EXAMENSARBETE INOM TEKNIK,
GRUNDNIVÅ, 15 HP

STOCKHOLM, SVERIGE 2019

Återvinning och återtillverkning inom den svenska stålindustrin

DANIELA ANDERSSON

ANNA GRANHED

KTH
SKOLAN FÖR INDUSTRIELL TEKNIK OCH MANAGEMENT

Återvinning och återtillverkning inom den svenska stålindustrin

Daniela Andersson & Anna Granhed

MG115X EXAMENSARBETE INOM PRODUKTFRAMTAGNING OCH INDUSTRIELL EKONOMI, GRUNDNIVÅ
Stockholm, Sverige 2019

Sammanfattning

Den svenska stålindustrin står idag inför flera utmaningar. Den ökade globala konkurrensen och de pågående klimatförändringarna ställer nya krav på industrin och på vad som krävs för att bibehålla en konkurrenskraftig produktion. Industrin bidrar till Sveriges välstånd på ett flertal sätt då den bland annat står för arbetstillfällen och en stor del av den svenska exporten. För att möta de hot som stålindustrin nu står inför måste en förändring av det traditionella tankesättet ske och industrin röra sig mot att bli mer hållbar. Ett steg för att säkerställa att den svenska stålindustrin även i framtiden förblir välfungerande och lönsam är förflyttning mot en cirkulär ekonomi.

Cirkulär ekonomi är en produktionsmodell som syftar till att helt eliminera avfall för att istället se till att samtliga produkter som tillverkats återgår till produktionscykeln när de är uttjänta. Återvinning och återtillverkning är två viktiga processer inom cirkulär ekonomi vilka effektiviserar användningen av naturresurser. Återvinning är redan ett vedertaget arbetssätt inom stålindustrin medan återtillverkning inte har nått samma implementeringsnivå och acceptans. Återvinning syftar till att återställa material till sin ursprungsform för att åter kunna använda dem i produktionen och återtillverkning innebär att delar från uttjänta produkter används vid produktion av nya produkter som har likvärdig eller bättre kvalitet och prestanda.

Syftet med det här arbetet är att undersöka vilka incitament som finns för och emot arbetet med återvinning och återtillverkning inom den svenska stålindustrin. Detta har skett genom att undersöka hur industrin arbetar i dagsläget och genom att studera den forskning som finns inom området. Det har även gjorts en komparativ studie mellan tre företag inom industrin: Sandvik, Atlas Copco och SSAB.

Resultatet av denna rapport visar att det ekonomiska incitamentet är en avgörande faktor för stålindustrins arbete med återvinnig och återtillverkning. Medan återvinning sedan en tid tillbaka är väletablerat, står återtillverkning inför större hinder innan det etableras i den svenska stålindustrin. Teknikens utveckling skapar förutsättningar för implementering av återtillverkning och förbättring av återvinning. Andra incitament som talar för ett mer utbrett arbete inom dessa områden är lagar och regleringar där framtiden kan komma att bli mer reglerad och således dyrare för de företag som inte lyckas hantera sitt avfall på ett fördelaktigt sätt. Återvinning och återtillverkning kan även ha en positiv inverkan på produktionsflödet.

Sammanfattningsvis finns det stora möjligheter inom områdena vilka skulle bli tydligare om industrin från början designade sin produktion och sina produkter med återvinning och återtillverkning i åtanke.

Abstract

Today, the Swedish steel industry faces a number of challenges. Increasing global competition and ongoing climate change has caused a shift in the demand of the industry and the requirements to maintain competitive steel manufacturing. The steel industry directly affects the Swedish economy in a number of ways including job opportunities and a majority of the country's exports. In order to manage the threats currently faced by the steel industry, a change in the traditional way of thinking must take place and the industry must move towards becoming more sustainable. Shifting to a circular economy would be a step in the right direction toward securing a well-functioning and profitable Swedish steel industry.

Circular economy is a manufacturing model that aims to eliminate all waste and residue products by ensuring end-of-life products return to the production cycle. This differs from the more traditional, linear way of thinking where a product's chain ends once it is worn out. Recycling and remanufacturing are two important processes within circular economy, which both help to optimize the use of natural resources. Recycling is when material from end-of-life products are used to produce new products. Remanufacturing means that part of end-of-life products are used in the production of new products that have the same or better quality and performance. Recycling is already a well-established way of working in the steel industry, however remanufacturing has not yet reached the same implementation and acceptance level.

We investigate which incentives there are for recycling and remanufacturing within the Swedish steel industry. This has been done by studying existing research in the area and by examining the current methods available. These processes look through a comparative studie between three companies within the industry: Sandvik, Atlas Copco and SSAB.

The result of this study shows that the financial incentive is of great importance for the work with recycling and remanufacturing. While recycling is accepted, remanufacturing is facing greater obstacles before it is embraced by the Swedish market. Further technical development of these processes is crucial for companies to prioritize future work in the field. Laws and regulations may be put in place to incentivize a future of more regulated practices and higher costs for companies that fail to manage their waste in a beneficial way. Production flow can also be positively affected by these processes.

In summary, there are great opportunities in the area that will become more apparent as companies begin to embrace and design their production with recycling and remanufacturing in mind.

Förord

Denna rapport är skriven under våren 2019 på Kungliga Tekniska Högskolan som ett kandidatexamensarbete inom produktframtagning och industriell ekonomi.

Vi vill tacka vår handledare Per Johansson för hans stöd och vägledning under arbetets gång. Vi vill även tacka Henrik Ager på Sandvik, Anna Ahlin på Atlas Copco Industrial Technique AB och Hans Carlstedt på SSAB MEROX för att de har ställt upp på intervjuer och således delat med sig av sin kunskap och givit oss insikt i den svenska stålindustrin.

Stockholm, Maj 2019
Anna Granhed & Daniela Andersson

Innehåll

1 Inledning ... 1

1.1 Bakgrund ... 1

1.2 Syfte och frågeställning ... 1

1.3 Avgränsningar ... 1

1.4 Metod ... 2

2 Cirkulär ekonomi och stålindustri ... 3

2.1 Cirkulär ekonomi ... 3

2.2 Svensk processindustri idag ... 4

2.3 Svensk verkstadsindustri idag ... 6

3 Återvinning och återtillverkning ... 7

3.1 Processer ... 7

3.2 Lämplighet för återvinning ... 8

3.3 Lämplighet för återtillverkning ... 8

4 Beslutsfaktorer ... 10

4.1 Ekonomi ... 10

4.2 Lagar och regleringar ... 10

4.3 Produktionsflöde ... 11

5 Studerade företag ... 12

5.1 Sandvik ... 12

5.2 Atlas Copco ... 14

5.3 SSAB ... 15

6 Diskussion ... 19

6.1 Hur industrin arbetar idag ... 19

6.2 Samhällets påverkan ... 20

7 Slutsats ... 22

8 Förbättringar och förslag på framtida studier ... 23

9 Referenser ... 24

Bilagor ... 27

Bilaga 1- Intervjufrågor till Sandvik, Atlas Copco och SSAB ... 27

Bilaga 2 - Intervjufrågor Cirkulär ekonomi, Amir Rashid ... 27

Begrepp

Tillverkningsindustri – *den del av industrisektorn som omfattar ren råvaruförädling eller omvandling av råvaror till produkter*

Processindustri – *industri där råvaror omvandlas under ett kontinuerligt arbetande materialflöde*

Verkstadsindustri – *all industri som bearbetar och förädlar metaller till produkter*

Take-make-use-dispose – *Tankesätt inom det linjära produktionsflödet. En produkt tillverkas, används och kasseras sedan vilket innebär slutet på kedja*

EBITA – *Rörelseresultat före räntor, skatter, avskrivningar och amorteringar*

Restprodukter – *Material eller resurs som blir över vid produktion eller konsumtion*

Avfall – *Restprodukt som går till deponi*

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Världens befolkning fortsätter att växa och väntas nå 8,5 miljarder år 2030 och 9.8 miljarder 2050.[1] Förbrukningen av världens resurser förväntas växa i motsvarande takt. I Sverige står industrin för 16 % av landets BNP och är således en av grundpelarna för Sveriges välstånd.[2] Stark innovationsförmåga och produkter som väl anpassats efter marknadens variationer är vad som hållit den svenska industrin konkurrenskraftig under de senaste decennierna. I samband med den ökade befolkningstillväxten råder även ekonomisk tillväxt och en högre konkurrens på den internationella marknaden.

Industrin står för utsläpp, förbrukning av resurser och resulterar i stora mängder avfall. Medan samhället har genomgått evolution och diversifiering har grunderna i den industriella ekonomin inte ändrats markant sedan den första industriella revolutionen.[3] Två av Sveriges mest centrala industrier är processindustrin och verkstadsindustrin.[4]

1.2 Syfte och frågeställning

Det finns indikationer på att återvinning och återtillverkning kan resultera i fördelar inom den del av tillverkningsindustrin som framställer stål och tillverkar produkter av stål. Då teorin inte är välbeprövad inom detta område finns det faktorer som möjligtvis kan påverka industrins lönsamhet. Syftet med arbetet är därför att undersöka vad implementering av återvinning och återtillverkning inom den del av den svenska tillverkningsindustrin som innefattas av stålindustrin skulle föra med sig för möjligheter och konsekvenser. Syftet är också att tydliggöra varför aktörer väljer, eller avstår från, att utnyttja återtillverkning och återvinning. Följande frågeställning har formulerats:

Vilka incitament finns för återvinning och återtillverkning inom den svenska stålindustrin?

För att besvara denna frågeställning undersöks tre delfrågor:

- *Hur arbetar företag återvinning och återtillverkning idag?*
- *Vilka beslutsfaktorer påverkar företagens arbete med återvinnig och återtillverkning?*
- *Hur ser företag på möjligheter för återvinning och återtillverkning inom verksamheten?*

1.3 Avgränsningar

Arbetet begränsas till den svenska stålindustrin och endast processerna för framställning och tillverkning av komponenter i stål kommer att undersökas. Tillverkningsindustrin innefattar ett flertal industrier[5] där det här arbetet endast berör processindustri och verkstadsindustri. I

begreppet hållbar produktion ingår ett flertal faktorer men det här arbetet kommer bara undersöka de delar som innefattar återvinning och återtillverkning. Återvinning begränsas till återanvändning av material som antingen har uppstått i produktionen eller återkommit genom insamling av uttjänta produkter. Återtillverkning begränsas till orginaltillverkare och definieras som tillverkning av nya produkter med samma eller bättre kvalitet och prestanda, där delar från insamlade uttjänta produkter används. Återvinning av uttjänta produkter som inte återkommer till produktionen kommer inte att undersökas då det är alltför omfattande. Inte heller återvinning av de material som inte kan återanvändas i produktionen kommer att undersökas.

1.4 Metod

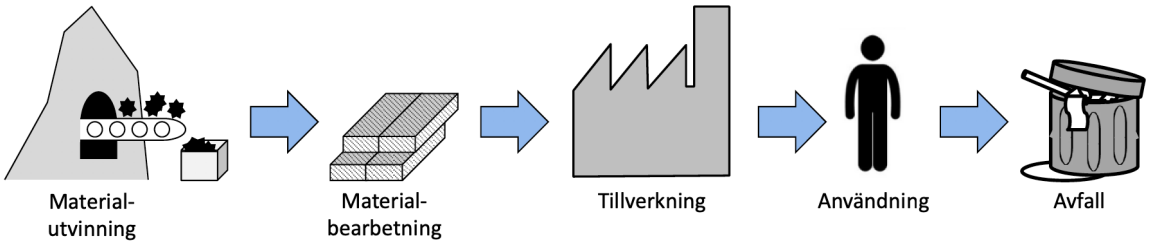
I syfte att besvara frågeställningen utgår arbetet från en litteraturstudie om återvinning och återtillverkning. Definitionerna av dessa områden går till viss del isär i litteraturen och av denna anledning blev det viktigt att undersöka vad som ska inkluderas i vilket begrepp. Litteraturstudien samlade även teori kring cirkulär ekonomi och hur den svenska tillverkningsindustrin ser ut idag. Den litteratur som har använts i studien är främst hämtad från Science Direct och Digitala Vetenskapliga Arkivet (Diva). Utöver detta har även artiklar hämtade från internet använts. Alla källor har betraktats utifrån ett kritiskt perspektiv för att säkerställa deras kvalitet och trovärdighet.

För att skapa en större förståelse för hur arbetet med återvinning och återtillverkning ser ut genomfördes tre semistrukturerade intervjuer på företag inom den svenska stålindustrin. Även en intervju med Amir Rashid, professor i tillverkning vid KTH, genomfördes om cirkulär ekonomi. I denna intervju diskuterades en helhetssyn av begreppet cirkulär ekonomi och vilken påverkan detta har på stålindustrin i sin helhet. Intervjufrågorna återfinns i bilaga 1 respektive bilaga 2.

2 Cirkulär ekonomi och stålindustri

2.1 Cirkulär ekonomi

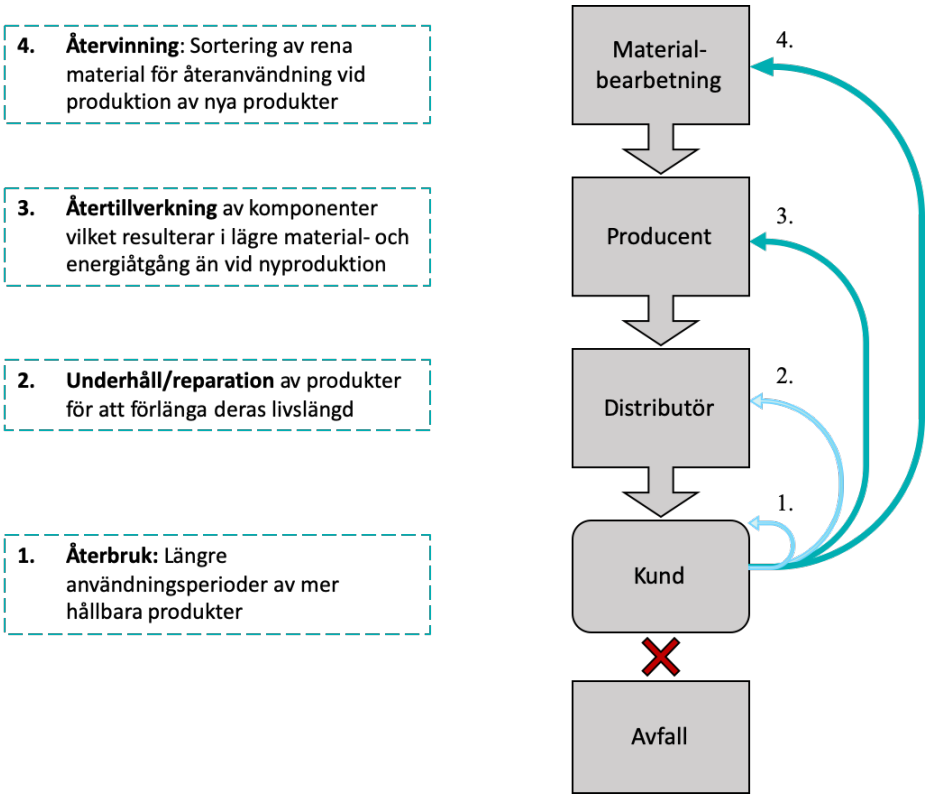
Sedan början av den första industriella revolutionen har den industriella ekonomin till största del utgjorts av linjära produktflöden som bygger på *take-make-use-dispose,* ett tankesätt inom den linjära produktionsteorin. I det linjära flödet utvinner företag material som används för att tillverka en produkt som sedan säljs till konsumenten. När produkten inte längre tjänar sitt syfte kasseras den av konsumenten vilket innebär slutet på kedjan. Det linjära produktflödet bygger på masskonsumtion vilken underbyggs av produktion som konstant bryter nya resurser.[6]



Figur 1. Det linjära produktflödet[7]

Det linjära produktflödet innebär risker för företag. Exponeringen sker framförallt genom leveransstörningar och att priser på råmaterial ökar och blir allt mindre förutsägbara. Detta blir mer påtagligt i samband med den ökade befolkningstillväxten. Efterfrågan på energi och råmaterial ökar och det är tydligt att dagens konsumtion och produktion inte hållbart motsvarar de resurser som finns att tillgå. Ett svar på konsekvenserna av den ökade tillväxten är resurseffektivisering genom att sträva mot en cirkulär ekonomi. Cirkulär ekonomi är ett industriellt system vars centrala idé är att linjära produktflöden inte är hållbara i längden och vars design är återställande och regenererande. Systemet är återskapande i sin struktur vilket innebär att produkter utvecklas, tillverkas, används och återanvänds med syfte att eliminera andelen förlorat material och därigenom minimera utvinning av råmaterial och naturresurser. En cirkulär ekonomi håller resurserna inom ett slutet kretslopp av produktion och konsumtion, med syfte att inom systemet ta tillvara på resursernas alla olika användningsområden och minimera negativ miljöpåverkan.[8]

Inom cirkulär ekonomi hanteras begreppet *avfall* på ett nytt sätt. Om avfall som genereras i systemet kan bidra med fortsatt nytta, är det i själva verket inte avfall utan en ny resurs.[9] Problematiken med övergång till cirkulär ekonomi är att dagens samhälle befinner sig i en socioekonomisk struktur som är linjär med utgång i masskonsumtion och massproduktion. För att bli cirkulära krävs det att hela systemet lämnar detta tankesätt för att istället träda in i ett nytt paradigm där allt är sammankopplat och från grunden designat för att vara cirkulärt.[10] Med förstärkning av övergång till förnybara energiresurser skapar det cirkulära systemet ekonomisk, miljömässig och social inverkan. Cirkulär ekonomi har ingen bestämd design men systemets generella struktur kan illustreras med hjälp av fyra cykler av åtgärder.



Figur 2, Cirkulär Ekonomi[11]

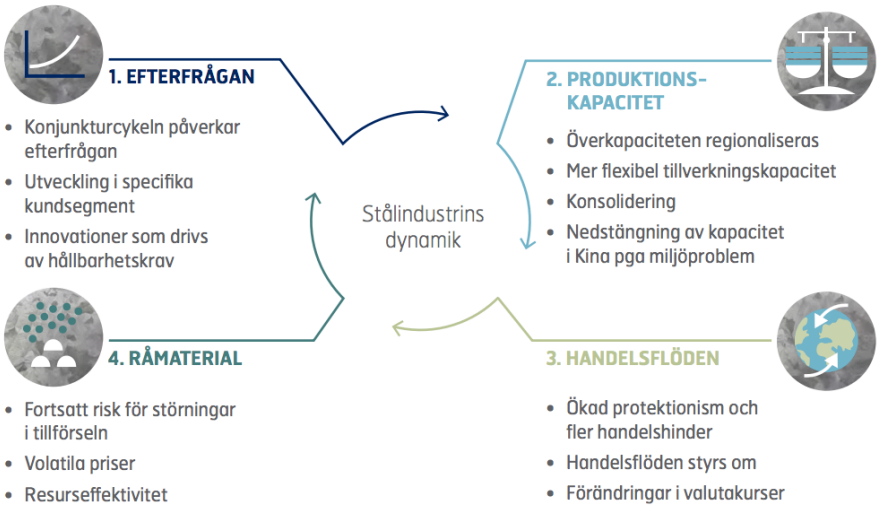
Cirklarna i Figur 2 är hierarkiskt ordnade efter effektivitet. Den innersta cirkeln, återbruk, är den mest effektiva då denna är minst resurs- och energikrävande. Återbruk berör åtgärder relaterade till kundens produktanvändning och handlar till exempel om kollektiv användning eller att en produkts livstid förlängs genom utveckling av mer hållbara material. Den andra cirkeln hanteras av distributörer och förlänger produktens liv genom underhåll och reparationer av produkten. Här ingår även att sälja produkter på en andrahandsmarknad.

Tredje cirkeln utgörs av *återtillverkning* vilket är kopplat till produkternas tillverkare. Återtillverkning innebär att man tar tillvara på tidigare använda produkter och dess delar. Resultatet blir en produkt med motsvarande eller förbättrad kvalitetsnivå, livslängd och prestanda. Den återtillverkade produkten har samma garanti som övriga producerade produkter. Den yttersta cirkeln är den mest energikrävande åtgärden för att återfå resurser in i den cirkulära ekonomin. Denna åtgärd benämns *återvinning* och handlar om att återställa material till sin ursprungsform.[11]

2.2 Svensk processindustri idag

En betydande del inom den svenska processindustrin är stålindustrin. Industrin genererar stora skatte- och exportintäkter vilket bidrar till Sveriges BNP och välfärd. Trots hög global konkurrens är den svenska stålindustrin idag ledande inom flera områden, främst beroende på landets tillverkning av specialstål. Många faktorer såsom pris och tillgänglighet på insatsvaror, lönsamma villkor i landet, tillgänglighet på arbetskraft och kompetens, forskning

och utveckling påverkar den globala konkurrenskraften. Stålindustrins dynamik är komplex och påverkas av ett flertal olika faktorer.



Figur 3, Fyra fundamentala krafter som formar dynamiken inom stålindustri[12]

I Sverige finns idag tre malmbaserade järn- och stålverk, tio skrotbaserade stålverk och ett femtontal anläggningar för bearbetning. Järnmalmen bryts till stor del i Kiruna och Malmberget och används sedan för att tillverka pelletskulor vilket är den huvudsakliga råvaran vid tillverkning av malmbaserat stål. Stål- och järnskrot används som råvara både i den malmbaserade och skrotbaserade ståltillverkningen. Under framställningen av stål används utöver dessa råvaror ett flertal andra, exempelvis kol, kalk och legeringsämnen. När skrot används är ambitionen att i så stor utsträckning som möjligt använda skrot som redan innehåller rätt legeringsämnen för det stål som ska tillverkas.[13]

Förutom råvarumaterial kräver stålproduktion även stora mängder energi vilket är en av de viktigaste produktionsfaktorerna. Den svenska stålindustrin använder sig i stor utsträckning av de nyare processer som finns för att tillverka stål och till följd krävs relativt stora förändringar för att åstadkomma energibesparingar. För att utveckla produktionen krävs enorma resurser och Sverige är därav beroende av den globala utvecklingen. Den malmbaserade produktionen är betydligt mer energikrävande än den skrotbaserade, vilket till stor del beror på den mängd koks som krävs vid framställning. De processer som kräver extrema temperaturer, över 1000 grader, är de som står för majoriteten av energikonsumtionen. Senare i framställningen, exempelvis vid valsning, krävs det även elkraft.

Stålindustrin arbetar för att sänka sin miljöpåverkan genom bland annat återvinning av restprodukter. Det arbetas även med att förbättra återbruket av skrot, använda mindre och renare energi samt effektivisera och minska de råvaror som används i produktionen.[14]

2.3 Svensk verkstadsindustri idag

Tillverkning definierat som omvandling av material och information till varor är idag en av de mest värdeskapande verksamheterna för världens länder.[15] I slutet av 1800-talet och början av 1900-talet startade ett flertal verkstadsindustrier i Sverige såsom *LM Ericsson, VABIS, ASEA och SKF[16].* Många av de nyetablerade företagen specialiserade sig på en eller ett fåtal produkter och många äldre företag ändrades radikalt mot samma strategi. Flera så kallade snilleföretag uppstod vilka byggde på nya svenska uppfinningar såsom separatorn och kullagret. Den nya verkstadsindustrin som etablerades innebar en ökad internationell ställning där den svenska exporten ökade snabbare än någonsin tidigare. Under 1900-talet minskade metallindustrins betydelse som en följd av den ökade användningen av plast vid tillverkning. De senaste decennierna har industrin ökat igen på grund utav en stark internationalisering av ägandet. Cirka 70 % av det totala produktionsvärdet i Sverige genereras idag av exportvaror.[17] Andra bidragande faktorer till förhöjt intresse inom verkstadsindustrin är efterfrågan på maskiner och ett tryck från transportindustrin.

Dagens svenska verkstadsindustri består till stor del av ett antal internationaliserade och specialiserade storföretag där även deras underleverantörer inkluderas. Många produkter levereras som kompletta system skräddarsydda efter kundens behov vilket har ökat kraven på forskning och utveckling. Investeringarna i forskning och marknadsföring har därmed blivit mer betydelsefulla. I samband med att industrin har blivit mer kapitalintensiv har produktiviteten ökat och idag används betydligt effektivare hel- och halvautomatiska verktygsmaskiner som kan arbeta med datorstödd tillverkning och med datorstödd konstruktion som underlag. De nya tekniker som idag finns tillgängliga har underlättat omställningen av produktionen vilket gör det enklare att tillverka mindre serier.[17]

2016 startade den svenska regeringen en satsning mot ”smart industri” där en hållbar industri är en viktig del.[18] Bilindustrins erfarenheter från återvinning och återtillverkning ligger till stor del som grund för det arbete som görs inom verkstadsindustrin.

3 Återvinning och återtillverkning

3.1 Processer

En viktig del av en hållbar tillverkning är återvinning där material från äldre produkter används i tillverkningen av nya produkter eller vid tillverkning av något annat. Uttjänta stålprodukter går till återvinning och blir skrot vilket säljs som en ny råvara till produktionsprocesserna. Stålskrotet smälts i huvudsak ner i ljusbågsugnar vilket kräver el-energi. Jämfört med malmbaserad ståltillverkning använder den skrotbaserade ståltillverkningen en femtedel så mycket energi. Återvinnig av stål sker dels genom externa återvinnare som tar hand om uttjänt stål och säljer det vidare som skrot, dels hos stålföretagen i deras egna fabriker. Vid tillverkning bildas restprodukter av stål som tas om hand om och smälts ner för att åter tas in i produktionen.

Återtillverkning kan innefatta ett flertal olika processer med syfte att minska resursförbrukningen vid tillverkningen av en produkt. Det innebär att delar av en produkt som är uttjänt används vid produktion av en ny produkt. Marknaden för återtillverkning kan delas upp i tre huvudaktörer[19]:

- Originaltillverkare (original equipment manufacturers, OEM)
- Fristående återtillverkare (independent remanufacturers)
- Återtillverkare med licensavtal (contract remanufacturers)

Orginaltillverkare säljer både nya och återtillverkade versioner av sina egna produkter och har därav tillgång till all teknisk information om tillverkningen av produkten vilket underlättar för återtillverkningsprocessen. Insamlingen av uttjänta produkter är ofta komplicerad eftersom den innefattar konsumenter, underleverantörer och återförsäljare.

Återtillverkning genom återtagning av en produkt innebär att en ny produkt med likvärdig eller bättre prestanda tillverkas av den uttjänta produkten. Vid den här metoden är bedömningen av den återtagna produktens kvalitet avgörande eftersom om produkten är för skadad eller sliten riskerar återtillverkningen att bli kostsam både tidsmässigt och ekonomiskt.[20] Produkten går därför igenom ett flertal steg under processen vilka ofta är:

- Insamling och inspektion
- Rengöring och ytbehandling
- Demontering
- Rekonditionering
- Återmontering
- Testning

När produkten har passerat processen kan den åter säljas.[21] Vid de fall där produkten är skadad eller sliten på ett sätt som gör att delarna inte kan användas vid produktion av en likadan produkt, kan istället dess material återvinnas och återanvändas.

3.2 Lämplighet för återvinning

Som diskuterat ovan är effektiv användning av resurser, till exempel i form av återvinning, ett vedertaget arbetssätt inom tillverkningsindustrin. Redan under 1800-talet började industrin utveckla processer för att smälta ner skrot till syfte att tillverka nya stålprodukter. Idag är den allmänna normen inom stålindustrin att stålskrot återvinns, antingen internt inom den egna tillverkningen eller hos externa aktörer som samlar in uttjänta produkter och skrot från verkstäder. För stålindustrin är skrot således en mycket viktig och eftertraktad råvara.

Stål passar bra att återvinna då det har egenskaper som gör att det kan omformas oändligt antal gånger utan att kvalitén kompromissas. Detta beror på att järnatomerna är eviga och har lätt att forma sig till en ordning som ger stålet en ny form och önskade egenskaper. Stål består inte endast av järnmalm utan även av olika legeringar. När skrotet smälts ner är det därför inte endast järnatomer som följer med utan även dessa andra legeringsämnen. Oftast kan skrotmixen anpassas så att befintliga legeringsämnen kan utnyttjas i de nya produkterna. Annars tillsätts ämnen för att få önskad stålsammansättning.[22]

Av de restprodukter som den svenska stålindustrin genererade år 2015 hamnade 21 % som avfall på deponi. Detta avfall blir kvar efter produktion och består av slagg, oxiderat stoft och slam som inte återvinns vid stålverken. Då stålverken vill ta tillvara på så mycket material som möjligt är det vanligt att de med hjälp av olika typer av metallåtervinning tar tillvara på järn och legeringsmetaller ur slaggen. Den slagg som kvarstår från stålverken innehåller därför låga halter återvinningsbara material.[23]

Utöver de huvudmetaller som återvinns av stålverken finns även andra metaller som inte tas tillvara på. Anledningen är att återvinning av dessa metaller blir för kostsam eller att dagens teknik är begränsad och inte kan hantera denna typ av återvinning på ett effektivt sätt. Ett exempel på en sådan metall är vanadin som finns i järnmalm. Den järnmalm LKAB bryter innehåller drygt 0,1 % vanadin. 2013 levererades drygt fyra miljoner ton järnmalm från LKAB till SSAB. Detta innebär att slaggen efter SSAB:s stålframställning innehöll drygt 4000 ton vanadin. Det här resulterade i att denna mängd vanadin, vilket motsvarar cirka halva Europas vanadinbehov, hamnade på deponi.[24]

3.3 Lämplighet för återtillverkning

Återtillverkning är begränsat till tillverkningsprocesser med avsikt att minska kostnader, svinn och avfall. De resurser som fortfarande kvarstår när produkten är uttjänt och kasseras blir sällan omhändertagna av tillverkarna. Forskning och industriell tillämpning inom återtillverkning har visat att det i uttjänta produkter finns stor potential för värdeåterhämtning, både ur ett ekonomiskt och ett miljömässigt perspektiv.[25]

Det som ofta är utmaningen med återtillverkning är att lyckas sluta kretsloppet och forma ett cirkulärt produktflöde där uttjänta produkter och dess resurser tas tillvara. En förklaring till detta är att tillverkarna och deras produktflöden fortfarande befinner sig i det *linjära tillverkningparadigmet*, där varken produkterna eller tillverkningssystemen är skapade för att kretsen ska kunna slutas. Till följd av detta finner många återtillverkare det svårt att kunna säkerställa kvalitet, kvantitet och tajming av återvändande produkter. Trots dessa svårigheter behåller många forskare och utövare en konservativ infallsvinkel där de försöker lösa de existerande problemen inom ramarna för den linjära tillverkningen, utan att inse att ett paradigmskifte kan vara nödvändigt.[26]

4 Beslutsfaktorer

Innan en omstrukturering, implementering eller annan satsning i ett företag genomförs analyseras ett flera olika aspekter, så kallade beslutsfaktorer. Detta görs för att identifiera och analysera vilka positiva och negativa konsekvenser som kan uppstå till följd av ett projekt som genomförs. När företag inom stålindustrin ska besluta om, och i så fall hur, de ska arbeta med återvinning och återtillverkning finns ett flertal beslutsfaktorer som bör ligga till grund för tillvägagångssättet. Nedan identifieras och motiveras de tre beslutsfaktorer som i det här arbetet anses vara bland de viktigaste vid implementering och kontinuerlig verksamhet med återvinning och återtillverkning.

4.1 Ekonomi

Det ekonomiska perspektivet är avgörande för alla företag, även inom stålindustrin. För att ett företag ska gå runt och existera är det beroende av en välfungerande finansiering och ekonomisk verksamhet. Det är av denna anledning det ekonomiska perspektivet har valts som en av de beslutsfaktorer som det här arbetet behandlar. Stabil ekonomi är en förutsättning för att produktionen ska vara hållbar över tid.

4.2 Lagar och regleringar

Sverige är sedan 1995 medlem av tullunionen Europeiska Unionen (EU) vilket innebär att den svenska stålindustrin till stor del regleras av de lagar och direktiv som upprättas av EU-kommissionen. EU bedriver bland annat en gemensam handelspolitik för medlemsländerna som syftar till att ett positivt handelsklimat ska upprätthållas inom tullunionen. Denna handelspolitik begränsar till exempel export och import av stål. De lagar och regleringar EU upprättar syftar även till att stålindustrin ska genomgå en långsiktigt hållbar utveckling, nivån på produktion och produkter ska vara hög och att utomstående aktörer ska ha gott förtroende för stålindustrin. Det är således inom dessa områden den svenska stålindustrin måste förhålla sig till bestämda lagar och regleringar.[13]

EU reglerar utvinning och hantering av råmaterial, vilket påverkar stålindustrin som är beroende av råmaterial för att kunna bedriva sin tillverkning. Med syfte att främja hållbar råvarukonsumtion togs *Raw Materials Initiative* fram vilket trädde i kraft 2011 och behandlar återvinning på marknaden. I initiativet ingår riktlinjer om hur mycket avfall produktionen ska generera och hur materialflödet ska se ut. Det inkluderar även hur avfall ska hanteras vid insamling och behandling.[27]

Förutom ovan nämnda regleringar finns ekonomiska krav på företagen inom stålindustrin, där ibland hur stora kumulativa kostnader företaget har i jämförelse med sitt rörelseresultat innan räntor, skatt och avskrivningar (EBITA). Det finns även krav på kvalitet i form av material och maxnivåer av olika ämnen i stålet och dess användning i produktionen.[28] På grund utav den omfattande påverkan lagar och regleringar har på industrin har det identifierats som en

viktig beslutsfaktor. Genom lagar och regleringar kan vissa krav på återtillverkning och återvinning fastställas vilka är viktiga att inkludera i den process som behandlar hur man ska jobba med dessa två områden. Om ett företag inte uppfyller de bestämmelser som finns kan det påverka hela verksamheten negativt exempelvis genom att delar av produktionen som inte uppfyller dessa krav tvingas stå still under en längre tid.

4.3 Produktionsflöde

Företag inom stålindustrin är beroende av ett välfungerande produktionsflöde. Inom processindustrin är exempelvis ett kontinuerligt arbetande flöde avgörande för att produktionen ska kunna bedrivas. Således bör arbetet med återvinning och återtillverkning inte påverka produktionsflödet negativt genom att exempelvis göra det mer komplicerat eller öka ledtiden. Produktionsflödet har därför definierats som en avgörande beslutsfaktor. Återtillverkning och återvinning kommer vara svårt att implementera om den huvudsakliga produktionen blir lidande.

5 Studerade företag

5.1 Sandvik

5.1.1 Sandviks historia

1862 grundades "Högbo Stål & Jernwerks" av Göran Fredrik Göransson vilket senare kom att bli Sandvik AB. Göransson var först i världen med att vid stålframställning i industriell skala lyckas använda bessemermetoden och tillverkningen bestod till stor del av borrstål för bergborrning. Företaget introducerades på Stockholmsbörsen 1901 och tillverkning av rostfritt stål och hårdmetall startade. I mitten av 1900-talet började hårdmetallen utnyttjas i metallbearbetning och 1952 startade produktionen av hårdmetallverktyg.[29] Enligt Sandvik består deras verksamhet idag av:

- Verktygssystem och verktyg för skärande bearbetning av metaller
- Tekniska lösningar, verktyg, maskiner och service för anläggnings- och gruvindustrin
- Produkter för industriell värmning, avancerade rostfria stål och speciallegeringar

Sandvik är idag en global verksamhet med försäljning i över 160 länder där Europa står för 38 % av intäkterna följt utav Nordamerika på 21 %.[30]

5.1.2 Återvinning och återtillverkning inom Sandvik

Sandvik arbetar idag med återvinning och återtillverkning för att minska mängden råvaror i produktionen. Som tidigare nämnt återvinns en stor del av den mängd stål som används i samhället på ett eller annat sätt eftersom metaller går att återvinna obegränsat antal gånger. De olika affärsområdena inom Sandvik arbetar med återvinning och återtillverkning på något olika sätt. Centralt genom hela företaget är att stål återvinns, antingen av Sandvik själva eller säljs vidare som skrot. Deras produktion bygger helt på skrotbaserat stål. Runt om i världen har Sandvik uppsamlingsplatser för företagets uttjänta produkter. Från dessa uppsamlingsplatser transporteras de uttjänta produkterna till Sandviks separationsanläggningar i Österrike och Indien, där det sker utvinning av både stål och hårdmetall.

Sandvik återvinner själva en del av den hårdmetall som används i produktionen. Detta görs genom att uttjänta produkter köps tillbaka från kunden och sedan skickas till Indien där hårdmetallen skiljs från den övriga produkten och mals ner till pulver som sedan kan användas i produktionen. Till exempel köper Sandvik tillbaka uttjänta borrkronor (se figur 4), vilket leder till att cirka 30 % av hårdmetallen i borrkronorna återvinns och går tillbaka till Sandviks produktion. Hårdmetallen i borrkronorna går även att slipa om 5 till 6 gånger vilket förlänger borrens livslängd.[31]

Figur 4, Exempel på borrkrona, Sandvik[32]

Produktionen av högteknologiskt stål baseras till cirka 80 % på återvunnet rostfritt stål. I samband med smältprocesser uppkommer metallhaltigt stoft. Detta stoft samlas upp och skickas vidare för upparbetning till ny råvara som sedan används tillbaka i stålverket. Sandvik arbetar med återtillverkning i relativt liten skala genom att chassi och andra delar av uttjänta maskiner återanvänds vid tillverkning av nya maskiner.

5.1.3 Beslutsfaktorer

Sandvik ser idag det ekonomiska perspektivet som en avgörande faktor i beslutsfattandet kring hur arbetet med återvinning och återtillverkning ska se ut. För att kunna behålla en långsiktig strategi inom området är det viktigt att processerna kring återvinning och återtillverkning inte går med förlust eftersom det skulle resultera i att de avvecklas om företaget skulle få ekonomiska problem. Återvinning och återtillverkning bidrar även till att sänka kostnaderna inom produktionen eftersom mängden råvaror som måste köpas in minskar.

Stålindustrin är idag reglerad av lagar och standarder vilka har olika påverkan på olika delar av Sandviks verksamhet. Den verksamheten som sannolikt påverkas mest är stålframställningen där lagar och regleringar påverkar både produktionen och avfallshanteringen. Även om den här faktorn har påverkan ser idag Sandvik en mindre risk i plötsliga förändringar i lagstiftning. Sverige har idag svårt att själv lagstifta inom det här området eftersom stålframställning finns över hela världen. Plötsliga förändringar kan påverka industrins möjligheter till att vara konkurrenskraftig internationellt och därför bör lagändringar ske på en global nivå. Lagar och regleringar inom stålindustrin är idag inget Sandvik känner sig styra eller begränsade av.

En annan prioriterad faktor är inverkan på produktionsflödet. Sandvik poängterar att omstruktureringar som implementering av återvinning och återtillverkning ofta kan leda till ett krångligare flöde, vilket är något företaget vill undvika. Det kan även finnas positiva effekter genom att material som används i produktionen kan återvinnas och på det sättet kan produktionen bli mer effektivt eftersom material finns närmare till hands. Även återtillverkning kan bidra till färre steg i produktionsflödet.

5.2 Atlas Copco

5.2.1 Atlas Copcos historia

När företaget som idag går under namnet Atlas Copco grundades tillverkade de järnvägar. Den verksamhet som företaget i dagsläget bedriver har sin grund i det tidiga 1900-talet när de första bergborrmaskinerna, industriverktygen och kompressorerna tillverkades.

År 1873 grundades Atlas i Stockholm med avsikt att tillverka den utrustning som behövdes för att bygga och driva Sveriges nya järnväg. När järnvägen var klar stannade tillväxten av vilket resulterade i att Atlas redan i mitten av 1880-talet hade påbörjat ett strategiskt skifte och nu riktade sig mot mer avancerade produkter som ångmotorer och ångpannor. Efter ett antal vidare strategiskiften och namnbyten blev företaget år 1948 Atlas Copco med huvudfokus på tryckluftsteknik och kompressorer.[33] Idag är Atlas Copco en global industrikoncern med verksamhet i mer än 180 länder och huvudkontor i Sickla utanför Stockholm. Deras verksamhet består av:

- Verktyg och lösningar inom kompressorteknik, vakuumteknik, industriteknik och energiteknik
- Relaterade tjänster som finansiering, service och uthyrning[34]

5.2.2 Återvinning och återtillverkning inom Atlas Copco Industrial Technique AB

I den här rapporten har en del av Atlas Copco vid namn Atlas Copco Industrial Technique AB och deras jobb med återvinning och återtillverkning undersökts. I Tierp har Atlas Copco Industrial Technique AB en fabrik med två produktionsområden: komponenttillverkning och montering. Komponenttillverkningen består av skärande bearbetning till vilken metaller är insatsmaterial och stora mängder energi åtgår. Monteringsdelen monterar ihop komponenter till fullständiga verktyg, vilket i jämförelse har en låg resursinsats. Enligt hur denna rapport definierar återtillverkning anser Atlas Copco Industrial Technique AB inte att de i dagsläget bedriver någon typ av återtillverkning i sin dagliga verksamhet. I båda fabriksdelarna sorteras alla restprodukter varav 98 % går till återvinning.[35] Totalt bland de svenska anläggningarna är det 97 % av restprodukterna från produktionen som återvinns eller återanvänds.[36]

Atlas Copco Industrial Technique AB ser återvinning av restprodukter som uppkommer inom produktionen som en naturlig del av sin verksamhet. Atlas Copco Industrial Technique AB har även inkluderat slutkunden i sitt arbete med återvinning genom deras koncept för ECO design. Inom ramen för konceptet ingår bland annat en ECO design-instruktion med levererade produkter, vilken beskriver för kunden hur produktens delar ska hanteras och sorteras när produkten är uttjänt.

När det gäller de få procent som i dagsläget inte återvinns är den främsta anledningen till detta att det inte finns tekniska lösningar för att ta tillvara på det avfallet. Det kan även vara ur miljösynpunkt som återvinning och återtillverkning inte görs då det i vissa fall inte är bättre

för miljön, till exempel på grund av långa transporter eller energikrävande processer. Då Atlas Copco Industrial Technique AB verktyg finns över hela världen kan transport av komponenter tillbaka till produktionsanläggningarna för återvinning och återtillverkning innebära större miljöpåverkan än att inte ta hand om de uttjänta produkterna. I dessa fall försöker istället lokala återvinningsstationer användas, vilket innebär att processen inte sköts av Atlas Copco Industrial Technique AB.

5.2.3 Beslutsfaktorer

Som tidigare nämnt arbetar Atlas Copco Industrial Technique AB i dagsläget inte med återtillverkning. En anledning till detta är problematiken i att säkerställa kvalitén på återtillverkade komponenter. Atlas Copco Industrial Technique AB har höga kvalitetskrav och anser att kvalitén på slutprodukter är avgörande, vilket gör återtillverkningen svår att bedriva ur ekonomisk synpunkt. De poängterar dock att om en bra process för återtillverkning identifieras kan detta troligen bli billigare än nytillverkning av produkter.

Atlas Copco Industrial Technique AB anser att det är viktigt att ligga långt fram inom hållbarhetsområdet då hållbarhet inte endast är något företaget själva värdesätter, utan även samhället och kunder vilket gör det till en viktig konkurrensfaktor. Det är även betydande för företaget att arbeta i framkant för att undvika att tvingas till omfattande och hastiga omstruktureringar till följd av förändringar av regelverk. Lagstiftning är något som påverkar, och kan komma att vidare påverka, Atlas Copco Industrial Technique AB produktion och är därför något de bevakar och följer. Dock känner de att kundernas krav har ofta har större påverkan i ett tidigare skede än vad lagstiftning har.

Angående produktionsflödet anser Atlas Copco Industrial Technique AB att återvinning främst har en positiv inverkan. Detta då produktionsanläggningarnas avfallshantering är anpassade efter återvinning vilket bidrar till ordning och reda i produktionen.[35]

5.3 SSAB

5.3.1 SSAB:s historia

1878 startade Domnarvets Jernverk i Borlänge sin verksamhet. Järnverket var då en del av Stora Kopparbergs Bergslags AB. Under 1970-talet drabbades Sverige av den internationella stålkrisen vilket resulterade i grundandet av SSAB. Domnarvets Jernverk, Statliga Norrbottens Järnverk AB och Gränges AB hade alla stora ekonomiska problem och svårigheter med att hålla upp den produktion som var nödvändig. Staten beslutade därför att bilda en stålkoncern, SSAB Svensk Stål AB, med svenska staten som huvudägare.[37]

Sedan starten har SSAB gått igenom ett antal omstruktureringar inkluderande avveckling av verksamheter och nyförvärv. Idag har SSAB produktionsanläggningar i Borlänge, Oxelösund, Luleå, Finland och USA.[38] Koncernen har mindre produktionsanläggningar och servicecenter över hela världen och anställda i cirka 50 länder. Enligt SSAB består deras verksamhet idag av:

- Seghärdade stål och avancerade höghållfasta stål
- Rörprodukter, grovplåt och tunnplåt
- Konstruktionslösningar till byggsektorn

5.3.2 Återvinning och återtillverkning inom SSAB

Återtillverkning definierat enligt det här arbetets avgränsningar förekommer inte eftersom allt material som återkommer till produktionen smälts ner och sedan återanvänds vid framställning av stål. Det förekommer därför inte att en komponent eller del återanvänds i den form den först producerades. SSAB jobbar idag med att sänka behovet av jungfruliga råvaror genom att återvinna material från produktionen. De restprodukter som uppstår vid SSAB:s stålframställning i Oxelösund tas till stor del hand om av ett dotterbolag till koncernen vid namn SSAB Merox AB, hädanefter kallat Merox. Merox bedriver sin verksamhet i nära samarbete med SSAB:s huvudtillverkningsprocesser och har till uppgift att optimera värdet av uppkomna restprodukter med fokus på hållbarhet och värdeskapande. Målsättningen är att hantera restprodukter internt och minimera mängden avfall som går till deponi.

De restprodukter som uppkommer kategoriseras efter hur de tas tillvara på. Ett exempel är restprodukter i form av överblivet stål som uppkommer när man skär till en plåt i önskad form. De bitar som skärs bort återgår direkt till föregående smältprocess där det smälts ner och används i tillverkningen av ny plåt. I princip återvinns all ren mental relativt enkelt. Det finns ingen begränsning för antalet gånger stål kan återvinnas, men när stålet åter tas in i produktionen kan det innehålla element som inte önskas för den aktuella produkten. Till exempel kan legeringsämnen som var nödvändiga för den skrotade detaljen ge icke önskvärda egenskaper i den nya produkten. Vid tillverkning av mer avancerade stålsorter är det därför viktigt med välsorterat skrot vars innehåll är välkänt. Som ett alternativ kan även jungfruligt material användas för att uppnå önskade egenskaper.[39]

Slagg uppkommer vid alla typer av stålframställning och kan definieras som en aktiv komponent i de metallurgiska processerna som ger stålet dess önskade egenskaper.[40] Den slagg som uppkommer inom SSAB delas in i ett flertal sorter där masugnsslagg och LD-slagg, även kallat stålverksslagg, utgör de stora mängderna. De båda slaggen skiljer sig åt när det kommer till egenskaper och kemi. Masugnsslaggen består till stor del av de mineraler som finns i malmen och koksen, vilket gör den till ett bra alternativ till vanlig sten. Detta leder till att masugnsslaggen i princip alltid säljs vidare då det är relativt enkelt att hitta andra användningsområden. LD-slaggen är en betydligt mer komplicerad slagg eftersom den består av ämnen som inte är önskvärda i det slutgiltiga stålet. En stor del av LD-slaggen används som kalkkälla i masugnsprocessen det vill säga återvinns i produktionen. Resterande mängd säljs vidare eller går till deponi.[39]

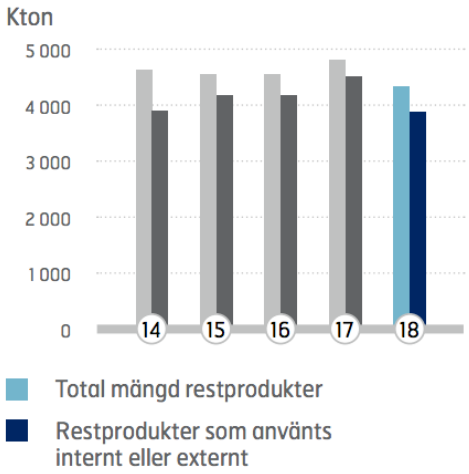
SSAB har som mål att återvinna så stor del som möjligt av restprodukter i produktionen men en del hamnar på deponi. Av de stål som levereras är det en mycket liten del som köps tillbaka eftersom stål är relativt enkelt att återvinna på samtliga stålverk i världen. Det finns

mindre lokala samarbeten där plåt köps tillbaka men i större skala ses fördelarna med retursystem som små. Den totala mängden råvaror som användes under 2018 uppgick till 15,3 miljoner ton.

Tabell 1, Materialanvändning 2018 [12]

Kton	2018	2017	2016	2015	2014
Järnmalmspellets	7 130	7 128	7 325	7 016	6 991
Reduktionsmedel[1)]	2 526	2 582	2 562	2 435	2 413
Skrot (externt + internt)	3 803	3 852	3 644	3 434	4 016
Återvunnet material	875	968	1 005	842	922
Slaggbildare[2)]	756	728	765	637	671
Legeringar	119	117	116	103	108
Metall- och färgbeläggningar	54	56	58	49	47
Icke förnybara material, totalt	15 264	15 431	15 476	14 516	15 167

Både Luleå och Oxelösund bedriver en masugnsbaserad ståltillverkning där cirka 3,8 miljoner ton restprodukter kunde användas antingen extern eller internt under 2018. Det motsvarar cirka 89 % av den totala mängd restprodukter som produceras i den malmbaserade ståltillverkningen. I SSAB:s svenska stålproduktion ersätts cirka 20 % av den järnmalm som krävs som råvara av metallskrot där cirka 45 % är återvunnet.[12]



Figur 5, Restprodukter från stålproduktionen samt använd mängd[12]

5.3.3 Beslutsfaktorer

Ur ett ekonomiskt perspektiv ses återvinnig som positivt. Varje gång skrot kan tas tillbaka in i produktionen undviker SSAB att köpa in råvaror såsom malm, kol och koks vilket sparar ekonomiska resurser. Malm är idag en dyr råvara. Det ekonomiska incitamentet väger därför tungt för återvinning. I ett antal fall skulle det vara billigare att samla in restprodukterna utan att återvinna dem men där ser SSAB andra värden än ekonomiska exempelvis hållbara. Det uppstår en del kostnader vid återvinning, exempelvis om ämnen måste separeras innan de kan

återanvändas i produktionen, men den kostnad som då uppstår är liten i jämförelse med de ekonomiska resurser SSAB kan spara genom återvinning.[39]

Lagar och regleringar påverkar olika delar av verksamheten. De kan bland annat handla om framtida skatter och avgifter kopplade till material som går till deponi där det finns en tydlig ekonomisk fördel om denna mängd material minskar. I dagsläget beskattas inte material som hamnar på deponi i Sverige men det förekommer i andra länder. Det ses som möjligt att en del avfall i framtiden kommer beläggas med avgifter vilket driver på arbetet med att utveckla processerna för återvinning. Det finns även tydliga regleringar kring vilka ämnen och vilka halter av dessa ämnen som får förekomma. Det är viktigt för SSAB att hålla sig under dessa halter för att kunna driva sin verksamhet men dessa regleringar ser idag olika ut i olika delar av världen vilket påverkar konkurrensen. Lagar och regleringar har en betydande påverkan på SSAB:s verksamhet och det ses som en viktig fråga för verksamheten i framtiden.

Produktionsflödet består av en komplicerad kedja där många steg ger upphov till spill. För att underlätta flödet är det betydande att det återvunna skrot som används innehåller de ämnen som önskas i det stål som ska framställas. Genom att använda skrot med rätt legeringar för det stål som ska tillverkas minskar den mängd nya legeringar som behöver tillsättas. Detta är både ekonomiskt fördelaktigt och resurseffektivt. Även återvinning av slagg bidrar till att material inte behöver köpas in eftersom man kan återvinna dem ut slaggen och på det sättet få ett effektivare flöde. Återvinning minskar även produktionsflödets miljöbelastning. För att bibehålla ett effektivt produktionsflöde är det av betydelse för SSAB att göra rätt från början, det vill säga redan där restprodukterna uppstår. Idag tillverkas många olika stål i samma linje. Detta beror på att när många av stålframställningsanläggningarna byggdes tillverkades endast ett fåtal sorters stål. Det här gör att olika typer av restprodukter hamnar på samma ställe och måste sorteras i efterhand vilket gör återvinningen till en mer komplicerad process.[39]

6 Diskussion

Den svenska stålindustrin bidrar på flera sätt till det svenska samhället. Industrin står för en stor del av den svenska exporten och skapar ett stort antal arbetstillfällen. För att fortsätta vara konkurrenskraftig på den globala marknaden måste industrin fortsätta utvecklas och effektiviseras. Återvinning och återtillverkning är två processer som kan bidra till att Sveriges stålindustri fortsätter vara en stark aktör på marknaden.

6.1 Hur industrin arbetar idag

De företag som har undersökts i den här rapporten arbetar idag med återvinning, framförallt när det kommer till restprodukter i metall. Återtillverkning är som litteraturstudien visade inte lika implementerat. De uppenbara ekonomiska fördelarna som kommer från återvinning, bland annat genom en minskad mängd jungfruligt material, är inte lika tydliga för företagen när det kommer till återtillverkning. Utöver att företag inom stålindustrin i dagsläget inte ser tillräcklig ekonomisk nytta med återtillverkning finns en oro för en försämring av produkters kvalitet och prestanda, vilket begränsar arbetet med återtillverkning. De företag vars verksamhet endast inkluderar stålframställning kommer inte kunna applicera återtillverkning då de inte producerar slutprodukten. För att de företag som är verksamma inom verkstadsindustrin ska påbörja eller utveckla sitt arbete med återtillverkning krävs att tekniken går framåt och att kvalitetssäkringen blir enklare.

De tre beslutsfaktorer som definierats i rapporten har visat sig ha stor inverkan på arbetet med återvinning och återtillverkning. Det ekonomiska incitamentet väger tungt inom samtliga företag men det går också att definiera andra fördelar med processerna. Med en negativ ekonomisk påverkan kommer utvecklingen inom dessa områden gå långsamt och motarbetas av industrin. När tydliga positiva ekonomiska effekter kan identifieras kommer företagen troligtvis bli mer benägna att utveckla sitt arbete med återvinning och återtillverkning. Lagar och regleringar kan påskynda den här processen genom att avgiftsbelägga avfall och på det sättet öka de ekonomiska fördelarna med återvinning och återtillverkning. Lagar och regleringar ses av de flesta företag som en viktig aspekt att räkna in i framtiden. De företag som framställer stål är mer påverkade eftersom lagstiftning ofta påverkar framställnings-processen mer än tillverkningsprocessen. Samtidigt finns det en problematik i att enas globalt om vilka bestämmelser som ska finnas inom stålindustrin. Det här gör att rädslan för plötsliga lagändringar ändå är relativt låg.

De positiva effekter som finns på produktionsflödet till följd av återvinning beror till stor del på att material som återvunnits från produktionen finns nära till hands. Vid inköp av jungfruligt material läggs tid på planering, beställning och transport vilket kostar både tid och pengar. Även här är tekniken avgörande och många stålverk i Sverige är byggda för produktion av endast ett fåtal sorters stål. Om produktionsflödet hade varit bättre anpassat för att producera flera olika sorters stål hade materialåtervinningen förenklats genom att separera material i ett tidigare skede. Det här hade resulterat i att den materialseparation som idag sker

efter framställningsprocessen hade kunnat elimineras. Det här innebär att hur stålverkens produktionskedja utformas har betydelse för hur effektivt återvinning kan användas i produktionen.

Flera av de företag som undersöks i det här arbetet tror att återvinning och återtillverkning kommer att bli mer aktuellt i framtiden, men samtidigt finns det många andra områden som påverkar en hållbar produktion. Koldioxidutsläpp och energianvändning är två andra centrala problem som skulle ha en positiv inverkan på industrin om de kunde reduceras. Samtidigt ska inte återvinning och återtillverkning ses som obetydliga eftersom de kan reducera kostnader för industrin och samtidigt ha en positiv inverkan på miljön. Minskade utsläpp av koldioxid drivs till stor del av samhället och är inte något som industrin själv hade tagit initiativ till att reducera eftersom det inte finns någon ekonomisk vinning förutom att undgå skatter och avgifter. Detta, i kombination med att koldioxidutsläpp är ett stort fokus i dagens debatter och är något samhället lägger mycket vikt vid, resulterar i att koldioxidutsläpp är något som många företag valt att satsa på. Då koldioxidutsläpp har blivit viktigt både för företagets rykte och ekonomi, har arbetet med att minska utsläpp till viss del prioriterats före arbetet med att utveckla återvinning och återtillverkning. Vidare är energi en central råvara som precis som återvinning och återtillverkning kan sänka kostnaderna inom stålindustrin. För att stålindustrin ska minska sin klimatpåverkan behövs parallellt arbete inom flera områden där återvinning och återtillverkning sannolikt kommer att ha en stor betydelse för den framtida konkurrenskraften.

6.2 Samhällets påverkan

Hela den socioekonomiska strukturen i dagens samhälle är skapad efter ett linjärt flöde som bygger på slit och släng med massproduktion och masskonsumtion. Trots att den svenska stålindustrins aktörer är medvetna om att en övergång till en mer resurseffektiv och cirkulär produktion är nödvändig, är majoriteten av företagen kvar i det linjära paradigmet. Företagen tillämpar en del lösningar, som arbete med återvinning och återtillverkning, men detta görs utifrån det linjära paradigmet. Istället för att göra ordentliga förändringar läggs dessa lösningar in där de passar med det befintliga linjära produktionsflödet.

För att fundamentala förändringar ska ske mot en cirkulär stålindustri behöver företagen, och resten av den socioekonomiska strukturen, lämna det linjära tankesättet och helt förflytta sig till ett nytt cirkulärt paradigm. I dagsläget arbetar som nämnt företagen i relativt stor utsträckning med återvinning, men inte lika mycket med återtillverkning. Företagen anser att återtillverkning inte är tillämpbart inom stålindustrin, vilket ser ut att stämma utifrån hur produktflödet är uppbyggt idag. Om stålindustrin tänker om från grunden i hur produkter är designade, vad syftet med produktionen är och hur produktionsflödet är konstruerat, är återtillverkning en möjlighet även inom stålindustrin.

En allt mer globaliserad värld är ytterligare en faktor som påverkar hur den svenska stålindustrin fungerar och agerar. Ett skifte mot en cirkulär ekonomi är en lång och komplicerad process som blir ännu svårare om den ska genomföras av en ensam aktör. Då

hela samhället fungerar utifrån samma linjära paradigm är det resurskrävande och påfrestande för ett företag att ensamt bryta denna rådande norm. Att gå in i ett skifte kommer vara en lång och dyr process under vilken det kan vara svårt för företaget att överleva. Detta innebär att det under tiden kan finnas konkurrenter som levererar motsvarande produkter till ett billigare pris och således konkurrerar ut det företag som påbörjat en förändring mot en cirkulär produktion.

För att stålindustrin ska utveckla sitt arbete med återtillverkning och påbörja arbetet mot att bli cirkulär behöver resten av samhället genomgå motsvarande skifte parallellt. Ett sätt att arbeta mot detta är om det svenska samhället, i samråd med övriga länder som bedriver stålindustri, sätter press på alla aktörer att bli cirkulära. Lagar och regleringar kan användas för att leda vägen för stålindustrin i övergången mot en cirkulär produktion. Dessa lagar behöver inte endast gälla stålindustrin utan kan påverka hela samhället i en gemensam riktning. Då de svenska stålföretagen inte endast bedriver verksamhet i Sverige utan även i övriga världen skulle regleringar på en global nivå ha en ännu större effekt.

7 Slutsats

Syftet med detta arbete var att undersöka vilka incitament som finns för återvinning och återtillverkning inom den svenska stålindustrin. Arbetet visar att det ekonomiska incitamentet är det mest avgörande då industrin är kapitalintensiv och felbedömda förändringar kan resultera i höga kostnader. Samtidigt som de flesta aktörer inom stålindustrin poängterar vikten av en hållbar produktion, finns det faktorer som hindrar företagen från att vidare implementera återvinning och återtillverkning i deras produktionskedja. Dessa faktorer handlar till stor del om osäkerhet kring ekonomi, kvalitet och påverkan på produktionskedjan. Det råder också en viss okunskap och tveksamhet när det kommer till de steg som krävs för att göra en grundlig omställning. För att genomföra den här förändringen krävs även att tekniken för återvinning och återtillverkning utvecklas. Förbättrad teknik kan höja förtroendet inom industrin genom ökad utväxling och kvalitét vid återvinning och återtillverkning. Återvinning är redan väl implementerat i industrin och har genom teknisk utveckling goda förutsättningar att i framtiden tillämpas i större utsträckning.

Fortsatta satsningar på återvinning och nya satsningar på återtillverkning kan vara fördelaktigt inom samtliga områden såsom ekonomi, miljömässig hållbarhet och kundförtroende. Dock har företagen svårt att se dessa möjligheter och fördelar utifrån hur de arbetar idag, vilket gör att de i nuläget inte är villiga att göra större satsningar inom återtillverkning. Förändringen av produktionssystemet förutsätter även en förändring av produkters design för att förenkla återtillverkningsprocessen. En av de största utmaningarna med övergången till cirkulär ekonomi är att få alla aktörer inom stålindustrin att gemensamt påbörja och prioritera omställningen. Utifrån dagens linjära produktionsparadigm finns det få incitament som talar för en stor satsning på återtillverkning. Om istället hela produktionssystemet görs om för att från grunden bli cirkulärt, är fördelarna med återtillverkning klart övervägande.

8 Förbättringar och förslag på framtida studier

Det här arbetet har fokuserat på två områden inom cirkulär ekonomi, återvinning och återtillverkning. Det har visat sig att det här är två betydelsefulla delar inom cirkulär ekonomi men det finns många andra aspekter som spelar in. För att vidare undersöka stålindustrins möjligheter att bli cirkulär behöver alla delar av cirkulär ekonomi identifieras och analyseras.

Hur dagens arbete med återvinning och återtillverkning ser ut har baserats på en litteraturstudie och intervjuer med tre företag. Det har gett bra förståelse för hur processerna ser ut men en mer omfattande litteraturstudie och intervjuer med ytterligare företag hade resulterat i en tydligare bild av hur industrin arbetar med återvinnig och återtillverkning. Det har även funnits en begränsning i trovärdiga källor som behandlar återtillverkning inom stålindustrin i Sverige. Om samtal med fler företag och fler personer hade genomförts hade den empiriska delen av arbetet förbättras genom att fler synpunkter och infallsvinklar hade vägts in i bedömningen av återvinning och återtillverkning. Arbetet fokuserar på den svenska stålindustrin vilket endast utgör en liten del av världens stålproduktion. Eftersom den globala konkurrensen är hög hade det varit av intresse att studera hur andra länder arbetar med återvinning och återtillverkning.

9 Referenser

1. ”World Population Prospects: The 2017 Revision,” United Nations, Department of Economic and Social Affairs, New York, 2017.
2. Statistiska Centralbyrån, 15 April 2019. [Online]. Available: https://www.scb.se/sv_/Hitta-statistik/Artiklar/Tjanstebranscherna-bidrar-mest-till-Sveriges-BNP/.
3. D. Parker, K. Riley, S. Robinson, H. Symington, J. Tewson, K. Jansson, S. Ramkumar och D. Peck, ”Remanufacturing Market Study,” European Comission, 2015.
4 F. Carlgren, ”ekonomifakta,” 28 Feb 2019. [Online]. Available: https://www.ekonomifakta.se/fakta/ekonomi/produktion-och-investeringar/industriproduktionens-sammansattning/. [Använd 8 April 2019].
5. Nationalencyklopedin, ”tillverkningsindustri,” 12 April 2019. [Online]. Available: http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/tillverkningsindustri.
6. Ellen McArthur Foundation, ”Towards the Circular Economy 1: Economic and Business Rationale for an Accelerated Transition,” Ellen McArthur Foundation, 2013.
7. A. Rashid, ”Internt kursmaterial,” 23 Januari 2019. [Online]. Available: https://kth.instructure.com/courses/7900/files/1688986?module_item_id=124112&fbclid=IwAR1iJxzMMUoSGZQ6h7uQWUit4vaUlzX3IBXI1W6AxR0AW6fJz12cGZqw4Lc
8. J. Kurilova-Palisaitiene, ”Lean Remanufacturing: Reducing process lead time,” Linköpings Universitet, Linköping, 2018.
9. J. P. Jensen, S. M. Prendeville, N. M. Bocken och D. Peck, ”Creating sustainable value through remnaufacturing: Three industry cases,” *Journal of Cleaner Production, Volume 2018,* pp. 304-314, 9 Maj 2019.
10. A. Rashid, Interviewee, *Professor i tillverkning vid KTH.* [Intervju]. 17 April 2019.
11. P. Planing, ”Business Model Innovation in a Circular Economy Reasons for Non-Acceptance of Circular Business Models,” Open Journal of Business Modeln Innovation, 2015.
12. SSAB, ”Årsredovisning 2018,” 12 April 2019. [Online]. Available: https://ssabwebsitecdn.azureedge.net/-/media/files/company/investors/annual-reports/2018/ssab_annual_report_2018_se.pdf?m=20190315093715.
13. Jernkontoret, ”Stålmarknaden,” 5 April 2019. [Online]. Available: https://www.jernkontoret.se/sv/stalindustrin/stalmarknaden/. [Använd 26 April 2019].
14. Jernkontoret, ”Fakta och nyckleltal,” 5 April 2019. [Online]. Available: https://www.jernkontoret.se/sv/stalindustrin/branschfakta-och-statistik/fakta-och-nyckeltal/. [Använd 26 April 2019].
15. G. Chryssolouris, Manufacturing Systems: Theory and Practice, New York: Springer, 2006.
16. E. Giertz, ”Internt kursmaterial,” 29 Mars 2019. [Online]. Available: https://kth.instructure.com/courses/7807/files/1848660?module_item_id=134734.
17. H. Lindgren och J. Jörnmark, ”Nationalencyklopedin,” 12 April 2019. [Online]. Available: http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/verkstadsindustri.

18. M. Wiktorsson, S. D. Noh, M. Bellgran och L. Hanson, ”Smart Factories: South Korean and Swedish examples on manufacturing settings,” *Elsevier,* pp. 471-478, 2018.
19. M. Matsumoto och W. Ijomah, ”Remanufacturing,” i *Handbook of Sustainable Engineering*, Dordrecht, Netherlands, Springer Reference, 2013, pp. 389-408.
20. S. Tsang Mang Kin, S. Ong och A. Nee, ”Remanufacturing Process Planning,” *Procedia CIRP, Volume 15,* pp. 189-194, 2014.
21. P. Golinska och F. Kuebler, ”The Method for Assessment of the Sustainability Maturity in Remanufacturing Companies,” Elsevier, 2014.
22. Jerkontoret, ”Återvinning av järn och stål,” 5 April 2019. [Online]. Available: https://www.jernkontoret.se/sv/stalindustrin/tillverkning-anvandning-atervinning/atervinning-av-jarn-och-stal/.
23. Jernkontoret, ”Restprodukter,” 5 April 2019. [Online]. Available: https://www.jernkontoret.se/sv/stalindustrin/tillverkning-anvandning-atervinning/restprodukter/.
24. SGU, ”SGU Sveriges Geologiska Undersökning,” [Online]. Available: https://www.sgu.se/mineralnaring/metall--och-mineralatervinning/stal--och-metallindustriavfall/?fbclid=IwAR3pRRHlMcL3pwHRKfRKbNpq7KqaGD4OROpp8jZgKLJN24jbyC9qyYIYtMM.
25. R. Steinhilper och F. Weiland, ”Exploring New Horizons for Remanufacturing an Up-to-date Overview of Industries, Products and Technologies,” *Procedia CIRP, Volume 29,* pp. 769-773, 2015.
26. F. M. A Asif, ”Circular Manufacturing Systems: A development framework with analysis methods and tools for implementation,” KTH Royal Institute of Technology, Stockholm, 2017.
27. European Comission, ”The EU steel industry,” [Online]. Available: https://ec.europa.eu/growth/sectors/raw-materials/industries/metals/steel_en.
28. ”State of play on implementation of the Action Plan for a competitive and sustainable steel industry in Europe,” European Comission, Brussels, 2014.
29. Sandvik, ”Historia,” 6 April 2019. [Online]. Available: https://www.home.sandvik/se/om-oss/vart-foretag/historia/.
30. Sandvik, ”Åresredovisning 2018,” 5 April 2019. [Online]. Available: https://www.annualreport.sandvik/se/2018/hjaelpsidor/downloads/files/entire_sv_svk_ar18.pdf.
31. H. Ager, Interviewee, *Chef för affärsområde Sandvik Mining and Rock Technology.* [Intervju]. 8 April 2019.
32. Sandvik, ”RR441 ROTARY DRILLING TOOL BIT,” 14 April 2019. [Online]. Available: https://www.rocktechnology.sandvik/en/products/rock-tools/rotary-and-raise-boring-drilling-tools/rotary-drilling-tool-bits/rr441-rotary-drilling-tool-bit/.
33. Atlas Copco, ”Vår Historia,” 10 April 2019. [Online]. Available: https://www.atlascopcogroup.com/se/about-us/our-history.
34. Atlas Copco, ”Vår Affär,” 10 April 2019. [Online]. Available: https://www.atlascopcogroup.com/se/about-us/our-business.
35. A. Ahlin, Interviewee, *SHEQ Manage, Atlas Copco Industrial Technique AB.* [Intervju]. 23 April 2019.

36. Atlas Copco, ”Ekodesign,” 24 April 2019. [Online]. Available: https://www.atlascopco.com/sv-se/itba/innovations/EcoDesign.
37. SSAB, ”Historia,” 13 April 2019. [Online]. Available: https://www.ssab.se/ssab/om-ssab/ssab-i-korthet/historia.
38. SSAB, ”Produktionsorter över hela världen,” 12 April 2019. [Online]. Available: https://www.ssab.se/ssab/om-ssab/var-verksamhet/produktionsorter-over-hela-varlden?di=discoverAC77FC974AEC404EB30F1936028FE3D8.
39. H. Carlstedt, Interviewee, *Regional Manager Business Area South, SSAB MEROX AB.* [Intervju]. 15 April 2019.
40. ”Slagg, en mycket användbar restprodukt,” 28 4 2019. [Online]. Available: https://www.jernkontoret.se/sv/stalindustrin/tillverkning-anvandning-atervinning/restprodukter/slagg/.

Bilagor

Bilaga 1- Intervjufrågor till Sandvik, Atlas Copco och SSAB

Hur ser processen för återtillverkning och återvinning ut idag?

- Hur ser produktionsflödet ut? Finns det några steg som är extra resurskrävande?
- Hur arbetar ni i dagsläget med återtillverkning och återvinning?
- Om man ska definiera beslutsfaktorer för återtillverkning och återvinning, vad tror du är viktigt?

Övergripande ur producentperspektiv (möjlighet till utveckling)

- Vilka faktorer talar för återtillverkning respektive återvinning?
- Vilka faktorer ser ni som hinder för återtillverkning respektive återvinning?
- Vad finns det för anledningar till att ni inte arbetar (mer) med återtillverkning respektive återvinning?
- Hur påverkar återvinning och återtillverkning produktionsflödet? Finns det en påverkan?

Ekonomiskt

- Vad ser ni att det finns för ekonomiska incitament för eller mot återtillverkning?
- Samlar ni in uttjänta produkter? I så fall, i vilken utsträckning och hur fungerar det?
- Finns det en märkbar efterfrågan på marknaden efter mer hållbara produkter?

Lagstiftning

- Hur mycket påverkar lagstiftning och regleringar er verksamhet? På vilket sätt?

Bilaga 2 - Intervjufrågor Cirkulär ekonomi, Amir Rashid

- How would you describe circular economy?

- What do you believe are the biggest challenges with “becoming circular”?

- Can laws and regulations have an impact on how sustainable the companies in our society are?

- What do you think about the steel industry’s future prospects on becoming more sustainable?

TRITA ITM-EX 2019:118

www.kth.se