

Industriell IT och Automation

MOTOR I INDUSTRIELL OMVANDLING

En rapport för:

Nationell Kraftsamling för Processindustriell Automation

ÖRJAN LARSSON | BLUE INSTITUTE

Innehållsförteckning

Inledning.....	4
Digital Industriell Revolution	6
Om den här rapporten	7
Läsanvisning	7
Avsnitt 1. Världens industri står inför stora förändringar	9
Den stora och politiska bilden	9
Industriella Perspektiv	11
Resursförsörjning och Globala påfrestningar	14
Megaregionernas mognad	19
Radikalt förändrade produktionsmetoder	23
Från Subtraktiv- till Additiv Tillverkning	23
Från diskret och satsvis tillverkning till kontinuerlig	26
Bioraffinaderier	27
Nanorevolutionen	29
Genetisk Ingenjörskonst	30
Gränsen mellan hårda produkter och tjänster blir alltmer diffus	30
Tillgången på information och Internet skapar nya organisationsformer	31
Collaborative Manufacturing.....	31
Crowd Sourcing	32
Open Innovation.....	33
Avsnitt 2. Informationsrevolutionen	34
Big Data	34
Internet of Things	36
Automationens Tredje Våg.....	39
Från proprietär till standard	40
Applikationer - Robotik.....	41
Applikationer - Smarta Elnät	42
Applikationer - Industriell mobilitet	44
Automationen Tredje Våg skapar stora globala marknader	47

Slutdiskussion & Analys...	48
Appendix.....	50
i. Värdeperspektiv och Produktivitetsbegreppet	50
ii. Cybersäkerhet	52

Inledning

Över de senaste decennierna har industrin gått igenom många och signifikanta förändringar. Globaliseringen av produktionssystemen har inneburit att mängder av produktionskapacitet mätt i pengar, kilo och arbetstillfällen skiftats från de mogna ekonomierna till nya tillväxtländer. Nya marknader och ny typ av konkurrens har skapats.

Globaliseringen av industrin blev möjlig när ett antal förändringskrafter sammanföll i tiden: ändrade geopolitiska relationer mellan öst och väst, den digitala informationsexplosionen, de datoriserade produktionssystemen, stärkta fysiska och finansiella infrastrukturer och tillkomsten av bilaterala och multilaterala frihandelsavtal, tillhör de faktorer som förändrat industrins försörjningskedjor.

Värdesystemen har monterats isär och satts ihop i nya och komplexa, globala, nätverk som gjort det möjligt för företagen att utbyta information och konstruktioner, sköta materialförsörjning och tillverka produkter varsohelst - för att tillfredsställa kunder när- och varsohelst. I grunden ligger också att det finns stora fördelar med att förlägga verksamheterna där det är billigast, där det finns tillgång till mest kompetens eller där kunderna finns. Den typen av värdekedjor som leder till att lågkostnadsländer samsas med högkostnadsländer har fått benämningen *hybridiserad tillverkning*¹.

För svensk processindustri har globaliseringen å ena sidan inneburit att konkurrensen ökat dramatiskt från länder som Kina, från Sydamerika och Östra Europa. Å andra sidan har mycket stora marknader öppnat sig när dessa och många andra länder ökat sin efterfrågan på både råvaror och produkter, mer eller mindre slutförädlade. Över tiden har det också stått allt mer klart att konkurrensen kring mer lågförädlade produkter eller produkter med höga fraktkostnader måste mötas lokalt. En del av den europeiska och tillika svenska industrin har anpassat sig och etablerat produktion och marknadsnärvaro på tillväxtmarknaderna, medan andra valt andra strategier. Oavsett kvarstår det faktum att den industri som blir kvar i Sverige måste överleva genom att öka den innovativa förmågan och leverera högre värden genom att kapitalisera det kunskapsförsprång som utan tvekan finns inom industrin och i den akademiska traditionen.

Idag står den globala industrin inför en serie av nya utmaningar - efterfrågemönstren och utvecklings-ekonomiernas roller ändras, nya restriktioner uppstår för viktiga resurser som energi, råvaror och transporter liksom att brist på nyckelkompetenser kan förväntas. Samtidigt kommer industrin att vara den ekonomiska kraft som gör det möjligt för tillväxtekonomiernas medelklass att växa. I industriländerna förutses industrins bidrag bli kritiskt för att öka produktiviteten, hålla innovationstakten uppe - industrin står för upp till 90 procent av de privata FoU-satsningarna i de större industriländerna² - och bidra till handelsöverskotten - i snitt 70 procent av de utvecklade ländernas export³. Detta värdeskapande kommer att spela en större roll än den traditionella synen på industrin - att skapa stora mängder

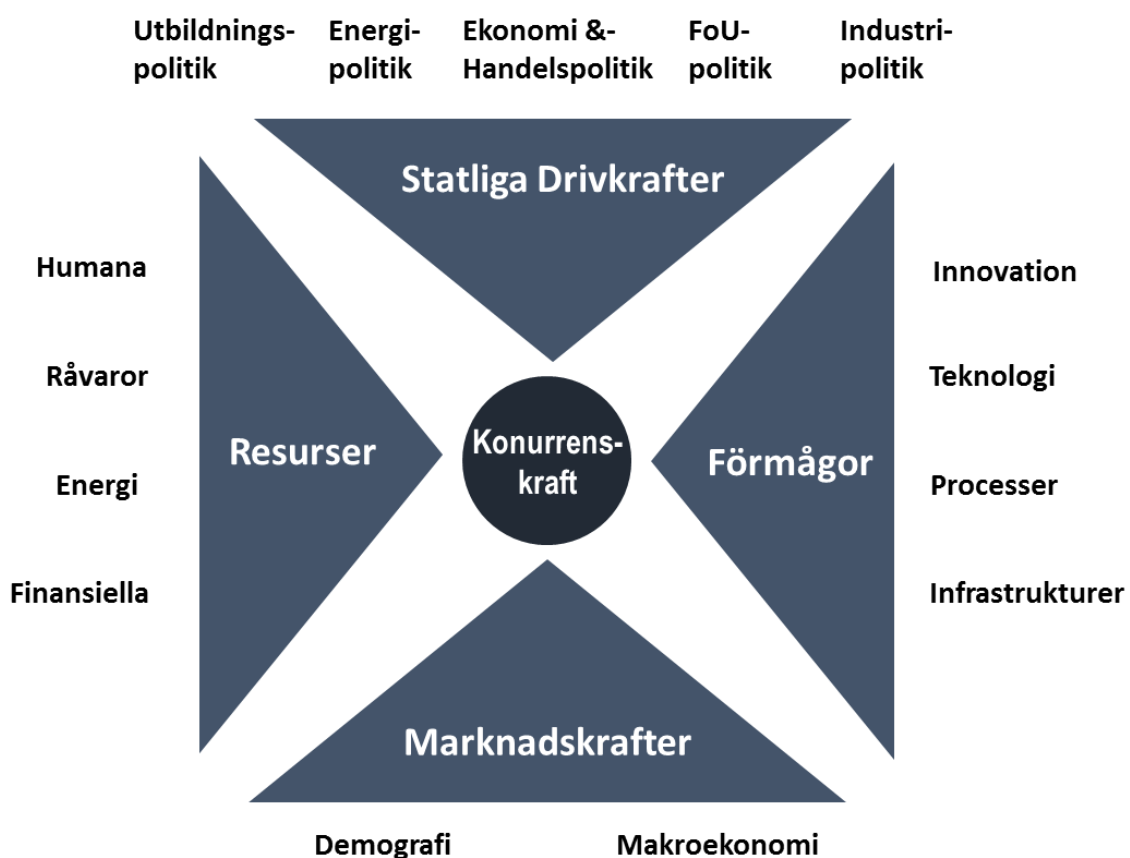
¹ Peter Marsh, The New Industrial Revolution, 2012

² MCKinsey Global Institute, Manufacturing The Future, 2012

³ Ibid.

nya jobb. Samtidigt blir gränserna mellan produkter och tjänster allt otydligare och ställer debatten om tjänste- eller hårdvaruproduktion i ny dager. Produktionens roll för att upprätthålla länders innovativa och industriella förmågor blir eller är sannolikt mer komplex och nyanserad än vad som vanligen uppfattas.

Det är i den miljö som såväl svensk råvaruindustri, processindustri och tillverkningsindustri har att navigera under kommande decennier. Recepten för framgång handlar om innovativ förmåga, om samverkan och idéutbyte över traditionella gränser både inom forskning och utveckling och i marknadsledet. Men det handlar också om att skapa hävstångseffekter utifrån områden som av tradition kan betraktas som svenska paradgrenar både kunskapsmässigt och empiriskt. Ett sådant område är definitivt *Processautomationen* eller det bredare begreppet *Industriell IT*.



Figur 1: Ramverk för global konkurrenskraft. Källa: Deloitte Concil on Competitiveness: What separates the best from the rest, 2011

Digital Industriell Revolution

Under sent 1970-tal och under åttiotalets pre-globaliseringsperiod var processindustrin tidiga med att ta till sig den mest avancerade automationstekniken. Det gäller inte minst Sverige där både massa-, pappers- och gruvindustrin var föregångare mätt med internationella mått. Men i takt med att äldre teknik ersattes med moderna mikroprocessbaserade system och produktivitetsvinsterna togs hem, klingade också utvecklingsambitionen av och digitaliseringens ledartröja togs över av andra branscher. Vinsterna med att utveckla mer och bättre var inte tillräckligt tydliga.

Samtidigt hade globaliseringen av industrin inte varit möjlig utan den digitala informationstekniken. Transformeringsprocesserna som skett genom att FoU, utveckling och tillverkning hos både små och stora företag har kopplats isär och inneburit att aktiviteterna kan ske på olika fysiska platser i världen med många deltagare sammanbundna via kraftfulla IT-miljöer. Och de digitala infrastrukturerna växer i exponentiell takt och river barriärer som gör att inträdeströsklarna blir allt lägre och öppnar för ny typ av konkurrens från små företag och till och med enskilda individer.

Open Source, *Open Innovation* och *Crowd Sourcing* är begrepp som hänger tätt samman med den allt mer kompetenta infrastrukturen där pris/prestandaförhållandena leder till utveckling som är mellan två och fem gånger snabbare än för tidigare utbyggnader av infrastrukturer som el eller telefon. Kostnaden för transistorer har sjunkit till mindre än en tusendel av vad den var i början av 1990-talet. Kostnaden för en gigabyte lagringskapacitet var 1992 ca 570 USD och år 2010 hade den sjunkit till 0,06 USD, och kostnaden för att överföra data har på samma tid minskat tio gånger⁴.

Framför oss väntar naturligtvis mängder av ny teknologi och innovativa processer som byggs in i tillverkningen av olika produkter. Model-Based Definition (MDB) och additiv tillverkning (3-D printing) är två exempel på digitala tillämpningar som kommer att ta försörjningskedjor och processer långt vidare från var vi står idag. Tekniker som kan förändra och skaka om etablerade ekonomiska synsätt och göra det möjligt för bolag (och nationer) som vi nu har svårt att föreställa oss, att ta roller i det framtida industrilandskapet.

Under kommande decennier kommer ansvaret att vila tungt på process- och råvaruindustrin när det gäller att få fram tillräckligt med resurser, tillräckligt effektivt för att hålla priserna nere och för att försörja tre miljarder fler invånare och lika många som tar steget in i medelklassen. Det är en utmaning som bara kan mötas genom att tillämpa den digitala tekniken till det yttersta. Frågan är om processindustrin återigen kan gå upp i ledning, ta till sig de erfarenheter som gjorts inom andra branscher och lägga till utveckling som kan höja produktiviteten i försörjningssystemen tillräckligt mycket.

⁴ A World Economic Forum Report in collaboration with Deloitte Touche Tohmatsu Limited, The Future of Manufacturing Opportunities to drive economic growth, 2012

Om den här rapporten

Den här rapporten har förtecken som handlar om industriell IT och automation, och vi kommer att försöka betrakta den industriella omvandling som ligger framför oss ur sådana perspektiv. Automationsbranschen behöver beredskap inför förändring. Sådan beredskap kan skapas med god framsyn eller framtidsspaning och också med hjälp av lärande över traditionella gränser. Branscher kan lära av varandra, likaså företag och organisationer. Det finns också anledning att tro att automationsbranschen i samverkan med sina kunder behöver överväga både affärslogik och affärsmodeller.

Med ny teknologi som på allvar skapar möjligheter att optimera och förbättra på sätt som inte tidigare varit möjligt kan det finnas anledning att både se över kritiska kompetenser på leverantörssidan - att sälja och marknadsföra processförbättringar kräver djupt bransch- och processkunnande - och att i både leverantörs beställarled vara beredda att finna affärsmodeller som gör att alla inblandade ges incitament för att verkligen skapa ökade värden och högre produktivitet i tillverkningsprocesserna. Som plattform att både skaffa framsyn, att lära över gränser och att skapa affärsmiljöer där det faktiskt investeras för att reellt öka produktivitet och värdeskapande i svensk industri, är PIA

Läsanvisning

I rapportens första avsnitt ges en **överblick över industrins utvecklingstrender**, betydelsen av **produktivitet** och en sammanfattning av tre drivkrafter som förväntas påverka världens industri under de kommande åren. **Belastningen på miljön** kommer att påverka våra möjligheter att utnyttja jordens resurser. Samtidigt som befolkningen ökar och blir rikare, konsumerar mer, och **tillväxtländernas ekonomier mognar** och börjar förändra sina förhållningssätt. **Innovationer inom material- och produktionsteknik** kommer att spela en stor roll när det kommer till hur vi framställer olika produkter. Alltifrån nanoteknikens påverkan till 3-D utskrifter av föremål och dess inverkan på affärs- och ekonomisk logik.

I det andra avsnittet ska vi utveckla några trender kring utvecklingen av det som kan kallas Informationsrevolutionen eller i sammanhanget Industriell IT och Automation. **Automationens tredje våg** innebär att ny metodologi som handlar om optimering och modellbaserad tillämpning med stora data-mängder och strömmande analysmetoder faktiskt kan revolutionera sätten att öka värdeskapandet i olika produktionsprocesser. Under förutsättningen att robusthet och användarvänlighet går att uppnå.

Till sist i det tredje avsnittet ska vi se lite närmare på de marknader som kan förväntas skapas inom det industriella IT-område när de här krafterna sammanfaller. D.v.s. hur **affärsmöjligheterna globalt** ser ut för den svenska automationsbranschen.

Avsnitt 1.

Världens industri står inför stora förändringar

Den stora och politiska bilden

Efter en period där industrin främst varit föremål för rationalisering, outsourcing, offshoring och en ambition om att ersätta hårdvara med service, kan en ny diskussion skönjas och en renässans för produktionen i industriländerna anas. Industrins strategiska betydelse börjar sättas i ny kontext. Det beror på att grundläggande drivkrafter i produktivitet och tillväxt nu ställs mot ändrade marknadsförutsättningar och nya innovationer inom material-, IT- och produktionsteknik. En hypotes är att flera större trender är på väg att sammanfalla - konvergera - och ge betydande avtryck i utvecklingen av industrin under de kommande åren.

Vi ska i detta avsnitt diskutera möjligheten att industrin i världen står inför så stora förändringar att både politiker och forskare tar till begrepp som "den tredje industriella revolutionen".

Det finns en hypotes om att historiens viktiga ekonomiska språng uppstår när större utvecklingssteg inom energiområdet möter ny kommunikationsteknik⁵. När nya energisystem gör tillgången på energi större och kostnaderna sjunker, ökar också det kommersiella utbytet mellan olika ekonomiska aktiviteter och det ömsesidiga beroendet. Relationer blir tätare och mer omfattande. Samtidig förändring av kommunikationsmedierna kan ta hand om och organisera den dynamik som uppstår när nya energisystem tas i bruk.

Så föddes den första industriella revolutionen i sent 1700-tal. Kol- och ånga gav fart åt järnväg, industri och den ekonomiska tillväxten. Samtidigt Industrialiserades tryckerikonsten. Ökad mängd information uppmuntrade till mediekunskap i de breda folklagren och skolgång skapade en litterat arbetskraft som gjorde den fortsatta industriella revolutionen möjlig.

Den andra industriella revolutionen förklaras ofta med Henry Fords linjeproduktion som inledning till massproduktionen. Men bakom detta låg omvälvande energi- teknikintroduktioner. Oljan och förbränningsmotorn liksom elektrifieringen och utbyggnad av infrastrukturerna för energislagen ändrade den geografiska och tidsmässiga dynamiken i samhället. Över en natt började miljontals människor ersätta hästar och vagnar med bilar. Telefonlinjer installerades och radio och TV kom att i grunden förändra de sociala livsmönstren och förutsättningarna för de ekonomiska transaktionerna.

De två första industriella revolutionerna gjorde folket rikare och mer urbana. Nu talar allt fler om att en tredje revolution går att skönja.

⁵ Jeremy Rifkin, The Third Industrial Revolution: How Lateral Power is Transforming Energy, the Economy, and the World.

"Den tredje industriella revolutionen" är ett begrepp som bland annat har attesterats av Europaparlamentet i en formell förklaring som antogs i juni 2007⁶. I den förklaras bland annat att skiftet från ändliga till förnybara energislag, etablering av energilagring i stor skala och digitalisering av energidistribution dvs. Smarta Elnät vara grundläggande. Men också en radikalt förändrad transportsektor där elektriciteten spelar en huvudroll, och nya innovationer inom produktionstekniken som kan förväntas förändra produktionslogiken. Bland annat därför att marginalkostnads/intäkts- begreppen ställs på ända och förutsättningarna för de geografiska försörjningskedjorna förändras. Massproduktion blir till "massanpassning".

Så sent som i slutet av maj 2012, höll Europeiskakommissionen i Bryssel en konferens under ledning av **Manuel Barroso** med temat *"Uppdrag tillväxt och Den Tredje Industriella Revolutionen i Europa"*. Mötet beskrivs som en "re-launch" av Europas industripolitik och en markering om att det inte räcker att spara sig ur Eurokrisen. Att programmet knyter an till det så kallade 20-20-20-initiativet⁷ ger fler politiska poäng.

Ytterligare politiska värden finns i det faktum att nya produktionsmetoder faktiskt sluter cirkeln. Om masstillverkning skiftas mot individualiserad produktion kan det medföra att en del av jobben som länge varit förlorade till Asien kommer tillbaka till de gamla industriländerna.

Men även i Kina talas om en ny industriell revolution - Kinas officiella nyhetsbyrå Xinhua News Agency meddelar i en artikel i slutet av 2012 att blivande premiärministern *Li Keqiang* via det ekonomiska planläggningsministeriet och regeringen tankesmedja noga följer den diskurs om en tredje industriell revolution som nu växer sig starkare världen över.

⁶ WRITTEN DECLARATION pursuant to Rule 116 of the Rules of Procedure by Zita Gurmai, Anders Wijkman, Vittorio Prodi, Umberto Guidoni and Claude Turme

⁷ 20 % förnybar energi, 20 % energieffektivisering och 20 % minskning av växthusgaserna till år 2020

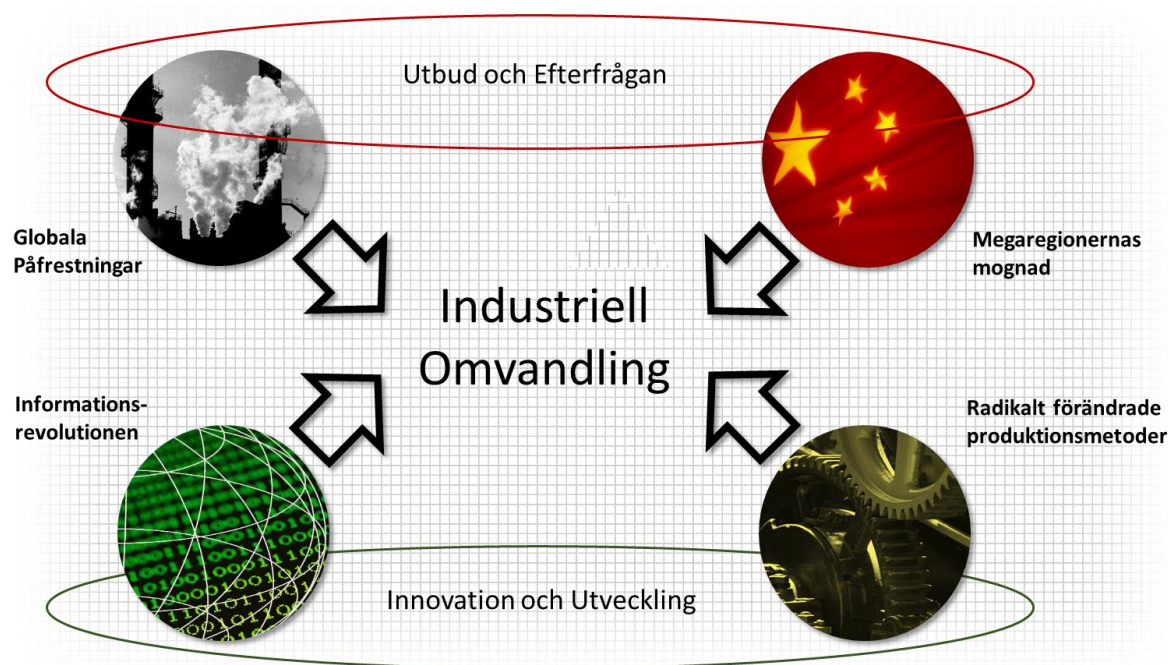
Industriella Perspektiv

Ur industrins perspektiv är det nödvändigt att med något mindre svepande linjer förstå om och hur megatrender - och andra - kan påverka industrilogiken, vilka marknader som kan skapas eller försvinna och hur snabbt det kan ske. För företagsledningar är det speciellt viktigt att förstå vad som händer på kommersiell skala inom tre till fem år. Den planeringshorisont som västerländska företag normalt har.

Uppfattningen i den här rapporten är att industrin verkligen står inför omfattande utmaningar när *flera fundamentala drivkrafter konvergerar* och leder till förändrad efterfrågan, förändrade produktionsmetoder och en ytterligare globaliserad industri. Men den globala miljön är annorlunda jämfört med tiden före den ekonomiska recessionen. Det öppnar för många nya möjligheter för enskilda företag - men affärsklimatet kommer att bli komplext och kan ändras både radikalt och snabbt.

- Den första drivkraften vi kan se berör hur resursförsörjningen av råvaror och energi redan påverkad av klimat- och miljödebatten, med snabbt ökande befolkning och urbanisering anses än mer ohållbar och behöver mötas med än mer långtgående omställningar av energi- och transportsystemen. Mängden av resurser måste samtidigt öka och produktiviteten i varje försörjningssystem kraftigt förbättras för att motsvara den ökade efterfrågan.
- Den andra drivkraften handlar om att megaregionernas och speciellt Kinas roll. Efterfrågan och tillgången och kostnaden för produktionsfaktorerna i allmänhet ändras när Kina och sedan Indien mognar som industriella ekonomier. I takt med välståndet ökar också kostnaderna och rollen som världens verkstad kan ifrågasättas. Kinas ekonomi förväntas samtidigt ställas om mot en mer konsumtionsdriven sådan. Parallellt gör Kina stora och strategiska förvärv inom de traditionella industriländernas marknader och den innovativa förmågan ökar. Detta kommer sammantaget att kunna ändra spelreglerna för hela världens industri.
- Den tredje drivkraften består i att informationsrevolutionen fundamentalt ändrar förutsättningarna inom de allra flesta samhällssektorer, inte minst inom industrin. Metoder och strategier för databehandling som närmar sig Artificiell Intelligens och möjligheten att mäta och ta vara på extrema mängder data i realtid kan förändra industriprocesserna i grunden.
- Och den fjärde består i att radikalt förändrade produktionsmetoder kan leda både till att centralisering vänds till åter-decentralisering, till individuell anpassning av produkter i stor skala, att diskret produktion närmar sig den kontinuerliga. Och att invanda ekonomiska realiteter om skala och volym sätts på ända. Nanotekniken förutses påverka den mesta industriproduktionen samtidigt som fossila råvaror alltmer ersätts med gröna biobaserade. Förhållandet mellan produkter och service blir alltmer flytande samtidigt som tjänsteinnehållet står för en allt större del av erbjudandet. Parallellt kommer utvecklingen på Internet att förändra försörjningslogiken - "crowd sourcing", "open source",

”open innovation”, kompetensförsörjning etc. är företeelser som på nätet kan ersätta stor skala med virtuella organisationer.



Figur 2: Fyra övergripande drivkrafter förväntas skapa starkt omvandlingstryck på industrin under de kommande åren. Källa: Blue Institute, 2013

Den övergripande analysen - som sammanfattning av ovanstående - är att världens industri går in i en ny fas där förändringarna kan komma att bli både stora och snabba. Politisk beredskap är nödvändig och det är kanske det som sker i diskussionen om "den tredje industriella revolutionen". Men på det praktiska planet och för industrins bästa är frågorna om produktionen - i Sverige och andra industriländer - av den arten att de bäst närmas från innovations-, produktivitets- och konkurrenskraftsperspektiven. D.v.s. produktion bör inte enbart ses som motor för arbetstillfällen.

För företagen är det viktigt att förstå djupet av påverkan, bransch för bransch, företag för företag. Det kommer att krävas strategisk analys och säkert delvis andra förmågor i den operativa verksamheten. Men erfarenheten från tidigare större industriella skiften har visat att lärande och erfarenhetsutbyte över både företags och branschgränser kan vara medel för att vända svårigheter till möjligheter och lysande framgångar.

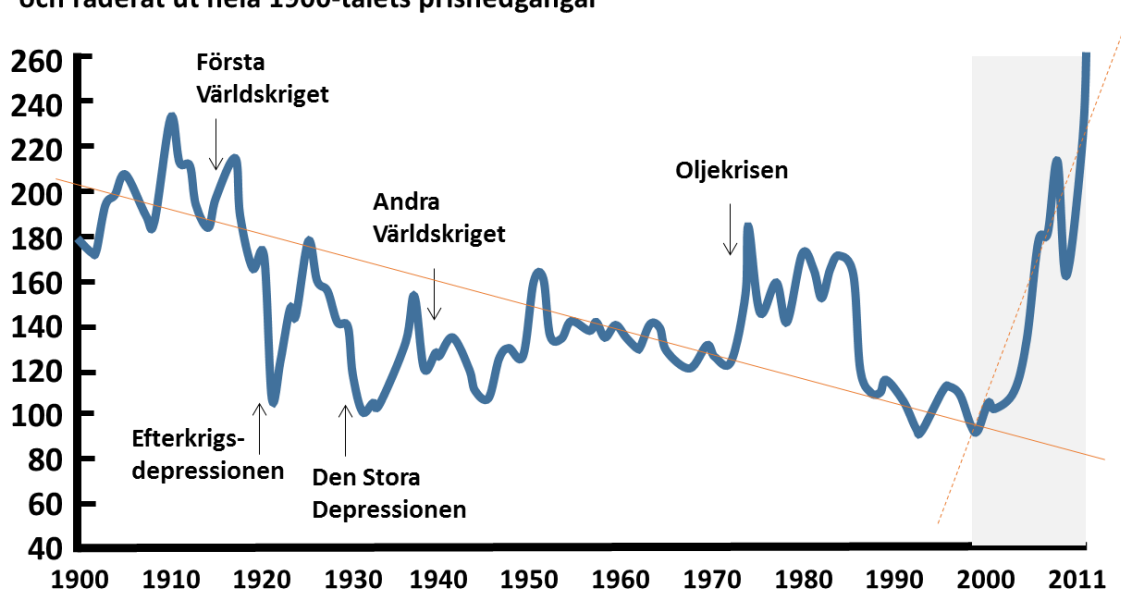
Resten av detta avsnitt kommer att ägnas åt att gå ett steg närmare varje drivkrafts kärna och se vilka slutsatser som går att dra när det gäller deras industriella påverkan, och speciellt med förtecken av Industriell IT och Automation.

Resursförsörjning och Globala påfrestningar

Under större delen av 1900-talet har priserna på naturresurser som energi och råmaterial minskat och haft en mycket positiv effekt på tillväxten i världen. Men många tecken pekar mot att den trenden nu har brutits. De senaste tio åren har förra seklets alla prisnedgångar raderats ut och frågetecknen hopar sig - går vi mot en tid med höga resurspriser och ökade ekonomiska, sociala och miljömässiga risker?

Enligt MGIs⁸ råvaruprisindex halverades priserna på råvaror såsom energi, livsmedel, vatten och olika material under 1900-talet - mätt i reala termer. Det är en anmärkningsvärd utveckling eftersom världsbefolkningen samtidigt fyrdubblades och den globala ekonomin tjugofaldigades med konsekvensen att efterfrågan på olika resurser ökade med mellan 600 och 2 000 procent⁹. Förklaringen är naturligtvis att marknaden fungerat i så måtto att den både klarat av att leverera och att samtidigt öka produktiviteten mycket kraftigt.

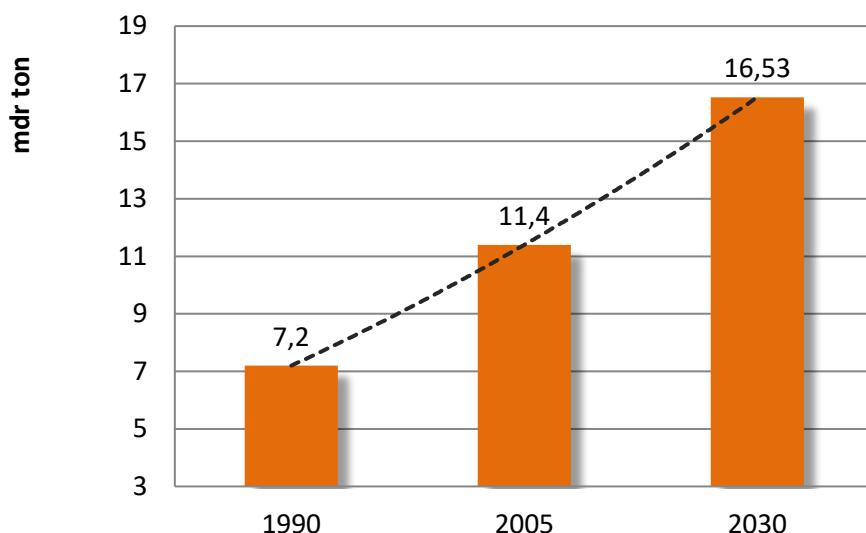
Råvarupriserna har ökat kraftigt sedan år 2000 och raderat ut hela 1900-talets prisnedgångar



Figur 3: Källa: Grill and Yang; Stephen Pfaffenzeiler; World Bank; International Monetary Fund (IMF); Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD); UN Food and Agriculture Organization; UN Comtrade; McKinsey analysis. Från rapporten: Resource Revolution, McKinsey Global Institute, 2011.

⁸ MCKinsey Global Institute

⁹ McKinsey, Resource Revolution: Meeting the worlds energy, materials, food, and water needs, 2011



Figur 4: Världens energiförbrukning i mdr ton oljeekvivalenter Källa: IEA World Energy Outlook 2009

Under den kommande tjugoförårsperioden kommer uppåt tre miljarder människor att ta steget in i *medelklassen*, jämfört med färre än två miljarder idag. Den tillkommande efterfrågan som dessa medborgare skapar ska ställas mot att det redan blir allt svårare och dyrare att utvinna energi och råvaror, och att teknikutvecklingen så här långt knappt håller jämna steg. Tillsammans med stigande råvarupriser under det senaste decenniet och det faktum att befolkningen ökar från dagens sex miljarder till nio miljarder människor och att världsekonomin kan förväntas femdubblas till år 2050, väcker det många frågor.

Ett av de största förändringstrycken är - paradoxalt nog - en konsekvens av de bränslen som under mer än hundra år tjänat som drivmedel för tillväxt och välbästand. Den sammansatta energianvändningen i världen består till 80 % av kol, naturgas och olja, varav mer än en tredjedel utgörs av petroleumprodukter. Och energibehovet fortsätter att öka i snabb takt, mellan 1990 och 2030 kommer energiförbrukningen mer än fördubblas, se figur 3. Sedan 2003 förbrukar världen mer olja än vad som upptäcks i nya fyndigheter. En fortsatt utveckling i samma takt innebär att nya oljefält som motsvarar kapaciteten av sex nya Saudiarabien måste vara i produktion inom två decennier.

Frågan är nu om marknaden och dess innovationsförmåga kan återupprepa 1900-talets prestation? Det som talar för det är just utvecklingen inom området informationsbehandling. Förmågan att generera data, att dela data och göra information tillgänglig har redan revolutionerats mer än en gång när människor, apparater och sensorer kopplas upp. De nätverk av exponentiellt växande information som skapas kan göra det möjligt att än en gång transformera produktionssystemen. Krama fram ytterligare produktivitet i råvaruförädlingskedjorna, göra elsystemet smart, öka återanvändningen och etablera nya teknologier för att exploatera energi.

Men jordens resursproblem handlar inte bara om absoluta resurser utan även om fördelning. En och en halv miljard människor i främst Afrika och Sydostasien saknade elektricitet 2008. Det är en situation

som endast sakta blir bättre, om tjugo år kommer fortfarande 16 %¹⁰ av världens befolkning att sakna el. Kort sagt är stabil elförsörjning en förmån för endast en tredjedel av jordens befolkning, medan resten totalt saknar, eller har elförsörjning endast då och då. Men utvecklingsländernas ekonomiska tillväxt behöver nödvändigtvis inte bli blåkopior på västerländsk höjning av levnadsstandarden - byggt på principer om storskaliga fördelar. Svaren ligger också i att tillämpa tekniska landvinningar i mindre och distribuerad skala. Ny teknik kan öppna helt andra möjligheter och mycket talar för att det börjar med mobiltelefonen som kommunikations- och transaktionsredskap men också som symbolisk politisk megafon.

Begreppet *Frugal Innovation* är ett sätt att beskriva det faktum att både företagens FoU-budgetar och offentliga forskningsmedel tenderar att vara mycket lägre i utvecklingsländerna än i de industriella ekonomierna. Hela Indiens FoU-budget var 14 miljarder USD år 2010 - som jämförelse spenderade företag som Microsoft, Pfizer och Intel runt 10 miljarder var¹¹. Ändå har Indien ett mycket avancerat forskningsprogram som sträcker sig över alla discipliner. Frugal Innovation innebär ett mer pragmatiskt synsätt på forskning och utveckling där tiden till färdiga resultat blir kortare, innovationsprocessen pågår samtidigt med kommersialiseringsprocessen och så kallad "reversed-engineered innovation" tillämpas. I jämförelse med industriländerna betyder det bland annat att man är mer komfortabel med att släppa tidiga produktgenerationer på marknaden och sedan låta utvecklingen ske genom att snabbt komma med förbättringar - d.v.s. "innovation through commercialization".

Innovationer inom materialtekniken utgör ett annat svar på frågan om hållbar global tillväxt. Utveckling av materialteknik och nanoteknologi är på väg att dramatiskt kunna öka batteriers förmåga att lagra energi och på så vis bidra till ett ändrat energisystem och en elektrifierad transportsektor. Organisk kemi och genetisk ingenjörskonst kan fostra nästa gröna revolution och hjälpa till att öka produktiviteten i jordbruket och försörjningen av bioenergi, och det finns många fler exempel som kan ingjuta hopp. För att sammanfatta - det saknas inte tekniska uppslag och ökande resurspriser kommer att skynda på innovationstakten ännu mycket mer.

När det gäller att minska den förmodade påverkan på klimatet finns den signifikanta potentialen i att öka andelen förnybar elproduktion och samtidigt finna alternativa fordonsbränslen och minska de fossila kraftverkens belastning på miljön genom t.ex. koldioxidlagring. Parallellt kan geopolitiska och ekonomiska förskjutningar förväntas när det gäller energiförsörjningen, områden med naturliga fördelar kan få ökad betydelse som energiexportörer. Solens strålning gynnar länderna runt ekvatorn, planer finns för jättelika solkraftverk på många ställen. Tillgång till vattenkraft och biomassa få ett ökat värde i de nordliga regionerna. Havsvågornas och strömmarnas inneboende energi kan utnyttjas av kustländerna osv. Dessutom ökar motiven för att hushålla och göra energianvändningen mycket mer effektiv - den allra smartaste kilowattimmen är trots allt den som aldrig förbrukas, "negawatten".

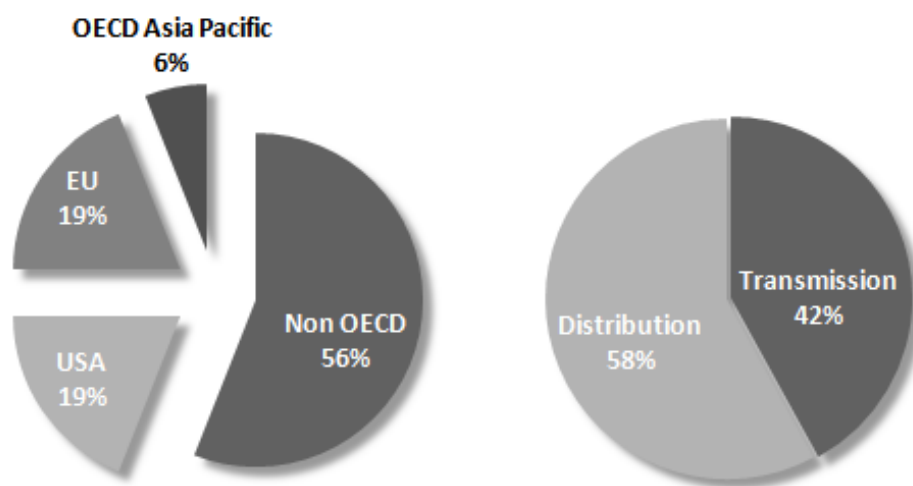
¹⁰ IEA World Energy Outlook 2009

¹¹MGI, Manufacturing The Future, 2012

IEF, International Energy Forum som representerar 90 % av den globala efterfrågan av olja och gas, är ett exempel på samverkansorgan som ser energifrågorna i ett helhetsperspektiv. Och ytterst är det så som de stora investeringsbehoven i världens kan förklaras. Sammanfattningsvis är det frågan om:

- Att bygga nya, byta ut, och rena resurser för kraftproduktion - centralt, lokalt, på land och offshore
- Att transportera el i stora mängder över långa avstånd
- Att distribuera el till konsumenter på ett sätt som ger incitament för sparsamhet och timing - dvs. gör kunderna till aktiva användare och beslutsfattare
- Att ersätta bensen och olja med el för fordonstrafiken
- Att bygga nya infrastrukturer i utvecklingsländerna

Bland de mest strategiska tekniska lösningarna för att bryta beroendet av fossil energi finns de *Smarta Elnäten*. För den privata näringssektorn kan Smarta Elnät innebära affärsmöjligheter och investeringar av historiska mått. Enligt IEA:s rapport World Energy Outlook, 2008, uppgår investeringsbehoven för världens elförsörjning till i storleksordningen 13 600 mdr USD fram till 2030, fördelat på lika delar produktion och kraftöverföring. En uppskattning är att ca 1 400 mdr kommer att investeras i IT- och automationsteknik i samband med att elproduktionen och distributionen byggs ut och anpassas till kraven på hållbarhet¹².



Figur 5: Framtida investeringar i elnät fördelade på slag och region (källdata: IEA, WEO 2006)

Den öppna frågan blir till sist om samhället, privata intressenter och det politiska systemet, kan få alla bitar på plats i den hastighet som krävs för att inte höga resurspriser, hög volatilitet och/eller allvarliga - kanske irreversibla - skador på miljön, ska bli följden. Att leverera de ökningar som krävs innebär ett

¹² Blue Institute, 2010

nästan oöverskådligt komplex av olika agendor, att sjösätta dem kommer att vara långt ifrån enkelt och det finns gott om hinder.

Samordning på lokal, nationell, regional och global nivå kommer att vara en av nycklarna. På politisk nivå blir det nödvändigt att överväga de stora ekonomiska system som intervernerar många råvarumarknader döljer sanna prissignaler med artificiella. Det innebär kort sagt att marknaderna inte fungerar effektivt. Med samma logik är det troligt att världen inte kommer till rätta med miljö och klimatproblemen om inte utsläppen av kol och andra ämnen prissätts. Samtidigt och ändå, kommer det att krävas enorma kapital för att kompensera för fortsatta ofullkomligheter i marknaden och för att hjälpa marknader igång med nya nödvändiga innovationer.

Till sist - när världen rör sig in i en fas där såväl resursförsörjning som produktiviteten i alla steg (processerna för utvinning, konvertering, slutanvändning och till sist återanvändning) måste förbättras med radikala mått, då skapas många möjligheter och många risker för industrin och enskilda företag.

Med sjunkande priser på nästan alla produktionsresurser under ett sekel har företagsledningarnas fokus självklart riktats mot att utvärdera kapital- och arbetskraftskostnaderna för att förbättra produktiviteten. Men nu pekar prognoserna mot att det inte räcker. Många företag kommer att behöva öka förståelsen och ta fram bättre strategier för hur olika resurser bidrar till vinsterna, till tillväxten och hur innovationer plötslig kan leda till nya spelregler. Med stora konsekvenser för enskilda företag.

Resurser i form av råvaror och energi utgör roten till alla branschens försörjningskedjor och förändringar får spridningseffekter både ekonomiska, affärsmässiga och i tillverkningsprocesserna i steg efter steg ända till konsumentled. Att finna nya metoder och att från en redan hög nivå förbättra effektiviteten i värdeförädlingen innebär mycket informationsintensiva aktiviteter. Extrema mängder data som måste förädlas genom beräkning och sortering i kraftfulla databehandlingsmiljöer. För branschaktörer inom det Industriella IT-området innebär det att potentiellt enorma marknader öppnar sig för de som kan erbjuda den kunskap och den förmåga som marknaden utan tvekan kommer att efterfråga.

Megaregionernas mognad

Kinas relativa ekonomiska uppgång i förhållande till resten av världen har nu under en rad decennier skakat om på flera olika sätt. Omättbar efterfrågan på råvaror som t.ex. stål har drivit på gruvinvesteringar i resten av världen - från Australien till Afrika, Brasilien och ända till det nordligaste Sverige. Importen av stål, komponenter och maskiner som Kinas industri inte själva kunnat bidra med - har minst sagt boomat. Det har inneburit kraftig tillväxt för ett stort antal industriföretag runt om i världen - speciellt teknikföretag i Tyskland och Japan - som fått se Kina som en av de allra viktigaste handelspartnerna.

Å andra sidan har Kinas lågprisproduktion av alltifrån konsumentelektronik till trädgårdsmöbler tagits emot med öppna armar av både européer och amerikaner, räknat till miljoner slutledskonsumenter. Och låga priser har också hjälpt industriföretagen i industriländerna att erbjuda kostnadseffektiva lösningar på datorer, mobiltelefoner och industriell produktionsutrustning. Allt har gynnat syftet att bli mer konkurrenskraftig och inte sällan genom att själva startat lågkostnadsproduktion i Kina. Ibland för att finna avsättning på växande Kinesiska marknader och ibland för att utnyttja landet som bas för lågkostnadsexport. Av Kinas 200 största exportörer år 2009, hade 159 av dem avgörande utländska intressen¹³.

Effekterna av denna i världshistorien ojämförliga efterfrågeexplosion och samtidiga press på kostnaderna har utan tvekan inneburit fördelar i alla mått räknat för såväl företagsägande kapital som anställda inom den industriella världens industrier. Men det saknas inte negativa effekter. Kinesisk lågprisimport har samtidigt gjort många människor arbetslösa och företag har gått under när förmågan att få ner kostnaderna till kinesisk nivå saknats.

Och Kinas ojämförliga exportökningar har bidragit till obalanser i världsekonomin, politiska spänningar och osäkerheter - speciellt i förhållande till USA. Kritiken har riktats mot de stora statsägda industrigrupperna, inte minst inom råvarusektorerna. Kopplingen till regering och myndigheter ger dem tillgång till billiga lån och andra finansiella möjligheter som inte står tillbuds för den privata sektorn. Men även att resa större frågetecken om Kinas roll i världsekonomin kan vara på sin plats. Det saknas inte röster som kritiserar och väcker farhågor för hur statsskicket skulle kunna leda till militärt eskalerande hot¹⁴.

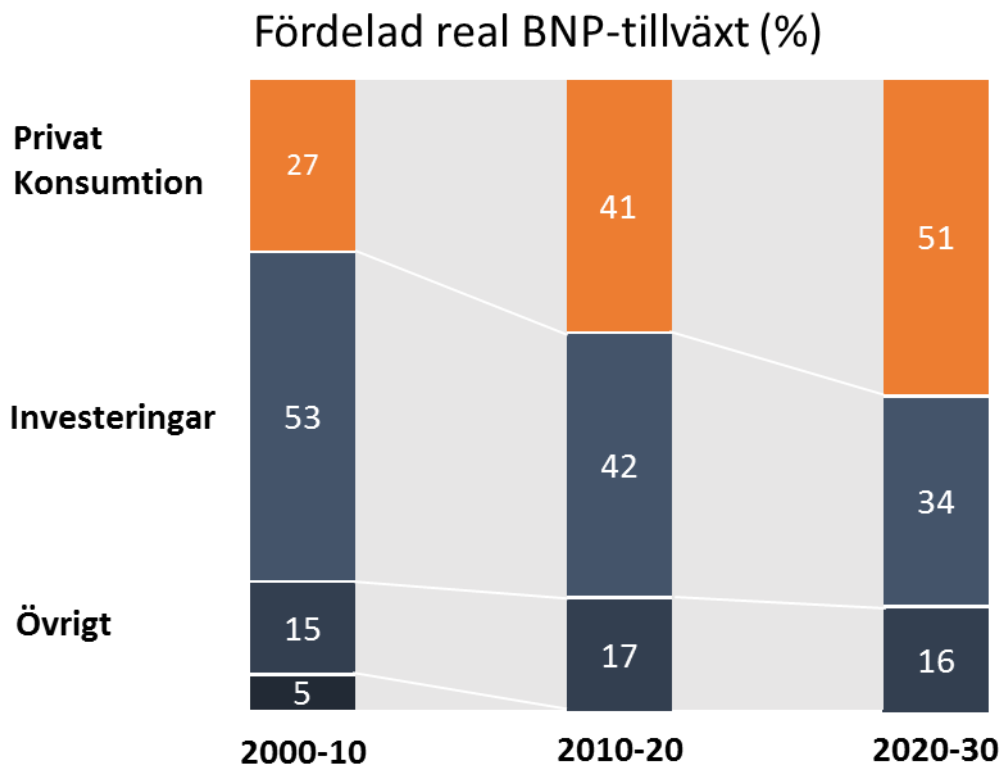
Mycket pekar nu mot att Kina efter år av kraftiga satsningar på infrastruktur och industriinvesteringar nått en mognad som blir startpunkten för nästa historiska skifte i landets ekonomi. Det är ett skifte mot en mer konsumtions- och tjänstedriven modell som ska kunna bära upp en fortsatt hållbar tillväxt. Må vara till en lägre hastighet. Och som den statsstyrda ekonomi det är frågan om har de politiska besluten avgörande betydelse. Nya politiska planer¹⁵ ska lyfta hushållens disponibla inkomster, för-

¹³ The top 100 Chinese Industrial Clusters, Li Fung Research, Hong Kong, June 2010, the Economist, 29 July 2010

¹⁴ Peter Marsh and Jamir Anderlini, Data out of the door, Financial Times, 2 Feb. 2011

¹⁵ November's 18th congress of the Chinese Communist Party, 2012

bättra de sociala skyddsnäten samtidigt som privat företagsamhet i form av små och stora verksamheter i bland annat servicenäringarna ska stöttas. Kännetecken för en mogen ekonomi som högre produktivitet i både industrin och samhället i stort ska trendmässigt ge högre inkomster som kan användas för den privata konsumtionen.



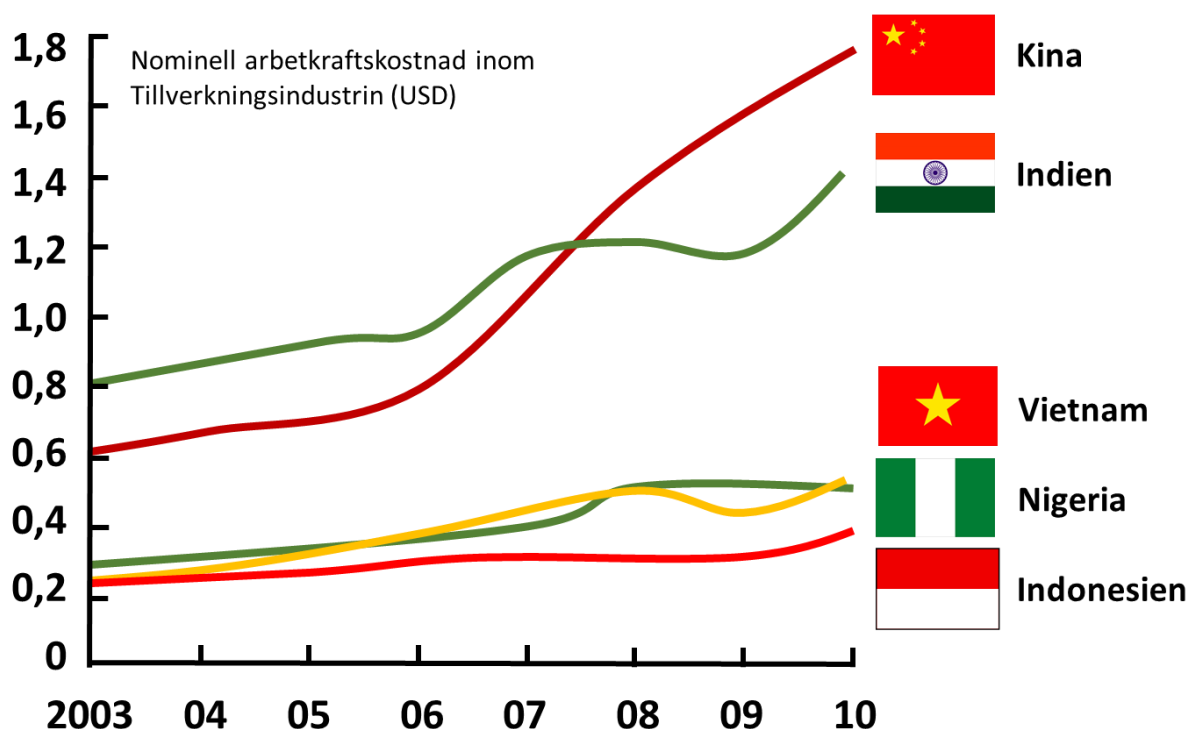
Figur 6: Konsumtionens andel av Kinas reala BNP-tillväxt ökar på bekostnad av främst investeringarna. Källa: McKinsey Global Insights, 2012

I den här utvecklingen kommer landets städer spela en stor roll, speciellt de mindre städerna som växer snabbt förväntas bidra stort till tillväxten. Under de närmast kommande decennierna förväntas städer med nu mindre än 1,5 miljoner invånare bidra med 40 procent av den urbana tillväxten, städer upp till 5 miljoner 25 procent och resterande tillväxt kommer från de riktigt stora megastäderna¹⁶.

Ur marknadsperspektiv innebär den här utvecklingen att både tekniska lösningar och tjänster för bland annat stadsbyggnad, kommunikation och energiförsörjning kommer att vara efterfrågade. Och för att den lagda planen ska bära kommer efterfrågan på medel för att öka produktiviteten att bli hårdvaluta. Utbildning, automation, flexibla produktionskoncept kommer tillsammans med allt ifrån god strategisk planering till tekniskt underhåll att blir grundläggande.

¹⁶ Global Insights; McKinsey Analysis, 2013

Kina och Indiens relativa lönekostnader drar ifrån andra utvecklingsekonomier



Figur 7: Mellan 2003 - 2010 ökade arbetskraftskostnaderna i Kina med 16 % per år och effektiviteten räknat i "value added" med 14 %. För Indien var motsvarande siffror 8 respektive 17 %. Källa: Economist Intelligence Unit; IHS Global Insight country labor ministries; McKinsey Global Institute analysis, 2012

Men många bedömare menar också att landets *innovativa* förmåga kommer att öka snabbt. Tiden när billig kopiering var synonymt med Kina är på väg att rinna ut. I kombination med begreppet *Zou chu qu* - som i Kina blir allt mer "inne"¹⁷ och betyder ungefär "gå ut" eller "se bortom din egen region" - finns nog med sprängkraft för att fortsatt hålla den gamla industriella världen i skräckblandad förtjusning.

Mellan år 2005 och 2009 investerade kinesiska företag 145 mdr USD i utländska förvärv. År 2010 var siffran 50 mdr USD och av allt att bedöma i ökande¹⁸. Många av dessa investeringar kommer att handla om avancerad tillverkning, design och konstruktionsverksamhet - "engineering" - eftersom Kina har ambitionen att komplettera förmågan att producera till låg kostnad, med nya teknologier och ser de mer avancerade marknaderna som nästa mål. Det innebär att i Europa och USA är kineserna framförallt intresserade av två saker: hög teknologi och välkända varumärken.

¹⁷ Financial Times, 6 April 2011

¹⁸ Grisons Peak Bank, Growing Chinese Outbound Investments in Europe, 2011

Exemplen på förvärv är redan många: **Lenovo** har köpt IBM:s hela produktion av persondatorer. Kinas största mobiltelefonstillverkare **TCL Corporation** äger majoriteten i franska Alcatel. **Nanjing Automotive** äger anrika brittiska MG Rover, liksom **Zhejiang Geely** tog över Volvo Personvagnar och att resterna av Saab Automobile också har blivit kinesiskt. Det franska modehuset Cerruti kontrolleras av **Li&Fung Group**. **China National Blue Star Group** äger franska Rhoda Silicons. Samma grupp har också köpt den norska industrikoncernen Elkem. London Overground drivs av kinesiska **MTR**. Statliga telekomjätten **ZTE** finns i Kista, konkurrenten **Huawei** har etablerat sig i både Kista och Lund. Dataföretaget Amanzitel i Helsingborg ägs av kinesiska **Ding Li Communications**. I Malmö har **Dongbao Biopharmaceutical** köpt Ferrings gamla fabrik i Limhamn och driver nu avancerad läkemedelstillverkning under namnet Rechon Life Science.

En annan viktig del i Kinas *Zou chu qu - strategi* är att satsa på hamnar världen över. På så sätt säkrar man handelsvägar för kinesiska varor. Kina har investerat i anläggningar i Brasilien, Peru och Sri Lanka. Man har köpt hamnbolag i Rotterdam, Aten och Tessaloniki och ett antal andra förhandlingar pågår¹⁹. Det är en ny industrikarta som målas upp och bilden är komplex, men klart är att beroendet mellan Kina, i framtiden även Indien i högre grad, och Europa och USA är ömsesidigt. Och kanske är det så att ju djupare banden blir mellan kinesiska och utländska företag desto större blir fundamentet för en ny och väsentlig bit i vad som skulle kunna kallas ”en ny industriell revolution”.

Kinas industriella tillväxt och dess konsekvenser på omvärlden bör sättas i historiskt perspektiv. Då kan den mer betraktas som ett återvändande till en utveckling som en gång var. Kina var en global ledare inom många industriella grenar under hundratals år och ursprunget till innovationer som pappret, klockan, kompassen, kanonen och plogen för att nämna några. Men framgångarna ebbede ut och Europa och sedan Amerika kom att bli de ledande industriella regionerna. I praktverket *In the Wealth and Poverty of Nations*, konstaterade David Landes att Kina faktiskt saknade institutionerna för akademi, lärande och konkurrens²⁰. Bristen på sådana institutioner gjorde Kina oförmögen att lära från andra länder, när de väl fick bärkraft och gav sig iväg på sina industriella utvecklingsfärder. Och från år 1750 och tvåhundra femtio år framåt befann sig Kina i teknologiskt och industriellt bakvatten.

Bit för bit och steg för steg har dock de industriella framgångarna fört landet framåt. År 1996 tog Kina över rollen som världens största ståltillverkare från Japan. År 2009 övertogs rollen från USA som världens största biltillverkare. Och fortsatta massiva offensiver är att förvänta när kinesiska företag och kapital stärker sina positioner, kanske främst i Europa. Allt från flygindustri, kraftturbiner till dieselmaskiner med låga emissioner och produkter för telekommunikation står högt på prioriteringslistorna. Och i takt med att tekniken utvecklas, blir mer sofistikerad, desto fler erbjudanden kommer vi att se från kinesiska företag. Lenovo och Huawei är bara en bris i förhållande till den storm av avancerad teknik utvecklad med hjälp av kinesiskt kapital som snart är över oss.

¹⁹ Sydsvenska Dagbladet 31 december 2011

²⁰ Davide S Landes, 1998

Radikalt förändrade produktionsmetoder

Konvergerande trender i världsekonomin påverkar näringslivet i stort, men också mer specifikt när det gäller produktionsteknik och materialutveckling. I det här avsnittet ska vi ge exempel på teknik och några trender som har förutsättningar att för alltid ändra de sätt vi ser på produktion och tillverkning. Sammanställningen gör inte anspråk att på vara komplett utan mer vara en provkarta över olika fenomen som kan ses som typiska och som kommer att låta tala om sig under de närmast kommande åren.

Från Subtraktiv- till Additiv Tillverkning

Medan traditionell tillverkning går ut på att sätta samman delar och med maskinbearbetning fräsa eller svarva bort material - *Subtractive Manufacturing* - fungerar *Additive Manufacturing* eller *3D-Printing* radikalt annorlunda. Produkten ritas upp i ett datorprogram och tillverkas genom att helt enkelt trycka på "skriv-ut".

Analogin med vanliga skrivare är god med den skillnaden att vid tredimensionell utskrift byggs lager på lager av plast, metall eller keramer succesivt upp i den tredje dimensionen tills ett fast objekt har skapats. 3D-skrivare kan göra många saker som är alltför komplexa för traditionell tillverkning att hantera och bland fördelarna finns också att tekniken är materialbesparande - vid viss konventionell tillverkning kan 90 % av materialet skäras bort. Lägre vikt blir en annan fördelaktig egenskap då produkterna byggs upp med precis så mycket material som behövs. Men framför allt medger 3D-printing att varje produkt kan bli unik - utan att det kostar något extra. *Mass Customization* blir inte bara ekonomiskt möjlig utan fördelaktigt. Tillverkning i framtiden kan - för att sluta cirkeln - påminna mycket mer om vävarna i de engelska stugornas tidiga artonhundratal än om Henry Fords löpande band. Och många invanda begrepp kommer att ställas på ända om kostnaden för att producera skraddarsydd men stora partier sjunker.

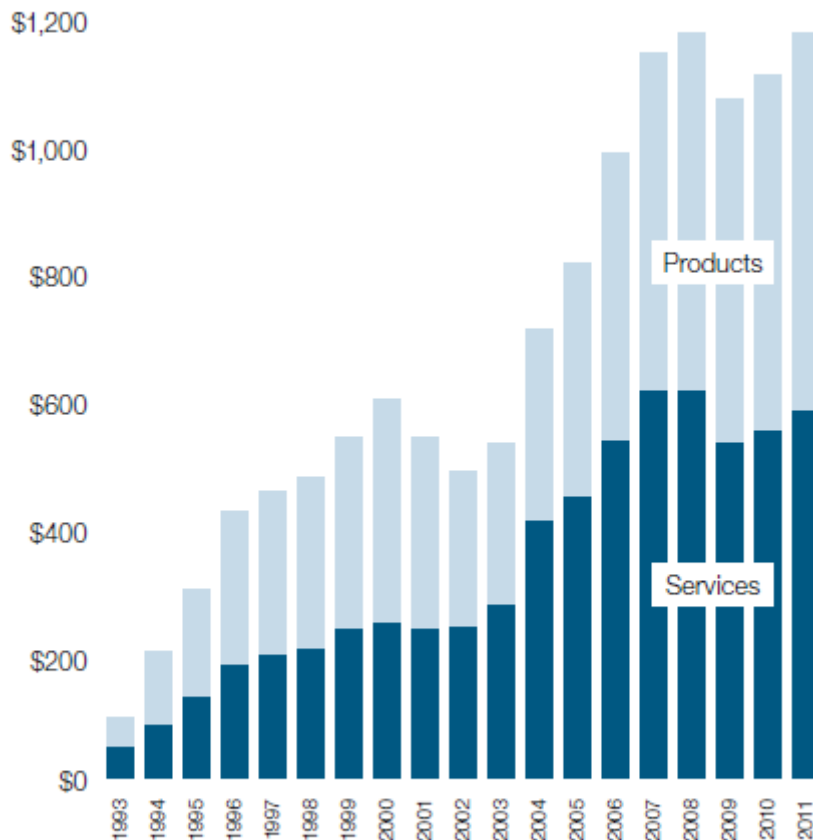
Tekniskt sett kan lagren byggas och förenas på en mängd olika sätt. Vissa 3D-skrivare använder en inkjet-process. **Objet**, en israelisk 3D-skrivartillverkare använder inkjet-huvuden för att spraya tunna lager av flytande plast på en platta. Lagren härddas med hjälp av ultraviolett ljus. Plattan sänks sedan och nästa lager läggs. Ett annat sätt är smältmodellering med hjälp av extrudering, ett system som används av **Stratasys** i Minneapolis. Andra system använder pulver som fixeras med något flytande bindmedel. Ytterligare metoder är lasersintring, en teknik som det tyska företaget **EOS** använder sig av.

Additiv tillverkning, eller 3D-printing, i form av tredimensionell utskrift av föremål representerar också ultimat digitalisering av hela förädlingskedjan från konstruktion till färdig produkt. Ingenstans behöver specifikationer och beräkningar lämna datorerna.

Redan i dag tillverkas till exempel individanpassade hörapparatssnäckor, delar till flygindustrin och skraddarsydd medicinska implantat. För prototyp-tillverkning används tekniken regelbundet. Inom en snar framtid förutses 3D-maskiner kunna göra nästan vad som helst, var som helst - försörjningskedjornas logik kommer att ändras. Tillverknings-specifikationerna i form av CAD-datafiler skickas över Internet och kan skrivas ut där det finns plats för en 3D-skrivare och tillgång till materialpaket. En servicetekniker på uppdrag kan t.ex. skriva ut reservdelar i stället för att rekvirera dem.

Företaget **General Electric** tillhör ett av de företag som tar utvecklingen på stort allvar och undersöker hur tekniken ska kunna användas generellt i deras tillverkning. Redan används 3D-utskrift vid GE:s tillverkning av prober för medicinskt ultraljud. Visionen är att en dag kunna skriva ut en hel motor.

Figure 18: Estimated Annual Revenues (in millions of US\$) from Additive Manufacturing Products and Services



Sources: Wohlers Associates. (2011) New Industry Report on Additive Manufacturing and 3D Printing Unveiled. Press Release, May 16. Available at: <http://www.wohlersassociates.com/press54.htm>

Arcam²¹ är ett svenskt Göteborgsbaserat bolag som i sin process bygger upp lagren av metallpulver som smälts till den exakta geometri som definieras av 3D CAD-modellen. Företagets produkter används bland annat för att tillverka medicinska implantat. **Cybman Technologies** är ett brittiskt företag vars skrivare *Replicator* kan skanna in ett objekt på ett ställe, skicka informationen och sedan skriva ut en kopia var som helst i världen. Närmare *teleportering* är svårt att komma. Och det finns många fler principer. Materialen som används kan vara allt från plaster till metaller, keramik och gummiliknande

²¹ Ägas av Industrifonden och Briban Invest

ämnen. Vissa maskiner kan kombinera material, som kan göra ett objekt mjukt i ena änden och hårt i den andra.

Vissa forskare använder redan 3D skrivare för att producera enkla levande vävnader som hud, muskler och bitar av blodkärl. Det finns en möjlighet att kroppsdelar som njurar, lever och även hjärtan, en dag ska kunna skrivas ut. Även mat kan "printas", kilerapplikationen sägs vara att skriva ut choklad (sic!). Paypal-miljardären Peter Thiel har stöttat det amerikanska företaget **Modern Meadow** för att utveckla 3D-bioprintingteknik med målet att kunna skriva ut en saftig biff.

För att sammanfatta är det här teknik som fortfarande ligger strax under den allmänna radarn men det finns all anledning att tro att ett genomslag ligger i närtid, speciellt om det går att skapa kontinuerliga processer av additiv tillverkning. Det finns redan sådana under utveckling. Holländska företaget **TNO** har byggt ett system med hundra plattformar där olika material läggs på efter hand, dvs. det är början på en produktionslinje med multipla skrivarhuvuden. När tekniken får fäste i marknaden kommer det att få konsekvenser i hela samhället - vad sägs t.ex. om att via datorn ladda ner ritningarna på ett vapen och sedan skriva ut det²². Hemanvändning av tredimensionell utskrift kan i framtiden bli lika självklar som att vi idag har en bläckstråleskrivare hemma. Företaget **3D Systems** som tillverkar en rad olika maskiner lanserar nästa år en hobbymaskin för hemmabruk. Maskinen som kallas Cube ska kunna skriva ut enklare småsaker i plast upp till 14 cm storlek. Skrivaren ska kosta 1 299 USD.

"An American gunsmith has become the first person to construct and shoot a pistol partly made out of plastic, 3D-printed parts. The creator, user HaveBlue from the AR-15 forum, has reportedly fired 200 rounds with his part-plastic pistol without any sign of wear and tear."

Och redan har **Pirat Bay** öppnat en avdelning på fildelningssajten som kallas *Physibles* som innebär att filer för 3D-printning kan laddas ner. "Copyright groups say if it takes off, 'Everything would go out the window'" enligt en artikel i i tidningen The Mail.

²² Extrem Tech, The world's first 3D-printed gun, By Sebastian Anthony on July 26, 2012

Från diskret och satsvis tillverkning till kontinuerlig

Om traditionell fräsning och svarvning finner sin revolutionerande motsats i additiv tillverkning saknas heller inte initiativ för att ersätta satsvis eller rent diskret (styckvis) produktion med processer som flyter på jämt och smidigt. *Continuous Manufacturing* - precis som sker i processindustrin.

Inom läkemedelsindustrin är tillverkningssystemen i regel baserade på satsvis beredning i många steg. Det är en kostsamt och ineffektiv metod. En drogs aktiva beståndsdelar syntetiseras i en kemisk tillverkningsanläggning, sedan transporteras kemikalierna till en separat anläggning där de konverteras till piller, vätskor eller krämer. Med flera avbrott i värdekedjan, inklusive transporter till olika platser - ofta olika länder - kan produktion av ett parti läkemedel ta veckor. Dessutom binder det kapital. Tillverkningsprinciperna och den skala som krävs för att producera ett nytt läkemedel kan dessutom vara ekonomiskt ohållbara - mindre lönsamma mediciner aldrig kommer ut på marknaden även om det finns behov.

Läkemedelstillverkaren **Novartis** har därför tillsammans med **MIT** startat **Novartis-MIT Center för kontinuerlig tillverkning**. Det är ett tioårigt forskningssamarbete som syftar till att omvandla farmaceutisk produktion till löpande kontinuerliga processer. Ambitionen är bland annat:

- Att påskynda införandet av nya läkemedel genom effektiva tillverkningsprocesser
- Mindre produktionsanläggningar med lägre byggnads- och kapitalkostnader
- Minimering av avfall, energiförbrukning och råmaterial
- Kontinuerlig kvalitetsföljning och inte genom i efterhand partibaserad provtagning
- Processer som ger flexibilitet att reagera på marknadens behov

Kortfattat är målet maskiner som i ena änden laddas med råvaror och i andra änden kommer pillerförpackningar ut. En pilotmaskin finns i **Boston** och antalet diskreta steg i tillverkningen har i stort sett kunnat halveras samtidigt som processtiden har sjunkit från trehundra timmar till fyrtio. Principerna bygger på kunskapskombinationer av kemi och mekanik, av sensorer, elektronik, programvara och att snabba upp vissa processer medan andra bromsas för att få dem att arbeta tillsammans. Maskinen ryms i en fraktcontainer och kan tillverka tio miljoner tabletter per år.

Inom branschen menar man att den kontinuerliga tillverkningen kan leda till en transformering av läkemedelsindustrin. I stället för globalt centraliserade och storskaliga fabriker som hittills varit nödvändiga för lönsamheten, kan produktionen åter spridas ut regionalt och lokalt. Det skulle kunna innebära snabb anpassning till behoven vid t.ex. epidemier. I princip skulle det också gå att tillverka skräddarsydda doser av medicin för särskilda patienter och i allmänhet göra att bättre behandlingsmetoder blir möjliga också ur rent kommersiella perspektiv.

Bioraffinaderier

Det sker också en tyst revolution inom den traditionella processindustrin där t.ex. biomassan tas till vara på mer avancerade och effektiva sätt. Bioraffinaderier har potentialen att höja förädlingsvärdet på biomassa genom att ta tillvara det som idag ses som restprodukter samt utveckla nya produkter i befintliga produktionsprocesser. Satt i sitt sammanhang av en global utveckling som lett till höga energipriser, miljömässiga överväganden och behovet av bränslen, kemikalier och material som ersättning för den icke förnybara oljan, är förädling av förnybara resurser en kommande hörnsten i samhällsekonomin.

Samtidigt finns det för den allt mer konkurrensutsatt massa- och pappersindustrin ett behov av att finna förnyelse, eftersom ny konkurrens inom befintliga produktområden från länder med bättre förutsättningar för hög produktivitet har skakat om och skakat ut inom branschen. Traditionella paradgrenar inom nordisk skogsindustri håller snabbt på att bli obsoleta. Vedbaserade bioraffinaderier möjliggör en andra generationens utveckling av skogsindustrin i Europa och Nordamerika, samtidigt som delvis nya aktörer ser till att fylla de nya tillväxtmarknadernas snabbt ökande behov av traditionella papper och förpackningsmaterial. Sverige har genom sin befintliga, avancerade, skogsindustri samt dess leverantörer av kemikalier, utrustning och forskning en tätposition och därmed möjlighet att ta initiativ inom området. För den petrokemiska och kemiska industrin gäller det också att följa med i det gradvis förändrade förutsättningarna och säkra såväl nya typer av råvaruflöden som processteknik.

Ett bioraffinaderi kan jämföras med ett oljeraffinaderi där råolja fraktioneras till många olika kemikalier genom destillationsprocesser. Biomassa i form av grödor eller ved från skogen kan också separeras till sina beståndsdelar och sedan vidareförädlas. Jämfört med olja är det en mer komplicerad process, vilket gör att merparten av det man i dag kallar bioraffinaderier i regel endast tar tillvara på enstaka produkter, t.ex. etanol från sockerrör eller majs. Med en utvecklad teknik finns dock möjligheten att i samma processflöde och från samma råvara parallellt utvinna flera värdefulla komponenter. Man kan säga att processen går ut på att från *”en blandning av värdefulla kemikalier utvinna en värdefull blandning av kemikalier”*. Utmaningen är att göra det kostnadseffektivt.

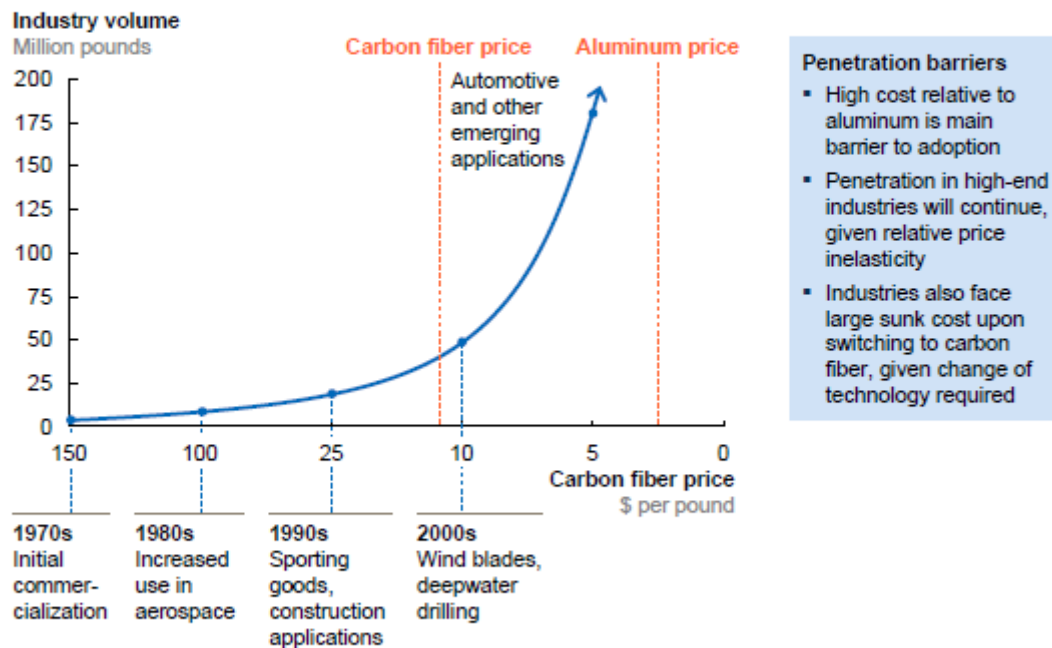
Visionen för bioraffinaderier är att de ska förmå tillverka nya superstarka fibermaterial med hjälp av nanoteknik, ersätta olja för fordonsbränslen, finkemikalier, läkemedel, functional-food, kolfiber, värme och elproduktion. Massafabriken är en utomordentlig bas för en sådan diversifierad och storskalig produktion.

Kolfiber, kompositer och fibermaterial gjorda på biologiska råvaror som växtfiber eller lignin (restprodukt vid massatillverkning) kommer att ta marknadsandelar från både metaller och petroleumbase-erade material och plaster, det är en prognos som anses säker. Fördelen är att materialen kan formas och göras starkt som stål men väger bara hälften så mycket. Det senare blir en allt viktigare egenskap inom fordonsindustrin för att göra konventionella bilar mer bränslesnåla men framförallt har det betydelse för elbilarna. Med väsentligt bättre batteriteknik så långt borta som kanske tjugo år måste möjligheterna till att förlänga räckvidd och förbättra prestanda sökas var helst det är möjligt - och då är fordonsvikten av stor betydelse.

Exhibit 6o

Large-scale adoption of carbon fiber is hindered by high cost

Carbon fiber market evolution



SOURCE: Deutsche Bank; expert interviews; Zoltek; McKinsey Global Institute analysis

Vägen till storskalig användning av konventionell kolfiber har gått via flygindustrin, både Airbus och Boeing liksom försvarsindustrin har till stor del ersatt aluminium med fibermaterialet. Användningen i bilar har delvis tagit vägen via Formula 1-sporten vidare till premiumbilar hos de kommersiella fordonstillverkarna för att till sist användas i familjebilar och bruksfordon. **BMW** är på väg att lansera en serie av eldrivna bilar i det s.k. *i-projektet*. Den första heter BMW i3 ett stadsfordon som kommer att byggas i en helt ny fabrik i Leipzig. Bilens kaross kommer att vara byggd av kolfiber som tillverkas vid en annan ny anläggning i Moses Lake, Washington, råmaterialet kommer att levereras från Japan. Platsen valdes för att dra fördel av den rikliga vattenkraftstillgången i regionen - eftersom kolfiberproduktion kräver mycket energi. Kolfibern levereras sedan till Landshut i Tyskland, där kolfibers förstärkningsdelar i plast kommer att göras, innan slutmonteringen i Leipzig.

Nanorevolutionen

Nano, framtidens teknik med vars hjälp det går att skapa material och produkter med de minsta praktiskt användbara byggstenarna som finns i naturen - atomer och molekyler. *Atomslöjd* är ett begrepp som ibland och lite skämtsamt används. Vulkaniska nanopartiklar - i skalan miljondels millimeter - har alltid funnits i jordens atmosfär. Material i nanostorlek har använts av hantverkare som del i keramtillverkning i glasyrmassan, inom metallurgin och glastillverkning. Nanopartiklar är också en del av dieselavgaserna, en besvärande förorening långt innan termen nanoteknologi myntades.

Det finns redan åtskilliga exempel på nanoteknik också inom industrin där man först på senare tid har uppmärksammat att det man sysslat med i många år faktiskt är nanoteknik. Exempel på detta är slitstarka däck, tillverkning av målarfärg och cement, UV-filter i solkrämer och så det äldsta exemplet av alla, färgat glas.

Nanovetenskapen finansieras nu med miljarder och åter miljarder dollar eller euro. När det gäller nanotekniken är vi bara i början av en ny industriell revolution. Inte ens om tio-femton år kommer vi att vara nära att se den fulla effekten av nanotekniken. Vi befinner oss ungefär där utvecklingen av datorn var mot slutet a 1950-talet, säger Maria Stromme, professor i nanoteknologi vid Uppsala Universitet. Och hittills har nanotekniken utan större väsen begåvat världen med luktfria träningskor, effektivare bilvax och självrengörande fönster och en del medicinska innovationer.

Idag tillverkas också flera ton nanopartiklar av titandioxid dagligen, magnetiska partiklar för hårddiskar eller bandmedia är också storindustri. För den förnyelsebara energiproduktionen är nanotekniken viktig för både solceller, vindturbiner, bränsleceller och effektivare batterier. Nanostrukturerade ytor som inte repas och inte blir smutsiga har börjat dyka upp i stekpannor och på byxor men får sin rätta ekonomiska betydelse i maskiner där friktionen kan minskas eller ytor göras helt vattenavstötande.

Elektronikindustrin är på god väg att transformeras från mikro- till nanoelektronik, men de traditionella litografiska tillverkningsmetoderna kan inte utan vidare skalas ner till nanodimensioner. Ska elektronikens miniatyrisering fortsätta kommer nya metoder att behövas och av speciellt intresse är att härma naturens eget sätt att självorganisera sig på nanoskalan. Men den dag vi tar det verkliga steget in i nanoelektroniken så väntar stora revolutioner. Då kommer en superdator att rymmas på ytan av en blodcell, de senaste filmerna kommer att visas genom en projektor tunn som ett hårstrå, och man kommer att kunna lagra all världens musik i ett litet örhänge. Den dagen kommer dagens nanoprylar att kännas som elektroniska dinosaurier.

Men med dessa potentialer finns också baksidor som vi idag har dålig kunskap kring och som i ambitionen om forskning och framsteg riskerar att kunna bli till obehagliga överraskningar. Hälso- och miljöeffekter av nanopartiklar är i stort sett okända och forskningen på detta område är mycket liten. Vi har brister i förståelsen för att hantera arbetarskydds- och hälsofrågor i laboratorium där nanovetenskapen provas ut, likaså vid industriell produktion av nanomaterial. Och vi har dålig kunskap om de nanosilverpartiklar som används i konsumentprodukter för deras antimikrobiella egenskaper. Risker finns att de kan tränga in via huden till blodbanorna och ta med sig andra och toxiska molekyler. Frågan om nanotekniken är komplex och bör belysas ur flera perspektiv samtidigt.

Trots andra biltillverkares satsningar på kolfiber (se nedan) satsar **GM** på *nanostål*. Nyligen köpte GM in sig i företaget **NanoSteel** som experimenterar med ändrade kornstrukturer i metaller. Skulle materialet klara sig hela vägen till det löpande bandet kan det spara avsevärd vikt i kommande slutprodukter. Förhoppningen är att materialet ska bidra till att GM klarar målet på en genomsnittlig bränsleförbrukning på motsvarande 0,43 liter per mil för hela modellprogrammet. Fördelarna med nanostål är formbarheten även när det är kallt och att det är billigare än kolfiber. Samma maskiner och robotar som redan används i dag kan dessutom användas även i framtiden.

Genetisk Ingenjörskonst

Genetisk Ingenjörskonst eller genetisk modifiering är en än mer futuristisk vision om produktionen av nya material och till och med produkter. Men som så ofta händer det mycket under ytan. På MIT har forskare utvecklat tunna litiumjonbatterier som är självkonstruerande med hjälp av genmodifierade virus. Viruset bygger batterielektroder som de fäster vid extremt tunna nanoledningar. Bakteriofagerna - som viruset kallas - fäster sig på molekyler av koboltoxid och guld och bildar ett regelbundet mönster. GMO-virus²³ som är negativt laddade (anod) skapar lager åtskilda av positivt laddade (katod) ark. Viruset ansluter sig på den polymera ytan när de påverkas av elektrostatiska krafter, och bildar supertunna kablar bara sex nanometer (sex miljarddelar av en meter) i diameter och 880 nanometer långa.

Nu har forskarna gjort samma sak med en *katod* och järnfosfat och silver, som fäster sig vid kol nanorör. För närvarande har batteriet storleken av ett mynt men forskarna tror det kan skalas upp eller ned i storlek.

Det dröjer sannolikt mycket länge innan genetiskt konstruerade industriella produkter når ut till konsumenterna, men det ger en fingervisning om vad som kan komma och att möjligheterna gränser kan flyttas mycket långt från vår vardagliga föreställningsbild.

Gränsen mellan hårda produkter och tjänster blir alltmer diffus

Att produkttillverkning alltid fört med sig andra och mjukare aktiviteter är ingen nyhet. Det har alltid behövts produktutveckling och kundsupport, marknadsföring och försäljning. Rent felavhjälpanande service har varit en självklar del i mer tekniskt sammanhang. Men över tiden är tendensen att dessa mjuka aktiviteter blir en allt större del av verksamheten inom industrin. Enligt en McKinsey-studie²⁴ är 34 procent av de anställda i tillverkningsföretag i USA i genomsnitt sysselsatta med sådana aktiviteter och det är en uppgång med 2 procent under den senaste tioårsperioden. Beroende på bransch är mellan 30 och 50 procent av de anställda i tillverkningsföretag i själva verket sysselsatta med tjänsteproduktion av olika slag, och enligt samma studie är det sannolikt att andelen fortsätter att växa. En av förklaringarna finns i skärningspunkterna av områdena Big Data, Internet of Things, Sensorrevolutionen och

²³ Genetically Modified Organism

²⁴ MGI, Manufacturing The Future, 2012

annan hårdvara som snart har försumbara kostnader. Det leder bland annat till att allt ifrån konsumentprodukter som träningsskor till verkstadsmaskiner, bilar och flygplan kan få livslång uppföljning, där enorma mängder data samlas in när de används. Data som kan omsättas till olika tjänster som kan skapa värden för allt ifrån livsstil till minskade felkostnader i industrin och säkrare trafik på vägarna.

Tillgången på information och Internet skapar nya organisationsformer

Ett av de viktigaste bidragen som informationsexplosionen ger till industrin är att det skapas öppningar för många nya arbetsformer, och samarbetsformer när information går att dela oavsett tid och rum. Dessutom kommer de positiva effekterna av digitalisering inte på något sätt att vara förbehållen de stora och traditionella marknadsaktörerna. Teknikens utveckling har inneboende kraft att skaka om mer än så när nya småskaliga och distribuerade lösningar inte bara blir tillgängliga utan också i många fall inte kommer att kosta något. Att lansera helt nya produkter kan blir både billigt och enkelt.

Collaborative Manufacturing

Ett företag som tidskriften the Economist²⁵ lyfter fram är *Quirky* - som är så trendiga som namnet antyder. I en före detta lagerlokal i New York finns en liten fabrik komplett med 3D-skrivare, laserskärmaskin, fräsmaskiner och målningsutrustning. Det är den prototypverkstad som utgör navet i Quirky:s affärsidé att omvandla andras idéer till produkter.

Med hjälp av en växande intressegrupp - folk i allmänhet - tar Quirky fram två nya konsumentprodukter i veckan. Det fungerar så att en användare av tjänsten skickar in en produktidé och om tillräckligt många människor gillar den - som på Facebook - gör Quirky en prototyp. Andra medlemmar granskar den online och bidrar på så vis till dess slutgiltiga design, förpackning, försäljning och prissättning. Quirky letar sedan reda på en lämplig serietillverkare. Produkten säljs på en webbplats och om efterfrågan ökar också av detaljhandelskedjor. Quirky hanterar också patent, standarder och eventuella godkännandeprocesser som kan vara aktuella. Uppfinnaren och andra som bidragit får 30 procent av intäkterna.

Konceptet kallas för *Collaborative Manufacturing* och genom att använda intressentgruppen eller "communityn" som bollplank kan Quirky snabbt slå fast om det finns en marknad för en produkt och dessutom ange rätt pris. Mycket av företagets produktion utförs av underleverantörer i Asien, särskilt Kina. Det tempo med vilken de kan gå från skiss till produkt är svårt att matcha. Och i framtiden kommer man säkert att använda den additiva tillverkningsmetoden även för massproduktion. Då hoppas Quirky att kunna göra mycket mer hemma i USA eftersom de ser fördelar med närheten till tillverkningen.

Shapeways är ett annat företag inom Collaborative Manufacturing. De är specialiserade på utskriftstjänster i 3D. Bolaget grundades 2007 i Eindhoven i Holland, där centrumet för den europeiska produktionen finns. Huvudkontoret finns i New York City där också en andra 3D-utskriftsproduktion har

²⁵ Collaborative Manufacturing, April 21st 2012

förlagts. Shapeways levererade 750 000 produkter under 2011 och volymen växer snabbt. Shapeways kunder för över sina tillverkningsspecifikationer via Internet och får prompt en automatiserad offert på tillverkningskostnaden med industriella 3D-maskiner. Produkten kan utformas i en mängd olika material. Användare kan även sälja sina varor online via Shapeways tjänsteutbud. Vissa produkter skräddarsys av slutkunden, som att sätta initialerna på manschettknappar.

Enkel online-åtkomst till utskrift i 3D får åtminstone tre betydande konsekvenser för industrin:

För det första "time-to-market" - Shapeway hade till exempel "skal" för iPads till försäljningen bara fyra dagar efter att Apple lanserat produkten 2010.

Det andra är riskminimering, nästan till noll, eftersom en företagare kan testa idéerna innan produktionen skalas upp. Specifikationer och formgivning kan justeras som svar på synpunkter från potentiella köpare i intressentgruppen.

Och för det tredje blir det möjligt att producera saker som inte kan göras på andra sätt, vanligen eftersom de är alltför invecklade för konventionell maskinbearbetning.

Lärkurvan är också brant, när Shapeways började sin verksamhet kunde hälften av de överförda filerna inte skrivas ut på grund av olika fel. Andelen felfria filer har nu gått upp till 91 %, bland annat genom programvara som automatiskt korrigerar fel och problem.

Crowd Sourcing

Local Motors är ett amerikanskt initiativ som går under beteckningen Crowd Sourcing. Bilen Rally Fighter är resultatet av 35 000 olika konstruktionsdelar skapade av 2 900 "community-medlemmar" från över 100 länder. Företaget planerar att sätta en annorlunda standard för hur bilar konstrueras. Local Motors har nämligen inga egna designers eller ingenjörer. Varje större system i fordonet - oavsett om det är exteriör design, inredning eller dörrar - till och med namnet - utvecklas i en utvecklingsprocess med öppen källkod.

När det finns tillräckligt stöd för en enskild konstruktion tar Local Motors fram den i en öppen process. Det innebär att medlemmarna inte bara påverkar vad som ska utvecklas, utan också hjälper till med själva utvecklingen. För att ytterligare stimulera ordnas designtävlingar där vinnaren får ett penningpris baserat på vikten av systemet i förhållande till det totala fordonet. Således kan en dörrkonstruktion få mindre pengar än exteriör design.

Bilarna byggs sedan i regionala mikrofabriker. Den första bilen medlemmarna valde att bygga - Rally Fighter - kommer att byggas både vid Local Motors huvudkontor i Massachusetts och i Arizona, där bilen - byggd för terräng och ökenrally - i första hand kommer att användas. Varje bil kommer att baseras på regionala och individuella önskemål, smak och preferenser. Det är ytterligare ett exempel på "massanpassning" och gruppens och företags mål är att kunna serva de etablerade bilproducenterna med kundanpassade bilar.

Open Innovation

Ett närliggande begrepp är Open Innovation som bygger på att företag alltmer förlitar sig på externa källor när det gäller försörjningen av innovativa idéer och i nästa steg - som i fallet med Local Motors - ta del i själva konstruktionsarbetet via web-baserade plattformar. BMW tillhör de tillverkare av avancerade produkter som har öppnat för Open Innovation genom ett "idea management system" och en "virtual innovation agency". Företaget uppger att tiden för att identifiera idéer med stor potential och dess genomförbarhet har halverats. Resultatet har blivit att två till tre sådana idéer realiserats i bilmodellerna varje år. En positiv sidoeffekt är att det också ökar intresset för varumärket.

Och för att sluta cirkeln om boktryckarkonsten som blev massindustriell - installerar nu allt fler bokhandlare i USA en **Espresso Book Machine** som gör att kunder kan låta trycka upp egenförfattade pocketböcker eller få med sig en redan utgiven bok som gått ur tryck och inte finns på hyllorna. Det handlar om en mycket snabb kopiator för sidorna, en bläckstråleskrivare av hög kvalitet för omslaget, och en robot som sätter ihop alltihop med lim och skär till pocketboken i rätt format, innan den trillar ut ur en lucka. För kunder som bara vill ha ett exemplar så är minimikostnaden 200 kronor, men för varje kopia sjunker styckpriset.

Avsnitt 2.

Informationsrevolutionen

Att information blir en strategisk resurs i framtidens produktion är ingen järv gissning. Det är heller inte osannolikt att industrins digitalisering får effekter lika stora som den redan haft i andra branscher, som kontorsautomation, telekommunikationsbranschen eller foto, musik och media. Det kommer att ske med hjälp av smarta programvaror och allt mer kompetenta datorer - men främst därför att kombinationer av metoder, material och mycket mer data kommer att bli tillgängliga samtidigt. Integrationen av information kommer att öka i värdekedjorna både bakåt i försörjningen av råvaror och energi, och framåt mot färdiga produkter och tjänster. Organisationer i form av extremt komplexa globala nätverk blir möjliga. Och allt är en nödvändig utveckling för tillväxt och för att produktiviteten ska kunna öka - ett närmast ödesbestämt par för att tillvaron på Jorden ska fortsätta som vi känner den.

Big Data

Företag samlar redan in *biljoner bytes* av information om kunder, leverantörer och egna produktions- och affärsprocesser, och miljontals nya sensorer byggs redan in i mobiltelefoner, kameror, elmätare och bilar. Alla skapar och kommunicerar data. Än mer kommer gå att mäta i framtiden både avancerade parametrar och enkla. Den tryckta RFID-tekniken i jätteskala kan ge nya egenskaper till alla möjliga produkter och tjänster som vi knappast kan föreställa oss. Antalet sålda RFID-taggar förväntas växa från 12 miljoner år 2011 till 209 miljarder år 2021²⁶. Sensorutveckling tillsammans med trådlös teknik är en stor men anonym "game-changer". Ju mer vi fysiskt kan mäta desto bättre kan vi också beräkna vad vi *inte* kan mäta och på så vis skapa *indirekta* mätvärden som gör det möjligt att förfina, förbättra och rationalisera alla typer av processer.

Kort sagt exploderar nu mängden data i världen.

Fenomenet har blivit till ett begrepp - *Big Data*: stora pooler av data som kan lagras och analyseras börjar bli del av samhällets alla sektorer och en förutsättning för vidare tillväxt. Data har blivit en produktionsresurs vid sidan om pengar, humankapital och hårda tillgångar. Det gäller branscher som detaljhandel, hälsovård, finans och försäkring men också i högsta grad industrin. Enligt en rapport från MGI finns mer än 30 miljoner sensornoder kopplade till Internet - *Internet of Things* - inom industri och elnätsbranschen redan nu, och antalet växer med mer än 30 procent per år²⁷. Men det är ändå en försvinnande liten del om den jämförs med hur mycket som faktiskt redan mäts i produktionen - det går att räkna till miljarder och åter miljarder mätpunkter som

Big Data brukar definieras som så stora mängder data att konventionella databasverktyg inte räcker till för att fånga, lagra, hantera och analysera informationen.

En mängd tekniker har under senare år i stället utvecklats för att aggregera, manipulera, analysera och visualisera Big Data. Metoderna har olika ursprung som statistiska, tillämpat matematiska, ekonomiska eller handla om maskinell inläring.

²⁶ MGI, Big data: The next frontier for innovation, competition, and productivity, 2011

²⁷ Ibid.

har potential till mycket mer än vad de används till. Industrin samlar på sig mer data än någon annan bransch - nära 2 exabyte²⁸ ny information bara under år 2010. Trendmässigt ökar också mängden tjänster

Inom bilindustrin konstrueras bilarna redan som tredimensionella digitala prototyper som kan köras, krocktestas osv. långt innan de i verkligheten provas på testbanan. Faktum är att de virtuella bilderna i dag är så bra att de kan användas för att skapa marknadsföringsmaterial och reklamfilm långt innan bilen finns i verkligheten.

Men det finns ytterligare vinster med att inte bara simulera produkten utan också själva produktionsprocessen. Det är en utveckling som nu tar fart. I framtiden kommer vi att ha en fysisk - verklig - produktionslina och en virtuell som kan kalibreras att fungera exakt som den reella. Men som ger möjligheter att ändra, simulera, prova, träna och att köra igång anläggningen gång på gång, långt innan den första fysiska produkten överhuvudtaget vidrör några verktyg. Det här kräver strukturerade och modulbaserade ansatser vid konstruktionen av anläggningen där varje modul ses som ett objekt ur olika aspekter från olika digitala system. Det innebär också att ledtiderna kan kortas, genom att t.ex. automationssystemets olika delar inte behöver programmeras - den programkoden är ett resultat av själva konstruktionsprocessen och kommer så att säga på köpet.

ter som håller reda på produkterna när de lämnat fabriken. Det kan gälla fordon till maskiner och konsumentprodukter som gör att informationsmängderna ökar ytterligare. Ett exempel är monitoreringen av en långflygning med en Boeing 737 som genererar 240 terabyte av data²⁹.

Sätten som Big Data kan bidra till både tillväxt och ökad produktivitet inom industri, handeln och samhällets funktioner i övrigt är många. Men en rättmätig fråga är varför det ska ske just nu, data har ju alltid varit en central del av informations- och kommunikationsteknologin? Svaret är att mängden data och mätpunkter har nått en punkt där tekniken och mängden data verkligen lyfter exponentiellt under kommande år. Det sker när ett antal tekniktrender sammanfaller med annan utveckling - som vi berör i denna rapport - och det går redan att iaktta konsekvenser i det globala ekonomiska landskapet.

Som vi konstaterat är det nödvändigt med fortsatta produktionsökningar och ökning av produktiviteten av resurs-skal om miljarder världsmedborgare ska kunna ta steget in i medelklassen, och ytterligare miljarder resa sig ur fattigdom. Det är ingen lättvindig match därför industrin så här långt varit skickliga på att utveckla produktionsmetoder, skala upp processer och använda It-teknik för att växa och för att förbättra effektiviteten. Big Data förväntas vara en av lösningarna som gör det möjligt att ändå ta nästa större språng i utvecklingen.

Vinsterna förväntas komma från ökad effektivitet i alla processer. I design- och konstruktionsarbetet, i tillverkningen, genom ökad effektivitet, bättre produktkvalitet och genom

att bättre kunna möta kundernas krav. Exempelvis kan metoder som knyter an till Big Data reducera utvecklingstiden med mellan 20 och 50 procent och samtidigt eliminera fel genom simulering och testing³⁰. Genom att använda realtidsdata går det att förutse material och produktflödena i globala värdesystem med en precision som inte varit möjligt tidigare, och därmed reducera felkostnader och

²⁸ exabyte - en triljon byte - tusen petabyte. (Exa står för en etta följd av 18 nollor.) Tusen exabyte blir en zettabyte

²⁹ MGI, Big data: The next frontier for innovation, competition, and productivity, 2011

³⁰ Ibid.

stopp. Ett område som med hjälp av Big Data-metoder förväntas få ökad betydelse är PLM - Product Lifecycle Management. Företag har sedan ett par, tre decennier sedan investerat i olika system för konstruktion, produktutveckling, produktion, testning och service. Alla skapar stora mängder data men informationen blir lätt fångad i respektive systemmiljö. Genom att skapa Big Data-plattformar som drar nytta av all data kan processerna optimeras ytterligare och nya samarbetsformer etableras.

Sensor-driven operation syftar till den ökade användningen av mätdata i produktionsprocesserna där idén är att med hjälp av *sensornätverk* och realtidsdata optimera tillverkningsprocesserna ytterligare. Det nya är att kombinera konventionella processdata med kompletterande information och att hantera stora mängder data. Ett område där sådan teknik har börjat användas är på produktionsplattformarna för oljeutvinning där parametrar som flöden kombineras med seismiska data och satellitinformation. I stora datafarmer sker sedan analys och resultaten skickas ut i fält för operationella justeringar. Erfarenheten är att användningen av tekniken på det här viset kan minska driftskostnaderna med upp till 25 procent och leda produktionsökningar på mer än 5 procent³¹.

Ytterligare ett område som kan förbättras med hjälp av analys av stora datamängder är möjligheten till att mycket mer exakt förstå kundernas behov - genom att t.ex. bygga in diagnosfunktioner som i fallet med Boeing 737 - och därmed kunna erbjuda precis vad som förväntas. Det kan både leda till ökad försäljning och minskade kostnader.

Big Data är sammanfattningsvis ett fenomen som inkluderat varierande metoder för att hantera, analysera och presentera informationen, har förutsättningar att få stor påverkan på tillväxt och effektivitet inom industrin. Kanske den enskilt största faktorn för att ekvationen om befolkningsökning, välstånd och ansträngningarna på miljö och klimat ska gå ihop. Samtidigt är det en utveckling som inte saknar hinder som är angelägna att identifiera och i positiv mening eliminera eller mildra effekterna av. Ett problemområde berör det som ibland kallas Cybersäkerhet. Det är ett område som får alltmer aktualitet och vars allvar betonas när nationer i snabb takt nu kompletterar sina militära försvar med cyberstyrkor. Hoten kommer såväl från stater som brottsliga organisationer och enskilda individer. Se mer om cybersäkerhet i appendix.

Ett annat problemkomplex berör vem som äger informationen och om den personliga informationsintegriteten. Och ett hinder för utvecklingen av annat slag är bristen på förmågor och kompetenser som kan hantera de matematiska och statistiska metoder och maskininlärning som Big Data kräver, likaså förutses brist på chefer och ledare med tillräcklig insyn för att förstå värdet av analyserna i operativ och strategisk företagsledning.

Internet of Things

Vi har konstaterat att Big Data är ett begrepp som används för datamängder vars storlek är bortom

³¹ MGI, Big data: The next frontier for innovation, competition, and productivity, 2011

möjligheten för vanliga programvaruverktyg att hantera inom acceptabla tidsramar. I praktiken innebär det alltifrån några dussin terabyte till många petabytes och att definitionen över tiden i allra högsta grad är rörlig.

Analysföretaget IDC menar att mängden data växer med 50 procent varje år, eller fördubblas vartannat år. Och det handlar inte bara om mer data i befintliga flöden. Som berörts tidigare ökar antalet nya mätpunkter med digitala sensorer överallt. I industrisammanhang, i bilar, i mobiltelefoner, i elmätare osv. kan rörelser, vibrationer, vikt, temperaturer och även luftens sammansättning mätas och kommuniceras. Tanken att låta alla dessa sensorer kopplas upp i ett nätverk med databehandlingskapacitet och returnera resultat att användas i alla tänkbara och otänkbara tillämpningar är det som karaktäriserar idén om "the Internet of Things" - eller ibland the "Industrial Internet". Nästa generations internetapplikationer använder protokollet IPv6 - som ersätter version 4 - och gör det möjligt att i princip kommunicera med varje objekt som skapats av människor därför att adresseringsmöjligheterna gjorts extremt stora - se faktaruta.

Det nya Internetprotokollet IPv6 använder 128 bitar långa adresser istället för som tidigare 32. Detta ger en teoretisk möjlighet för $3,4 \cdot 10^{38}$ adresser. För att göra det mer greppbart: $6,7 \cdot 10^{17}$ adresser per kvadratmillimeter på jordens yta eller sammanlagt exakt: 340 282 366 920 938 463 374 607 4 31 768 211 456 adresser (nästan 340,3 sextiljoner).

Kort sagt: de vägar vi är vana att informationen kan söka ersätts av en värld där själva den fysiska miljön blir ett informationssystem. När olika objekt eller apparater både kan känna av, kommunicera och agera blir de verktyg som kan "förstå" komplexa miljöer och situationer och snabbt svara på förändringar.

Med industriella ögon finns anledning att vara vaken på utveckling när dagens affärsmodeller så småningom - förmodligen även oväntat - utmanas av nya som tar vara på dynamiken i en ny informationsvärld. Och förmodligen är det inte tillverkningsprocesserna som är mest kritiska ur perspektivet förändringsberedskap - i produktionen är traditionen lång när det gäller att mäta och styra, och nyfikenheten stor bland skicklig instrumentingenjörer att pröva nya verktyg och metoder.

Som vi flera gånger konstaterat i rapporten finns de stora värdena att finna i att integrera information. Internet of Things kommer utan tvekan att öppna helt nya världar när det kommer till kunskap om marknaden och kundernas beteenden, såväl som försörjning av råvaror och andra resurser.

När kundernas köppreferenser känns av i realtid på en specifik geografisk position börjar idén om dynamisk prissättning bli riktigt intressant och kan öka oddsen för köpavslut. Kunskap om hur en produkt används kan öppna för nya affärsidéer - att betala för hur mycket och på vilket sätt produkten används i stället för ett traditionellt inköp t.ex. Men även i produktionsmiljöerna kan Internet of Things få betydelse. Givarteknik blir en massprodukt där priserna för att mäta många parametrar raskt går i riktning

mot noll. Det blir billigt och enkelt att mäta mycket mer, och det kan säkert bidra till smidigare, säkrare produktion med högre tillgänglighet.

Internet of Thing blir inte verklighet över en natt, det är en lång process som redan har påbörjats,

Yes, there are traces of futurism in some of this and early warnings for companies too. Business models based on today's largely static information architectures face challenges as new ways of creating value arise. When a customer's buying preferences are sensed in real time at a specific location, dynamic pricing may increase the odds of a purchase. Knowing how often or intensively a product is used can create additional options—usage fees rather than outright sale, for example. Manufacturing processes studded with a multitude of sensors can be controlled more precisely, raising efficiency. And when operating environments are monitored continuously for hazards or when objects can take corrective action to avoid damage, risks and costs diminish. Companies that take advantage of these capabilities stand to gain against competitors that don't.

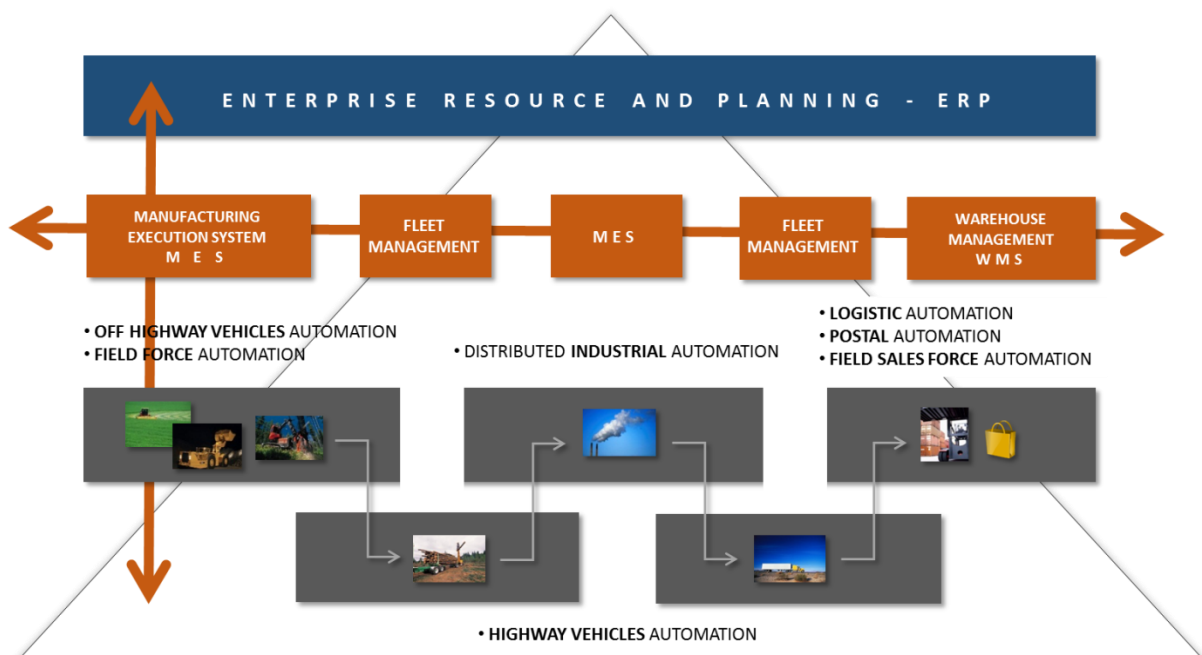
The widespread adoption of the Internet of Things will take time, but the time line is advancing thanks to improvements in underlying technologies. Advances in wireless networking technology and the greater standardization of communications protocols make it possible to collect data from these sensors almost anywhere at any time. Ever-smaller silicon chips for this purpose are gaining new capabilities, while costs, following the pattern of Moore's Law, are falling. Massive increases in storage and computing power, some of it available via cloud computing, make number crunching possible at very large scale and at declining cost.

Automationens Tredje Våg

Automationsbranschen - och på så vis också klassisk instrument- och elteknik - möter fenomenen Big Data, Internet of Things och nya sätt att organisera arbete. Gränsen mellan vad som betraktats som automation³² och informationsmiljöer som hör till andra delar av försörjningskedjorna suddas ut när integrationen ökar. Vi talar om både vertikal integration - mer kommer att mätas och skickas uppåt och neråt i informationshierarkierna - och horisontal integration när stegen i värdekedjorna kopplas samman som indikeras med pilarna i figuren nedan.

Vad som sker är att fabriksautomationen integreras med matematiska avancerade- och organisations-orienterade system. System som vi konstaterat kan hantera enorma mängder data. På så vis skapas miljöer och snabbväxande marknader för en rad av applikationer och aktiviteter.

Definitionen av *automation* blir också mycket bredare och kan inkludera vad som händer i jordbruket eller skogen (industriell mobilitet), transporter, logistik, förbättrat underhåll osv. - förutom mängder av tillämpningar för traditionell fabriksproduktion. Vi kallar den här utvecklingen *den tredje vågens automation*.

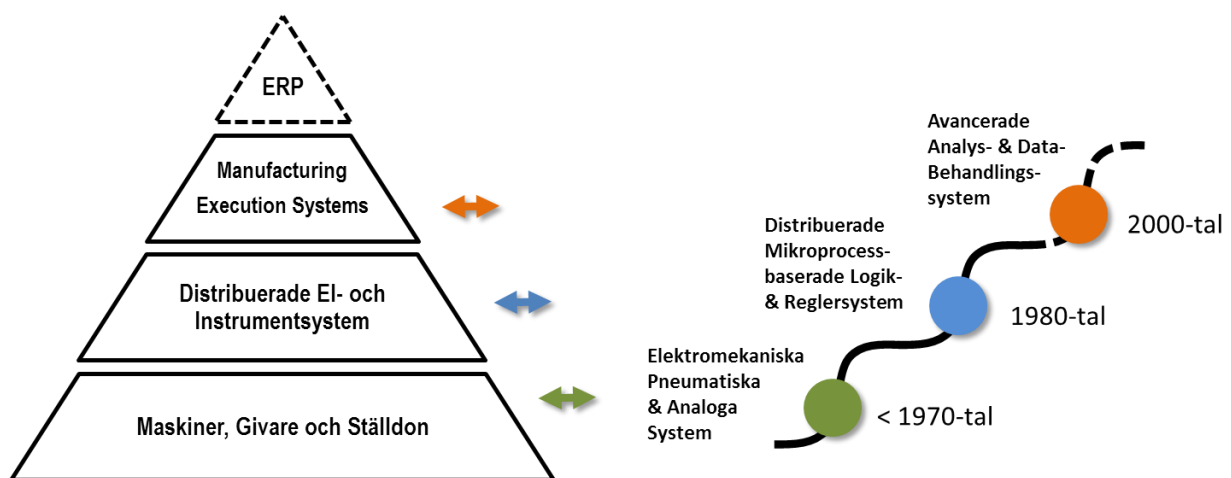


Figur 8: Automationspyramiden och ökad integration och informationsutbyte. Källa: Blue Institute, 2013

³² Automation är ett viktigt framtidsområde med tydlig koppling till såväl IT och elektronik som till ekonomi, människa/maskin och miljö. Automationssystem är ofta komplexa med stora datanätverk, sensorer, visualisering av komplex processinformation i realtid, förståelse för användarens produktionsekonomi, simulering etc. Här krävs förståelse för såväl teknik och miljö som ekonomi och beteende. (Wikipedia)

Den första vågens automation var maskinnära med från början enkla förreglingar och reglerfunktioner. Tekniken med elektromekaniska reläer, pneumatik och analoga regulatorer förhärskade under större delen av 1900-talet, men utvecklades och relativt avancerade automationssystem byggdes med relä-teknik och senare med hjälp av transistor och halvledarteknik.

Den andra vågens industriautomation var en konsekvens av mikroprocessorn under 1980-talet. Det mängdarbete de så kallade Decentraliserade Styrsystemen (DCS) utför skiljer sig i princip inte från vad som teoretiskt varit möjligt med den första vågens verktyg. Men det blev praktiskt och ekonomiskt möjligt att tillämpa i stor skala. Över hela världen har den här tekniken medfört en enorm produktivtetsutveckling när grupper av maskiner och processer automatiskt kan samverka och människor försvunnit från fabriksgolven in i kontrollrummen.



Figur 9: Den så kallade automationspyramiden och olika generationers automationsteknik i tiden. Källa: Blue Institute, 2012

Från proprietär till standard

En förutsättning för den fortsatta utvecklingen - och en mycket stark trend - är att ersätta egenutvecklad hård- och mjukvara med standardprodukter. Volymfördelarna med standardprodukter går omöjligt att möta för de smala och specialiserade industriella leverantörerna. Operatörmiljöer och system för optimering och produktionsstyrning - MES, Manufacturing Execution Systems - körs idag nästan uteslutande på datorer och servrar med Windows eller Linux som operativsystem. Den domän som återstår för speciella arkitekturer är de processnära kontrollstationerna, system för in och ut signaler - I/O - och en del kommunikationsstrukturer. Högt ställda säkerhets-, tillgänglighets- och realtidskrav gör att den situationen kan förväntas bestå eftersom det saknas alternativ på öppna marknaden.

Men inom många områden öppnar sig spännande möjligheter när teknik som tas fram för - enorma - konsumentmarknader kan börja användas inom industrin. Exempel på sådana möjligheter är gest- rörelse- och taligenkänning. En teknik som bland annat utvecklas av Microsoft under varumärket Kinect. Hos automationsleverantörerna utvärderas nu möjligheten att använda tekniken i t.ex. operatörmiljöer. Ett annat område som med framgång kan importeras från konsumentelektronikmarknaden är "Googel Glass" och "Augmented Reality", dvs. att i ett par speciellt designade glasögon spegla in information om det objekt man för närvarande tittar på. *Förstärkt verklighet* kan bli mycket användbart i industrin både för operatörer och underhållspersonal som t.ex. snabbt kan få status på en pump eller en elmotor bara genom att titta på den. Överlag sker det stora ansträngningar inom de mer traditionella delarna av automationstekniken för att sätta operatörerna i centrum och ge dem nya verktyg och möjligheter.

Men utvecklingen mot standardteknik för inte bara fördelar med sig. Nya problem uppstår när programvaruversionerna kommer tätt, slutar att underhållas och måste uppdateras. Ett annat problemkomplex handlar om cybersäkerhet när programvarumiljöerna blir de samma som vi har hemma och på kontoren, och dessutom kanske ansluts till Internet, då ökar kraven på både kunskap, regler och rutiner för att undvika intrång som både kan vara fysiskt farligt och innebära väsentliga ekonomiska risker.

För automationsleverantörerna kommer det att vara en avgörande förmåga att förstå båda världarna: vad som erbjuds på ett dignande smörgåsbord av generell teknik och teknikutveckling måste ställas mot de speciella industriella kraven där robusthet och säkerhet är parametrar som aldrig får ruckas på.

Applikationer - Robotik

Den industriella robotiken är precis som den digitala automationen en produkt av mikroprocessorn. Sedan sent sjuttioital har industriroboten förbättrats i flera generationer. Den har blivit snabbare, mer precis, kan klara mer komplicerade moment, har fått "syn" genom vision-systemen osv. Men grundkonceptet har stått stadigt, precis som roboten som mest utformats för att tillgodose de stora volymmarknaderna som linjer för svetsning av bilkarosser. Nu pekar mycket på att vi snart kommer att se släktingar till den stillasittande roboten på verkstadsgolven. Robotar som inte behöver sitta "inburade" utan har förmågan att röra sig mellan olika arbetsstationer och moment. Som till slut kan samarbeta med människor och känna av sin omgivning så att det blir säkert. Ett annat mål är att göra det lättare att sätta dem i komplext arbete, att få dem att förstå enklare instruktioner och talat språk t.ex. Det här är egenskaper som inte minst är viktiga för att mindre tillverkningsföretag ska finna det praktiskt och lönsamt med robotar på verkstadsgolven.

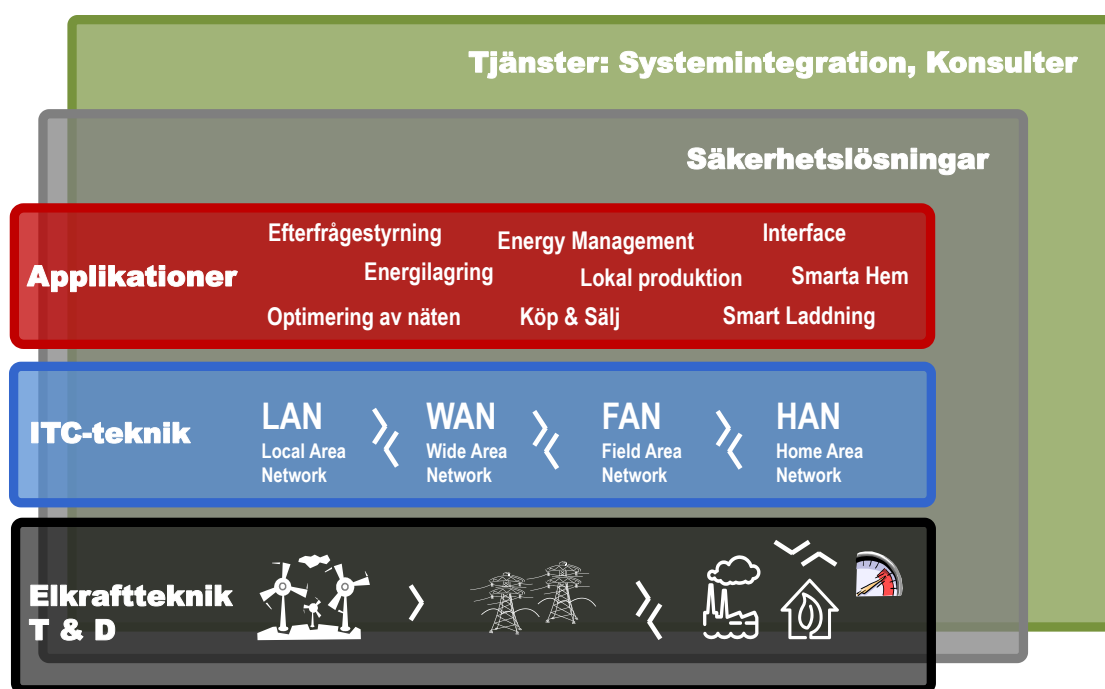
- **Advances in industrial robotics.** At the end of 2010, an estimated one million industrial robots were in use and 118,000 were being sold annually. Robot use is highly skewed by region and by industry: in 2010, automotive and electronics manufacturing each accounted for more than 30,000 robot units sold globally, while industries such as food and beverage, rubber and plastics, and metal products each bought only 4,000 to 6,000 new robots. Robots are more widely used in less labor-intensive industries and are more concentrated in advanced economies where wages are higher and the workforce is more highly educated (Exhibit 62). In Germany and Japan, there are 200 to 250 robots per \$1 billion of output; China and India have fewer than 50. South Korea is an outlier with more than 350 robots installed per \$1 billion of output, driven by the large share of highly automated industries such as automotive and electronics in its manufacturing base.

Across manufacturing industries, robots are used increasingly to reduce variability, increase speed in repetitive processes, get around ergonomic restrictions, and improve plant utilization and productivity. By one estimate, installations will grow 26 percent from 2010 to 2014, bringing robots to new regions and industries.⁹⁵ This adoption is driven largely by falling costs; average robot prices have declined by 40 to 50 percent relative to labor compensation since 1990 in many advanced economies. Another factor is the growing variety and complexity of tasks that robots can perform with the integration of machine learning and natural language processing. In addition, manufacturers are installing robots to meet demands for higher quality from customers and regulators and to match competitors. Robotics can also help manufacturers adapt to changes in the global labor market, such as the aging of working-age populations and rising labor costs in developing economies. In industries that adopt more modularization and standardization of processes, robots could become prevalent even in low-cost regions.

Applikationer - Smarta Elnät

Andra exempel som pekar ut riktningen för vad digitalisering och automation leder är de *smarta elnäten* som helt bärs upp av avancerad datorteknik i olika skepnader. Från teknisk styrning och underhåll av anläggningarna via storskaliga CRM-system och andra tillämpningar för företagsprocesserna, till otaliga applikationer i olika apparater som skapar det *smarta hemmet*.

De olika funktioner som krävs för att ett elnät ska betraktas som "smart" kan förenklas till tre olika nivåer som omgärdas av olika säkerhetslösningar och naturligtvis olika typer av integrationstjänster.



Figur 10: Schematisk modell över de olika tekniklagren som behövs för att bygga Smarta Elnät. Källa: Blue Institute

Det nedersta lagret utgörs av elkraftteknik, från kraftverket fram till konsumenterna. Väl där sker avancerad elmätning, eller AMR³³. Det är en väsentlig del eftersom en nyckelfunktion är att hålla reda på elförbrukningen och vart den sker. Mellanlagret hanterar informationen från fältet och kombinera den med andra data - som priser och efterfrågan. Här anmäler företag som Cisco, Ericsson och många fler sina tjänster. Hemmanäten för vanliga hushåll kallas HAN³⁴. Den branschen kan lägga beslag på all Smart Grid-teknik *innanför* elmätaren i hemmen. Det tredje lagret härbärgerar alla de olika IT-system och programvaror som styr, övervakar och stödjer mängder av funktioner som behövs för att kedjan till det Smarta Hemmet (och Elbilen) ska hålla ihop både fram och tillbaka. Här vill **IBM** erbjuda sin hjälp med att integrera olika system, bygga tillämpningar och analysera de stora mängder data de producerar. **Oracle** och **SAP** är också med i den främsta linjen och erbjuder s.k. **end-to-end** lösningar.

Det bakre lagret är viktigt för att skydda samhällsfunktioner när dator och kommunikationssystemen öppnar sig mot Internet. Att skydda infrastrukturerna är en stor uppgift som även innebär en stor marknad. Förutom de välkända antivirusföretagen, tar försvars och flygindustrin steg in på detta område, exempel är **Raytheon**, **Boeing**, **Lockheed Martin** och svenska **SAAB AB**. Ytterligare en aspekt är integritetsskyddet. Ökad information om hushållen såsom elförbrukning på minutnivå, kan omsättas

³³ Automatic Meter Reading

³⁴ Home Area Network

till värdefull marknadsinformation. Till sist det bakersta lagret innebär en stor marknad för systemintegratörer och konsulter, bland dem som positionerat sig starkt kan t.ex. räknas IBM.

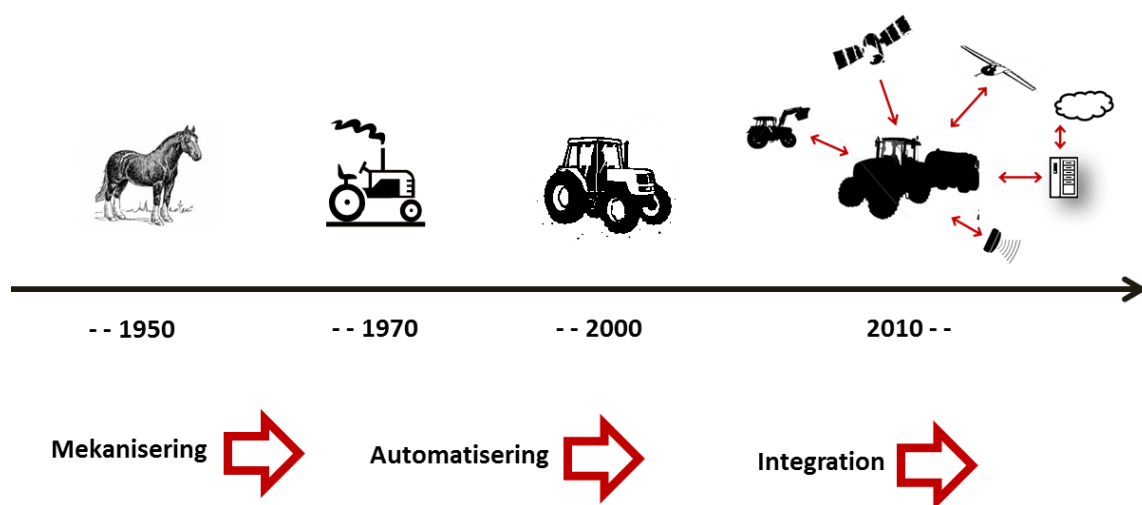
Applikationer - Industriell mobilitet

Produktionen av råvaror och energi måste som vi har konstaterat 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 och 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 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. Att skörda, borra, fånga, riva, mark-bereda och återvinna osv. Från att under många decennier varit maskiner 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.

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-, jord-bruks- 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.



Figur 11: 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 i tvåtusentalet. Nu kopplas maskinerna upp och blir noder i det större produktionssystemet. Källa: Blue Institute, Rörliga och Sammankopplade, 2013.

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 ITK- 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.

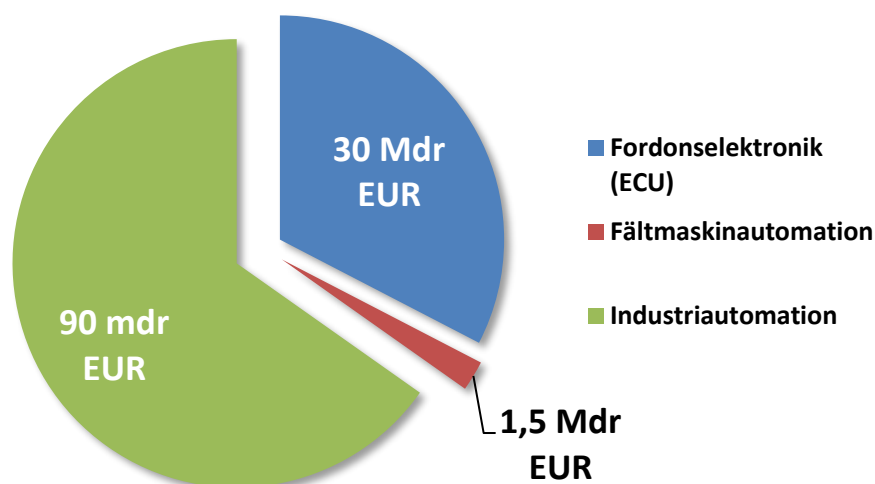
Entreprenader och vägbyggen stöds av system som kombinerar GPS och laser med digitaliserade konstruktionsunderlag. Produktivitetsförbättringar upp till 100 % har påvisats i studier.

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.

Automationen Tredje Våg skapar stora globala marknader

Automationsmarknaden i världen är värd mellan hundra till närmare trehundra miljarder EUR beroende på vad man räknar in i marknaden. I det högre intervallet 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 industrin 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 12: De olika automationsmarknaderna och dess andelar. Källa: Blue Institute

Slutdiskussion & Analys...

...Sverige är ett världsnav när det gäller automationskompetens, och betydelsen av samverkan mellan automationsbranschen och industrin osv.

<http://tatsoft.com/blog/?p=97>

augumented rality yokogawa

<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10438599100000006>

<http://www.automation.com/content/changing-with-the-times-industrial-automation-20>

http://m.plm.automation.siemens.com/en_us/about_us/leadership/miller.shtml

<http://www.scidev.net/en/science-communication/opinions/in-perspective-launching-a-third-industrial-revolution.html>

Appendix

i. Värdeperspektiv och Produktivitetsbegreppet

*En fundamental drivkraft för den industriella utvecklingen är **produktivitet**. Produktivitet är förhållandet mellan produktionen och de produktionsresurser som finns tillgängliga, till exempel kapital och arbetskraft. Om produktiviteten ökar går det bra att producera mer trots att antalet arbetade timmar är oförändrade eller minskar. Ett intilliggande begrepp är enhetsarbetskostnaden som talar om hur mycket man behöver betala arbetskraften för att framställa en produkt eller tjänstenhet, av något slag.*

Genom att investera i automation kan enhetsarbetskostnaden minskas samtidigt som produktiviteten ökar. Hela efterkrigstiden har i själva verket präglats av att industrin steg för steg har ersatt arbetsintensiv produktion med högre teknologinnehåll. Utvecklingen har sedan slutet av 1970-talet och datorernas entré i produktionen medfört att en överväxel har lagts in.

Men trots generösa investeringar är det inte säkert att effekten kommer prompt - i själva verket finns ofta en inbyggd tidsfördröjning. Fenomenet kallas produktivitetsparadoxen - en anomali som t.ex. innebär att 1980- och 90-talets intensiva IT och Automationssatsningar inte ökade produktiviteten nämnvärt. Enligt **Lennart Schön**, professor i ekonomisk historia är detta samband belagt.

Produktivitet och tillväxtökningen har i stället kommit under perioden 2000 och framåt. Produktivitetens utvecklingen kan alltså vara livskraftig långt efter det att teknikutvecklingen gjort sitt. I själva verket förändras den underliggande produktivitetens utvecklingen sällan dramatiskt från år till år - däremot går det bra att följa produktivitetens utvecklingen mellan olika decennier och olika epoker.

Anledningen är ganska självklar - investeringar i nya anläggningar eller maskiner och IT-system är alltid förenad med omställningskostnader. Produktiviteten kan till och med förväntas falla när ny teknik tas i drift. Efter hand som allt fler lärt sig den nya tekniken och barnsjukdomarna har hanterats, så stiger effektiviteten. Processoperatörer, produktionsledning och strateger har fått nya verktyg att arbeta med, men det tar en tid innan kreativiteten och kunskapen gör att processerna kan förfinas, ändras och vidareutvecklas.

Det finns också studier som visat på ytterligare anledningar till fördröjningen. En viktig anledning är "följa John-effekten" effektivisering hos ett företag gör att konkurrenterna med nödvändighet måste följa efter. De får då också utstå stiltje eller sämre produktivitet innan det blir bättre. Ytterligare faktorer som påverkar produktivitetens utfallet utan att påverka den underliggande effektivitetens utvecklingen är förändringar i efterfrågan. Om efterfrågan på en produkt stiger eller faller hastigt, kan det dels innebära att produktiviteten faller därför att mindre optimala produktionsresurser måste tas i bruk, tills dess att investeringar kan höja produktionstakten. Om efterfrågan faller får man ännu större problem med produktiviteten. Vid hastiga svängningar i belägningsgraden går det inte att fullt ut slippa undan arbetskraftskostnaderna för den icke sysselsatta delen av kapaciteten.

Framtidens produktion kommer att vara mer integrerad än dagens. Framförallt beror det på att digitalisering och uppkoppling kommer att ha en omstöpnande effekt minst lika stor som den haft i andra branscher som blivit digitala. Telekommunikation, media och fotobranscherna 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 är bekant för de flesta, som 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 mer snabbare datorer kommer potentiell produktivitet och kvalitet att kunna frigöras i de industriella värdekedjorna. 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.

ii. Cybersäkerhet

Cyberwarfare - cyberkrigföring - är ett nytt ord för de flesta, som det också är lika bra att lägga på minnet. Det innebär att använda datorer och Internet att för bedriva krig i **Cyberrymden**. Cyberwarfare kan beskrivas som ett maktmedel, tillgängligt för en motståndare, och användbart för att anfälla, förstöra och störa kommunikationer och informationsflöden. Låga inträdeshinder i kombination anonymitet gör listan på potentiella anfallare lång, från tonåriga hackers till fientliga nationer och terrorister. Dessutom, cyberrymdens avsaknad av nationella gränser kommer att utmana rättssystemen och samtidigt komplicera förmågan att avskräcka hot och på så sätt reagera på oförutsedda händelser. **Cybersäkerhet** ska därför tas på stort allvar, det handlar inte längre endast om "nördar" och hackers, utan om reella hot mot nationers säkerhet.

I februari 2010, släppt det amerikanska militärkommandot **U.S. Joint Forces Command** en studie³⁵ som bland annat inkluderade en sammanfattning av de hot som cyberkrigföring kan innebära:

"Med mycket små investeringar, och anonymitet, kan motståndare skada våra nationella intressen. Cyberspace kommer att bli en viktig front i alla konflikter. Fiender i cyberrymden kommer att vara både stater och icke-stater och de kommer att utgöras av allt ifrån amatörer till välutbildade professionella hackare. Genom cyberrymden kommer fiendens mål att vara näringsliv, högskolor, myndigheter, liksom militären i luft, mark och sjö. Ungefär på samma sätt som luftanfall förvandlade slagfältet under andra världskriget, finns i cyberrymden möjligheter att bryta de fysiska barriärer som skyddar en nation mot angrepp mot handel och kommunikation.

"The first months of 2009 highlighted this emerging vulnerability as media reported on the presence of potential adversaries on our power grids, via cyberspace".

Som en konsekvens av de nya hoten börjar speciella försvarsenheter att bildas. **The Cyber Command i USA** är ett av de tidigaste. I Sydkorea har ett liknande **Cyber Warfare Command** bildats. Förmodligen som ett svar mot Nordkoreanska hot. Även NATO har en enhet för Cyber Defence, **Cooperative Cyber Defence Centre of Excellence** ligger i Tallin och inledde sin verksamhet i maj 2008. Huvuduppgiften är att samordna Natoländernas cyberförsvar. Man kan förvänta sig att modellen med militära specialenheter kommer att sprida sig till fler nationer. Uppgiften för Cyber Commands är att hitta och neutralisera cyberattacker. Kommandot i USA uppger redan nu att det finns en obalans mellan den tekniska förmågan och den rådande lagstiftningen. Jämför t.ex. med FRA-debatten i Sverige

³⁵ Fritt översatt från: THE JOINT OPERATING ENVIRONMENT, February 18, 2010, United States Joint Forces Command

Det finns många metoder för angrepp i cyberrymden, i denna lista rangordnas de viktigast efter ökande allvarlighetsgrad³⁶:

CYBERSPIONAGE innebär att ta del av hemligheter från enskilda personer, konkurrenter, rivaler, grupper, regeringar och fiender. Syftet är att skapa militära, politiska eller ekonomiska fördelar genom att använda olagliga metoder på Internet, i nätverk, i mjukvara och/eller datorer.

WEBBVANDALISM innebär attacker för att fördärva webbsidor eller överbelasta datorsystem. Denna typ av attack bekämpas normalt snabbt och är av mindre skada.

PROPAGANDA Politiska budskap kan spridas av vem som helst med tillgång till Internet eller mobiltelefoner etc.

INSAMLING AV DATA Klassificerad information som inte hanteras på ett säkert sätt kan snappas upp och även modifieras, vilket gör spionage möjligt.

DISTRIBUTED DENIAL OF SERVICE (DOS) Ett stort antal datorer som kontrolleras av en person eller organisation kan starta en s.k. DOS-attack. Genom att alla datorer samtidigt försöker få åtkomst till ett företag eller en tjänst på nätet, trängs legitima användare som behöver få tillgång till tjänsten, ut.

UTRUSTINGSSTÖRNINGAR Militär verksamhet som använder datorer och satelliter för störning av fientliga militära system. Order och meddelanden kan avlyssnas eller bytas ut, och lura trupper och soldater i riskzoner.

ATTACKER MOT KRITISK INFRASTRUKTUR Kraftsystem, vatten & avloppsverk, bränsle, kommunikationer, handel och transport kan alla utsättas för cyberattacker.

FALSKA HÅRDVARA Hårdvara som används i datorer och nätverk som har skadlig programvara gömd inne i mjukvaran, i s.k. firmware eller till och med i mikroprocessorerna.

³⁶ Källa: SC-Magazine. Cyberspace and the changing nature of warfare
Kenneth Geers, U.S. representative (NCIS), Cooperative Cyber Defense, Center of Excellence August 27, 2008

I april 2009 förekom rapportering om att det amerikanska elnätet hade infiltrerats och att programvara hade placerats som skulle kunna användas för att påverka systemets funktion. Samma månad medde-

Titan Rain

Was the U.S. Government's code name for an ongoing series of cyber attacks on U.S. computer systems since 2003. Titan Rain is thought to rank among the most pervasive cyber security threats that U.S. computer networks have ever faced.

Källa: US Cyber Command

lade Pentagon att de använt mer än 100 miljoner dollar under de senaste sex månaderna för att reparera skador från cyberattacker och andra relaterade datorproblem i nätverk³⁷. Även **Wall Street Journal**³⁸ rapporterade om hur spioner från bland annat Kina och Ryssland ska ha lyckats tagit sig in i de amerikanska distributionsnäten och planerat skadlig kod. Enligt det statliga forskningsinstitutet **US Cyber Consequences Unit**³⁹ är det ett känt faktum att kritisk infrastruktur regelbundet sonderas av andra nationer. **CIA** uppger också att hackers under 2008 lyckats genomföra angrepp mot elnät i andra länder och stängt av strömmen i flera städer⁴⁰. De federala myndigheterna i USA medger att elsystemet är mottagligt för cyberattacker. Vissa studier tyder på att ett samordnat strategiskt angrepp skulle kunna sänka 70 % av kraftnätet i sex månader eller mer, enligt den amerikanska **Cyber Defence Agency**⁴¹. Vilket naturligtvis skulle vara förödande för ett land.

³⁷ <http://www.cbsnews.com/stories/2009/04/07/tech/main4926071.shtml>

³⁸ Wall Street Journal Tech 8 april 2009

³⁹ <http://www.usccu.us/>

⁴⁰ Källa: IDG: <http://www.idg.se/2.1085/1.219456/smart-elnat-sarbart-for-cyberattack>

⁴¹ Computer World 27 april 2009

Även säkerhetsforskare varnar för sårbarheten i de Smarta Elnäten. För att demonstrera hur svagheter kan utnyttjas skapades en nätverksmask som spred sig från en elmätare till nästa. Varje enhet som drabbades visade ordet "**pwned**" på sina LCD-skärmar. Pwned är ett slanguttryck som betyder att något erövrats⁴². Säkerhetskonsulten **InGuardians**, som har granskat säkerheten i tre pilotinstallationer för Smart Grids i USA, lyckades ta sig in i digitala elmätare för att "smyglyssna" och manipulera. Rapporten från konsultbolaget har väckt stor uppståndelse i USA. Även företaget **IOactive** har demonstrerat hur styrenheter i smarta elnät kan vara sårbara för nätverksmaskar och liknade typ av skadlig kod⁴³

Nuclear Regulatory Commission, har bekräftat att ett data-nätverk vid kärnkraftverket **Davis Besse**, Ohio, i januari 2003 infekterades av en så kallad mask, känd som "Slammer". Det ledde till att ett säkerhetsövervakningssystem var ur funktion i nästan fem timmar⁴⁴.

En ukrainsk professor i folkrätt, **Alexander Merezko**, har utvecklat ett projekt som kallas den internationella konventionen om förbud mot Cyberwar i Internet. Enligt detta projekt är cyberwar definieras som användning av Internet och tillhörande tekniska hjälpmedel av en stat mot politiska, ekonomiska, tekniska och information suveränitet och oberoende av någon annan stat. Professor Merezko projekt tyder på att Internet bör förbli fritt från krig taktik och behandlas som ett internationellt landmärke. Han uppger att Internet (cyberspace) är ett "människlighetens gemensamma arv".

Källa: Wikipedia

⁴² IDG, 23 mars 2009

⁴³ CNN 21 mars 2009

⁴⁴ THE BRIDGE, National Academy of Engineering, våren 2010