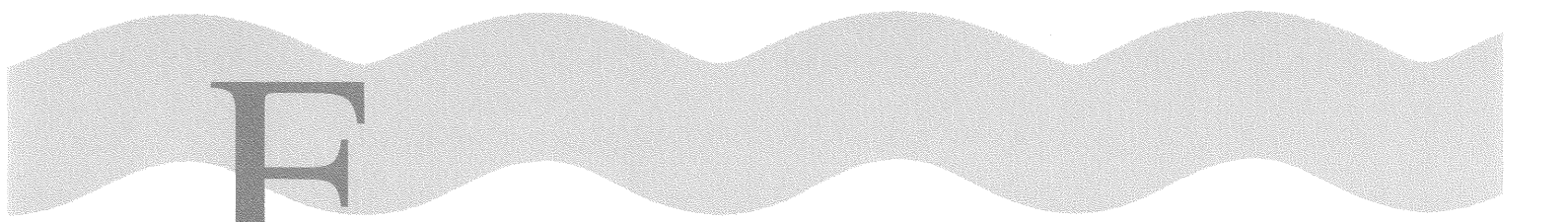




CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Institutionen för Vattenförsörjnings- och Avloppsteknik

A wide, horizontal wavy line with a light grey, textured fill, spanning the width of the page. It has a series of rounded, overlapping peaks and valleys.

E

XAMENSARBETE / Avfallsgruppen

Datorer som avfallsproblem

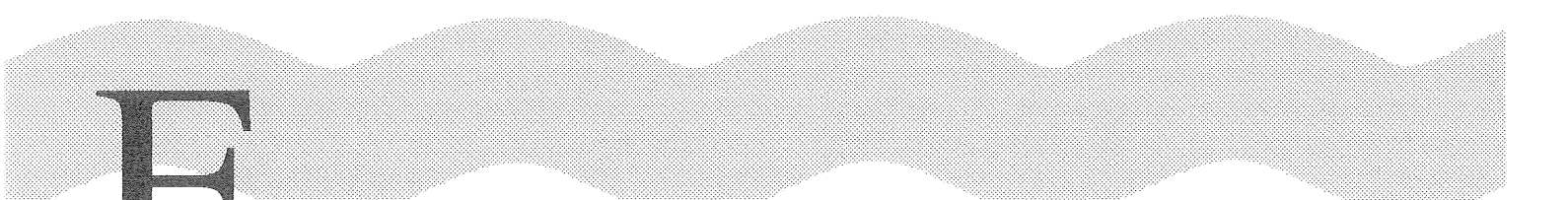
THOMAS EKEFALK

Examensarbete 1995:1



CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Institutionen för vattenförsörjnings- och avloppsteknik
412 96 GÖTEBORG
Tel 031 - 772 10 00

Nyckelord: **datorskrot**
återvinning
miljökonsekvenser
flamskyddsmedel
tungmetaller

A decorative wavy line with a halftone pattern, spanning the width of the page.

E

XAMENSARBETE / Avfallsgruppen

Datorer som avfallsproblem

THOMAS EKEFALK

Examensarbete 1995:1

SAMMANFATTNING

Datoravfall är ett växande miljöproblem på grund av den ökande datoranvändningen. Dagens samhälle är beroende av datorerna. Dagligen förlitar vi oss alla på att olika datorer ska göra rätt, t.ex när vi tar ut pengar från en bankomat, åker spårvagn eller får vår lön utbetald. Många arbetsplatser är helt eller delvis baserade på datoranvändning och inom en snar framtid kommer datorn att vara en ännu viktigare del av vår värld.

Datorer som avfallsproblem är tvådelat; dels måste gamla datorer skrotas på ett miljöriktigt sätt, dels bör nya datorer formges och konstrueras på ett sådant sätt att ingående delar antingen är helt nedbrytbara av naturen (inom överskådlig framtid) eller kan återvinnas och ingå i ett industriellt kretslopp. De farligaste ämnena i dagens datorer är främst bly och bromerade flamskyddsmedel, men det finns även mindre mängder av kadmium, kvicksilver, beryllium, gallium etc. Det finns idag ersättningsämnen och alternativ teknik för de flesta av dessa ämnen - att de inte används är mest en kostnadsfråga.

Datorföretagen är nu varse problemen och tar sig an dem genom att försöka sträva mot miljövänliga datorer. Miljöanpassning av produkter har på senare tid blivit ett försäljningsargument som ofta syns i reklam för datorer. Intressant är den nya platta kristallskärmen som drastiskt minskar användningen av bly, koppar, järn och bromerade flamskyddsmedel. Energiförbrukning vid tillverkningen är mindre än vid tillverkningen av konventionella skärmar, samtidigt som arbetsmiljöproblem med strålning från skärmar försvinner.

Arbetet innehåller en empirisk del där tre stycken skärmar, tre tangentbord och två stycken processenheter har plockats ned och delats upp i följande fraktioner: aluminium, fästeanordningar, järn, kablage, kontakter, kretskort, plast och övrigt. Järn och plast är de största rena fraktionerna. Kretskorten utgör 13 % av hela datorn. Korten från skärmar och processenheter har malts ned med en avfallskvarn. Det nedmalda materialet har skiktats och siktdiagram har tagits fram. Andelen organiskt material i kretskorten har även undersökts.

ABSTRACT

Computer waste is a growing problem due to the increasing use of computers. Today's society is dependent on computers. Every day we trust computers to take care of everything from our bank transactions to monitoring our public transport system. Many workplaces are completely or partially based on the use of computers, and in the future the computer will be an even more important part of our lives.

Computer as a solid waste is a dual problem. Computers need to be designed and constructed in such a way that the components are either biodegradable or recyclable. The most hazardous compounds in today's computers are lead and brominated flame retardants, but there are also smaller amounts of cadmium, mercury, beryllium and gallium. There are substitutes for most of these compounds, as well as alternative techniques. Higher cost prevents these alternatives from being used.

The computer companies are aware of these problems and are striving towards environmentally friendly computers. Today, environmental adaptation is a sales argument often seen in computer advertisements. An interesting new technique is the new flat crystal screen, which drastically reduces the use of lead, copper, iron and brominated flame retardants. Energy use in production is lower than in the production of conventional screens, and health problems related to electromagnetic radiation are eliminated.

This study contains an empirical part where three screens, three keyboards and two CPU's were disassembled and divided into the fractions, for example aluminium, iron, plastic, circuit boards. Iron and plastic are the two biggest pure fractions. The circuit boards are 13 % of the whole computer. The boards from the screens and the CPU's were ground. The resulting material was sifted and a sift-curve was constructed. The organic content was determined.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	Sid
Kapitel 1. INLEDNING	
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte och avgränsningar	2
1.3 Metod	3
Kapitel 2. PERSONDATORN	
2.1 Historia	3
2.2 Flöde	5
Kapitel 3. DATORNS KONSTRUKTION	
3.1 Makronivå	7
3.2 Mikronivå	8
3.3 Brandskydd	9
3.4 Demontering av datordelar 1993	10
3.5 Tendenser	12
Kapitel 4. DATORAVFALL SOM MILJÖPROBLEM	
4.1 Miljöfarliga ämnen i en PC	15
4.1.1 Bly	16
4.1.2 Bromerade flamskyddsmedel	17
4.1.3 Övriga miljöfarliga ämnen	18
4.2 Deponering	19
4.3 Förbränning	20
4.4 Tendenser	21
Kapitel 5. ÅTERANVÄNDNING OCH ÅTERVINNING AV PC	
5.1 Påverkan från myndigheter	
5.1.1 Lagstiftning	23
5.1.2 Miljömärkning	25
5.2 Återvinning och återanvändning	26
5.3 Marknad och ekonomi	28
Kapitel 6. DISKUSSION	29
Kapitel 7. REFERENSER	34
Kapitel 8. BILAGOR	36 -

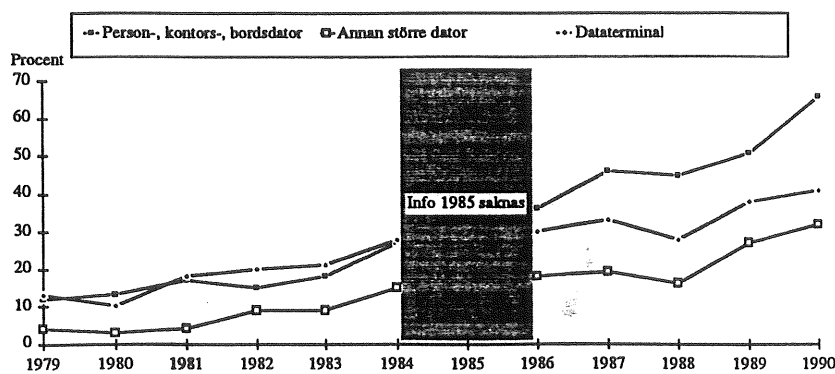
1. INLEDNING

1.1 Bakgrund

Miljöproblemen har ändrat karaktär under de senaste decennierna. På 50- och 60-talet var det främst industri och samhälle som genom orenade utsläpp gav lokala problem, såsom eutrofiering av vattendrag och sotpartiklar i stadsluften. Under 70-talet blev miljöproblemen mer regionala, som t.ex. försurning. Under 80-talet uppdagades miljöproblem på en helt ny nivå, nämligen den globala. Ämnen transporteras nu långa vägar och påverkar flera kontinenter, exempel på sådana miljöproblem är växthuseffekten och ozonskiktets förtunning.

De metoder man har använt för att komma tillrätta med miljöproblemen har också varierat genom åren. På 50- och 60-talet var det "utspädning" som gällde. "Dilution is solution" var parolen och man trodde att om bara blandningsförhållandet var tillräckligt stort så skulle miljöproblem undvikas. På 70-talet koncentrerades utsläppen med förfinad reningsteknik, detta var något som fortsatte in på 80-talet. Då började man också inse värdet i att återvinna material. "Kretslopp" blev ett populärt ord och drömmen om slutna materialflöden föddes. Under 90-talet har man börjat försöka att minimera användandet av miljöfarliga ämnen i produkter. Man "tänker efter före" innan material väljs till en produkt. Flera metoder, t.ex. livscykelanalys, har tagits fram för att kunna bedöma en produkts miljöpåverkan under hela dess livscykel - från vaggan till graven.

En produkt som blir allt vanligare i vårt samhälle är datorerna. Användningen av datorer har de senaste 20 åren ökat kraftigt. Det var när man på 70-talet fick fram mindre så kallade mikrodatorer som försäljningen tog fart på allvar och nu är datorn en väsentlig komponent i vårt komplexa samhälle. Datorer, eller mikroprocessorer, återfinns på många olika ställen t.ex. i bilar, bankomater, hushållsapparater, snabbköpskassor, leksaker etc. På arbetsplatsen används datorn både av företagsledningen och arbetarna på golvet. Företagsledningen använder datorn för t.ex. planering medan arbetarna programmerar hur t.ex. svarven eller fräsen skall forma en ny produkt. Att datorn är mycket vanlig på dagens arbetsplatser framgår tydligt av figur på nästa sida.



Figur 1. Andelen svenska kontor som innehade datorer under åren 1979-1990, uttryckt i procent (Gärdin, Hilstad m fl., 1992).

Utvecklingen har gått mot mindre och samtidigt mer kraftfulla datorer, samt mer användarvänliga och avancerade program. Numera finns det datorer i A4-format som klarar av samma saker som en dator för bara några år sedan skulle behöva ett halvt skrivbord för att klara av. Dessa små datorer är ofta batteridrivna och kan anslutas till en större dator om så önskas.

Den tekniska sidan av datorernas utveckling har gått mycket fort, men däremot har materialvalet med hänsyn till miljön gått långsammare. Man har helt enkelt använt de material som har kunnat lösa uppgiften för stunden och inte sett problemet ur ett långsiktigt, mer miljömässigt, perspektiv. De senaste åren har dock miljömedvetenheten i samhället även påverkat de stora elektronikföretagen till att försöka minimera användandet av miljöfarliga ämnen i sina produkter men främst har man utvecklat återvinning och återanvändning av uttjänta elektronikprodukter

1.2 Syfte och avgränsningar

Huvudsyftet med denna rapport är att försöka öka förståelsen för datorn som en komplex avfallsprodukt, genom att redogöra för ingående ämnen och dess verkningar på miljön och människan. Rapporten belyser även alternativa ämnen och metoder för en framtida, mer miljöanpassad, datortillverkning. Eftersom ordet dator kan betyda olika saker för olika personer så är det viktigt att påpeka att den här rapporten utgår ifrån persondatorer (PC), d v s skärm, processenhet och tangentbord.

1.3 Metod

Informationen har dels hämtats genom litteratur, dels genom intervjuer med branschfolk. En tredje informationskälla har varit demontering och analys av ett antal datorer. Datorerna som studerades tillhandahölls av Technoworld i Blekinge och Digital equipment i Stockholm. Vid besök på Technoworlds anläggning i Bräkne-Hoby, Blekinge, har jag studerat hur demonteringen gick till, vilken typ av datorer man får in och framför allt hämtade jag de datorer som blev analyserade. Överenskommelsen var sådan att jag fick ta med mig datorerna hem till Göteborg, och demontera och analysera dem, på det villkoret att de sedan skulle återföras till Blekinge för att återvinnas. Detta för att inget läckage skulle uppstå. Vid besöket fanns inte tillräckligt med processenheter i lager. Därför kontaktades olika datorfirmor och Digital equipment ställde upp med en processenhet.

Nedplockning av datorerna skedde manuellt och genomfördes av en person. För att plocka isär en dator klarar man sig med basverktyg såsom skruvmejslar (stjärn och vanlig), avbitartång, bågfil (metallsåg), insexnycklar, hammare etc.

Datorerna, som var av skiftande fabrikat och ålder (se bilaga 1), plockades först ned för att sedan grovt delas upp i olika fraktioner. Dessa fraktioner vägdes sedan för att få en bild utav vad en dator grovt innehåller. Varje enhet (skärm, tangentbord, processenhet) demonterades och delades upp i logiska fraktioner såsom plast, järn, aluminium, kretskort etc (se bilaga 1). Kretskorten och bitar från höljena maldes sedan ner, var för sig, med en knivkvarn av modell Retch SM 2000. Eftersom Retch 2000 är en mindre avfallskvarn avsedd för laboratoriemiljö så var det inte möjligt att mala ner alla datorns delar. Det nedmalda materialet från kretskorten användes för att få fram dels organisk halt och dels siktkurvor för de olika datordelarna. Halten organiskt material mättes som viktförlust vid 600 °C under 3 timmar, efter en jämn uppgång under 1.5 timmar. Siktanalyser genomfördes i en automatisk siktapparat, Pascal. Knivkvarnen har tre olika stora raster, vilket utnyttjades vid malningstillfällena så att olika delar maldes med olika raster. De nedmalda kretskorten och bitarna från höljena sparas för framtida noggrannare studier.

2 PERSONDATORN

2.1 Historia

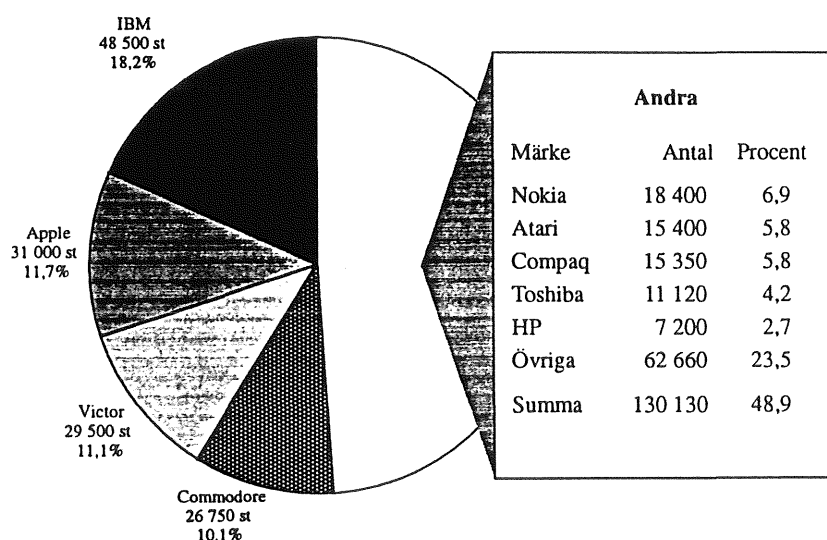
För ungefär ett halvt sekel sedan konstruerade och tillverkade man stora matematikmaskiner som kan sägas vara ursprunget till dagens dator. Sverige deltog i utvecklingen genom att 1950 ta fram matematikmaskinen BARK (Binär Aritmetisk Räkne Kalkylator). Maskinen var uppbyggd av 8000 reläer och användes mest för vetenskapliga beräkningar. 1954 togs däremot den första "riktiga" svenskbyggda datamaskinen i bruk. Den kallades BESK (Binär Elektronisk Sekvens Kalkylator) och

bestod av 2400 elektronrör! Den användes mest för meteorologiska och tekniska beräkningar. Utvecklingen gick vidare med så kallade transistoriserade datorer, t.ex SAAB's D21. Dessa transistoriserade maskiner började dyka upp i slutet av femtiotalet. Datorerna var fortfarande utrymmeskrävande med höga anskaffningskostnader. De användes huvudsakligen av stora företag och vetenskapliga institutioner.

I början av sjuttiotalet kom mikroprocessorerna som möjliggjorde att man kunde tillverka jämförelsevis små "tänkande" elektroniska apparater. I början av 1975 kom Altair 8800 och förändrade hela datormarknaden. Den anses nämligen vara den första egentliga mikrodatorn. Den bestod av en liten låda med lysdioder framtill, och minnet uppgick till 256 bytes. Man matade in program med hjälp av kontakter och kunde avläsa innehållet i minnet på lysdioderna.

Utvecklingen tog nu ordentlig fart och flera olika fabrikat var populära bland annat IMSAI 8080, TRS 80 och den för Sverige så viktiga ABC 80. IBM lanserade 1981 sin "PC" som fick en oerhörd genomslagskraft och kom att påverka flera olika företag som började att ta fram så kallade IBM-kompatibla datorer. Maskinerna var uppbyggda på liknande sätt och därför gick samma program att använda.

På datormarknaden idag finns främst två olika typer av persondatorer, nämligen Macintosh/Apple och IBM/IBM-kompatibla datorer. Det finns ett stort antal företag som tillverkar IBM-kompatibla datorer. De flesta är från Japan och USA, men tillverkningen sker oftast i Asien. Den svenska marknaden består av ett tiotal datorleverantörer, och 1990 var fördelningen enligt figur nedan. På senare år har framför allt IBM tappat marknadsandelar till bland annat Compaq.



Figur 2. Fördelning av de största datorleverantörerna i Sverige 1990 (Gärdin, Hilstad m fl., 1992).

Mikroprocessernas utveckling har varit grunden till de avancerade datorer vi har idag. Det började med en fyra bitars processor 1971, och nyligen lanserades en processor med 64 bitar. Man kan säga att antalet bitar ger ett ungefärligt mått på hur pass snabbt datorn arbetar. Beteckningarna på de olika processorerna har, främst hos IBM, blivit ett bra mått på hur pass kraftfull och ny en dator är. Om man exempelvis hör någon säga att 286-or är långsamma, så menar personen att Intels mikroprocessor 80286 saknar kapacitet. "Pentium" är idag det senaste när det gäller processorer. Den är en utveckling av mikroprocessorn 80486, som kom för ett par år sedan.

Namnet på vad vi idag kallar persondator (PC), har varierat genom åren. I början kallades den mikrodator men sedan har andra namn florerat exempelvis privat-, små-, kontors- och bordsdatorer. Denna rapport kommer, som redan nämnts, huvudsakligen att använda beteckningen persondator (PC).

2.2 Flöde

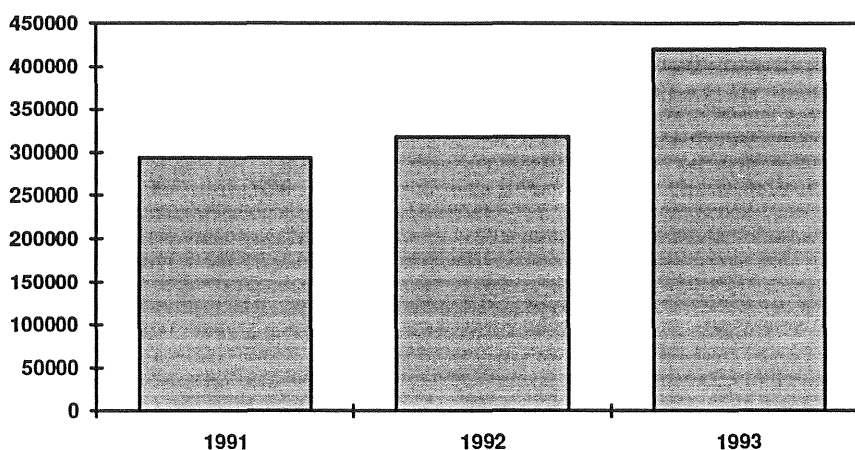
När man frågar branschfolk om en persondators livslängd får man olika svar, vilka främst avser teknisk- och marknadslivslängd. Där den tekniska livslängden är den tid datorn verkligen fungerar, dvs utför det arbete den är konstruerad för att göra. Denna livslängd anses ligga runt 5-10 år från det att datorn har levererats. Sedan går åsikterna isär. Där en del menar att datorn sen ska skrotas och skickas till en återvinningsstation (t.ex Technoworld) medan andra förespråkar att datorn ska renoveras genom att de delar som har gått sönder byts ut och att gammalmodiga komponenter ersätts. Detta kallas att uppgradera en dator.

Marknadslivslängden är hur länge datorn kan användas innan den blir gammalmodig. Den uppskattas för närvarande (1994) till 2-3 år av de flesta, lite beroende på vad datorn används till. Gammalmodig anses datorn vara när programmen inte får plats på hårddisken eller när operationerna går för långsamt. Intressant att notera är att en dator används till olika saker beroende på ålder. När en dator är ny används den för de nyaste och mest krävande programmen. Efter ett par år kanske datorn bara används för mindre program som t.ex enklare ordbehandling och kalkylprogram. Efter ytterligare ett par år kanske datorn inte används dagligen utan mera är en reservdator om något går sönder. Andra kanske används som "server" till nätverk, eller liknande.

Vad som händer sen med de datorer som fungerar, men är gammalmodiga, är svårt att säga. En teori är att när ett företag köper nya datorer så försöker man först att omplacera de gamla datorerna till andra delar av företaget, men sedan kanske någon anställd köper loss en PC för att ha hemma. Nästa gång det köps nya datorer så kanske denna anställd tar hand om ytterligare en dator. Den gamla hamnar kanske hos barnen eller så följer den med ut till sommarstugan. Någon gång går

alltid datorn sönder och blir då kanske stående i något hörn. När man sedan flyttar slänger man en massa onödiga saker och då är det stor risk att datorn hamnar på den vanliga soptippen där den utgör en potentiell miljöförorenare. Även om datorn hamnar där den ska, nämligen hos en miljövänlig skrotare, så ställer den till problem eftersom den innehåller äldre teknik och därmed miljöfarliga ämnen. Detta är för övrigt en skrotares största problem eftersom han aldrig kan veta exakt vilka ämnen en dator innehåller. Han måste därför alltid ha beredskap för mycket gamla datorer.

Att försöka skaffa sig en bild av flödet är lite svårt eftersom man inte vet exakt hur många datorer som skrotas varje år. En undersökning uppskattar den skrotade mängden persondatorer till 100 000 st/år (IDC, 1991). Denna siffra är sannolikt hög och ifrågasätts i många av de genomförda intervjuerna. Analysföretaget IDC har under de senaste åren gjort kontinuerliga uppskattningar av datorförsäljningen, se figur nedan.



Figur 3. Antal sålda persondatorer i Sverige, 1991-1993 (IDC).

Ur figuren framgår att man uppskattade försäljningen till ca 420 000 persondatorer 1993, vilket är en enorm ökning jämfört med 1992. Det sker då en ackumulation av datorer på ca 300 000 enheter per år. En intressant fråga är om denna mängd kommer att öka eller om marknaden börjar att mättas. Ett belysande exempel är att studera den tid det kommer att dröja innan varje arbetande svensk, totalt 4.5 miljoner personer, har tillgång till minst en persondator. Datorbeståndet uppskattas idag till ca två miljoner stycken (IDC, 1991), och om ökningen antas vara konstant, 300 000 st/år, så dröjer det bara nio år innan så är fallet.

En del i branschen menar dock att dagens datorer har tillräckligt med minne och grafisk kapacitet för att kunna svara mot de krav man kan ställa på en persondator även i framtiden. Andra menar att utvecklingen kommer att fortgå i samma hastighet som tidigare. Där de nya programmen görs för de senaste modellerna, vilket påverkar datoranvändare till nya datorinköp.

Om man tar ordbehandlingsprogrammen som exempel, så lanseras en ny version med ett par års mellanrum. Varje ny version har fler finesser och mer avancerad layout. Detta kräver mer arbetskapacitet (internminne) och större hårddisk, vilket får till följd att flera användare är tvungna att skaffa ny dator för att kunna använda den nya programversionen. För att belysa detta med ett exempel kan nämnas att sekreteraren på ett konsultföretag fick ny dator sommaren 1994, för att kunna använda de senaste ordbehandlings- och bokföringsprogrammen. På det sättet fick hon avdelningens mest avancerade dator. Hennes gamla dator fick en civilingenjör överta för sin enklare ordbehandling och för alla avancerade beräkningar som dock genomförs med en enklare programvara. Detta är en trend som är svår att bryta, eftersom ordbehandlingsprogram har en mycket stor marknad, och därmed många tillverkare. Konkurrensen om kunderna är hård och därför blir layout och nya finesser ett viktigt konkurrensmedel. Programmen är oftast tillverkade för de nyaste datorerna, vilket tvingar flera användare att skaffa ny dator.

Framtiden får utvisa hur det blir, dock förefaller fackfolk överens om att datakommunikation i olika former är den mest expansiva branschen just nu. Ett exempel på det är Internet och E-mail som på bara ett par år har spridit sig från inbitna datafantaster till att finnas både på skolor och kontor. Sveriges statsminister 1991-1994, Carl Bildt, hade en "mailbox" i E-mail dit svenska folket kunde skicka meddelande direkt till statsministern. Flera tidningar och en del TV-program, har också öppnat databaser som man kan koppla upp sig mot med hjälp av modem. Där hittar man artiklar, recensioner, ljudsnuttar från kommande skivor och annan nyttig information. På det här sättet skapas nya användargrupper. Användare som inte är intresserade av datorn i sig, utan ser den som ett verktyg för att få tillgång till information. Allt detta torde medföra en ökad datoranvändning i framtiden.

3. DATORNS KONSTRUKTION

3.1 Makronivå

En vanlig persondator har under det senaste decenniet inte förändrats nämnvärt till det yttre. Datorn består av tre delar; tangentbord, processenhet och bildskärm. Tangentbordet har vanligtvis ett hölje av plast med utskurna hål för tangenterna. Dessa knappar är fjäderupphängda, och fjäderstyvheten anpassad så att det är lagom trögt att trycka ner tangenterna. Under detta finns kretskort och kablar som skickar meddelandet vidare till processenheten. Nederst finns bottenplattan, som är gjord av metall eller plast.

Processenheten har många namn; datorenhet, CPU-enhet, kraftaggregat etc. Olika företag och institutioner verkar beteckna den på sitt sätt. Ytterst är ett hölje av plåt eller plast. Under det finns de aktiva enheterna såsom processorer, styrkort,

hårddisk och diskettstation. Här finns också batterier som "backup" för datum och tid samt fläkt för att inte kretskorten ska överhettas. Mellan dessa komponenter går kablar av varierande tjocklek.

Bildskärmen består av kåpa, elektronkanon, en skärm av glas samt ett tunt lager av fosforescerande ämnen på skärmens baksida. Elektronkanonen består av koppartråd och en del andra metaller, bland annat järn. Skärmen innehåller också en del kretskort och kablar. Bildskärmen står ofta på ett litet stativ så att skärmen kan vridas på det sätt man vill ha den.

De bärande delarna i en dator är gjorda av stål, lättmetall eller plast. Den dimensionerade lasten är när datorn transporteras från fabrik till användare. Med tanke på att en persondator i genomsnitt väger ungefär 20 kg, kan flera datorer anses vara överdimensionerade. Man har helt enkelt använt för mycket material och fått en alldeles för stabil produkt. Vilket i ett återvinnings- och hushållningsperspektiv kan ses som slöseri med naturresurser.

Många komponenter är uppbyggda av flera material som är svåra eller omöjliga att åtskilja vilket försvårar återanvändning och återvinning. Detta är vanligt förekommande i äldre datorer, men undviks oftast i nyare datorer.

3.2 Mikronivå

Kretskorten är egentligen tunna skivor av plastmaterial, så kallade laminat, på vars yta man har fäst komponenter. Det finns två typer av laminat, dels fenolpapperlaminat (FP) och dels glasfiberepoxylaminat (GE). Glasfiberepoxy är en sorts hårdplast. När hårdplaster hettas upp är de formbeständiga ända till dess de börjar brinna, till skillnad från termoplaster som först blir mjuka och deformeras innan de brinner upp. För att minska brandrisken tillsätts korten flamskyddsmedel. Det vanligaste laminatet sedan 60-talet är baserat på glasfiberepoxy.

Innan komponenterna löds fast på laminatet kallas det för mönsterkort. På mönsterkortet har ett tunt skikt av metall, bland annat innehållande bly, lagts på för att möjliggöra etsning av ledningar etc. De vanligaste komponenterna är integrerade kretsar (IC-kretsar), som kan sägas vara själva "hjärnan" i en dator. Dessa kallas i dagligt tal ibland för "chip" (Hedemalm P, 1991). En IC-krets är en liten bricka av kisel, eller i vissa fall galliumarsenid, med kretsmönster som har elektrisk funktion. Denna bricka innehåller också något lite spårämne, dopingsmaterial, för att få en bra krets. Fosfor används oftast men även arsenik, indium och vismut. Denna bricka är inkapslad av keramer eller plast och försedd med små metallben för att kunna lödas fast på mönsterkortet. Kondensatorer, som också finns på kretskorten, innehåller bland annat keramer som aluminiumoxid (Vallander L m fl., 1992).

Det finns mycket kablage i en dator. Kablar går från tangentbord till processenhet vidare till skärmen. En kabel består av en kopparkärna med hölje av plast. Plasten är ofta flamskyddad med metalloxider. Så kallade skärmade kablar har dessutom ett aluminiumskikt mellan ledningarna och ytterhöljet (Svensson S, 1991).

3.3 Brandskydd

När man i dagens samhälle ska konstruera och inreda nya byggnader är brandskydd en viktig fråga. Alla nya lokaler måste brandklassas och då tar man hänsyn till hur pass brandkänsliga de material är som finns i lokalen. Tillverkarna av exempelvis kontorsprodukter försöker därför hålla ner brandkänsligheten med flamskyddsmedel.

Flamskyddsmedel tillsätts ett material för att försvåra antändning och minska spridning av brand som har uppstått. Detta sker vanligast genom att materialets antändningstemperatur höjs eller att materialet görs självslocknande när det tas ur öppen låga. Främst är det plaster som flamskyddas.

Flamskyddsmedel kan vara reaktiva, d v s de binds kemiskt till polymeren som ska flamskyddas, eller additiva, vilka inte är kemiskt bundna. Additiva flamskyddsmedel kan migrera till polymerens yta och eventuellt avges till omgivningen med försämrat flamskydd som följd. Flamskyddsmedelen kan delas in i:

- Bromorganiska föreningar (BFR)
- Oorganiska föreningar
- Klororganiska föreningar
- Halogenerade/ ej halogenerade fosfatestrar

I en PC finner man främst bromerade flamskyddsmedel av olika slag. Ibland tillsätts en oorganisk förening, t.ex Antimonoxid, för att förstärka den flamskyddande effekten. Antimonoxid har ingen flamskyddande effekt i sig, men katalyserar tillsammans med bromerade föreningar släckningsprocessen.

Mängderna flamskyddsmedel som tillsätts beror på dels vilket medel man använder, dels vilken flamskyddsklass man vill uppnå. De vanligaste flamskyddsmedelen är de bromerade, eftersom de inte behövs i så stor mängd som de övriga för att uppnå en bestämd effekt. Om andra flamskyddsmedel används, t.ex oorganiska föreningar, så kan det behövas upp till dubbla mängden vilket kan påverka materialets mekaniska egenskaper (Svensson S, 1991).

Flamskyddning klassas enligt en skala framtagen av Underwriters Laboratories (UL). Skalan går från V-0, som anger självslocknande material, vidare till V-1, V-2 som anger mindre brandbeständiga material. UL-standarden är en testmetod gjord för plasttillverkare så att en framtagen polymer kan bli godkänd för ett visst ändamål, t.ex kåpa till skärm. Denna standard har accepterats i Europa, vilket medför att datortillverkarna beställer plast med ändamål (i förlängningen bestämd av brandskyddsklass), som specifikation hos tillverkarna. Tillverkaren tar då fram en polymer som sedan testas av ett godkänt laboratorium. Detta är en kostsam process vilket medför att endast de stora plasttillverkarna saluför sådana plaster.

Användandet av UL-standarden medför att varje enskild plastdetalj klassas hårt istället för att helheten bedöms. Detta bör enligt Susanne Svensson (1991) i framtiden ändras så att en helhetsbedömning av datorn som brandrisk görs, där hänsyn tas både till materialens brandbenägenhet och till datorns konstruktion. Noggranna användningsföreskrifter bör också medfölja en dator. Förfarandet borde leda till en drastisk sänkning utav användandet av flamskyddsmedel i elektriska apparater och då främst datorer.

3.4 Demontering av datordelar 1993

Tre skärmar, tre tangentbord och två processenheter demonterades. Åldern på maskinerna varierade (se bilaga 1), dock med en tyngdpunkt på tidigt 80-tal. En dator består av en mängd olika delar och med ett virrvarr av sladdar dessa emellan. Under kåpan, hos skärmen och processenheten, finns ett par millimeter tjockt lager av damm. Dammetsugs in av fläktar som sitter på baksidan av skärm och processenhet. Fläktarna är till för att transportera bort värme som alstras av främst kretskorten. Om inte värmen transporteras bort finns risk för överhettning och brand. En annan anledning till dammet är att all elektronik skapar statisk elektricitet vilket får dammet att fästa sig lättare. Varje enskild komponent är ordentligt fastskruvad oftast med flera och något klenare skruvar än vad man skulle kunna tänka sig. Främst används stjärnskruvar, men även en del vanliga skruvar och insexbultar. Om många kablar befinner sig i närheten av varandra dras de vanligen ihop med plastband för att spara utrymme.

Skärmar, processenheter och tangentbord plockades isär och delades upp i olika fraktioner; järn och stål, aluminium, kontakter, fästeanordningar, bildrör, kablage, kretskort och övrigt. Fraktionerna valdes med hänsyn till att nedplockning skedde manuellt och att ingen separeringsmaskin fanns att tillgå. Därför är t.ex kontakter en fraktion i min undersökning, medans man i andra studier har gjort en finare indelning.

Resultatet redovisas i tabell 1 som en tänkt dator, d v s en skärm, en processenhet och ett tangentbord, där varje del representeras av medelvärdet av de demonterade enheterna. Rådata återfinns i bilaga 1. En liknande nedplockning och uppdelning har gjorts av IBM (Storåkers J, 1991), och den redovisas som jämförelse i samma tabell.

Tabell 1. Ungefärlig materialfördelning, i viktsprocent, hos en persondator. Egna värden redovisas samt en nedplockning gjord av IBM (Storåkers J, 1991).

Fraktion	Egna värden	IBMs värden
Aluminium	5 %	3 %
Bildrör	23 %	-
Elektronik	-	3 %
Fästanordningar	1 %	-
Järn och stål	34 %	51 %
Kablage	1 %	-
Kontakter	1 %	-
Koppar och legeringar	-	28 %
Kretskort	13 %	-
Plast	18 %	15 %
Övrigt	4 %	-

Som framgår av tabellen så överensstämmer undersökningarna bitvis ganska bra. Avsaknaden av koppar i denna undersökning förklaras av att kopparen finns inuti kablarna och lindat runt bakre delen av bildröret. Järn- och stålandelen skulle vara något högre om kontakter och kretskort hade analyserats mer ingående. IBM's undersökning saknar glasfraktion vilket förmodligen beror på att skärm inte har ingått i deras undersökning.

Plasterna har här redovisats som de vore en homogen grupp, men detta är en förenkling av verkligheten. Plaster kan delas in i framför allt två grupper; hårdplaster och termoplaster. Termoplaster är relativt mjuka och används främst till höljen och tangentbord. Hårdplasterna däremot är sprödare och används huvudsakligen vid tillverkning av kretskort. Olika persondatormärken innehåller olika sorters termo- och hårdplaster, vilket försvårar återvinning.

För att få en uppskattning av hur mycket plast en specifik del innehåller kan man analysera dess halt organiskt material - här mätt som glödförlust (GF). Kretskorten, från skärmarna och processenheterna, maldes ner och tre prov från respektive del analyserades. Medelvärden av försöket redovisas i tabell 2. Fullständig data finns i bilaga 3. Förklaring av beteckningar (S1, S2 etc) se bilaga 1.

Tabell 2. Medelvärden av kretskortens plastandel (mätt som glödförlust).

Del	GF
Skärm 1 (S1)	24 %
Skärm 2 (S2)	22 %
Skärm 3 (S3)	22 %
Processenhet 1 (P1)	18 %
Processenhet 2 (P2)	16 %

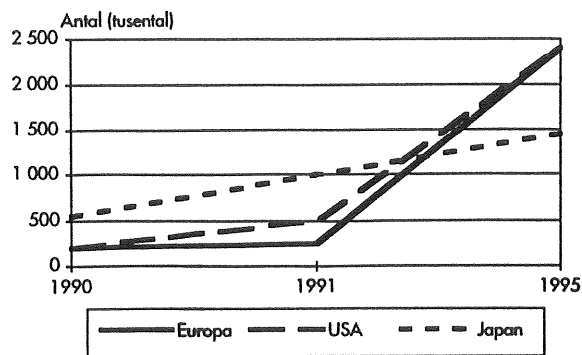
Tabellen visar att ca. 20 % av kretskorten är plaster, i huvudsak hårdplaster. Den kvarvarande delen (80 %) består huvudsakligen av keramer och metaller, såsom bly och järn. Noterbart är att i skärmarnas kretskort finns en högre andel plaster än i processenheternas kort. En anledning till det kan vara att de metallkomponenter som finns på processenheternas kretskort är fler, större och väger mer.

För framtida analyser maldes plastbitar ner från samtliga datordelar. Bitarna maldes med 1.5 mm raster och färg noterades. Färgen är intressant eftersom den ofta beror på metallinnehållet. Proverna har sparats för framtida analyser. Sikt kurvorna från de nermalda kretskorten återfinns i bilaga 2.

3.5 Tendenser

Datorbranschen är mycket expansiv. Nya användningsområden upptäcks ständigt vilket öppnar nya marknader. Informationsteknologi, IT, har under 1990-talet blivit ett populärt och ofta använt begrepp, som ofta används synonymt med datorstödd kommunikation och utbyte av information människor emellan. Denna utveckling av datorns användningsområden påverkar naturligtvis inte datorns konstruktion direkt, men en indirekt påverkan sker eftersom utvecklingen drivs framåt av stora volymer och hård konkurrens mellan datortillverkarna. Nya modeller med nya lösningar, och inte minst nya tillämpningar, kommer ständigt på marknaden. Kretskort och små processorer återfinns numera i produkter som bara för något år sedan i stort sett var helt mekaniska, t.ex hushållsapparater och bilar. Enligt Volvo och SAAB innehåller en ny bil idag mer elektronik, kretskort och kablar, än en PC. Processorerna styr bland annat bränsletillförsel och bromssystem.

En PC kan knappast bli mindre än dagens bärbara (laptop, powerbook etc) utan att användbarheten kraftigt försämras. Mängden bärbara datorer fortsätter emellertid att öka, se figur nästa sida.



Figur 4. Bärbara datorers utveckling åren 1990-1995 (prognos), (Gärdin, Hilstad m fl., 1994).

En positiv effekt av detta är att mängden material per dator minskar drastiskt samtidigt som kapaciteten ökar. En annan följd blir att tillverkning av de traditionella glasskärmarna minskar, vilket påverkar blyanvändningen. Istället används skärmar med flytande kristaller (LCD) som inte innehåller något bly. Dessa skärmar har dock något sämre skärpa och ändrar sig långsammare än vanliga skärmar. För att komma runt detta problem är det vanligt att man på kontoret har vanlig skärm och tangentbord och bara kopplar in själva processenheten.

En ny typ av skärm lanseras nu på marknaden. Det är en platt skärm med så kallad aktiv matris. Den ger bättre bild med vidare betraktningssvinkel än vanliga "passiva" kristallskärmar (LCD). De är också snabbare vilket beror på att det bakom varje bildpunkt finns en krets som snabbt styr spänningen och därmed bilden. Tekniken bygger på att ett mycket tunt skikt av flytande kristaller vrider polarisationsriktningen i infallande ljus. De flytande kristallerna är en trög vätska, inklämd mellan två glasskivor. Om man lägger en spänning mellan skivorna ordnar kristallerna sig så att polarisationsvridningen uppträder. Ljuset från bakgrundsbelysningen passerar först ett polarisationsfilter. Om spänningen är pålagd i en bildpunkt vrider ljuset så att det kan passera ett andra filter på skärmens framsida med polarisationsriktning vinkelrät mot den första. Genom att variera spänningen kan ljusgenomsläppet styras. I färgskärmar tillkommer dessutom färgfilter.

Platta skärmar anses vara en av elektronikindustrins framtidsmarknader, beroende på den väntade ökningen av bärbara datorer. Flera elektronikföretag, en europeisk och flera japanska, har försöksfabriker som tillverkar platta aktiva skärmar. Forskare från Chalmers har varit med och tagit fram en av de japanska skärmarna. Idag används de främst i avancerade bärbara datorer, men man hoppas att det ska vara standard hos de flesta datorer om några år. Ett problem är att det vid

tillverkningen måste vara extremt dammfritt vilket kräver dyra och komplicerade anläggningar (Mellgren E, 1995).

En annan tendens är att datortillverkare börjar tänka på miljön redan på konstruktionsstadiet. Det görs dels genom att miljöfarliga material undviks och dels genom att datorn konstrueras för demontering. Material väljs så att återvinning underlättas och så att minsta möjliga miljöpåverkan uppkommer vid slutlig destruktion. Ett resultat av detta är att blandade material, t.ex inplastad aluminium, är mindre vanligt nu. Man försöker istället hålla varje material för sig så att nedplockning och återvinning underlättas.

I gamla datorer finner man ansevärliga mängder av ädelmetaller, t.ex guld och silver. Det har i många år varit anledningen till att elektronikskrot har skrotats för sig, eftersom halterna har varit så pass höga att det har lönat sig att återvinna ädelmetallerna. I dagens datorer finner man dock mycket små mängder sådana metaller.

Plaster som inte behöver flamskyddas erbjuds på marknaden, men de är fortfarande för dyra för att kunna ersätta flamskyddade plaster. Skruvar används i så liten omfattning som möjligt nu för tiden, vilket underlättar vid nedplockning och reparation av datorn. Istället utnyttjas materialet i sig, t.ex om en plastdetalj ska fästas i en annan del så istället för att skruva fast den kan man ur plasten forma snäpplås för att fästa detaljen. På detta sätt undviker man blandning av olika material, vilket i sin tur underlättar återvinningen.

Det har på senare år blivit populärt att uppgradera sin dator. Man byter då ut själva processorn, som finns på ett av kretskorten, mot en mer avancerad. I vissa fall kan det vara nödvändigt att placera en liten fläkt över den nya processorn för att undvika överhettning. Så vanligt har detta blivit att man ingående gick igenom hur en uppgradering går till på ett TV-program hösten 1994.

På ett vanligt kretskort fästs komponenterna med hålmontering eller ytmontering. I båda fallen används bly-tenn-lod. På senare tid har andra alternativ provats, t.ex "flip-chip" (FC) och "tape automated bonding" (TAB). De används idag i vissa speciella produkter, t.ex avancerade hushållsmaskiner. Dessa metoder kräver mindre lod och det behöver inte vara blybaserat. Andra alternativa metoder är "trådfästning" och "multilayer ceramics" (MLC). Med dessa metoder krävs inget lod alls. Dessa metoder används inte i några produkter ännu, utan prövas bara i mindre skala. En del datortillverkare tror att framtidens komponenter kommer sättas fast med "snäpplås". Medans andra tror att limning är ett

alternativ. Limning lämpar sig dock främst för komponenter tillverkade för ytmontering. I framtiden lär vi få se någon av dessa metoder användas på elektriska apparaters kretskort.

4. DATORAVFALL SOM MILJÖPROBLEM

4.1 Miljöfarliga ämnen i en PC

En mångfald av kemiska ämnen används för att tillverka de olika delar som behövs för att en dator ska fungera. Flera ämnen har liten påverkan på miljön t.ex järn, medans andra t.ex bly påverkar miljön mycket. En allmän princip, om än med undantag, är att ju ovanligare och ju mer reaktivt ett ämne är, desto farligare är det för sin omgivning. Organismer är inte vana vid de ovanliga ämnena och därför påverkas de negativt.

Tabell 3. Grundämnenas medelhalter i den åtkomliga fasta jordskorpan i gram/ton (g/t) jord (Hägg G, 1989).

Medelhalt (g/t)	Grundämnen (kemiska beteckningar)
>100 000	O, Si
100 000 - 10 000	Al, Fe, Ca, Na, K, Mg
10 000 - 1000	H, Ti, P
1000 - 100	Mn, F, Ba, Sr, S, C, Zr, V, Cl, Cr
100 - 10	Rb, Ni, Zn, Ce, Cu, Y, La, Nd, Co, Sc (Li, N, Nb), Ga, Pb
10 - 1	B, Pr, Th, Sm, Gd, Yb, (Cs, Dy, Hf) (Be, Er), Br, (Sn, Ta), (As, U) (Ge, Mo, W), (Eu, Ho)
1 - 0.1	Tb, (I, Tm, Lu, Tl), (Cd, Sb, Bi), In
0.1 - 0.01	Hg, Ag, Se, (Ru, Pd, Te, Pt)
0.01 - 0.001	(Rh, Os), Au, (Re, Ir)

Ur tabell 3 framgår att livsviktiga ämnen som syre, järn, kalcium, natrium, fosfor, kalium etc är vanliga i naturen, medans de tämligen giftiga, men nödvändiga, metallerna zink och koppar är mindre vanliga och de giftiga kadmium, kvicksilver är mycket ovanliga i naturen. I elektroniska komponenter används flera ovanliga metaller, t.ex indium och vismuth som finns långt ner i tabell 3. Detta inger skäl till oro, eftersom risken är stor att de kan medföra allvarliga problem i naturen om de frigörs efter skrotnig. Enligt samma resonemang är vissa naturfrämmande ämnen tillverkade av människan, t.ex bromerade flamskyddsmedel, allvarliga risker för omgivningen.

I ett längre perspektiv kommer naturligtvis vissa organismer att bli tåligare mot ett speciellt ämne genom att de individer som påverkas minst överlever. Så har det alltid varit med evolutionens utveckling av ekotyper. Men även om vissa arter blir tåliga mot vissa ämnen så kommer det alltid finnas ämnen som arten är känslig för.

Vid sidan av ett ämnes toxicitet, mutagenicitet etc är också mängden av ämnet viktigt. Nedan nämns de, ur miljösynpunkt, farligaste ämnena. Hänsyn har tagits både till mängden ämne/dator och ämnets toxiska påverkan. Detta för att försöka få en helhetsbedömning. De farligaste ämnena, bly och bromerade flamskyddsmedel (Hedemalm P, 1991), nämns först och sedan de mindre farliga. Man har inte redovisat någon metod när det gäller att peka ut dessa två ämnen som de farligaste. Bedömningen är troligen väl grundad men skulle nog tåla en prövning.

4.1.1 Bly

Bly är ett kemiskt grundämne och tungmetall. I en vanlig persondator används bly i skärmen, kretskorten och i en del batterier. Till skärmen används bly i form av blyoxid. Blyoxiden är en additiv i glaset och har då främst tre uppgifter:

- Formstabilisera glaset
- Skydda användaren från joniserande strålning
- Sänka smältpunkten (ger enklare framställning)

Under tillverkningsprocessen av skärmen reagerar blyoxiden med glaset och bildar blysilikater. Bildskärmar innehåller förhållandevis mycket bly. Den främre delen innehåller ett par procent medan det bakre partiet består av ca 25 viktsprocent. Tillverkarna av bildskärmar är få stora företag som har stort inflytande när det gäller t.ex materialval, och ingen förefaller ha någon större lust att ändra produktionen. I Europa finns det bara tre bildskärmstillverkare; Philips, Nokia och Thomson (Hedemalm P, 1991).

För att fästa komponenter på kretskort krävs lod. Med hjälp av lodet löds IC-kretsar och andra komponenter fast på kortet. Lodet innehåller mycket tenn, men också en del bly. Ett vanligt lod-recept är 62 % tenn, 36 % bly och 2 % silver. Lod av denna sammansättning är pålitligt och förhållandevis billigt. Därför är det mycket vanligt och har under lång tid använts i elektronikindustrin.

Bly är ett känt miljöfarligt ämne som är giftigt för både djur och människor. Inandning av bly, som rök eller damm, är mycket farligt. Metalliskt bly är bioackumulerbart och lagras i kroppen, huvudsakligen i benvävnaden. Därifrån frigörs sedan blyet långsamt, med följd att förgiftningssymtom kan kvarstå långt efter exponering. Förgiftning kan yttra sig på olika sätt; skador på nervsystemet,

påverkan på bildning av röda blodkroppar, njurskador, beteendestörningar samt cancer. Barn är i allmänhet känsligare för bly än vuxna. Vissa blysalter har också visat sig kunna passera genom moderkakan och ge fosterskador i djurförsök (Richardsson M m fl., 1994).

4.1.2 Bromerade flamskyddsmedel

Bromerade flamskyddsmedel (BFR) är ett samlingsnamn för organiska föreningar innehållande brom som används för att göra plaster mer svårantändliga. I en dator är så gott som all plast flamskyddad med BFR. Allt från större delar som apparathöljen och tangentbord till kretskortslaminat och inkapsling av de integrerade kretsarna. Halten BFR kan vara så hög som 20 % av polymerens vikt om högsta flamskyddsklass (V-0) ska uppnås. I vissa fall borde man kunna använda andra material, men för att uppnå V-0 är BFR för närvarande det enda alternativet

I datorer används främst de bromerade flamskyddsmedelen Polybromerade difenyletrar (PBDE) och Tetrabrombisfenol A (TBBPA). Under beteckningen PBDE återfinns flera olika föreningar, de som är vanligast är Deka- och Oktabromdifenyleter. Dessa används som flamskyddare i främst apparathöljen och tangentbord. TBBPA används huvudsakligen i kretskort, men på senare tid även i andra plastdetaljer, t.ex bildskärmskåpor (Lindgren R, 1991).

PBDE är en additiv hos polymeren medans TBBPA är bundet reaktivt. Med det menas att PBDE kan lämna sin plats i polymeren och vandra till ytan och där avgå till atmosfären. TBBPA är kemiskt bunden i strukturen och avgår inte lika lätt. Detta är viktigt vid avfallshantering av uttjänta datorer.

Till dessa föreningar tillsätts ofta en metalloxid, t ex antimontrioxid, som i sig inte är någon flamskyddare men som tillsammans med de bromerade föreningarna kan påskynda släckning av redan uppkommen brand. Antimon är ungefär lika giftigt som arsenik (Svensson S, 1991).

Förr användes ett bromerat flamskyddsmedel som kallas polybromerade bifenylter (PBB). Men efter en olycka i USA 1973 då 450 kg PBB av misstag blandades i djurfoder, med följd att över en miljon djur (mest höns) var tvungna att nödslaktas så används inte medlet längre (Lindgren R, 1991). Men det kan naturligtvis dyka upp vid avfallshantering utav äldre datorer

Flamskyddsmedlens toxicitet vet man inte så mycket om idag. De ämnen man analyserat noggrannast är PBDE och TBBPA. Dessa ämnen är båda toxiska för vattenlevande organismer och då främst TBBPA som är akut toxiskt för vissa vattenorganismer, t.ex forell. Aktuell forskning indikerar dock att TBBPA och

PBDE inte är akut toxiskt för människor (Richardsson M m fl., 1994). PBDE är mycket persistent, d v s stabilt, och halter har hittats i bland annat torsk, säl, sillgrissla och havsörn. Intressant är att PBDE hittats i en säl fångad vid Spetsbergen fjärran från kretskort och flamskyddad skärm (Jansson B m fl, 1987), vilket är ett tecken på att PBDE håller på att bli ett globalt miljöproblem.

4.1.3 Övriga miljöfarliga ämnen

Som nämnts ovan innehåller datorer en mängd olika kemiska ämnen. En del är mycket giftiga men eftersom mängden ämne/dator är liten så har det länge ansetts vara ett mindre eller obefintligt miljöproblem. På längre sikt är detta emellertid ett växande miljöproblem. Nedan redovisas dock bara giftiga ämnen som finns i datorer i sådana mängder att de klassas som miljöproblem enligt dagens mått:

- Kadmium
- Beryllium
- Kvicksilver
- Galliumarsenid
- Polyklorerade bifenyler (PCB)

Kadmium är en tungmetall och finns främst i batterier och plaster, men även i legeringar. Bärbara datorer, så kallade "laptops" och "notebooks", innehåller uppladdningsbara nickel-kadmium batterier. Det är av största vikt att dessa avlägsnas vid skrotning och behandlas som miljöfarligt avfall.

Olika tungmetaller användes förr ofta i plaster som någon typ av tillsats eller för att katalysera processen vid tillverkning av plaster. Det finns två typer av tillsatser, dels färgämnen och pigment, dels stabilisatorer. Färgämnen och pigment tillsätts för plastproduktens utseende medans stabilisatorer tillsätts för att plasten inte ska falla sönder när den formas till den tänkta produkten. Kadmium var mycket vanligt förr både som stabilisator och färgpigment men förbjöds i början av 80-talet. Vid skrotning återfinns dock kadmium i många plastprodukter, vilket man måste ta hänsyn till. Kadmium används också i legeringar för kontakter och dylikt. I en vanlig persondator finns det ett par större kontakter som kan innehålla mindre mängder kadmium.

Kadmium är bioackumulerbart och lagras vanligtvis i njure och lever. Farligt vid inandning. Kadmium är cancerogent och har en hämmande inverkan på tillväxt och reproduktion hos många djur (Richardsson M m fl., 1994).

Kvicksilver används i elektronikindustrin i reläer för elektrisk eller elektromekanisk kontaktanslutning. Det är kvicksilvrets förmåga att leda ström

som utnyttjas. Sådana reläer är sedan länge förbjudna i Sverige men i likhet med PCB kan det dyka upp vid hantering av gamla datorer (Holmberg C, 1993). Vissa batterier, främst äldre, innehåller också kvicksilver och bör hanteras som miljöfarligt avfall (samtal med Lennart Edvinsson, 1993).

Kvicksilver är bioackumulerbart och påverkar nervsystemet. Vissa kvicksilverföreningar är allergiframkallande medans andra ger upphov till aptitlöshet och viktminskning. Kvicksilver är också mycket giftigt för vattenorganismer (Richardsson M m fl., 1994).

Galliumarsenid används främst i displayer, lysdioder och IC-kretsar, men i mycket små mängder. Galliumarsenid är bioackumulerbart och har vid djurförsök visat sig ge förgiftningsskador både vid inandning av småpartiklar och genom föda. I mindre mängder är galliumarsenid tillväxthämmande (Richardsson M m fl., 1994).

Beryllium är ett grundämne och har liknande egenskaper som strontium och barium. Beryllium används i skärmar, och finns i form av en platta som fungerar som genomföring på baksidan av bildröret (Lundgren J m fl., 1993). Beryllium finns inte i alla skärmar och det är oklart om det används idag. Beryllium är inte bioackumulerbart, och hos djur och människor är upptaget i mag-tarmkanalen mycket liten. Men inandning av Beryllium och dess föreningar kan medföra lungcancer både hos djur och människor. Berylliumföreningar är också allergiframkallande (Richardsson M m fl., 1994).

Polyklorerade bifenyler, PCB, är ett gammalt miljöproblem som var mycket aktuellt på 60-70 talet. Sedan länge förbjudet i Sverige men låga halter har detekterats i kondensatorer där PCB-olja använts. Dessa är antingen tillverkade före förbudet eller importerade från ett land utan förbud.

PCB är mycket stabilt med lång halveringstid. PCB är fettlösligt och bioackumulerbart. Det anrikas lätt i näringskedjor och påverkar då toppkonsumenten, t.ex säl och örn. Dessa får då fortplantningsstörningar och missbildningar. PCB anses också cancerframkallande (Richardsson M m fl., 1993).

4.2 Deponering

Vid vissa avfallsupplag runt om i landet utvinns energi i form av gas. Gasen består av metan och koldioxid och bildas när lättnedbrytbart organiskt material bryts ned. När en dator deponeras bidrar den inte till denna energiutvinning på något sätt. Datorn anses vara "dött" material.

Vad som egentligen händer är emellertid att datorn bryts ned lite grann främst genom kemiska och fysikaliska processer. Då kan miljöfarliga ämnen frigöras och

läcka ut från upplaget. I värsta fall transporteras ämnena vidare, anrikas i djur och växter. Ämnen som kan tänkas frigöras är metaller som bly, kvicksilver, kadmium, gallium, indium etc och evetueellt även organiska ämnen som PCB och BFR. De bromerade flamskyddsmedlen frigörs inte så lätt från plasten vad man vet idag (Nordin H m fl., 1990), men längre studier saknas som kan verifiera detta.

Teoretiskt sett borde PBDE, den farligaste gruppen av bromerade flamskyddsmedel, frigöras lättare eftersom den inte är reaktiv bunden till plasten utan bara är ett additiv. Om däremot brand uppstår kan både dioxiner och furaner bildas, vilket är speciellt allvarligt med tanke på att deponibränder innebär en ofullständig förbränning ofta i närvaro av katalytiska metaller som koppar och nickel. Bränder på avfallsupplag är ganska vanliga i Sverige, då framför allt på sommaren (Svensson S, 1991).

4.3 Förbränning

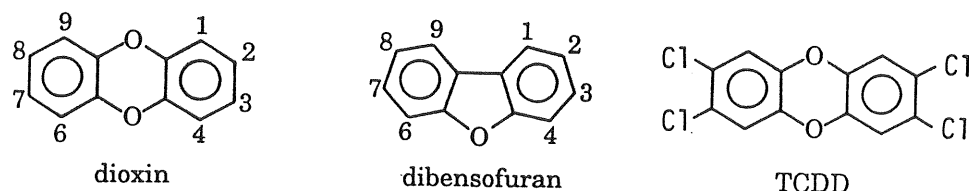
Ett annat sätt att bli av med avfall är att bränna det, antingen för att utvinna energi, som är det vanliga, eller för att destruera miljöfarligt avfall (MFA), vilket bara sker på en plats i Sverige (SAKAB). Avfallsvärmeverken finns främst i närheten av de större städerna. I dessa anläggningar förbränns främst hushållsavfall och blandat verksamhetsavfall, men eftersom de datorer och datordelar som kan hamna i härden är relativt små kommer deras organiska beståndsdelar (plasterna) att helt förbrännas. Temperaturen är tillräckligt hög och gasuppehållstiden tillräckligt lång för att en fullständig förbränning ska ske inne i själva förbränningskammaren. De flesta ämnena sönderdelas och oxideras till ofarliga gaser (koldioxid och vatten) eller låses mer eller mindre säkert i askan. Ibland kan man inte hålla fullständig förbränning, t.ex vid tändning och släckning och då kan halten giftiga ämnen, såsom dioxiner och furaner, öka markant. Man kan befara att flamskyddsmedlen under dessa betingelser kan orsaka bildning av dioxiner och dibenso-furaner (Nordin H m fl., 1990).

Främst är det dioxinerna PBDD och furanerna PBDF som har kunnat detekteras vid förbränning av ABS med flamskyddsmedlen PBDE och TBBPA. Dessa resultat har visats både i tyska och svenska undersökningar (Meyer H m fl., 1993; SAKAB, 1992). Noterbart är att halterna dioxiner och furaner är avsevärt lägre vid förbränning av plaster flamskyddade med TBBPA än med PBDE .

Vid förbränning av en dator är det troligaste att huvuddelen av metallerna och glaset smälter och hamnar i askan som senare deponeras.

Dioxiner och furaner är samlingsnamn för flera tusentals olika föreningar. Gruppen utgörs av kolvätemolekyler som består av två ringar av kolatomer, sammanbundna av en eller två syreatomer. Om ringarna är sammanbundna med en syreatom så är det en furan annars en dioxin, se figur nästa sida.

Till molekylen kan sedan ett varierande antal av klor- eller bromatomer fästa sig. Beroende på hur många atomer, om det är brom eller klor och på vilka kolatomer de fäster sig så varierar giftigheten hos dioxinerna och furanerna. Tolv av de klorerade anses som särskilt giftiga, och kallas därför "det smutsiga dussin". Värst bland dessa tolv isomerer är dioxinet 2,3,7,8-TCDD (för enkelhetens skull kallad TCDD i fortsättningen) som anses vara ett av de starkaste gift människan känner till, se figur nedan. Ett sjättedels miljondels gram/ kilo kroppsvikt räcker för att döda ett marsvin. Gifteffekten hos olika dioxintyper brukar jämföras med den effekt TCDD har på försöksdjur (Källa 34, Forskningsrådsnämnden 1989).



Figur 5. Skillnaden mellan dioxiner och furaner samt skiss på den farligaste dioxinen TCDD (FRN, Källa 34, 1991).

Enkelt kan man säga att klorerade dioxiner och furaner är ca 10 gånger farligare än bromerade, och att dioxiner är ca 10 gånger farligare än furaner i allmänhet (Hedemalm P, 1991). Det bör poängteras att dioxiner och furaner är ett relativt nytt miljögift och att forskningen inte har kommit så långt, bland annat på grund av att analyserna är mycket komplicerade och dyra. Därför är det också svårt att säga hur pass farliga de dioxiner och furaner som bildas vid förbränning av BFR verkligen är, hur pass skadliga de är för djur och natur och hur de påverkar människan.

4.4 Tendenser

Ända sedan mitten av 80-talet har konsumenten i allmänhet blivit mer miljömedveten. Företagen har påverkats och nu finner man miljövänliga produkter i de flesta branscher. Även datortillverkare har påverkats av marknaden och arbetar nu mycket intensivt för att byta ut miljöfarliga ämnen mot mindre farliga substitut. Det forskas också intensivt på området, främst bland elektroniktillverkare och högskolor. Man letar bland annat efter ersättning för bly i lodet som används för att fästa komponenter på kretskort. Man studerar dels nya metoder, dels alternativa "lodrecept" som på kort sikt och till mindre kostnad kan få bort blyet ur elektroniska apparater. Man har provat olika blandningar och en som fungerar bra är 96 % tenn och 4% silver. Den är dock något dyrare än bly-tenn-lod (samtal med Per Hedemalm, 1993).

Blyet i skärmarna anser många i branschen vara ett problem som snabbt måste lösas. Bildskärmsmarknaden domineras av ett fåtal stora företag som ännu inte visat sig intresserade av att anpassa sin tillverkning till miljön. Men nu verkar det som datortillverkarna har påverkat bildskärmstillverkarna att försöka leta efter substitut till blyet. Ett alternativ är barium, som har liknande egenskaper som bly men inte är lika miljöfarligt (samtal med Per Hedemalm, 1993). En annan trend är platta bildskärmar som är uppbyggda kring flytande kristaller, och som har börjat att tillverkas både i Japan och Holland.

Bromerade flamskyddsmedel är ett miljöproblem som de stora plasttillverkarna nu försöker finna substitut för. Alternativ som det forskas på är framför allt flamskyddsmedel som inte innehåller brom eller klor men ändå kan uppfylla UL-skalans högsta brandskyddsklass, V-0. Man har fått fram både kväve- och fosforbaserade flamskyddsmedel som klarar det, och samtidigt inte är alltför dyra (samtal med Per Hedemalm, 1994).

Flera datortillverkare har själva beslutat att sluta använda bromerade flamskyddsmedel i sina persondatorer på grund av miljöfarligheten. Detta gäller främst de stora plastdetaljerna, som t.ex. höljet, men eftersom datorer består av en mängd olika komponenter som tillverkas på flera olika ställen så finns det även i dessa datorer bromerade flamskyddsmedel. Det är svårt att påverka alla underleverantörer att ändra sina produktionsmetoder. Alla komponenter till kretskorten är t.ex. flamskyddade med bromföreningar. PBDE, den farligaste gruppen av BFR, används idag i mycket liten omfattning. Istället används troligen TBBPA, som är mindre miljöfarligt (samtal med Hans Wendschlag, 1994). Flera menar att brandskyddsklassning enligt UL-skalan inte är optimal eftersom ingen hänsyn tas till hur själva produkten är konstruerad, utan bara till hur pass flamskyddat materialet är. Det man vill ha är en klassning som tar hänsyn till hur pass brandkänslig hela produkten är.

En tendens är att särskilt svåra tungmetaller undviks så långt det är möjligt. Flera datortillverkare har t.ex. övergått från nickel-kadmium batterier till nickel-hydrid batterier som är skonsammare mot miljön. Det finns ett förslag på att varje komponent som ingår i en dator ska ha en innehållsförteckning över vilka ämnen den innehåller. Detta för att man med säkerhet ska kunna säga vad som finns i en hel produkt.

Fler och fler återvinningsföretag, specialiserade på elektronik, dyker upp på marknaden. Detta bör bidra till att deponering av elektroniska produkter i framtiden undviks.

Förbränning av avfall är något som, under all överskådlig framtid, kommer att vara en väsentlig del av avfallshanteringen och storstädernas värmeförsörjning. Det är främst hushållsavfall och annat brännbart avfall som kommer att föras dit, men bland detta kommer troligen en del felsorterat elektronikavfall att återfinnas. Förbränningsanläggningarna i Sverige är av hög klass och byggs om med jämna mellanrum för att kunna möta nya utsläppskrav. I framtiden bör bara det avfall brännas som inte kan återanvändas eller återvinnas. Dock förutsatt att det inte ger några farliga utsläpp. Elektronikskrot bör därför inte brännas. Med all säkerhet kommer man även att ställa krav på att det brännbara avfallet är så lite förorenat som möjligt -helst jämförbart med biobränsle. Därför kommer knappast elektronikavfall att accepteras i förbränningsanläggningarna i framtiden. Eventuellt skulle man dock kunna bränna vissa plastdetaljer t.ex kåpor och tangentbord under förutsättning att halten flamskyddsmedel minskas drastiskt i dessa.

5. ÅTERANVÄNDNING OCH ÅTERVINNING AV PC

5.1 Påverkan från myndigheter

5.1.1 Lagstiftning

Innan ett lagförslag når riksdagen har det passerat flera remissinstanser och ofta skrivits om vid ett flertal tillfällen. Detta är en lång och omständlig process, som kan medföra att lagen snabbt åldras och i värsta fall är gammalmodig när den börjar gälla. Idag finns ett par lagar som berör några av datorns ämnen, se tabell nedan.

Tabell 4. Gällande lagar i Sverige för vissa miljöfarliga ämnen i datorer.

Ämne	Gäller från år	Avser
Kadmium	1982	Förbudet att använda kadmium som stabilisator och pigment i plaster.
	1992	Om halten kadmium i batterier är mer 0,025 % anses de miljöfarliga och får in deponeras.
Kvicksilver	1993	Förbud mot import och försäljning av reläer, kontakter och elektriska brytare
PCB	1971	Förbudet att använda PCB i främst kondensatorer.

Många lagar får med jämna mellanrum tillägg eller andra justeringar. Det kan vara nya undantag eller skärptare krav. I tabell 4 anges några milstolpar i arbetet med att minska eller eliminera användningen av vissa ämnen. Det finns andra regelverk, för t.ex bly, som inte berör elektrisk utrustning och de har inte redovisats här. Nu arbetas det på framtida regler för användandet av bly och bromerade flamskyddsmedel i elektriska produkter. Ett nytt problem är att Sveriges medlemskap i EU, vilket försvårar införandet av nationella lagar. Än så länge har Sverige dispens för sina, i jämförelse med andra EU-länders, hårda lagar. Dispensen gäller i fyra år och efter det ska Sveriges lagar anpassas till EU's. Danmark och Holland är andra medlemsländer som har dispens för hårdare miljölagstiftning.

I EU finns idag inga förbud mot användning av miljöfarliga ämnen i elektronik. Det finns ett antal direktiv där EU förespråkar en viss policy för olika ämnen. T.ex finns det ett från 1991 som berör Kadmium i plaster. Dessa direktiv är inga förbud utan ska bara ses som rådgörande. Svårigheten med att införa nya lagar i EU är att alla beslut måste tas i konsensus, d v s alla måste vara eniga. I Tyskland finns t.ex många företag som tillverkar kvicksilverinstrument, och när beslut ska tas om kvicksilver bromsar naturligtvis den stora medlemsstaten.

Det som är aktuellt nu är att förbjuda de farligaste bromerade flamskyddsmedlen och att begränsa användningen av bly i elektronikprodukter. Detta diskuteras på olika plan och i olika sammanslutningar.

Vid ett OECD-möte i Paris, november 1994, diskuterades bromerade föreningar och bly. Målet är att kunna enas om en "council act" för i första hand bly. Den ska vara ett råd vid viktiga beslut rörande bly, som t.ex regeringar måste ta. OECD arbetar också med att ta fram liknande dokument för kadmium och bromerade föreningar. Denna typ av arbete ingår i ett "risk reduction project" som OECD håller på med. Sverige är en mycket aktiv medlem och driver sådana här typer av frågor hårt.

Inom EU drivs liknande aktiviteter och nu när Sverige är medlem kan vi vara med och påverka. Inom EU har länge legat förslag om att förbjuda PBDE, den grupp av de bromerade flamskyddsmedlen som anses farligast. Men problem att komma överens har gjort att det ännu inte har kommit någon lag. Det lär också dröja något år till innan en lag blir verklighet. En av orsakerna är England som bromsar allt avskaffande av flamskyddsmedel.

Bland övriga sammanslutningar märks Paris-kommissionen som hade ett möte i London, oktober 1994. Där la Sverige ett förslag om att bannlysa pentbromdifenyleter, som är en av de farligaste PBDE. Sverige representerar dessa sammanhang av experter från kemikalieinspektionen (samtal med Lena Perenius, 1994).

För att nå kretsloppssamhället krävs radikala förändringar och ett ändrat synsätt. Ett verktyg för att nå detta mål är "producentansvaret". Med det menas att om en kund köper en vara, så måste tillverkaren när varan en gång skall skrotas återta densamma och därmed även ta ansvaret för att skrotning sker på ett miljöriktigt sätt.

Detta system har börjat införas i Sverige. Än så länge är det bara ett par varugrupper som har berörts; tidningspapper, wellpapp, förpackningar av glas och gummidäck. I framtiden hoppas regeringens kretsloppsdelegation på att producentansvaret ska gälla allt fler varugrupper och då även för elektronikprodukter. Ett förslag på lösning för Sverige blir förhoppningsvis klart 1995. Förslaget håller i skrivande stund på att tas fram av kretsloppsdelegationen tillsammans med branschen. Branschorganisationer har frivilligt bildat Miljörådet för Elektronikprodukter (MEP). MEP är helt på det klara med att producentansvar för elektronik ska införas, och föredrar att det sker med frivilliga, av företagen organiserade, insamlings- och omhändertagandesystem. Kretsloppsdelegationen arbetar i samråd med MEP för att få fram en bra lösning.

EU inledde i januari 1994 ett utredningsarbete om elektroniskt skrot med mål att till sommaren 1995 skapa ett underlag för ett eventuellt direktiv. Det är viktigt att svenska åtgärder samordnas och harmoniseras med detta arbete. I Tyskland finns förordning om producentansvar för elektronik, vilket inom något år kan bli en realitet. Detta är ett steg i rätt riktning och förhoppningsvis följer flera länder efter (samtal med Karin Blix, 1994)

5.1.2 Miljömärkning

Att märka produkter med en speciell symbol, för att markera att produkten är mindre miljöfarlig, är en ganska ny företeelse. De symboler som är vanligast i Sverige är svenska naturskyddsföreningens falk och nordiska rådets svan. Dem finner man främst på produkter för hushållet, t.ex. disk- och tvättmedel, men även på kontorsmaterial som t.ex. kopieringspapper. Tanken med denna och andra miljömärkningar är att dels hjälpa konsumenten att göra ett miljömässigt bra produktval, dels premia de företag som satsar på miljövänliga produkter.

Många länder kommer att skaffa egen miljömärkning (enligt OECD fanns det 22 olika officiella symboler 1992) och dessutom håller EU på att ta fram en egen symbol. Varje land bestämmer självt vilka kriterier som skall uppfyllas för att få använda symbolen. Detta kan ställa till problem och skräckscenariet är att globala produkter, t.ex. datorer, kommer att ha 20-talet symboler tryckta på förpackningen. Då kommer konsumenten bara bli förvirrad och hela syftet med miljömärkning går förlorat. Ett samarbete över de nationella gränserna är nödvändigt.

I databranschen finns miljömärkning för främst tre olika områden; effektivare energianvändning, datorn som miljöfara, förpackningsmaterial. Effektivare energianvändning bör eftersträvas eftersom hög energiförbrukning påverkar både ekonomi och miljö; ekonomi eftersom elenergi kostar pengar, något som ett företag alltid har för lite av. Miljö ty när elenergin produceras, får vi en negativ miljöpåverkan. I USA har man därför infört en miljömärkning som heter "Energy star". Symbolen är framtagen av USA's motsvarighet till Naturvårdsverket, EPA. Kravet för symbolen är att när en dator är påslagen men inte används för tillfället ska hela datorn (inklusive skärm) gå ned i ett viloläge, en lägre energiförbrukning. Så fort en tangent berörs aktiveras datorn och går upp till normal energiförbrukning. Den lägre energiförbrukningen får inte överstiga 30 watt. Detta är tekniskt sett inte ett svårt problem, enligt branschfolk. Den idag enda existerande miljömärkning för elektronikprodukter i Sverige, TCO 92, har sedan 1994 som krav att skärmen i viloläge endast ska dra högst 8 watt (samtal med Olof Molinder, 1994).

I en dator finns det kemiska ämnen i sådan omfattning att det i många fall kan anses som en miljöfara. Miljömärkningen av datorer bör ta hänsyn till dels vilka ämnen som används, dels i vilka halter de uppträder. Många anser dessutom att gränsvärden för bildskärmens strålning också skall finnas med som ett krav, liksom energisnålheten. En sådan miljömärkning som täcker in allt från flamskyddsmedel till elektromagnetisk strålning är en ny idé som inte är färdigutvecklad. Däremot finns ett antal miljömärkningar för strålning från skärm, t.ex den svenska TCO 92. I den ingår gränsvärde på strålning och energianvändning. TCO håller nu (1994) på att ta fram en ny märkning, TCO 95, i samarbete med Svenska naturskyddsföreningen (SNF). Det ska vara en heltäckande märkning av den nya typen. Det ska emellertid vara gränsvärden på saker som verkligen går att kontrollera. Liknande arbeten pågår utomlands. Tyskland har sin "der blaue engel" medans amerikanarna kallar sin märkning för SCF.

5.2 Återvinning och återanvändning

Återvinning och återanvändning är två begrepp som är något svårdefinierbara och ofta blandas ihop eller används felaktigt.

Återvinning betyder vanligtvis att något material ur en produkt formas om och används i en ny apparat. (Begreppet kan också användas i betydelsen "återvinna energi ur", och då räknas t.ex förbränning av plast som återvinning).

Återanvändning betyder att delar från produkten demonteras och används igen, utan att förändras, t.ex kan en begagnad fläkt användas i en ny dator. En trasig dator som repareras eller uppgraderas och säljs på nytt, kan också räknas som en typ av återanvändning.

Företag som återvinner och återanvänder material ur gamla produkter har funnits under hela nittonhundratalet. De kallas oftast "skrotfirmor" och har främst varit inriktade på så kallat processkrot, det vill säga spillmaterial från tillverkningsindustrin. Där är det helt och hållet materialets råvaruvärde som avgör om leveransen går till skrotgården eller soptippen. En del firmor har inriktat sig på att skrota produkter, men då utvinns främst det som ger bra betalt medan resten betraktas som ointressant och skickas till deponi eller förbränns. Bilskrotarna och deras begagnade bildelsförsäljning är exempel på detta

2000-talets återvinningsföretag måste kunna garantera dels att så mycket som möjligt av produkten återvinns eller återanvänds, dels att miljöfarliga ämnen hanteras på, ett för miljön, riktigt sätt. För att kunna garantera detta krävs av företaget:

- Erfarenhet av materialåtervinning
- Kunskap om demonteringsteknik
- Hög produktkännedom
- Kunskap om miljöfarliga ämnen

En demontering av en dator kan liknas vid att riktningen ändras på tillverkningsbandet. Datorn plockas isär och de olika delarna och materialen separeras. Komponenter som innehåller miljögifter plockas bort för att destrueras eller slutförvaras. Främst är det batterier, reläer och kondensatorer som avlägsnas. Bildskärmsglasets som innehåller en hel del miljöfarligt bly, har man idag svårt att återvinna. Glasets höga blyhalt gör att glasindustrin inte är intresserad av materialet och det är mycket svårt att utvinna blyet. Idag lagras alla bildskärmar i väntan på att forskning och utvecklingsarbete ska hitta nytt användningsområde eller lämplig teknik för sluthantering.

Återanvändning av komponenter sker i samarbete med datorleverantörer och avser i första hand fläktar, kontaktdon och olika typer av IC-kretsar. Med hjälp av ultraviolett ljus kan kretsarna raderas för att sedan kunna omprogrammeras och användas i t.ex. leksaker.

Efter demontering av miljöstörande eller återanvändbara komponenter kan datorn anses som "vanligt" skrot, som kan materialåtervinnas. Materialåtervinning kan ske på olika sätt men vanligast är att "rena" material först plockas bort och sorteras. Med rena material menas att datordelen inte är tillverkad av blandade material. De rena materialen är främst metaller, såsom plåt och aluminium, och de går tillbaka till metallindustrin och smälts om till nytt material. Även rena och identifierbara plaster kan materialåtervinnas. Icke identifierbara plaster (vanligen i äldre maskiner) måste deponeras eller förbrännas. Ett problem vid förbränning är att plasterna innehåller flamskyddsmedel, vilket gör att man måste tillföra energi för att få plasten att brinna upp. Vid förbränning av plaster med bromerade flamskyddsmedel kan det bildas miljöfarliga dioxiner och furaner (se kap 4.3).

Vad som händer med flamskyddade plaster vid deponering har man idag dålig kunskap om. Eventuellt kan plasten brytas ned och bromerade flamskyddsmedel läcka ut i naturen (se kap 4.2).

Det återstående materialet, t.ex kretskort med komponenter, mals ner och efter ett flertal processer separeras sedan materialet i plaster och olika metaller. Processerna är huvudsakligen mekaniska, och bygger på de olika materialens densitet och magnetiska egenskaper. Koppar utvinns på liknande sätt från kablar och baksidan av bildröret, elektronkanonen. Kopparn, liksom övriga metaller, säljs på världsmarknaden. Ädelmetaller, som guld och silver, var förr vanlig i elektronikskrot. Det användes främst i kontakter och anslutningsdon. De fanns i sådana mängder att speciell hantering av elektronikskrot var lönsam. Dagens datorer och övrig elektronik innehåller endast små mängder ädelmetaller, så även om de idag återvunna datorerna kan innehålla guld och silver är det ingen inkomst ett återvinningssystem kan bygga på.

5.3 Marknad och ekonomi

För att återvinning av datorer ska bli ekonomiskt lönsamt krävs dels en effektiv nedplockningsanläggning och dels en avsättningsmarknad för de material och komponenter som tas fram. Själva grundidén för företagssamhet är att göra så lite som möjligt och ta så mycket betalt som marknaden är villig att betala. För ett återvinningsföretag är det en svår avvägning hur långt man ska driva återvinningen. Är kunden villig att betala lite mer för att t.ex bildrören behandlas på ett miljöriktigt sätt jämfört med att de deponeras? Samtidigt måste man ta sitt miljöansvar och behandla datorskrotet på bästa sätt, för att inte förlora trovärdighet. Det är svårt att veta hur noga man ska vara.

Idag finns det två stora återvinningsföretag för datorer och hemelektronik i Sverige; Gotthard Ragn-Sells Elektronikåtervinning AB i Stockholmsområdet och Technoworld AB i Blekinge. Gotthard Ragn-Sells är något billigare men tenderar att deponera mer material, t.ex gammal plast. Technoworld försöker ta mer miljöhänsyn, men samtidigt kostar det mer för kunden. Technoworld samarbetar med Svenska Naturskyddsföreningen (SNF) för att återvinning av uttjänt elektronikutrustning ska ske på miljöriktigt sätt. De företag och organisationer som tecknat avtal med Technoworld har rätt att använda SNF's namn i sin marknadsföring för det får SNF 2 % av intäkterna från råvaruförsäljningen. Technoworld har nyligen öppnat en filial i Sundsvall för att elektronikskrot inte ska behöva belastas med miljökostnaden för transport över hela Sverige.

Insamlingen av uttjänta produkter bör ske på ett smidigt och kostnadseffektivt sätt samtidigt som det helst ska ha en låg inverkan på miljön. Technoworld har en bra lösning på problemet, genom ett samarbete med ASG transporteras elektroniskt

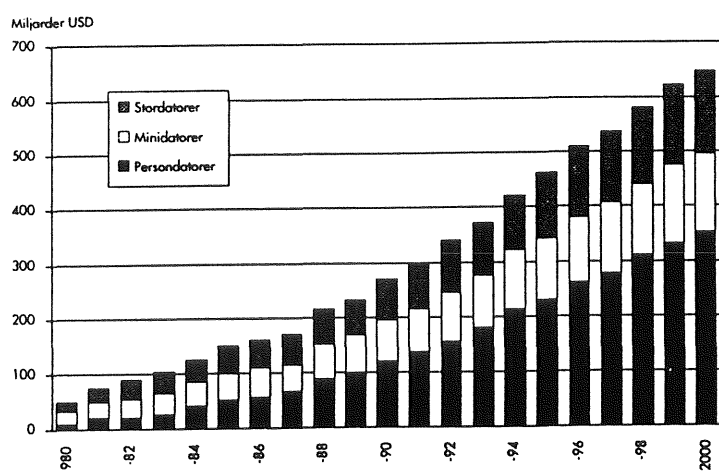
skrot till Blekinge när lastbilarna ändå skulle ha gått tomma. Förutsättningen är den låga belägningsgraden på dagens transportfordon, 70 % av den möjliga kapaciteten.

För att på längre sikt kunna driva återvinning krävs bättre och mer stabila avsettningsmarknader för det återvunna materialet. Idag återanvänds, som nämnts, främst IC-kretsar, fläktar och kontaktdon. Dessa säljs både till Fjärran Östern och USA för tillverkning av bland annat leksaker. Metaller säljs huvudsakligen till den svenska industrin, men i vissa fall även på världsmarknaden. Alla identifierbara plaster kan återvinnas. Äldre plaster försöker man finna nya användningsområden för, kanske som taktäckningsmaterial.

Vad man ska göra med bildskärmsglaset är också ett problem som idag inte har någon lösning, eventuellt kan glaset användas i isoleringsmaterial.

6. DISKUSSION

I dagens samhälle är datorer lika vanligt som djur var i bondesamhället. Då kretsade det dagliga livet kring djuren som var det centrala i samhället, och som allt mer eller mindre byggde på. Nu är datorer det centrala och något vi möter varje dag. Flera gånger om dagen litar vi blint på datorer och många av oss är helt beroende av datorn på sina arbetsplatser. Datoranvändningen kommer säkerligen att fortsätta öka i framtiden dels beroende på nya användningsområden, som t.ex IT, dels på grund av att datorer tenderar att bli billigare för varje år vilket gör att fler har råd att köpa. I ett globalt perspektiv får också nya marknader, t.ex Kina, räknas med vilket bidrar till den för tillverkarna gynnsamma prognosen av persondatorförsäljningen, se figur nedan.



Figur 6. Prognos över framtidens persondatorutveckling i världen (Gärdin, Hilstad m fl., 1994).

Många av de länder som är i början av sin industrialisering har västvärlden och dess livsstil som förebild. Så fort de har råd kommer de att köpa avancerade elektroniska produkter. Det är då viktigt att de datorer som säljs är de bästa och mest miljövänliga. Ett skäl är den svårkontrollerade återvinningsmarknaden som i huvudsak baseras på så kallade "scavangers", d v s människor som lever på att söka rätt på mer eller mindre värdefulla saker i avfallet eller på soptippen, saker de sedan säljer. Detta medför att det är svårt att veta var de miljöfarliga ämnena tar vägen, och i värsta fall kan de skada människan och dess omgivning. Denna i och för sig åtråvärda återvinning bär med sig risker för tungmetallspridning av samma art som den illegala handeln med radioaktiva ämnen i Östeuropa skapar i form av okontrollerad spridning. I övrigt ojämförligt, men problemet tydliggörs i Östeuropa eftersom det rör sig om strålskador. Skador av "vanlig" tungmetallspridning yttrar sig inte så akut och på så kort sikt.

Redan idag slängs det en anseelig mängd datorer varje år, och denna mängd kommer att öka i framtiden när vi blir mer vana vid datorer. När vi får samma naturliga attityd till datorn som till bilen, så kommer skrotning av datorer inte vara så traumatisk som idag. Skrotning av bilar har de senaste tjugo åren varit inriktad på återvinning av metaller. Återvinningsgraden har varit hög, främst beroende på att bilarnas huvudbeståndsdelar varit sammansatta av få material och att dessa varit lätta att separera ifrån varandra. Detta är något man även bör eftersträva i datorbranschen. I dagens datorer finns det för många olika typer av plaster vilket krånglar till återvinning. Framtidens datorer måste innehålla färre plaster som samtidigt bör vara ordentligt märkta för att underlätta identifikation.

De två kanske väsentligaste avfallsproblemen vid skrotning av datorer idag är vad man ska göra med det blyhaltiga bildskärmsglasat och de oidentifierade plasterna. Nu lagras det mesta i väntan på att forskning och utvecklingsarbete ska hitta nya användningsområden. Platta skärmar löser detta för framtiden, men kan givetvis skapa nya problem även om de måste bli i avsevärt mindre skala eftersom skikten i de platta skärmarna är tunna. Forskning sker även på andra områden, t.ex så försöker forskarna på institutionerna för polymera material och polymerteknik, Chalmers, tillsammans med Plast och Gummi Institutet (PGI) hitta ett sätt att omarbete gammal plast utan att förlora kvalitet. Idag har återvunnen konstruktionsplast ofta dåliga hållfasthetsegenskaper och därför används den helst i detaljer som inte utsätts för större laster.

Vid nedplockning av datorer uppstår även sekretessproblem eftersom datorns hårddisk innehåller mycket information. Det är viktigt att nedplockningsföretagen kan garantera att ingen information läcker ut, för annars kanske företag drar sig för att återvinna sina datorer. I vissa fall bör hårddisken destrueras för att minimera risken för spridning av hemliga uppgifter.

För att få ett fungerande system och ekonomi i nedplockning av datorer krävs att återanvändbara komponenter säljs på en begagnadmarknad. Idag är denna marknad liten och det är främst fläktar och raderade IC-kretsar som säljs, bland annat för tillverkning av leksaker. Här är det viktigt att politikerna styr, med hjälp av lagar och sanktioner, så att det verkligen premieras att köpa begagnade komponenter. En fara är emellertid att komponenter genom återanvändning kan hamna utanför kretsloppet och istället förbrännas eller läggas på avfallsupplag. Ett exempel är att om en IC-krets återanvänds och placeras i en leksak, så kommer kretsen troligen hamna på upplag eller förbrännas eftersom det inte är producentansvar för leksaker (ännu).

Lagar och sanktioner av olika slag är viktiga redskap när det gäller att styra marknaden på det sätt man önskar. På sätt och vis kan marknaden och dess aktörer liknas vid idrottsutövande. Det måste finnas vissa regler och en domare för att inte allt ska spåra ur. Datorföretagen är nu medvetna om att nya regler ständigt är på gång, och de större vill oftast ligga före myndigheterna för att så långt som möjligt styra utvecklingen. När det gäller miljöfrågor har det på senare år blivit ett marknadsargument, och då går miljövard och företagens vinstmaximering hand i hand. Ett exempel på det är Simens Nixdorfs reklamkampanj "gröna datorer växer inte på träd" (februari, 1995). I annonsen utlovas att det i företagets datorer används enkla och få plastsorter, men inga giftiga flamskyddsmedel. Företaget lovar också att datorn, utan kostnad, kommer att återvinnas på ett miljövänligt sätt när den skrotas någon gång nästa sekel.

Producentansvaret för datorer kommer, enligt kretsloppsdelegationen, införas de närmaste åren. I den framtida lagen om producentansvaret är det viktigt att det ingående beskrivs vad som menas med att "nedplockning sker på ett för miljön riktigt sätt". Annars kan tänkas att oseriösa förtetag, som inte skulle försöka återvinna så mycket som möjligt utan deponera det mesta, dras till branschen. Lagen måste också på alla sätt förhindra möjligheten för företag att exportera miljöfarliga komponenter, som är svårt och dyrt att återvinna, till länder som egentligen saknar kompetens för att handha sådant. På det sättet flyttas bara miljöproblemet runt.

Ett sätt att förhindra export av datorskrot till andra länder är att införa internationella lagar, där så många länder som möjligt enas om hur elektroniskskrot ska behandlas. Det bästa vore naturligtvis om man globalt, t.ex inom FN, skulle kunna enas om ett sådant beslut, men mer realistiskt är nog att mindre sammanslutningar av länder t.ex EU skulle kunna bestämma sig om en sådan sak, kanske redan inom ett par år. Sverige och Tyskland, som ligger långt framme när det gäller producentansvar, måste här försöka påverka de andra medlemsländerna.

I framtiden är det viktigt att produkter konstrueras med hänsyn både till miljön och användaren. Designgrupper och konstruktörer måste försöka att ta fram produkter

som i ett längre perspektiv inte har negativ påverkan på miljön, utan som mer kan ingå i ett uthålligt kretsloppssamhälle.

*Åtskilliga är de kulturer i historien som har fallit på samma grepp: att misslyckas med att tillämpa kretsloppsprincipen. Den blomstrade Maya-kulturen i Sydamerika föll samman sedan jordarna utarmats och skogarna skövats. De gamla flodkulturerna kring Eufrat och Tigris byggde på bevattningssystem som gjorde jordarna alltmer salta, med minskad avkastning som följd och kulturens fall som slut. Utan kretslopp föröds de resurser som vi och de som kommer efter oss ska livnära sig på. Utan kretslopp är inte vår livsstil långsiktigt hållbar.
(Ulf von Sydow, förord till Nils Tibergs bok "Kretslopp", 1993)*

I vårt samhälle är avfall ett stort problem. Vi producerar flera hundra kilo avfall per person om året, och även om en del bränns så är det en stor mängd som läggs på upplag. Där kommer det ligga i flera hundra år, vare sig vi ändrar oss nu eller inte. Med det här i åtanke är det lätt att inse att dagens produktutvecklare har ett mycket stort ansvar. Deras mål måste vara att ta fram produkter som antingen är helt nedbrytbara av naturen (på överskådlig tid), eller som kan återvinnas och ingå i ett kretslopp. Under en övergångsperiod får man naturligtvis räkna med att produkter kommer att innehålla en mindre andel miljöfarliga ämnen som måste deponeras, men att huvuddelen går att återvinna och återanvända.

Dagens datorer är konstruerade för att hålla ihop. I många fall har detta överdrivits med ett stort antal skruvar för att fästa vissa detaljer. Detta beror till dels på att konstruktörerna bara tar fram sin "del". På det sättet missar man helhetssynen, vilket bidrar till bland annat materialslöseri. Här skulle man kunna minska materialåtgången och därmed tillverkningskostnaden. Den dimensionerade lasten för datorn uppstår förmodligen under transport, och med tanke på det så kanske dagens datorer är allt för stabila. Istället skulle man kanske tillverka datorer bräckligare och med tunnare skal. Då blir man naturligtvis tvungen att vara försiktig när man ska flytta datorn men samtidigt blir miljöpåverkan mindre. En utveckling åt rätt håll är att fler och fler bärbara datorer säljs. Det är bra ur många aspekter, men främst på grund av att energi och naturresurser sparas vid tillverkning, transport, användning och slutligen vid själva skrotningen. Skärmen hos en bärbar dator är också betydligt mindre jämfört med en vanlig skärm. Det är av intresse att notera att när persondatorn kom på 70-talet så användes en helt vanlig TV. Idag tjugo år senare används, i stort sett, samma TV. Den platta bildskärmen är emellertid ett exempel på en väsentlig teknikförbättring där datoranvändarnas krav kanske kan resultera i en ny typ av TV-apparat i framtiden. Skärmen är central för datorns resurssnålhet och med den platta skärmen sparas stora mängder bly, koppar, järn och bromerade flamskyddsmedel. Strålningsproblemen försvinner samtidigt som energiförbrukningen vid tillverkningen minskar. Dessutom sjunker transportutsläppen tack vare minskad vikt och storlek.

Framtidens dator böra vara designad för att plockas isär på ett enkelt och tidseffektivt sätt. Då blir det lättare att återvinna och återanvända komponenter och material. Om miljöfarliga ämnen måste användas ska dessa gå att ta bort enkelt. Rena och olackade material ska eftersträvas för att underlätta återvinning. Tillsatserna i plasterna ska vara standardiserade, miljövänliga och inte försvåra vid omarbetning av gammal plast. När det gäller hur en dator ska se ut inna för skalet så kanske man skulle inspireras lite av lego. Där har man en massa små bitar som man enkelt sätter ihop till mycket avancerade saker. Överfört till en dator skulle man få en bättre struktur på datorns inre, och om något skulle behöva bytas eller om datorn skulle behöva mer minne skulle det vara enkelt och göra. Idag är det ganska svårt att plocka isär en dator och många delar hör ihop med varandra vilket gör att det är lätt att förstöra något om man ska byta en del. Särskilt de bärbara datorerna är svåra eftersom nästan allt är monterat på moderkortet. Naturligtvis skulle det här systemet vara mycket passande vid nedplockning av datorer då komponenter bara enkelt skulle kunna lyftas bort. Eventuellt kanske man skulle kunna ha ett system där komponenter får olika färg efter hur mycket miljöfarliga ämnen som finns i den.

Försiktighetsprincipen bör användas när nya material tas i bruk i en dator. Enkelt kan man förklara försiktighetsprincipen som att om man är osäker på ett ämnes miljöpåverkan ska man inte chansa och använda det. I många fall leder det annars till nya miljöproblem som kanske inte upptäcks förrän om flera år. Därför är det viktigt att använda material som man känner till. I framtiden är det viktigt att alla material märks, helst enligt ett internationellt märkningssystem, för att man ska veta exakt vad det är för material och hur det ska behandlas. En komponent som består av små mängder av flera olika material bör istället förses med en innehållsförteckning, som visar vad komponenten innehåller.

När det gäller nya material för datorproduktionen så sker idag mycket forskning. Som framgått av diskussionen kan såväl bromerade flamskyddsmedel som bly finna sina substitut ganska snart. Det finns allvarliga förslag på nya typer av flamskydd - och inte minst synen på flamskydd. Bly i lod kan ersättas med alternativa lodrecept - idag är det bara en kostnadsfråga. Med plattskärmsteknik kan även bly, strontium och beryllium i och på bildskärmsglas, och koppar i elektronkanonen undvikas. Under de närmaste åren kommer med all sannolikhet både bromerade flamskyddsmedel och bly att bytas ut mot bättre alternativ. Viktigt är att dessa alternativ lämpar sig för återvinning, inte är för dyra och att deras giftighet är väl dokumenterad.

7. REFERENSER

Bergman, Sjödin m fl.: *Fragmentering av och metallutvinning ur elektroniskrot REFORSK (FOU nr 59)*. Umeå, 1991.

Forskningsrådsnämnden (FRN): *Dioxinet in på livet*. Källa 34, 1990.

Gosh John: Electronic scrap. *Electronics*, june, 1992.

Gärdin, Hilstad m fl.: *Teldoks årsbok 92*. Stockholm, 1991.

Gärdin, Hilstad m fl.: *Teldoks årsbok 94*. Stockholm, 1993.

Hedemalm Per: *Mot miljövänligare elektronik - avveckling av bly och flamskyddsmedel*. IVF, 1991.

Hedemalm Per: *Uses and substitution possibilities for lead in electronics, building materials, weights, metal working, professional fishing and miscellaneous other uses*. Institut för verkstadsforskning (IVF), 1993.

Holmberg Carina: *Elektroniskrot med inriktning på datorer*. Exjobb hos Naturvårdsverket, 1993.

Hägg Gunnar, *Oorganisk kemi*. Liber, 1989.

Kihlström Jan-Erik: *Gifter i naturen*. Liber, 1986.

Lindgren Rolf: *Bromerade flamskyddsmedel användning och miljöeffekter*. Umeå universitet, 1991.

Lundgren Jonas m fl.: *Demontering av produkter (en förstudie)*. IVF, 1993.

Mellgren Erik: Europa utmanar Japan på platta skärmar. *Ny teknik*, n 5, 1995.

Melin Jan: Datorn -en guldgruva? *Ny teknik*, n 21, 1993.

Meyer H m fl.: Brominated flame retardants. Översättning från tyska *Küingstoffe*, n 10, 1993.

Nordin Håkan m fl.: *Bromerade flamskyddsmedel morgondagens problemavfall*. Miljöprojekt Sundsvall-Timrå delrapport 19, 1990.

Perenius Lena: *Risk assesement of Polybrominated Diphenyl Ethers*. Kemikalieinspektionen, 1994.

Sjönell Ylva: *Metaller i plaster*. Projektuppgift CA 917. KTH, 1992.

Storåkers Jonas: *IBM -miljöanpassade produkter*. Examensarbete KTH, 1991.

Svensson Iréne: *Elektronikavfall i Göteborg och Göteborgsregionen*. Projekt rent ut - avfallsminimering, 1992.

Svensson Susanne: *Flamskyddsmedel*. Kemikalieinspektionen 5/91, 1991.

Weintraub Nora: *Datorn -en hälsorisk*. *Arbetsskydd*, n 15, 1990.

Samtal med:

Blix Kerstin, Kretsloppsdelegationen, 1994.

Edvinsson Lennart, Gotthard Nilsson AB, 1993.

Gustafsson Anders, Kemikalieinspektionen, 1995

Gustafsson Eva, Kemikalieinspektionen, 1995.

Gustafsson Ingrid, Plast och Gummi institutet (PGI), 1994.

Hedemalm Per, IVF, 1993, 1994.

Losman Maria, Svenska Naturskyddsföreningen (SNF), 1994.

Lundqvist Katarina, Apple computer, 1994.

Molinder Olof, NUTEK, 1994.

Perenius Lena, Kemikalieinspektionen, 1994.

Sjölin Sverker, Technoworld, 1993, 1994.

Wendschlaug Hans, IBM, 1994.

8. BILAGOR

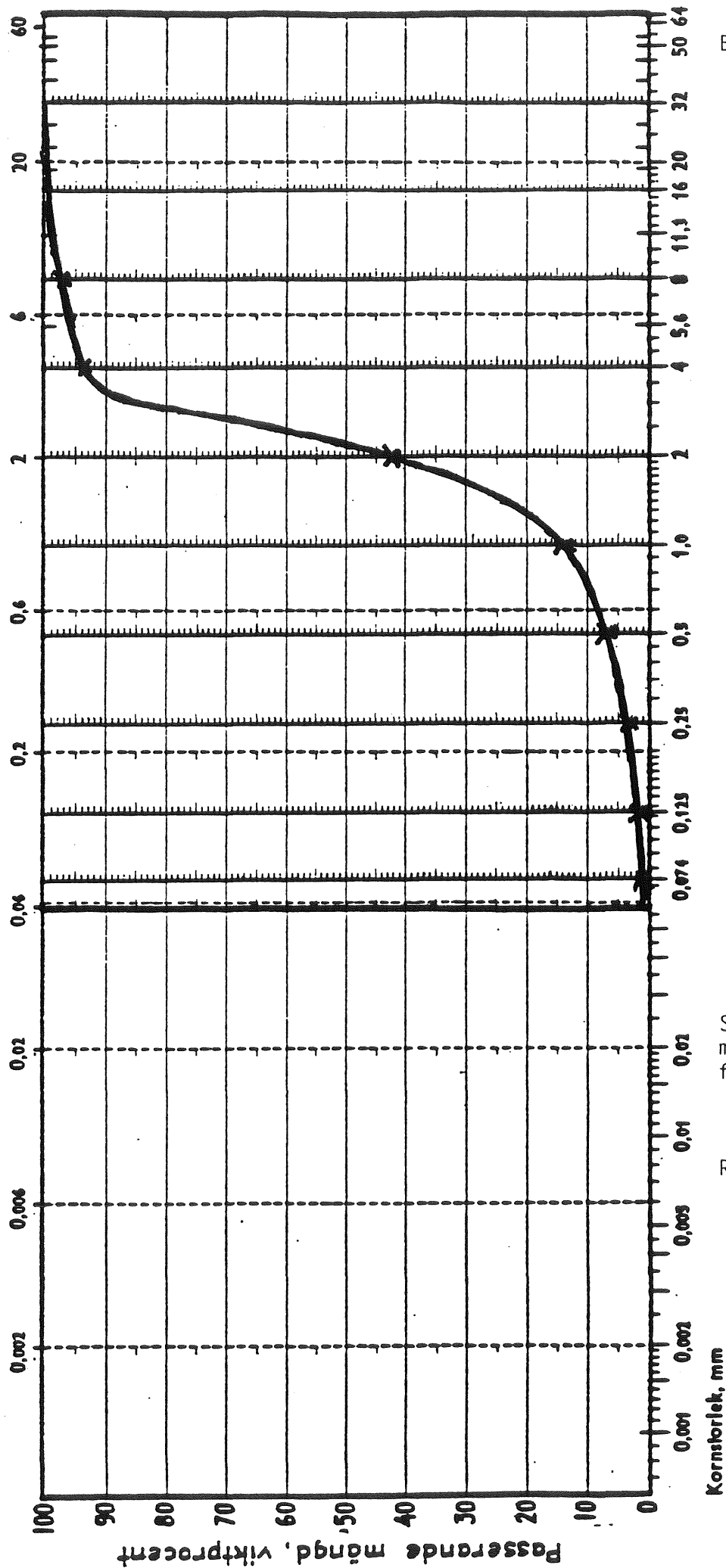
Bilaga 1: Resultat från nedplockning (2 sidor)

Bilaga 2: Siktkurvor från nedmalda kretskort (5 sidor)

Bilaga 3: Organisk halt fullständig data (1 sida)

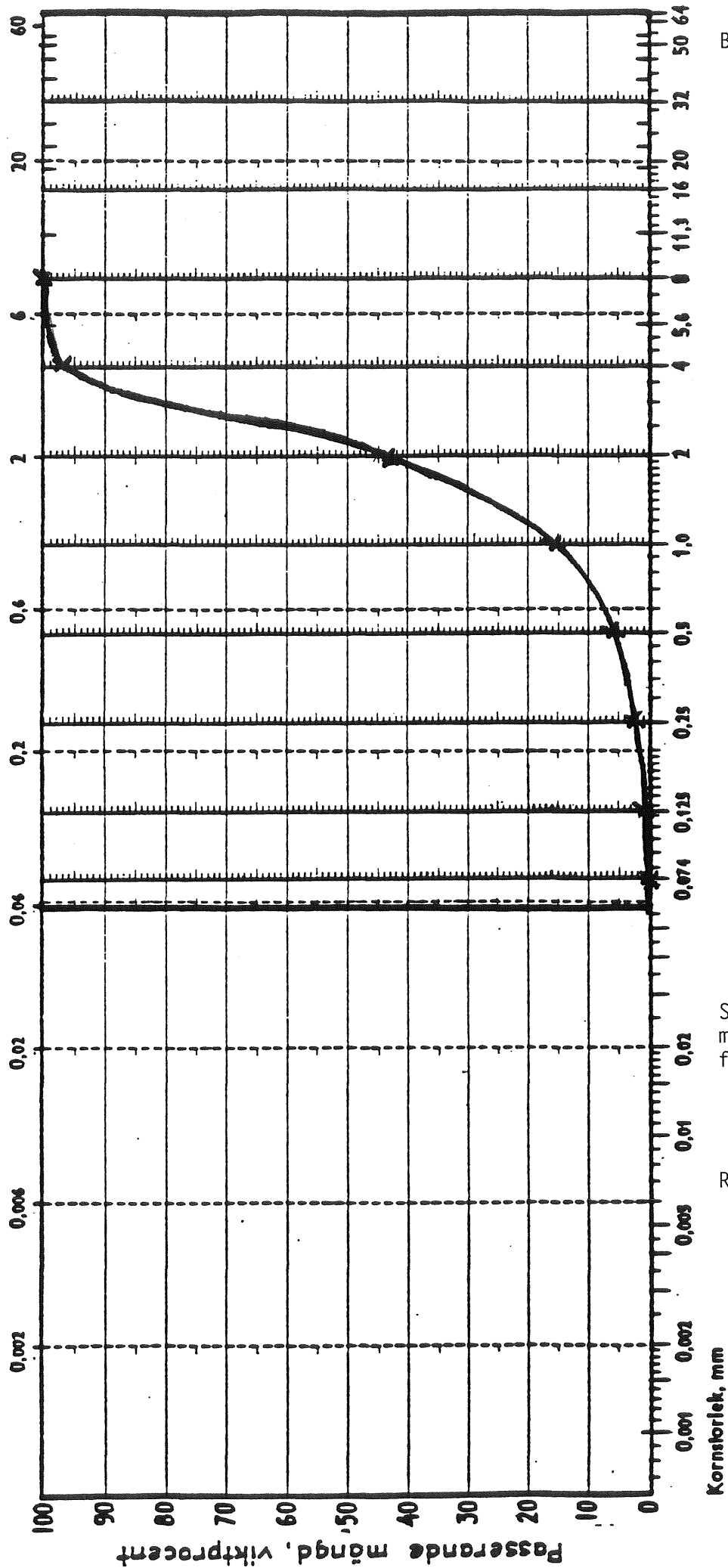
Resultat från nedplockning (i viktsprocent)								Bilaga 1	1(2)
Tangentbord									
	T1	T2	T3	Medelvärde					
Aluminium	0%	40,20%	0%	13,40%					
Fästansordn	1,80%	4%	2,70%	2,70%					
Järn	52,10%	0%	27,20%	26,40%					
Kablage	3,90%	0%	4,10%	2,70%					
Kontakter	0,90%	1,30%	0,60%	0,90%					
Kretskort	8,60%	24,40%	3,80%	12,30%					
Plast	32,90%	30,40%	61,00%	41,40%					
Vikt	2,7 kg	1,9 kg	2,8 kg	2,5 kg					
Skärmar									
	S1	S2	S3	Medelvärde					
Aluminium	3,40%	2,10%	7,30%	4,30%					
Bildrör	55,30%	37,50%	28,50%	40,40%					
Fästansordn	0,90%	1,00%	1,30%	1,10%					
Järn	10,60%	18,40%	26,80%	18,60%					
Kablage	0,70%	0,40%	1,90%	1%					
Kontakter	0,60%	1,10%	1%	0,90%					
Kretskort	4,60%	10,00%	12%	8,90%					
Plast	18,60%	27,60%	18,50%	21,60%					
Övrigt	5,30%	1,90%	2,70%	3,30%					
Vikt	9,9 kg	10,4 kg	23,3 kg	14,5 kg					
Processenheter									
	P1	P2	Medelvärde						
Aluminium	7,70%	0,50%	4,10%						
Fästansordn	1,00%	0,90%	1,00%						
Järn	64,00%	61,00%	62,50%						
Kablage	1,30%	1,80%	1,60%						
Kontakter	1,40%	1,10%	1,20%						
Kretskort	13,80%	23,30%	18,60%						
Plast	3,00%	8,00%	5,50%						
Övrigt	7,80%	3,40%	5,60%						
Vikt	9,8 kg	7,5 kg	8,6 kg						
Medeldator									
	tangentbord + skärm + processenhet								
Aluminium	5%								
Bildrör	23%								
Fästansordn	1%								
Järn	34%								
Kablage	1%								
Kontakter	1%								
Kretskort	13%								
Plast	18%								
Övrigt	4%								
Vikt	25,6 kg								

[illegible]



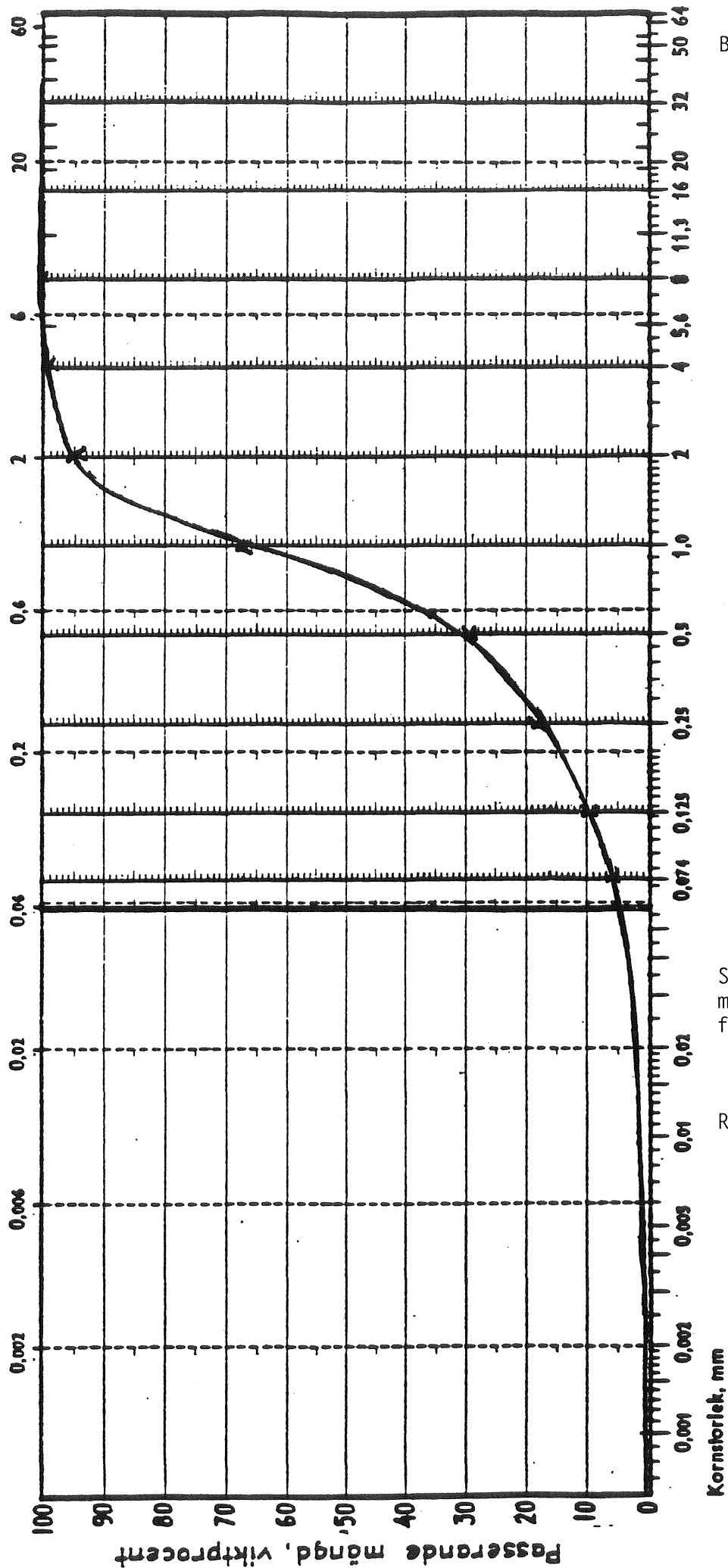
Siktning av ned-
malt material
från SKÄRM 3.

Raster: 4 mm



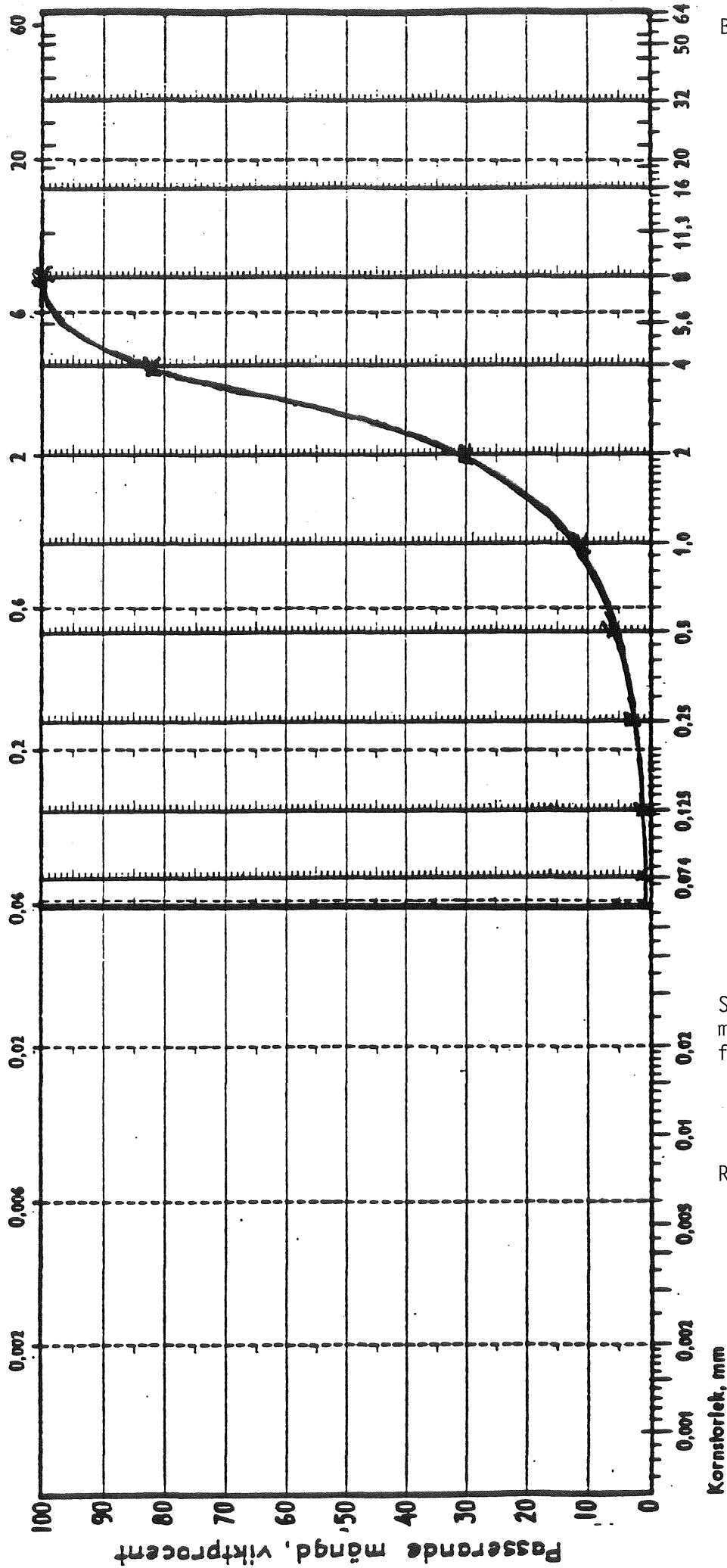
Siktning av ned-
malt material
från SKÄRM 2.

Raster: 6 mm



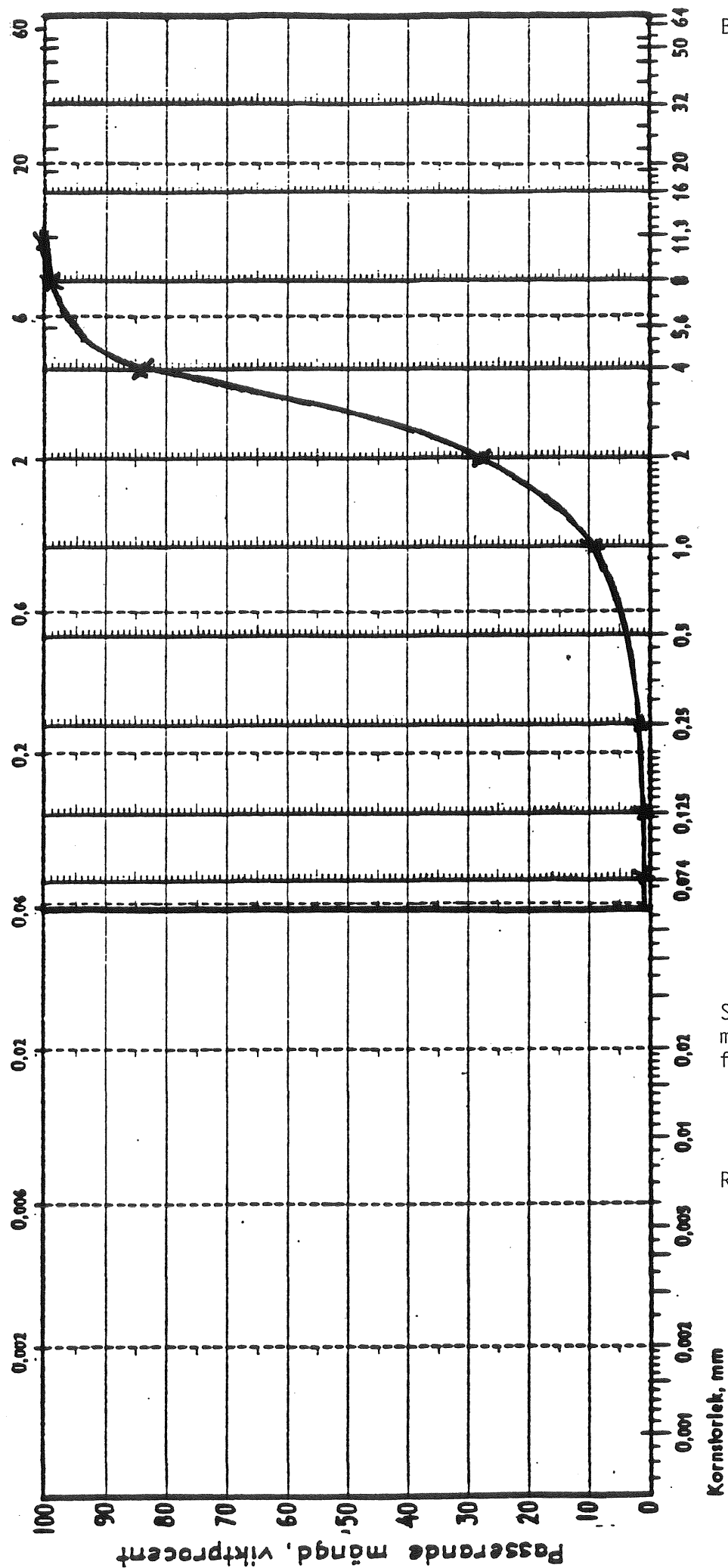
Siktning av ned-
malt material
från SKÄRM 1.

Raster: 1.5 mm



Siktning av ned-
malt material
från PROCESSENHET 1.

Raster: 4 mm



Siktning av ned-
malt material
från PROCESSENHET 2.

Raster: 4 mm

Organisk halt, fullständig data							Bilaga 3	1(1)
Del	Organisk halt (i %)							
S1	24.0 %							
S1	19.5 %							
S1	28.0 %							
S2	25.0 %							
S2	24.1 %							
S2	16.9 %							
S3	21.4 %							
S3	22.2 %							
S3	21.5 %							
P1	17.6 %							
P1	17.4 %							
P1	19.7 %							
P2	17.7 %							
P2	12.9 %							
P2	17.9 %							
Förklaring av beteckningar (S1,S2 etc) se bilaga 1.								