E-AVFALL OCH RÅMATERIAL:
FRÅN MILJÖFRÅGOR TILL AFFÄRSMODELLER

Jurate Miliute-Plepiene
Lena Youhanan

EIT RawMaterials is supported by the EIT, a body of the European Union

Författare: Jurate Miliute-Plepiene och Lena Youhanan,
IVL Svenska Miljöinstitutet, januari 2019
Medel från: EIT KIC Raw materials and SIVL
Foto: Pixabay, om inte annat anges
Rapportnummer: B 2355-S
ISBN: 978-91-7883-144-9
Upplaga: Endast tillgänglig som pdf

© IVL Svenska Miljöinstitutet 2019
Box 210 60, S-100 31 Stockholm, Sverige
Telefon 010-7886500 // www.ivl.se

Rapporten har granskats och godkänts i enlighet med IVL:s ledningssystem.

BAKGRUND

Denna bok är resultatet av EU-projektet E-mining@schools, som samfinansieras av ett internationellt konsortium bestående av EIT RAW Materials i samarbete med elva internationella partners. Målet är att öka kunskapen och medvetenheten hos skolelever om miljömässiga och etiska överväganden och affärsmöjligheter relaterade till e-avfall och dess livscykel. En digital utbildningsplattform underlättar undervisningen i klassen.

Publikationen riktar sig till gymnasieskolan, yrkesskolor och samhället i stort samt innehåller läromedel för lärare om ämnet elektrisk och elektronisk avfallsutrustning (WEEE)[1] , råvaror och deras livscykler och deras betydelse för hållbarhetsmålen. Boken introducerar och förklarar på ett populärvetenskapligt sätt olika begrepp, som kritiska material, cirkulär ekonomi och de sociala och miljömässiga aspekterna av e-avfall. Särskilt fokus läggs på kritiska material och urban gruvdrift.

1)I juridiska handlingar används ofta definitionen av elektrisk och elektronisk utrustning (WEEE) och elektrisk och elektronisk utrustning (EEE), men för enkelhets skull kommer vi att använda ”e-avfall” och ”e-produkter”.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

BAKGRUND 3

1. E-AVFALL OCH RÅVAROR 5
   1.1. Vad är e-avfall? 5
   1.2. Vilka råvaror finns i e-avfall? 7
   1.3. Vilka material är kritiska? Varför? När? 8

2. MILJÖASPEKTER PÅ E-AVFALL OCH RÅMATERIAL 14
   2.1. Livscykeltänkande 15
   2.2. Brytning och utvinning av råvaror 17
   2.3. Övriga miljöaspekter 19

3. SOCIALA ASPEKTER PÅ E-AVFALL OCH RÅMATERIAL 21

4. VAD SKA MAN GÖRA? CIRKULÄR EKONOMI 24
   4.1. Hierarkin för avfallshantering 25
   4.2. Hur hanteras e-avfall idag? 26
   4.3. Allmän översikt över återvinningsprocessen 28
   4.4. Fördelar med återvinning av e-avfall och urban gruvdrift 29
   4.5. Förändringar i den cirkulära ekonomin 30
      4.5.1. Ekonomiska utmaningar med återvinning av e-avfall 30
      4.5.2. Miljö- och teknikfrågor 30

5. OLIKA AKTÖRERS ROLLER OCH ANSVAR 32
   5.1. Konsumenter 32
   5.2. Producenter 33
   5.3. Statliga aktörer 34
   5.4. Utökat producentansvar (EPR) 34
      5.4.1. Så här fungerar producentansvaret i Sverige 35
      5.4.2. Så här fungerar det i andra länder 37

6. KOMMUNIKATIONSSTRATEGIER FÖR ÖKAD CIRKULÄR FÖRVALTNING 38

7. KOMMUNIKATIONSKAMPANJER AV SKOLELEVER 39

REFERENSER 40

1. E-AVFALL OCH RÅMATERIAL

1.1. Vad är e-avfall?

Elektrisk och elektronisk utrustning (EEE) är en definition av produkter som är beroende av antingen elektrisk ström eller elektromagnetiska fält för att fungera. Detta inkluderar utrustning som genererar, överför eller mäter elektriska strömmar eller elektromagnetiska fält. Ett effektivt sätt att känna igen e-produkter är att identifiera om strömförsörjning eller batteridrift krävs för att utrustningen ska fungera korrekt. En e-produkt blir e-avfall från elektrisk och elektronisk utrustning när ägaren gör sig av med hela produkten eller delar av den utan att ha för avsikt att återanvända produkten eller delarna. Inom Europeiska Unionen är WEEE-direktivet (2012/19/EU) den övergripande lag som är utformad för att reglera avfallshanteringen och i slutänden minska mängderna av och miljö- och hälsoriskerna från e-avfall.

E-avfall är en komplex avfallsström eftersom det innehåller en stor variation av material inklusive olika plaster och metaller, varav vissa kan vara mycket värdefulla och/eller farliga om de inte hanteras korrekt. I allmänhet benämns e-avfall vanligtvis som elektroniskt avfall, e-avfall eller e-skrot. Typiska exempel på e-avfall[2] är kasserade datorer, TV-apparater, hushållsmaskiner, vitvaror eller mobiltelefoner. Det är den snabbast växande avfallsströmmen både i EU och globalt (Europeiska kommissionen 2018). Globalt genererades år 2016 cirka 44,7 miljoner ton e-avfall och år 2021 förväntas mängden e-avfall uppgå till ungefär 52,2 miljoner ton (Baldé, Forti et al. 2017).

WEEE-direktivet (2012/19 / EU) klassificerar e-avfall i följande grupper (för förklaringar och exempel, se tabell 1): Elektriska och elektroniska produkter:

- Dataskärmar, monitorer och utrustning som innehåller dataskärmar
- Lampor
- Stor utrustning (externa dimensioner på mer än 50 cm);
- Liten utrustning (ingen yttre dimension på mer än 50 cm;
- Liten IT- och telekommunikationsutrustning (ingen yttre dimension på mer än 50 cm).

2) Den huvudsaklig skillnaden mellan elektrisk och elektronisk utrustning är att elektriska enheter omvandlar den elektriska energin till den andra formen av energi som värme, ljus, ljud, etc. medan den elektroniska enheten styr flödet av elektroner för att utföra specifika uppgifter (https://brightknowledge.org/engineering/electrical-and-electronic-engineering-what-s-the-difference).

E-avfallsgrupper	Exempel
Utrustning för temperaturväxling	Kylskåp, frysar, utrustning som automatiskt levererar kylande produkter, luftkonditioneringsutrustning, avfuktningsutrustning, värmepumpar, radiatorer som innehåller olja samt annan utrustning för temperaturväxling som använder andra vätskor än vatten för temperaturväxlingen.
Skärmar, monitorer och utrustning som innehåller skärmar	Skärmar, tv-apparater, LCD-fotoramar, bildskärmar, bärbara datorer, surfplattor, e-böcker-/e-läsare.
Lampor	Lysrör, kompakta lysrör, lysrörslampor, högintensiva urladdningslampor – inklusive högtrycksnatriumlampor och metallhalogenlampor, lågtryckslampor, LED-lampor.
Stor utrustning (yttre dimensioner på mer än 50 cm)	Tvättmaskiner, torktumlare, diskmaskiner, spisar, elektriska spisar, elektriska kokplattor, armaturer, utrustning som återger ljud eller bilder, musikutrustning (exklusive rörorglar installerade i kyrkor), apparater för stickning och vävning, stordatorer, stora utskriftsmaskiner, kopieringsutrustning, stora myntfacksmaskiner, stora medicinska apparater, stora övervaknings- och kontrollinstrument, stora apparater som automatiskt levererar produkter och pengar, fotovoltaiska paneler (solpaneler); hushållsprodukter; it- och telekommunikationsutrustning; konsumentutrustning; armaturer; elektriska och elektroniska verktyg; leksaker, fritids- och sportutrustning; medicinska apparater; övervaknings- och kontrollinstrument; små apparater som automatiskt levererar produkter; utrustning för generering av elektriska strömmar. Denna kategori inkluderar inte utrustning som ingår i kategorierna 1 till 3.
Liten utrustning (ingen yttre dimension på mer än 50 cm)	Dammsugare, mattsopare, apparater för sömnad, armaturer, mikrovågsugnar, ventilationsutrustning, strykjärn, brödrostar, elknivar, elektriska vattenkokare, klockor och armbandsur, elektriska rakapparater, vågar, apparater för hår- och kroppsvård, radioapparater, digitalkameror, videokameror, videobandspelare, hi-fi-utrustning, musikinstrument, utrustning som återger ljud eller bilder, elektriska och elektroniska leksaker, sportutrustning, datorer för cyklar, dykning, löpning, rodd, etc., rökdetektorer, värmeregulatorer, termostater, små elektriska och elektroniska verktyg, små medicinska apparater, små övervaknings- och styrinstrument, små apparater som automatiskt levererar produkter, liten utrustning med integrerade fotovoltaiska paneler (solpaneler). hushållsprodukter; konsumentutrustning; armaturer; utrustning som återger ljud eller bilder, musikutrustning; elektriska och elektroniska verktyg; leksaker, fritids- och sportutrustning; medicinska apparater; övervaknings- och kontrollinstrument; automatautomater; utrustning för generering av elektriska strömmar. Denna kategori inkluderar inte utrustning som ingår i kategorierna 1 till 3 och 6.
Liten IT- och tele-kommunikations-utrustning (ingen yttre dimension på mer än 50 cm)	Mobiltelefoner (smartphones, phablets etc.), GPS och navigationsutrustning, pocketkalkylatorer, routrar, persondatorer, skrivare, telefoner.

Tabell 1. *Grupper av e-avfall i EU och exempel (EWRN 2017)*

1.2. Vilka råvaror finns i e-avfall?

E-produkter innehåller många elektroniska komponenter, vilka i sin tur är tillverkade av en mängd olika råvaror som ger mycket olika och specifika elektrofysiska egenskaper och egenskaper – allt från isolering till elektrisk ledningsförmåga. Mer än 60 grundämnen från det periodiska systemet kan finnas i material och komponenter som används i elektronik (Baldé, Forti et al. 2017). Även om den största delen av dessa ämnen, baserat på vikt, är metaller och plast, kan materialen som används i elektronik klassificeras i fyra huvudgrupper:

1. Metaller

Många olika metaller används i elektroniska produkter. Stål och järn är de viktigaste och står för cirka 50 procent av produkternas vikt. Andra vanliga och välkända material är aluminium och koppar, som används för sin goda ledningsförmåga och formbarhet (goda egenskaper för att formas och pulvriseras). Flera andra metaller, som nickel, krom, bly, silver, guld eller tenn, används i motstånd, kondensatorer och omvandlare. Majoriteten av dessa andra metaller används i mycket små mängder.

2. Sällsynta jordartsmetaller

Sällsynta jordartsmetaller (REE) är en grupp av grundämnena lantanider, skandium och yttrium (totalt 17 ämnen). REE används vanligtvis i små eller mycket små mängder, men de är viktiga för många högteknologiska tillämpningar, till exempel för permanentmagneter, batterier, lasrar och lysämnen, fosfor (Bristøl 2015).

3. Plaster och andra oljebaserade material

Plaster är den näst största gruppen av material som används i elektroniska produkter och utgör cirka 20 viktprocent av e-avfallet. Plast används främst inom elektroniken som isolering och för sina värmebeständiga egenskaper (Cato 2017). I EU används cirka 2,6 miljoner ton plast årligen för produktion av elektriska och elektroniska produkter, vilket motsvarar 5,6 procent av den totala globala efterfrågan på plast i EU.

4. Mineraler och icke-metalliska material

Vissa metalloida, eller halvmetall-material, till exempel kisel, används också i e-produkter, vilket gör många av produkternas viktigaste tekniska egenskaper möjliga. Silikon och dess kemiska föreningar är de viktigaste råvarorna vid framställning av mikrochips och halvledare. Andra icke-metalliska eller halvmetalliska material är antimon, vismut, kobolt, fluorit, granat, magnesium och talk. Material som keramik används också för sina isolerande egenskaper. Vissa leror, glas, kalcium och kol (i olika former) används också ofta.

Farliga ämnen

Många elektroniska produkter innehåller farliga ämnen, som tungmetaller, t.ex. kvicksilver, bly, kadmium, krom, etc. (Baldé, Forti et al. 2017). Dessa utgör risker både för människornas hälsa och för miljön genom att de kan hamna i både livsmedel och ekosystem och sedan lagras i levande vävnader. Andra farliga ämnen är till exempel bromerade flamskyddsmedel som används i plast, och som har liknande negativa effekter. De största riskerna för exponering och skadliga hälsoeffekter kan ofta härledas till felaktig hantering/återvinning av e-avfall. Felaktig hantering kan till exempel direkt påverka personalen på avfallscentraler eller indirekt påverka samhället som helhet genom läckage till mark och vatten, skada mikroorganismer, rubba ekosystem och lagras i livsmedelskedjor. Några exempel på giftiga ämnen och deras möjliga hälsorisker finns i tabell 2.

Guld - Tryckta kretskort, datorchips (CPU), kontakter/fingrar
Silver - Tryckta kretskort, datorchip, tangentbordsmembran, vissa kondensatorer
Platinum - Hårddiskar, kretskortkomponenter
Palladium - Hårddiskar, kretskortkomponenter (kondensatorer)
Koppar - CPU-kylflänsar, ledningar och kablar, kretskort, datorchip
Nickel - Kretskortetskomponenter
Tantal - Kretskortskomponenter (vissa kondensatorer)
Kobolt - Hårddiskar
Aluminium - Tryckta kretskort, datorchip, hårddiskar, CPU-kylflänsar
Burk - Tryckta kretskort, datorchip
Zink - Kretskort
Neodymium - Hårddiskar (magneter)

Tabell 2. *Exempel på farliga material som finns i e-avfall och deras farliga effekter (Chen, Dietrich et al. 2011)*

Farliga material	Användningsområden	Effekter
Bly (Pb	Används i glas till CRT-skärmar (både TV och dator), kretsar, lödning i kretskort, blybatterier.	Cancerogen (kan orsaka cancer), neurotoxisk (kan orsaka skador på nervsystemen), reprotoxisk (toxisk effekt på reproduktionsprocesser), hormonstörningar, persistenta, bioackumulerande (tenderar att samlas i organismer) och giftiga. Effekterna är mest skadliga i livmodern och hos barn.
Kvicksilver (Hg)	Används i lysrör, plattskärmar, tippningsbrytare, mobiltelefoner etc. Enligt vissa studier innehåller varje elektronisk enhet åtminstone en mycket liten mängd Hg.	Cancerogen, neurotoxisk, reprotoxiska effekter, ihållande toxiska, hormonstörande, bioackumulerande egenskaper. Exponering för Hg är mycket skadligt för fostret och små barn.
Kadmium (Cd)	Finns mest i Ni-Cd-batterier, ljuskänsliga motstånd och korrosionsbeständiga legeringar för marina miljöer och inom luftfarten. Försäljningen av Ni-Cd-batterier (utom medicinska) har förbjudits i EU	Cancerogen, reproduktionsskadlig och neurotoxisk, mutagen, hormonstörande.
Bromerade flamskyddsmedel (BFR)	Används för att minska brandfarligheten hos plast i de flesta e-produkter. Innehåller polybromerade bifenyler (PBB), polybromerade difenyleter (PBDE), dekabromodifenyl (DecaBDE) och oktabromodifenyl (OctaBDE) etrar etc.	Cancerogen, reproduktionsskadlig och neurotoxisk, mutagen, hormonstörande.

Tabell 2. *Exempel på farliga material som finns i e-avfall och deras farliga effekter (Chen, Dietrich et al. 2011)*

1.3. Vilket material är kritiskt? Varför? När?

Vissa av de ovannämnda materialen används i små eller knappt spårbara mängder, men de kan ha allvarlig påverkan på miljö eller ekonomi. Vissa av dessa material benämns som kritiska beroende på att utbud och efterfrågan inte överensstämmer samt att det är kraftiga svängningar när det gäller priser eller begränsningar i utbudet av politiska orsaker (Bakas, Herczeg et al. 2016).

Under 2011, 2014 och 2017 publicerade EU listor över material som definieras som ”kritiska” för vårt samhälle och välfärden. Den senaste listan för 2017 innehåller 27 ämnen (tabell 3), i huvudsak olika metaller inklusive sällsynta jordartsmetaller (lätta sällsynta jordartsmetaller, LREE) och tunga sällsynta jordartsmetaller (HREEs)[3] och platinagruppsmetaller (PGMs)[4]. Det som definieras som kritiskt för dessa ämnen kan indelas i två huvudkriterier: ämnenas betydelse för ekonomin och tillgången till dem (figur 1).

Vår ekonomi kan inte fungera fullt ut utan vissa material. Den biomedicinska sektorn, transportsektorn, sektorn för förnybar energin och försvarssektorn (för att nämna några) förlitar sig på produkter, teknik och infrastruktur, som kräver en växande mängd främmande material som inte var

[3]REE är en kemisk grupp som kallas lantanider, som innehåller 17 ämnen som är indelade i två kategorier beroende på sin atomvikt: lätt och tung. LREE-gruppen består av 8 grundämnen: lantan (La), cerium (Ce), praseodym (Pr), neodym (Nd), prometium (Pm), samarium (Sm), europium (Eu), gadolinium (Gd). HREE omfattar resten av lanthaniderna (9 ämnen) som dysprosium (Dy), yttrium (Y) och terbium (Tb).

[4]PGM:er – platinagruppämnen (även kallad platinoider, platinider, platidider, platinagrupper, platinametaller och platinafamiljeämnen) är 6 ädla, dyrbara metallämnen grupperade i det periodiska systemet: rutenium (RU), rodium (Rh)), palladium (Pd), osmium (Os), iridium (Ir) och platina (Pt).

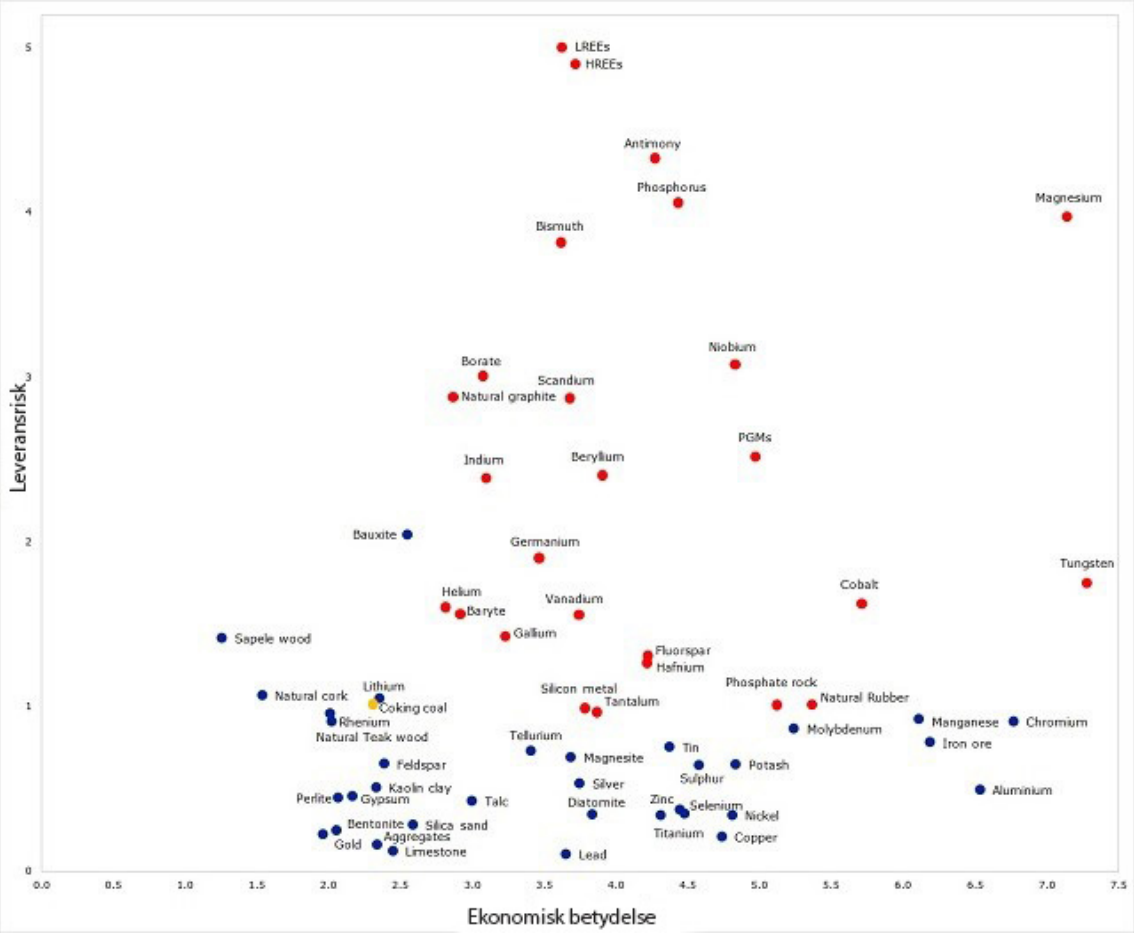


***Bild 1**. Lista över kritiska ämnen (i rött) i EU och hur stor risken är för brist på tillgång till de olika ämnena och ämnenas betydelse för ekonomin (Europeiska kommissionen 2017).*

viktiga tidigare. På exempelvis 1600-talet baserades den dominerande tekniken för kraftproduktion på vind- och vattenkraft och användning av material som kalcium, kol eller järn. Den växande industriella revolutionen under 1600- och 1700-talet ökade efterfrågan på ett växande antal andra material (Bild 2). Idag är många material – som gör avancerade funktioner möjliga för allt fler nya produkter och avancerade tekniska lösningar – allt mer ”exotiska”. I själva verket skulle den moderna ekonomin inte fungera utan de ämnen som återfinns i nästan hela det periodiska systemet.

Många kritiska ämnen används i elektrisk och elektronisk utrustning och tillverkningsprocesserna för dessa. Även om ämnena vanligtvis används i mycket små mängder är de viktiga i elektroniska produkter. Ett exempel är sektorn för halvledare som baseras på en betydande andel av den globala användningen av flera kritiska äm-

Antimon	**Naturgummi**
Flusspat	**Tantal**
LREEs	**Bor**
Fosfor	**Helium**
Baryt	**Niobium**
Gallium	**Volfram**
Magnesium	**Kobolt**
Scandium	**HREEs**
Beryllium	**PGM**
Germanium	**Vanadium**
Grafit	**Metalliskt kol**
Kisel	**Indium**
Vismut	**Fosfatsten**
Hafnium	

***Tabell 3.** EU:s lista över kritiska ämnen (European Commission 2017)*

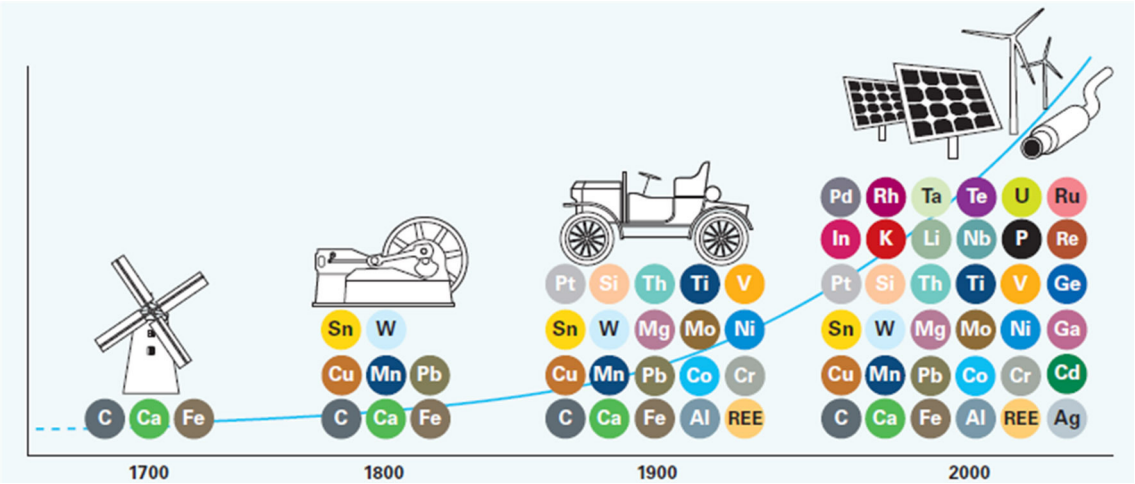


***Bild 2**. Användning av olika grundämnen ur ett historiskt perspektiv (Zepf, Simmons et al. 2014)*

nen som antimon, beryllium, kobolt, germanium, indium, PGM, grafit, REE, kiselmetall och volfram (figur 3).

En mobiltelefon kan till exempel innehålla upp till 50 olika typer av metaller, av vilka många är ädelmetaller och/eller sällsynta jordartsmetaller, som gallium, indium, niobium, tantal, tungsten och platinametaller PGM, Platina Group Metals. Alla dessa metaller gör det möjligt att konstruera mycket små halvledare, lätt vikt och många ”smarta” funktioner. Indium behövs för att aktivera pekskärmens funktionalitet; sällsynta jordartsmetaller (t.ex. yttrium, terbium, europium) är viktiga för att skärmar ska kunna visa olika färger; litium och kobolt används i batterier för att förlänga kapacitet och livslängd; ultra-rent guld, silver och platina används i mikrochips för sammankopplingar av kretsar, medan olika sällsynta jordartsmetaller har olika halvledaregenskaper (figur 4). Mängderna av dessa metaller är mycket små. Exempelvis är

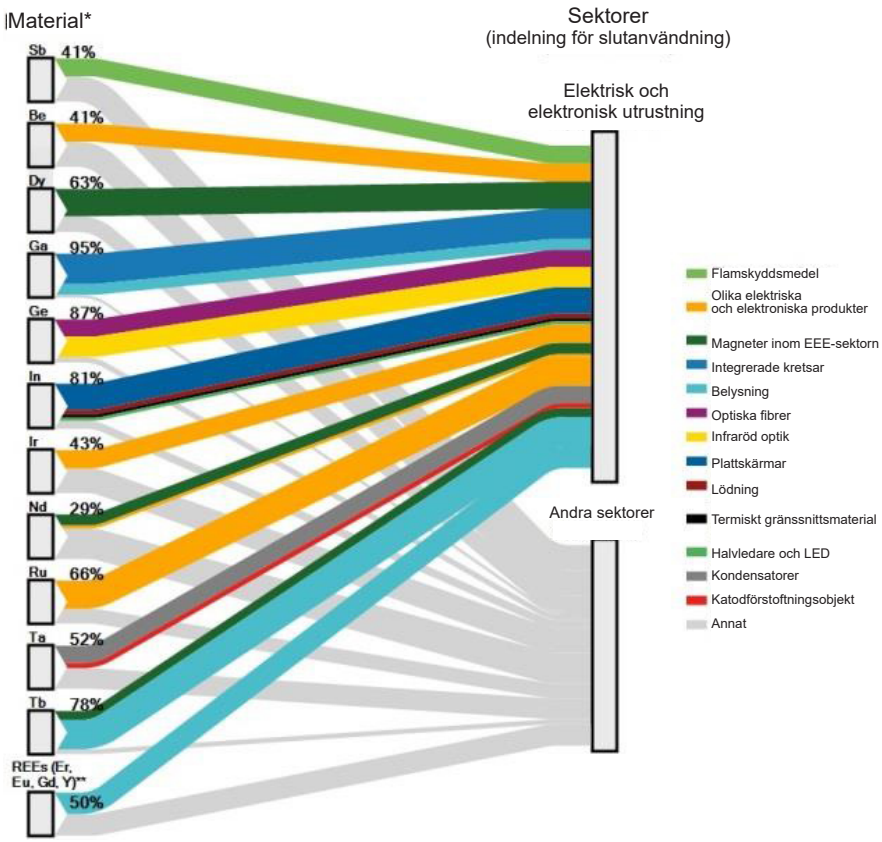


***Bild 3**. Andel kritiska råvaror som används inom el- och elektronikbranschen (Mathieux, Ardente et al. 2017).*

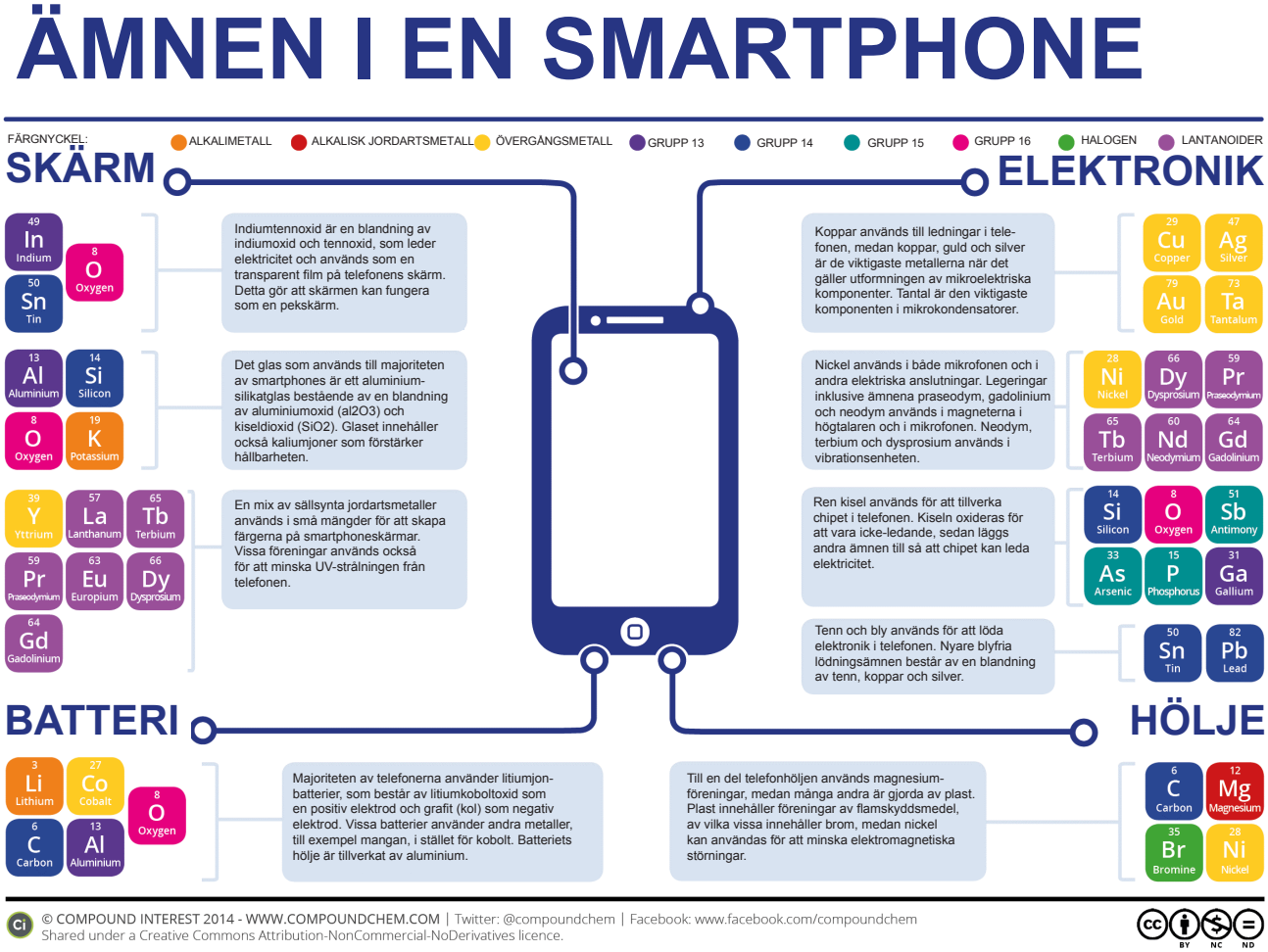


Bild 4. *Exempel på olika element som krävs för att en smartphone ska fungera (Compound Interest 2015).*

den genomsnittliga vikten av koboltinnehållet i en smartphone cirka 2 % av den totala vikten, guld 0,009 %, beryllium 0,001 % och palladium 0,004 %. Andra material finns i ännu mindre mängder (Bakas, Herczeg et al. 2016).

Andra användningsområden för kritiska material är så kallade hållbara framtida tekniker, som solpaneler, vindsnurror, energieffektiva lampor (t.ex. LED) och elbilar. Efterfrågan på sådan teknik ökar exponentiellt liksom efterfrågan på exotiska material. De sällsynta jordartsmetallerna neodym (Nd) och praseodym (Pr) behövs till exempel vid framställning av de permanentmagneter som används i vindkraftverk och elektriska fordon. Denna efterfrågan beräknas stiga med cirka 250 procent under den kommande tioårsperioden. Andra sällsynta jordartsmetaller behövs också för produktion av elfordon, särskilt för batterier och elmotorer – i genomsnitt behövs 1–2 kg mer än i konventionella bilar.

Denna ökande efterfrågan återspeglas även i prisutvecklingen. Priset på exempelvis neodym och praseodym steg med cirka 60 procent under 3 månader 2017, ett år då cirka 4 miljoner elfordon såldes globalt. Den årliga produktionen av elfordon beräknas växa till 50 miljoner år 2030. Liknande prisutvecklingar förutses också för litium och kobolt som används vid produktion av batterier i elfordon (SGU 2018).

Idag når den växande efterfrågan gränserna för tillgången till några av dessa material, och flera material har utmärkts som kritiska. Indium är ett exempel på en sådan sällsynt metall. Den totala globala tillgången på indium uppskattas till 11 000 ton. I förhållande till de nuvarande konsumtionsnivåerna betyder det att tillgången till indium kommer att bli försumbar omkring år 2030, och därefter kan priserna bli oöverskådligt höga (Randers, 2012).

Flera material (t.ex. sällsynta metaller[5]) kanske inte nödvändigtvis är kritiska på grund av de inte finns i tillräcklig mängd för att täcka efterfrågan. Benämningen ”kritiska” kan också styras av andra faktorer, till exempel priselasticitet[6], ojämn geografisk fördelning eller politiskt beslutade begränsningar eller förbud mot tillträde (Erdmann och Graedel 2011). Många kritiska material bryts och produceras utanför EU och vissa finns i politiskt instabila länder eller länder som utövar ekonomisk protektionism. Se figur 5, figur 6 och figur 7 för att se den geografiska utvinningen till EU av viktiga kritiska material runt om i världen.

Hela 90 procent av den globala tillförseln av antimon, som är viktig för tillverkning av mobiltelefoner, kommer från Kina. Dessutom utvinner Kina mer kritiska material än något annat land och har nästan monopol på produktionen av vissa material, eftersom Kina har tillgång till inte mindre än 18 av 27 kritiska råmaterial, CRM. För flera år sedan drog Kina ned på exporten av vissa sällsynta jordartsmetaller på grund av ökad inhemsk efterfrågan och de miljöskador som orsakades av utvinningen. Den minskade exporten orsakade betydande prisökningar på den globala råvarumarknaden. Priset på dysprosiumoxid ökade exempelvis från 166 USD år 2010 till nästan 1 000 USD per kg år 2011 (Guardian, 2015).

Andra exempel finns i Afrika. För det mesta utvinns mycket av tillgängligt tantal i Nigeria, Rwanda eller Kongo, medan kobolt främst utvinns i Kongo. Under de senaste 20 åren har dessa länder utsatts för betydande politiska förändringar och konflikter. Handel med några av dessa länder kan också skapa politiska konflikter genom att handeln indirekt ”stödjer” ickedemokratiska politiska regimer (se kapitel 3).

Den bristande tillgången på vissa sällsynta metaller diskuteras ofta i politiska, ekonomiska och vetenskapliga sammanhang (TING och SEAMAN 2013) och oftast handlar det om de risker bristen utgör för ekonomisk utveckling. Mindre ofta diskuteras de bristande resurserna utifrån sociala och miljömässiga perspektiv. Utvinning av råmaterial, RM, från naturresurser koncentreras ofta till politiskt instabila länder med bristande socialt skydd och otillräckliga miljöstandarder.

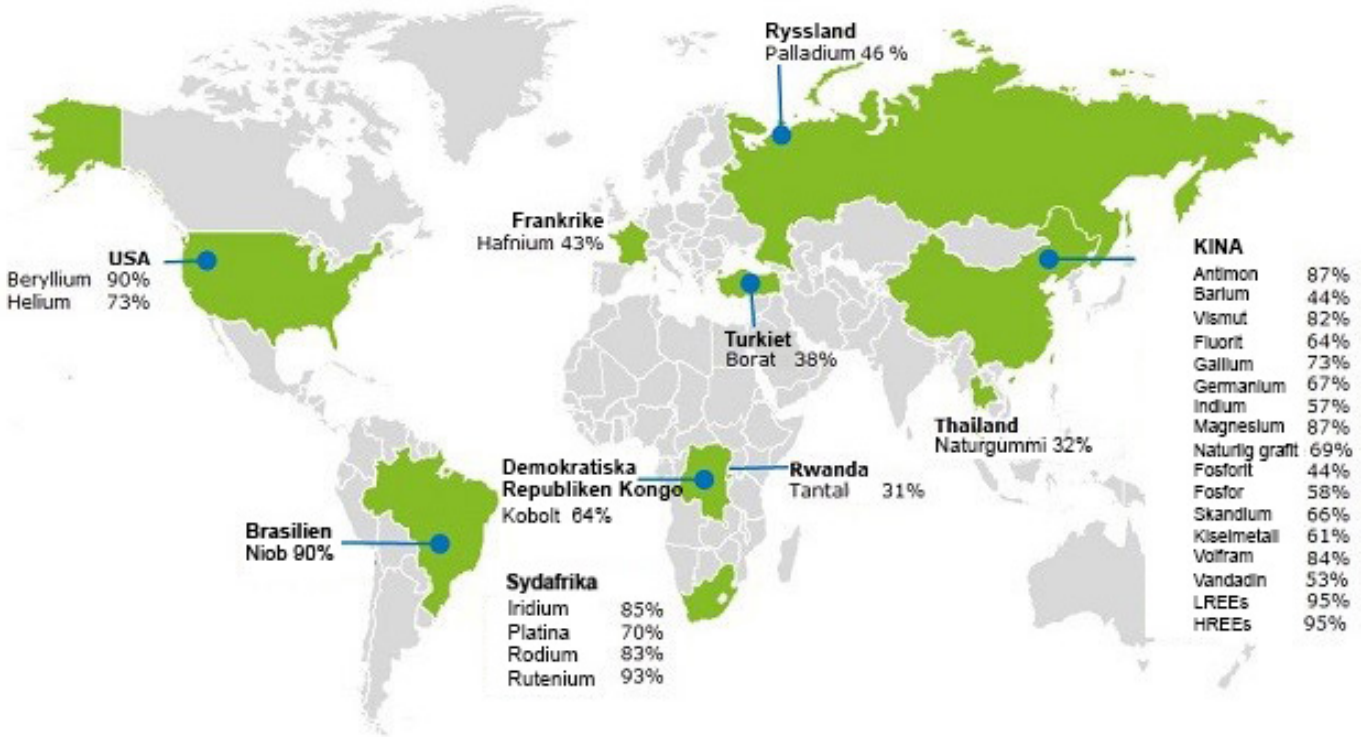


Bild 5. *Andel av det globala utbudet av kritiska ämnen (Europeiska kommissionen 2017).*

5) Termen ”sällsynta metaller” avser alla specialmetaller, vilka i sin tur inkluderar sällsynta jordartsämnen, platinagruppen, ädelmetaller och andra sällsynta metaller som kobolt, gallium, germanium, indium, niob, molybden, rhenium, selen, tantal och tellur.
6) Priselasticitet innebär att stigande priser inte nödvändigtvis leder till ökad produktion.

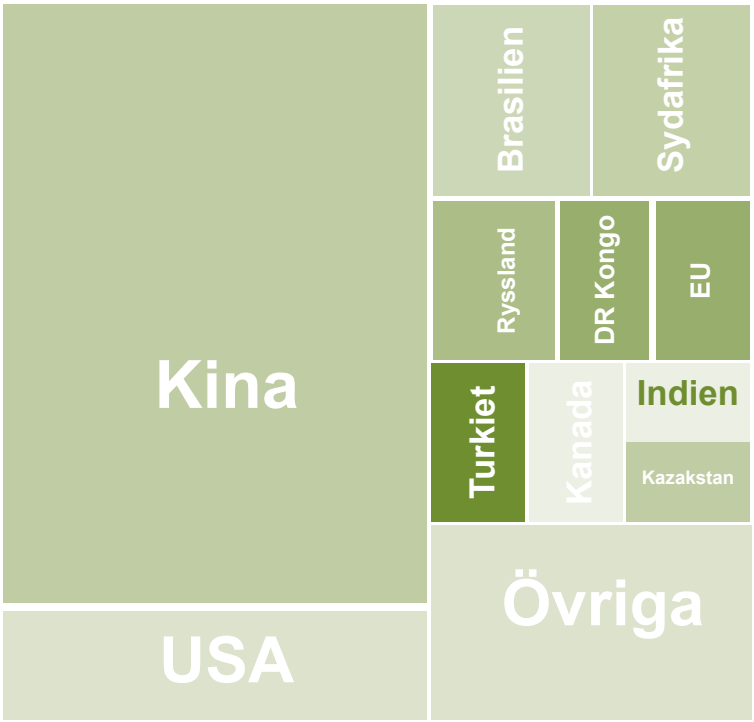


Bild 6. *Olika länders andel av utvinning av kritiska ämnen (Europeiska kommissionen 2017).*

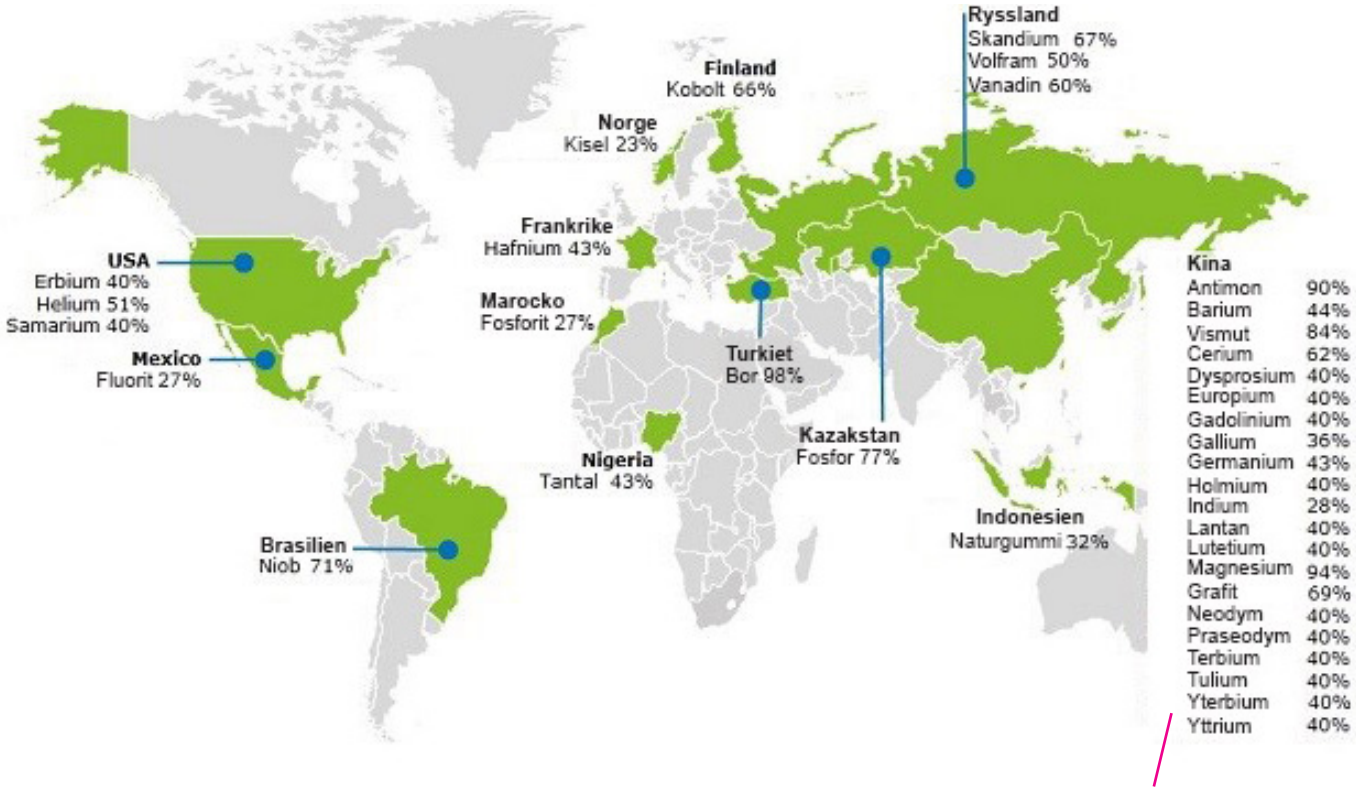


Bild 7. *Utbudet till EU av kritiska ämnen räknat i procent från olika leverantörsländer (Europeiska kommissionen 2017).*

2. MILJÖASPEKTER PÅ E-AVFALL OCH RÅMATERIAL

Förutom den ekonomiska och politiska problematiken är sektorn för kritiska material också förknippad med flera miljöproblem och sociala frågor. Utvinningen av många råvaror är mycket material- och energikrävande och kan orsaka betydande miljöpåverkan från giftiga föroreningar. Ett exempel är guld i mobiltelefoner, som står för mindre än 1 procent av telefonens vikt, men för över 50 procent av det totala materialkravet (TMR)[7] relaterat till produktionen. Förhållandet mellan det totala materialkravet kontra vikten kan vara annorlunda än för andra sällsynta metaller (Chancerel 2010). Dessutom är frågor som barnarbete, bristfälligt socialt skydd och orättvisa arbetsvillkor ofta förknippade med utvinningen av dessa material i vissa utvecklingsländer.

Som konsumenter saknar vi ofta förståelse för den miljöpåverkan och de sociala effekter som är

Bild 8. *Livscykel för en mobiltelefon*

7) TMR är en indikator som hänvisar till de så kallade dolda materialflödena (dvs den totala materialomsättningen) som inkluderar alla materialflöden som är förknippade med processerna i livscykeln för en produkt eller tjänst.

förknippade med de processer i livscykeln för en produkt eller tjänst som är en förutsättning för vår konsumtion. Den mest uppenbara miljöaspekten är den mängd avfall som genereras, men vår förståelse för miljöpåverkan – från produktion och användning till beräknad livslängd – är ganska låg. Att utveckla ett livscykeltänkande är viktigt för att vägleda oss både i våra val och i hur vi hanterar produkten när den är förbrukad, till exempel genom sortering och återvinning.

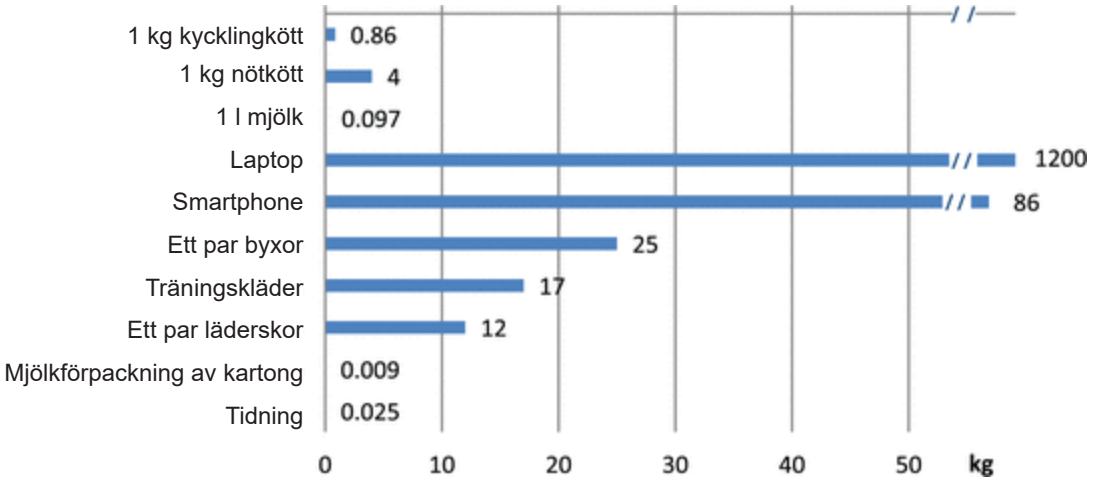


Bild 9. *Fotavtryck vid produktion av 10 konsumentprodukter (Laurenti, Moberg et al. 2016).*

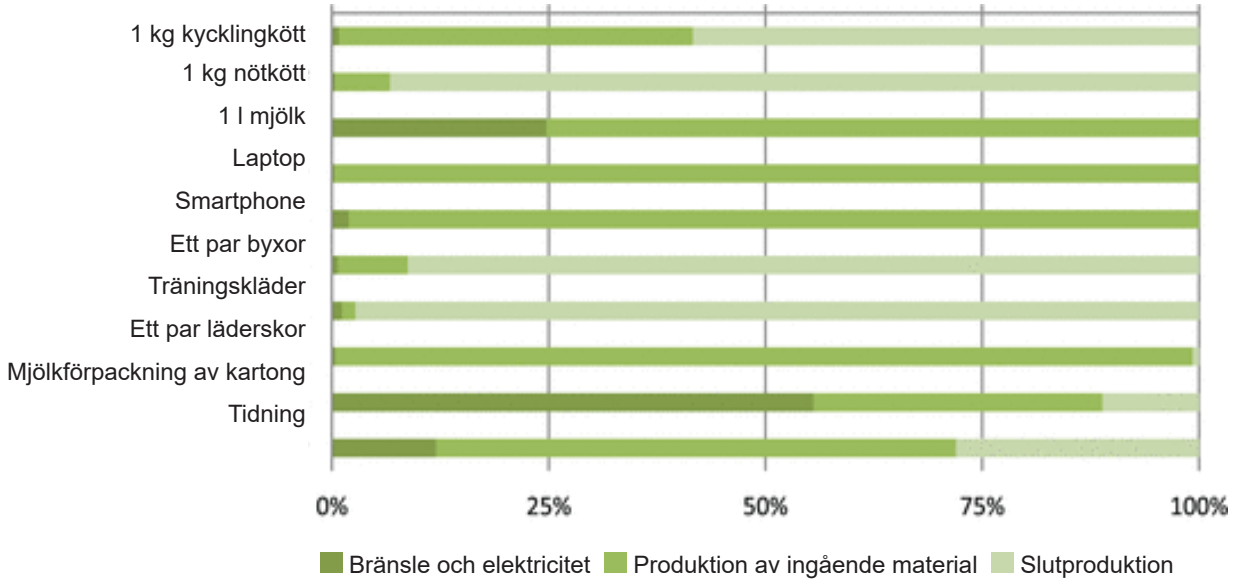


Bild 10. *Fördelning av storlek på avtryck från avfall inom olika produktionssteg (Laurenti, Moberg et al. 2016).*

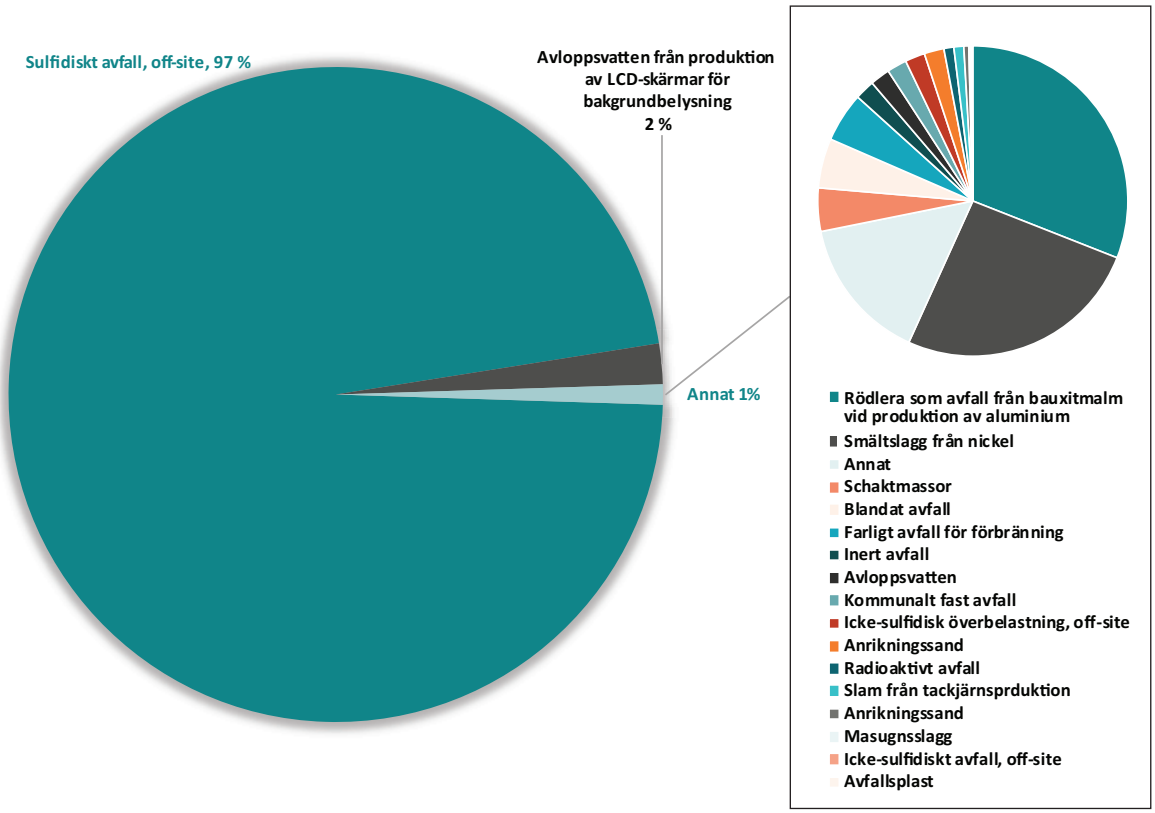


Bild 11. *De olika typer av avfall som genereras under produktionen av en mobiltelefon (Laurenti, Moberg et al. 2016)*

2.1. Livscykeltänkande

De miljökonsekvenser som beräknas för de olika livscykelstadierna för en produkt eller tjänst, kan uttryckas på olika sätt beroende på syftet med beräkningen. Ett exempel kan vara att den potentiella påverkan på klimatförändringarna redovisas genom att beräkna alla utsläpp som kan orsaka global uppvärmning och uttrycka dem som en enhet – t.ex. genom så kallade CO_2-ekvivalenter (eller kolekvivalenter). Livscykelstrategin kan också användas för att beräkna det så kallade ekologiska fotavtrycket eller människornas ”krav” på naturen. Detta uttrycks som det område med produktiv mark (i hektar) som behövs för att förse oss med resurser för en aktivitet, t.ex. produktion av en mobiltelefon, och hantera produktens miljöpåverkan (t.ex. absorbera alla utsläpp).
Det ekologiska fotavtrycket kan också uttryckas i andra enheter, som vattenförbrukning, totalt materialbehov och total mängd avfall.

IVL Svenska Miljöinstitutet förberedde en studie där avfallets fotavtryck beräknades för 10 konsumentprodukter. Studien visade att elektroniska produkter avsätter det största fotavtrycket i gruppen när det gäller avfall. I livscykeln för produktion av en enda mobiltelefon genereras 86 kg avfall. Ännu högre avfallsavtryck finns i en bärbar dator – cirka 1 200 kg avfall produceras under dess livscykel (figur 9).

Mängden avfall och de delar av produktionskedjan som genererar mest avfall kan skilja sig ganska radikalt mellan olika produktgrupper (bild 10.) Produktionen av de ingående komponenterna är ofta den viktigaste källan till avfall. Till exempel är utvinning av metall och förädling av komponenterna till de elektroniska produkterna de främsta källorna till avfall. Cirka 97 procent av allt livscykelavfall genereras vid produktionen av komponenter till en mobiltelefon och denna siffra är ännu högre för en bärbar dator (figur 11).

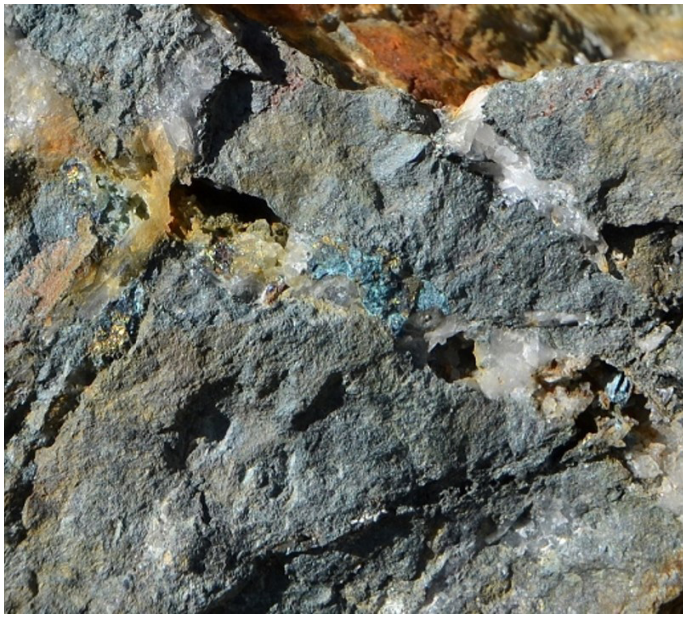


Bild 12. *Stenar and malm. (Bilder av Philip Peck)*

2.2. Brytning och utvinning av råvaror

Brytning och utvinning av råvaror är en av de viktigaste källorna till de miljö- och hälsoproblem som är förknippade med livscykeln för e-produkter. De främsta orsakerna är storskaligheten, miljöpåverkan och de tekniska och politiska svårigheterna med att reglera kontrollen och minska de negativa effekterna från gruvdrift.

De flesta problem orsakas av avfall från gruvbrytningen och utvinningen av de metaller som används i elektroniska produkter. Även om det krävs mycket små mängder – mikrogram för en mobiltelefon – av vissa av de metaller som används i elektronik, kan utvinningen kräva en betydande mängd energi, användning av kemikalier och avfallshantering. Exempelvis genererar utvinning av 1 kg rå koppar 310 kg gruvavfall, medan utvinning av 1 g guld genererar 1–5 ton gruvavfall. Dessutom kan 1–4 ton avfall produceras under bearbetningen av guld för att göra det användbart inom elektronikindustrin.

Utvinning av 1 kg rå koppar genererar 310 kg gruvavfall, medan utvinning av 1 g guld genererar 1-5 ton gruvavfall

Sällsynta jordartsmetaller utvinns vanligtvis som biprodukter från primära metaller. Exempelvis extraheras kobolt (Co) som kobaltit (CoAsS), som är en biprodukt från gruvdrift och anrikning av koppar eller nickel. Vismut (Bi) är en biprodukt från utvinning av bly, koppar, tenn, molybden och volfram. Endast mycket få av de sällsynta jordartsmetallerna, främst platinagruppsmetaller, utvinns som primära material.

Även om en del av gruvavfallet kan vara ganska inert och inte ger upphov till stora miljöproblem, är mycket av detta avfall antingen radioaktivt eller utsatt för läckage av farliga ämnen, som tungmetaller som kvicksilver, arsenik, bly, zink och kadmium. Utsläpp av farliga ämnen från gruvavfall påskyndas ofta av de kemikalier som används vid produktionen av det önskade materialet. Vissa gruvtekniker, t.ex. den så kallade hårdstensbrytningen, kräver krossning och kemisk behandling av malmen till mycket små partiklar för att få fram det önskade ämnet. Den del av malmen som återstår sedan de önskade mineralerna har utvunnits, kallas avfalls- eller gruvdumpning, och är vanligtvis i form av en uppslamning av finfördelade mineraler, vatten och kemikalier. Förhållandet mellan avfall och malm kan ligga i intervallet 90–98 procent (för koppar) eller 20–50 procent för mindre värdefulla mineraler. Vid krossning av malm frigörs dessutom ofta radioaktiva ämnen, asbestliknande mineraler och metalliska dammpartiklar.

8) Malmen är bergsediment som innehåller tillräckligt med grundämne eller beståndsdelar (vanligtvis metaller).

Bild 13. *Borgruvan i Serbien är en av de största koppargruvorna i Europa och har varit känd som en av de största miljöbovarna i Serbien i över ett sekel (Bilder av Philip Peck)*

Effekter av guldbrytning

Vid brytning av guld med hjälp av hårdstensteknologi krossas malmen först, hälls i gropar och sprayas sedan med cyanid, som sipprar genom malmen och binder till guld. Guldcyanidlösningen uppsamlas vid botten av gropen och pumpas sedan till en kvarn där guldet och cyaniden separeras kemiskt. Den cyanidrika materialblandningen lagras sedan i konstgjorda dammar för återanvändning. Varje filtrering tar några månader. Med tanke på omfattningen och varaktigheten av dessa processer (vanligtvis decennier) är kontamineringen av den omgivande miljön med cyanid nästan oundviklig. Branschen har försökt ersätta cyanid med kvicksilver, men detta är också giftigt. Båda ämnena är extremt farliga även i små koncentrationer och kan orsaka olika hälsoproblem. Om de inte hanteras korrekt tränger tungmetallerna vanligtvis in i ekosystemet och så småningom in i våra livsmedelskedjor, vilket orsakar allvarlig förgiftning inklusive neurologiska skador och skador i lungfunktioner, fosterutveckling och har många andra skadliga effekter..

Box 2. *Ett exempel på en guldbrytningsteknik och dess effekter*

Avfall från bearbetningen innehåller därför ofta både giftiga och radioaktiva material som kan läcka ut i miljön om de inte hanteras korrekt (MIT 2016).

Utvinning av råmaterial är energi- och kemikaliekrävande och kan orsaka oönskade utsläpp till luft och vatten eller andra föroreningar (tabell 4). En av de mest allvarliga miljöriskerna vid hantering av avfall är dammolyckor och okontrollerade utsläpp av surt och giftigt slam. Ett välkänt exempel exempel på miljöskador från utsläpp är Ok Tedis-gruvans avfallsdamm i Papua Nya Guinea som var i drift mellan 1984 och 2013. När avfallsdammen kollapsade rann 2 miljarder ton vatten från obehandlat gruvavfall, som var förorenat med tungmetaller, ut i flera floder. Utsläppet orsakade förgiftningar i mer än 1 500 km2 avrinningsområde, 3 000 km2 skog och cirka 1 300 km² jordbruksmark. Efter utvärdering konstaterade experter att det skulle ta mer än 300 år för att helt rensa upp efter de föroreningar som orsakades av dammolyckan.

En annan viktig källa till miljöpåverkan från gruvdrift är hög energiförbrukning. Liksom med andra tunga industrier är gruvindustrin starkt beroende av fossila bränslen som olja, gas och kol, och genererar stora mängder koldioxidutsläpp. Gruvdrift orsakar dessutom ofta irreparabel markerosion i stor skala med skadliga effekter som kan pågå i flera år efter att en gruva har stängts

Risk	Påverkan på miljön	Giftiga föreningar
Översvämning eller skada på dammväggar (på grund av dålig konstruktion, översvämning eller seismiska händelser)	Grundvatten, ytvatten, jord	**Vattenutsläpp:** • Oftast radioaktiva ämnen, som thorium och uran • Tungmetaller • Syror • Fluorider **Luftutsläpp:** • Oftast radioaktiva ämnen, som thorium och uran • Tungmetaller • HF, HCL, SO2 etc.
Rörläckage	Grundvatten, ytvatten, jord	
Saknad läckagesäkerhet i dammkonstruktionen	Grundvatten	
Avfallslager utsatta för regnvatten	Grundvatten, ytvatten, jord	
Damm från avfallslager och dammväggar	Luft och jord	
Bristfällig återställning av marken sedan gruvdriften upphört	Luft och jord	
Bearbetning utan rökgasfilter	Luft och jord	
Bearbetning utan rening av avloppsvatten	Ytvatten	

Tabell 4. *Miljörisker i samband med gruvdrift av råmaterial (MIT 2016)*

ned. Markerosionen stör naturliga biologiska processer och flödet av näringsämnen samtidigt som erosionen förstör naturliga livsmiljöer, vilket leder till minskad biologisk mångfald i lokala ekosystem. Gruvdrift kräver också stora mängder sötvatten och genererar stora mängder avloppsvatten som ofta är förorenat med tungmetaller och andra giftiga material. När avloppsvattnet inte hanteras korrekt, förorenar det även sötvattentäkter (MIT 2016).

Dessa miljöproblem förvärras också ofta av det faktum att många gruvor finns i länder med otillräckliga miljöstandarder eller dålig övervakning och efterlevnad av miljöföreskrifter. Viss gruvdrift är ibland olaglig och genomförs helt okontrollerat. Enligt vissa uppskattningar bryts och exporteras exempelvis cirka 20 000 ton REE illegalt från Kina. Illegala gruvor drivs vanligtvis utan både miljöhänsyn och korrekt avfallshantering, något som utgör betydande risker både för gruvarbetarnas hälsa och den omgivande miljön (MIT 2016).

2.3. Övriga miljöaspekter

Energy intensive manufacturing

Förutom vid brytning av råvaror står andra produktionssteg i livscykeln för e-produkter också för betydande miljöpåverkan. Produktionen av många elektroniska komponenter – särskilt halvledare och mikrochips – är mycket material- och energikrävande. En av de främsta orsakerna är att både komponenterna och andra ingående material måste vara extremt rena från kontaminering från andra material. Tillverkningen av halvledare och mikrochips kräver också rena miljöer, något som också är mycket energikrävande. Till exempel står en enda Sony XperiaTM-mobil under sin livslängd och under svenska förhållanden – dvs. med svensk el och allmän energimix – för utsläpp av cirka 45 kg CO2-ekvivalenter, vilket motsvarar att man kör en genomsnittlig europeisk bil cirka 300 km (Ercan 2013). Huvuddelen av utsläppen av CO2-ekvivalenterna är förknippad med produktionen av integrerade kretsar för telefonen. Motsvarande produktion i andra länder med större andel fossilbränsledominerade transporter skulle generera avsevärt högre CO2-utsläpp. Om däremot den globala elmixen och övriga komponenter, till exempel laddare och hörlurar, inkluderades, skulle de totala utsläppen öka till 117 kg CO2 under telefonens 3-åriga livscykel (Ercan 2013).

Felaktig bortskaffande av e-avfall

En hel del värdefulla material finns i e-avfallet, vilket gör det attraktivt för återvinning. Tyvärr är återvinningen av dessa material mycket arbetskrävande och inte särskilt attraktivt för länder med höga kostnader för arbetskraft. Därför

E-avfallskomponenter	Använd process	Potentiella miljörisker
Katodstrålerör (används i TV-apparater, datorskärmar, bankomater, videokameror och mer)	Avlägsnande av bildrör följt av dumpning	Bly, barium och andra tungmetaller som läcker ut i grundvatten och frigör giftig fosfor
Tryckt kretskort	Avlödning och borttagning av datorchip; förbränning och syrabad för att avlägsna metaller efter att chippen tagits bort	Luftutsläpp och utsläpp till floder av glasdamm, tenn, bly, bromerad dioxin, berylliumkadmium och kvicksilver
Chip och andra guldpläterade komponenter	Kemisk strippning med salpetersyra och saltsyra och förbränning av chip	Polycykliska aromatiska kolväten (PAH), tungmetaller, bromerade flamskyddsmedel som släpps ut direkt i floder som försurar miljön för fisk och flora. Tenn- och blyföroreningar av yt- och grundvatten.
Plast från skrivare, tangentbord, bildskärmar etc.	Strimling och smältning vid låg temperatur för att återanvändas	Emissions of brominated dioxins, heavy metals, and hydrocarbons
Datorkablar	Öppen bränning och strippning för att ta bort koppar	PAHs released into air, water, and soil.

Tabell 5. *Exempel på illegal återvinning av e-avfall i Indien och dess miljörisker (Wath, Dutt et al. 2011)*

transporteras ofta e-avfall olagligt från utvecklade länder till utvecklingsländerna för att återvinnas. Återvinningen är ofta olaglig och utförs med bristfällig teknologisk teknik och otillräckligt eller inget skydd alls mot hälsorisker och miljöföroreningar. Några av de vanligaste illegala metoderna och tillhörande risker presenteras i tabell 5. Många farliga och giftiga material frigörs vid felaktig demontering eller återvinning, och går över i livsmedelskedjor där de utgör risker för människors hälsa.

3. SOCIALA ASPEKTER PÅ E-AVFALL OCH RÅMATERIAL

Vid sidan av de miljöfrågor som har koppling till livscykeln för kritiska material och e-avfall, finns det också många sociala frågor kring utvinningen av råvaror, illegala transporter och otillåten återvinning av e-avfall. Brytning av specialmaterial som används i elektroniska produkter sker ofta i politiskt instabila regioner och konfliktutsatta, ekonomiskt underutvecklade länder med bristande regleringssystem, ineffektivt styre och otillräcklig teknisk utrustning för att säkerställa en hållbar utvinning av naturresurser (MIT 2016). Lokala myndigheter, som hyr ut exploateringsrättigheterna till kommersiella, vanligtvis utländska, gruvföretag, byter därför ibland bort visioner om hållbarhet och långsiktighet mot kortfristiga vinster. Gruvföretagen som utnyttjar naturresurserna är främst vinstdrivna och kan dra fördelar av både bristfällig reglering och otillräckliga mekanismer för efterlevnad, något som så småningom skadar både miljön och lokala samhällen. Kommersiella aktörer kan välja att följa mindre strikta bestämmelser om arbetsskydd och bortse från gällande standarder för miljöskydd. Otillräcklig reglering och avsaknad av fackföreningar leder till orättvisa arbetsvillkor och utnyttjande av arbetskraften. Även om vissa länder är rika på naturresurser, kan den inhemska befolkningen misslyckas med att ta del av de potentiella ekonomiska och sociala fördelarna med utnyttjandet av naturresurserna (se exempel i ruta. 3 och ruta. 4).

De sociala och miljömässiga frågor som är förknippade med utvinningen av sällsynta jordartsmetaller i utvecklingsländerna är komplexa och inte bara ett lokalt problem. De påverkar också indirekt de globala marknaderna när det gäller materialpriser och framtida resurser. Bristande teknologi inom gruvindustrin när det gäller både utvinning och utsläpp av föroreningar är också ekonomiskt ineffektivt. Utvinning av mineraler mot dålig avkastning utarmar befintliga natur-

Figur 14. *Brytning av coltan i Kongo kontrolleras ofta av beväpnade grupper och utförs med primitiv teknik (Harneis 2007).*

Demokratiska republiken Kongo (DRK) kan tjäna som ett exempel på uppkomst av sociala problem orsakade av gruvdrift av kritiskt viktiga material för elektronikbranschen. Coltan (columbite-tantalit) är en metallmalm som innehåller mineralerna från två kritiska ämnen – niob och tantal, som är nödvändiga för att producera vissa elektroniska produkter och deras komponenter (t.ex. batterier). DRK har cirka hälften av världens kända coltan-reserver. Samtidigt är DRK en av de mest politiskt instabila regionerna i världen och kämpar med flera ekonomiska utmaningar. Detta resulterar i underutvecklade industriella infrastrukturer, låga nivåer av utländska investeringar och dålig regeringsstruktur.

De mesta coltanet i Demokratiska republiken Kongo ”bryts” med primitiva arbetskraftskrävande tekniker, som manuell gruvdrift och bäddar av vattenströmmar liknande dem som användes under den amerikanska guldruschen. Medan vissa studier tyder på att gruvarbetare kan tjäna mer än $50 per vecka (vilket är upp till 20 gånger mer än den genomsnittliga dagsinkomsten i landet), utsätts arbetarna ofta för våld från olika väpnade grupper. Våldet inkluderar terror, våldtäkt och till och med mord för att ha makten över gruvdriften och undertrycka arbetarna. Från flera gruvor har rapporterats om olagligt utnyttjande av arbetare under usla förhållanden och användning av barnarbetare. Den okontrollerade och oreglerade gruvverksamheten resulterar i betydande miljöskador som markerosion, vattenföroreningar och förstörelse av naturliga livsmiljöer, vilket också påverkar hotade arter.

Det har varit några internationella reaktioner på dessa problem, inklusive bojkott av vissa mineralresurser från Demokratiska Republiken Kongo, som tros ha minskat intäktsflödena till den olagliga gruvdriften och de väpnade styrkorna. Men de positiva effekterna av sådana åtgärder är antingen ineffektiva eller är ännu inte att mätbara, eftersom dessa brottsliga aktörer hittar sätt att olagligt exportera mineraler via andra grannländer, som Uganda, Burundi och Rwanda

Box. 3. *Exempel på sociala frågor relaterade till utvinning av sällsynta jordartsmetaller i Kongo (MIT 2016).*

resurser. Den ständigt ökande efterfrågan och bristen på nya råvarukällor hotar en långsiktig försörjning och leder ibland till en betydande prisinflation. Illa skötta gruvor lämnar också kostsamma ekonomiska fotavtryck. Efter nedläggningen av sin malaysiska fabrik 1994 har Mitsubishi Corporation lagt ned 100 miljoner dollar på miljösaneringar (Long J.T. 2012), medan det kan ta flera årtionden för ekonomin i Bukit Merah att återhämta sig (MIT 2016).

De humanitära kostnaderna som är relaterade till bristfällig förvaltning av miljön är mycket svårare att sätta pris på. När det gäller Mitsubishi-gruvan i Malaysia rapporterade representanter för den lokala sjukvården att minst 11 dödsfall hade orsakats av blodförgiftning, leukemi eller hjärncancer sedan 1994, sjukdomar som är tydligt kopplade till radioaktiva föroreningar. Hundratals invånare har blivit sjuka eller fått barn som drabbats av fosterskador (Jegathesan 2012).

I Kongo betalar REE-gruvan ofta pengar till de brutala milisgrupper som ligger bakom en av de mest blodiga och långdragna konflikterna sedan andra världskriget. År 2007, när den senaste seriösa kartläggningen av inbördeskriget gjordes, hade kriget krävt 5,4 miljoner människoliv och 45 000 människor dog varje månad som ett direkt resultat av konflikten (2010). Även om utvinningen av coltan bara kan finansiera en del av kriget, bör dess roll inte underskattas (MIT 2016).

En annan avgörande social fråga är kopplad till e-avfall. En snabb teknisk utveckling och sjunkande priser på elektroniska varor leder till ökad konsumtion av e-produkter och stora mängder e-avfall runt om i världen. Eftersom kasserade elektroniska produkter fortfarande har ett visst ekonomiskt värde när det gäller återbruk eller återvinning av värdefulla material, fraktas stora volymer från rika delar av världen till utvecklingsländer i Asien och Afrika för återanvändning eller bearbetning och återvinning. En stor del av dessa transporter är olagliga.

Baselkonventionen[9] om olaglig frakt och bortskaffande av farligt avfall ingår i internationella regelverk. Konventionen togs fram 1992 för att begränsa transport av farligt avfall. Men regelverken är fortfarande otillräckliga. Ett exempel är att omkring 2 miljoner ton e-avfall fraktas olagligt från Europa varje år. Enligt vissa studier är Asien den viktigaste destinationen för e-avfall från Nordamerika och Europa. Cirka 90 procent

9) Baselkonventionen om kontroll av gränsöverskridande förflyttningar av farligt avfall och avfallshantering. Konventionen är ett internationellt fördrag som syftar till att minska förflyttningen av farligt avfall mellan länder, särskilt för att förhindra export av farligt avfall från utvecklade till mindre utvecklade länder. Även om många stater har undertecknat konventionen, har vissa länder (t.ex. USA) inte ratificerat den. Se: http://www.basel.int.

Bild 15. *Barn i utvecklingsländerna är de mest utsatta för farliga kemikalier från e-avfall som importeras från västländerna (Flickr 2009).*

av denna export, eller 8 miljoner ton årligen, skickas till Kina (se box 5 och figur 15) trots att Kina har förbjudit import av e-avfall sedan 2000. Ett av skälen är att e-avfallsprodukter ofta klassificeras som ”återanvändbara”, trots att de i praktiken inte längre är funktionella utan huvudsyftet med exporten i stället är att undvika höga kostnader för hantering i ursprungsländerna.

I destinationsländerna behandlas och återvinns e-avfallet ofta på ett illegalt och felaktigt sätt med hjälp av lågteknologiska och farliga metoder och med otillräcklig avkastning från materialutvinningen. Demontering och extraktion av metaller involverar ofta förbränning av kablar och syralakning som huvudsakligen är inriktad på värdefulla material som guld, silver, koppar eller andra bulkmetaller. Detta leder till att farliga ämnen som tungmetaller, dioxiner och andra gifter släpps ut lokalt och skadar både människornas hälsa och miljön. I många fall används barnarbetskraft för återvinningsarbetet, vilket utsätter dem för betydande hälsofara. Det bearbetade e-avfallet kastas sedan ofta på illegala dumpningsplatser och förorenar i och med det ytterligare den lokala miljön.

Staden Guiyu i Kina med sina 5 000 verkstäder och 100 000 svartjobbare har blivit världens största plats för e-avfall. Här återvinns cirka 15 000 ton e-avfall dagligen och involverar mer än 80 procent av den lokala arbetskraften. Arbetsförhållandena är bevisat usla, vilket leder till mycket hög exponering för dioxin- och tungmetallförgiftning och resulterar i extremt högt antal missfall. Det har också visat sig att två tredjedelar av barnen har mycket höga halter av bly i blodet

Box. 5. *Ett exempel på världens största plats för e-avfall*

10) Greenpeace, URL: http://www.greenpeace.org/eastasia/campaigns/toxics/problems/e-waste/guiyu/

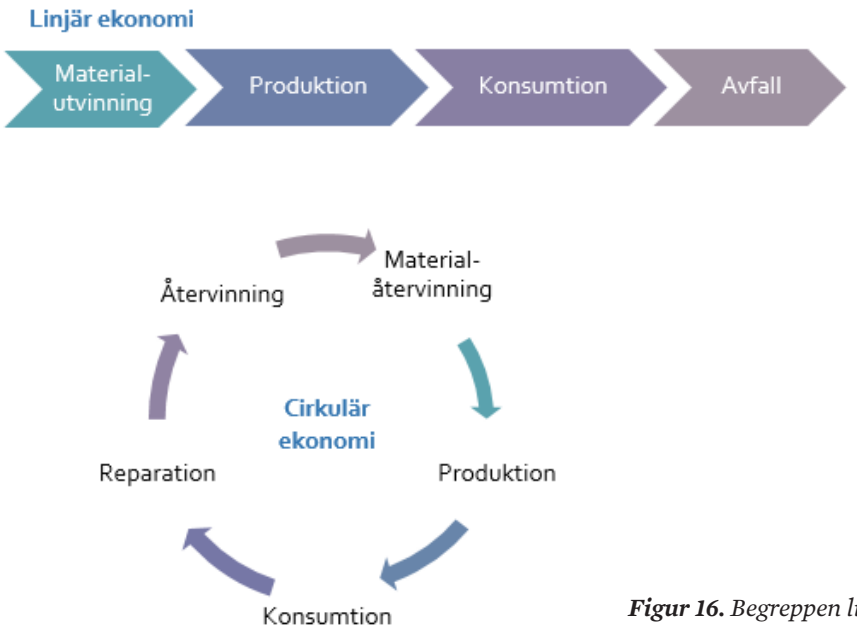
4. VAD SKA MAN GÖRA? CIRCULÄR EKONOMI.

Den så kallade cirkulära ekonomin tas allt mer upp i media och i de politiska resonemangen som en strategi för att förbättra användningen av resurser och minska konsumtionens miljöpåverkan. Idén om den cirkulära ekonomin är inte ny, eftersom dess ursprung kan spåras till 1960-talet och särskilt Ketnneth Bouldings essä: ”The Economics of the Coming Spaceship Earth” (Kenneth E. Boulding 1966). Konceptet var ursprungligen inspirerat av naturens cykler av näringsämnen där olika arter samexisterar i symbiotiska förhållanden. Den cirkulära ekonomin är också inspirerad av de idéer som finns inom industriell ekologi, en relativt ny vetenskapsgren som fokuserar på att förstå och effektivisera interaktionen mellan biosfären och antroposfären (Geissdoerfer, 2017 # 32) (Allwood 2014) (Allwood, 2014 # 31) (Ellen MacArthur Foundation, 2017 # 33).

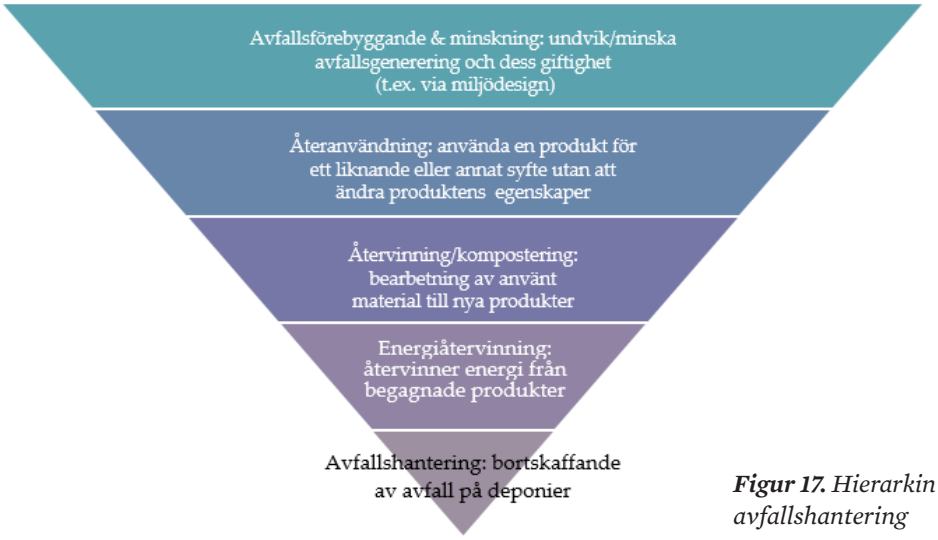
Jorden kan betraktas som ett slutet kretslopp, helt utan avfall och utsläpp, eftersom avfall från en art blir mat för en annan, ett förhållande som råder i hela ekosystemet. När en växt eller ett djur dör blir det mat till andra organismer, till exempel maskar och bakterier, som sönderdelar materialet till lämpliga näringsämnen till andra växter och djur.

Vårt samhälle bygger emellertid på en linjär ta-göra-använda-och-bortskaffa-strategi i vår interaktion med miljön. Idag utvinner vi råvaror, producerar många olika produkter billigt, använder och kastar dem sedan ofta trots att vi skulle kunna fortsätta använda många av dem. Många av de kasserade produkterna hamnar i deponier där de inte längre har något värde utan i stället successivt påverkar miljön på olika sätt.

Syftet med konceptet cirkulär ekonomi är att efterlikna naturliga processer och sträva mot en noll-avfallsekonomi, genom att avfall från olika verksamheter används till andra aktiviteter. Ekonomin bör därför bli ett system som återanvänder naturresurser på ett sådant sätt att avfall, utsläpp och energiläckage minimeras. Cirkulärekonomiska tillvägagångssätt inkluderar ”sakta ned”, ”smala av” och ”avsluta” material- och energiförbrukning. Detta innebär att det krävs många strategier som förlänger produkternas livslängd genom rationell design, ansvarsfull konsumtion och underhåll, återbruk och återvinning. Alla produkter bör utformas för lång livslängd, vara lätta att använda och underhålla samt bli möjliga att enkelt uppgradera, demontera och återvinna.



Figur 16. *Begreppen linjär vs cirkulär ekonomi*



Figur 17. *Hierarkin för avfallshantering*

En klok strategi är att byta till biologiska material som enkelt kan återvinnas genom kompostering för näringsåtervinning eller rötning för energiproduktion. Cirkulär ekonomi innebär också att företag, organisationer och samhället i stort bör anpassa sig till hållbara cirkulära affärsmodeller med ekonomisk bärighet (Geissdoerfer, Savaget et al. 2017).

Begreppet cirkulär ekonomi skiljer på tekniska och biologiska, eller antropogena, kretslopp. I biologiska kretslopp kan livsmedel och biobaserade material, t.ex. bomull och trä, återanvändas genom processer som kompostering och rötning. Dessa kretslopp regenererar och matar levande system, till exempel jord, som ger förnybara resurser för ekonomin. Tekniska cykler återvinner och återställer produkter, komponenter och material genom tekniska processer som återanvändning, reparation, bearbetning till nya produkter och (i sista steget) återvinning.

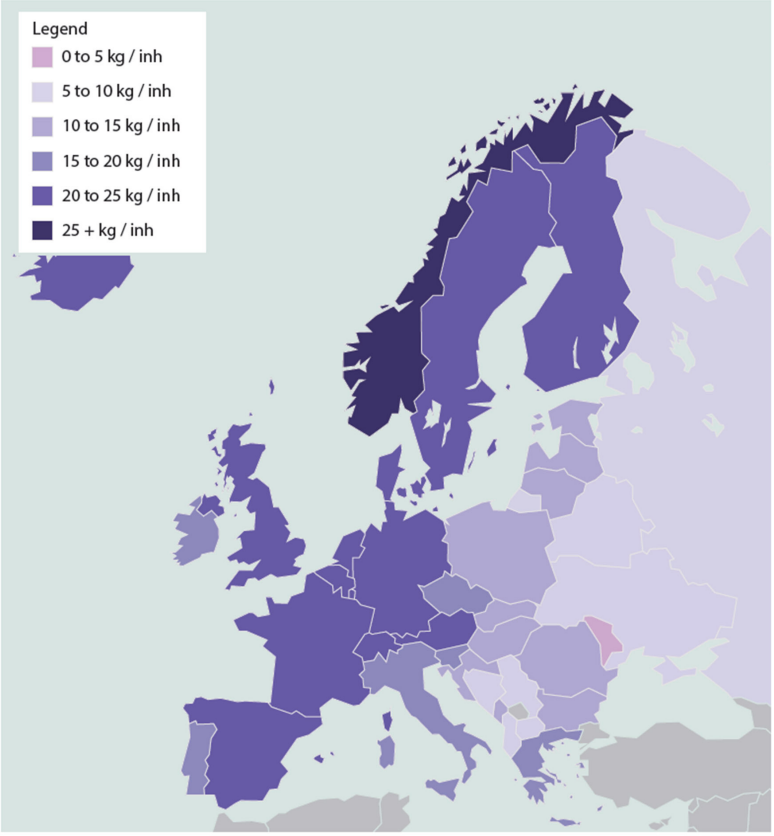
4.1. Hierarkin för avfallshantering

Den cirkulära ekonomins fokus ligger inte bara på smarta produktionssystem utan också på strategier för rationell avfallshantering. Alla EU-länder har en gemensam strategi för avfallshantering och riktlinjer för hur man minskar avfallets miljöpåverkan. Strategin kallas ”hierarkin för avfallshantering, Waste Management Hierarchy” (figur 17).

Hierarkin för avfallshantering är en strategi eller vägledande princip för producenter, statliga organisationer, konsumenter och andra aktörer i samhället om hur man prioriterar hantering av avfallet för att minska dess miljöpåverkan och öka ett positivt kretslopp.

- **Avfallsförebyggande och minimering** är det första steget i hierarkin och indikerar att avfall i första hand bör undvikas för att maximera god miljöhantering. Det första steget poängterar behovet av att både minska mängden avfall och dess giftighet. Detta kan uppnås genom att till exempel producenter utformar produkter av bättre kvalitet med längre livslängd, företag skapar nya mervärdeserbjudanden för konsumenter – som t.ex. att erbjuda konsumenter att hyra produkterna istället för att köpa – och att konsumenter ändrar sina konsumtionsmönster genom att inte överkonsumera, utan i stället samäga produkter och ersätta produkter med tjänster.
- **Återanvändning eller återbruk** är det näst bästa miljöalternativet för avfallshantering. Det innebär att man återanvänder produkterna för samma eller olika syften utan att ändra produkternas primära egenskaper. Exempel på återanvändning är att köpa begagnade varor istället för nya och samäga produkter med andra. Återanvändning innebär också ett ökat fokus på reparation, underhåll och möjlighet till uppgradering. Detta i sin tur kräver att producenterna tänker om och bygger in möjligheter till underhåll och längre livslängd i sina produkter. Om produkten i sin helhet inte är återanvändbar, så kan ibland produktens komponenter vara det.
- **Återvinning** är den strategi som föreslås när det inte längre är möjligt eller genomförbart att återanvända produkten eller dess delar. Det betyder att allt avfall ska återvinnas i så hög grad som möjligt, eftersom ersättning av jungfruliga råvaror med återvunna material ofta är mycket mer miljöeffektivt.

● **Energiåtervinning** kan också benämnas som lågklassig återvinning, där produktens energiinnehåll återvinns istället för materialvärdet. Energiåtervinning bör användas när materialet i avfallet inte längre kan återvinnas, varken ur teknisk eller ekonomisk synvinkel, och det bästa alternativ som då återstår är energiåtervinning. De miljömässiga fördelarna med energiåtervinning kopplas både till avfallsmaterialet och effektiviteten hos anläggningarna för energiåtervinning (förbränningsanläggningar). En tumregel är att de största miljövinsterna uppnås i kombinerade kraft- och värmeverk genom en samproduktion, där el och värme produceras för fjärrvärme eller industriellt bruk.



Figur 18. *Mängden e-avfall per invånare i EU (Baldé, Forti et al. 2017)*

● **Deponering** är ur tekniskt och ekonomiskt perspektiv det minst gynnsamma alternativet för avfall som inte kan återanvändas, återvinnas användas för energiåtervinning. Deponier kan orsaka allvarlig miljöpåverkan, globala utsläpp och utsläpp av giftigt lakvatten till grundvatten. Genom exponering för giftiga utsläpp och andra smittsamma sjukdomar kan deponier även ha effekter på vår hälsa. Enligt hierarkin för avfallshantering bör deponering endast ske på korrekt utformade och övervakade platser där metangas och lakvatten samlas in och hanteras korrekt.

4.2. Hur hanteras e-avfall idag?

E-avfall är det snabbast växande avfallsflödet i EU och globalt. Mer än 44,7 miljoner ton eller i genomsnitt 6,1 kg/person av e-avfall beräknades genereras globalt 2016, vilket är en ökning från 5,8 kg/person 2014. Det årliga e-avfallets vikt motsvarar cirka 4 500 Eiffeltorn! År 2021 förväntas det årliga flödet av e-avfall öka till 52,2 miljoner ton, eller 6,8 kg/person (Baldé, Forti et al. 2017).

Under 2016 har endast 20 procent – eller 8,9 miljoner ton – av det totala 44,7 miljoner ton e-avfallet samlats in och återvunnits på ett ”godkänt” sätt – dvs. enligt samtliga gällande bestämmelser – i höginkomstländer med ett utvecklat insamlings- och avfallssystem. Uppskattningsvis 4 procent är restavfall som troligen kommer att förbrännas eller deponeras. Vad som händer med de övriga 76 procenten, 34,1 miljoner ton, är inte kartlagt. Det mesta av detta avfall kan vara illegalt dumpat, men det är troligare att e-avfallet angivits som avsett för ”återvinning” och transporteras till olika utvecklingsländer där arbetskraften är billigare och miljö- och arbetsskyddet har låg standard (Baldé, Forti et al. 2017).

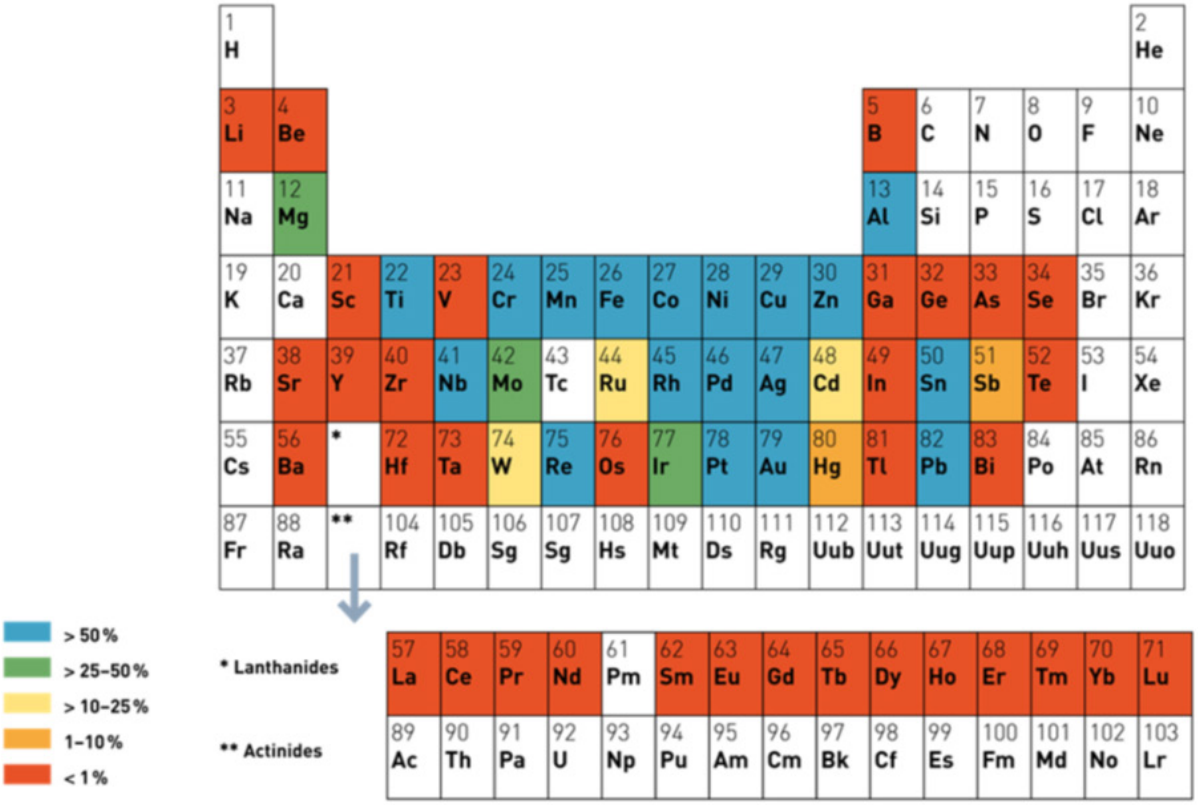
Mängden e-avfall i EU växer också snabbt, från uppskattningsvis 9 miljoner ton 2012 till 12,3 miljoner ton 2016, 16,6 kg/person, och förväntas öka till över 12 miljoner ton år 2020. För närvarande rapporteras endast cirka 30 procent av e-avfallet i EU officiellt som behandlat i enlighet med befintliga europeiska bestämmelser (EG 2018). Bland medlemmarna i Europeiska ekonomiska samarbetet (EEG) har Norge den högsta andelen e-avfall per capita – ungefär 28,5 kg /person, följt av Storbritannien och Danmark med vardera 24,9 kg/person. E-avfallet per person i Sverige, Italien, Irland och Spanien är 21,5, 18,9, 19,9 och 20,1 kg per person. Samtliga uppgifter gäller 2016 (Baldé, Forti et al. 2017).

Hanteringen a e-avfall i EU regleras av det så kallade WEEE-direktivet (2012/19/EU). Direk-

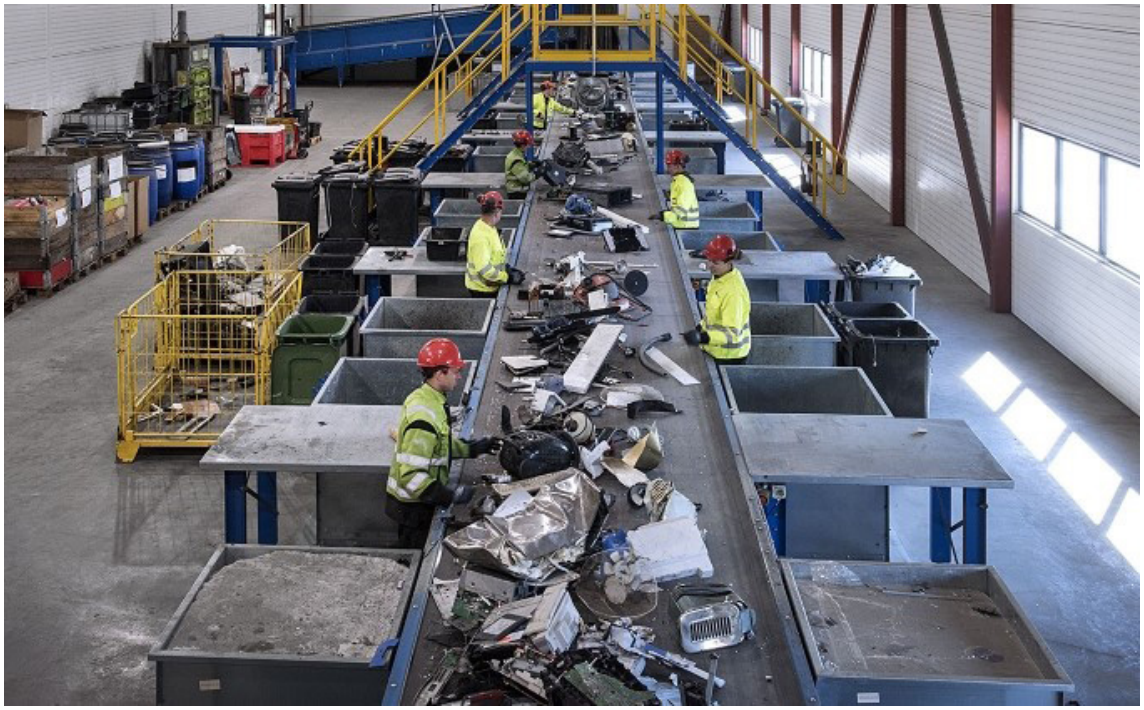
tivet reglerar insamling, återanvändning och återvinning av e-avfall genom att beskriva avfallshanteringen och definiera olika intressenters roller. Direktivets mål för insamling av e-avfall på den europeiska marknaden 2016 var 45 procent, och har ökat till 65 procent år 2019. De bästa EU-länderna när det gäller insamling av e-avfall är Schweiz med 74 procent av det avfall som genereras, Norge 74 procent, Sverige 69 procent och Finland och Irland vardera 55 procent (Baldé, Forti et al. 2017).

Att nå dessa ambitiösa mål är en utmaning, särskilt när det gäller återvinningsgraden. Idag är den genomsnittliga återvinningsgraden för e-avfall omkring 35–37 procent, och där har det legat sedan 2009 (Baldé, Forti et al. 2017). Även om den genomsnittliga insamlingen av e-avfall i Europa är den högsta i världen, är dess insamlings- och återvinningsprestanda mycket likartad i medlemsstaterna. Länder som Schweiz, Norge, Sverige, Finland, Tyskland och Italien leder vad gäller återvinningsgraden, men även i dessa länder är den största utmaningen att nå ännu bättre återvinning när det gäller de mindre elektroniska komponenterna. Återvinningen i de flesta europeiska länder inriktar sig främst på de delar av e-avfallet som kan generera så många återvunna material som möjligt genom små demonteringsinsatser och låga arbetskostnader, t.ex. datorchassin och kraftaggregat. Detta betyder att material som koppar, aluminium och plast i e-avfall vanligtvis återvinns först. Mindre delar med elektroniska komponenter är vanligtvis för dyra att demontera och återvinna på grund av höga kostnader för arbetskraft och låga volymer, vilket gör det olönsamt rent ekonomiskt. Mindre elektroniska komponenter plockas vanligtvis isär och förbränns eller deponeras. Det är inte heller ovanligt att delar från elektroniskt avfall skickas illegalt till utvecklingsländerna för okontrollerad återvinning, något som utgör stora risker för arbetarnas hälsa och bidrar till allvarliga miljöföroreningar.

Detta innebär också att återvinningen av kritiska material i e-avfall är mycket låg. Figur 19 visar den globala återvinningsgraden av 60 metaller (Graedel et al. 2011). Även om återvinningsgraden för ädelmetaller som platina, palladium, guld, silver och kobolt är så hög som 50 procent eller mer, är många andra metaller – särskilt de sällsynta jordartsmetallerna som lantanider, skandium, yttrium, tantal, gallium och indium –återvunna till mindre än 1 procent.



Figur 19. *Den globala nivån på återvinningsgraden för 60 metalliska grundämnen (Graedel et al. 2011).*



Figur 20. *Förbehandling av e-avfall i REVAC Source: (REVAC AS 2019) (Norway)*

4.3. Allmän översikt över återvinningsprocessen

Processen för återvinning av e-avfall består vanligtvis av tre huvudfaser: insamling, förbehandling och slutbehandling. Även om varje fas kan utföras av ett enda företag är det vanligt att flera specialiserade företag är involverade i denna kedja.

I. Insamling. Insamlingen är mycket viktig för att säkerställa kostnadseffektivitet i återvinningen. Det insamlade e-avfallet bör vara fritt från andra material och företrädesvis vara sorterat i enhetliga typer av e-avfall. Denna fas är mindre beroende av tekniska lösningar, som särskilda insamlingstransporter eller specialcontainrar och tillgänglig infrastruktur. Däremot påverkas insamlingen starkt av socioekonomiska faktorer, som hushållens miljömedvetenhet, kunskaper kring avfallshantering och engagemang när det gäller sortering av olika avfallsfraktioner. Ett ansvarsfullt engagemang hos avfallsanläggningarna är också mycket viktigt för att säkerställa hög återvinningsgrad. Effektivitet i insamlingen är den svagaste länken i återvinningen av e-avfall. Även vid mycket hög effektivitet när det gäller själva återvinningen, kommer effektiviteten i insamlingen att påverka det totala utfallet från återvunnet material. Till och med en ganska hög insamling av e-avfall i Österrike med 49 procent 2015, hög effektivitet i förbehandlingen med 75 procent och med en slutbehandlingseffektivitet på 99 procent, har det ändå resulterat i en total återvinningsgrad av e-avfallsmaterial på endast 38 procent.

II. Förbehandling. Den andra fasen är förberedelser för återvinning eller förbehandling. Denna process innehåller vanligtvis tre steg: (1) borttagande av förorenande komponenter, (2) mekanisk behandling och (3) sortering. I Europa används två huvudtekniker för att ta bort förorenande komponenter – manuell demontering där värdefulla och farliga komponenter, t.ex. batterier – sorteras ut manuellt till relativt höga kostnader, och mekanisk demontering, genom krossning och strimling, följt av manuell sortering av farliga och värdefulla material på transportband.

Processen för att ta bort föroreningar innefattar en eller flera processer med fragmentering och strimling för att minska storleken på enheter och eliminera potentiellt farliga komponenter. Efter fragmenteringen genomgår komponenterna en mekanisk sortering, där olika sorteringstekniker används. Dessa tekniker kan variera beroende på det material som sorteras, legala krav och andra tekniska och ekonomiska faktorer. De som arbetar med återvinning är ofta mest intresserade av bulkmetaller som järn och koppar. Järn kan sorteras med hjälp av magneter. Icke-järnmetaller, t.ex. aluminium eller koppar kan sorteras med hjälp av elektromagnetiska fält, den så kallade Eddy-Current-tekniken. Plast, som står för en mycket stor andel av materialet i vikt, sorteras manuellt eller

separeras med hjälp av olika sorteringstekniker, som högteknologisk optisk spektrometri eller genom flytande bäddar. En annan metod är att sortera plasten med utgångspunkt från dess vikt, antingen i flytande bäddar eller genom att blåsa luft.

Oavsett tillvägagångssätt och vald teknik utvinns fyra grupper av material i förbehandlingen: (1) farliga material, t.ex. batterier, (2) värdefulla komponenter som kan återanvändas/återförsäljas efter demontering, (3) värdefulla återvinningsbara material – som koppar, aluminium och plast – och som kommer att säljas vidare för ytterligare materialåtervinning och (4) rester – icke-farliga material som keramik, vissa plaster etc. som inte är lämpliga för återvinning. Denna fraktion kommer sannolikt att hamna på deponier eller förbrännas.

III. Slutbearbetning. Denna fas är relativt teknikintensiv och används för att återvinna metaller och plast. Idag återvinns metall vanligtvis genom pyrometallurgiska processer och, i mindre utsträckning, genom hydrometallurgisk bearbetning (Cui och Zhang, 2008). De magnetsorterade järnbaserade metallerna återvinns till järn i stålsmältverk. Eddy-Current-sorterade icke-järnbaserade metaller, som aluminiumfraktioner, skickas till aluminiumsmältverk. Komponenter med mycket kopparmaterial – t.ex. ledningar – och farliga komponenter, t.ex. kondensatorer, kretskort och omkopplare, skickas till integrerade smältverk, som kan återvinna upp till 30 olika metallfraktioner. Samtidigt kontrolleras utsläpp av farliga ämnen med hjälp av avancerade filtreringssystem (Hagel ken and Corti, 2010). Emellertid är pyrometallurgiska processer mycket kapitalkrävande, medan hydrometallurgiska processer kräver användning av starka syror och kan ha betydande miljöpåverkan. Andra tekniker under utveckling, som biometallurgi och elektro-metallurgi, kan hantera några av dessa problem, men ännu är de varken kostnadseffektiva eller har tillräcklig kapacitet.

4.4. Fördelar med återvinning av e-avfall och urban gruvdrift

Eftersom endast 15–20 % av det globala e-avfallet återvinns årligen och efterfrågan på material växer, blir återvinning och urban gruvdrift allt mer intressant. Termen ”urban gruvdrift” hänvisar till insamling och återvinning av råmaterial från begagnade produkter, byggnader och avfall i allmänhet. Begreppet ”urban gruvdrift” uppstod eftersom det efterfrågade materialet ofta finns i stadsområden. Urban gruvdrift av e-produkter avser vanligtvis återvinning av metaller från e-avfall, inklusive kasserade elektroniska produkter, metaller från byggnader, t.ex. kablar, och rester efter avfallshantering på t.ex. deponier, som avser återvinning av värdefulla material från områden med e-avfall på deponier. Uttrycket urban gruvdrift av e-avfall är också ofta förknippat med insamling och återvinning av kritiska metaller.

De viktigaste fördelarna med urban gruvdrift och återvinning av e-avfall är resursbesparing och minskad miljöpåverkan från primär utvinning och giftiga föroreningar från industriell verksamhet. Dessutom bidrar ökad återvinning av e-avfall från deponering till minskad efterfrågan på deponier och förbränning, vilket också medför minskade kostnader. En minskning av giftiga utsläpp från e-avfall i deponier minskar också belastningen på känsliga ekosystem och riskerna för negativa sociala konsekvenser från olaglig avfallshantering i utvecklingsländer (Litchfield, Lowry et al. 2018).

En utveckling mot cirkulär ekonomi kan också ge stora ekonomiska fördelar. Urban gruvdrift kan ge betydande ekonomiska vinster och möjligheter till nyanställningar inom återvinningssektorn och i metallurgiska industrier. Det är väl känt att återvinningssektorn kan skapa många fler ”gröna jobb” än vid deponering eller förbränning. Urban gruvdrift i EU är ett alternativt sätt för lokala företag att få tillgång till värdefullt material och minskar kritiken mot och beroendet av import från politiskt instabila regioner. Endast några få av de sällsynta metallerna är direkt tillgängliga från primära källor inom EU idag. Tillverkningen av e-apparater och upparbetning av material till nya produkter sker dock mest i andra delar av världen, ofta under bristfälliga arbetsförhållanden. Sällsynta metaller i globalt e-avfall uppskattas ha ett nettovärde på 55 miljoner euro (tabell 1) (Baldé, Forti et al. 2017).

Material	Mängd (kt)	Värde (M EUR)
Järn (Fe)	16,283	3,582
Koppar (Cu)	2,164	9,524
Aluminum (Al)	2,472	3,585
Silver (Ag)	1,6	884
Guld (Au)	0,5	18,840
Palladium	0,2	3,369
Plaster	12,230	15,043

Tabell 6. *Exempel på mängder och värden på vissa material I e-avfall som genererats globalt (Baldé, 2017 4)*

4.5. Förändringar i den cirkulära ekonomin

4.5.1. Ekonomiska utmaningar med återvinning av e-avfall

Det ekonomiska utfallet från materialåtervinning av e-avfall, framför allt av sällsynta metaller, styrs vanligtvis av tillgänglig teknologi och kostnaderna för insamling och logistik. Många ädla metaller som guld och platina finns ofta i tillräckligt stora mängder i e-avfall för att göra återvinningen ekonomiskt hållbar. Återvinning av metaller, särskilt sällsynta metaller, är mer komplicerad. Det största europeiska kommersiella bolaget för återvinning av sällsynta metaller är Umicore Ltd. i Hoboken (Belgien), ett bolag som har kapacitet för att återvinna många ädla, sällsynta metaller från olika avfallskällor inklusive e-avfall. Jämfört med utvinning av metaller från primära källor gör bolagets årliga återvinningsgrad på cirka 70 000 ton metall att utsläpp av cirka 1 miljon ton koldioxid besparas (Hagelüken 2010). Den kommersiella fördelen med återvinning av e-avfall är det faktum att koncentrationen av värdefulla material är upp till 50 gånger högre i avfallet än i mineraler och malmer. Ett exempel är att ett ton moderna mobiltelefoner kan innehålla cirka 300 g guld. Att utvinna denna mängd guld från naturliga källor kan kräva gruvdrift och bearbetning av 300–1 500 ton guldförande malm. I de flesta fall kan insamling av avfall från konsumenter med hjälp av urban gruvdrift kräva betydligt mindre energi och producera mycket mindre avfall. Tyvärr är Umicore och dess återvinnings-anläggning i Hoboken den enda enhet som hittills har visat ekonomisk bärkraft i stor skala inom återvinning av metaller från elektroniskt avfall i Europa. Avancerad teknik och tillräckligt stora mängder e-avfall är viktiga faktorer för företagets ekonomiska framgång. Andra smältverk, som Boliden i Sverige och andra i Tyskland, Italien och Frankrike, har bara ekonomiska möjligheter att utvinna ett begränsat antal metaller, främst icke-järnhaltiga och ädelmetaller. Ökad insamling av e-avfall och högre råvarupriser kan komma att göra så att fler företag blir framgångsrika i framtiden. Med ökad efterfrågan på kritiska material och ökad insamling av slutprodukter kommer antalet återvinnare sannolikt också att öka

4.5.2. Miljö- och teknikfrågor

THittills har återvinning av e-avfall huvudsakligen fokuserat på utvinning av stora volymer av material som stål, aluminium, koppar, glas och

plast. Men olika e-produkter innehåller betydande mängder kritiska metaller och sällsynta jordartsmetaller (se kapitel 1.2). Att bredda fokus för återvinning av e-avfall från bulkmaterial, som metaller och plast, till återvinning av kritiska och sällsynta jordartsmetaller, kan potentiellt leda till betydande ekonomiska och miljömässiga fördelar. Återvinning av dessa material, särskilt kritiska metaller, är emellertid inte lätt. Enligt vissa studier kan mindre än en procent av sällsynta metaller återvinnas, globalt, ur avfallet vid urban gruvdrift (Chancerel 2010).

Detta bestäms av flera olika faktorer. Elektroniska produkter är komplext uppbyggda av en mängd olika material och komponenter. Trots de snabbt växande mängderna av elektroniska produkter – som TV-apparater, surfplattor, bärbara datorer och bildskärmar – som säljs på den globala marknaden, minskar koncentrationerna av

11) Source: https://www.recupel.be/en/why-recycle/7-reasons-why-urban-mining-is-overtaking-classical-mining/#

många material, t.ex. guld och sällsynta jordartsmetaller – per produktenhet snabbt. Trots att den trenden generellt sett är fördelaktig, eftersom mindre material krävs och ”mer görs med mindre”, betyder det också att återvinning av ett mer utspritt materialinnehåll blir allt mer utmanande (Baldé, Forti et al. 2017).

Urban gruvdrift av kritiska sällsynta jordartsmetaller från e-avfall beror på vilka enheter avfallet består av och det potentiella värdet på de inbäddade ämnena. Ädelmetaller i kretskort återvinns generellt eftersom de har högt ekonomiskt värde och genererar ett positivt utfall i förhållande till kostnaderna för återvinningen. Samtidigt är återvinning av andra material som gallium, germanium, indium och sällsynta jordartsmetaller utmanande, eftersom de ingår i många olika produkter och kräver stora mängder avfall på ett ställe för att göra återvinningen mer ekonomiskt effektiv (Mathieux, Ardente et al. 2017). Dessutom finns det flera tekniska problem förknippade med återvinning och rening av specifika metaller från mycket små mängder e-avfall.

En av de största utmaningarna i samband med återvinning av e-avfall är avfallets geografiska spridning och den illegala återvinningen. En mycket stor andel e-avfall kommer aldrig in i etablerade återvinningssystem. Mycket av e-avfallet transporteras från EU till utvecklingsländer, där utvinning av metaller sker med primitiv teknik med låg effektivitet, bristande miljöhänsyn och utan något hälsoskydd på plats (se kapitel 3). Illegal export är förmodligen det största hindret när det gäller en högre återvinning av e-avfall. Dessutom sorteras en del av e-avfallet inte ut på korrekt sätt efter användning utan transporteras som restavfall antingen till förbränning eller deponering, beroende på systemet för avfallshantering i det aktuella EU-landet (Baxter, Stensgård et al. 2015). För att öka återvinningen av e-avfall krävs ett högre miljömedvetande hos hushållen och ett väl fungerande system för avfallshanteringen.

Växande konsumtion är ett övergripande miljöproblem när det gäller alla avfallsmaterial. Både den globala medelklassen och deras inkomster ökar, och denna befolkningsgrupp köper ofta helt nya elektroniska produkter och enheter, eftersom de ofta betraktas som statussymboler och ger social bekräftelse (Baldé, Forti et al. 2017). Snabb teknikomsättning i elektroniska produkter orsakar överdriven förbrukning, eftersom de flesta av de elektroniska produkterna kasseras innan de har uppnått sin tekniska livslängd. Många konsumenter har fått för vana att byta ut sina enheter mot de senaste modellerna och till ständigt lägre priser. En mobiltelefon har exempelvis en teknisk livslängd på 4 eller ibland till och med 7 år, men den genomsnittliga användningen av mobiltelefoner i Europa sträcker sig inte längre än 1,5–2 år. Vanligtvis bestäms livslängden för mobiltelefoner av kontrakten med telekomoperatörerna.

Liknande mönster kan noteras när det gäller andra elektroniska produkter som bärbara datorer, datorer, TV-apparater och routrar. Det är inte ovanligt att vi behåller vissa ”äldre” enheter en tid innan vi kasserar dem. En studie i Norge visade till exempel att cirka 10 miljoner mobiltelefoner förvarades i hushållen utan att användas. Cirka 60 procent av norrmännen äger fler än två mobiltelefoner som inte används (Baxter, Wahlström et al. 2015). Även om dessa oanvända enheter inte orsakar några miljöskador, har möjligheterna att sälja eller donera dem för att inte behöva producera nya enheter gått förlorad. Dessutom representerar dessa begagnade mobiltelefoner outnyttjade materialresurser för industrin.

En studie i Norge visade att cirka 10 miljoner mobiltelefoner förvarades i hushållen utan att användas

Det är viktigt att hela systemet och alla aktörer i en produkts livscykel är delaktiga i cirkulära lösningar. Produkterna ska vara konstruerade för lång livslängd, gå lätt att uppgradera, underhålla och reparera samt demonteras för återvinning. Vi konsumenter bör också fatta kloka beslut när vi köper elektroniska produkter genom att i första hand tänka ur ett hållbarhetsperspektiv, samäga produkter, använda marknader för second-hand, skänka använda produkter till välgörenhetsorganisationer samt sortera avfallet korrekt. Statliga aktörer bör skapa gynnsamma villkor och politiskt stöd till både producenter och konsumenter. Politiskt stöd behövs också för att underlätta skapandet av en infrastruktur som uppmuntrar återanvändning, reparation och materialåtervinning av värdefullt material. Lokala myndigheter har en roll i utvecklingen av adekvata system för insamling och hantering av e-avfall. Information med tydliga exempel på god praxis är en viktig pedagogisk åtgärd. Det är viktigt att alla delar av systemet fungerar korrekt, något som bara är möjligt när alla aktörer agerar ansvarsfullt. Huvudaktörerna och deras ansvar beskrivs nedan.

5. OLIKA AKTÖRERS ROLLER OCH ANSVAR

Med tanke på att en produkts miljöpåverkan följer med i produktens hela livscykel, från anskaffning av råvaror och produktion till konsumtion och avfallshantering, är det viktigt att alla aktörer är delaktiga när det gäller att minska den totala miljöpåverkan. Tillverkare kan optimera tillverkningsprocessen så att så lite energi och material som möjligt används, medan konsumenterna har makt att välja vilken produkt de ska köpa, eller inte köpa, och därmed möjligheter att påverka marknaden som konsumenter. I detta avsnitt beskrivs de olika aktörernas roller och ansvar.

5.1. Konsumenter

Eftersom all produktion styrs av konsumenternas efterfrågan har det stor betydelse vad (och om!) konsumenterna beslutar sig för att köpa. Detta gäller både enskilda konsumenter och myndigheter, t.ex. skolor, och företag. Konsumtionen av hemelektronik ökar och miljöeffekterna från dessa produkter är större än miljöpåverkan från många andra produkter. Det är därför viktigt att undersöka olika alternativ innan man köper nya produkter (Hallå Konsument 2017). Vissa presenteras i Box 6.

Om elektroniskt eller elektriskt avfall ska kasseras, ska det lämnas in på återvinningsstationer så att materialet kan återvinnas. Om produkten fungerar, om det bara behövs små justeringar för att den ska fungera, bör produkten i stället lämnas in till företag som renoverar och sedan säljer den begagnade produkten vidare, eller själv lämna produkten till second-hand-butiker. Det är också möjligt att skicka in e-avfall till företag som är skyldiga att samla in det.

Batterier innehåller farliga ämnen som kvicksilver, kadmium och bly och kan orsaka stora miljöskador. Små batterier kan kastas i batteriuppsamlingsboxar som finns på många platser i anslutning till återvinningsstationer, återvinningsrum i hyreshus och till och med i livsmedelsbutiker.

Idag erbjuder många företag leasingavtal för bland annat datorer. Leasingen minskar företagets behov av att kunderna ska köpa nya produkter för att företagets ekonomi ska vara hållbar. Vid leasingen erbjuds kunden i stället produktens funktion, och detta skapar i sin tur incitament för företaget att tillhandahålla produkter med längre livslängd eftersom det ligger i företagets intresse.

Ett annat alternativ är att köpa begagnade produkter från företag som lämnar garantier, vilket gör att man som konsument inte behöver oroa sig för om produkten fungerar korrekt eller inte. Dessa företag både renoverar begagnade datorer och uppgraderar dem för att kunna erbjuda god kvalitet. Många av de här företagen garanterar också att alla data på enheten raderas innan de säljer den begagnade produkten, en fråga som många konsumenter vanligtvis oroar sig för.

Många hushåll har många saker hemma som inte längre använd utan bara blir liggande. Eftersom elektriska och elektroniska enheter ständigt uppgraderas blir de snabbt föråldrade. Produkter som inte används bör därför alltid tas om hand som beskrivits ovan, vilket hjälper till att minska behovet av nytt råmaterial och en negativ miljöpåverkan.

- Det viktigaste är att tänka på vilka dina behov och syften är med den nya produkten. Finns det alternativa sätt att tillgodose det behovet/syftet? Är det möjligt att låna, köpa produkten begagnad eller reparera din nuvarande produkt istället?
- Om du väljer att köpa en ny produkt, välj en produkt med lång livslängd så att du kan använda samma under längre tid. Detta minskar den totala miljöbelastningen och användningen av råvaror.
- Om den produkt du har köpt går sönder under garantitiden är företaget du köpte den av skyldigt att felsöka produkten och fixa problemet eller ersätta enheten med en ny om problemet orsakas av ett fabrikationsfel.
- Kom ihåg att du har rätt att reklamera fabrikationsfel på produkten inom tre år från köpet.

Box. 6. *Vad du ska tänka på innan du köper ny elektrisk eller elektronisk utrustning*

5.2. Producenter

Producenterna av elektriska och elektroniska produkter kan också påverka sina produkters miljöpåverkan genom olika insatser och som konsumenter kan vi påverka producenterna genom de val vi gör när vi handlar. Producenterna ansvarar för att ta hand om e-avfallet och behandla det på det mest miljövänliga sättet (Swedish EPA 2018):

Ett direktiv är en form av lagstiftning ”riktad” mot medlemsstater i EU och som definierar de mål eller riktlinjer som måste uppnås (European Law Monitor 2018). Enligt WEEE-direktivet är EU:s medlemsstater skyldiga att ta tillbaka och återvinna elektriska och elektroniska slutprodukter. Detsamma gäller för batterier enligt EU:s batteridirektiv (WEEE Europe 2018). Detta kallas producentansvar och det är utformat för att uppnå europeiska miljömål genom att minska produkternas miljöpåverkan. Syftet är att motivera producenterna att utveckla produkter som använder mindre råmaterial, produkter som är lättare att återvinna och som inte innehåller farliga ämnen (Swedish EPA 2018). I detta avseende definieras en producent som den som lanserar en produkt på marknaden, vare sig det är en tillverkare eller en importör av produkten.

Ellen MacArthur Foundation är en ideell välgörenhetsorganisation som startades 2010 med uppdraget att påskynda övergången till en cirkulär ekonomi. Sedan etableringen har organisationen lyckats införa cirkulär ekonomi på beslutsfattarnas dagordningar i företag, regeringar och hos akademiker och forskare. Fyra viktiga byggstenar i en cirkulär ekonomi har identifierats av Ellen MacArthur Foundation: Cirkulär ekonomidesign, nya affärsmodeller, miljöanpassat kretslopp, entreprenörer och gynnsamma systemförhållanden (Ellen MacArthur Foundation 2017). Den första byggstenen – design av cirkulär ekonomi – innebär att företag måste satsa på kärnkompetens inom cirkulär design, dvs designa sina produkter så att de blir lättare att återanvända och återvinna. Detta innefattar att göra rätt materialval, använda standardiserade komponenter, som är lätta att byta ut, skapa produkter som är konstruerade för god hållbarhet, produkter som är lätta att sortera när produkten har blivit avfall och produkter som är lätta att separera för återanvändning och återvinning av önskat material. Den andra viktiga byggstenen innebär också att producenterna ska skapa nya affärsmodeller för att främja cirkulär ekonomi. Detta kan till exempel inkludera affärsmodeller för delning, leasing och återbruk.

Den ökade miljömedvetenheten har gjort att man kan man hitta nya aktörer på den marknad som hanterar begagnade produkter och använder affärsmodeller som ligger i linje med cirkulär ekonomi. Företag som Inrego med bas i Sverige är specialiserade på att renovera datorer och datorutrustning och sälja dem på begagnatmarknaden. De samlar in begagnade datorer, telefoner och annan begagnad datorutrustning huvudsakligen från företag, myndigheter och andra större organisationer men ibland också från enskilda (Inrego 2018). Ett annat exempel är Swappie, för närvarande verksamt i Sverige och Finland, som specialiserar sig på begagnade iPhone-mobiler. Begagnade mobiltelefoner köps både från andra företag och från enskilda innan de renoveras och säljs igen (Swappie 2018). En av fördelarna med dessa företag och affärsmodeller är att konsumenten kan känna sig trygg med sitt köp eftersom företagen erbjuder returrätt och garantier, i motsats till att köpa samma produkter i second-hand-butiker.

Fairphone är ett exempel på en mer cirkulär affärsmodell för telefoner. Det hela började som en hållbarhetskampanj år 2010 och är nu ett Amsterdambaserat företag som är aktivt i 20 länder. Företaget säljer mobiltelefoner som är uppbyggda med moduler. Om någon del av telefonen går sönder kan den ersättas med en ny (Fairphone 2018). Det betyder att telefonerna kan användas längre. Om till exempel skärmen är trasig eller batteriet slutat fungera, kan en ny modul för den specifika delen köpas. Delarna är gjorda så att de enkelt kan bytas av konsumenten själv med hjälp av handledning online. En annan funktion är att Fairphone (Fairphone 2) har två SIM-kortplatser som gör det lättare att ha både arbetssamtal och privatsamtal på samma telefon (Fairphone 2018). Detta gör att konsumenterna inte längre behöver två telefoner för att skilja arbete från privatlivet. Företaget erbjuder också rabatt när du skickar dem din begagnade telefon, som sedan skickas till återvinning. Fairphone arbetar också med en transparent leveranskedja, som ofta är mycket komplex när det gäller elektronik – allt för att förhindra leverans av material från oseriösa till-

Ellen MacArthur Foundation erbjuder resurser för skolor och högskolor för att utmana studenter i fråga om "take-make-dispose" -ekonomin (linjär ekonomi) för att bygga långsiktigt hållbara system. Utbildningsmaterial finns på: https://www.ellenmacarthurfoundation.org/resources/learn/schools-colleges-resources

Box. 7. *Skolans och högskolans resurser för cirkulär ekonomi.*

verkare med sociala och/eller ekonomiska orättvisor och miljöproblem.

Ett annat exempel på cirkulära affärsmodeller är belysningstjänster. Företag och offentliga institutioner kan köpa ”ljus” som en funktion i stället för de faktiska elprodukterna som är nödvändiga för att uppnå samma funktion. Med andra ord, ett serviceföretag tar hand om kundernas belysningsbehov, inklusive installation, underhåll och drift, elektricitet och övervakning för en månatlig kostnad eller på betala-per-användning-basis. Denna affärsmodell motiverar serviceföretagen till att skapa långsiktiga affärsrelationer som ligger i deras ekonomiska intresse att underhålla. Bland företag som erbjuder denna typ av tjänster finns Philips i Nederländerna och globalt, Digitial Lumens i USA och globalt och Ledlease i Nederländerna (Accenture 2016).

5.3. Statliga aktörer

Statliga aktörer som EU, statliga och lokala myndigheter har en viktig roll när det gäller hantering av elektriska och elektroniska produkter och avfall för övergång till ett mer hållbart system genom ny lagstiftning och politiska beslut.

I EU har följande viktiga lagstiftning införts: WEEE-direktivet om avfallshantering av elektrisk och elektronisk utrustning (WEEE-direktivet), direktivet om begränsning av användningen av vissa farliga ämnen i elektrisk och elektronisk utrustning (RoHS-direktivet) och direktivet om miljödesign.

En positiv följd av WEEE-direktivet är kostnadsfria insamlingssystem för konsumenternas e-avfall för att öka återanvändning och återvinning av e-avfall. RoHS-direktivet kräver att tungmetaller som bly, kvicksilver, kadmium, sexvärt krom och vissa flamskyddsmedel ersätts med säkrare alternativ (Europeiska kommissionen 2018). Direktivet om miljödesign minskar miljöbelastningen i EU för produkter som hushållsapparater och informations- och kommunikationstekniska produkter. Direktivet har satt upp ett minimikrav för olika produkters energieffektivitet samt bidrar till att förebygga handelshinder och förbättra kvalitet och miljöskydd (Europeiska kommissionen 2018).

EU har också infört en handlingsplan för cirkulär ekonomi för att leda Europas ekonomi i en mer hållbar riktning. Den består av en EU:s handlingsplan för cirkulär ekonomi inklusive ett konkret och ambitiöst handlingsprogram som täcker en produkts hela livscykel, från produktion och konsumtion till avfallshantering och marknaden för sekundära råvaror. Handlingsprogrammet innehåller även reviderade lagstiftningsförslag gällande avfall (Europeiska kommissionen 2018). De reviderade lagstiftningsförslagen innefattar till exempel ett ökat och gemensamt EU-mål för återvinning av 65 % av kommunalt avfall år 2030 och ekonomiska incitament för producenter att skapa mer miljövänliga produkter och stödja återanvändnings- och återvinningssystem för bland annat e-avfall. Vidare har förslag som specifikt reviderar WEEE-direktivet framförts.

Kan du identifiera en produkt som redan har ersatts av en tjänst (dvs. produktens användningsområde är tillgängligt som en tjänst)? Tänk på vilka andra funktioner som kan köpas som tjänster i stället och ersätta fysiska produkter.

Box. 8. *Frågor om produkter kontra tjänster.*

De föreslagna revideringarna i det ”cirkulära-ekonomi-paketet” rör allmänna krav på ett utvidgat producentansvar (EPR, som beskrivs nedan), vilket kräver att producenterna bidrar ekonomiskt till EPR-systemet och till avfallshanteringen av produkterna (Europeiska Kommissionen 2016).

5.4. Utökat producentansvar (EPR)

Utökat producentansvar, Extended Producer Responsability, EPR, innebär att varje producent av elektrisk utrustning, som kommer ut på marknaden, också är fysiskt och ekonomiskt ansvarig, i betydande omfattning, för produktens miljöpåverkan under produktens hela livscykel (OECD 2018). Detta inkluderar allt från val av material i produkterna men också den påverkan som användning och bortskaffande av produkterna står för som avfall. Inom producentansvaret är producenterna därför skyldiga att finansiera och se till att deras produkter samlas in och återvinns på ett miljömässigt hållbart sätt när produkten har blivit avfall. Alla som kommer ut med en produkt på marknaden definieras som en tillverkare, oavsett om de tillverkar eller importerar produkterna (El-Kretsen 2018).

Förutom att organisera och finansiera system för återvinningsprocesser måste producenternas registrera sig i ett nationellt register, deklarera de produkter som släpps ut på marknaden och informera slutanvändare, t.ex. konsumenter, om hur de på bästa sätt ur miljösynpunkt gör sig av med produkten när den inte längre används. Produkten måste också märkas med korrekt ikon, ett överstruket avfallskärl, för att tydligt visa slutanvändaren att den här produkten inte kan kastas i en vanlig soptunna. Tillverkaren måste också informera återvinnare om hur man demonterar produkten, undviker föroreningar och återvinner

Bild 21 (ovan). *Batterilåda i Sverige*
Bild 22 (till höger). *"Samlaren", behållare för återvinning av elavfall*

produkten (WEEElogic 2018).

De flesta producenter hanterar ovannämnda ansvar genom EPR-organisationer där producenter skapar ett gemensamt återvinningssystem som de finansierar tillsammans. Exempel på sådana EPR-organisationer är El-Kretsen i Sverige, REPIC i Storbritannien och UFH i Österrike (WEEE Europe 2018). Genom EPR-organisationerna blir finansieringen av insamlingssystemen mer ekonomiskt hållbar och hanteringen underlättas jämfört med separata återvinningssystem upprättade av enskilda producenter. El-Kretsen har till exempel till uppgift att tillhandahålla ett nationellt återvinningssystem och samarbetar med alla Sveriges 290 kommuner och med återvinnare (El-Kretsen 2018).

5.4.1. Så här fungerar producentansvaret i Sverige

Det utvidgade producentansvaret, EPR, gäller både i Sverige och i övriga EU, och som tidigare nämnts är El-Kretsen den EPR-organisation som ansvarar för att organisera och finansiera återvinningssystemet, i samarbete med kommuner och återvinnare. Konsumentprodukter samlas in via det kommunala insamlingssystemet, El-Kretsens batterilådor eller via återförsäljare (ibid.).

Det finns cirka 10 000 batterilådor, 600 återvinningscenter och 30 återvinningsanläggningar i Sverige (El-Kretsen 2018). Batterilådorna finns i anslutning till många apotek, livsmedelsbutiker, köpcentra och återförsäljare och ibland också i anslutning till återvinningsanläggningar för sorterat avfall, figur 21. Batterier samlas också in på återvinningscentraler och i Samlaren.

Samlaren är en behållare för insamling av sprayburkar, glödlampor och andra ljuskällor, batterier och mindre elektriska och elektroniska apparater som mobiltelefoner (Stockholm Vatten och Avfall 2018). Behållaren finns på många ställen, ofta i anslutning till stormarknader, figur 22.

E-avfall kan naturligtvis också lämnas på någon av de 600 återvinningscentralerna där många olika avfallstyper samlas in. Figur 23 och figur 24.

Sedan 2015 är återförsäljare av elektriska och elektroniska apparater skyldiga att ta emot e-avfall, vilket innebär att konsumenter också kan skicka in sitt e-avfall direkt till återförsäljaren (El-Kretsen 2018). Återförsäljare omfattar både fysiska butiker och online-butiker där elektriska och elektroniska enheter säljs. Större butiker kan ta emot konsumentelektronik som inte är större än 25 cm. I andra butiker kan en konsument lämna in en gammal enhet när hen köper en ny. De insamlade enheterna tas sedan om hand genom ett certifierat system för återvinning (ibid.).

Om företag vill skicka in e-avfall kan finns det kommunala, avgiftsfria insamlingsställen. Vissa företag är tillräckligt stora för att hantera sitt eget e-avfall och kan följaktligen också fungera som insamlingsställen.

Innan produkterna går till avfallshantering kan

Bild 23. *En typisk återvinningscentral i Sverige. Källa: Recycling, 2015 #36*

de i stället lämnas in till second-hand-aktörer som Myrorna, Stadsmissionen och Läkarmissionen, läggas upp på Blocket eller lämnas till tidigare nämnda renoveringsföretag, t.ex. Inrego och Swappie.

Enligt ovan nämnda hierarki för avfallshantering är det bättre för miljön att först använda produkten så länge som möjligt, för det andra att återanvända den och för det tredje att återvinna den. Med tanke på detta bör man som konsument av elektronik först noggrant överväga om produkten är nödvändig att äga och därefter helst köpa en begagnad vara istället för en ny. Det kan också vara möjligt att hyra produkten, låna den eller samäga den med andra.

En film (på svenska) om hur återvinning av WEEE fungerar kan hittas här: http://www.el-kretsen.se/el-kretsen-s%C3%A5-funkar-det

Box 9. *Länk till en film på svenska om hur återvinning av e-avfall fungerar*

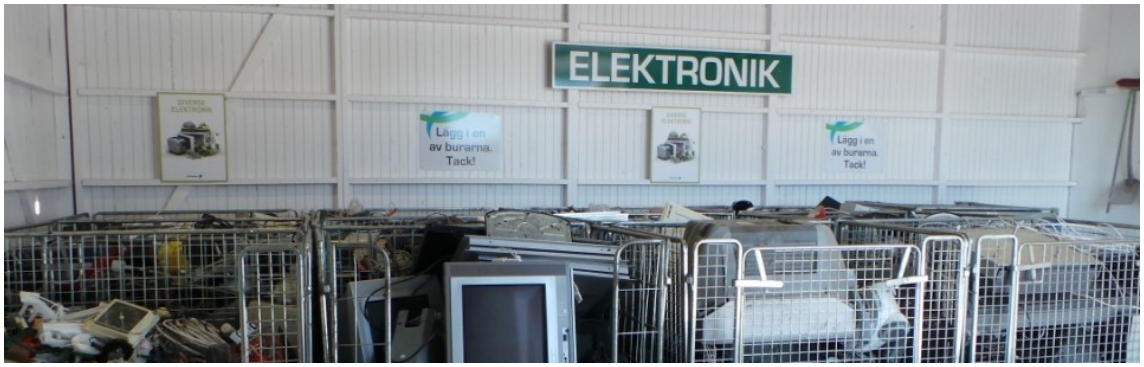


Bild 24. *E-avfall som lämnats in på en kommunal återvinningscentral.*
Källa: (Vimmerby Energi & Miljö AB 2018) Vimmerby Energi & Miljö AB, 2018 #37)

5.4.2. Så här fungerar det I andra länder

I Italien har genomförandet av WEEE-direktivet skapat möjligheter för producenter att ansluta sig till ett av flera system för avfallshantering (Ecodom 2012). Innan WEEE-direktivet trädde i kraft i Italien blandades hushållsavfall med annat kommunalt avfall och fördes till avfallscentra som inte alltid hade tillräcklig utrustning för demontering, fragmentering och separering av de olika fraktioner som är nödvändiga för återvinning. Idag hämtas e-avfall från alla insamlingscentra som är anslutna till systemet, både kommunala uppsamlingsplatser och uppsamlingsplatser för detaljhandeln (Ecodom 2012). Konsumenterna är skyldiga att lämna e-avfall till dessa uppsamlingsplatser eller till återförsäljare.

I Spanien införlivar det Kungliga dekretet (110/2015) om elektrisk och elektronisk utrustning europeiska direktiv i den nationella lagstiftningen om producentansvar (Ecotic 2018). Kungliga dekretets mål inkluderar (Ministerio para la transición ecológica 2015):

• Upprätta tydligare riktlinjer för att öka rättssäkerheten och för att ta fram en detaljerad beskrivning av skyldigheterna för användare, tillverkare, behöriga representanter, importörer, distributörer och chefer.

• Införa en gemensam kontrollfunktion för regionala och nationella data om e-avfall för att verifiera överensstämmelse med målen inom detta område och för att säkerställa spårbarhet och lämplig hantering av avfall.

• Främja återanvändning och förberedelse för återanvändning, uppmuntra inrättandet av återanvändningscentra och skapa fler jobb.

• Skyldigheter för el- och elektronikproducenter och e-avfallshanterare att tillhandahålla tillförlitliga och systematiserade rapporter om insamling och återvinning av e-avfall för att säkerställa enhetlig hantering av e-avfallet.

• Hantera e-avfallet på ett effektivt och ekonomiskt sätt i enlighet med det utvidgade producentansvaret.

Ecotic är den organisation i Spanien som ansvarar för finansiering och hantering av e-avfall (Ecotic 2018). De tre huvudsakliga insamlingsställena i Spanien är (Ecotic 2018):

• Återvinningscentra och andra kommunala centra.

• I avfallslagren hos distributionsföretag.

• Uppsamlingscentraler hanterade av Ecotic och som tar emot e-avfall från återvinningscentra och distributörer innan det transporteras till återvinningsföretag.

E-avfall kan också lämnas in hos återförsäljare när konsumenterna köper en ny produkt. Dessa återförsäljare måste också acceptera enheter som är mindre än 20 cm, oavsett om konsumenten köper en ny produkt eller inte (ibid).

I Irland är WEEE Irland den viktigaste EPR-organisationen med ansvarar för insamling och behandling av e-avfall å tillverkarnas vägnar (WEEE Irland 2018). WEEE Irland har varit i drift sedan 2005 och det är numera möjligt att lämna in e-avfall på lokala återvinningscentra, offentliga insamlingsdagar, återförsäljare och lampbytesbutiker. Batterier kan också återvinnas hos lokala tidningskiosker och dagligvaruhandlare (ibid.). Återförsäljare, grossister, hälso- och sjukvårdsanläggningar, offentliga och privata företag och skolor kan begära att batterilådor, avfallskärl och andra uppsamlingskärl placeras kostnadsfritt i deras anläggning för insamling av e-avfall.

6. KOMMUNIKATIONSSTRATEGIER FÖR ÖKAD CIRKULÄR HANTERING

För att öka medvetenheten och som en följd av insamling, återanvändning och återvinning av e-avfall har olika kommunikationsstrategier genomförts. Här är några exempel på framgångsrika kommunikationsstrategier.

Batteriåtervinningen är ett initiativ från svenska batteriproducenter som tillsammans startade Blybatteriretur, som är en EPR-organisation för blybatterier i Sverige, El-Kretsen och Recipo, en EPR-organisation för e-avfall och batterier som är aktiv i alla nordiska län sedan 2007 (Blybatteriretur 2018, Recipo 2018). Sedan 2012 har Batteriåtervinningen ansvarat för att informera svenska folket om varför det är viktigt att återvinna batterier (Batteriåtervinningen 2018). På Batteriåtervinningens hemsida informeras konsumenterna bland annat om var den närmaste insamlingsplatsen för batterier finns och varför det är viktigt att lämna in begagnade elektriska och elektroniska produkter. På hemsidan presenteras även återvinningsstatistik och information om de negativa miljökonsekvenserna när batterier inte avfallssorteras korrekt. Batteriåtervinningen är också aktiva på sociala medier som Facebook, Twitter och Instagram för att nå så många konsumenter som möjligt med uppdaterad information. Batteriåtervinningen skapade också populära evenemang på Facebook i olika svenska städer och bjöd in allmänheten till ”Elektriska loppmarknader” där konsumenterna kunde återanvända och byta elektrisk och elektronisk utrustning med varandra.

Batteriåtervinningen har också producerat material till skolor. På sopskolan.se finns interaktivt läromedel om farligt avfall som riktar sig till elever mellan 14 och 16 år. Läromedlet är producerat av Svenska avfallshanteringsförbundet, El-Kretsen och skolpersonal.

Batteriskolan är en online-skola med material för yngre elever med information om batterier, återvinning och andra miljöfrågor (Batteriåtervinningen 2018). De här skolorna utvecklas av Håll Sverige Rent, en ideell organisation som främjar återvinning och arbetar för ett skräpfritt Sverige (HSR 2018).

Ett projekt som heter ELAN (ELektronik ska återANvändas har genomförts inom det strategiska forskningsprogrammet RE: Source, ett svenskt strategiskt innovationsprogram som är finansierat av Energimyndigheten och samarbetspartners inom projektet. ELAN har studerat och testat metoder för att öka återanvändningen av elektrisk och elektronisk utrustning (Torres, Björnsson et al. 2018). De testade metoderna omfattar bland annat returfraktsedlar för att kunna skicka tillbaka begagnad elektronik när man köper nya produkter online. Andra metoder rör anpassning av returkärl för elektronik på återvinningscentraler, insamling och test av begagnad elektronik i butik, insamling och tester av funktionaliteten hos olika apparater och andra informationsinsatser. Informationsinsatserna inkluderade debattinlägg, pressmeddelanden, radioprat, konferenspresentationer och en Facebook-kampanj.

Informationskampanjerna inom projektet uppskattades ha en relativt god potential för att förändra människors beteende (ibid.). Information om problemet med elektroniskt avfall och fördelarna med återanvändning och återvinning framfördes via olika kanaler och till en bred och varierad målgrupp. Även om det är svårt att mäta kommunikationens effekter, är det viktigt att öka medvetenheten genom att offentligt lyfta fram frågorna för att inspirera till en mer hållbar konsumtion och livsstil. Parterna i ELAN-projektet valde två vägar för att fortsätta efter projektets slutförande: Facebook-kampanjens dag för cirkulär elektronik och retursedeln. Målet med Facebook-kampanjen var att inrätta en nationell dag för återanvändning av elektronik den 24 januari, en dag då många har tomma plånböcker efter julledigheten. En Facebook-sida skapades med många inlägg om miljöfördelar och praktiska tips om återanvändning. En speciell logotyp skapades också för Facebooksidan (Ibid.).

7. KOMMUNIKATIONSKAMPANJER AV SKOLELEVER

I detta kapitel presenteras några idéer för kommunikationskampanjer som kan genomföras av skolelever för att öka medvetenheten om förebyggande åtgärder och hantering av avfall.

Baserat på kunskap och information om e-avfall, miljöpåverkan, insamling, återanvändning och återvinning samt cirkulära affärsmodeller som ges i andra kapitel i denna bok, kan olika kommunikationskampanjer genomföras. Digitala kommunikationskanaler är överlägsna verktyg för att sprida meddelandet till många konsumenter samtidigt. Några förslag är:

- Göra informationsfilmer på YouTube.
- Skapa en Instagram-blogg som diskuterar och tar upp frågor om e-avfall.
- Utmana företag via Linkedin att förbättra sina sorterings- och produkthanteringsmetoder för slutprodukter.

Det är viktigt att vara medveten om syftet med kommunikationskampanjerna och hur målgruppen ser ut så att kampanjen kan anpassas till målgruppen. Vilka är de problem i hanteringen av e-avfall som man vill ta upp och hur och av vem/vilka kan dessa problem hanteras?

Kommunikationskampanjen kan också kombineras med tävlingar, till exempel att arrangera en kampanjtävling och en filmgala för att presentera de slutliga tävlingsbidragen. Om det finns resurser är en tävling mellan olika skolor också ett alternativ för ett större och mer ambitiöst evenemang. Här kan professionella filmregissörer och/eller kampanjchefer och konsumtionsexperter också bjudas in till en jury.

REFERENSER

The Guardian (2015). "China scraps quotas on rare earths after WTO complaint ". from https://www.theguardian.com/world/2015/jan/05/china-scraps-quotas-rare-earth-wto-complaint.

Accenture (2016). Circular business models for WEEE. Work done for the Voluntary Agreement.

Allwood, J. M. (2014). Chapter 30 – Squaring the Circular Economy: The Role of Recycling within a Hierarchy of Material Management Strategies. Handbook of Recycling. E. Worrell and M. A. Reuter. Boston, Elsevier: 445-477.

Avakian, M. (2014). "E-waste: An Emerging Health Risk ". Retrieved 2019-01-11, 2019, from hzttps://www.niehs.nih.gov/research/programs/geh/geh_newsletter/2014/2/spotlight/.

Bakas, I., et al. (2016). Critical metals in discarded electronics. Mapping recycling potentials from selected waste electronics in the Nordic region. Denmark, Nordic Council of Ministers.

Baldé, C. P., et al. (2017). The Global E-waste Monitor – 2017. Quantities, Flows, and Resources. Bonn/Geneva/Vienna, United Nations University (UNU), International Telecommunication Union (ITU) and International Solid Waste Association (ISWA).

Batteriåtervinningen (2018). "Skola." Retrieved 12.12.2018, from https://www.batteriatervinning-en.se/skola.

Batteriåtervinningen (2018). "Vad får jag spara på?". Retrieved 12.12.2018, from http://www.batteriatervinningen.se/.

Baxter, J., et al. (2015). Nordic plastic value chains. Case WEEE (Waste Electrical and Electronic Equipment)/Policy brief.

Baxter, J., et al. (2015). WEEE Plastics Recycling. A guide to enhancing the recovery of plastics from waste electrical and electronic equipment.

Blybatteriretur (2018). "Om Blybatteriretur." Retrieved 12.12.2018, from http://blybatteriretur.se/om-organisationen/.

Bristøl, L. M. L. (2015). Characterization and recovery of rare earth elements from electronic scrap. Materials Chemistry and Energy Technology, Norwegian University of Science and Technology. Master thesis.

Cato, J. (2017). "Raw Materials Used in the Manufacture of Electronic Components." Retrieved 2018-01-09, 2018, from https://sciencing.com/raw-used-manufacture-electronic-components-8053265.html.

Chancerel, P. (2010). Substance flow analysis of the recycling of small waste electrical and electronic equipment - An assessment of the recovery of gold and palladium. Schriftenreihe des Instituts für Technischen Umweltschutz. Berlin, Technische Universität Berlin: 162.

Chen, A., et al. (2011). "Developmental neurotoxicants in e-waste: an emerging health concern." Environmental health perspectives 119(4): 431-438.

Compound Interest (2015). "Elements of smartphone." Retrieved 2019-01-14, 2019, from https://binged.it/2soEklV.

EC (2018). "Waste Electrical & Electronic Equipment (WEEE)." Retrieved 2019-01-09, 2019, from http://ec.europa.eu/environment/waste/weee/index_en.htm.

Ecodom (2012). Household WEEE generated in Italy - Analysis on volumes and consumer disposal behavior for waste electrical and electric equipment.

Ecotic (2018). "Ecotic." Retrieved 13.12.2018, from http://www.ecotic.es/.

Ecotic (2018). "Waste." Retrieved 13.12.2018, from http://www.ecotic.es/en/252116/Waste.htm.

El-Kretsen (2018). "Butiksinsamling." Retrieved 12.12.2018, from http://www.el-kretsen.se/butiks-insamling.

El-Kretsen (2018). "Insamling." Retrieved 12.12.2018, from http://www.el-kretsen.se/insamling.

El-Kretsen (2018). "Om El-Kretsen." Retrieved 12.12.2018, from http://www.el-kretsen.se/om-oss.

El-Kretsen (2018). "Serving business since 2001." Retrieved 12.12.2018, from http://www.el-kretsen.se/english/producer-responsibility.

Ellen MacArthur Foundation (2017). "Building Blocks." Retrieved 10.12.2018, from https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/concept/building-blocks.

Ercan, E. M. (2013). Global Warming Potential of a Smartphone Using Life Cycle Assessment Methodology. Stockholm. Master of Science Thesis.

Erdmann, L. and T. E. Graedel (2011). "Criticality of Non-Fuel Minerals: A Review of Major Approaches and Analyses." Environmental Science & Technology 45(18): 7620-7630.

European Commission (2016). Briefing – EU legislation in progress. Circular economy package. Four legislative proposals on waste, European Union.

European Commission (2017). "Critical Raw Materials/Third list of critical raw materials for the EU of 2017." 2018.

European Commission (2018, 23.07.2018). "Circular Economy - implementation of the Circular Economy Action Plan." Retrieved 10.12.2018, from http://ec.europa.eu/environment/circular-economy/index_en.htm

European Commission (2018). "Ecodesign." Retrieved 07.12.2018, from http://ec.europa.eu/growth/industry/sustainability/ecodesign_en

European Commission (2018, 2018.01.15). "Waste Electrical & Electronic Equipment (WEEE)." Retrieved 2018.11.20, from http://ec.europa.eu/environment/waste/weee/index_en.htm.

European Commission (2018, 15.01.2018). "Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE)." Retrieved 07.12.2018, from http://di.dk/SiteCollectionDocuments/Milj%C3%B8/Nyheder/Sarahs%20mappe%20-%20nyheder/WEEE/Circular%20business%20models%20for%20WEEE%20final%20final.pdf.

European Law Monitor (2018). "Ehat is? Key EU Terms." Retrieved 10.12.2018, from https://www.europeanlawmonitor.org/what-is-guide-to-key-eu-terms/eu-legislation-what-is-an-eu-directive.html

EWRN (2017). WEEE2 – Definition and Understanding of the 6 Categories (15.08.2018).

Fairphone (2018). "Fairphone 2." Retrieved 10.12.2018, from https://shop.fairphone.com/en/?ref=header.

Fairphone (2018). "The modular phone that's built to last." Retrieved 09.10.2018, from https://www.fairphone.com/en/.

Flickr (2009). "Xatarra i xinet." from https://www.flickr.com/photos/art_es_anna/415400769.

Geissdoerfer, M., et al. (2017). "The Circular Economy – A new sustainability paradigm?" Journal of Cleaner Production 143: 757-768.

Guardian, T. (2015). "China scraps quotas on rare earths after WTO complaint ". from https://www.theguardian.com/world/2015/jan/05/china-scraps-quotas-rare-earth-wto-complaint.

Hallå Konsument (2017, 14.07.2017). "Hemelektronik." Retrieved 13.12.2018, from https://www.hallakonsument.se/tips-for-olika-kop/kopa-och-hyra-produkter/hemelektronik/.

Harneis, J. (2007). "Mining in Kailo." Retrieved 2019-06-04, 2019, from https://www.flickr.com/photos/julien_harneis/1872000955.

HSR (2018). "The Keep Sweden Tidy Foundation." Retrieved 12.12.2018, from https://www.hsr.se/english.

Inrego (2018). "Inrego." Retrieved 09.12.2018, from https://shop.inrego.se/?gclid=Cj0KCQiAuf7fBRD7ARIsACqb8w4ecPNzBuunyrtS4jLalBdOMC6novPrnNrJdKDOQVaxZZ-Y9ZZ4vjAaAhI5EALw_wcB.

Kenneth E. Boulding (1966). "THE ECONOMICS OF THE COMING SPACESHIP EARTH ". Retrieved 2018-11-15.

Laurenti, R., et al. (2016). "Calculating the pre-consumer waste footprint: A screening study of 10 selected products." Waste Management & Research 35(1): 65-78.

Litchfield, C. A., et al. (2018). "Recycling 115,369 mobile phones for gorilla conservation over a six-year period (2009-2014) at Zoos Victoria: A case study of 'points of influence' and mobile phone donations." PLOS ONE 13(12).

Long J.T. (2012). "The Astounding Rise of Western Rare Earth Extraction: Jack Lifton "The Critical Metals Report".

Mathieux, F., et al. (2017). Critical raw materials and the circular economy-Background report JRC Science-for-policy report. Luxembourg.

Ministerio para la transición ecológica (2015). "Spanish legislation on waste of electric and electronic equipments (WEEE): Royal Decree 110/2015 of 20 february." Retrieved 13.12.2018, from https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/prevencion-y-gestion-residuos/flujos/aparatos-electr/Royal-Decree-on-wastes-electronic-electric-equipments.aspx.

MIT (2016). "Environmental Risks of Mining. How they arise and how their effects can be mitigated." 2019-01-09, from http://web.mit.edu/12.000/www/m2016/finalwebsite/problems/mining.html.

Modak, P. (2014). "The Mobile Mines." Retrieved 2019-01-14, 2019, from https://prasadmodakblog.files.wordpress.com/2014/09/mobile_life_cycle.jpg.

OECD (2018). "Fact Sheet: Extended Producer Responsibility." Retrieved 12.12.2018, from http://www.oecd.org/env/waste/factsheetextendedproducerresponsibility.htm.

Randers, J. (2012). 2052: A global forecast for the next forty years. Chelsea Green Publishing.

Recipo (2018). "Om oss." Retrieved 12.12.2018, from https://recipo.se/om-oss/.

REVAC AS (2019). "Recycling – WEEE." Retrieved 2019-01-14, 2019, from https://www.revac.no/en/services/recycling-weee/.

SGU (2018). "Vad är kritiska material?". Retrieved 2018-12-04.

Stockholm Vatten och Avfall (2018, 16.11.2018). "Ljuskällor och småelektronik." Retrieved 12.12.2018, from http://www.stockholmvattenochavfall.se/avfall-och-atervinning/har-lamnar-du-dina-sopor/privatkund/har-lamnar-du-sopor/ljuskallor-och-smaelektronik/.

SWA (2017). "Batteriholk." Retrieved 2019-01-11, 2019, from http://www.stockholmvattenochavfall.se/avfall-och-atervinning/har-lamnar-du-dina-sopor/privatkund/har-lamnar-du-sopor/batteriholk/.

Swappie (2018). "Hur fungerar tjänsten?". Retrieved 09.12.2018, from https://swappie.com/se/hur-fungerar-tjansten/.

Swedish EPA (2018, 05.06.2018). "Collection of waste electrical and electronic equipment (WEEE)." Retrieved 13.12.2013, from http://www.swedishepa.se/Guidance/Guidance/Waste/Guidance-for-producers/Producers-electrical-and-electronic-equipment/Collection-of-waste-electrical-and-electronic-equipment-WEEE/.

Swedish EPA (2018). "Producentansvar." Retrieved 10.12.2018, from https://www.naturvardsverket.se/Amnen/Producentansvar/.

The Mozambique Resources Post (2016). "Africa Mining vs Environment: "South Africa has failed to protect locals from gold mine pollution" – Harvard report." Retrieved 2019-01-14, 2019, from https://mozambiqueminingpost.com/2016/10/13/africa-mining-vs-environment-south-africa-has-failed-to-protect-locals-from-gold-mine-pollution-harvard-report/.

TING, M. H. and J. SEAMAN (2013). "Rare Earths: Future Elements of Conflict in Asia?" Asian Studies Review 37(2): 234–252.

Torres, J., et al. (2018). ELAN - ELektronik ska återANvändas. Poject nr 42495-1, IVL Swedish Environmental Institute.

Tyresö kommun (2018). "El- och elektronikavfall." Retrieved 2019-01-11, 2019, from https://www.tyreso.se/boende--miljo/avfall-och-atervinning/el--och-elektronikavfall.html.

Wath, S. B., et al. (2011). "E-waste scenario in India, its management and implications." T. Environ Monit Assess 172(249).

WEEE Europe (2018). "European one-stop-shop Take-back-Solutions." Retrieved 12.12.2018, from https://www.weee-europe.com/21-1-partner-european-take-back-solutions.html.

WEEE Europe (2018). "Relevant laws." Retrieved 10.12.2018, from https://www.weee-europe.com/33-1-relevant-laws.html.

WEEE Irland (2018). "Household recycling." Retrieved 13.12.2018, from https://www.weeeireland.ie/household-recycling/.

WEEElogic (2018). "7 obligations faced by Producers to comply with WEEE Directive." Retrieved 12.12.2018, from https://news.weeelogic.com/7-obligations-producers-comply-weee-directive

Vimmerby Energi & Miljö AB (2018). "Återvinningscentralen." from http://www.vemab.se/tjanster/renhallning/atervinningscentralen

Zepf, V., et al. (2014). Materials critical to the energy industry —An introduction. London, United Kingdom, Published by BP p.l.c.

IVL SVENSKA MILJÖINSTITUTET
Box 210 60
100 31 Stockholm

www.ivl.se