

# **RÖRLIGA OCH KOPPLADE**

**Mobila produktionssystem integreras  
med det industriella värdesystemet**



**Titel:** Rörliga och kopplade - *Mobila produktionssystem integreras med det industriella värdesystemet*

**Författare:** Örjan Larsson - Blue Institute

**Serie:** VINNOVA Analys VA 2013:05

**ISBN:** 978-91-86517-86-1

**ISSN:** 1651-355X

**Utgiven:** Februari 2013

**Utgivare:** VINNOVA –Verket för Innovationssystem

**VINNOVA Diariernr:** 2009-02796

---

## **VINNOVA stärker Sveriges innovationskraft för hållbar tillväxt och samhällsnytta**

VINNOVA är Sveriges innovationsmyndighet. Vår uppgift är att främja hållbar tillväxt genom att förbättra förutsättningarna för innovation och att finansiera behovsmotiverad forskning.

VINNOVAs vision är att Sverige ska vara ett globalt ledande forsknings- och innovationsland som är attraktivt att investera och bedriva verksamhet i. Vi främjar samverkan mellan företag, universitet och högskolor, forskningsinstitut och offentlig verksamhet. Det gör vi genom att stimulera ökat nyttiggörande av forskning, investera långsiktigt i starka forsknings- och innovationsmiljöer och genom att utveckla katalyserande mötesplatser. VINNOVAs verksamhet är även inriktad på att stärka internationell samverkan. Vi fäster stor vikt vid att samspela med andra forskningsfinansiärer och innovationsfrämjande organisationer för större effekt. Varje år investerar VINNOVA drygt 2 miljarder kronor i olika insatser.

VINNOVA är en statlig myndighet under Näringsdepartementet och nationell kontaktpunkt för EU:s ramprogram för forskning och utveckling. Vi är också regeringens expertmyndighet inom det innovationspolitiska området. VINNOVA bildades 1 januari 2001. Vi är drygt 200 personer och har kontor i Stockholm och Bryssel. Generaldirektör är Charlotte Brogren.

I publikationsserien **VINNOVA Analys** publiceras studier, analyser, utredningar och utvärderingar som tagits fram inom eller på uppdrag av VINNOVAs avdelning Verksamhetsutveckling.

---

I VINNOVAs publikationsserier redovisar bland andra forskare, utredare och analytiker sina projekt. Publiceringen innebär inte att VINNOVA tar ställning till framförda åsikter, slutsatser och resultat. Undantag är publikationsserien VINNOVA Information där återgivande av VINNOVAs synpunkter och ställningstaganden kan förekomma.

VINNOVAs publikationer finns att beställa, läsa och ladda ner via [www.vinnova.se](http://www.vinnova.se). Tryckta utgåvor av VINNOVA Analys och Rapport säljs via Fritzes, [www.fritzes.se](http://www.fritzes.se), tel 08-598 191 90, fax 08-598 191 91 eller [order.fritzes@nj.se](mailto:order.fritzes@nj.se)

*VINNOVA's publications are published at [www.vinnova.se](http://www.vinnova.se)*

# **Rörliga och kopplade**

**Mobila produktionssystem integreras  
med det industriella värdesystemet**

Projektet drivs av Blue Institute, en tankesmedja grundad av Mercuri Urval, med fokus på strategi- och tillväxtfrågor. Mercuri Urval är ett svenskt konsultföretag som arbetar för att stärka sina kunders konkurrenskraft genom att identifiera, utveckla och tillföra rätt kompetens och förmåga som gör det möjligt att bygga upp organisatorisk och strategisk styrka. Analysarbetet och rapporterna inom ramen för *Framtida tillväxtmöjligheter för Sverige* är en del av den verksamhet som Blue Institute bedriver för att skapa och sprida kunskap om marknadsutveckling och de strategiska utmaningar som näringslivet står inför. Genom att arbeta utifrån ett industriellt nätverk, med en industriell tidshorisont och i nära samarbete med de företag som är involverade i tillväxtområdena har den kunskapen kontinuerligt validerats och spridits. Projektet drivs med bidrag från VINNOVA.

VINNOVAs framsynsverksamhet fokuserar på framväxande globala tillväxtområden och förutsättningarna för att med offentliga satsningar på forskning, utveckling och innovation bidra till hållbar tillväxt i Sverige inom ramen för dessa. Framsynsverksamheten syftar dessutom till att identifiera andra typer av policyinsatser än investeringar i forskning, utveckling och innovation som är viktiga för att möjliggöra ekonomisk tillväxt och jobbtillväxt inom framväxande tillväxtområden. Därmed bör den kunna utgöra ett viktigt underlag för svensk närings- och tillväxtpolitik.

# Förord

Sverige är ett exportberoende land som framgångsrikt skapat tillväxt, arbete och välstånd genom att företag utvecklat lösningar som varit internationellt konkurrenskraftiga. Men innovationer och nya marknader måste ständigt skapas och det sker i en allt hårdare global konkurrens.

*Framtida Tillväxtmöjligheter för Sverige* syftar till att identifiera framväxande globala tillväxtområden och beskriva svenska företags förutsättningar, roll och ambitioner. Programmet har nu pågått i fem år och har identifierat ett åttiotal tillväxtområden. Alla har genomgått ett förstudiearbete och ett antal av dem har fördjupats och avrapporterats i studier som denna.

Den här rapporten berör ett omfattande och växande område som till stor del utvecklas utan större uppmärksamhet. Det handlar om utveckling av fältmaskiner och deras integration i större produktionssystem, vilket är avgörande för produktivitet utveckling i en mängd verksamheter som gruvbrytning, skogsbruk, jordbruk och inom byggindustrin. Drivkraften är krav på effektivitet å ena sidan och teknikutveckling å andra sidan.

Trots skillnader i både värdekedjor och i maskinernas beskaffenhet så använder de sig ofta av liknande eller samma underliggande teknik – som fältrobotik och positionering. Rapporten går igenom dessa gemensamma teknik- och applikationsområden och beskriver även hur respektive bransch utvecklas och anpassar lösningarna utifrån sina behov.

Det är en utveckling som är angelägen att förstå. Genom gemensam teknik- och applikationsutveckling ökar konvergensmöjligheter och sannolikheten för branschglidning. Inte minst är det viktigt ur svenskt perspektiv eftersom vi har många företag som producerar maskiner, komponenter, system och tjänster inom de berörda branscherna, i flera fall med världsledande positioner.

Vår förhoppning är att den här rapporten bidrar till strategiprocesser i företag och hos myndigheter. Studien har utförts av Blue Institute i nära samarbete med företag som är aktiva i området. Vi vill tacka alla som medverkat, lämnat information och delgivit sin analys av området. Arbetet med Rörliga och kopplade har letts av en redaktör, Benjamin Ståhl, och rapporten har utarbetats av Örjan Larsson. Öppenheten och osäkerheten i marknaden innebär att rapporten inte gör anspråk på att vara en fullständig beskrivning. Det är en analys som beskriver och kommenterar utvecklingen och syftar till att skapa debatt och underlätta diskussion.

Stockholm i februari 2013

*Göran Liljegren*  
Ordförande, Blue Institute

*Göran Marklund*  
Stf. GD, VINNOVA



# Innehåll

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Executive Summary .....</b>                              | <b>7</b>  |
| <b>Inledning .....</b>                                      | <b>10</b> |
| <b>Del 1. Integration av produktion med hjälp av Mobila</b> |           |
| <b>Produktionssystem .....</b>                              | <b>13</b> |
| Automationsmarknaden.....                                   | 14        |
| Integration av information .....                            | 16        |
| Den Uppkopplade Fältmaskinen.....                           | 17        |
| Fältrobotik .....   | 23        |
| Positionering och Identifiering.....                        | 25        |
| <b>Del 2. Marknaderna .....</b>                             | <b>30</b> |
| Jordbruket.....   | 32        |
| Skogsbruket.....  | 35        |
| Gruvindustrin .....   | 41        |
| Återvinning.....  | 43        |
| Construction.....   | 46        |
| <b>Slutdiskussion.....</b>                                  | <b>49</b> |





# Executive Summary

The pursuit of productivity is relentless and ubiquitous. In the realm of field machinery productivity has hitherto primarily been driven by mechanization and automation. However, the principal productivity gains are increasingly accomplished through connectedness linking the whole chain of production – from raw material to the factory to the customer. Mobile production systems are therefore becoming more integrated with the production systems as a whole. This report focuses on this evolution and the effects that it will have on the markets affected.

Striving for tighter integration is not new, but only recent have technological developments enabled such integration to new levels. This report outlines and analyzes the technologies and applications by which mobile production systems are integrated into an industrial value system, as well as the business opportunities that emerge as a result.

## **The evolution of field machinery**

The critical part of a mobile production system is the field machine. A field machine is a mobile unit (e.g. on wheels or tracked, or at sea) that is used to harvest, drill, plow, plant, cut, catch, process, demolish etc at the location where the raw material is situated. Historically productivity has increased through mechanization, i.e. using more sophisticated tools and powering them by horse or motor, coupled with the skill of an operator. More recently, automation has aided the operator with increased force, control and precision.

As automation continues the field machine is increasingly also connected to other systems and to other stages of production, and can thereby deliver a produce that meets the demands of the successive stages of production. The field machine becomes the hub of a distributed, mobile production system. This unlocks new ways of improving productivity and quality.

The evolution of mobile production systems will increase the productivity in industries that rely on field machines for their core operations – such as mining, agriculture, forestry and construction – and enable a new era of growth for machinery in these industries. It will also create business opportunities for applications, systems and services that integrate field machinery with the larger production systems and with markets.

The key enablers for this evolution are increasingly capable and cheap platforms for information processing and connectivity. This means that previously isolated "islands" of information now can be connected to factories and markets in real time – and base decisions on that information. These developments coincide with a surging demand of raw materials globally and – in some cases – increasing difficulty of finding, extracting and processing them.

**Technologies that drive productivity in mobile production systems**

Automation is the fundament of productivity and the trend in production systems – particularly in factories – is ongoing. Since the 1980's industrial automation has been primarily driven by digitalization, whereby microprocessors enabled increasingly sophisticated machinery and robots to deliver higher productivity. As sensor technology has evolved and connectivity has become commonplace, data volumes have soared. The ability to connect data and systems across the value chain is a principal challenge of automation today.

The market for automation today is vast, worth between 100 – 300 billion euro (depending on definitions). The bulk of the market is targeted towards industrial automation, although another large area is highway vehicle automation. Off-highway vehicle automation – which this study is concerned with – is comparatively modest, but rising fast and, moreover, becoming more interconnected with other areas. One reason for this is the movement from customized solutions to standard operating systems and off-the-shelf components. Another is the need for systems to integrate with each other.

The information structure of a production system consists of different levels, with different levels of integration within and across them. As systems approach the operational level the resolution increases but the overview decreases. Mobile production systems naturally concern themselves with the base level as they handle a physical flow of materials. Therefore, the integration with higher system levels is a key issue and driver of productivity.

Since the field machine by definition is not in physical contact with other parts of the processing chain, the enabler for this integration is connectivity. Radio, GSM, wifi are examples of technologies that connect machines to each other and to the production system. Radar, GPS, lidar are examples of technologies that aid in positioning. Common to all is that they are becoming ever more cheap to deploy.

As the machinery is connected, automation on the machine can take one step further. Field robotics is the common denomination for technologies that allow partial or fully autonomous operation and/or remote control of machinery. Positioning, and digital mapping, is another cornerstone for leveraging automation in field machinery. Positioning and mapping make use of satellite systems such as GPS, aerial photography, unmanned aerial vehicles, etc.

Together these technologies drive the markets and enable further productivity. At the same time, they drive convergence between separate industries.

**Mobile production systems are critical for many industries**

In this study the main industries where mobile production systems are critical to operations are outlined in terms of how applications are adapted and the market for field machinery is evolving. Each industry is bound by its own challenges and opportunities, yet the traditional idiosyncracies are increasingly disappearing as the relevant technolo-

gies span all industries. Therefore, a parallel development will be growing convergence between sectors with regards to technology and to applications. Business consolidation will surely follow, as is already evidenced by mergers, acquisitions and development of new product ranges that enable OEMs and service providers to serve several industries.

For the forest based industry, the integration of mobile production systems enable lower costs of harvesting, higher quality, reduced costs of transportation and storage as well as optimization of pulp making processes. It is possible to take specific customer order into account at the moment of felling a single tree.

In agriculture, integration with meteorological data, sophisticated digital maps, market data and to subsequent alimentary processing improves yields and quality while decreasing the amount of inputs used. "Agriculture 2.0" may be the herald of a new green revolution.

The future of mining depends on the ability to dig deeper and process less pure ore, while living up to tough environmental and safety demands. Tight integration of production as well as autonomous and/or remotely controlled machines are critical for achieving this.

Construction is also an area where precision GPS, remote control, machine communications and connectedness is becoming increasingly important. Other industries affected include recycling, fishing and marine infrastructure.

### **From automation to integration – the next phase of productivity**

This report argues that discrete automation on the field machinery itself is maturing and exhibits a rate of diminishing returns. State of the art machinery is so well equipped in this regard that the next phase of differentiation and of productivity boost will come from enhanced integration to other parts of the production system.

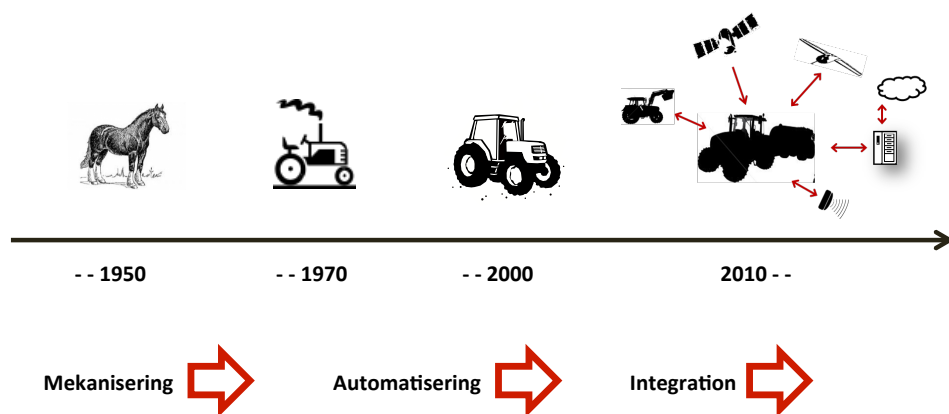
This entails a degree of discontinuity since a large part of the development of applications and of technology takes place outside the specific industries that the field machinery serves. Therefore, the pressure for industrial convergence will increase – and with it the pressure for consolidation among OEMs and system developers.

Despite the pressures mobile production systems still lack integrators. The market is relatively small, operators in many industries are conservative and system vendors are fragmented. Customers remain the chief integrators of technologies. This is detrimental to learning across industries and to achieving economies of scale – particularly in development. With all elements in place, it is an area that will probably see a lot of strategic activity and possibly considerable disruption. The end result, however, will be enhanced productivity.

## Inledning

Kraven på effektivitet i de industriella tillverkningsprocesserna sträcker sig utanför traditionella fabriksmurar. Produktionen av råvaror och energi måste öka samtidigt som utvinningen av dem blir allt svårare. Resurserna måste sökas på avlägsna platser, på stora mark- eller havsdjup och med nya metoder. Målet är att använda råvarorna mer effektivt och exakt samt att genom högre återvinningsgrad öka resursutnyttjandet. Effektiviteten ökar om olika fristående system i försörjningskedjan kopplas ihop för att fungera tillsammans. Trots det har de kritiska produktionsavsnitten som hanterar råvaror och återvinning varit svåra att integrera fullt ut tills nyligen. Den här studien beskriver och analyserar de sätt och med vilka metoder mobila produktionssystem integreras med det industriella värdesystemet i övrigt, och vilka marknader det skapar.

Den viktigaste enheten i ett mobilt produktionssystem är fältmaskinen som på land kan vara hjul- eller bandbaserade arbetsmaskiner alternativt byggda som flyttbara riggar. Till sjöss är motsvarigheten fartyg, pråmar eller semimobila plattformar av olika slag. Fältmaskinen är den enhet som utför direkt arbete för att skörda, borra, fånga, riva, markbereda och återvinna osv. Från att maskinerna har varit helt beroende av operatörens förmåga och kanske armstyrka har automationsutvecklingen de senaste trettio åren medfört funktionalitet som underlättar och ger föraren bättre kontroll och stöd för arbetsuppgifterna. Succesivt förändras synen på maskinerna som arbetsredskap till viktiga delar i ett integrerat produktionssystem.



Figur 1 Industrialisering och mekanisering gjorde att hästen kunde ersättas av maskiner i skogen, lantbruket och i gruvorna. Traktorn och andra arbetsmaskiner automatiserades under de två sista decennierna av nittonhundratalet. Nu kopplas maskinerna upp och blir noder i det större produktionssystemet

Nästa steg i utvecklingen har redan börjat - nu kopplas maskinerna upp mot omgivningen och mot omvärlden. De blir nav i distribuerade mobila produktionssystem. Det innebär nya perspektiv och möjligheter att förbättra produktivitet och kvalitet. Beslutsunderlagen blir bättre när informationen kommer från olika källor som dessutom delar data med varandra. Operativt kan cykeltiderna minska, felbesluten minimeras och kvaliteten bli bättre.

*Den här utvecklingen kommer att öka produktiviteten inom skogs-, gruv-, jordbruks- och byggnadsindustrin. Den skapar också en tillväxtmarknad för system, applikationer och tjänster för arbetsmaskiner och för att koppla upp dem. Utvecklingen kan ur båda perspektiven vara viktiga tillväxtområden för svensk industri.*

Grunden till den digitaliserade och uppkopplade utvecklingen är ständigt bättre och billigare plattformar för informationsbehandling och kopplingar mellan olika - tidigare isolerade - informationsöar. I en omgivning där mängden data växer samtidigt som det blir allt billigare att samla in och behandla den, blir incitamenten för att integrera de industriella värdesystemen tydliga.

De mobila produktionssystemen är samtidigt teknisk mogna - moderna fältmaskiner är högt automatiserade och redo att kopplas upp. Eftersom förutsättningarna dessutom sammanfaller med kraftigt ökad global efterfrågan på energi, råvaror och på återvinning är tillväxtpotentialen mycket stor under det närmaste decenniet.

I den svenska industrin berörs skogen, jordbruket, malmen, processindustrin, de tunga fordons- och maskintillverkarna, men också IKT- och elektronikindustrin. Här finns många exempel på att tillämpade mobila produktionssystem kan ge konkurrensfördelar och att maskiner och system kan öppna nya exportmarknader.

Inom skogsbruket kan sågade trävaror utvinnas till lägre kostnad och det är möjligt att vid avverkningen ta hänsyn till specifika kundorder. Cellulosaindustrin vet vilken typ av råvara som skickas in i massabruket. Det förbättrar processtyrningen ända fram till slutprodukten i pappersmaskinen.

Inom jordbruket kan bättre integration med livsmedelsindustrin öka produktiviteten, förbättra kvalitén och leda till helt nya produkter. Precis som inom skogsnäringen är utmaningen att hantera jordens och vädrets oregelbundenheter. Ett samlingsnamn som används för det digitaliserade jordbruket är jordbruk 2.0.

Den framtida gruvdriften innefattar obemannade fordon som hjälper varandra med gruvans planeringssystem som guide. Automatiserade riggar borrar laddningsmönstren som registreras direkt i gruvans geologiska databas. Densitetsmodeller i 3D används sedan av grävande robotsystem och för planering av driften och för kvalitetskontroll.

Återvinning kan vara exempel på hur mekanik, styrning, positionering och guidning kan göra ett arbetsintensivt område effektivt. Mobila system för återvinning förekommer

inom entreprenad och konstruktionsindustrin, fjärrstyrda rivningsrobotar har tagit över efter rivningsklot och riskabelt arbete.

Entreprenader och vägbyggen stöds av system som kombinerar GPS och laser med digitaliserade konstruktionsunderlag. Produktivitetsförbättringar upp till 100 procent har påvisats i studier.

Entreprenader till sjöss är ett område som fått stor betydelse. De senaste fem åren har det lagts ut lika mycket sjökabel i världshaven som under den tidigare femtioårsperioden. Och även fisket kan betraktas som en tillämpning av mobil produktionsteknik. De största fångstfabriker är helt enkelt flytande livsmedelsfabriker.

I den första delen av studien beskrivs hur fältmaskinerna är integrerade i produktionen och vilka hjälpmedel som står till buds. Det är en översikt av tillämpningarna och de viktigaste teknikerna, som exemplifieras med centrala leverantörer. I den andra delen av studien behandlas de underliggande marknaderna vilka historiskt utgör skilda branscher som nu allt mer delar maskin- och teknikplattformar. Jordbruket, skogsbruket, bergsbruket, industriell återvinning och byggentreprenader är de branscher som beskrivs närmare.

# Del 1. Integration av produktion med hjälp av Mobila Produktionssystem

Framtidens produktion kommer att vara mer integrerad än dagens. Framförallt beror det på att digitalisering och uppkoppling kommer att ha en omvälvande effekt minst lika stor som den haft i andra branscher som blivit digitala. Telekommunikation, media och fotobranscher ser som bekant inte ut som de gjorde för tjugo år sedan. I grunden går det att förklara med att centrala komponenters prestanda ökar exponentiellt över tiden samtidigt som priserna sjunker.

Moore's lag anger att kapaciteten på integrerade kretsar fördubblas ungefär vartannat år. Det är en förutsägelse som visat sig stämma i mer än fyrtio år. Mindre kända är Kryders lag som visar på liknande samband för hårddiskminnen eller Butters lag som förutsäger att mängden data som kommer ut ur en optisk fiberkabel fördubblas var nionde månad. Det finns också liknande samband för pixlar per dollar som driver fram avancerad bildbehandlingsteknik till allt lägre kostnad.

Med hjälp av smartare programvaror och snabbare datorer kommer potentiell produktivitet och kvalitet att kunna frigöras i de industriella värdekedjorna. Lika viktigt är att mycket mer kommer att kunna mätas, vägas och kännas av - sensorutveckling tillsammans med trådlös teknik och strömförsörjning är en stor men anonym "game changer". Under den kommande tioårsperioden kommer givare och givarteknik att påverka allt mer i både samhället i stort och inom industrin. Begrepp som trådlösa sensorer, sensornätverk (WSN), energy harvesting, ubiquitous sensors, smart sensors, hälsosensorer och så vidare blir vanliga när utvecklingen går mot mycket låg energiförbrukning, kostnadseffektiv integration, sampackning och inbyggnad. Mängden sensorer exploderar i samma takt som priserna går ner och medger stora nätverk som samverkar och skapar nya bilder av verkligheten. Ju mer som fysiskt kan övervakas och mätas desto bättre kan man beräkna vad som inte kan mätas. På så vis skapas indirekta mätvärden som gör det möjligt att förfina, förbättra och rationalisera ytterligare.

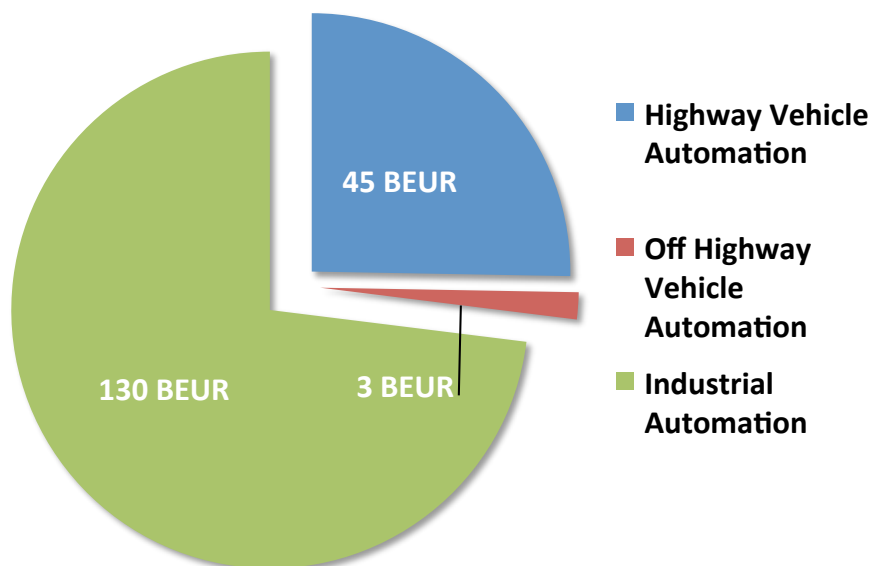
Den första vågens digitala industriautomation var samtida med mikroprocessorn och sköt ordentlig fart under 1980-talet. Automationen var inriktad mot att sänka kostnader och öka produktiviteten men utförde - hårddraget - egentligen inte mycket mer än vad som varit möjligt med elektromekaniska reläer och analoga regulatorer, sedan 1930-talet. Men det blev så mycket enklare, billigare och flexiblare med en programmerbar dator - vilket frigjorde mängder av produktivitet. Faktum är att produktionen ofta har kunnat fördubblas medan bemanningen bestått. Fortfarande skördas frukterna - introduktionen av effektivitetshöjande teknik har visat sig ha fördröjningar som har med människor, beteenden och organisationer att göra.

Vad som nu sker är att automationen samordnas med nya system som är mycket bättre på att hantera stora mängder data i realtid och kan göra den moderna sensortekniken rättvisa - att göra analyser och koppla resultaten till andra maskiner, processer eller organisationer. Erfarenheter som skapats av enorma mängder data på webben – vad som kallas ”Big Data” - återanvänds av industrin för att ta vara på växande informationsmängder och information som tidigare lämnats därhän. På så vis skapas miljöer för tillämpningar, aktiviteter och marknader som förväntas växa snabbt. Arenan för automation blir också bredare och inkluderar hela kedjan från råvaruförsörjning, inköp via logistik, produktion, lager, transporter, marknad, försäljning och till sist återvinning och återförädling av restprodukter och avfall.

## Automationsmarknaden

Automationsmarknaden i världen är värd mellan 100 - 300 mdr EUR beroende på vad man räknar in i marknaden. I de högre intervallen ingår utöver själva datorsystemen också mängder av annan utrustning såsom motorer, drivsystem, givare och analysutrustning. Det är en konsekvens av att industrins automationsbegrepp vidgats.

Med den snävare tolkningen omfattar den industriella marknaden för datoriserade styrsystem för tillverkningsindustrin ca 90 mdr EUR. Marknaden för specifika fordonssystem uppgår till ca 30 mdr EUR och marknaden för automation av fältmaskiner till ca 2 - 3 mdr EUR. Automation av fältmaskiner motsvarar därför endast ca 1 procent av marknaden för maskininvesteringarna.



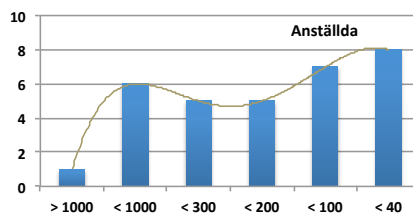
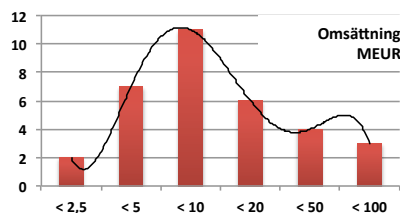
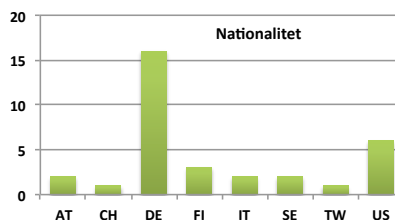
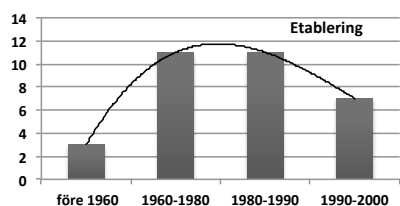
Figur 2 De olika automationsmarknaderna och dess andelar. Källa: Blue Institute



Tekniken för att bygga automationssystem har sedan början av 1980-talet förändrats från specialutveckling till att baseras på kommersiella standardprodukter som bygger på operativsystem av typen Windows och Linux. Även på hårdvarusidan används hyllvaror när det är möjligt. Volymfördelarna med standardprodukter går omöjligen att möta för de smala och specialiserade industriella leverantörerna. Undantaget utgörs av den marknad som bilindustrin skapar för inbäddade styrenheter (ECU) som kan tillverkas i stora volymer baserat på personbilar och kommersiella fordon.

Utvecklingen leder till att konkurrensförmågan hos de rena automationsleverantörerna avgörs endera av låg kostnad eller av kunskap om processerna. I det senare fallet krävs en innovativ förmåga att sätta kunskapen i system. Genom god processkunskap och breda perspektiv finns det möjligheter att erbjuda marknaden funktionella, lönsamma lösningar som kanske inte tidigare har varit uppmärksammade eller möjliga.

Leverantörsstrukturen för fältmaskinautomation består till övervägande del upp av små och medelstora företag. I en kartläggning finner vi ett femtiotal tongivande bolag i världen som typiskt etablerades på sjuttio- eller åttiotalet i samband med att mikrodatortekniken blev tillgänglig. Företrädesvis har de tyskt eller amerikanskt ursprung och de omsätter i snitt ca 50 MEUR per år (median runt 20) och sysselsätter 200 - 300 personer.

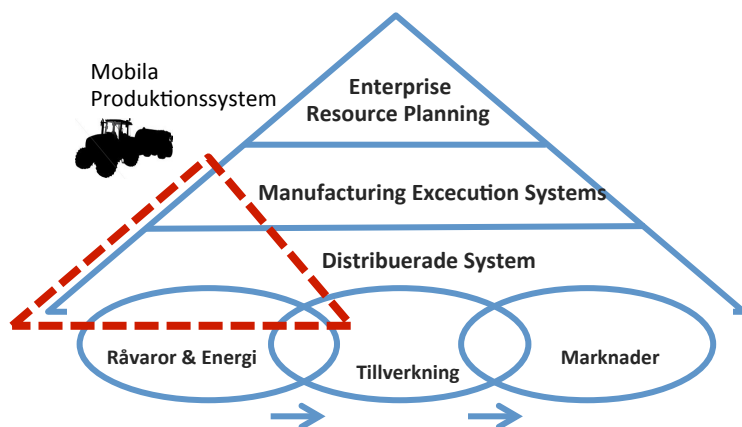


Figur 3 Karaktären på företag verksamma inom automation av fältmaskiner. Källa: Blue Institute

## Integration av information

En värdekedja är per definition integrerad och utmaningen är därför bättre integration. Det betyder högre ambitioner om hur olika delar av en förädlingskedja ska samverka. Flödet av material och produkter ska ske effektivt utan spill och med möjlighet till snabb omställning. Råvarorna ska användas aktivt och effektivt. Kundenpassning och krav på kortare serier med god ekonomi ökar. Kvalitetsbrister är inte acceptabla, mer ska kunna återvinnas, verksamheten ska vara miljömässigt hållbar osv.

Stödet för att göra allt detta möjligt utgår från företagets processer, som i sin tur ställer krav på informations- och styrsystemen. I en vanligt förekommande modell som vi kommer att använda i rapporten brukar informationsprocesserna och tekniken illustreras och diskuteras i hierarkiska modeller där olika nivåer har olika uppgifter och ger olika mycket överblick. Långt ner betyder samtidigt mindre överblick men mer operativa detaljer - styrning och övervakning av en speciell maskin eller ett processavsnitt - och högre upp en mer strategisk överblick över hela värdekedjan. Följande nivåer och begrepp förekommer:



Figur 4 Den fysiska värdekedjan och verksamhetsprocesserna stöds av automations- och informationssystem. Källa: Blue Institute

Det fysiska lagret följer värdekedjan och består praktiskt av maskiner, fordon, lokaler och människor. På den nivån produceras stora mängder information - data - från olika sensorsystem och beräkningar men också från operatörer, administratörer och underhållspersonal.

Nästa nivå utgörs av distribuerade system. Här behandlas informationen maskin för maskin och process för process. Instruktioner och styrsignaler bestämmer vad maskinerna ska göra och anropar mänskligt ingripande vid larm och speciella händelser.

På den tredje nivån – MES för Manufacturing Execution Systems - ökar överblicken. Här bestäms relationerna mellan olika delar av värdekedjan och olika tillverkningsprocesser. Här finns även dedicerade system som fyller olika funktioner i produktionen, underhåll, mot marknaden eller materielförsörjningen. Jakten på produktivitet och precision driver en tätare integration mellan fältmaskinerna och MES-nivån. På denna nivå återfinns en rad olika mjukvaruleverantörer – till exempel Aspentech, OSIsoft, Eurocon, ABB, Tieto och Caterpillar.

Den fjärde nivån brukar kallas den administrativa - ERP - och representeras av företagens verksamhetssystem och övergripande processer som ofta är implementerade i till exempel SAP:s processer eller Oracles databaser. Trenden är sedan länge globalitet i fysisk mening - uppkopplade funktioner jorden runt - och i funktionell mening där produktionsprocesserna integreras allt bättre med marknaden både för försörjning och för försäljning.

I följande avsnitt analyseras interaktionen mellan nivåerna och särskilt hur ökande integration av information ökar produktivitetspotentialen och gör fältmaskinen till den kritiska delen i ett mobilt produktionssystem.

## Den Uppkopplade Fältmaskinen

Tillverkarna av fältmaskiner verkar efter fordonsindustrins volymlogik men långt ifrån i den skala som personbilstillverkarna uppnår. Snarare än hundratusentals maskiner handlar det om hundratal eller tusentals enheter per år. De påverkas kraftigt av skarpa miljökrav som innebär höga utvecklingskostnader på motor och transmissionssidan och för energisystemen. Detta har bland annat ökat koncentrationen av dieselmotortillverkare. Det leder också till längre och tätare relationer mellan tillverkare och underleverantörer när systemlösningar måste kalibreras och certifieras för miljön.

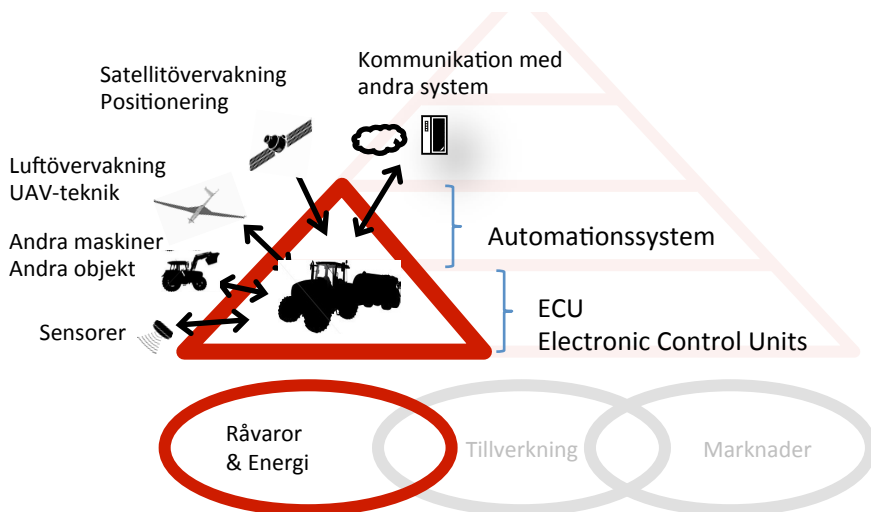
Bland kommersiella värden som eftersträvas står ökad kapacitet högt på listan eftersom det direkt går att översätta till produktivitetvärden. Men det som kan anas bli nästa stora utvecklingsparadigm är ökad maskinautonomi - att maskinerna utvecklas mot att bli mer robotlika med minskat behov av mänsklig närvaro i förarhytten.

En fältmaskin består i huvudsak av mekanik där de väsentliga delarna - plattformen - är maskinens chassi, drivlina och hjälpsystem. Plattformen kan vara specialiserad för sin uppgift eller generell. I det första fallet är verktyg eller redskap integrerade som i fallet med en skogsskördare eller ett borrhaggat för ortdrivning i gruvor, eller en skörde-tröska. I det andra fallet är traktorn inom jordbruket den i särklass vanligaste maskinen som anpassas med olika aggregat beroende på uppgift. Maskinernas drivlinor har hittills baserats på dieselmotorer men i framtiden förutses elektrifiering och hybridisering. Arbetsredskapens kraftfulla momentegenskaper baseras på hydraulik men också alltmer på elektriska system. Denna studie fokuserar dock på de digitala systemen för styrning och information.

Utvecklingen från ångtraktorn till dagens avancerade maskinplattformar har passerat steg av mekanik, pneumatik och elektromekanik för att idag egentligen vara rullande datormaskiner. Tre distinkta trender går att utskilja. Den första underlättar för maskinföraren genom att eliminera tunga moment genom servoteknik och gör det samtidigt möjligt att skala upp redskap och verktyg. Det är den kanske hittills viktigaste produktivetsfaktorn. Den andra trenden ökar tempot och avlastar operatören genom att automatisera viktiga arbetsmoment. Den tredje trenden är att koppla upp maskinen och därmed göra den till en väl integrerad del i en längre värdekedja.

Den första digitala nivån omfattar inbäddade maskinstyrnings- och övervakningsfunktioner. Det är de datorer som sköter motorer, bränsleinsprutning, manöver- och säkerhetsfunktioner med många och krävande beräkningar i snabb realtid på millisekunds-nivå. Dessa system är fysiskt placerade i styrenheter, som också kallas ECU - Electronic Control Units. Tekniken kännetecknas av bilindustrins skala och extrema prispress, och styrenheter som finns i vanliga bilar har sin motsvarighet i fältmaskinerna. Till skillnad från automationssystemen är ECU-tekniken i regel inte tillgänglig för användarprogrammering.

Typiska leverantörer inom segmentet är företag som Bosch och Hitachi. Marknaden för styrenheter växer med mer än 10 procent per år. Det kan vara värt notera att denna marknad också är föremål för livlig kommers av piratdelar.



Figur 5 Den uppkopplade fältmaskinen beskriver en egen systemhierarki som passar in i den större bilden. Fältmaskinens system går att dela upp i två delar: de som är maskinnära och tillhör fordonet och de som styr arbetsredskapen

Utmaningen för utvecklarna av styrenheter är komplex maskindesign där kraven på säkerhet hela tiden ökar och de tillåtna emissionsnivåerna succesivt sänks. Komplexitet innebär ökad sannolikhet för att hela systemet kan drabbas av problem, i värsta fall med fatala konsekvenser. Att bygga in felsäkerhet är därför ett prioriterat område.

En anledning är att det av kostnads-, vikt- och utrymmesskäl blir aktuellt att göra komponenterna i fordonen tillgängliga för fler applikationer än vad som kanske ursprungligen var tänkt. Den typen av integration kan reducera tiden för konstruktionsarbetet och tilläggskostnaden för nya funktioner. Den kan också potentiellt förbättra tillförlitligheten om de utvecklas för att vara en del av maskinens interna infrastruktur redan från början. Men för att de kraven skall uppfyllas behövs en pålitlig och anpassad arkitektur för elektroniksystemen och utvecklingsprocesser för att ta fram dem. Dessutom måste elektronikkomponenter och andra processelement standardiseras om man skall kunna höja kvaliteten och uppnå målen om utvecklingstid och lägre kostnader.

Feltoleranta system är nödvändiga när "x-by-wireteknik" ska användas. Steer-by-wire, brake-by-wire, throttle-by-wire etc. ersätter traditionella mekaniska och hydrauliska styrsystem med elektriska. Genom att använda elektromekaniska ställdon och digital människa-maskinkommunikation kan många komponenter förenklas eller tas bort och det blir enklare att integrera aktiva funktioner. Förarergonomin kan förbättras, potentiellt riskabel hydraulik behöver inte placeras i manöverhytten och ljudnivån kan minskas. Tekniken ger också större frihetsgrader och möjligheter för maskindesignen och inte minst kan vikten reduceras. Men det gäller att försäkra sig inte enbart mot fel i mjukvara och datorer utan hela energiledningssystemet ombord måste göras felsäkert.

AUTOSAR är ett internationellt standardiseringssamarbete inom fordonsindustrin som ska göra vidareutvecklingen av system för säkerhet, prestanda och minskad miljöpåverkan möjlig. Principerna används också för utvecklingen av olika arbetsmaskiner. Modellen använder olika standardiserade mjukvarukomponenter som kopplas samman för att bilda funktioner över en "virtual function bus". Det här gör det möjligt för utvecklarna att koncentrera sig på applikationerna i stället för infrastrukturen, samtidigt som standardiseringen förenklar utbyte mellan olika underleverantörer. På så sätt skapas också en kostnadseffektiv utvecklingsmiljö.

Skilt från de inbäddade maskinstyrningssystemen återfinns parallellt nästa systemnivå på fältmaskinplattformen - de distribuerade automationssystemen. De sköter styrningen av maskinens arbetsfunktioner som bommar, sågar, gripdon etc. och kännetecknas av att de är konfigurerbara. Det går att ändra och justera funktionaliteten på de styrda objekten. En typisk automationstillämpning är momenten som en skogsskördare gör vid avverkning: greppa stammen, kapa, kvista och aptera (mäta längderna). Det är en sekvens som både är mer komplicerad och innehåller mer kunskap än man kan tro. Maskinen håller dessutom sedan reda på vilka dimensioner som avverkats och var - en del av den uppkopplade skogsmaskinen.

Automation för arbetsmaskiner utgör som nämnts tidigare en egen marknad. Mellan den dedicerade ECU-tekniken i bilindustrins skala och extrema prispress och industriautomationen som i regel inte är designad för tuffa miljöer, uppstår en nisch. Mobila automationssystem kännetecknas av att vara programmerbara och flexibla som produkter för industriautomation men i förpackning och prishänseende ligger de närmare fordonsindustrins inbäddade system.

Ur marknadssynpunkt leder det till ett intressant fenomen. Till skillnad från de flesta andra teknikområdens marknadskoncentration med stora dominerande företag så kännetecknas den mobila automationsmarknaden fortfarande av ett femtiotal mindre och lokala företag. Konsolidering och strukturering går långsamt. Anledningen kan vara att marknadsvärdet bedöms vara för lågt samtidigt som anpassning i små serier kostar för mycket för att de stora företagen inom fordons- eller industriautomationen ska vara intresserade. En konsolidering inom segmentet är också utmanande mellan jämnstora och ganska små företag. Förvärv innebär inte bara att ta över en kundbas utan också att garantera underhåll och kompatibilitet av den förvärvade teknikplattformen, i den installerade basen. Lägg därtill den lokala karaktären, de långa och nära kundrelationerna och det faktum att teknikbarriären inte är förskräckande hög.

Vidare så är kommunikation avgörande för att det ska vara möjligt att integrera mobila processer med stationära. GSM-systemet är den lösning som är mest kostnadseffektiv och med införandet av fjärde generationens teknik - 4G - erbjuds hög överföringskapacitet. Problemet tills vidare kommer att vara täckningen som inte når till exempel avlägsna avverkningsområden. Ett alternativ är proprietär radiolänk med lämpliga protokoll som ger högre kontroll men också högre kostnader.

Ombord på både fältarbetsmaskiner och andra fordon förhärskar den så kallade CAN-buss standarden för digital kommunikation mellan systemenheterna. Controller Area Network är en nätverksklass och en nätverksstandard utvecklad för fordonsindustrin av Bosch under 1980-talet. CAN använder ett antal olika fysiska media men det vanligaste utförandet är s.k. tvåtrådkommunikation. CAN kan skicka data i hastigheter upp till 1 Mbit/sek på kabel om max 40 meter och längre sträckor vid lägre överföringshastigheter och har bland annat avancerad feldetektering och återsändning av korrupta data.

GPS-teknik i konsumentprodukter som telefoner och för bil- och båtnavigering har blivit vardagsmat. Mindre känt är den industriella användningen för jord- och skogsbruket, lantmäteri och entreprenader som till låg kostnad förbättrar både produktivitet och kvalitet. Trots att industrimarknaden växer med ca 20 procent per år<sup>1</sup> och förväntas vara värd 75 miljarder USD 2013, kommer den i skymundan för konsumentmarknaden som växer med tresiffriga tal.

---

<sup>1</sup> World GPS Market Forecast to 2013 by RNCOS

<sup>2</sup> MEMS står för Micro Electro Mechanical Systems, d.v.s. systemkonstruktioner på nanoskalan

För att nå centimeter- och även millimeterprecision sträcks GPS-teknikens gränser ut i industriella tillämpningar genom att använda dubbla frekvenser, differentiell GPS (DGPS) och Real Time Kinematic (RTK) -baserade mottagare kombinerat med korrigerings signaler för att kompensera för atmosfäriska och tidsmässiga fel. GPS-mottagaren kompletteras också ofta med andra tekniker som ekolod, radar, radio, laser eller optiska system.

GPS med precisionsteknik drar nytta av de uppgraderingar som nu sker av befintliga satellitsystem. Nya civila frekvenser och signaler och ökad överföringskapacitet ökar både precision och täckning. Systemet kommer också under kommande år att förbättras ytterligare genom utbyggnaden av nya system som Galileo och Glonass.

Den industriella GPS-marknaden består av systemleverantörer som Trimble, Magellan, Topcon, Leica, Caterpillar, John Deere och Brilliant och leverantörer av kärnteknologi som NavCom, Novatel, HemisphereGPS och Septentrio. Utöver det finns distributörer som i varierande grad också agerar som systemintegratorer.

Sensortekniken är som tidigare konstaterat en grundsten för utveckling av fältmaskinerna. En sensor är en anordning som mäter fysisk kvantitet och konverterar den till en signal som kan läsas av en mänsklig observatör eller av ett instrument. Sensorer klassificeras in under begreppet mätinstrument som i sin tur omfattar en mängd olika principer och metoder för att avbilda verkliga fysiska förlopp.

Avståndsbedömning, att upptäcka och känna igen olika objekt samt detektera rörelser som används för att skapa föraruppmärksamhet eller kontrollera maskinen är typiska exempel. De fyra huvudsakliga systemen för detektering och igenkänning är ultraljud, radar, LIDAR (optisk avståndsmätning med refleterat ljus) och kamerateknik. Trenden är att de olika givarsystemen byggs samman till moduler som betjänar olika system.

Sensorer har också inverkan på vad de mäter genom att de skapar fysisk påverkan på de media de är avsedda att kontrollera. Små sensorer vore generellt sett att föredra och fler och fler sensorer som verkar på en mikroskopisk skala utvecklas och kommersialiseras. De brukar kallas för mikrosensorer och tas fram med hjälp av så kallad MEMS-teknik<sup>2</sup>. I de flesta fall når mikrosensorer både betydligt högre hastighet och känslighet i mätningen jämfört med de makroskopiska.

En variant på sensorteknik är ”etikettering” eller ”taggning” där ett objekt förses med en liten sändare som kan meddela informationen på ”etiketten”. Etiketten kallas på fackspråk för transponder och den kan fjärravläsas på olika avstånd med hjälp av en teknik som kallas för RFID (Radio Frequency Identification). De billigaste och enklaste varianterna av avläsbara taggar motsvarar ungefär vanliga streckkoder och består enbart av ett unikt nummer som kan sändas till en mottagare upp till tio meter från taggen. Mer typiskt avstånd är dock någon till några decimeter.

---

<sup>2</sup> MEMS står för Micro Electro Mechanical Systems, d.v.s. systemkonstruktioner på nanoskalan

Inom skogsbruket motverkas olaglig avverkning - som är ett vanligt och stort problem på många håll - genom att ägarmärka träden med dolda taggar som sedan kan avläsas av berörda myndigheter. De kan också användas för att ursprungsmärka virke och ge garantier om hållbart ursprung och certifierat skogsbruk. Ett annat spektakulärt exempel kan man finna i amerikanska Pacific Northwest och i delar av Sydamerika där avverkning från helikopter är vanligt i känsliga skogsområden. Med hjälp av aktiva RFID-taggar, kan helikopterpiloten hitta trädet från luften, avverka och sedan transportera det till ett upplägg. Helikopteravverkning innebär att man undviker att skada känslig mark genom att bygga skogsbilvägar och belastning från avverknings- och transportfordon.

År 2008 tog gruvbolaget LKAB hem branschpriset Guldtaggen<sup>3</sup> för bästa RFID-installation i Norden. Systemet som tog priset är byggt för att effektivisera malmbrytningen i företagets gruvor. Det ger maskinförarna i gruvgångarna automatiskt besked om när de ska sluta lasta järnmalm efter varje sprängning - allt för att optimera lastmängderna. I gruvgångarna finns RFID-läsare som i hög fart läser av lastmaskinernas position. Skopan på lastmaskinerna vägs och vikten rapporteras till en dator i lastmaskinen som kommunicerar med RFID-läsarna. Via trådlösa nätverk kommunicerar lastmaskinsdatorn även med ett uppföljningssystem.

Men det är jordbruk och livsmedelsindustrin som kommer att stå för de största RFID-marknaderna de närmaste tio åren. Redan 2018 beräknas mer än 9 miljarder USD<sup>4</sup> att omsättas.

Sammanfattningsvis utmärks ett mobilt produktionssystem av att de är tätt integrerade med föregående eller efterföljande led i den fysiska produktionskedjan, och att de är försörjda med all data som är nödvändig för att optimalt utföra avsedd uppgift. För detta krävs för det första omfattande datorkapacitet ombord i form av styrenheter och automationssystem. Information som maskinen tar emot kan bestå av positionsbestämning via satellitsystem och kan genom radio, radar, LIDAR etc. hålla reda på andra objekt som fordon eller maskiner. Det kan också handla om att använda digitala instruktioner och avbildningar av mark eller annan omgivning och att tolka information från olika identifikationssystem som RFID. Det ultimata mobila produktionssystemet är sannolikt också autonomt med inslag av fältrobotik.

---

<sup>3</sup> Guldtaggen utdelas av intresseorganisationen RFID Nordic

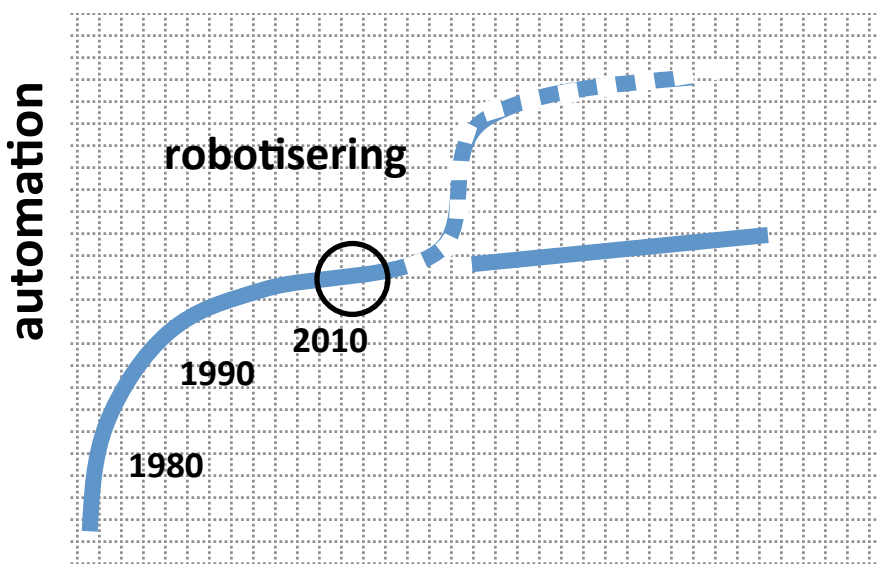
<sup>4</sup> RFID for Animals, Food and Farming 2008-2018; <http://www.idtechex.com/research/reports>



## Fältrobotik

Marknadens efterfrågan på produktivitet har tagit branschen från häst till traktor vidare till större och specialiserade redskap. Principen ”mer i varje skopa” har tillsammans med automation, bättre förarstöd och ergonomi inneburit att varje maskingeneration kunnat presentera effektivitetsförbättringar runt 10 procent. Men nu är nyttan av automationen avtagande eftersom många maskintyper har nått gränsen för praktisk storlek. Utvecklingen med att integrera fältmaskinerna i större produktionssystem pågår för fullt. Med den omvärldsbilden är det lätt att se logiken i branschens nästa stora utmaning - att göra maskinerna självständiga.

Inom fältrobotiken bedrivs forskning och utveckling med fokus på autonoma och samverkande fordon på land, i vatten och i luften. Gravitationspunkterna finns både inom den civila och militära industrin och inte minst inom rymdfarten - med olika drivkrafter men konvergerande tekniska lösningar.



## Information / integration

Fältrobotar är autonoma mobila maskiner ofta utvecklade för farliga miljöer. De använder sig av avancerade tillämpningar inom sensorteknik, modellering, navigering och adaptiv styrning för att de skall fungera effektivt i olika miljöer. Topografi, fysiska hinder, även andra robotar, människor, djur och hög dynamik utgör scenarier där fältroboten skall verka. Teknikutvecklingen gör även här gemensam sak med bilindustrin och drar nytta av sensorsystem som LIDAR, radar, ultraljud och GPS-teknik samt algoritmer som parallellt tas fram för att göra det möjligt att åka bil förarlöst.

Morfologin - skepnaden - på dessa robotar kan variera stort när föraren inte längre är den som bestämmer designen. Trupper av små robotar kan ersätta storskaletänkandet och ha definitiva fördelar som lågt marktryck i jordbruket och framkomlighet i terräng. Förväntningen är att sådana maskiner kommer att spela en allt större roll inom jordbruket, skogsbruket och gruvnäringen. I perspektivet av den uppkopplade maskinen är utvecklingen naturlig och den kommunicerande maskinen är i själva verket en förutsättning. Frågan alla ställer sig är bara hur långt borta genombrottet för fältrobotar kan vara.

Inom Sverige pågår satsningar som tillhör de större inom EU och i världen. Exempel på praktisk utveckling är All4eHam (Fully autonomous wheel loaders for efficient handling of heterogeneous materials) vilket är en autonom hjullastare från Volvo för materialhantering i till exempel bergtäkter och för asfaltproduktion. Projektet drivs i samarbete med Volvo Construction Equipment och NCC Roads. Förarlösa lasttruckar utvärderas tillsammans med Linde Material Handling, Danaher Motion och Stora Enso i projektet MALTA.

Forskning kring gruvtruckar har genomförts tillsammans med Atlas Copco. Scoptram Automation är en underjordsmaskin som navigerar i gruvgångarna, gräver och tömmer skopor.

Inom området för gruvautomation och fältrobotar för gruvdrift sticker Australien ut. University of Sydney har tillsammans med gruvbolaget Rio Tinto inrättat ett centrum för Mine Automation där målet är att genomföra visionen om helt autonom och fjärrstyrd gruvdrift. Rios gruva West Angelas är flaggskeppet som inkluderar automatiserade tåg och automatiska borrhjull, allt styrt från ett kontrollcenter tiotal mil bort i Perth där operatörerna fungerar som flygtrafikledare enligt företaget. Rio har också utvecklat hög automationsgrad vid diamantgruvan Diavik under jord i norra Kanada. Blivande operatörer sägs träna med hjälp av kontroller från spelkonsolen Xbox.

Inom EU:s sjunde ramprogram finns ett projekt som kallas CROPBS - Clever Robots for Crops - som går ut på att öka kunskapen för användning av robotar i jord- och skogsbruket. Flera tekniska demonstrationer utvecklas för grönsaksodling, fruktträdgårdar och för vinodling. CROPBS robotplattform kommer att kunna rikta besprutning mot enskilda blad och plocka frukt genom att identifiera hur mogen den är.

Det finns många fler spektakulära exempel där fältrobotiken prövas, inte minst inom rymdfarten där Marsfordonen Rover utgör utomordentliga show-case. Men med nuvarande teknik har ingen robot alla de sensorer ombord som exakt skulle kunna dechiffrera omgivningen och på alla sätt kunna fungera självständigt och helt säker för sig själv och omgivningen. Även om så var fallet finns komplikationer kring ansvarsfrågorna och närmast filosofiska gränsfrågor kring människa kontra maskin.

En central fråga är hur självständiga robotsystem ska kunna funktionstestas. Så länge kontrollerade aktiviteter som att följa GPS-koordinater pågår är det frid och fröjd. Men om den plötsligt tar egna beslut är den inte längre förutsägbar och det går inte att garan-

tera att maskinen betar sig ”ordentligt”. Av den anledningen behövs nya testprotokoll och metoder som ger insikt om varför robotar tar de beslut de tar.

Ytterligare ett väsentligt utvecklingsområde är hur robotar ska kunna samverka med varandra och med mänskliga system. Det kan gälla övervakning, kartläggning, datainsamling och att genomföra olika fysiska operationer. Inom speciellt den militära sektorn har det gjorts framsteg så att enstaka robotar kan fungera automatiskt. Även grupper av robotar kan samverka för specifika uppgifter. Men att en armérobot skulle kunna samverka med ett system byggt för flottan ligger fortfarande långt borta.

Lösningen på problemet är att det etableras standarder som leverantörerna följer. Samverkan mellan bemannade och obemannade system är än mer utmanande. Målet är att det ska kunna ske på lika villkor. Men då måste robotarna också förstå mänskligt språk och kunna tolka intentioner. I takt med att robotarna blir mer självständiga måste de bli bra på att överväga råd och vägledning från människor. D.v.s. systemet bygger på att människor inte dikterar och ger order, snarare influerar robotens planer och beslutsfattande. Då handlar det om vaga nyanser och att systemen verkligen börjar närma sig det vi kan kalla intelligens. Det är långt dit men forskningen pekar på att sådana förmågor faktiskt finns inom räckhåll.

## Positionering och Identifiering

### Satellitpositionering

Det första fungerande satellitnavigeringssystemet användes av USA:s militära flotta i början av 1960-talet och bestod av fem satelliter som gav positionsangivelse ungefär en gång i timmen. Under kalla krigets kapprustning bedömdes hotet mot USA så stort att kostnaden för ett nytt system var befogad. Precis navigering skulle göra det möjligt att avfira ubåtsbaserade missiler med nödvändig precision.

Resultatet av utvecklingen blev det amerikanska GPS-systemet som långt senare skulle svaras upp med den ryska motsvarigheten Glonass. Dessa båda kommer i framtiden att kompletteras med europeiska Galileo och det kinesiska Compass-systemet.

Med fyra globalt täckande system för positionsbestämning kan man ana att värdet av dem är betydande för mer än militära ändamål. I olika kombinationer med geografiska kartsystem, geologiska och agrikulturella databaser etc. kan systemen bidra till både lägre kostnader, högre effektivitet och bättre kvalitet i både skogs- och jordbruk.

Enligt organisationen Foresttech<sup>5</sup> kan automatiserad styrning av jordbruksmaskiner ge mellan 10 och 30 procents produktivitetsförbättring och 20 - 70 procent lägre kostnader. Så kallad yield mapping - innebär system som kombinerar GPS-mottagare med räknare

---

<sup>5</sup> Precision Forestry. Using GPS for Accurate Ground and Air Based Fertiliser/Chemical Application. Colin Brown 2010

för spannmål och som kan producera fältkartor som visar avkastningen - ger mellan 5 - 30 procents produktivetsförbättring och 5 - 35 procent i kostnadsfördel. Positionering kan också ge fördelar i samband med bevattning, gödning och skadebekämpning.

Ett problem vid användningen i jordbruket har varit att noggrannheten med GPS-systemet är för låg. Den möjliga precisionen brukar anges till ca 15 meter, den teoretiska till 3 meter. Differential Global Positioning System (DGPS) är en förbättring av GPS som tillhör kategorin Augmentation Systems (AS). AS använder ett nätverk av fasta markbaserade referensstationer för att sända skillnaden mellan de punkter som anges av satellitsystem och kända fasta positioner. Korrigeringssignalen sänds vanligtvis över UHF radio. Förutom markbaserade radiosändare kan även andra metoder ingå. System för satellitnavigering (GNSS) är en metod som genom att infoga extra information i beräkningen kan förbättra både noggrannhet, tillförlitlighet och tillgänglighet. Vissa systemtyper arbetar efter principen att hantera information om felkällor t.ex. klockdrift, andra med direkta mätningar av hur mycket signalen driver medan en tredje grupp använder data som kan hämtas från fordonet i beräkningen. Olika DGPS-system drivs av myndigheter och företag. John Deere erbjuder sedan slutet av 1990-talet sina kunder möjligheten till positionsangivelse med en noggrannhet över 24 timmar på under fem centimeter. Systemet kallas StarFire och använder sig av kompletterande satellitsignaler för att nå den höga noggrannheten. Mottagare och bildskärm kan köpas hos alla John Deeres återförsäljare som standardprodukter.

## UAV

En obemannad flygfarkost - UAV för Unmanned Aerial Vehicle - är en maskin som fungerar antingen genom fjärrstyrning eller som en självstyrande enhet. Den största användningen finns ännu inom militära applikationer men de civila tillämpningarna ökar snabbt. Termen obemannade flygplanssystem (UAS) anses vara att föredra för att betona vikten av andra delar än själva flygplanet. Ett UAS-system består förutom det obemannade flygplanet av styrsystem, kommunikationslänkar och diverse stödutrustning på marken inklusive fordon. Det går att föreställa sig många områden där samma uppställning skulle kunna göra civil nytta.

Fördelarna i civila uppdrag som är dyra, monotona, tråkiga, smutsiga eller farliga är uppenbara. Flygövervakning av stora områden blir möjligt till låga kostnader och inkluderar boskapsövervakning, kartläggning av skogsbränder, rörledningars säkerhet, vägpatrullering osv. Obemannat flyg kan också användas för att utföra geofysiska undersökningar. Mätningar av skillnader i jordens magnetfält används för att beräkna det underliggande bergets magnetiska struktur och ger stöd till geofysiker för att finna mineralfyndigheter. För "orkanjakt" har det konstruerats speciella plan som kan flyga in i en orkan och kommunicera realtidsdata direkt till en markstation.

Eftersom en UAV inte begränsas av en pilots mänskliga behov kan de utformas för maximerad flygtid. Elektriska UAVs kan hållas till våders under lång tid med bra solceller och god solinstrålning. Amerikanska Defense Advanced Research Projects

Agency (DARPA) bygger nu UAVs med uthållighetskapacitet på hisnande 5 år. Under dagtid drivs de av solljus genom solpaneler och under nattetid kopplas batterier in<sup>6</sup>. Ett av användningsområdena för uthålliga UAVs är att övervaka stridszoner under lång tid för att registrera händelser som sedan kan spelas upp baklänges för att kartlägga olika förlopp.

Utveckling och tillverkning av UAVs är en global verksamhet och leverantörer finns över hela världen. USA och Israel var pionjärer och amerikanska tillverkare har en marknadsandel på över 60 procent (2006) med en förväntad ökning på 5 - 10 procent fram till och med 2016<sup>7</sup>. Northrop Grumman och General Atomics är de dominerande tillverkarna i branschen. Den europeiska marknadsandelen utgjorde endast 4 procent av den globala marknaden år 2006. Kina har också uppvisat UAV-konstruktioner, men förmågan att driva dem begränsas bland annat av brister i satellitinfrastrukturen och drifterfarenhet<sup>8</sup>. I Sverige är SAAB det företag som utvecklar och tillverkar UAV-teknik. En av produkterna är Skeldar - ett helikopterliknande UAV-system som kan vara i luften flera timmar samtidigt som den sänder information i realtid. Den är tänkt för användning både över mark och sjö i civila som militära tillämpningar.

Av de totala utgifterna för forskning och utveckling står USA för 77 procent<sup>9</sup>. Jämfört med UAV-flygets hårdvara är marknaden för den mjuka och autonoma systemtekniken tämligen outvecklad och utgör precis som inom fältrobotiken en flaskhals för utvecklingen. Därmed avgörs det totala värdet och graden av framtida expansion också av framgångarna inom detta forsknings- och utvecklingsfält. De områden som anses mest angelägna att utveckla är:

- Sensorfusion: att kombinera information från olika sensorer.
- Kommunikation och samordning mellan flera UAV-system även när det råder brist på information.
- Autonom ruttoptimering genom att fastställa en optimal färdrutt samtidigt som vissa mål ska uppfyllas och begränsningar såsom hinder eller krav på bränsle finns.
- Att optimalt fördela uppgifterna mellan en grupp av obemannade flygplan.

### Digital kartografi

Digital kartografi (mapping) är en process där positionsdata sammanställs och formateras till en virtuell bild, alltså kartor över ett visst område. Tekniken används också för beräkning av avstånd. Även om digitala kartor förekommer tillsammans med en mängd olika datorprogram har den huvudsakliga användningen blivit att tillsammans med GPS-

<sup>6</sup> DARPA's Vulture: What Goes Up, Needn't Come Down, Defense Industry Daily, September 16, 2010

<sup>7</sup> Defense Acquisitions: Opportunities Exist to Achieve Greater Commonality and Efficiencies among Unmanned Aircraft Systems, GAO-09-520 July 30, 2009

<sup>8</sup> US Drones Trump China Theatrics, The Diplomat, February 07, 2011

<sup>9</sup> Flight International 29/03/11

systemet fungera som navigationshjälpmedel. Den lyckade kombinationen av positionering och digitalisering har överhuvudtaget medfört att de båda grenarna har vuxit i betydelse på ett sätt som inte skulle varit möjligt var och en för sig.

Digital kartteknik är en vidareutveckling av de traditionella papperskartorna och med digitaliseringen kan många av dess nackdelar undvikas. Temporära detaljer kan med hög tidsupplösning avbildas. Kartorna har inga begränsningar i omfattning annat än kostnad och minnesutrymme. De kan uppdateras kontinuerligt från kartföretagens servrar. Utvecklingen av mobil datoranvändning har också sporrat till bred användning av digitala kartor i professionella och vetenskapliga sammanhang. Områden som har användning av tekniken är geologisk kartläggning inom gruvdriften, skogs- och jordbruket och naturligtvis inom lantmäteriet. Även för arkitekter, arkeologer, i samband med miljöforskningen samt i militära sammanhang har digitala kartor kommit att bli oundgängliga hjälpmedel.

Applikationsutvecklingen inom både skogsbruket och jordbruket går ut på att med större precision veta vad som växer var, med vilken kvalitet och vilka behov av åtgärder som finns. Inom Forest Mapping använder man en kombination av metoder för att öka mängden information om skogsarealerna för att optimera avkastningen. Tekniken används också för att stävja avskogning i vissa utvecklingsländer - en av de primära orsakerna till utsläpp av växthusgaser.

Satellitssystemen kompletteras i regel med andra typer av luftövervakning där olika tekniker som till exempel LIDAR gör det möjligt att öka precisionen i undersökningarna. Det medger noggrannheter som kan mätas i centimeter. Upplösning och noggrannhet liknar flygfotograferingens - som är mycket högre än satellitdata. Nuvarande system kan generera mer än 100 000 pulser per sekund vilket innebär att det är möjligt att mäta av mer än 10 000 hektar under en dag. Tekniken är också användbar för återupprepade mätningar som då effektivt kan jämföras med varandra och avslöja förändringar av olika slag med hög precision<sup>10</sup>.

Flygfotografering har under lång tid varit en flitigt använd metod för kartering. Tack vare snabb teknisk utveckling kan man numera digitalisera bilderna ner till deras grundupplösning, ca 25 cm. Bilderna kan därtill lätt hanteras digitalt. Hyperspektral fotografering sker med kameror vars sensorer registrerar flera våglängder av visuellt eller infrarött ljus. Hyperspektral fotografering är speciellt användbar i kombination med LIDAR. Fotografering sker även från en grupp satelliter som kallas Earth Observation Satellites. En nackdel med satellitfoto har varit dess sämre upplösning, men nya högupplösta satellitsensorer finns tillgängliga sedan början av 2000-talet. Ikonos, Quickbird, Orbview och GeoEye är fyra av dessa.

---

<sup>10</sup> Credent Technology, Asia feb 2011

Det är möjligt att avbilda marken uppifrån med precision ända ner på centimeternivå och dessutom att med regelbundenhet upprepa mätningarna och göra bedömningar om förändringar. Alla dessa data lagras i stora databaser och med tiden kan man förvänta sig att analysmetoderna kommer att förfinas och att även äldre data kan bidra till att öka förståelsen för hur jord- skogs- bergs- eller vattenbruk bäst kan ske. I all den mjukvara som produceras i samband med kartläggning och andra undersökningsmetoder finns det möjlighet att lägga in markeringar i form av standardiserade filformat. På det sättet går det att skapa geotaggar som ger kombinationen av en position, ett i sammanhanget viktigt objekt och i princip obegränsad tilläggsinformation. Det är möjligt att lägga till en mängd andra mjukvarutaggar som relaterar till andra variabler än en geografisk position. Etikettering av olika objekt kan som i ovanstående exempel ske som inbäddad information i databaser men också genom att fysiskt förse ett objekt med en etikett, vilket beskrivits tidigare.

## Del 2. Marknaderna

Marknadsarenan för mobila produktionssystem uppstår när olika branscher möter applikationsområden som tillsammans gör mobila produktionssystem möjliga. Det är marknader med ofta lång och djup historia eftersom upprinnelsen handlar om de mest fundamentala av industrier - råvarorna.

Förutsättningarna för rationell tillverkning uppstod då vatten- och ångkraft tyglades i de första industriella processerna. På många platser i världen utvecklades så småningom maskintillverkning som en följd av att naturförutsättningar hade omsatts till basnäringar och till sist modern industri. Den starka kopplingen till råvaruindustrin är därför typiskt för utvecklingen av fält- och arbetsmaskiner.

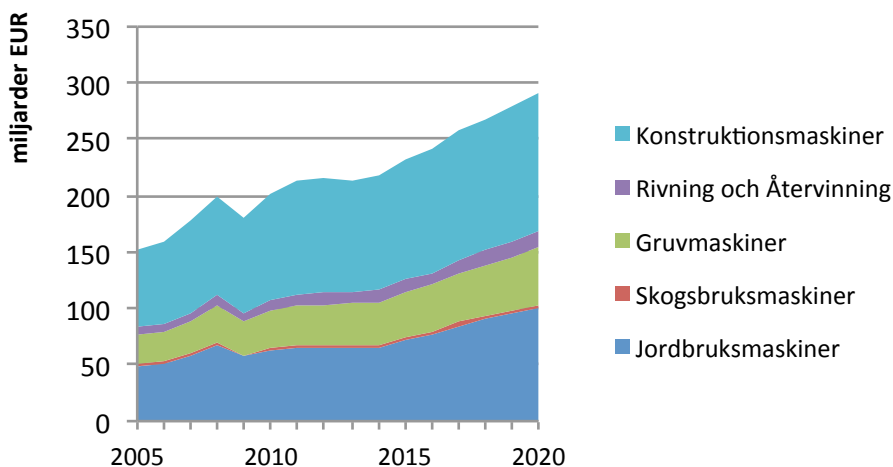
I faktarutan nedan beskrivs en typisk utveckling. Den börjar 1918 med smeden Jonas Östberg i byn Alfva i Hälsingland och landar nittio år senare i den amerikanska jättekoncernen John Deere.

Under senare halvan av 1900-talet skedde både en konsolidering och en internationalisering som ledde till de industristrukturer vi ser idag. Och processen går vidare - samverkan mellan maskintillverkarna och underleverantörerna har blivit allt viktigare när de tekniska kraven och komplexiteten ökar. Samtidigt blir slutkunderna mer internationella och förväntar sig partners som kan leverera volymer och finnas närvarande med service och underhåll där det behövs. Det är krav som transparent rinner genom leverantörsleden och driver fram nya strukturer och ökad koncentration. Bland leverantörerna av olika fältmaskiner är därför varumärkesfloran idag flera gånger större än antalet företag.

De mobila produktionssystem som beskrivs i den här studien är resultat av att olika produkter och tillämpningar kombineras och sätts samman till system. Ibland är de ingående produkterna och tillämpningarna helt skilda åt mellan de olika branscherna, ibland snuddande nära och ibland överlappande. En trend är att överlappningen ökar - d.v.s. fler använder samma komponenter och tillämpningar. Förklaringen är att ökad teknisk komplexitet tillsammans med miljö- och säkerhetskrav driver upp utvecklingskostnaderna. Det leder till ökad standardisering och ökad flexibilitet i konstruktionerna, vilket ger bättre överlevnadsförutsättningar för varje enskild komponent och delsystem eftersom det går att nå nödvändiga volymer och skalfördelar.

En effekt av den utvecklingen är i sin tur ytterligare strukturförändring och konsolidering på marknaden - koncentrationen ökar. Bland komponentleverantörerna domineras numera respektive marknad av tre till fem leverantörer.





Figur 6 Den globala marknadsutvecklingen för utvalda tillämpningsområden. Källa: Blue Institute

I de följande avsnitten ska vi studera några av marknaderna för mobila produktionssystem, dess historia, nuläge, framtida utveckling och utmaningar. Vi ska också bedöma marknadernas storlek och vilka företag som är viktiga för varje bransch.

| Från Bysmedja till Amerikansk industrijätte |   |
|---|---|
| 1918  | The blacksmith Jonas Östberg set up a shop in Alfta, Sweden, and it later grew into Ösa, i.e. Östbergs Smidesfabrik Alfta, M&G Östberg  |
| 1968  | Kockums Industri was founded in Sweden  |
| 1969  | Bruun System AB was founded in Sweden   |
| 1974  | Lokomo in Finland and Ösa in Sweden started cooperation   |
| 1974  | Makeri was founded in Finland   |
| 1983  | Rauma-Repola Forest Machine Group was established in Finland under Rauma-Repola Oy Lokomo-industries. The Forest Machine Group was negotiating the purchase of Timberjack, Valmet and Kockums forest machine operations. Lokomo Forest was founded in Finland |
| 1983  | Rauma-Repola Forest Machine Group acquired Kockums forest machine operations in Sweden  |
| 1986  | Rauma-Repola Forest Machine Group was negotiating with Caterpillar about cooperation and acquired 60 percent of the French Cemet-Agrip and entered into a cooperation with Timberjack   |
| 1988  | Rauma-Repola forest machine operations were gathered under the name FMG. The Group acquired 100 percent of Cemet-Agrip and signed a cooperation agreement with the Japanese Komatsu   |
| 1989  | Rauma-Repola purchased 100 percent of Timberjack  |
| 1990  | The group was renamed FMG Timberjack  |
| 1991  | Rauma-Repola merged with a Finnish company United Paper Mills and FMG Timberjack was attached to Rauma-group  |
| 1999  | Rauma-group and a Finnish company Valmet were merged. They were named Metso-group   |
| 2000  | Deere & Company acquired Timberjack-group from Metso  |
| 2005  | Timberjack Oy was renamed John Deere Forestry Oy and the new machinery was trademarked John Deere   |

Källa: John Deere, Timber Jack

## Jordbruket

Ett av de verkligt stora problem mänskligheten står inför är att behovet av mat kommer att öka kraftigt när världsbefolkningen blir större. År 2050 kommer vi att vara nio miljarder människor. Det problemet kan endast lösas på två sätt: att odla upp mer mark eller att öka avkastningen på existerande arealer. Ur klimatsynpunkt är det förstnämnda olämpligt eftersom att ta ny mark i bruk släpper ut stora mängder av bundet kol. Lösningen är att öka produktiviteten.

Över de senaste åttio åren har produktivitetens utvecklingen i jordbruket varit kraftig. Inom forskningen menar man dock att något tak på intet sätt är nått. Men det öppnar för nya problemkomplex då även ökad produktion per ytenhet innebär högre utsläpp av växthusgaser från maskiner och redskap, från bekämpningsmedel och från gödningsmedel.

I den här kontexten har ett antal nya begrepp kommit att användas. E-jordbruk är en relativt ny beskrivning för jordbruk och landsbygdens utveckling. E-jordbruk sammankopplas mer med informationsspridning, tillgång och utbyte samt kommunikation än med maskinvara och tekniska verktyg.

Jordbruk 2.0 är en vidare term som inkluderar saker som bio-bekämpningsmedel och smart teknik för att sprida näringsämnen: alla områden på ett fält kräver inte samma mängd gödselmedel - två tredjedelar av all gödning sägs vara bortkastad. I jordbruk 2.0 anses vattnet vara den mest undervärderade råvaran av alla. Vatten kan ses som programvara för jordbruket och marken som maskinvaran.

Ytterligare ett begrepp som förekommer är Precision Agriculture. Precisionsjordbruk bygger på teknik som GPS, användning av satellitbilder, bildanalys och informationsteknik. Precisionsjordbruket optimerar insatserna av gödning, bekämpningsmedel och minimerar bränsleåtgången. Det ger i teorin lantbrukaren bättre beslutsunderlag och kan förbättra spårbarheten och även de inneboende egenskaperna hos jordbruksprodukterna, till exempel proteinnivån i vetemjöl. I verkligheten befinner sig mycket av detta fortfarande på det teoretiska stadiet. I försök har man skapat enorma mängder data men ännu inte fullt ut funnit metoder för att omsätta det till praktisk nytta. Bondens erfarenhet är fortfarande svår att ersätta med programkod och smarta system.

Jordbrukens automatiseringssystem inkluderar maskiner, bevattningssystem, växthus och animaliska automationssystem likväl som automatisering av fruktproduktion. Den varierade och speciella typen av produktion innebär utmaningar för bra systemstöd. Att operatörerna saknar träning och utbildning är vanligt på många marknader. Säkerhetsfrågorna - såväl person, egendom som livsmedelskvalitet - blir en fråga som kräver att de automatiserade systemen ska vara kompensande, språkoberoende och tillförlitliga. Ostrukturerade miljöer som är svåra att automatisera innebär dessutom investeringsrisker.

Fältmaskinerna inom jordbruket delas upp i maskiner och redskap. En jordbruksmaskin har till skillnad från jordbruksredskap en egen kraftkälla. Det finns specialiserade maskiner som skördetröskor men traktorer utför fortfarande merparten av arbetet i det moderna jordbruket. De används för att dra olika redskap eller driva aggregat och maskiner som brukar marken. Generellt när det gäller maskiner i fält är markpackning ett problem som blir värre när maskinerna blir större. Det finns visioner om att det problemet kan lösas med flottor av lättare maskiner - autonoma stim av småmaskiner som rör sig över fälten.

Jordbearbetning innebär att förbereda marken för plantering och att bekämpa ogräs och andra konkurrerande växter. Det mest kända redskapet är förstås plogen, det antika redskapet som 1838 vidareutvecklades av John Deere till världens första självrensande stålplög. Plogar används nu mindre än tidigare, istället används aggregat med förskjutna diskar för att vända över jorden.

Såmaskiner används till att så utsäde. Moderna såmaskiner har ofta utrustning som gör det möjligt att lägga på handelsgödsel samtidigt. Såmaskiner som har låda för säd och mekaniskt maskineri med kuggjul som matar ut säd via billar ned i jorden kallas radsåningsmaskin.

Efter plantering kan andra redskap användas för att sprida gödselmedel och bekämpningsmedel. Förutom traktorn används andra fordon i jordbruket, inklusive lastbilar, flygplan och helikoptrar för att transportera grödor och att förflytta utrustningen, för flygbesprutning och djuruppfödning.

Konstbevattning, alltså artificiell tillförsel av vatten på torra åkrar, medför en markant ökad skörd för lantbrukaren. Under mitten på 1990-talet bedömdes det att ca 16 procent av världens åkerareal var bevattnad och att dessa svarade för 36 procent av världens skördar. Under de närmsta 30 åren förväntas 70 procent av skördeökningar i utvecklingsländer komma från bevattnade åkrar. Vatten kan således knappt överskattas som råvara i lantbruket.

Datorer, övervakningssystem, GPS och optimerande programvaror tillåter de mest avancerade traktorerna och redskapen att bli mer exakta och slösa mindre med användning av bränsle, utsäde och gödningsmedel. Inom en överskådlig framtid kommer vissa jordbruksmaskiner kunna bli självstyrande, med hjälp av GPS-kartor och sensorer blir jordbruksmaskinerna till robotar. Redan idag är guidningssystem närmast en standardfunktion i traktorer och skördetröskor, som hjälp för föraren att hålla rak kurs och undvika överlappning. Det finns stora vinster med att inte sprida mer gödning än nödvändigt.

UAV är också viktigt inom jordbruk. Obemannat flyg kan bli till stor nytta för bland annat övervakning och skadebekämpning - både för analysen och för själva besprutningen.

Precision och framkoppling i näringskedjorna förväntas få ökad betydelse. Ett exempel är att i processen sortera grödor efter proteinhalt redan vid skörden. Det kan ge bättre prisdynamik och innebara möjligheter till produktutveckling.

Inom mjölkproduktionen har man i mönstergårdar lyckats med att fyrdubbla produktionen utan att öka bemanningen<sup>11</sup>. Även i ladugården har automationen gjort sitt intåg. Mest omtalad har den spektakulära mjölkningsroboten från DeLaval blivit - som med RFID identifierar kon och sedan med hjälp av laser och kamera låter en hydraulisk robotarm hitta spenarna och mjölka. Analysen av mjölken sker on-line och skulle kvaliteten brista avskiljs den från systemet. Analysen ger också ett mått på kons hälsotillstånd, vilket gör att sjuka djur upptäcks tidigare än förut. Men automationsgraden sträcker sig längre är till mjölkningen. Även utfodringen sker automatiskt där grovfodret mixas efter bestämda recept och genom automatiska fodervagnar distribueras till korna en gång i timmen dygnet runt. Till sist tar städrobotar hand om utgödslingen till mellanlagring innan de läggs på åkrarna.

### Marknaden

Världsmarknaden för maskiner och utrustning för jordbruksindustrin uppgår 2011 till ca 66 mdr EUR<sup>12</sup>. Bland de viktiga leverantörerna räknas följande - inom parentes varumärken som samlats i nya företagsgrupper genom branschkonsolidering:

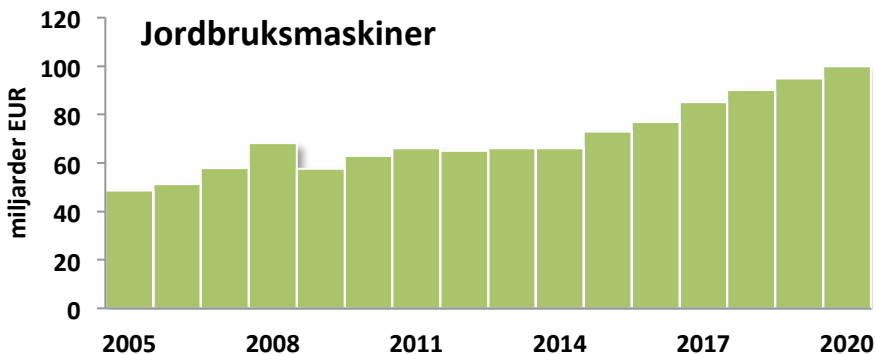
AGCO (Massey Ferguson, AGCO Allis, Valtra, Fendt, AGCO Tractors, Challenger, Gleaner, Hesston, RoGator, Spra-Coupe, Sunflower, TerraGator, White Planters, Willmar, Sisu Diesel Engines) Bharat Earth Movers Limited (India) - Caterpillar Inc - Claas - CNH (Case IH, New Holland, Steyr) - Hitachi Ltd - Hyundai Heavy Industries - John Deere - Kverneland - I Sverige finns idag inga stora maskintillverkare men väl redskapstillverkare. Väderstads Verken är en globalt erkänd leverantör.

När det gäller den framtida utvecklingen så tillhör svenskt jordbruk tekniskt de bästa i världen och i framkant när det gäller energieffektivisering, något som skulle kunna omsättas till nya affärsmöjligheter. Frankrike och Italien ligger i främsta ledet då det gäller att utnyttja tekniken och har naturliga klimatfördelar. USA:s teknikutveckling vilar tungt på europeisk grund. Även om det skett en konsolidering inom maskinbranschen där amerikanska företag i många stycken tagit täten finns det mesta av utvecklings- och produktionsresurserna kvar i Europa.

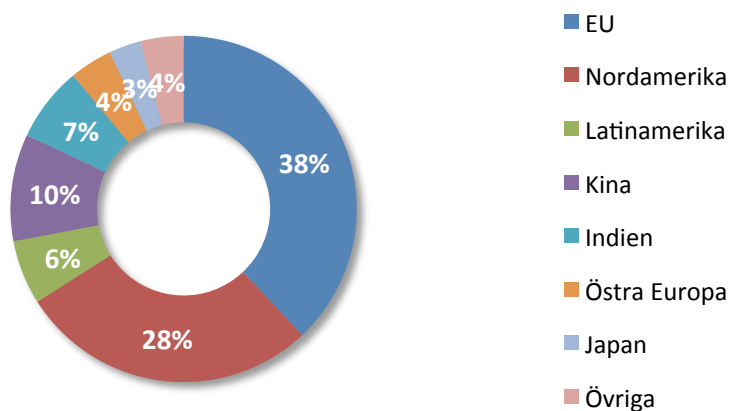
---

<sup>11</sup> Ny Teknik 14 sept 2011, Muuu - vilket flöde i fabriken, om Torps Gård i Västergötland

<sup>12</sup> Freedonia, World Construction Machinery Industry Study with Forecasts for 2013 & 2018



Figur 7 Marknadsutveckling globalt för jordbruksmaskiner. Källor: VDMA, Blue Institute



Figur 8 Global marknadsfördelning per region. Källa: VDMA

## Skogsbruket

Skogsbruket innebär en cyklisk hantering där maskiner under de senaste femtio åren fått stor betydelse. Framst vid avverkning och transporter men även för återbeskogningen. Industriella planteringar har de senaste fyrtio åren inrättats för att producera stora mängder virke under en kort tid. Odlingar etableras av skogsbruksmyndigheter eller av skogsindustrin och privata markägare - till exempel Weyerhaeuser och International Paper i USA, Asien Pulp and Paper i Indonesien eller Stora Enso i Sydamerika. På 1970-talet började Brasilien att odla högavkastande trädslag för massaindustrin. Dessa typer av odlingar kallas ibland för ”fast-wood-planteringar” eller ”fiber-farms” och förvaltas med korta cykler - så korta som 5 - 15 år.

Skogar som förvaltas för träproduktion brukar ge mellan 1 - 3 kubikmeter per hektar och år medan odlingar med snabbt växande arter ger vanligen mellan 20 - 30 kubikmeter eller mer per hektar årligen. År 2000 stod planteringar för 5 procent av den globala skogen, och det uppskattas att de avkastar ungefär 35 procent av världens rundvirke.

Även skogsbruket har blivit föremål för Kaizen-filosofi. Timmer levereras just-in-time, när massabruket eller sågverket behöver råvaran. Vedlagren i Sverige sägs idag vara en femtedel av vad de var på 1970-talet. Dessutom blir råvaruleveranserna allt mer precisa i kvalitet och volym - allt för att minska spill och att garantera produktionsprocessen och produktkvalitén. Förutom väl fungerande konventionella fabriker kräver industrin mobila produktionssystem för att sköta råvaruförsörjningen. Här finns en utvecklingspotential med att låta integrationen mellan fabriker, transporter och de mobila produktionssystemen bli både bättre och djupare.

### **Det mekaniserade skogsbruket**

Sverige ansågs under många år vara en ledande nation inom skogsmaskinsektorn. Metodutveckling ledde under sjuttio-talet till starkt ökad produktivitet. Men så sent som under 1960-talet var hästar vanliga i skogsbruket. Vid gallringsavverkning var de tunga maskinernas framkomlighet begränsad och de ställde dessutom till med markskador. Sammantaget ledde det till en utveckling av mer flexibla och lättare maskiner som klarar svår terräng men ändå hade kranar med lång räckvidd för att klara gallringsarbeten. Trenden är att små maskiner i takt med allt bättre prestanda också används i stora slutavverkningar även om de stora maskinerna framstår som mest produktiva i de sammanhangen.

Det som främst gjorde Sverige till ett föregångsland inom det mekaniserade skogsbruket var införandet av kortvirkesmetoden (även CTL - Cut To Length) som bygger på långt driven rationalisering. Skördare sågar ner, kvistar och kapar - apterar - träden till stockar. Skotare transporterar stockarna till ett avlägg. Från avlägget kan stockarna direkt lastas för transport till sågverk eller massabruk. En tredje typ av skogsmaskin har lanserats på senare år. Drivaren är en kombination av skotare och skördare som ska kunna ge lägre avverkningskostnader i främst klena avverkningar.

Maskinerna har stor frigångshöjd, ramstyrning och drivning på alla hjulen, som på modernare maskiner oftast är åtta till antalet. Viktiga tekniska system på skogsmaskiner är drivaggregaten som vanligen utgörs av dieselmotorer, kraftiga hydraulsystem för skördeaggregat och kranar, elsystem, automation och mätsystem.

I många länder avverkas träden fortfarande manuellt med motorsåg. Den kvistade stammen släpas (lunnas) till avlägg vid bilväg. Vid avlägget sker aptering till stockar, alternativt transporteras stammarna direkt till industrin.

För nyplantering används både stora tunga maskiner för markberedning och lättare för mekaniserad sättning av plantor. Ett spännande svenskt koncept för en planteringsrobot har tagits fram vid Institutet för Industridesign på Umeå Universitet med stöd av

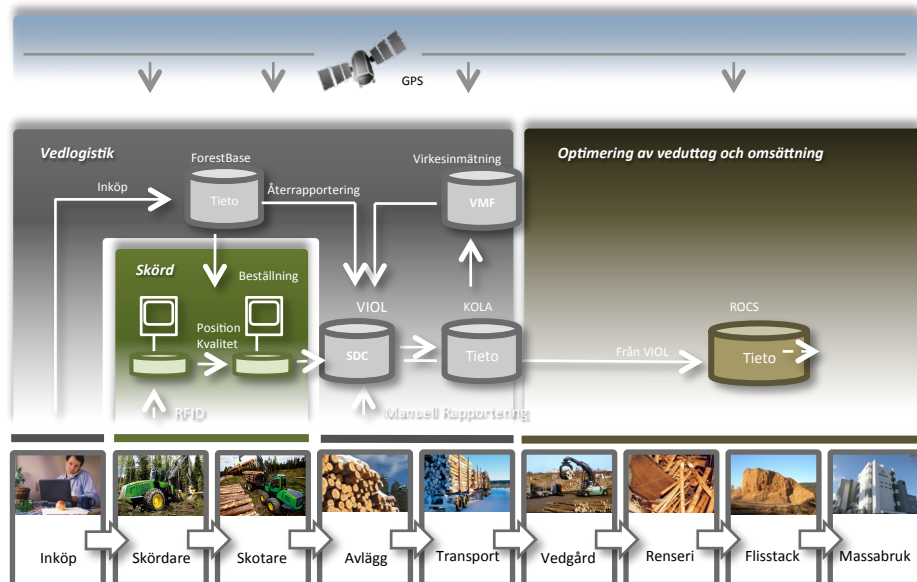
Husqvarna. Robotprototypen är av typen gående maskin och är tänkt att via GPS-positionering självständigt kunna sköta planteringen efter utlagda anvisningar.

### Optimerade försörjningskedjor

Verksamhetsutvecklingen inom skogsbruket strävar mot mindre och mer omsatta vedlager och ökad spårbarhet. Dessutom mot att tillverkningsprocesserna förses med den mest lämpliga råvaran vid varje tillfälle. Det är en utveckling som blir möjlig när informationsflödet från skogen fram till massabruket blir uppkopplad och transparent.

Ett praktiskt exempel från ett samarbete mellan Smurfit Kappa Kraftliner i Piteå och IT-konsulten Tieto Forest tar fasta på möjligheterna som olika systemmiljöer ger om de kommunicerar med varandra på rätt sätt. Till fördelarna räknas förmågan att omsätta veden jämt med ett bra processflöde in i massabruket.

Kärnan i vedlogistiken är VIOL - Skogsbrukets Datacentrals (SDC) branschgemensamma system för affärer och aktuell information om genomförda leveranser i kedjan mellan skog och industri. Här samlas alla mätningar in och bearbetas. Uppgifter från köp- och säljantal registreras med identiteter för säljare och köpare, aktuella sortiment, överenskommen prislista samt kontraktets giltighetstid. Sedan knyts kontraktet till en virkesorder där köparen anger uppgifter om hur virket skall transporteras och mätas. Virkesordernumret blir virkets identitet och följer med virket från avlägget i skogen till det att affären redovisas i form av de utskickade mätbeskeden.



Figur 9 Skogsindustrins värdekedja och typiska systemmiljöer för handel, logistik och produktion. Källor: Blue Institute, Tieto Forest

I inköpssystemet ForestBase hämtas virkesinmätningarna från VIOL och jämförs med de volymer man kalkylerat med när kontraktet sattes upp. Detta för att kunna ge leverantören betalt för exakt den volym han har sålt. ForestBase tillhandahåller även information över vilka skogsvårdsåtgärder som skall utföras på kontraktet, vilka entreprenörer som är inblandade, vad åtgärderna kostar och så vidare. I ForestBase finns stöd för hela virkesanskaffningsprocessen från inköp ända till avslut av affären.

Entreprenören kan hämta sina uppdrag från ForestBase. Skogsföretaget kan initiera uppdrag åt enskild entreprenör som denne direkt kan ladda ner via en egen inloggning i ForestBase. Entreprenören rapporterar sedan in verkligt avverkade volymer i ForestBase.

Det ligger i allas intresse att virket är ordentligt märkt så att det lätt går att identifiera vid transport och inmätning. Det finns två huvudsätt att märka virket på: virkesmärkning i stockända och vätlapp. Det är de olika virkesmätningföreningarna - VMF - som avgör hur märkningen skall göras.

När en virkesorder registrerats i VIOL skrivs vanligen också en transportorder ut. Detta dokument distribueras till transportören som skall hämta virket och innehåller orderns nummer samt identitetsuppgifter såsom leverantörens namn och adress. Även uppgifter om avlaggets belägenhet samt vart de olika sortimenten skall transporteras finns angivna. Transportören kontrollerar att uppgifterna på transportordern stämmer överens med virkesmärkningen.

| <b>Aktiv RFID-märkning</b>  |
|---|
| Virke för miljarder försvinner varje år som spill i Europas träindustri. Om varje fällt träd kunde användas till det som det passar bäst för skulle kassationen kunna minskas radikalt. En kvist i en målad fönsterkarm kan på sikt slå igenom som en ful fläck. Därför gillar inte fönstertillverkare kvistar i virket. Drömvirket är tätt och har långt mellan kvistvarven. Då blir sågsnittet färre och volymerna på det som sågas bort mindre. I dag använder sågverk röntgen för att hitta bra fönstervirke men i framtiden skulle råvaran kunna öronmärkas redan vid avverkningen |
| Om varje stock märks med en radiotagg, en rfid-sändare får den en egen identitet, och till den kan en mängd information kopplas. Stockens dimensioner, om den är tagen nära toppen eller roten i trädet och GPS-positionen för var den är fälld är några exempel. Värdena stoppas in i statistiska modeller som talar om till vilken slutprodukt stocken passar bäst. Även lösningar för sågverken för att optimera torkningen av virket blir aktuella, och hur de ska lägga olika typer av virke för att få så lite torkskador som möjligt   |
| Visionen är också att komma tillrätta med det enorma spillet från den europeiska träindustrin. År 2002 gjordes en uppskattning som talar om 25 miljoner kubikmeter om året till ett värde om 5 mdr EUR, bara för att man inte använder rätt stock på bästa sätt   |
| Hösten 2009 avslutades ett forskningsprojekt inom EU:s sjätte ramprogram - Indisputable Key - med syftet att öka utbytet från skogen med hjälp av modern spårningsteknik. Projektet omslöt 12 miljoner euro och bland svenska deltagare återfanns: Sveaskog, Setra, Norsjöfönster samt IVL, KTH, Skogforsk, Rottne, SP och Tieto Enator   |

*Källa: [www.indisputablekey.com](http://www.indisputablekey.com)*

SDC och Tieto bedriver ett samarbete när det gäller transportsystemet KOLA. Till KOLA skickas transportorder antingen direkt från VIOL eller från fraktfirmornas egna transportplaneringssystem. Dessa transportorder kan sedan transportörerna hämta i KOLA och visa upp i den kartbaserade klient som ingår i systemet. Förutom information om virkesordern såsom leverantör, lägen, sortiment och volymer kan man även



skicka transportordern vidare till andra transportörer/transportföretag. När en transport görs rapporteras detta i KOLA och informationen kommer mätplatsen tillhanda innan transportören är framme vid mätplatsen. Detta medför att mätplatsen kan optimera sin arbetsfördelning då de vet vad som kommer in och när det kommer in.

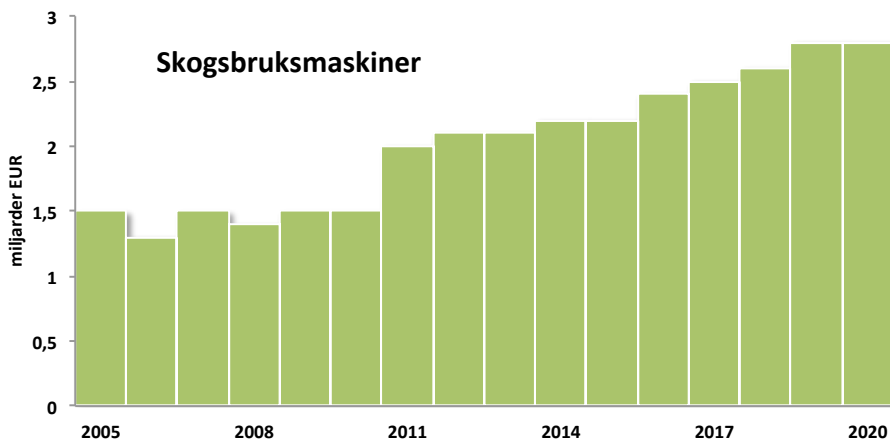
I fallet med Smurfit Kappa Piteå tas orderinformationen från VIOL vidare till Tietos logistiksystem för råvaruhantering, ROCS - Roaming Object Coordination System. Med hjälp av GPS-koordinater håller systemet reda på vart veden placeras på brukets vedgård. Vedgårdstruckarna kan sedan dirigeras att hämta råvaran i sådan ordning att det blir optimalt för processen.

Vidareförädling av informationen sker via befintliga integrationspunkter i systemet. Systemet är idag integrerat med fabriksinfosystem (MOPS) samt affärssystem (SAP). Exempel på information som går över systemgränserna är inkommande och förbrukad råvara per tidsenhet och kvalitet/sortiment samt realtidssaldon.

## Marknaden

Världsmarknaden för maskiner och utrustning för skogsavverkning uppgår 2011 till ca 2 mdr EUR. Bland de viktiga leverantörerna räknas följande:

Amkodor - Caterpillar - Eco Log - Gremo - John Deere - Komatsu - Logman - Logset - Nokka - Pinomäke - Ponsse - Prosilva - Rottne - Silvatec - Tigercat - Volvo Construction Equipment



Figur 10 Marknadsutveckling globalt för jordbruksmaskiner. Basdata kommer ifrån Skogsforum, Skogs Elmia 26 - 28 maj 2011 - analys av Blue Institute

Höga utvecklingskostnader har drivit branschen mot en strukturrationalisering som fortfarande pågår men var mest aktuell under 1990-talet. Stora internationella företagsgrupper som John Deere, Komatsu och Caterpillar har spelat betydande roller i omstrukturering av branschen. Den enda kvarvarande helt svenska maskinbyggaren är Rottne Industri AB, i privat ägo. I Finland finns motsvarigheten i Ponsse-gruppen.

Världsmarknaden för skogsmaskiner avsedda för kortvirkesmetoden uppgår idag till ca 10 mdr SEK<sup>13</sup>. Sverige har tillsammans med Finland en ledande position och värdet av den svenska tillverkningen är 3,2 mdr SEK. Till detta ska läggas utrustning och tillbehör samt s.k. småskalig skogsteknik som enligt tidigare studier av bl.a. SLU också beräknas omsätta miljardbelopp.

Sverige och Finland utgör ca 30 procent av den totala CTL-marknaden i världen. En marknad som under 2000-talets första decennium har ökat med 50 procent till ca 3 000 sålda maskiner per år. En majoritet av dessa maskiner tillverkas i Sverige och Finland. Tillverkningen av skogsmaskiner sysselsätter ca 2 000 personer i Sverige. Merparten av dessa finns i glesbygd i såväl norr som söder. Därtill kommer värdet av skördaraggregat och annan utrustning som exporteras separat. De viktigaste tillväxtmarknaderna är Sydamerika, Ryssland, Sydostasien och Kina med ökad etablering av plantageskogsbruk.

Utmärkande för skogsmaskintillverkarna är att de är relativt små, men också att de har hög teknikkompetens och stark innovationskraft. En fråga med strategiska dimensioner är därför hur dessa företag trots fragmenterad struktur skall kunna stärkas och utvecklas i Sverige. Enligt Skogfors är avancerad teknisk forskning vid högskolor en förutsättning för produktivitetsutveckling i skogsbruket och för den svenska skogsmaskinindustrin.

| Nordiska leverantörer av skogsmaskiner |   |
|--|---|
| Gremo                                  | Åtran, Sverige.   |
| Eco Log                                | Tidigare Skogsjan AB Söderhamn, från 1997 Caterpillar-Forestry, Söderhamn, från 2004 Eco Log Sweden AB, Söderhamn.  |
| Ponsse                                 | Vieremä, Finland.   |
| Logset                                 | Finland.  |
| Rottne                                 | Rottne, Sverige.  |
| John Deere                             | Tidigare Timberjack Filipstad och Alfta, Sverige med ursprung i ÖSA. Ägs av John Deere, USA   |
| Komatsu                                | Tillverkas av Komatsu Forest. Ingår i den Japanska Komatsukoncernen. Tidigare finskt företag inom kocernen Partek (Partek Forest), tidigare inom Rauma-Repola Finland, i sin tur med ursprung i Umeå mekaniska verkstad, Sverige. |
| Tigercat AB                            | Tidigare Hemek AB, Stensele, Sverige.   |
| Nokka                                  | Finland.  |
| Prosilva OY                            | Finland.  |
| Pinomäki                               | Finland.  |
| Silvatec                               | Danmark.  |
| Logman                                 | Finland.  |

<sup>13</sup> Källa: Skogsforum, Skogs Elmia 26 - 28 maj 2011

## Gruvindustrin

Att använda mineraler för att tillverka verktyg har rötter i förhistorisk tid. Den första metoden för malmbrytning i större skala var med hjälp av eld och hastig avkylning med vatten - tillmakning – som användes i Sala silvergruva ända fram till 1870-talet. Krutet var tillgängligt redan på 1600-talet och ersattes med nitroglycerin och dynamit under den senare halvan av 1800-talet. Såväl sprängmedel som borrhning är starkt förknippade med svenska industriframgångar.

Processen för gruvdrift från prospektering till utvinning av mineral och slutligen att återställa marken till dess naturliga tillstånd består av många olika steg som kräver olika typer av hjälpmedel. Först följer utforskning för att hitta malmtillgångarna. Sedan att definiera omfattningen och värdet som leder till en matematisk resursuppskattning. Detta ger vanligen ganska tidiga indikationer på om ytterligare investeringar i studier är berättigat, och identifierar samtidigt risker och områden där ytterligare insatser behövs. Nästa steg är att utföra en genomförbarhetsstudie och att utvärdera den finansiella hållbarheten för projektet. Analysen avgör om en viss malmkropp är brytvärd och kan återbetala sig. Om så är fallet etableras gruvan och malmen bryts så länge det går att motivera av ekonomiska eller andra försörjningsskäl.

Vidare bearbetning av mineralerna består av separationsmetoder såsom flotation, som baseras på gravitationen. Bearbetning av malm från en åder kräver oavsett om den kommer från ytan eller mitt i ett bergblock att krossas och pulveriseras innan utvinning av de mer värdefulla delarna kan ske genom mekaniska eller kemiska metoder. Viss gruvdrift, inklusive mycket av de sällsynta jordartselementen och uranbrytning, görs med hjälp av mindre vanliga metoder som till exempel ”in situ-lakning”.

### Utvecklingen

Det senaste halvseklets produktivitetsvinningar har främst skett genom att bryttekniken skalats upp med hjälp av större och effektivare maskiner. Samtidigt och i takt med en av de längsta prisuppgångscyklerna i historien töms de lättillgängliga och långa malmtillgångarna och den nya prospekteringen måste ske på udda och svårtillgängliga platser. Det kan idag kosta mellan 50 - 100 MUSD att hitta en brytvärd resurs. Det kostar ytterligare minst en miljard dollar att bygga en traditionell underjordsgruva för låggradigt mineral - och det tar tid.

Kostnaden och tidshorisonten till reell avkastning avskräcker och leder till ovillighet att satsa på gruvor som inte ger kassaflödet för minst ett årtionde framöver. Allt detta manar till eftertanke inom branschen och det investeras nu för att metodutveckla. Lösningen kan handla om teknik, bioteknik, robotik och mobila produktionssystem samt ny processteknik och effektivare användning av vatten- och energiresurser.

Ytterligare en pådrivande faktor för att göra gruvdriften mer automatiserad och obemannad är den mängd allvarliga olyckor som sker i speciellt underjordsgruvor och vid kolbrytning. Ett av huvudmålen vid sidan om produktivitet är därför att med ny teknik

få bort människor från farliga gruvor. Exempelvis uppstår vid sprängning under jord en väntetid medan damm och partiklar vädras ut. Med maskiner som manövreras på avstånd går det att förkorta den tiden avsevärt.

Atlas Copcos senaste maskinkoncept Scoptram Automation går i kommersiell drift i gruvor i Kanada, Chile och provas också i Finland enligt tidningen Ny Teknik. Den är av typen LHD - det vill säga Load- Haul-Dump, som gräver, kör och tömmer skopan i ett schakt eller på ett flak. Den är bestyckad med både laserskanners, kameror, vägmätare och annan teknik som ger stöd och den kan lära sig köra vissa rutter i gruvan. Nästa steg i utvecklingen är att även automatisera gaffeltruckarna och att samordna styrningen av de olika maskinerna.

Chiles Codelco, världens största kopparproducent, bedriver också avancerad forskning och utveckling för att utveckla ny geofysisk och geokemisk teknik och använder liknande obemannade jättetruckar i Gabygruvan i norra Chile. Som tidigare nämnts har gruvbolaget Rio Tintos gruva West Angelas långt utvecklad automatisering och fjärrstyrning.

ABB är en stor leverantör till gruvindustrin, inte minst av automationssystem. Ett strategiskt förvärv gjordes våren 2011 av det australiensiska företaget Mincom, som gör ABB till en bredare leverantör av automation och industriell IT i branschen. En svit av IT-lösningar hjälper till att integrera olika delar av process och anläggning inklusive mobila resurser.

Även nya sätt att prospektera fyndigheter förekommer. Att med en metalldetektor skanna av markområden från luften i 80 km/h är naturligtvis effektivt. Principen bygger på att elektriskt ledande strukturer som t.ex. järnmalmkroppar ger indikationer och samtidigt mäts det jordmagnetiska fältet för att spåra eventuella okända malmer. Men inte bara hårdvaruteknik är betydelsefull – metodutveckling för malmkroppsbedömning kan också ge nya och överraskande skattningar av kända fyndigheter.

### **Marknaden**

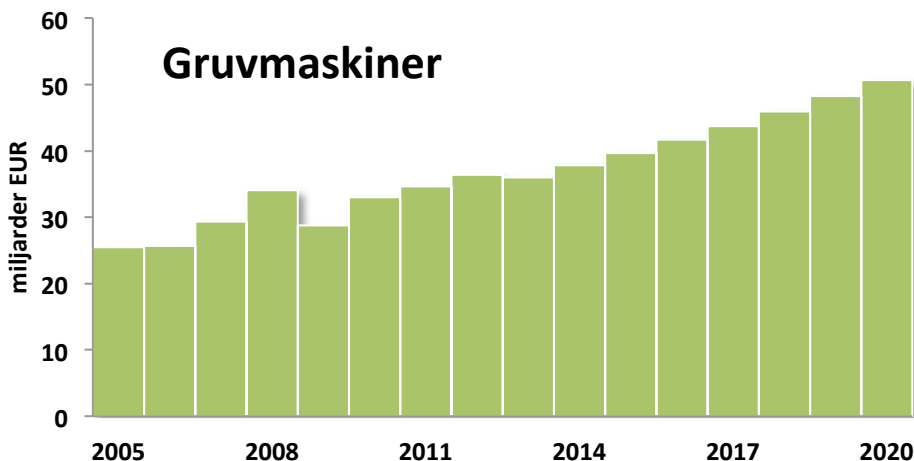
Världsmarknaden för maskiner och utrustning för gruvindustrin uppgick år 2011 till ca 34 mdr EUR<sup>14</sup>. Bland de viktiga leverantörerna räknas följande företag, som när det gäller de västerländska innehåller flera varumärken som samlats i nya företagsgrupper i takt med att konsolideringen har framskridit i branschen. Notera det tunga inslaget av kinesiska leverantörer:

Aker Solutions - Atlas Copco - Boart Longyear - Caterpillar - Doosan Infracore - Fiat Astra Iveco - Furukawa - Gebrueder Eickhoff Maschinenfabrik und Eisengiesserei GmbH - Hebei Jinma Mine Machinery, Kina - Ingersoll Rand - International Mining Machinery, Kina - Joy Global Incorporated - Kawasaki Heavy Industries - Komatsu

---

<sup>14</sup> Freedonia, World Construction Machinery Industry Study with Forecasts for 2013 & 2018

Limited - Liebherr-International - Metso Corporation - Mitsubishi Heavy Industries - Northern Heavy Industries, Kina - Sandvik - Shenyang Heavy Machinery Group Company, Kina - Techint Group - Terex Corporation - ThyssenKrupp AG - Tiandi Science & Technology, Kina - Wirtgen Group - Xuzhou Construction Machinery Group Incorporated, Kina.



Figur 11 Marknadsutveckling globalt för mobila gruvmaskiner. Källor: Freedonia, Blue Institute

## Återvinning

Återvinning innebär att ta tillvara på material från avfall. I resursperspektivet innebär det att jungfruligt material ersätts med insamlat använt material. Ibland talas även om energiåtervinning, varvid vissa former av förbränning klassificeras som återvinning. Aluminium, glas, kartong, papper och plast är exempel på material som kan återvinnas. Ytterligare exempel på återvinning är rivningsmassor, jordmassor och tjärasfalt som efter behandlingsåtgärder blir renade och återvunna och lämpliga att åter användas i anläggningsprojekt när hus och vägar ska byggas.

Hela återvinningsprocessen måste vara effektiv sett till de resurser den tar i anspråk. De senaste decennierna har också insamlingsmetoderna, rensnings- och separationsprocesserna blivit mycket bättre. Det finns intressanta svenska innovationer där företaget Envac har specialiserat sig på att samla in avfall via stora vakuumsystem - ”stordammsugare”. I juni 2011 försågs papperskorgarna vid Mariatorget i Stockholm med tekniken för automatisk tömning.

Det finns några områden som är att betrakta som mobila produktionssystem, nämligen de tyngre processerna som innefattar rivning, krossning, sållning och återskapandet av t.ex. nytt byggmaterial.

På senare år har exploateringen av naturliga grusåsar ifrågasatts. Åsarna utgör bland annat filter för grundvattnet. En konsekvens av mindre tillgång till naturgrus är att bergkrossningen måste öka om inte tillgången på fyllnadsmassor kan lösas på annat sätt. Möjligheten att använda rivningsrester, betong, tegel mm både för fyllning och eventuell regenerering till nya byggnadsmaterial har därför kommit att både tvärderas och praktiseras. Bland både entreprenörerna i branschen och bland tillverkare av krossutrustning världen över är det en utveckling som mottagits positivt.

Bland de första leverantörerna som under 1990-talet satsade på mobila och kompakta krossar för återvinning av rivningsrester fanns finska Metso Minerals (f.d. Nordberg). Men de verkliga förutsättningarna för att få lönsamhet i branschen fanns inte vid den tiden. Tillverkare drog således ner på sina produktsatsningar - Metso/Nordberg lade helt enkelt ner sin tillverknig.

Men utvecklingen har gått framåt. I Europa samverkar olika intressenter bättre kring återvinningstanken. I Sverige får återvunnen betong användas i de flesta sammanhang, rivningsvirke, olika typer av plaster och annat går till förbränning. Stat, kommun och landsting uppmuntrar de som vill satsa på återvinning. Det är förhållandevis lätt att förvärva eller hyra mark för deponi. Som deponiägare med rätt utrustning för krossning och siktning kan man dels ta betalt för att krossa och återvinna materialet och sedan tar man betalt när man säljer det återvunna materialet igen.

En mobil kross anpassad för återvinning av rivningsmassor kostar mellan 1,5 till 3 miljoner kronor. Vid större jobb kan krossen flyttas direkt till rivningsplatsen om det återvunna rivningsmaterialet kan användas som fyllnadsmaterial<sup>15</sup>.

Hos tillverkarna har man valt olika strategier. Metso Minerals är kanske det tydligaste exemplet på att man satsar på gruv- och bergkrossar. Sandvik förvärvade 2007 de brittiska tillverkarna Extec och Fintec med skraddarsydd återvinningskrossar och siktar i sitt sortiment. I Sandviks fall handlar det om en ökad satsning på återvinningssektorn. Det finns även en ganska stor och relativt ung grupp av tillverkare, som främst är inriktade på återvinningsutrustning. Samtliga av dessa aktörer kommer från södra Europa.

Att använda robotar vid rivningsarbeten blir allt vanligare inte minst där det är för riskfyllt för byggarbetare att vistas. Men rivningsarbetet går också snabbare med hjälp av krafthydrauliska maskiner. Det här är en marknad med två svenska och betydande företag. Det Skellefteåbaserade Brokk och sedan ett par år tillbaka Husqvarna Construction. Det finns även flera amerikanska robotar av militärt ursprung. Packbot som är specialiserade på bombdesarmering, Bobcat för att transportera bort avfall och Talon som mäter strålning och endast används i militära sammanhang. Den styrs trådlöst via en handkontroll från en Xbox 360. Bland annat Brokks robotar har använts vid röjningsarbetena i Fukushima, Japan under 2011. Även mer eller mindre specialiserade grävare används

---

<sup>15</sup> Källa: Facktidskriften Professionell Demolering

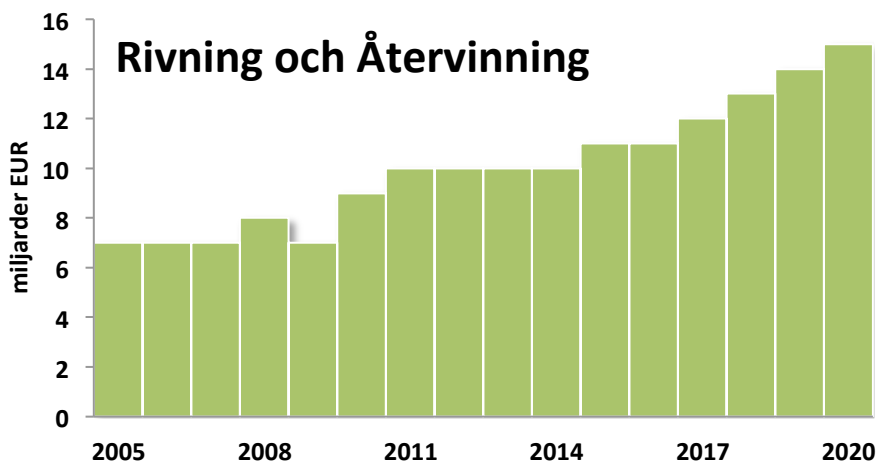
vid rivningsarbetet och det är ett område där Volvo Construction Equipment betraktas som framgångsrika.

Ytterligare en metod som används vid rivnings- och reparationsarbeten är att bearbeta betongen med högt vattentryck. Med tryck uppåt och över 3 000 Bar sprutas betongskikten bort. Tekniken är tillämplig t.ex. för att ta bort skadad eller dålig betong från känsliga strukturer som broar, väggar, dammar, tunnlar, kajer, hamnar och parkeringar. En svensk tillverkare är Conjet som ursprungligen - 1990 - är en avknoppning från Atlas Copco. En annat känt varumärke är det tyska Dynajet.

### Marknaden

Världsmarknaden för mobila maskiner och utrustning för rivning och återvinning uppgick år 2011 till ca 10 mdr EUR. Bland de viktiga leverantörerna räknas bland andra följande:

Atlas Copco - Caterpillar - Doosan Group, Bobcat - Brokk - Conjet - Husqvarna - Metso Minerals - Flintec - Hitachi Ltd - Hyundai Heavy Industries - Komatsu - Liebherr Group - NCK - Terex - Sandvik - Volvo Construction Equipment



Figur 12 Marknadsutveckling globalt för mobil utrustning för rivning, krossning och återvinning. Källa: Blue Institute

## Construction

Byggbranschen tillhör kanske en av de minst utvecklade när det gäller FoU inom robotteknik och automation. Ändå utgör den en av de största ekonomiska sektorerna som överhuvudtaget finns. Byggbranschens bidrag till BNP i industrialiserade länder är mellan 7 - 10 procent och branschen omfattar 2,7 miljoner företag inom EU<sup>16</sup>. Det är storleksmässigt jämförbart med tillverkningsindustrin, som dock har ungefär dubbelt så stora FoU-investeringar.

Forskningen inom området robotik och automation i byggbranschen kan delas in i civila infrastrukturer och husbyggnad. Typiska civila infrastrukturapplikationer är automatisering av väg-, tunnel- och brobyggen, markarbeten etc. Inom området husbyggnad kan de huvudsakliga applikationsområdena vara att bygga stommar, att resa och montera, betongarbeten, inredningsarbeten etc.

För vägbyggen har flera utvecklingsprojekt genomförts under de senaste åren. Ett av de mer grundläggande var EU Computer Integrated Road Construction (CIRC-projektet) redan 1997-1999 - som handlade om utveckling av en ny generation av autonoma asfaltläggare och vältar. För dessa mobila maskiner används GPS-baserad spårningsteknik för navigering.

Tiotalet år senare (2007) genomförde Caterpillar<sup>17</sup> en unik produktionsstudie för att jämföra konventionell vägbyggnation med anläggningsarbete som stöds av automation, guidningssystem och positionsbestämning via satellit. Företaget menar att det går att ta stora produktivitetssprång genom att tillämpa tekniken i rätt kombinationer. Utvecklingen av fältmaskinerna innebär att man når mellan 5 - 10 procent bättre maskinkapacitet mellan produktgenerationerna, men genom att vidga systemperspektiv kan det plötsligt innebära 40 - 50 procent bättre produktivitet.

Att jämföra effektiviteten i markbyggnadsprocesser under naturliga förhållanden är svårt. För att eliminera alla möjliga felkällor gjordes i det här fallet en studie där man tilläts ha kontroll över arbetsplatsen, arbetsteamet, maskinerna och materialet. I studien som utfördes i Malaga 2006 byggdes två identiska vägar. En på konventionellt sätt med utstakningar på markytan och den andra med hjälp av de nya tekniska systemen. Vägavsnitten som motsvarar en biväg till en större väg är 80 meter långa och inkluderade urskärningar och utfyllningar, kurvor, lutningar och noggranna höjdjusteringar. För att ytterligare säkerställa jämförbarheten byggdes de två vägarna nära varandra i samma område och med samma typ av material. Samma maskinmodeller och samma maskinförare användes. Momenten utfördes dessutom under likartade väderleksförhållanden.

---

<sup>16</sup> Robotics and Automation in Construction, Ernesto Gambao (Polytechnical University of Madrid, Spain) Carlos Balaguer (University Carlos III of Madrid, Spain)

<sup>17</sup> Caterpillar® fälttester visar på 100 procent produktivitets ökning och 43 procent bränsle besparing med AccuGradeTM, För publicering i Europa, Afrika och Mellanöstern: 16 mars 2007



Det som skiljde de två vägbyggena åt var att i ett av fallen användes en teknik som hos Caterpillar kallas för AccuGrade. Den består av maskinautomation och datahantering som integrerar konstruktionsritningarna i digital form. I praktiken - i förarhytten - innebär det förarvägledning och automatisk styrning av redskapen.

Själva produktionsstudien bestod av tidmätning för de olika momenten, antalet körcykler, skopor eller fordonslast, bränsleförbrukning etc.

Resultatet blev att vägen som byggdes med den avancerade tekniken tog en och en halv dag att färdigställa medan den konventionella vägen tog tre dagar. Ökning av den totala arbetsplatsproduktiviteten uppges till nära 100 procent.

Dessutom var noggrannheten mycket mera konsekvent vilket resulterade i bättre kvalitet. Det resulterade också i materialbesparingar. Att man uppnådde slutresultatet på kortare tid och med färre körcykler och 43 procents bränslebesparing. En konsekvens blir också att mer arbete kan bli utfört under en maskins livstid.

Det finns andra projekt som tjänar som modeller för effektiv produktion av infrastrukturer. För tunnelbyggen används drivningsmaskiner som ger stora produktivitetsförbättringar om förutsättningarna är de rätta. Robotar som sköter tillslutning genom betongsprutning av tunnelväggarna är andra exempel, liksom tillverkning på plats av olika konstruktionselement av betong.

Den periodiska inspektionen och underhållet av broar innebär också ett omfattande entreprenadområde. Det uppskattas att det inom EU finns över 42 000 stålbroar med ett ersättningsvärde motsvarande 35 mdr kronor<sup>18</sup> - därför pågår också flera forskningsprojekt som är relaterade till robotiserad inspektion.

## Marknaden

Världsmarknaden för maskiner och utrustning för väg och konstruktionsarbeten uppgick år 2011 till ca 100 mdr EUR<sup>19</sup>. Till de viktiga leverantörerna räknas följande:

Atlas Copco - Bharat Earth Movers Limited (India) - Caterpillar Inc - CNH Global, CASE, New Holland, Kobelco - Caterpillar Inc - John Deere & Company - Demag - Doosan Group, Bobcat - Fiat-Allis - Hitachi Ltd - Hyundai Heavy Industries - Ingersoll Rand - JCB - Kubota - Komatsu - Liebherr Group - Madill - MARAIS - Navistar International Corporation - NCK - Terex - Track Marshall - Orenstein and Koppel GmbH - Poclairn - Rototilt - SANY Group Company Ltd - ST Kinetics - Takeuchi Manufacturing - Volvo Construction Equipment

Efterfrågan på entreprenadmaskiner väntas öka med dryga 5 procent per år till och med 2013 till ca 105 miljarder EUR. Detta innebär en dämpning av ökningstakten vilket

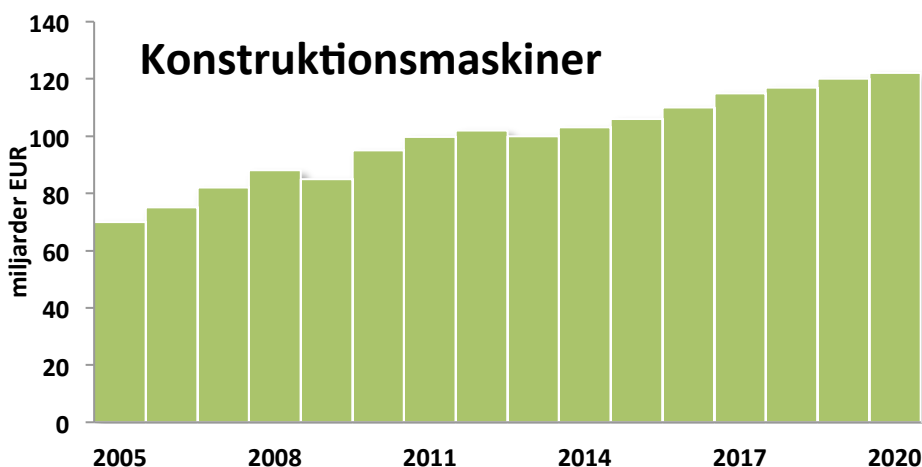
<sup>18</sup> Robotics and Automation in Construction, Ernesto Gambao (Polytechnical University of Madrid, Spain) Carlos Balaguer (University Carlos III of Madrid, Spain)

<sup>19</sup> Freedonia, World Construction Machinery Industry Study with Forecasts for 2013 & 2018

återspeglar en nedgång i global ekonomi och sjunkande utgifter för t.ex. vägkonstruktion i Europa och USA. Trots det förväntas den globala anläggningsmaskinsmarknaden fortsätta att vara sund. Stigande befolkning i allmänhet och stadsbefolkning i synnerhet tillsammans med den pågående industrialiseringen av utvecklingsländerna kommer att driva efterfrågan.

Den snabbaste tillväxten sker på utvecklingsmarknader i Asien inklusive Indien, Kina, Indonesien och Sydkorea. Enbart Kina förväntas att stå för en tredjedel av all ny global efterfrågan på produkter under perioden 2008 - 2013. Nordamerika förväntas bli den näst snabbaste växande marknad. Mexiko och Kanada kommer också att ge betydande bidrag medan östra Europa och MENA förväntas ligga under genomsnittet.

Antagandet av strängare utsläppsregler i både EU, Kanada och USA kan tillsammans med maskindirektiven inom EU förväntas driva upp kostnaderna och därmed omsättningen i branschen.



Figur 13 Marknadsutveckling globalt för entreprenadmaskiner. Basdata kommer ifrån Freedonia, World Construction Machinery Industry Study with Forecasts for 2013 & 2018

## Slutdiskussion

Den här studien har behandlat produktivitet utveckling genom processförbättring i varje steg i en värdeförädlingskedja – och genom bättre integration mellan dem. Sammantaget handlar det om applikationsområden som utvecklas när värdeförädlingen utanför den traditionella fabriken tas in och samordnas i ett vidare produktionssystem. Genom att studera underliggande marknaderna har vi försökt förstå vilka drivkrafterna för en sådan utveckling är och hur utvecklingstrycket uppstår.

Sammanfattningsvis håller automationsfunktionerna ombord på maskinerna på att nå den övre nyttogränsen, eller rättare sagt en avtagande marginalnytta. Moderna - state of the art - maskiner är så automatiserade att ytterligare funktioner med samma strategi inte betalar sig. Det leder till att maskinen ses från produktionsprocessen som vilken fabriksmaskin som helst som ska vara tätt integrerad mot andra produktionsavsnitt oavsett var de befinner sig geografiskt. Det innebär att det är i de industriella värdekedjorna - skogen, jorden, bergen, fisket, entreprenaderna osv. som produktivets- och kvalitetsvinsterna finns att hämta genom informationsintegration.

Genom applikationsutvecklingen på annat håll drivs olika maskinbranscher mot teknisk konvergens, parallellt med att produktivitetstryck leder till industriell konsolidering i jakten på volymfördelar. Det blir synligt i nyckelprodukter som motorer och drivlinor som nu utvecklas för att fungera i många olika sammanhang. Detsamma gäller hydraulsystem, el och elektronik. Utvecklingen leder till att endast maskinernas plattformar är applikationsspecifika.

Plug & Play på industriplattformarna för informationshantering minskar behovet av ingenjörskrävande systemintegration. Det är informationsintegratörer som kommer att efterfrågas och spela strategiskt viktiga roller – själva produktintegrationen kommer standarder att ordna.

Informationsintegration kräver djupt processkunnande och är en förutsättning för lyckade integrationsprojekt. Det gör att det finns en möjlighet för maskintillverkarna - som har processkunnande - att med maskinen som nav utveckla affärerna till att bli mer systemorienterade. Men det kommer att ske med öppna gränssnitt som gör det enkelt för kunderna att bygga robusta lösningar över alla gränser.

Men ännu saknar mobila produktionssystem i praktiken kommersiella helhetsintegratörer. Det kan ha flera orsaker: att marknaden inte är mogen och efterfrågan är för liten eller att marknaden är för riskfylld, eller kombinationer därav. En central fråga är därför vem som har bäst förutsättningar att göra mobil systemintegration till en god affär. I praktiken är det oftast slutkunden - skogsföretaget, gruvföretaget etc. som orkestrerar integrationsarbetet med en blandning av egna resurser, konsulter och leverantörer. Men

det i sin tur begränsar spridningen mellan branscher, och därmed skala, lärande och utvecklingsresurser.

Marknaden för mobila produktionssystem kommer därför sannolikt att utvecklas i konkurrens mellan maskinleverantörens ambition att expandera och öka värdet av maskinen, och programvaruleverantörer av system på ”högre” nivåer i automationspyramiden. Oavsett vilka aktörer som visar sig framgångsrika kommer det leda till nya marknader och till en ökande produktivitet hos mobila produktionssystem.

# VINNOVAs publikationer

Februari 2013

För mer info eller för tidigare utgivna publikationer se [www.vinnova.se](http://www.vinnova.se)

## VINNOVA Analys

### VA 2013:

- 01 Chemical Industry Companies in Sweden
- 04 Gamla möjligheter - Tillväxten på den globala marknaden för hälso- och sjukvård till äldre
- 05 Rörliga och kopplade - Mobila produktionssystem integreras med det industriella värdesystemet

### VA 2012:

- 01 Impact of innovation policy - Lessons from VINNOVA's impact studies. *För svensk version se VA 2011:10*
- 02 Lösningar på lager - Energilagringstekniken och framtidens hållbara energiförsörjning
- 03 Friska system - eHälsa som lösning på hälso- och sjukvårdens utmaningar
- 04 Utan nät - Batterimarknadens utvecklingsmöjligheter och framtida tillväxt
- 05 Sveriges deltagande i sjunde ramprogrammet för forskning och teknisk utveckling (FP7) - Lägesrapport 2007 - 2011. *Finns endast som PDF*
- 06 Företag inom fordonsindustrin - Nationella, regionala och sektoriella klusterprofiler som underlag för analys- och strategiarbete
- 07 Svensk Life Science industri efter AstraZenecas nedskärningar. *Finns endast som PDF*
- 08 EUREKA Impact Evaluation - Effects of Swedish participation in EUREKA projects
- 09 Uppföljning avseende svenskt deltagande i Eurostars. *För engelsk version se VA 2012:10. Finns endast som PDF*
- 10 Follow-Up of Swedish Participation in Eurostars. *För svensk version se VA 2012:09. Finns endast som PDF*

### VA 2011:

- 01 Smart ledning - Drivkrafter och förutsättningar för utveckling av avancerade elnät
- 02 Framtid med växtverk - Kan hållbara städer möta klimatutmaningarna?
- 03 Life science companies in Sweden including a comparison with Denmark
- 04 Sveriges deltagande i sjunde ramprogrammet för forskning och teknisk utveckling (FP7) - Lägesrapport 2007-2010, fokus SMF. *Finns endast som PDF. För kortversion se VA 2011:05*
- 05 Sammanfattning Sveriges deltagande i FP7 - Lägesrapport 2007-2010 - Fokus SMF. *Kortversion av VA 2011:04*
- 06 Effektanalys av forskningsprogram inom material från förnyelsebara råvaror
- 07 Effektanalys av starka forsknings- & innovationssystem. *Finns endast som PDF. För kortversion se VA 2011:08*
- 08 Sammanfattning - Effektanalys av starka forsknings- & innovationssystem. *Kortversion av VA 2011:07*
- 09 Samarbete mellan Sverige och Kina avseende vetenskaplig sampublicering - aktörer, inriktning och nätverk. *Finns endast som PDF*
- 10 När staten spelat roll - lärdomar av VINNOVAs effektstudier. *För engelsk version se VA 2012:01*

## VINNOVA Information

### VI 2013:

- 01 Branschforskningsprogrammet för skogs- & träindustrin - Projektkatalog 2013
- 02 Destination Innovation- Inspiration, fakta och tips från Ungas Innovationskraft
- 03 Inspirationskatalog - Trygghetsboende för äldre
- 04 Challenge-Driven Innovation - Societal challenges as a driving force for increased growth. *För svensk version se VI 2012:16*
- 05 Innovationsupphandling - en möjlighet till förnyelse och utveckling

### VI 2012:

- 02 Så blir Sverige attraktivare genom forskning och innovation - VINNOVAs förslag för ökad konkurrenskraft och hållbar tillväxt till regeringens forsknings- och innovationsproposition
- 03 Idékatalog - Sociala innovationer för äldre
- 04 Innovation i offentlig upphandling - Ett verktyg för problemlösning
- 05 Årsredovisning 2011
- 07 Din kontakt till EU:s forsknings- och innovationsprogram
- 08 Uppdrag att stärka det svensk-kinesiska forsknings- och innovationssamarbetet. *Finns endast som PDF*
- 09 Projektkatalog eTjänster. Slutkonferens - summering och reflektioner
- 10 Hållbara produktionsstrategier samt Tillverkning i ständig förändring - Projektkatalog 2012
- 11 VINNVÄXT
- 12 Effekter av innovationspolitik - Tillbakablickar och framtidsperspektiv
- 13 Banbrytande IKT - Projektkatalog
- 14 Smartare, snabbare, konvergerande lösningar - Projektkatalog inom området IT och Data/ Telekommunikation i programmet Framtidens kommunikation
- 15 Fordonsstrategisk forskning och innovation för framtidens fordon och transporter
- 16 Utmaningsdriven innovation - Samhällsutmaningar som drivkraft för stärkt tillväxt. *För engelsk version se VI 2013:04*
- 17Handledning för insatser riktade mot tjänsteverksamheter och tjänsteinnovation. *Finns endast som PDF*

## VINNOVA Rapport

### VR 2013:

- 01 Från eldsjälsvivna innovationer till innovativa organisationer - Hur utvecklar vi innovationskraften i offentlig verksamhet?
- 02 Second International Evaluation of the Berzeli Centra Programme

### VR 2012:

- 01 Utvärdering av Strategiskt gruvforskningsprogram - Evaluation of the Swedish National Research Programme for the Mining Industry
- 02 Innovationsledning och kreativitet i svenska företag
- 03 Utvärdering av Strategiskt stålforskningsprogram för Sverige - Evaluation of the Swedish National Research Programme for the Steel Industry
- 04 Utvärdering av Branschforsknings-program för IT & Telekom - Evaluation of the Swedish National Research Programme for IT and Telecom
- 05 Metautvärdering av svenska branschforskningsprogram - Meta-evaluation of Swedish Sectoral Research Programmes
- 06 Utvärdering av kollektivtrafikens kunskapslyft. *Finns endast som PDF*
- 07 Mobilisering för innovation - Studie baserad på diskussioner med 10 koncernledare i ledande svenska företag. *Finns endast som PDF*
- 08 Promoting Innovation - Policies, Practices and Procedures
- 09 Bygginnovationers förutsättningar och effekter
- 10 Den innovativa värden
11. Framtidens personresor - Slutrapport. Dokumentation från slutkonferens hösten 2011 för programmet Framtidens personresor
- 12 Den kompetenta arbetsplatsen
- 13 Effektvärdering av Produktionslyftet - Fas 1: 2007-2010. *Finns endast som PDF*

**Miljö - allas ansvar**

Privatpersoner, företag och myndigheter - alla behöver samverka för en bättre framtida miljö.

E-Print och Trosa Tryckeri i samarbete med VINNOVA, tar ansvar för en miljövänlig trycksaksproduktion.

Gemensamt nyttjar vi modern produktionsteknik och miljövänliga insatsvaror i vår strävan att minimera miljöpåverkan. Vårt miljöarbete har hög prioritet och utvecklas kontinuerligt.

Produktion & layout: VINNOVAs Kommunikationsavdelning

Omslag: Anders Gunér Design

Tryck: Trosa Tryckeri AB, Trosa, [www.trosatryckeri.se](http://www.trosatryckeri.se)

Februari 2013

Försäljning: Fritzes Offentliga Publikationer, [www.fritzes.se](http://www.fritzes.se)

Den viktigaste enheten i ett mobilt produktionssystem är fältmaskinen som skördar, borrar, fångar, river, markbereder eller återvinner. Industrialisering och mekanisering gjorde att hästen kunde ersättas av maskiner i skogen, lantbruket och i gruvorna. Traktorn och andra arbetsmaskiner automatiserades under de två sista decennierna av nittonhundratalet. Nästa steg i utvecklingen har redan börjat – nu kopplas maskinerna upp mot omgivningen och mot omvärlden. De blir nav i distribuerade mobila produktionssystem. Den här studien beskriver och analyserar de sätt och med vilka metoder mobila produktionssystem integreras med det industriella värdesystemet i övrigt, och vilka marknader det skapar.

ISBN 978-91-86517-86-1, ISSN 1651-355X



VERKET FÖR INNOVATIONSSYSTEM – SWEDISH GOVERNMENTAL AGENCY FOR INNOVATION SYSTEMS

VINNOVA, SE-101 58 Stockholm, Sweden Besök/Office: Mäster Samuelsgatan 56

Tel: +46 (0)8 473 3000 Fax: +46 (0)8 473 3005

VINNOVA@VINNOVA.SE WWW.VINNOVA.SE