



Miljøministeriet
Miljøstyrelsen

Nye muligheder for forretning med elektronikaffald

Analyse af værdier, aktører og teknologier
med henblik på identificering af
forretningsmuligheder ved behandling af
elektronikaffald

Miljøprojekt nr. 1644, 2015

Titel:

Nye muligheder for forretning med
elektronikaffald

Redaktion:

Teknologisk Institut:
Stig Yding Sørensen
Kasper Damgaard Johansen
Benita Kidmose Rytz
Bjørn Malmgren-Hansen
Erik W. Halgren
Claus Borggård

Udgiver:

Miljøstyrelsen
Strandgade 29
1401 København K
www.mst.dk

År:

2015

ISBN nr.

978-87-93283-64-0

Ansvarsfraskrivelse:

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling. Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter. Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.
Må citeres med kildeangivelse.

Indhold

Konklusion og sammenfatning	4
1. Indledning.....	9
1.1 Et kort rids af inddamlingen af elektronikaffald i Danmark	10
1.2 Nye forretningsmuligheder i elektronikaffald?	11
2. Det værdimæssige potentiale i elektronikaffaldet	13
2.1 Indledning – hvor store er værdierne i elektronikaffaldet.....	13
2.2 Affaldsmængderne i Danmark	13
2.3 Værdien af råvarerne – vil de stige eller falde?	15
2.4 Værdien af materialerne i elektronikaffaldet.....	18
2.5 Mulige indsatsområder.....	22
3. De danske aktører og deres styrker	23
3.1 Elektronikproducenterne	23
3.2 Genvindingsindustrien	24
3.3 Teknologileverandørerne	27
3.4 Videnleverandører	29
4. De markedsræssige vilkår – konkurrenter og samarbejder.....	30
5. Ny teknologi til sortering og behandling af elektronikaffald	32
6. Forretningsmuligheder.....	35
6.1 Baggrund for de udvalgte forretningsområder.....	36
6.2 Mulighed #1: Grovsortering af WEEE-produkter	39
6.3 Mulighed #2: Demontering af fraktioner	43
6.4 Mulighed #3: Udtagning af materialefraktion	46
6.5 Diskussion af de tre forretningsmuligheder	48
Referencer	53
Bilag 1: Samlet liste over forretningsmuligheder	54

Konklusion og sammenfatning

Den globale kamp om ressourcer skærpes med øget globalisering af handlen og vækst i BRIK-landene. Opmærksomheden er især på sjældne og kritiske metaller, som ikke findes naturligt i Europa. Der er samfundsinteresse i hele Europa omkring disse metaller. Det skyldes, at de på den ene side spiller en afgørende rolle inden for fx informationsteknologi. Og på den anden side er mængderne begrænsede, og der er stort set ikke naturlige europæiske forekomster. Kina og lande uden for Europa har monopol på de fleste af materialerne. Materialerne findes i Europa i elektronikprodukter, og det har sat ”urban mining” og genanvendelse af elektronikaffald højt på agendaen i Europa.

Udvinning af ressourcer af elektronikaffald foregår allerede i dag, men med metoder, hvor kostbare eller kritiske metaller går tabt i processen, når metallerne i sidste instans udvindes på de store europæiske smelterier. Værdierne kan hentes i demonterings- og forbehandlingsprocesserne, hvis renheden af de enkelte fraktioner kan øges. Demonteringen handler om at få adskilt og sorteret produkterne, og den anvendte teknik afhænger som regel af prisen på arbejdskraft. Forbehandlingen herefter omfatter en lang række teknologiske og manuelle funktioner, hvor affaldsfraktionerne adskilles.

Virksomheder, som har teknologi til kosteffektivt at skabe fraktioner af høj kvalitet, vil have en konkurrencefordel. Kosteffektiviteten kan fx opnås ved at kunne behandle store mængder, ved at kunne udnytte elektronikaffaldet effektivt og ved at skabe rene fraktioner.

I forprojektet blev det konkluderet, at ”*Danmark har et potentiale for udvikling af teknologi til genkendelse/identifikation, adskillelse, finsortering og udsortering, som er elementer i processer for genanvendelse af ressourcer fra elektronikaffald. Det er områder, hvor Danmark inden for andre sektorer allerede har en styrkeposition. Der ligger derfor uopdyrkede markedsmuligheder i forhold til genvinding af ressourcer fra elektronikaffald. Dels ved overførsel og tilpasning af eksisterende teknologi, dels ved udnyttelse af de danske kompetencer til udvikling af ny teknologi*” (Hansen, 2013).

Hovedformålet med nærværende projekt har været at *identificere nye forretningsmuligheder* i behandlingen af elektronikaffald. Nøgleaktørerne i ”den gyldne trekant” af elektronikproducenter, affaldsbehandlere og teknologileverandører har været inddraget i dette arbejde på en række workshops.

Som led i arbejdet er det værdimæssige potentiale i elektronikaffaldet gjort op, aktørerne og markedet for elektronikaffald er kortlagt i både Danmark og udlandet, og teknologiudviklingen er scannet for at identificere eventuelle danske styrker.

Værdierne. Det er ikke uvæsentlige værdier, der kan hentes ved behandling af elektronikaffald. Og der kan være et potentiale i, at en større andel af elektronikaffaldet behandles i Danmark. Alt i alt skønner Teknologisk Institut, at der for IT- og teleudstyr er materialer til en værdi af 504 millioner årligt, og for forbrugerudstyr er det 297 millioner kroner årligt inklusive plast, jern og aluminium. Det er de kategorier af elektronikaffald, som indeholder de fleste værdier. Den samlede værdi af de kritiske metaller estimeres til 394 millioner kroner for IT- og teleudstyr og for forbrugerudstyr 131 millioner kroner. Det er vurderet at hovedparten af de markedsførte produkter ender i affald som indsamles baseret på data fra DPAs statistikker. Således er de nævnte værdier tilgængelige for

genvindingsindustrien. Med de nuværende teknologier er der et væsentligt materialetab, og ikke alle værdierne og alle materialerne kan genindvindes. I rapporten opstilles scenarier for forskellige udnyttelsesprocenter således, at den realiserbare værdi af kritiske materialer for IT- og teledstyr alene udgør 73-162 millioner kroner årligt. For forbrugerelektronik udgør værdien 16-46 millioner kroner årligt. Den realiserbare værdi af de kritiske materialer er estimeret ud fra de tab der vurderes at findes både ved den danske forbehandling af materialerne, samt tabet i udenlandske smelteværker. Ved udvikling af nye behandlingsmetoder kan disse ressourcer således udnyttes.

Der findes desværre ikke endegyldige svar på, om priserne vil stige eller falde på materialerne. For investorer vil det altid være en risiko, at de produkter, man investerer i at udvikle, risikerer at falde i pris over tid – og en mulighed, at priserne stiger. Den stigende efterspørgsel, som forventes i de kommende år, kunne betyde højere priser, men kan også resultere i et tilsvarende større udbud af materialer. Der er ingen, der forudser faldende priser.

Producenterne. Værdierne sidder i de produkter, som producenter og importører af elektronik og elektriske produkter hvert år sender på markedet. I Danmark er der i alt registreret 1575 producenter og importører. Producenterne er ikke blevet kontaktet direkte i denne undersøgelse og har kun i begrænset omfang deltaget i de løbende workshops, som er afholdt i forbindelse med projektet. Den lave deltagelse kan skyldes, at producenter og importører sandsynligvis kun i meget begrænset omfang har fordel af at deltage. Der kan være flere forklaringer på, at producenter og importører har begrænset fordel. En hovedforklaring kan være, at langt de fleste virksomheder er importerende virksomheder, og en del af producenterne er en del af internationale værdikæder. Det vil sige, at informationer og krav skal igennem en kompleks rejse fra underleverandører i mange lande, gennem distributionsled, produktioner og pakninger for i slutningen af produktets levetid at nå frem til genvindingsindustrien. Selv for danske producenter vil situationen typisk være, at komponenter er importeret fra udlandet. I kombination hermed kan en yderligere forklaring være, at kollektivordningerne¹, som effektivt løser lovkravet til virksomheder om behandling af elektronikaffald, måske reducerer producenternes og grossisterens incitament til at gå ind i fx genanvendelsesvenligt produktdesign. Desuden er der i høj grad tale om produkter, hvor design, funktionalitet og indhold af elektronik udskiftes i høj hastighed.

I Danmark er der registreret 158 producenter med mere end 100 medarbejdere, og for disse virksomheder kan der, især hvis markedet primært er dansk, være et potentiale i at etablere business-to-business-aftaler med affaldsbehandlere og elektronikproducent om at tage produkter eller dele af produkter tilbage direkte. Behandling af elektronikaffald er producenternes og importørernes ansvar. En mulighed er, at uddelegere ansvaret for indsamling og behandling af elektronikaffaldet uddelegeret til kollektive ordninger, som varetager ansvaret, og gebyret opkræves hos forbrugerne. Ordningerne bruges blandt andet i Danmark, som har nogle af Europas mest effektive indsamlingsordninger, men betyder også, at producenter og importørers incitament til yderligere at effektivisere genanvendelsen af materialerne er reduceret. I det omfang producenterne er afhængige af adgangen til materialer, og genindvindingen i betydelig grad kan øge forsyningsikkerhed og økonomisk gevinst, kan der være interesse hos producenterne.

Genvindingsindustrien er den gruppe aktører, som står nærmest til direkte at kunne få en gevinst ved at lave en bedre genindvinding af materialer. Det internationale markedsanalysebureau Frost & Sullivan vurderer, at Skandinavien har den mest effektive indsamling af elektronikaffald, og at omkostningerne ved indsamling vil falde. Både det Skandinaviske og det danske marked dækkes

¹ Alle producenter, importører og distributører af elektronik og elektriske produkter er forpligtet og ansvarlige for indsamling og bortskaffelse af produkterne. Virksomhederne har ansvar for at organisere og finansiere bortskaffelsen af affaldet. Det er muligt for den enkelte virksomhed at løfte dette ansvar individuelt, men det er administrativt og økonomisk en belastning for den enkelte virksomhed, og derfor har de fleste med produktansvar tilmeldt sig en kollektivordning. En kollektiv ordning er en privat, kommerciel virksomhed, som mod betaling håndterer nogle af de administrative og praktiske opgaver forbundet med producentansvaret for producenterne. Det er dog stadig producenten selv, der har det overordnede ansvar. Kollektiv ordninger skal være tilmeldt DPA-system. I Danmark er der pt 5 kollektivordninger: Elretur, ERP Denmark, LWF, RENE AG, Returbat.

af relativt få aktører, hvor de dominerende selskaber er svenske Stena² og finske Kuusakosky Oy (som ejer Averhoff A/S). I Danmark bearbejder Averhoff A/S, DCR Miljø A/S og DanWEEE Recycling A/S elektronikaffaldet og sælger fraktioner. De øvrige indsamler og sorterer. Det sorterede affald sælges herefter eller behandles på selskabernes egne tyske, polske eller svenske anlæg (fx Stena eller Uniscrap). Der findes ikke talmateriale til at kunne opgøre markedsandele eller til præcist at kunne følge elektronikaffaldets vej fra indsamling til genindvinding. Det er oplysninger, som virksomhederne beskytter af konkurrencemæssige hensyn.

Fra et virksomhedsperspektiv er specialiseringen i form af indsamling eller sortering rationel, især hvis man som Stena eller Uniscrap har egnede specialiserede behandlingsanlæg tæt på Danmark i fx Sverige, Tyskland eller Polen³. Virksomhederne er på et europæisk marked, som Frost & Sullivan forventer vil vokse med mere end 4 procent årligt til en værdi på omkring 2 milliarder dollars i 2020. Der er ikke tvivl om, at der er gevinster og markedsandele at hente for de virksomheder, som kan levere så rene affaldsfraktioner som muligt. Det betyder, at virksomheder, som specialiserer sig, eller virksomheder, som slår kræfterne sammen med internationale partnere, alt andet lige står stærkere i konkurrencen. Det er med andre ord ikke givet, at Danmark er det oplagte valg for alle virksomheder at placere anlæg til behandling af elektronikaffald i.

Teknologileverandørerne. Danske teknologileverandører sælger og tilpasser kombinationer af teknologi som fx robotarme kombineret med visionsteknologi og sorteringsanlæg. Innovationskraft er ikke kun at opfinde og patentere teknologi. Det er innovativt at skabe nye løsninger af kombinationer af teknologier som fx robotter og visionsteknologi. Der er ikke tvivl om innovationskraften hos de danske teknologileverandører. Innovationskraften for de danske virksomheder ligger i kombinationen af teknologierne og ikke i udviklingen af nye teknologier. Der er i hvert fald meget få danske virksomheder at spore i den internationale forskningslitteratur og i internationale patentdatabaser. I nogen sammenhænge kan patenter og rettighedsbeskyttelse betyde, at nye teknologier ikke er tilgængelige for en leverandør. Men ofte kan der købes licenser eller teknologi. Danske virksomheder er derfor ikke nødvendigvis udelukket fra at byde ind med innovative løsninger.

Den danske styrkeposition er således ikke omkring en bestemt teknologi, men rettere evnen til at kombinere og tilpasse eksisterende teknologier til unikke løsninger. De danske teknologileverandører har – som mange af de europæiske leverandører – en innovationsfordel i at være helt fremme på markedet og skabe præcis de skræddersyede løsninger, deres kunder har brug for. De stærkeste europæiske kompetencer ser især ud til at befinde sig i et langstrakt bælte langs Rhinen fra Sydtyskland til Benelux. Her er der både kompetence- og udviklingskraft at samarbejde sig til for de danske teknologileverandører. De danske teknologileverandører har den erfaring eller styrkeposition der gør, at de klarer sig i Europas mest effektive økonomier. Selv i de mest innovative tilpassede løsninger indgår der teknologi, og da teknologien primært udvikles i udlandet, er det væsentligt for de virksomheder som lever af at kombinere og tilpasse teknologier at følge med her. I et marked for elektronikaffald, som i Europa forventes at stige med 4 procent per år til omkring 2 milliarder dollars i 2020, og hvor især Tyskland forventes at investere, kan der være solide forretningsmuligheder for danske teknologileverandører, som lykkes med at udvikle, tilpasse og kombinere teknologier til effektive løsninger for genvindingsindustrien. Selvom løsningerne udvikles i en dansk kontekst er markedsperspektivet europæisk, hvis ikke globalt.

Forretningsmuligheder. Forretningsmulighederne er især fundet hos genvindingsindustrien og hos teknologileverandørerne. Indsamling af elektronikaffald effektiviseres til stadighed i hele

² Koncernen hedder Stena Metall A/S. Stena Technoworld er den del af virksomheden som håndterer elektronik affald, dog med undtagelse af Store husholdnings apparater, som håndteres af Stena Recycling. Stena Recycling behandler jern og metaller, pap, papir og plast, miljø farligt affald og øvrigt virksomheds affald. WEEE som modtages af Stena Recycling sendes videre til Stena Technoworld, ligeledes til oparbejdning på anlæg i Tyskland og Sverige. I resten af rapporten refereres der til virksomheden som Stena.

³ Stena behandler ikke WEEE i Polen

Europa. Det er et område med stor samfundsmæssig fokus, og de materialer, der udvindes, har høj værdi. Den store vækst på markedet er interessant for genvindingsindustrien, som ved effektivisering, specialisering og internationale samarbejder kan blive stadigt mere produktive. For teknologileverandørerne er vækst hos dem, der aftager teknologien, i sig selv en forretningsmulighed. I september 2014 blev der afholdt en workshop, hvor alle aktører i ”den gyldne trekant” var inviteret. Ud over forretningsmuligheder, der blev diskuteret åbent på dagen, blev der også – parterne imellem – identificeret 10 forskellige mulige samarbejdsprojekter. Af konkurrencemæssige hensyn ønskede parterne ikke offentlighed omkring deres projekter. Men en opfølgning på de forskellige projektideer har vist, at fem af ideerne forsat er ved at blive udviklet. Og enkelte er allerede ved at finde midler til opstart af projekterne.

Den gennemførte analyse og workshoppen har ført til udvælgelse af tre forretningsmuligheder, som tager afsæt i de styrkepositioner, som allerede findes i Danmark.

Hvis den traditionelle tilgang skal ændres, vil det være en fordel at sortere materialerne på et tidligere tidspunkt, hvor de stadig er genkendelige ud fra andre sorteringsmetoder. Det vil derved være muligt at kunne genkende fx printkort, tantal-kondensatorer, diverse IC'er, baggrundslens, knapcelle etc. Dette kræver igen en demontering af WEEE-produkterne, som i dag stort set alene udføres manuelt – når det sker. For at kunne udføre en demontering økonomisk rentabelt vil det kræve en høj grad af automatisering. Når der i dag ikke allerede findes løsninger på markedet, skyldes det formodentlig, at fokus hovedsageligt har været på at løfte området fra ingen indvinding til en rimelig mængde i fx kobbersmelteovne ud fra findelte fraktioner. For at denne nye demontering har en chance for realisering er det nødvendigt, at behandlerne har mulighed for at arbejde med ens produktfraktioner. For at se på muligheder i et sådan forløb er der derfor blevet udvalgt tre forretningsmuligheder, der udgør en sammenhængende kæde.

Startende med en grovsortering af de enkelte WEEE-produkter, efterfulgt af adskillelsesmuligheder for at kunne udtage delelementer og endelig en finsorteringsproces, hvor enkelte materialefraktioner frasorteres. Forretningsmuligheder, der kan laves enkeltvis, men som også i samlet form kan give en helt unik dansk styrkeposition, hvis de kombineres.

Der er store udgifter forbundet med at opbygge automatiseringsanlæg, da de indsamlede WEEE-produkter er meget forskellige. Med den hastige udvikling inden for vision og robotteknologi er der dog meget, der tyder på, at investeringer i 2-3 millioner kr. størrelsesordenen kan give en langt højere grad af adskillelses- og sorteringsmuligheder, end der findes i dag. Med de beregnede mængder af materialer, der kan hentes ud, er der rigtigt gode muligheder for økonomisk og samfundsmæssige vellykkede forretningsmuligheder.

Implementering af nedenstående tre forretningsmuligheder har en vis sammenhæng, hvilket kan give en synergieffekt:

1. **Grovsortering** af WEEE-produkter i grupper som: desktopcomputer, notebook, mobiltelefon, stereoanlæg, ghettoblaster, fladskærm, etc. Centralisering af sorteringsprocessen med udnyttelse af automatisering, lagerhoteller og it. Anlægget er i sig selv en forretningsmulighed og ville øge mulighederne for specialisering i behandling af særlige fraktioner. En realisering vil udfordre de virksomheder, som allerede i dag har etableret en forretning baseret på indsamling, sortering og eksport af elektronikaffald. Samtidigt ville adgangen til sorterede affaldsfraktioner forbedres for virksomheder, der investerer i specialiserede behandlinger. Det er desuden en forretningsmulighed for de virksomheder, som kan designe et sådant anlæg.
2. **Demontering** af fraktioner. Adskillelse af notebook, telefoner, fladskærme etc. i dele som PCB'er, større IC'er, metal og plastdele, glas etc. foregår i dag. Forretningsmuligheden består i en automatisering, som i sig selv forudsætter grovsortering som fx ved mulighed #1 ovenfor. Samt en teknologi-eksport-forretningsmulighed for teknologileverandørerne.

3. **Udtagning** af materialefraktion: her ses på muligheden for at udtage tantalkondensatorer, som i dag forsvinder i jern- eller kobbersmelterier. Det kræver, at elektronikaffaldet er demonteret, så det kan lade sig gøre – fx som i mulighed #2 ovenfor. Forretningsmuligheden består i målrettet at udtage særligt værdifulde komponenter automatisk og herved indhøste værdierne i de materialer, som i dag går til spilde. Desuden en teknologi-eksport-forretningsmulighed for teknologileverandørerne.

I analysen er forretningsmulighederne skitseret med de nøgletal, der er tilgængelige. De involverede virksomheder er på konkurrenceprægede markeder, og det er ikke altid muligt at komme "helt ind til benet". Det gælder både med hensyn til specifikke priser på genindvundne materialer, de anvendte teknologier, forretningsmodeller og aftagerne af materialet. De forretningsmuligheder, vi her fremlægger, bygger på de informationer, der er offentligt tilgængelige og kan inspirere aktørerne til at gå videre. I sidste ende er det derfor op til teknologileverandørerne og affaldsbehandlerne at lægge de sidste brikker i regnestykkerne ud fra den virkelighed, som kun de kender. Ambitionen her har været at give inspiration og forslag, mens de, der i sidste ende skal foretage investeringerne, skal lave deres egne beregninger og forhåbentlig høste en økonomisk gevinst. For at sikre en mulighed for, at de beskrevne forretningsmuligheder reelt vil kunne give et løft, har de været diskuteret. Først i dele på workshoppen og senere direkte med de enkelte aktører. Mulighederne #2 og #3 har generelt mødt stor accept og interesse. Derudover har teknologivirksomheder og forskningsinstitutioner tidligere ledt efter dokumentation for, at der reelt var værdi i projekter inden for området, således at der kunne søges midler til pilotprojekter. De har derfor vist stor interesse for rapporten, hvis den kunne bruges som dokumentation for de mulige værdier, der kan hentes ved projekter indenfor området. Visse affaldsbehandlere er allerede selv i gang med mindre projekter i forsøget på at arbejde sig hen imod mere automatisering. Mulighed #1 er blevet mødt med mere blandede tilkendegivelser fra de adspurgte affaldsbehandlere. Der er en accept af nødvendigheden af en bedre grovsortering, men uenighed om hvor og hvordan, det skal foregå. Nogle affaldsbehandlere tjener i dag penge på selv at lave denne grovsortering, og andre ser hele branchen som så adskilt at et sådant samarbejde vil være stort set umuligt.

For alle tre forretningsmuligheder gælder, at danske teknologileverandører kan udvikle målrettede teknologier og indhøste erfaringer, som kan anvendes på et internationalt marked i vækst. Frost & Sullivan (Frost & Sullivan, 2013) forudser allerede i dag, at markedet er i vækst, at indsamlingen effektiviseres, og at der investeres i automatisering af forarbejdningen. Det kræver aktiv deltagelse og innovation at være en del af det marked. Grundet store europæiske aktører i vores nabolande sker der allerede i dag en eksport af indsamlet WEEE-affald fra Danmark, hvorved arbejdspladser og værdier flyttes ud af landet. Det er en trafik, som kan forventes at stige, hvis ikke specialiserede behandlinger kan foretages konkurrencedygtigt i Danmark. Der er klart attraktive muligheder, men det er ikke et marked, danske teknologileverandører har for sig selv. Der er teknologi og knowhow internt hos de store internationale genindvindere, og i landene rundt om Danmark er der tilsvarende stor ekspertise i at udnytte teknologi til automatisering som der skal konkurreres op imod.

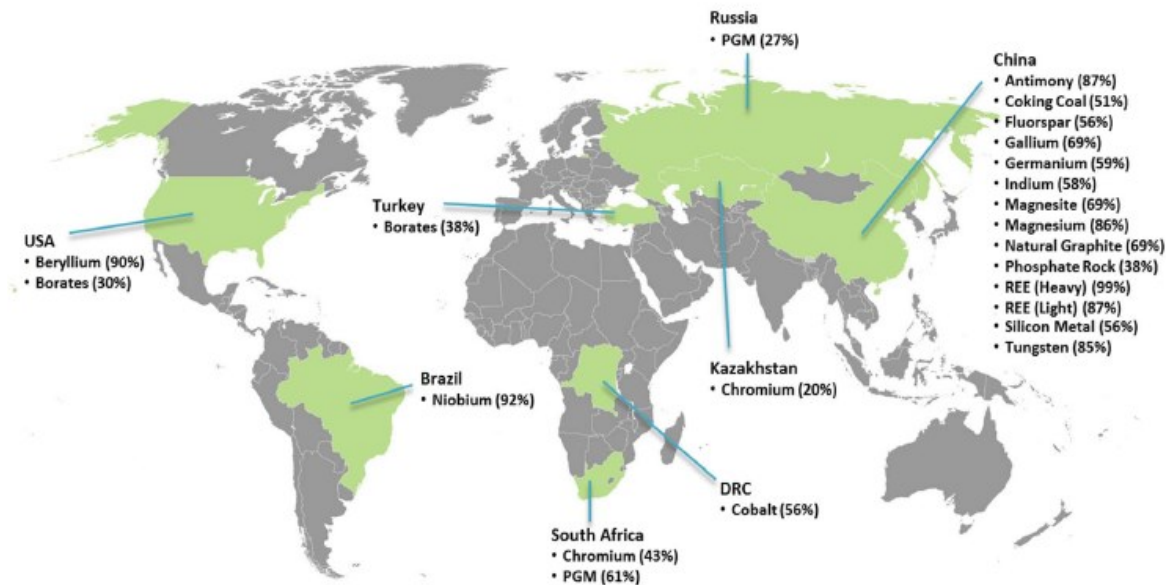
1. Indledning

I takt med BRIK-landenes økonomiske vækst skærpes opmærksomheden på adgangen til ressourcer. De naturlige ressourcer er koncentreret i få lande. EU-Kommissionen er opmærksom på den begrænsede adgang til ressourcer for europæisk industri og på den trussel, som mangel på ressourcer kan udgøre for vækst og velstand i Europa. Der er gennemført en række studier, som også Teknologisk Institut har ledet eller været en del af.

Den samfundsmæssige interesse i genanvendelsen ligger – ud over en forsvarlig bortskaffelse og en høj genanvendelse af materialerne – i særlig grad omkring de kritiske metaller, som er udpeget af EU-Kommissionen i 2010 – Critical Raw Materials (EU-Kommissionen, 2010). Disse er fx: galium, indium, germanium, neodymium, platin, tantal, sølv, kobolt, palladium, titanium og kobber, og dertil kommer sjældne jordarter som fx niobium eller beryllium⁴.

Der er interesse i hele Europa omkring disse metaller, fordi de på den ene side spiller en afgørende rolle for fx informationsteknologi, og fordi mængderne på den anden side er begrænsede. Og der er stort set ikke naturlige europæiske forekomster. Kina og lande uden for Europa har monopol på de fleste af materialerne.

BILLEDE 1 OVERSIGT OVER DE NATURLIGE FOREKOMSTER AF KRITISKE RÅMATERIALER



KILDE: FRA EU-KOMMISSIONENS HJEMMESIDE

⁴ For en komplet oversigt, se EU-Kommissionens hjemmeside på http://ec.europa.eu/enterprise/policies/raw-materials/critical/index_en.htm. I maj 2014 har Kommissionen revideret vurderingen fra 2010. Det betyder, at nye kritiske metaller er tilføjet listen – og at tantal ikke længere anses som kritisk – blandt andet fordi der er god produktion i både DR Congo, Brasilien og i Australien (EU-Kommissionen, 2014).

De kritiske råmaterialer er dyre at udvinde særskilt og kommer som regel som biprodukter af anden minedrift. Materialerne havner i Europa i den importerede elektronik eller som råvarer hos europæiske elektronikproducenter. Og derfor kan udvinding af materialerne med fordel ske gennem elektronikaffaldet – også kendt som ”urban mining”.

De kritiske metaller og sjældne jordarter er vanskelige at få udvundet af elektronikaffald, og undersøgelser (Danish Technological Institute, Ecorys, CRI, 2013) peger på, at en af forudsætningerne for en øget genindvinding er en mere forfinet forbehandling af elektronikaffaldet.

Udvinding af kritiske metaller og sjældne jordarter fra elektronikaffald er ikke nogen enkel opgave, da elektronikkomponenternes sammensætning af disse er forskellig fra komponent til komponent. Desuden udvikles og udskiftes produkter – som fx computere og mobiltelefoner – i hastigt tempo. Det gør det vanskeligt for genindvinderne at følge med i, hvordan produkterne bedst adskilles, og hvor værdierne findes. Opgaven kompliceres yderligere af, at komponenterne ofte er produceret i Asien, og at indholdet af metaller og jordarter ikke er dokumenteret. Det gør det vanskeligt at vide, hvad man skal lede efter.

En del af de kritiske ressourcer kan dog findes i enkeltdele, som er genkendelige og principielt kan udtages til genanvendelse manuelt. Eksempler er niodynummagneter, som især findes i harddiske, mikrofoner og højttalere. For disse produkttyper eksisterer der et potentiale for udvikling af udstyr, som primært kan udtage relevante komponenter maskinelt. Senere vil de – via separationsudstyr – kunne oparbejde/adskille de udtagne komponenter til niodynumkoncentrater, der kan afsættes kommercielt.

1.1 Et kort rids af indsamlingen af elektronikaffald i Danmark

Elektronikaffald indsamles i flere fraktioner. Enten via transportbure i de kollektive ordninger eller direkte fra større virksomheder, der har etableret individuelle ordninger. Afhængigt af typen af elektronik vil der i denne proces foregå en vis manuel demontage inden videre behandling. Det kan fx være separation af en skærmdel og et batteri i en bærbar computer, aftapning af olie med eventuelle CFC-gasser fra kølekredsløbet i fryserne og køleskabe, udtagning af selve køleskabs-/fryserkompressoren og evt. udtagning af miljøfarlige dele som gamle kviksølvkontakter.

Teknologiudviklingen ved de danske oparbejdere har historisk – ligesom i udlandet – været, at der er blevet opbygget flere mekaniske forsøringsanlæg. Disse anlæg neddelte WEEE-produkter og fraseparerer jern, aluminium m.m. I anlæggene kan fx indgå manuelle sorteringstrin, som fisker klumper af kobberledninger og PCB ud. Der findes en del teknologiudstyr på markedet, som kan forbedre udvindingen. Men rentabiliteten af en sådan investering er afhængig af, om udstyret kan udnyttes med fuld kapacitet. Et eksempel på sådant er udstyr til fraseparation af printkort, som genkender print ved brug af farve/NIR og metalsensorer og herefter skyder dem ud af en materialestrøm med trykluft.

Der kan herefter være forskelligt fokus i de danske oparbejdningsselskaber med henblik på separation af de værdifulde komponenter inden en eventuel slutbehandling ved shredding⁵. Typisk udtages meget værdifulde printkort med meget guld fra fx servere, telefoncentraler og lignende, da man får en langt højere pris for dem, hvis de afsættes separat til de udenlandske smelteværker, end hvis de blandes sammen med print med en lav koncentration af ædelmetaller.

Printkort og kobber afsættes til udenlandske virksomheder som Umicore Group i Belgien, Boliden AB i Sverige og Aurubis AG i Tyskland, mens aluminium og jern afsættes til udenlandske

⁵ En shredder river materialet i mindre stykker. En flishakker er fx en shredder, der river buske og kvas til flis.

smelteværker for dette. Plastdele sorteret i polymertype kan også afsættes til oparbejdere af plast (eksempelvis kabinetdele af plast med påtrykt polymertype). Danske oparbejdere af elektronikaffald er således afhængige af at kunne producere materialer, der overholder de modtagekrav, der stilles af smelteværkerne. Salgsprisen afregnes ud fra kontrolanalyser, som foretages på fraktioner, der sælges til værkerne. De udenlandske kobberbaserede smelteværker udvinder – ud over kobber – en række ædelmetaller samt de grundstoffer, hvor det vurderes rentabelt at etablere teknologien for separation⁶.

1.2 Nye forretningsmuligheder i elektronikaffald?

DAKOFA gennemførte i 2013 et forprojekt⁷ for Miljøstyrelsen, som konkluderede, at ”Danmark har et potentiale for udvikling af teknologi til genkendelse/identifikation, adskillelse, finsortering og udsortering, som er elementer i processer for genanvendelse af ressourcer fra elektronikaffald. Det er områder, hvor Danmark inden for andre sektorer allerede har en styrkeposition. Der ligger derfor uopdyrkede markedsmuligheder i forhold til genvinding af ressourcer fra elektronikaffald, dels ved overførsel og tilpasning af eksisterende teknologi, og dels ved udnyttelse af de danske kompetencer til udvikling af ny teknologi” (Hansen, 2013).

De relevante parter, som i Danmark kan være involveret i det arbejde, blev i forprojektet identificeret som ”Den Gyldne Trekant” af aktører: Genanvendelsesindustrien, elektronikproducenter og teknologiudviklere.

Miljøstyrelsen har inviteret parterne i ”Den Gyldne Trekant” til at deltage i et strategisk partnerskab med det formål at arbejde med forretningsudvikling af behandlingen af elektronikaffald.

Nærværende projekt har fulgt op på forprojektet og tilvejebragt ny viden, som parterne i ”Den Gyldne Trekant” kan arbejde videre med. Formålet med projektet har været at tilvejebringe den nødvendige viden for, at parter i det strategiske samarbejde kan identificere forretningsmuligheder og potentialer for udvikling/tilpasning af teknologiske løsninger til genanvendelse af elektronikaffald (kritiske metaller og sjældne jordarter):

- Synliggøre forretningspotentialerne ved genvinding af kritiske ressourcer i elektronikaffald over for de tre hovedaktører i ”Den Gyldne Trekant” med fokus på værditilvæksten ved sortering og forbehandling.
- Synliggøre nye muligheder for forretningsudvikling inden for overførsel/udvikling af teknologi til forædling (sortering og forbehandling) af elektronikaffald over for danske virksomheder.
- Udgøre grundlaget for at identificere de mest oplagte strategiske indsatsområder for Danmark og danne grundlag for en national innovationsstrategi for genanvendelse af elektronikaffald.
- Sikre et fælles og fagligt højt vidensgrundlag for aktører i det strategiske samarbejde.

Projektet er gennemført af Teknologisk Institut i perioden fra april til oktober 2014 i et samarbejde mellem Center for Analyse og Erhvervsfremme, Center for Ide og Vækst samt Center for Kemi og Bioteknik. Sekretariatet for partnerskabet er DAKOFA, og i løbet af projektet har både DAKOFA og det strategiske partnerskab været aktivt involveret på tre workshops i maj, juni og august 2014 på Teknologisk Institut i både Aarhus og Høje Taastrup. I den forbindelse har der været virksomhedsbesøg på elektronikaffaldsanlæg hos Averhoff A/S i Aarhus og DanWEEE Recycling A/S i Hedehusene.

⁶ Umicore Group nævner fx på deres hjemmeside, at de udvinder: sølv, guld, platin, palladium, rhodium, iridium, ruthenium, indium, selenium, tellurium, antimony, tin, bismuth, bly, kobber og nikkel.

<http://www.preciousmetals.umicore.com/PMR/AboutUs/>

⁷ Hansen, Jette Bjerre; Anette Braunstein, ”Strategisk samarbejde om genanvendelse af elektronikaffald”, Miljøprojekt nr. 1507, Miljøstyrelsen 2013 (<http://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2014/01/978-87-93026-54-4.pdf>)

Her var alle i det strategiske partnerskab inviteret til at deltage. Der har især været interesse hos genvindingsindustrien og elektronikproducenterne for at deltage i de tre workshops. De tre workshops har givet anledning til aktive diskussioner om de resultater, projektgruppen fandt undervejs, og i særlig grad om forretningsmuligheder.

Indtrykket fra de tre workshops er, at det strategiske partnerskab fungerer godt som et uformelt forum for udveksling af viden og ideer samt opbygning af kontakter mellem aktørerne. De tre workshops og resultater fra nærværende projekt har sandsynligvis givet resultater i form af konkret forretningsudvikling. Projektgruppen har fået fortrolige indikationer på i alt 10 samarbejder mellem virksomheder, der er opstået i forlængelse af de tre workshops. De private parter er således i fuld gang med at udvikle deres forretning.

Projektets resultater præsenteres i denne rapport samt i en engelsksproget bilagsrapport, ”Understanding the playing field for WEEE – values, players, technologies and markets”. Bilagsrapporten kan læses selvstændigt. Denne lille rapport er til videre brug i det strategiske samarbejde og giver et opsummerende blik over projektets hovedresultater under overskrifterne:

- Det værdimæssige potentiale i elektronikaffaldet
- De danske aktører og deres styrker
- Teknologiuudviklingen inden for sortering og behandling af elektronikaffald
- De markedsmæssige vilkår – konkurrenter og samarbejder
- Forretningsmuligheder for danske virksomheder.

2. Det værdimæssige potentiale i elektronikaffaldet

2.1 Indledning – hvor store er værdierne i elektronikaffaldet

Udvinding af ressourcer fra elektronikaffald foregår allerede i dag, men med metoder, hvor kostbare eller kritiske metaller går tabt i processen, når metallerne i sidste instans udvindes på de store europæiske smelterier. Værdierne kan hentes i demonterings- og forbehandlingsprocesserne, hvis renheden af de enkelte fraktioner kan øges. Demonteringen handler om at få adskilt og sorteret produkterne, og den anvendte teknik afhænger som regel af prisen på arbejdskraft. Forbehandlingen herefter omfatter en lang række teknologiske og manuelle funktioner, hvor affaldsfraktionerne adskilles. Virksomheder, som har teknologi til omkostningseffektivt at skabe fraktioner af høj kvalitet, vil have en konkurrencefordel. Omkostningseffektiviteten kan fx opnås ved at kunne behandle store mængder, ved at kunne udnytte elektronikaffaldet effektivt og ved at skabe rene fraktioner.

Hver dansker afleverer årligt 16 – 17 kilo elektronikaffald til genanvendelse, så en finere opdeling i fraktioner vil kræve investeringer i teknologi og anlæg for at kunne håndtere de store mængder affald omkostningseffektivt. Investeringerne skal være rentable for genvindingsindustrien. Investeringerne skal i sidste ende kunne betales af den merværdi fra salg af fraktioner og metaller, som teknologien skaber. Derfor har Teknologisk Institut i den første del af projektet analyseret hvor store værdier, der er i elektronikaffaldet. Metoden har været:

- (1) At skabe overblik over affaldsmængderne i forskellige kategorier af elektronikaffald og i samarbejde med aktørerne i det strategiske samarbejde udpege de elektronikprodukter, som økonomisk set kan have størst betydning – derfor er også plast, jern og aluminiumsfraktioner medtaget i analysen.
- (2) Estimere råvareværdierne.
- (3) Sammenholde værdierne med det materialeindhold, der kan antages at være i de valgte elektronikprodukter. Hvorvidt værdierne kan realiseres, afhænger af effektiviteten af demonterings- og forbehandlingsprocesserne, og derfor er materialeværdierne beregnet i to scenarier: et scenarie med en lav effektivitet i demontering og forbehandling og et scenarie med en høj effektivitet.

2.2 Affaldsmængderne i Danmark

I Danmark udgør de markedsførte mængder af elektronikprodukter ca. 147.000 tons – heraf 120.000 tons til husholdninger og resten til erhverv. På EU-plan blev der ifølge Eurostat markedsført 65 gange så mange produkter (små 10 millioner tons). Elektronikaffaldet kan opdeles i kategorier. I tabellen nedenfor er andelen af hver kategori, som behandles på anlæg i Danmark, beregnet på baggrund af statistik fra DPA-Systemet (DPA: Dansk Producent Ansvar).

TABEL 1 PRODUKTMÆNGDER MARKEDSFØRT I DANMARK I 2010 OPGJORT I TONS EFTER KATEGORI

Kategori	Markedsført 2010 husholdninger + private Tons	Andel behandlet i Danmark af indsamlede mængder 2010 (PCT)
1) Store husholdningsapparater	67.055	93,5
2) Små husholdningsapparater	14.074	77,1
3) It- og teleudstyr	27.165	50,2
4) Forbrugerudstyr	17.760	47,0
5a) Belysningsudstyr armaturer	2.445	100,0
5b) Belysningsudstyr lyskilder	1.598	49,9
6) Elektrisk og elektronisk værktøj	9.251	92,4
7) Legetøj, fritids- og sportsudstyr	4.684	57,5
8) Medicinsk udstyr	1.413	94,3
9) Overvågnings- og reguleringsinstrumenter	1.340	91,0
10) Salgsautomater	772	100,0
Sum	147.557	

KILDE: TABELLEN ER UDARBEJDET AF TEKNOLOGISK INSTITUT EFTER TAL FRA DBA-SYSTEM.

De største kategorier er 1-4, som udgør 85 procent af den samlede mængde markedsførte og derfor forventelig også den indsamlede mængde elektronikaffald i 2010. Det ses af tabellen, at ca. 50 procent eksporteres af kategorierne 3, 4, 5b og 7, mens resten hovedsageligt behandles i Danmark.

Tabellen har været diskuteret med aktørerne i det strategiske samarbejde. Kategorierne 3, 4 og 9 er valgt som fokusområder for projektet. På disse områder er den vægtmæssige elektronikandel af produkterne høj, og der er potentiale for at kunne behandle en endnu større andel af produkter. Det omfatter omkring 37.000 tons elektronikaffald eller omkring en fjerdedel af de markedsførte produkter på det danske marked. Produkterne omfatter fx computere, mobiltelefoner og fladskærmsenheder. Disse kategorier er hele tiden i udvikling. Kategori 9 med overvågnings- og reguleringsinstrumenter er en mængdemæssigt forholdsvis lille gruppe på ca. 1 procent af den totale mængde og bliver for 90 procents vedkommende markedsført til erhverv. Gruppen er medtaget, fordi der i den indgår danske elektronikproducenter af overvågnings- og reguleringsinstrumenter. Ud over produkterne i kategorierne 3 og 4 er det vurderet relevant at medtage nogle produkter i kategori 7, som omfatter legetøj. Produkterne medtages, når de minder om computere – fx spilkonsoller.

For kategorierne 3 og 4 med computerteknologi og fladskærme sker der en hurtig udvikling, hvorfor produkterne har en forholdsvis kort levetid (i internationale undersøgelser er levetiden sat til ca. 4-6 år). Udviklingen omfatter fx, at flere enheder som printere og tilsvarende får indbygget displays, at opløsningen i displays øges, størrelsen øges, den bagvedliggende teknologi ændres (fx i baggrundsbelysningen), eller at der skiftes fra harddiske til flashram som lagermedier. Det er komponenter, som indeholder en række kritiske metaller og sjældne jordarter. Dette giver en udfordring for genindvindingsystemerne både i Danmark og i udlandet, fordi der hele tiden skal ændres og optimeres i genanvendelsesprocesserne for at matche produkterne. Det betyder, at behandlingssystemerne hele tiden halter bagud, og en del af ressourcerne i elektronikaffaldet tabes, fordi forbehandlingsmetoderne ikke er optimeret til de nye produkter.

2.3 Værdien af råvarerne – vil de stige eller falde?

Værdien af råvarerne er interessant, fordi det i sidste ende er den værdi, der afgør, hvorvidt det kan betale sig at udvinde materialerne fra elektronikaffaldet. Det kan kun betale sig, hvis værdien fra salget af de råvarer, der lader sig genindvinde, er højere end omkostningen ved at udvinde dem. Det er den grundlæggende forudsætning, som hér undersøges nærmere.

I den endelige opstilling af en forretningsmodel hører der mere til beregningen af, om det kan betale sig at udvinde materialer fra elektronikaffald. Som fx: Tilbagebetalingstiden på investeringer i anlæg og teknologi, adgangen til og prisen på ”råvarer” i form af elektronikaffald, kvaliteten af ”råvarerne” (fx sorteringsgrad, ændringer i produkterne på markedet), konkurrencesituationen (hvem og hvor mange og hvor henne tilbydes det samme), kundernes substitutionsmuligheder (kan efterspørgslen forsvinde til andre materialer eller virgine råvarer), efterspørgslen hos slutforbrugere (økonomisk udvikling, mode, teknologisk udvikling) og samfundets prioritering (affaldsbehandling, miljø, adgang til ressourcer samt eventuelle støtte- og tilskudsordninger).

Men incitamentet og investeringernes grundlæggende størrelse starter med skøn over den samlede værdi, der kan hentes ud af produkterne. I nedenstående tabel er kilopriser for en række metaller vist. Bemærk guldpriserne, som illustrerer, at det guld, der kan udvindes fra elektronikaffaldet, er en væsentlig komponent i at få økonomien til at hænge sammen.

TABEL 2 PRISER PÅ MATERIALER ER GÆLDENDE FOR PERIODEN 2013-2014

Material	Description	DKK/kg	Material	Description	DKK/kg
	Plastics	15	Nd	Neodymium	507
Fe	Iron	2	Pr	Praseodymium	897
Al	Aluminium	11	Dy	Dysprosium	3245
Pb	Lead	13	In	Indium	4248
Sn	Tin	135	Pt	Platinum	270312
Zn	Zink	11	Y	Ytrium	354
Ba	Barium	825	Gd	Gadolinium	782
Bi	Bismuth	150	Ce	Cerium	71
Sr	Strontium	34	Eu	Europium	6490
Li	Lithium	375	La	Lanthan	60
Cu	Copper	42	Tb	Terbium	5310
Ag	Silver	3794	Te	Tellurium	767
Au	Gold	246600	W	Wolfram	254
Pd	Palladium	151754	Be	Beryllium	6263
Co	Cobalt	182	Ru	Ruthenium	15674
Ga	Galium	1564	Ge	Germanium	9750
Ta	Tantalum	2419			

FE : WWW.METALPRICES.COM PIGIRON AUGUST 2013

AL,PB,SN,ZN,CU ;EWID MAGAZINE APRIL-JULY 2014

BA,SR: WWW.ALIBABA.COM

AG,AU,PD,PT: WWW.MONEX.COM

LI,BE,RU,GE:WWW.METALPRICES.COM MARTS 2013

CO,GA,TA,ND,PR,DY,IN,Y,GD,CE,EU,LA,TB,TE,W:WWW.METAL-PAGES.COM APRIL-OCTOBER 2014

Det store spørgsmål er naturligvis, hvordan priserne vil ændre sig i fremtiden. Det kan være afgørende for økonomien i de investeringer, der skal til. Priserne på råvarerne bestemmes af udbud og efterspørgsel på det globale marked, og de kan følges på fx metalprices.com.

Udbuddet bestemmes af, hvor meget der udvindes i minerne og fra genvindingsindustrien, af omkostningerne ved udvindingen (herunder urban mining) og af, hvor meget materiale der er på lager. Udbuddet kan ændre sig som følge af den teknologiske udvikling (fx hvis teknologierne til genudvinding forbedres), hvis nye miner åbner eller lukker eller ved krige og konflikter verden over. Endelig bestemmes udbuddet af efterspørgslen. Jo stærkere efterspørgsel, jo bedre kan det betale sig at investere i at udvide udbuddet. Eksempelvis forudser Frost & Sullivan, at konkurrencen på markedet frem mod år 2020 vil tilgodese virksomheder, der er effektive og billige i sådan en grad, at omkostningerne ved indsamling og genanvendelse af elektronikaffald vil være faldende (\$43,1 per ton fra 2012 til 2020), mens mængden vil stige tilsvarende. Det giver alt andet lige bedre adgang til ressourcerne.

Efterspørgslen ændrer sig ligeledes løbende og bestemmes af forbrugernes økonomiske evne til at efterspørge nye varer, af den teknologiske udvikling, af omfanget af den globale samhandel, af materialesammensætningen i produkterne samt af substitutionsmuligheder, modefænomener og igen krige og konflikter, som kan åbne eller lukke markeder. Dette for at illustrere vanskelighederne ved at forudsige fremtidige priser. Den økonomiske udvikling i Brasilien, Rusland, Indien og Kina – og på sin vis også i Afrika – betyder, at der opstår mere købedygtige befolkninger, som også vil efterspørge elektronikprodukter. Det vil alt andet lige betyde en stigende efterspørgsel efter materialer – herunder også sjældne og kritiske metaller og jordarter.

Frost & Sullivan forudsiger i deres rapport fra 2014 (Frost & Sullivan, 2013), at priserne nok vil stabilisere sig over de kommende ni år – men også at priserne vil stige på grund af stigende efterspørgsel og høje omkostninger ved minedrift:

”The economic slowdown in Europe is likely to have a negative effect on the WEEE recycling market, as prices of recycled metals and plastics decline. The price of copper declined by nearly \$2,680 per ton between 2010 and 2013. The price of recycled materials also depends on its quality and purity, where inclusions, such as sand, plastics, and other materials, negatively impact prices. Prices of precious materials are expected to stabilize over the next nine years.”*

“[Scarcity of Precious Metals in the World and High Cost of Mining] is likely to have a medium impact on the WEEE recycling market over the next two years, its influence is expected to grow by 2020. It is easier to extract precious materials from WEEE, as compared to mining activities. However, proper handling of WEEE, from an environment and economic perspective, is essential as this waste contains hazardous materials. During the next 6–9 years, the cost of virgin materials is expected to increase, as the environmental, energy, and civil work costs associated with mining are likely to rise. Consequently, the WEEE recycling market is expected to grow as a result of the increased cost of mining” (Frost & Sullivan, European Waste Electrical and Electronics Equipment Recycling Market, August 2013).

EU-Kommissionen har også arbejdet med fremsyn på efterspørgslen efter materialer (Critical Raw Materials for the EU, 2010). Her er den nuværende produktion (2006) sammenstillet med den mængde, som kan forventes fra teknologier, der er på vej i hhv. 2006 og 2030.

TABEL 3 BEHOVET FOR UDVALGTE METALLER FRA NYE (EMERGING) TEKNOLOGIER

Råvarer	Produktion 2006 (t)	Efterspørgsel fra nye teknologier 2006 (t)	Efterspørgsel fra nye teknologier 2030 (t)
Gallium	152	28	603
Indium	581	234	1.911
Germanium	100	28	220
Neodymium	16.800	4.000	27.900
Platin	255	Meget lidt	345
Tantal	1.384	551	1.410
Sølv	19.051	5.342	15.823
Kobolt	16.279	12.820	26.860
Palladium	267	23	77
Titanium	7.211.000	15.397	58.148
Kobber	15.093.000	1.410.000	3.696.070

KILDE: EU-KOMMISSIONEN, 2010.

Tabellen viser, at for gallium, indium, neodymium, tantal samt palladium / platinum forventede EU-Kommissionen i 2010 (EU-Kommissionen, 2010) et øget ressourcetræk ud fra den teknologiske udvikling frem mod år 2030. I vurderingen er EU-Kommissionen konkret med hensyn til hvilke teknologiske udviklinger, der materiale for materiale medfører større efterspørgsel. For Niobium er det teknologier, der kræver mikrokondensatorer og forskellige jernforbindelser, og for kobolt er det lithium-ion-batterier og syntetiske brændstoffer osv.

Et stigende ressourcetræk kan give stigende priser. Men ikke nødvendigvis. Fx blev der i 2012 åbnet amerikansk ejede miner i Thailand (Virksomheden Molycorp, Inc⁸) til brydning af neodymium, hvilket har fået monopolpriserne fra Kina til at falde. I maj 2014 har EU-Kommissionen genvurderet de kritiske metaller, og her er tantal ikke længere på listen over kritiske metaller, fordi der nu også er udvinding i Australien, Brasilien og DR Congo (EU-Kommissionen, 2014). De to eksempler viser, hvor vanskelige forudsigelserne om udbud, efterspørgsel og priser er.

Der findes desværre ikke endegyldige svar på, om priserne vil stige eller falde på materialerne og dermed om værdien af genvindingsindustriens produkter. For investorer vil det altid være en risiko, at de produkter, man investerer i at udvikle, risikerer at falde i pris over tid. Med usikkerhederne omkring efterspørgsel og udbud in mente tegner meget altså til, at priserne kan være stigende i årene fremover.

⁸ <http://www.mining.com/molycorps-rare-earth-reserves-jump-36/>

2.4 Værdien af materialerne i elektronikaffaldet

Værdien af materialerne i elektronikaffaldet er opgjort i en beregning med tre trin:

Trin 1. Opgørelse af kiloprisen per materiale (Se ovenfor).

Trin 2. Opgørelse af materialeindholdet per kilo produkt.

Trin 3. Beregning af mængden af materialer i elektronikaffaldet x med kiloprisen.

I den videre analyse har Teknologisk Institut anvendt analyser fra fx tyske Öko-Institut af materialeindholdet i en lang række produkter i de valgte kategorier for at beregne de samlede værdier.

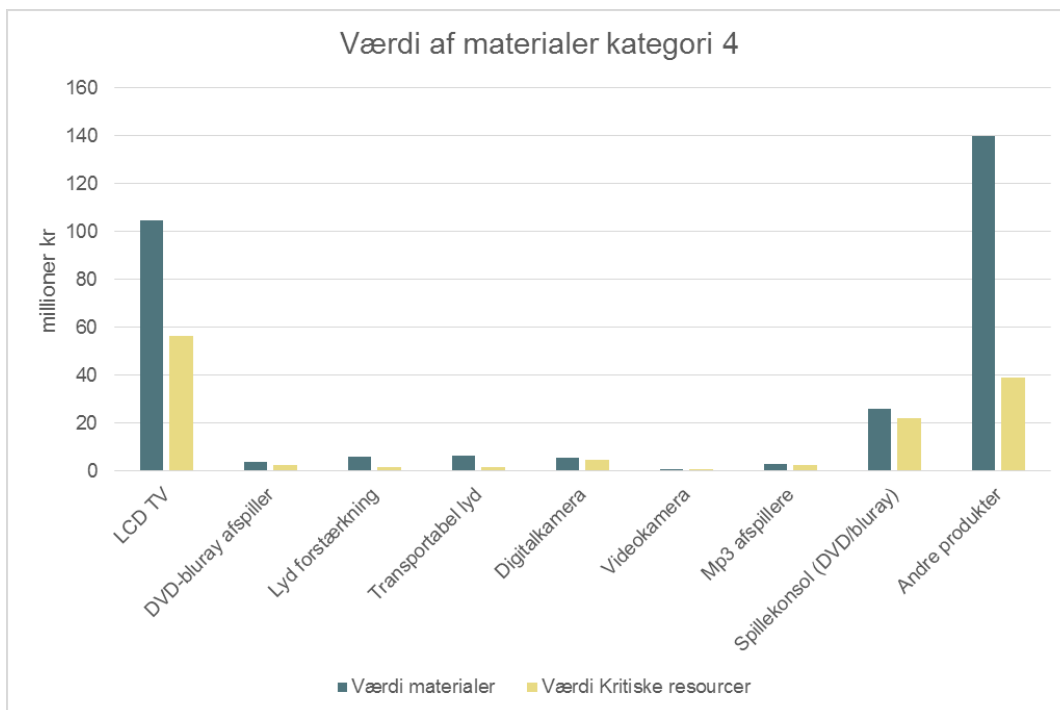
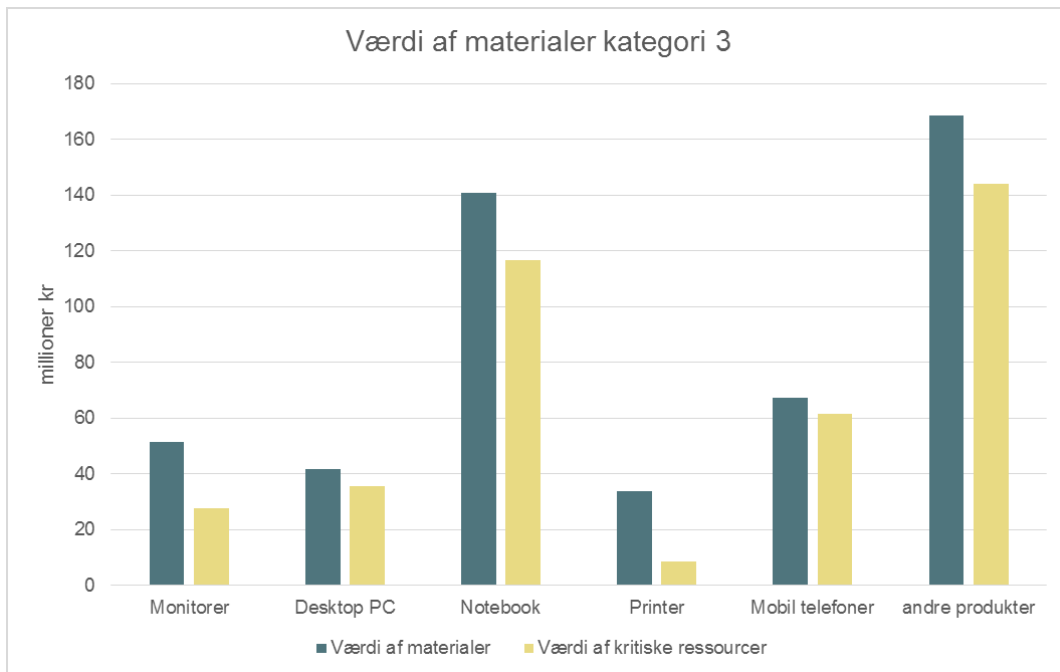
Dernæst er materialeværdierne, som de kunne opgøres på bl.a. metalprices.com i august 2008, blevet anvendt til at beregne værdien af materialerne i produkterne. Eksempelvis kan det beregnes, at et kilo fladskærmsTV indeholder for 15,10 kr. materialer, hvoraf de 8,10 kr. stammer fra kritiske materialer. Guld værdien alene kan opgøres til 38 procent af den samlede værdi – svarende til omkring 5,70 kr.

TABEL 4 VÆRDI AF MATERIALER I TYPISKE PRODUKTER – TANTAL MEDREGNET I KATEGORIEN KRITISKE RESSOURCER

	LCD TV	Monitor	Desktop PC	Notebook	VCR	DVD player	Stereo system	Radio cassette rec	Fax
Alle materialer (DKK/kg produkt)	15,1	15,1	12,7	41,8	10,0	13,5	6,0	11,6	15,2
Kritiske ressourcer (DKK/kg produkt)	8,1	8,1	10,8	34,6	4,1	8,8	1,6	3,2	6,3
Guld værdi (procent)	38,0	38,0	43,8	50,9	8,9	38,4	2,7	5,7	6,9

	Telephone printer	Mobile phone	Digital Camera	Cam-corder	Portable CD player	Portable MD player	Video-game	Game consoles	
Alle materialer (DKK/kg produkt)	15,2	10,9	149,3	63,0	67,0	24,4	67,2	25,6	36,1
Kritiske ressourcer (DKK/kg produkt)	6,0	2,7	136,6	53,7	58,8	12,0	58,6	16,0	30,5
Guld værdi (procent)	0,0	6,4	75,1	61,7	34,6	37,8	54,1	45,6	60,2

Tabellen viser, at værdien af de kritiske ressourcer er meget høj i kompakte, avancerede produkter som mobiltelefoner, digital kameraer, spillekonsoller og notebooks (her 16 – 137 kr./kg). De høje priser forklares især af guldpriserne – mens fladskærme, monitorer, DVD-afspillere og almindelige kontor-PC'er har værdier for omkring 10 kr./kg. For den sidste gruppe kommer værdierne fra andre materialer – typisk plast. I nedenstående figurer er værdien af markedsførte produkter beregnet som værdien per kilo produkt gange den samlede mængde markedsførte produkter på markedet.



Den samlede værdi af de kritiske materialer for kategori 3, IT- og teleudstyr, estimeres på ovenstående baggrund til 394 millioner kroner, og for kategori 4, Forbrugerudstyr, til 131 millioner kroner. For kategori 9, Overvågnings- og reguleringsinstrumenter, kendes sammensætningen ikke, men det vurderes realistisk, at værdien er af samme størrelsesorden som kategori 3 og 4 og således udgør ca. 10 procent af de angivne værdier ud fra en vægtmæssig skalering – dvs. ca. 13-40 millioner kr.⁹ Der er usikkerheder i estimeringen – eksempelvis kendes elektronikindholdet ikke i halvdelen af produkterne, og der er usikkerhed på, om alle elektronikprodukter indgår i

Den samlede materiale-værdi i elektronikaffald for IT- og teleudstyr, forbrugerudstyr og overvågnings- og reguleringsinstrumenter udgør knap **850** millioner kroner per år.

⁹ Mængden for kategori 9 er ikke særskilt beregnet, men mængden udgør 1,2 procent af kat 3 og 4 i 2010 og ca. 6 procent i 2011 og 2012. Hvis man regner med 6 procent og samme værdi som i kat. 3 og 4 er det således <36 millioner i kat.9 Da det er forholdsvis værdifulde produkter, der tæller i kat. 3 og 4, er vurderingen fra Teknologisk Institut, at det ikke bliver meget højere.

opgørelserne fra DPA-systemer. Alligevel er det bemærkelsesværdigt høje værdier, der gemmer sig i elektronikprodukterne, hvoraf en stor del går tabt.

Herudover er der foretaget en estimering af indholdet af konstruktionsmaterialerne plast, jern og aluminium. Medtages disse, er værdien af kategori 3 504 millioner kr. og af kategori 4 297 millioner kr. I livscyklus vil elektronikprodukterne først være tilgængelige for genanvendelse efter endt levetid. Levetiden vil være afhængig af produkttype og kan variere fra 4-5 år og opefter. Hvis man ser på DPA's mængder for indsamlede mængder i kategorierne 3, 4 og 9 i forhold til de markedsførte mængder for årene 2010-2012, indsamles 92 procent af den markedsførte mængde. Herudover ser der ud til ikke at være registreret nævneværdige indsamlede mængder fra erhverv for kategori 3 i forhold til markedsførte mængder. Det vurderes derfor, at der ikke er belæg for at regne med et større tab ved indsamling af kategorierne 3, 4 og 9. Hvis man antager, at der vil være et tab på 10 procent, vil den potentielle værdi således udgøre 90 procent af den markedsførte mængde. Pt. genanvendes kun ca. 50 procent i Danmark, så den mængde, der rådes over i danske genvindingsvirksomheder, er således ca. $50 \cdot 0,9 = 45$ procent af den markedsførte mængde og værdierne i disse.

I det følgende regnes på mængden af markedsførte mængder, som vurderes at være tæt på mængden af indsamlede materialer. Disse mængder vil principielt kunne behandles med nyudviklet dansk teknologi, uanset om behandling foregår i ind- eller udland, såfremt teknologien eksporteres til eventuelle udenlandske behandlere.

De beregnede værdier udgør loftet – den maksimale, teoretiske værdi, der findes i produkterne. Mange faktorer betyder, at ikke alt kan realiseres til de værdier, der findes på metalprices.com. Hvis materialerne eksempelvis skal igennem de europæiske smelterier, er der naturligvis omkostninger til transport og behandling af materialet. Genvindingsindustrien har bedre indblik i afregningspriserne hos smelterierne, end Teknologisk Institut kan få. Men jo tættere på udvinding af de rene materialer og fraktioner, desto bedre priser kan der opnås.

Det afgørende for hvor stor en del af værdierne, der kan realiseres, er genvindingsindustriens formåen omkring indsamling og behandling af elektronikaffaldet. Indsamlingsmetoder og behandlingsmetoder kan gøre en stor forskel. Eksempelvis nævner et studie (Bakas, et al., 2013), at mekanisk bearbejdning af elektronikaffaldet reducerer effektiviteten i genanvendelsen med 60 procent for fladskærme og mobiltelefoner og med op til 72 procent for computere. Der er tale om estimeringer, og de rigtige tal afhænger naturligvis af, hvilke teknologier der anvendes.

Teknologisk Institut har beregnet to scenarier:

I **scenarie 1** forudsættes anvendelse af avanceret teknologi, og at materialetabet ansættes til 5 procent. Det kunne fx være situationen, hvor indsamlingen fungerer perfekt, og hvor de mest værdifulde produkter er frasorteret manuelt. Neodymium i magneterne antages i scenariet at gå til med jernfraktionen, fordi mekaniske anlæg typisk vil have en magnetseparator tidligt i processen, som vil fjerne de kraftige magneter. Endvidere vil de, hvis de er neddelte, have en tendens til at hænge på alle ståldele (Bakas, et al., 2013).

Ikke alle materialer kan genanvendes. I scenarie 1 kan kritiske materialer genanvendes for en værdi på 95 millioner kr. og i scenarie 2 for en værdi på 140 millioner kr.

Den samlede værdi, der kan forventes realiseret af de kritiske materialer i scenarie 1, er 73 millioner kr. for kategori 3 og 16 millioner kr. for kategori 4. For kategori 9 findes der ingen data for sammensætningen, men det vurderes realistisk, at værdien er af samme størrelsesorden som i kategorierne 3 og 4 og således udgør ca. 10 procent af de angivne værdier ud fra en vægtmæssig skalering – dvs. ca. 2-6 millioner kr. Dette svarer til, at de værdier af kritiske ressourcer, der kan forventes hentet ud af elektronikaffaldet, udgør omkring 95 millioner kr. Værdien inkl. konstruktionsmaterialerne plast, jern og aluminium er estimeret til ca. 140 millioner kr.

I **scenarie 2** forudsættes et scenarie med et tab, der nogenlunde svarer til de tab, der er antaget i EU-rapporten (Bakas, et al., 2013) for mekaniske separationsanlæg og for oparbejdning i smelterier. I rapporten er der kun data for bærbare PC'er, desktop-PC'er, LCD TV'er og mobiltelefoner. Derfor antages det, at de produkter, som ikke er nævnt i rapporten, har samme tab som ved PC'er. Den samlede værdi, der kan forventes realiseret af de kritiske materialer i scenarie 2, er 162 millioner kr. for kategori 3 og for kategori 4. For kategori 9 findes der ingen data for sammensætningen, men det vurderes realistisk, at værdien er af samme størrelsesorden som for kategorierne 3 og 4 og således udgør ca. 10 procent af de angivne værdier ud fra en vægtmæssig skalering – dvs. ca. 6-14 millioner kr.

Samlet svarer dette til, at de værdier af kritiske ressourcer, der kan forventes hentet ud af elektronikaffaldet, udgør omkring 220 millioner kr. Værdien inkl. konstruktionsmaterialerne plast, jern og aluminium er estimeret til ca. 280 millioner kr.

TABEL 5 VÆRDI AF MATERIALER I KATEGORIERNE 3, 4 OG 9 (MILLIONER DANSKE KR.)

Selected WEEE Categories			
	Kat. 3 IT og teleudstyr	Kat. 4 Forbrugerudstyr	Kat. 9 Overvågnings- og reguleringsinstrumenter
Materialer i alt (inkl. Plast, jern og aluminium)	504	297	38-42
Værdi af kritiske materialer	394	131	17-33
Scenarie 1 (5 procent tab)			
Værdi af kritiske materialer	73	16	2-6
Scenarie 2 (tab som i EU-rapport)¹⁰			
Værdi af kritiske materialer	162	46	6-14

KILDE: VÆRDIER ESTIMERET AF TEKNOLOGISK INSTITUT

Scenarierne er behæftet med en vis usikkerhed. For det første er det antaget, at mængden af markedsførte produkter er opgivet nogenlunde korrekt af DPA. Og det antages, at de kasserede produkter når retur til genanvendelse i behandlingssystemet. Dette anses sandsynligt baseret på data for indsamlede mængder fra DPA, som diskuteret tidligere. Det vurderes forholdsvis sikkert, at tabet og dermed de uudnyttede ressourcer pt. ligger i en størrelsesorden imellem scenarie 1 og 2. Men det skal påpeges, at der ikke findes data for, hvor meget der genvindes af kritiske ressourcer på de danske anlæg. Der er endvidere en usikkerhed vedrørende fremtidig værdi af ressourcerne grundet mulige udsving i materialepriser – herunder især guld. Scenarie 2 med det forholdsvis store tab vurderes at kunne betragtes som et "worst case"-scenarie, mens det lave tab i scenarie 1 vurderes at være en situation med meget høj brug af selektiv manuel demontage af de mest værdifulde ressourcer (herunder de mest værdifulde printkort) og/eller brug af avanceret teknologi. Der kræves nærmere undersøgelser af tab på de eksisterende anlæg, hvis man vil mere til bunds i dette.

¹⁰ (tabene varierer afhængigt af grundstof men er for ædelmetaller 40% for LCD TV, 28% for PC'er og 39% for mobiltelefoner)

2.5 Mulige indsatsområder

Baseret på ovenstående vurderes, at følgende indsatsområder vil være væsentlige for at få øget udvinding af ressourcer:

- Mindske tab i mekaniske anlæg af printkort og komponenter herfra. Dette har vital betydning for **guld**, som dominerer ressourcepotentialerne i mange produkter. Ud over forbedret teknologi i anlæg kan brugen af robotbaseret identifikation og adskillelse af produkter med særligt værdifulde printkortfraktioner øges. Dette foregår til dels manuelt i dag.
- Udvikling af teknologier til udvinding af **tantal** fra kondensatorer.
- Udvikling af teknologier til udvinding af **neodymium** fra komponenter.
- Udvikling af metoder til udvinding af **ædelmetal** i harddiskplader.
- Mindske eventuelle tab af **kobber** i anlæg.
- Udvikling af nye teknologier til oparbejdning af skærmskoldigt materiale.
- Mindske tab af **sølv**.

Resten af grundstofferne har lavere prioritet ud fra et forretningsmæssigt synspunkt, men kan stadig være af betydning ud fra sjældenhed og forsyningssikkerhed.

3. De danske aktører og deres styrker

I det følgende præsenteres de aktører, som har betydning for udnyttelsen af elektronikaffaldet, og som kan være partnere i fortsat forretningsudvikling. Vi har kortlagt elektronikproducenterne, genvindingsindustrien, teknologileverandørerne og videnleverandørerne. For de enkelte grupper er eventuelle forretningsmuligheder opsummeret. Forretningsmulighederne er identificeret i analyserne eller på de workshops, der er afholdt med parterne i det strategiske samarbejde.

3.1 Elektronikproducenterne

Der er 1575 virksomheder registreret i DPA-registeret. Det er producenter og importører af elektrisk udstyr. Langt hovedparten er grossister og dermed importører af produkter. Det gælder både produkter til erhverv og til husholdninger. Et mindre antal virksomheder er registreret som elektronikproducenter. Det er især producenter af overvågnings- og kontrolinstrumenter.

Langt hovedparten af elektronikproducenterne er små- og mellemstore virksomheder. 158 virksomheder har mere end 100 medarbejdere i Danmark. Ved at være medlem af kollektivordninger opnår producenterne, at der bliver taget hånd om deres ansvar for produkterne, når de bliver til affald. Regningen for medlemskabet kan sendes videre til forbrugerne.

Det betyder, at incitamentet for virksomhederne til at arbejde videre i take-back-ordninger, er reduceret, og at der for alvor skal være en økonomisk gevinst, en leveringssikkerhedsgevinst eller en imagegevinst, før virksomhederne lægger deres fokus her.

Langt den største del af elektronikprodukterne i Danmark er produceret i udlandet. De er ofte produceret af multinationale selskaber, og den primære produktion kan endog ligge længere bagud i værdikæden. Multinationale selskaber er i sagens natur til stede på mange markeder og har et bredt og hurtigt udskiftende produktsortiment. Konsekvensen er, at det er vanskeligt at kommunikere og koordinere tilstrækkeligt til at skabe forretningsmuligheder direkte med producenterne.

En mindre del af de virksomheder, der leverer elektriske produkter på markedet, er danske. Men også for disse er tilfældet, at mange delkomponenter vil være importeret. De fleste er små, men enkelte er større danske virksomheder. Størrelsen har betydning, for de større virksomheder er oftere mere professionelt organiserede og har bedre ressourcer til at indgå i udviklingsarbejder med en lidt længere tidshorisont. De er langt lettere at kommunikere og koordinere med, og der er eksempler på større danske virksomheder, som indgår i take-back-ordninger eller arbejder med et genindvindingsvenligt design af produkterne. Det er med disse større, danskbaserede virksomheder, der kan være muligheder for at skabe forretningsmuligheder direkte mellem elektronikproducenterne og genvindingsindustrien.

Forretningsmuligheder er fx:

- **Take-back.** Take-back-ordninger og samarbejde om mærkning af komponenter mellem større danske virksomheder og genvindingsindustrien er en forretningsmulighed, og den type ordninger eksisterer i dag¹¹. Og der er sikkert også flere, end vi af konkurrencemæssige hensyn får indblik i.
- **Design for re-use.** Systemer, der gør det lettere at skille produkter ad og udskifte dele, og forskellige former for opmærkning og dokumentation af produkter vil øge genanvendelsen. QR-koder på produkter kunne fx give adgang til dokumentation for, hvad der er i, og hvordan det bedst kan udskilles. Det vil sandsynligvis være nødvendigt som minimum at ændre i incitamentsstrukturen i fx kollektivordningerne for at få det i gang.

3.2 Genvindingsindustrien

Genvindingsindustrien i Danmark er i international sammenhæng en meget effektiv industri, når det gælder indsamling af elektronikaffaldet. Analysefirmaet Frost & Sullivan forventer endda, at omkostningerne ved indsamlingen af affald vil falde frem mod 2020 (Frost & Sullivan, 2013). Da råvarepriserne bestemmes på et globalt marked, betyder det for genvindingsindustrien, at der i de kommende år kan være et større råderum til fx investeringer. Frost & Sullivan opgør værdien af det skandinaviske marked til 138,8 millioner dollars i 2012, hvoraf de to ledende virksomheder i Skandinavien repræsenterer 101,3 millioner dollars. Det danske marked er ikke opgjort separat af Frost & Sullivan, men det danske marked kan rundt estimeres til en værdi på 180 millioner kroner¹².

For elektronikaffald er der få virksomheder i Danmark, som kan sortere og forædle elektronikaffaldet. Der er 5-6 betydende virksomheder, der er aktive i Danmark, og to af dem er ejet af store udenlandske aktører.

Tre aktører – Averhoff A/S, DCR Miljø A/S og DanWEEE Recycling A/S – behandler elektronikaffaldet i kategorierne 3, 4 og 9 og sælger fraktioner til fx udenlandske smelterier og andre, der efterspørges affaldsfraktioner eller fungerende komponenter. Det vurderes, at de tre tilsammen håndterer omkring 30.000 tons elektronikaffald årligt.

De øvrige indsamler, sorterer og videresælger eller eksporterer til behandling af elektronikaffald på egne anlæg i fx Sverige, Tyskland eller Polen. Elektronikaffaldet behandles i mindre grad, men fx hårde hvidevarer forbehandles. Der findes ingen smelterier i Danmark. Det er ikke offentligt veldokumenteret, hvem der gør hvad, hvad markedsandelene er og hvilke forretningsmodeller, der gælder for den enkelte virksomhed. Det er forretningshemmeligheder for virksomhederne.

De danske aktører er:

- **Stena** er markedsledende i Skandinavien med 43,4 procent af markedet. I Danmark er navnet Stena. I Danmark er Stena langt den største virksomhed, som i 2011 havde 27 lokationer i Danmark, 450 medarbejdere og en omsætning på 2,3 milliarder. Tallene gælder dog for alle affaldstyper og ikke blot for elektronikaffald. Stena omtaler sig selv som Europas førende inden for behandling af elektronikaffald¹³ med afdelinger for elektronikaffald i Sverige, Danmark, Finland, Polen, Østrig, Tyskland, Tjekkiet, Italien og Rumænien¹⁴. Det indsamlede materiale bliver ifølge Stena primært videreføret i

¹¹ Virksomheden Grundfos har take-back-ordning på cirkulationspumper – se <http://www.grundfos.com/about-us/sustainability-responsibility/Our-performance.html>

¹² Da den danske befolkning udgør omkring 22 procent af den skandinaviske befolkning. Og med en dollarkurs på 0,16 kan markedets størrelse estimeres.

¹³ <http://stenarecycling.dk/Alle-affaldstyper/Elektronik/>

¹⁴ <http://corporate.stenametal.com/Documents/Stena-Metal/Annual-reports/Annual-procent20Report-procent200607.pdf>

Sverige og Tyskland. Virksomheden i Danmark er for elektronikaffald primært til indsamling, dokumentation og transport. Den virksomhedsinterne eksport over grænserne, som i lovens forstand er eksport og kræver tilladelser, gør det vanskeligt at vurdere omfanget af elektronikaffaldsaktiviteten i Danmark.

- **Averhoff A/S**, hvor det finsk ejede **Kuusakoski Oy** ejer 100 procent af Averhoff A/S. Kuusakoski Oy havde en markedsandel på 16 procent i Skandinavien i 2012, 2790 ansatte, en omsætning på 842 millioner euro og afdelinger i Skandinavien, Europa, USA, Rusland, Asien samt i de baltiske og østeuropæiske lande. I 2010 havde Averhoff A/S en omsætning på 40 millioner kroner og behandlede 17.000 tons elektronikaffald i Danmark.

Markedsandelene på det danske marked kendes ikke, men der ingen tvivl om, at Stena og Averhoff har en stor markedsandel i Danmark. Dertil kommer andre danske og udenlandsk ejede virksomheder:

- **DCR Miljø A/S** (Danish Computer Recycling) i Roskilde var den første virksomhed, der blev miljøgodkendt til at indsamle og behandle elektronikaffald i 1995. DCR Miljø håndterer årligt 10.000 tons elektronikaffald¹⁵.
- **DanWEEE Recycling A/S** er en ny virksomhed i Hedehusene, som blev etableret i 2013, og som adskiller elektronikaffald i fraktioner, der kan sælges. Virksomheden er i vækst og håndterer i 2014 omkring 4.000 tons elektronikaffald¹⁶.

De øvrige er:

- **HJ Hansen Genvindingsindustri A/S** har omkring 250 ansatte og håndterer bortskaffelse og genvinding af jern- og metalkrot. Der findes ikke offentlige tal for elektronikaffaldsforretningen.
- **Marius Pedersen A/S** har 900 ansatte samt 3100 ansatte i datterselskaber i Tjekkiet og Slovakiet¹⁷. Ejes af Marius Pedersens Fond, og indtil juni 2014 ejede Franske Viola Environnement 65 procent. Viola Environnement er verdens næststørste miljøvirksomhed med 64.000 ansatte. Marius Pedersens fond ejer nu Marius Pedersen A/S 100 procent¹⁸. Marius Pedersen A/S indsamler og forbehandler elektronikaffald. På hjemmesiden nævnes især IT udstyr, men også kasseret udstyr fra husholdninger som kaffemaskiner, brødrister, husholdningsmaskiner.
- **Uniscrap A/S** (ejet af Scholz Holding GmbH fra Tyskland). Scholz er i Tyskland, Østrig, Østeuropa og Nordamerika – men er repræsenteret i 20 lande med over 500 indsamlingssteder. I alt 7.500 medarbejdere og en omsætning på 4,5 mia. euro i 2010¹⁹. Uniscrap A/S tilbyder afhentning af alle typer elektronikaffald over hele landet.
- **GP Metal A/S** modtager eller indsamler og sorterer og videresælger elektronikaffald. Hjemmesiden beskriver ikke hvilke typer elektronikaffald, det drejer sig om.
- **Skrotpriser.dk** opkøber alle typer elektronikaffald og videresælger.
- **Ragn-Sells A/S** (svensk ejet) foretager indsamling, transport, oparbejdning og forædling af alle typer affald og restprodukter. Koncernen har ca. 2.450 medarbejdere og en årsomsætning på ca. 4 mia. svenske kroner. I Danmark modtager og grovsorterer Ragn-Sells alle typer elektronikaffald i Maglemølle. Uklart om der sker videre behandling²⁰.
- **eRecycling.dk** indsamler elektronikaffald og kan destruere harddiske. Affaldet videresælges. eRecycling.dk har specialiseret sig i IT-udstyr og elektronikaffald.

I alt 11 aktører som indsamler, sorterer og handler med elektronikaffald.

¹⁵ <http://www.dcr.dk/om-os/>

¹⁶ Interview med direktør Brian Clemmesen, DanWEEE Recycling A/S 11/11/2014

¹⁷ <http://www.mariuspedersen.dk/om-os/mariusnyt/~media/mp/menu-billeder/diverse/milj-redeg-relse-2013.pdf>

¹⁸ <http://www.veolia.com/en/veolia-group/media/press-releases/sale-veolia-s-shares-marius-pedersen-group-complete>

¹⁹ http://www.scholz-ag.de/en/press/press_information.php

²⁰ <http://www.ragnsells.dk/>

Det kan være en forretningsmæssig fordel at være en del af en større koncern, fordi man internt kan udveksle teknologier og viden eller foretage en form for specialisering. Genvindingsindustrien har flere forretningsmuligheder, som alle sammen handler om at øge forretningen elektronikaffald, og som kan betyde en bedre udnyttelse af værdierne i elektronikaffaldet – men som ud fra en national, dansk synsvinkel ikke nødvendigvis skaber flere arbejdspladser eller indtægter til Danmark:

- **Udnytte familieskabet.** Virksomheder, som er en del af en international familie (Averhoff, Stena, Ragn-sells, Uniscrap), kan arbejde tættere sammen internt over landegrænserne.
- **Eksport – sælge affaldet.** Ikke alt elektronikaffald bliver behandlet i Danmark. Hvis tyske eller svenske affaldsbehandlere kan behandle elektronikaffaldet mere effektivt på grund af fx stordriftsfordele, lavere lønninger og mere effektiv teknologi, kan den bedste forretningsmulighed være at sælge affaldet på samme måde, som danske svin bliver slagtet billigere i udlandet. Set fra et globalt eller europæisk resourcesynspunkt er dette en udmærket løsning. Set fra et nationalt dansk synspunkt vil det koste arbejdspladser, omsætning og viden.
- **Import – købe affald.** I takt med at genindvindingsmulighederne forøges, bliver elektronikaffald en ressource. For genindvindingsvirksomhederne er det en helt nødvendig ressource, for uden elektronikaffald ingen omsætning og ingen indtjening til de anlæg og automatiseringsteknologier, der er blevet investeret i. Derfor er det værd at overveje import af elektronikaffald, og om der kan laves mere faste aftaler med udenlandske indsamlere. Med investeringer i behandling af elektronikaffald i landene omkring os kan der forudses en vis konkurrence om affaldet.
- **Specialisering.** Det er dyrt at være bedst til det hele. Derfor er specialisering i fx produktkategorier en forretningsmulighed. Det er en specialisering, som i noget omfang allerede foregår i dag på anlæggene. Men det er muligt, at der er flere specialiseringsmuligheder. En stærk specialisering kan betyde, at nogle kategorier af elektronikaffald ligefrem importeres til Danmark, mens andre eksporteres.
- **International orientering.** Genvindingsindustrien kan have forretningsmuligheder i at se på det internationale marked af teknologileverandører. Det er altså ikke et hold, som per definition spiller med danske teknologileverandører. I nabolandene er der flere leverandører og måske også flere med fx metallurgiske kompetencer. Det er især en mulighed for de internationalt ejede virksomheder. For teknologileverandørerne i Danmark betyder det, at de må sikre sig, at det, de laver, er state-of-the-art, og de må holde sig i dialog med genvindingsindustrien.
- **Levering af renere fraktioner.** En mere præcis og målrettet sortering kan åbne nye forretningsmuligheder. Det kan kræve teknologi – se nedenfor – eller mere dialog.
- **Samarbejde om indsamling.** Det femte hold – indsamlerne – er i periferien af banen, men her kan der være forretningsmuligheder i at effektivisere indsamlingen af elektronikaffald og den første grove sortering i kategorier. Hvilke kategorier af erhvervsaffald, der er hensigtsmæssige at arbejde med og kan skabe merværdi, må findes i dialog med genvindingsindustrien – evt. på markedsvilkår i form af auktioner?
- **Samarbejde med kunderne.** Det sjette hold er genvindingsindustriens aftagere. Jo mere målrettet og ren en fraktion kan leveres, desto højere værdi. For genvindingsindustrien er det ikke bare en forretningsmulighed, men en absolut nødvendighed, at de rette aftagere findes, og at kvaliteter, levering og mængder aftales. Fuldstændig som i andre brancher.
- **Tiltrække investeringer.** Markedet i Skandinavien domineres af tre firmaer: Kuusakoski, Stena og Sims. Det betyder, at det kan være vanskeligt for mindre virksomheder at tiltrække den nødvendige kapital og viden til at holde sig konkurrencedygtig. Der er forretningsmuligheder i at indgå i internationale relationer med større spillere.

3.3 Teknologileverandørerne

Undersøgelser²¹ har peget på, at i de fleste tilfælde vil automation være nødvendig frem for manuel sortering af affaldet eller mekaniske processer såsom shredding. Den manuelle sortering er omkostningstung i et land som Danmark med høje lønninger, og ved mekaniske processer går meget elektronikaffald tabt²². Teknologier til automatisk sortering og behandling af elektronikaffald arbejdes der intensivt med i hele verden. Det er kendetegnende, at de teknologier, der kan anvendes til elektronikaffald, også kan anvendes i mange andre brancher. Og omvendt – at der i andre brancher findes teknologier, der kan anvendes til elektronikaffald.

Det betyder, at teknologileverandører bredt set kan være interessante for genvindingsindustrien i Danmark. Det er herfra (eller fra de udenlandske konkurrenter), at de teknologiske løsninger på effektiv sortering og behandling af elektronikaffaldet skal komme. De danske leverandører leverer i dag fx mekaniske sorteringsanlæg baseret på sammenstykning af forskellige teknologier; shreddere og granulatorer; diverse mekaniske sorteringsenheder samt transportudstyr internt i anlæg. Desuden kan der være robotteknologi, hvor der benyttes sensorbaserede robotter, som programmeres/oplæres i at udføre industrielle procestrin.

Der findes ingen registre, hvorfra man kan se hvem blandt teknologileverandørerne, der er relevante. Den danske automatiserings- og robotindustri er kendetegnet ved at bestå af mange små og innovative udviklere af robotløsninger, der leverer unikke kundetilpassede løsninger. Typisk arbejder robotvirksomhederne (fagligt korrekt kaldet integratorteknologier) nært sammen med sensorvirksomhederne omkring løsning af konkrete automationsproblemer.

Spidskompetencer inden for produktion af udstyr til sortering eller anlæg findes især hos **Eldan Recycling A/S** i Faaborg, der fremstiller sorteringsanlæg især til dæk, kabler og WEEE, men hvor neddelingsteknologien vurderes at være velegnet til neddeling af større emner af plast – eksempelvis fra genbrugsstationer. Desuden **Metso Danmark A/S**, Horsens (tidligere Møller & Jochumsen), producerer forskellige neddelere (shreddere) til forsortering og finsortering. De to virksomheder tilbyder en lang række teknologier: tromler, magneter, transportbånd, granulatorer, og shreddere²³, men der indgår ikke robotter eller visionsteknologi i standardløsningerne.

Derudover findes der en række maskinfabrikker, som vil kunne levere udstyr til branchen. Der forefindes i Danmark også en række specialiserede leverandører, der udbyder avancerede målesystemer baseret på fx laser- eller kameraløsninger, som implementeres i automatiseringsløsninger. I forbindelse med undersøgelsen har Jysk Analyse A/S interviewet omkring 102²⁴ virksomheder, der har teknologier, der kan være relevante for sortering og behandling af elektronikaffald.

Teknologileverandørerne er kendetegnet ved at arbejde tæt sammen med deres kunder og underleverandører om udvikling af specifikke løsninger. Langt de fleste arbejder med tilpasning af produkter – måske i kombination med egen teknologi. Kun i mindre omfang udvikler man sammen med videninstitutionerne. Kun få har relevante patenter – men patenter alene er ikke afgørende for de styrkepositioner, vi har fundet i Danmark. Her er det mere evnen til at kombinere teknologier og lave kundetilpassede løsninger, som er styrkepositionen. Langt de fleste arbejder med en kombination af forskellige genkendelsesteknologier (vision) og automatisering eller robotter. Det er videntunge og innovative virksomheder. Det er et godt grundlag for kreativitet og udnyttelse af nye muligheder.

Teknologileverandørerne laver unikke løsninger til deres kunder.

²¹ Se fx (Danish Technological Institute, Ecorys, CRI, 2013)

²² Frost & Sullivan 2013

²³ Se <http://www.eldan-recycling.com/content/single-machines> og <http://www.metso.com/> (under Metso Denmark)

²⁴ Jysk Analyse kontaktede i alt 320 virksomheder med telefoninterview, hvoraf 184 svarede, og 102 var virksomheder, som enten udvikler, tilpasser eller forhandler teknologier, der kan genkende, sortere eller opdele materialer.

Kerneteknologierne er udenlandske. Den danske ekspertise er i tilpasningen og kombinationen af teknologierne og at få flere teknologier til at spille sammen i konkrete sammenhænge. Det sker hele tiden i andre brancher. Leverandørerne kommer fra de nærmeste lande som Tyskland, Sverige, Benelux. Og det er også her, de eksporterende eksporterer til. Flere af de danske leverandører er en del af multinationale selskaber, og ad den vej er der adgang til teknologier i verdensklasse. Den store teknologiudvikling ser ud til at foregå mange steder i verden – især Japan og Kina har været aktive.

Ekspertisen i Danmark ligger i tilpasning og kombination af teknologier. Kerneteknologierne er udenlandske.

Analysefirmaet Frost & Sullivan forventer en endog meget stærkt teknologisk udvikling i Europa i de kommende år – båret frem af samfundsmæssige interesser, nye teknologiske muligheder og attraktive priser på materialerne. Den økonomiske vækst i branchen forventes på europæisk plan at være 4 procent, så der er stærke økonomiske incitamenter til at være på forkant med den teknologiske udvikling.

Spørgsmålet er, om vi i Danmark har adgang til teknologier i verdensklasse på længere sigt? Det er vanskeligt at vurdere konkret, for fx de optiske systemer, som anvendes, er købt hos udenlandske leverandører, som måske på deres side har viden og inspiration fra andre lande. Dog har vi nedenfor et bud på et svar på spørgsmålet.

Den vigtigste forretningsmulighed for teknologileverandørerne er det europæiske marked. Men der er konkurrence.

- **Fælles udvikling.** Den oplagte forretningsmulighed for teknologileverandørerne er at samarbejde med en eller flere i genvindingsindustrien om at udvikle effektive automationsteknologier. En god teknologi, som for alvor kan hjælpe genvindingsindustrien, kan måske eksporteres til genvindingsindustrier i andre lande, som slås med tilsvarende udfordringer – og arbejder med tilsvarende udviklingsideer. Der er konkurrence, men det kan blive til arbejdspladser i Danmark i høj-teknologivirksomheder.
- **State-of-the-art-viden.** Der kan være en forretningsmulighed for teknologileverandørerne i at orientere sig bredere og vurdere flere teknologier således, at man hele tiden har adgang til viden om produkter og leverandører i verdensklasse. Et udviklingsarbejde, der kunne laves i samarbejde med videnleverandørerne. De fleste samarbejder i dag tæt med kunder og leverandører – og kun i mindre grad med videnleverandørerne.
- **Standardisering af teknologier.** Vi er ikke stødt på turn-key-løsninger af avanceret teknologi. Automatiseringsløsninger kræver installation, tilpasning, oplæring og service. Derfor har køber ikke blot udgifter til hardware, men også til tid og penge til at kunne bruge udstyret. Priserne kender vi ikke, da de aftales parterne imellem. Men det er klart, at jo mere plug'n play automatiseringsløsningerne bliver, desto mere økonomisk attraktive er de.

3.4 Videnleverandører

Teknologisk Institut identificerede i alt 43 personer, som forsker, udvikler eller rådgiver om automationsteknologier i Danmark. De findes på universiteterne, hos GTS institutterne og hos de private rådgivere samt et par andre steder. Lidt under halvdelen har svaret på et elektronisk spørgeskema om de teknologier, de arbejder med. Og heraf er det blot nogle få stykker, som har særligt fokus på elektronikaffald. De fleste steder er de faglige miljøer ret små. Teknologierne kan sælges, og tilsammen havde de interviewede institutioner en samlet omsætning på omkring 6 millioner kroner – heraf blev det meste solgt i Danmark, og en mindre del blev eksporteret til især Tyskland og Sverige.

De fleste videnleverandører anvender teknologier fra Danmark, Sverige, Tyskland, England og USA – altså landene lige omkring os eller almindelige samhandelspartnere. Der er ingen japanske eller kinesiske leverandører – i hvert fald ikke direkte – selvom en del af den teknologi, der indkøbes, må have forbindelse til teknologiudviklingen i Østen også.

Videnleverandørerne er typisk involveret i større offentligt støttede udviklingsprojekter. Der foregår pt. udviklingsaktiviteter inden for elektronikaffald vedrørende udvinding af neodymium fra fx harddiske, udvinding af kritiske ressourcer fra skærme og opnåelse af forbedret ressourceudbytte. Nogle af aktiviteterne foregår i innovationskonsortier ved Teknologisk Institut (INNOSORT og REEGAIN med støtte fra Styrelsen for Forskning og Innovation), mens andre er finansieret af Miljøstyrelsen (MUDP).

4. De markedsmæssige vilkår – konkurrenter og samarbejder

Det internationale marked for elektronikaffald har betydning for det danske marked. Når det internationale marked ændrer sig, ændrer vilkårene sig også for de danske virksomheder. Det europæiske marked er interessant, og Europa er førende i anvendelse med en række tekniske, avancerede virksomheder. Det forventes at vokse. Frost og Sullivan vurderer, at markedet vil øges hvert år frem til 2020 med 4,4 procent – altså noget kraftigere end den generelle økonomiske udvikling. I 2020 forventes det europæiske marked at have en værdi på 2 milliarder dollars – svarende til 12 milliarder kroner i dagens valutakurser. Ifølge Frost & Sullivan vil væksten især ligge i Tyskland, i Central- og Østeuropa, på Den Iberiske Halvø samt i Frankrig. Skandinavien er markedsførende med hensyn til indsamling og genanvendelsesniveau. De store forventninger til væksten er drevet af europæiske investeringer i behandlingsanlæg, fortsat stigende efterspørgsel efter råmaterialer, stigende omkostninger til mine-drift og en øget miljøbevidsthed. Derudover mangler der effektive teknologier til genanvendelse, og det bevirker, at væksten hæmmes. Det giver muligheder til dem, som finder de effektive løsninger.

Det danske marked for elektronikaffald er tæt forbundet med det internationale marked. Europa er stadig markedsledende med mange teknisk avancerede virksomheder.

Internationalt er der en tendens til, at der i stigende grad er fokus på automatiske løsninger med robotter eller optiske teknologier. Det forventes, at prisen per behandlet ton affald (der i 2012 var på \$ 325 per ton) vil være faldende.

Stigende internationalt fokus på automatiserede løsninger.

I Skandinavien forventes omkostningerne fra indsamling til færdig behandlet affald at falde med \$ 43 per ton frem mod 2020. Den teknologiske udvikling forventes at være kraftig i de kommende år (7 på en skala fra 1-10 – hvor 10 er højest tænkelig). Det gør det interessant for flere at være med, så der forventes også flere spillere på banen i de kommende år (Frost & Sullivan, 2013).

Den internationale genvindingsindustri. Den internationale genvindingsindustri er næsten hierarkisk organiseret med ganske få virksomheder, som står for den endelige udsmelting af metaller. Det er dyre anlæg, og der er ikke udsigt til, at det er relevant eller økonomisk forsvarligt at lave tilsvarende danske anlæg. I den anden ende af hierarkiet er de lokale indsamlerne, og de findes i titusindvis over hele Europa. Der er også mange virksomheder, der kan grovsortere.

De danske elektronikaffaldsbehandlere er i kategorien af forbehandlere, og dem findes der færre end 1.000 af i Europa. Den største i Skandinavien er svenske Stena, som i 2012 havde 40 procent af det skandinaviske marked. Stena er også aktiv i Danmark. Stena har især fokuseret på udvinding af kostbare metaller som guld, sølv, kobber og palladium, og de anvender både manuel sortering samt floating- og termiske processer. Andre førende selskaber på dette niveau i Europa er ifølge Frost & Sullivan Veolia i Frankrig, Sita Environment i Italien, Biffa Group (UK) og spanske Cespa S.A. Samarbejdsmulighederne med den internationale genvindingsindustri er allerede nævnt ovenfor.

Internationale teknologileverandører. Der arbejdes med teknologier til behandling af elektronikaffald over hele verden, og Japan, Kina, Tyskland og Sydkorea ser ud til at være førende,

især når det handler om primær teknologiudvikling. Frost- og Sullivan (Frost & Sullivan, 2013) noterer dog, at Europa stadig er den førende region i verden med en lang række tekniske avancerede virksomheder – især når det drejer sig om smelterierne. I bilagsrapporten er der listet en lang række teknologisk avancerede leverandører, og da elektronikaffald er et marked i vækst, er der ikke tvivl om, at der vil være en hård konkurrence på det europæiske marked. I længden vil det være en samfundsmæssig fordel i forhold til ressourceudnyttelse og cirkulær økonomi. Men endnu mangler mange af teknologierne at demonstrere deres økonomiske fordelagtighed og effektivitet. Og det er ikke givet, at det er danske virksomheder, der kommer først.

Men der er tydeligvis muligheder for de virksomheder, som finder effektive løsninger. De danske virksomheder har måske en lille fordel i at være en del af verdens mest effektive marked for indsamling og behandling af elektronikaffald. Der kan muligvis være en branding-fordel, når man som dansk virksomhed med erfaringer i leverance til den danske genvindingsindustri forsøger at ”sparke døren ind” og blive leverandør i de markeder, hvor væksten forventes at blive stærkest og investeringer i genvindingsindustrien størst: I Tyskland og i Central- og Østeuropa. Frost & Sullivan fremhæver også finske Kuusakoski (som danske Averhoff er en del af). Der er ganske få danske virksomheder (7), som har et patent, der vedrører behandling af elektronikaffald.

De internationale teknologileverandører, som vi har identificeret, ligger primært i Europas industrielle bælte i en skrå linje fra Manchester i England og derefter langs Rhinen gennem Benelux-landene og Tyskland til Schweiz og Østrig med slut langs Po-floden i Italien. De findes også i Norge og Sverige.

- **Samarbejde.** For alle danske aktører er det gode nyheder. Det er ikke langt fra Danmark, og de fleste steder tales der engelsk og tysk. Alle danske aktører i den gyldne trekant vil kunne finde nye state-of-the-art-samarbejdspartnere her. Det er markeder, hvor de danske aktører allerede er i kontakt.
- **Markedet er internationalt.** Hvis danske teknologileverandører lykkes med at udvikle effektive løsninger ved at kombinere og tilpasse teknologier er indtjeningsmulighederne på det europæiske marked. Samarbejde med genvindingsindustrien i Danmark er en god platform, men løsningerne skal være i front for at kunne vinde en plads på et konkurrencepræget europæisk marked.

Selvom Europa er markedsledende, sker en stor del af den nye udvikling i teknologier til behandling af elektronikaffald i Sydøstasien (Japan, Kina og Sydkorea). En del foregår dog også i Tyskland.

5. Ny teknologi til sortering og behandling af elektronikaffald

Danske teknologileverandører sælger og tilpasser kombinationer af teknologi – som fx robotarme kombineret med visionsteknologi og sorteringsanlæg. Innovationskraft er ikke kun at opfinde og patentere teknologi. Det er innovativt at skabe nye løsninger af kombinationer af teknologier, og der er ikke tvivl om innovationskraften hos de danske teknologileverandører. Innovationskraften for de danske virksomheder ligger i kombinationen af teknologierne og ikke i udviklingen af nye teknologier. Der er i hvert fald meget få danske virksomheder at spore i den internationale forskningslitteratur og i internationale patentdatabaser.

I nogen sammenhænge kan patenter og rettighedsbeskyttelse betyde, at nye teknologier ikke er tilgængelige for en leverandør. Men ofte kan der købes licenser eller teknologi. Danske virksomheder er derfor ikke nødvendigvis udelukket fra at byde ind med innovative løsninger.

De danske teknologileverandører har – som mange af de europæiske leverandører – en innovationsfordel i at være helt fremme på markedet og skabe de løsninger, der er brug for. De danske teknologileverandører har den ekstra udfordring og måske erfaring, at de klarer sig i Europas mest effektive genvindingsindustri. Ud fra devisen ”if you can make it here you can make it anywhere” er det et ganske stærkt udgangspunkt for teknologileverandørerne.

Selv i de mest innovative tilpassede løsninger indgår der teknologi. Og da teknologien primært udvikles i udlandet, er det væsentligt for teknologileverandørerne at følge med her. Teknologisk Institut har analyseret den internationale litteratur om behandling af elektronikaffald i en bibliometrisk analyse og desuden gennemtrawlet mere end 93 millioner patenter for at identificere relevante teknologier.

Den teknologiske innovation, som reflekteres i patentdatabaserne, viser, at patenterne kan opdeles i tre typer af teknologi:

- Teknologier, som genindvinder **bestemt materialer** – som fx metaller eller plastik fra strømmen af elektronikaffald.
- Teknologier, som kan behandle **bestemte produkttyper** – som fx batterier, skærme, kabler eller printplader.
- Teknologier, som omhandler **processer i genanvendelsesprocessen** – som fx magnetisk sortering, IT til styring af anlæg mv.²⁵.

Der er klart størst interesse for teknologier, som handler om materialer. Hele 38 procent af patenterne handler om udvinding af sjældne jordarter, 19 procent om ædle metaller og 14 procent om andre metaller end jern. Processer til adskillelse og opdeling udgør samlet 15 procent af patentaktiviteten. Resultatet vidner om, at der globalt bliver arbejdet både intenst og målrettet på

²⁵ Opdelingen er lavet af WIPO, som også har defineret søgningen af E-waste relaterede patenter. Se (WIPO, 2013)

netop de udfordringer, som denne rapport handler om: teknologi til genindvinding af sjældne og kostbare materialer i elektronikaffald.

Hvis patenterne inddeles efter processer langs genindvindingsprocessen fra indsamling, sortering, adskillelse til forbehandling og udvinding, er der patenter på alle områder. Den største patentaktivitet – og dermed måske også teknologiske udvikling – handler om teknologier til adskillelse af produkter og dernæst om forbehandling og udvinding. Altså netop de dele af processen, hvor den største værditilvækst kan være. Målet er renere fraktioner og større udnyttelse af de materialer, der er i elektronikaffaldsprodukterne.

Aktiviteten er bemærkelsesværdig. Teknologisk Institut har målt patenteringsaktiviteten fra og med 1980. Indtil år 1990 blev der globalt set taget under 100 patenter om året, og japanske og europæiske virksomheder skiftes til at bære førertrøjen. I USA var aktiviteten på et relativt lavt niveau. Siden år 1990 er den europæiske aktivitet steget til omkring 50 patenter om året. Men i Japan eksploderede aktiviteten, og i år 2001 blev der udtaget næsten 400 patenter, hvilket nu er faldet til omkring 250 årlige patenter – altså omkring 5 gange det europæiske niveau. Den virkelige højdespringer er Kina, som frem til 2004 udtog meget få patenter og før 1988 slet ingen. I 2004 blev der skiftet gear, således at den mest intense teknologiske udvikling i dag foregår i Kina. Her blev der i 2013 udtaget over 450 patenter – tæt på en tidobling af det europæiske niveau. Det samme mønster kan genkendes i den akademiske litteratur, omend både Japan og Kina her spiller en mindre rolle og Europa en lidt større rolle. I Danmark har vi fundet relevante patenter om elektronikaffald hos syv virksomheder, og flere af patenterne er fra 1980'erne.

Analysen af de europæiske aktører viser, at mange er aktive i mere end et led i processen. Det kunne indikere, at virksomhederne integrerer værdikæden fra indsamling, over sortering og adskillelse til salg af fraktioner. Det sker dog ikke i nær samme grad som i de japanske virksomheder. Her er mange af de store japanske virksomheder som Panasonic, Mitsubishi, Matsushita, Hitachi, Sharp eller Sony, og de har etableret deres egne take-back-systemer. Strategien hænger sammen med den japanske Keiretsu (edderkoppestruktur) af de japanske virksomheder, hvor de store virksomheder sidder i deres eget system af underleverandører, videninstitutioner etc. Patentlisten toppes ikke af genindvindingsvirksomheder, men af disse japanske kæmper, som har genindvinding af elektronikaffald som en del af deres globale produktionsøkosystem. Den europæiske genvindingsindustri lever til sammenligning sit eget liv, hvor virksomheder som Umicore eller Bolide holder fokus i sidste ende af værdikæden – i stedet for at bygge sig op i hele værdikæden.

På trods af indikationerne om den teknologiske udvikling i Kina og Japan indikerer fx Frost & Sullivan, at Europa er verdensledende med teknologisk avancerede genindvindingsvirksomheder som Umicore, Bolide, Aurubis og Kuusakoski.

Resultaterne fra patentanalyserne er samlet på www.tech-outlook.dk, hvor patenter om elektronikaffald, der er udtaget inden for de seneste tre år, kan studeres i interaktiv grafik. I bilagsrapporten er der yderligere analyser af patenter om fx anvendelse af visionsteknologi og andre teknologier til at udvinde sjældne jordarter, guld, lithium samt tantal. Der var i øvrigt 143 patenter om udvinding af tantal – heraf 15 fra en europæisk producent: H. C. Starck GMBH (se <http://www.hcstarck.com/de/produkte/dienstleistungen/recycling.html>). H.C Starck producerer produkter med tantal og indgår closed-loop-aftaler med genvindingsindustrien.

Det samlede billede er, at danske virksomheder ikke i nogen særlig grad har udviklet unikke, patenterbare teknologier til at håndtere elektronikaffald. Det er altså ikke på udvikling af højteknologi, at danske virksomheder har unikke styrker. Men danske teknologileverandører har adgang til teknologierne og er dygtige til sammen med genvindingsindustrierne at tilpasse og udnytte de teknologiske muligheder. Evnen til innovation og baggrunden i det danske marked er en dansk styrkeposition. Det er en styrkeposition, som kræver konstant arbejde og kontakt til det

internationale udviklingsmiljø. Ligesom danske virksomheder drømmer om at finde nye markeder uden for Danmark, møder danske virksomheder samme konkurrence. I realiteten er de udenlandske virksomheder her allerede i form af Kuusakoski OY og Stena.

6. Forretningsmuligheder

I den ovenstående analyse er det slået fast, at elektronikaffald indeholder værdifulde og strategisk vigtige materialer, som kan udvindes bedre, end det i øjeblikket sker. Formålet med dette kapitel er at fremlægge nogle muligheder for danske virksomheder inden for området. Både blandt affaldsbehandlere og i lige så høj grad blandt teknologileverandører. Teknologileverandørerne har forretningsmæssige muligheder inden for området ved at arbejde tæt sammen med affaldsbehandlere og ved at bruge deres primære ekspertise – at samle eksisterende teknologier til unikke løsninger. I september 2014 blev aktørerne i ”den gyldne trekant” – elektronikproducenter, affaldsbehandlere og teknologileverandører – samlet til en workshop med henblik på at diskutere og prioritere en række forretningsmodeller, som kunne være af værdi for aktører i branchen. Arbejdet i grupperne byggede oven på den forudgående analyse og opsamling af muligheder, som er præsenteret i kapitlerne 2-5. Den samlede liste over identificerede forretningsmuligheder i forløbet ses i bilag 1.

Diskussioner før, på og efter workshoppen blandt aktørerne i ”den gyldne trekant” havde en klar prioritet rettet mod, hvor den største værdi for genvindingsindustrien kan findes, og et deraf afledt fokus på de materialer, der kan udvindes bedre fra de indsamlede WEEE-produkter, end det sker i dag. En væsentlig del af de fremkomne muligheder er baseret på udtagning af specielle komponenter og en bedre udnyttelse af de materialer, der allerede er fokus på, med guld som den mest værdifulde. Et tilbagevendende overordnet emne var derfor demontering af WEEE-produkterne som helhed og derunder udtagning af bestemte komponenter – heraf nogle monteret på printkortet. Dette er i modsætning til nuværende udbredte praksis, hvor hovedparten af delene shreds og afsættes til udenlandske aktører for videre bearbejdning og værdiforøgelse.

Diskussionen pegede på, at demontering og udtagning af komponenter i dag kun kan foretages manuelt, hvorfor omkostningerne er høje, og branchen derfor – indtil videre – hovedsageligt afstår fra denne mulighed. Aktørerne nåede til enighed om, at forudsætningen for demontering og udtagning er en høj grad af automatisering, der kan mindske omkostningerne og samtidig bidrage til at opnå ensartede materialefraktioner.

Metoden for udvælgelse af forretningsmuligheder fra listen i bilag 1 har derfor haft fokus på nedenstående – i prioriteret rækkefølge:

- Hvilke materialer med høj værdi går vi i dag mest glip af – hvor er pengene?
- Hvordan genindvindes disse med rentable omkostninger?
- Hvor kan de danske styrkepositioner komme bedst i spil?

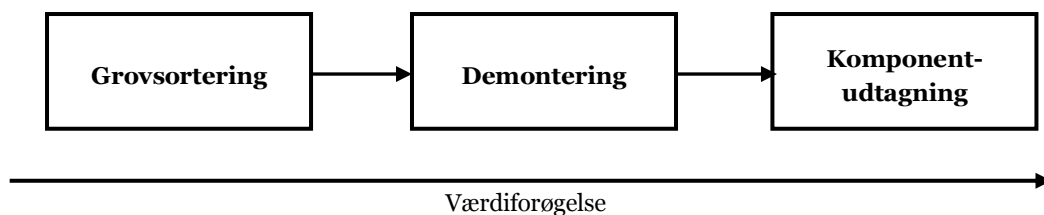
De indsamlede muligheder og dermed forbundne omkostninger, værdier etc. har løbende været behandlet og diskuteret med eksperter inden for WEEE-genanvendelse, automatisering og repræsentanter fra kommuner²⁶, hvorved mange muligheder er blevet frasorteret – hovedsageligt grundet manglende værdi i regnestykket mellem indtægt, udgift og teknologisk formåen. De fleste aktører har været interviewet telefonisk, enkelte dog suppleret med et besøg. De udvalgte muligheder er der, hvor der er kommerciel værdi, og hvor teknologien enten findes eller er meget

²⁶ Telefonisk kontaktet :Center for Kemi- og Bioteknik, Robotteknologi – Teknologisk Institut, Dyrmark Aps, Danrobotics, Københavns kommune, Averhoff.
Ved besøg: Solrød-Greve forsyning, Gladsaxe Genbrugsplads, DanWEEE,

tæt på at kunne tages i brug, og hvor det kunne give et markant dansk forspring. De tre valgte forretningsmuligheder er i sidste ende udvalgt af Miljøstyrelsen, DAKOFA, som sekretariat for det strategiske samarbejde, og Teknologisk Institut i samarbejde. Implementering af nedenstående tre forretningsmuligheder har sammenhæng, hvilket kan give en synergieffekt til gavn for forretningerne og de enkelte forretningsmuligheder.

- Sorteringscentral
- Demontering af elektronikaffald
- Udtagning af særligt værdifulde komponenter, her illustreret med tantalkondensatorer.

Disse tre forretningsmuligheder hænger sammen i en værdikæde og giver mest værdi i sammenhæng. For at få gevinst af en sorteringscentral giver det god mening, hvis man fx også implementerer en demontering af elektronikaffald og omvendt.



Systematikken bag opbygningen af de udvalgte forretningsmodeller har fokuseret på, hvor der kunne hentes ekstra værdi i genanvendelsesprocessen, og hvor de eksisterende danske styrkepositioner er. Hvis en ny forretningsmulighed skal give mening, skal den have et væsentlig værdipotential og ikke konkurrere væsentligt med allerede eksisterende teknologier og processer. Ligeledes skal der også være en reel mulighed for, at den kan indgå i det eksisterende (eller lettere tilpasset) lovkompleks og fysiske omstændigheder. Udgangspunktet har hele tiden været i aktørerne i ”den gyldne trekant” og i samspillet disse aktører imellem. At de valgte muligheder ikke omfatter elektronikproducenterne skyldes alene, at de identificerede forretningsmuligheder er størst for teknologileverandører og affaldsbehandlere.

De tre forretningsmuligheder har været drøftet med både teknologiproducenter og affaldsbehandlere²⁷. Resultater herfra er beskrevet i det afsluttende afsnit.

6.1 Baggrund for de udvalgte forretningsområder

En meget stor andel af det genanvendte elektronikaffald bliver genanvendt gennem en shredding-findelings-sorterings-smeltning-proces. Dette giver et tab, fordi sorteringen ikke kan skabe helt rene fraktioner. Ved denne type bearbejdning må der generelt forventes et vist tab af alle råstoffer. Samtidig tabes visse materialer fuldstændigt, idet de ikke bliver frasorteret, og de ender enten som slagge eller som forurening af et andet nemmere udvindbart materiale – fx i jern- eller kobberfraktionen.

Der findes mange forskellige sorteringsteknologier²⁸ – alle med forskellig evne til at få opdelt fraktionerne i så ”rene” dele som muligt. De fleste af sorteringsteknologierne bruges alene til at sortere findelt materiale. En sådan sortering betyder, at emner sammenstykket af flere materialer risikerer at havne i en forkert fraktion.

²⁷ Telefonisk kontaktet :Center for Kemi- og Bioteknik, Robotteknologi – Teknologisk Institut, Dyrmark Aps, Danrobotics, Averhoff. Ved besøg, DanWEEE

²⁸ Dry separations methods include manual and ballistic sorting, and also magnetic separation, eddy-current separation, air separation/zigsag wind sifter, screening, fluidized-bed separation, sensor based sorting by image, colour, x-ray, spectroscopy, wire sorting, and electrostatic sorting. Wet separation methods include; sink-float, heavy-medium cyclones, jiggling, shaking tables and flotation (UNEP, 2013).

Det kan fx være en transformator eller en motordel, som består af ca. 50 procent kobber og 50 procent jern. Dette emne vil ende i jernfraktionen, som en overbåndsmagnet fraseparerer. Herfra vil kobberet blive indlegeret i stålet, som vil forringe stålets kvalitet, når jernfraktionen omsmeltes. Endvidere mistes kobberets værdi (50 kr./kg), og man opnår kun en værdi svarende til jerns på ca. 1 kr./kg. Hvis der indgår rulle magneter i et anlæg, er risikoen, at løsrevne komponenter som fx integrerede kredse med guldbelægning mistes, hvis der indgår ferromagnetiske ben eller andet magnetisk materiale i komponenterne²⁹.

Der er derfor brug for en sorteringstilgang, som kan skelne og sortere de særligt værdifulde materialer ud på en mere intelligent måde. Hvis den traditionelle tilgang skal ændres, vil en mulighed være at sortere materialerne på et tidligere tidspunkt, hvor de stadig er genkendelige ud fra andre sorteringsmetoder. Det vil derved være muligt at kunne genkende fx tantalkondensatorer, diverse IC'er, baggrundsbelysning, knapceller etc.

Dette vil kræve en demontering af WEEE-produkterne, som i dag kun udføres på få WEEE-produkttyper og manuelt. For at kunne demontere økonomisk rentabelt på andet end højværdifraktioner, vil det kræve en høj grad af automatisering. Størstedelen af patentmængden for sorteringsteknikker omfatter teknikker til at udvinde forskellige materialer i den finndelte og sorterede materialestrøm – dog med en stigende aktivitet inden for sortering og demontering, hvilket tyder på, at andre lande også er ved at få øje på mulighederne.

At fokus i dag hovedsageligt er på shredding-sortering-smeltning skyldes, at automatiseringsteknologien ikke tidligere har været tilstrækkeligt udviklet, og manuel demontering hovedsageligt er foregået i lavtlønsområder. Dertil, at mange virksomheder har investeret store summer i shredding-sorteringsanlæg, som har en lang afskrivningstid.

For at ovenstående demontering har en mulighed for en rentabel realisering, kræver det, at behandlerne har mulighed for at arbejde med ensartede produktfraktioner af WEEE. Fordi en sådan overordnet sortering stort set ikke foretages noget sted, vil en dansk kombination af for-sortering og automatiseret demontering måske netop give en attraktiv mulighed for at skabe et dansk teknologisk forspring.

For at se på muligheder i et sådan forløb er der derfor blevet udvalgt tre forretningsmuligheder, der udgør en sammenhængende kæde. Startende med en grovsortering af de enkelte WEEE-produkter efterfulgt af adskillelsesmuligheder for at kunne udtage delelementer og endelig en finsorteringsproces, hvor enkelte materialefraktioner frasorteres.

1. Grovsortering af WEEE-produkter i grupper som: desktopcomputer, notebook, mobiltelefon, stereoanlæg, ghettoblaster, fladskærm, etc. Centralisering af sorteringsprocessen med udnyttelse af automatisering, lagerhoteller og it. Anlægget ville øge mulighederne for specialisering i behandling af særlige fraktioner og genbrug af produkter.
2. Demontering af fraktioner. Adskillelse af notebook, telefoner, fladskærme etc. i dele som PCB'er, større IC'er, metal og plastdele, glas etc. foregår visse steder i dag med få udvalgte fraktioner – og kun manuelt. Forretningsmuligheden består i en automatisering, som i sig selv forudsætter grovsortering som fx mulighed 1 ovenfor.
3. Udtagning af materialefraktion: Forretningsmuligheden består i målrettet at udtage særligt værdifulde komponenter automatisk – som fx at udtage tantalkondensatorer. Det forudsætter demonteringen af elektronikaffaldet, som beskrevet i mulighed 2 ovenfor.

²⁹ Upublicerede tests udført af B.Malmgren-Hansen, Teknologisk Institut viser, at mange integrerede kredse har ferromagnetiske ben (testen omfattede 22 Icer, bl.a. 8- og 16-bens operationsforstærkere og spændingsregulatorer. Ved testen blev benyttet en harddiskmagnet, som kunne løfte alle komponenter med forskellig styrke undtagen en integreret kreds. Testen viste således, at der ikke er samme mængde ferromagnetisk materiale i kredsene, men i hovedparten af de testede.

De tre forretningsmuligheder er udvalgt efter hvor der vil være størst værdi og med tanke på forskellige tendenser, teknologimuligheder og Danmarks nuværende håndtering af WEEE-produkter:

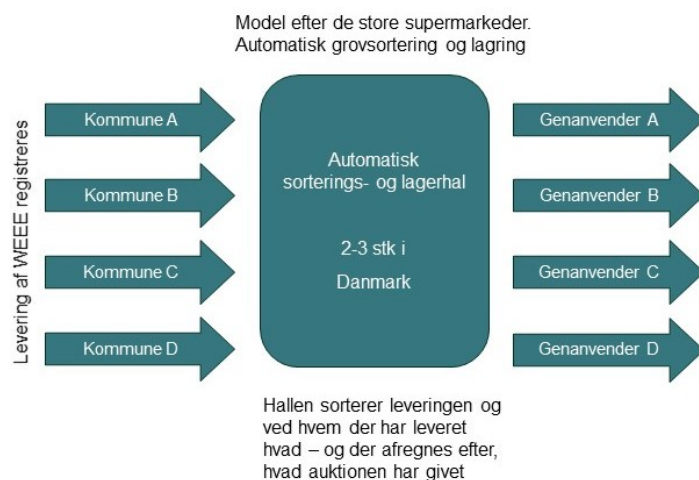
- **Værdier** – Der, hvor der er mest værdi at hente ved at gøre noget anderledes (Danmark har derudover den fordel at have WEEE med relativ høj værdi). Danmark er kendt for – per indbygger – at have en høj andel af bredbåndsforbindelser, mange PC'er³⁰ og høj disponibel indkomst til at købe de nyeste produkter.
- **Eksponentiel forøgelse** af computerkraft. Den hastige udvikling inden for IT gør automatisering mere tilgængelig og rentabel.
- **Styrkepotentialer** hos danske virksomheder – specielt visions-, sorterings- og robotteknologier og –løsninger og godt repræsenteret.
- **Andre landes** styrkepositioner, hvor det vil være mere vanskeligt at konkurrere: store smelterier og sorteringsanlæg, udvinding af de enkelte materialer og en voldsom vækst i patenter på området i Asien.
- **Nuværende mængde** produkter i cirkulation: Andre rapporter har ligeledes fokus på en øget forsortering, men ofte i sammenhæng med producenter af komponenter og apparater. Således forstået, at dette kun kan ske med en gennemgribende forandring i hele værdikæden. Fx med en udbredt ”design for recycling”-metodologi, der sikrer, at elektronikaffaldet nemt kan identificeres og demonteres (en af mulighederne, der forslås i en UNEP-rapport) (UNEP, 2013). Men selvom dette på et tidspunkt kan blive en realitet, har vi allerede meget store mængder elektronikaffald, som over de næste 10-20 år skal afhændes og behandles, som allerede er designet og produceret uden hensyntagen til recycling.
- **Danmark er europæisk foregangsmarked** med WEEE-regulativet, der sørger for en stigende mængde indsamlet elektronikaffald.
- **Sandsynlighed** for stigende råvarepriser på længere sigt.

I alle tre forretningsmuligheder indgår udnyttelse af automatiseringsteknologier som et centralt element. Frost & Sullivan (Frost & Sullivan, 2013) forventer stor teknologisk innovation i de kommende år, og det vil gøre det stadigt vanskeligere at opretholde manuelt baserede behandlingsanlæg på konkurrencedygtige vilkår. For de store mængder af elektronikaffald er det vanskeligt at se en vej uden om automatisering og udnyttelse af teknologi i genindvindingsprocessen.

³⁰ Iblant de 4 lande med flest PC'er i 2012. <http://www.globalis.dk/Statistik/Computere>, <http://www.dst.dk/da/Statistik/emner/forbrug/elektronik-i-hjemmet.aspx>

6.2 Mulighed #1: Grovsortering af WEEE-produkter

BILLEDE 2 PRINCIPFIGUR AF CENTRAL GROVSORTERING AF ELEKTRONIKAFFALD



Forretningsmuligheden er at centralisere grovsorteringen af elektronikaffaldsfraktioner. Det giver i kraft af stor volumen mulighed for at opnå stordriftsfordele – herunder økonomi til afskrivning på avancerede procesanlæg og specialisering.

Grovsortering er første led i den betragtede værdikæde. De efterfølgende processer – demontering og udtagning af værdifulde komponenter – forudsætter grovsortering af elektronikaffaldet, og jo renere fraktioner elektronikaffaldet kan opdeles i, desto højere værdi har grovsorteringen og ligeledes lønsomheden, der kan realiseres i hver af de efterfølgende processer med mulighed for specialisering på bestemte WEEE-produkter.

Mængderne af elektronikaffald i Danmark er ikke store nok til, at alle genvindingsindustrierne kan arbejde med omkostningstunge forretningsmodeller mht. arbejdskraft og investeringer i effektive sorterings teknologier inden for alle WEEE-produktgrupper. I modsætning til de nuværende grovsorteringsanlæg hos genvindingsindustrierne vil der kunne opnås større lønsomhed ved få centraliserede anlæg og derved bedre udnyttelse af fraktioner med lavere markedsværdi. Modellen vil kunne tilføre samfundet simplere logistik og opfølgning på, at der sker reel genanvendelse og genbrug.

Ved at have en central ordning kan genbrugspladserne stadig nøjes med to indsamlingsbure til disse fraktioner, hvoraf det ene kan bruges til produkter, der er gode nok til genbrug, med bedre mulighed for at beskytte produkterne mod regn, slag, snavs etc. Et bur hvor produkterne lægges pænt på hylder vil motivere langt mere end de nuværende bure hvor ting blot kastes ned i. Ligeledes vil en information om reelt genbrug stilet mod forbrugerene kunne få disse til at bringe fungerende, men aflagte produkter, til genbrugspladsen, mens de stadig har en reel værdi. Og ikke som nu, hvor mange af os har flere generationer af elektronik liggende på "loftet"³⁴. En central ordning kan give et langt bedre kontrol og sporbarhed med WEEE-produkterne, såsom datasikkerhed for harddiske, og hvor de forskellige mængder bliver af, og ligeså give bedre opdelte fraktioner til affaldsbehandlere.

³⁴ Foretaget som rundspørge hos kollegaer. Flere havde tre gamle mobiltelefoner liggende hjemme i skufferne og intet incitament til at aflevere dem til genbrugspladsen.

Centrale aktører i værdikæden, deres roller og incitamenter

Der kan fx være to centrale grovsorteringsanlæg i Danmark, opbygget fleksibelt, således at kritiske flaskehalse enten kan udbygges eller dubleres. Det ene anlæg dækker Jylland/Fyn, og det andet dækker Sjælland. Disse to steder afleverer indsamlere fra genvindingsindustrien og transportører fra genbrugspladser og industri WEEE-elektronikaffald.

Ydelsen fra de centrale fuldautomatiske anlæg er sortering/fraktionering ud i hovedfraktionskategorier. Dvs. Kategori 3: Notebook, Desktop PC, Mobiltelefon, Monitører og Kategori 4: LCD TV, Spillekonsoller med DVD/ Bluray. Diverse rester som fx plastkabinetter, større metaldele og ledninger sorteres ligeledes.

De sorterede fraktioner sælges på en elektronisk auktion, så den enkelte affaldsbehandler kan hente en container med grovsorteret elektronikaffald, som denne aktør har speciale indenfor.

Affaldsbehandleren demonterer herefter fx notebooks på eget procesanlæg i materialefraktioner og kan specialisere sig inden for de enkelte hovedfraktionsområder. Eksempelvis kunne en aktør være specialiseret inden for notebooks. Andre kunne være specialiseret i automatiseret behandling af lavværdifraktioner, hvor netop specialiseringer gør, at der kan hentes mere værdi ud end ved direkte shredding.

Fordelen ved den centrale sortering og auktionsmodellen er, at de, der skal investere i automatiserede anlæg til den videre behandling, demontering og udtagning, kan opnå en større sikkerhed for adgang til de fraktioner, de er specialiseret i. Den centrale sortering kan således være motivation for flere fraktionsopdelinger.

Den enkelte indsamlingsaktør, der afleverer elektronikaffald til de centrale anlæg, får betaling alt efter værdien og/eller mængden af affaldet. Mængden og fraktionerne fra indsamlere til centrale anlæg afhænger af markedspriser på de europæiske nationalmarkeder. Indsamlere foretager allerede i dag en grovsortering af produkterne, hvorfor en del af elektronikaffaldet eksporteres til udlandet direkte fra indsamlerne.

Processen er, at efter aflevering bliver affaldet grovsorteret. Flowet med elektronikaffald fra aflevering af container til container er tømt sker automatisk via fuldautomatiske containerlinjer (teknologien kendes fra pakkeanlæg og containerhavne).

WEEE-elektronikaffaldet bearbejdes herefter videre i grovsorteringsprocessen, som er fuldautomatisk med mindst mulig anvendelse af manuel arbejdskraft. Sorteringsteknologierne eksisterer allerede på markedet, men skal sættes sammen til formålet. Fx robotteknologi kombineret med avanceret overvågningsteknologi og sorteringsteknologi – eksempelvis vision, scanner og grafisk overvågning, som kendes fra procesanlæg og automatiserede lagerhoteller. Som fx fra Carlsberg i Fredericia, Dansk Supermarked i Højbjerg og Pakkepost i Taulov.

Målgruppen for de centrale sorteringsanlægs ydelser vil være aktører i demontering af komponenter/elementer fra førnævnte kategorier af WEEE-produkter. Derudover vil et sådan system påvirke andre aktører som f.eks. indsamlere af WEEE-elektronikaffald og transportører.

Virksomheder i demontering har en interesse i stabile, leveringssikre leverancer af grovsorteret WEEE-elektronikaffald. Få, store grovsorteringsanlæg vil være den bedste garant herfor samt et incitament for demontering hos affaldsbehandler til at fokusere på denne ressourcekilde i forhold til mere usikre leverancer. Forudsætningerne, for at grovsorteringsanlæggene kan levere stabilt og til markedsdygtige priser, er netop deres stordriftsfordele.

Den behandlede mængde af WEEE i Danmark er ca. 21.000 tons årligt fra kategorierne 3, 4 og 9 under produktansvarsordningen (Tabel 1). Hertil kommer en ukendt mængde, der indsamles direkte fra virksomheder, eller som på anden måde kommer uden om systemerne. Visse fraktioner

betaler affaldsbehandlerne for at få adgang til, andre bliver de betalt for – afhængig af de forventede værdier i affaldet. Det har ikke været muligt at få præcise tal for fraktioner, mængder eller affaldsbehandlere på dette område. Mængderne, der skal passere igennem en central sortering, vil stort set alene komme fra de tre ovennævnte kategorier. Lyskilder, batterier, hårde hvidevarer vil stadig skulle igennem de traditionelle eksisterende systemer.

Størrelsen på det enkelte af de to centrale grovsorteringsanlæg skal bestemmes ud fra mængden af elektronikaffald og hastigheden på anvendte sorteringsteknologi. Eksempel: hvis den samlede stykmængde i elektronikprodukter er 11 millioner stk.³² per anlæg per år, og der regnes med 220 arbejdsdage årligt, skal hvert anlæg have en kapacitet svarende til mindst at kunne grovsortere 50.000 WEEE-produkter per dag, svarende til 35 stk. per minut. Det er afgørende, at sorterings-teknologierne kan håndtere såvel store som små mængder i et flow.

Det skal etableres en udbudssystematik med en fornuftig tidshorisont, og gerne med længere aftaletidsrum end i dag. Dette grundet at aktørerne kan vide, hvor store mængder affald inden for bestemte fraktioner de kan forvente, og derved kunne planlægge deres kapacitet og investeringer bedst muligt.

Der bør lovgivningsmæssigt tages hensyn til virksomhedernes ønske om meget lange tidshorisonter. Eftersom sorteringsanlægget præcist ved hvor meget elektronik, der kommer ind og går ud, kan der holdes styr på hvilke aktører, der modtager hvad og hvor meget, og hvilke værdier de bør kunne hente ud af materialet og derfor simplificere kontrollen med, at affaldet reelt bliver genindvundet eller genbrugt. Elektronikaffald indsamlet via genbrugspladser er i dag meget varierende, og specielt over for disse typer af WEEE-produkter giver det mening af have en central sortering, således at affaldsbehandlerne kan hente samlede fraktioner af ens produkter.

Virksomhedskonstruktionen for det centrale anlæg kunne eksempelvis være ud fra DONG-modellen med et statsejet aktieselskab, hvor de enkelte aktører i genvindingsindustrien kan købe aktier i selskabet og dermed medejerskab og modtage udbytte af overskud og være medbestemmende i driften af selskabet. Der er dog stadig en række udfordringer i modellen, som skal afklares/løses – eksempelvis mht. udbud, planmiljø, samarbejde mellem kommuner og genbrugspladser nationalt, træning af forbrugere, andre sorteringsprocesser på genbrugspladser, drift af et fælles statsejet selskab osv.

Hvis de ovenfor nævnte udfordringer kan løses, vil der være mulighed for at optimere yderligere på modellen – eksempelvis på nordisk plan eller nordeuropæisk plan.

Derudover kan en øget specialisering hos affaldsbehandlerne betyde, at nogle kategorier af elektronikaffald ligefrem importeres til Danmark, mens andre eksporteres. Det er en specialisering, der finder sted allerede i dag, hvor dansk elektronikaffald behandles på anlæg i Sverige, Tyskland eller Polen.

Opbygning og drift af en central sorteringscentral kræver både bygning, sorteringsteknologi og infrastruktur. Det er ikke undersøgt, hvor mange ressourcer det vil kræve at etablere en sådan central. Det vil kræve et separat studie omfattende projektering, samt behov, samarbejdspartnere, beliggenhed og deltagere. Derudover er der lovgivningsmæssige forhold og samarbejdsforhold, der skal klarlægges, før det giver mening at undersøge flere detaljer, således at man kan begynde at indhente interessetilkendegivelser fra interessenterne. Yderligere detaljer kan evt. hentes fra rapporten (Miljøprojekt nr. 1559, 2014) om central affaldssortering (almindeligt affald).

³² Rapporten har tal på omkring 8 millioner stykker WEEE-produkter, men i den tælles der fx ikke USB-nøgler, modems, små-elektronik etc. med. Et bud er derfor sat til 4 stykker elektronik per indbygger per år (inkl. både consumer og industri) og sat i forhold til den indsamlede mængde på 20.000 tons.

Indhentning af erfaring og test kunne opnås ved en afprøvning i flere faser i et afgrænset område – eksempelvis en eller flere kommuner – inden der foretages en investering i et fælles grovsorteringsanlæg, hvorved der kan indhentes viden og erfaring på områder som fx:

- **Erfaringer** med drift af fælles grovsorteringsselskab, herunder fordele, ulemper og udfordringer. Der kunne i en testfase lånes faciliteter fra anden industri eller benyttes mere manuel arbejdskraft for at teste logistikken.
- **Erfaring** og optimering af genbrugsmuligheder med elektronikprodukter – herunder implementering af forbrugersortering på genbrugspladser af elektronikprodukter, der er defekte på den ene side, og elektronikprodukter der ikke fejler noget på den anden.
- **Uddannelse** af forbrugerne inden for testområdet samt opsamling på erfaringer fra forbrugerne.
- **Uddannelse** af genbrugspladser mht. nye og ekstra sorteringer på elektronikaffald.
- **Opsamling** af erfaringer med afregningsmodel på elektronikaffald. Hvor tjenes penge, hvor er det svært at tjene penge etc.
- **Erfaringer** med anvendt teknologi på grovsortering – herunder fordele, ulemper, udfordringer.

Den vundne erfaring skal så holdes op imod den eksisterende situation samt en evt. grovsortering hos de største affaldsbehandlere lokalt. Hvis de involverede parter ikke kan blive enige om den ”store version”, kan det meget vel være, at blot arbejdet omkring emnet kan inspirere til andre løsninger, der både kan imødekomme parternes ønsker og forbedre indsamling, genanvendelse og genbrug.

De største risici ved denne forretningsmulighed er helt klart den store investering, som ikke direkte kan omregnes til en øget værdi som de to næste muligheder og dertil, om branchen vil vurdere fordelene højere end ulemperne og derved starte det nødvendige samarbejde. Samfundet vil i det lange løb drage fordel af en central sortering med langt bedre kontrol over WEEE-produkterne, men da affaldsbehandlere initialt vil miste visse indtægter ved deres egen sortering og handel med fraktioner, vil disse formodentlig ikke være interesserede, medmindre de direkte bliver tvunget til det eller kan se andre fordele. Derudover har visse affaldsbehandlere allerede en vis grad af grovsortering, og de største affaldsbehandlere (+4000 tons) har allerede kontakt med så meget affald, at de selv kunne lave grovsortering, hvis de har kapaciteten og kan se en fordel.

For nogle aktører vil en sådan ordning fjerne det indtægtsgrundlag, der skabes vha. handel med fraktionerne lande og aktører imellem, idet værdifastsættelsen og fordelingen bliver mere transparent. Dette kan i visse tilfælde give dårligere udnyttelse af affaldet, fordi visse fraktioner i dag bliver håndteret af flere affaldsbehandlere efter hinanden, som hver især sorterer, demonterer eller henter bestemte komponenter ud, som netop de er specialister i³³.

Systemet vil på den ene side give bedre mulighed for at indsamle og kontrollere WEEE-produkter, der kan gå til genbrug. Dette sker i dag hos de enkelte virksomheder, der har opbygget gode forbindelser og kan have en fornuftig forretning ved dette. Denne forretning kan både risikere at blive styrket eller svækket. Der vil blive større mængder hvilket kan give lavere pris, men kan også tilføre flere aktører, der sørger for større mængder til genbrug.

³³ Kommentar fra en af de deltagende virksomheder.

6.3 Mulighed #2: Demontering af fraktioner

Visse affaldsbehandlere har allerede i dag separate linjer, hvor WEEE-produkter splittes ud i dele som printkort, store IC'er, metal og plastdele etc. Opdelingen i fraktioner er afgørende for at kunne genindvinde materialerne og er dermed også afgørende for fraktionernes markedsværdi i forhold til andre aktører, der udtager materialer. Hos de eksisterende affaldsbehandlere er processerne tynget af manuel arbejdskraft og dermed høje omkostninger. Endvidere er de fleste kun i stand til delvis demontering, eller også kan de på en proceslinje kun tage én type produkt, som de derfor har stort kendskab til og kan demontere fuldstændigt. Af den årsag sorteres den ønskede fraktion fra allerede ved indgangen, eller fraktionerne opkøbes fra andre, som har foretaget en sådan sortering. Det giver mulighed for at samle og sælge værdifulde fraktioner med en forholdsvis stor renhed.

Forretningsmuligheden består i at udnytte teknologiske muligheder for automatiseret demontering af grovsorterede fraktioner. Herigennem er det målet at producere forskellige fraktioner i større mængder til lavere omkostninger – sammenlignet med eksisterende manuel demontering.

Visse WEEE-produkter skilles mere eller mindre ad af affaldsbehandlere. Som fx desktop PC'er, laptops og fladskærme. Her udtages dele som særligt værdifulde printkort, ligesom større plastdele kan afmonteres og afsættes. Resten kan herefter neddeles i et mekanisk anlæg, som kan producere fraktioner af jern, aluminium, kobber og resten af printkortene, som afsættes til smelterierne. En af ulemperne ved denne fremgangsmåde kan være, at eventuelle løsrevne dele fra printkort – som fx IC'er – risikerer at blive sorteret fra i en jernfraktion, ligesom tilført neodymium fra harddiske, højttalere mv. ender i denne fraktion. Herudover forbliver komponenter, der indeholder tantal, på printkortet, hvorved tantal tabes, da smelterierne pt. ikke udvinder tantal.

Mekaniske anlæg har imidlertid en høj kapacitet og kan således behandle store mængder med en forholdsvis begrænset omkostning i modsætning til manuel separation. Der kan derfor være fornuft i at se på, hvordan man udnytter de mekaniske anlæg bedre ved at trække flere kritiske ressourcer ud før en findeling. En delvis automatisering kunne ske ved at have en øget indførsel af automatisering i demonteringsfasen med udtagning af kritiske komponenter i kombination med manuel håndtering og efterfølgende traditionel findeling og smeltning.

Værdier. En automatisk demontering med mulighed for efterfølgende opsplnitning i materialefraktioner vil kunne give mere værdi til genvindingsvirksomheden i henhold til de identificerede mulige tab i rapporten: (Danish Technological Institute, 2014). Ud over en øget mængde guld vil der også være mulighed for at frasortere nogle af de komponenter med materialer, der i dag forsvinder 100 procent i smelteværkerne – såsom neodymium, praseodymium og dysprosium.

Et eksempel er en iPhone 4, der indeholder bl.a. guld, sølv, kobber, aluminium, tantal, platin, yttrium, lanthanum, praseodymium, neodymium, europium, gadolinium, terbium og dysprosium. Det interessante er her, at en del af de sidste kommer fra specielle kredsløb som farveskærmen, højttalere og vibrationselementet, som relativt nemt kan fjernes efter en demontering til separate fraktioner, idet de ikke er fastmonteret på printkortet.

Samfundsmæssigt vil enhver ekstra værdi genvundet i processen være en gevinst, fordi materialerne ellers blot ender som værdiløs slagge og den ekstra miljømæssige belastning er minimal – hvis de pågældende smeltværkers miljøbelastning ellers er mindre end udvinding af nye råstoffer³⁴. Dog

³⁴ Et studie fra DTU af Bigum og Brogård viser, at der er ressourcemæssige fordele ved at genindvinde materialer fra WEEE. Se <http://www.srcosmos.gr/srcosmos/showpub.aspx?aa=14351> Et schweizisk studie fra 2005 analyseret og sammenlignet den miljømæssige belastning fra behandling af WEEE med tre scenarier: (A) genindvinding og genbrug af råmaterialer, (B) ingen genbrug og (C) afbrænding og energiudvinding. Studiet konkluderer, at den miljømæssige belastning samlet set er mindst, når råmaterialerne genindvindes og genbruges. Der har ikke været peer-review af studiet. Se http://ec.europa.eu/environment/integration/research/newsalert/pdf/4na1_en.pdf som citerer, R. Hischier, P. Wager, J.

vil det, at plastfraktionen frasorteres, kunne give en mindre indtjening hos visse af smelteværkerne³⁵, da plast og printplader her indgår som brændselsressource under opvarmningen og på denne måde skal erstattes af anden energi. Dette gælder den mængde plast der måtte være tilbage efter sortering, hvilket i gode sorteringsanlæg kun er en lille mængde.

En mere automatisk demontering vil i det lange løb have mulighed for yderligere at optimere demonteringen ved at kunne bruge informationer og vejledninger fra producenterne om demontering og værdimængder i de enkelte produkter.

Elementer i forretningsmodellen. For at komme ud over et stort manuelt arbejdskraftsbehov er der brug for udvikling af nye processer, der mere effektivt og med højere automation kan skille en fraktion ad. Det vil kræve en udviklingsproces med interessenter fra henholdsvis teknologileverandører og affaldsbehandlere, som kan drage nytte af teknologier inden for vision, robot og laserteknologier. Teknologier, der finder ny anvendelse i affaldsbehandling. De centrale aktører vil derfor være teknologileverandører og genvindingsindustrien.

Resultatet af en demontering af bestemte fraktioner er adskillelse af jern- og aluminiumsdele fra de dele, der skal i kobbersmelteovne. Derved undgås at shredde hele dele af et WEEE-produkt. Udskiller man printplader i en særskilt fraktion, undgår man, at komponenter som f.eks. IC kredse, der ofte har guldbelagte jernben på kredsene udsættes for shredding og ender i jernfraktionen.

Den bærende metodik indebærer mindst tre scenarier:

- Skil det ”pænt” ad, ligesom det er samlet.
- Skær det i stykker, enten tæt ved kanten eller længere inde (laser, klinge, vibration etc.).
- Knus chassiet – fx mellem to valser.

Alle tre metoder kan kombineres med forskellige niveauer af visions-sorteringsteknologier og manuel håndtering afhængigt af hvilke værdier, der søges. Er det fx alene tantalkondensatorer på print, er det mindre væsentligt, om det gøres ved en grov-shredding, hvor printene i mindre stykker bagefter kan håndteres automatisk. Er det affald, der indeholder andre typer af materiale, kan processen være baseret på en mere forsigtig demontering, således at de enkelte dele kan identificeres enten vha. vision eller manuelt. En proceslinje kunne tænkes opbygget med robotter til en første grov-demontering og en efterfølgende manuel udtagning af komponenterne, indtil visionssystemerne er udviklede til at substituere manuelle operationer.

Teknologierne, til at løse ovenstående opgaver fås ikke som færdige systemer i dag. Der er behov for at afprøve forskellige muligheder. Opskæring kan fx gøres med laser eller vandstråle med de ulemper og fordele, der er ved begge. Laser er dyrest og kan være brandfarlig. Vandskæring kræver visse afskærmninger. Til at sortere kan man bruge forskellige former for vision – evt. kombineret med forskellige former for varmepåvirkning (IR, hvirvelstrøm og efterfølgende termografi).

Økonomi. Den umiddelbare gevinst er muligheden for at få udskilt på de sidste 5-28 procent, som beskrevet tidligere i rapporten. Med de i rapporten angivne værdier pr. kg notebook-affald på 46 kr./kg vil dette give henholdsvis 2300 kr./t og 13.000 kr./t, hvis man kan hente 100 procent af værdierne ud. Disse tal er for notebook, der er klassificeret som en kilde til indhold af værdifulde materialer.

Gauglhofer (2005) “Does WEEE recycling make sense from an environmental perspective?”, Environmental Impact Assessment Review 25 (2005) 525– 539

³⁵ Fx Umicore: De skriver dog ikke hvor meget, det betyder for dem, blot at plasten erstatter kul/ olie. –År 2012: <http://www.serdc.org/Resources/Documents/Summit%20Presentations/SERDC%20Summit%20Presentation%20-%20Mark%20Caffarey.pdf>

Med et årligt dansk salg på 820.000 notebooks med en gennemsnitsvægt på 2,8 kg, giver det 2296 tons, som i værdi svarer til 5 til 29 millioner ekstra³⁶ kr. om året, der kan hentes ved en total indsamlings- og adskillellesproces for notebooks. Værdien af affaldet svinger fra 10 kr./kg til 160 kr./kg afhængig af typer WEEE (**Fejl! Henvisningskilde ikke fundet.**). Der vil selvsagt være fraktioner, det bedre kan betale sig at starte med end andre – både mht. til værdi, men også tilgang til og mulighed for demontering.

En anden faktor er hastigheden, hvormed en linje skal arbejde. Hvor meget affald, et anlæg skal kunne håndtere for at opnå en given merværdi. Tager man et konservativt udgangspunkt i 5 procent ekstra indvinding og 2-5 kr./kg, vil der skulle behandles ca. 50 tons affald på en måned for at opnå 100.000 kr. i ekstra værdi. Dette vil kræve behandling af ca. 2-4 enheder per minut (notebook, kamera, DVD-afspiller etc.). Med en forventet merværdi på 28 procent ser regnestykket bedre ud. Værdien skal dog stadig hentes ud af affaldet – fx på et smelteri – hvorved den ekstra værdi finder en fordeling mellem parterne i værdikæden.

En mere intelligent håndtering af WEEE-produkterne – såsom demontering af højværdiprodukter og udtagning af særlige værdifulde komponenter – kan give en god merindtjening. Der kræves dog en vis automatisering for at få produkter med, som ikke ligger i den absolutte højeste værdiklasse. Med tanke på at visse affaldsbehandlere allerede manuelt demonterer WEEE-produkter og tjener penge på det, vil selv en begrænset automatisering reducere omkostningerne for demontering.

Prisen på et pilot-automatiseringsanlæg til at klare opgaven kan være fra 1-5 millioner afhængig af funktioner, hastighed, teknologi og evt. manuel arbejdskraft til de mest komplicerede håndteringer. Derudover vil det kræve udvikling og test af de nødvendige teknologier. Prisintervallet skal vise mulighederne for at starte mere beskedent med mulighed for udvidelser, efterhånden som teknologien er testet. Nedenfor nævnte priser er på nogle mulige hovedkomponenter.

Prisbud på mulige teknologier og hovedkomponenter ³⁷	
Laserskærer med den krævede fleksibilitet	500-800.000 kr.
Vandskærer	100-200.000 kr.
Visionssystem, der kan genfinde kendte genstande på tilfældige pladser	500.000 kr.
Robotarm til at udtage kendte genstande	150-400.000 kr. (Afhængig af hastighed og vægt der skal håndteres)
Robot til at håndtere affaldet efter og under, det evt. skæres/valeses	Ukendt. Derfor forslag om manuel håndtering til at starte med.

Risici i denne forretningsmulighed er de teknologiske usikkerheder. Hvornår teknologien er god, hurtig og billig nok til, at en investering kan betale sig. At værdierne findes, er veldokumenteret i denne rapport og ved samtaler med affaldsbehandlere. Opgaven er derfor at finde den rigtige teknologi, teste denne og indføre den i en fornuftig hastighed.

³⁶ Der skal dog kompenseres for, at ikke alle notebooks bliver indsamlet, og at en nævnte værdi skal deles mellem affaldsbehandler og smelteri.

³⁷ Fremkommet i diskussion med DanRobotics og Center for Robotteknologi v. Teknologisk Institut.

6.4 Mulighed #3: Udtagning af materialefraktion



FIGUR 3 BILLEDE AF HENHOLDSVIS TANTALKONDENSATORER MED OG UDEN BEN

Forretningsmuligheden her består i at udnytte automationsteknologier til at udtage særligt værdifulde komponenter, som ikke bliver udtaget i dag. Når printkort sendes til oparbejdning, sker det oftest i en kobbersmelteovnsproces, hvorfra man kan udtage metaller som guld, sølv, kobber, metaller fra platin gruppen og andre værdifulde metaller. Det lader sig ikke gøre, for så vidt angår tantal og niobium. Tantal og niobium er to nært beslægtede metaller. Begge bruges i forskellige applikationer, hvoraf én dominerende anvendelse er til kondensatorer. Historisk er tantal mest brugt, men niobium-kondensatorer finder langsomt øget anvendelse. Dog ses et markant fald i brugen af begge typer kondensatorer i nye *high end designs*³⁸.

Udtagning af tantalkondensatorer praktiseres kun manuelt i dag og kun visse steder. Da tantal derfor hovedsageligt altid tabes, er der en oplagt mulighed for en automatiseret proces til at frasortere komponenter indeholdende tantal. I global sammenhæng udvinder Europa og Nordamerika ca. 3% af verdens primærproduktion og Australien ca. 20 procent³⁹.

Værdien af tantal recycling vil tilføre genvindingsindustrien en forretningsmulighed, den ikke har i dag. Blotlagte og opsamlede tantaltholdige komponenter er interessante for udenlandske smelteværker, idet de har sammenfaldende interesse i rene fraktioner til produktion af rene metaller, der afsættes til komponentindustrien. Det muliggør smelteværkerens forretningsmulighed på et marked, der er præget af efterspørgsel i Europa og i Nordamerika og af udbud fra få tantalleverandører i oversøiske lande. Konkret gælder det i Europa virksomheder som Umicore Group i Belgien, Boliden AB i Sverige og Aurubis AG i Tyskland. Udtagning af tantalkomponenter er således interessant i forhold til beskæftigelse og omsætningen i dansk genvindingsindustri.

Elementer i forretningsmodellen

Der findes i dag ikke dedikerede teknologier, der kan udtage bestemte komponenter fra printkort i de typiske størrelser for tantalkondensatorer, der typisk er runde eller kubiske komponenter på mellem 1 og højst 15 mm i tre dimensioner. Kombinationer af eksisterende teknologier kan tages i anvendelse til at løse opgaven.

Identifikation af komponenter er en forudsætning for produktion af rene fraktioner, uanset hvilken teknologi man anvender til at ”indfange” den fysiske komponent. Et bud på løsning af denne funktion er vision- og røntgenteknologi til optisk identifikation/ genkendelse af komponenterne. Enten fastsiddende på printkort eller afmonterede. Andre ikke prøvede muligheder kan være

³⁸ Mailinterview med seks hardwaredesignere

³⁹ <http://tanb.org/tantalum>

identifikation vha. af strålskilder og/ eller varmekilder (hvirvelstrøm) og de udvalgte komponenters reaktion på dette, der kan måles og afgøre hvilken komponent, der er identificeret, og præcist hvor de er identificeret.

Udtagning – fysisk indfangning af den identificerede komponent – kan realiseres vha. robotteknologi, udstansning, robotarme og -kæber. Andre teknologier, der kan bringes i spil til sortering, er ”blæsning” af komponenter, hvor alle printmonterede komponenter afmonteres og blæses gennem et rørsystem, hvor en sortering foretages på grundlag af identificering.

Teknologiens kritiske parametre i forhold til markedsværdien af efterspurgte mængder er renheden, der kan opnås i sorteringen, samt hastigheden, hvormed udtagning og sortering kan foretages. De kendte, eksisterende teknologier vil efter ekspertvurdering skulle testes og videreudvikles. Udfordringerne er forskellige fysiske størrelser på de aktuelle emner og at kunne skelne tantalkondensatorer fra andre relativt ens udseende komponenter. Udviklingsomkostningerne vil i høj grad afhænge af ønsket præcision og proceshastighed, af graden af tilsmudsning af printkort og af den fysiske håndtering af forskellig størrelse printkort.

Har man selve printkortene separeret, er den amerikanske virksomhed ATMI ved at kommercialisere en såkaldt eVolv-proces⁴⁰, som påstås at have en bedre genvindingsgrad end smelteværkerne og langt mindre forurening. Det ville i givet fald give et væsentligt løft i genvundne værdier fra printkort. Den refererede eVolv-proces påstås at kunne opnå op til 99 procent genindvinding af metaller, hvor smelteværker ligger på 95 procent for kobber og ædelmetaller (Bakas, et al., 2013).

Økonomien i udtagning af tantalkondensator beror på hvor mange printkort, der kan indsamles fra demontering af WEEE-produkter fra kategorierne 3 og 4 og hvilke. Antallet af tantalkondensatorer indeholdt i forskellige WEEE-produkter varierer. Følgende eksempel viser potentialet for tantal i notebooks, hvor rapporten (Danish Technological Institute, 2014) har fundet, at der er 800 mg tantal/kg materiale fra notebooks. En notebook vejer i snit 2,8 kg i undersøgelsen, og printkortene udgør 13,7 procent af notebookens vægt. Dette giver 5800 mg/kg printkort.

Mængden af solgte notebooks i Danmark er 820.000⁴¹ svarende til 1800 kg Ta pr. år, som med en pris på 3000⁴²kr./kg giver 5,4 millioner kroner i tantal, som må formodes i dag stort set ikke at blive indvundet. Indholdet af tantal i en tantalbaseret kondensator er ca. 40 procent, og antallet pr. apparat svinger mellem 1 og 30 stk.⁴³ (synligt genkendelige) med en vægt på mellem 0,1 - 0,5 gram (Berlin, 2013). Hvis der er 1 stk. på et print, giver det ca. 0,2 gram tantal per printkort. Er der 30 stk., kan det være op til 4 gram tantal. Med en kilopris på omkring 3000 kr. bliver det fra ca. 0,8 kr. til 12 kr. per printkort (råvarepris, dvs. prisen, de kan afsættes til hos en oparbejder/ et smelteværk, er noget lavere).

Investeringsbehovet for en proces til udtagning af tantalkondensatorer vil være afhængig af den ønskede grad af automatisering. Der kunne tænkes en udviklingsvej i to faser. Første fase, hvor der afprøves forskellige teknologier til at identificere kondensatorerne. Dette kan være røntgen, termisk, vægtfylde, manuel udpegning etc. Anden fase kunne have fokus på udtagning af kondensatorerne og håndtering af printkortene. Begge dele vil kunne afprøves i pilotprojekter og afgøre, hvorvidt et anlæg kan udvikles, produceres og til hvilke omkostninger.

⁴⁰ <http://www.atmi-evolv.com/the-evolv-process>

⁴¹ Tallet er for solgte notebooks og modsvarer ikke præcis det samme antal skrottede. I det lange løb kan man forvente, at antal skrottede i gennemsnit vil svare til antal indkøbte, dog minus dem, der bliver eksporteret, smidt i dagrenovation etc.

⁴² De 3000 kr. er råvarepris. Prisen, man kan få ved indlevering til et smelteværk, må forventes at være væsentlig lavere.

⁴³ 4 stk. i harddisk, mainboard, USB-kort, 1 stk. i router, 30 stk. i mobiltelefon.

En rentabel investering vil kræve indgående kendskab til hvilke typer af printkort, der indeholder flest kondensatorer, hvor store de er, hvilke det derfor kan betale sig at håndtere samt tal for hvilke mængder af printkort, der bringer rentabilitet i investeringen. Et godt kendskab til WEEE-produkterne og afsætningsmulighederne er essentielt. Dette kan relativt nemt testes af en affaldsbehandler ved en manuel gennemgang af printkort i deres forskellige fraktioner.

Prisbud på mulige teknologier og hovedkomponenter ⁴⁴	
Visionssystem til at udpege tantalkondensatorer	400-500.000 kr. (præcision ukendt)
Termisk analyse	200.000 kr.
Røntgen med analyse	500.000 kr. (fejlrater ukendt)
X-Y-robot til aftagning	300.000 kr.
X-Y-system til udstansning af komponent	200.000 kr.

Risici. Udtagning af tantal kan have tidsbegrænset relevans, idet tantal bruges mindre og mindre i nye highend designs, om end de dog stadig bruges i forbrugerprodukter. De største risici er en ukendt mængde af kondensatorer på printkortene. De kan dog minimeres væsentligt ved en relativ simpel undersøgelse af flere forskellige fraktioner af ældre WEEE-produkter og en markedsviden om, hvor længe disse fraktioner kan skaffes.

6.5 Diskussion af de tre forretningsmuligheder

De tre forretningsmuligheder giver i sammenhæng en værdikæde, hvor der er mulighed for at udnytte værdierne bedre end i den traditionelle oparbejdningskæde. Udtagning af tantalkondensatorer (mulighed #3) kræver, at printkortene er blotlagte. Dette kan gøres i en demonteringsproces (mulighed #2), hvorved der også bliver tilgang til andre værdifulde komponenter. Hvis det skal kunne gøres i en automatiseret proces, vil det være en oplagt fordel at modtage ens fraktioner af WEEE. Disse kan samles ved en central sorteringsfacilitet (mulighed #1), som kan give bedre overblik, god sandsynlighed for stabile leverancer og kontrol over flowet af WEEE.

De tre muligheder har dog også individuelle forretningsmuligheder uden de to andre. Fx kan affaldsbehandlere, der allerede manuelt skiller visse fraktioner ad, efterfølgende behandle printkort igennem en linje, der frasorterer tantalkondensatorer.

Økonomien i de tre muligheder er nemmest at forholde sig til ved mulighed 2 og 3. Ved mulighed 2 kan den enkelte virksomhed – ud fra den betaling de i dag får for aflevering af materiale til smelterierne – vurdere hvilken værdistigning, der skal til, for at en investering er rentabel. En oplagt test vil være vha. en manuel sortering at demontere en mængde affald (100-1000 kg) i korrekte fraktioner og ud fra denne mængde få analyseret værdien hos fx Umicore. På den måde kan det relativt nemt undersøges hvilke fraktioner, det kan betale sig at starte med (kamera, telefon, notebook, etc.). Formålet er at verificere markedspris for demonteringsproduktet (mulighed #2). Dette er allerede sket hos flere affaldsbehandlere, som konstaterede, at værdistigningen var så betydelig, at den med visse højværdifraktioner allerede i dag kan forsvare en manuel demontering. Med den hastige udvikling af teknologien inden for automatisering er det således ikke et spørgsmål ”om”, hvorvidt det kan betale sig, men mere hvornår, i hvilken grad og med hvilke fraktioner.

⁴⁴ Fremkommet i diskussion med DanRobotics og Center for Robotteknologi v. Teknologisk Institut og Dyrmark Aps.

Ved diskussioner med teknologileverandører og affaldsbehandlere er de tre forretningsmuligheder blevet forholdsvis deres tekniske realiserbarhed, økonomi og umiddelbare mulighed for gennemførelse.

Mulighederne #2 og #3 er blevet mødt med bred accept af de potentielle muligheder – både teknisk og økonomisk. Affaldsbehandlere har allerede erfaring med forskellig værdier, når der er brugt mekanisk (shredding) adskillelse kontra manuel demontering, med tydelig merværdi i den manuelt behandlede fraktion. Derudover er der forskellige delprojekter og tiltag undervejs med automatisering. Tillægsgevinster ser ud til også at kunne være på arbejdsmiljøside, hvor både løft og håndtering kan reduceres vha. teknologi. Men også håndtering af miljøfarlige stoffer i bestemte fraktioner – såsom kviksølv i fladskærmsbelysningen – vil kunne afhjælpes med automatisering.

Mulighed #1 er den mest kontroversielle. Der er lavet en større udredning af central affaldssortering (Miljøprojekt nr. 1559, 2014), hvor mange af de reguleringsmæssige aspekter samt økonomi behandles. WEEE-produkter er omfattet af anden regulering, men har derudover traditioner, forretningsmodeller og markedsopsplitning mellem elretur og ERP med to årlige udbudsrunder, som de væsentligste hindringer for en central løsning. ERP, elretur og affaldsbehandlere har tilpasset deres forretningsmodeller til de nuværende omstændigheder. Større ændringer i dette samspil vil være vanskelige, men tanker om en central sorteringsenhed, forretningsmodel, stordriftsfordele og aktørernes medejerskab kunne befordre en diskussion mellem parterne og føre til en forbedret løsning. Dette kunne fx være et system med sporbarhed for de enkelte WEEE-produkter og dermed deres fordeling, eller det kunne være baseret på mere lokale systemer – evt. helt ude hos affaldsbehandlere eller i regi af ERP og elretur. Jo større automatisering af demontering (#2), der sættes i gang, desto større vil behovet være for sorterede fraktioner, uanset hvad der sker hos den enkelte affaldsbehandler eller på landsplan.

De forskellige mulige teknologier, der kan bidrage til mere automatiske løsninger, er stærkt repræsenteret hos de danske teknologileverandører. Det gælder vision/genkendelse og robot, systembygning etc. Det vil derfor være oplagt at arbejde med at skabe proceslinjer til først og fremmest ”åbning” af WEEE-produkterne og udtagning af tantalkondensatorer og andre specielle komponenter (med særlig værdi eller miljøkrav). Derefter kunne fokus flyttes til automatisering af selve håndteringen og sortering af komponenterne blotlagt i demonteringsprocessen.

De mulige teknologier til selve ”åbning” kan være laser, vandstråleskæring, mekanisk bearbejdning og andre mekaniske metoder inden for knusning/ afskalning. Hertil visionssystem og senere automatisk håndtering. Den efterfølgende sortering kræver yderligere vision – fx i kombination med termografi, hvirvelstrømsopvarmning, røgten etc. De forskellige teknologier kan afprøves i mindre projekter og tages i brug løbende, efterhånden som der udvides til flere fraktioner, og behovet for manuel arbejdskraft kan reduceres.

Teknologien til central sortering er nok ikke den største udfordring. Her kræves et visionssystem, der kan genkende de forskellige stykker WEEE-affald og efterfølgende håndtering. De største udfordringer her er mere lovgivningsmæssigt og at få skabt samarbejde mellem de pågældende aktører og interessenter, således at risikovillig kapital til investeringen kan skaffes.

Økonomi. Det har ikke været muligt at skaffe tal for økonomien i den eksisterende WEEE-ordning, hvorfor her ikke er lavet beregninger for værdiflow ved en central sorteringsordning kontra den eksisterende ordning⁴⁵. Før der kan tages nærmere beslutning om de økonomiske muligheder i en sådan ordning, skal de forskellige partnere i fælleskab se på nuværende udgifter og indtægter og sammenholde disse med fordele og ulemper ved en central ordning.

⁴⁵ De enkelte parter holder af konkurrencemæssige hensyn informationerne hemmelige.

Økonomien i de to andre forretningsmuligheder er noget nemmere at få overblik over. Selvom en central ordning ikke findes, vil det være op til affaldsbehandlerne selv at skaffe ensartede fraktioner til at føde en automatisk demonteringslinje. Dette var dog ikke afskrækkende for de udspurgte affaldsbehandlere, da nogle ligefrem så det som en ekstra konkurrencefordel.

Den enkelte virksomhed kan – ved manuelt at demontere fx 1 ton WEEE-produkter af en bestemt fraktion og sende dem til et smelteri – få et præcist beløb for denne fraktion. Dermed kan man sammenligne med et 1 ton WEEE-produkter, der behandles traditionelt. Denne sammenligning vil derved give et præcist billede af merværdi ved en automatiseret linje af og investeringens rentable størrelse. Som ovenstående rapport viser, er det store værdier, der ikke udvindes i dag. Det bekræftes af de affaldsbehandlere, der har prøvet ovenstående.

Risici. Det største investeringsbehov er ved mulighed #1, og de enkelte risici her skal nøje sammenholdes med mulige gevinster. Et er de rent teknologiske risici, som kan afklares med et mindre testprojekt. Noget andet er det manglende samarbejde mellem de forskellige WEEE-parter, reguleringsmæssige hindringer, miljøpåvirkning ved transport etc. Til inspiration findes rapporten (Miljøprojekt nr. 1559, 2014) om central sortering af almindeligt affald og beregninger af omkostninger til etablering af dette.

Mulighed #2 indeholder usikkerheder omkring, hvor langt teknologien kan række mht. til automatisk demontering. Til at håndtere disse usikkerheder foreslås henholdsvis et pilotprojekt og en tilgang, der blander både automatisk og manuel arbejdskraft.

Mulighed #3; Den største risiko her er, at der bliver færre og færre tantalkondensatorer i visse WEEE-produkter. Visse telefonproducenter har for nogle år tilbage forladt brugen af tantalkondensatorer i nye produkter, og i mange highend-produkter er pladserne ved at være – eller er allerede – overtaget af keramiske kondensatorer og polymer-aluminiumkondensatorer⁴⁶. Tantalkondensatorer forefindes dog stadig i mange nye produkter – hovedsageligt forbrugerprodukter⁴⁷. Derudover vil der være yderligere muligheder for udvinding, idet tantal også bruges i visse integrerede kredse og specielle modstandstyper, som dog rent visuelt kan være svære at selekttere. Det må derfor konstateres, at økonomien i opsamling af tantalkondensatorer kan blive nødt til at skifte fra highend-produkter til mere billige produkter, der fortsat sælges i fremtiden, hvilket kan påvirke valget af fraktioner til demontering.

Verdensforbruget af tantal til elektronik har været faldende i en årrække. Men med en verdensproduktionsmængde til elektronik på over 600 tons⁴⁸ er der stadig nye tantalkomponenter i omsætning. Prisen på tantal er påvirket fra flere fronter. Mangel på forsyningssikkerhed og et dårligt ry fra miner i urolige områder har fået nogle elektronikproducenter til at fravælge tantalkondensatorer. Tantal bruges derudover også andre steder i industrien, som kan trække prisen i andre retninger og gøre en forudsigtelse af både forbrug og pris særdeles vanskelig. Der eksisterer dog stadig mange WEEE-produkter, som i mange år fremover vil blive kasseret. Her er et stort antal tantalkondensatorer og andre komponenter indeholdende tantal, hvilket giver basis for en investeringshorisont et godt stykke tid endnu.

Andre påvirkninger. Mulighed #1 er klart der, hvor der sker størst påvirkning af andre interessenter. Det kan være mindre ting, såsom at det vil være nødvendigt at klippe ledninger af WEEE-produkterne, således at disse ikke vikler sig sammen⁴⁹. Større påvirkninger vil være muligheden for at frasortere elektronik, der kan genbruges, en ekstra aflæsning og pålæsning,

⁴⁶ Mail-interview med 6 hardwaredesignere fordelt på 8 virksomheder.

⁴⁷ Rapport over forventet forbrug af tantalkondensatorer 2013-2018 : <http://www.paumanokgroup.com/tantalum-capacitors-world-markets-technologies-opportunities-2013-2018-isbn-1-893211-11-8-2013.html>

⁴⁸ <http://tanb.org/node/8>

⁴⁹ Dette må i dag ikke gøres på genbrugspladserne, da det forringer værdien i fraktionen. Med central sortering er dette løst, da de enkelte dele sælges som afklarede fraktioner med kendt indhold.

mulighed for bedre kontrol med enkeltdele og mængder og så naturligvis behovet for en fælles investering og samarbejde parterne imellem.

Påvirkningen fra mulighed #2 vil hovedsageligt være i samspillet mellem affaldsbehandler og smelteri, hvor indholdet i affaldet vil kunne ændre sig. Ved en demontering vil mængden af plaststykker i affaldet være mindre, hvilket kan betyde et øget behov for energi til opvarmning hos nogle smelterier – om end marginalt. Plast kan med fordel afsættes til en højere pris hos plastgenvindere. Ligeledes vil der være behov for et tæt samarbejde med smelterierne om mængden af værdier i affaldet, som vil variere afhængigt af hvilke WEEE-produkter, der har ligget til grund for materialet. Dette vil give flere forskellige kvalitetsgrupper af affaldsmateriale, som stiller øgede krav til håndtering, kvalitetskontrol og prisforhandling.

I USA er der en voksende erkendelse af behovet for behandling af deres voksende mængder WEEE. I modsætning til i Europa er der ingen større smelterier i USA, og de er i øjeblikket nødt til at eksportere deres affald til omsmeltnng. Dette kan føre til, at der bliver bygget større smelterier i USA. Men det kunne også føre til nye innovationer med bedre udnyttelsesgrad, miljøpåvirkning etc. En af de muligheder, der bl.a. nævnes i en rapport (Namias, 2013), er den tidligere omtalte eVolv-teknologi. Den har ikke kommerciel udbredelse endnu, men teknologier som denne kan lige såvel i USA som i Europa være med til at sætte andre spilleregler for forholdet aktørerne imellem, hvis det i fremtiden ikke kun er smelterier, der kan være afsluttende aftager.

Potentialerne for mulighederne #2 og #3 vil kunne testes relativt nemt hos en affaldsbehandler i samarbejde med en teknologileverandør. Ved manuelt at demontere forskellige slags fraktioner kan der opnås tal for hvilke, det kan betale sig af demontere, og hvor meget merværdi, der kan opnås. Ud fra disse kan der laves beregninger til investeringen, og der kan startes med en proceslinje med relativ simpel teknologi og en vis manuel arbejdskraft, som derefter løbende kan forbedres i takt med fremkomsten af ny teknologi.

Økonomien i mulighed #3 kan afprøves ved en simpel optælling af hvor mange printkort, der passerer igennem, og hvor mange tantalbærende komponenter, der er monteret i de forskellige fraktioner, virksomheden håndterer. Hvis virksomheden ikke har noget nævneværdigt flow af hele printkort, kan en mulighed være at lade den første findelte fraktion (med printkortstykker på 15-20 cm² størrelse) passere igennem en proceslinje, der manuelt kan udtage tantalkondensatorer. Begge ovennævnte muligheder er stærkt afhængige af de fraktioner, der behandles, og af værdien i disse. Hvis mulighed #1 med central sortering bliver gennemført, vil dette netop kunne levere grundlaget for ens fraktioner med forudsigelige værdier.

Danske teknologileverandører vil kunne få en styrkeposition ved at tilbyde anlæg til automatisering af demontering, eftersom hovedvægten hos affaldsbehandlerne stadig er på at forbedre sorteringsmetoderne efter shredding. Hovedparten af fundne patenter og metoder går netop på at forbedre disse sorteringer. Dette giver både fordele og ulemper for eventuelle danske leverandører. Hvis man i Danmark etablerer en central sortering, vil det give et ekstra incitament og en ekstra mulighed for automatiseret demontering. I udlandet, hvor en central sortering ikke findes, vil dette være en barriere. Ligeledes må det forventes, at affaldsbehandlere, som har investeret i shredding og sortering, vil tøve med at indføre helt nye processer til demontering, fordi det kræver andre salgskanaler og håndtering end de traditionelle, der aftager fast definerede fraktioner fra shredding og efterfølgende sortering.

Diskussioner på, under og efter workshoppen viser stor entusiasme hos både affaldsbehandlere, teknologileverandører og videninstitutioner til at søge nye muligheder inden for håndtering af WEEE-produkter. Noget, der kan befordre den udvikling, er bl.a. at lade disse parter møde hinanden jævnligt og give mulighed for pilotprojekter, hvor nye teknologier kan afprøves. En ekstra gevinst fra workshoppen var bl.a. forskellige ”hemmelige” projektmuligheder parterne imellem. De

fleste af disse projekter er stadig i støbeskeen, men et mindre antal af projektideerne er allerede nået til fondsansøgning og mere konkret samarbejde.

Referencer

- Bakas, I., Fischer, C., Harding, A., Haselsteiner, S., Kosmol, J., Milios, L., . . . Wilts, H. a. (2013). *Present and potential future recycling of critical metals in WEEE (Working paper)*. European Topic Centre on Sustainable Consumption and Production European Environmental Agency .
- Berlin, T. (2013). RECOVERY OF CRITICAL METALS – TOWARDS A PARADIM SHIFT IN WEEE RECYCLING. *ISWA conference*.
- Danish Technolocial Institute. (2014). *DANISH WEEE MARKET, A study of markets, actors and technologies in treatment of WEEE in Denmark*. Miljøstyrelsen.
- Danish Technolocial Institute, Ecorys, CRI. (2013). *Treating Waste as a Resource for the EU Industry. Analysis of Various Waste Streams and the Competitiveness of their Client Industries*. EU Kommissionen.
- EU-Kommissionen. (2010). *Critical raw materials for the EU*. EU Kommissionen.
- EU-Kommissionen. (2014). *REPORT ON CRITICAL RAW MATERIALS FOR THE EU*. EU Kommissionen.
- Frost & Sullivan. (2013). *European Waste Eelectrical and Electronics Equipment Recycling Market*. Frost & Sullivan.
- Miljøprojekt nr. 1559, 2. (2014). *Automatisk affaldssortering – teknologier og danske udviklings- og produktionskompetencer*. Miljøstyrelsen.
- Namias, J. (2013). *THE FUTURE OF ELECTRONIC WASTE RECYCLING IN THE UNITED STATES, Obstacles and Domestic Solutions*. Columbia University.
- UNEP, I. R. (2013). *Metal Recycling Opportunities, Limits,Infrastructure*.
- WIPO. (2013). *Patent landscape report on E-Waste Recycling Technologies*.

Bilag 1: Samlet liste over forretningsmuligheder

Nedenstående tabel er den samlede mængde forretningsmuligheder, der er blevet identificeret undervejs i projektet. De tre muligheder, der arbejdes med i rapporten, er udvalgt blandt disse.

Forklaring til tabellerne nedenfor	
P	Interessant for producenter
G	Interessant for genanvendere
T	Interessant for teknologileverandører
I	Implementering. E=eksisterende forretningsmodel, K=mulighed på kort sigt, L=Mulighed på længere sigt
Vurdering	En kort "slag på tasken"-vurdering af værdien af forretningsmuligheden. ? udtrykker usikkerhed og \$ udtrykker værdi. Så \$? betyder, at muligheden sandsynligvis er profitabel – men økonomien er usikker.
●	Primær interesse for aktøren
○	Sekundær interesse for aktøren

TABEL 6 FORRETNINGSMODELLER, SOM HENVENDER SIG TIL TEKNOLOGILEVERANDØRER

Navn	Kort beskrivelse	P	G	T	I	Vurdering
State-of-the art-viden	Følge med internationalt og være sikker på, at løsninger er i verdensklasse. Ikke alle leverandører siger, de er markedsledende. Eksisterer – men kan styrkes.	A	●	●	E	\$
Standardisering af teknologier	Der findes turn-key-løsninger internationalt. Vi har ikke mulighed for at vurdere styrkerne her – blot at en fælles udvikling af effektiv standard løsning kan være et godt svar. Med standard menes løsninger, der kan tilpasses mange genindvindere, når først udviklet og testet.	B	●	●	L	\$\$\$
Guld-modellen	Metoder til udvinding af det guld, der pt. mistes – evt. ved at udvikle nye behandlingsmetoder/koncepter (Guld kan bl.a. tabes med jernfraktionerne fra mekanisk oparbejdning og genanvendes ikke i stålværker).	C	●	●	E	\$\$\$
Tantal	Metoder til udsortering og genvinding af tantal fra kondensatorer – evt. via selektiv udtagning. Tantal genvindes ikke af kobbersmelteværkerne, da det ikke er rentabelt. Hvis kondensatorerne separeres, er koncentrationen høj nok til, at tantalindholdet bliver interessant vedr. genvinding. For modeller, hvor der skal udvikles ny teknologi, er indtægten for teknologileverandørerne bestemt af hvor mange gange, teknologien kan gensælges. For genindvinderen er indtægten bestemt af værdien og af mængden af materialet på den ene side samt investering i udstyr og teknologi på den anden side.	D	●	●	L	???
Skærm genindvinding	Metoder til behandling af skærmholdigt affald, så indium og plast i skærmene genvindes samt det sædvanlige kobber og guld i print og stik.	E	●	●	L	???
Europium i skærme	Metoder til behandling af baggrundsbelysning i skærme. Europium m.m. Den økonomiske værdi er pt. begrænset	F	●	●	L	???
Neodymium i magneter.	Metoder til udvinding af neodymium fra magneter. (Flere MST-projekter pågår).	G	●	●	L	???
Genindvinde plast	Metoder til bedre (billigere/maskinel) genvinding af plast, som ikke er en kritisk ressource, men en vigtig økonomisk ressource.	H	●	●	L	???
Robotter	Robotadskillelse af produkterne. Robotter og automatiseringsteknologi anvendes i mange af de foreslåede forretningsmuligheder ovenfor. Kan ikke konkret værdisættes. Det afhænger igen af teknologivalg, udviklingsomkostninger, mængder, værdier mv.	I	●	●	L	???

TABEL 7 FORRETNINGSMODELLER, SOM HENVENDER SIGT TIL GENINDVINDERE

Navn	Kort beskrivelse		P	G	T	I	Vurdering
Internationale virksomheder	Udnytte internationalt familieskab. Virksomheder med udenlandske ejere i samme branche kan optimere anlæg over grænserne. Sker i dag.	K	●		E		\$\$\$
Eksport af affald	Hvis udlandet kan behandle mere effektivt – eller andre i den internationale familie – bliver affaldet eksporteret. Tab af arbejdspladser i Danmark.	L	●		E		\$\$\$
Import af affald	Hvis danske virksomheder kan behandle mere effektivt, kan affald importeres. Gevinst arbejdspladser.	M	●		K		\$\$?
Specialisering	Specialisering – samarbejde med andre og fokusere der, hvor man er bedst. Specialisering kan være over landegrænserne og foregår allerede i dag, hvor elektronikaffald for Danmark eksporteres til behandling.	N	●		E		\$\$\$
International orientering	Der er en stærk international udvikling på behandling af elektronikaffald. Det gælder både aktører og teknologier. Vigtigt at følge med her. Uklart hvor systematisk, det sker i dag.	O	●	●	E		???
Renere fraktioner	Renere fraktioner er der penge i, hvis effektivt. Kræver know-how, teknologi eller dialog. Fx samarbejde med teknologileverandører. Værdien afhænger af materialet, renheden, værdien, omkostningen, mængden.	P	●	●			\$\$?
Indsamling	Samarbejde om indsamling. Effektivisering og grovsortering kan styrke økonomien og muligheden for renere fraktioner. Eksisterer – men kan styrkes.	Q	●		E		\$\$?
Samarbejde med kunderne	Samarbejde med kunderne som fx smelterier eller elektronikproducenter – eller opdyrke nye aftagere til specialiserede fraktioner. Eksisterer – men kan styrkes.	R	●		E		\$\$?
Automatisk grovsortering.	Automatisk grovsortering på genbrugsplads. Hvis grovsorteringen centraliseres og automatiseres, får genindvinderen en mere velsorteret råvare og kan lettere specialisere sig. For teknologileverandører er der økonomi i at kunne levere et anlæg.	S	●	●	L		\$\$\$
Information	Bedre orientering/information på genbrugspladsen. Genbrugspladserne sorterer allerede i dag i mange fraktioner.	T	●		E		???
Design for robotter	Muligheder for mærkning af produkter med særligt værdifulde ressourcer, som kræver særskilt behandling –fx udkæring/demontering af en specifik komponent med en robot.	U	●	○	○	L	???

TABEL 8 FORRETNINGSMODELLER, SOM HENVENDER SIGT TIL PRODUCENTER

Navn	Kort beskrivelse	P	G	T	I	Vurdering	
Take-back-ordninger	Direkte samarbejder mellem elektronikproducent og genindvinding. Fx på udvalgte komponenter, produkter eller materialer. Attraktivt, når komponenter og materialer er kostbare og kan genanvendes økonomisk fordelagtigt. Eksisterer, men kan måske styrkes. Foregår direkte B2B.	V	●	○	E	\$	
Design for re-use.	Produkter, der er lette at skille ad, har større værdi som genbrug eller i take-back-ordninger. Kan være opmærkning eller intelligente samlinger. Ikke helt i fokus her. Incitamentet kunne måske hjælpes af rabatter på de kollektive ordninger ved genanvendelsesvenligt design. Mange udfordringer hos producenter – og gevinster hos genindvinder. Udfordring er international / global og kan næppe løses fra Danmark.	W	●	○	L	???	
Upgradia	Design for upgradia. Produktdesign, så produkter lettere kan genbruges frem for at blive til affald. Global udfordring, der næppe kan håndteres i Danmark. Skal drives af producenter, men vanskeligt at se deres umiddelbare fordel – ud over for first movers og tilbud på markeder, hvor upgrade-muligheden er interessant. Sammenhæng til reuse ovenfor.	X	●	○	L	???	
Incitamenter for producenter	Større fokus på, at producenter kan få nogle af omkostningerne retur, hvis der foretages en designændring, som letter separation af en værdifuld del (fx en stor neodymiummagnet). Skal nok håndteres internationalt. Sammenhæng til reuse ovenfor.	Y	●	○	○	L	???
Pant	Pant på udvalgte elektronikprodukter – et bud på en alternativ håndtering af udgifterne til kollektivordninger.	Z	●	○	L	???	

Nye muligheder for forretning med elektronikaffald

Den globale kamp om ressourcer skærpes med øget globalisering af handlen og vækst i BRIK-landene.

Opmærksomheden er især på sjældne og kritiske metaller, som ikke findes naturligt i Europa. Kina og lande uden for Europa har monopol på de fleste af de naturlige forekomster. Materialerne findes i Europa i elektronikprodukter, og det har sat "urban mining" og genanvendelse af elektronikaffald højt på agendaen i Europa.

Udvinding af ressourcer af elektronikaffald foregår allerede i dag, men med metoder, hvor kostbare eller kritiske metaller går tabt i processen, når metallerne i sidste instans udvindes på de store europæiske smelterier. Virksomheder, som har teknologi til kosteffektivt at skabe fraktioner af høj kvalitet, vil have en konkurrencefordel.

Analyse af værdier, aktører og teknologier med henblik på identificering af forretningsmuligheder ved behandling af elektronikaffald.



Miljøministeriet
Miljøstyrelsen

Strandgade 29
1401 København K
Tlf.: (+45) 72 54 40 00

www.mst.dk