den första industriroboten och togs i bruk 1961. Sedan dess har robotar spelat en viktig roll i utvecklingen av produktionssystem. De används bland annat för svetsning, målning, materialhantering och plockning. Särskilt fordonsindustrin har investerat i robotar och utgör fortfarande 40 procent av marknaden, men användningen ökar snabbt i den växande elektronikindustrin.

**>1,5 MILJONER**

industrirobotar är i bruk globalt, vilket är 50 procent fler än 2009.



Användning av robotar i försvarsapplikationer **MINIMERAR** risker som människor utsätts för och kan också **EFFEKTIVISERA** insatser. Några exempel är obemannade flygfarkoster (drönare), minröjare och transportrobotar. Flera av dem är också användbara i civila tillämpningar. USA leder utvecklingen och har ambitiösa mål för att användningen av robotar drastiskt ska minska bemanningsbehovet. Segmentet är snabbt växande men i vissa delar också kontroversiellt ur juridiska och etiska perspektiv.



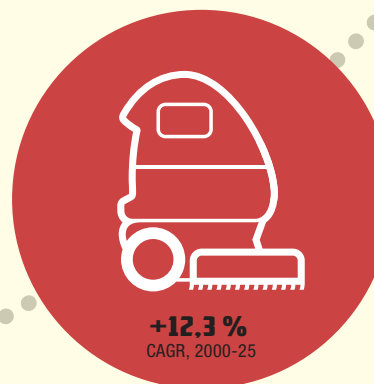
FÖRSVARSRBOTAR

**91 MILJARDER USD**

kan komma att spenderas på obemannade flygfarkoster fram till 2023.

**40 000** 

aktiva mjölkningsrobotar fanns på marknaden 2014, framförallt i Europa.



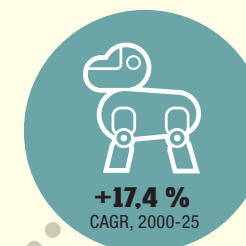
PROFESSIONELLA  
TJÄNSTERBOTAR

**KOSTNADER, ARBETSMILJÖ  
OCH EFFEKTIVITET**

Professionella robotar förekommer utanför tillverkningsindustrin inom jordbruk, lagerhantering, sjukvård och bygg- och fastighetssektorn.

Lösningarna är ofta specifika med tydliga och betydande effekter på kostnader, arbetsmiljö och effektivitet.

Robotisering sker inom allt fler områden men jämfört med tillverkande industri är marknaden ännu i sin linda.



HUSHÅLLS-/  
PERSONLIGA  
ROBOTAR

De flesta robotar som finns idag säljs till konsumenter. De höjer livskvaliteten genom att utföra tråkiga hushållsuppgifter, de gör livet enklare för äldre och funktionshindrade och de sysselsätter entusiaster världen över. Personliga robotar kommer i en mängd skepnader och gör saker som att städa, vårda, underhålla och transportera. Den relativt låga kostnaden per enhet gör att fallande priser på kretskort och sensorer får ett stort genomslag. Funktionaliteten utvecklas snabbt av samma anledning. Segmentet är också det snabbast växande på marknaden.



iRobots Roomba, en dammsugare, är med **12 MILJONER** sålda enheter världens vanligaste robot.

**FÖRARLÖSA FORDON**

Förarlösa fordon har potential att göra trafiken säkrare och mer miljövänlig samt att radikalt förändra affärsmodeller. Även om helt autonom framfart på offentliga vägar är ett årtionde bort så finns redan idag teknik för automatiserad körning på marknaden, till exempel parkeringsassistent, autobroms och motorvägskörning. Det krävs lösningar på nya juridiska frågeställningar som uppkommer, ytterligare teknikutveckling och kostnadsminskning, men räkna med att allt mindre tid i bilen kommer spenderas med händerna på ratten.



INDUSTRIROBOTAR

En annan faktor som driver utvecklingen är att det blivit allt enklare att utveckla robotar. Komponenterna är billiga och enkla att få tag i, det finns beprövad mjukvara och metoder för snabbt lärande och gott om kompetenta utvecklare, samtidigt som tillgången på kapital ökar. Det leder till kortare ledtider och mer experimenterande.

### REKORDSTOR MARKNAD LÅNGT FRÅN MÄTTAD

Det har aldrig sålts så många robotar som nu. Den globala marknaden estimerar vi till 27 miljarder dollar. Därtill kommer kringkostnader för installation, service och mjukvara som gör marknaden för många tillämpningar tre gånger så stor.

Industrirobotar är det största och mest etablerade segmentet. År 2014 slogs försäljningsrekord för tredje året i rad med 230 000 sålda robotar. Trots detta är användningen av robotar inom industrin generellt sett låg, begränsad till ett fåtal industrier och till ett fåtal processmoment. I genomsnitt utför robotar endast 10 procent av automatiserbara uppgifter inom industrin, men spännvidden är stor mellan länder och sektorer.

Sverige har historiskt varit ett land med hög robotanvändning inom industrin, men rankades nyligen som en av de exportekonomier som är långsammast på att tillämpa avancerad tillverkningsteknik. Om den nuvarande trenden håller i sig kommer endast 15 procent av tillverkningen i Sverige skötas av robotar år 2025. Det kan jämföras med de länder som är snabbast på att ta till sig tekniken, som Indonesien, Sydkorea, Taiwan och Thailand, där 40 procent av uppgifterna kan skötas av robotar år 2025.

Investeringarna har haft konsekvenser för de industriella användningsområdena. Fordonsindustrin har traditionellt varit den största marknaden för industrirobotar. Andelen har sjunkit, även om sektorn har tagit igen en del under senare år och har

en fortsatt stark tillväxt som drivs av en snabb kapacitetsökning i Asien och nyinvesteringar i USA.

Robotar har även ökat i andra tillverkningssektorer. Där efterfrågas ofta andra typer av robotar, till exempel för montering, sortering och plockning. Det är inte så konstigt att elektronikindustrin blivit en stor användare i takt med att tillverkning av mobiltelefoner, datorer och TV-apparater skjutit i höjden. I det robottätaste landet i världen, Sydkorea, har till exempel elektronikindustrin stått för en större andel av robotmarknaden än vad fordonsindustrin gjort de senaste fem åren.

Elektronikindustrin ställer andra krav på robotar, vilket också driver teknik- och marknadsutveckling. Till exempel är produktivcyklerna mycket kortare än inom fordonsindustrin. Det ställer krav på väsentligt lägre priser, större flexibilitet och på enklare systemintegration. Dessutom är det ofta fråga om mer ostrukturerade industriella miljöer med fler människor, vilket driver utvecklingen av säkra "co-bots", kollaborativa robotar, som kan arbeta nära människor.

Billigare och mer flexibla robotar gör inte bara robotisering attraktiv för andra branscher utan också för små och medelstora bolag. Eftersom robotmarknaden traditionellt riktat in sig på stora bolag med betydande volymer innebär det en stor tillväxtpotential. Utvecklingen har också gått snabbt, möjligtvis för att investeringsbeslut kan fattas snabbare i mindre bolag.

De fyra stora globala leverantörerna (ABB, Fanuc, KUKA och Yaskawa) står alltså för två tredjedelar av industrimarknaden, och dessutom finns starka aktörer i vissa nischer. En utveckling är att nya aktörer från Kina börjat konkurrera på marknaden, en annan att det kommer in nya leverantörer med radikalt annorlunda utgångspunkter. De erbjuder mindre en- eller tvåarmade robotar till ett inköpspris på 25 000-45 000 dollar, jämfört med typiska priser på över 100 000 dollar, och som dessutom är billigare att installera.

Mycket talar för att den starka utvecklingen kommer att fortsätta eftersom drivkrafterna inte visar tecken på att stanna av. Jakt på produktivitet är ständig och universell, och det gäller även utanför industrin.

### KOMMERSIELLA ROBOTAR UTANFÖR TILLVERKNINGSINDUSTRIN

Robotar förekommer redan i en mängd tillämpningar, inte minst inom jordbruk, hälsovård och transportsektorn. Till skillnad från industrirobotar rör det sig om många olika robottyper som ofta specialiseras för en enskild tillämpning. Volymerna är därför mindre medan enhetskostnaden i många fall är betydligt högre än för industrirobotar.

Det enskilt största segmentet är jordbruksrobotar som i sin tur domineras av mjölkningsrobotar, där svenska DeLaval är ledande, men en uppsjö av andra tillämpningar är under utveckling. Det handlar om övervakning av grödor och djur, men också om autonoma fältrobotar som sköter sådd, bevattning, skadebekämpning och skörd. Marknaden för fältrobotar växer också inom andra områden som gruvsdrift, skogsbruk och anläggning. Där är flera svenska leverantörer, som Sandvik, Atlas Copco och Volvo aktiva, liksom operatörer som Boliden, LKAB och Skanska.

Professionell tillämpning av robotik inom hälsovården drivs av kvalitets- och effektivitetsaspekter. Robotar används främst inom diagnosticering och behandling, för patientassistans samt för materialhantering på sjukhus. Robotassisterad kirurgi är det största enskilda området inom behandling, där det mest spridda systemet, Da Vinci, utförde mer än en halv miljon operationer under 2014. Patientassisterande lösningar finns det många av, ofta nischade och med inriktning på att användas i hemmet. Två svenska exempel är Bestic och Giraff. Inom materialhantering avlastar robotar sjukvårdspersonal genom att transportera sängar, utrustning och mediciner på sjukhus.

Inom logistik och lagerhantering går robotiseringen snabbt framåt. Det sker inte bara i sjukhus utan överallt där logistik är en central uppgift, särskilt inom e-handel. Robotiserad logistik handlar inte om enskilda robotar utan snarare om hela system som optimeras utifrån robotarnas kapacitet. Ett uppmärksammat robotsystem är Kiva Systems, uppköpt av Amazon för att implementeras i deras egna lagersystem.

Ett annat stort delsegment är försvarsrobotar. Området domineras av obemannade flygfarkoster även om andra typer blir allt vanligare. Drivkraften är att minska risker och kostnader samtidigt som effektiviteten ökar. Försvarsrobotik är en säregen marknad men många produkter kan också tillämpas i civila sammanhang, inte minst inom räddningstjänst och för övervakning.

Svenska Cybaero levererar till exempel obemannade system, både till Saab och för civil användning. Amerikanska försvarets forskningsprogram DARPA är en av de största utvecklingsfinansierarna inom robotik, även för lösningar som inte är militära.

### STÖRST VOLYMER INOM KONSUMENTROBOTIK

De stora volymerna inom robotik finns på konsumentmarknaden. Till exempel finns det tio gånger fler robotdammsugare av ett specifikt märke, Roomba, än vad det finns industrirobotar totalt i världen. Det är en marknadynamik som attraherar företag att utveckla produkter och där det finns stor potential att driva ner kostnader genom skalfördelar.

Något förenklat kan man säga att det finns två typer av robotar inom segmentet. Den ena typen är människoliknande robotar, humanoider, som kan utföra en stor mängd uppgifter i en komplex miljö. Den andra typen, som är långt vanligare, är robotar som utför en specifik uppgift. De tar tillvara på de stora framsteg som gjorts inom konsumentelektronik, med snabbt fallande kostnader och ökad funktionalitet.

Det är framförallt olika typer av städ- och underhållsrobotar som slagit igenom kommersiellt under det senaste årtiondet. I flera tillämpningar har man sedan länge passerat pris-prestandatröskeln, särskilt genom att ta bort den begränsande faktorn tid som är kritisk i industriella tillämpningar. Den kontinuerliga driften tillåter en i grunden enklare och billigare produkt. Samtidigt utvecklas tekniken fortlöpande och produkterna blir allt mer sofistikerade, till samma eller lägre kostnad, vilket ytterligare driver marknadens tillväxt.

En radikalt annorlunda gren inom robotik, med sikte på konsumentmarknaden, som har potential att bli det allra största segmentet, är förarlösa fordon. Utvecklingen är redan långt gången, driven av säkerhet och komfort. Även om helt autonom körning är en bit bort säkerställs investeringar och utvecklingen av att funktioner lanseras stegvis på marknaden, till exempel autobroms och automatisk parkering.

Även här finns framträdande svenska aktörer i bland annat Volvo Cars och Autoliv, men marknaden präglas framförallt av att teknikbolag som Google är aktiva. Det är troligt att förarlösa fordon är brett kommersiellt tillgängliga inom tio år,

vilket kommer att få stora konsekvenser för transportsektorn och fordonsindustrin i stort.

### KONSEKVENSER AV ÖKAD ROBOTISERING

Robotikens effekter på produktivitet är redan tydliga. Studier har visat betydande effekter på produktivitet. De potentiella vinsterna av en ökande användning är enorma. McKinsey har uppskattat dem till mellan 1 700 och 4 500 miljarder dollar årligen redan år 2025. BCG uppskattar att avancerad industrirobotik kan öka produktiviteten med 10-30 procent över en tioårsperiod, utöver den normala produktivitetsutvecklingen, och dessutom sänka arbetskostnaderna 30 procent mer än vad som vore fallet utan robotisering.

En farhåga är att robotar kommer att tränga undan högkvalificerad arbetskraft och drabba tjänstesektorn i en takt som gör det svårt att hinna ställa om. Hittills har robotanvändningen snarare genererat sysselsättning, även om nettoeffekten på längre sikt är oklar. Men det är troligt att det inte är samma jobb som kommer att finnas.

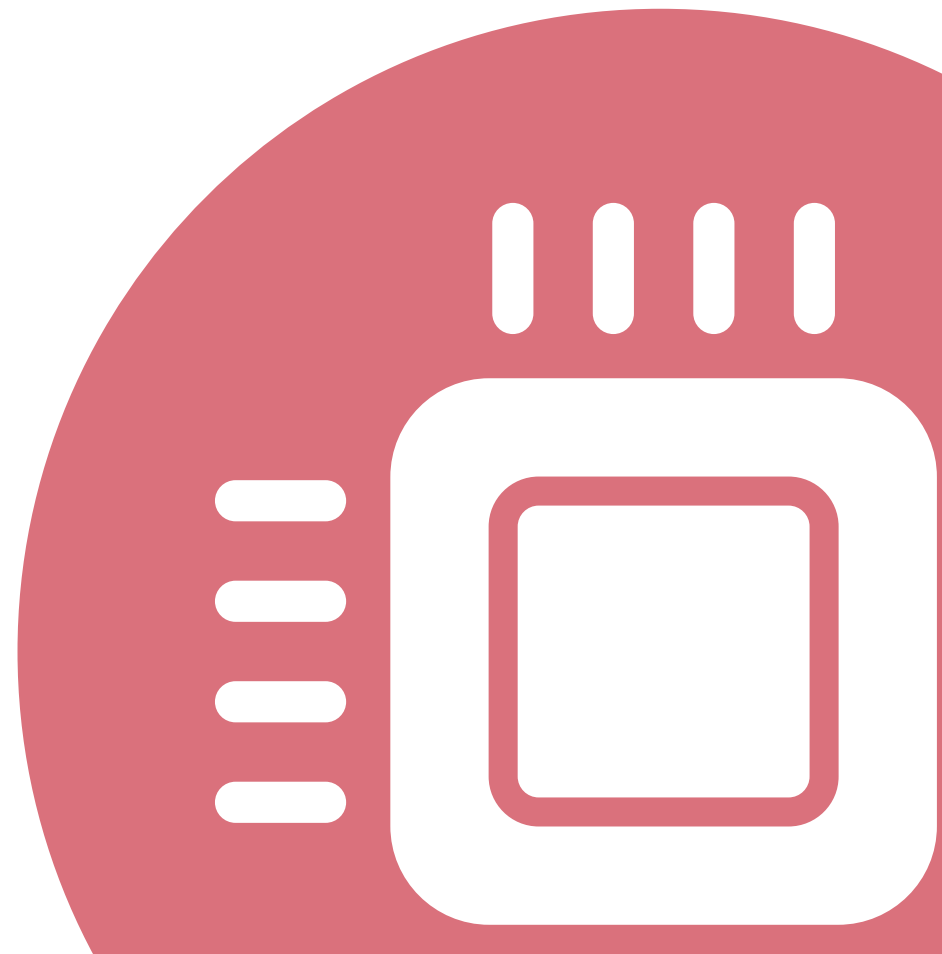
För företag skiftar robotiseringen förutsättningarna för konkurrenskraft. Fördelen av tillverkning i låglöneländer minskar och storleken på anläggningar blir mindre betydelsefull. Robotisering gör också att andra kompetenser behövs. Därför är det viktigt att företag förbereder sig genom att skaffa sig en tydlig bild av kostnadsdynamiken i hela värdekedjan och hur robotiken utvecklas. De måste också utveckla förmågan och kompetensen för att konkurrera i robotarnas århundrade.

Robotik är ett brett, fragmenterat och dynamiskt område som spänner över en mängd tillämpningar och marknader. I de tre följande avsnitten beskriver vi utvecklingen i dimensionerna teknikutveckling, marknader och samhällskonsekvenser. I det sista avsnittet diskuteras robotikens betydelse för Sverige och vilka positioner och ambitioner svenska företag har inom robotiken.



---

# TEKNIKUTVECKLING





# VAD ÄR EN ROBOT?

Ordet robot väcker många olika associationer, från C3PO och Terminator till målade industrirobotar i en produktionslina. Teknikutvecklingen är fortfarande långt ifrån de människoliknande robotar som finns i filmvärldens framtidsvisioner, men som den här studien kommer att visa finns det redan en nästan överskådlig mängd av robottyper som påverkar många olika områden.

**A**nvändningen av robotik har vitt skilda syften, från att utföra tillverkningsmoment i en fabrik till att dammsuga i hemmet eller att hålla människor sällskap. Robotar kan vara mycket mer än de humanoida, människoliknande skapelser som ofta associeras med dem. Det finns flygande, rullande, simmande och stationära robotar, och till och med sådana som inte syns alls. Och det är bara början: begreppet robot används också för att beskriva processautomatiserande algoritmer, till exempel för värdepappershandel eller kundtjänst, som i snabb takt förändrar värdekedjor, förädlingsprocesser och interaktion mellan människor.

I den här studien begränsar vi oss till robotar som har en fysisk närvaro och som antingen kan interagera fysiskt med omgivningen eller förflytta sig i den. Det innebär förstås inte att den vidare frågan om automatisering och digitalisering är skild från robotikens utveckling. Tvärtom så är den en väsentlig kontext inom vilken robotik växer fram, och dessutom är flera av de bredare tekniska utvecklingsområdena av avgörande betydelse för vidareutveckling och tillämpning av robotik.

Även med en avgränsning till att främst behandla robotar som har en fysisk närvaro blir det en mycket stor spännvidd på den teknik som innefattas i begreppet. Så vad menar vi egentligen när vi talar om robotar?

Ordet robot har sina rötter i feodala östeuropeiska samhällssystem, där rabu avsåg en träl, jämför med fornslaviskans rabota, som betyder slaveri och är besläktat med svenskans arbeta. Den tjeckiske författaren Karel Capek skrev på 1920-talet pjäsen R.U.R. (Rossums Universal Robots), en dystopi där robotar var massproducerade syntetiska slavarbetare som slutligen gjorde uppror mot sina mänskliga översittare. Både ordet robot och berättelseintrigen bet sig fast i det kollektiva medvetandet.

Även om det finns mycket utvecklingsansträngningar inom området att skapa människoliknande robotar är det i andra former som robotar har fått sitt genomslag. Framförallt har det skett inom industrin. Industrirobotar har använts i mer än ett halvt sekel och är idag en naturlig del av moderna produktionslinor. De första robotarna installerades i fabriker i slutet på 1950-talet. År 1973 fanns runt 3 000 aktiva industrirobotar. Till år 2014 hade den siffran ökat till cirka 1,5 miljoner. Men det finns ännu fler robotar inom andra områden.

## FRÅN INDUSTRI TILL HEMMET

Hur en robot är utformad beror på den uppgift som den ska utföra. Drönare behöver till exempel inte se ut som flygplan eftersom de inte behöver rymma eller vara säkra för männ-

iskor. Det innebär också att robotar kan utföra uppgifter som människan inte klarar av. En robot kan till exempel rengöra oljeledning, utföra långa uppdrag under havsytan eller skickas ut i rymden som Philae, sonden som reste tio år genom rymden för att slutligen landa på en komet.

Den internationella branschföreningen för robottillverkare, IFR, delar upp robotar i industri- och servicerobotar. För industrirobotar används en precis definition som är standardiserad i ISO 8373:2012. En robot är *"en automatiskt kontrollerad, omprogrammerbar manipulator som kan programmeras för flera syften i tre eller flera axlar"*.

För servicerobotar är det mer komplicerat och det saknas en motsvarande precis definition. IFR har antagit en preliminär definition med innebörden att det omfattar *"utrustning som semiautomatiskt eller helt självständigt utför olika tjänster, med undantag av tillverkningsprocesser"*. Med den definitionen kan industrirobotar också anses vara servicerobotar förutsatt att de är installerade i icke-tillverkande verksamhet. IFR särskiljer också mellan professionella tjänsterobotar, som framförallt används i kommersiell verksamhet, och personliga robotar, som marknadsförs direkt till konsumenterna.

Ytterligare en kategori är försvarsrobotar. De skulle kunna sorteras in under tjänsterobotar, vilket IFR delvis gör, men de

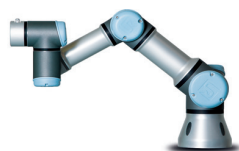


Delta-robot  
från ABB

## INDUSTRI



SCARA-robot från  
Epson



UR3 från  
Universal  
Robots

## CO-BOTS



ASIMO  
från  
Honda



Raven Gimbal från  
Aerovironment

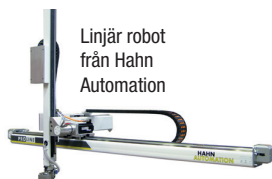


Skeldar från  
SAAB

## FÖRSVAR



Robotarm  
från KUKA



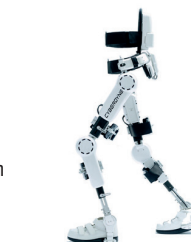
Linjär robot  
från Hahn  
Automation



Baxter från Rethink  
Robotics



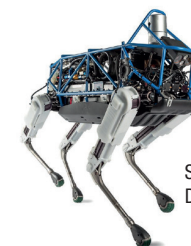
YuMi från  
ABB



Exoskelettet  
HAL från  
Cyberdyne



DARPA-  
vinnaren  
Hubo



Spot från Boston  
Dynamics



PackBot  
från iRobot



Rivningsrobot  
från Brokk



DaVinci från  
Intuitive  
Surgical



Kometlandaren Philae från  
European Space Agency



Pepper från  
Aldebaran  
Robotics



Giraff  
från Giraff  
Technologies



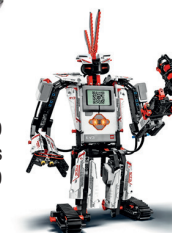
Den sociala  
roboten Jibo



AIBO  
från  
Sony



Solo från 3D  
Robotics



LEGO  
Mindstorms  
från LEGO

## PROFESSIONELLA TJÄNSTER

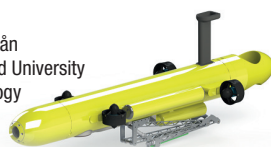


Mjölkningsrobot från De Laval



Amazons  
KIVA-robot

COTSbot från  
Queensland University  
of Technology



PARO från  
PARO  
Robots



Självkörande bil från Google

## HUSHÅLL/PERSONLIGA

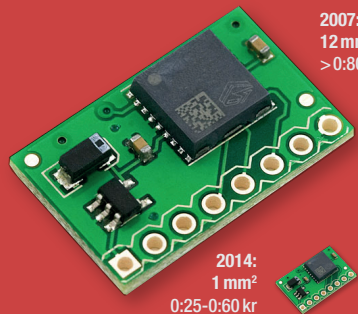
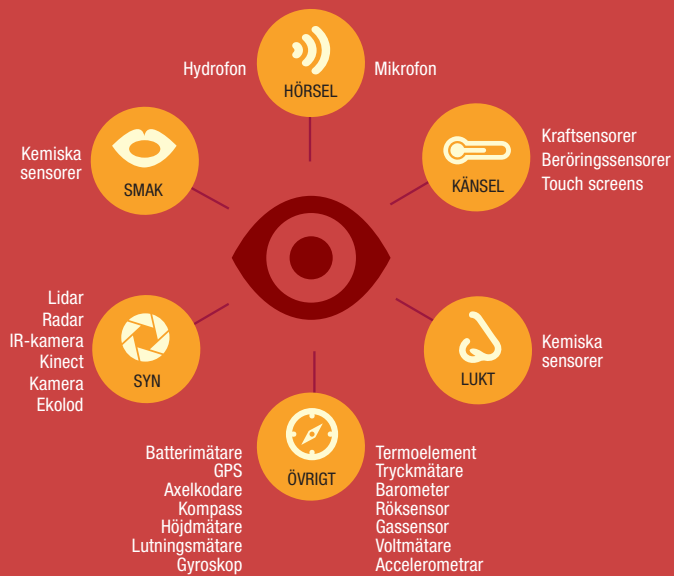
Automover från Husqvarna



Trilobite  
från Electrolux

# KÄNNA

Robotar inhämtar information om sig själv och sin omgivning med hjälp av sensorer. Ökad användning av sensorer i smartphones och andra enheter har drastiskt ökat funktionaliteten, pressat kostnader och möjliggjort integrering av flera sensorer på samma chip. Teknikutmaningen är integrering och tolkning av sensorernas signaler.



2007:  
12 mm<sup>2</sup>  
>0:80 kr

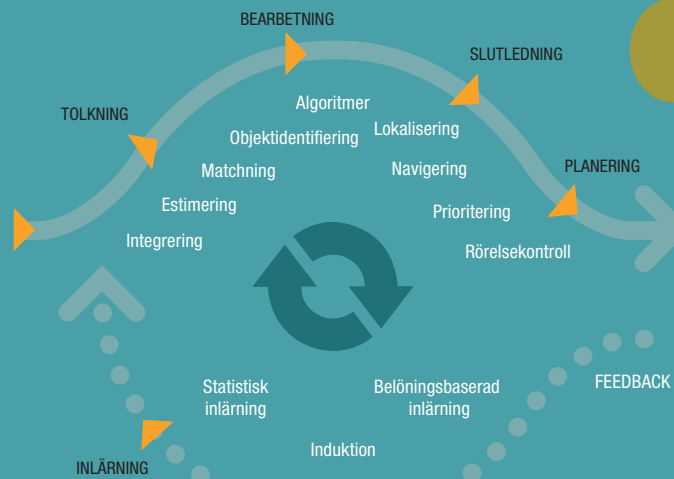
## Sensorer blir billigare och mindre

Utveckling inom chip-tillverknings-teknik har gjort sensorer billigare, mindre och mer intelligenta. Det gör att de kan användas i fler applikationer samtidigt som fler sensorer kan integreras till en lägre kostnad. För robotar innebär det en bättre omvärldsuppfattning till en lägre kostnad.

2014:  
1 mm<sup>2</sup>  
0:25-0:60 kr

# TÄNKA

Sensordata tolkas och bearbetas med hjälp av algoritmer och statistiska modeller som gör roboten medveten om sin omgivning och avgör hur den ska agera. Med hjälp av maskininläring kan förståelsen och agerandet förbättras över tid. Snabbare processorer och nya metoder för maskininläring är centrala för utvecklingen inom artificiell intelligens.

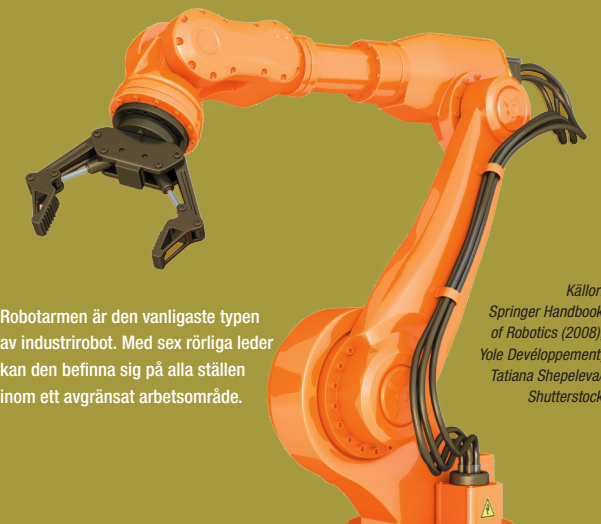
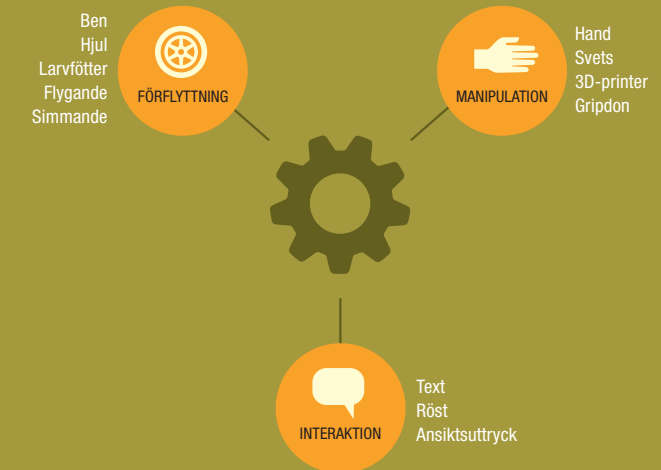


## Hur kan en maskin förstå vad den ser?

Maskininläring är ett grundläggande begrepp inom artificiell intelligens. Det syftar till maskiners förmåga att själva förbättra sitt beteende eller sin kunskap genom erfarenhet, som den mänskliga hjärnan kan göra. Tekniken kan användas för datorsyn, språkförståelse och i förarlösa bilar. Exempel på tjänster som använder maskininläring är Googles sökmotorer, Skypes realtidsöversättning och spamfilter för e-post. I ett experiment som Google gjort lyckades ett nätverk av datorer lära sig känna igen katter genom att analysera miljontals bilder. Trots att ingen berättat för systemet att katter finns.

# HANDLA

En robot kan interagera med sin omgivning på olika sätt, till exempel genom att manipulera objekt, förflytta sig och kommunicera. Att röra sig obehindrat i dynamiska miljöer och på oregelbundet underlag är tekniska utmaningar. Utveckling av gränssnitt och säkerhet är också kritiskt för att människor och robotar ska kunna samverka nära varandra.



Robotarmen är den vanligaste typen av industrirobot. Med sex rörliga leder kan den befinna sig på alla ställen inom ett avgränsat arbetsområde.

Källor:  
Springer Handbook of Robotics (2008), Yole Développement, Tatiana Shepeleva/ Shutterstock



## En robot är en maskin som kan känna, tänka och handla i miljöer med olika grad av komplexitet.

utvecklas för en speciell och särskild marknad. Segmentet domineras av obemannade flygfarkoster, vanligare benämnt drönare, vars status som robotar är omdiskuterad. Försvarsrobotik är också utmärkande på grund av sin långa historia. Robotar för militärt bruk har funnits sedan slutet av 1800-talet, när Nikola Tesla utvecklade en radiostyrd motorbåt för militära applikationer. Inom försvaret är robot också benämningen på styrda projektiler, till exempel kryssningsrobotar. Den typen av produkter behandlas inte närmare i den här studien.

Inom de här fyra huvudkategorierna finns en uppsjö av robotar som skiljer sig mer eller mindre från varandra. Diversifieringen av robotar under senare år har gått snabbt, och fortsätter i en accelererande takt. Med en sådan mängd robottyper och tillämpningar är det en utmaning att beskriva var teknikutvecklingen ligger, eftersom det rör sig om helt olika utmaningar för olika typer av robotar.

### EN ROBOT KÄNNER, TÄNKER OCH HANDLAR

En annan definition av en robot är att det är en maskin som kan känna, tänka och handla. Robotar rör sig i miljöer med olika grad av komplexitet. Miljön kan vara oföränderlig och förutsägbar eller dynamisk med rörliga objekt och skiftande terräng. Oavsett typ av miljö måste roboten ta in information utifrån, det vill säga känna. Det gör den genom att ta in signaler från olika typer av sensorer.

Signalerna tolkas sedan för att bearbetas av algoritmer i en dator, det vill säga att roboten tänker. Efter bearbetningen

sänder kontrollenheten ut signaler till manipulatorerna om hur roboten ska handla, det vill säga förflytta sig eller manipulera något objekt i omgivningen.

Att kunna känna, tänka och handla är också det som gör roboten till just en robot, och inte bara en maskin som upp-repar en och samma funktion. En annan gemensam nämnare är syftet att ta över uppgifter från människan och utföra sådant som människan, eller annan teknik, inte klarar av. Det uttrycks ofta som att göra jobb som är tråkiga, smutsiga eller farliga.

Utvecklingen av robotars förmåga att känna, tänka och handla bygger huvudsakligen på teknik som utvecklats för andra ändamål och för andra marknader än specifikt för robotik. Och det är på marknaderna för dessa teknikområden som en stor del av förklaringen till den snabba tillväxten på robotmarknaden kan hittas.

### SENSORER BLIR BILLIGARE, MINDRE OCH BÄTTRE

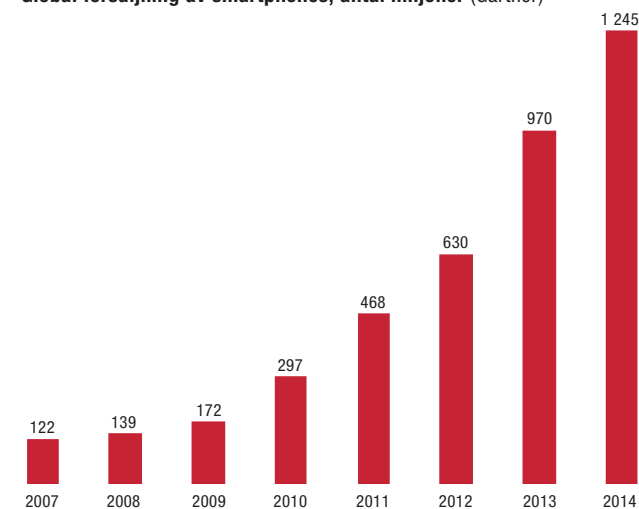
En robots förmåga att känna av sin omgivning är baserad på olika typer av sensorer. Det kan handla om kameror som ger en visuell bild av omgivningen, och innefattar all användbar information som tryck, temperatur, strålning, kemi, och så vidare. Sensorer som ger en uppfattning om den egna kroppens förhållande till omgivningen, så kallade proprioceptiva sensorer som GPS, accelerometrar och gyroskop, är särskilt viktiga för mobila tillämpningar.

Utvecklingen av sensorer drivs främst av andra marknader än robotik. Inte minst den stora och snabbt växande marknaden för smartphones har bidragit till det. År 2014 såldes mer än 1,2 miljarder smartphones globalt, vilket innebär att sensorer nu tillverkas i en skala som gör dem extremt billiga. I iPhone 6 till exempel var kostnaden för sensorerna inte mer än 6,70 dollar medan kameran kostade 17,30 dollar, enligt IEEE. Tillsammans utgjorde de endast 10,5 procent av kostnaden.

Utvecklingen inom sensorer karakteriseras av sjunkande priser och allt mindre storlek, kopplat till ökad funktionalitet och nya tillämpningsområden. Det handlar om att integrera fler sensorer på samma chip, reducerad storlek, mindre energiförbrukning och allt lägre kostnader. Marknaden är redan enorm och inom några år kommer volymerna att räknas i triljoner. Det drivs av internet-of-things där allt fler produkter är uppkopplade och "smarta", i bemärkelsen att de genom sensorer har information om sin omgivning.

Framförallt har utvecklingen av mikroelektromekaniska system, MEMS, varit viktig. MEMS är mycket små enheter som integrerar mekaniska och elektriska komponenter som samverkar för att detektera och rapportera tillstånd i, och som även kan interagera med, omgivningen. De bidrar till ökad funktionalitet till mycket låg kostnad och används till exempel

Global försäljning av smartphones, antal miljoner (Gartner)

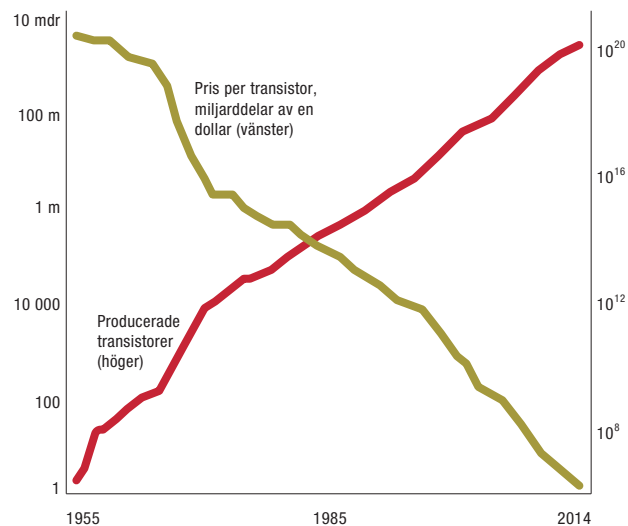




som rörelsedetektorer i smartphone-baserad navigation. De är väldigt små, energieffektiva och mycket billiga att tillverka. För robotar innebär det att fler, billigare och bättre sensorer kan användas för att upptäcka omvärlden. Det gör också att många robotmodeller kan bli mindre skrymmande jämfört med tidigare.

Tillgången på sensorer möjliggör inte bara avancerade lösningar tekniskt, utan också att design och prototyputveckling blir lättare och snabbare. Integrerade sensorer kan beställas på eBay till en billig peng. Microsofts spelkontroll Kinect, som kostar 150 dollar, är en populär lösning för att förse robotar med djupuppfattning och 3D-seende. Öppna mjukvaruutvecklingskit, så kallade SDKer, kompletterar situationen.

**Moore's lag** (IEEE Spectrum, VLSI Research)



### EXPONENTIELL ÖKNING AV DATABEHANDLINGSPRESTANDA...

När man talar om robotars förmåga att tänka handlar det framförallt om databehandling. Processorprestandan möjliggör för programvara att bearbeta stora mängder data snabbare än vad en människa klarar av.

År 1965 formulerade Intels grundare Gordon E. Moore en tumregel, senare benämnd lag, med innebörden att antalet transistorer som får plats på ett chip växer exponentiellt. Exakt hur snabbt det går har reviderats under åren men på det hela taget är det den utvecklingen som har varit bränslet för informationsteknikens utbredning i samhället.

Det har länge spekulerats i när Moores lag når sin gräns för hur små transistorer kan bli, eller snarare hur små de kan bli innan tillverkningsprocessen blir för dyr. Problemet med ännu mindre transistorer är egentligen mer ekonomisk än fysisk. Men utvecklingen fortsätter ändå i rask takt. Tillverkarna har börjat ta till nya metoder för att få in fler transistorer på ett chip och använder sig också av nya material. Intel, som lanserade en 14 nanometer stor transistor under 2014, har börjat stapla transistorer på varandra i tre dimensioner.

En annan utveckling som tillgängliggör högre prestanda är att databehandlingen centraliseras och utförs i molnet snarare än i en specifik enhet. För beräkningar som kan utföras parallellt är det därför mer betydelsefullt att beakta den totala tillgängliga processorkapaciteten snarare än den som finns inbyggd i en enskild enhet.

För robotiken har utvecklingen av processorprestanda varit betydelsefull då den möjliggjort mer sofistikerade algoritmer och mer avancerade sätt att utföra uppgifter. Mer processorkraft innebär också fler integrerade funktioner på chippen, som säkerhetsfunktioner, och högre energieffektivitet. Till exempel finns nu Intels Xeon D-chip i konfigurationer som är speciellt anpassade för industrirobotar.

**Moravecs paradox innebär att det som är lätt för en människa att göra är svårt för en robot, och tvärtom. Ofta är det som människan lär sig upp till tio års ålder det svåraste att lära en robot.**

### ... OCH BÄTTRE PROGRAMMERING GER SMARTARE ROBOTAR

Det är inte bara prestandan på processorer som är avgörande för hur robotar tänker, det är minst lika viktigt hur den prestandan används. Det är en fråga om programmering och om lärande.

En aspekt som betonades av Hans Moravec, en forskare på Robotics Institute vid Carnegie Mellon i USA, är det paradoxala i att vad vi betraktar som resonande på hög nivå kräver förhållandevis lite beräkningskraft, medan motoriska färdigheter kräver mycket beräkningskraft. Moravecs paradox innebär att det som är lätt för en människa att göra är svårt för en robot, och vice versa. Robotar är bäst på de uppgifter som görs på rutin och som följer regler, medan uppgifter som kräver utförarens omdöme är betydligt svårare. Det som människan lär sig upp till tio års ålder är vanligtvis det som är svårast att lära en robot.

Artificiell intelligens (AI) är det som möjliggör för robotar att resonera, dra slutsatser, planera och lära sig saker, det vill säga förmågan att fatta bra beslut baserat på given kunskap inom en given tidsram. AI är förstås ett väsentligt bredare utvecklingsfält än specifikt för robotik. Många tillämpningar, som till exempel IBM:s kognitiva system Watson, är framförallt virtuella system. Den huvudsakliga användningen för AI finns inom olika typer av processautomation och bearbetning av



stora mängder data, som också kan vara till nytta inom robotiken. Det gäller inte minst mönsterigenkänning och lärande.

Maskininlärning är en typ av AI som gör att mjukvara kan lära sig utan att explicit programmeras. Istället får den själv definiera samband genom att studera stora mängder data. På så sätt kan mjukvaran själv skapa regler som programmeraren kan ha svårt att definiera. Djupinlärning är en form av maskininlärning som bearbetar data med hjälp av algoritmer uppbyggda på ett liknande sätt som hjärnans neuronnät.

Bland annat Google, Facebook och Amazon har framträdande positioner inom maskininlärning eftersom de har omåttligt stora mängder data att tillgå. De använder data för att utveckla språkförståelse till översättningsprogram och för att förbättra sina sökmotorer, bland annat genom att lära dem känna igen objekt på bilder. Skypes realtidsöversättning och spamfilter för e-post är andra applikationer som baseras på maskininlärning.

För robotar används maskininlärning bland annat för att interagera med människor och för att upptäcka och känna igen objekt, vilket gör det möjligt för roboten att orientera sig i sin omvärld. Genom att koppla upp robotar till nätet kan robotens informationsbearbetning ske centralt i molnet. Framför allt kan även maskininlärning i dessa fall ske centralt, vilket snabbar upp inlärningen då kunskapsbasen inte begränsas till en enskild robot. Cloud robotics, eller molnbaserad robotik, är ett av de mest lovande utvecklingsområdena inom robotiken eftersom det kan användas inom många tillämpningar.

En delad kunskapsbas möjliggör också för samarbete robotar emellan, så kallad svärmrobotik. Svärmrobotik innebär att ett centralt system sköter flera robotar på samma gång och styr hur de enskilda robotarna ska agera. Till exempel har detta redan fått genomslag inom lagerhantering, där det kanske mest kända exemplet är Amazons Kiva-robotar.

Systemet går ut på att ett centralt system håller koll på var olika produkter och robotar befinner sig i lagerlokalen. Sedan dirigerar det robotarna som flyttar hyllorna med produkter till lagerpersonalen istället för att personalen ska behöva gå runt i lagret och leta efter produkter.

### MER HANDLINGSKRAFT GENOM BÄTTRE RÄCKVIDD...

Eftersom robotar kan se ut på så många olika sätt, i enlighet med sitt syfte, omfattar teknikutvecklingen vad gäller deras förmåga att handla också en stor mängd områden. På en övergripande nivå är det framsteg inom mobilitet, manipulation och social interaktion som påverkar hur robotar interagerar med omgivningen.

Många framväxande robotsegment bygger på mobilitet. Därför behöver robotar kunna ta sig fram och navigera i sin omgivning, och de måste utrustas med energilagring som räcker för uppgiften. Framdriften kan ske på hjul, med två eller flera ben, med vingar eller rotoror i luften, propellrar i vattnet, eller till och med genom att kräla fram som en orm.

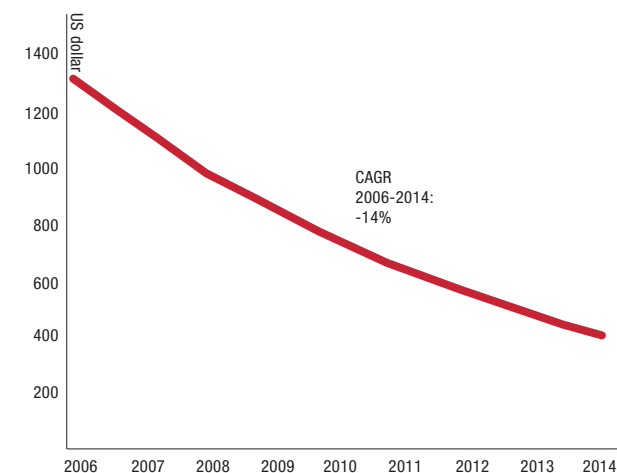
Navigering kan ske med hjälp av sensorer som kameror och radar, och går från relativt enkla slumpmässiga förflyttningar till mer sofistikerad kartläggning av omgivningen. Inte minst för förarlösa fordon och drönare är detta centrala teknikområden.

Mobilitet kräver energi och utvecklingsfronten ligger framförallt inom batterier, där litiumteknik möjliggjort en helt annan mobilitet. Återigen är det andra marknader som driver utvecklingen, särskilt konsumentelektronik och på senare år även fordon.

### ... HÖGRE PRECISION...

Manipulation är en kärntechnik inom robotik, eftersom det är genom fysisk interaktion med omgivningen som robotar upp-

**Batterikostnad för elektriska fordon per kWh**  
(Stockholm Environment Institute)



når sitt syfte. Grunderna inom robotmanipulation är kinematik och dynamik, och att planera och kontrollera rörelser. Det är här Moravecs paradox blir som tydligast. Att vika en handduk, till exempel, tar en specialdesignad robot runt tio minuter medan en människa gör det på någon sekund.

En central utmaning är säkerhetsaspekter för att robotar och människor ska kunna interagera utan att människan kommer till skada, till exempel vid en produktionslina. Ett annat utvecklingsområde är inom olika typer av gripanordningar, särskilt robothänder. Utvecklingen har gått från rigida manipulatorer till flexibla människoliknande händer som kan greppa och manipulera oregelbundna objekt i ostrukturerade miljöer. Utmaningen är att göra dem mer smidiga, känsliga, robusta, lätta och billiga. Det finns många initiativ och utgångspunkter, inte minst från protesutveckling.



### ... OCH BÄTTRE INTERAKTION

Robotars förmåga att interagera med människor är central för många tillämpningsområden, och gränssnitt som möjliggör enkel kommunikation är en viktig komponent av det. Industrirobotar har relativt komplicerade gränssnitt som kräver specialistkompetens för att hantera, och ansträngningar för att minska komplexiteten är därför ständigt pågående.

På konsumentmarknaden går utvecklingen också mot språkförståelse, eftersom en robot som kan förstå vad som sägs till den också kan ta emot instruktioner från i princip vem som helst. Framförallt är detta en funktion som skulle ha genomslagseffekt för robotar i hemmen då även privatpersoner får användning för den. Apples virtuella assistent Siri och Amazons Echo är två produkter som driver det här området.

Sociala robotar som kan visa känslor med hjälp av kroppsspråk och som även kan tolka människors känslor är under utveckling. Några produkter och prototyper finns redan på marknaden. Ett exempel är Jibo som är en slags assistent till hela familjen. Det går att prata med den och den kan hjälpa till med olika saker som att beställa mat från nätet. Roboten Pepper kan tolka ansiktsuttryck för att kunna anpassa sig efter användarens humör. Pepper används redan kommersiellt av mobiloperatören SoftBank i Japan för att ta emot och interagera med kunder.

Vad sociala robotar kan utföra är fortfarande relativt snävt med begränsad fysisk rörelse- och manipulationsförmåga. Forskningen är framförallt inriktad på att se hur människor beter sig när de kommunicerar med en robot, och hur människor reagerar på robotens kommunikation och känslouttryck. Det är ett område där utvecklingen sker kontinuerligt och som kommer att ha stor betydelse för hur användargränssnitt utformas i framtiden, för såväl personliga robotar som robotar inom andra sektorer.

### MÅNGA FRONTER

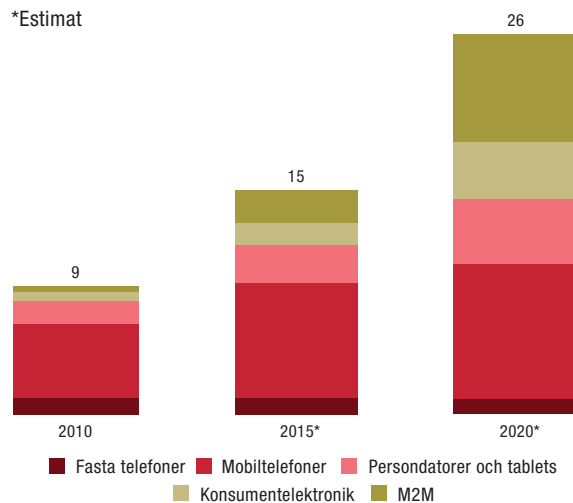
Sammanfattningsvis är det uppenbart att teknikutveckling inom robotik inte kan begränsas till ett eller ett fåtal teknikområden. Utvecklingen sker på olika håll och bred front inom många olika teknikområden, som ofta i sig har flera andra tillämpningsområden än specifikt robotik. Därför påverkar sällan tekniska framsteg alla robottyper eftersom de ser så olika ut och förlitar sig på olika typer av teknik.

Gill Pratt, som leder Toyotas AI- och robotforskning, menar att det är skälet till att vi står inför en "kambrisk explosion" inom robotiken. Likt den evolutionära motparten kommer det att innebära en accelererande diversifiering och tillämpning av robotar i samhället. Det beror dels på att den underliggande



### Uppkopplade enheter, miljarder (Ericsson Research)

\*Estimat



hårdvaran och infrastrukturen utvecklats mycket snabbt och dels på utveckling av maskininlärning och artificiell intelligens. Men den främsta anledningen är att infrastrukturen för trådlös kommunikation förbättrats så mycket, vilket gör att den globala samlade processorkraften, lagringskapaciteten och informationen teoretiskt sett blir tillgänglig för varje enhet.

Molnbaserad robotik är en kandidat till att vara den mest allomfattande utvecklingsfronten för tillfället. Förhoppningen

är att det kan möjliggöra ett mycket snabbare och mer kreativt lärande genom att utnyttja möjligheten till direkt erfarenhetsdelning, mer kreativt lärande och överkomma enskilda robotars begränsningar vad gäller processorkraft och minne.

### VAR SKER UTVECKLINGEN?

En annan faktor som förklarar den snabba utvecklingen är att det blivit allt enklare att utveckla robotar, vilket leder till kortare ledtider i produktutvecklingen. Komponenterna är billiga och enkla att få tag i, det finns beprövad mjukvara och metoder för snabbt lärande och gott om kompetenta utvecklare samtidigt som tillgången på kapital ökar.

Många produkter behöver inte längre finnas fysiskt för att deras funktionalitet och hållbarhet ska kunna testas. Tester kan istället ske på förhand i avancerade simuleringssystem. Med hjälp av standardkomponenter, 3D-skrivare och öppen källkod kan en robotapplikation utvecklas snabbt och till en låg kostnad, vilket driver experimentering.

Det är förstås inte helt enkelt att lyckas bara därför, men förutsättningarna förefaller bättre än någonsin vilket också attraherat en hel del företag och robotar till området. Inte minst är det uppenbart då stora företag gör betydande satsningar inom robotik. Google förvärvade Boston Dynamics och sju andra robotföretag bara under det sista halvåret år 2013, och har förvärvat många fler sedan dess. Amazon satsar på att göra leveranser med drönare och har köpt upp lagerlogis-

## Molnbaserad robotik är ett av de mest lovande utvecklingsområdena som täcker en stor mängd tillämpningar.

tikföretaget Kiva Systems. Inom fordonsindustrin har i stort sett alla större tillverkare omfattande satsningar på förarlösa fordon. Riskkapitalinvesteringar i drönarföretag bara i USA uppgick under första halvåret år 2015 till 172 miljoner dollar.

Vid universiteten är robotik etablerat och i stort sett varje högskola har både utbildningsprogram och forskarlag som fokuserar på olika aspekter av robotik. Det finns förstås särskilt framstående forskningsmiljöer som till exempel Carnegie Mellon och MIT i USA men merparten av utvecklingen sker i näringslivet.

Olika centrumbildningar verkar för att skapa miljöer där forskning och kommersiell tillämpning möts, som till exempel Robotdalen i Sverige och det nyligen etablerade Wallenberg Autonomous Systems Program, WASP, vid Linköpings universitet, men överlag är akademins viktigaste roll kompetensförsörjning genom utbildning.

Att utvecklingen ligger i företagen är ett tecken på den kommersiella potentialen och mognaden i tekniken, och är ofta också en förutsättning för att kunna fokusera i tillräcklig utsträckning för att etablera nya lösningar på marknaden.

Robotikens utveckling är beroende av en mängd olika teknikområden, som sensor- och processorteknik, artificiell intelligens, molntjänster, och kommunikationsteknik. Det är tillämpning av teknik för ett särskilt syfte som driver olika marknadssegment. I nästa avsnitt behandlas de snabbast växande tillämpningsområdena och hur deras förutsättningar ser ut på marknaden.



---

# MARKNADSÖVERSIKT





# STARK MARKNAD I SNABB FÖRÄNDRING

År 2014 var ytterligare ett rekordår för försäljningen av robotar. Den höga tillväxttakten gör att robotar blir vanligare och att de påverkar allt fler områden. Det innebär också att det handlar om flera marknader och en stor variation av tillämpningar. I det här avsnittet ges en översikt över den globala marknaden och de fyra största segmenten: industrin, tjänstesektorn, konsumentmarknaden och försvaret.

**M**arknaden för robotik är inne i en snabb tillväxtperiod. Både mogna segment, som industrirobotar, liksom helt nya produktgrupper växer. Trots detta är användningen av robotar fortfarande begränsad. Det gäller inom tillverkande industri men särskilt utanför den. Därför är tillväxtpotentialen fortsatt hög, inte minst i tillväxtekonomier och inom tjänste- och konsumentsektorerna. Drivkrafterna är dels ett mer konkurrenskraftigt utbud och dels ökande behov.

På utbudssidan har utvecklingen med sjunkande kostnader och högre funktionalitet tilltagit. Kostnaderna för ingående komponenter, som sensorer, processorer, kameror och skärmar, har sjunkit dramatiskt i takt med elektronikmarknadens tillväxt. Utbredningen av smarta mobiler och uppkopplingsmöjligheter gör produktutvecklingen billigare och snabbare eftersom stora delar av infrastrukturen redan finns på plats.

På efterfrågesidan drivs utvecklingen av behovet av produktivitetstillväxt. I ekonomier som Kina har lönekostnaderna ökat snabbt, vilket förbättrar investeringskalkylen för robotar. Men även i industrialiserade ekonomier är robotar ett allt mer konkurrenskraftigt alternativ inom tillverkning. I Sydkorea, som har den högsta robottäteten i världen inom tillverkande industri, har automationen mer än kompenserat för löneökningar och drivit produktivitetstillväxt.

Den här utvecklingen berör inte bara tillverkningsindustrin utan även tjänstesektorn och hälsovårdssektorn. Även här har lönerna ökat och möjligheten att använda robotar för att avlasta anställda i uppgifter som är tidskrävande, farliga eller helt enkelt för tråkiga kan driva produktiviteten.

## GLOBAL MARKNAD OM 27 MILJARDER DOLLAR

Den totala marknaden för robotar estimeras till mellan 15 och 27 miljarder dollar, beroende på vilka delsegment som inkluderas. Den internationella branschföreningen för robotar, IFR, står för det lägre estimatet. Deras beräkningar underskattar dock marknaden, vilket de själva också framhåller, av tre skäl.

För det första är den totala marknaden mycket fragmenterad och datatillgången därför bristfällig. För det andra är många av områdena förknippade med oundvikliga kringkostnader för installation, service och mjukvara som ofta tillhandahålls av leverantörerna. En tumregel för industrirobotar är att den totala implementeringskostnaden är tre gånger robotens enhetskostnad. För det tredje innefattas inte merparten av försvarsegmentet i IFRs beräkningar.

I det här avsnittet beskriver vi marknadsutvecklingen inom de största segmenten: industrin, tjänstesektorn, konsumentmarknaden och försvaret. Alla fyra segmenten växer.

## REKORDÅR FÖR INDUSTRIROBOTAR

Industrimarknaden är det mest mogna segmentet sett till försäljning och utbredning. Trots detta är användningen av robotar fortfarande låg, begränsad till ett fåtal industrier och till ett fåtal processmoment. Enligt konsultbolaget BCG utför robotar i genomsnitt endast 10 procent av uppgifterna inom tillverkningsindustrin. Samtidigt finns stora skillnader mellan länder. Potentialen i segmentet är därför hög, inte minst i termer av hur det kan komma att påverka produktivitetstillväxten.

Den globala marknaden omsluter cirka 11 miljarder dollar, och antalet sålda enheter växte med 29 procent år 2014. Segmentet har dominerats av ett fåtal leverantörer som ABB, Kuka, Fanuc, Yaskawa och Kawasaki, men på senare år har nya aktörer etablerat sig på marknaden med radikalt billigare robotar inriktade mot montering.

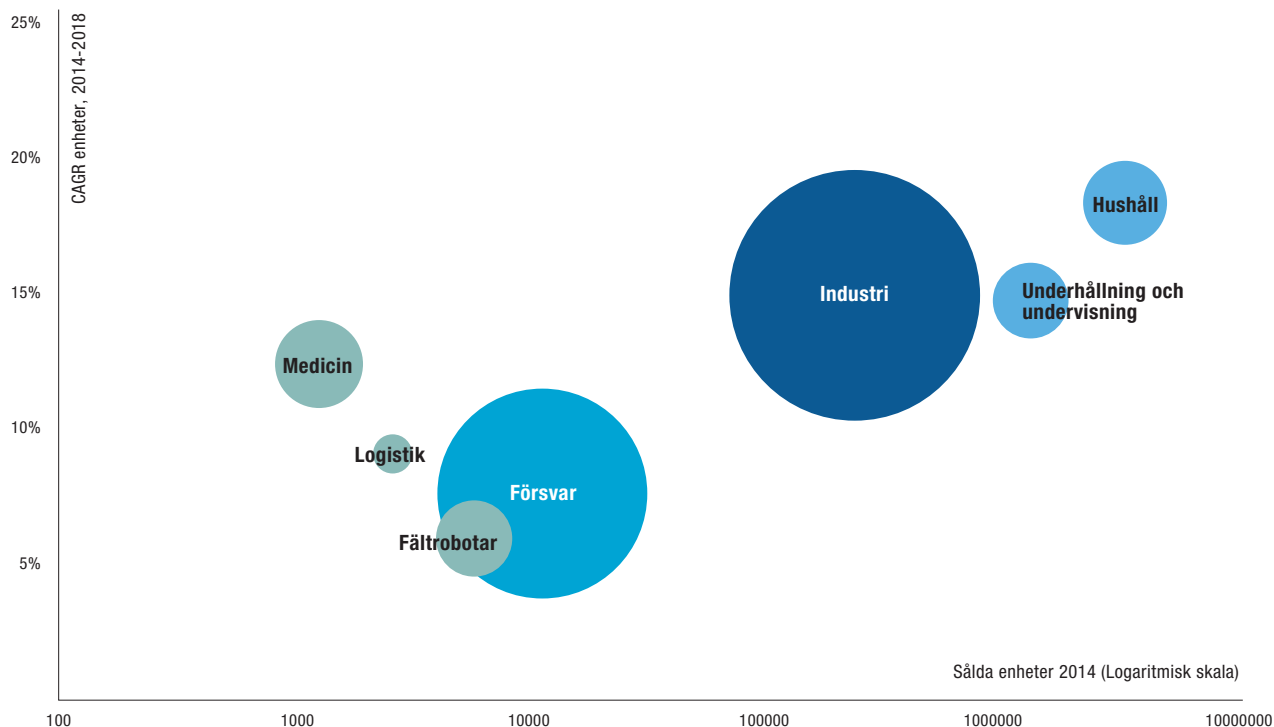
## FÖRSVAROMRÅDET STORT SEGMENT

Försvarsegmentet omsätter cirka 7,5 miljarder dollar. Marknaden domineras av obemannade flygfarkoster men användningen av obemannade markfordon och marina farkoster ökar också.

Tillväxten i segmentet drivs dels av effektivitetsvinster, till exempel förmågan att övervaka militära mål, och delvis av en



Segment på robotmarknaden, cirkelstorlek motsvarar marknadsvärde (Blue Institute, IFR, BCG)



Diagrammet visar förhållandet mellan tillväxttakt, volym och marknadsvärde för utvalda segment. Industrin har störst marknadsvärde och en hög tillväxt. Konsumentsegmentet växer snabbast och har i särklass störst volymer. Segmenten försvar och professionella tjänster växer också, och det är inom tjänstesektorn som antalet tillämpningar, ofta i nischmarknader, ökar kraftigt.

strävan att minska risken för människor. Även krav på kostnadsbesparingar spelar roll, särskilt att minska antalet trupper genom att låta robotar utföra logistiska uppgifter.

### FLER ROBOTAR INOM TJÄNSTESEKTORN

Professionella tjänsterobotar är ett segment som innefattar en mycket stor variation, ofta med en hög grad av specialisering för särskilda tillämpningar. Jordbruksrobotar, inte minst mjölkningsrobotar, och hälsovård är två viktiga delsegment.

Den höga specialiseringsgraden och det faktum att de ofta baseras på mer avancerad teknik gör att de i många fall har en hög enhetskostnad jämfört med andra segment: en kirurgirobot kan kosta mer än 15 miljoner kronor. Variationen i enhetskostnad mellan delsegmenten är dock mycket stor.

Tillväxttakten för många delsegment inom tjänsterobotar är hög, men sker ofta från en väldigt låg nivå. Under 2014 såldes drygt 13 000 tjänsterobotar och segmentet estimeras omsätta knappt 6 miljarder dollar år 2015.

### KONSUMENTSEGMENTET DET SNABBAST VÄXANDE

Räknat i antal enheter är robotar som riktar sig till konsumenter i särklass det största segmentet. Enhetspriserna är förhållandevis låga, vilket gör att de sjunkande kostnaderna för sensorer och processorer får stort genomslag.

Därför har marknaden för hushållsrobotar och personliga robotar vuxit kraftigt. Den enskilt största produktgruppen är robotdammsugare, men även robotgräsklippare och olika typer av robotleksaker är viktiga delsegment.

Med en uppskattad marknad på 2,2 miljarder dollar är segmentet det minsta inom robotar, och dessutom är det väldigt fragmenterat. Samtidigt är det ett segment som växer mycket snabbt. Mellan åren 2014 och 2018 uppskattas marknaden för hushållsrobotar växa med i genomsnitt 22 procent per år.



## INDUSTRIN FORTSÄTTER ATT LEDA ROBOTREVOLUTIONEN

**Industrin är det äldsta och största segmentet för robotar, och det växer i en ökande takt. År 2014 slogs försäljningsrekord för tredje året i rad med en tillväxt på 29 procent jämfört med 2013. Marknaden drivs av en stark fordonsindustri, liksom automatisering av den kinesiska industrin. Även i USA växer marknaden, och robotar implementeras i fler branscher och delar av värdekedjan.**

Enligt IFR såldes 229 000 industrirobotar under 2014, den överlägset högsta siffran som någonsin rapporterats. Mellan bottenåret 2009 och år 2014 ökade försäljningen med 382 procent. Tillväxttakten i återhämtningen har legat på 31 procent årligen, och försäljningen är nu nästan dubbelt så stor jämfört med den tidigare toppen år 2010.

Mycket talar för att den starka utvecklingen kommer att fortsätta eftersom drivkrafterna inte visar tecken på att stanna av. Jakten på produktivitetssökningar är universell inom industrin, och kommer att bestå.

### ASIEN DRIVER TILLVÄXTEN

Det är framförallt på marknader med snabb industrialisering som försäljningsvolymerna ökar. De senaste tre åren har Asien, exklusive Japan, stått för 80 procent av tillväxten. Kina är sedan ett par år den största enskilda marknaden för industrirobotar och Japan är näst störst. Även i länder som Indien, Indonesien och Taiwan har robotförsäljningen växt kraftigt.

Robotisering i Kina, Sydkorea och andra länder i regionen är en aktiv strategi för att öka produktiviteten och behålla konkurrenskraft givet en hög löneökningstakt. I Kina är det ofta också ett sätt att hantera vanligt förekommande problem med stor personalomsättning.

Givet den låga utgångspunkten i produktivitet och med tanke på storleken på tillverkningsindustrin i Asien finns en

fortsatt stor potential för framtida tillväxt. Trots att Kina stod för 25 procent av världsmarknaden år 2014 med 57 000 robotar, vilket var 56 procent fler än 2013, så finns "bara" 190 000 aktiva industrirobotar där. Det är något fler än i Sydkorea (177 000), men betydligt färre än i Japan (knappt 300 000). I Sverige finns drygt 10 000 industrirobotar, vilket ger en fyra gånger så hög robottäthet per anställd inom tillverkningsindustrin än i Kina.

### FORTSATT ROBOTISERING PÅ MOGNA MARKNADER

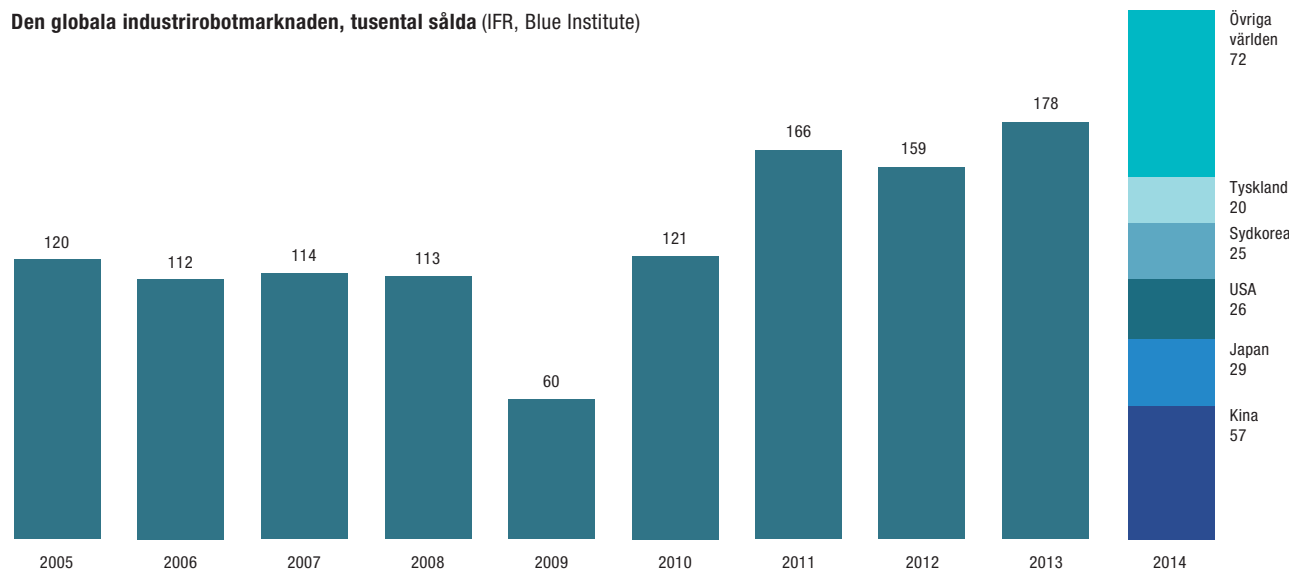
Drivkraften att automatisera och investera i robotar är också stark i länder med relativt hög produktivitet och höga löner. Dels är alternativkostnaden sett till löner högre där, och dels är mottagligheten i form av anpassade processer och kunning

personal hög. I länder som USA och Sverige är robotar ett medel för att stärka konkurrenskraften jämfört med låglöneländer och en förutsättning för inhemsk produktion. I USA har till exempel över 500 000 nya jobb skapats enbart inom den robottöta bilindustrin sedan slutet av år 2009.

Graden av robotisering skiljer sig dramatiskt åt mellan industriländer. USA, Tyskland och Sverige har relativt många robotar i industrin, men i Sydeuropa är det betydligt färre. Italien har en tredjedel så många robotar (knappt 60 000) som Tyskland (cirka 176 000), Frankrike har endast en femtedel (drygt 30 000) och Storbritannien en tiondel (cirka 17 000).

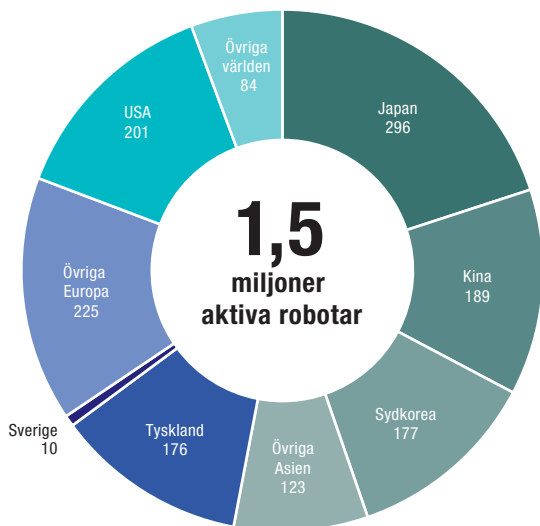
Utvecklingen de senaste åren talar också ett tydligt språk: Sverige och Tyskland har ökat måttligt, Nederländerna, Österrike och USA har ökat snabbare, medan länder som Frankrike,

Den globala industrirobotmarknaden, tusental sålda (IFR, Blue Institute)

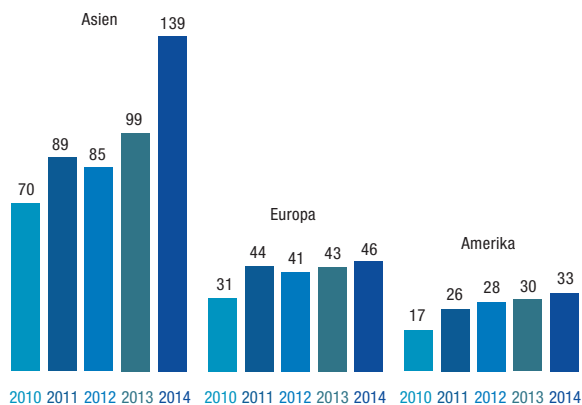




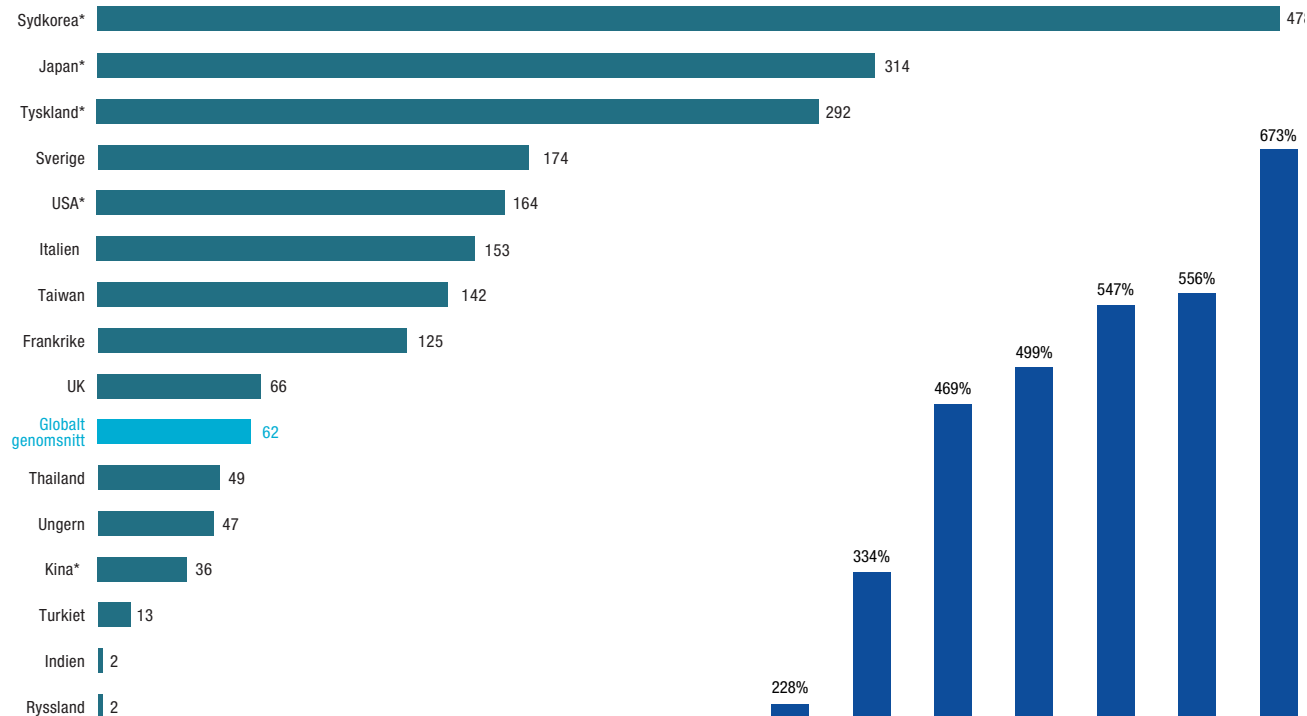
Global fördelning av aktiva industrirobotar, 2014 (IFR)



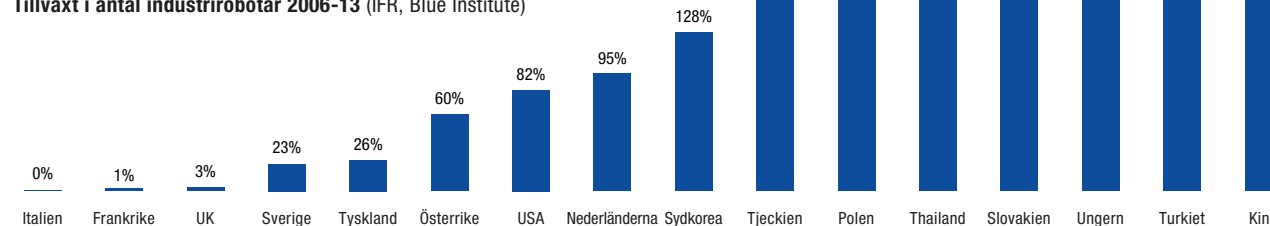
Försäljning per region, tusentals industrirobotar (IFR)



Robotar per 10 000 anställda i tillverkningsindustrin 2013 och \*2014 (IFR)



Tillväxt i antal industrirobotar 2006-13 (IFR, Blue Institute)





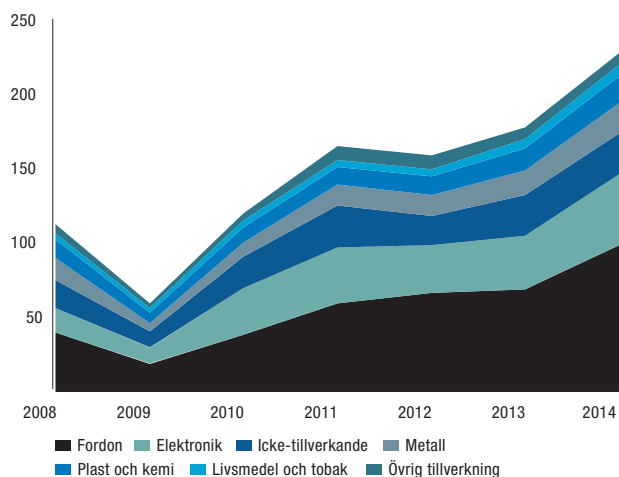
Italien och Storbritannien knappt sett någon tillväxt alls. Däremot har robotiseringen utvecklats mycket kraftigt i Kina, Turkiet, Ungern, Slovakien och Thailand. En del av förklaringen finns i respektive lands industristruktur och arbetsmarknad, men det är tydligt att det finns både möjligheter och risker för ländernas relativa konkurrenskraft.

**FORDONSINDUSTRIN DOMINERAR...**

Trots den snabba tillväxten är robotar fortfarande ovanliga inom industrin. Det håller på att förändras då nya robotar till lägre pris och med högre funktionalitet blir tillgängliga för nya tillverkningsuppgifter, för mindre företag och i fler branscher.

Ungefär 90 procent av alla industrirobotar går till tillverkningsindustrin. De största segmenten är fordons- och elektronikindustrin som står för 43 respektive 21 procent av marknaden räknat i antal enheter. De är också de snabbast

**Försäljning av robotar per industri, tusental (IFR)**



växande segmenten tillsammans med livsmedelsindustrin. Elektronikindustrin växte med i genomsnitt 20 procent per år mellan 2008 och 2014, medan fordons- och livsmedelsindustrin växte med 16 respektive 14 procent per år.

Fordonsindustrin har traditionellt dominerat marknaden, och det var också där som robotiseringen började för 50 år sedan. Andelen har sjunkit betydligt sedan dess, även om sektorn har tagit igen en del under senare år och har en fortsatt stark tillväxt. Den drivs framförallt av en snabb kapacitetsökning i Asien men också av återhämtningen i USA. Kina, USA, Tyskland, Japan och Sydkorea utgör 70 procent av marknaden för robotar till fordonsindustrin.

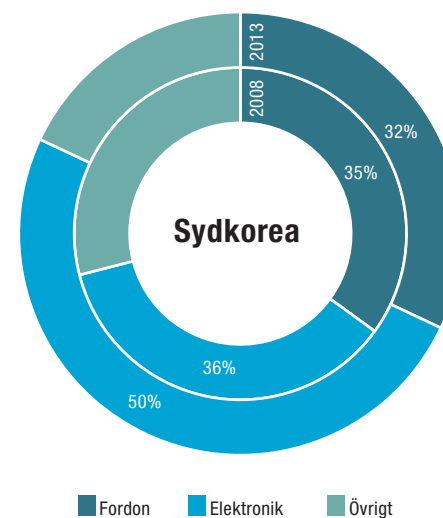
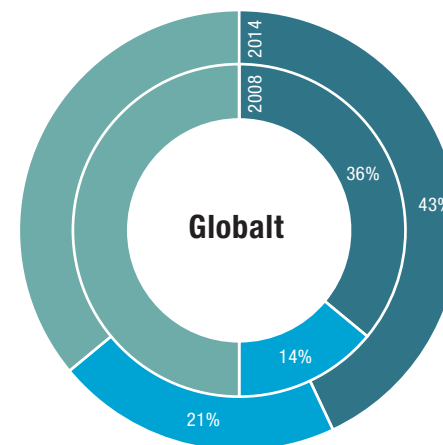
Även inom fordonsindustrin koncentreras robotanvändningen till vissa delar av tillverkningsprocessen. Särskilt vanliga är de i karosstillverkningen, medan de är ovanliga i slutmonteringen. Där finns en stor potential förutsatt att robotar kan arbeta bredvid människor, så kallade co-bots. BMW menar att det finns en potential för dem att installera ytterligare 15 000 robotar i sina anläggningar, dubbelt så många som de använder nu, i sina monteringslinor.

**...MEN ELEKTRONIKINDUSTRIN VÄXER SNABBARE**

Marknaden för industrirobotar växer också starkt inom andra branscher. Där efterfrågas ofta andra typer av robotar, till exempel för just montering, men även för sortering och plockning. Det är inte så konstigt att elektronikindustrin blivit en stor kundbransch för robotar i takt med att tillverkning av mobiltelefoner, datorer och TV-apparater skjutit i höjden. I det robottätaste landet i världen, Sydkorea, har till exempel elektronikindustrin stått för en större andel av robotmarknaden än vad fordonsindustrin gjort de senaste fyra åren.

I Kina är fordonsindustrin fortfarande störst, men även där växer leveranser till elektronikindustrin fyra gånger snabbare.

**Försäljning av industrirobotar per industri (IFR)**





## En ökad användning av robotar i elektronikindustrin driver efterfrågan mot billiga, flexibla och lättprogrammerade robotar som kan arbeta nära människor.

En av landets största elektronik tillverkare, Foxconn, som bland annat tillverkar iPhone åt Apple, tillverkar också egna robotar, Foxbots, framför allt för användning i den egna tillverkningen.

Elektronikindustrin ställer andra krav på robotar, vilket också driver teknik- och marknadsutveckling. Till exempel är produktlivscyklerna mycket kortare än inom fordonsindustrin, kanske ett år jämfört med sju år. Dessutom är det ofta fråga om mer ostrukturerade industriella miljöer. Det ställer krav på väsentligt lägre priser, på möjligheter att ställa om och återanvända robotar och på enklare systemintegration.

Billigare och mer flexibla robotar gör inte bara robotisering attraktiv för andra branscher, utan också för små och medelstora bolag. Eftersom robotmarknaden traditionellt riktat in sig på stora bolag med betydande volymer innebär det en stor tillväxtpotential. Utvecklingen har också visat sig gå snabbare än väntat, möjligtvis för att investeringsbeslut kan fattas snabbare i mindre bolag.

I Kina har robotanvändningen hittills främst ökat i europeiska biltillverkares fabriker, men framöver väntas tillväxten drivas av inhemska företag. Fortfarande dominerar importerna, men lokala tillverkare har börjat etablera sig. Kinas statliga forskningscenter för robotar har uppskattat att det finns 420 robotföretag och 30 aktiva robottillverkande fabriker i landet. Av de 56 000 robotar som såldes i Kina under 2014 var nästan en tredjedel från kinesiska leverantörer, bortsett från att Foxconn uppskattas tillverka 10 000 robotar årligen.

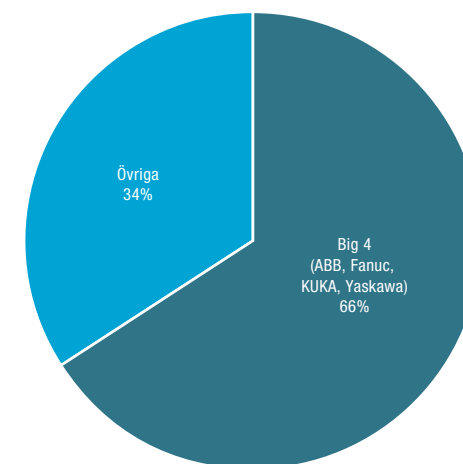
### ETABLERADE AKTÖRER STARKA MEN UTMANAS

Utvecklingen i Kina är ett exempel på hur leverantörsstrukturen håller på att förändras inom industrirobotar. Å ena sidan har robottillverkning kännetecknats av en längre konsolideringsperiod, där ett fåtal bolag utvecklat ett allt bredare sortiment, organiskt eller genom förvärv. De fyra stora globala leverantörerna (ABB, Fanuc, KUKA och Yaskawa) står alltså för två tredjedelar av marknaden, och dessutom finns starka aktörer med smalare utbud i vissa tillämpningar.

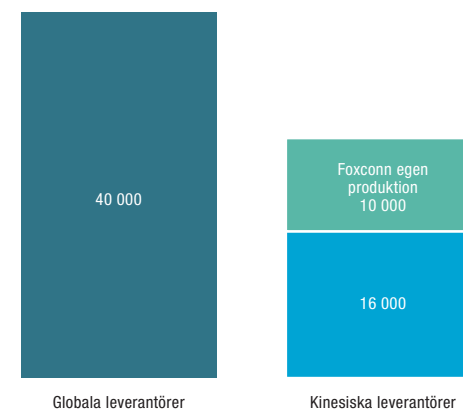
Samtidigt kommer det in nya leverantörer, inte bara från nya konkurrenter med traditionella robotar utan även från andra industrier och med radikalt annorlunda utgångspunkter. Aktörer som amerikanska Rethink Robotics och danska Universal Robots, som förvärvades av amerikanska Teradyne år 2015, bidrar till att robotar kan tillämpas på fler ställen och i fler branscher. De erbjuder mindre, en- eller tvåarmade robotar på marknaden till ett inköpspris på 25 000-45 000 dollar, jämfört med typiska snittpriser på över 100 000 dollar. Dessutom är de billigare att installera. De stora aktörerna, som ABB och KUKA, har också utvecklat billigare modeller som kan samarbeta med människor. ABB har lanserat den tvåarmade roboten YuMi, och i april år 2015 köpte de upp Gomtec, ett företag som tillverkar tvåarmade robotar.

Aktörer som tidigare inte kopplats till robotar, men som ser fördelar av att effektivisera sina egna processer eller som ser möjligheter i marknaden, träder också in. Google är kanske det mest påtalade exemplet med sina förarlösa bilar och sitt engagemang inom flera områden kopplade till artificiell intelligens. Amazon är ett annat exempel som köpt upp robotföretaget Kiva Systems för att förbättra sin lagerlogistik och som även undersöker möjligheten att göra leveranser med hjälp av drönare. Det är också framförallt i andra miljöer än de traditionella, utanför fabriker, som robotar blir allt mer synliga.

Marknadsandelar på den globala marknaden för industrirobotar, 2014 (Goldman Sachs, Credit Suisse)



Installationer av industrirobotar i Kina 2014 (Blue Institute, IFR, Wall Street Journal)





## VANLIGARE MED ROBOTAR UTANFÖR FABRIKERNA

Robotar förekommer i en mängd tillämpningar utanför industrin, inte minst inom jordbruk, hälsovård och transportsektorn. Till skillnad från industrirobotar rör det sig om många olika robottyper som ofta specialiseras för en enskild tillämpning. Volymerna är därför mindre medan enhetskostnaden i många fall är betydligt högre än för industrirobotar. Segmentet växer snabbt och det blir vanligare med robotar utanför fabrikslokalerna.

De stora skillnaderna mellan olika tillämpningar och robotar gör marknaden svår att överblicka. IFR, som börjat följa även detta segment, noterar att deras data fortfarande är ofullständig men estimerar att den globala försäljningen uppgick till drygt 13 000 robotar och ett värde av 2,7 miljarder dollar år 2014. Sett till enheter innebar det en ökning med 15 procent jämfört med året innan, medan värdet på marknaden sjönk något vilket tyder på sjunkande enhetskostnader.

Det enskilt största segmentet var jordbruksrobotar som i sin tur dominerades av mjölkningsrobotar, vilka nästan utgjorde 40 procent av segmentets marknadsvolym. Även om hälsovårdsrobotar stod för cirka 50 procent av marknadsvärdet i segmentet utgjorde de endast 9 procent av enheterna.

Sannolikt kommer den snabba tillväxten bestå eller accelerera. Kostnader för att utveckla robotar för nya tillämpningar faller, samtidigt som behovet inom många segment ökar.

### ÖKAD PRESS PÅ JORDBRUKET

Inom exempelvis jordbruket krävs kontinuerlig och betydande effektivisering för att möta efterfrågan från fler och rikare människor. Till år 2050 måste jordbruksproduktionen öka med 60 procent för att möta den ökande efterfrågan på många livsmedel, uppskattar FN:s livsmedels- och jordbruksorganisation, FAO.

I dagsläget är mjölkningsrobotar den mest mogna marknaden, främst i Europa, men en uppsjö av andra tillämpningar är under utveckling. Många av dem är mobila robotar som kan färdas på fälten eller i luften. Till exempel kan det kosta flera tusen kronor per timme att övervaka ett landområde med flygplan eller helikopter, medan en drönare som bonden kan flyga själv bara kostar några tusen kronor att köpa in.

Autonoma fältrobotar som använder GPS och kameror kan användas för sådd, bevattning, skadebekämpning och skörd, ofta mer kostnadseffektivt och precist än vad människor förmår. Antalet tillämpningar och marknaden som helhet växer snabbt, till år 2018 förutspår IFR en tillväxt på 25 procent.

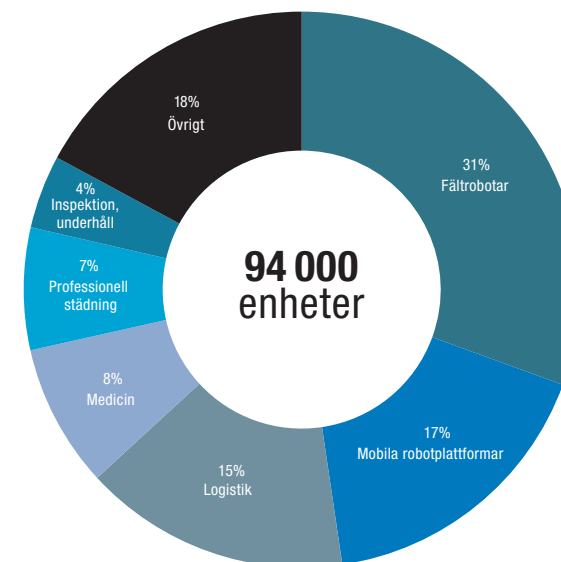
Marknaden för fältrobotar växer också inom andra områden som gruvsdrift, skogsbruk och anläggning. Där är flera svenska leverantörer, som Sandvik, Atlas Copco och Volvo aktiva, liksom operatörer som Boliden, LKAB och Skanska. Ökad produktivitet och högre säkerhet är viktiga drivkrafter.

### STIGANDE KOSTNADER INOM HÄLSOVÅRDEN

Hälsovårdskostnader har också ökat i takt med ökat välstånd och en åldrande befolkning, i vissa fall till den grad att det helt enkelt är svårt att hitta tillräckligt med personal för omsorgsbehovet. Robotar används främst inom tre områden inom vården: för diagnostisering och behandling, för patientassistans samt för effektivisering. Marknaden växer och delsegmentet är det till värdet största inom professionella tjänster eftersom flera av tillämpningarna har höga enhetskostnader.

Inom behandling gör robotassisterad kirurgi att ingreppen går snabbare, snitten blir mindre och precisionen ökar. Det leder i sin tur till att tiden som patienten behöver vara inlagd kan reduceras. Samtidigt ger robotar kirurger en mer ergonomisk arbetsplats vilket gör att de kan orka arbeta upp till en högre ålder.

Estimerad försäljning av professionella tjänsterobotar 2015-2018 (IFR)



Intuitive Surgical är marknadsledande med systemet da Vinci, som finns på cirka 3 300 sjukhus globalt, varav de flesta finns i USA. Under 2014 genomfördes mer än en halv miljon operationer med systemet. Andra företag inom segmentet är Hansen Medical som gör robotstyrda katetrar och Mako Surgical som gör robotar som används vid höftledsoperationer. Google har också gett sig in i branschen i ett samarbete med Johnson & Johnson-företaget Ethicon för att skapa mjukvara som analyserar kamerabilder under pågående operation.

Variationen är stor vad gäller robottillämpningar som används för patientassistans inom vården. Olika typer av robotar för personlig assistans används exempelvis inom



äldreomsorg och för funktionsnedsättningar. Två svenska exempel är Bestic, en äthjälpsrobot, och Integrum, som utvecklar teknik för tankestyrd armproteser. Det finns också många robotlösningar som erbjuder mobil telenärvård, däribland svenska Giraff, som kan användas för vård i hemmet. För personer med kognitiv funktionsnedsättning kan sociala robotar vara värdefulla. Ett exempel är PARO, en robot som ser ut som en säl och som används inom demensvård.

En hårt reglerad marknad med betydande nationella eller till och med lokala skillnader innebär ofta långa och kostsamma kommersialiseringsprocesser, och skalfördelar kan vara svåra att uppnå. Dessutom uppstår inte sällan motstånd, både bland patienter och vårdpersonal, mot att ersätta mänsklig interaktion med teknik.

Med tanke på den demografiska utvecklingen med en åldrande befolkning samt ökande samhällskostnader för vård, är dock potentialen för robotik inom hälsovården stor. Men utmaningarna är också betydande. Höga enhetskostnader kan vara svåra att motivera och kostnadseffektiviteten är i flera fall ifrågasatt.

#### AVLASTA, INTE ERSÄTTA

Ett växande område är därför mer inriktat på att avlasta befintlig vårdpersonal, och på det sättet effektivisera hälsovården. Ett exempel är robotar som kan lyfta patienter, men ett område med stor potential, utan någon egentlig patientkon-

**En åldrande och växande befolkning pressar både hälsovården och jordbruket. Genom ökad robotanvändning kan de effektiviseras.**

takt, är logistikrobotar som transporterar sängar, bårar, prover och läkemedel i sjukhusmiljö. Det ger vårdpersonal mer tid till patienterna och en bättre arbetsmiljö. Amerikanska Atheons Tug finns på över 140 sjukhus i USA, och svenska RobCab erbjuder också en autonom logistiklösning för sjukhus.

#### ROBOTAR BAKOM SNABBA LEVERANSER

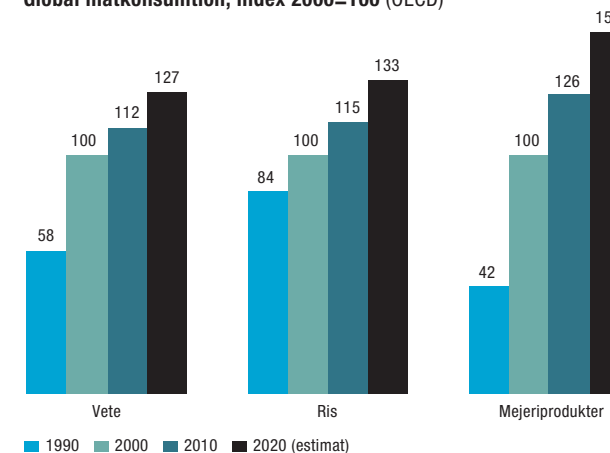
Inom logistik och lagerhantering går robotiseringen snabbt framåt. Det sker inte bara i sjukhus utan överallt där logistik är en central uppgift, vilket har inneburit att e-handel är en viktig drivkraft. Robotiserad logistik handlar inte om enskilda robotar som åker omkring utan snarare om hela system. Det påverkar också hur lagerlokaler byggs. Istället för att designas utifrån människor optimeras de efter robotarnas behov.

Ett uppmärksammat robotsystem är Kiva Systems, uppköpt av Amazon för att implementeras i deras lager. Systemet utgår från principen att robotarna kommer till lagerarbetarna med hyllor med de rätta produkterna istället för att de ska behöva förflytta sig runt i lokalen och hämta upp varor. Effektiviseringen ligger därför inte bara i robotarna utan i systemet som helhet, inklusive mjukvara och algoritmer som lär sig av kundernas köpbeteenden.

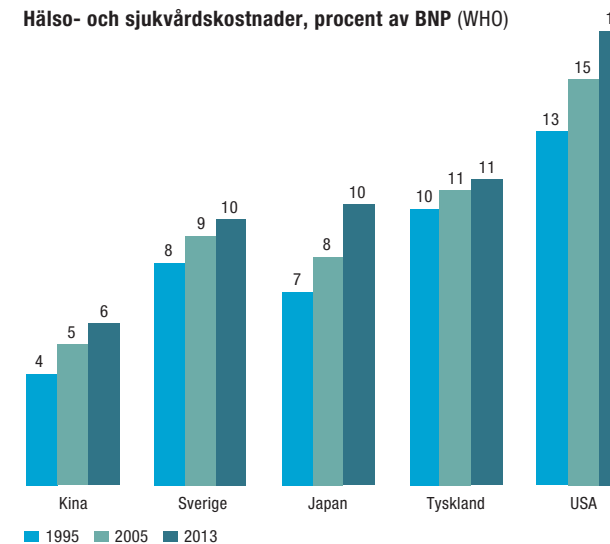
Robotik inom tjänstesektorn begränsas inte till de här områdena, den internationella robotföreningen IFR har dokumenterat över 300 möjliga tillämpningar i segmentet. Leverantörerna kommer från många bakgrunder, från industrirobotik, konsumentelektronik, maskinteknikleverantörer och även från start-ups. Bakgrunden präglar ofta utvecklingsansatsen, om det gäller modifiering av en industrirobot, tillägg av robotteknik till befintliga lösningar, eller helt nya robotar.

Utvecklingen av robotik inom tjänstesektorn går onekligen snabbt, men det finns ett område där marknadstillväxten är ännu snabbare: konsumentmarknaden.

Global matkonsumtion, index 2000=100 (OECD)



Hälsa- och sjukvårdskostnader, procent av BNP (WHO)





## KONSUMENTMARKNADEN VÄXER SNABBAST

**Robotar som riktar sig till konsumentmarknader är det snabbast växande segmentet inom robotik. En stor variation vad gäller tillämpningar, teknik, leverantörer och geografi gör att industristrukturen är fragmenterad och konkurrensen är mycket intensiv.**

Volymerna för konsumentrobotar är mycket höga jämfört med de andra segmenten. Till exempel finns det mer än tio gånger fler robotdammsugare av ett specifikt märke, Roomba, än vad det finns industrirobotar totalt i världen. Det är en marknadsdynamik som attraherar företag att utveckla produkter och där det finns stor potential att driva ner kostnader genom skalfördelar.

Något förenklat kan man säga att det finns två typer av robotar inom segmentet. Den ena typen är den vi känner igen från film och litteratur, det vill säga människoliknande robotar (humanoider) som kan utföra en stor mängd uppgifter i en komplex miljö. Den andra typen, som är långt vanligare, är robotar som utför en specifik uppgift. Produkter som robotdammsugare och robotgräsklippare tar tillvara på de stora framsteg som gjorts inom konsumentelektronik, med snabbt fallande kostnader och ökad funktionalitet.

### SNABB MEN FRAGMENTERAD TILLVÄXT

På grund av fragmenteringen är storleken på den totala marknaden svår att uppskatta. Den omsatte runt 2,2 miljarder

**Störst kommersiellt genomslag har robotar som utför en specifik uppgift haft, medan humanoider fortfarande befinner sig i utvecklingsstadiet.**

dollar år 2014. Det gör segmentet till det minsta inom robotik, men å andra sidan har det en mycket hög tillväxttakt. Till år 2018 förväntas värdet på marknaden stiga med 125 procent. Den största tillämpningen, med god marginal, utgörs av robotdammsugare: det såldes runt 3 miljoner stycken år 2014. Andra stora kategorier är robotgräsklippare, leksaksrobotar samt utbildnings- och forskningsrobotar.

Det är framförallt olika typer av städ- och underhållsrobotar som slagit igenom kommersiellt det senaste årtiondet. I flera tillämpningar har man sedan länge passerat prisprestandatröskeln, särskilt genom att ta bort den begränsande faktorn tid, som är kritisk i industriella tillämpningar. Den kontinuerliga driften tillåter en i grunden enklare och billigare produkt. Samtidigt utvecklas tekniken fortlöpande och produkterna blir allt mer sofistikerade, till samma eller lägre kostnad, vilket ytterligare driver marknads tillväxt.

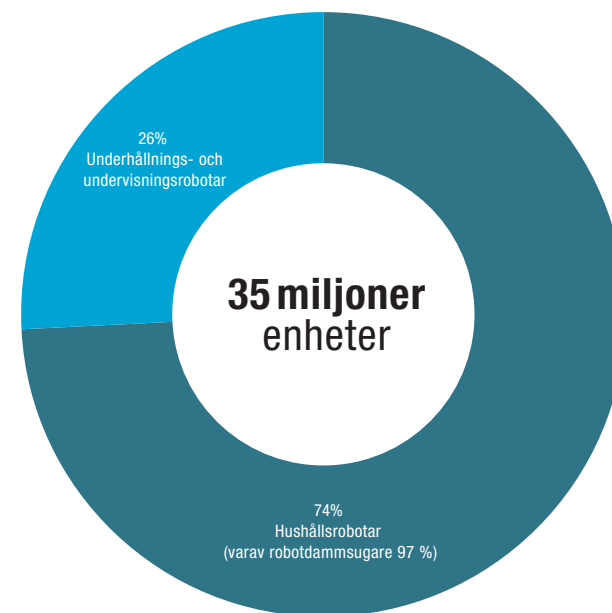
### ROBOTDAMMSUGARE DOMINERAR I VOLYM

Den första robotdammsugaren utvecklades av Electrolux och lanserades år 2001 till ett pris av 1500 euro, men det var iRobots lansering av Roomba för 199 dollar under 2002 som satte fart på marknaden. Nu finns det en uppsjö av leverantörer och funktionaliteten har ökat, bland annat med kamera- respektive IR-baserad positionering. Andra typer av städrobotar, för våttorkning, poolrengöring och fönsterputsning har också etablerats på marknaden.

Robotgräsklippare är ytterligare en applikation som varit framgångsrik, med över 80 000 sålda enheter under 2014. Husqvarna uppger att de sålt mer än en halv miljon robotar, som också används i kommersiella applikationer.

Säkerhets- och övervakningsrobotar är ett annat tillväxtområde. De kan vara mobila och använda olika typer av sensorer för att övervaka ett område. Det här är ett segment

Estimerad försäljning av konsumentrobotar 2015-2018 (IFR)



som också växer på den kommersiella marknaden och som på konsumentmarknaden kommer smygande som extrafunktionalitet på andra robotar, vilket ger en föräning om integration och konsolidering på marknaden. Överlag växer produkter som har olika ingångar in i hemautomation.

### LEKSAKER, DRÖNARE OCH ROBOHUSDJUR

Andra stora områden finns inom leksaker, drönare, hobbyrobotar och robotar för utbildnings- och forskningssyften. Det rör sig om en myriad av produkter och stora volymer, och



ibland till rätt höga priser. Sony sålde till exempel runt 150 000 exemplar av robothunden AIBO för mellan 600 och 2000 dollar styck. Här finns också en lång historik då LEGO har sålt Mindstorms sedan 1990-talet.

Utbildnings- och forskningsrobotar är ett segment som dels utgör plattformar för att experimentera med robotar, men också för att lära ut saker, särskilt engelska i Asien. De karakteriseras av låg och fallande kostnad, öppenhet kring mjukvara vilket främjar utveckling, samt modularitet.

Ett annat växande område är för obemannade flygfarkoster, vanligare benämnt drönare. Privatmarknaden för drönare är betydligt mindre än den för kommersiella eller militära tillämpningar, men den växer snabbt. Consumer Electronics Association i USA uppskattar att den globala marknaden för konsumentdrönare kommer att uppgå till 300 miljoner dollar år 2018, vilket skulle innebära en årlig tillväxttakt på 37 procent från 2014.

Kinesiska DJI är marknadsledande med 80 procent av den globala marknaden för civila drönare och väntas omsätta runt en miljard dollar under 2015. Kameratillverkaren GoPro, vars kamera används i många modeller, har angett att även de ska börja tillverka sina egna drönare. Därtill uppskattas det finnas flera hundra start-ups i Kina som inspirerats av DJI och satsar på att slå sig in på den växande marknaden.

### HOBBYRÖRELSEN EN DELMARKNAD OCH UTVECKLINGSMOTOR

En annan populär produktkategori är så kallade robot-kit. Det finns en uppsjö av dem och de kan vara grunden för mycket sofistikerade robotar. Många tillverkare av leksaksrobotar levererar robotar i delar som köparen monterar ihop själv för att hålla nere kostnaden.

Förutom att detta är en marknad i sig är det en grogrund för framtida tillväxt genom att människor lär sig bygga och

## Robot-kit, öppen källkod och 3D-skrivare bidrar till att fler lär sig bygga och programmera robotar, och att det blir enklare för entreprenörer att experimentera med sina idéer. Crowdfunding och riskkapital är vanligt förekommande.

utveckla robotar samt genom att det innebär en möjlighet för många entreprenörer. Svenska startup-företaget Quirkbot är ett exempel på detta.

Eftersom allt fler delar finns att köpa online och allt mer utvecklas genom öppen källkod, som till exempel hård- och mjukvara från Arduino och minidatorn Raspberry Pi, har det blivit enkelt för amatörer att bygga sina egna robotar. Med hjälp av 3D-skrivare kan man också tillverka sina egna komponenter. Det ger i sin tur upphov till nya robotföretag eftersom det blir enklare att genomföra idéer. Crowdfunding-sidor som Kickstarter och Indiegogo fullkomligen översvämmas av robotprojekt.

### ”HUMANOIDER” FORTFARANDE LÅNGT BORTA

”Robotbutlern” är en återkommande dröm som även är föremål för intensiv forskning och mediabevakning. Humanoida sällskaps- och assistentrobotar har en uppenbart stor potentiell marknad, men är samtidigt mycket svåra att utveckla. De befinner sig fortfarande långt ifrån kommersialisering, men attraherar betydande mängder privat och offentlig finansiering i forsknings- och PR-syften.

Hondas Asimo och Aldebarans Pepper och Nao är exempel på kända humanoider. Modellerna kan till viss del interagera

med människor men har fortfarande en lång bit kvar innan de kan utföra hushållstjänster. Det är snarare social interaktion och lärande som utlovas för privatpersoner.

Pepper lanserades på den japanska marknaden år 2015 till ett inköpspris på 1 600 dollar och med en prenumerationskostnad för molnbaserat stöd på 200 dollar i månaden. Den första produktionsupplagan om 1 000 enheter sålde slut på mindre än en minut.

Betydligt närmare bred kommersialisering är däremot stationära robotassistenter som kan hjälpa till med allt från kassa- och frontdeskbemanning till hemautomation. Här finns både Jibo, en videointegrerad, begränsat rörlig, social robot, och Amazons Echo, som är en betydligt enklare variant utan fysisk rörelseförmåga. Även om de här modellerna faller utanför definitionen av en robot, eftersom de inte utför någon fysisk manipulation, kan de ses som en grundbult till mer avancerad teknik inom segmentet.

### HJÄLPROBOTAR HAR TAGIT FART

Den snabbast växande marknaden inom personliga robotar var under år 2014 robotar för handikapp- och äldreassistans. Marknaden växte med 524 procent, men är fortfarande betydligt mycket mindre än andra delsegment med endast 4416 sålda enheter under 2014. Enligt IFR är ökningen delvis ett resultat av bättre dataunderlag, men de ser stor tillväxtpotential på marknaden i framtiden.

Det största delsegmentet är för personliga hjälpredskap som inriktas på en specifik aktivitet, så som till exempel den svenska äthjälpsroboten Bestic. Andra marknader på uppgång är exoskelett, som till exempel kan användas för att hjälpa stroke-patienter att lära sig gå igen, eller robotproteser som är ett område där stora framsteg skett inom forskningen på senare år.



## FÖRSVARSRBOTAR ÄR ETT STORT OCH VÄXANDE SEGMENT

**Robotar har länge använts för militära ändamål, men det är först på senare år som de växt till att bli ett av de största marknadssegmenten.**

Området domineras av obemannade flygfarkoster även om andra typer blir allt vanligare, framförallt då robotar kan minska både risker och kostnader samtidigt som effektiviteten ökar. Användningen av robotar i attacksyfte är dock ett kontroversiellt ämne.

Eftersom få länder är transparenta med sina försvarsbudgetar och sin militära forskning är det svårt att ange marknadsstorleken. Den internationella branschföreningen för robotar IFR uppskattar ett lägsta marknadsvärde strax över en miljard dollar för år 2014, men noterar att deras datainsamling på det här området underskattar det verkliga värdet. Konsultbolaget BCG har uppskattat att marknaden för försvarsrobotar kommer att vara värd 7,5 miljarder dollar år 2015 och 16,5 miljarder dollar år 2025, vilket skulle innebära en årlig tillväxttakt på 8 procent under perioden. Analysföretaget Teal Group anger att marknaden för militära UAVs år 2015 uppgår till 5,7 miljarder dollar. De högre beräkningarna är i linje med det amerikanska försvarsdepartementets officiella budget för obemannade system.

Oavsett marknadsvärdet är det tydligt att potentialen för tillväxt är mycket stort. Den drivs framförallt av kostnads- och säkerhetsfördelar som uppnås genom att operationer kan utföras utan människor på plats. Robotar kan också vara betydligt effektivare då de kan designas utan att ta hänsyn till människors behov, till exempel i ett flygplan eller under vatten.

Potentialen sätts i slutändan av världens samlade försvarsbudgetar, och särskilt USAs och Kinas som är de överlägset största köparna och utvecklarna. USA har också det största

beståndet av försvarsrobotar. När landet drog ner sin budget för robotar mellan åren 2012 och 2013 fick det också märkbara konsekvenser på marknaden.

Samtidigt kan nedskärningar i försvarsbudgetar gynna marknaden för försvarsrobotar, i den mån de driver fokus på effektivitet och kostnadsreduceringar. I den amerikanska armén har man uttryckt en potential att minska den operativa brigadstorleken från 4000 till 3000 soldater med hjälp av robotar, särskilt inom logistik och spaning. Det är en betydande reduktion med följd effekter för försörjning och fordonsdimensionering.

### FULL AUTONOMI ETT TAKTISKT OCH ETISKT DILEMMA

En annan möjlighet är att öka autonomi för fjärrstyrda robotar, vilket skulle innebära färre operatörer. Steget till helt autonoma robotar innefattar dock svåra taktiska, etiska och juridiska frågor, särskilt om roboten ska kunna ta egna beslut i attacker mot mänskliga mål.

Även om den artificiella intelligensen utvecklas så att robotar kan göra attackerna mer effektiva, så att endast de som är mål för attacken träffas, finns det en risk i att skala bort den mänskliga bedömningen i sådana beslut. Det är också oklart vem som ska ställas inför rätta om en robot bryter mot internationell krigsrätt. Human Rights Watch har uppmärksammat frågan om så kallade killer robots i en rapport och till ett internationellt förbud i FN.

### FÖRSVARSMAKTER DRIVER OCKSÅ CIVIL TEKNIKUTVECKLING

En stor del av utvecklingen inom området sker i statlig regi. Den mest betydelsefulla är USAs Defense Advanced Research Projects Agency, DARPA. Det är en myndighet inom USA:s försvarsdepartement som bland annat anordnar uppmärksammade tävlingar för att få fram snabb, snarare än gradvis,

USA:s försvarsbudget för obemannade system 2014-2018 (US DoD)



utveckling av försvarsteknik. DARPA Robotics Challenge är ett exempel, där utmaningen var att ta fram ett system av robotar som kan assistera människor i händelse av en katastrof.

Just inom katastrofområden finns det uppenbara säkerhets- och tidsbesparande fördelar med att använda robotar för att snabbt söka av områden och minska skador. Redan under stormen Katrina i USA användes drönare för att skanna av stora områden och i Fukushima har man gjort försök att skicka in robotar i kärnkraftverket efter haveriet. Sannolikt kommer resultaten från DARPA Robotics Challenge att ge tekniska framsteg som möjliggör mer avancerade robotapplikationer i katastrofområden i framtiden.



Företagen som levererar robotarna driver också omfattande utvecklingssatsningar. De innefattar försvarsleverantörer som Boeing, Northrop Grumman, Lockheed Martin och Saab, men också konsumentinriktade robotföretag så som iRobot, annars känd för sina dammsugarrobotar.

### UAVS DOMINERAR MARKNADEN

Det är inte förvånande att se framförallt flygplanstillverkare bland leverantörerna eftersom användningen av UAVs är den i särklass största delen av marknaden. Av det uppskattas det amerikanska flygvapnet stå för närmare 65 procent, och deras användning av stridsdrönare har nästan fördubblats sedan år 2008.

Ett annat område som växer snabbt är obemannade markfordon. De används till att undersöka platser som inte är säkra för människor att befinna sig på, till exempel vid patrullering, i strid, för bombröjning, minröjning eller brandsläckning. De kan också användas för mobil elförsörjning eller för att bära utrustning och förnödenheter. Exempel på modeller är MarcBot, PackBot och TALON. Flera har gått förbi utvecklingsstadiet och används redan i fält av den amerikanska armén.

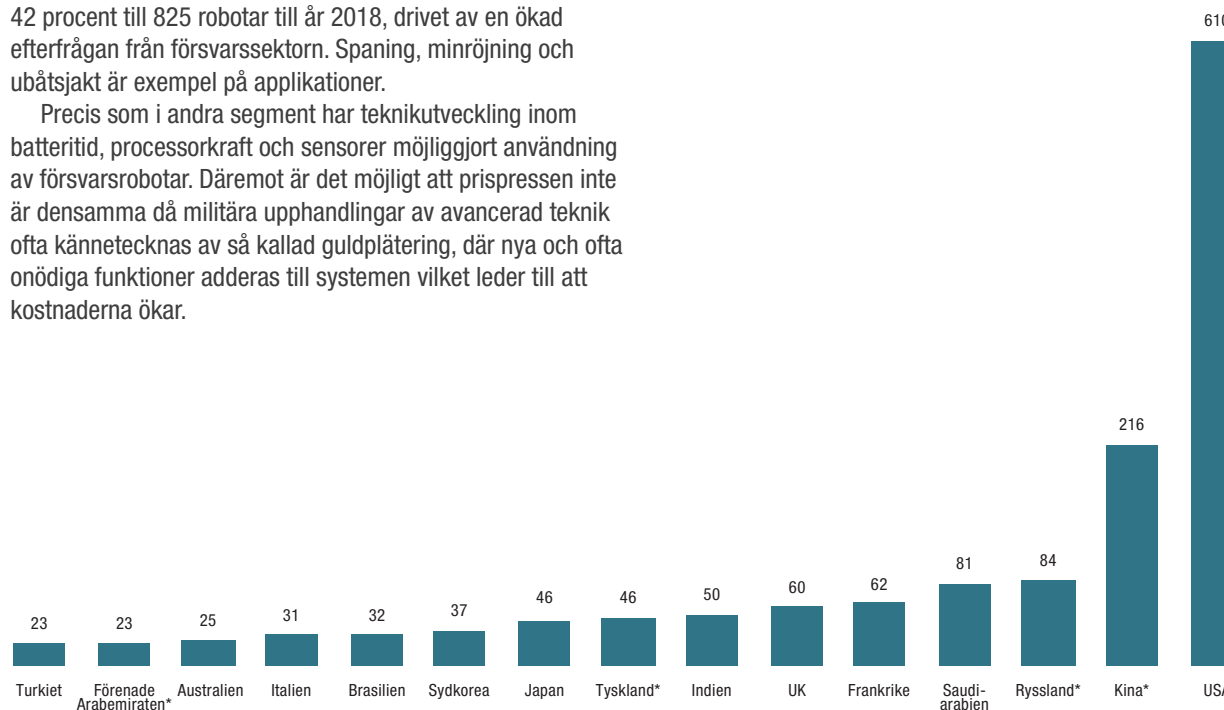
Under år 2014 såldes 350 minröjningsrobotar, långt ifrån behovet som kommer av att 100 miljoner landminor finns utplacerade i världen, och att det varje år dödas runt 27 000 människor av minor. Militära undervattensrobotar är också en

liten marknad med stor potential. Analysföretaget Douglas-Westwood uppskattade att det fanns färre än 600 undervattensrobotar globalt år 2014 men förväntar sig en ökning med 42 procent till 825 robotar till år 2018, drivet av en ökad efterfrågan från försvarssektorn. Spaning, minröjning och ubåtsjakt är exempel på applikationer.

Precis som i andra segment har teknikutveckling inom batteritid, processorkraft och sensorer möjliggjort användning av försvarsrobotar. Däremot är det möjligt att prispressen inte är densamma då militära upphandlingar av avancerad teknik ofta kännetecknas av så kallad guldplätning, där nya och ofta onödiga funktioner adderas till systemen vilket leder till att kostnaderna ökar.

### Världens största försvarsbudgetar 2014, miljarder USD (SIPRI)

\*Estimat



Marknaden för robotteknik är inne i en mycket stark tillväxtfas. Det gäller både de traditionella robotmarknaderna men framförallt att robotar syns på allt fler områden. Förutom de som beskrivits i det här avsnittet tillämpas robotteknik på flera andra områden. Vissa potentiella supermarknader faller inom definitionen av robotar men ligger långt ifrån de traditionella segmenten: 3D-skrivare, drönare och förarlösa fordon är exempel på det. Dessa och andra beskrivs närmare i nästa avsnitt.



## UTVECKLING AV 3D-SKRIVARE GYNNAR ROBOTIKEN

**3D-skrivare har potential att revolutionera tillverkningsprocesser i en rad industrier. För robotik kan de också betyda ännu mer. Förutom att göra tillverkningen av robotar enklare, billigare och snabbare så kan robotar bestyckas med 3D-skrivare, vilket ger helt ny funktionalitet och nya användningsområden.**

Additiv tillverkning, det vill säga 3D-skrivares metod att tillverka genom att tillföra material lager för lager, vänder upp och ner på den produktionsekonomiska logiken. Även om traditionella tillverkningsprocesser är kostnadseffektiva vid stora serier så är den första enheten väldigt kapitalkrävande, men med snabbt fallande marginalkostnad. För 3D-skrivare är den initiala kostnaden låg, medan marginalkostnaden inte förändras med volymen.

Det innebär i många situationer en fördel. Designprocessen är snabbare och billigare, vilket ger kortare ledtider. Konstruktioner kan göras mer komplexa och optimeras. Produkten kan skraddarsys efter användarens unika behov. Tillverkning kan ske närmare slutkunden, eller till och med utföras av kunden själv.

### EN SNABBT VÄXANDE MARKNAD

Fördelarna gör att området växer snabbt. Konsultbolaget A.T. Kearney uppskattar att marknaden för 3D-skrivare, insatsvaror och tillhörande tjänster kommer att fyrdubblas mellan åren 2014 och 2020, från 4,5 till 17,2 miljarder dollar. Redan idag används 3D-skrivare i stor skala kommersiellt, och inte enbart för prototypframtagande. Till exempel har 100 procent av tillverkningen av hörselapparater i USA konverterat till additiv tillverkning, en process som tog mindre än två år.

3D-skrivare är redan en tredjedel så stor marknad som automation och robotik i USA, och växer snabbare. I viss mån

konkurrerar 3D-skrivare med robotar i tillverkningsprocessen, men de delar också vissa egenskaper, vissa hävdar till och med att 3D-skrivaren är en typ av robot. Det finns en grad av konkurrens mellan områdena, men framförallt utgör 3D-skrivare ett komplement till robotar. Dels gynnar de utvecklingen av robotar och dels kan de användas för att expandera vad som är möjligt för roboten att utföra.

### 3D-SKRIVARE SNABBAR UPP UTVECKLINGEN

Genom att använda 3D-skrivare när en robot utvecklas går det betydligt snabbare att ta fram och testa prototyper. En robot-utvecklare uttryckte det som att "ingenting går upp mot att hålla föregående kvälls galna idé i händerna på morgonen". Designen av robotsystemet kan optimeras och begränsas inte heller av formen på viktiga insatskomponenter. I många fall blir det lättare att få tag på reservdelar.

Eftersom många tillämpningar inom robotik innefattar små volymer och specialtillverkade lösningar är det också ett sätt att pressa kostnaderna för robotar. Ett exempel är det Aten-baserade Open Bionics som med öppen källkod utvecklat robothänder som kostar under 100 dollar. Ett annat Open Bionics, orelaterat och baserat i London, pressar kostnaden för handproteser från 75 000 dollar till 3 000 dollar.

Kombinationen av 3D-skrivare och öppen källkod har redan gjort att det finns en mängd ritningar och instruktioner

**3D-skrivare gör robotar bättre och billigare, och gör det möjligt att utföra helt nya uppgifter. Samtidigt har de möjlighet att transformera utvecklingen av robotar.**

ner för att göra allt från robotarmar till drönare och till och med humanoider att tillgå på nätet. Det sprider lärande och experimentering i ett redan stort segment av entusiaster och småskaliga entreprenörer.

Men det är inte bara en hobby. Både USA och Storbritanniens flygvapen har testat drönare som skrivits ut med hjälp av 3D-skrivare och där elektroniken består av en smartphone. Totalkostnaden inklusive telefon och batteri ligger på 2 500 dollar, vilket i dessa sammanhang gör dem förbrukningsbara.

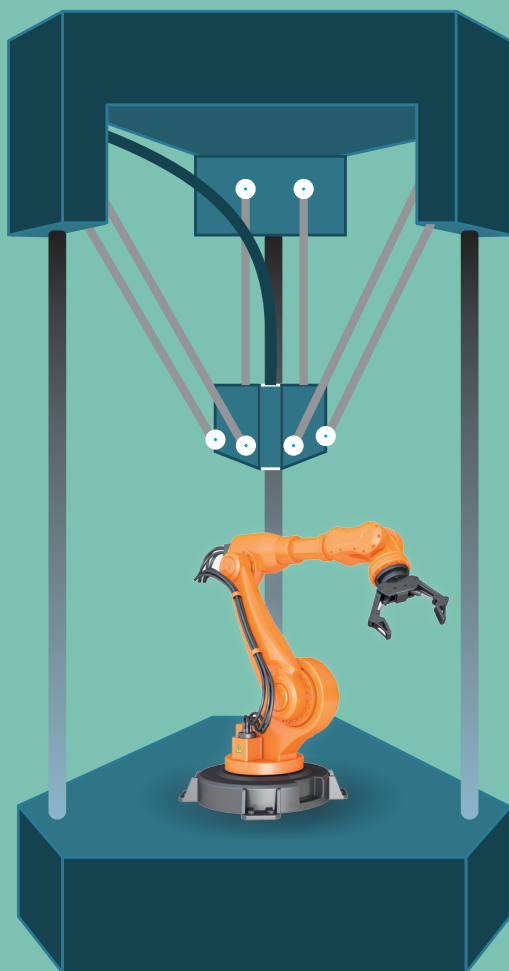
### NYA ANVÄNDNINGSMÅNDRÄN FÖR ROBOTIK

Kombinationen av robotar och 3D-skrivare ökar antalet användningsområden för båda teknikområdena. Roboten kan göra saker som aldrig tidigare varit möjliga och 3D-skrivaren kan användas i allt fler situationer.

Som ett verktyg monterat på en robot har 3D-skrivaren stor potential. Ett exempel är en "brobyggare", bestående av två robotarmar bestyckade med 3D-skrivare som verktyg, som kan bygga en bro utan ställning. Ett pilotprojekt är på gång i Amsterdam. Ett annat exempel är en byggrobot som ska skriva ut betong på plats, och som håller på att utvecklas av Skanska i samarbete med Loughborough University i Storbritannien.

En robot som redan finns på marknaden är brittiska QBots isoleringsrobot som utrustad med en 3D-skrivare skickas in under golvplankor för att spruta isolering på golvet underifrån. Det sparar både tid och pengar eftersom golvbrädorna inte behöver brytas upp för att arbetet ska kunna genomföras.

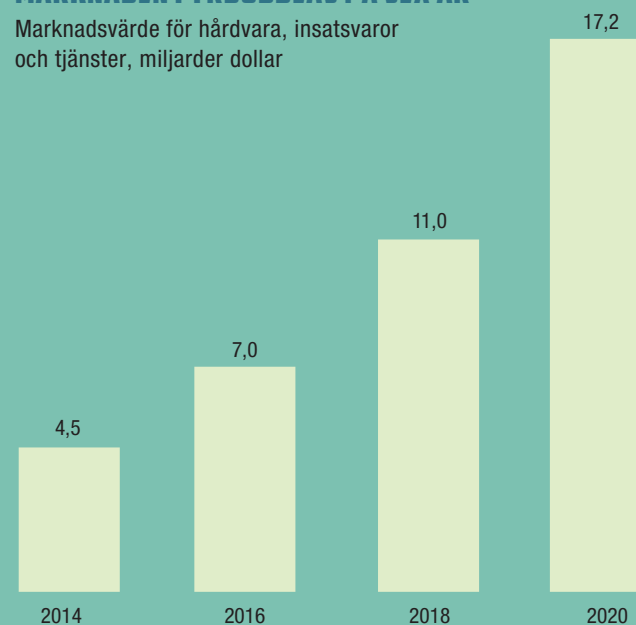
Sammantaget är därför utvecklingen av 3D-skrivare av stor betydelse för framtidens robotik. Utvecklingen av material och kombinationer av dem, upplösning och hastighet går snabbt framåt inom 3D-skrivare. Robotik är ett av de områden som gynnas mest av den utvecklingen.



3D-skrivare kan både användas för att tillverka robotkomponenter, men också monteras på robotar som ett verktyg. I Amsterdam ska en 3D-skrivande robot bygga en bro.

## MARKNADEN FYRDUBBLAS PÅ SEX ÅR

Marknadsvärde för hårdvara, insatsvaror och tjänster, miljarder dollar



## TEKNISKA UTMANINGAR

### HÖGRE RESOLUTION

Utskrifter av produkter i mikro- eller nanoskala.



### NYA MATERIAL

Utskrifter i metall, organiska och specialdesignade material.



### KOMBINERA MATERIAL

Utskrifter av flera material i en cykel. Tillverkning av hela system.



## 5 FÖRDELAR MED 3D-SKRIVARE JÄMFÖRT MED TRADITIONELL TILLVERKNING

### 1. SKRÄDDARSYDD DESIGN

Produktens design kan anpassas efter behoven i varje unik situation.

### 2. LÄGRE TILLVERKNINGSKOSTNAD

Komplexa produkter kan tillverka småskaligt till en lägre kostnad.

### 3. KORTARE LEDTIDER

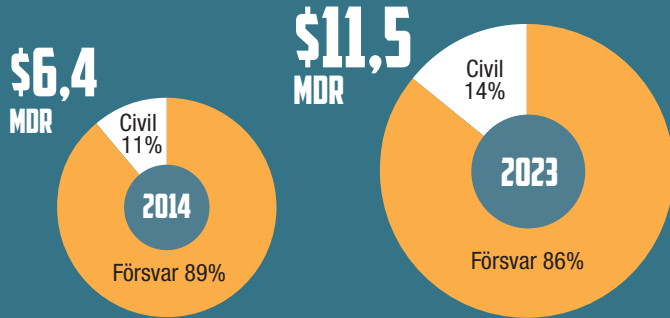
Tiden från att en produkt designas till en färdig produkt blir kortare.

### 4. PRODUKTION NÄRA SLUTKUNDEN

Tillverkningen kan ske närmare slutkunden, vilket ger lägre transportkostnad.

### 5. MINDRE SPILL AV MATERIAL

Mindre spill av material med en resurseffektiv metod.



En drönare kan fotografera en väg med en resolution av endast 2 cm – jämfört med 30 cm för en satellit – och till endast en tredjedel av kostnaden.



**LAGSTIFTNING** Marknadsutvecklingen är beroende av hur lagstiftning för flygtillstånd utformas. På den amerikanska marknaden är de nuvarande strikta reglerna under omprövning, men en mycket mer tillåtande reglering krävs för att drönare ska kunna användas för avancerad inspektion eller leveranser. Även i Sverige regleras drönare av flera instanser, och faller även under kamerövervakningslagen, vilket hämmar professionell användning.

**20,000** leksaksdrönare såldes bara på Amazon under julhandeln 2014.

**FÖRST** Redan 1849 använde Österrike ballonger laddade med sprängämnen i en attack mot Venedig. Det var historiens första dokumenterade användning av obemannade luftfarkoster.



**MINST** Världens minsta flygande robot är en insektsliknande drönare, RoboBee, som utvecklats vid Harvard University. Den har ett vingspann på 3 cm och flyger med 120 vingslag per sekund.

**STÖRST** Eitan som utvecklats av Israel Aerospace Industries (IAI) är världens största drönare. Den har ett vingspann på 26 meter och kan väga som mest 4 650 kg. Den har en maximal flygtid på 20 timmar och kan flyga så högt som 14 km.



3D ROBOTICS  
MULTIKOPTER IRIS+

\$750

**FORM OCH FUNKTION** Drönare utformas efter tillämpning. Eftersom människor inte behöver rymmas är utformningsmöjligheterna stora. Drönare kan vara små som insekter eller stora som flygplan, använda propellrar eller vingar. Vissa kan förflytta sig på marken. Bio-inspirerade drönare designas för att efterlikna fåglar och flygfän i flygteknik och kroppsuppbyggnad för att utnyttja deras unika egenskaper.



FASTA VINGAR



MULTIROTOR



NANDRÖNARE



SINGELROTOR

**FÖRSVAR** Drönare används för spaning och attack. Marknaden drivs av kostnadsbesparingar och minskade risker för anställda.

**HOBBY/SPORT** Används bland annat av sportutövare för att filma skidåkning och surfing. De största volymerna finns i det här segmentet.

**JORDBRUK** Drönare med avancerad sensorteknik används för att inspektera fält och optimera användning av vatten och bekämpningsmedel.

**FILMSPELNING** Den mest mogna marknaden inom professionella tjänster, där kamerautrustade drönare används för att kostnadseffektivt filma ur udda vinklar.

**LEVERANSER** Amazon utvecklar drönare som ska kunna leverera paket inom 30 minuter efter beställning, men lagar i USA håller tillbaka utvecklingen.

**ANDRA TILLÄMPNINGAR:** SÄKERHET RÄDDNINGSTJÄNST INSPEKTION ANLÄGGNING  
KARTLÄGGNING NATURSKYDD MILJÖMÄTNING TRAFIKÖVERVAKNING



## STARK TILLVÄXT PÅ DRÖNARMARKNADEN

**Helt plötsligt syns drönare överallt. Spridningen beror på att sensorer, processorer och uppkopplingsteknik av hög kvalitet blivit billigare och lättare. Stor potential finns på flera marknader, men lagstiftning kan komma att hålla tillbaka marknaden för många tillämpningar.**

Teal Group uppskattar att den globala marknaden för drönare uppgår till 11,5 miljarder dollar år 2023. Det skulle innebära en årlig tillväxttakt på nästan 7 procent från år 2014 då marknaden uppgick till 6,4 miljarder dollar.

USA står idag för cirka två tredjedelar av marknaden. Den enskilt största köparen är landets försvarsdepartement. Under 2014 låg deras budget för drönare på 2,1 miljarder dollar, en tredjedel av Teal Groups totala marknadsuppskattning. Samtidigt är USA:s försvarsbudget betydligt mer transparent än många andra länders, särskilt Kinas och Rysslands. Det talar både för att marknaden är större än vad Teal Group uppskattar och för att andra länder är mer aktiva än vad som indikeras.

### CIVILA APPLIKATIONER VÄXER SNABBAST

Den civila marknaden väntas växa med nästan 10 procent per år fram till år 2023, enligt Teal Group. Citigroup uppskattar en ännu snabbare tillväxttakt. År 2020 uppskattar de att marknaden enbart för personliga drönare i USA kommer att uppgå till 5-10 miljarder dollar. Till det tillkommer ytterligare några

**Drönare kan användas för att, på ett kostnadseffektivt sätt, ersätta tjänster som tidigare utförts av helikoptrar, flygplan eller satelliter, men också utföra uppgifter som inte tidigare varit möjliga.**

miljarder för kommersiella applikationer, och då är försvarsdrönare och marknaden i andra länder inte ens medräknade.

Den civila marknaden har tagit fart särskilt på grund av olika tillämpningar på konsumentmarknaden. Drönare utrustade med högupplösta kameror som live-streamar under hela flygningen är redan vanligt förekommande. På konsumentmarknaden finns billiga drönare för under tusenlappen vilket bidrar till snabb spridning. Ett växande segment är inom sporter som till exempel skidåkning och surfing där utövarna filmar sina åk. En relativt mogen marknad finns även i film- och tv-branschen där drönare är ett kostnadseffektivt sätt att fånga scener ur svåra vinklar.

Kinesiska DJI Systems är världsledande inom konsumentdrönare med en försäljning på 500 miljoner dollar under 2014. Mellan åren 2009 och 2014 ökade deras försäljning med tre till fem gånger årligen. Andra större aktörer på den civila marknaden är 3D Robotics och Parrot. Kameratillverkaren GoPro, som är ledande inom kroppsmonterade kameror, har också meddelat att de ska börja tillverka egna drönare.

Sannolikt är det inom bildbaserade tillämpningar som den största tillväxten kommer att ske i närtid. Mer avancerade kommersiella lösningar, som kräver längre flygavstånd bortom operatörens synfält, kommer att dröja tills lagstiftning lättas, säkerhets- och integritetsregler anpassas och batteritider blir bättre. Av samma anledning kommer flygning över egen mark, till exempel inom jordbruk, med största sannolikhet att tillåtas före flygning över offentliga miljöer.

### MÅNGA MÖJLIGA KOMMERSIELLA APPLIKATIONER

Kostnadsfördelar är starkt drivande för drönare inom kommersiella tillämpningar. Ett exempel är inom jordbruk, där drönare kan användas för att övervaka och analysera odlingar för att optimera skörd, bevattning och för skadedjursbekämpning.

Enligt en studie från Matese et al. vid Institute of Biometeorology i Florens är det mer kostnadseffektivt att hyra in drönare än att använda bemannat flyg eller satellit för övervakning av områden på mindre än fem hektar. Framförallt innebär drönare en möjlighet för mindre jordbruk att övervaka fälten oftare, eller överhuvudtaget. Samtidigt kan drönare flyga mycket närmare marken vilket ger högre upplösning.

I stadsmiljö finns det flera möjliga applikationer för drönare som trafikövervakning, byggnadsinspektion, miljökontroller och leveranser. Användningen begränsas, förutom av lagar och säkerhetsfrågor, av dåliga batteritider och svårigheter att flyga i stadsmiljö. GPS-teknik är inte tillämpbar bland byggnader, elledningar eller i dynamiska miljöer. Utöver tekniska begränsningar ligger utmaningen i säkerhetskrav och förmågan att förhindra stöld av drönarna.

### LAGSTIFTNING DET STÖRSTA HINDRET

Ökad användning av drönare för med sig säkerhetsrisker, speciellt när piloterna är oerfarna och nya modeller med undermålig kvalitet lanseras. I närheten av flygplatser och vid flygning över folkrika områden är riskerna störst. Drönare kan också hackas och den personliga integriteten kränkas när drönare kommer in på privat område.

Lagstiftning och regler kring användningen av drönare måste därför utformas. Sådana lagar kan i värsta fall hindra tillämpningar från att kommersialiseras. I USA har länge kommersiell användning av drönare tidigare varit förbjuden men luftfartsverket FAA håller på att modernisera regelverket och effektivisera ansökningsprocesser, vilket har ökat antalet tillstånd som delas ut till kommersiella aktörer.

Trots de tekniska och juridiska utmaningarna är drönare ett av de snabbast växande och mest innovativa robotsegmenten. Räkna med att se många fler i luften inom kort.



## FÖRARLÖSA FORDON KAN BLI DEN STÖRSTA ROBOTMARKNADEN

**Utvecklingen mot förarlösa fordon går framåt med prototyper som testas på allmänna vägar. Google kör i Kalifornien, Audi och Mercedes i Tyskland och Volvo PV planerar tester i Göteborg under 2017. Trots det kommer det dröja något årtionde innan helautomatiserade fordon går att köpa som privatperson.**

För att bilar ska kunna köra av sig själva och låta passagerarna ägna sig åt helt andra saker behövs framförallt bättre teknik, anpassad lagstiftning och en fungerande försäkringsmarknad.

De tekniska utmaningarna är stora. Förarlösa fordon, liksom andra robotar, förlitar sig på system som känner av omgivningen, optimerar agerande och handlar i en dynamisk och ostrukturerad omgivning. En stor del av utvecklingen kretsar kring sensorer som kameror och radarsystem, samt mjukvara. Tekniken måste fungera i alla situationer och väder, en utmaning finns till exempel för sensorer i oväder och snö. Avancerad positionering och dynamiska kartlösningar behöver utvecklas, vilket dock går i snabb takt. Att säkra systemen från otillbörliga intrång är också en viktig aspekt.

Utvecklingen drivs av biltillverkare och stora underleverantörer, men också av nya invadörer i form av teknikbolag med helt annan kärnkompetens som Google, Uber, Apple med flera. USA har teknikintresset, progressiv lagstiftning och en bra miljö, med kompetenskluster kring radarutveckling och mjukvara. I Tyskland och runt München finns stor kompetens inom radar och integration. Sverige ligger också i framkant, med Autoliv, Volvo och spetskompetens inom bildbehandling vid Linköpings universitet. Testmiljön AstaZero är också en fördel.

Kommunikation mellan fordon och med infrastruktur är andra dimensioner som inte bara är tekniskt svåra utan också kräver globala standarder och omfattande investeringar.

### KOSTNADERNA FORTFARANDE HÖGA

Utvecklingen är dyr och riskerna betydande. Det finns en inneboende tröghet att ta till sig helt ny teknik inom fordonsindustrin eftersom modellcyklerna är långa och det finns en enorm prispress samtidigt som kvalitetskraven är extremt höga.

Konsultbolaget BCG uppskattar att merkostnaden för att utveckla en förarlös bilmodell är över en miljard dollar. Dessutom är själva systemen allt för dyra i dagsläget. Enbart kostnaden för Googles LIDAR ligger på uppemot 100 000 dollar, betydligt mer än vad en premiumbil kostar. För att kommersialisera tekniken fullt ut måste kostnaden för hela systemet komma ner mot 3 000 dollar per bil, vilket kan jämföras med att kostnaden idag för aktiva säkerhetssystem ligger runt 400 dollar per bil och för passiva mellan 60 och 200 dollar per bil. Vid 3 000 dollar per bil skulle den potentiella marknaden vara i en helt egen liga inom robotik, med över 100 miljoner sålda bilar årligen.

Trots dessa utmaningar finns det i stort sett ingen biltillverkare som inte satsar på området. För även om förarlösa fordon utmanar den existerande affärsmodellen med privat bilägande, så öppnar sig många nya affärsmöjligheter när fordonet blir en miljö för rekreation och arbete.

### REGELVERK MÅSTE ANPASSAS

Takten i förändringen sätts inte bara av den tekniska utvecklingen. Fordon och trafik är strikt reglerade områden, vilket innebär att regelverk och lagar måste anpassas. Det krävs anpassning av trafiklagstiftning för att förarlösa fordon ska få framföras överhuvudtaget. Det civilrättsliga och straffrättsliga ansvaret måste klargöras när ett system snarare än en förare styr agerandet. Det handlar primärt om ansvarsfördelningen mellan biltillverkaren och "föraren" men påverkar också tjäns-

televerantörer, för till exempel kommunikation och kartor. Det kommer sannolikt ha stor påverkan på försäkringsmarknaden.

Etiska frågor ställs också på sin spets när system ska godkännas. En central fråga rör hur systemet prioriterar mellan medtrafikanter och passagerare i en svår situation.

Samtidigt finns det goda skäl ur lagstiftarens perspektiv att anpassa lagar och regler. Säkerhetsaspekter är ett av dem eftersom människor inte är speciellt bra på att köra bil. Över 90 procent av alla trafikolyckor orsakas av felaktigt agerande av människor i trafiken. Förhoppningen är därför att antalet trafikolyckor ska minska betydligt med förarlösa system.

Lägre miljöpåverkan är ett annat skäl, eftersom fordonet kan planera körningen bättre och köra närmare andra fordon. Inte minst är det viktigt för lastbilar, där bränsleförbrukning utgör en stor del av kostnaden. På ett lokalt plan skulle fler förarlösa fordon också frigöra betydande ytor som nu upptas av vägar och parkeringsplatser.

### EVOLUTION SNARARE ÄN REVOLUTION

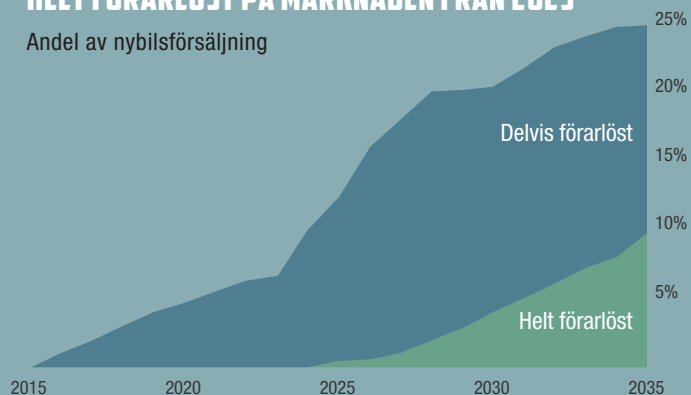
Trots utmaningarna är det troligt att vi kommer se förarlösa fordon på allmänna vägar inom en inte allt för lång framtid. Automatiserad körning finns redan i form av parkeringsassistans, autobroms och självstyrning vid motorvägskörning. Funktionerna kommer att lanseras successivt som nya säkerhets- eller komfortfunktioner innan helautomatiserad körning blir verklighet. De kommer introduceras i premiummodeller eller av nischade varumärken först och bli vanligare i takt med att kostnaderna pressas. Helt autonoma fordon kommer också att kunna lanseras, och finns redan, i mer kontrollerade miljöer med dedicerad infrastruktur, till exempel i gruvor.

Förarlösa fordon kommer därför snart att vara en verklighet. Då kommer det också vara det största segmentet inom robotik, om än annorlunda från de robotar vi är vana vid.



## HELT FÖRARLÖST PÅ MARKNADEN FRÅN 2025

Andel av nybilsförsäljning



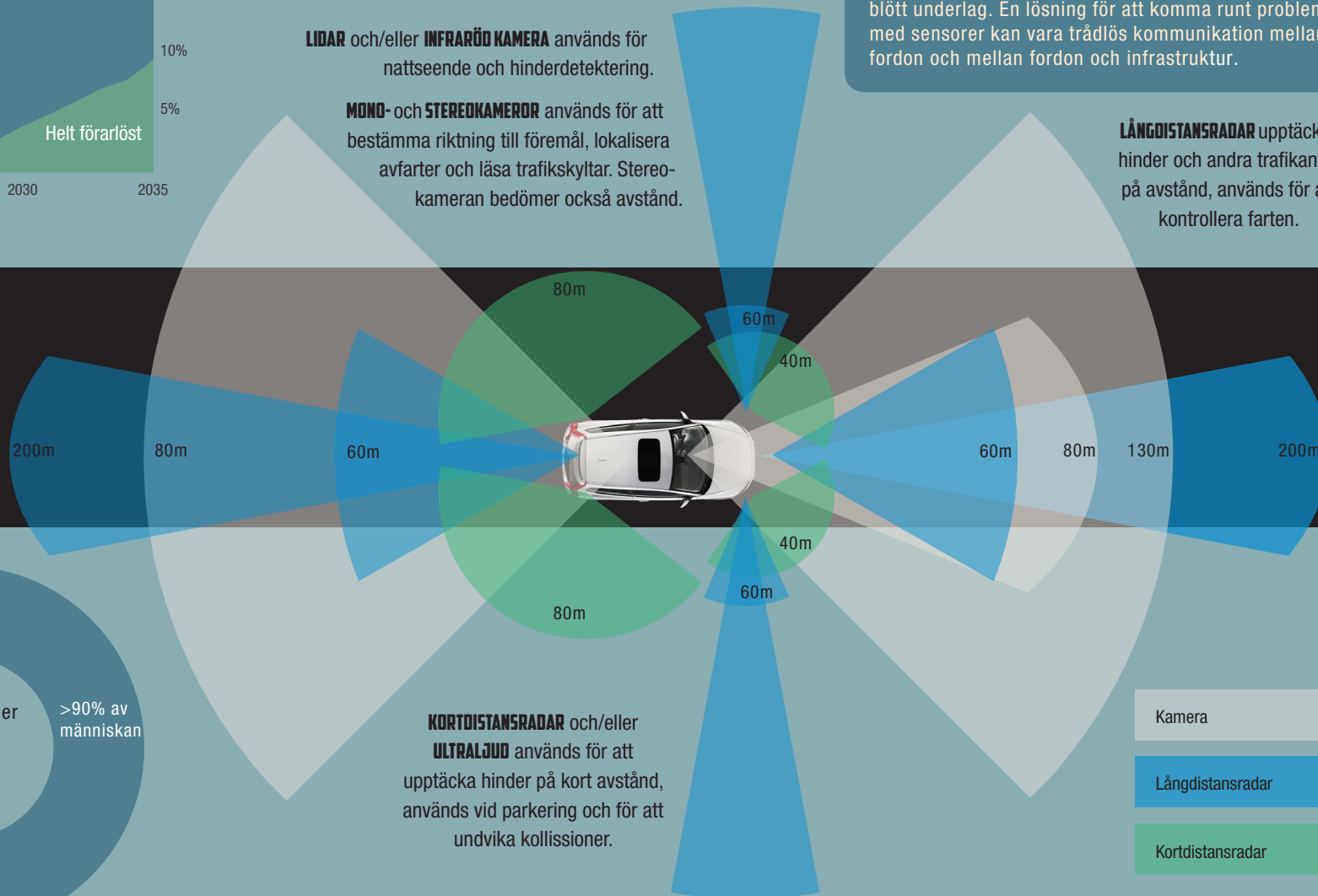
# 42 MILJARDER DOLLAR

uppskattat marknadsvärde år 2025

**LIDAR** och/eller **INFRARÖD KAMERA** används för nattseende och hinderdetektering.

**MONO-** och **STEREOKAMEROR** används för att bestämma riktning till föremål, lokalisera avfarter och läsa trafikskyltar. Stereokameran bedömer också avstånd.

**LÅNGDISTANSRADAR** upptäcker hinder och andra trafikanter på avstånd, används för att kontrollera farten.

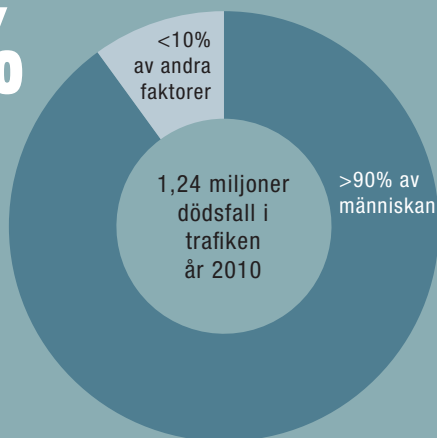


**KORTDISTANSRADAR** och/eller **ULTRALJUD** används för att upptäcka hinder på kort avstånd, används vid parkering och för att undvika kollisioner.

- Kamera
- Långdistansradar
- Kortdistansradar

# >90%

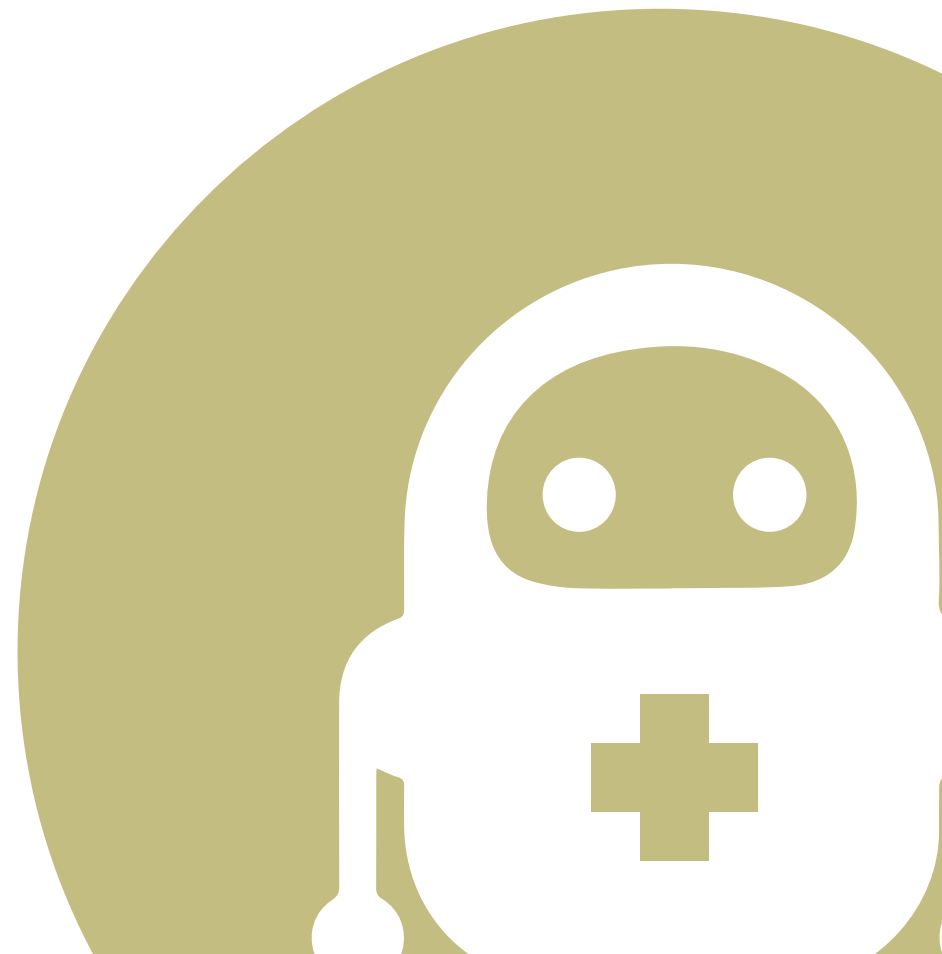
av alla trafikolyckor orsakas av människor





---

# ROBOTAR I SAMHÄLLET





# ÖKAD ROBOTISERING PÅVERKAR HELA SAMHÄLLET

Robotar har länge varit ett inslag i modern produktion och har varit en del av den större utvecklingen mot en allt högre grad av automatisering och digitalisering. Det har effekter på produktivitet, konkurrenskraft och arbetsmarknadens villkor. Med bredare robotisering förstärks effekterna, inte minst då det sammanfaller med en allt större roll för tjänstesektorn i den globala ekonomin. Det innebär möjligheter men också utmaningar och risker, och det kommer att skapa vinnare och förlorare.

**D**rivkraften för robotisering, liksom all automatisering, är framförallt en strävan efter produktivitet. Produktivitet är också den underliggande faktorn för välstånd, att åstadkomma mer med mindre insats. Det har en direkt effekt på företagens konkurrensförmåga men också på nationell konkurrenskraft, särskilt på möjligheten att konkurrera mot länder med betydligt lägre arbetskostnader. I tidigare teknikskiften har den utvecklingen främst pressat undan lågproduktiva och besvärliga arbetsuppgifter inom tillverkning och jordbruk, vilket varit positivt. Farhågan idag är att automation och digitalisering dels tränger undan även högkvalificerade arbetsuppgifter och dels att den drabbar tjänstesektorn, i en takt som gör det svårt att ställa om stora delar av arbetskraften.

## ROBOTISERING DRIVER PRODUKTIVITET

De senaste årtiondenas starka globala ekonomiska tillväxt har främst drivits av att Kina, Indien och andra tillväxtekonomier frigjort miljarder människor från en lågeffektiv jordbrukssektor till högre produktivitet inom andra sektorer. Urbanisering, infrastrukturinvesteringar, befolkningstillväxt och snabbt stigande inkomster har varit bränsle för tillväxten. Världsekonomin storlek har sexfaldigats sedan 1950-talet.

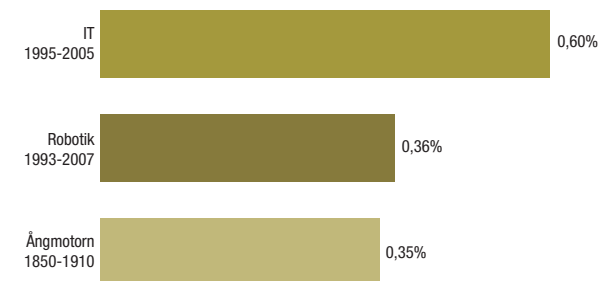
När en majoritet av alla människor redan blivit del av den globala ekonomin och den arbetsföra befolkningen inte växer lika snabbt, sjunker tillväxttakten. Utmaningen för både företag och för samhället i stort att varaktigt fortsätta skapa välstånd kräver därför att en större del av tillväxten kommer från produktivitetensökning.

Robotisering är en viktig faktor för att nå det. Effekterna på produktivitet är redan tydliga. En studie från London's Center for Economic Research visar att ökad användning av robotar i industrin bidrog till att öka BNP-tillväxten i 17 länder mellan åren 1993 och 2007 med i genomsnitt 0,37 procent per år, motsvarande en tiondel av den totala tillväxten i ekonomin. Studien visade även att en ökad robottäthet ledde till högre faktorproduktivitet och löner.

Enligt en jämförelse från Brookings, som baserats på studien, har robotar haft liknande effekt på produktiviteten som ångmotorn hade runt förra sekelskiftet, och tre femtedelar av effekten som IT-investeringarna hade runt år 2000. Investeringarna i IT var dock fem gånger högre mellan åren 1995 och 2005 än investeringarna i robotar mellan åren 1993 och 2007.

McKinsey Global Institute har uppskattat att vinsterna av en ökad användning av avancerad robotik kan komma att uppgå

**Bidrag till årlig tillväxttakt i arbetsproduktivitet per teknologi**  
(London's Center for Economic Research, Brookings)



till mellan 1 700 och 4 500 miljarder dollar årligen redan år 2025. Hälften av potentialen finns inom sjuk- och hälsovård genom att undvika produktivitetstjänster från sjukdom och funktionsnedsättning. Fortsatt robotisering inom industrin står för en fjärdedel av potentialen, genom att höja produktiviteten med i genomsnitt 75 procent per automatiserad uppgift. En förutsättning för det i sin tur är att marknaden för robotar växer med en årlig takt om 20-30 procent till 2025. Höjd produktivitet i hushållen och i tjänstesektorn står för den resterande effekten, genom till exempel 100 miljarder färre städtimmar.



På samma spår har konsultbolaget BCG uppskattat att produktivitetseffekterna av avancerad industrirobotik är omfattande. De menar att robotar kan öka produktiviteten med 10-30 procent över en tioårsperiod, utöver den normala produktivitetens utvecklingen, och dessutom sänka arbetskostnader 30 procent mer än vad som vore fallet utan robotisering. En stor del av effekterna väntas också komma från andra sektorer än fordonsindustrin, som elektronikindustrin.

### SKIFTAR KONKURRENSKRAFTEN

Dessa och andra scenarion är förstås inte något som automatiskt kommer att slå in, men de visar tydligt på en fortsatt utveckling där investeringar i robotik ökar produktiviteten och därmed stärker konkurrenskraften. På ett plan skiftar det den relativa konkurrenskraften mellan länder, med sina skillnader vad gäller arbetskostnader och arbetsmarknadslagstiftning, tillgång på kapital samt tillväxttakt och befintlig automationsgrad.

Därför kan de största relativa vinsterna göras i Kina, Sydkorea, Sydostasien, USA och Tyskland. Övriga Västeu-

ropa förväntas förlora i relativ konkurrenskraft. Sverige, som varit tidigt i robotanvändning, mätt i antal robotar per 10 000 anställda inom industrin, har på senare år halkat efter i utvecklingen. Numera har flera länder gått om Sverige och dessutom är tillväxttakten i robotinvesteringar betydligt lägre än för både jämförbara länder och för tillväxtekonomier.

Samtidigt skiftar förutsättningarna för företagets konkurrenskraft, vilket innebär möjligheter och utmaningar för företag oavsett lokalisering. Robotisering förändrar förutsättningarna för olika tillverkningsstrategier, framförallt genom att minska fördelen av att lokalisera tillverkning till låglöneområden.

Storleken på tillverkningsanläggningar kommer att bli en mindre betydelsefull parameter då små anläggningar som kan försörja en lokal marknad snabbt kan etableras genom att utnyttja programmering från andra anläggningar. Då kan det också finnas fördelar att hämta från att lägga tillverkningen nära kunden. Det gör också att andra kompetenser behövs, särskilt arbetskraft med högre utbildning och färdigheter att hantera robotar.

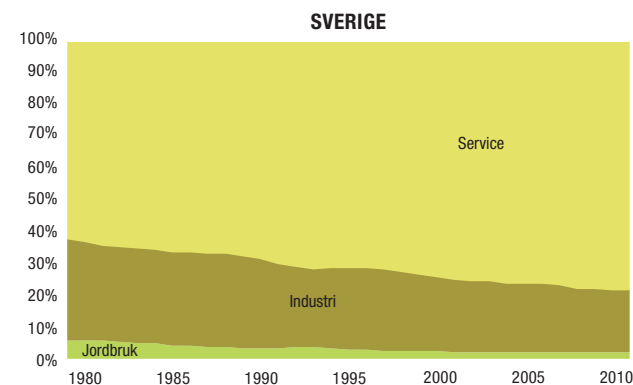
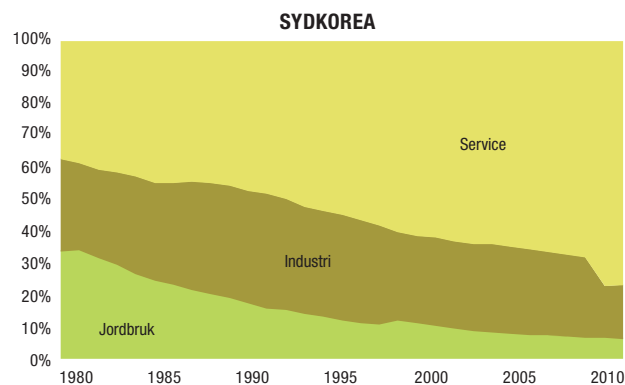
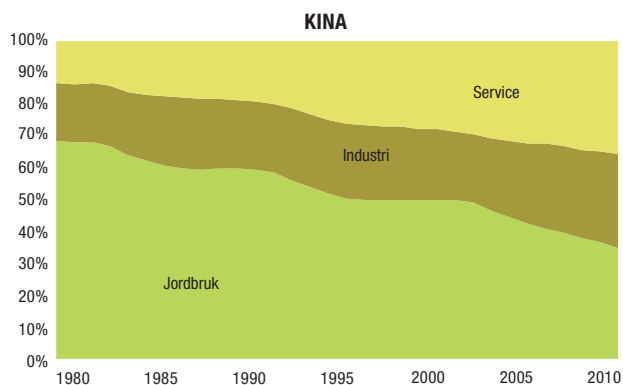
När automatisering och robotar sänker produktionskostnader urholkar det alltså konkurrenskraften för produktion baserad på låga lönekostnader. Det innebär att produktion i viss mån kan flyttas tillbaka till länder som Sverige när tillverkningskostnaden är lika hög oavsett var den sker.

### ARBETSLÖS ELLER AVLASTAD?

Robotiseringens påverkan på var tillverkning sker är en av faktorerna som berör en av de största farhågorna vad gäller samhällseffekterna, det vill säga om robotar kommer att innebära fler eller färre jobb i framtiden?

Rädslan för att maskiner ersätter människor, som i sin tur blir sysslösa, har alltid funnits. Vid större teknikskiften har också stora yrkesgrupper försvunnit, vilket inte minst är uppenbart inom jordbruket. Samtidigt produceras mer mat än någonsin förr, vilket innebär att maskiner och automatisering främst är att betrakta som avlastning som frigör människor från "tråkiga, smutsiga och farliga" arbetsuppgifter och höjer deras produktivitet.

Arbetskraftsfördelning per sektor (Macrobond, Världsbanken)





Så har det också visat sig vara vad gäller robotar inom industrin: de har snarare genererat fler arbetstillfällen i de anläggningar där de använts, genom att öka konkurrenskraften och driva tillväxt i produktionen. På liknande sätt kan robotar inom vården avlasta vårdpersonal och därmed skapa utrymme för mer tid med patienter.

Dessutom skapar förstås ny teknik nya arbetstillfällen för att framställa, utveckla och tillgängliggöra densamma. Den internationella robotföreningen IFR har uppskattat att över en halv miljon jobb skapats som direkt eller indirekt följd av en ökad användning av robotar mellan åren 2008 och 2011. För perioden 2012-2016 uppskattar de att mellan 900 000 och 1,5 miljoner arbetstillfällen kommer att skapas i industrin. Därtill kommer indirekta effekter som en följd av högre inkomster och frigjord tid som en konsekvens av höjd produktivitet, vilket förklarar merparten av tillväxten inom till exempel nöjes-, rekreations- och hälsovårdssektorerna.

Slutligen tillkommer de indirekta effekterna av den nya tekniken i de områden där den tillämpas, vilket förbättrar arbetskraftens produktivitet och genererar tillväxt. Till exempel skapar utvecklingen av drönare förutsättningar för marknader som inte fanns tidigare.

### OMSTÄLLNINGSFÖRMÅGA KRITISK

Men den nya robotvågen, där robotar blir allt mer kognitivt kapabla och tillämpas i nya sektorer, skiljer sig från tidigare teknikskiften eftersom den även påverkar tjänstemannayrken som hittills krävt högre utbildnings- och kompetensnivåer. Den utmaningen är dock än större ur det vidare digitaliserings- och automationsperspektivet.

Scenarion som utförts vid Oxfords universitet varnar för att nästan hälften av jobben i USA kan försvinna som en konsekvens av digitalisering. I Sverige uppskattade Stiftelsen

för Strategisk Forskning och Reforminstitutet att 53 procent av jobben kan automatiseras inom 20 år. Men i en senare studie visar desamma att jobb också skapas som en konsekvens av digitalisering, i ungefär samma takt, och att de dessutom är mer produktiva och högre avlönade än de som försvunnit.

Under de närmaste årtiondena är det dock mer sannolikt att utmaningen är brist på arbetskraft snarare än på arbetstillfällen. Länder som Japan och Tyskland har redan en stigande försörjningskvot med låga födelsetal och en ökad livslängd.

På längre sikt är det oklart vilken nettoeffekt på sysselsättning som en ökad robotanvändning kommer att få. Däremot är det säkert att det inte är samma jobb som kommer att finnas. Till exempel är det framförallt mindre kvalificerade yrken som försvinner, och mer kvalificerade yrken som efterfrågas. Det är till viss del en effekt som redan är långt gången i länder som Sverige. I Stockholm är programmerare och systemutvecklare det vanligaste enskilda yrket.

Därför är förmågan att ställa om till nya kompetensbehov kritisk. Beroende på takten i utvecklingen och på den enskilda arbetstagarens ålder och bakgrund kan det bli en smärtsam förändring, men på samhällsnivån är det viktigt att säkerställa att utbildnings- och omställningsresurser styrs mot framtida behov samt att det finns adekvata incitament för både företag och arbetstagare att satsa på vidareutbildning.

### REGELVERK MÅSTE ANPASSAS

För att understödja en positiv nettoeffekt av robotisering är det inte bara viktigt att underlätta för en omställning av kompetenser utan också att bejaka skapandet av nya marknader, även om det ibland sker på bekostnad av befintliga. En proaktiv lagstiftning blir därför viktig, eftersom också avsaknaden av tydliga regler utgör en osäkerhet som dämpar investeringar.

Det finns även flera komplexa juridiska och även etiska aspekter som uppstår med autonomt agerande maskiner (se faktaruta).

Den stora variationen av robotar och de situationer de används i gör det omöjligt att fastställa en övergripande lagstiftning. Isaac Asimovs tre klassiska robotlagar är därför inte aktuella, utan ett mer pragmatiskt förhållningssätt krävs.

Innovation är alltid förknippat med risker, speciellt då det inte finns någon existerande rättspraxis. Förarlösa fordon är ett exempel på det. De skulle minska trafikolyckor, men utan begränsat ansvar för tillverkare är det osannolikt att någon skulle lansera det på marknaden.

Det av Europeiska Kommissionen finansierade RoboLaw-konsortiet presenterade under 2014 sina riktlinjer för reglering av robotik. De varnade för att en alltför restriktiv hållning skulle begränsa innovation och rekommenderade ett mer funktionellt synsätt.

Ett högst aktuellt exempel gäller drönare. I Sverige har det varit föremål för tvist om huruvida det krävs övervakningstillstånd för att filma med drönare (utslaget var att det inte behövs), och i flera länder begränsas tekniken av olika krav på tillstånd samt på att de inte får verka utom en föräres syn. Det innebär en snäv begränsning av teknikens potential, vilket lett till att till exempel e-handelsföretaget Amazon flyttat sina tester av drönarleveranser från USA till Kanada, som har en mer tillåtande lagstiftning.

Industristandarder är också ett område som håller på att utvecklas för att hålla jämna steg med teknikutvecklingen. Till exempel har maskindirektivet i EU, som ska utjämna säkerhetskraven mellan medlemsstaterna, inneburit begränsningar för hur robotar och människor kan samarbeta utan avgränsningar i industriella miljöer. Det måste anpassas i takt med att kollaborativa robotar blir vanligare.



## ETIK OCH KULTUR

### ETIK I ROBOTVÄRLDEN

När robotar får en ökad betydelse i samhället uppstår många nya frågor: Hur hanterar vi integritetsfrågor när vi omges allt mer av uppkopplade maskiner? Vem är juridiskt ansvarig för en robots agerande? Hur programmerar vi in moraliska värderingar i robotar så att de beter sig på ett önskvärt sätt, och vilka moraliska värderingar är i så fall önskvärda?

Om robotar ska användas inom sjukvård för till exempel medicinering måste de kunna anpassa sitt agerande efter situationen och ta svåra beslut. Bör en robot kunna medicinera en patient utan tillstånd från en människa? En annan fråga är huruvida det är etiskt riktigt att låta dementa patienter tro att sociala robotar har känslor.

När robotar blir mer lika och tar över uppgifter från människor måste beslut tas om vilka moraliska värderingar som ska programmeras in i robotens algoritmer. Om alla möjliga moraliska scenarier måste övervägas innan en robot kan lanseras innebär det problem för flera typer av applikationer.

Ett exempel på en tillämpning där antalet scenarier är oöverskådliga är förarlösa bilar. En människa kan ta snabba beslut baserat på ett stort antal invägda faktorer, medan detta kan vara svårt för robotar. Samtidigt är det färre som har överseende med om en maskin orsakar en skada än om det är en människa som tar fel beslut i en pressad situation.

Frank Buytendijk, analytiker på Gartner, menar att det handlar om att skapa ett förtroende för ny teknik för att folk ska våga använda den. Att bygga upp det förtroendet är lika viktigt som att programmera en avancerad artificiellt intelligent produkt.

### KULTURELL ACCEPTANS

Kulturella faktorer spelar roll för hur samhället ser på ökad robotanvändning. I Japan är till exempel inställningen till robotar relativt positiv. Robotar uppfattas där ofta som hjälpsamma och empatiska, kanske rotat i Shintoismens animism och teaterns Noh-pjäser där känslor uttrycks trots anskiten som döljs av masker.

I västvärlden är däremot inställningen mer negativ. I kulturella gestaltningar, från Capeks första användning av ordet robot till Terminatorfilmerna, framställs robotar som slavar som slutligen reser sig och förgör mänskligheten. Japaner är generellt sett mer positiva till robotar i vården än amerikaner, och amerikaner mer positiva till försvarsrobotar än japaner.

Enligt en undersökning som gjorts av Europakommisionen är en majoritet av EU:s befolkning, 64 procent, positiv till robotar. I Sverige och Danmark angav 84 procent att de är positiva till robotar, medan endast 45-49 procent var det i Ungern, Cypern och Grekland. En intressant observation i sammanhanget är att både Sverige och Danmark har en högre robottäthet inom tillverkningsindustrin än de länder som är minst positiva. Studien fann också att en större andel av de personer som varit i kontakt med och använt en robot var mer positiva än andra.

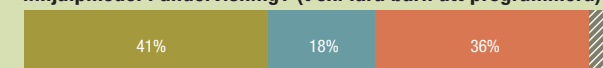
Däremot var många européer skeptiska till robotar i nya områden. Medan endast 28 procent var obekväma med att ha en robot som assistent på jobbet, och 36 procent till att de används inom undervisning, så var en majoritet obekväma med tanken på att ha en robot som assistent eller sällskap till gamla och sjuka, eller på att bli opererad av en robot.

### Hur ställer européer sig till att ha en robot som... (Europakommisionen)

#### ...assistent på jobbet?



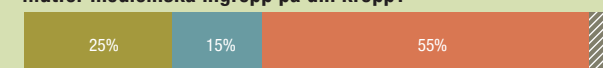
#### ...hjälpmedel i undervisning? (t ex: lära barn att programmera)



#### ...assistent/sällskap i vård av sjuka och äldre?



#### ...utför medicinska ingrepp på din kropp?



■ Bekvämt ■ Varken bekvämt eller obekvämt ■ Obekvämt ■ Vet ej/Inget svar

De som har stött på robotar i arbetslivet eller som har en robot i hemmet är generellt sett mer positivt inställda än de som aldrig har haft kontakt med en robot.



## ÄR ROBOTAR OCH ARTIFICIELL INTELLIGENS ETT EXISTENTIellt HOT MOT MÄNSKLIGHETEN?

**Att den skapade gör uppror och förgör sin skapare är en flitigt använd berättelse, inte minst när det gäller robotar. På senare tid har flera framstående personer inom teknikvärlden varnat för att utvecklingen av artificiell intelligens kan få katastrofala följder. Andra menar att risken är obefintlig. Ska vi vara rädda för robotikens frammarsch?**

Fysikern Stephen Hawking och världens rikaste man, Bill Gates, är några av de framstående personer som varnar för den artificiella intelligensens konsekvenser. Serieentreprenören Elon Musk har sagt att "AI är potentiellt farligare än kärnvapen" och har donerat 10 miljoner dollar till forskning för att förebygga en osäker utveckling.

Orsakerna till oron är flera. En av dem är att AI utgör konstgjorda beslutssystem där vissa beslutskriterier på ett eller annat sätt kan förbises eller åsidosättas. I situationer som att utföra attacker eller handla på börsen, för att ta två exempel där AI används, finns en risk att avsaknaden av människor kan leda till felaktiga beslut.

Invändningarna mot den här oron är att den risken finns även helt utan AI. Att programmera in empati, vilket är oklart hur det skulle gå till, skulle till exempel inte garantera mindre brutalt agerande än det rent mänskliga. Tvärtom menar entusiaster att AI är ett sätt att öka stabiliteten av komplexa och kaotiska system eftersom det är möjligt att ta hänsyn till mer information och att upptäcka mönster snabbare.

**Vissa menar att AI kan innebära mänsklighetens undergång, andra att det är det enda som kan rädda oss. De flesta anser att äkta AI ligger bortom vår förmåga.**

Den största existentiella farhågan är dock för det som kallas den tekniska singulariteten, det vill säga att datorer förmår utveckla smartare versioner av sig själva. Då skulle intelligensutvecklingen komma att gå oerhört fort, så snabbt som på ett ögonblick, och risken finns då att den framväxande överlägsna intelligensen har prioriteringar som står i konflikt med mänsklighetens, eller helt enkelt inte tar hänsyn till oss. Det handlar inte nödvändigtvis om en ondskefull intention utan snarare att resurser och kapacitet som är kritiska för samhällets funktion tas i anspråk och tränger undan människan.

Andra personer ser tvärtom singulariteten som det viktigaste målet vi kan sträva efter, eftersom det skulle innebära ett slut på de begränsningar vi lever under. Den mest kända förespråkaren, Ray Kurzweil, innovatör och Director of Engineering på Google, menar att singulariteten skulle innebära en transformering av mänskligheten och en universallösning för våra utmaningar. I den visionen skulle våra egna medvetanden kunna digitaliseras och expandera, vi skulle i princip bli odödliga och inte vara begränsade av knappa fysiska resurser.

### INTE INTELLIGENT NOG

De flesta är dock varken särskilt bekymrade eller förhoppningsfulla för att AI kommer att leda till drastiska konsekvenser på kort sikt. Orsaken är att det vi benämner artificiell intelligens är långt ifrån så avancerad. Istället handlar det om mer effektiva metoder för att lösa specifika uppgifter, utan förprogrammering och med ostrukturerad data.

Det är inte någon lätt uppgift att skapa intelligens så som vi förstår den. Det är inte enbart en fråga om exponentiellt växande processorkraft och lagringsutrymme, utan också om att vi ännu inte förstår hur den mänskliga hjärnan fungerar eller vad medvetande är. Även om det finns likheter mellan transistorer och nervceller har vi ännu inte lyckats lista ut hur

hjärnans nätverk av nerver ger upphov till minne och funktioner så som att kunna känna igen ansikten eller medvetande.

Trots detta har den AI som används idag stor inverkan på våra liv i allmänhet och på robotik i synnerhet. När vi söker på internet, kontaktar en kundtjänst, betalar med kreditkort eller använder en personlig assistent på telefonen så tillämpas AI. Det används också redan för en mängd processer, alltifrån medicinsk diagnostik till finansiella transaktioner. I samtliga fall handlar det om snäv, i motsats till generell, AI som utvecklas i ett särskilt syfte och med specifika mål.

Snävheten är också en viktig faktor att beakta både för skeptiker och entusiaster. Eftersom utvecklingen inte är centraliserad kontrolleras den inte heller av något enskilt företag eller organisation som enkelt kan påverka utvecklingen, antingen för att stoppa, reglera eller påskynda den. Det innebär en risk, men gör det också mindre sannolikt att en katastrof ska inträffa eftersom det är en lång kedja av utvecklingssteg som måste slå in för att de värsta scenarierna ska inträffa.

### FÖRSIKTIGHETSPRINCIP BÖR ÄNDÅ RÅDA

Även om AI inte automatiskt innebär att vi "tillkallar demonen", som Elon Musk uttryckt det, så kan det, liksom många andra teknikområden, innebära risker och faror. Teknik försedd med AI har visat sig vara extremt effektiv och kan därför också vara farligare än annan teknik. Sådan teknik har, om inget annat, potential att förstärka effekten av mänsklig grymhet eller okunskap. Även den snäva konstgjorda intelligensen kan leda till finansiella krascher eller möjliggöra ny vapentechnik, utan att för den skull vara medveten eller kunna skapa. I den meningen behöver AI inte bli smartare än människor för att vara ett existentiellt hot mot mänskligheten. Det räcker med att den gör de teknikområden som under lång tid hotat mänskligheten snabbare, billigare och mer dödliga.



Det är ovisst hur robotar kommer att påverka samhället, men det råder ingen tvekan om att de kommer göra det. De påverkar arbetsmarknaden, lagstiftning och industristandarder, men också länders konkurrenskraft. Sverige är inget undantag. I nästa avsnitt ges en översikt över hur förutsättningarna ser ut på den svenska robotmarknaden och hur svenska företags positioner och ambitioner ser ut på marknaden.



---

# DEN SVENSKA MARKNADEN



## BRED SVENSK NÄRVARO PÅ FRAGMENTERAD MARKNAD

I Sverige finns en avancerad robotindustri och flera globalt ledande företag inom samtliga segment. Sverige är hemvist för en av världens ledande tillverkare av industrirobotar, ABB. Även inom andra områden finns globalt ledande företag som DeLaval, Husqvarna och Saab. Användningen av robotar inom industrin och jordbruket är utbredd och har en lång historia, men Sverige är inte längre unikt. Den industriella användningen av robotar utvecklas betydligt snabbare i andra länder.

På många sätt är Sverige en receptiv marknad för robotar. Höga arbetskraftskostnader och en teknikkunnig befolkning är ett par av anledningarna till att Sverige är världens fjärde industrirobottätaste land och en av de största marknaderna för robotgräsklippare. De goda förutsättningarna för svensk robotanvändning är säkert en av anledningarna till den breda svenska närvaron globalt i flera olika marknadssegment.

Som den här rapporten har visat spänner användningen av robotar över många områden. Marknaden är i många fall fragmenterad och antalet små, entreprenöriella företag är stort, samtidigt som utvecklingen går snabbt. Det finns många spännande svenska företag som Furhat, Quirkbot, Envirollogic och Integrum. I det här avsnittet lyfts dock framförallt de mer etablerade svenska företagen fram.

### STARK TRADITION INOM INDUSTRIROBOTAR

Den svenska tillverkningsindustrin har under en lång tid varit viktig för landets ekonomi. Som ett litet land har Sverige också varit beroende av omvärlden en längre tid, och därför också utsatts för betydande omställningstryck. Redan på 1970-talet skedde stora strukturella förändringar inom svensk industri på grund av internationell konkurrens. Behovet av produkti-

vitetshöjande insatser har fortsatt i takt med att den globala ekonomin integrerats och konkurrens från låglöneländer hårdnat. Utlokalisering av delar av tillverkningen har blivit allt vanligare, samtidigt som svenska företag kunnat expandera sina marknader utomlands.

Den svenska fordonsindustrin såg tidigt behov av att automatisera delar av sin verksamhet för att upprätthålla sin konkurrenskraft. Den första industriroboten i Sverige, och i Europa, var en Unimate som installerades vid Svenska Metallverken, en leverantör till Volvo, år 1967. När företaget köptes upp av Gränges år 1969 köptes också fler robotar in.

Även i elektronikindustrin fanns ett behov av automatisering. I slutet av 1960-talet såg Electrolux ett behov av 300 robotar för sin produktion av hushållsmaskiner och började därför tillverka en egen robot. Andra svenska aktörer som var tidigt ute med att tillverka sina egna industrirobotar var Atlas Copco och ESAB. Norska Trallfa, som förvärvades av Asea, var tidiga med en målningrobot. Den första kommersiella Trallfa-roboten installerades hos Gustavsberg i Sverige år 1969.

Asea behövde också robotar i sin tillverkning, både för att effektivisera produktionen men också för att göra den mer säker. Från år 1969 och framåt köpte de därför in flera

Unimate-robotar. När Electrolux fick säljrättigheterna till Unimate i Sverige beslutade Asea att istället börja tillverka sina egna robotar. Eftersom företaget arbetade med el beslutades också tidigt att robotarna skulle baseras på elektromekaniska styrsystem, till skillnad från hydrauliska.

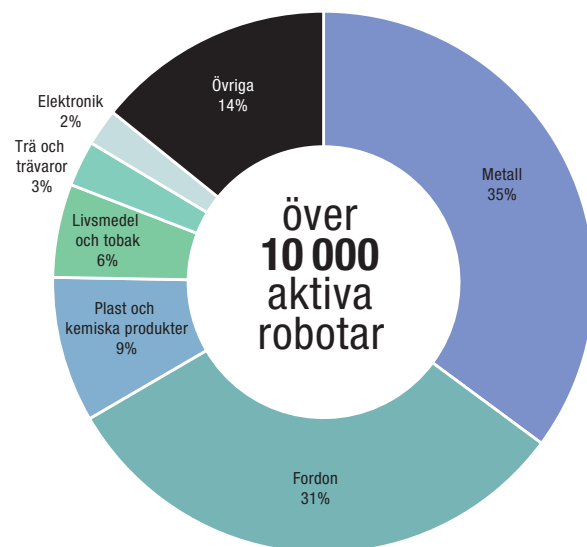
År 1974 tillverkade företaget världens första helt elektriska robot, IRB 6, med sex kilos lyftkraft. Den var även unik då dess arm rörde sig som en mänsklig arm, så kallad antropomorf, och eftersom den styrdes av en 8-bitars mikroprocessor från Intel. År 1981 tog Asea över Electrolux robotar och blev då den ledande svenska tillverkaren.

### SVENSK ROBOTINDUSTRI INTERNATIONELLT FRAMSTÅENDE

Under 1988 gick Asea ihop med det schweiziska företaget Brown Boveri och tillsammans bildade de ABB. Idag har ABB runt 9 000 anställda i Sverige, varav ungefär hälften sitter i Västerås. Där tillverkar man fortfarande robotar och staden har blivit ett centrum för automation och robotik i Sverige med tillverkare, forskning och tjänsteleverantörer inom områdena.

I Västerås finns också Robotdalen, en inkubator för robotföretag, som finansieras av VINNOVA och Europeiska regionala utvecklingsfonden. Robotdalen har sedan starten hjälpt till att

Fördelning av aktiva industrirobotar i Sverige 2013, per bransch (IFR)



lansera 32 nya produkter och 28 nya företag på marknaden, varav två har etablerats internationellt.

ABB är idag ett av de fyra största företagen på den globala marknaden för industrirobotar. Marknaden möter ny konkurrens från nya aktörer på robotmarknaden, som amerikanska Rethink Robotics och dansk-amerikanska Universal Robots. De har riktat in sig på tillverkningsrobotar för små- och medelstora företag. Att utveckla produkter för det här relativt nya segmentet är en högst aktuell utmaning för de traditionella leverantörerna. ABB har därför bland annat lanserat en egen modell i den tvåarmade roboten Yumi

Det finns också svenska uppstickarföretag inom industriell robotik. Ett exempel är OpiFlex som nyligen vann Europakom-

missionens innovationspris för sin robotplattform som gör det lättare att flytta robotceller mellan olika led i tillverkningsprocessen. Det kan vara en avgörande faktor i investeringsbeslutet, särskilt för mindre företag som har kortare produktionsserier vid sina tillverkningsanläggningar.

### ROBOTAR VANLIGA I SVENSK INDUSTRI...

Sverige har länge haft en hög användning av robotar inom tillverkningsindustrin. Under 2013 såldes 1 200 industrirobotar i Sverige, vilket var det högsta antalet någonsin. Jämfört med år 2012 innebar det en ökning med 12 procent, vilken framför allt berodde på en försäljningsökning till fordonsindustrin på 139 procent. Fordonsindustrin dominerar tillsammans med metallindustrin användningen av industrirobotar i Sverige. Totalt sett finns över 10 000 aktiva robotar i landet, vilket gör Sverige till det fjärde mest robottäta landet i världen.

Under senare år har fördelarna med omlokalisering stannat av något i takt med att löneskillnader blivit allt mindre. Många företag ser fördelar med tillverkning närmare de stora slutmarknaderna när transportkostnaderna stiger. I en enkätundersökning som Business Sweden gjort framgick det att hälften av de tillfrågade företagen ökat sin produktion i Sverige under de senaste tre åren. De flesta av de expanderande företagen svarade i sin tur att expansionen skett genom automation eller genom en kombination av automation eller nyanställning.

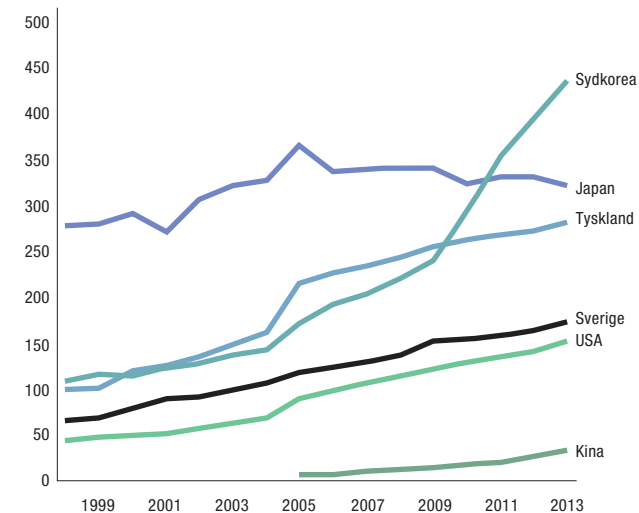
### ...MEN ANDRA LÄNDER UTVECKLAS SNABBARE

Sverige som marknad för robotar växer, men inte lika snabbt som andra länder. Det beror på att automatisering även blir mer lönsam i de nya tillverkningsländerna eftersom lönekostnaderna ökar snabbare där. För många tillväxtekonomier innebär också robotiseringen en möjlighet att nå upp till en högre och mer konsekvent kvalitetsnivå.

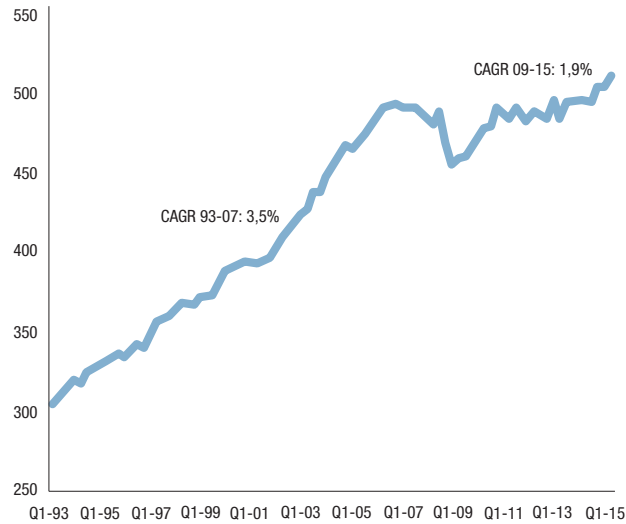
Den största tillväxten på marknaden sker för närvarande i Asien, framförallt i Kina, samt i USA. Det har förstås konsekvenser för var utvecklingsresurser satsas. ABB har till exempel sedan år 2006 en produktions- och utvecklingsenhet i Shanghai för att lättare nå den kinesiska marknaden och anpassa sina produkter till efterfrågan där.

Den relativa tillväxttakten speglar en underliggande utmaning för tillverkningsindustrin i Sverige. Produktivitetens utvecklingen har under senare år varit svag, år 2015 låg produktiviteten endast strax över nivån före finanskrisen år 2008. Samtidigt är svenska tillverkningsföretag inte tillräckligt snabba på att ta in robotar i produktionen jämfört med företag i många andra länder. I längden kan en relativt sämre

Robottäthet, antal industrirobotar per 10 000 anställda i tillverkningsindustrin (IFR)



**Sveriges produktivetsutveckling i näringslivet, kronor per arbetad timme** (Ekonomifakta, SCB, Macrobond)



produktivetsutveckling leda till en försämring av den svenska konkurrenskraften.

Konsultbolaget BCG rankade nyligen Sverige som en av de exportekonomier som är långsammast på att tillämpa avancerad tillverkningsteknik. Om den nuvarande trenden håller i sig kommer endast 15 procent av tillverkningen år 2025 skötas av robotar i Sverige, enligt BCG:s beräkningar. Det kan jämföras med de länder som är snabbast på att ta till sig tekniken, som Indonesien, Sydkorea, Taiwan och Thailand, där 40 procent av uppgifterna kan skötas av robotar år 2025.

Med tanke på att svenska löner är betydligt högre än i dessa länder, och att de kan börja tillverka varor av högre kvalitet med hjälp av robotarna, innebär detta en reducerad kon-

**För Sverige som tillverkningsland innebär ökad robotisering en möjlighet till ökad konkurrenskraft, men också ett hot eftersom det innebär att utvecklingsländer kan tillverka produkter av högre kvalitet med hjälp av robotar.**

kurrenskraft för Sverige jämfört med andra exportekonomier. För att Sverige ska kunna fortsätta vara ett konkurrenskraftigt tillverkningsland krävs ökad robotisering. I sin tur ställer det krav på att det finns en tillräcklig kompetensförsörjning och en omställningsbar arbetskraft som snabbt kan lära sig att arbeta med nya tekniska lösningar.

#### **SAAB DRIVER UTVECKLINGEN FÖR FÖRSVARSRBOTAR...**

Även utanför industrirobotik finns det starka svenska leverantörer. Den svenska försvarsindustrin är relativt stor sett till landets storlek, som vanligtvis förklaras av den svenska alliansfriheten som skapat ett behov av att i relativt hög utsträckning vara självförsörjande på avancerad försvarsteknik.

Under senare år har delar av den svenska försvarsindustrin internationaliserats genom utländska företags förvärv. Bland annat har Hägglunds och Bofors köpts upp av brittiska BAE Systems. Båda företagen har fortfarande tillverkning i Sverige, men utvecklingen av obemannade system sker framförallt på andra håll i BAE-koncernen.

En annan stor svensk försvarsaktör, Saab, bedriver omfattande utveckling av obemannade system. Saab utvecklar obemannade marina farkoster för minröjning, samt luftfarkoster till försvarsindustrin. Saabs UAV Skeldar, till exempel, är en

obemannad helikopter som används både civilt och militärt och styrs med ett system som även kan användas för att styra andra UAVs.

I Linköpingsregionen, kring Saab, har det också uppstått en hel del drönarföretag så som Cybaero (vars lösning är grunden för Saabs Skeldar), Unmanned Systems Group, UAS Europe och Intuitive Aerial.

I många fall är produkterna utvecklade för civila tillämpningar som exempelvis i räddningstjänsten. Där finns flera intressanta svenska lösningar. Rotundus har utvecklat den klotformade bevakningsroboten GroundBot som kan förflytta sig över barmark, snö, sand, lera och till och med vatten. American Unmanned Systems har köpt upp rättigheterna till att marknadsföra produkten i Nordamerika under namnet GuardBot, där den nu bland annat testas av den amerikanska marinkåren. Andra exempel är FIREM som utvecklar arbetsfordon utrustade med släckningsteknik för att släcka bränder i exempelvis gruvor och Realisator Robotics som utvecklar FUMO, en rökdykarrobot.

#### **... MEN BEGRÄNSAD ANVÄNDNING I DET SVENSKA FÖRSVARET**

Än så länge är användningen av robotik i det svenska försvaret inte vidare utbredd, jämfört med till exempel i USA. Eftersom obemannade system visat sig vara kostnadseffektiva är det dock troligt att användningen kommer att öka även inom det svenska försvaret.

Försvarets materielverk, FMV, har pekat på fördelar med obemannade system både för miljön och för kostnadernas skull. Några drönarmodeller används idag för informationsinhämtning i Afghanistan och i Mali. Drönarna kommer från amerikanska Aeroenvironment och AAI Corporation samt israeliska Elbit. Försvaret använder även obemannade undervattensfarkoster från Saab för minröjning och spaningsuppdrag

under vatten. I Arméns utvecklingsplan för 2014-2023 sätts även mål om att utveckla obemannade marksensorsystem och markfarkoster.

### FÄLTROBOTAR ETT SVENSKT STYRKEOMRÅDE

Sverige har flera ledande globala bolag som är verksamma i de vertikaler där professionella tjänstrobotar används, som jordbruk, skogsbruk, gruvbrytning och byggbranschen.

Det svenska jordbruket är överlag effektivt med hög avkastning och friska djur, enligt Jordbruksverkets bedömning. Svenska bönder drabbas dock av högre kostnader för byggnader och för arbete jämfört med utländska konkurrenter. Det beror både på regelverk, till exempel kring djurhållning, och på de svenska geografiska förutsättningarna. Varje enskild gårds produktivitet utveckling blir därför avgörande för hur ekonomin på gården utvecklas. Det gör i sin tur investeringar i automation, och därför även robotar, attraktiva.

Inom jordbruket är DeLaval en globalt ledande leverantör av lösningar för mjölkbönder. Deras robotsystem VMS+ är ett av de vanligaste i världen, med över 1 000 aktiva mjölkningsrobotar i Sverige och över 10 000 installationer globalt. Mjölkningsroboten är en av ett flertal produkter i DeLavals automationssystem, som också innefattar övergripande driftledningssystem.

Ett annat område där Sverige har en lång tradition och teknisk ledande aktörer är inom gruvindustrin. Det sker betydande

**Fältrobotik inom jordbruk, gruvindustrin och byggbranschen är ett svenskt styrkeområde där Sverige har flera globalt framstående leverantörer.**

gruvbrytning i Sverige, enligt SGU:s bergverksstatistik står landet för 91 procent av hela Europas järnmalmproduktion, med bolag som LKAB och Boliden. Svenska Atlas Copco och Sandvik är också globalt framstående leverantörer till gruvindustrin. Gruvdrift präglas av ständiga produktivitetsovervakningar och dessutom av höga säkerhetsambitioner. Därför är det ett naturligt tillväxtområde för robotik och automation. Boliden har till exempel en hög grad av automatisering i Garpenberg där ingen människa rör järnmalmen innan den är utanför gruvan.

Atlas Copco satsar på att ligga i framkant inom borrautomation och har lösningar för till exempel autonom borrar. Sandvik har bland annat levererat världens största gruvautomationssystem, inklusive automatiserade lastare, till Argyle Diamonds i Australien.

Sverige har också många internationellt starka aktörer i byggbranschen, både i form av byggbolag som Skanska och NCC samt i form av utrustningsleverantörer som Volvo Construction Equipment och Husqvarna. Det finns många exempel på svenska robotprodukter på marknaden, som fjärrstyrda rivningsrobotar från både Husqvarna och Brokk vilka också är de ledande globala aktörerna i segmentet. Skanska håller på att utveckla en betongsprutande byggrobot, och Volvo Construction Equipment bedriver flera forskningsprojekt kring utveckling av autonoma arbetsmaskiner till exempelvis gruslag, gruvor och byggplatser

En gemensam drivkraft och utmaning för användningen av fältrobotik är att säkerhet och produktivitet är relaterat. Fältrobotar opererar ofta i miljöer där det många gånger är farligt för människor att vistas. Att minska bemanningen genom fjärrstyrning och robotik driver därför både säkerhet och produktivitet. Samtidigt måste även de systemen säkras i de fall människor befinner sig på området, till exempel för att utföra underhåll, eller när utrustningen rör sig mellan områden. Strikta regelverk

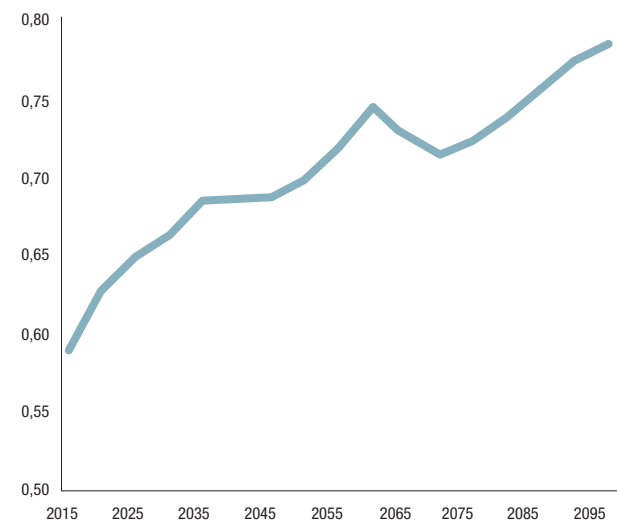
är befogade men måste också anpassas i takt med att produkter och system utvecklas för att inte hindra marknadstillväxten.

### ATTRAKTIV SVENSK MARKNAD FÖR VÅRROBOTAR

Den demografiska utvecklingen med en större andel äldre människor i befolkningen påverkar sjukvårdssystemet på två sätt. För det första blir det fler personer som ska tas om hand av systemet och för det andra minskar andelen av befolkningen som är tillgänglig på arbetsmarknaden för att utföra vården och för att finansiera systemet. Sammantaget innebär det ett behov av effektivisering.

Ett spår i en sådan effektivisering är en högre grad av robotanvändning. Robotar kan både assistera personalen på

**Sveriges försörjningskvot (antal personer 0-14 år och >65 år per person 15-65 år) (UN DESA)**



sjukhus och på vårdhem, men också hjälpa äldre och sjuka att klara sig bättre i hemmet, till en lägre kostnad. Sverige och andra länder i Norden har en relativt väl utvecklad äldrevård jämfört med många andra länder och kan erbjuda många sjuka pensionärer långtidsvård, antingen i hemmet eller på vårdhem.

Robotdalen uppmärksammar särskilt hälsorobotar som utgör ett av deras huvudsakliga finansieringsområden. I september år 2015 hade de totalt hjälpt nio typer av hälsorobotar att lanseras på marknaden. Ett av projekten inriktar sig mot att effektivisera verksamheten på sjukhus. Det är RobCab som tillverkar en logistikrobot som kan transportera allt från sjukhus-sängar till mediciner mellan sjukhusets olika avdelningar.

I övrigt satsar Robotdalen mycket på att utveckla hjälpmedel för att äldre och funktionshindrade ska klara sig bättre i hemmet eller på egen hand. Det gör man både i projektet Hjälpmedel och innovation, samt i samarbete med testbäddar i Västerås och Örebro där produkterna kan testas av patienter i sin naturliga miljö.

I projektet SUNSIDE har Robotdalen identifierat några faktorer som gör Sverige till en attraktiv marknad för innovationer i vården. Bland annat utgörs de av att hälso- och sjukvården finansieras offentligt, att ekonomin är stabil, att det finns en historia av utskrift av hjälpmedel och av tillgången till testbäddar. Till exempel var det ett välfungerande vårdssystem och samarbetet med Robotdalen som lockade telemedicinföretaget Giraff, som ursprungligen kom från San Francisco, att flytta sin verksamhet till Sverige.

**Med en åldrande befolkning står den svenska hälsovårdssektorn inför omfattande effektiviseringsbehov.**

Ett företag som nått stor internationell framgång på egen hand är Elekta, som tillverkar en robotkniv som är speciellt utvecklad för hjärnkirurgi. Där är drivkraften snarare att förbättra kirurgens precision än effektiviseringsbehov.

#### **STARKA SVENSKA AKTÖRER INOM HUSHÅLLSROBOTAR**

Med en hög sysselsättningsgrad hos den kvinnliga delen av befolkningen, hög beskattning och därmed dyra tjänster, är det inte märkligt att hushållsmaskiner är vanliga i svenska hem. Lägg därtill en teknikkunnig och teknikintresserad konsument och en väl utvecklad kommunikationsinfrastruktur så är det inte förvånande att hushållsrobotar, som hjälper människor att få ihop livspusslet genom att utföra tidsbesparande uppgifter som att dammsuga och klippa gräs, är relativt vanliga i landet.

Sverige har också starka företag inom hushållsrobotar. Electrolux var först i världen att lansera sin dammsugarrobot Trilobite på den svenska marknaden år 2001. Den marknaden har vuxit kraftigt globalt, men med hård konkurrens och där leverantörer med lägre priser är betydligt större.

Husqvarna var också tidigt ute när de lanserade världens första solcellsdrivna robotgräsklippare år 1995. Lagom till 20-årsjubileet meddelade de att de hade tillverkat en halv miljon gräsklipparrobotar i sin fabrik i Storbritannien. Bolaget är väl positionerat i utvecklingen mot allt ”smartare” trädgårdar och ett högre välstånd i tillväxtekonomier, med urbanisering och fler gröna ytor som följd.

#### **FÖRARLÖSA FORDON ETT STYRKEOMRÅDE FÖR SVERIGE**

Precis som många andra utländska företag i fordonsindustrin utvecklar svenska fordonstillverkarna Volvo PV, AB Volvo och Scania lösningar för förarlösa fordon. Underleverantörer som Autoliv, världsledande inom både passiv och aktiv bilsäkerhet, är också långt framme med sina produkter i området.

**Inom hushållsrobotar finns svenska pionjärer i Electrolux, som var först med robotdammsugaren, och Husqvarna, som är störst på robotgräsklippare.**

Utanför Göteborg finns testbädden AstaZero som används för tester av förarlösa system. I projektet Drive Me planerar Volvo att börja testa förarlösa bilar på gatorna i Göteborg under 2017. Samtidigt utvecklar Scania förarlösa lastbilar och Autoliv nya lösningar för aktiv säkerhet i bilarna.

#### **BRED SVENSK FORSKNING INOM ROBOTIK**

Som den här studien visat så är robotteknik ett synnerligen brett begrepp som inkluderar allt ifrån sensorsystem till programvara och elektromekanik. Forskning och utbildning inom robotik inkluderar därför en mängd olika kunskapsfält.

Forskningsmönstret i Sverige liknar det på den globala forskningssenen inom robotik. Den sker på bred front och är sällan koordinerad mellan lärosäten. Det finns både specialiserad forskning och bredare forskning, och det finns flera forskargrupper med inriktning mot samma områden. Samtidigt är det inte svårt att bygga en enkel robot vilket gör att de flesta högskolor och universitet har egna robotprototyper.

Vid de flesta universitet och högskolor med teknisk inriktning bedrivs också någon form av robotforskning, ofta i samarbete med näringslivet och med specialisering på någon gren inom robotiken. I Linköping bedrivs till exempel mycket forskning kring bildbehandling, bland annat för att utveckla kamerateknik för drönare och förarlösa fordon i samarbete med Saab och Volvo. Där finns också forskningsprojekt som fokuserar på samspelet mellan människa och robot i produktionsmiljöer. I

både Linköping och i Lund är man duktiga på reglerteknik och på KTH i Stockholm ligger fokus på kognitiv robotik. Vid Örebro universitet finns ett forskningscenter för autonoma sensorsystem. Några andra exempel på lärosäten som bedriver forskning inom robotik är Chalmers och Mälardalens högskola.

Ett nyligen påbörjat initiativ är WASP, Wallenberg Autonomous Systems Program, som ska fokusera på hur automatiska system kan arbeta tillsammans med människor, exempelvis inom industri och sjukvård. Syftet är att stärka den svenska industrins internationella konkurrenskraft. Programmet möjliggörs av att Knut och Alice Wallenbergs stiftelse satsar 1,5 miljarder kronor på svensk forskning inom framtidens autonoma system. Linköpings universitet är värd, men KTH, Chalmers och Lunds tekniska högskola kommer också att delta tillsammans med bland annat Saab, Ericsson och Boliden från näringslivet. En del i projektet är en forskarskola som siktar på att ha 100 doktorander, varav hälften ska komma från universitetet och hälften från industrin.

#### KOMPETENSEN FINNS

En annan viktig aspekt av utbildningssystemet är kompetensförsörjning. I viss mån kan man uttrycka oro för att försörjningen

av nya ingenjörer sjunkit och att till exempel Teknikföretagen och Sveriges Ingenjörer pekar på en framtida brist. Å andra sidan är det de tekniska utbildningar som inriktar sig mot områden som är viktiga för robotik också de mest populära.

De flesta högskolor och universitet med teknisk inriktning har utbildnings- och forskningsprogram kring någon form av robotteknik, om det så är inom styrsystem, programmering, mekatronik eller robotik. Det finns även gymnasieutbildningar som inriktas mot robotik. Det är också det naturliga upplägget eftersom robotteknik berörs av så många olika teknikgrenar.

Samtidigt är det viktigt att poängtera att en bredare användning av robotik, i nya sektorer, inte enbart kommer att kräva ingenjörer. Det kommer även att behövas kompetens från andra bakgrunder och inte minst från de miljöer, som vården och handeln, där robotar blir allt vanligare. Inte minst kommer den framtida innovationskraften att vara beroende av kreativa människor och entreprenörer.

Eftersom komponenter och programvara för att lära ut och experimentera med robotik nu är så pass tillgängliga är det angeläget att låta många människor komma i kontakt med dem. Skolan är en naturlig plats och initiativ som makerspaces är betydelsefulla komplement.

#### NATIONELLA STRATEGIER

Möjligheterna som robotikens utveckling för med sig är många och potentialen är stor. Samtidigt för den också med sig utmaningar. Allt fler börjar få upp ögonen för detta. Till exempel har Framtidsminister Kristina Persson tillsatt en analysgrupp som ska föreslå hur landet ska hantera en ökad robotisering. Regeringen har också ålagt VINNOVA att genomföra insatser för att främja en digitaliserad svensk industri, där automation och robotisering är viktiga komponenter.

Som den här studien har visat är detta välkomna initiativ. Sverige har gynnats av den tidiga användningen av robotar inom industrin och i andra sektorer, och med flera världsledande företag i olika sektorer finns förutsättningarna att robotmarknadens tillväxt gagnar landet. För den skull är det också kritiskt att användningen och utvecklingen ständigt förnyas. Det är angeläget att även mindre tillverkande företag kan ta till sig robotik, genom lägre kostnader och enklare, flexibla lösningar. Det är också viktigt att finansieringsmöjligheter och riskkapital är tillgängligt för entreprenörer, och att regelverk utvecklas i takt med den nya tekniken. En liten marknad som den svenska är beroende av att hela systemet fungerar för att inte halka efter i utvecklingen.

På en globalt, snabbt växande marknad för robotik har Sverige en fortsatt relativt stark position. En tradition av robottillverkning med företag som ABB och utbredd användning inom industrin bidrar till förmågan att skapa konkurrenskraftiga lösningar. Infrastruktur och tillgång på kompetens liksom tillämpad forskning i samarbete med företag ger goda förutsättningar för framtiden. Samtidigt finns det frågetecken. Är kompetensförsörjningen tillräcklig? Kan regelverk anpassas i takt med teknikutvecklingen? Kommer robotar att implementeras i nya sektorer, och varför ökar användningen i industrin inte lika snabbt som i vissa andra länder? Med den potential som robotisering har är det angelägna frågor för att säkerställa framtida innovationskraft.

## KÄLLOR OCH BILDER

A.T. Kearney, Inc. (2015): *3D Printing: A Manufacturing Revolution*

Boston Consulting Group, BCG:

*Revolution in the Driver's Seat – The Road to Autonomous Vehicles* (2015)

*The Rise of Robotics* (2014)

*The Robotics Revolution – The Next Great Leap in Manufacturing* (2015)

Brookings Institute (2014): *How Humans Respond to Robots: Building Public Policy through Good Design*

Business Sweden (2015): *Därför tillverkar vi i Sverige – Drivkrafter och förutsättningar för tillverkningsindustrin i Sverige 2015*

Citigroup (2015): *Disruptive Innovations III – Ten More Things to Stop and Think About*

The Economist (2014): *Immigrants from the Future*

Europakommissionen (2015): *Special Eurobarometer 427: Autonomous Systems*

International Federation of Robotics, IFR:

*Positive Impact of Industrial Robots on Employment* (2013)

*World Robotics – Industrial Robots 2014*

*World Robotics – Industrial Robots 2015*

*World Robotics – Service Robots 2014*

*World Robotics – Service Robots 2015*

Matese m.fl., Institute of Biometeorology, Florens (2015):

*Intercomparison of UAV, Aircraft and Satellite Remote Sensing Platforms for Precision Viticulture*

McKinsey Global Institute (2013): *Disruptive Technologies: Advances That Will Transform Life, Business and the Global Economy*

PWC (2014): *The Future of 3-D Printing: Moving Beyond Prototyping to Finished Products*

Robolution Capital (2014): *Drones: Market Overview*

Siciliano och Khatib (red.), Springer-Verlag (2008): *Springer Handbook of Robotics*

Statens medicinsk-etiska råd, SMER (2014): *Robotar och övervakning i vården av äldre – etiska aspekter*

Stiftelsen för strategisk forskning:

*De nya jobben i automatiseringens tidevarv* (2015)

*Vartannat jobb automatiseras inom 20 år - utmaningar för Sverige* (2014)

Third Way (2015): *Jobless Recoveries*

Totalförsvarets forskningsinstitut, FOI (2012):

*Förstudie obemannade farkoster*

US Department of Defense (2014): *Unmanned Systems*

*Integrated Roadmap, FY2013-2038*

### BILDFÖRTECKNING:

s.5: 3D Robotics, ABB, Aerovironment, Aldebaran Robotics, Amazon, Boston Dynamics, Brokk, Cyberdyne, DARPA Robotics Challenge, DeLaval, Electrolux, Epson, European Space Agency, Giraff Technologies, Google, Hahn Automation, Honda, Husqvarna, Intuitive Surgical, iRobot, Jibo, KUKA, Lego, PARO Robots, Queensland University of Technology, Rethink Robotics, Saab, Universal Robots

s.11: Photodiem/Shutterstock

s.35: BestGreenScreen/Shutterstock

### DATAKÄLLOR:

Brookings Institute

Credit Suisse

Ericsson Research

FN:s livsmedels- och jordbruksorganisation, FAO

International Federation of Robotics

Gartner

Goldman Sachs

Linley Group

Macrobond

OECD

Statistiska Centralbyrån, SCB

Stockholm Environment Institute

Stockholm International Peace Research Institute, SIPRI

United Nations Economic Commission for Europe, UNECE

World Health Organization, WHO



Vi lever i robotarnas århundrade. Användningen växer exponentiellt och på bred front. Robotar kommer att bli betydligt vanligare i alla delar av ekonomin och alla delar av samhället. Etablerade leverantörer gynnas av tillväxten, men utmanas av nya aktörer som tar sig in på marknaden. Utvecklingen ställer också krav på användare att förstå utvecklingen och ta tillvara på möjligheterna för att undvika en sjunkande konkurrenskraft.

Den här studien beskriver var utvecklingen sker, vilka möjligheter och hinder som finns, hur marknaden förändras och vilka aktörer som driver utvecklingen. Den diskuterar också de troliga samhällseffekterna av att fler uppgifter tas över av robotar.

Rapporten är den senaste i serien *Framtida tillväxtmöjligheter för Sverige*, som har som syfte att skapa och sprida kunskap om tillväxtmarknader och vilka möjligheter och utmaningar de innebär för svenska företag.

Projektet drivs av Stiftelsen Blue Institute, oberoende tankesmedja och forskningsinstitut, med bidrag från VINNOVA.

Läs mer: [framtidatillvaxt.se/robotik](http://framtidatillvaxt.se/robotik)

Följ oss på Twitter: [@tillvaxtmarknad](https://twitter.com/tillvaxtmarknad)



**blue institute**  
Founded by Mercuri Urval Group [blueinst.com](http://blueinst.com)

ISBN 978-91-982132-1-8