# Utmaningar inom återvinningsbranschen

En förstudie av problem- och utvecklingsområden vid
återvinningscentraler och relaterade verksamheter

Inga-Lill Engkvist
Jörgen Eklund
Mats Björkman
Mats Eklund

**IHS Rapport 2004:2**

Linköpings universitet

Institutionen för hälsa och samhälle, IHS
Avd Sjukgymnastik

Institutionen för konstruktions- och produktionsteknik, IKP

**Denna rapport kan beställas av Åsa Magnusson, tel.: 013-22 17 54 (IHS) eller Lisbeth Hägg, tel: 013-28 11 49 (IKP)**

Omslag: Sussanne A. Larsson, Tomas Hägg och Dennis Netzell
Layout: Sussanne A. Larsson
Tryckeri: UniTryck, Linköpings universitet

IHS Rapport 2004:2
ISSN 1652-1994

**Institutionen för hälsa och samhälle** (IHS) bedriver forskning, utbildning och uppdragsverksamhet om förhållanden som är relaterade till individers, gruppers och befolkningens hälsa.

Verksamheten bygger på och ska vidareutveckla medicinska, humanistiska, samhällsvetenskapliga och tekniska kunskaper.

**Följande avdelningar ingår i IHS:**
Allmänmedicin
Centrum för utvärdering av medicinsk teknologi (CMT)
Rikscentrum för arbetslivsinriktad rehabilitering (RAR)
Sjukgymnastik
Socialmedicin och folkhälsovetenskap
Tema hälsa och samhälle (Tema H)

**Adress:**
Institutionen för hälsa och samhälle
Linköpings universitet
581 83 LINKÖPING

**Besöksadress:**
IHS
Hälsans hus, ingång 15
Vid Universitetssjukhuset
Linköping

**Tel**:
013-22 20 00

**Hemsida:**
http://www.ihs.liu.se

# FÖRORD

Samhället står idag inför en situation när systemen för återvinning av produkter och material ställer nya krav på såväl arbetsförhållanden, ekonomin som samhällsnyttan. För att kunna utveckla framtidens hållbara system för återvinning måste dessa tre dimensioner utvecklas på ett integrerat sätt.

Föreliggande rapport bygger på en förstudie med syfte att identifiera förekommande problem- och utvecklingsområden inom återvinningsbranschen med focus på återvinningscentralernas roll. Studien utformades som en kartläggande och utforskande studie. Datainsamlingen genomfördes på totalt 7 anläggningar som representerar olika steg i återvinningskedjan.

Studien gjordes i samarbete mellan författarna till studien tillhörande Institutionen för hälsa och samhälle, Hälsouniversitetet och Institutionen för konstruktions- och produktionsteknik, Linköpings Tekniska Högskola båda vid Linköpings universitet. Därmed har studien ett brett angreppssätt och täcker disciplinerna arbetsmiljö, hälsa, produktionssystem, säkerhet och miljö.

Vi vill tacka samtliga personer, såväl arbetsledning som personal som tagit emot oss för besök och som generöst har delat med sig av sin erfarenhet samt visat oss runt på deras anläggningar. Vi vill även tacka de besökare vid återvinningscentralerna som besvarade våra frågor

Projektet har genomförts med stöd från VINNOVA.

Linköping, maj 2004

Inga-Lill Engkvist
Projektledare

# INNEHÅLL

**FÖRORD** ..... **1**

**SAMMANFATTNING** ..... **3**

**ÅTERVINNING – FORSKNING OCH SAMMANHANG** ..... **6**

**Återvinningssystemen i Sverige** ..... **10**

**SYFTE** ..... **11**

**METOD** ..... **12**

**RESULTAT** ..... **13**

**Återvinningscentraler** ..... **13**

Produktionssystem ..... 13

Miljönytta ..... 16

Arbetsmiljö och säkerhet ..... 17

**Efterföljande anläggningar i avfallshanteringen** ..... **22**

**Demontering av elektronik** ..... **22**

Produktionssystem ..... 22

Miljönytta ..... 25

Arbetsmiljö och säkerhet ..... 25

**Fragmenteringsanläggningen** ..... **27**

Produktionssystem ..... 27

Miljönytta ..... 29

Arbetsmiljö och säkerhet ..... 29

**Rekonditioneringsanläggningen** ..... **29**

Produktionssystem ..... 29

Miljönytta ..... 30

Arbetsmiljö och säkerhet ..... 31

**DISKUSSION** ..... **33**
Produktionssystem ..... 33
Återvinningscentraler ..... 33
Miljönytta ..... 34
Arbetsmiljö och säkerhet ..... 35
**Frågeställningar som bör studeras i framtiden** ..... **36**

**KONKLUSION** ..... **39**
**Identifierade problemområden** ..... **39**
**Utvecklingsområden** ..... **39**

**REFERENSER** ..... **41**

# SAMMANFATTNING

Insamling, sortering och återvinning av uttjänta produkter är en snabbt växande industribransch. Det svenska samhällets kretsloppsanpassning har under 1990-talet medfört stora förändringar av samhällets avfallshantering. Nya lagar om vilket avfall som skall återvinnas tillkommer kontinuerligt. Denna kretsloppsanpassning i samhället har vanligen skett utan att några speciella krav har ställts på utformningen av produkterna eller på hur produkterna skall insamlas på bästa sätt för att kunna ta reda på materialet så effektivt och skonsamt som möjligt. Istället har man utgått från att de eventuella problem som kan uppstå när produkterna ska återvinnas får lösas när produkterna blir avfall och att producenterna via producentansvaret får ta kostnader och problem som uppstår i avfallshanteringen.

Samhället av idag står inför flera stora utmaningar när systemen för återvinning av produkter och material ska utvecklas. Studien har visat att frågor som rör arbetsförhållanden, ekonomi och effektivitet samt miljönytta bör behandlas på ett integrerat sätt när branschen utvecklas för framtiden.

Arbetsförhållandena för de som är verksamma inom återvinningsindustrin förväntas vara sådana att de anställda långsiktigt bibehåller god hälsa och välbefinnande. De arbetsplatser där avfallet sorteras och hanteras har utvecklats under kort tid och inom en avfallshanteringstradition där man inte utnyttjat kunskap från industrin och forskningen om arbetsplatsutformning och hantering av gods. Det finns påtagliga arbetsmiljöproblem i återvinningsbranschen som visar sig i statistiken både gällande olycksfall och arbetsrelaterade sjukdomar.

Konsumenterna får bära mycket av kostnaderna för materialåtervinningen dels genom ett högre pris på nya produkter de köper, dels genom att de står för en del av arbetet med sortering och transporterna av avfallet till återvinningscentraler eller återvinningsstationer samt vidare via avfallstaxan. För kommunerna kan ökad sortering av avfall också medföra ökade kostnader. Det är angeläget att hålla nere dessa kostnader genom god utformning av anläggningar för återvinning.

Syftet med denna förstudie var att identifiera förekommande problem- och utvecklingsområden inom återvinningsbranschen med focus på återvinningscentralernas roll.

Studien utformades som en kartläggande och utforskande studie. Datainsamlingen genomfördes på totalt 7 anläggningar som representerar olika delar av återvinningsbranschen varav fyra återvinningscentraler (i kommuner med 32 000 till 135 000 invånare). Två av dem byggdes på mitten av 1990-talet medan de andra två har utvecklats från soptippar. Tre av anläggningarna drevs direkt i kommunal regi eller som kommunägt bolag och ett drevs på entreprenad. Anläggningarna valdes för att ge en variation mellan återvinningscentraler från större kommuner såväl som mindre, och också för att representera olika typer och byggnadsår. Dessutom besöktes en elektronikdemonteringsanläggning, en fragmenteringsanläggning samt en anläggning för rekonditionering av vitvaror. Detta möjliggjorde att ett par avfallsfraktioner kunnat följas från återvinningscentralen till efterbehandling i nästkommande steg.

Besöken genomfördes av de forskare som är författare till denna rapport, och därmed representerade disciplinerna arbetsmiljö, hälsa, produktionssystem, säkerhet och miljö. Besöken inleddes med en presentation / rundvandring i anläggningen. Halvstrukturerade intervjuer genomfördes med de anställda och besökare. Observationer genomfördes av hur olika aktiviteter genomfördes av besökarna såväl som av de anställda. Med hjälp av digitalkamera med videofunktion dokumenterades layouter, materialfraktioner, skyltning etc. samt vissa rörelsemoment. Relevanta dokument som fanns tillgängliga samlades in. Respektive besök genomfördes under en dag, under januari –mars 2003.

Återvinningscentralerna är ofta den första instansen för insamlandet av avfall och har en nyckelposition för hur avfallet kan hanteras på ett så produktivt och kostnadseffektivt sätt som möjligt. Det är därför viktigt att studera återvinningsproblematiken med ett helhetsperspektiv med utgångspunkt från såväl arbetsmiljö, säkerhet, produktionssystemutformning och yttre miljö. Vidare att betrakta återvinningscentraler utifrån en systemsyn, och se dess funktion också i relation till avnämarna, d.v.s. de behov och förutsättningar som efterföljande anläggningar i avfallskedjan har.

Studien kan konkluderas enligt följande:

*Identifierade problemområden*

- Det föreligger olika typer av arbetsmiljörisker i de olika stegen av avfallshanteringen.
- Vid återvinningscentraler idag finns risker för skada för de anställda såväl som för besökarna.
- Återvinningscentralen har identifierats att inneha en nyckelroll i hanteringen av avfall.
- Det brister i de ekonomiska incitament för förbättring av hanteringen av avfallet vid återvinningscentralerna.
- Det föreligger dålig kommunikation mellan de olika aktörerna i återvinningskedjan om hur avfallet hanteras i respektive led och vilka förväntningar man har på det inkommande avfallet. Incitamentsbristen och den därav försämrade kommunikationen påverkar såväl arbetsmiljön, kvaliteten som ekonomin i efterföljande led.

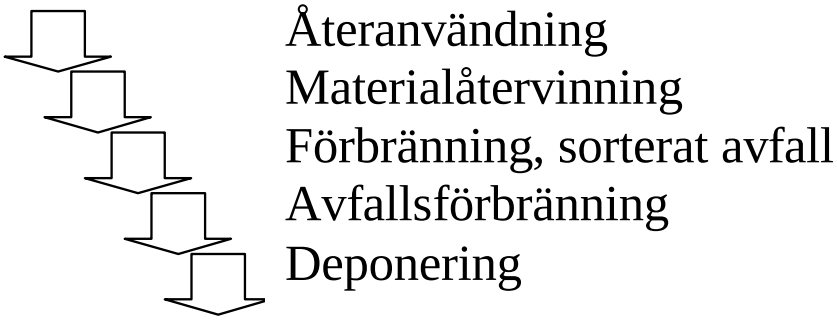
*Utvecklingsområden*

- Goda möjligheter finns att utforma och organisera återvinningscentraler så att risken för skada påtagligt minskar för såväl personal som besökare.
- Goda förbättringsmöjligheter finns att inom miljöområdet åstadkomma bättre sorteringskvalitet och därmed förbättra kvaliteten av det återvunna materialet.
- Genom en bättre industrialisering av återvinningscentralerna kan effektiviteten och ekonomin förbättras, samtidigt som det finns möjligheter att också förbättra arbetsförhållanden och miljö i återvinningssystemen som helhet. Vissa enkla åtgärder, t.ex. tydlig skyltning och information till besökarna, kan ge avsevärd förenkling av arbetet i återvinningscentralerna och även senare i återvinningskedjan.
- En bättre helhetsoptimering skulle erhållas genom förbättrad interorganisatorisk samverkan för ökad förståelse mellan de olika aktörerna i återvinningskedjan och därmed en bättre optimering av hur avfallet hanteras.

En återvinningscentral ett viktigt ansikte utåt för kommunen. Om utformningen är anpassad till besökarna kan en positiv attityd till återvinning skapas med positiva miljöeffekter och en bättre arbetsmiljö för de anställda som följd.

# ÅTERVINNING – FORSKNING OCH SAMMANHANG

Insamling, sortering och återvinning av uttjänta produkter är en snabbt växande industribransch. Det svenska samhällets kretsloppsanpassning har under 1990-talet medfört stora förändringar av samhällets avfallshantering. Bland annat så har producenterna ålagts ett ökat ansvar för insamling av sina produkter (RVF 2003) Utvecklingen av både nationell och europeisk policy har i stor utsträckning styrts av idén om avfallshierarkin. Val av behandlingsform av avfallet bör i princip styras av en avfallshierarki (Kretsloppsdelegationen, 1997) där man strävar efter att nå så högt upp som möjligt (Figur 1).




Figur 1. Generell avfallshierarki (Kretsloppsdelegationen, 1997).

Införandet av producentansvar för en lång rad produkter 1994 har medfört att många olika avfallsfraktioner numera avskiljs för materialåtervinning innan det resterande avfallet förbränns eller deponeras (Mattsson et al, 2003). Flera av dessa avfallsfraktioner kan bli värdefullt råmaterial till tillverkningsindustrin. Sammantaget kan man säga att de totala avfallsmängderna ökar och att kvantiteterna som materialåtervinns respektive förbränns ökar medan avfallsmängden som deponeras minskar såväl i absoluta som i relativa tal (RVF, 2003). Cirka 70 % av allt avfall förbränns eller materialåtervinns medan cirka 20 % fortfarande deponeras (Figur 2). Denna kretsloppsanpassning i samhället har vanligen skett utan att några speciella krav har ställts på utformningen av produkterna eller på hur produkterna skall insamlas på bästa sätt för att kunna ta reda på materialet så effektivt och skonsamt som möjligt. Istället har man utgått från att de eventuella problem som kan uppstå när produkterna ska återvinnas får lösas när produkterna blir avfall och att producenterna via

producentansvaret får ta kostnader och problem som uppstår i avfallshanteringen (SFS, 1997).

| **Avfallets hantering** | **%** |
|---|---|
| Deponi | 19,80 |
| Förbränning | 40,10 |
| Biologisk behandling | 8,50 |
| Återvinning | 31,00 |
| Farligt avfall | 0,60 |

Tabell 1. Avfallets hantering i Sverige 2002 (RVF 2003).

Den vetenskapliga litteraturen om återvinning domineras av tre huvudinriktningar. Den första handlar om miljöbedömningar och miljönytta av återvinning och sker inom det miljövetenskapliga området (Finnveden och Ekvall, 1998). Den andra kan sägas röra individers attityder, preferenser och beteenden, ofta kopplat till organisation och information, och utförs främst inom det beteendevetenskapliga kunskapsområdet (Speirs and Tucker 2001; Mee et al, 2004; Williams and Taylor 2004). Sedan finns det en policyorienterad riktning som snarast hör hemma inom statsvetenskaplig tradition (exempel Lambert and Stoop, 2001). Däremot finns det inte mycket vetenskapligt publicerat material som handlar om konkret utformning av anläggningar och tillhörande produktionstekniska aspekter. Till exempel råder det en stor brist på studier om hur en väl fungerande återvinningscentral bör utformas för att ha en god arbetsmiljö (Bark et al., 2002), för att vara effektiv, miljösäker och kostnadseffektiv.

Likaledes råder det brist på vetenskaplig litteratur om arbetsmiljörelaterade frågor i återvinningsbranschen. Eftersom återvinningsbranschen är snabbt växande och sysselsätter ett ökande antal personer, är det av största vikt att

tidigt identifiera risker i arbetsmiljön och att identifiera preventiva åtgärder främst vad gäller utformning av arbeten och arbetsplatser. Det finns idag studier i Sverige som behandlar vissa aspekter av återvinningsbranschen. Dessa studier rör till exempel transporter av farligt gods, kostnader, lösningsmedel i blod. Vidare har studier gjorts på luftburna partiklar (Wubeshet och Krantz, 2001). Det råder även en stor brist på studier rörande identifiering av arbetsskador och dess orsaker samt studier om hur riktlinjer för en återvinningsanläggning bör utformas med avseende på ergonomi- och säkerhetsaspekter. Detsamma gäller underlag för vilken utbildning och träning som arbetare inom återvinningsbranschen bör erhålla för att minimera risker för att drabbas av arbetsskador samt att minimera risken för att miljöfarliga ämnen frigörs vid hantering av återvinningsgods.

Återvinningsindustrin har ofta sitt ursprung i företag som tidigare ägnade sig åt avfallshantering eller klassisk skrothandel och verksamheten präglas av sin historia. Mycket av gamla arbetssätt och attityder lever kvar i branschen trots de snabbt förändrade förutsättningarna. Principer och metoder för resurseffektiv produktion som används för utveckling av andra industribranscher har i begränsad omfattning slagit igenom inom återvinningsbranschen. Detta mönster kan också iakttas i andra branscher som är relativt isolerade från annan industri. Mellan andra branscher kan finnas ett betydande utbyte av kunskap. Erfarenheter från bilindustrin har till exempel fått ett stort genomslag inom såväl övrig verkstadsindustri som elektronikindustrin. Forskning angående återvinning som produktionsteknisk process har primärt fokuserat på effektivisering av enskilda tekniska processteg som exempelvis effektivare utrustning för fragmentering eller demontering (Nilsson, 1998). Relativt omfattande forskning har även ägnats åt demonteringsanpassad konstruktion (Johansson, 1997; Sundin, 2001) samt utformning av demonteringssystem (Bröte, 1998; Furuhjelm, 2000; Franzén, 2001; Sundin, 2002).

Samhället av idag står inför flera stora utmaningar när systemen för återvinning av produkter och material ska utvecklas. Studier har visat att frågor som rör arbetsförhållanden, ekonomi och effektivitet samt miljönytta bör behandlas på ett integrerat sätt när branschen utvecklas för framtiden.

Arbetsförhållandena för de som är verksamma inom återvinningsindustrin förväntas vara sådana att de anställda långsiktigt bibehåller god hälsa och välbefinnande. De arbetsplatser där avfallet sorteras och hanteras har utvecklats under kort tid och inom en avfallshanteringstradition där man inte utnyttjat

kunskap från industrin och forskningen om arbetsplatsutformning och hantering av gods. Produkternas utformning har vanligtvis inte styrts av överväganden för avfallsskedet. Ett exempel på undantag är de legala krav gällande förbud mot att använda kvicksilver, vilket tidigare var ett relativt vanligt material i elektromekaniska produkter. Det finns påtagliga arbetsmiljöproblem i återvinningsbranschen som visar sig i statistiken både gällande olycksfall och arbetsrelaterade sjukdomar. Enligt arbetsskadestatistiken är det sex gånger så stor risk för arbetsskador i återvinningsindustrin jämfört med den genomsnittliga risken för yrkesarbetande. Vad det gäller olyckor på arbetet utgjorde återvinningsarbetande den nionde mest drabbade yrkesgruppen i Sverige med fler än 30 arbetsolycksfall/1000 förvärvsarbetande män och år under 1998-2000. Detta ska jämföras med medeltalet 6/1000 för samtliga yrkesarbetande män inom samma tidsperiod (SCB, 2003). De typer av arbetsolyckor som är mest förekommande är snedtramp, fall, träffad av flygande föremål samt överbelastning av kroppsdel. Även arbetssjukdomar visar många olika problem, där belastningssjukdomar dominerar (Blom, 2000). Vidare kan man identifiera kemiska hälsorisker, buller och sjukdomsfall där sociala och organisatoriska faktorer misstänks var bakomliggande orsak.

Konsumenterna får bära mycket av kostnaderna för materialåtervinningen dels genom ett högre pris på nya produkter de köper, dels genom att de står för en del av arbetet med sortering och transporterna av avfallet till återvinningscentraler eller återvinningsstationer samt vidare via avfallstaxan. För kommunerna kan ökad sortering av avfall också medföra ökade kostnader. Det är angeläget att hålla nere dessa kostnader genom god utformning av anläggningar för återvinning.

Helhetsbedömningar av miljönyttan visar att det oftast är bra att sortera ut material och återvinna istället för att förbränna osorterat avfall. Dock står det klart att den miljöpotential materialåtervinning har, sällan kan utnyttjas i praktiken. Blandningen av material i produkter och återvinningsprocessen och otillräcklig sortering är viktiga orsaker till att miljöpotentialen inte kan utnyttjas. För att kunna utnyttja den stora miljöpotential som återvinningen har (Nordin, 1994; Ayres, 1998) krävs en god sortering av det inkommande avfallet. En väl genomförd sortering är nyckeln till att avfallshanteringens miljönytta optimeras. Om sorterade avfallsfraktioner av till exempel trä kan förbrännas i ett kraftvärmeverk istället för i avfallsförbränning finns fördelar ur miljösynpunkt. Mindre mängd av svårt förorenade restprodukter uppkommer vilket

möjliggör återanvändning av askor och mindre utsläpp till luft och vatten (Krook et al, 2002).

För att kunna utveckla framtidens hållbara system för återvinning måste hänsyn tas till att återvinning realiseras i en kedja av aktörer och att åtgärder och policy bör utgå från kunskap baserad på ett systemperspektiv (Lambert and Stoop, 2001).

## Återvinningssystemen i Sverige

Avfall som uppkommer i hushållen hanteras i olika system. Vanligt hushållsavfall hanteras av kommunala organisationer och samlas upp hos hushållen via hämtning. En del produkter (bland annat förpackningar) omfattas av producentansvar vilket innebär att producenterna via materialbolag har ansvar för avfallshanteringen. Detta avfall samlas antingen in i hushållsnära insamling (ofta i flerfamiljshus) eller vid så kallade återvinningsstationer (ÅVS). En återvinningsstation är en samling med mindre containrar, ”iglos”, avsedda för exempelvis glasflaskor och tidningspapper. Återvinningsstationer är placerade i bostadsområden eller köpcentra.

Den kommunala hantering av så kallade grovsopor som likaledes kan skötas genom insamling, men som oftast sker genom att innehavaren av avfallet besöker en så kallad återvinningscentral (ÅVC). Farligt avfall kan även lämnas vid Miljöstationer som är fasta inlämningsstationer vilka ofta är placerade vid bensinstationer. I dag finns i Sverige cirka 700 återvinningscentraler i de 289 kommunerna, vilka idag sysselsätter 1500-2000 personer (Audelius, 2003). I storleksordningen en femtedel av allt hushållsavfall passerar en återvinningscentral. Behov finns av fler återvinningscentraler inom en snar framtid. På en återvinningscentral sorteras avfallet beroende på om det kan återvinnas, förbrännas eller läggas på deponi. På återvinningscentralen finns i stort sett alltid dessutom möjlighet att göra sig av med avfall som omfattas av producentansvar även om detta sköts av en annan juridisk huvudman. Återvinningscentralen är en mellanstation för vidare transport till de efterföljande leden för avfallets behandling, som till exempel anläggningar för vidare sortering, fragmentering, smältning, förbränning respektive deponering. Vissa återvinningscentraler besöks även av småföretagare som slänger sitt avfall där. Sammantaget innebär detta att ett stort antal personer yrkesmässigt är berörda av återvinningscentralernas verksamhet. På återvinningscentralen kan finnas möjlighet

att lämna kläder och skor, ibland även möbler och annat för återanvändning via hjälporganisationer som Erikshjälpen, Myrorna med flera.

Övervägande andel av anställda inom återvinningsindustrin är män, 83%. Kraven på utbildning är ofta låga. Arbetena har en relativt kort upplärningstid.

## SYFTE

Syftet med denna förstudie var att identifiera förekommande problem- och utvecklingsområden inom återvinningsbranschen med fokus på återvinningscentralernas roll.

# METOD

Denna studie utformades som en kartläggande och utforskande studie, med tonvikt på problemidentifiering. Datainsamlingen genomfördes på totalt 7 anläggningar som representerar olika delar av återvinningsbranschen. Tyngdpunkten låg på fyra återvinningscentraler (i kommuner med 135 000 till 32 000 invånare). Två av dem byggdes på mitten av 1990-talet medan de andra två har utvecklats från soptippar. Tre av anläggningarna drevs direkt i kommunal regi eller som kommunägt bolag och ett drevs på entreprenad. Anläggningarna valdes för att ge en variation mellan återvinningscentraler från större kommuner såväl som mindre, och också för att representera olika typer och byggnadsår. Dessutom besöktes en elektronikdemonteringsanläggning, en fragmenteringsanläggning samt en anläggning för rekonditionering av vitvaror. Detta möjliggjorde att ett par avfallsfraktioner kunnat följas från återvinningscentralen till efterbehandling i nästkommande steg.

Besöken genomfördes av de forskare som är författare till denna rapport, och därmed representerade disciplinerna arbetsmiljö, hälsa, produktionssystem och miljö. Besöken inleddes med en presentation / rundvandring i anläggningen. Halvstrukturerade intervjuer genomfördes med de anställda och besökare. Frågorna utgick ifrån de frågeställningar som formulerats i studien. Svaren antecknades i sammandrag och i form av nyckelord. Dessa anteckningar kompletterades direkt i samband med respektive besök. Observationer genomfördes av hur olika aktiviteter genomfördes av besökarna såväl som av de anställda. Med hjälp av digitalkamera med videofunktion dokumenterades layouter, materialfraktioner, skyltning etc. samt vissa rörelsemoment. Relevanta dokument som fanns tillgängliga samlades in. Vart och ett av besöken genomfördes under en dag, under januari –mars 2003.

# RESULTAT

## Återvinningscentraler

### Produktionssystem

Utformningen av återvinningscentralerna skilde sig beroende på storlek, om det tidigare varit en soptipp, hur området disponerades etc. Gemensamt var att det fanns flera containrar att slänga avfallet i beroende på typ av avfall (Figur 3). Containrar stod i en eller två rader på en lägre nivå än där besökarna befann sig. Detta hade åstadkommits antingen genom en uppbyggd ramp som besökarna körde upp på med sitt fordon eller genom att utnyttja nivåskillnader i marken. Ramperna var olika breda och kunde ha 3-5 bilars bredd. Smala ramper hämmade genomflödet av besökare varför köer uppstod vid vissa tider och vissa dagar.

Figur 3. Exempel på ramp med containrar, vilka står på en lägre nivå.

Vilket avfall som togs emot skilde sig i vissa fall mellan de olika återvinningscentralerna. Bildäck t.ex. togs inte emot av alla, medan en anläggning var utrustad med en särskild maskin för att skilja fälgarna från däcken. Ris och trädgårdsavfall slängdes vid vissa återvinningscentraler i containrar medan på andra lades sådant på marken på särskilt anvisad plats. Vad som rubricerades som brännbart skilde mellan återvinningscentralerna. Kläder och textilier är ett sådant exempel. Detta berodde på den efterföljande hanteringen av fraktionen, där den i vissa fall utgörs av malning där textilier fastnar i kvarnarna, medan där man använder rivning av materialet kan man tillåta textilier i den fraktionen. I de fall då textilier och kläder inte får läggas i brännbart går textilierna vidare till deponi. Deponi kostar för närvarande återvinningscentralerna 700-800 kr/ton. PTP-papper, trä och plast kostar 300 kr/ton.

Återvinningscentralerna får inkomster, förutom avgifter från kommuninnevånarna, genom att sälja trä, ris och papper som går till förbränning eller återvinning. Under senare år har nya kraftvärmeverk byggts på många håll för att elda brännbart avfall. Redan nu har man dock märkt att det är svårt att få tillräckligt med hushållssopor och annat avfall till existerande förbränningsanläggningar. Vid en anläggning klippte personalen av sladdar från elektronik och el-apparater. Sladdarna kunde sedan säljas för 1,50 kr/kilo för återvinning av koppar. En del återvinningscentraler tar en avgift av sina besökare medan i andra kommuner ingår det i den årliga sophämtningsavgiften. Det förekommer att besökare får lämna osorterat gods mot en avgift. Detta läggs då på deponi eller kan sorteras av personalen. De flesta återvinningscentraler tar även emot gods från småföretagare mot en avgift. Vid en återvinningscentral hade infarten försetts med en bom och varje hushåll hade erhållit ett passerkort. Småföretagare kunde köpa ett årskort. Personalen var mycket nöjda med detta arrangemang medan vid andra återvinningscentraler har man sagt sig inte vilja ha ett sådant system. Grovsopor hämtades även i vissa kommuner hos villaägare 2 ggr/år och i flerbostäder 1-4 ggr/ 14 dagar.

Beroende på bland annat storleken på återvinningscentralen fanns mellan 1 till 9 personer anställda. De större återvinningscentralerna hade öppet måndag-lördag medan de små hade öppet färre dagar i veckan. Floran av produkter som hanterades var mycket omfattande. Som exempel på uttjänta produkter som hanterades vid en återvinningscentral kan nämnas bildäck, wellpapp, glas, möbler, kylskåp, spisar, lysrör, TV-apparater, datorer, målarfärg, kemikalier och batterier. Dessutom lämnades stora mängder med ris och annat trädgårdsavfall. Variationen var således oerhört stor beträffande produkternas

storlek, utformning, fabrikat, tyngd och komplexitet. Det ledde till mycket komplexa arbetsförhållanden med tillhörande risker, vilket är en möjlig förklaring till den varierade bild av arbetsskador som uppvisades i statistiken för återvinningsbranschen.

Renhållningsverks-föreningen, RVF, ger fyradagarsutbildning för personal anställda vid återvinningscentraler där exempelvis hantering av kemikalier ingår. Hittills har cirka 800 personer gått denna utbildning (Audelius 2003).

Eftersom det i stor utsträckning är privatpersoner som slänger sitt avfall så berörs en majoritet av svenska befolkningen av utformningen av återvinningscentralen. Under år 2002 insamlades i Sverige exempelvis totalt 2 470 209 kg lysrör och lågenergilampor, 32 966 605 kg stora vitvaror och 36 520 547 kg elektronikavfall (El-kretsen AB, 2002). Produktionen angavs vara svår att planera. Den byggdes på personliga erfarenheter som t.ex. att det blir en ökning på lördagar samt under sommaren och vid vår- och höststädning.

Industriell produktion av idag fokuserar i hög utsträckning på faktorer redovisade i tabell 1 (Goodson, 2002).

Tabell 1. Industriell produktion av idag fokuseras i hög utsträckning på följande faktorer (Goodson 2002):

| **Faktorer** | **Resultat från studien** |
|---|---|
| Säkerhet, arbetsmiljö, renhet och ordning och reda | Återvinningscentraler uppfyller vanligen inte de krav som ställs på övrig modern industriverksamhet. Det var bristande säkerhet och vissa var smutsiga och röriga |
| Visuella ledningssystem | Stora brister i exempelvis hur besökarna informeras om hur de ska agera vid besök på en återvinningscentral. Exempelvis brast det ofta i skyltningen. |
| Flödesorientering, utnyttjande av yta och minimering materialförflyttningar | Flödesorienteringen brister, det uppstår lätt köbildning i flödet. |
| Kundtillfredsställelse | Det existerar flera olika besökarkategorier, privatpersoner och företag som lämnar material för återvinning, respektive de som tar hand om det insamlade materialet exempelvis elektronikåtervinnare, smältverk, värmeverk, etc. |
| Integration av värdekedjorna, dvs. integration av alla stegen i den totala återvinningskedjan | Exempelvis är integrationen mellan återvinningscentralen och elektronikåtervinningsföretagen bristfällig. Dåligt packade burar med elektronik från återvinningscentralen ger transportekonomiska förluster samt effektivitetsförluster och arbetsmiljöproblem för elektronikåtervinnarna |
| Kvalitet | Exempelvis smutsas elektronik ner som ska återvinnas vid återvinningscentralen. Detta försämrar arbetsmiljön och produktiviteten hos elektronikåtervinnarna. |

*Övriga viktiga faktorer i fokus som ej studerats i föreliggande studie.*

- Effektiva planeringssystem.
- Minimering av lager och mellanlager.
- Teamwork och motivation hos personalen.
- Underhåll av utrustning och verktyg.
- Hantering av komplexitet och variationer.

## Miljönytta

Vid återvinningscentralen sorterades avfallet i upp till cirka 20 olika fraktioner. De största fraktionerna var brännbart, deponi, metall, trä och trädgårdsavfall medan tidningar, wellpapp och elektronik var bland de största när det gäller material som omfattas av producentansvar. Sorteringskvaliteten styrdes

av en lång rad faktorer varav en del gick att koppla till anläggningens utformning och den information man som besökare fick. Attityder hos besökare och anställda var troligen andra viktiga faktorer som påverkar om avfallet hamnade rätt. Det är viktigt att påpeka att hur väl man har sorterat är helt avgörande för hur väl materialåtervinning, förbränning och andra hanteringsmetoder fungerar. Detta i sin tur avgör vilken miljönytta som återvinningscentralen bidrar med. Under denna förstudie kunde man iaktta exempel på både osäkerhet och direkt felsortering utförd av besökare. Det var dessutom vanligt att besökare kastade säckar fulla med avfall utan någon kontroll från de anställda. Ibland kunde felsortering direkt kopplas till anläggningens utformning när till exempel wellpapp eller tidningar slängdes i brännbart därför att de rätta containrarna var placerade avsides och var besvärliga att utnyttja. Ett annat problem som observerades var att vissa produkter var sammansatta av olika material som egentligen skulle kräva olika behandlingsformer. Detta gällde till exempel möbler som ofta innehåller både metall, trä och tyg. Dessa produkter demonterades inte utan hamnade ibland i brännbart eller ibland i deponifraktionen. Problem av det slag som identifierades här kan medföra både resursproblem, vilket kan bestå av att man inte når den högsta möjliga nivån i avfallshierarkin, men också föroreningsproblem till exempel i form av att restprodukter från förbränning inte kan utnyttjas. Personalen menade att de sällan eller aldrig får någon återkoppling från de aktörer avfallet skickas vidare till när det gäller sorteringskvaliteten. Detta är olyckligt eftersom det får konsekvenser för miljönyttan och eftersom en sådan återkoppling skulle kunna leda till förbättrad sorteringskvalitet.

## Arbetsmiljö och säkerhet

Arbetsuppgifterna vid en återvinningscentral handlar mycket om att hjälpa besökare tillrätta och övervaka att sorteringen går rätt till så produkterna hamnar på avsedd plats. Endast en av de besökta anläggningarna hade kvinnliga anställda i utomhusarbetet. Tidigare hade ofta personalen rekryterats bland omplaceringsärenden pga. arbetsskada eller annat. Idag rekryterades personalen bland utåtriktade serviceinriktade personer som hjälpte besökarna tillrätta och som känner stort ansvar för anläggningen. Att kunna ge bra information, visa besökarna tillrätta och motivera besökarna att sortera väl anses vara det viktigaste i arbetet (Figur 4).

Figur 4. Personalens viktigaste uppgift är att ge bra information, visa besökarna tillrätta och motivera besökarna att sortera väl.

## *Fysisk arbetsmiljö*

Arbetsmiljön på återvinningscentralerna uppvisade ett flertal brister och risker för skada, men även positiva aspekter framkom. Arbetet skedde till stor del utomhus, varför olika klimatfaktorer kunde vara besvärande, såsom kyla och is vintertid och fukt och väta vid vissa väderförhållanden. Svag belysning kan påverka graden av felsortering. Det kan också öka skaderisken för såväl anställda som besökare. Vintertid hölls anläggningarna öppna även under mörka kvällar, då arbetet sker i konstljus från lyktstolpar i anläggningen, vilka inte alltid gav tillräckligt med ljus.

Buller förekommer från fordonstrafiken, speciellt arbetsfordon, men uppstår även då hårt avfall slängs i metallcontainer. Metallavfall kan t ex ge höga impulsljud som kan ge risk för hörselskador. Bullret var också en störkälla för kringboende. Kemikalier hanterades i förpackningar som ofta är dåliga och kladdiga. Ibland visste personalen inte vilka kemikalier som hanteras, då de lämnas i andra förpackningar än originalförpackningen.

Damm utgjorde ett problem vid de besökta anläggningarna, dels i form av finkornig sand och mineralpartiklar som virvlade upp från marken p.g.a. fordonstrafiken på anläggningen eller vinden. Damm virvlade även upp från avfallet i containrarna som till exempel byggavfallet och irriterar såväl andning som ögon. Även större partiklar som små flisor av trä och metall kunde virvla upp och ge ögonskador. Genom intervjuer med de anställda framkom att skärskador orsakade av vassa kanter samt stickskador från t.ex. kanyler och annat var vanligt förekommande (”hör till det dagliga”). Smittorisker finns genom hantering av avfall, vilket innebär att vaccinationer mot hepatit, TBE och stelkramp vanligtvis gavs till personalen. Tendeniter (seninflammationer) genom ensidigt arbete som lett till sjukskrivning angavs också ha uppkommit vid öppning av färgburkar eller klippning av elkablar.

Tunga och besvärliga lyft förekom ofta, ej sällan av smutsiga bördor. Det lagstadgade kravet på att elektronik ska återvinnas som genomfördes under 2001 har lett till ett ökat tryck på anläggningarna. Såväl volymerna som tyngderna på avfallet har ökat vilket ställt ökade krav på personalen. Periodvis skapade detta svårigheter att planera antalet förvaringsburar som behövs för inkommande gods. Vid tre av anläggningarna fick besökarna själva ställa in även tyngre elektronik i burarna. P.g.a. de stora volymer som kom in angavs vid en anläggning att det kan förekomma att ett 30-tal TV-apparater får ställas åt sidan för att sedan manuellt lyftas i burar av personalen. Vid två av anläggningarna lades all elektronik på marken av besökarna (Figur 5). I ena fallet berodde det på frekventa stölder av elektronik varför denna takförsedda container hölls låst och personalen lyfte själva in godset och paketerade sedan prydligt i olika, välpackade boxar. Detta medförde många och tunga lyft för den anställde. En TV-apparat kan väga upp till 60 kg. El-kretsen anger att den nya lagstiftningen enligt WEEE-direktivet för producentansvar har ett insamlingsmål på fyra kilo elavfall per person och år från hushållen (El-kretsen AB, 2002). Vid tre av de fyra studerade återvinningscentralerna hanterades en ännu större mängd än det uppsatta målet och mängden varierade på inlämnad elektronik från 4,4 till 5,5 kg per invånare och år. Vid en återvinningscentral angavs att tidigare hade de haft 7 burar el-avfall per vecka, totalt 250 ton per år. För närvarande hade det ökat till 12-15 burar per vecka. Det förekom att kragpallar och burar var överbelastade vilket fördyrade frakt p.g.a. att inte annan kragpall eller bur kan ställas ovanpå (Figur 6). Risk föreligger även att gods ramlar ut och skadar personal eller besökare. Trots att gaffeltruck användes vid en återvinningscentral för att lasta kylskåp och annat var personalen ibland tvungna att gå upp i containrarna och justera det sista manuellt.

Figur 5. Exempel på hur elektronikskrot lämnas av besökarna för att sedan packas i burar av personalen

## *Psykosocial arbetsmiljö*

Den psykosociala arbetsmiljön var positiv ur många aspekter. Arbetena ansågs vara fria och omväxlande och gav många sociala kontakter. Men det förekom även stor press och irritation från kunderna vid köbildning, något som kunde upplevas ytterst påfrestande för de anställda. Vid köbildning blev besökarna irriterade och var inte lika noga med i vilken container de slängde sitt avfall. Orsaken till denna köbildning var ofta att rampen är för smal eller att hela anläggningen var underdimensionerad. Denna köbildning uppkom framför allt under helger och under högsäsong. När högsäsongen infaller var beroende på om återvinningscentralen var belägen i en kommun med många sommarboende infaller högsäsongen under sommarmånaderna medan i en kommun med övervägande delen permanent boende infaller den i april-juni. Ordväxling och tvister mellan besökare förekom. Krockar eller nära krockar med bilar förekom också. Inbrott på nätterna förekom och framför allt i storstadsregionen framfördes att det kändes obehagligt att komma på morgonen då man inte vet vem som kan befinna sig i en container. Stölder förekom även på dagtid. Arbetet innebar vissa obekväma arbetstider. Samtidigt upplevdes arbetet av många som fritt och att det gav utrymme för egna initiativ och påverkan.

De sociala kontakterna upplevdes också i många fall som positiva. Här fanns också en utmaning i att kunna ge kunderna en bra instruktion och information för att de skulle kunna sortera sitt avfall på ett korrekt sätt själva. I denna informationsroll kunde även inrymmas att vara kommunens ansikte utåt, samtidigt som det innebär en viktig förutsättning för att sorteringen blir god. Dock framkom även att det kunde vara svårt att kontrollera att samtliga besökare slänger i rätt container. Vissa besökare ifrågasätter också de direktiv de får.

Vid samtliga anläggningar där det förekom trafik av utifrånkommande fordon förelåg stor risk både för anställda och besökare att bli påkörda. En person hade exempelvis blivit klämd bakom en lastbil. Flera av skadorna har lett till kortare eller längre sjukfrånvaro.

Figur 6. Exempel på överbelastad kragpall vilket fördyrar frakt p.g.a. att inte annan kragpall kan ställas på. Risk föreligger även att gods ramlar ut och skadar personal eller besökare.

### *Skador bland besökare*

Det förekom även skador/olycksfall bland besökarna på återvinningscentralerna. Framför allt drabbades de av skär- och stickskador på händerna. De utsattes även för risker att bli påkörda av backande privatfordon, ofta beroende på de smala ramper som fanns på många anläggningar idag. Räcken runt containrar kunde försvåra för besökarna vid avlastning av tex. ris och trädgårdsavfall. Det är viktigt att även besökare vid en återvinningscentral skyddas mot risk för skador och kan känna motivation att transportera sitt gods till återvinningscentralen.

## Efterföljande anläggningar i avfallshanteringen

Arbetsmiljön i de verksamheter som omfattar processliknande bearbetning av avfallet i steget efter återvinningscentralerna uppvisade en delvis annorlunda problembild. Här skedde arbetet ibland vid löpande band, och där uppstod de klassiska arbetsmiljöproblem som är förknippade med sådan teknik, d.v.s. monotoni, högrepetitiva arbetsuppgifter, litet handlingsutrymme och ibland social isolering. Här kunde skiftgång förekomma och det kunde vara dammigt samt förekomma gaser och ånger som är skadliga för människan.

## Demontering av elektronik

### Produktionssystem

Vissa kommuner har byggt upp egna anläggningar för demontering av elektronikgods medan de flesta endast tagit emot produkterna och skickat vidare till privatägda demonteringsanläggningar. EU-direktivet definierar vad som är elektronik. Det finns i Sverige tre större aktörer och ett större antal mindre anläggningar. Överkapacitet hos dessa har lett till en ökande prispress.

Den besökta anläggningen för demontering av elektronikprodukter var ett privat företag med utländskt ägande. Kommunerna stod för insamlingen av material. Anläggningen tog dock även emot material från radiohandlare, företag som använde elektronik, produktions- och byggspill, etc. Totalt kom godset från 80 olika insamlingsställen. Vid anläggningen behandlades 10 000 ton per år. Den viktigaste uppgiften för anläggningen var förbehandling, dvs. att sortera ut giftiga material, t ex beryllium, PCB och kvicksilver. Därefter gick

materialet vidare till fragmentering och sortering. Metall gick till smältverk. Plast och annat brännbart gick till förbränning. Miljöfarligt avfall som exempelvis kvicksilver och kadmium gick till deponi. Kablar gick till granulering. Bildskärmar skickades till Holland. Glaset återvanns till nya bildrör och keramik (toalettstolar, etc.).

Anläggningen hade totalt 40 personer anställda varav 6 vid administrationen. De flesta var relativt nyanställda. Det fanns inga problem att rekrytera arbetskraft. Delvis berodde detta på att lönen var bra, fast månadslön 18 500 i månaden som nyanställd, trots låga kompetenskrav och relativt kort upplärningstid. Det krävdes två till tre dagar för att klara ett jobb och 2 månaders upplärning för att kunna sköta alla arbetsmoment. Det tog ca 3 månader för att komma upp i full kapacitet. Det krävdes dock god komponentkännedom. Tidigare arbetade man med gods med lägre vikt t ex elektriska tandborstar. Personalen rekryterades då bland arbetshandikappade och andra. De lättare arbetsuppgifterna har försvunnit och numera hanteras större och tyngre gods, vilket lett till tunga arbetsuppgifter där prestationskraven blivit allt hårdare. De anställda hade en produktionskvot på 3,5 ton per dag som de förväntades uppfylla, något som många av de gamla anställda ansåg vara arbetsamt. Denna mängd motsvarade 8-12 burar/person och dag. Vissa personer kunde klara 5,5 ton per dag medan andra bara 2 - 2,5 ton. Det framgick också stora skillnader i den tid som sorteringen tog för olika burar. Burar med enbart TV/datormonitorer tog ca 15 min att sortera (Figur 7) mot ca 60-90 min för en bur med blandat innehåll (Figur 8). Det fanns bristande incitament för en noggrann sortering vid insamlingsstället. Produktionsvolymen var ojämn över året med dubbel produktion på våren. Efter julen brukade en topp infalla. På Västkusten producerades mycket avfall under hösten.

Den primära intäktskällan var att man tog betalt för att ta hand om elektronikskrotet. Majoritet av intäkter kom från materialbolaget El-Kretsen AB, som fungerar som spindel i återvinningsverksamheten. Lagen om producentansvar för elektronik kom, som tidigare nämnts, år 2001 och p.g.a. denna startades El-Kretsen av producenterna. En mindre del av intäkterna till demonteringsanläggningen kom från försäljning av material. Ytterligare en inkomstkälla var produktions- och byggspill som debiterades kunden direkt, som Volvo, SAAB etc. Anläggningen fick endast sälja till andra företag som var ISO-standardiserade. Det var dock dålig avsättning för returplast. Potentiellt stor marknad fanns i Asien och forna öststater men det var ej tillåtet att exportera

dit. Anläggningen fick betala för att lämna brännbara material trots att det används som bränsle.

Figur 7. Exempel på välpackad elektronik

Figur 8. Exempel på insamling av elektronik vid en återvinningscentral

Transporter var också en utgift för anläggningen. Företaget var certifierat enligt ISO 9000 och 14000. Planer på att certifiera sig för ISO 18000 fanns, men låg flera år framåt i tiden.

## Miljönytta

Vid elektronikdemontering är en viktig uppgift att avskilja giftiga ämnen som kan ge upphov till problem om de sprids okontrollerat i flöden i teknosfären eller naturen. Batterier och kondensatorer är exempel på komponenter som ska avskiljas från övrigt avfall. Mycket av elektronikskrotet hamnar i ett smältverk för ädla metaller där koppar, silver och guld utvinns. Återvinning av dessa ämnen sparar resurser och energi i stora kvantiteter och kan vara mycket värdefull. Fraktioner som plast, kablar och bildskärmar är mera problematiska och där hamnar fortfarande vissa delar på deponi.

## Arbetsmiljö och säkerhet

### *Fysisk arbetsmiljö*

Ett stort problem var att produkterna inte var anpassade för demontering. Skärskador var mycket vanliga vid arbete med bildrör. Personalen följde inte alltid arbetsinstruktionen vid demontering av bildrör. De slog ofta av änden på röret innan röret demonterats vilket spred damm och gav vassa kanter vilket gav större risk för skärskador och spridning av giftigt damm från bildrörets inre. Problemet är speciellt stort för rökare och 60% av de anställda var rökare. Det var dammigt i luften, dock ej över hygieniska gränsvärden även om metallhalten (kadmium och bly) kan vara kritisk. Tunga och besvärliga lyft förekom ofta vilket lett till belastningsskador av axlar och rygg. Hur väl burarna med inkommande gods var packade hade stor betydelse för arbetsmiljön. Som ett exempel på detta kan anges att man i samma bur blandade datorer med vidhängande tangentbord och mus med mindre elektronik med sladd som hårtorkar, strykjärn, adventsstakar m.m. Detta försvårade uppackning och hanteringen då sladdar och apparater trasslade in sig i varandra när alla produkter skiljdes från varandra för demontering. Dessutom försvårades redan tunga lyft av exempelvis datorer (Figur 9).

Figur 9. Exempel på elektroniskt avfall vid insamling vid återvinningscentral där uppackningen blir tidskrävande för personalen vid demonteringsanläggningen. Det kan även medföra risk för belastningsskador då sladdar och apparater trasslar in sig i varandra.

Arbetet var även monotont. Klippning av sladdar var ett mycket belastande moment vilket lett till tendeniter. Elektrisk avbitartång för klipp av sladdar hade ej köpts in p.g.a. risken att klippa av ett finger. Anläggningen testade olika manuella tänger för att hitta en lämplig. Det var även ett stort problem med att hitta lämpliga handskar. Det hade förekommit att tramp på glasskärva penetrerat skon. Den ideale anställde ansågs behöva vara ung, frisk och stark praktisk person med god fysik, helst en man eftersom de fysiskt oftast har visat sig klarar jobbet bättre. Företagsledningen uttalade att de uppmärksammat att personalen rapporterar skador alltför sent.

Figur 10. Verktygen som används vid demonteringen är inte specialverktyg som vid nyproduktion

### *Psykosocial arbetsmiljö*

Anläggningen hade vuxit från 4 anställda till 35 anställda under 1 år. Detta har lett till viss växtvärk som man delvis började komma över. Ett litet antal personer hyrdes in från bemanningsföretag vid behov. En del av de anställda upplevde en påtaglig tidspress då de förväntas göra ett visst antal burar per dag. Slarvigt packade burar där apparater och sladdar trasslat ihop sig upplevdes som mycket stressande. Sjukfrånvaron var mycket hög. Företaget strävade efter rotation mellan arbetsuppgifter varannan dag.

## Fragmenteringsanläggningen

### Produktionssystem

Fragmentering är en relativt automatiserad process för skrot med metallinnehåll, bl.a. bilskrot. Det finns ett flertal sådana anläggningar i Sverige. Den besökta anläggningen producerade över 100 ton per timme. Det huvudsakliga inflödet av material bestod av tre typer av skrot som till sin storlek var ungefär

jämnstora, nämligen bilskrot, kommunalt skrot och industriskrot. Processen vid anläggningen inleddes med vägning av skrotet som kom på lastbilar, och kontroll av radioaktivitet och förekomst av miljöfarliga ämnen som till exempel PCB. Skrotbilar behandlades så att först krossades framrutan med hjälp av en lastmaskin. Därefter togs bilarna in i en lokal där däcken plockades av och övriga rutor plockades ut. Balanseringsvikter av bly togs bort från fälgarna. Bilen tömdes dessutom på vätskor som bensin och olja. Efter denna sanering av bilar och kontroll av övrigt skrot lades materialet i högar i anslutning till inmatningsbandet till fragmenteraren. Efter fragmentering separerades olika fraktioner med luftseparation och en magnetseparation. Detta resulterade i tre huvudsakliga fraktioner;

Fe (järnfraktionen) som efter försäljning användes för tillverkning av SKF kullager. Denna fraktion är den helt dominerande i kvantitet. Av denna fraktion producerades normalt 80-100 ton per timme. NF (non-ferrous) gick vidare till en annan anläggning som har samma ägare, där man med hjälp av flotation separerade koppar och aluminium. Av denna fraktion producerades normalt 5-10 ton per timme. Restavfall som till stor del bestod av plast, gummi, kablar och diverse metallföremål. Av denna producerades cirka 20 ton per timme. Att göra sig av med denna fraktion till deponi kostade 800 kr/ ton vilket medförde en kostnad på årsbasis om ca 30 miljoner kronor. Man önskade därför bränna så mycket som möjligt.

Ur järnfraktionen handsorterades kopparinnehållande föremål av två personer som satt i en kur vid transportbandet. Järnfraktionen fick inte innehålla mer än 0,25% koppar, och brukade ligga mellan 0,16 och 0,25% i anläggningen. Kopparhalten i järnfraktionen är det övergripande kvalitetsmåttet för verksamheten. Kvalitetsarbete bedrivs i form av förbättringsgrupper som bland annat medfört att man infört bättre försortering och avskiljning av synlig koppar i eftersortering.

Det fanns 20 anställda, varav 5 var tjänstemän och 15 jobbade operativt ute på fältet. Av dessa var några anställda på entreprenörsbasis. Medelåldern var hög och kompetensen byggdes upp genom lång erfarenhet. Nyanställda gick igenom en internutbildning på upp till en månad, och man såg gärna att de nyanställda åtminstone hade gymnasieutbildning. Man efterfrågade en förnyelse av synen på detta arbete och önskade lyfta verksamheten från arvet som skrotgård till att bli en modern industri.

## Miljönytta

Vid fragmenteringsanläggningen var kopparhalten i den utgående järnfraktionen en avgörande indikator för kvalitet, pris och miljöprestanda. Ju mera koppar som förs in i stålflödet desto mer begränsas användbarheten av det skrotbaserade stålet. Ju mera koppar desto mindre möjlighet har man att ersätta stål producerat av jungfruliga råvaror. Mera demontering och eller effektivare utsortering av kopparinnehållande komponenter eller fragment kan därmed bidra bättre miljöprestanda för fragmenteringsanläggningen. Det andra stora miljöproblemet anläggningen står inför är den stora andel restavfall som består av plast, gummi, kablar, textil och diverse metall. Med större renhet i denna fraktion skulle en större andel av den kunna förbrännas. Nu deponeras den till betydande kostnader för företagets ekonomi och miljön.

## Arbetsmiljö och säkerhet

### *Fysisk arbetsmiljö*

Vid anläggningen sker ibland allvarliga olyckor, till och med dödsfall hade inträffat. Dessutom kom mycket transporter till denna anläggning som mötte anläggningens inre transporter med risk för påkörning av fordon. Arbetarna råkade ibland ut för skärskador och brännskador. Någon gång i veckan utbröt brand eller explosion i fragmenteringen på grund av att bensin, gasol eller något annat funnits i en bil. Vid vårt besök testkördes målad plåt som kom ut i en finkornigare fraktion än vad som var vanligt. I samband med detta uppstod brand och en mycket kraftig damning.

# Rekonditioneringsanläggningen

## Produktionssystem

Den besökta anläggningen rekonditionerade vitvaror. Rekonditionering av produkter förekommer inom många olika produkttyper. En känd förebild är Canon i Edinburgh. Rekonditioneringsanläggningen som studerades i denna studie startade sin verksamhet 1997. Ursprungsidén var att göra miljövinster av produkter som återlämnats pga. garantifel, samtidigt som detta kunde gö-

ras med ekonomisk vinst. En viktig tanke bakom att man hade skapat en centraliserad anläggning var att man härigenom kan utnyttja tomma returtransporter för inkommande skadade produkter. Produktionen var ca 5500 produkter per år, och de utgjorde sådana produkter som servicepersonalen inte klarade av att reparera på användningsplatsen. Produkterna kom in och mellanlagrades i ett lager. Därefter togs de in till arbetslokalen, tvättades, diagnostiserades och testades utifrån bl.a. felrapporterna som var knutna till respektive maskin. Komponentbyten och reparationer utfördes och funktionen testades noggrant. Den funktionsfärdiga produkten klassades i tre klasser, D, E och F klass, där D är bäst och F kan ha några skönhetsfel. Tvättning var ett kritiskt moment, som var outsoursat. Övriga produktionsarbeten innehöll traditionella demonterings- och monteringsmoment. Genom att vissa inkommande produkter demonterades och användes som reservdelar kunde resterande, dvs. ca 80% av inkommande antal repareras och gå ut igen till kunder i fullgott skick. Dessa produkter blev ommärkta som rekonditionerade och såldes av utvalda återförsäljare som rekonditionerade till ca 35% lägre pris. Vinsterna var färre produkter till skrotning, mindre energiförbrukning samt att butikerna fick lockvaror. Man strävade efter en snabb lageromsättning. Huvudfabriken var ISO 9000 och 14000 certifierade, och denna rekonditioneringsanläggning var certifierad enligt dessa krav. Inga planer fanns på arbetsmiljöcertifiering under överskådlig framtid.

Anläggningen hade 9 anställda. Dessa hade överlappande kompetens för ca två maskintyper, och roterade mellan arbetsuppgifterna. Anställningsvillkor och lön var identiska med huvudfabriken, 96 kronor per timme. Man rekryterade strategiskt, i början 50+, därefter 35+, och nu 20+. Man hade nyligen anställt en person med kompetens att laga kretskort, något som man såg som ökande i betydelse. Upplärningstider var svårt att uppskatta. Personer som kom direkt från slutjusteringen av produkten vid linan kunde ju sitt arbete nästan direkt. En viktig kompetensutveckling var produktkännedom, något som måste tillföras hela tiden.

## Miljönytta

En bedömning av miljönyttan vid rekonditioneringsanläggningen har utförts av Sundin och Tyskeng (2003) där de utvärderat miljönyttan av att rekonditionera vitvaror i jämförelse med att materialåtervinna vitvarorna efter skrotning i serviceorganisationen. Det visar sig att det är bättre ur miljösynpunkt att rekonditionera de skadade eller defekta vitvarorna som utgörs av ett

kyl/frysskåp och en tvättmaskin. Till exempel är koldioxidemissionerna bara hälften så stora vid scenariet för rekonditionering jämfört med scenariet för materialåtervinning för kyl/frysskåpet.

## Arbetsmiljö och säkerhet

### *Fysisk arbetsmiljö*

Lokalerna var rymliga och uppbyggda i en tidigare produktionslokal. Produktionsutrustning i termer av t ex rullbanor och handverktyg var alla begagnade och rekonditionerade. Detta för att leva som man lär och även för att ekonomin inte tillåter något annat. Standarden var en acceptabel fysisk arbetsmiljö, vad gällde belysning, buller, luftföroreningar, klimat och tillgång till lyfthjälpmedel. Man har successivt förbättrat tillgången på bl.a. lyftbord etc. Städning gjordes regelbundet och lokalerna var rena och god ordning rådde. Reservdelslagret hanteras endast manuellt. Två personer var ansvariga för respektive maskintyp, och lade in reservdelarna i pallhyllor efter eget system och utan bokföring/registrering. Detta ansågs vara det enda ekonomiskt rimliga i denna skala, men innebär ju också en sårbarhet om någon slutar.

Produkterna kom in och mellanlagrades i ett lager. Därefter togs de in till arbetslokalen, tvättades, diagnostiserades och testades utifrån bl.a. felrapporterna som var knutna till respektive maskin. Komponentbyten och reparationer utfördes och funktionen testades noggrant. Den funktionsfärdiga produkten klassades i tre klasser, D, E och F klass, där D var bäst och F kunde ha några skönhetsfel. Tvättning syntes vara ett kritiskt moment, som var outsoursat. För övrigt tycktes arbetena endast innehålla traditionella demonterings- och monteringssvårigheter, men genom den låga och fria arbetstakten blev arbetet varierat och självstyrt. Arbetena innebar också stora utmaningar till problemlösning/felsökning, något som upplevdes som mycket positivt. Flödena tycktes ej perfekta. Hantering av vitvarorna för hand förekom ofta. Fler rullband och buffertlager hade kunnat rationaliseras ytterligare. Vidare tycktes verktygsuppsättningarna väl enkla och ostrukturerade, och effektivare platsbelysning hade kunnat höja effektivitet och förbättra kvaliteten. Inga olycksfall hade registrerats, men det bedömdes att det fanns klämrisker och risker för skärskador.

### *Psykosocial arbetsmiljö*

Arbetsskadade personer hade i hög grad rekryterats till anläggningen. Enligt uppgift tenderade dessa personer att bli bättre pga. de varierande arbetsuppgifterna och de goda psykosociala förhållandena. Sjukfrånvaron var liten. Enheten hade många sökanden till lediga arbeten Arbetet skedde i egen arbetstakt, men ledningen tyckte att arbetsdisciplin vad gäller tidshållning var viktigt.

# DISKUSSION

Vid besöken identifierades problemområden och utvecklingsmöjligheter för att förbättra arbetsmiljö och säkerhet och för att effektivisera hanteringen och sorteringen av avfall. Resultaten lyfter fram behovet av att i ett första steg utveckla återvinningscentraler utifrån kunskap om industriell produktionssystemutformning, interorganisatorisk samverkan och systematisk erfarenhetsåterföring från de personer som är verksamma i branschen.

## Produktionssystem

Som vid all annan industriell verksamhet är det viktigt att bedriva en kostnadseffektiv återvinning. Det är centralt att alla led i återvinningskedjan (värdekedjan) är kostnadseffektiva samt att helheten optimeras. Ett problem med dagens återvinningskedjor är den bristande helhetssynen, det saknas till stora delar ett modernt supply chain management tänkande.

Det är viktigt att öka effektiviteten och kvaliteten i det utförda arbetet vid återvinningscentralerna för att göra återvinningsprocesserna mera kostnadseffektiva. Några nyckelbegrepp som är exempel på viktiga utgångspunkter för modern industriproduktion som kan utnyttjas för att utveckla återvinningscentralers verksamhet är visuella ledningssystem, flödesorientering, integration av värdekedjor och kundtillfredsställelse.

I viss utsträckning kan en förändring iakttas som innebär att anläggningar flödesorienteras i högre grad. Ett exempel på detta är den besökta anläggningen för demontering av elektronikprodukter som hade infört flödesinriktad process istället för den traditionella processutformningen med arbetsstationer.

## Återvinningscentraler

Återvinningscentralen har genom sin sorteringsfunktion en nyckelroll i ett vidare systemperspektiv för miljöbedömningen av återvinning som företeelse (jämför Finnveden et al, 2000).
Studien visar exempelvis att flödesorienteringen brister.

Det uppstår lätt bilköer på återvinningscentralerna. Bilar parkeras tidigt i flödet medan kunderna bär sitt avfall till de separata fraktionsinsamlingarna. Dessa bilar hindrar inflödet av nya fordon. Återvinningscentralens fulla teoretiska kapacitet kan därför inte utnyttjas vilket medför att de måste överdimensioneras vilket i sin tur innebär extra kostnader. Köbildningen leder även till irritation bland kunderna och kan ge upphov till konflikter med personalen. En lämpligare utformning ur flödessynpunkt skulle kunna minska dessa problem samt förbättra ekonomin och produktiviteten.

Effektivitetsvinster kan åstadkommas både inom själva återvinningscentralen men också leda till stora vinster vidare i avfallskedjan genom en integration av hela värdekedjan. Väl packade transportburar med ej nedsmutsat elektriskt avfall medför till exempel effektivare transporter och tidsvinst för demonteringsföretaget. Effekterna av sådana förbättringar kan även fortplanta sig vidare till fragmenteringsanläggningens effektivitet och kvalitet. Idag är burarna normalt ej välpackade och det elektriska avfallet smutsas ofta ner vid återvinningscentralerna.

På en återvinningscentral möts besökare som ska göra sig av med avfall och de som arbetar professionellt med rådgivning, övervakning och vidare hantering av avfallet. Detta är en speciell utmaning där utgångspunkten bör vara att genom utformningen av anläggningen göra det enkelt för alla tillfälliga besökare att göra rätt. Studien visar även på stora brister i hur besökarna informeras om hur de ska agera vid besök på en återvinningscentral. Visuella ledningssystem som på ett lättförståeligt sätt informerar om detta skulle kunna förbättra produktiviteten och därmed ekonomin.

## Miljönytta

I generella termer gäller avfallshierarkin genom att återanvändning är att föredra före materialåtervinning som är bättre än förbränning vilket i sin tur är bättre än deponi. Detta behöver inte medföra att detta gäller i varje enskilt fall. En bra utgångspunkt för en sådan analys är att ta ställning till vad produkten från avfallshanteringen faktiskt ersätter / substituerar i det enskilda fallet.

Då återvinningscentralen har en nyckelroll genom att den kommer först i kedjan av avfallets hantering är det viktigt att man inte här blandar avfall som hör hemma i olika fraktioner vilket leder till att det är mycket svårt och kostsamt att i efterhand separera dem. För att kunna utnyttja den stora miljöpotential

som återvinningen har (Nordin, 1994; Ayres, 1998) krävs en god sortering av det inkommande avfallet. Om icke brännbara föremål och oönskade ämnen hamnar i brännbara fraktionen kommer restprodukten efter förbränning att utgöra större kvantitet och vara mera förorenad. Detta i sin tur gör det svårare att utnyttja restprodukten i en nyttig tillämpning vilket ökar risken för att den kommer att läggas på deponi. Dessutom innebär en sådan felsortering en resursförlust av materialet ifråga. Detta resonemang är tillämpbart på flera av de typer av felsortering som kan ske, även där det handlar om förbränning av två olika fraktioner. Om utsorterat trä kan förbrännas i ett kraftvärmeverk istället för i en anläggning för förbränning av avfall finns flera fördelar ur miljösynpunkt. Mindre mängd av svårt förorenade restprodukter uppkommer vilket möjliggör återanvändning av askor och leder till mindre utsläpp till luft och vatten (Krook et al, 2002). Miljösystemanalytiska verktyg som materialflödesanalys (MFA) (Baccini and Brunner, 1991) och substansflödesanalys (SFA) (van der Voet, 2002) kan tillämpas på avfallsflödena till återvinningscentralen för att identifiera de mest kritiska områdena för förbättrad sortering och för att utvärdera miljönyttan av olika åtgärder.

Ovanstående resonemang tydliggör att miljöprestanda ska bedömas med en vid systemsyn. Miljöproblem som har sin grund i otillräcklig sortering kan visa sig flera steg nedströms i en avfallshanteringskedja hos en helt annan aktör. Denna insikt medför att affärsrelationer och återkopplingar mellan aktörer i en avfallshanteringskedja kan vara ett verksamt verktyg för att nå större miljönytta i återvinningsbranschen.

## Arbetsmiljö och säkerhet

Inom återvinningsbranschen finns i dag många olika anläggningar vilka har olika typer av risker i arbetsmiljön. Återvinningscentraler är, som tidigare nämnts, första instans för övervägande delen av avfall från privatpersoner och mindre företag. Hur avfallet hanterades i denna första instans påverkar kommande avnämare i avfallskedjan i mycket hög grad gällande även arbetsmiljön. Besvärliga lyft kan undvikas genom användande av lyfthjälpmedel. Produkterna bör skyddas mer på återvinningscentralerna så de inte blir så nedsmutsade inför demonteringen. Avnämaren för elektrisk och elektronisk utrustning vill att sladden skall vara bortklippt vid leverans. Vid vissa återvinningscentraler anses inte personalen ha tid att klippa bort sådana sladdar och ingen ersättning utgår till återvinningscentralerna för detta arbete. En tänkbar lösning kunde vara att kunden själv klipper av sladden vid inlämning av ap-

paraten kan den läggas i en separat bur. Sladdarna kan sedan säljas för återvinning och återvinningscentralen får därmed en ny inkomst. Burarna med exempelvis el-avfall bör packas på ett bättre sätt för att minska transportkostnaderna och för att underlätta uppackningen vid efterföljande demonteringsanläggning. Det är även viktigt att produkterna är så hela som möjligt när de kommer fram till demonteringsanläggningen för att undvika skador, f.f.a. skärskador vid urlastning.

Vid demontering av elektronik föreligger stora problem med belastningsskador och skärskador. Vi demontering av t ex bildskärmar och TV-apparater blir det splitter från glas och metall på golvet som ger risk för skador i foten. Bland personal som arbetade med demontering av elektronik rapporterade c:a 45 % att de hade haft besvär från nacke/axlar och c:a 30% att de haft besvär från höft/knä/fot minst ett par dagar varje vecka under de senaste 12 månaderna (Nise et al. 2003). Arbetet kan ibland vara tungt och det är ofta smutsigt. En stor del av verksamheten sker inomhus i uppvärmda lokaler, men här kan många klassiska arbetsmiljöproblem ändå förekomma, t ex dålig belysning, buller, damm, kemiska risker och olämplig belastningar, vilket även har identifierats tidigare (Rapport 1998:9, Arbetarskyddsstyrelsen, Alvares och Antonsson 2001). Det är viktigt vid denna typ av arbete att belysningen är god och att det är en effektiv ventilation i lokalen. Städningen är också viktig, dels för att få bort farligt damm och för att få bort glas- och metallsplitter från bänkar och golv.

Inom återvinningsindustrin föreligger en klar dominans av män, så även på återvinningscentralerna. Åtgärder bör göras för att förhindra tunga manuella lyft och andra belastande moment vilket skulle underlätta arbetet för såväl kvinnor som män. Den viktigaste funktionen för personalen vid en återvinningscentral är att ge besökarna en god service och hjälpa dem tillrätta så att medhavt avfall sorteras till rätt avfallsfraktion. Personalen fungerar även som ”ansiktet utåt” för både återvinningscentralen som dess uppdragsgivare vilket passar såväl kvinnor som män.

## Frågeställningar som bör studeras i framtiden

Återvinningscentralerna är ofta den första instansen för insamlandet av avfall vilket gör att de har en nyckelposition för hur avfallet kan hanteras på ett så produktivt och kostnadseffektivt sätt som möjligt. Det är därför viktigt att studera återvinningsproblematiken med ett helhetsperspektiv med utgångs-

punkt från såväl arbetsmiljö, säkerhet, produktionssystemutformning och yttre miljö. Vidare att betrakta återvinningscentraler utifrån en systemsyn, och se dess funktion också i relation till avnämarna, d.v.s. de behov och förutsättningar som efterföljande anläggningar i avfallskedjan har.

Det finns flera frågeställningar som är dåligt belagda kring hur återvinningscentralerna fungerar. Exempel på detta är förekommande flöden av fordonstrafik, avfallsmaterial och personflöden vid existerande återvinningscentraler. Hur förflyttar sig bilarna respektive kommuninnevånarna/kunderna som besöker anläggningen? Vilka typer av avfall har kunderna med sig, vilka mängder och hur är dessa packade samt blandade? Dominerar någon fraktion och kan man se några mönster här? Hur sorteras och slängs avfallet? Hur bör informationen till besökarna utformas? Hur sker borttransporteringen av de uppsamlade delfraktionerna? Vilka arbetsmoment innebär risker, sorteringsproblem, tidsförluster och andra svårigheter? Hur fungerar olika flödeslayouter och vilka dimensioner av enskilda stationer för uppsamling av delfraktioner behövs? Hur kan man skapa visuella flöden samt hur överför man information? Hur transporterar kunderna sig inom området? Hur kan kunderna informeras och instrueras att sortera och packa avfallet enligt målen?

Datainsamling och processkartläggning är centrala inför utformning och förbättring av produktionssystem. Förekommande flöden vid återvinningscentraler bör identifieras med direkta observationer genom processkartläggning av materialtyper och -flöden, vilket också inkluderar flödesmätningar. Liksom direkta observationer för att utvärdera aktiviteterna hos kunder/besökare som kommer till återvinningscentralen för att dokumentera materialtyper och mängder samt hur sorteringsarbetet går till. Man bör identifiera goda exempel likaväl som problemområden och svårigheter som uppstår för besökare samt anställda. Liksom identifiering av risker i den fysiska miljön samt hur olika risker kan samvariera.

En viktig frågeställning är hur man skulle kunna applicera nyare produktionsfilosofier och teori inom återvinningsbranschen. Det innebär att man skulle utnyttja moderna generiska principer, metoder, erfarenheter och verktyg för att utforma och driva produktionssystem (Slack et al, 2001; Hopp and Spearman, 2001; Chryssolouris, 1992; Shingo, 1989; Rother and Shook, 2002; Quest, 1999). Detta måste dock integreras med kriterier för att utforma goda arbeten (Eklund and Berggren, 2001). Genom detta arbetssätt kan verksamheten vid återvinningscentralerna tillföras industrikoncept som kan göra verksamheten

mer produktiv och miljövänlig samtidigt som bättre arbetsförhållanden skapas.

De faktorer som dagens industriella produktion i hög utsträckning fokuserar på bör vara mycket viktiga även vid återvinning. En betydelsefull forskningsuppgift är att tillämpa och utvärdera användningen av generiska metoder för utformning och drift av produktionssystem inom återvinningsområdet. Metoderna måste självklart anpassas till de specifika förutsättningar som gäller för återvinningscentralerna. Ett viktigt moment bör vara att simulera såväl olika övergripande flödeslayouter som olika utformning och dimensionering av enskilda stationer för uppsamling av delfraktioner. En avgörande uppgift bör vara att skapa visuella flöden samt koncept för hur man överför information. Det ska exempelvis vara självklart hur kunderna ska transportera sig inom området.

Metoder för att förbättra och uppskatta miljönyttan av återvinningscentraler och deras verksamhet bör användas iterativt för att försäkra sig om att åtgärder föreslagna på andra grunder inte försämrar verksamhetens miljöprestanda. De lokala miljöaspekterna bör analyseras utifrån miljökonsekvensbeskrivningsmetodik (MKB) för projekt (Boverket, 1995). För att inte analysen ska tillämpa alltför snäva systemgränser (se Bruhn-Tysk och Eklund, 2002), bör andra miljösystemanalytiska verktyg integreras i MKB-processen (Tukker, 2000; Bruhn-Tysk och Eklund 2002). Exempelvis kan flödesorienterade metoder som substansflödesanalys (van der Voet, 1998) och materialflödesanalys (Baccini and Brunner, 1993) applicerade på avfallssystemet att kunna användas för att tydliggöra vilka åtgärder för en förbättrad sortering som ger störst miljönytta. Tonvikt bör läggas på miljönytta av och åtgärder för att öka andelen sorterat brännbart avfall som kan förbrännas i ett kraftvärmeverk istället för i en avfallsförbränningsanläggning.

# KONKLUSION

## Identifierade problemområden

- Det föreligger olika typer av arbetsmiljörisker i de olika stegen av avfallshanteringen.
- Vid återvinningscentraler idag finns risker för skada för de anställda såväl som för besökarna.
- Återvinningscentralen har identifierats att inneha en nyckelroll i hanteringen av avfall.
- Det brister i de ekonomiska incitament för förbättring av hanteringen av avfallet vid återvinningscentralerna.
- Det föreligger bristande kommunikation mellan de olika aktörerna i återvinningskedjan om hur avfallet hanteras i respektive led och vilka förväntningar man har på det inkommande avfallet. Incitamentsbristen och den därav försämrade kommunikationen påverkar såväl arbetsmiljön, kvaliteten som ekonomin i efterföljande led.

## Utvecklingsområden

- Goda möjligheter finns att utforma och organisera återvinningscentraler så att risken för skada påtagligt minskar för såväl personal som besökare.
- Goda förbättringsmöjligheter finns att inom miljöområdet åstadkomma bättre sorteringskvalitet och därmed förbättra kvaliteten av det återvunna materialet.
- Genom en bättre industrialisering av återvinningscentralerna kan effektiviteten och ekonomin förbättras, samtidigt som det finns möjligheter att också förbättra arbetsförhållanden och miljö i återvinningssystemen som helhet. Vissa enkla åtgärder, t.ex. tydlig skyltning och information till besökarna, kan ge avsevärd förenkling av arbetet i återvinningscentralerna och även senare i återvinningskedjan.
- En bättre helhetsoptimering skulle erhållas genom förbättrad interorganisatorisk samverkan för ökad förståelse mellan de olika aktörerna i

återvinningskedjan och därmed en bättre optimering av hur avfallet hanteras.

Vidare är en återvinningscentral ett viktigt ansikte utåt för kommunen. Om utformningen är anpassad till besökarna kan en positiv attityd till återvinning skapas med positiva miljöeffekter och en bättre arbetsmiljö för de anställda som följd.

# REFERENSER

Alvares de E. and Antonsson A-B. (2001) Hur står det till med arbetsmiljön i kretsloppet? IVL-rapport B 1419, IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Stockholm.

Arbetarskyddsstyrelsen Arbetsmiljöeffekter vid kretsloppsarbeten. (1998) Rapport 1998:9

Audelius, Bo. (2003) Personlig kommunikation, RVF.

Ayres R.U. (1998) Metals recycling: economic and environmental implications. Resources, conservation and recycling 21: 145-173

Bacccini P. and Brunner P. (1991) Metabolism of the anthroposphere. Springer Verlag Heidelberg and New York

Bark, P. Kazmierczak, K. Sperling,L. Westgaard, R.Winkel, J. (2002) Effektiv-återvinning under goda arbetsförhållanden. Idépromemoria. VIN-NOVA. Rapport 2002:10

Blom, K. (2000). Avfallshantering. Stockholm, National board of occupational safety and Health.

Boverket (1995) Boken om MKB del 1. Karlskrona.

Bruhn-Tysk och Eklund M. (2000) System boundaries in environmental impact statements for biofuelled energy plants in Sweden. In: Bjarnadottir H. Environmental assessment in the Nordic countries. Nordregio. Stockholm.

Bruhn-Tysk S. och Eklund M. (2002) The aspect of natural resources in environmental impact statements for Swedish bioenergy plants. Journal of Environmental Assessment Policy and Management 4: 67-82

Bröte S., (1998) Disassembly Systems – Process Analysis and Strategic Considerations, Linköping Studies in Science and Technology, Thesis no. 673.

Chryssolouris, G., (1992), Manufacturing Systems Theory and Practice, Springer Texts in Mechanical Engineering, Springer-Verlag Inc, New York.

Eklund, J., Berggren, C. (2001). Ergonomics and production philosophies. In International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factors. Taylor and Francis, London.

El-kretsen AB. (2002) Kommunstatistik. www.elkretsen.se

Finnveden G. and Ekvall T. (1998) Life-cycle assessment as a decision-support tool—the case of recycling versus incineration of paper. Resources, Conservation and Recycling, 24: 235-256

Finnveden G., Johansson J., Lind P. and Moberg Å. (2000) Life cycle assessments of energy from solid waste. FOA-rapport B-00-00622-222.

Franzén, B. (2001) A Support Method for the Design of Disassembly Friendlly Products – With regards to Ecology and Economy, Thesis No. 912.

Furuhjelm, J. (2000) Incorporating the end-of-life aspect into product development - Analysis and a systematic approach. Dissertation No. 642.

Goodson, R., E., (2002) Read a Plant – Fast, Harvard Business Review.

Hopp, W. and Spearman, M, (2001), Factory Physics: Foundations of Manufacturing Manangement, 2nd Ed., Irwin McGraw-Hill, Boston.

Johansson, G., (1997) Design for Disassenbly - Framework, Linköping Studies in Science and Technology, Thesis no. 651.

Kretsloppsdelegationen (1997) Strategi för kretsloppsanpassade material och varor. Kretsloppsdelegationens rapport 1997:14.

Krook J. Mårtensson A. och Eklund M (2002) Estimating the significance of different pollution sources influencing Swedish waste wood. LiTH-IKP-report 1284.

Lambert A.J.D and Stoop M.L.M (2001) Processing of discarded household refrigerators: lessons from the Dutch example. Journal of Cleaner Production 9: 243-252.

Mattsson C.H., Berg P.E.O. and Clarkson P.A (2003) The development of systems for property close collection of recyclables: experiences from Sweden and England. Resources, conservation and recycling 38: 39-57.

Mee N., Clewes D. Philips P.S. and Read A.D (2004) Effective implementation of a marketing communications strategy for kerbside recycling: a case study from Rushcliffe, UK. Resources, conservation and recycling 42: 1-26

Nilsson J., (1998) The Recycling Aspect in Product Development – Framework for a Systematic Approach, Linköping Studies in Science and Technology, Thesis no. 670

Nise G., pernold G., Wiebert P., Borg K. and Svartengren M. Arbetsmiljön i kretsloppssamhället. Rapport från Arbets-och Miljömedicin 2003:3.

Nordin H. (1994) Kretsloppet och vitala materialflöden. Miljövårdsberedningens rapport 1994:1.

Quest Worldwide, (1999), Verktyg för Lean produktion, 1st Ed. (in Swedish), Quest Worldwide Education Ltd., Surrey.

Rother, M., and Shook, J., (2002), Lära sig se: att kartlägga och förbättra värdeflöden for att skapa mervärden och eliminera slöseri, Swedish Edition Version 1.1., Lean Enterprise Institute, Sweden.

RVF (2003) Swedish Waste Management 2003. Available at www.rvf.se.

SCB, (2003) Arbetssjukdomar och arbetsolyckor 2002

SFS (1997) Förordningen om producentansvar för förpackningar. SFS 1997:185

Shingo, S., (1989) Study of the Toyota Production System from an Industrial Engineering Perspective, Productivity Press, USA.

Slack, N., Chambers, S., Johnston, R., (2001) Operations Management, Prentice Hall/Pearson Education, ISBN 023-64657-5

Speirs D. and Tucker P. (2001) A profile of recyclers making special trips to recycle. Journal of Environmental Management 62: 201-220

Sundin, E. (2001). Product Properties Essential for Remanufacturing. 8th International Seminar on Life Cycle Engineering,, Varna, Bulgaria.

Sundin, E:, (2002) Design for Remanufacturing from a Remanufacturing Process Perspective, Thesis No. 944.

Sundin E. and Tyskeng S. (2003) Inverse Manufacturing at Electrolux or Recycling at Local Facilities? -A Comparison from Environmental and Economic Perspectives, Proceedings of EcoDesign-03, Japan, Tokyo, 2003, pp 348-355.

Tukker A. (2000) Life-cycle assessment as a tool in environmental impact assessment. Environmental Impact Assessment Review 20: 435-456

Van der Voet E. (2002) Substance flow analysis methodology. In: Ayres R.U. and Ayres L. (eds) A Handbook of Industrial Ecology. p 91-101.

Williams I. D and Taylor C. (2004) Maximising household waste recycling at civic amenity sites in Lancashire, England Waste Management (in press).

Wubeshet, S. and S. Krantz (2001). Vilka luftföroreningstyper bildas vid demontering för miljösanering av elektroniskt skrot?, National Institute for Working life

# IHS RAPPORTSERIE

2003:1 Andersson A, et al. *Vad är en god arbetslivsinriktad arbetsplats? Slutsatser baserade på en litteratursammanställning.* IHS vid Linköpings universitet, Försäkringskassan och Landstinget i Östergötland.

2004:1 Strindlund L, Ekberg K. *Långtidssjukskrivna inom Landstinget i Östergötland 2002. Diagnoser, arbetsförhållanden och rehabiliteringsbehov.* Rikscentrum för arbetslivsinriktad rehabilitering/IHS vid Linköpings universitet.

2004:2 Engkvist I-L, Strindlund J, Björkman M, Eklund M. *Utmaningar inom återvinningsbranschen. En förstudie av problem- och utvecklingsområden vid återvinningscentraler och relaterade verksamheter.* IHS/avd Sjukgymnastik och IKP/avd Produktionssystem vid Linköpings universitet.