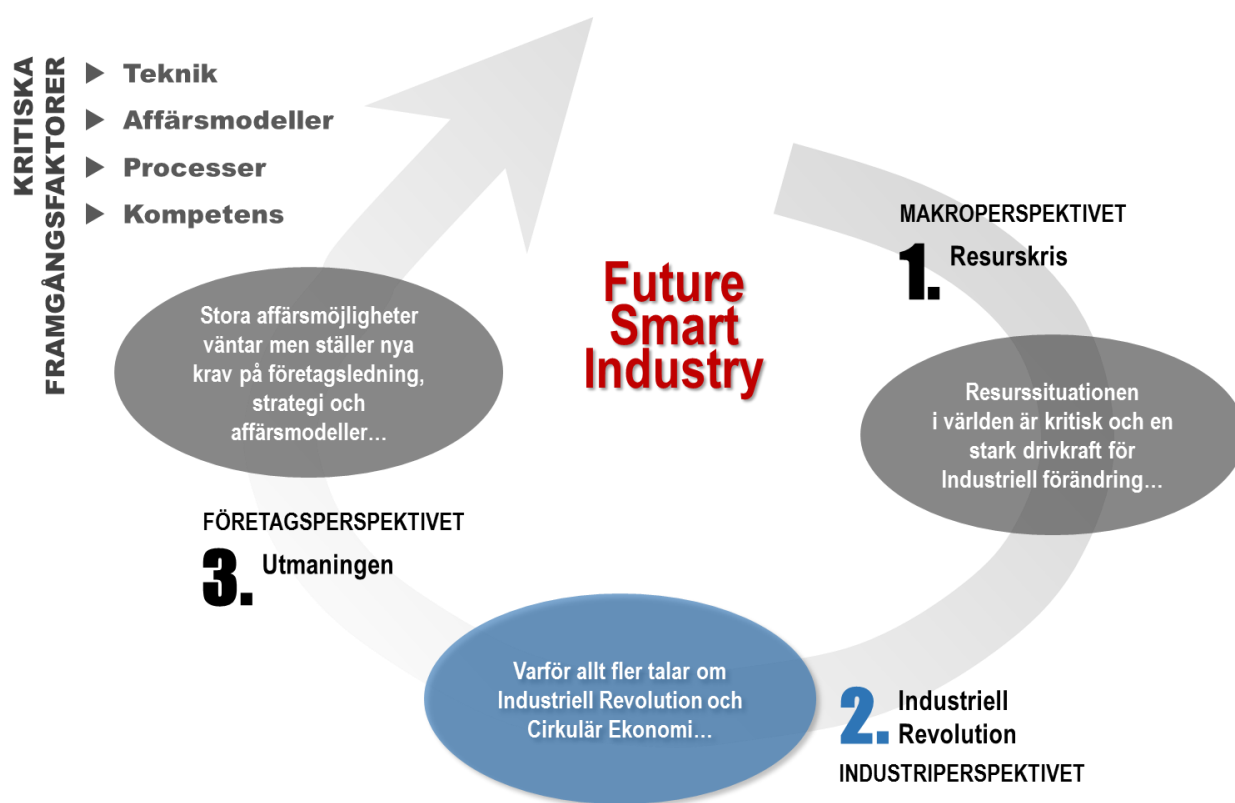


Future Smart Industry

En rapportserie i tre delar | Del 2 INDUSTRIELL REVOLUTION



Innehåll

Förord.....	3
Inledning.....	5
Marknadsrevolution.....	7
Linjär till Cirkulär... ..	11
Innovationer som förändrar världen.....	16
Sammanfattning.....	25
Fördjupningar	27
Fördjupning I - Industriella Revolutioner	28
Fördjupning II - Institutionernas Utmaning... ..	32
Fördjupning III - Digitalisering	38
Vidareläsning.....	46

Förord

Under snart tio år har Blue Institute analyserat den industriella utvecklingens frontlinje. Det har lett till rapporter och samtal om resurser och energi, om transporter, drivmedel och fordonssäkerhet, om samhällsbyggande och hälsa, om digitalisering av värdesystem - och mycket mer. Framsynsstudierna som ederats av *VINNOVA Analys* har uppskattats bland politiker, företagsledare, inom akademi och forskning.

Arbetet med många industriella inriktningar under så lång tid har också gett perspektiv. Perspektiv som låter ana större underliggande rörelser. Förändringar som berör mer än enskilda branscher och marknader och ger oss anledning att ta ett steg tillbaka och vidga blicken. För att med nya insikter återkomma till strategier som gynnar svensk exportindustri i ett väldigt föränderligt marknadslandskap.

Föreliggande serie om tre rapporter är ett samarbete mellan *Blue Institute* och *PiiA Analys*, finansierat av *VINNOVA*.

Stockholm i oktober 2014

Blue Institute är ett oberoende forskningsinstitut och en tankesmedja för industrin. I vår forskning är samarbetet med akademien och industrin en garanti för att vårt nytänkande är relevant och att resultaten är industriellt värdefulla.

Vi vet också att strategier aldrig blir bättre än människorna som ska genomföra dem. För kunskapsutbytet i våra projekt bildar vi gemensamma team där förmågan hos våra klienter alltid spelar huvudrollen.

Blue Institute som varumärke står för kunskapen och effektiviteten i vårt kärnteam och förmågan att alltid anpassa oss för uppgiften.

Future Smart Industry är ett kunskapsprogram där Blue Institute tillsammans med industrin och akademien prövar och utvecklar kunskapen om ett industriellt landskap så föränderligt att det kan kallas Industriell Revolution.

PiiA - Processindustriell IT och Automation är ett strategiskt innovationsprogram finansierat av VINNOVA tillsammans med Energimyndigheten och Formas. Programmet har sin hemvist hos SICS Swedish ICT Västerås AB där PiiA är organiserat med egen styrelse, ledningsgrupp samt stödgrupperingar.

PiiA Analys är ett återkommande forum som lyfter fram och fördjupar industriella trender och aktiviteter inom PiiAs verksamhetsområde. Artiklar och analyser publiceras på hemsidan och som rapporter. PiiA

Analys är också en mötesplats som ger utrymme för eftertanke och kunskapsutbyte mellan industri, akademi och myndigheter.

Inledning

*Det börjar med en fråga: **går det att utesluta en fundamental global kris när naturresurserna ska räcka för välståndsökningar - antalet människor som lever medelklassliv växer från två till fem miljarder de närmaste åren - samtidigt som världsbefolkningen ökar med närmare tre miljarder?***

Ökad efterfrågan har sedan millennieskiftet redan raderat ut hundra år av minskade råvarupriser samtidigt kostar det allt mer att utvinna energi, mineraler och livsmedel. De bekväma reserverna är tömda och ny produktion adderar miljöbelastning. Resurseffektiviteten behöver öka långt över dagens takt för att stå emot efterfrågetrycket.

Ett scenario där bristen på energi, material, livsmedel och vatten bromsar den globala tillväxten och skapar volatila - oförutsägbara - marknader går inte att utesluta. Och utvecklingen sker redan på bekostnad av miljön.

Men även i dystra scenarier går det att ana möjligheter. Att istället se utvecklingen som pådrivande faktorer in i nästa industriella fas. Där det skapas nya marknader och förutsättningar till ny balans.

Är det möjligt? Och är det i själva verket århundradets affärsmöjlighet för de som inser vad som sker och har verktygen för att handla?

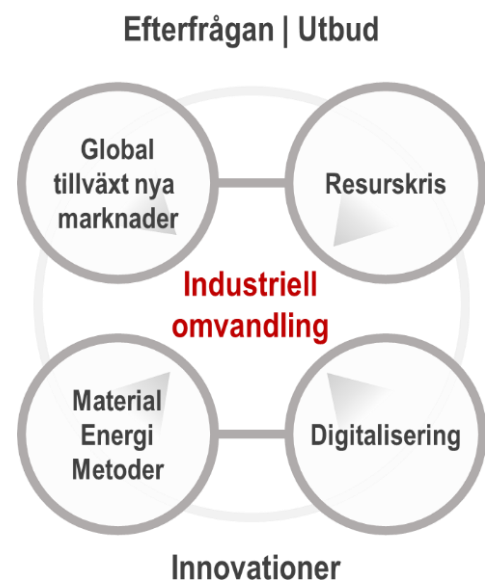
Svaret kan vara **ja** om digitalisering, industriell process-teknik, bioteknik, materialvetenskap och förnyelse av institutionerna gör det möjligt att upprepa 1900-talets produktivitetstrick - men denna gång på ett mer ansvarsfullt sätt.

Genom att koppla isär resurser och tillväxt som de hänger ihop idag och ersätta med processer som återanvänder och substitut för många traditionella råvaror. Där utvecklade affärsmodeller leder till att resurserna används många gånger mer effektivt.

Det blir en fråga om att ta tag i grundproblemen och sätta finansiell teknik, offshoring och slentrian-mål åt sidan. Om att gamla sanningar och nyckeltal riskerar att bli obsoleta. Att värden förknippade med ohållbar resursanvändning, teknik och affärer ökar i risk.

Och det handlar om att företagsledningarna inte längre kan nöja sig med att leverera ett par procents produktivetsförbättring per år. Snarare behöver *resurseffektiviteten* aritmetiskt öka i en takt av 50 procent och mer sett över mindre än femårsperioder.

Då öppnar sig också nya marknader och affärsmöjligheter. Digitalisering är en av nycklarna till framtiden. Den förväntade tillväxttakten för industriell IT- och automationsutrustning förväntas t.ex. ligga 50 procent över generellt industriproduktionsindex under kommande konjunkturcykler¹. Och det kan



¹ Idag är den industriella IT-marknaden värd 155 miljarder USD per år. Fördelat på 72 miljarder för factory automation och 83 miljarder USD för processautomation. Av det är 40 MUSD fältutrustning.

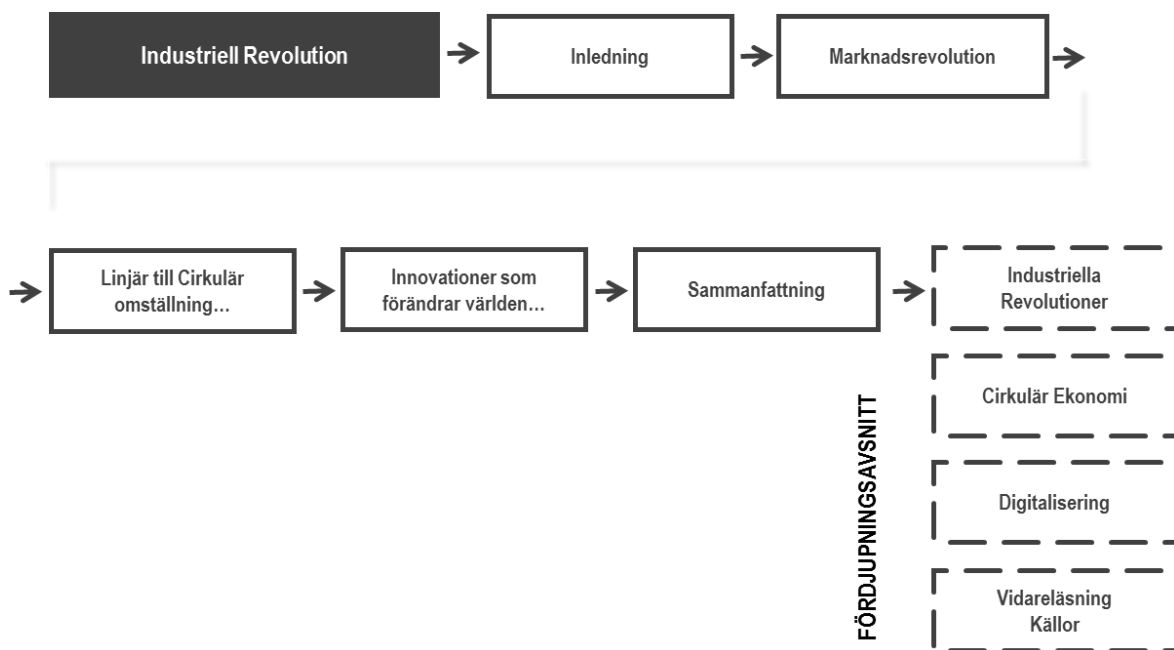
finnas anledning att revidera upp de siffrorna - företag som kan leverera resursproduktivitet i stor skala har chans att bli 2000-talets vinnare.

Rapportstrukturen

I tre delrapporter ska vi studera hur industrilandskapet kan förväntas ändras. Den första rapporten har vi kallat: **Resurskris**, den andra: **Industriell Revolution** och den tredje: **Utmaningen**. Varje rapports huvudtema är sammanfattade för att ge en snabb överblick. Som komplement för den som vill veta mer finns fördjupningar och en litteraturförteckning för vidareläsning.

Del II. Industriell Revolution

I denna delstudie diskuterar vi varför politiker, debattörer och forskare tar till begrepp som *den tredje* eller till och med *den fjärde och femte industriella revolutionen*. Vi ska också närma oss begreppet *Cirkulär Ekonomi* som en väsentlig del av den industriella omvandlingen. I fördjupningsavsnitten diskuteras fenomenen *Industriell Revolution*, hur *Institutionernas utmaning* ser ut och om digitaliseringens jobbpåverkan. Till sist tar vi en grundligare titt på *Digitaliseringens* konsekvenser.



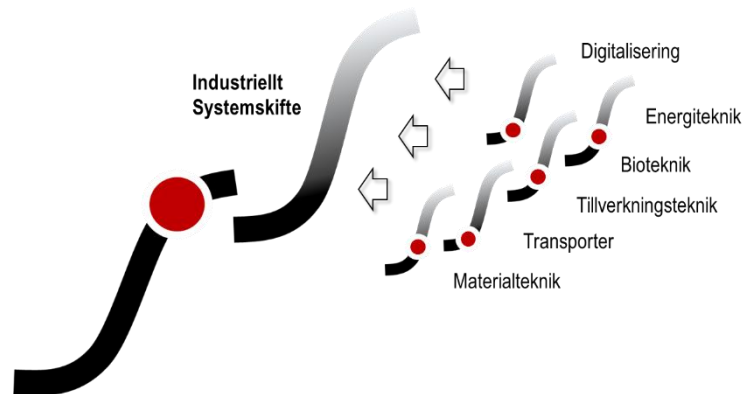
Marknadsrevolution

*I den här rapportserien spårar vi drivkrafter för industriell omvandling i makroperspektiv, i de industriella systemen - och drar slutsatser om hur det påverkar enskilda bolag och företag. Finanskrisen, en ojämn global återhämtning, tillväxtekonomiens mognad katalyserad av teknikutvecklingen - gör att begreppet **new normal** också innebär långtgående påverkan på det globala industriella systemet. En lika omfattande utveckling som nittiotalets industriglobalisering kan enligt allt fler bedömare ha börjat. En förändring som kännetecknas av digitalisering, marknadsnärvaro och återanvändning.*

Under de senaste decennierna har tillverkningsindustrin mer kännetecknats av kapitalrationalisering, outsourcing och offshoring än beundran av ingenjörskonsten. Det är konsekvenser av ett globalt rörligt kapital, decentraliserade eller distribuerade värdesystem, jakt på lägre kostnader, liberalisering, låga löner och tillväxtambitioner i Kina. På många sätt en utveckling som nu närmar sig en bortre parentes på väg mot nästa fas i den industriella utvecklingen.

Kina kan inte längre intecknas som världens verkstad. Faktorkostnaderna ökar och strategin är att höja produktionsvärdet i takt med att medelklassen växer. Samtidigt står industrin inför teknologisprång som leder in i nya mönster, det vi kallar nästa S-kurva (se illustration och även Del I) - som beskriver hur marknader föds, växer och dör.

En bärande del i den utvecklingen är att digitaliserad produktion på sikt kan jämna ut kostnader - även globalt - och att tillverkningsstrategier baserade på låga löner plötsligt riskerar bli obsoleta. Nästa kapitel i industriell utveckling kännetecknas av *skickligheten* att omsätta digitalisering till konkurrenskraft. Där tekniken är lika - och lika effektiv för alla. Differentieringen får värde genom kompetens, affärsmodeller, konkurrenskraftiga processer och marknadsnärvaro².



Digitalisering och marknadsnärvaro

De senaste decenniernas etableringar i Kina har långt ifrån enbart varit produktionsdriven. Marknadspositionering - först med investeringsvaror och industriförnödenheter, sedan allt mer kapitaltunga konsumentprodukter som bilar - har varit strategisk av det enkla faktum att det är här marknaden växer.

När fördelarna med närhet till marknaden kombineras med kostnadseffektiv digital produktionsteknik och infrastrukturer, kan det ge renässans till lokal och distribuerad produktion. Därmed väcks också förhoppningar om en ny-industrialisering bland de gamla industristaterna.

Fenomenet diskuteras flitigt i managementkretsar och har fått namn som *Reshoring* eller *Nextshoring*. Det är begrepp som fortfarande associerar till arbetskraftskostnader. Vi menar att den utveckling som

² Blue Institute, Tredje vågens automation, 2014

blir möjlig med den digitala teknikutvecklingen - som omfattar information, robotar, 3D-teknik etc. - är klart marknadsdriven.

Det finns alltid stora fördelar med att finnas i marknader och *nära* kunderna. Både praktiska som har med distans att göra, men lika viktigt är närheten till intryck, förståelse för behoven och innovativa förmågor.

På det sättet innebär utvecklingen mer *marknadsrevolution* än något annat. Mer än två tredjedelar av tillverkning i världen³ sker i anslutning till marknader som efterfrågar specifika produkter. Det är speciellt tydligt inom livsmedelssektorn, bilindustrin och för vissa material. Det är inom sådana sektorer som tillväxten är störst både i omsättning och i jobbskapande. Teknikutvecklingens potential att leda till ännu mer distribuerad tillverkning är nu på väg att realiseras. Värdekedjan flyttar närmare kunderna.

Lokal Marknadsrevolution

Inom *läkemedelsindustrin* är tillverkningssystemen baserade på satsvis beredning i många steg. Det är en kostsamt och ineffektiv metod. En medicins beståndsdelar syntetiseras i en kemisk tillverkningsanläggning, sedan transporteras kemikalierna till en annan anläggning där de konverteras till piller, vätskor eller krämer.

Med flera avbrott i värdekedjan och transporter - ofta mellan länder - kan produktion av ett parti läkemedel ta veckor. Den binder kapital och den skala som krävs för att producera ett nytt läkemedel kan dessutom vara ekonomiskt ohållbara. Mindre lönsamma mediciner kommer aldrig ut på marknaden trots att 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.

Kortfattat är målet maskiner som i ena änden laddas med råvaror och i andra änden levererar pillerförpackningar. En pilotmaskin finns i Boston och antalet diskreta steg i tillverkningen har kunnat halveras samtidigt som processtiden sjunkit till närmare en tiondel.

Resultatet är en kombination av digital teknik, kemi och mekanik 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 projektet kan leda till en transformering av läkemedelsindustrin. I stället för globalt centraliserade fabriker kan produktionen spridas ut regionalt och lokalt. Det skulle kunna innebära snabb anpassning vid t.ex. epidemier. I princip skulle det också gå att tillverka skräddarsydda doser av medicin för särskilda patienter och i allmänhet göra bättre behandlingsmetoder tillgängliga också ur rent kommersiella perspektiv.

Local Motors är det amerikanska initiativet bakom bilen *Rally Fighter* och en serie motorcyklar. Det unika är att fordonen är resultatet av 35 000 olika konstruktionsdelar skapade av 2 900 community-medlemmar från hundra länder. Varje system utvecklas i en utvecklingsprocess med öppen källkod.

³ George Katy et.al Next-shoring: A CEO's guide

Fordonen byggs i lokala *Micro Factories* som ska finnas nära kunderna och anpassa bilarna och motorcyklarna efter lokala önskemål och krav.

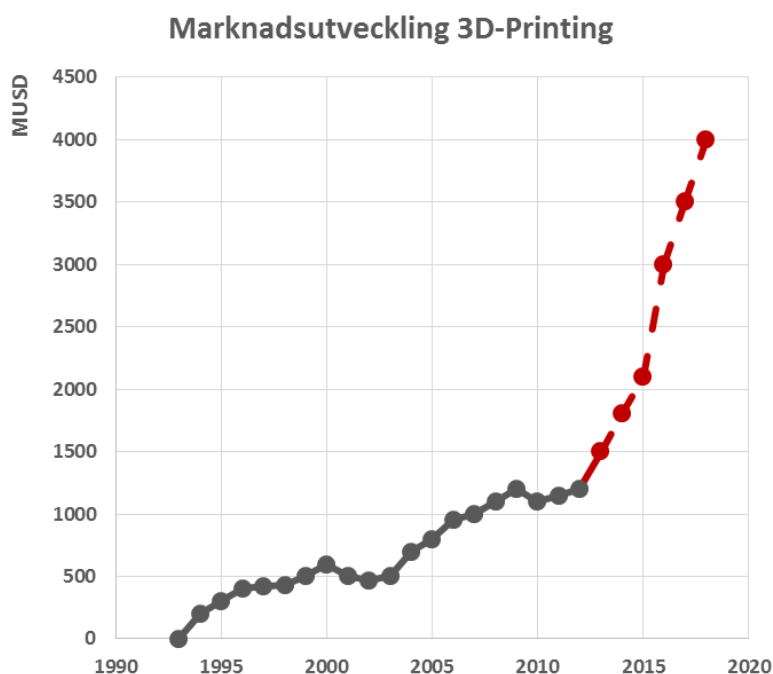
Additiv tillverkning eller *3D-printing* är en teknik som gör kundnära och anpassad produktion möjlig. I första skedet konkurrenskraftig för skräddarsydda komponenter eller reservdelar i små serier och där andra kostnader lokalt är lägre. Men i takt med utvecklingen är det möjligt att större volymer kan skrivas ut med lönsamhet och utmana konventionell tillverkning.



Figur 1: Ariel Cruiser från Local Motors. Källa: Local Motors

Med utvecklingen av 3D-tekniken växer lokala företag upp som på uppdrag konstruerar och skriver ut produkter. Dessa kundnära företag kan ha fördelar som de stora konkurrenterna har svårt att matcha. I förlängningen kan det vara så att storföretagens största strategiska fördel *storlek* inte längre är självklar. Öppen standard och tillgång till konstruktionsunderlag kan på sikt bidra till att konkurrensfördelarna flyttas från skala och lågkostnadstänkande till andra delar av värdekedjan som design och kunder.

Entreprenörsföretagen som med relativt låga inträdeströsklar nu blommar upp i hela världen och levererar mervärden som snabbhet, närhet och komplexitet - kan komma att konsolideras för att utmana på riktigt.



Figur 2: Marknadsutveckling för 3D-printing. Källa: Wohlers Associates (2011) New Industry Report on Additive Manufacturing and 3D Printing Unveiled. Press Release, May 16 och Global Industry Analysts, Inc. 3D printing a global strategic business report, July, 2012. Credit Suisse, Global Industrial Automation, 2012. Bearbetning: Blue Institute, 2013

Sammanfattning

Världens industri är påverkad av finanskrisen, en ojämn global återhämtning, tillväxtekonomiernas mognad som speciellt ändrar Kinas roll. Samtidigt leder teknikutvecklingen till att marknadsnärvaro kan betala sig med produktionsmetoder som tar udden av skalfördelarna. Digitaliseringen jämnar ut kostnaderna mellan länder när automationen tar bort fördelarna med lönekostnadsarbitrage. Men över allt detta vilar hotet av en real resurskris som kan innebära både brist och svängande priser och stor osäkerhet på företagsnivå.

Ytterligare en faktor att räkna med i industriomvandlingen är därför ett tänkbart systemskifte. Ett skifte till en *cirkulär ekonomi*.

Linjär till Cirkulär...

*I den första delrapporten beskrev vi hur världens medelklass kommer att öka från två till fem miljarder människor under de kommande två decennierna. Den påverkan som denna utveckling får på industrin innebär osäkerheter på både utbuds- och inkomstsidan. Med råvarumarknader som riskerar bli mer volatila och där vissa råvaror kan ta slut, ökar efterfrågan på alternativa modeller för industriproduktionen. Tanken på en systemomställning som bygger på återanvändning får stöd av företagsledningarna hos bland annat **Cisco, Philips, Veolia**, kemiföretagen **Indorama** och **DSM**, **BT Rail**, **Renault** och **Unilever**. Besparingar på 1 000 miljarder USD per år är inom räckhåll om återanvändningen kan öka i en cirkulär ekonomi.*

Bland politiska ledare talas allt oftare om *industriell revolution* och bättre resursutnyttjande med hjälp av ökad återanvändning. Längre har det varit en debatt för sig, delvis frikopplad från den industriella verkligheten. Men nu händer det något. I ambitionen att få större kontroll på värdekedjorna börjar industriföretagen själva att fråga sig om man tillverkar och saluför sina produkter på det mest optimala sättet.

Försök med att återanvända material, produkter och komponenter har en tendens att bli industriellt lyckosamma. När det sker utmanas etablissemangen och väcker den större frågan om det är möjligt att koppla isär ekonomisk tillväxt och resursmässiga *hinder* för tillväxt? Om ett industriellt system som är konstruerat för att återvinna material, energi och arbete inte är det enda som är långsiktigt optimalt för *både* affärerna och samhället?

ABBs ombyggnad och återanvändning av SJs X2000-tåg och Deutsche Bahns Inter City Express, Renaults fabrik i Choisy-le-Roi som återanvänder motorer och transmissioner, Caterpillars Cat Reman som återanvänder motorer och garanterar samma hållbarhet och prestanda som för nya motorer. Även kopieringsföretagen Xerox och Ricoh har koncept för återframställning och konfektionsindustrin börjar återanvända textilmaterial. Också processindustrin sluter sina processer och återvinner energi och material. De globala strömmarna av återanvänt papper och förpackningsmaterial är ett gott exempel. Men också en illustration på att mer återstår - varje år uppskattas 32 miljarder USD⁴ försvinna i värde på grund av kvalitetsförluster som skulle kunna minskas om mer omsorg lades på förpackningsdesign och tryck.

Alla dessa exempel tyder på att det är möjligt att skala upp olika processer så att de fungerar som helhet i de globala värdesystemen.

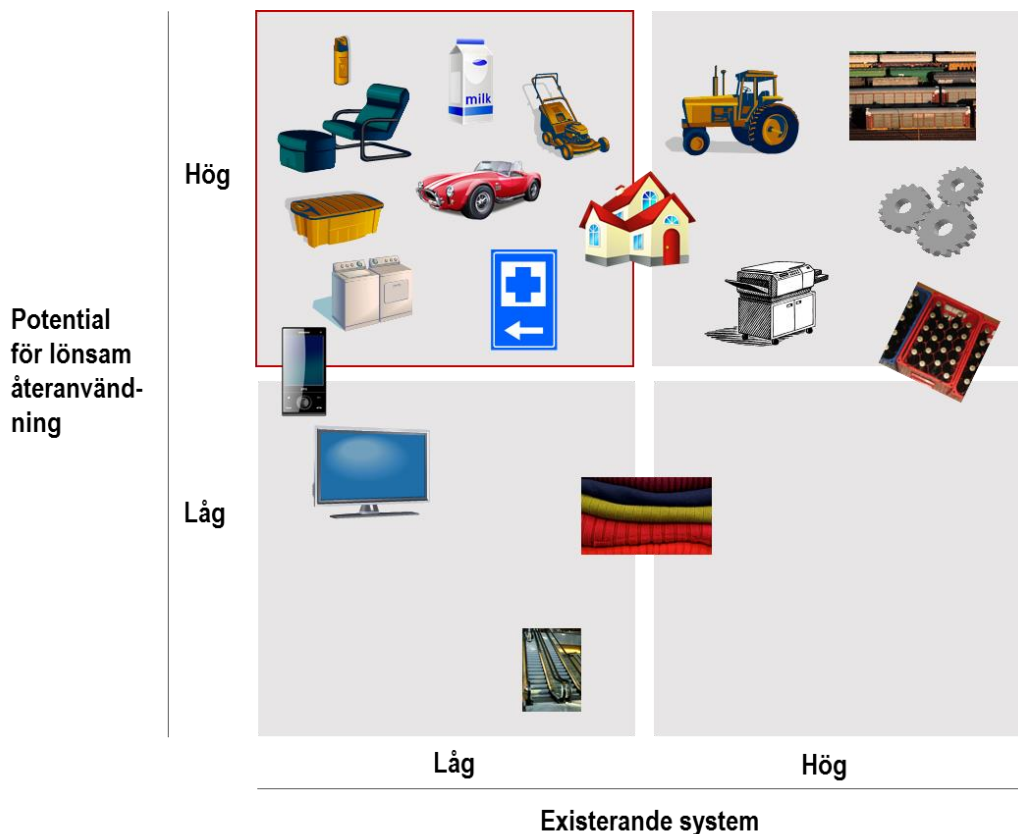
Vad det är frågan om...

Hållbarhet eller *sustainability* är ett begrepp med flera dimensioner och brukar beskrivas som vilande på tre *pelare*: ekonomisk utveckling, social utveckling och skyddandet av miljön⁵. I näringslivet har begreppet tillämpats de senaste decennierna och succesivt bidragit till att de negativa externa effekterna har minskat eller eliminerats. Tillverkningsprocesserna har blivit mer ekonomiska och förbrukar mindre energi, material och vatten.

⁴ Ellen mc Arthur Foundation, Rapport 2014

⁵ Beslutat under FNs 2005 World Summit

Den cirkulära ekonomin är ett inslag i den hållbara ekonomin vars mål explicit är att eliminera materialförluster och minimera förbrukning av processresurser i industrin. I lean-tänkandet adresseras de här frågorna redan i *produktionen*, men i det cirkulära koncepten beaktas alla faser av produktens livscykel. Det är med andra ord mer än bara återvinning sett som *recycling* - som använder mycket energi, de-genererar materialet och inte minskar behovet av nytt *jungfruligt* material i tillräckligt hög omfattning.



Figur 3: Potential för affärsmässigt lönsam återanvändning av olika produktkategorier. Källa: Ellen Mac Arthur Foundation⁶

Den cirkulära ekonomin går längre och lägger grunden för ett industriellt system som från början *konstruerar bort* förluster i form av material, energi och arbete.

Nedanstående bild från *Ellen MacArthur Foundation*⁷ visar hur *recycling* är en lång yttercirkel som tar mer energi än de mer eftersträfvansvärda korta inre cirklarna: *reparera, återanvända och återframställa (repair, reuse and remanufacture)*. Målet är att konstruera inte bara för enkel återvinning, utan *också* för minimal energianvändning. Man talar om fyra typer av värdeskapande:

⁶ "Potential" for circularity assessed by product's suitability in terms of product design (e.g., modularisation, non-toxicity), reverse logistics (e.g., developed remanufacturing activities) and likelihood of developing circular activities; and by ease of implementing these, which is driven by customer acceptance of circular practices and products, and convenience/incentive to return goods; "Opportunity captured today" is driven by reuse, refurbishing, remanufacturing and recycling activities in respective markets; positioning is validated by expert indications gathered during interviews.

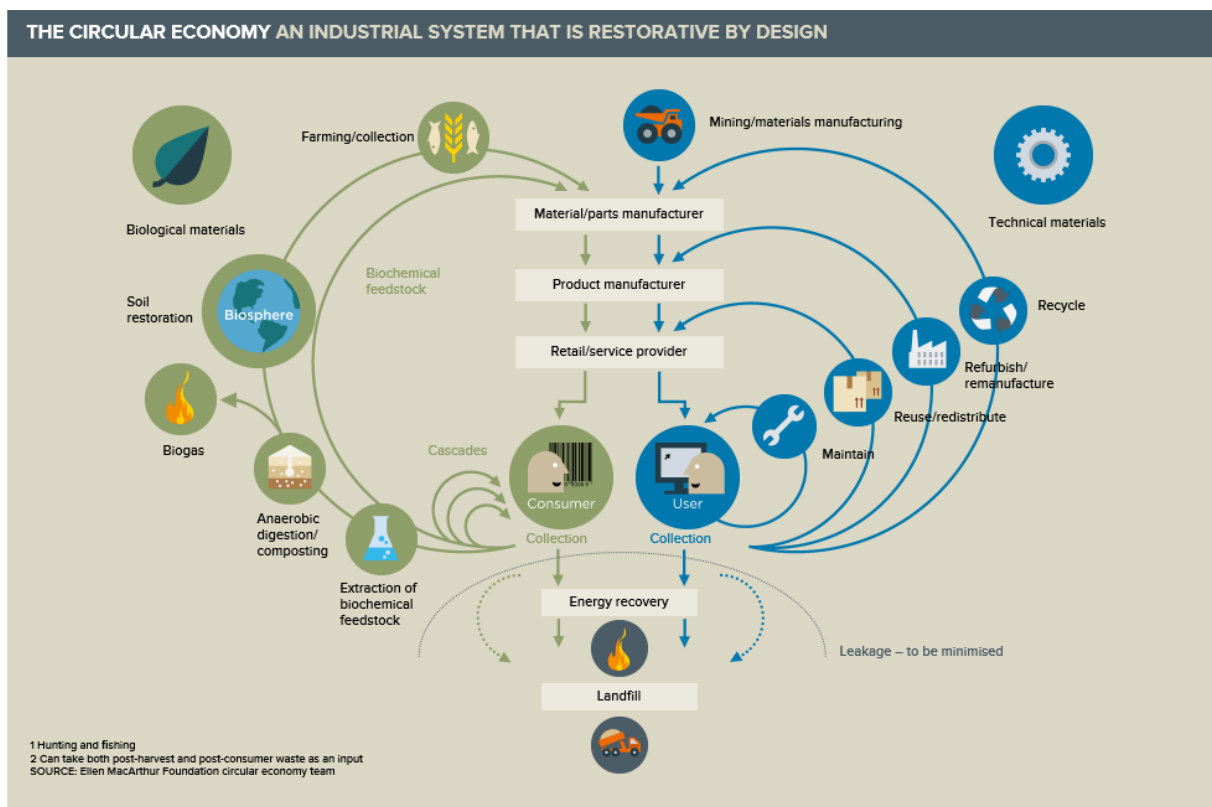
⁷ Ellen MacArthur Foundation, A New Dynamic, Effective business in a Circular Economy, 2014

The Power of the inner circle refererar till att vis-á-vi det linjära produktionssystemet⁸ minska användningen av material. Ju snävare cirkel desto större blir också besparingarna i material, arbete, kapital och energi, och de externa kostnaderna för miljön - d.v.s. ju mindre en produkt behöver ändras för att återanvändas desto *snabbare* kan den komma tillbaka i användning.

The Power of the circling longer refererar till att optimera antalet konsekutiva cykler (reparation, återanvändning eller återframställning) och/eller tiden för varje cykel. Varje förlängd cykel hindrar material, energi och arbete från att kunna skapa en ny produkt eller komponent.

The Power of cascaded use refererar till att diversifiera återanvändningen anpassat till värdekedjan. Som när bomullsplagg först säljs i andrahandsbutiker, sedan används som fyllnadsmaterial i möbelindustrin och till sist i isoleringsmaterial innan det återvänder till biosfären. I alla steg är materialet substitut för jungfruliga material,

The Power of pure inputs refererar till det faktum att rent och oförorenat material ökar effektiviteten i alla steg och ökar kvaliteten.



Figur 4: recycling är en yttercirkel som tar mer energi än de mer eftersträvsvärda inre cirkelarna: reparera, återanvända och återframställa (repair, reuse and remanufacture). Målet är alltså att konstruera inte bara för enkel återvinning, utan också för minimal energianvändning. Källa: Ellen Mac Arthur Foundation

Tankarna om ett cirkulärt ekonomiskt system sträcker sig tillbaka till 1970-talet och miljövetarna J T

⁸ Dagens system som använder råvaror för tillverkning, konsumtion som sedan blir avfall: take > make > dump

Lyle och Walter Stahel, men det var så sent som år 2010 som begreppet genom *Ellen Mac Arthur Foundation*⁹ började få en vidare spridning och industriell acceptans. Och först de senaste två åren som intresset hos industrin väckts på allvar.

Affärsmodeller

De flesta företagsledare vet att utvecklingsmöjligheterna i den linjära ekonomimodellen är avtagande. Den som bygger på att i steg förädla naturresurser i värdekedjor som alla leder till konsumenterna - i OECD-ekonomier med t.ex. 800 kg livsmedel, 120 kg emballage och 20 kg kläder och skor. Det allra mesta av detta slutar sedan i en återvändsgränd - som förbränning, avloppsvatten eller deponi. I dessa mogna värdesystem pressas nu marginalerna av högre och osäkra resurspriser och de marginalförbättringar som kan åstadkommas är ytterst försiktiga.

I de analyser som gjorts är kalkylen för cirkulär ekonomi övertygande. Enligt *Mac Arthur Foundation* och *McKinsey* kan den bidra till världsekonomin med 1 000 miljarder USD per år 2025 och skapa hundratusentals nya jobb. Verkstadsindustrin i Europa kan inom tio år göra nettobesparingar i material värda 630 mdr USD per år¹⁰. Men utvecklingen är dels beroende av utvecklade *affärsmodeller* och dels *teknisk utveckling och innovation*.

Det behövs industriprojekt som prövar affärsmodeller som baseras på avgift i stället för köp, på betalning per prestanda i stället för "cost- plus", på återframställning i stället för kassering och på idéer som förlänger produktlivslängden. Det är en försöksverksamhet som lämpar sig bäst för större företag givet geografiska sträckning genom globala värdekedjor. Här finns kraften och de många möjligheter till samarbeten med olika affärspartners som behövs.

Den andra nyckeln är *innovationer* som förändrar genom att påverka konsumenternas preferenser och hur affärsrelationer mellan företag i värdekedjan fungerar. Marknadsledande företag kommer att ställas inför valet att sätta sådana innovationer i verket och förändra sin affärslogik inifrån. *Eller* att vänta på att någon annan gör det utifrån. *First mover advantage* kan vara kostsamt, å andra sidan har historien visat att *disruptive innovations* raderat ut även stora företag, och hela branscher.

Hur vi konsumerar

Konsumtionen kan bli föremål för radikala förändringar i en cirkulär ekonomi. Det är t.ex. inte nödvändigt och självklart att *äga* alla tekniska apparater inklusive hemelektronik och värmepannor. Att i stället föredra tillgängligheten *till* och prestandan som produkten levererar är en del i affärsmodellen.

Att betala per användning eller prestation kan som affärsidé breddas till både vitvaror och kläder. *Philips* utvärderar affärsmodeller för att sälja *Ijus* som en tjänst i stället för att marknadsföra lampor.

Det finns jeansstillverkare - *Mud Jeans* - som hyr ut byxor ett år i taget och tar dem sedan tillbaka och återanvänder tyget. Även *Hennes & Mauritz* har börjat med att rabattera priserna till kunder som lämnar tillbaka använda plagg. I förlängningen är det en utveckling som kan översättas till att vi slutar att *konsumera* för att i stället bli *användare*.

⁹ Grundad av världsrekordhållaren i ensamsegling Dame Ellen Patricia MacArthur

¹⁰ Ellen mc Arthur Foundation, Rapport 2014

Ett sådant skifte kan innebära att industrin fortsätter äga produkterna för att enklare kunna erbjuda reparation, återanvändning och återframställning. Det kan också lägga grunden för en utvidgning av producentägaransvaret till användarna, som en del av kontraktet.

Project Mainstream

En transformering av ekonomin i riktning mot mer cirkulation är komplex eftersom den kräver att vi reformerar både hur vi designar produkter och system, och hur affärsmodellerna fungerar. Det i sin tur kräver kompetens och förmågor som nödvändigtvis inte finns i industrin idag och som lärosätena ännu inte levererar.

I januari 2014 annonserades ett samarbete mellan *Ellen Mac Arthur Foundation*, *McKinsey* och *World Economic Forum* som tillsammans med industrin ska öka tempot och utveckla förutsättningarna för en cirkulär ekonomi.

Genom materialhantering, Industriell IT och utveckling av affärsmodeller är projektets målsättning att spara 500 miljoner USD och 100 miljoner ton avfall. Bland företagsledare som redan har engagerat sig återfinns *Cisco*, *Philips*, *Veolia*, kemiföretagen *Indorama* och *DSM*, *BT Rail*, *Renault* och *Unilever*. Även *IKEA*, *Electrolux* och *Hennes & Mauritz* bidrar till projektet genom att delta i forsknings och rapportarbete.

Sammanfattning

Cirkulär ekonomi är ett begrepp på god väg att få fäste inom industrin. Även denna rapport syftar till att öka och sprida kunskapen om vad det innebär och om den industriella relevansen. Den enkla orsaken är att det blir omöjligt att fortsätta växa på lång sikt om det inte sker på ett hållbart sätt i synergi med samhällena runt omkring.

Det är en utveckling som är på väg att ta fart och kan överraska med stor kraft. För att citera *Unilevers* vd *Paul Polman* är detta vad kapitalism egentligen handlar om - vi har bara glömt bort det.

Vi menar att det är utomordentligt viktigt för svensk exportindustri att både hålla sig á jour och *förhålla* sig till den här utvecklingen.

Innovationer som förändrar världen...

*Historien har bevittnat åtminstone tre industriella revolutioner¹¹ - var och en associerad med en så kallad **General Purpose Technolog**. Den första drevs med ånga och ledde så småningom till kraftigt ökande befolkning, tillväxt och levnadsstandard. Den andra drevs med elektricitet och förstärkte den tidigare utvecklingen och skapade en mycket brant ökning av produktiviteten i världen.*

I bägge fallen var vägen kantad med kriser och brytningar - *disruption*¹² - men i slutändan har utvecklingen utan minsta tvivel tjänat mänskligheten. Den *tredje industriella revolutionen* som nu pågår runt om oss drivs av datorer och nätverk - *information*.

Precis som tidigare kommer utvecklingen att pågå i årtionden innan den mattas av för att återigen söka nya spår. Och precis som tidigare kommer den att göra djupa avtryck på mänskligheten. Den kommer att uppfattas både som komplicerad, inhuman och obegriplig - men med största sannolikhet tar den samhället vidare med ökade humana värden för allt fler människor.

Men under tjugohundratalet är tempot i teknikutvecklingen väsensskilt från de tidigare industriella skiftena. Ångmaskinen och den elektriska motorn var imponerande innovationer men kom, och kommer aldrig, i närheten av den *kontinuerliga* utveckling som digital teknik innebär. Datorerna är redan tusentals gånger effektivare än de var för ett par decennier sedan. Och inget talar för att utvecklingen är på väg att avta, tvärtom.

Datorer är *universella maskiner* som passar in överallt och när som helst. Speciellt vinner datorerna nu mark inom intellektuella områden som tidigare varit förbehållna människorna. När tekniken utvecklas exponentiellt kommer varje fördubbling av kapaciteten att drastiskt påverka samhället och det sätt som vi definierar arbetsmarknaden. De traditionella institutionerna behöver därför kämpa allt hårdare för att bevaka positioner och för att motverka den *teknologiska arbetslösheten*. Det är en debatt som nu skymtar och har många dimensioner och bär djupt in i samhällsstrukturer. I fördjupningsdelen *Institutionernas utmaning* diskuteras detta mer ingående.

Det cirkulära projektet

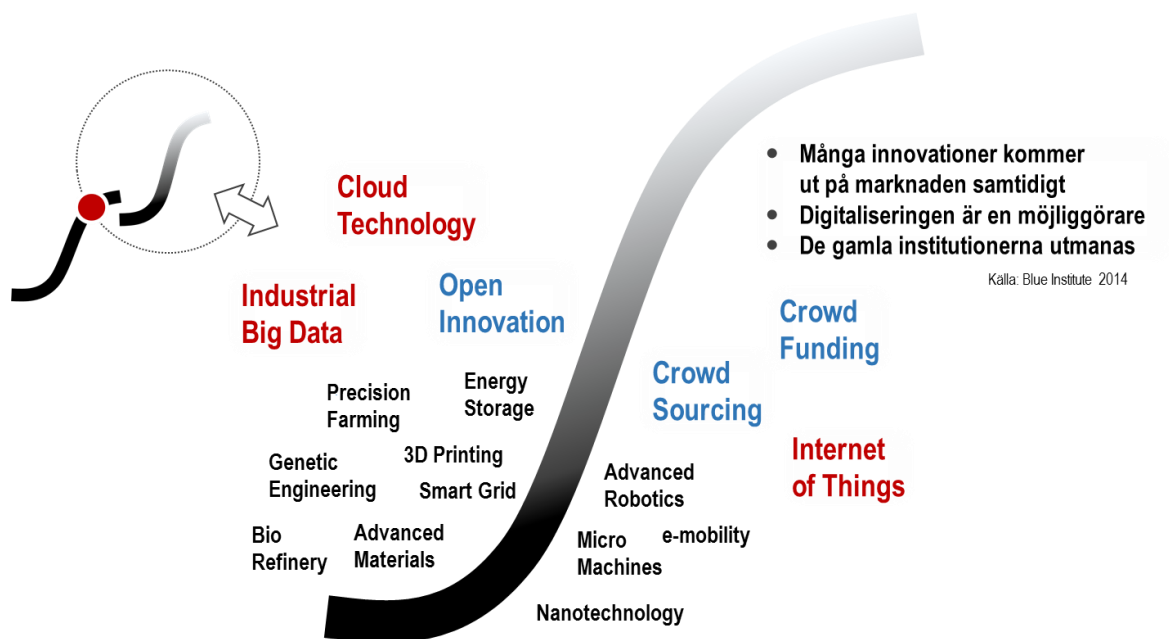
Vi har också diskuterat hur ett industriellt systemskifte till en cirkulär ekonomi skulle kunna motverka avtagande tillväxt som beror på stigande och osäkra resurspriser. Det cirkulära projektet handlar till

¹¹ Som framgår i denna rapport finns olika tolkningar och teorier om antalet och dess drivkrafter.

¹² The current theoretical understanding of disruptive innovation is based on an idea that Clayton M. Christensen called the "technology mudslide hypothesis". This is the simplistic idea that an established firm fails because it doesn't "keep up technologically" with other firms. In this hypothesis, firms are like climbers scrambling upward on crumbling footing, where it takes constant upward-climbing effort just to stay still, and any break from the effort (such as complacency born of profitability) causes a rapid downhill slide. Christensen and colleagues have shown that this simplistic hypothesis is wrong; it doesn't model reality. What they have shown is that good firms are usually aware of the innovations, but their business environment does not allow them to pursue them when they first arise, because they are not profitable enough at first and because their development can take scarce resources away from that of sustaining innovations (which are needed to compete against current competition). In Christensen's terms, a firm's existing value networks place insufficient value on the disruptive innovation to allow its pursuit by that firm. Meanwhile, start-up firms inhabit different value networks, at least until the day that their disruptive innovation is able to invade the older value network. At that time, the established firm in that network can at best only fend off the market share attack with a me-too entry, for which survival (not thriving) is the only reward. [Christensen, Clayton M. (1997), The innovator's dilemma: when new technologies cause great firms to fail, 1997]

stor del om att transformera dagens affärsmodeller med en logik som bygger på användning och prestation i stället för ägande. Och det handlar till lika stor del om teknologi och ingenjörskonst. Om att konstruera komponenter och produkter för återanvändning, men också om att öka effektiviteten i alla försörjnings- och produktionssystem.

Nya produktionsmetoder och material kan bidra positivt till industriomvandlingen - i utvecklingen flankerad av *digitalisering* som intar en särställning bland innovationerna. IT penetrerar samhället och industrins alla skikt och är en förutsättning för i stort sett all annan utveckling. Den typ av teknologi som kallas *General Purpose Technology (GPT)* och som varit drivkrafter för de tidigare långa kliven i industriutvecklingen.



Figur 5: Ett industriellt systemskifte skapar en ny S-kurva som i sin tur är en sammansättning av många olika teknikområden som kan konvergera och skapa förstärkningseffekter. Källa: Blue Institute 2014

Vi ska sammanfatta tre innovationsområden som kan vara speciellt intressanta för den svenska exportindustrin: *energi och transporter, materialutveckling och bioteknik* samt *tillverkningsmetoder och digitalisering*. I *Fördjupningsavsnitt III* ges en utförligare beskrivning av den industriella digitala utvecklingen.

Nya Energisystem & Transporter

Energiförsörjningen tillhör de större teknologiska utmaningarna för hållbar tillväxt. Energiproduktion utan ändliga fossila resurser och utan att konkurrera med den lika stora utmaningen för livsmedelsförsörjningen. Till år 2050 behöver den agrara livsmedelsproduktionen öka med nära 70 procent¹³ från 2010 års nivå och det skapar konkurrens om bioresurserna.

Inom transportsektorn och speciellt tunga transporter finns för närvarande inga andra lösningar än flytande bränslen och gas. Energilagringstekniken i övrigt är ännu inte tillräckligt bra.

Det 70-procentiga livsmedelsgapet förutsätter att biobränsleproduktionen ligger kvar på 2,5 procent - 2010 års nivå. Men redan i *IEAs World Energy Outlook 2013* är prognosen att förbrukningen av biobränslen ökar till 8 procent av behovet av vägfordonsbränslen.

I IEAs längre målsättningar förutses 20 procent av världens energibehov komma från biomassa, det motsvarar i princip all odling som sker i världen. Av grödor, gräs och även träd. Industriell utveckling som leder till att använda skog och avfall som bränslen utan att konkurrera med matproduktion har därför betydande affärspotentialer.

Nästa område som skapar utmaning är att ersätta den fossila elproduktionen med förnybar: det är en utveckling som är väl i gång men som har nackdelen att vind, sol och vågor är intermittenta energislag. Det behövs bättre energilagringsteknik för att kunna samla energi när förhållandena för produktion är gynnsamma för att använda den när behovet finns.

Energilagring i elnäten är en del i den *smarta elnätstekniken*, som aktivt kan styra förbrukningen och koppla ihop större regioner för att jämma ut produktion och användning och på så sätt kupera problemen¹⁴.

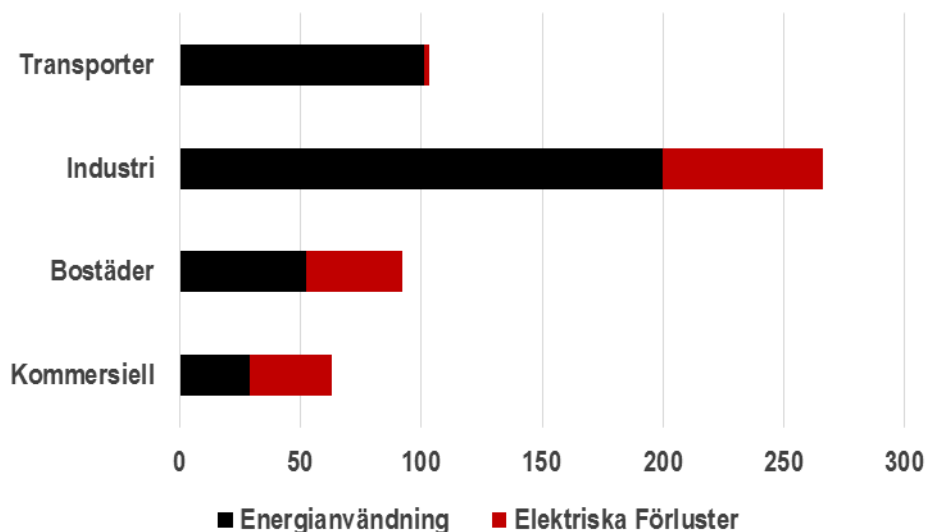
Det tredje området berör förluster i både transportbränslesystemen och i elnäten. Förbränningsmotortekniken har låg systemverkningsgrad, endast 16 procent av energin når drivhjulen alla steg i kedjan inräknade. För en elbil är siffran fyra gånger högre: 62 procent¹⁵.

Men i elsystemen försvinner också stora mängder energi beroende på fysikaliska orsaker och på att gammal och undermålig teknik används i en stor del av världens elproduktion och i näten.

¹³ World Resources Institute, 2013 - 2014, Creating a Sustainable Food Future

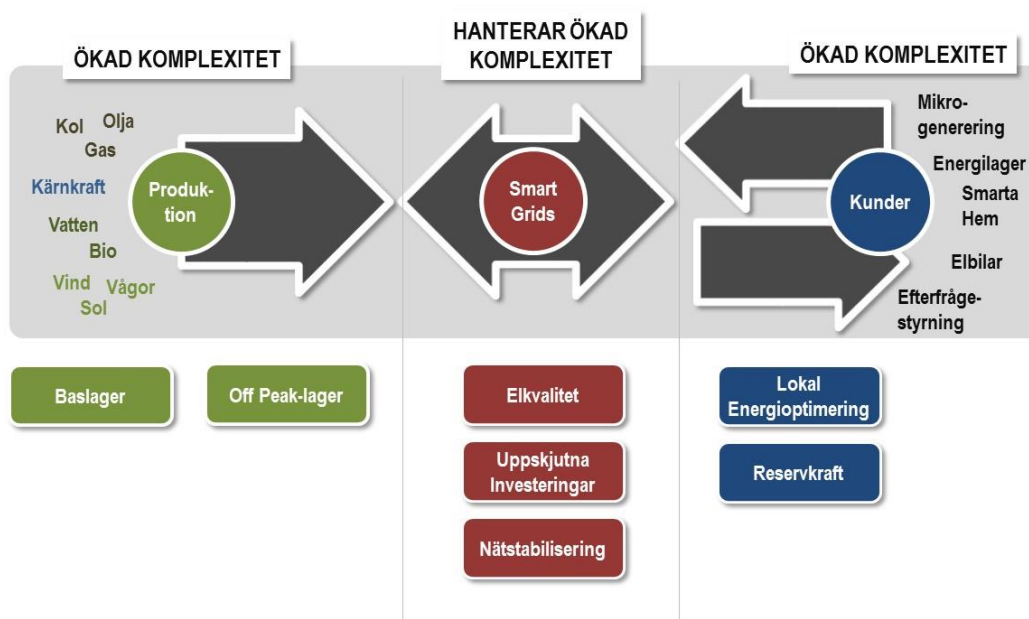
¹⁴ Läs vidare i rapporten Smartare Ledning, Blue Institute 2010, VINNOVA Analys

¹⁵ Läs vidare i rapporten Ladda för nya marknader, Blue Institute 2009, VINNOVA Analys



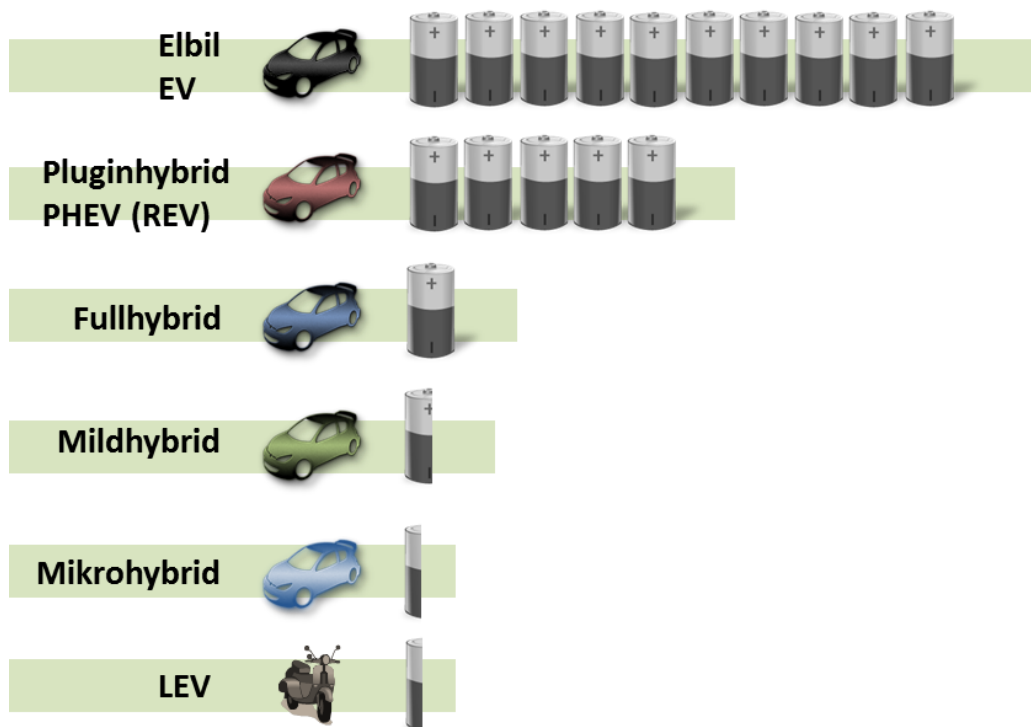
Figur 6: Den globala energianvändningen (omräknat till *quadrillion* Btu) och förlusterna i de elektriska systemen. Transportsektorns användning av el som drivmedel är fortfarande låg, därför den relativt låga förlustandelen. Källa: IEA

Energilagring är kanske den enskilt viktigaste komponenten i den här utvecklingen - för att lagra stora mängder energi i elsystemen tillsammans med *smart elnätsteknik* eller för att lösa knuten med beroendet av fossila drivmedel och biodrivmedlens konkurrens med matproduktionen.



Figur 7: Energilagren är en central del i den moderna elnätstekniken. Källa: Blue Institute, Lösningar på lager 2012

Batteritekniken för elbilar går stadigt men sakta framåt. Men det behövs fortfarande stora förbättringar i relationerna pris och prestanda och vikt och prestanda innan de på allvar kan utmana flytande bränslen.



Figur 8: För att någorlunda matcha bekvämligheten som ett förbränningsmotordrivet fordon ger behövs i en helt eldriven bil ett batteri som kan leverera 25 - 50 kWh. Det är dubbelt så mycket som en pluginhybrid kräver och tio gånger så mycket som en hybridbil utan extern laddningsmöjlighet. Källa: Blue Institute, Utan nät, 2012.

Fördel Sverige

Elteknik och energilagring i elnäten utgör ett område där svensk industri och forskning tillhör de världsledande med redan höga marknadsandelar och stora möjligheter att växa vidare. Sverige har också god kunskap om omställningen till ett elektriskt transportsystem med en blandning av stora och små aktörer väl positionerade på världsmarknaden.

Läs vidare

För att läsa mer om energilagring som innovation och utveckling rekommenderar vi två rapporter från Blue Institute: *Lösningar på Lager* respektive *Utan nät*. Mer om elnätstekniken finns att läsa i rapporten *Smart Ledning*. I samma serie finns också analyser av marknaderna för vind-, sol- och vågenergi. Samtliga utgivna av VINNOVA Analys. För mer information om omställningen av transportsektorn till elektricitet rekommenderas *Roadmap Sweden* - www.roadmapsweden.se och rapporten *Ladda för nya marknader*.

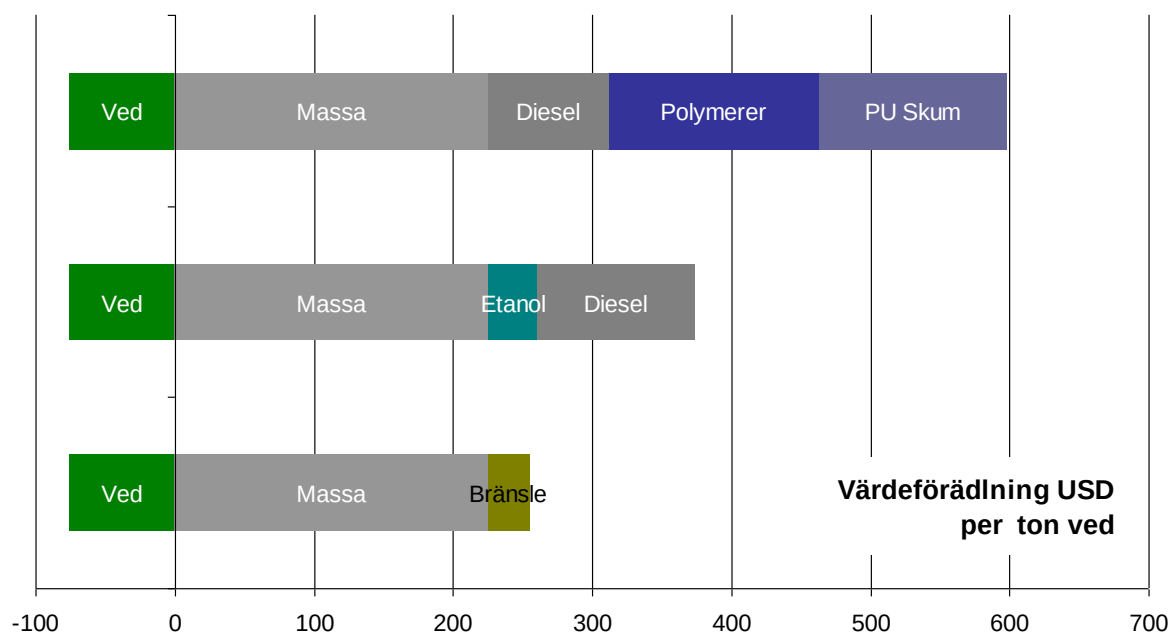
Materialutveckling & Industriell bioteknik

Nästa innovationsområden som kan förändra världen är utvecklingen av nya material med hjälp av bioteknik. *Industriell bioteknik* kan definieras som användning av bioteknik för att framställa kemikalier, material och energi. Användandet av mikroorganismer och celler för att producera nya material och nya produkter blir allt mer intressant, inte minst när det gäller att möta resurs- och avfallsproblemen.

Mikroorganismer och enzymer kan utnyttjas för att omvandla eller producera nästan vilka kemikalier som helst. Därför kan industriell bioteknik användas för att förbättra nya och befintliga industriella processer, minska miljöpåverkan orsakad av dagens kemiska processer och ersätta kemiska katalysatorer med miljövänliga enzymer

Med hjälp av industriell bioteknik kan man effektivt och energisnålt åstadkomma det som i den petrokemiska industrin kräver höga tryck och höga temperaturer. Genom att de biotekniska processerna har en bättre selektivitet minskas mängden avfall från produktionen.

Detta gör att dessa processer har potential att bli billigare än de traditionella processer de ersätter. I många fall är också investeringskostnaderna för en omställning relativt låg eftersom befintlig utrustning kan användas i stor utsträckning.



Figur 9: Potential för ökad värdeförädling av ved. Källa: von Heiningen, 2006

På råvarusidan har vi såväl skog som lantbruksprodukter som kan ligga till grund för en omfattande bioteknisk produktion av material och kemikalier. En förändrad marknadssituation för skogsbolagen kommer att öka intresset för att finna nya användningar för skogsråvaran. Redan idag finns skogsråvara som inte används för massaproduktion vilken kan användas som råvara i kemikalieproduktion. Likaså skulle hemicellulosan kunna göras tillgänglig som substrat för mikrobiella processer.

Olika typer av *bioraffinaderier* kan bli viktiga i samhället. I ett bioraffinaderi utnyttjar man alla delar i biomassaråvaran för att få högt utbyte av en palett av värdefulla produkter och minska avfallsmängden.

Fördel Sverige

Förutsättningarna för en bioteknisk kemikalieproduktion i Sverige är mycket goda. Faktum är att de är mycket bättre än de var för att satsa på petrokemisk produktion för 60 år sedan.

Vedbaserade bioraffinaderier möjliggör en andra generationens utveckling av skogsindustrin i Europa och Nordamerika, samtidigt som delvis nya aktörer ser till att fylla tillväxtmarknadernas ökande behov av traditionella papper och förpackningsmaterial. Sverige har genom sin avancerade skogsindustri samt dess leverantörer av kemikalier, utrustning och forskning en tätposition och möjlighet att ta initiativ inom området.

Det finns en betydande marknadspotential som kan bli av stor betydelse för Sverige som skogsnation. I rapporten *Mer raffinerade produkter, 2008 från Blue Institute* uppskattades potentialen till tio miljarder kronor i intäkter och mer än 30 000 arbetstillfällen.

Läs vidare

För att läsa mer om bioraffinaderier som innovation och utveckling rekommenderar vi rapporten *Mer raffinerade produkter från Blue Institute*. Utgiven av VINNOVA Analys.

Digitalisering & Tillverkningsteknik

För att öka produktiviteten i samhället är tillämpningen av IT avgörande. I olika analyser har det visats att den första internetvågen höjde produktiviteten med tre procent per år i industriekonomierna under åren 1995 till 2004¹⁶. Det finns också antaganden om att fortsatt digitalisering av industrin kan behålla ökningstakten.

I en rapport från General Electric¹⁷ räknar man med att industriella tillämpningar av Internet kan öka BNP i världen med 10 000 - 15 000 miljarder USD till år 2030. Det motsvarar USAs årliga BNP. Enligt GE:s rapport tror man att konceptet kan penetrerar industritillämpningar motsvarande halva globala ekonomin till år 2025.

Bakgrunden är att vi går in i en fas där marginalnyttan med industriell IT baserad på 1980-talets arkitekturer minskar och att parallellt sker en ny utveckling vars motstycke tidigare saknas. Pris-prestandaförbättringen på datorkomponenter är exponentiell. Marginalkostnaden för att samla information och kommunicera går ner lika dramatiskt. Molntjänster skapar transparens och metodutveckling gör det möjligt att kostnadseffektivt finna värden bland extrema mängder av svårfångad information.

Vi är på väg mot ett nytt sätt att betrakta industriell produktion där informationen är en strategisk resurs. Detta kräver investeringar i det vi kallar *digitalisering* som är mycket mer än teknik:

"Digitalisering är ett förhållningssätt och en förmåga att tillgängliggöra och skapa värden av IT i en global men nationellt och branschmässigt ojämn utveckling".

¹⁶ General Electric, Industrial Internet: Pushing the Boundaries of Minds and Machines, November, 2012

¹⁷ GE, Industrial Internet: Pushing the Boundaries of Minds and Machines, 26 November, 2012

Fyra konsekvenser är särskilt tydliga och sammanfattar vad vi menar:

- Ökad integration i värdesystemen och därmed ökad kunskap om kundernas behov
- Ökad produktivitet
- Behovet av nya affärsmodeller
- Förmågan att nyttogöra den nya tekniken

Att utvecklingen baseras på teknik som är lika tillgänglig överallt i hela världen men avgörs av skickligheten att tillvara ta den, är ur svenskt perspektiv både ett hot och en stor möjlighet. Både för industrin som ska investera och tillämpa och för automationsbranschen som har en hägrande världsmarknad att beakta.

I den tredje delrapporten *Utmaningen* kommer vi att utreda de fem kritiska framgångsfaktorer vi menar sammanfattar möjligheterna att framgångsrikt manövrera i ett volatilt industrilandskap. *Digital teknik, Processer, Affärsmodeller, Förmåga* och *Marknadsnärvaro* är områden nödvändiga att fullt ut behärska.



Industridigitalisering är också synonym med utvecklade produktionsmetoder som *3D-printing* och *robotteknik* som ska se till att robotarna inte längre står stilla i sina produktionsceller och upprepar samma procedur hela tiden. I omfattande forskningsprojekt världen över arbetar industri och forskningsinstitut för att robotarna ska bli mobila och kunna jobba sida vid sida med människor.

Det är en utveckling i sin linda. Men prognoserna pekar mot att vi inom några få år har både mer kompetenta 3D-skrivare som utmanar konventionell maskinbearbetning, och industrirobotar som går ner i pris tack vare tillämpningar som efterfrågar dem i mycket större skala.

Fördel Sverige

Den förväntade tillväxttakten för industriell IT- och automationsutrustning förväntas ligga 50 procent över generellt industriproduktionsindex under kommande konjunkturcykler. Att jämföra med 30 procent under senare år¹⁸. Eftersom marknaden är väl konsoliderad med diversifierad kundbas och etablerade marknadskanaler där prisdisciplinen är hög, finns förutsättningar för att branschen skall behålla sin goda intjäning.

Sverige tillhör de ledande i världen när det gäller industriautomation. Med storföretag som ABB och ett stort ekosystem av små och medelstora företag. God forskning och offentliga samarbetsinitiativ som *PiiA* - det strategiska innovationsprogrammet för processindustriell automation, och *Produktion 2030*. Finns utomordentligt goda förutsättningar för att behålla och förstärka den marknadspositionen.

¹⁸ Credit Suisse, Global Industrial Automation, augusti 2012

Läs vidare

Rapporten *Tredje Vågens Automation* presenterar en utredning om framgångsfaktorer för digitalisering. Utgiven av *Blue Institute* och *PiiA*. Läs även vidare i den tredje delrapporten och i denna rapports fördjupningsdel om digitalisering.

Sammanfattning

Genom att lyfta blicken över kvartals och årsperspektiven och se vad som sker i större skala och längre - men fortfarande påverkbara - perspektiv, växer konturerna av en industriell omvandling fram. Så omfattande att den med fog kan kallas revolution.

Två makrodrivkrafter sammanfaller. Den globala befolkningsökningen och standardökningen när medelklassen fördubblas på några få år, och teknikutvecklingen som är på väg att göra många samtidiga radikala genombrott.

På nästa nivå ser vi en resurskris med ökade och volatila råvarupriser som konsekvens av enorma efterfrågeökningar och sinande tillgångar. Den måste motas med högre grad av återanvändning, av substitut och minimerat resursslöseri.

Vi ser att Kinas roll i världsekonomin förändras, från världens verkstad till en välbärgad konsumtionsökonomi med kraftigt stigande kostnader. Vi ser att lågkostnadstillverkningen i viss mån passas vidare till länder som Vietnam, Bangladesh och Burma. Men långsiktigt återstår en enda lösning - ökad produktivitet.

Den *digitala teknikutvecklingen* är exponentiell, pris per prestanda har aldrig stigit så snabbt. Utvecklingen ger värdesystem som hänger tätt samman oavsett hur de är distribuerade över världen. Den leder till att industriautomationen blir billigare än någonsin och så kraftfull att den kan ändra spelreglerna som gällt sedan 1980-talet.

Låglönestrategier för arbetskraften kan bli obsoleta. Centraliserad och storskalig tillverkning kanske inte längre är en förutsättning för lönsamhet. Den tekniska utvecklingen av robotik, 3D-utskifter, smartare kontinuerliga processer, energiteknik mm verkar för produktivitet, lokalisering och flexibilitet.

En ny nivå av marknadsorientering kan bli följden när den lokala närvaron kan prioriteras före skala. Digitaliseringen har börjat utmana de gamla institutionerna. Kapital, material, konstruktion och tillverkning kan skaffas på nya öppna marknader. Det är en utveckling i sin linda.

Vi kan se en teknikdriven marknadsrevolution som inte flyttar tillverkningen från en region till en annan utan anpassar produktionen till kunderna. Som äger rum överallt - samtidigt.

Och vi är i början av en förändring av hela världens energisystem. Förnybarhet och digitaliserade elnät, lagringsteknik och omställning av transportsystemen påverkar samhällets alla lager.

Allt detta leder till intresse och engagemang bland politiker, näringsliv, konsulter och forskare. Det leder till utredningar, analyser och rapporter - som denna. Och utvecklingen sätter igång rörelser som *Cetri Tires*, som *Circular Economy*, som *Cradle to Cradle*.

Alla dessa initiativ pekar åt samma håll - en förändring som är industriell, som bygger på nya affärsmöjligheter när de gamla töms ut.

Industriellt ledarskap

Att förstå vilka behov som dessa nya framväxande industrier har blir till *nationella systemkompetenser*. Att *inte* erbjuda effektiv miljöer för företagen i form av kompetens och förmågor, av teknologiskt ledarskap och resursförsörjning blir till ett systemmisslyckande som inget land har råd med.

Lika lite har företagen råd att *inte* lägga nya strategier. Strategier som adresserar teknikutvecklingens möjligheter utan att gömma sig bakom kortsiktigt lönearbitrage och finansteknik. Som satsar på att förstå marknaderna på *nästa* lokala nivå för att göra rätt investeringar i produkter, produktion och den lokala närvaron.

Rapportseriens tredje del ägnas åt industrin. Det handlar om att förändringstrycket ställer stora krav på ägare och företagsledningar. Insikt och strategisk framförhållning är skarpa förutsättningar. Vi utvecklar vikten av kritiska framgångsfaktorer för konkurrenskraftig digitalisering. Och den centrala betydelsen av att förstå och utveckla sina affärsmodeller.

Fördjupningar

Fördjupningarna är avsedda som vidareläsning efter intresse. För ytterligare fördjupning rekommenderar vi rapporter och litteratur enligt källförteckningen.

- **Fördjupning (I) Industriella Revolutioner** handlar om tankar och teorier om en ny industriell revolution.
- **Fördjupning (II) Institutionernas Utmaning** ger exempel på hur institutioner och organisationer utmanas när den digitala tekniken, sociala media och virtuella världar konvergerar och tar sig industriella uttryck.
- **Fördjupning (III) Digitalisering** diskuterar digitaliseringens konsekvenser för industrin och förklarar tre utvecklingsområden som grundligt förändrar de industriella värdesystemen.

Fördjupning I - Industriella Revolutioner

Det finns en hypotes om att historiens viktiga ekonomiska språng uppstår när större utvecklingssteg inom energiområdet möter ny kommunikationsteknik¹⁹. När nya energisystem gör tillgången på energi större och kostnaderna sjunker, ökar 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 folklagen och skolgång skapade en litterat arbetskraft som gjorde den fortsatta industriella utvecklingen möjlig.

Den andra industriella revolutionen förklaras ofta med *Henry Fords* linjeproduktion som inledning till massproduktionen. Men bakom detta låg omvälvande energi- och 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 redan har börjat.

Politiska initiativ

Den tredje industriella revolutionen är ett begrepp som bland annat har attesterats av *Europaparlamentet* i en formell förklaring i juni 2007²⁰. I den förklaras 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 kan förväntas förändra produktionslogiken.

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.

Nya produktionsmetoder sluter cirkeln och om masstillverkning skiftas mot individualiserad produktion kan en del av jobben som länge varit förlorade komma tillbaka.

I Frankrike investeras under rubriken tredje industriella revolutionen 3,2 mdr EUR i 32 branscher för att skaffa 470 000 nya jobb. Samma resonemang tar också spaltutrymme i amerikanska medier. Även i Kina talas om en industriell revolution. *Liu Zhenya*, ordförande för det statsägda kraftnätsbolaget har

¹⁹ Jeremy Rifkin, *The Third Industrial Revolution: How Lateral Power is Transforming Energy, the Economy, and the World*.

²⁰ WRITTEN DECLARATION pursuant to Rule 116 of the Rules of Procedure by Zita Gurmai, Anders Wijkman, Vittorio Prodi, Umberto Guidoni and Claude Turme

i en artikel i tidskriften *Science Daily* lagt fast en plan för att leda landet in i *den tredje industriella revolutionen*. Artikeln med titeln *Smart Grid Hosting and Promoting the Third Industrial Revolution* beskriver hur miljoner människor och företag ska producera egen grön elektricitet och dela den i ett nationellt *energi-internet*²¹. Även udda industriekonomier som Kazakstan planerar för den tredje industriella revolutionen. Men ett av de mest omtalade och konkreta projekten är Tysklands satsning:

Den fjärde industriella revolutionen i Tyskland

"Tyskland förbereder den fjärde industriella revolutionen baserad på Internet of Things, Cyberfysiska produktionssystem, och Internet of Services - i skarp industriell tillämpning..."

Så lyder deklarationen för *Industry 4.0*. Den tyska regeringens framtidsinvestering direkt underställd *Angela Merkel*. Satsningen omfattar 500 MEUR över tre år, och även om *Industry 4.0* är ett politiskt initiativ så är tillämpningen industriell. *SAP, Siemens, Bosch*, bilindustrin och forskningsinstituten är alla engagerade i projektet.

Fyra-punkt-noll hänvisar till idén om att världen gått igenom tre industriella faser och att den fjärde som kommer bygger på *Cyberfysiska System*. Kombinationer av Internet, inbäddad digital teknik och hanteringen av stora datamängder ska leverera produkter som under tillverkningsprocessen och sedan under hela livslängden försörjer sig själva och delar med sig av information.

Det innebär att en bil "föds" och bär med sig sin identitet i form av egenskaper och funktion. I tillverkningsprocessen kan den bestämma lack, tillbehör och kundspecifika egenskaper. Under hela livslängden levererar den data. Rekommenderar service och förbättringar och skvallrar om användarnas beteenden. Datamängderna från sådana system växer till oöverblickbarhet och måste hanteras med tekniker som *Big Data Analytics*.

Den politiska agendan bakom *Industry 4.0* vill garantera att avancerade tillverkningsindustri fortsätter vara ryggraden i den tyska ekonomin. Den ger en vision om smarta produktionsmetoder, grön produktion och urban produktion. Praktiskt och kognitivt anpassade och det faktum att människor kommer att jobba längre upp åldrarna.

Peter Marsh

Europas ambitioner om en ny industriell revolution - som bär den amerikanska ekonomen och "superkonsulten" *Jeremy Rifkins* signaturer - och Tysklands handfasta ansats i tillämpad digital teknik, bör också ställas emot den engelska journalisten *Peter Marsh* idéer om *den femte* industriella revolutionen. Tankar som utvecklas i boken *The New Industrial Revolution*²².

Marsh menar att den första industriella epoken med ångmaskinen och vävstolarna, under senare hälften av 1800-talet, följdes av en andra våg där järnvägen och telegrafan stod i centrum. Den tredje revolutionen byggdes på elektriciteten och kemiska processer i industriell skala, medan den fjärde varade mellan 1950 till omkring 2000 och bars upp av elektronikutvecklingen och datorerna.

²¹ Cetra - Teris, 2014

²² Yale University Press, 2012

Den femte industriella revolutionen, som vi befinner oss i början av, drivs enligt Marsh av överlappande teknologier (det som vi i denna rapport beskriver som konvergerande innovationer och tekniktrender), av (kund)anpassad tillverkning och anpassning till kraven på hållbarhet i industriprocesserna.

Utöver det menar Marsh att den digitala tekniken skapar förutsättningar för förändrade angreppssätt så att produktionen blir mer nischorienterad men samtidigt - eller som konsekvens av - utnyttjar global optimering och klusterlogik.

Chris Anderson

En annan framträdande röst är den tidigare chefredaktören för tidskriften *Wired*, Chris Anderson som i boken *Makers*²³ menar att industriella revolutionen uppstår när den digitala tekniken genom webben och webgenerationen möter den *mekaniska utvecklingen* - som i fallet med 3D-tekniken - eller *biotekniken*. När *desktop manufacturing* eller *Do It Your Own - Biotech* blir allmänt tillgänglig leder det till omvälvande förändringar av hela det industriella systemet, menar Anderson.

Industristrukturers arbetsordning och finansieringsmodeller utmanas och kompletteras när de sociala medierna och nätverken omsätts till industriell praktik. Begrepp som *crowd funding*, *open innovation*, *crowd sourcing* etc. leder till att nya marknader kan öppnas där nätverk av människor och företag kan agera snabbt och smidigt. Smala nischer av efterfrågan kan tillgodoses - den marknad som ibland kallas *The Long Tail*.

Lennart Schön²⁴

Till sist vill vi nämna den svenske forskaren Lennart Schön²⁵ som flera år i förväg förutspådde att en djup kris hotade världsekonomin under åren kring 2010. I boken *Tankar kring cykler*²⁶ redogör Lennart Schön för teorin om fyrtio år långa strukturcykler och djupa omställningskriser i skarven mellan varje ny cykel.

Idén grundar sig i kriserna på 1890-talet, 1930-talet och 1970-talet. Dessa föregicks av avgörande genombrott: den industriella revolutionen respektive elektrifieringen och IT-revolutionens första våg. De senaste årens kris är alltså inte bara en finanskris, utan en mer grundläggande omställning i ekonomin.

Han ser det senaste dryga decenniet av jobbfattig tillväxt och underliggande deflationstryck i Västvärlden som stöd för att ett nytt strukturskifte är på gång. Den period vi nyss haft har starkt präglats av ökad produktivitet med en relativt stark tillväxt som inte genererat så mycket sysselsättning. Det är ett fenomen som tenderar att komma i slutfasen av en strukturcykel då vi blir alltmer effektiva.

Schön menar att en kommande konjunkturuppgång - från en botten och vändpunkt mellan 2010 och 2015 - kan vara gryningen till en ny 40-årig ekonomisk era.

När en ny strukturcykel drar igång vänder ekonomin tvärt mot en investeringsboom som driver upp inflationstrycket med ett sug efter kapital och arbetskraft. Det sena 1800-talets järnvägsutbyggnad

²³ Crown Business, New York, 2012

²⁴ I huvudsak referat från en artikel i Dagens Industri i januari, 2014

²⁵ Professor i ekonomisk historia vid Lunds universitet

²⁶ Schön Lennart, *Tankar om Cykler*, 2013

liksom väg- och bostadsbyggandet i 30-talskrisens kölvatten är mönster som går igen, anser Lennart Schön. Det finns enormt eftersatta behov i infrastrukturen i hela Västvärlden.

Den nya strukturcykeln kommer att präglas av tekniksprång i det han kallar *IT-revolutionens andra våg*. De öppnar för både krav och möjligheter att bygga ut långt snabbare datanät och persontransporter, liksom nya sätt att digitalisera vård och utbildning.

Samtidigt försvagas produktivitetsutvecklingen i en uppstartsfas när nya branscher tar större plats i ekonomin. I Sverige är det branscher som läkemedel och medicinteknik, media och underhållning i bred mening, och konsulttjänster kring IT-system.

Sammanfattning

Tredje industriella revolutionen har en tendens att bli ett politiskt svar när stora globala förändringsströmmar flyter samman. Å ena sidan ökad befolkning och högre levnadsstandard, naturresurser som sinar och hoten mot klimat och närmiljö. Å andra sidan en teknikutveckling som lovar lösningar på många av problemen. Som politisk ambition är kraftsamling kring de tekniska möjligheterna logisk. Den är till och med bra!

Men bakom denna rörelse finns också andra intressen. Amerikanen *Jeremy Rifkins* konsultverksamhet²⁷ skymtar som rådgivare bakom många av politikerna och rubrikerna.

För industrin är det i vilket fall nödvändigt att förhålla sig till utvecklingen och förstå hur affärsklimatet påverkas. För oavsett hur drivkrafterna ser ut och vilka intressen som ligger bakom är vi på väg in i en industriell omvandling som förmodligen saknar motstycke i historien. Det budskap som denna artikelserie vill förmedla.

²⁷ TIR Consulting Group LLC

Fördjupning II - Institutionernas Utmaning...

Institutioner är inom samhällsvetenskapen det system av normer och regler som strukturerar mänskligt handlande till beteendemönster. En institution kan också innebära organisation - dvs. ordnandet av delar till samverkan. Eller en större sammanslutning, till exempel bolag, facklig organisation, förening etc. Oavsett vilken tolkningsram som väljs kommer den digitala utvecklingen att utmana dem i deras nuvarande former.

Att skaffa kapital, arbetskraft och råvaror, material. Hur konstruktion och design, tillverkning, marknadsföring och försäljning går till. Hur produkterna kan återanvändas och återvinnas. Allt förändras när industrin *digitaliseras* på allvar.

Det innebär i sin tur att även andra strukturer som branscher, arbetsgivar- och fackliga organisationer kommer att påverkas. Det är lätt att förutse en kamp. De traditionella rörelserna kommer inte att släppa taget när de utmanas.

Innovationsforskaren *Carlota Perez* menar att när nya teknologier slår igenom är det samhällets principer, regler och institutioner runt tekniken som åstadkommer den *egentliga* förändringen. Det *teknonomiska paradigmet*.

Crowd & Open

Crowd och Open är två prefix som ännu så länge står för komplettering mer än utmaning av etablerade system. Men storleken på många av verksamheterna, tillväxthastigheten och att den etablerade industrin allt oftare figurerar i sammanhangen, indikerar att det är rörelser som inte går att negligera.

- *Crowdfunding* - gräsrotsfinansiering eller folkfinansiering är en metod för att finansiera projekt eller idéer genom att vända sig till ett stort antal finansiärer. Praktiskt kanaliseras finansieringen genom webplatser som kopplar samman idéer och kapital. Redan finns ett stort antal sådana platser. Den största²⁸ är *Go fund me* som har förmedlat mer än 360 MUSD från sex miljoner finansiärer sedan 2010.
- *Crowdsourcing* - på svenska föreslås termen *tänktalko*²⁹ - är en metod att lösa problem med, eller söka förslag till problemlösning från många andra parter. Det har till stor del blivit möjligt med Web 2.0.

Coca Cola öppnar sina affärsmodeller för att kunna öka inflytandet av *corporate crowdsourcing*. *Shaping a better future* är en utmaning för entreprenörer att bidra med idéer inom de tre områdena: jobb för ungdomar, utbildning och hälsa och miljö. Även *Nokia* har använt sig av corporate crowdsourcing.

- *Open Innovation* - öppen innovation - kan definieras som "företags utvecklande av billiga och bättre idéer från de bästa källorna i världen genom samarbete med personer utanför den egna

²⁸ www.crowdfunding.com i juli 2014

²⁹ Talko är ett finlandssvenskt ord som betyder 'frivilligt, oavlönat lagarbete'. Tänktalko blir 'hur man samlas och tänker eller brainstormar tillsammans'.

organisationen, inklusive kunder, återförsäljare och till och med konkurrenter” enligt tidskriften *Shortcut*³⁰.

- *Open Sourcing* - innebär att tillgången på konstruktioner och produktionsunderlag ges fri tillgång på nätet. Det innebär också att det står vem som helst fritt att förbättra och komplettera konstruktionen. Exempel inom datavärlden är *Linux* och big data-applikationen *Apache Hadoop*.

Local Motors är det amerikanska initiativet bakom bilen *Rally Fighter* och en serie motorcyklar. Det unika är att fordonen är resultatet av 35 000 olika konstruktionsdelar skapade av 2 900 community-medlemmar från hundra länder. Varje system utvecklas i en process med öppen källkod. Fordonen byggs i lokala *Micro Factories* som ska finnas nära kunderna och anpassa bilarna och motorcyklarna efter lokala önskemål och krav.

- *Open Innovation* kan definieras som ”företags utvecklande av billiga och bättre idéer från de bästa källorna i världen genom samarbete med personer utanför den egna organisationen”.

BMW tillhör de tillverkare som har öppnat för Open Innovation genom ett *idea management system* och en *virtual innovation agency*. Tiden för att identifiera och genomföra idéer med stor affärspotential uppges ha halverats, och två till tre sådana idéer realiserar i bilmodellerna varje år. En positiv sideeffekt är att det också ökar intresset för varumärket.

- *Collaborative Manufacturing* - *Quirky* i New York är en verkstad komplett med 3D-skrivare, laserskrivare, fräsmaskiner och målningsutrustning. Affärsidén är att omvandla andras idéer till produkter. På hemsidan kan man välja mellan alternativen: *Invent*, *Influence*, *Shop*.

Med hjälp av sin *community* tar Quirky fram två nya konsumentprodukter i veckan. Produktidén görs till prototyper om tillräckligt många människor *gillar den*. Andra medlemmar granskar och bidrar till slutgiltig design, förpackning, försäljning och prissättning. Quirky finner sedan lämplig serietillverkare. Produkten säljs på webbplatsen och om efterfrågan ökar också av detaljhandelskedjor. Quirky hanterar patent, standarder och eventuella godkännandeprocesser. Uppfinnaren och andra som bidragit får 30 procent av intäkterna.

År 2014 etablerade *General Electric* ett samarbete med Quirk i ett projekt som kallas *Wink*. Wink är produkter och appar för *smarta hem*.

Digitaliseringen och jobben

Under industrialiseringens första våg ökade sysselsättningen när även utbildad arbetskraft med hjälp av maskiner kunde konkurrera ut hantverket. När maskinerna inte längre behöver människorna minskar logiskt också behovet av arbetskraft i industrin.

³⁰ *Shortcut* nr 3, oktober 2009

Å andra sidan kan den som är skicklig på att tillämpa den digitala tekniken i produktionen få stora hävstångseffekter och konkurrera framgångsrikt över hela världen, eftersom högt automatiserade maskiner klarar sig med få anställda och lägre investeringar.

Dessutom blir produktionen mer skalbar och kan anpassas och lokaliseras där kunderna finns. Allt detta skapar fortfarande tillväxt, men lägre investeringspåverkan i högkonjunkturer - både i kronor räknat och i arbetstillfällen.

Femtio procent av Sveriges anställda kan ersättas med digital teknik

I den omtalade boken *The Second Machine Age*³¹ beskriver Andrew McAfee och Erik Brynjolfsson hur 47 procent av alla jobb i USA enligt en studie vid Oxford³² kan komma att ersättas av digital teknik i någon form. Siffran för England är 39 procent.

I en rapport från *Stiftelsen för Strategisk Forskning*³³ görs motsvarande beräkning för den svenska arbetsmarknaden. Den utgår från samma karakterisering av arbetsmomenten i varje yrke. Yrkeskoderna har översatts till svenska motsvarigheter innan beräkningarna av hur de svenska jobben påverkas.

Resultatet är att Sverige är ännu mer känsligt för datorisering än USA. *Femtio procent* av dagens anställda beräknas kunna ersättas av digital teknik under de kommande två decennierna. Det innebär att 2,5 miljoner jobb i Sverige påverkas. Skillnaden beror bland annat på att Sverige fortfarande har fler industrijobb som kan komma att automatiseras.

Teknologisk arbetslöshet

Under hela industrialismen har teknikutvecklingen med jämna mellanrum skapat oro för *teknologisk arbetslöshet*. *Ludditerna*³⁴ på 1810-talet, *Leontief*³⁵ på 1970-talet och *Jeremy Rifkin*³⁶ på 1990-talet har alla förklarat slutet på arbetet. Så här långt har farhågorna kommit på skam och det finns en berättigad skepticism bland ekonomer om sådana risker.

Men samtidigt visar forskningen att automationen under senare decennier har påverkat lönespridningen i många länder och också arbetslösheten bland grupper med lägre utbildning. Dessutom tenderar löneandelen av BNP minska³⁷.

Under större delen av historien har två tredjedelar av inkomsten i de flesta välståndsekonomier gått till arbetslöner. Medan en tredjedel gått till utdelningar och räntor mm. Men under de senaste tio åren

³¹ Andrew McAfee och Erik Brynjolfsson, *The Second Machine Age - Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*, 2014

³² Carl Benedikt Frey, Michael A. Osborne, *The future of employment - har gått igenom 700 klassificerade yrken på den amerikanska arbetsmarknaden*

³³ Stiftelsen för strategisk forskning, *Vartannat jobb automatiseras inom 20 år - utmaningar för Sverige*, 2014

³⁴ Ludditerna eller maskinstormarna var en samhällsrörelse bland engelska arbetare som under det tidiga 1800-talet protesterade, ofta genom att förstöra textilmaskiner, mot den industriella revolutionens förändringar, som de kände hotade deras arbeten.

³⁵ Wassily Vasiljevitj Leontief var en rysk-amerikansk nationalekonom

³⁶ Jeremy Rifkin är en amerikansk ekonom, författare och visionär debattör. Se även *Industriella Revolutioner*.

³⁷ Stiftelsen för strategisk forskning, *Vartannat jobb automatiseras inom 20 år - utmaningar för Sverige*, 2014

har löneandelen minskat med flera procent sedan år 2000³⁸. Sextio procent eller lägre. Detta bidrar bland annat till ökad ojämlikhet i samhället.

Orsakerna kan dels spåras till Kina: tillgången till kinesisk arbetskraft har ungefär dubblat den tillgängliga resursreserven för multinationella företag. Ökat utbud på arbetskraft ger lägre priser, och då blir kapitalet *relativt* knappare och dess andel av nationalinkomsten går upp. Efterhand som Kina utvecklas kommer den effekten att klinga av.



Figur 10: Det amerikanska robotföretaget Momentum Machines har utvecklat en hamburgerrobot som kan göra 360 hamburgare i timmen utan mänsklig inblandning.

En annan mer sinister förklaring skulle vara att datorer och robotar på allvar börjar konkurrera med människor. Automationen tar mark även inom mer kognitiva områden. Det är möjligt att mänskligt arbete i traditionell mening kommer att fortsätta minska samtidigt som ekonomin blir allt mer kapitalintensiv.

Detta är frågor som sysselsätter ekonomerna och går under namnet *capital-biased technological change*. Bara för att tidigare förutsägelser om slutet på arbete inte har slagit in betyder det inte att jobben är im-

muna mot digitalisering och robotisering. Det finns många anekdotiska bevis i nyhetsflödet för att mångmiljardaffärer inom IT-branschen endast berör sysselsättningen för en handfull personer. Företaget *Instagram* köptes häromåret av Facebook för en miljard dollar. Företaget hade då 30 miljoner kunder... och 13 anställda.

Vad ska vi göra

Diskussionen väcker djupa filosofiska frågor om arbetets mening, om medborgarlöner och om vilka jobb människor bör ha om de kan välja. Om vad ett *jobb* är? Om vad tillvarons mening är i ett jobblöst samhälle. Om jämlikhet. Om att människorna kommer att måsta underställa sig maskinerna?

Två grundläggande frågeställning tonar fram. Den första om att i en värld där kapitalet tjänar pengar måste det till andra mekanismer som ser till att försörja människorna. Att äga sitt eget kapital menar vissa forskare kan leda till att småföretagsverksamhet kan bli mycket vanligare i framtiden. Men lika sannolikt är modeller som bygger på transfereringar, som förslagen om medborgarlöner som diskuteras över hela världen.

Det finns också farhågor om ökade klyftor i samhället bland många ekonomer. När rutinjobben försvinner samtidigt med brist på spetskompetens som bygger och underhåller den digitala industrin,

³⁸ Smith, Noah, *Our Work here is done, Visions of a robot economy*, 2014

riskerar arbetsmarknaden att klyvas. Lönerna divergera och låglöneyrkena pressas mot svältnivåer i länder som saknar skyddsnät.

Den andra är vad människorna ska göra och hur vi definierar arbete. Kanske är vi i början av en utveckling med ändrade attityder. I stället för "vanliga" jobb använder många redan sina förmågor för kreativt skapande och försörjning, många menar att vi får se mer av det i framtiden. Ingenjörer kommer å andra sidan att efterfrågas eftersom de behövs för att utveckla produktionssystemen. Personlig service menar många kommer att vara efterfrågad. Speciellt när man kan förvänta sig att massmarknaden också automatiseras. *Personal shoppers, personliga tränare* och *Personal image consultants* tillhör framtidsyrkena!

Sammanfattning

För mindre än två år sedan tittade vi närmare på open sourcing-företaget *Local Motors*. Då hade man konstruktionen av den första *Rally Fighter* och hade provbyggt några få exemplar. När vi återvänder till företaget idag är det en imponerande utveckling som skett på rekordtid. Antalet medlemmar är nu 150 000, man utvecklar och tillverkar båda bilar, motorcyklar, elcyklar, modellbilar och skateboards. Konceptet med lokala mikrofabriker rullas ut över världen och man tar nu nästa steg och börjar att tillverka bilar med hjälp av 3D-printing. Den första i fiberarmerad termoplast tog fyrtio timmar att skriva ut, men inom ett år beräknar man att vara nere på en timme.

Lokal Motors är ett tydligt exempel på vad som nu rör sig under ytan av den industriella utvecklingen. Som baseras just på alla de begrepp som börjar med open-, crowd- och collaborative. Och som har potential att skaka om bland institutionerna.

Det är också en välkommen debatt som tack vara medias uppmärksamhet av Oxfordrapporten nu startar och förhoppningsvis leder till en mindre närsynt arbetsmarknadsdiskurs. Kanske sammanfattar *Google-chefen Eric Schmidt* alla farhågor under *World Economic Forum 2014: there race is between computers and people - and people have to win...*

Å andra sidan sätter politik lika ofta gränser för den tekniska utvecklingen. Mindre än ett dygn efter att e-handelsföretaget Amazon visade hur dess flygande drönare kunde revolutionera distributionssektorn tvingade amerikanska myndigheter drönarna att parkera i väntan på regleringar.

Fördjupning III - Digitalisering

*Hundra år av välstånd har grundkontakt med det vi idag kallar industriautomation. En alltmer förfinad omsättning av **elektroteknik** till ekonomiska värden utgör retrospektivt en beundransvärd utveckling som först på 1980-talet fick ny skjuts. **Mikroprocessorn** gjorde industriellt genombrott. Knappast något annat modernt teknikskifte har på så kort tid lyft produktiviteten så mycket. Åttio- och nittiotalets stora investeringar i styrsystem för process- och robotteknik ger fortfarande ringar på vattnet som ständigt förbättrad produktion. Så mycket som 40 % av produktivetsförbättringarna i världen de senaste decennierna antas vara resultat av utveckling enligt Moores lag³⁹.*

Automation som modernt, industriellt begrepp har anor från 1947. Det var då General Motors inrättade ett *automation department* i sin fabrik i Detroit, en symbolisk startpunkt för efterkrigstidens industriella utveckling. I genuin betydelsen är automation ett sätt att producera som följer efter manuellt arbete och mekanisering och som också innefattar materialhantering. Ordet kommer ur det grekiska *automaton*.

Över tiden har automation alltmer förknippats med de apparater och system som gör automatisk produktion möjlig och först på åttiotalet fick automationsindustrin den struktur vi ser idag. Det var också då man började skilja på *factory automation* och *process automation*, där factory automation relaterar till tillverkningsindustrin och traditionellt också omfattar t.ex. robotteknik.

Industriell IT är ett vagare och modernare begrepp med tyngdpunkt i övre delarna av den standardmodell - *automationspyramiden*⁴⁰ - som beskriver hierarkierna för styrning och kontroll av industriprocesser. I början av 2000 gjorde ABB anspråk på *Industrial IT* som ett varumärke när företagets erbjudande positionerades för att förena industrins produktions- och verksamhetssystem⁴¹. Den betydelsen är fortfarande relevant och utvecklingen går mot allt mer integrerade lösningar.

Idag är automationsmarknaden värd 155 miljarder USD per år. Fördelat på 72 miljarder för factory automation och 83 miljarder USD för processautomation⁴². Av det är 40 MUSD fältutrustning.

Marginalnyttan med åttiotalets automationsvåg avtar

Men som tidigare i historien nås gränsen för det ekonomiskt realiserbara. Marginalnyttan med traditionell automation minskar. Samtidigt sker i bakgrunden en utveckling vars motstycke saknas i historien. Pris-prestandaförbättringen på datorkomponenter är exponentiell. Marginalkostnaden för att samla information och kommunicera går ner lika dramatiskt. Molntjänster skapar transparens, och metodutveckling gör det möjligt att i realtid och kostnadseffektivt förädla värden bland extrema mängder av svårfångad information.

I vår definition innebär digitalisering inte enbart teknik. Det är ett förhållningssätt och en förmåga att tillgängliggöra och skapa värden av tillgänglig teknik i en global men nationellt och branschmässigt

³⁹ Harald Bauer, Jan Veira, and Florian Weig, MGI, Moore's law: Repeal or renewal?, 2013

Moores Lag: efter en av Intels grundare Gordon E. Moore, betecknar fenomenet att antalet transistorer som får plats på ett chip växer exponentiellt

⁴⁰ Se även appendix.

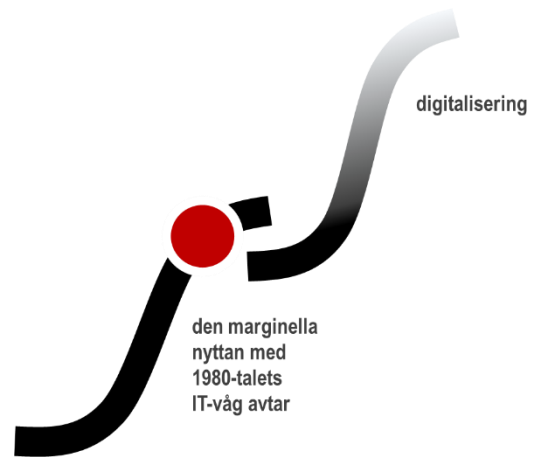
⁴¹ ABBs finansiella kris gjorde dock att den mycket framsynta satsningen kom av sig.

⁴² Credit Suisse, Global Industrial Automation, augusti 2012

ojämn utveckling. Fyra konsekvenser är särskilt tydliga och sammanfattar vad vi menar med en **Digitaliserad Industri**.

1. Ökad transparens i värdesystemen och därmed ökad kunskap om kundernas behov
2. Ökad produktivitet
3. Behovet av nya affärsmodeller
4. Förmågan att nyttogöra den nya tekniken

Att utvecklingen baseras på teknik som är lika tillgänglig överallt i hela världen men avgörs av förmågan att tillvara ta den, är ur svenskt perspektiv både ett hot och en stor möjlighet.



I studien *Tredje Vågens Automation*⁴³ identifieras kritiska faktorer som är viktiga för den framtida konkurrenskraften. De fyra områdena är *digital teknik, processer, affärsmodeller* och *kompetens*. I rapportseriens tredje del *Utmaningen* går vi närmare in på de industriella konsekvenserna av dessa.

Den digitala S-kurvan

Två trender menar vi har särskild betydelse för att skapa ekonomi av information och göra den nya S-kurvan möjlig. Den ena är att **Internet** utvecklas in i det industriella området. Nästa generations internetapplikationer använder protokollet IPv6 som gör det möjligt att i princip kommunicera med varje objekt som skapas av människor.

Det andra är möjligheten att till låg kostnad behandla stora mängder data, det som ofta kallas för **Big Data Analytics**.

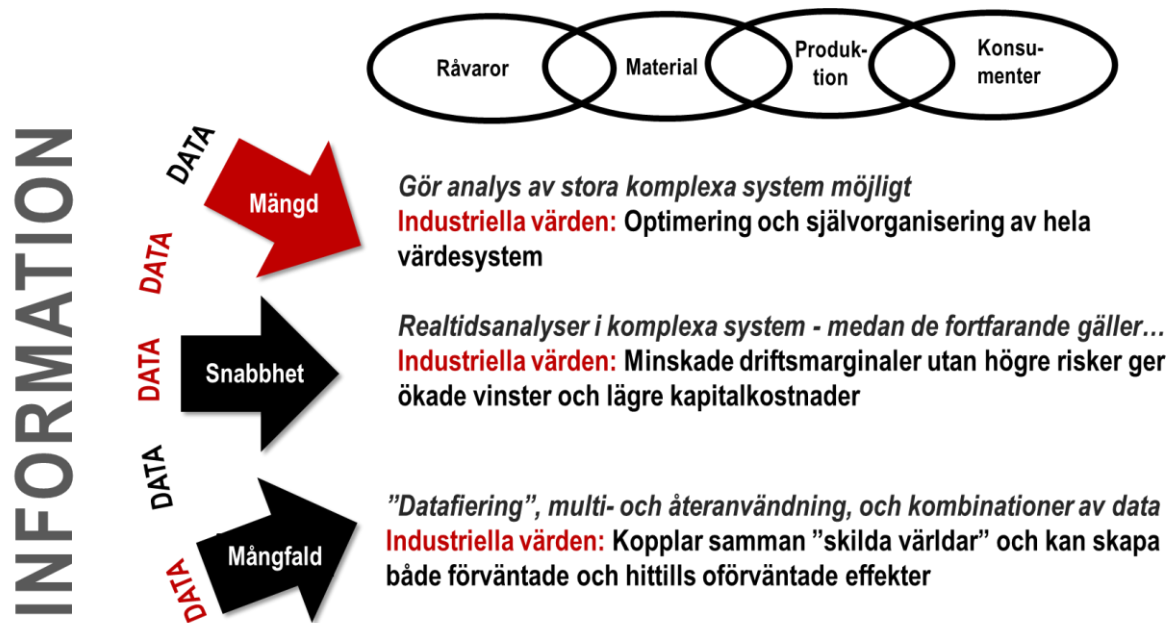
Ett annat begrepp som används för att sammanfatta dessa koncept är Enterprise Information Management (EIM).

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 drygt 57 miljarder adresser per gram av hela vår planets massa.

Sensornätverk och hanteringen av stora datamängder kan göra samhället mycket mer transparent vilket är förutsättningen för effektivt resursutnyttjande. I en rapport från General Electric⁴⁴ räknar man med att industriella tillämpningar av Internet kan öka BNP i världen med 10 000 - 15 000 miljarder USD till år 2030. Det motsvarar USAs årliga bruttonationalprodukt. Enligt GE:s rapport tror man att konceptet penetrerar industritillämpningar motsvarande halva globala ekonomin till år 2025, eller 82 000 miljarder USD.

⁴³ Blue Institute för PiiA, 2014

⁴⁴ GE, Industrial Internet: Pushing the Boundaries of Minds and Machines, 26 November, 2012



Figur 11: De industriella värden som kan skapas av data i egenskaperna mängd, hastighet och mångfald. Källa: Blue Institute, 2014.

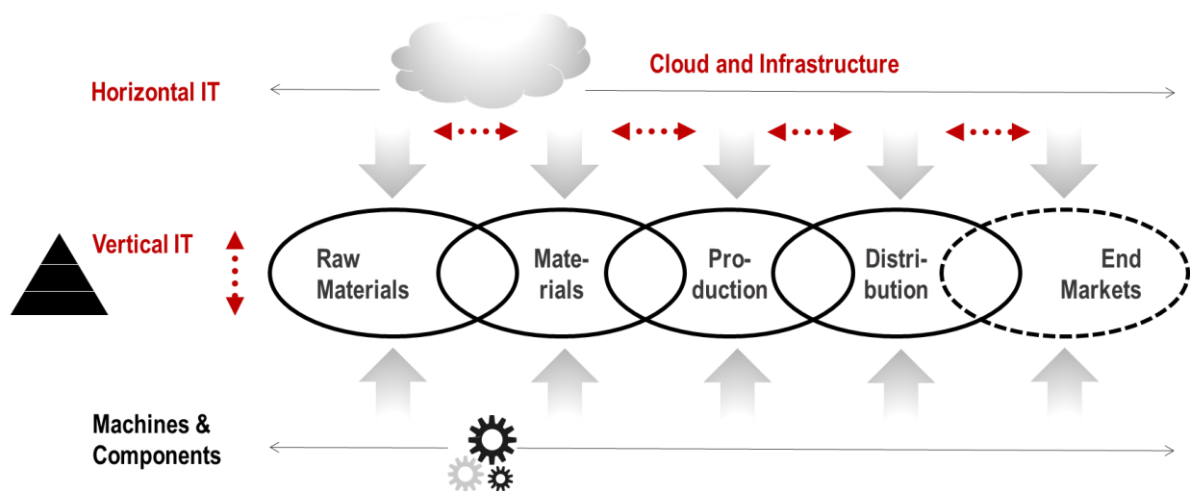
Enligt en annan rapport från McKinsey Global Institute finns mer än 30 miljoner sensornoder kopplade till Internet inom industri- och elnätsbranschen och antalet växer med 30 procent per år⁴⁵. Men det är ändå en liten del jämfört med det som mäts i produktionen - det finns redan miljarder mätpunkter som har potential till mycket mer. Industrin samlar mer data än någon annan bransch - nära 2 exabyte⁴⁶ under 2010⁴⁷. Det motsvarar 100 000 bibliotek i samma storlek som Library of Congress - världens största bibliotek.

En utbyggd infrastruktur i form av molntjänster och höga kommunikationsprestanda - *Horisontell IT* - gör det möjligt att öka transparensen och effektiviteten i värdesystemen. Industrins investeringar i *Vertikal IT* i form av traditionell automation, optimering, planering osv. fyller en funktion också genom att integrera enskilda, komponenter, maskiner och hela processer till den horisontella nivån.

⁴⁵ MGI, Big data: The next frontier for innovation, competition, and productivity, 2011

⁴⁶ Exabyte - en triljon byte - tusen petabyte. (Exa står för en etta följd av 18 nollor) Tusen exabyte blir en zetta-byte

⁴⁷ BIG - Big Data Public Private Forum - ett EU 7-ramprogram | avser data från automation-, supply chain management- och Product Life Cycle- system



Figur 12: Schematisk struktur över hur produktionssystemen digitaliseras. Vertikal IT är den nivå som mäter, styr och övervakar maskiner och processer. Horisontell IT är förenklat "molnnivån" som ser till att värdesystemen och produktionsflödena blir transparent och hålls samman. Källa: Blue Institute 2013.

Bättre informationsflöden som kopplar människor och processer, kan minska förlusterna av tid, material och andra resurser. Det säger sig själv att erfarenheterna från tidigare generationers automations- och IT-investeringar (som skapat den "silo-situation" som finns frekvent i industrin) ska tas tillvara så att informationen kan flöda fritt och bli ett verkligt verktyg för *operationell excellens*. Transparens är en förutsättning för framgång. Att nå framgång genom att försöka dölja eller skapa informations/kunskapsövertag i en transparent omvärld kommer ofelbart att straffa sig.

Internet of Things

Termer som Internet of Things (IoT), Industrial internet, eller sakernas internet syftar i grunden till att beskriva utvecklingen som sker när de flesta saker runt omkring oss innehåller någon form av dator. Begreppet Industriellt internet myntades av företaget GE och refererar till integrationen av fysiska maskiner med sensornätverk och mjukvara.

Den allmänt förekommande termen Internet of Things myntades redan år 1999 och kan beskrivas som en generell beteckning på unikt identifierbara objekt och dess virtuella representation i en internetlik struktur. Ett tidigt exempel på detta är Radio Frequency Identification (RFID) som har setts som en förutsättning för IoT - om alla objekt och människor var utrustade med identifierare så skulle de också kunna hanteras och styras av datorer.

Six decades into the computer revolution, four decades since the invention of the microprocessor, and two decades into the rise of the modern Internet, all of the technology required to transform industries through software finally works and can be widely delivered at global scale...

Marc Andreessen
the Wall Street Journal

Forskningsområdet relaterat till IoT är bara i sin linda och idag riktas de största forskningsinsatserna mot enheter som är kopplade till internet via lågenergiradio. Tekniken som krävs för att kopplas upp till internet och att ha tillgång processorkraft har blivit både enklare och billigare. Vilket innebär att det är ekonomiskt försvarbart att masstillverka sådana enheter och nå massmarknaderna.

Det finns olika uppfattningar om hur många enheter som är och kommer att vara uppkopplade till internet. Enligt Gartner kommer det att vara nästan 26 miljarder enheter år 2020. Ericssons VD Hans Vestberg gick år 2010 ut med visionen om att det år 2020 kommer finnas 50 miljarder uppkopplade enheter. På årets Mobile World Congress i Barcelona talade bland andra John Chambers, vd för Cisco om 500 miljarder uppkopplade prylar långt före nästa decenniums slut⁴⁸. I en rapport från IEEE⁴⁹ nämns till och med siffror som en trillion uppkopplad enheter år 2022. Det viktiga är inte att prediktera det exakta antalet utan snarare att antalet enheter ökar hela tiden och mycket tyder på att ökningen sker exponentiellt.

Företaget *General Electric* exemplifierar hur produktiviteten ökar genom digitalisering när de exempelvis ska utföra service av flygplansmotorer. Idag när en motor servas vet inte teknikerna vilka problem som väntar innan de kan undersöka motorn på plats. Men inom en snar framtid kommer man att ha kunskap redan innan flygplanet nått hangaren och reservdelar som behövs kan förberedas i förväg. På så sätt kan tiden för underhåll minska dramatiskt och därmed ökar också produktiviteten.

Detta scenario blir möjligt genom analyser baserat på data från sensorer inuti flygplansmotorn. I framtiden kommer informationen också att användas för bättre förebyggande underhåll. Det blir möjligt att inte bara veta att en komponent har fallerat utan också att diagnostisera hur systemet mår och genomföra förebyggande åtgärder baserat på kunskap om behoven hos den aktuella flygplansmotorn.

Datormoln (Cloud Computing)

Datormoln är den svenska termen för det engelska begreppet *Cloud Computing* och syftar till att beskriva olika typer av beräkningskoncept som involverar datorer i nätverk och som möjliggör kommunikation i realtid. Datormoln är egentligen en synonym för distribuerade datornätverk och syftar till förmågan att exekvera mjukvaruapplikationer på ett stort antal uppkopplade datorer samtidigt.

Molnet är en mer vardaglig fras som refererar till nätverksbaserade tjänster som av användaren uppfattas komma ifrån riktiga serverar. I själva verket är de uppbyggda av virtuell hårdvara simulerad av mjukvara som exekverar på en eller flera riktiga datorer. Sådana virtuella servrar finns inte fysiskt och kan därför flyttas runt och skalas upp eller ned under drift utan att påverka slutanvändaren.

I vanligt språkbruk brukar molnet utgöra en metafor för Internet. Genom marknadsföring har uttrycket populariserats ytterligare med uttryck som "i molnet" för att referera till mjukvara, plattformar och infrastruktur som erbjuds i form av en tjänst över Internet. I dessa fall har typiskt säljaren riktiga energikonsumerande servrar i ett datacenter på en avlägsen plats så att slutanvändaren enbart behöver logga in på ett publikt eller privat nätverk utan att behöva installera någonting själv. De vanligaste förekommande modellerna för datormolntjänster känner vi till som:

- Programvara som tjänst - på engelska Software as a service (SaaS)
- Plattform som tjänst - på engelska Plattform as a service (PaaS)
- Infrastruktur som tjänst - på engelska Infrastructure as a service (IaaS)

Via Infrastruktur som tjänst (IaaS) erbjuds fysisk eller virtuell hårdvara som kan skalas upp eller ned beroende på kundens behov. Plattform som tjänst (PaaS) adderar till denna infrastruktur genom att

⁴⁸ Ny Teknik, 7 mars, 2014

⁴⁹ IEEE special rapport Internet of Things mars 2014

erbjuda en beräkningsplattform som inkluderar operativsystem, databaser, webbservrar, mm. Programvaruutvecklare kan sedan utveckla och driva sina programvarulösningar på en molnplattform utan att kostnaden och komplexiteten kopplat för den underliggande hård- och mjukvaran skenar iväg.

För Programvara som en tjänst (SaaS) ges användare tillgång till programvara och databaser. Molnleverantörerna hanterar både den infrastruktur och de plattformar som krävs för att erbjuda tjänsterna. Molntjänsterna kan erbjudas i publika, privata eller i en kombination av dessa nätverk. *Google, Amazon, och Apple* är alla kända för sina publika molntjänster som erbjuds via internet.

En fördel med Molnet är möjligheten att maximera effektiviteten i de gemensamma resurserna. Molnresurser kan inte bara delas av flera användare utan också dynamiskt omfördela sina resurser utifrån efterfrågan. Till exempel kan ett molnbaserat datacenter erbjuda europeiska användare ett visst program (t.ex. e-post) under europeisk kontorstid och omfördela samma resurser och på så sätt erbjuda amerikanska användare ett annat program (t.ex. en webbrowser) under deras kontorstid.

Denna strategi maximerar användningen av datorkraften och minskar också miljöpåverkan eftersom mindre ström, luftkonditionering, etc. krävs för att erbjuda en mängd olika funktioner. Via Molnet kan också information och olika typer av tjänster spridas globalt på ett kostnadseffektivt och snabbt sätt

Allt fler tecken pekar på en maktkoncentration på molnmarknaden.

Molninfrastruktur och molnplattformar handlar allt mer om att bli riktigt stora och att de största leverantörerna alltid kan spendera mer än resten. I det upploppet om marknadsdominans drar Amazon, Microsoft och Google i från. Andra får ge sig på jakt efter nischmarknader.

Amazon investerade 1,3 miljarder dollar i infrastruktur för och utveckling av molntjänster, enbart under andra kvartalet 2014. Microsoft och Google la tillsammans ut 3,4 miljarder dollar och IBM 1,2 miljarder dollar under samma period⁵⁰.

Kontentan är att molninfrastruktur och molnplattformar allt mer handlar om att blir riktigt stor. Det räcker inte med att vara mer innovativ än de stora drakarna. Amazon, Google och Microsoft kommer att vara ledande och strida hårt sinsemellan.

Andra stora infrastrukturleverantörer, som IBM, HP och Verizon, kommer att hitta nischer. Till exempel inom vertikala marknader som industriell IT, sjukvård, finans och återförsäljarledet. De kommer att växa, men inte lika mycket som de tre marknadsledarna. För alla andra väntar bistra tider, även om inte allt hopp är ute.

Molnmarknaden följer med andra ord välkända mönster - efter en inledande kamp om marknadspositioner träder några leverantörer fram som marknadsledare och resten får lov att hitta något annat att göra.

Big data

⁵⁰ Infoworld, David Linthicum, augusti 2014

Stora datamängder eller *Big data* är en term som beskriver datamängder så stora och komplexa att det är svårt eller omöjligt att behandla dem med traditionellt tillgängliga verktyg. Utmaningarna inom området består i att samla in, lagra, göra sökbart, dela, analysera och visualisera datamängderna. Trenden med analys av allt större mängder data förklaras av värdet med att få ytterligare information genom att analysera *relaterade* data. Exempelvis ger det möjligheten att identifiera korrelationer för att identifiera affärstrender, förebygga sjukdomar, bekämpa brott, och identifiera trafikförhållanden i realtid och i allt större utsträckning också industriella tillämpningar.

Datamängder växer i storlek genom data från mobila enheter, programvaruloggar, kameror, mikrofoner och trådlösa sensornätverk. Antalet smarta mobiltelefoner i världen beräknades vara 1,4 miljarder i slutet av 2013 och den siffran ökar till 5,6 miljarder år 2019, vilket motsvarar mer än 60 procent av alla mobiltelefoner. Jämför också prognoserna om 500 miljarder uppkopplade apparater före år 2030.

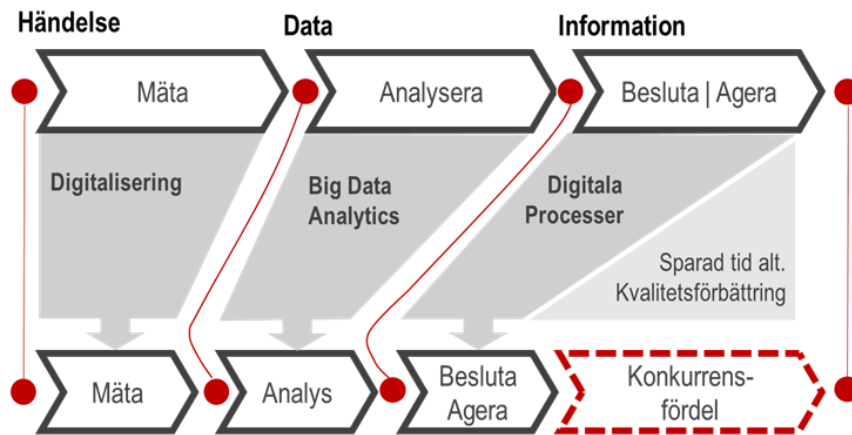
Samtidigt har världens tekniska kapacitet att lagra information fördubblats var fjortionde månad sedan 1980-talet. Med början år 2012 skapas 2,5 exabyte ($2,5 \times 10^{18}$) data varje dag. Problemet är att majoriteten av dessa datamängder är ostrukturerade. Det har medfört ett ökat behov av metoder och verktyg som gör det möjligt att gå från ostrukturerat data till relevant information. Denna digitala förädlingsprocess kallas för *Big Data Analytics*.

Big Data Analytics går ut på att upptäcka och kommunicera meningsfulla mönster i stora datamängder. Ofta används visualiseringsmetoder för att kommunicera dessa insikter. Ett företag kan tillämpa Analytics för att beskriva, förutsäga och förbättra resultaten, för att optimera beslutsfattande, lagerhållning, marknadsföring och prissättning. Big Data Analytics är en absolut pådrivande faktor för att industrins affärsmodeller kommer att omvärderas och utvecklas under kommande år.

Biltillverkaren *BMW* investerar⁵¹ i Big Data Analytics för att erbjuda bättre service och underhåll och samtidigt förbättra produkterna. Genom prediktiv analys genom global datainsamling förväntar man sig att åtgärda tekniska svagheter *innan* en ny bilmodell introduceras - och innan de skapar problem i serieproduktionen. Data samlas in från serviceverkstäder, från testkörningar och i ökande grad genom att bilarna blir uppkopplade och därmed kan ge en tillgång till mätdata från bilens alla sensorer. En av de stora vinsterna är tid - rapporter som tog flera månader kan nu sammanställas på några dagar.

I det korta perspektivet behöver företag göra prövande transformation av sina processer och affärsmodeller för att öka sin konkurrenskraft genom den nya digitala tekniken. General Electric är en förespråkare av detta och exemplifierar det i sin syn på underhållet av flygplansmotorer. Genom utvecklingen i Big Data Analytics området ger det GE möjligheten att diagnostisera en flygplansmotor innan den kommer in i hangaren för service. Det möjliggör att tiderna dramatiskt kan kortas ned likt BMW fallet vilket direkt ökar produktiviteten. Figur 8 illustrerar detta. Man kan också tänka sig att denna information kan ligga till grund för utvecklade affärsmodeller.

⁵¹ Computerworld UK, 11 mars, 2014



Figur 8. Illustration av hur produktiviteten ökar genom att tiden för de olika faserna dramatiskt minskar med hjälp av den digitala tekniken ⁵².

Det finns många ytterligare exempel på hur värden kan skapas genom förmågan att fånga och agera på data i realtid. Ett gruvföretag kan reducera tiden som går bort på grund av skador genom att upptäcka korrelationer mellan variabler som väder, operatörsschema, och utbildningsnivå hos sina operatörer. På så sätt kan skadefrekvenser prediceras och förebyggande åtgärder kan tas fram.

För tillverkningsindustrin ger det möjligheten att testa de olika delarna av en produkt i produktionslinan. Sannolikheten för att en given del i produktionsflödet är defekt kan beräknas genom en tillämpad prediktiv analys och kontinuerligt uppdateras för varje produktionssteg. Potentiellt defekta enheter kan identifieras och sorteras ut under produktionen och potentiella kvalitetsbristkostnader minimeras.

Tillämpningarna och därmed möjligheterna med den nya digitala tekniken är stora. För att dessa ska kunna realiseras är det viktigt att ledningsgruppen och beslutsfattare i industrin är medvetna om dessa möjligheter. Informationen som genereras med hjälp av den digitala tekniken måste hanteras och ses som en företagsstrategisk tillgång, snarare än en funktionell taktisk tillgång. Industrin behöver utveckla informationsmodeller och säkerställa att de hålls uppdaterade på ett systematiskt och holistiskt sätt.

För inte så länge sedan fanns utmaningarna kopplat till området Analytics nästan uteslutande inom forskarvärlden, men snabbt blir stora datamängder en reell utmaning för industrin. Därför har ett starkt kommersiellt intresse för analysprogramvara uppstått. Utmaningarna för dessa lösningar är analysen av de ostrukturerade datamängderna som skiljer sig från strukturerade datamängder när formatet varierar och inte kan lagras i traditionella databaser. Exempel på ostrukturerade datamängder är e-post, innehållet i dokument, PDF-filer, kartdata, videofilmer mm som snabbt är på väg att bli relevanta källor för en relevant omvärldsbevakning. Men i industriella sammanhang också mätdata från olika källor av olika kvalitet.

Big Data Analytics använder matematik och statistik, användning av beskrivande tekniker och prediktiva modeller för att skapa kunskap ur data. Insikterna från datamängder används för att rekommendera åtgärder eller för att styra olika typer av beslutsfattande - sålunda är Analytics inte så mycket en fråga om individuella analyser eller analyssteg utan snarare hela metodiken.

⁵² BCG Perspectives, december 2013.

Vidareläsning