

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE**

**Fakulta životního prostředí**

**Katedra využití strojů**

Regionální environmentální správa



**Recyklace CRT a FPD obrazovek v České republice**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Vedoucí práce: doc. Ing. Vlastimil Altmann, Ph.D.**

**Autor: Bc. Filip Rössner**

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Filip Rössner

Krajinné inženýrství  
Regionální environmentální správa

Název práce

Recyklace CRT a FPD obrazovek v České republice

Název anglicky

Recycling of CRT and FPD screens in the Czech Republic

---

### Cíle práce

Cílem práce je poznat a zhodnotit současnou situaci nakládání s materiály z vysloužilých CRT a FPD obrazovek v České republice.

### Metodika

Metodika této diplomové práce se vztahuje k tvorbě dotazníku, výběru dotazovaných, způsobu rozesílání a vyhodnocování získaných dat. Všechny tyto aspekty se opírají o teoretickou část. Výstupy jsou ve vlastní práci použity k analýze a zhodnocení zpracovatelů obrazovek v ČR, diskusi výsledků, potvrzení či vyvrácení hypotéz a v případě potřeby doporučení pro firmy do jejich zpracovatelských provozů.

**Doporučený rozsah práce**

40 stran textu, grafické přílohy

**Klíčová slova**

odpadové hospodářství, elektroodpad, obrazovky, displej, CRT, FPD, LCD, druhotné suroviny, cirkulární ekonomika, recyklace

---

**Doporučené zdroje informací**

BENEŠ, B. *Odpadové hospodářství*. PRAHA: VERLAG DASHÖFER, 2001.

BEŇO, Z. *Recyklace : efektivní způsoby zpracování odpadů*. Brno: Vysoké učení technické, Fakulta strojního inženýrství, Ústav procesního a ekologického inženýrství, 2011. ISBN 978-80-214-4240-5.

JUCHELKOVÁ, D. *Likvidace a využití odpadů*. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita, Strojní fakulta, 2000. ISBN 80-7078-747-3.

MENG, W., WANG, X., YUAN, W., WANG, J., SONG, G. The Recycling of Leaded Glass in Cathode Ray Tube (CRT). *Procedia Environmental Sciences* 31, 2016. s. 954-960.

Metodické pokyny pro psaní diplomové práce na FŽP

NESVADBA, J. *Zařízení na drčení a třídění odpadu : Část 1-3*. PRAHA: INKOTEKA, 1994.

VOŠTOVÁ, V. *Logistika odpadového hospodářství*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2009. ISBN 978-80-01-04426-1.

XUNING, Z., WENZHI, H., GUANGMING, L., JUWEN, H., YINGYING, Y. Materials Separation from Waste Liquid Crystal Displays Using Combined Physical Methods. *Polish Journal of Environmental Studies* 21, 2012. s. 1921-1927.

Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů

---

**Předběžný termín obhajoby**

2020/21 ZS – FŽP

**Vedoucí práce**

doc. Ing. Vlastimil Altmann, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra využití strojů

**Konzultant**

Ing. Viktorie Vítková

Ing. Kateřina Gdulová

Elektronicky schváleno dne 4. 12. 2020

doc. Ing. Petr Šařec, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 7. 12. 2020

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 26. 01. 2021

---

### **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Recyklace CRT a FPD obrazovek v České republice vypracoval samostatně a citoval jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil a které jsem rovněž uvedl na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědom, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědom, že odevzdáním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Černošicích dne 26. 01. 2021

## **Poděkování**

Děkuji vedoucímu své diplomové práce doc. Ing. Vlastimilu Altmannovi, Ph.D. za odborný a korektní přístup, věcné připomínky a doporučení během vypracovávání. Dále nesmím opomenout Ing. Viktorii Vítkovou z digitálního odpadového tržiště CYRKL za rady při tvorbě dotazníku. Je třeba zmínit také všechny zpracovatelské firmy CRT a FPD obrazovek, které byly ochotny mi poskytnout své cenné informace a vyplnily dotazník. Bez nich by tato diplomová práce nemohla vzniknout.

Veliké poděkování patří také mé rodině, která mě po celou dobu studia na České zemědělské univerzitě vždy podporovala.

# Recyklace CRT a FPD obrazovek v České republice

## Abstrakt

Cílem této diplomové práce s názvem „Recyklace CRT a FPD obrazovek v České republice“ bylo komplexní zhodnocení a zanalyzování situace nakládání s materiály z vysloužilých klasických a plochých displejů v ČR. Byl kladen důraz na cirkulární ekonomiku, životní prostředí, či na materiálové toky. Mezi dílčí cíle práce patřilo zjištění trendů v počtu zrecyklovaných obrazovek. Hypotézou bylo, že množství zpracovaných FPD obrazovek má stoupající charakter a v případě CRT klesající charakter. Mezi další dílčí cíle patřilo zmapování materiálových toků (kovy, luminofory apod.) a využívání druhotných surovin. Na základě úrovně nakládání se získanými materiály byla firmám navržena efektivnější správa získaných materiálů.

Následovalo vytvoření dotazníku a analýza odpovědí. Zmíněný dotazník byl rozeslán do 24 aktivních firem, které se zabývají recyklací obrazovek, z nichž 8 odpovědělo a zúčastnilo se studie. Jednotlivé zpracovatelské firmy měly mezi sebou průměrnou vzdálenost 111 kilometrů. V 57 % případů se jednalo o chráněné dílny a všechny provozovny spolupracovaly s více kolektivními systémy najednou.

Hlavními výsledky diplomové práce bylo zjištění, že současné trendy v množství zpracování jednotlivých druhů obrazovek budou s největší pravděpodobností pokračovat. Potvrdilo se, že v elektroodpadu budou stále menší podíly CRT obrazovek. Naopak množství vysloužilých FPD displejů se bude neustále zvyšovat. To je dáno technologickým vývojem. Dalším výsledkem bylo zjištění v oblasti materiálových toků. Procentuální využití materiálů z klasických obrazovek se ukázalo jako dostatečné. Průměrně se 89 % materiálů z jedné CRT obrazovky využije na výrobu nových materiálů, resp. produktů. Naopak významný prostor pro zlepšení ve smyslu využívání druhotných surovin byl u plochých panelů. Zde se z jedné obrazovky znovu využije pouze 67 % hmoty. Proto byla firmám navržena doporučení pro efektivnější správu jejich zdrojů. To může pomoci omezit skládkování v české krajině a podpořit trvale udržitelný rozvoj.

**Klíčová slova:** odpadové hospodářství, elektroodpad, obrazovky, displej, CRT, FPD, LCD, druhotné suroviny, cirkulární ekonomika, recyklace

# Recycling of CRT and FPD screens in the Czech Republic

## Abstract

The aim of this diploma thesis entitled “Recycling of CRT and FPD screens in the Czech Republic” was a comprehensive evaluation and analysis of the situation of handling materials from obsolete classic and flat panel displays in the Czech Republic. Emphasis was placed on the circular economy, the environment, or material flows. One of the partial goals of the work was to find out the trends in the number of recycled screens. The hypothesis was that the number of processed FPD screens has an increasing character and, in the case of CRT, a decreasing trend. Other sub-objectives included mapping material flows (metals, phosphors, etc.) and the use of secondary raw materials. Based on the level of handling of the obtained materials, a more efficient management of the received materials was proposed.

A questionnaire was created, and the analysis of responses performed. The questionnaire was sent to 24 active companies dealing with screen recycling, of which 8 responded and participated in the study. The individual processing companies operate at an average distance of 111 kilometres. Among the firms, 57 % were sheltered workshops. All companies collaborated with several collective systems.

The main result of the diploma thesis was the finding that the current trends in the amount of processing of individual types of screens will most likely continue. It has been confirmed that shares of CRT screens in electrical waste will be diminishing. On the contrary, the number of used FPD displays will be constantly increasing. This is due to technological developments. Another result was a finding in the field of material flows. The percentage of use of materials from classic screens is sufficient. On average, 89 % of material from one CRT screen is used to produce new materials, resp. products. On the contrary, there was a significant room for improvement in terms of the use of secondary raw materials for flat panels. Here, only 67 % of the mass is reused from each screen. Therefore, the companies were proposed recommendations for effective management of their resources. This can help to reduce landfilling in the Czech landscape and support sustainable development.

**Key words:** waste management, e-waste, screens, display, CRT, FPD, LCD, secondary materials, circular economy, recycling

# Obsah

<b>1 Úvod</b> .....	1
<b>2 Literární rešerše</b> .....	2
2.1 Vymezení základních pojmů.....	2
2.1.1 Cirkulární ekonomika.....	2
2.1.2 Primární a druhotné suroviny.....	4
2.2 Základní pojmy a legislativa.....	5
2.2.1 Co je to (elektro)odpad.....	5
2.2.2 Skupiny elektrozařízení.....	5
2.2.3 Zákon o odpadech č. 541/2020 Sb.....	6
2.2.4 Katalog odpadů.....	7
2.2.5 ISOH a vedení evidence.....	8
2.2.6 WEEELABEX.....	9
2.3 Vznik a vývoj zobrazovacích technologií CRT a FPD.....	9
2.3.1 CRT obrazovky.....	9
2.3.2 FPD obrazovky.....	10
2.4 Popis zobrazovacích technologií.....	10
2.4.1 CRT technologie.....	10
2.4.2 FPD technologie.....	11
2.4.2.1 LCD technologie.....	12
2.4.2.2 LED technologie.....	12
2.4.2.3 OLED technologie.....	13
2.4.2.4 PDP (plazmová) technologie.....	13
2.4.2.5 ELD technologie.....	13
2.5 Materiálové složení.....	14
2.5.1 Materiálové složení CRT obrazovek.....	14
2.5.1.1 Nebezpečné látky v CRT obrazovkách.....	15
2.5.2 Materiálové složení FPD obrazovek.....	16
2.5.2.1 Nebezpečné látky v FPD obrazovkách.....	17
2.6 Recyklační technologie.....	18
2.6.1 Způsob recyklace CRT obrazovek.....	18
2.6.1.1 Automatizovaná metoda.....	18
2.6.1.2 Manuální (ruční) metoda.....	19
2.6.2 Způsob recyklace FPD obrazovek.....	20
2.6.2.1 Automatizovaná metoda.....	20
2.6.2.2 Manuální (ruční) metoda.....	21
2.6.3 Využití získaných materiálů z recyklačních procesů.....	23
2.7 Změny na trhu s obrazovkami.....	23
2.7.1 Změny na světovém trhu.....	23
2.7.2 Změny na evropském trhu.....	25
2.8 Změny materiálových toků u recyklátorů obrazovek.....	27
2.9 Kolektivní systémy.....	28
2.9.1 Kolektivní systémy v ČR.....	30
2.9.1.1 ELEKTROWIN.....	30
2.9.1.2 ASEKOL.....	31
2.9.1.3 REMA a ostatní.....	32



2.10 Nelegální nakládání s elektroodpadem a obrazovkami .....	33
<b>3 Cíle diplomové práce</b> .....	36
<b>4 Metodika diplomové práce</b> .....	37
4.1 Tvorba dotazníku.....	37
4.2 Výběr dotazovaných.....	41
4.3 Způsob rozesílání .....	42
4.4 Vyhodnocení získaných dat.....	43
4.4.1 Zjišťování trendů v počtu zpracovaných obrazovek.....	44
4.4.2 Mapování materiálových toků .....	44
4.4.3 Návrh efektivnějšího způsobu nakládání s materiály .....	45
<b>5 Vlastní práce</b> .....	46
5.1 Charakteristika studijního území.....	46
5.1.1 Čechy .....	46
5.1.1.1 Praha.....	46
5.1.1.2 Středočeský kraj.....	47
5.1.1.3 Liberecký kraj .....	48
5.1.1.4 Karlovarský kraj.....	49
5.1.2 Morava .....	49
5.1.2.1 Jihomoravský kraj.....	49
5.1.2.2 Zlínský kraj .....	50
5.1.3 Slezsko .....	51
5.1.3.1 Moravskoslezský kraj.....	51
5.2 Současný stav řešení problematiky ve zkoumaném území.....	52
5.2.1 Velcí zpracovatelé .....	52
5.2.2 Střední a malí zpracovatelé, chráněné dílny .....	53
5.3 Analýzy odpovědí.....	54
5.3.1 Obecná témata .....	54
5.3.2 Příjem materiálu.....	56
5.3.3 Trendy v počtu zpracovaných obrazovek.....	58
5.3.3.1 CRT obrazovky .....	58
5.3.3.1.1 CRT tuny .....	58
5.3.3.1.2 CRT kusy.....	59
5.3.3.2 FPD obrazovky .....	60
5.3.3.2.1 FPD tuny.....	60
5.3.3.2.2 FPD kusy .....	61
5.3.4 Mapování materiálových toků druhotných surovin.....	62
5.3.4.1 CRT obrazovky .....	63
5.3.4.1.1 Nebezpečné látky v CRT.....	64
5.3.4.2 FPD obrazovky .....	65
5.3.4.2.1 Nebezpečné látky v FPD .....	67
5.3.5 Alternativní využití materiálů.....	69
5.3.6 Zaniklé firmy .....	69
<b>6 Výsledky</b> .....	73
6.1 Návrh a doporučení .....	75
<b>7 Diskuse</b> .....	77
<b>8 Závěr a přínos práce</b> .....	81
<b>9 Zdroje</b> .....	83
9.1 Odborné publikace .....	83

9.1.1 Odborné knihy .....	83
9.1.2 Vědecké články.....	83
9.2 Internetové zdroje.....	85
9.3 Legislativní zdroje.....	90
<b>10 Obrázky a tabulky .....</b>	<b>91</b>
10.1 Obrázky .....	91
10.2 Tabulky.....	95
<b>11 Seznam zkratk .....</b>	<b>96</b>
<b>12 Přílohy .....</b>	<b>99</b>
12.1 Příloha 1 - Tabulka 1 (Seznam skupin odpadů) .....	99
12.2 Příloha 2 - Dotazník (Otázky podnikatelským subjektům v systému nakládání s vysloužilými obrazovkami).....	99

# 1 Úvod

Recyklace a využívání druhotných surovin nejsou otázkou jen moderní doby. Ve své podstatě už lidé v pravěku museli umět nakládat s odpadem. Tehdy se převážně jednalo o odpad biologický, takže byl velmi dobře rozložitelný a člověk neznečišťoval životní prostředí. Všechny materiály se využily, neboť zdroje byly tehdy vzácné.

První modernější náznaky využívání druhotných surovin se objevovaly v době bronzové, kdy se opakovaně využíval kovový materiál. Období středověku pozastavilo jakékoliv inovace v odpadovém hospodářství. Značný zlom přišel až s průmyslovou revolucí. Neustálý technický pokrok lidstva posunul vývoj až ke vzniku nespočtu různých přístrojů a elektrozařízení. Ta v sobě často skrývají velmi vzácné materiály, které jsou obtížně vytěžitelné a při nesprávném zacházení mohou pro životní prostředí představovat významnou hrozbu. Dlouhá léta se tyto výrobky pouze skládávaly a materiály z nich se nijak nevyužívaly. I proto může mnoho starších skládek být bohatší na nerostné suroviny než jakékoliv jiné přírodní naleziště kovů.

Tyto trendy se týkají i obrazovek. Ty jsou významnou a nedílnou součástí elektroodpadu. S recyklací obrazovek se intenzivněji začalo v osmdesátých letech dvacátého století. Z materiálového hlediska je rozdíl mezi klasickými CRT displeji a moderními LCD moduly. V současné době jsou CRT displeje již ve významném útlumu a převládá FPD technologie. Dnes se díky příslušné legislativě tato zařízení řádně recyklují i v České republice a mnoho materiálů z displejů lze znovu použít. Obsažené nebezpečné látky je snaha ekologicky zlikvidovat. Otázkou zůstává, jak jsou tyto procesy v ČR u zpracovatelských firem efektivní a zdali není prostor pro zlepšení a zdokonalení.

Světová spotřeba lidstva ve všech ohledech neustále stoupá. Nikdo neví, jak dlouho může naše planeta tento vývoj ustát. Určitou záchranou může být cirkulární ekonomika. Ta má ve zkratce za cíl omezit negativní vlivy lidské populace na planetu Zemi především z hlediska odpadového hospodářství – nic se nestane odpadem, ale vše zůstane zdrojem. To by mělo být naprosto samozřejmou součástí života každého z nás. Dnes je trh se starými obrazovkami nezanedbatelnou součástí veškerého elektroodpadu.

A právě dnešní vysloužilá elektronika může myšlenky cirkulární ekonomiky významně pomoci, pokud se materiály budou řádně recyklovat.

## 2 Literární rešerše

### 2.1 Vymezení základních pojmů

#### 2.1.1 Cirkulární ekonomika

Cirkulární ekonomika (někdy používán pojem *oběhové hospodářství*) nemá jednotnou definici. Lze ji chápat jako koncept, ve kterém nic není odpadem a vše, co společnost vyprodukuje, může být zdrojem a znovu využitelné (INCIEN, ©2020). V současné době má tok materiálů převážně lineární povahu. To znamená, že primární suroviny (stromy, kovy, ropa atd.) jsou z přírody vytěženy a poté se z nich vyrábí produkty. Problémem dnešní doby je životnost produktů a jejich velmi omezená možnost opravy. Okolo 95 % všech výrobků má životní cyklus pouze asi 6 měsíců od jejich zakoupení. Poté končí na skládkách. V lepším případě alespoň ve spalovnách odpadů (INCIEN, ©2020). Obrazovky spadají do zbylých 5 %. Průměrná životnost CRT monitoru je okolo 15-20 let. Ploché obrazovky ji mají kratší – většinou kolem 9,5 roku. Pokud je displej součástí notebooku či mobilního telefonu, tak životní cyklus FPD panelu se zkracuje na 3 až 5 let. U mnohých zařízení je životnost dána i technologickým pokrokem. Uživatelé zařízení nemění na základě poruchovosti, ale kvůli jejich technologickému zastarání (Baldé a kol., 2017).

Alternativou, která je šetrnější k životnímu prostředí, je cirkulární ekonomika. Ta se snaží lineární model převést do uzavřeného kruhu, ze kterého nebude unikat ideálně žádný odpad. Ve zkratce se cirkulární ekonomika dělí na tři základní oblasti, které jsou vzájemně propojené. Jsou to ekologické, sociální a ekonomické aspekty (INCIEN, ©2020).

Ekologické přínosy zajišťují trvale udržitelný rozvoj. Přírodní zdroje jsou čerpány tak, aby nedocházelo k jejich vyčerpání a aby mohly být obnovovány. Ideálně, aby byly čerpány co nejméně. Oběhové hospodářství snižuje potřebu těžit primární zdroje v přírodě. Materiály jsou získávány z produktů, které by se jinak staly odpadem. Díky tomu dochází k materiálovým úsporám, opětovnému používání, či se navrhuje výroby se zaměřením na ekodesign. V přírodě jsou látky organického původu snadno odbouratelné, bez problému se vrátí do cyklu biosféry a vše je maximálně využito. Tomu se lidé přeneseně mohou přiblížit. V Evropě se každý rok vyprodukuje okolo 2,5 miliardy tun odpadu. Lineárním způsobem hospodaření na skládkách nenávratně mizí množství

vzácných materiálů. Některé skládky dnes dokonce obsahují větší množství zlata než samotné zlaté doly (INCIEN, ©2020).

Sociální hledisko dokáže přinést nová pracovní místa. A to v momentě, kdy se více a více lidí zapojí do procesu cirkulární ekonomiky (INCIEN, ©2020).

S tím velice úzce souvisí ekonomická stránka. Ta ukazuje, že oběhové hospodářství není nic, co by ekonomiku mělo začít zpomalovat. Cílem cirkulární ekonomiky není omezit hospodářský růst, ale vnést na něj jiný pohled a přiblížit se přírodním ekosystémům. Ekonomika může nadále růst a zároveň je brán ohled na životní prostředí. Prodej bývá nahrazen službami, tj. místo vlastnictví je podporován pronájem a maximálně možné využití výrobků. Díky tomu se vytváří nový systém, ve kterém není nutnost materiály vlastnit, ale stačí si je pronajímat (INCIEN, ©2020). Příkladem tohoto jsou carsharingové služby.

V praxi se používání zásad oběhového hospodářství projevilo i v dalších odvětvích. Francouzská automobilka Renault dokázala omezit spotřebu vody a elektřiny o 85 %. V oblasti náhradních dílů totiž začala repasovat staré součástky místo výroby nových. Díky tomu Renault ušetřil peníze na výrobních nákladech a zákazníkům byl schopen nabízet až o 50 % levnější díly srovnatelné kvality (INCIEN, ©2020). Značný potenciál využití cirkulární ekonomiky mají i zpracovatelé vysloužilých CRT a FPD panelů. Dle vyjádření mluvčího společnosti Samsung Davida Sahuly patří obrazovky k těm s nejvyššími náklady na recyklaci (Očenášková, 2020). Nabízí se proto možnost zefektivnění recyklačního procesu, snížení nákladů na provoz zpracovatelských linek, a celkově více zakomponovat principy cirkulární ekonomiky.



Obrázek 1: Schéma cirkulární vs. lineární ekonomiky (Incien, ©2020).

### 2.1.2 Primární a druhotné suroviny

Stejně jako cirkulární ekonomika, tak i pojem druhotná surovina nemá jednoznačnou definici. Nejčastěji se jedná se o surovinu, která byla získána úpravami fyzikálních vlastností odpadů. Vždy se tedy jedná o produkt (již se nejedná o odpad), který byl vytvořen určitou lidskou činností. Tím se zásadně liší od primárních surovin (Samosebou, ©2020).

Primární suroviny jsou produktem samotné přírody, vznikly samy bez zásahu člověka. Materiál se musí nejdříve vytěžit. Jde například o ropu, uhlí, zemní plyn, vodu. Pro výrobu plechovek je potřeba hliník, který se musí získat v přírodě. Pro výrobu plastů je primární surovinou ropa apod. Cílem oběhového hospodářství je co nejvíce omezit primární suroviny a využívat pouze ty druhotné (Samosebou, ©2020).

Druhotné suroviny mohou vznikat dvěma hlavními způsoby. První možností je vznik jako vedlejší produkt z výrobního procesu (strojírenství, zemědělství, stavebnictví apod.). Při výrobě produkt není primární, což ale neznamená, že je méně kvalitní nebo podřadný. Pokud se surovina dále nevyužije a vlastník se jí chce zbavit, okamžitě se stává odpadem (MPO, ©2014).

Druhou možností je využití hmoty, na kterou je nahlíženo jako na odpad. Pomocí recyklačních procesů je materiál cíleně upraven do podoby, který má další využití. Existuje pro něj poptávka na trhu se surovinami, tím pádem nemusí výrobci tolik využívat

primárních zdrojů. Je důležitá i kvalita druhotné suroviny, kterou si odběratelé hlídají. Koloběh cirkulární ekonomiky je tak opět o něco efektivnější (MPO, ©2014).

Příkladem druhotných surovin mohou být i upravené skleněné střepey, či slisované PET láhve (Samosebou, ©2020). Nejčastějšími materiály používané k recyklaci jsou různé druhy plastů, kovů, papíru či skla (MPO, ©2014). Většina těchto materiálů se mimo jiné hojně vyskytuje v CRT a FPD obrazovkách (Veit a kol., 2015) (Alotaibi a kol., 2017). Situace v České republice ovšem ukazuje, že stále je co zlepšovat. V současné době se pouze kolem 8 % druhotných surovin vrací plnohodnotně do oběhu (Bureš, 2019).

## **2.2 Základní pojmy a legislativa**

### **2.2.1 Co je to (elektro)odpad**

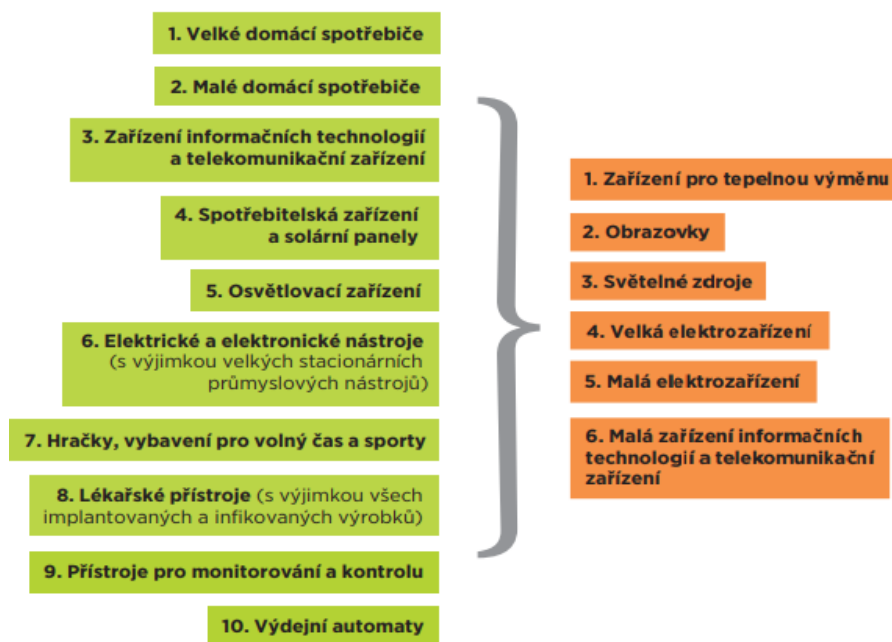
Odpad je dle zákona o odpadech každá movitá věc, které se osoba zbavuje, má úmysl nebo povinnost se jí zbavit (Zákon č. 541/2020 Sb.).

Elektroodpad je druh odpadu. Na rozdíl od odpadu komunálního, plastového, papírového, či skleněného je elektroodpad ve formě elektrospotřebičů, které obsahují nepřehledné množství materiálů. Výjimkou nejsou nebezpečné látky. V obrazovkách jde zejména o bromované zpomalovače hoření, fluorescentní lampy (rtuť), luminofory nebo olovo. Elektroodpad má i odlišný způsob sběru a následné nakládání s ním (Třídění odpadu, ©2020a).

### **2.2.2 Skupiny elektrozařízení**

Elektrozařízení se v současné době rozdělují do 6 hlavních skupin. Dřívější rozdělení počítalo s 10 skupinami, přičemž od 1.1.2019 se počet skupin snížil. Důvodem byla směrnice Evropské unie, která požadovala větší zaměření na shromažďování, logistická řešení a zpracování vysloužilých elektrozařízení. Bývalých 10 skupin zahrnovalo následující kategorie: 1. Velké domácí spotřebiče, 2. Malé domácí spotřebiče, 3. Zařízení informačních technologií a telekomunikačních zařízení, 4. Spotřebitelská zařízení a solární panely, 5. Osvětlovací zařízení, 6. Elektrické a elektronické nástroje, 7. Hračky, vybavení pro volný čas a sporty, 8. Lékařské přístroje, 9. Přístroje pro monitorování a kontrolu, 10. Výdejní automaty (Elektrowin, ©2018).

Nových 6 skupin zestručnilo kategorie na: 1. Zařízení pro tepelnou výměnu, 2. Obrazovky, 3. Světelné zdroje, 4. Velká elektrozařízení, 5. Malá elektrozařízení, 6. Malá zařízení informačních technologií a telekomunikační zařízení. Skupina 2, obsahující obrazovky, zahrnuje veškeré zařízení s plochou displeje nad 100 cm<sup>2</sup>. Ve starém dělení byly obrazovky zahrnuty ve skupinách 3. a 4. V novém dělení zároveň skupiny 1. až 3. zahrnují zařízení, které obsahují nebezpečné látky (Elektrowin, ©2018).



Obrázek 2: Schéma porovnání starých a nových skupin elektrozařízení (Elektrowin, ©2018).

### 2.2.3 Zákon o odpadech č. 541/2020 Sb.

Vláda České republiky koncem roku 2019 schválila sérii návrhů nového odpadového zákona. Ten vchází v platnost 1.1.2021 a ruší dosavadní zákon o odpadech č. 185/2001 Sb. Kromě posunutí zákazu skládkování využitelných odpadů z roku 2024 na rok 2030 (MŽP, ©2019), tak prošly i návrhy týkající se výrobků s ukončenou životností. Konkrétně v oblasti rozšířené odpovědnosti, která v ČR platí od roku 2003. Rozšířená odpovědnost výrobců elektrozařízení vznikla kvůli sběru (nejčastěji pomocí kolektivních systémů) a zabránění úniku nebezpečných látek z vysloužilých elektrovýrobků do životního prostředí. V neposlední řadě také kvůli zachování druhotných surovin (Číhal, 2019). Návrhy se dále zabývají následujícími záležitostmi.

Kolektivní systémy musí zvláště sbírat elektroodpad, který je zároveň klasifikován jako nebezpečný. Tato skutečnost dosud nebyla legislativně ošetřena a v České republice



se jednalo o dlouhodobý problém. Separátní sběr těchto zařízení je ale v EU naprosto běžným jevem. Zahraniční kolektivní systémy naopak sbírají přednostně, a především nebezpečný elektroodpad (Číhal, 2019).

Dalším návrhem změny v oblasti elektroodpadů je zavedení systému proti zkreslování nasbíraného elektrošrotu. V praxi toho má být dosaženo tak, že na výrobce zaregistrovaného do kolektivního systému se vztahuje povinnost nahlašovat, kolik tun svých elektrozařízení prodal. Pokud tedy výrobce například prodal 10 tun LCD monitorů, určité předem dané procento (např. 70 %, tj. 7 tun) těchto displejů bude muset být za řadu let zpět evidováno ve sběru kolektivního systému a řádně zrecyklováno. Zkreslování a falšování evidence bude samozřejmě nelegální a trestáno dle zákona (Číhal, 2019).

Problémy s falšováním se evidovaly také v některých zemích EU. Proto v návrzích zazněla ještě detailnější metoda. Kolektivní systémy mají svěřeným orgánům státní správy poskytovat údaje o hmotnosti přesně po jednotlivých výrobcích a po jednotlivých skupinách elektrozařízení (Číhal, 2019).

Další významnou záležitostí v tomto odvětví je zavedení povinnosti tzv. viditelného příspěvku. To znamená, že každý prodejce elektroniky musí na účtence od výrobku uvést, že výrobce přispěl do kolektivního systému. Opatření zajistí větší transparentnost a pomůže jednodušeji odhalit, zdali nejsou porušovány odpadové zákony (Číhal, 2019).

#### **2.2.4 Katalog odpadů**

Katalog odpadů (tabulka 1 v příloze práce) vznikl proto, aby bylo možné každý druh odpadu přiřadit do konkrétní kategorie. Každý odpad má v katalogu své katalogové číslo (kód). Ten se skládá z celkem 6 číslic. První dvě číslice (v rozmezí 01-20) určují obor, nebo odvětví, jak a kde odpad vznikl. Primárně se vybírá ze skupin 01-12 a 17-20. Až poté se případně vybírá ze skupin 13-16. Každá z těchto číslic v sobě skrývá další podskupiny pro přesnější zařazení odpadu. Tyto podskupiny obsahují ještě jednu další podkategorii, kde se vybere nejvýstižnější druh odpadu. Často se stává, že se odpad skládá z více katalogových složek. V této situaci se postupuje dle nejnebezpečnější látky v odpadu. Látka, která je nejvíce škodlivá pro člověka a životní prostředí, rozhoduje o konečném kódu odpadu. U katalogového čísla se ještě zmiňuje tzv. stabilizace. Pokud

je odpad nebezpečný, tak je u kódu znázorněno červené písmeno „N“ a symbol „\*“. Pokud odpad nebezpečný není, je klasifikován na kategorii „ostatní odpad“ a u kódu je vyobrazeno zelené písmeno „O“ (Katalog odpadů, ©2020).

Příkladem kódu může být vypreparované sklo z CRT obrazovek. Kód tohoto odpadu je 10 11 11\*. Číslo 10 dle katalogu označuje „Odpady z tepelných procesů“. První číslo 11 je upřesňující, značí „Odpady z výroby skla a skleněných výrobků“. Druhé číslo 11 znamená „Odpadní sklo v malých částicích a skelný prach obsahující těžké kovy (např. z obrazovek)“. A „\*“ říká, že jde o nebezpečný odpad (Katalog odpadů, ©2020).

### 2.2.5 ISOH a vedení evidence

ISOH neboli informační systém odpadového hospodářství slouží k plnění ohlašovacích povinností původců odpadů. Jedná se o veřejně přístupný informační databázový systém. Skládá ze 6 stěžejních částí, které jsou přístupné veřejnosti. Každá část se zabývá jiným druhem odpadu. Jde o Veřejný informační systém odpadového hospodářství (VISOH), Seznam výrobců elektrozařízení, Registr míst zpětného odběru elektrozařízení (<https://isoh.mzp.cz/registrmistelektro>), Modul autovraky (MA ISOH), Registr zařízení a spisů a Seznam dopravců. Pro zaměstnance státní správy je k dispozici ještě rozšířená verze informačního systému. Ta navíc obsahuje informace o produkci a nakládání s odpady, tzv. ALL ISOH (CENIA, ©2020).

Původci odpadů, kteří pracují s více než 100 kg nebezpečného odpadu (nebo s více než 100 t odpadu ostatního), musí svá data nahlašovat na obecní úřad s rozšířenou působností (ORP), případně správnímu obvodu Prahy (SOP). Nahlašování probíhá pomocí Integrovaného systému plnění ohlašovacích povinností (ISPOP). Doručená data jsou následně přenesena do již zmíněného Informačního systému odpadového hospodářství (ISOH). Tam probíhá kontrola a data jsou použita k vytváření každoročních Plánů odpadového hospodářství (CENIA, ©2020).



Obrázek 3: Logo systému ISOH (CENIA, ©2020).

### 2.2.6 WEEELABEX

WEEELABEX je celoevropská nezisková organizace, která zajišťuje nový druh certifikace v oblasti nakládání s elektroodpadem. Existují výhody i nevýhody tohoto certifikátu. Výhodou je, že certifikát má zaručit, že zpracovatelé elektrozařízení splňují normy v oblasti recyklace elektroodpadu. Dále má zamezit nelegálním praktikám.

Certifikát je ovšem finančně a administrativně náročné získat. V případě zavedení povinnosti vlastnit certifikaci by se v ohrožení ocitli zejména malí zpracovatelé a chráněné dílny. Tou je například chebská firma Marketa Remone s.r.o., která zaměstnává 50 zdravotně znevýhodněných pracovníků. Podle odpadového hospodáře společnosti Zdeňka Bambouska se certifikát vyplatí až v dávkách elektroodpadu od určité velikosti. Nehledě na časovou náročnost školení operátorů zpracování. To by údajně vyšlo na několik desítek tisíc korun (Zachová, 2020).



Obrázek 4: Logo organizace WEEELABEX (Enviropol, ©2018).

## 2.3 Vznik a vývoj zobrazovacích technologií CRT a FPD

Počátky zobrazovacích technologií se datují do začátku 20. století. V tomto období začal jít vývoj rychle dopředu a s menšími pauzami trvá až dodnes. Vše začalo s CRT technologií a další velmi významná inovace přišla v 60. letech 20. století s FPD displeji. CRT a FPD panely jsou tedy dva velké milníky v oblasti vzniku a vývoje obrazovek. Pro zobrazovací technologie existuje souhrnná zkratka „VDU“. Ta zahrnuje CRT i FPD displeje (Kawamoto, 2012).

### 2.3.1 CRT obrazovky

Německý fyzik Ferdinand Braun v roce 1897 sestrojil první prototyp CRT, který byl znám také pod názvem “Braunova trubice”. V této době pro ni ovšem ještě neexistovalo smysluplné využití. S nástupem televize se vše změnilo. V roce 1928 byla na trh firmou General Electric uvedena první TV. Po druhé světové válce se význam

televize neustále zvyšoval. Velkou oblibu si získala zejména ve Spojených státech amerických a v Evropě. V 60. letech se na trhu objevila první barevná televize. Ta měla trojici katod, které dokázaly zobrazit celé spektrum barev. Od 80. let CRT technologie našla využití ve zcela novém odvětví u osobních počítačů (Keller, 1991). V 90. letech vznikaly obrazovky s vyšším rozlišením, či kompaktnějšími rozměry katodové trubice (Lieberman, 2000). S nástupem roku 2000 ovšem započal konec této technologie. Stále dostupnější ceny FPD panelů znamenaly pro CRT ohrožení. Výrobci obrazovek stále více a více přecházeli na výrobu tenkých displejů. Stará technologie do dnešních dnů tak téměř zanikla (Gunho a kol., 2012).

### **2.3.2 FPD obrazovky**

Počátek FPD zobrazovací technologie se datuje k roku 1958. V tomto roce byla vyrobena zcela první verze plochého displeje a využívala se pro armádní účely jako head-up displej (Aiken, 1984). Druhým nejvýznamnějším rokem pro FPD byl rok 1968. Pouhých 10 let po samotném objevení plochých displejů vynalezl elektroinženýr Bernard J. Lechner LCD technologii. Zobrazovací metoda TFT se začala používat v roce 1973 a v 80. letech byla na trh uvedena (japonskou firmou Sharp) úplně první plochá barevná televize (Kawamoto, 2012). V průběhu let bylo vynalezeno mnoho dalších zobrazovacích technologií pro ploché obrazovky. Jedná se například o LED, PDP, VFD, ELD, či OLED displeje (Kularatna, 2003). Všechny tyto typy jsou podrobněji popsány v pozdějších kapitolách.

## **2.4 Popis zobrazovacích technologií**

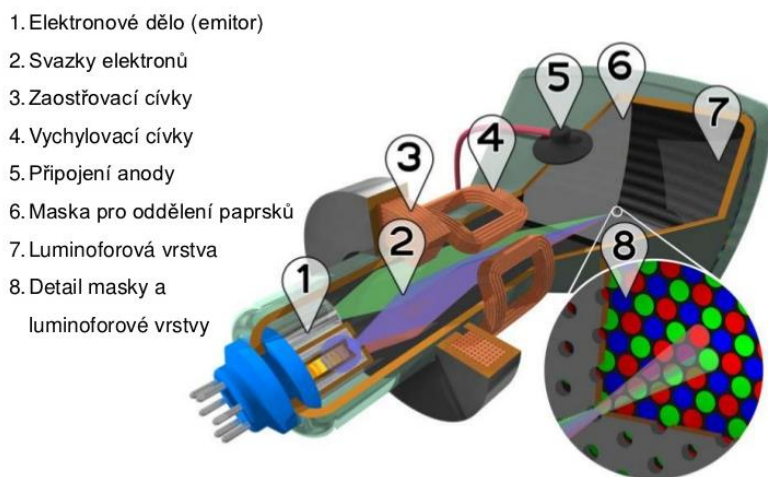
V průběhu let se technologie displejů měnily podle aktuálních technických možností a cenové dostupnosti. Zde je popsána většina známých zobrazovacích technologií od úplně prvních CRT obrazovek ze začátku 20. století až po nejnovější OLED FPD obrazovky.

### **2.4.1 CRT technologie**

V dnešní době jsou CRT obrazovky již dávno zastaralou technologií. Ovšem ve své době byly tyto displeje jediným (či nejlevnějším) způsobem používaným k vizualizaci

obrazu. Základním principem CRT monitorů je využití elektronových paprsků, které jsou namířeny na luminoforovou vrstvu a vytvářejí světlo. CRT displeje se skládají z následujících hlavních částí (obrázek 5): elektronové dělo (emitor), zaostřovací cívky, vychylovací cívky, připojení anody, maska pro oddělení paprsků, luminoforová vrstva. U barevných obrazovek jsou obsažena 3 elektronová děla (emitory), která pokrývají celé barevné spektrum – RGB (červená, zelená, modrá) (Keller, 1991) (Kozák, 2011) (Corones, 2014).

VFD displeje jsou velmi speciální kategorií obrazovek. Jedná se o tzv. “hybridní” technologii na pomezí CRT a FPD řešení. Používaly se převážně ve videorekordérech a přehrávačích, či v autorádiích. Tato technologie také využívá katodové trubice, ale tyto trubice jsou mnohem kompaktnější a operují při mnohem menším napětí než u běžných CRT obrazovek (Yen a kol., 2006a).



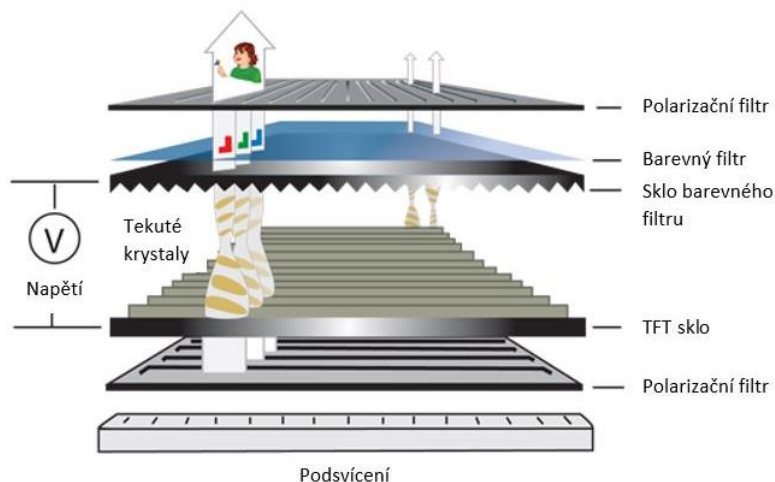
Obrázek 5: Schéma barevné CRT obrazovky (Láníček, 2009).

#### 2.4.2 FPD technologie

FPD obrazovky v současné době dominují v oblasti zobrazovacích technologií. Neexistuje pouze jeden typ plochých displejů, ale různé dílčí technologie a každá z nich funguje na trochu jiném principu. Nejčastějším druhem jsou dnes LCD obrazovky (Zalama a kol., 2015).

### 2.4.2.1 LCD technologie

LCD technologie vytváří obraz blokováním nebo umožňováním průchodu světla ze světelného zdroje za samotným LCD displejem. Existuje 7 hlavních vrstev v tomto druhu obrazovky (obrázek 6). V nejspodnější části se nachází fluorescenční podsvícení. Nad ní je umístěna TFT vrstva s elektrodami, tekuté krystaly, barevný filtr a krycí sklo. Součástí obrazovky jsou také skleněné a polarizační filtry, či skleněný substrát s ITO elektrodami. ITO se běžně používají jako transparentní vodivé oxidy. Jejich hlavními výhodami jsou optická průhlednost a elektrická vodivost. LCD displeje mají dnes nejrůznější použití a lze je najít v téměř veškeré elektronice, jako jsou například počítačové obrazovky, televize, mobilní telefony, hodinky, fotoaparáty, kamery, nebo kalkulačky (Xuning a kol., 2012) (Corones, 2014).



Obrázek 6: Schéma TFT LCD obrazovky (upraveno podle Alza, ©2020).

### 2.4.2.2 LED technologie

Dalším běžným typem FPD je LED technologie. Tato zobrazovací metoda je v mnoha ohledech podobná LCD technologii, ovšem s pár rozdíly ve složení a principu. Největší rozdíl je v tom, že LED řešení využívá LED osvětlení (mnoho malých diod, které se nachází v obrazovce a pokrývají celé RGB spektrum) místo studených katodových zářivek. To je případ LCD řešení. LED obrazovky se skládají z LED podsvětlení, TFT vrstvy a elektrod, tekutých krystalů, barevného filtru a krycího skla. Stejně jako LCD, tak i LED technologie obsahuje skleněné a polarizační filtry. LED displeje jsou oblíbené

pro jejich lepší viditelnost na slunci. Proto se běžně používají na billboardech, nebo v prostředcích hromadné dopravy (Corones, 2014) (Zalama a kol., 2015).

#### **2.4.2.3 OLED technologie**

Princip OLED obrazovek spočívá v tom, že organické elektroluminiscenční materiály v OLED panelech nepotřebují individuální světelný zdroj (diody). V praxi to znamená, že obrazovky s touto technologií jsou mnohem tenčí než jiná řešení. Zdroj světla je zde vytvářen pomocí molekul, které jsou excitovány elektrickým proudem do organických vrstev. V nejspodnějších vrstvách OLED panelů se nachází skleněný, či plastový substrát. V horních vrstvách se poté nachází TFT matrice, další organické vrstvy, katoda a krycí sklo. OLED technologie je tak pokročilá, že vrstvy jsou 200krát tenčí než lidský vlas (Corones, 2014) (Zalama a kol., 2015).

#### **2.4.2.4 PDP (plazmová) technologie**

Další významnou zobrazovací metodou je technologie PDP (plazma). Tyto displeje se v minulosti využívaly hlavně v televizorech. Dnes se již několik let příliš nepoužívají, neboť mají vysoké energetické nároky. To je hlavní nevýhoda v porovnání s ostatními technologiemi. Technické řešení je podobné jako u OLED. Vyzařují také své vlastní světlo, ovšem jiným způsobem. V plazmě se vyskytují malé „buňky“, které obsahují ionizované plyny (neon a xenon). Ty při přístupu elektrického náboje vytvářejí světlo. Výpary plynů se postupně dostanou ke všem elektrodám v závislosti na velikosti napětí. Mezi hlavní vrstvy plazmového displeje patří zadní skleněná deska, elektrody, ochranné vrstvy (obsahující ionizované plyny) a krycí sklo. Plazmové a CRT displeje mají jeden společný problém. Dlouhodobé zobrazování stejného obrazu může způsobit trvalé „vypálení“ obrazu do displeje (Corones, 2014) (Zalama a kol., 2015).

#### **2.4.2.5 ELD technologie**

Významnějším typem zobrazování je ještě ELD technologie. Tyto displeje jsou tvořeny spojením vrstev elektroluminiscenčních materiálů a dvou vrstev vodičů. Jakmile jsou vrstvy pod proudem, tak je emitováno viditelné světlo. ELD obrazovky se používají například v přístrojových deskách automobilů (Hart a kol., 1999).

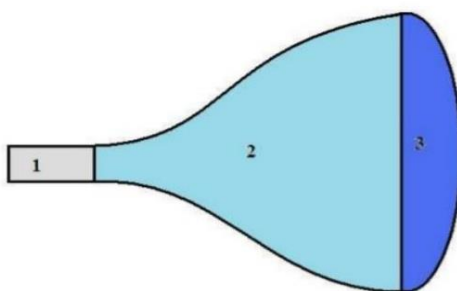
## 2.5 Materiálové složení

CRT a FPD jsou obojí zcela odlišné technologie a mají společné pouze některé materiály. Obě řešení obsahují ocel, plasty, sklo, nebo nebezpečné látky – vše ale v rozdílných poměrech. Následující kapitoly popisují materiálové složení a zdůrazňují jednotlivé látky každé technologie.

### 2.5.1 Materiálové složení CRT obrazovek

Hlavní materiálovou složkou CRT displejů je sklo, které zaujímá kolem 60 % váhy z celkové hmotnosti monitoru a tvoří samotnou katodovou trubici (obrázek 7). Ta se skládá ze 3 druhů skel: sklo krčku, kónusové sklo a čelní skleněný (stínítkový) panel. Každý druh skla má odlišné chemické složení, ovšem převažují oxidy  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{PbO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{BaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ , atd (Icer, ©2003). Druhou nejčastější položkou v CRT monitoru jsou plasty, které zabírají kolem 20 % celkové hmotnosti. Často jsou obsaženy plasty typu ABS-FR, či PC. Tyto druhy plastů se většinou používají jako obalový materiál pro samotnou katodovou trubici. Do plastů se dále přidávají zpomalovače hoření (z angl. FR = flame retardant), kvůli předcházení vzniku požáru. V případě plamene se zpomalovače hoření aktivují a omezí rozsah požáru (Visakh a Yoshihiko, 2015). Plasty typu PC jsou odolné, jednoduše zpracovatelné, tvarovatelné za tepla a vysoce odolné vůči nárazům (Legrand a Bendler, 1999). Dalších 8 % tvoří PCI moduly. Tato zařízení slouží jako základní deska počítače a lze k ní připojovat další hardwarová zařízení. PCI byly vyvinuty společností Intel Corporation v 90. letech 20. století (Beal, 2020). Měď a další materiály (železo, hliník, polymerové směsi, mosaz, keramika) tvoří okolo 6 % hmotnosti CRT monitoru (Veit a kol., 2015).

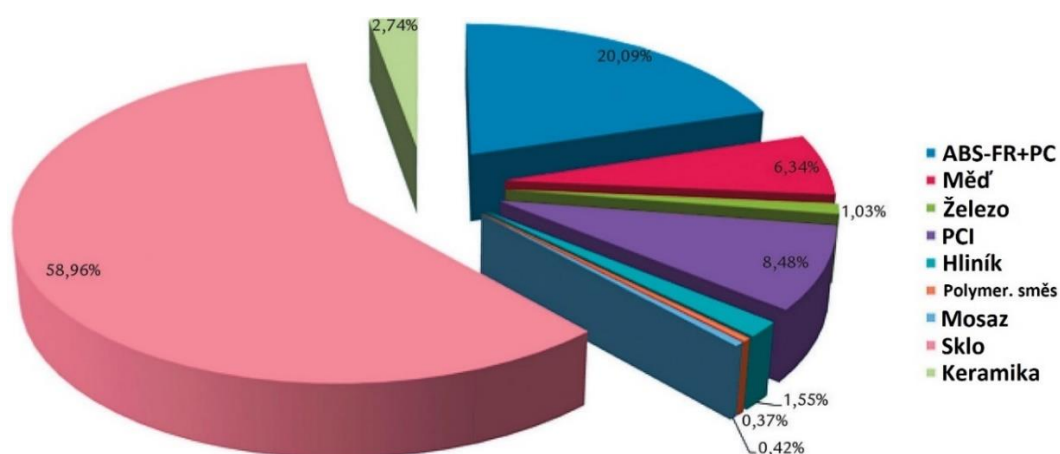
1 - sklo krčku  
2 - kónusové sklo  
3 - čelní skleněný (stínítkový) panel



Obrázek 7: Schéma tří druhů skel v katodové trubici (Sulovský a Opletal, 2011).



Nejen skleněná část, ale i elektronové dělo (emitor), obsahuje nejrůznější materiály. Emitor je vyroben ze slitiny cesia, která při zahřátí nebo nárazu světla uvolňuje elektrony. V případě barevných CRT obrazovek je každá barva z RGB spektra emitována speciálními chemickými látkami. Červená vzniká přidáním stříbra nebo mědi do ZnS, které je ve směsi s vysokým procentem CdS. Aktivátor mědi (0,001 %) pomáhá zobrazit zelené spektrum a ZnS s 0,01 % stříbra emituje modré světlo. V barevných CRT displejích je maska pro oddělení paprsků často vyrobena z tenké vrstvy slitiny niklu (Braithwaite a Weaver, 1999).



Obrázek 8: Grafické znázornění materiálového složení CRT obrazovky (upraveno podle Veit a kol., 2015).

### 2.5.1.1 Nebezpečné látky v CRT obrazovkách

CRT obrazovky v sobě obsahují hned několik materiálů, které jsou škodlivé pro člověka, nebo životní prostředí. Pravděpodobně nejznámější jsou luminofory. Jedná se o jemný prášek, který se nachází na vnitřní straně čelního (stínítkového) skla. Jde o hodnotný materiál, neboť v sobě obsahuje sloučeniny fosforu a kovy vzácných zemin. Ty jsou ovšem toxické. Luminofory se z obrazovek odstraňují speciálním průmyslovým vysavačem (Rema, ©2019). Kromě luminoforů obsahuje sklo z CRT obrazovek i těžké kovy. Jde například o stopy olova, které představují hrozbu především pro životní prostředí (ECHA, ©2020).

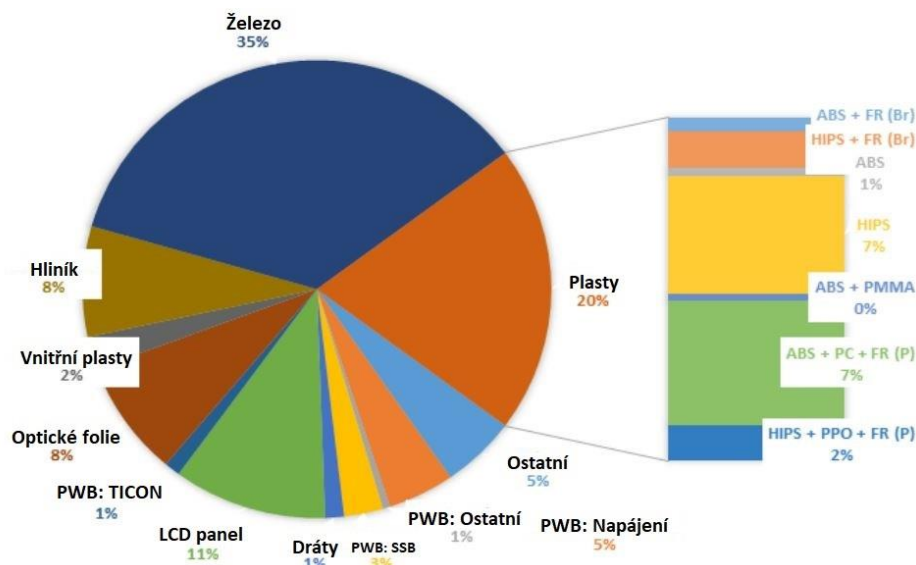
Další záležitostí v CRT obrazovkách jsou plasty. Ty slouží převážně jako krycí materiál a vyskytují se spíše u novějších modelů. Starší obrazovky mají kryt řešen například ze dřeva. Krycí plasty v sobě obsahují zpomalovače hoření. Tyto druhy plastů

mají souhrnně zkratku BFR, obsahují brom, a spadají do zpomalovačů hoření kategorie FR. Studie ukázaly, že tento typ plastů je toxický a může být nebezpečný pro lidské zdraví (Sharkey, 2019).

### **2.5.2 Materiálové složení FPD obrazovek**

Existuje mnoho technologií, které nachází své uplatnění v FPD obrazovkách. Tato kapitola se zaměřuje na materiálové složení LCD displejů, neboť jsou na trhu s elektronikou a v recyklačních zařízeních nejčastější. Celý LCD modul (zahrnující stojan i příslušenství) je vyroben z následujících materiálů: železo, hliník, optické fólie, PWB, LCD panel, sklo, dráty a nejrůznější druhy plastových komponentů. PWB jsou plošné spoje, které propojují jednotlivé komponenty v jakémkoliv elektronickém zařízení (Colotti, 2005). Dráty většinou obsahují hliník nebo měď. Průměrný obsah materiálu (obrázek 9) v procentech tvoří železo s přibližně 35 %, plasty zaujímají přibližně 20 %. Typické druhy plastů pro obrazovky jsou zejména PC nebo ABS. Tyto materiály často obsahují zpomalovače hoření BFR. Optické fólie a hliník jsou zastoupeny 8 %. Ostatní materiály jsou obsaženy již v jednotkách procent (Alotaibi a kol., 2017). Například oxidy india a cínu (ITO) jsou hmotnostně tvořeny ze 74 % india, 18 % kyslíku a 8 % cínu (Kim a kol., 1999).

Samotný LCD panel (ne celý LCD monitor se všemi doplňky) se skládá ze 49 % plastů, 38 % skla, 8 % kovů, 4 % PWB a 1 % ostatních materiálů. Přítomné druhy plastů jsou zde například PMMA, PET, nebo PC. Kovy se skládají převážně z oceli a hliníku. Mezi další materiály, které se zde nacházejí, patří především ITO, LCP a pojiva (Ylä-Mella a kol., 2008).



Obrázek 9: Grafické znázornění materiálového složení FPD obrazovky (upraveno podle Alotaibi a kol., 2017).

### 2.5.2.1 Nebezpečné látky v FPD obrazovkách

Technologicky vyspělejší FPD displeje také obsahují množství nebezpečných látek. Starší generace LCD obrazovek (tzv. LCD-CCFL displeje) v sobě mají fluorescentní lampy. V těch je obsažen řídký plyn s podílem rtuti. Pomocí výboje a přidaného luminoforu se v lampách generuje viditelné světlo. Luminofor se vyskytuje i v CRT obrazovkách. Dnes se CCFL technologie již nepoužívá a vystřídalo ji bezpečnější řešení LCD-LED (Vojáček, 2007) (Hawkins, 2017).

FPD displeje mají s CRT obrazovkami ještě další společný materiál. Tím jsou již zmiňované toxické BFR plasty, které obsahují zpomalovače hoření. Naštěstí existují regulace pro jejich použití prostřednictvím RoHS. Jedná se o zkratku, která vychází ze Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2011/65/EU, o omezení používání některých nebezpečných látek v elektrických a elektronických zařízeních (EEZ). Zkratka vychází z anglického názvu této směrnice, tj. *Restriction of the use of certain Hazardous Substances in electrical and electronic equipment*. RoHS 3, vycházející ze Směrnice 2015/863, omezuje používání 10 nebezpečných látek. V seznamu látek se nachází 2 druhy zpomalovačů hoření, konkrétně PBB a PBDE (RoHS Guide, ©2020). Na jedné straně přítomnost těchto materiálů zajišťuje plastům, aby byly méně hořlavé, na druhé straně mají toxické vlastnosti. To ovlivňuje i samotný recyklační proces.

## 2.6 Recyklační technologie

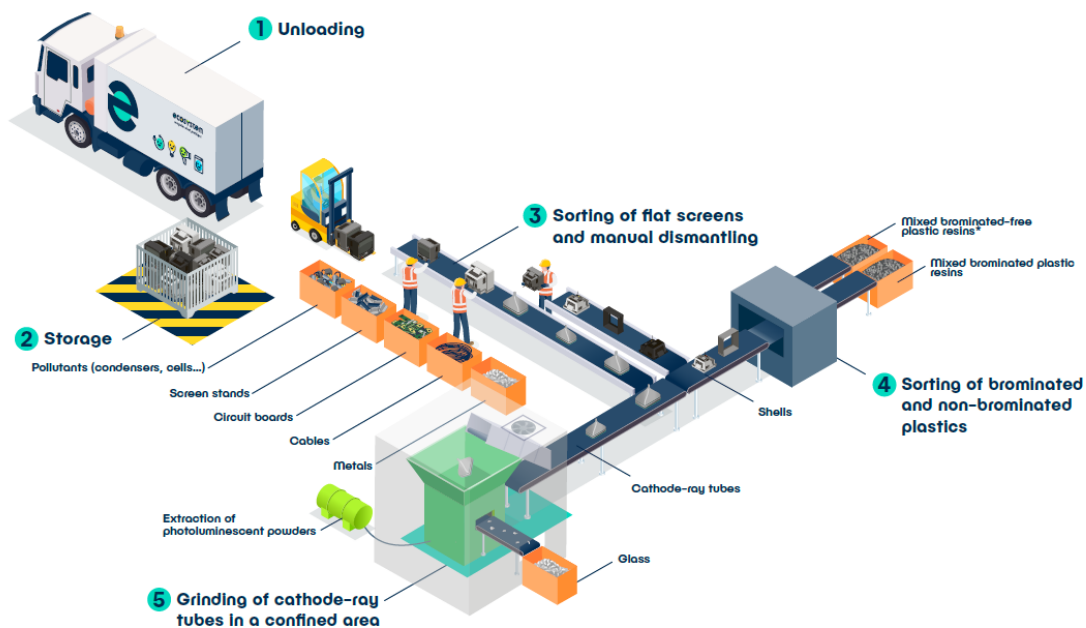
CRT i FPD displeje lze recyklovat 2 základními metodami – manuální a automatizovanou. U FPD je recyklační proces představen u LCD technologie, neboť se jedná o nejčastější typ plochých displejů (Ecosystem, ©2020a).

### 2.6.1 Způsob recyklace CRT obrazovek

#### 2.6.1.1 Automatizovaná metoda

Zobrazovací zařízení založené na CRT technologii se obvykle demontují v 5 hlavních krocích na demontážní lince (obrázek 10). První dva kroky zahrnují vyložení obrazovek z nákladního vozu a jejich uskladnění na bezpečném místě před samotným recyklačním procesem. Ve třetím kroku je plastový kryt oddělen od katodové trubice. Stejně tak jsou odděleny stojany obrazovek, plošné spoje, kabely a kovy. Čtvrtý krok navazuje na plastové kryty ze třetího kroku. Plasty jsou rozděleny na 2 kategorie dle zpomalovačů hoření (FR) – plasty obsahující bromované zpomalovače hoření (BFR) a plasty neobsahující bromované zpomalovače hoření. Třídění na tyto 2 druhy se provádí pomocí technologií optického roztřídovače, nebo tzv. plovoucí metodou. Zároveň technologie umožňují třídít celé plastové kusy, ale i již nadrcený materiál. Pátý krok se vrací k odděleným katodovým trubicím. Tento skleněný komponent je vložen do drtícího stroje, který rozdrtí sklo na malé kusy. Stroj zároveň umí od skla oddělit nebezpečný luminofor, který je akumulován do speciální nádoby (Ecosystem, ©2020b).

Všechny získané materiály z CRT obrazovky jsou na obrázku 10 vyznačeny oranžově. Pro shrnutí jde o: stojany, plošné spoje, kabely, kovy, plasty (obsahující a neobsahující zpomalovače hoření), luminofory a sklo (obsahující těžké toxické kovy, např. olovo) (Ecosystem, ©2020b).



Obrázek 10: Schéma recyklačního procesu CRT obrazovek (automatizovaný) (Ecosystem, ©2020).

**kde:** 1. vyložení CRT obrazovek, 2. uskladnění CRT obrazovek, 3. třídění obrazovek a manuální demontáž, 4. rozdělení na plasty s obsahem a bez obsahu bromovaných zpomalovačů hoření, 5. rozdrcení katodových trubíc v uzavřeném prostoru

### 2.6.1.2 Manuální (ruční) metoda

Manuální recyklační proces CRT obrazovek je velmi podobný tomu automatickému. Ve svých základech se liší pouze ve způsobu zpracování katodové trubice. Na rozdíl od automatické metody, kde trubice je vložena do drtiče, zde vše probíhá manuálně. Zaměstnanec zpracovatelské linky rozřízne trubici kotoučovou pilkou na 2 kusy. Nejdříve věnuje pozornost čelnímu (stínítkovému) panelu. Z něj vysaje speciálním průmyslovým vysavačem nebezpečný luminofor. Poté ručně rozdrťí veškeré sklo – tj. sklo krčku, kónusové sklo a čelní skleněný (stínítkový) panel. Tento způsob představuje určité riziko exponovanému zaměstnanci, který přichází do kontaktu s luminofory. Proto je pracovník povinně vybaven ochrannými rukavicemi a rouškou (Recycling Tech Knowledge, ©2017).



Obrázek 11: Fotografie recyklačního procesu CRT obrazovek – manuální (ruční) vysávání luminoforů (Recycling Tech Knowledge, ©2017).

## **2.6.2 Způsob recyklace FPD obrazovek**

### **2.6.2.1 Automatizovaná metoda**

V prvních dvou krocích jsou obrazovky vyloženy z nákladního vozu. Než se dostanou na recyklační linku, jsou uskladněny na bezpečném místě ve zpracovatelské firmě. Ve třetím kroku jsou obrazovky již zapojeny do recyklačního procesu. Oddělí se periferní součástky, které nelze použít v kroku čtyři. Jde zejména o stojany, kabely, plošné spoje, a nebezpečné součástky (kondenzátory apod.). Čtvrtý krok zahrnuje drtící stroj. Tato technologie umí rozdrtit plochý displej (bez periferních součástí) na malé kusy. Je zde kladen důraz na nebezpečné látky. Stroj umí zachytit rtuť z rozdrčených zářivek se studenou katodou (CCFL) pomocí aktivního uhlí. Drcení ve vlhkém prostředí také umožňuje, aby zbývající rtuť byla navázána do čistícího kalu. Aktivní uhlí i čistící kal se nachází v nádobách mimo drtící stroj. V pátém kroku jsou rozdrčené kusy (bez obsahu rtuti) přepraveny pásovým dopravníkem do třídícího stroje, kde probíhá finální dotřídění materiálů (Ecosystem, ©2020c).

Třídící stroj kombinuje 5 různých technologií třídění na základě přítomných materiálů a jejich vlastností. Jde o technologii vířivého proudu, optického třídění, magnetické separace, třídění pomocí hustoty a třídění dle velikosti zrn. Technologie vířivého proudu dokáže oddělit nekovové materiály působením magnetického pole. Optické třídění probíhá na základě optických přístrojů (infračervené systémy a rentgeny). Ty detekují všechny druhy frakcí včetně plastů, desek, drátů apod. Technologie

magnetické separace odstraní všechny magnetické frakce od železných materiálů. Třídění pomocí hustoty funguje na principu tzv. plovoucí metody, kdy materiály jsou roztríděny na základě jejich (ne)schopnosti plout. Třídění pomocí hustoty může fungovat i na principu vibračního síta, kdy se separují lehké a těžké frakce. Poslední technologie (třídění dle velikosti zrn) umožňuje separaci na základě velikosti zrn, jejich hustoty, či jejich povrchových vlastností (Ecosystem, ©2020c).

Výstupními materiály z automatického procesu jsou: stojany, kabely, plošné spoje, nebezpečné součástky (kondenzátory apod.), (ne)kovové materiály a plasty (obsahující a neobsahující zpomalovače hoření) (Ecosystem, ©2020c).



Obrázek 12: Schéma recyklačního procesu FPD obrazovek (automatizovaný) (Ecosystem, ©2020).

**kde:** 1. vyložení FPD obrazovek, 2. uskladnění FPD obrazovek, 3. manuální příprava, 4. rozdrčení obrazovek v uzavřeném prostoru, 5. dotřídění materiálů (metody: vířivý proud, optické třídění, magnetická separace, třídění pomocí hustoty, třídění dle velikosti zrn)

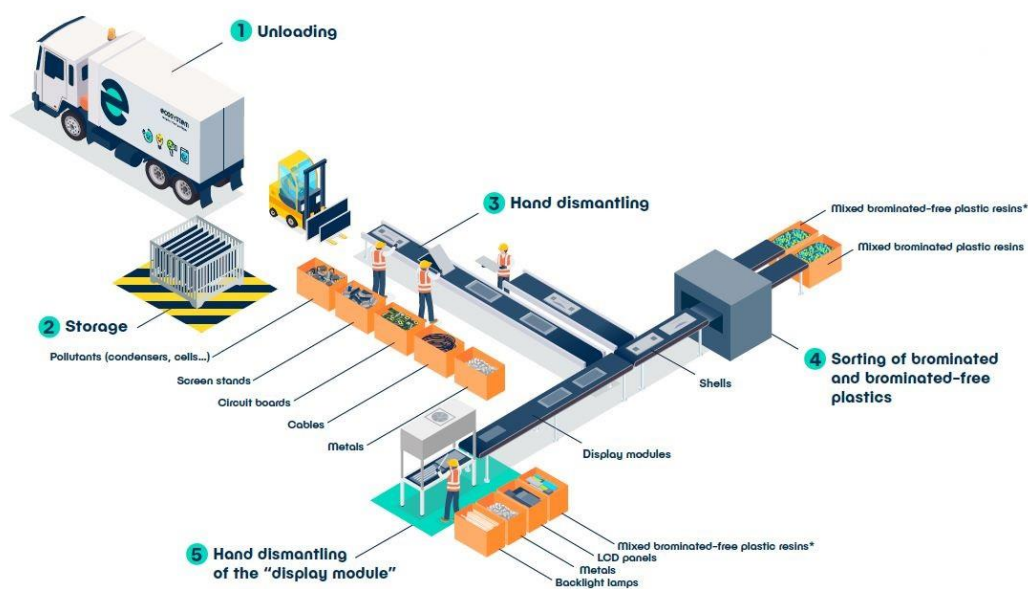
### 2.6.2.2 Manuální (ruční) metoda

Ploché obrazovky se ruční metodou obvykle zpracovávají v 5 hlavních krocích na demontážní lince (obrázek 13). První dva kroky zahrnují vykládku z kamionu a uskladnění před demontáží, kvůli ochraně před povětrnostními vlivy. Třetí krok se již



odehrává na demontážní lince. Panel se ručně rozebere na základní součásti obrazovky. Ty zahrnují stojany, plošné spoje, kabely, kovy a samotné zobrazovací moduly. Ty se v pozdějších krocích zpracovávají samostatně. Čtvrtý krok zahrnuje dělení získaných plastových krytů do 2 kategorií: obsahujících a neobsahujících zpomalovače hoření. Třídění na tyto 2 kategorie se provádí pomocí technologií optického roztríd'ovače, nebo tzv. plovoucí metodou. Stejně jako u recyklace CRT, tak i zde technologie umožňují třídít buď celé plastové kusy, ale i již nadrcený materiál. Samotný zobrazovací modul se zpracovává v posledním (pátém) kroku. Modul je ručně rozebrán na další kovy a plasty. Zvláštní pozornost je věnována zářivkám se studenou katodou (LCD-CCFL). Ty jsou z displeje demontovány pod speciálním odsávačem par, pokud by náhodou došlo k úniku obsažené rtuti (Ecosystem, ©2020d).

Všechny získané materiály z LCD obrazovky jsou na obrázku 13 vyznačeny oranžově. Pro shrnutí jde o: stojany, plošné spoje, kabely, kovy, plasty (obsahující a neobsahující zpomalovače hoření), LCD panely a zářivky se studenou katodou (obsahující rtuť) (Ecosystem, ©2020d).



Obrázek 13: Schéma recyklačního procesu FPD obrazovek (manuální)  
(Ecosystem, ©2020).

**kde:** 1. vyložení FPD obrazovek, 2. uskladnění FPD obrazovek, 3. ruční demontáž, 4. rozdělení na plasty s obsahem a bez obsahu bromovaných zpomalovačů hoření, 5. ruční demontáž „zobrazovacího modulu“.



### **2.6.3 Využití získaných materiálů z recyklačních procesů**

Se získanými materiály z recyklačních postupů je nakládáno trojím způsobem. Preferovanou metodou je využití na výrobu druhotných surovin. Druhou metodou je energetické využití ve spalovně odpadů. Poslední (nejzazší) možností je skládkování dle platné legislativy v konkrétní zemi. Toto řešení nastává, pokud pro materiál není poptávka na trhu. Nebezpečné luminofory a plasty (obsahující zpomalovače hoření) podléhají dalším procesům na specializovaných linkách. Většinou se odváží do externích firem zabývajících se zpracováním nebezpečných materiálů (Ylä-Mella a kol., 2008) (EAK Austria, ©2018) (Ecosystem, ©2020a).

Ukázkou využití mohou být frakce barya a olova z CRT obrazovek, Ty lze použít například v průmyslu zabývajícím se olovem, či ve stavebnictví (Meng a kol., 2016) (Recycling Tech Knowledge, ©2017) (EAK Austria, ©2018). Využití surovin je podrobněji rozepsáno v pozdějších kapitolách.

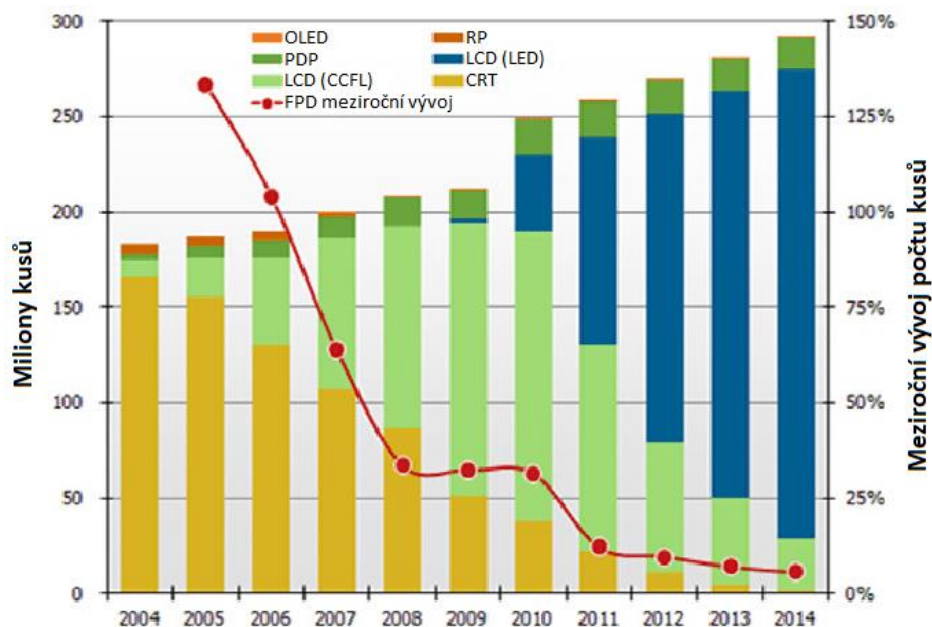
## **2.7 Změny na trhu s obrazovkami**

Odvětví s obrazovkami prošlo za dobu své existence významnou změnou, která se postupně začala odehrávat na začátku milénia. CRT monitory začínaly technologicky zastarávat, ale FPD displeje byly stále velmi drahé (Gunho a kol., 2012). Zde jsou mapovány změny na světovém a evropském trhu.

### **2.7.1 Změny na světovém trhu**

Významný přechod (dle počtu prodaných kusů) na světovém trhu z CRT na FPD technologii nastal ve druhé polovině let 2000-2010 (Gunho a kol., 2012). To je zobrazeno v obrázku 14, který znázorňuje data pro celosvětový trh. Výrazná změna nastala mezi léty 2007 a 2008. FPD obrazovky poprvé v prodeji překonaly CRT monitory a tento trend pokračoval i nadále. V následujících letech byl prodej CRT již zanedbatelný a ploché obrazovky se staly běžnou součástí každodenního života. Již se nejednalo o drahou a nedostupnou záležitost, jak tomu bylo zejména v 80. a 90. letech 20. století (Gunho a kol., 2012). Obrázek 14 také ukazuje podíl jednotlivých FPD technologií. PDP technologie má stabilní, ale zanedbatelný podíl na trhu. LCD-CCFL displeje byly značně nahrazeny LCD-LED technologií. Důvodem byl vysoký podíl rtuti v CCFL řešení, která

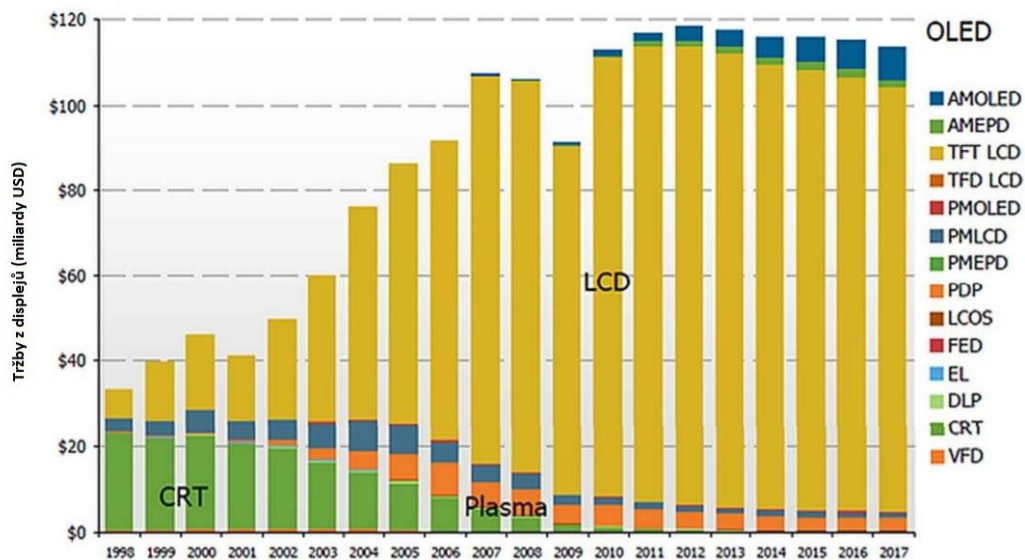
se v LED technologii nevyskytuje. CCFL obrazovky mají také menší životnost a mnoho zemí omezuje nebo zakazuje rtuť obsaženou v elektronice (Hawkins, 2017).



Obrázek 14: Grafické znázornění vývoje počtu prodaných obrazovek dle druhů (upraveno podle Gunho a kol., 2012).

Obrázek 15 zobrazuje prodejní data v amerických dolarech. Stejně velké tržby z CRT i FPD byly dosaženy již kolem let 2000 až 2002. To bylo způsobeno stále vysokou cenou FPD obrazovek, byť počtem prodaných kusů se ještě zdaleka nepřibližovaly CRT zařízením, která byla tehdy mnohonásobně levnější (Charlier, 2018). Příkladem je společnost Apple. Ta v červenci roku 2000 vydala svůj úplně poslední CRT monitor. Šlo o 17palcový monitor s názvem „CRT Studio Display“ a v prodeji vydržel přibližně jen jeden rok. Firma Apple již tehdy předpovídala konec CRT displejů a byla napřed vůči ostatním výrobcům. Tehdy stála CRT verze „Studio Display“ monitoru 499 amerických dolarů. FPD (konkrétně LCD) verze stála 3999 dolarů. To je 8x více (Sivewright, 2019). Pokles v roce 2009 v obrázku 15 je způsoben finanční krizí z let 2008 a 2009 (Charlier, 2018).

## Vývoj trhu s displeji



Obrázek 15: Grafické znázornění tržeb z prodaných obrazovek dle druhů (upraveno podle Charlier, 2018).



Obrázek 16 (vlevo): Fotografie Apple CRT Studio Display (Sivewright, 2019).



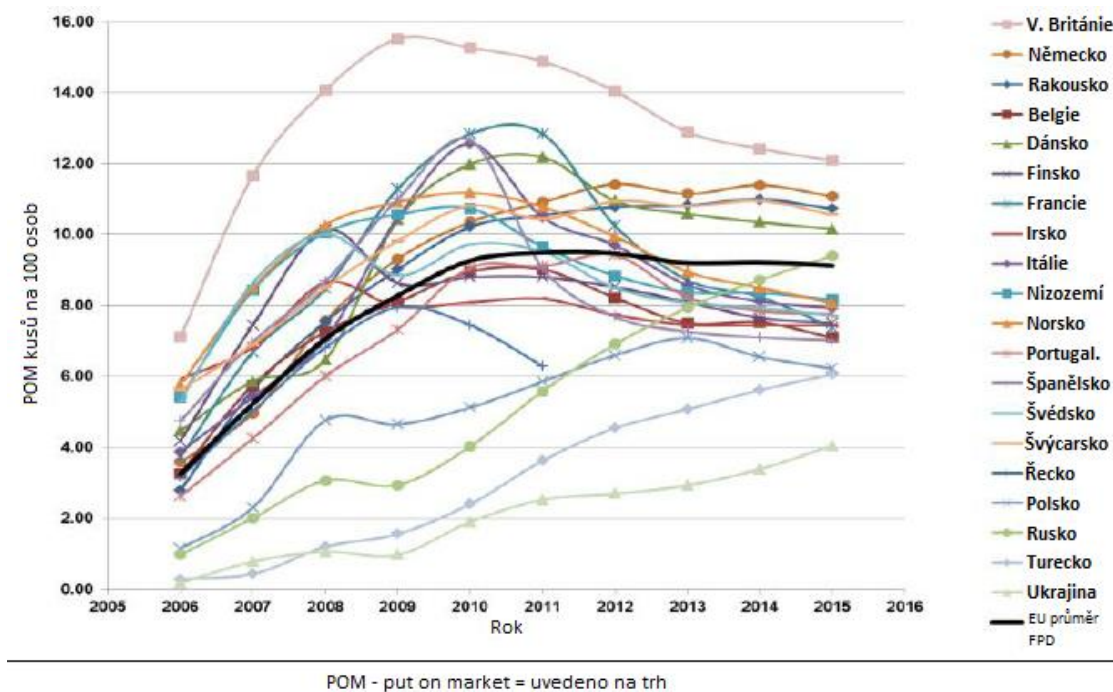
Obrázek 17 (vpravo): Fotografie Apple LCD Studio Display (Pomeroy, 2020).

### 2.7.2 Změny na evropském trhu

Podobné změny se odehrávaly i v Evropě. Výzkum z roku 2013 od Fakhredin a Huismana (obrázek 18) ukazuje množství FPD technologie uvedené na trh (hodnota

POM – put on market = uvedeno na trh) v jednotlivých evropských zemích v letech 2006 až 2015. Výzkum byl proveden na vzorku LCD televizí. Hodnota POM je přepočtena na 100 obyvatel. Data pochází z národních statistik jednotlivých zemí a od European Information Technology Observatory (EITO). Černá linie značí průměrný vývoj POM v EU. Značný růst proběhl v letech 2006 (přibližně se 3 obrazovkami) až 2010 (přibližně s 9 obrazovkami) na 100 obyvatel. Tento trend kopíruje celosvětový vývoj přechodu CRT na FPD v letech 2007 a 2008. Jsou také viditelné rozdíly mezi jednotlivými evropskými zeměmi. V méně rozvinuté Ukrajině či Rusku byla hodnota POM mnohem nižší než v západoevropských zemích jako Francie, nebo Itálie. Důvod pro anomálii u Velké Británie není znám (Fakhredin a Huisman, 2013a). Bohužel se nepodařilo najít data také pro CRT obrazovky v Evropě. Hypotéza je taková, že evropský pokles CRT monitorů je podobný tomu na světovém trhu.

Dnešní trh je zahlcen již pouze FPD displeji, jak na celosvětovém, tak na evropském trhu. Dnes se CRT technologie používá pouze v několika velmi specializovaných oborech (například přístroje v medicíně), což má naprosto zanedbatelný vliv na celková čísla na trhu (Charlier, 2018).



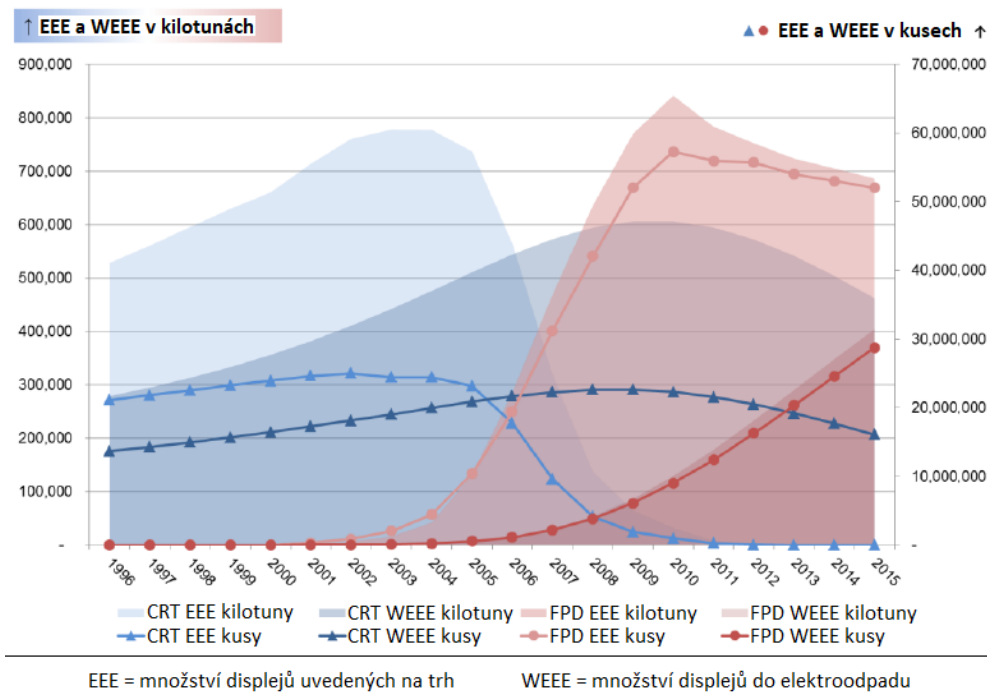
Obrázek 18: Grafické znázornění počtu LCD televizí uvedených na trh v přepočtu na 100 obyvatel (upraveno podle Fakhredin a Huismana, 2013a).

## 2.8 Změny materiálových toků u recyklátorů obrazovek

Změny na trhu s obrazovkami se se zpožděním odráží i u recyklátorů obrazovek. Přechod z CRT na FPD technologii znamenal změny v množství na zpracovatelských linkách.

Výzkum z roku 2013 od Fakhredin a Huismana (obrázek 19) ukazuje úbytek množství CRT displejů uvedených na trh (EEE) a předpokládané množství elektroodpadu z nich u recyklátorů (WEEE). Zároveň jsou vidět i trendy s FPD displeji, které postupně nahrazují CRT technologii v kategorii EEE i WEEE. Data se vztahují k Evropě až do roku 2015 – v kilotunách i počtem kusů. Poslední 2 roky jsou odhad na základě předchozích trendů (Fakhredin a Huisman, 2013a).

Tok CRT odpadu rostl průběžně od roku 1996 do roku 2009 (z 15 milionů na 20 milionů kusů). Poté se čísla začala snižovat. Počet kusů FPD obrazovek se jak v odpadech, tak v prodeji začal zvyšovat. Z hlediska zrecyklovaných kusů FPD předstihly CRT okolo roku 2013 na úrovni přibližně 20 milionů kusů. Z hlediska zrecyklované hmotnosti (kilotuny) výzkum předpokládá, že FPD předstihnou CRT po roce 2015 na úrovni přibližně 450 000 kilotun (Fakhredin a Huisman, 2013a).



Obrázek 19: Grafické znázornění změn na trhu s obrazovkami a předpokládané množství elektroodpadu z nich (upraveno podle Fakhredin a Huismana, 2013a).

Na druhou stranu data od WEEE FÓRA naznačují trochu jiné výsledky. WEEE FORUM odhaduje, že v roce 2020 bude v evropských domácnostech a institucích přítomno stále více než 2,4 milion tun CRT obrazovek. Tento materiál bude třeba jednou recyklovat. Do sběrných dvorů se každý rok dostává méně a méně CRT displejů, ale hmotnostně stále vytváří většinu z celkového množství obrazovek. WEEE FORUM provedlo v roce 2016 průzkum napříč 14 státy EU (Belgie, Česko, Dánsko, Francie, Irsko, Kypr, Nizozemí, Polsko, Portugalsko, Rakousko, Rumunsko, Řecko, Španělsko, Švédsko). Výsledky ukázaly, že FPD displeje hmotnostně zastupují méně než 30 % odevzdaných obrazovek a v mnoha zemích jsou tato čísla i nižší. Velmi často se odpověď pohybovala v rozmezí 0 až 10 %. To poukazuje, že nemalé množství CRT displejů stále nebylo odevzdáno a pravděpodobně budou zaměstnávat kolektivní systémy i následující roky (WEEE FORUM, ©2018).

Výsledky od asociace EERA ukazují, že na vzorku 67 500 tun (67,5 kilotun) více než 13 % recyklovaných obrazovek v EU jsou stále CRT displeje (Magalini a Stillhart, 2019). Na počet kusů recyklace CRT monitorů v bohatších zemích již výrazně klesá. Za 4 roky tato čísla se snížila z 86 % na 66 % (Huisman a Magalini, 2018).

Údaje ze sousedního Rakouska naznačují, že FPD displeje (dle počtu kusů) v současné době tvoří okolo 30 % a CRT kolem 70 % všech recyklovaných VDU. Klasické obrazovky stále (hmotnostně) tvoří přibližně 85 % a nová technologie 15 %. Předpokládá se, že nástup plochých obrazovek bude v rakouských recyklačních zařízeních v následujících letech značný (EAK Austria, ©2018).

Hodnoty ohledně materiálových toků je tedy třeba brát s rezervou, neboť každý zdroj uvádí zcela jiné hodnoty. Vzhledem k těmto změnám na trhu je ale pravděpodobné, že zpracovatelé museli (nebo budou muset) upravit své kapacity a recyklační technologie. Dotazníkové šetření prověří, jaká je situace s množstvím a poměry CRT a FPD displejů u českých zpracovatelů.

## **2.9 Kolektivní systémy**

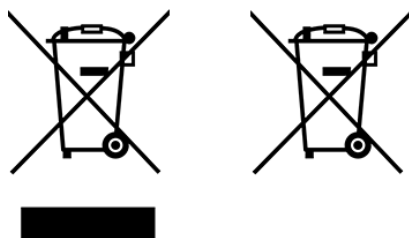
Pro snížení negativních dopadů průmyslu na životní prostředí v oblasti elektroodpadů se v České republice zavedl v roce 2005 tzv. zpětný odběr elektrozařízení. V praxi to znamená, že na výrobce je kladena odpovědnost po tom, co jejich výrobky

doslouží. Proto vznikl zpětný odběr elektrozařízení, který se realizuje pomocí kolektivního systému. Kolektivní systémy založili sami výrobci elektrozařízení. Tím je odpovědnost převáděna do praxe. Jinými slovy producenti elektrozařízení odvádí do kolektivního systému finance, který za to organizuje zpětný odběr (Třídění odpadu, ©2020b).

V ceně každého nového elektrozařízení je zahrnut recyklační poplatek. Výrobce tento poplatek následně zašle kolektivnímu systému, čímž se zaplatí náklady spojené s recyklací (Očenášková, 2020).

Zpětný odběr lze realizovat několika způsoby. Jednou z možností je pomocí sběrných kontejnerů. Dále se nabízí odevzdat vysloužilý spotřebič do autorizovaného místa. Jinou možností je pomocí prodeje nových výrobků, kdy zákazník odevzdá starý a zakoupí nový. Výsledkem zpětného odběru by mělo být v ideálním případě zajištění recyklace, případně provedení řádné likvidace výrobku. V současné době se zpětný odběr vztahuje na následující komodity: autovraky, baterie a akumulátory, elektroodpad (sem spadají CRT a FPD obrazovky), obalové materiály, pneumatiky, či světelné zdroje (Třídění odpadu, ©2020b).

V případě elektroodpadu jsou výrobky od zavedení zpětného odběru opatřeny symbolem tzv. „škrtnuté popelnice“. Ta spotřebitele informuje, že vysloužilý produkt nepatří do černých kontejnerů na komunální odpad. Tímto symbolem jsou označena všechna nová elektrozařízení vyrobená od srpna roku 2005. Označení bývá zobrazeno přímo na výrobku, případně na jeho obalu, návodu k použití, nebo v záručním listě (Your system, ©2019). Symbol vychází ze směrnice EU o odpadu z elektrických a elektronických zařízení neboli The Waste Electrical and Electronic Equipment Directive (WEEE) (Directive 2002/95/EC).



Obrázek 20: Symboly „škrtnuté popelnice“ vyobrazeny na elektrozařízeních od roku 2005 (Autocont, ©2018).





Obrázek 21: Fotografie výrobního štítku jednoho z prvních LCD monitorů, který nese označení „škrtnuté popelnice“ – vyroben v srpnu 2005 (Vlastní dílo, 2020).

## 2.9.1 Kolektivní systémy v ČR

V České republice působí několik společností, které se zabývají zpětným odběrem, tj. zajišťují funkční kolektivní systém. Mezi ty nejvýznamnější patří ELEKTROWIN, ASEKOL, REMA, či RETELA.

### 2.9.1.1 ELEKTROWIN

Pravděpodobně největší kolektivní systém na území České republiky zajišťuje společnost ELEKTROWIN, a.s. Subjekt se zaměřuje na většinu vysloužilých elektrozařízení. Zejména malé a velké spotřebiče, elektronické a elektrické nástroje, či chladicí zařízení. Tento kolektivní systém byl založen významnými producenty elektrozařízení. Mezi akcionáře se řadí značky Candy, Electrolux, ETA, Gaggenau, Gallet, Goddess, Gorenje, Hoover, Indesit, Krups, Miele, MORA, Moulinex, Rowenta, Tefal, Zanussi, Zerowatt, nebo Whirlpool. Z výrobců FPD a CRT obrazovek to jsou AEG, Bosch, GoGEN, Haier, Hisense, Hyundai, Philco, Philips, Sencor, nebo Siemens. ELEKTROWIN za dobu své existence (od května roku 2005) zrecykloval přes 22 milionů kusů elektroodpadu o celkové hmotnosti více než 380 000 tun. Vysloužilé výrobky je



možné odevzdat ve skoro 14 000 sběrných místech na území 1 500 obcí (Your system, ©2019) (Elektrowin, ©2020).



Obrázek 22: Logo společnosti ELEKTROWIN (Enviweb, ©2011).



Obrázek 23: Fotografie kontejneru společnosti ELEKTROWIN (Odpady-online, ©2011).

### **2.9.1.2 ASEKOL**

ASEKOL, a.s. je dalším významným kolektivním systémem elektrozařízení. Byl založen v červenci roku 2005 korejskou společností LG, která produkuje nejrůznější druhy elektroniky – včetně televizí a monitorů. Dalšími zakládajícími společnostmi byly Asbis, BaSys, Fast a Mascom. ASEKOL má dle rozhodnutí Ministerstva životního prostředí (MŽP) právo provádět zpětný odběr ve všech 6 skupinách elektrozařízení (Your system, ©2019) (Asekol, ©2020).



Obrázek 24: Logo společnosti ASEKOL (RMOL, ©2010).



Obrázek 25: Fotografie kontejneru společnosti ASEKOL (Praha 11, ©2020).

### 2.9.1.3 REMA a ostatní

Společnosti REMA, a.s. a RETELA, s.r.o. byly, stejně jako ostatní výše zmíněné, založeny v první polovině roku 2005 na základě splnění povinností daných novelou zákona o odpadech. Oba kolektivní systémy zajišťují zpětný odběr elektrozařízení, baterií a solárních panelů (Rema, ©2020) (Retela, ©2015) (Třídění odpadu, ©2020b).



Obrázek 26: Logo společnosti REMA (Rema, ©2019).



Obrázek 27: Fotografie sběrné dodávky společnosti REMA (Rema, ©2019).

Ministerstvo životního prostředí uvádí další kolektivní systémy jako jsou například BREN, s.r.o., ČEZ Recyklace, s.r.o., ECOPARTNER, s.r.o., EKOLAMP, s.r.o., či MINTES SOLUTIONS, s.r.o. Některé se ovšem zabývají pouze vybranými skupinami

elektrozařízení. Naštěstí žádné z kolektivních systémů neřeší, které značky v rámci ZOV občané odevzdávají (MŽP, ©2020) (Třídění odpadu, ©2020b).

## **2.10 Nelegální nakládání s elektroodpadem a obrazovkami**

Dle asociace EERA nejsou údaje od recyklátorů ohledně množství zpracovaného elektroodpadu zcela objektivní. V průměru je v EU okolo 22 % z celkového množství elektroodpadu neoficiálně rozebráno. To znamená, že hodnotné materiály (harddisky, kabely, tištěné spoje apod.) jsou z odpadu vymontovány před tím, než se dostanou na recyklační linku. To způsobuje značné environmentální problémy a pro zpracovatelské odvětví to ročně znamená ztrátu kolem 170 milionů euro. Tyto praktiky se stávají ještě na území „civilizovaných zemí“, pokud je elektrošrot nelegálně převezen dále do afrických zemí (Zonneveld a kol., 2018). V roce 2018 asociace EERA zjistila, že 51 % z veškerého elektroodpadu hmotnostně tvoří CRT obrazovky a pouze 73 % z nich je evidováno recyklátory (Magalini a Stillhart, 2019). Od roku 2003 je evidování elektroodpadu povinné díky implementaci legislativy WEEE. Není jasné, proč ani po 17 letech je stále takové množství odpadu nenahlašováno. Podle UNU to může být způsobeno tím, že se někteří recyklátoři chtějí vyhnout poplatkům a dalším nákladům. Je třeba zajistit více kontrolních metod, které tyto praktiky omezí (Zonneveld a kol., 2018).

Samostatnou kapitolou je nakládání s elektroodpadem v rozvojových zemích. Z Evropy a Severní Ameriky je do Afriky (či částí Asie) každý rok odvezeno přes milion tun vysloužilých elektrospotřebičů. Často jde o funkční, ale již zastaralé výrobky. Ve vyspělých zemích jsou již neprodejně, ale v zemích třetího světa jde o lukrativní odvětví. I přes legislativní opatření se z Evropy vypravují nákladní lodě naložené elektrozařízeními putujícími nejčastěji do Ghany a Nigérie, nebo Filipín, Indie a Vietnamu. Případně se odpad z Evropy dostává pomocí tzv. odpadních turistů. To jsou občané afrických zemí, kteří elektroodpad odváží pryč do své vlasti. Staré počítače, obsahující nízkokapacitní disky, či nízkofrekvenční procesory se v Africe stále dají prodat za násobky své původní ceny v Evropě. To samé se týká vysloužilých monitorů a televizí, kdy v případě CRT technologie musí lidé ve vyspělých zemích platit i za jejich odvoz (Singr, 2011).

V případě Ghany se s dovezeným elektrošrotem zachází dvojitým způsobem. Z nákladu se vyberou funkční zařízení. Ta se následně prodají na místních tržištích,

případně drobně opraví, aby byla prodejná. Zbylé spotřebiče jsou považovány za odpad a jednoduchými metodami se z nich získávají hodnotné materiály, které převyšují cenu zařízení. Alternativně se skládkují. Do procesu bývají často zapojeny děti, které z elektroodpadu získávají druhotné suroviny. Významnou roli v získávání surovin zde hraje oheň a kyseliny. Plasty se spalují na nechráněných ohništích a kovové součástky se louží v kyselinách. Výsledkem toho je značně kontaminované životní prostředí plné toxických látek. Ty se dostávají do ovzduší a potravního řetězce. Hojně se vyskytují zpomalovače hoření, které se nachází v plastech CRT a FPD displejů. Jedná se zejména o bromované a chlorované dioxiny. Polychlorované bifenyly jsou mimo jiné zakázány v USA, Velké Británii a EU (Holzknecht, 2019). Místní obyvatelé trpí dýchacími potížemi, či nádorovými onemocněními (Singr, 2011). Skládky v Ghaně jsou plné neodborně rozebraného elektroodpadu. Tamější skládky obsahují přes 40krát více zlata než průměrný zlatý důl na Aljašce. Se stříbrem je to obdobné. Každý rok skončí na afrických skládkách materiály v hodnotě okolo 21 miliard amerických dolarů (Dohnal, 2013).

Podle vyjádření kolektivních systémů ASEKOL a ELEKTROWIN k žádným nelegálním únikům elektroodpadu z ČR nedochází. To potvrzuje i Česká inspekce životního prostředí (ČIZP) (Singr, 2011). V roce 2008 proběhla utajovaná akce v anglické Hampshire County. Stará CRT televize se skrytým sledovacím zařízením se odvezla do sběrného dvora a monitorovala se její cesta. Zjistilo se, že televize nebyla řádně zlikvidována. Místo toho byla poslána do Afriky. Tam se buď prodala, zlikvidovala, nebo byla umístěna na skládku (Boráková, 2009).

Řešení situace není jednoduché. Ukázkou je známé šrotiště Agbogbloshie v Ghaně, které se nachází téměř v centru města. Rozebírání starých televizí, počítačů, či mobilních telefonů zde zaměstnává desítky tisíc lidí. Jedna čtvrtina obyvatel v Ghaně je pod hranicí chudoby a toto je efektivní způsob obživy, neboť zaměstnavatel vyplácí každý den hotovost na ruku (Rojková, 2016). Evropská legislativa neumožňuje exportovat vysloužilé elektrospotřebiče. Pokud ovšem elektroodpad do rozvojových zemí stále uniká, tak je třeba alespoň naučit tamější zpracovatele, jak řádně recyklovat vysloužilá zařízení a neznečišťovat životní prostředí (Singr, 2011).



Obrázek 28: Fotografie nakládání s elektroodpadem v Agbogbloshie v Ghaně (For 91 days, ©2019).

### **3 Cíle diplomové práce**

Hlavním cílem diplomové práce je komplexní zhodnocení a analýza situace nakládání s materiály z vysloužilých CRT a FPD obrazovek v České republice. Je kladen důraz například na cirkulární ekonomiku, životní prostředí, či na materiálové toky. S tím souvisí další cíl, v rámci něhož bude na základě úrovně nakládání se získanými materiály firmám navržena efektivnější správa získaných materiálů.

Dílčí cíle diplomové práce jsou:

- zjištění trendů v počtu zrecyklovaných CRT a plochých obrazovek,
- zmapování materiálových toků (kovy, luminofory apod.) z jednotlivých druhů obrazovek a využívání druhotných surovin,
- vypracování dotazníku a analýza získaných odpovědí.

## 4 Metodika diplomové práce

Metodika diplomové práce se týká především tvorby dotazníku, výběru dotazovaných, způsobu rozesílání a vyhodnocování získaných dat. Všechny tyto aspekty jsou aplikovány v praktické části práce, přičemž samotný obsah dotazníku se opírá o informace získané v teoretické části. Cílovou skupinou jsou firmy zpracovávající vysloužilé obrazovky.

### 4.1 Tvorba dotazníku

Ke zjištění skutečností v oblasti recyklace obrazovek a využívání druhotných surovin byl vytvořen tzv. polostrukturovaný typ dotazníku. Tento typ kombinuje standardizované a otevřené otázky. Standardizovaný typ má pevně dané typy otázek, na které respondenti odpovídají: ano, ne, nevím apod. Výhodou standardizovaného typu je snadné porovnávání odpovědí. Dotazník s otevřenými typy otázek je charakteristický tím, že respondenti vyjadřují odpovědi vlastními slovy a vypisováním. Výhodou tohoto typu je, že získaná data jsou často mnohem podrobnější. Je snaha se v dotazníku vyhnout důvěrným otázkám (zejména dotazy finančního charakteru apod.) a zajistit co největší anonymitu. Jinak by vyplnění dotazníku mohlo část respondentů zcela odradit.

Dotazník pro tuto práci je rozdělen do čtyř hlavních logických okruhů. Každá část se zabývá vysloužilými obrazovkami a jejich zpracovateli z různého úhlu pohledu. To proto, aby získané informace byly co nejobektivnější a zahrnovaly co nejširší záběr v dané problematice. Vybrané odpovědi budou podrobně rozebrány v analýzách. Otázky vznikly na základě autorových doposud získaných zkušeností v odpadovém hospodářství a dále díky odborníkům z oboru. Jistou roli hrál i autorův studijní pobyt ERASMUS+ ve Vídni, kde absolvoval předmět Waste management seminar.

První okruh se zabývá obecnými informacemi. Jsou pokládány otázky na počet zaměstnanců, druh zpracovatelského zařízení, nebo s jakými kolektivními systémy zpracovatelské firmy spolupracují.

Druhý okruh se už zaměřuje na zpracovatelské linky: na technickou vyspělost a vybavenost provozoven, či trendy v množství zpracovaných obrazovek. Tato část je rozdělena zvlášť na CRT a LCD panely.

Třetí část dotazníku se zabývá materiálovými toky. Zde jsou otázky pokládány s důrazem na cirkulární ekonomiku. Autor se ptá například, jak je nakládáno s jednotlivými materiály z obrazovek. Případně jsou položeny otázky na alternativní využití ještě nerozebraných panelů. Opět nechybí rozdělení zvláště pro klasické obrazovky a moderní LCD řešení.

Závěrečná část dotazníku se zabývá nebezpečnými látkami, které představují významnou hrozbu pro životní prostředí. Je kladen důraz zejména na olovo, luminofory a bromované zpomalovače hoření obsažené v plastech. Zde v metodice je k dispozici seznam otázek, které byly v šetření položeny. Kompletní podoba dotazníku je k nahlédnutí v příloze diplomové práce.

Tabulka 1: Seznam otázek, které byly pokládány zpracovatelským firmám (Vlastní dílo, 2020).

### **1. Obecné záležitosti**

- 1.1 Kolik má vaše zpracovatelská linka zaměstnanců?
- 1.2 Místo, kde se vaše provozovna nachází. Stačí doplnit název obce.
- 1.3 Jaký typ zpracovatelského zařízení jste?
- 1.4 S jakými kolektivními systémy vaše společnost spolupracuje? Zaškrtněte jednu nebo více možností.
- 1.5 Je vaše provozovna součástí většího celku (tj. spadáte např. pod Enviropol)? Či jste plně samostatná jednotka?
- 1.6 Jakého původu jsou obrazovky k Vám dovážené?
- 1.7 Považujete se ze svého úhlu pohledu za malého, středního, nebo velkého zpracovatele?
- 1.8 Zabýváte se zpracováním i obrazovek s plochou menší než 100 cm<sup>2</sup> (např. mobilní telefony, tablety apod.)?
- 1.9 Zabýváte se demontáží výhradně obrazovek, nebo i jiných elektrozařízení?
- 1.10 Je zpracování elektroodpadu (obrazovek) jediná podnikatelská činnost vaší firmy, nebo se zabýváte i zcela jinými činnostmi?
- 1.11 Považujete okolní provozovny za konkurenci? Ohrožují vás?
- 1.12 Jak daleko jsou od vaší provozovny další zpracovatelská místa na obrazovky? Číslo uveďte v kilometrech.
- 1.13 Máte sezonní výkyvy se zpracováváním obrazovek?
- 1.14 Váš byznys s obrazovkami obecně:
- 1.15 V roce 2005 byla zavedena směrnice WEEE (na elektrozařízeních označeno symbolem tzv. „škrtnuté popelnice“). Evidujete podíl obrazovek vyrobených před a po roce 2005?
- 1.16 Pokud evidujete, uveďte přibližné množství obrazovek (na počet kusů a v tunách) vyrobených před a po roce 2005.



- 1.17 Chodí k vám kontroly? Jak často a odkud? Stručně rozepište.
- 1.18 Vítáte rozhodnutí vlády o posunutí konce skládkování z roku 2024 na rok 2030? Svě tvrzení zdůvodněte.
- 1.19 Uvažujete o certifikátu WEEELABEX?
- 1.20 Dotkla se vás nějakým způsobem nedávna kauza Samsung?
- 1.21 Dotkla se vás nějakým způsobem koronavirová krize?

## 2. Zpracovatelské linky

- 2.1 Jakého druhu obrazovek máte na lince více?
- 2.2 Dostávají se k vám na linku pouze kompletní, nebo i nekompletní (chybí jim např. některé komponenty) obrazovky?
- 2.3 Displeje, kterého výrobce (např. Samsung, LG, Philips apod.) jsou na vaší zpracovatelské lince nejčastější? Stačí odhadem – doplňte jméno.
- 2.4 Obsahuje vaše provozovna i vybavení pro chemickou analýzu látek?
- 2.5 Zpracováváte na vašich linkách CRT i ploché obrazovky?

### **2.1 CRT obrazovky**

- 2.1.1 Podíl zpracovaných CRT obrazovek vám meziročně:
- 2.1.2 Zpracováváte CRT obrazovky na recyklační lince následující manuální metodou?
- 2.1.3 Řežete sklo CRT obrazovek ručně (zaměstnanec pomocí kotoučové pilky), nebo automatizovaně (stroj na řezání skla)?
- 2.1.4 Luminofory odsáváte ručně (zaměstnanec pomocí průmyslového vysavače), nebo automatizovaně (pomocí stroje, který umí sám odsát luminofory)?
- 2.1.5 Kolik tun CRT obrazovek jste na lince za posledních 5 let každý rok zpracovali? Doplňte čísla.
- 2.1.6 Kolik (na počet kusů) CRT obrazovek jste na lince za posledních 5 let každý rok zpracovali? Doplňte čísla.

### **2.2 Ploché obrazovky**

- 2.2.1 Podíl zpracovaných plochých obrazovek vám meziročně:
- 2.2.2 Zpracováváte ploché obrazovky (LCD) na recyklační lince manuální, nebo automatizovanou metodou?
- 2.2.3 Rozlišujete jednotlivé druhy plochých displejů? Různé technologie (LCD, LED, OLED apod.) mají různá materiálová složení, tudíž by se nabízely odlišné demontážní a zpracovatelské postupy.
- 2.2.4 Kolik tun FPD obrazovek jste na lince za posledních 5 let každý rok zpracovali? Doplňte čísla.
- 2.2.5 Kolik (na počet kusů) FPD obrazovek jste na lince za posledních 5 let každý rok zpracovali? Doplňte čísla.

## 3. Materiálové toky

- 3.1 Znáte pojem cirkulární ekonomika?
- 3.2 Snažíte se zakomponovat principy cirkulární ekonomiky do praxe?
- 3.3 Vidíte někde možnost, že by se se získaným materiálem dalo nakládat efektivněji?

- 3.4 Materiál, kterého se nemůžete dlouhodobě zbavit:
- 3.5 Kdo je nejčastějším odběratelem vašich druhotných surovin?
- 3.6 Obchodujete se surovinami i do zahraničí, nebo zůstáváte v České republice?
- 3.7 Na webovém portálu Cyrkl.com (<https://www.cyrkl.com/cs/>) můžete zdarma nabízet vaše druhotné suroviny a efektivněji se jich zbavovat (např. nalezení partnera, který vám za suroviny zaplatí více; nebo udání surovin, u kterých je dlouhodobě problém s odbytem). Znáte tento web a využili byste ho?
- 3.8 Vyndáváte z obrazovek funkční součástky, které by se daly znovu použít (např. na náhradní díly)?
- 3.9 Je pro vás ekonomicky výhodnější přijímat obrazovky v kompletní, nebo nekompletní podobě?
- 3.10 Ovlivňuje vás ekonomika příjmu / odbytu materiálu?
- 3.11 U starých a zachovalých kusů obrazovek (zejm. CRT) se nabízí možnost tyto displeje uchovat a prodat sběratelům. Napadlo vás tato varianta?
- 3.12 Napadlo vás i jiné alternativní využití starých obrazovek? Například výroba upomínkových předmětů, designových výrobků, uměleckých děl, apod?
- 3.13 Část materiálů z obrazovek není třeba prodávat dalším subjektům, ale lze je využít ve vlastní firmě. Napadlo vás například si zřídit vlastní prostory, které budou zaměřeny na montáž drobných elektrosoučástek? Tím by vaše společnost mohla ušetřit další peníze.

### **3.1 CRT obrazovky**

- 3.1.1 Doplněte z možností (zpracovatelská firma, fyzická osoba, spalovna, skládka, vlastní využití, jiný způsob), jak je následně naloženo s jednotlivými materiály z CRT obrazovek:
- 3.1.2 Kde skončí kolik procent materiálu získaného z jedné CRT obrazovky?
- 3.1.3 Jaké součástky (příp. materiály) jsou pro vás z CRT obrazovek ekonomicky nejvhodnější? Které naopak ekonomicky nejméně hodnotné? Stručně rozepište.

### **3.2 Ploché obrazovky**

- 3.2.1 Doplněte z možností (zpracovatelská firma, fyzická osoba, spalovna, skládka, vlastní využití, jiný způsob), jak je následně naloženo s jednotlivými materiály z plochých obrazovek:
- 3.2.2 Kde skončí kolik procent materiálu získaného z jedné ploché obrazovky?
- 3.2.3 Jaké součástky (příp. materiály) jsou pro vás z LCD obrazovek ekonomicky nejvhodnější? Které naopak ekonomicky nejméně hodnotné? Stručně rozepište.
- 3.2.4 Jak nakládáte s tekutými krystaly z LCD obrazovek? Stručně rozepište.

### **4. Nebezpečné látky**

- 4.1 Jak nakládáte s luminofory z CRT obrazovek?
- 4.2 Po zpracování se luminofory:
- 4.3 Jak nakládáte se sklem z CRT obrazovek obsahující olovo?
- 4.4 Po zpracování se sklo obsahující olovo:
- 4.5 Jak nakládáte s plasty, které obsahují bromované zpomalovače hoření?
- 4.6 Po zpracování se bromované zpomalovače hoření:

- 4.7 Jak nakládáte s fluorescentními lampami z LCD-CCFL (starší technologie LCD technologie) obrazovek? Tyto lampy v sobě obsahují rtuť.
- 4.8 Po zpracování se fluorescentní lampy:
- 4.9 Jak nakládáte s ostatními nebezpečnými látkami z obrazovek?

## 4.2 Výběr dotazovaných

Definitivní číslo počtu zpracovatelů obrazovek na území České republiky nebylo jednoduché určit. Různé zdroje uvádějí různé informace. Proto je nejspolehlivější se obrátit na informační systém odpadového hospodářství neboli ISOH. Bohužel není možné ze systému vyčíst samostatně zpracovatele zobrazovacích zařízení. Nejbližší možností, jak vygenerovat seznam zpracovatelských míst na obrazovky, je následující. Tento postup probíhal po konzultaci a doporučení s kolektivním systémem ELEKTROWIN. Na adrese <https://isoh.mzp.cz/RegistrZarizeni/Main/Vyhledat> se do kolonky „Typ zařízení“ z nabídky vybere „Zpracování elektroodpadu“. Dále se do kolonky „Přijímaný odpad“ zadá „200135 - Vyřazené elektrické a elektronické zařízení obsahující nebezpečné látky neuvedené pod čísly 20 01 21 a 20 01 23“ a klikne se na tlačítko „Vyhledat“. Vygenerovaný seznam zobrazí 104 firem. Bohužel ne všechny se zabývají zpracováním obrazovek. Proto bylo třeba ještě oslovit kolektivní systémy, aby poskytly své kontakty na zpracovatele obrazovek. Díky laskavému poskytnutí kontaktů bylo nakonec jasné, které firmy z vygenerovaného seznamu recyklují vysloužilé displeje. Výsledným číslem bylo 29 firem. Z nich se 24 v současné době aktivně zabývá zpracováním obrazovek. U zbylých 5 firem ze seznamu bylo zjištěno, že jejich činnost byla již ukončena. Pro lepší orientaci a přehlednost byly kontakty přepsány do programu Excel.

Jelikož se nejedná o velké číslo, bylo pro účely studie osloveno všech 29 firem. Musí se brát v potaz, že zdaleka ne všechny firmy budou o účast projevoval zájem. Všechny 29 zařízení bylo kontaktováno jak po emailové, tak telefonní komunikaci. Metody oslovování jsou podrobněji popsány v následující kapitole. Všem 24 aktivním firmám byl předložen dotazník. Zbylým 5 firmám, které již ukončily svoji činnost, předložen nakonec nebyl. Zde došlo pouze k telefonní konzultaci s otázkami, proč ukončily své podnikání. Firmy zúčastněné v této studii jsou považovány za reprezentativní vzorek.

### 4.3 Způsob rozesílání

Po sestavení dotazníku bylo třeba navrhnout systém dotazování zpracovatelských firem. To se odehrávalo ve dvou hlavních kolech. Využilo se kombinací metod CAWI a CATI. Časová dotace je pro rozesílání a získávání odpovědí individuální. V případě této diplomové práce tento proces probíhal 3 týdny. Nutno dodat, že před skutečným odesláním zpracovatelským firmám byl ještě proveden předvýzkum. Ten měl za cíl ověřit časovou náročnost dotazníku, formulaci otázek a jejich logiku.

Metoda CAWI spočívá v dotazování pomocí webového rozhraní. V diplomové práci bylo použito rozhraní [survio.com/cs](http://survio.com/cs). Výhodou těchto webových stránek je intuitivní uživatelské prostředí zejména pro respondenty. Zároveň pro tvůrce dotazníku nabízí mnoho pokročilých funkcí. V případě budoucího opakování metodiky je možné použít i jiné webové rozhraní. Další výhodou metody CAWI je možnost oslovení významného množství zainteresovaných a finančně nenáročná distribuce. V tomto případě distribuce dotazníku probíhala pomocí emailů. V nich byl vždy přidán odkaz na dotazník se základním uvedením do tématu a s prosbou o vyplnění. Bylo také zdůrazněno, že se jedná o anonymní dotazník. Dále bylo vyzdvihnuto, že nasbíraná data budou použita čistě ke studijním účelům. To vše proto, aby respondenti získali větší důvěru k dotazníku.

Pokud není metoda CAWI úspěšná a průzkumu se účastní malé množství dotazovaných, pak přichází na řadu druhé kolo. Jedná se o metodu CATI. Jejím principem je dotazování pomocí telefonických hovorů. Na příslušná telefonní čísla byly osloveny ty firmy, které nereagovaly na rozeslané emaily. Nabízela se možnost předčítání otázek z dotazníku přímo do telefonu. Z tohoto způsobu nakonec sešlo, neboť se zjistilo, že tento postup je časově velmi náročný, neefektivní a komplikovaný pro respondenty. Proto hovory zůstaly zejména u připomínání a proseb o vyplnění online. Metoda CATI je v případě dotazování v oblasti elektroodpadu a obrazovek zvláště potřebná a efektivní. Firmy a lidé pracující v tomto oboru se totiž mezi sebou často dobře znají. Z toho důvodu mezi sebe neradi pouštějí neznámé a cizí osoby, ve které nemají důvěru. V případě telefonování mohou být tyto bariery překonány. Z praxe vyplynulo, že někteří oslovení se sami rozhovořili a byly získány užitečné a kvalitní informace i nad rámec samotného dotazníku. To se potvrdilo i u telefonátů s firmami s ukončenou činností.

## 4.4 Vyhodnocení získaných dat

Tento kvantitativní výzkum byl analyzován a vyhodnocen dvěma způsoby. První je pomocí online dotazníkového nástroje na webové platformě survio.com/cs. Jedná se hlavně o grafické zobrazení výsledků pomocí koláčových a sloupcových grafů, případně tabulek. Dále je možnost primární data z dotazníků exportovat do formátu .xls a podrobit je další analýze v programu Excel. Obecně je v této části kladen důraz například na četnost, kategorizaci (třídění), aritmetické průměry, odchylky, nebo minima a maxima. Ne všechny otázky z dotazníku byly analyzovány, některé sloužily pouze pro ucelenější pochopení problematiky a doplňovaly otázky jim nadřazené.

Četnost ukazuje, kolik respondentů odpovědělo na konkrétní otázku. Neboli kolik se jich rozhodlo pro jednotlivé možnosti odpovědi. Je preferováno vyjádření v procentech. Pomocí kategorizace (třídění) jsou odpovědi respondentů rozděleny do jednotlivých tříd. Důležité je, aby odpovědi každé zpracovatelské firmy byly jednoznačné. Lze použít i další nástroje. V dotazníku byly položeny i otázky vhodné pro škálování. Respondenti zde mohli vyjádřit svoji odpověď formou výběru z intervalu hodnotící škály, která byla doplněna čísly. Provedení online verze dotazníku se kvůli způsobu vkládání otázek mírně liší od verze, která je k dispozici v příloze práce.

Zaniklé firmy, kterým dotazník předložen nebyl, nejsou podrobeny výše uvedeným analýzám. Jedná se o zcela samostatnou kategorii a pro účely dotazníku by nebyly relevantní. Byly zjišťovány zejména (a pouze) důvody ukončení jejich činnosti. Ty byly podrobněji analyzovány a rozděleny do několika hlavních kategorií.

Pro lepší přehlednost jsou přidány mapy České republiky, kde jsou označena sídla zpracovatelských firem. Mapy jsou vyhotoveny v programu ArcGIS od společnosti Esri. Kromě toho jsou v práci dále zakomponována i schémata materiálových toků. Ta jsou vytvořena pomocí programu PowerPoint.

Pro další přesnější analýzu dat by se nabízela možnost navštívit některé zpracovatelské linky osobně. Tam by mohla vzniknout podrobná fotodokumentace, která by pomohla ještě lépe pochopit problematiku s recyklací obrazovek z různých úhlů pohledu. Avšak vzhledem k probíhající nepříznivé koronavirové situaci v ČR se tento krok nezrealizoval.

#### **4.4.1 Zjišťování trendů v počtu zpracovaných obrazovek**

Zjišťování trendů v počtu zpracovaných obrazovek bylo provedeno dvěma způsoby, a to zvlášť pro CRT a FPD displeje. V dotazníku byly firmy požádány, aby uvedly množství zpracovaných obrazovek (samostatně CRT a FPD) za každý rok v posledních pěti letech (2015–2019). Množství mělo být uvedeno ve dvou různých podobách – v tunách za rok a v počtu kusů za rok. Tyto hodnoty byly následně za každý rok od každé společnosti zprůměrovány. Hypotézou bylo, že množství zpracovaných FPD obrazovek má stoupající charakter a v případě CRT klesající charakter. Výsledky byly poté zaneseny do tabulky. Ta v programu Excel pomohla vytvořit grafy, které ukazují vývoj množství recyklovaných obrazovek v období posledních pěti let. Na ose X se nachází jednotlivé roky a na ose Y jsou zaznamenávány tuny, resp. počty kusů.

#### **4.4.2 Mapování materiálových toků**

Zmapování materiálových toků bylo také provedeno dvěma způsoby a zároveň zvlášť pro CRT a FPD displeje. V dotazníku se tomuto tématu věnovalo hned několik otázek.

U CRT obrazovek byly vytyčeny hlavní materiály (případně komponenty), které obsahují. Jedná se o sklo, plasty, měď (dráty), železo, plošné spoje a konektory, hliník, mosaz a keramika. U FPD obrazovek bylo na výběr z těchto možností: železo, hliník, plasty, optické folie, plošné spoje a konektory, LCD panel (sklo), měď (dráty). Z těchto materiálů měly firmy za úkol určit, jak s ním dále nakládají, resp. kam suroviny od nich dále putují. Na výběr byla následující (finální) místa: zpracovatelská firma, fyzická osoba, spalovna, skládka, vlastní využití, jiný způsob.

Pro ještě přesnější určení byly následně položeny otázky, které zkoumaly konečný osud materiálu na (finálních) místech. Na výběr byly možnosti: využití na výrobu nových materiálů (produktů), spalovna, skládka. Příklad konečné odpovědi je tedy následující: vyseparované sklo z CRT obrazovky je odesláno další zpracovatelské firmě, která jej využije na výrobu nových materiálů (produktů). Stejně mapování bylo provedeno zvlášť pro nebezpečné látky. Vše bylo pak graficky znázorněno v programu PowerPoint.

#### **4.4.3 Návrh efektivnějšího způsobu nakládání s materiály**

Návrhy efektivnějšího nakládání s druhotnými surovinami vychází z analýz odpovědí v dotazníkovém šetření. Na základě toho byla vytvořena doporučení pro firmy, v jakých oblastech by mohly zlepšit správu svých zdrojů. Návrhy byly rozděleny zvlášť pro CRT a FPD technologie. Doporučení dále vychází z nejnovějších technologických postupů a poznatků, které firmy s největší pravděpodobností ještě nepoužívají. Tyto postupy byly získány z vědeckých článků zejména na webových stránkách researchgate.net. V tomto odvětví vznikají stále nové objevy. Nejnovější vědecké poznatky jsou dále přiblíženy v kapitole Diskuse.

## 5 Vlastní práce

### 5.1 Charakteristika studijního území

Studijním územím je Česká republika. Zúčastněné firmy, které vyplnily dotazník, pochází celkem ze 7 krajů ČR: Praha, Středočeský kraj, Liberecký kraj, Karlovarský kraj, Jihomoravský kraj, Zlínský kraj, Moravskoslezský kraj. Zároveň zmíněné kraje zaujímají všechny 3 historické části České republiky: Čechy, Morava, Slezsko. Každý kraj má své specifické atributy, tudíž zúčastněné firmy mají mírně odlišné podmínky pro své provozy. Z tohoto výběru je nejvíce zpracovatelských závodů na území Čech (4 zúčastněné firmy), následuje Morava (2 zúčastněné firmy), a nakonec Slezsko (1 zúčastněná firma).



Obrázek 29: Mapa původu zúčastněných firem dle krajů (Vlastní dílo na základě dat z dotazníků, 2020).

#### 5.1.1 Čechy

##### 5.1.1.1 Praha

Hlavní město Praha má rozlohu 496 km<sup>2</sup>. Město se dělí na 10 městských obvodů, 22 správních obvodů a 57 městských částí. Praha se nachází uvnitř Středočeského kraje, ale není jeho součástí. Jde o samostatný správní celek. Sídlí zde prezident republiky, parlament i vláda (Magistrát hlavního města Prahy, ©2020).

K 1.1.2020 v Praze žilo 1 345 539 obyvatel. Toto číslo se každým rokem mírně zvyšuje. Přibližně 200 000 lidí do Prahy dojíždí do práce, nebo do školy. V 65 % případu ze Středočeského kraje. Pouze kolem 25 000 lidí z Prahy za prací a studiem vyjíždí, a to



v 75 % do Středočeského kraje. Od poloviny 90. let v Praze také stoupá počet cizinců, kteří v zde mají trvalý pobyt (Magistrát hlavního města Prahy, ©2020).

Praha je hlavním dopravním uzlem České republiky a zároveň významným orientačním bodem ve střední Evropě. Setkávají se zde všechny hlavní tahy jak automobilové, tak železniční dopravy. Postupně se stále buduje vnější Pražský okruh a vnitřní Městský okruh. V Praze se také nachází největší letiště v zemi. Letiště Václava Havla v roce 2017 přepravilo 15 milionů cestujících. Díky tomu je rozvinutý cestovní ruch. S dopravou úzce souvisí také například průmysl. Významné zastoupení zde má průmysl zpracovatelský, polygrafický, kovodělný, či výroba dopravních prostředků (Magistrát hlavního města Prahy, ©2020). K 31.10.2020 se v Praze nacházela celkem 3 aktivní místa pro zpracování vysloužilých obrazovek.

Nadmořská výška se v Praze pohybuje od 177 metrů do 399 metrů nad mořem. Nejvyšší bod se nazývá Teleček a nachází se v západní části města. Nejnižším bodem je hladina Vltavy u Suchdola. Na území Prahy se nachází celkem 4 geomorfologické celky: Pražská plošina, Hořovická pahorkatina, Brdská vrchovina a Středolabská tabule (Magistrát hlavního města Prahy, ©2020).

### ***5.1.1.2 Středočeský kraj***

Rozloha Středočeského kraje činí 10 928,44 km<sup>2</sup>. Svojí rozlohou je největším krajem České republiky a zabírá téměř 14 % z celkového území státu. Tento kraj má celkem 12 okresů. Největším okresem je okres Příbram (15 % rozlohy kraje), nejmenší je naopak Praha-západ (5 % rozlohy kraje). Kraj se dále skládá z 26 správních obvodů ORP. Největším je ORP Rakovník, nejmenším naopak ORP Neratovice (Středočeský kraj, ©2020).

K 1.1.2020 v kraji žilo 1 385 141 obyvatel. Nejlidnatějším okresem byla Praha-východ se 185 178 obyvateli. Naopak nejméně občanů žilo v okrese Rakovník, který čítal 55 562 obyvatel. Vzhledem k blízkosti Prahy mají okresy Kladno, Praha-západ a Praha-východ největší hustoty zalidnění (nad 200 obyvatel na 1 km<sup>2</sup>). Naopak oblasti s nejmenší hustotou zalidnění (pod 100 obyvatel na 1 km<sup>2</sup>) jsou okresy Rakovník, Benešov, Příbram a Kutná Hora (Středočeský kraj, ©2020).

Svou návazností na Prahu je kraj v mnoha ohledech rozvinutý. Má například druhou nejhustší dopravní síť v ČR, která je zároveň nejvytíženější u nás. Z hlediska průmyslu jsou významnými obory strojírenství, nebo potravinářství. Nachází se zde i podnik celostátního významu automobilka Škoda Auto. Ústup zaznamenávají tradiční obory jako je ocelářství, či těžba uhlí (Středočeský kraj, ©2020). K 31.10.2020 se ve Středočeském kraji nacházela celkem 3 aktivní místa pro zpracování vysloužilých obrazovek.

Sever kraje je zejména rovinatý a postupem na jih se reliéf mění na stále členitější. Kraji dominuje Brdská vrchovina, kde se nachází nejvyšší bod kraje Tok s nadmořskou výškou 865 metrů. Naopak nejnižší bod se nachází na hladině Labe v okrese Mělník s nadmořskou výškou 154 metrů (Středočeský kraj, ©2020).

### **5.1.1.3 Liberecký kraj**

Liberecký kraj je s rozlohou 3163,4 km<sup>2</sup> druhým nejmenším krajem České republiky, přičemž zabírá kolem 4 % z celkového území státu. Tento kraj má celkem 4 okresy. Největším okresem je okres Česká Lípa, nejmenší je naopak Jablonec nad Nisou. Kraj se dále skládá z 10 správních obvodů ORP (Liberecký kraj, ©2020).

K 1.1.2020 v kraji žilo 443 690 obyvatel. Nejlidnatějším okresem byl okres Liberec se 175 626 obyvateli. Naopak nejméně občanů žilo v okrese Semily, který čítal 74 097 obyvatel. Největší hustotu zalidnění má okres Jablonec nad Nisou (226 obyvatel na km<sup>2</sup>). Nejmenší hustotu zalidnění má naopak okres Česká Lípa (96 obyvatel na km<sup>2</sup>) (Liberecký kraj, ©2020).

Liberecký kraj je jediným krajem v ČR, který nemá žádnou železniční trať elektrifikovanou. Železniční spojení s Prahou z tohoto důvodu nevyhovuje současným požadavkům. Naopak silniční doprava je rozvinuta. Nejvýznamnější je dálnice D10, která ve směru od Prahy přechází v silnici E442. Mezi důležitá průmyslová odvětví v kraji patří sklářství, strojírenství a potravinářství. Vyrábí se zde také mnoho automobilových součástek (Liberecký kraj, ©2020). K 31.10.2020 se v Libereckém kraji nacházelo 1 aktivní místo pro zpracování vysloužilých obrazovek.

Tato oblast České republiky je značně členitá. Nachází se zde významná pohoří, jako jsou Krkonoše, Jizerské a Lužické hory. Nejvyšším bodem je Kotel s nadmořskou

výškou 1435 metrů. Významnou je také Ralská pahorkatina, která se nachází v jihozápadní části kraje (Liberecký kraj, ©2020).

#### **5.1.1.4 Karlovarský kraj**

Rozloha Karlovarského kraje činí 3 310,36 km<sup>2</sup>. Kraj je třetím nejmenším v České republice a zabírá okolo 4,25 % z celkového území státu. Má celkem 3 okresy, z nichž největší je okres Karlovy Vary, nejmenší je naopak Sokolov. Kraj se dále skládá ze 7 správních obvodů ORP (Dušková, 2020).

K 1.1.2020 v kraji žilo 294 664 obyvatel. Nejlidnatějším okresem byly Karlovy Vary se 114 818 obyvateli. Naopak nejméně občanů žilo v okrese Sokolov, který čítal 88 212 obyvatel. Největší hustotu zalidnění má okres Sokolov (117 obyvatel na km<sup>2</sup>). Nejmenší hustotu zalidnění má okres Karlovy Vary (76 obyvatel na km<sup>2</sup>) (Dušková, 2020).

Otevřením hranic s Německem po roce 1989 v kraji narostla automobilová doprava. K ulehčení dopravní situace je k dispozici dálnice D6, které v kraji v současné době vede z Karlových Varů do Chebu. Železniční infrastruktura je hustá, ale bohužel na poměry 21. století zastaralá. Z hlediska průmyslu jsou významnými obory sklářství, nebo těžba hnědého uhlí. Nechybí dále keramický průmysl, či stáčírny minerálních vod (Dušková, 2020). K 31.10.2020 se v Karlovarském kraji nacházelo 1 aktivní místo pro zpracování vysloužilých obrazovek.

Významná část kraje patří geomorfologicky ke Krušným horám. Přes 40 % území je pokryto lesy. Nejvyšším bodem je Klínovec s nadmořskou výškou 1244 metrů. Nejnižším bodem je hladina Ohře s výškou 320 metrů nad mořem (Dušková, 2020).

### **5.1.2 Morava**

#### **5.1.2.1 Jihomoravský kraj**

Rozloha Jihomoravského kraje činí 7 188 km<sup>2</sup>. Svojí rozlohou je čtvrtým největším krajem České republiky a zabírá kolem 9 % z celkového území státu. Tento kraj má celkem 7 okresů. Největším okresem je okres Znojmo, nejmenší je naopak Brno-město. Kraj se dále skládá z 21 správních obvodů ORP (Jihomoravský kraj, ©2020).

K 1.1.2020 v kraji žilo 1 191 989 obyvatel. Nejlidnatějším okresem bylo Brno-město s 381 346 obyvateli. Naopak nejméně občanů žilo v okrese Vyškov, který čítal 92 280 obyvatel. Největší hustota zalidnění byla v okrese Brno-město s 1658 obyvateli na km<sup>2</sup>. Naopak oblast s nejmenší hustotou zalidnění je okres Znojmo se 72 obyvateli na km<sup>2</sup> (Jihomoravský kraj, ©2020).

Významným bodem v kraji je krajské město Brno. To je napojeno na dálniční síť ve směrech na Prahu, Olomouc a Bratislavu. V plánu je i dokončení dálnice ve směru na Vídeň. Železniční spojení je v kraji také na kvalitní úrovni. Nachází se zde hlavní železniční koridory vedené do stejných destinací jako dálniční síť. Z hlediska průmyslu je nejvýznamnější strojírenský průmysl. Velkou tradici má také elektrotechnický průmysl a potravinářství, resp. vinařství (Jihomoravský kraj, ©2020). K 31.10.2020 se v Jihomoravském kraji nacházela celkem 2 aktivní místa pro zpracování vysloužilých obrazovek.

Západní část kraje lemuje Českomoravská vrchovina a ve východní části se nachází nejvyšší pohoří kraje – Bílé Karpaty. Jižní část kraje je převážně rovinatá. Nejvyšší bod se nachází u vrcholu Durda s nadmořskou výškou 836 metrů. Celý kraj patří k povodí Dunaje (Jihomoravský kraj, ©2020).

#### ***5.1.2.2 Zlínský kraj***

Rozloha Zlínského kraje činí 3963 km<sup>2</sup>. Tento kraj má celkem 4 okresy. Největším okresem je okres Vsetín, nejmenší je naopak okres Kroměříž. Kraj se dále skládá ze 13 správních obvodů ORP (Zlínský kraj, ©2020).

K 1.1.2020 v kraji žilo 582 555 obyvatel. Nejlidnatějším okresem byl okres Zlín se 191 652 obyvateli. Naopak nejméně občanů žilo v okrese Kroměříž, který čítal 105 343 obyvatel. Okres s největší hustotou zalidnění je okres Zlín se 185 obyvateli na km<sup>2</sup>. Naopak oblast s nejmenší hustotou zalidnění je okres Vsetín se 125 obyvateli na km<sup>2</sup> (Zlínský kraj, ©2020).

Zlínský kraj je z hlediska infrastruktury spíše zaostalý. Je to způsobeno zejména hornatým terénem, který dopravní obslužnosti nepomáhá. Průmysl je v tomto kraji především gumárenský, zpracovatelský, nebo kovodělný. Přítomná nekvalitní půda se

hodí spíše pro pastevectví (Zlínský kraj, ©2020). K 31.10.2020 se ve Zlínském kraji nacházela celkem 2 aktivní místa pro zpracování vysloužilých obrazovek.

V kraji je značná část území hornatá a kopcovitá. To se týká zejména východní části území. Mezi významná pohoří patří Bílé Karpaty, Javorníky, či Moravskoslezské Beskydy. Nejvyšším bodem je Čertův mlýn s nadmořskou výškou 1206 metrů. Územím kraje protéká řeka Morava, která se vlévá do Dunaje (Zlínský kraj, ©2020).

### **5.1.3 Slezsko**

#### ***5.1.3.1 Moravskoslezský kraj***

Rozloha Moravskoslezského kraje činí 5430,5 km<sup>2</sup>. Tento kraj má celkem 6 okresů. Největším okresem je okres Bruntál, nejmenší je naopak Ostrava-město. Kraj se dále skládá z 22 správních obvodů ORP (Moravskoslezský kraj, ©2020).

K 1.1.2020 v kraji žilo 1 200 539 obyvatel. Nejlidnatějším okresem byla Ostrava-město s 320 145 obyvateli. Naopak nejméně občanů žilo v okrese Bruntál, který čítal 91 597 obyvatel. Oblastí s největší hustotou zalidnění byla Ostrava-město s 964 obyvateli na km<sup>2</sup>. Naopak oblasti s nejmenší hustotou zalidnění byl okres Bruntál (Moravskoslezský kraj, ©2020).

Moravskoslezský kraj je v České republice nejvzdálenějším krajem od Prahy. Avšak díky strategické poloze u hranic s Polskem a Slovenskem nabízí kvalitní dopravní pokrytí jak pro automobilovou, tak železniční infrastrukturu. Jde zároveň o výhodnou výchozí pozici pro cesty do východní Evropy. V průmyslu oblasti dominuje těžba černého uhlí, které byla významná již za Rakouska-Uherska. Těžba je ale v současné době v útlumu, což má za následek nárůst nezaměstnanosti (Moravskoslezský kraj, ©2020). K 31.10.2020 se v Moravskoslezském kraji nacházela celkem 3 aktivní místa pro zpracování vysloužilých obrazovek.

Mezi nejvýznamnější pohoří patří Hrubý Jeseník s nejvyšším bodem Praděd a nadmořskou výškou 1491 metrů. Okrajově se zde nachází i Moravskoslezské Beskydy, které postupně přecházejí do Zlínského kraje. Krajem protéká řeka Odra, která zároveň většinu území odvodňuje a směřuje dále do Polska (Moravskoslezský kraj, ©2020).

## 5.2 Současný stav řešené problematiky ve zkoumaném území

Celkově v České republice v roce 2020 existovalo 24 zpracovatelů obrazovek, přičemž většina z nich jsou malé a střední firmy. Pouze pár z nich jsou velcí hráči na trhu. U nás lze zpracovatele elektroodpadu a obrazovek rozdělit na 2 až 3 typy. První kategorií jsou velcí zpracovatelé. Druhou kategorií jsou střední a drobní zpracovatelé obrazovek. Nelze opomenout ani chráněné dílny, které se většinou řadí mezi drobné zpracovatele (Zachová, 2020). Příklady firem, které se v ČR specializují na recyklaci VDU, jsou: AGM recykling s.r.o., CELIO a.s., Dílna pro úpravu odpadů Maleč s.r.o., EKO Logistics s.r.o., Kovohutě Příbram nástupnická a.s., Marketa Remone s.r.o. - chráněná dílna, RUMPOLD – T s.r.o., STEELMET s.r.o., SUEZ CZ a.s., Šance pro region s.r.o., TECHNOWORLD a.s., ZELENÁ DÍLNA s.r.o. (ISOH, ©2020).

Pro srovnání, v sousedním Rakousku se VDU zpracovávají v celkem 10 zařízeních. U CRT obrazovek jde o kapacitu kolem 22 000 tun (22 kilotun) ročně. Pro FPD displeje se čísla pohybují kolem 1 500 tun (1,5 kilotuny) ročně. Oba typy obrazovek se rozebírají zejména manuální metodou (FMFSAT, ©2017). U našich sousedů zajišťuje recyklaci obrazovek například společnost Saubermacher ve Vídni a Premstätten. Recyklaci plochých obrazovek zde provádí například firma MGG v Amstettenu (EAK Austria, ©2018).

### 5.2.1 Velcí zpracovatelé

Nejvýznamnějším velkým zpracovatelem v ČR je firma Enviropol. Dle tvrzení na webových stránkách společnosti je předním zpracovatelem i na Slovensku a v Polsku. Mimo zpracovávání poskytuje i servisní služby a poradenství. Enviropol je dceřinou firmou ASEKOLu, což je významný kolektivní systém v ČR. Roku 2011 společnost zprovoznila jeden z nejmodernějších závodů na zpracování elektroodpadu v Evropě. Údajně firma zvládne využít až 95 % vysloužilých spotřebičů, jejichž materiály (druhotné suroviny) prodávají do výrobních závodů. S Enviropolem spolupracují i další partnerské firmy na zpracovávání. Je jí například firma TECHNOWORLD, a.s., která sídlí v Letech u Prahy (Enviropol, ©2020) (Zachová, 2020).



Obrázek 30: Logo společnosti Enviropol (Ita, ©2015).

### 5.2.2 Střední a malí zpracovatelé, chráněné dílny

Ze zástupců středních a malých firem jde například o společnost Marketa Remone a.s. Ta je zároveň i chráněnou dílnou. Firma sídlí v Chebu a má okolo 50 zaměstnanců, kteří jsou zdravotně znevýhodnění. Chráněná dílna od svého zrodu (v roce 2005) zpracovala již více než 5000 tun elektrozařízení. Marketa Remone se specializuje i na rozebírání obrazovek. Firma spolupracuje zejména s kolektivním systémem REMA. Dále s EKOKOMem a ECO-BATem. Zároveň sem mohou i samostatně občané Chebu donést svá vysloužilá zařízení (Rema, ©2019) (Marketa Remone, ©2020).

Staré televize a monitory počítačů zde zaměstnávají nemalou část dílny. Díky moderní zpracovatelské lince dokážou zaměstnanci za 1 směnu zpracovat kolem 100 obrazovek. Dílna obsahuje například drtiče a lisovače plastů, či vybavení pro chemickou analýzu látek. Nechybí ani speciální vysavač na odstraňování luminoforu z CRT obrazovek, který je toxický. Díky tomu může firma zajistit vysokou kvalitu získaných surovin. Kromě obrazovek jsou v dílně schopni zpracovat i CD přehrávače, rádia, faxy, bílé zboží, toustovače a další spotřebiče používané v domácnostech (Rema, ©2019) (Marketa Remone, ©2020).

Co se týče celkového množství elektroodpadu, Marketa Remone dokáže až 95 % zpracovaného materiálu vrátit zpátky do oběhu. Pokud jde o obrazovky samotné, to je třeba zjistit z dotazníkového šetření. Z hmotnostního hlediska sklo z CRT monitorů tvoří firmě až 25 % z celkových materiálových toků ročně. Sklo u starých CRT zařízení totiž tvoří okolo 50 % hmotnost přístroje. Sklo se v menších množstvích nachází i v LCD monitorech. Společnost si mimo jiné zřídila vlastní prostory, které jsou zaměřeny na montáž drobných elektrosoučástek. To zaměstnalo dalších 15 lidí (Rema, ©2019) (Marketa Remone, ©2020).



Obrázek 31: Logo společnosti Marketa Remone (Marketa Remone, ©2013).

### 5.3 Analýzy odpovědí

Následující kapitoly se zabývají analýzami odpovědí recyklačních firem. Prioritně jsou zpracovány otázky z dotazníků, která přímo souvisí s hlavními i dílčími cíli práce. Pro lepší pochopení a ucelení celé problematiky se místy vyskytují i analýzy, které s cíli souvisí nepřímo. Odpovědi jsou analyzovány na základě postupů popsanych v metodice. V určitých případech jsou odpovědi pro lepší přehlednost zobrazeny graficky v koláčových, nebo sloupcových grafech. Nejpodstatnější poznatky jsou shrnuty v kapitole Výsledky.

Ne všechny firmy byly ochotny se dotazníku zúčastnit. Firmy se například obávaly prozrazení svého know-how, které si pečlivě střeží. Dalšími důvody pro neúčast byl nezájem, či neochota a neschopnost si vyhradit 15 minut času pro vyplnění. Dotazníku se zúčastnilo celkem 8 z 24 aktivních firem z různých koutů republiky. To představuje 1/3 všech fungujících společností. Jeden dotazník musel být nakonec z analýzy odebrán, jelikož respondent evidentně zadával nepravdivé informace a snažil se zkreslit výsledky. Celkově tak bylo zpracováno 7 dotazníků a 5 telefonických hovorů se zaniklými firmami. Zároveň zúčastněné společnosti požádaly o anonymitu. V analýzách proto nejsou firmy konkrétně jmenovány a je třeba považovat za značný úspěch, že se výzkumu podrobil tento počet firem. Analýzy jsou rozděleny chronologicky tak, jak materiál putuje – od jeho příjmu, přes zpracovatelskou linku až po konečné nakládání s druhotnými surovinami.

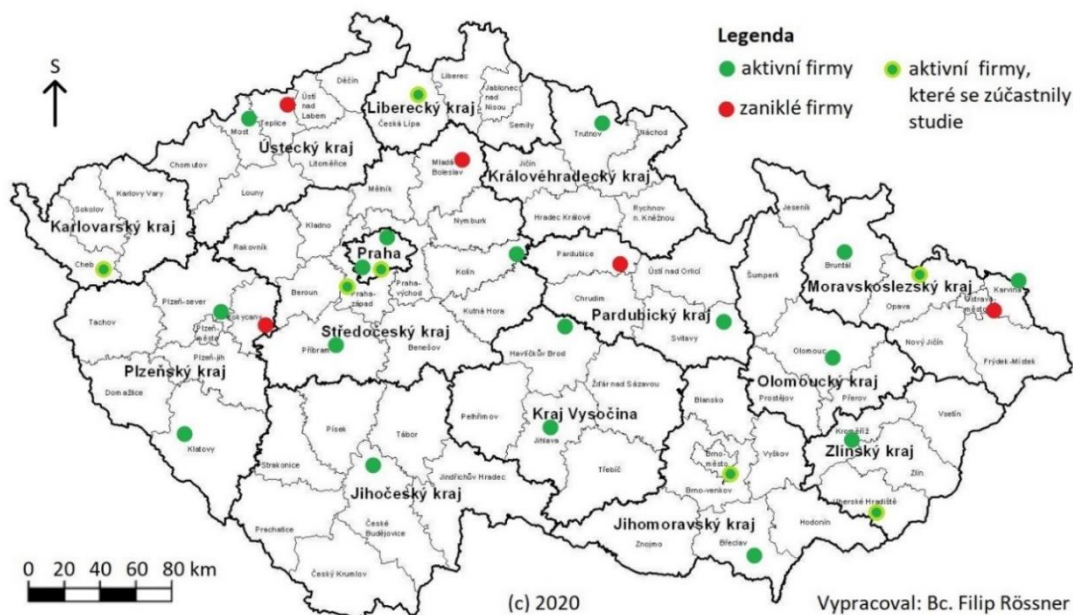
#### 5.3.1 Obecná témata

Pro lepší představu je poloha všech 24 aktivních zpracovatelských firem v jednotlivých krajích a okresech znázorněna na přiložené mapě. Je vyobrazeno i 5 zaniklých firem. Dále jsou zvýrazněny společnosti, které se zúčastnily studie. Mezi



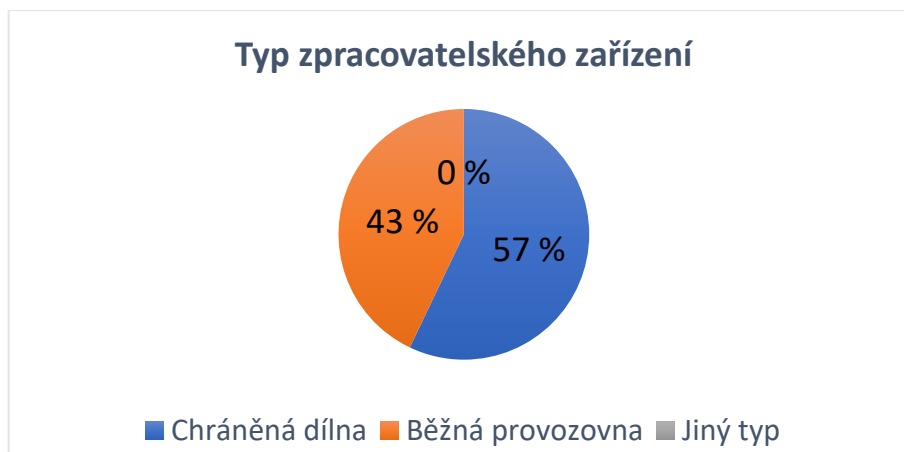
zúčastněnými je 1 zpracovatelna z Prahy. Další firmy jsou z okresů Brno – město, Česká Lípa, Cheb, Opava, Praha – západ, a Uherské Hradiště. Záměrně jsou zmíněny pouze okresy. Konkrétní názvy firem nejsou prozrazeny z důvodu zachování anonymity. Ohnisky aktivních společností jsou zejména Praha a Středočeský kraj. Dále například kraj Moravskoslezský. Ten čítá hned 3 aktivní firmy. Všechny ostatní kraje zaujímají 1 až 2 aktivní zástupce. Zpracovatelské firmy se vzájemně nepovažují za konkurenci. To přiznali všichni respondenti. Vzdálenosti jednotlivých provozoven se pohybují v intervalu 50 až 170 kilometrů – konkrétně 50, 90, 100, 115, 120, 130 a 170 km. Průměrná vzdálenost provozoven činí 111 kilometrů.

### Mapa zpracovatelů CRT a FPD obrazovek v jednotlivých okresech a krajích ČR



Obrázek 32: Mapa zpracovatelů CRT a FPD obrazovek v jednotlivých okresech a krajích ČR (Vlastní dílo na základě dat z dotazníků, 2020).

Na otázku „Jaký typ zpracovatelského zařízení jste?“ 57 % dotázaných (4 firmy) z reprezentativního vzorku uvedlo, že jsou chráněná dílna. Ve 43 % (3 firmy) případů šlo o běžné provozovny. Běžná provozovna je v této práci definována jako zpracovatelské zařízení, které zaměstnává lidi bez postižení a je plně soběstačné. Ani v jednom případě firmy ne zvolily možnost „Jiný typ“. Počet zaměstnanců zúčastněných firem se pohybuje od 2 (minimální hodnota) do 70 (maximální hodnota). Další firmy operují se 14, 16, 21, 45 a 50 zaměstnanci. Průměrný počet zaměstnanců tak činí 31.



Obrázek 33: Grafické znázornění typů zpracovatelských zařízení (Vlastní dílo na základě dat z dotazníků, 2020).

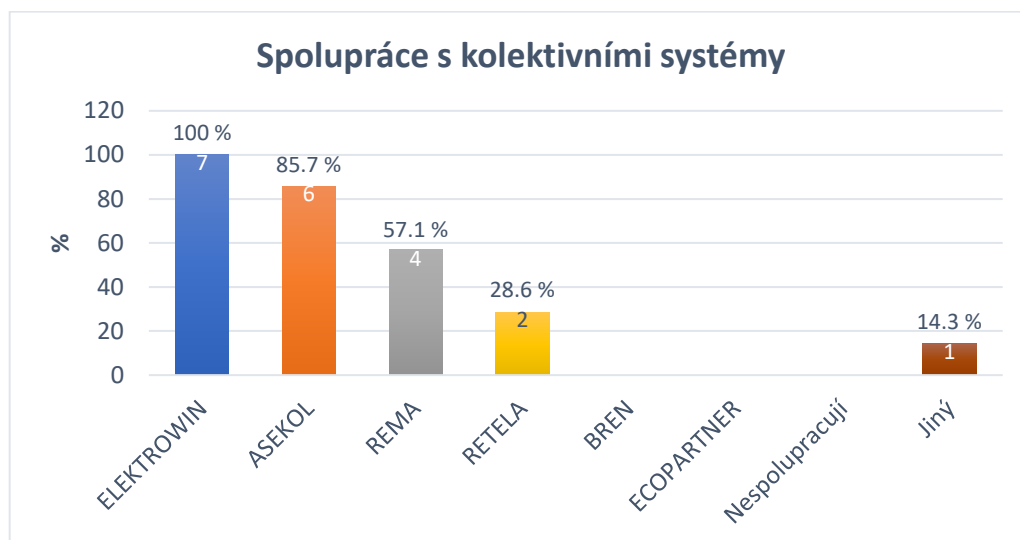
Mimo zpracovávání vysloužilých obrazovek a elektroodpadu se 71 % společností zabývá i zcela jinými podnikatelskými aktivitami. Dotázaní uvedli, že jejich firmy se spoléhají například i na výrobu obalů, praní pracovních oděvů, drobné montážní práce, obchodní činnost, šití, gravírování, kompletace, zpracování a recyklaci plastů, či na správu domovního fondu.

Zajímavých odpovědí se dostalo u otázky, která zjišťovala, zdali ke zpracovatelům chodí kontroly. Situace v oblasti obrazovek a elektroodpadu je podle respondentů pravidelně monitorována. Do firem nejčastěji chodí kontroly od zástupců z kolektivních systémů. Ti provádějí audity každý rok. Další kontroly bývají ze strany státu. Pět respondentů uvedlo, že každých 5 let mají kontroly od České inspekce životního prostředí (ČIZP). Nechybí ani kontrola z Krajské hygienické stanice (KHS), nebo kontroly od hasičů jednou za 2 roky. V jednom případě respondent uvedl i Úřad práce.

### 5.3.2 Příjem materiálu

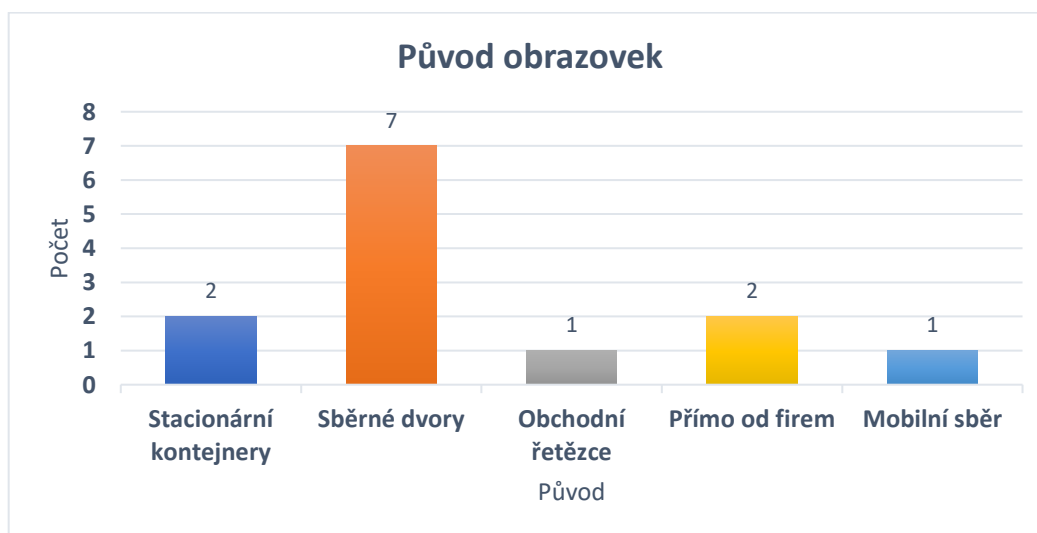
Následovala otázka ke kolektivním systémům. Respondenti zde mohli volit z více odpovědí. Všech 7 dotázaných uvedlo, že spolupracují s více systémy. Nejčastější volba padla na společnost ELEKTROWIN. Tu přiznali všichni dotázaní. Následuje kolektivní systém ASEKOL, ke kterému se přihlásilo 86 % (6 firem) respondentů. 57 % dotázaných (4 firmy) spolupracuje se společností REMA . 28 % respondentů (2 firmy) spolupracují se systémem RETELA. Jedna firma spolupracuje s jinými kolektivními systémy

(EKOLAMP, EKOBAT). Ty se ale zabývají osvětleními a bateriemi. Jeden respondent tudíž otázku vztahoval ke svým dalším aktivitám v oblasti elektroodpadu, nejen obrazovkám.



Obrázek 34: Grafické znázornění spolupráce s kolektivními systémy (Vlastní dílo na základě dat z dotazníků, 2020).

Dovezené obrazovky mají ve zpracovatelských firmách různý původ. Zde mohly firmy také volit více odpovědí najednou. Nejvíce kolektivní systémy dováží obrazovky ze sběrných dvorů. To uvedli všichni respondenti. Pouze ve 2 případech jsou původem stacionární kontejnery a v 1 případě obchodní řetězce. Nezanedbatelný podíl zaznamenaly také možnosti: „Přímo od firem“ a „Mobilní sběr“.



Obrázek 35: Grafické znázornění původu obrazovek (Vlastní dílo na základě dat z dotazníků, 2020).

### 5.3.3 Trendy v počtu zpracovaných obrazovek

Hned na úvod 100 % firem uvedlo, že na linkách mají více obrazovek od televizí než monitorů. Na otázku, od kterého výrobce mají zpracovatelé na lince nejvíce obrazovek, nebyla většina respondentů schopna odpovědět. Pouze ve dvou případech společnosti uvedly, že nejvíce vysloužilých displejů mají od výrobců Samsung a Sencor.

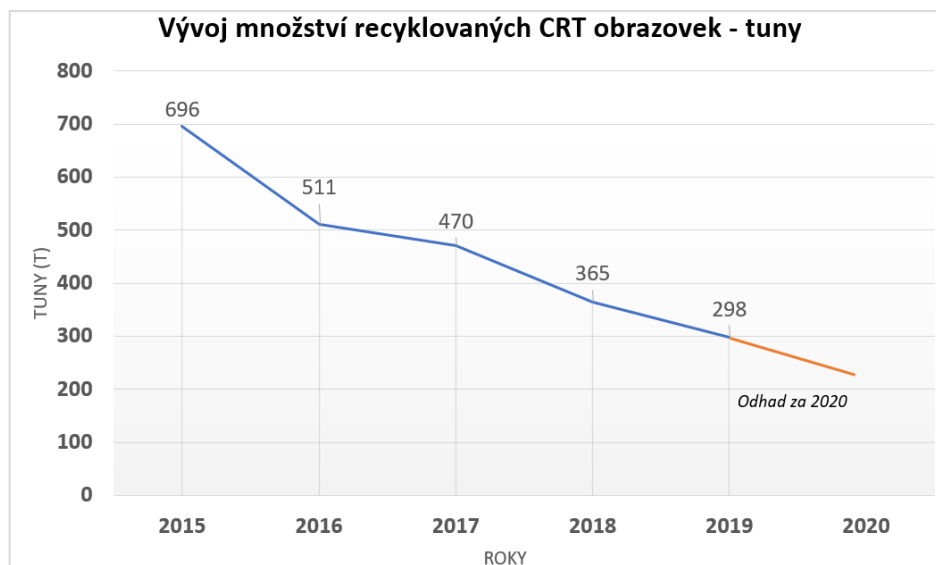
Následující otázka zjišťovala, jakým směrem se podnikání firem ubírá. 43 % překvapivě uvedlo, že jejich obchodování s vysloužilými obrazovkami je v útlumu. Dalších 43 % zhodnotilo svoji situaci jako stabilní a pouze 14 % dotázaných přiznalo, že jejich firma roste. Dalším překvapivým zjištěním bylo, že úplně všichni respondenti recyklují jak CRT, tak FPD obrazovky.

#### 5.3.3.1 CRT obrazovky

Důležitou otázkou bylo, jaké trendy v množství CRT obrazovek zpracovatelé na svých linkách pozorují. Celých 86 % firem uvedlo, že podíl zpracovaných CRT obrazovek jim na zpracovatelských linkách za posledních 5 let (2015–2019) meziročně klesá. U ostatních respondentů se podíl pohybuje na stále podobné úrovni a je neměnný. Žádný z dotázaných neuvedl stoupající charakter.

##### 5.3.3.1.1 CRT tuny

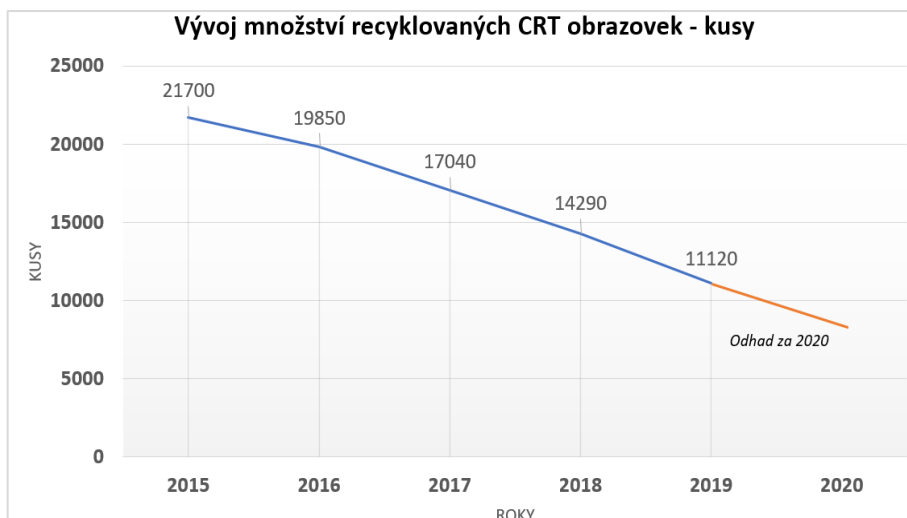
Zpracovatelé byli požádáni, aby v tunách uvedli množství zrecyklovaných CRT obrazovek za každý rok. Tyto hodnoty byly následně za každý rok od každé společnosti zprůměrovány. Výstupem je graf, který zobrazuje klesající trend. Za rok 2015 firmy průměrně zpracovaly 696 tun obrazovek. V roce 2019 to bylo již „pouze“ 298 tun obrazovek. Z průměrů byly vyřazeny 2 firmy, které se výrazně lišily od zbytku. Obrázek 36 tedy vychází z průměrů 5 společností. Jedna firma uváděla abnormálně vysoké hodnoty oproti ostatním. Druhá firma naopak příliš nízké hodnoty v porovnání se zbytkem. Byly tak odebrány maximální a minimální hodnoty pro lepší reprezentaci. Firmy za posledních 5 let průměrně ročně hospodaří s hmotností 468 tun. Při započítání minimálních a maximálních hodnot číslo stoupne na 1287 tun. Údaje za rok 2020 uvádějí pouze odhad, protože v době sběru dat firmy ještě neměly čísla za toto období. Lze očekávat, že klesající trend bude nadále pokračovat.



Obrázek 36: Grafické znázornění vývoje množství recyklovaných CRT obrazovek – tuny (Vlastní dílo na základě dat z dotazníků, 2020).

#### 5.3.3.1.2 CRT kusy

Zpracovatelé byli dále požádáni, aby v počtech kusů uvedli množství zrecyklovaných CRT obrazovek za každý rok. Tyto hodnoty byly opět následně za každý rok od každé společnosti zprůměrovány. Výstupem je graf, který zobrazuje klesající trend. Za rok 2015 firmy průměrně zpracovaly 21 700 kusů obrazovek. V roce 2019 to bylo již „pouze“ 11 120 kusů obrazovek. Z průměrů byly opět vyřazeny 2 firmy, které se výrazně lišily od zbytku. Jedna firma uváděla abnormálně vysoké hodnoty oproti ostatním. Druhá firma naopak příliš nízké hodnoty v porovnání se zbytkem. Byly tak odebrány maximální a minimální hodnoty pro lepší reprezentaci. Firmy za posledních 5 let průměrně ročně hospodaří s počtem 16 800 kusů. Při započítání minimálních a maximálních hodnot číslo stoupne na 57 286 kusů. Údaje za rok 2020 uvádějí pouze odhad, protože v době sběru dat firmy ještě neměly čísla za toto období. Lze očekávat, že klesající trend bude nadále pokračovat.



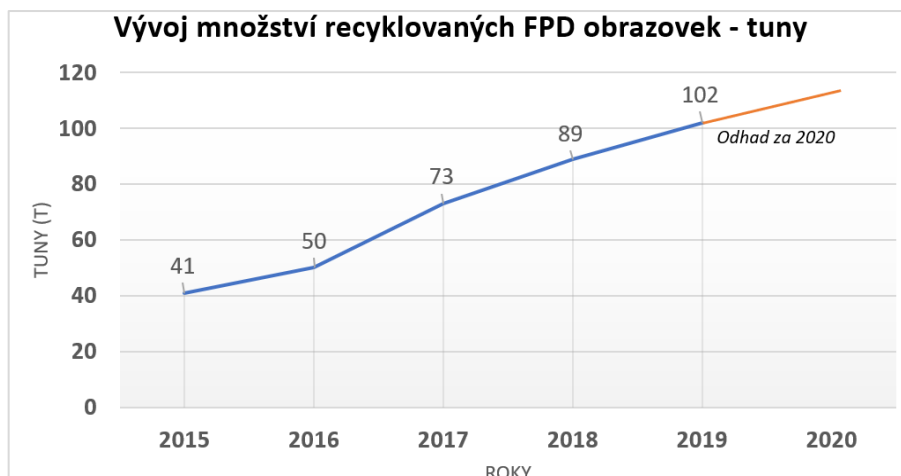
Obrázek 37: Grafické znázornění vývoje množství recyklovaných CRT obrazovek – kusy (Vlastní dílo na základě dat z dotazníků, 2020).

### 5.3.3.2 FPD obrazovky

Otázka na množství zpracovaných obrazovek byla položena i u FPD zobrazovací technologie. 100 % respondentů uvedlo, že množství plochých obrazovek jim na linkách za posledních 5 let (2015–2019) meziročně neustále stoupá, což je opačný trend než u CRT technologie.

#### 5.3.3.2.1 FPD tuny

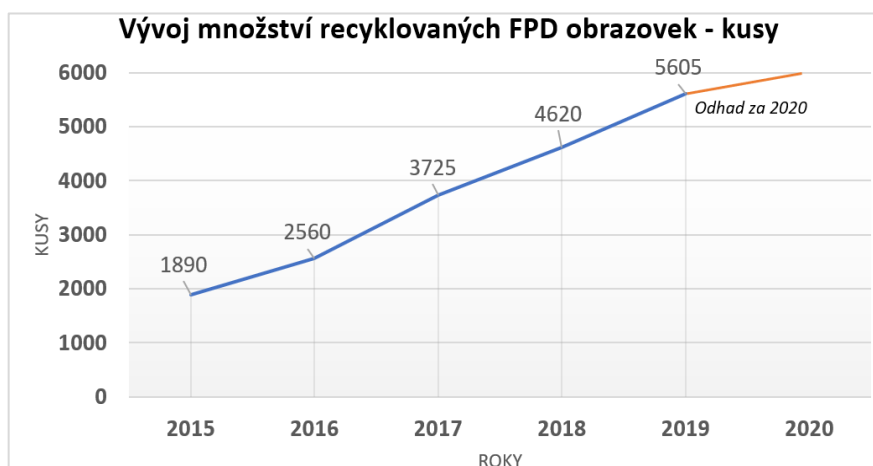
Firmy byly požádány, aby v tunách uvedly množství zpracovaných plochých obrazovek za každý rok. Tyto hodnoty byly, stejně jako v předchozích případech, za každý rok od každé společnosti zprůměrovány. Výstupem je graf, který zobrazuje stoupající trend. Za rok 2015 firmy průměrně zpracovaly 41 tun FPD obrazovek. V roce 2019 to bylo již 102 tun. Z průměrů byly znovu vyřazeny 2 firmy, které se výrazně lišily od zbytku. Byly tak odebrány maximální a minimální hodnoty pro lepší reprezentaci. Obrázek 38 tedy vychází z průměrů 5 společností. Firmy za posledních 5 let průměrně ročně hospodaří s hmotností 152 tun. Při započítání minimálních a maximálních hodnot číslo klesne na 71 tun. Údaje za rok 2020 znovu uvádějí pouze odhad, protože v době sběru dat firmy ještě neměly čísla za toto období. Lze očekávat, že stoupající trend bude nadále pokračovat.



Obrázek 38: Grafické znázornění vývoje množství recyklovaných FPD obrazovek – tuny (Vlastní dílo na základě dat z dotazníků, 2020).

#### 5.3.3.2.2 FPD kusy

Dále následoval stejný typ otázky, avšak místo tun byl uvažován počet kusů za každý rok. Tyto hodnoty byly znovu následně za každý rok od každé společnosti zprůměrovány. Výstupem je graf, který zobrazuje stoupající trend. Za rok 2015 firmy průměrně zpracovaly 1890 kusů obrazovek. V roce 2019 to bylo již 5605 kusů obrazovek. Z průměrů byly opět vyřazeny 2 firmy, které se výrazně lišily od zbytku. Byly tak odebrány maximální a minimální hodnoty pro lepší reprezentaci. Firmy za posledních 5 let průměrně ročně hospodaří s počtem 3680 kusů. Při započítání minimálních a maximálních hodnot číslo stoupne 15 543 kusů. Údaje za rok 2020 znovu uvádějí pouze odhad. Na základě předchozích dat lze očekávat, že stoupající trend bude nadále pokračovat.

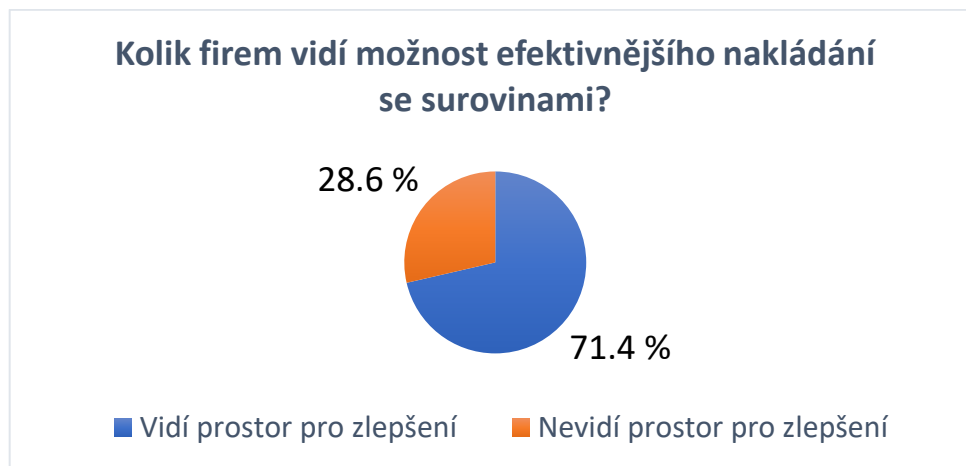


Obrázek 39: Grafické znázornění vývoje množství recyklovaných FPD obrazovek – kusy (Vlastní dílo na základě dat z dotazníků, 2020).

Vývoje v množství tun a počtu kusů spolu vždy (CRT i FPD) v grafech zcela nekorespondují. Přitom by se dalo očekávat, že grafy budou mít téměř identický průběh. Respondenti uvedli, že existuje několik hlavních důvodů, proč opak je pravdou. Obrazovky často do firem nepřicházejí v kompletní podobě. Stává se, že někdy chybí i stěžejní (a nejtěžší) části obrazovek. To potvrdilo všech 100 % dotázaných. Dalším důvodem je, že i když jsou displeje kompletní, tak jejich hmotnosti se liší. Je to dáno zejména úhlopříčkou, nebo použitými materiály.

### 5.3.4 Mapování materiálových toků druhotných surovin

Některé otázky byly univerzální a týkaly se obou typů obrazovek. Zajímavým zjištěním byly odpovědi na otázku, která zjišťovala, jestli firmy vidí možnost, že by se se získaným materiálem dalo nakládat efektivněji. Přes 70 % společností uvedlo, že vidí prostor pro zefektivnění. Pouze necelých 30 % si myslí, že materiály již nelze spravovat efektivněji.

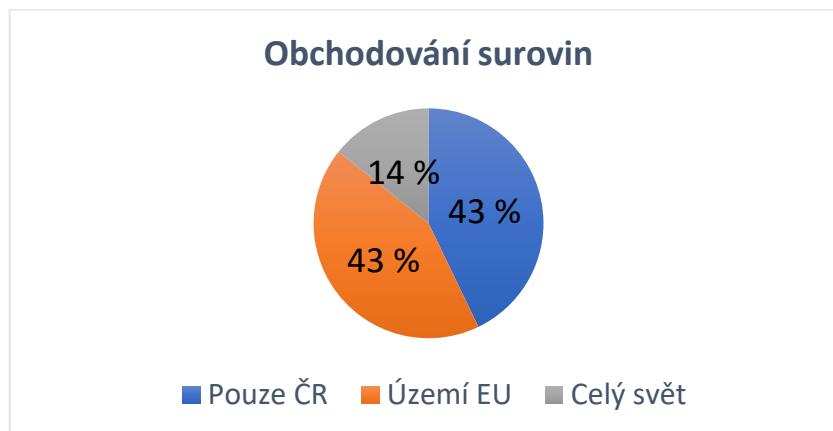


Obrázek 40: Grafické znázornění odpovědí na otázku: Kolik firem vidí možnost efektivnějšího nakládání se surovinami? (Vlastní dílo na základě dat z dotazníků, 2020).

Pro další zefektivnění obchodování se nabízí využití webového portálu CYRKL – digitální odpadové tržiště. Zde zpracovatelé mohou zdarma nabízet své druhotné suroviny. 43 % dotázaných uvedlo, že web nezná a ani neuvažuje o využití. Stejně procento dotázaných naopak odpovědělo, že tyto internetové stránky zná a již využilo služeb portálu. Zbýlých 14 % přiznalo, že web nezná, ale nyní o využití webu uvažují. 43 %



dotázaných nabízí svůj materiál v rámci Evropské unie a dalších 43 % pouze v rámci České republiky.

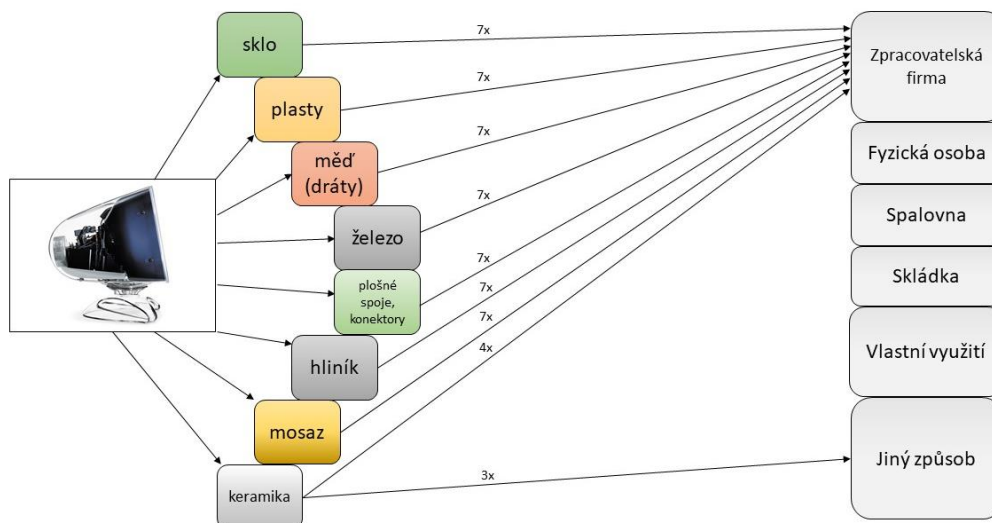


Obrázek 41: Grafické znázornění obchodování surovin (Vlastní dílo na základě dat z dotazníků, 2020).

#### 5.3.4.1 CRT obrazovky

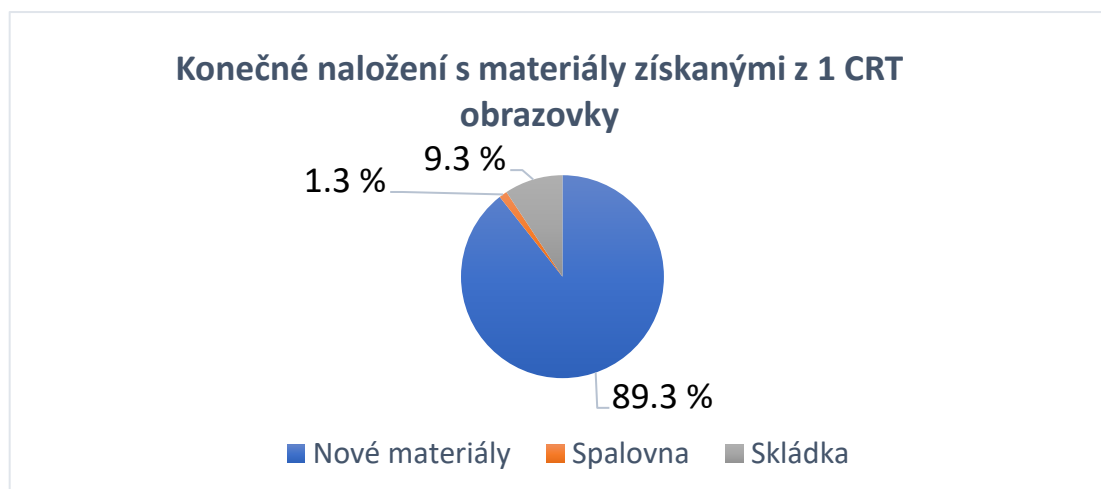
První otázka se ptala, jak je u firem naloženo s jednotlivými materiály z CRT obrazovek. Všichni respondenti uvedli, že veškeré materiály předávají výhradně dalším zpracovatelským firmám, které s materiálem naloží dle svého uvážení. Pouze u keramiky 3 zpracovatelé zvolili možnost „Jiný způsob“. Po upřesnění bylo zjištěno, že keramiku u svých demontážních postupů nerozlišují.

#### Kam zpracovatelé obrazovek dále posílají druhotné suroviny? - CRT



Obrázek 42: Schéma odpovědí na otázku: Kam zpracovatelé dále posílají druhotné suroviny? – CRT (Vlastní dílo na základě dat z dotazníků, 2020).

Dále bylo cílem zjistit, kde nakonec průměrně skončí kolik procent materiálu z jednoho CRT displeje po odvezení do specializovaných firem. Přes 89 % surovin z jedné obrazovky se dle firem využije na výrobu nových materiálů a výrobků. Okolo 9 % materiálů z jednoho displeje skončí na skládce. Pouze 1 % je využito na energetické účely. Je zde tedy mírný prostor pro zlepšení.

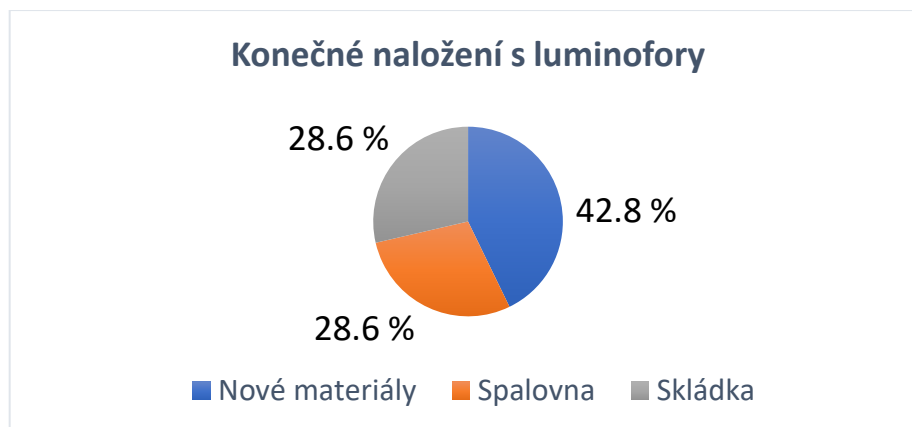


Obrázek 43: Grafické znázornění konečného naložení s materiály získanými z 1 CRT obrazovky (Vlastní dílo na základě dat z dotazníků, 2020).

Firmy také uvedly, že ekonomicky nejhodnotnější a nejzajímavější jsou pro ně cívký (měď), plošné spoje a jejich desky, kabely, smyčky, případně neželezné kovy. Nejméně hodnotné je naopak sklo, luminofor, plasty a železo.

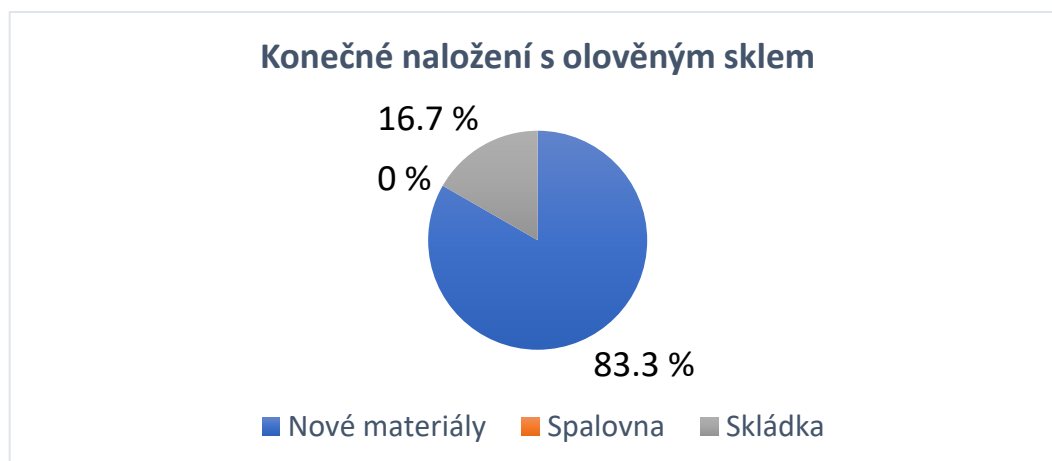
#### 5.3.4.1.1 Nebezpečné látky v CRT

Nedílnou částí dotazníku byl průzkum v oblasti nebezpečných látek. Otázky kombinovaly látky jak z CRT, tak LCD obrazovek. První dotaz se týkal luminoforů z CRT displejů. Přes 80 % společností tento materiál předává specializovaným firmám, které se zabývají likvidací nebezpečných odpadů. Jedna firma uvedla, že jim luminofory nevznikají. Je to ovšem způsobeno tím, že obrazovky nerozřezávají a celé katodové trubice předávají další firmě k rozpůlení a odstranění luminoforů. Dále bylo snahou dohledat, co se s luminofory děje po odvezení do specializovaných firem. Tři dotazovaní uvedli, že se používají na výrobu nových materiálů a výrobků. Dvě firmy odpověděly, že luminofory se energeticky využívají ve spalovnách odpadů. Zbylé 2 společnosti uvedly, že vyseparované luminofory jsou posílány na skládku.



Obrázek 44: Grafické znázornění konečného naložení s luminofory (Vlastní dílo na základě dat z dotazníků, 2020).

Sklo z CRT obrazovek (obsahující olovo) společnosti také ve všech případech předávají specializovaným firmám. Ty mají své technologie a know-how. Zároveň všech 100 % firem vědělo, kam olovené sklo dále putuje. Ve více než 80 % případech se sklo využívá při výrobě nových materiálů a produktů. Pouze ve dvou případech ze sedmi je sklo odváženo na skládku.



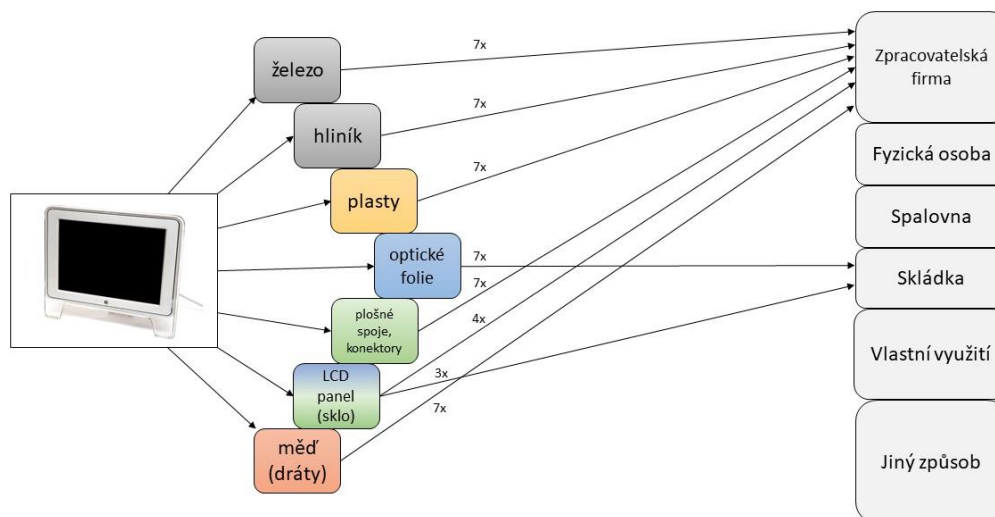
Obrázek 45: Grafické znázornění konečného naložení s olověným sklem (Vlastní dílo na základě dat z dotazníků, 2020).

#### 5.3.4.2 FPD obrazovky

Otázka ohledně nakládání s jednotlivými materiály byla položena i u plochých obrazovek. Zde byly na výběr jiné suroviny, jelikož FPD obrazovky mají rozdílné složení oproti CRT monitorům. Odpovědi se mírně lišily v porovnání s prvním případem. S výjimkou optickým kabelů a LCD panelů dotázaní opět jednoznačně uvedli

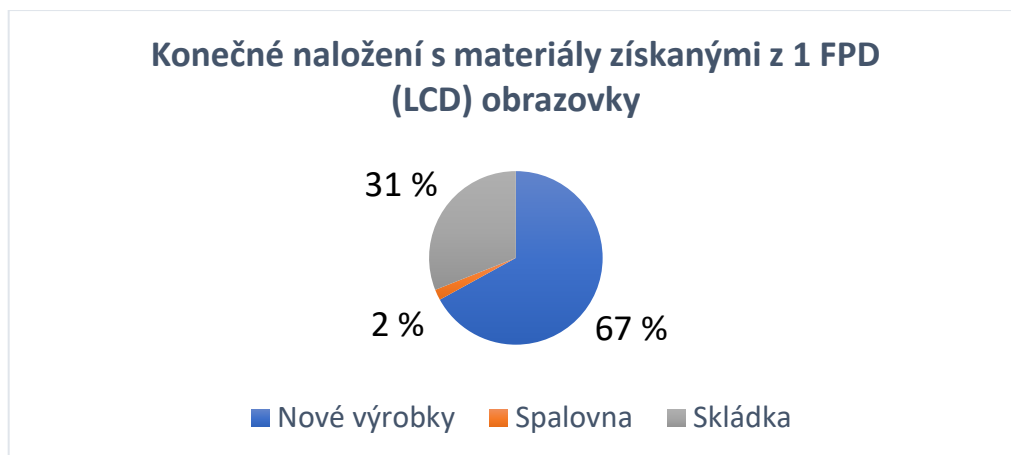
zpracovatelské firmy jako hlavní místo odbytí. U optických folií všechny firmy uvedly, že tento druh materiálu od nich směřuje rovnou na skládku. Naopak u LCD panelů se dotázaní rozdělili na dvě poloviny. První polovina z nich je předává dalším zpracovatelským firmám. Druhá polovina je posílá rovnou na skládku stejně jako optické folie.

### Kam zpracovatelé obrazovek dále posílají druhotné suroviny? – FPD (LCD)



Obrázek 46: Schéma odpovědí na otázku: Kam zpracovatelé dále posílají druhotné suroviny? – FPD (LCD) (Vlastní dílo na základě dat z dotazníků, 2020).

Opět bylo cílem zjistit, kde nakonec průměrně skončí kolik procent materiálu z jednoho FPD displeje po odvezení do specializovaných firem. Tentokrát z jednoho FPD displeje po odvezení do specializovaných firem. V porovnání s CRT technologií je využívání surovin z plochých obrazovek na horší úrovni. Okolo 67 % surovin z jedné FPD obrazovky se dle firem využije na výrobu nových materiálů a výrobků. Dalších 31 % materiálů z jednoho displeje ve skončí na skládce. A kolem 2 % je využito na energetické účely ve spalovně odpadů. V případě plochých obrazovek je tak stále velký prostor pro zlepšení a zefektivnění v oblasti nakládání se surovinami.



Obrázek 47: Grafické znázornění konečného naložení s materiály získanými z 1 FPD (LCD) obrazovky (Vlastní dílo na základě dat z dotazníků, 2020).

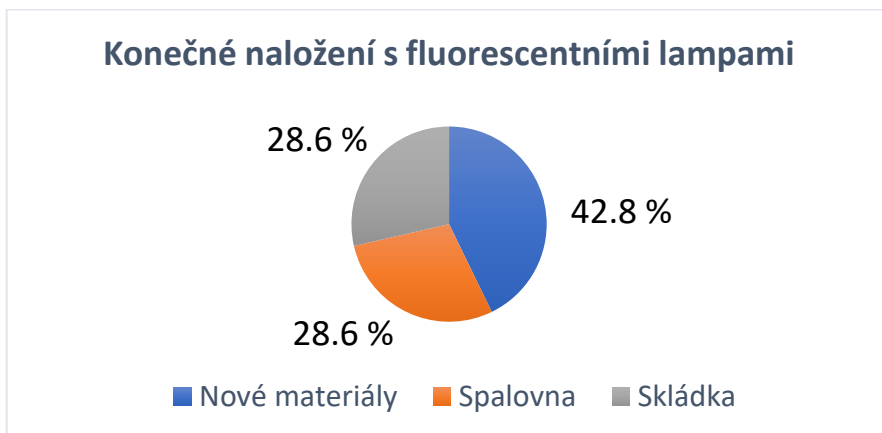
Společnosti také uvedly, že ekonomicky nejvhodnější a nejzajímavější jsou pro ně cívky, desky plošných spojů (ve dvou případech) a měď (také ve dvou případech). Dále firmy uvedly hliník a plexisklo. Nejméně hodnotné jsou naopak sklo, plasty a folie. Sklo bylo uvedeno dokonce rovnou ve 3 případech. To dává smysl, neboť v předchozích otázkách dotázaní uvedli, že LCD panely (obsahující sklo) posílají rovnou na skládku. To samé v případě folií. Zvláště byla položena otázka, kde končí tekuté krystaly z LCD obrazovek. Opět se u všech respondentů potvrdilo, že i krystaly (které jsou součástí LCD panelu) končí na skládce.

Existuje mnoho různých technologií FPD obrazovek (LCD, LED, OLED apod.), proto se nabízí možnost recyklovat tyto displeje zcela odlišnými metodami, které nejsou zahrnuty v této práci. 67 % respondentů kupodivu nerozlišuje postupy na lince na základě technologie obrazovky. Opak se potvrdil pouze v 1/3 případů. V těchto případech firmy mají k dispozici oddělená pracoviště a odlišné technologie a postupy na jednotlivé druhy vysloužilých FPD panelů.

#### 5.3.4.2.1 Nebezpečné látky v FPD

Analýza nebezpečných látek u FPD obrazovek se týkala výhradně LCD technologie, jelikož se jedná o nejčastější typ displeje. V dotazníku byla položena otázka na LCD-CCFL displeje. Jde o starší generaci LCD obrazovek, které ve fluorescentních lampách obsahují podíl rtuti. Znovu všech 100 % respondentů uvedlo, že tyto lampy předávají specializovaným firmám a nikdo z dotázaných je nezpracovává na svých

linkách. V necelých 50 % případech pověřené firmy lampy údajně dále využívají na výrobu nových materiálů a výrobků. Zbytek případů se rovnými díly dělí o spalovnu a skládku.



Obrázek 48: Grafické znázornění konečného naložení s fluorescentními lampami (Vlastní dílo na základě dat z dotazníků, 2020).

Další dotaz se týkal plastů, které obsahují bromované zpomalovače hoření. Ty se mimo jiné vyskytují i v CRT obrazovkách. 100 % linek uvedlo, že je předávají specializované firmě, která se zabývá likvidací nebezpečných odpadů. Žádná z firem nezpracovává tento druh plastů ve svých vlastních prostorách a na vlastní zodpovědnost. Ve více než 70 % případech jsou bromované zpomalovače hoření energeticky využívány, resp. spalovány ve spalovnách odpadů. Zbytek respondentů přiznalo, že zpomalovače se používají na výrobu nových materiálů a výrobků, resp. plastů.



Obrázek 49: Grafické znázornění konečného naložení s plasty obsahující bromované zpomalovače hoření (Vlastní dílo na základě dat z dotazníků, 2020).

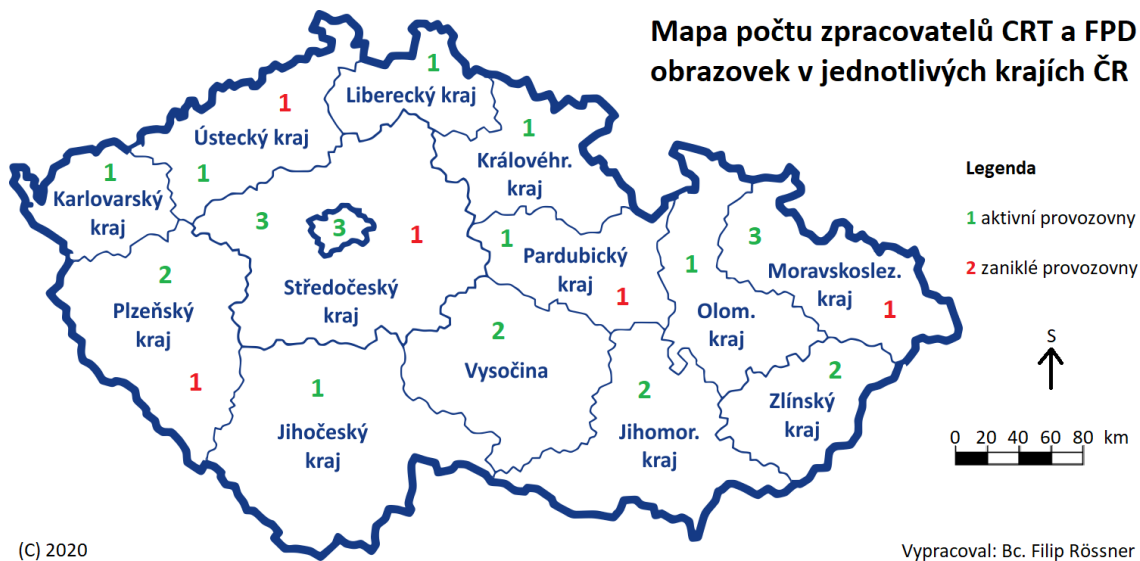
### **5.3.5 Alternativní využití materiálů**

Žádná z firem nedemontuje z obrazovek funkční součástky, které by se daly znovu využít. Vše je rozebráno a zpracováno na demontážních linkách. Pro všechny dotázané je zároveň ekonomicky výhodnější přijímat obrazovky v kompletní podobě. U starých a zchovalých kusů obrazovek (zejména CRT) se nabízí možnost tyto displeje uchovat a prodat sběratelům. Tato možnost napadla více než 70 % firem, avšak žádná z nich tuto metodu nepraktikuje. Ve dvou případech firmy tato možnost nenapadla a ani neuvažují o realizaci.

Jiné alternativní využití materiálu z obrazovek je například výroba upomínkových předmětů, designových výrobků, uměleckých děl apod. Tuto metodu praktikuje celých 43 % firem. Dalších 43 % společností tato možnost využití napadla, ale nepraktikuje ji. Zbýlých 14 % tento nápad nedostalo a ani neuvažuje o zavedení. Část materiálů z obrazovek teoreticky není potřeba prodávat dalším subjektům. Firma si může například zřídit vlastní prostory, které budou zaměřeny na montáž drobných elektrosoučástek. Tím by společnosti v dlouhodobějším horizontu mohly ušetřit finanční náklady. Tato myšlenka kupodivu nenapadla přes 70 % firem a ani o ní neuvažují do budoucna. Jen jednu firmu tato možnost napadla, ale nepraktikuje ji. A pouze jedna firma takové prostory má a touto metodou se více finančně posiluje.

### **5.3.6 Zaniklé firmy**

Další mapa zobrazuje podobné údaje jako ta na začátku kapitoly 6 „Výsledky“. Zde je ovšem kladen důraz zejména na počet aktivních a zaniklých firem v jednotlivých krajích bez konkrétnější lokace.



Obrázek 50: Mapa počtu zpracovatelů CRT a FPD obrazovek v jednotlivých krajích ČR (Vlastní dílo na základě dat z dotazníků, 2020).

Průzkumu se zúčastnilo i 5 firem, u kterých byla činnost již ukončena. V jednom (šestém) případě je provozovna pouze dočasně uzavřena a není započtena do celkového počtu zaniklých firem. Zjišťování informací zde probíhalo pomocí telefonické komunikace. Firmy s ukončenou činností byly v mnoha případech často překvapivě velmi sdílné. Snahou bylo kategorizovat důvody zániku. Firmy byly požádány, aby důvody zařadily do jedné, nebo několika z následujících 5 kategorií: ekonomické, logistické, legislativní, technické a zdravotní. Některé uvedené lokality v následujících paragrafech jsou upraveny. Opět z důvodů zachování anonymity.

Bývalá zpracovatelská linka ve východní části Čech ukončila svoji činnost v oblasti recyklace CRT obrazovek. Dlouhá léta měla firma odběratele pro všechny získávané suroviny, dokonce i pro nebezpečné luminofory a sklo s obsahem olova. Luminofory se vozily do nedaleké továrny na výrobu keramiky. Díky svým luminiscenčním vlastnostem se tento práškovitý materiál využíval na obarvování nových výrobků. Olovené sklo si odvážela sklárna, která ho dále zpracovala. Odběratel skla ovšem dospěl k rozhodnutí, že materiál pro něj bude zajímavý až od určitých objemů. Zpracovatelská linka nebyla schopna tyto objemy plnit a nový odběratel byl v nedohlednu. To znamenalo začátek konce pro firmu. Majitel společnosti poté uvažoval o zavedení linky na LCD obrazovky. Ovšem nedostatečné know-how a vysoké investice



nepřesvědčily firmu v pokračování této činnosti. V tomto případě se tedy jednalo o kombinaci ekonomických a logistických důvodů.

S logistickými problémy se potýkala i firma, která ukončila svoji činnost přibližně před sedmi lety. Společnost zpracovávala zejména CRT monitory. Zde byly hlavními důvody neshody a špatné vztahy s kolektivním systémem. Více se k tomu dotazovaný nechtěl vyjadřovat. Zde je zároveň vidět ukázka toho, jak je obtížné mezi zpracovatelské firmy proniknout.

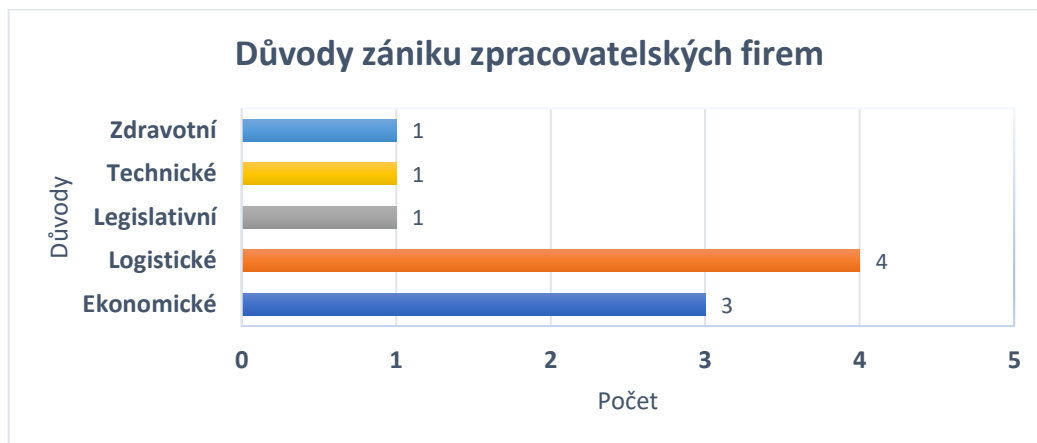
Sklo s obsahem olova řešila také společnost ve Středočeském kraji. Dlouhodobě se zabývala problémem, jak se sklem efektivně nakládat. K ideálnímu řešení se nedospělo a firma musela odběratelům za odvoz skla platit. To bylo dlouhodobě neudržitelné, proto linka skončila. Šlo o kombinaci logistických a ekonomických důvodů.

Nadějná zpracovatelská firma na východní Moravě vlastnila vyspělou recyklační linku za miliony euro od francouzského výrobce. Dokázala zpracovat tisíce obrazovek za jediný den. Společnost bohužel narazila na ekonomické a legislativní překážky. Po opakovaných kontrolách od státu a neschopnosti splácet drahé vybavení, musela společnost s touto činností skončit. Dotazovaný uváděl, že za zavřením stály také vyšší zájmy a lobby, neboť v oboru zpracování elektroodpadu se pohybuje spousta peněz. Konkrétnější odpovědi se mi nedostalo. Tisíce vysloužilých obrazovek, které se do této firmy přestaly dovážet, musely najít nové odbytiště. Respondent uvedl, že materiál nyní putuje do zpracovatelského závodu na Vysočině. V telefonickém hovoru také padla informace, že realita ve firmách bývá často méně růžová, než je uvedeno například v teoretické části této práce.

Chráněná dílna na Plzeňsku byla donucena skončit v březnu roku 2020 kvůli začínající koronavirové krizi. To vše kvůli ochraně svých zaměstnanců, kteří jsou převážně zdravotně znevýhodnění. Dále byla dílna vázána na tamějšího odběratele materiálu. Odběratel ukončil svoji činnost a s ním zanikla i chráněná dílna. Vedoucí pracoviště již nové odbytiště nesháněl. V tomto případě se jednalo o kombinaci logistických a zdravotních důvodů.

V případě pracoviště v Jihočeském kraji se jedná o zvláštní situaci. Pracoviště je pouze dočasně uzavřené z důvodu poruchy zpracovatelského stroje. Dle vyjádření

respondenta se již provádějí nápravná opatření. Avšak vysloužilé obrazovky se zatím vozí do okolních firem. Tento problém jsem zařadil do technických důvodů.



Obrázek 51: Grafické znázornění důvodů zániku zpracovatelských firem (Vlastní dílo na základě dat z dotazníků, 2020).

## 6 Výsledky

Z předešlých analýz jsou vytyčeny a vybrány podstatné výsledky, které jsou zde prezentovány. Pro uvedení do kapitoly je třeba začít obecnějším přehledem. V České republice se k 30.10.2020 na území všech 14 krajů nacházelo celkem 24 aktivních zpracovatelských firem. Současně u dalších 5 bylo zjištěno, že se touto činností již nezabývají (viz obr. 32). Z aktivních firem se celkem 8 zúčastnilo studie a 7 z nich řádně vyplnilo dotazník. Ty slouží jako reprezentativní vzorek.

U zaniklých firem bylo zjištěno, že ukončily činnost nejčastěji z logistických a ekonomických důvodů. Méně časté odpovědi zahrnovaly důvody legislativní, technické a zdravotní (viz obr. 50). Na trhu se starými obrazovkami působí celkem 57 % chráněných dílen a zbylých 43 % provozoven je klasifikováno jako běžné provozovny (viz obr. 33). Jednotlivé firmy mají mezi sebou průměrnou vzdálenost 111 kilometrů a vzájemně se nepovažují za konkurenci. Všechny dotázané firmy spolupracují s více kolektivními systémy. Se společností ELEKTROWIN spolupracují všichni dotázaní zpracovatelé, se systémem ELEKTROWIN 86 %, resp. 6 firem. Se společností REMA spolupracuje 57 % dotázaných, resp. 4 firmy. Systém RETELA přiznaly 2 firmy (viz obr. 34).

Jedním z dílčích cílů bylo zjistit trendy v počtu zpracovaných obrazovek. Data jednoznačně ukázala, že za posledních 5 let (2015 až 2019 včetně) podíl zpracovaných CRT obrazovek meziročně klesá. Naopak podíl FPD obrazovek meziročně stoupá. To se týkalo většiny zúčastněných firem v jednotlivých krajích České republiky. Trendy byly pozorovány v tunách a na počty kusů. V roce 2015 zpracovatelské firmy průměrně hospodařily s 696 tunami CRT obrazovek. V roce 2017 to bylo 470 tun a dva roky později již 298 tun. Na počet kusů v roce 2015 šlo o 21 700 kusů. O dva roky později počet klesl na 17 040 kusů a v roce 2019 se číslo ustálilo na 11 120 kusů (viz obr. 36 a 37).

Zcela opačné trendy byly pozorovány u FPD zobrazovacích zařízení. Z hlediska hmotnosti se v roce 2015 mezi zúčastněnými firmami zpracovalo 41 tun plochých obrazovek. V roce 2017 se číslo zvedlo o 32 tun na celkových 73 tun. V posledních sledovaném roce hodnota opět stoupla tentokrát na 102 tun. Trendy v přepočtu na kusy kopírují ty v přepočtu na tuny. V roce 2015 prošlo oslovenými zpracovatelskými firmami celkem 1890 kusů FPD displejů. Roku 2017 stoupl počet obrazovek o 1835 kusů. Společnosti tak v průměru v tomto období pracovaly s 3725 plochými displeji. Rok

2019 byl v tomto ohledu zatím rekordní. Firmy průměrně zpracovaly 5605 kusů (viz obr. 38 a 39).

Dalším vytyčeným dílčím cílem bylo zmapování materiálových toků. Data ukázala významné rozdíly v nakládání se získanými surovinami z CRT a FPD obrazovek. Přes 70 % firem odpovědělo, že vidí prostor pro navýšení efektivity z hlediska využívání surovin (viz obr. 40). Oslovené společnosti u CRT obrazovek nejčastěji uvedly, že získaný materiál dále přeprodávají dalším společnostem, které suroviny zpracují a využijí. To se týkalo skla, plastů, mědi, železa, mosazi, hliníku a plošných spojů s konektory. Výrazně odlišné odpovědi byly pouze u keramiky. Zde bylo zjištěno, že firmy tento druh materiálu na svých demontážních linkách ignorují. Po přepočítání na 1 CRT obrazovku se celkem 89 % skutečně použije výhradně na výrobu nových materiálů a výrobků. Pouze okolo 9 % nakonec skončí na skládce a kolem 1 % se spálí ve spalovně odpadů (viz obr. 42 a 43).

Samostatným odvětvím jsou nebezpečné látky obsažené v CRT monitorech. Jedná se zejména o luminofory a olovené sklo. Výsledky ukázaly, že v necelých 43 % případů jsou luminofory použity pro výrobu nových produktů. Dalších necelých 29 % je spáleno a stejné procentuální množství je skládkováno. Olovené sklo je v 83 % případů využito na nové výrobky. Zbytek je skládkován (viz obr. 44 a 45).

U FPD displejů firmy prezentovaly méně příznivé výsledky. U železa, hliníku, plastů, mědi a plošných spojů s konektory všechny společnosti uvedly, že je posílají dál zpracovatelským firmám. Ovšem optické folie jsou jednoznačně odeslány rovnou na skládku. U LCD panelů, které jsou tvořeny výhradně ze skla, jsou ve čtyřech případech odvezeny na skládku a ve třech případech posílány na další zpracování. Po přepočítání na 1 LCD obrazovku celkem 67 % materiálů z jedné obrazovky je znovu použito na výrobu nových materiálů a produktů, 31 % obsahu obrazovky skončí na skládce a 2 % materiálů najde své uplatnění ve spalovně odpadů (viz obr. 46 a 47).

Samostatným odvětvím jsou nebezpečné látky obsažené v FPD monitorech. Jedná se zejména o fluorescentní lampy a plasty obsahující bromované zpomalovače hoření. Tento druh plastů je mimo jiné přítomen i u CRT displejů. Ve 43 % případů jsou fluorescentní lampy použity pro výrobu nových produktů. Dalších necelých 29 % je spáleno a stejné procentuální množství je skládkováno. V 71 % případech jsou plasty

obsahující bromované zpomalovače hoření spáleny ve spalovnách odpadů. V pouhých 29 % případů jsou použity na nové produkty (viz obr. 48 a 49).

Celkové stručné shrnutí výsledků obsahuje následující poznatky. Jednotlivé zpracovatelské firmy mají mezi sebou průměrnou vzdálenost 111 kilometrů. V 57 % případů se jedná o chráněné dílny a všechny provozovny spolupracují současně s více kolektivními systémy. Současné trendy v množství zpracování jednotlivých druhů obrazovek budou pokračovat. V elektroodpadu budou stále menší podíly CRT obrazovek. Naopak množství vysloužilých FPD displejů se bude neustále zvyšovat. To je dáno technologickým vývojem. Procentuální využití materiálů z klasických obrazovek se ve studii ukázalo jako dostatečné. Naopak významný prostor pro zlepšení ve smyslu využívání druhotných surovin je u plochých panelů.

## **6.1 Návrh a doporučení**

Jelikož výsledky ukazují, že množství vysloužilých plochých obrazovek bude dále narůstat, měly by se zpracovatelské firmy orientovat především tímto směrem. Pokud společnosti chtějí zůstat konkurenceschopné, tak by se měly zaměřit zejména na dvě stěžejní problematiky. První je technologická vyspělost zpracovatelských linek, druhou efektivnější využívání získaných surovin. Firmy by také měly být schopné predikovat vývoj do dalších let. Toho docílí sledováním trhu s novými obrazovkami, neboť tato zařízení se po skončení životnosti objeví v recyklačních firmách.

Neustále probíhají nové výzkumy, které se zabývají druhotnými surovinami z FPD obrazovek. Aby se snížilo množství jejich skládkování, zpracovatelé by měli více spolupracovat s vědeckými a výzkumnými institucemi. Tím budou firmy neustále získávat aktuální informace o nejnovějších technologických postupech pro efektivnější využití surovin. Nejaktuálnější poznatky v tomto odvětví jsou blíže popsány v následující kapitole. Díky tomu budou napřed vůči konkurenčním firmám, lépe zpeněží své zdroje a méně materiálu skončí na skládkách. Implementace nových technologických postupů vyžaduje i průběžnou modernizaci zpracovatelských linek. Čím technicky vyspělejší budou demontážní linky, tím bude efektivnější i využívání materiálů.

Zpracování materiálu z CRT je čím dál méně aktuálním tématem a z výsledků vyplynulo, že (až na výjimky) je technologicky zvládnuté. Zde tedy firmy již nemusí

investovat tolik času a peněz do nových technologií. To vyplývá také z vývoje na trhu s klasickými obrazovkami. V tomto ohledu již proto není potřeba sledovat nejnovější objevené technologické postupy. Toto odvětví je již na ústupu.

## 7 Diskuse

Trendy v počtu zpracovaných obrazovek zažily v posledních letech významné změny. V České republice je tento vývoj velmi dynamický jak u klasických CRT displejů, tak u FPD technologie. Čeští zpracovatelé z reprezentativního vzorku ještě v roce 2015 na svých linkách operovali s průměrným množstvím 696 tun CRT obrazovek. Na počet kusů se jednalo o 21 700 obrazovek. V roce 2019 čísla klesla na 298 tun a 11 120 kusů. Klesající trend je zřejmý. Za posledních 5 let se hodnoty v obou případech snížily téměř o 50 %. Opačný vývoj je pozorovatelný u plochých obrazovek. V roce 2015 linky operovaly s 41 tunami neboli 1890 kusy FPD displejů. V roce 2019 to bylo již 102 tun a 5605 kusů. V tomto případě je navýšení více než 50 %. Vše souvisí se změnami na trhu. Korejský vědecký článek potvrzuje, že zlom v počtu prodaných obrazovek nastal kolem roku 2007. Tou dobou celosvětové množství prodeje plochých obrazovek předčily ty klasické (Gunho a kol., 2012). Byl to počáteční „katalyzátor“ toho, že v recyklaci obrazovek budou nastávat změny. K podobným výsledkům dochází i o 6 let novější práce z Francie (Charlier, 2018).

Změny na recyklačních linkách, které vzešly z výsledků této práce popisuje i vědecký článek z roku 2013. Úbytky u CRT obrazovek v množství kusů a počtu tun se na linkách projevovaly již v době vydání článku. Souběžně s tím už tehdy začala stoupat čísla u moderních plochých displejů. V té době měly klesající hodnoty pro CRT obrazovky spíše mírný vývoj. Hodnoty zjištěné v této diplomové práci ale poukazují na trend mnohem razantnější. Je to pravděpodobně dáno tím, že data byla sbírána o 7 let později. Další roli v průběhu vývoje mohou hrát geografické rozdíly a počet oslovených. Tento německo-nizozemský článek vychází z celoevropských (30 zemí) dat a oslovil řádově větší počet respondentů. Dále mohou být významné rozdíly například mezi daty od recyklátorů z Německa, či naopak z Rumunska (Fakhredin a Huisman, 2013a). Zatímco data získaná v této práci jsou vztažena pouze na Českou republiku.

Na základě výsledků lze dále očekávat, že množství CRT obrazovek se bude na recyklačních linkách stále zmenšovat. Firmy se čím dál více budou muset připravovat a soustředit výhradně na ploché obrazovky. Očekávaný pokles CRT předpokládá i WEEE Forum ve svém průzkumu. Ve své práci mapují předpokládaná množství klasických obrazovek v evropských domácnostech za každý rok. Platforma Urban Mine v průzkumu

pro WEEE udělala projekci pro léta 2016-2020. Ta předpokládá, že za zmiňované roky klesne množství CRT displejů v evropských domácnostech přibližně o 50 % (WEEE FORUM, ©2018). Této hodnotě se blíží i výsledky této diplomové práce. Za posledních 5 let se v ČR snížil počet recyklovaných CRT také o podobný procentuální pokles.

Zvyšující se množství plochých obrazovek v elektroodpadu bude s největší pravděpodobností neustále pokračovat. Pokles by připadal v úvahu jen v případě vynalezení zcela nové zobrazovací technologie, taková ale v současné době není na obzoru. Stále více vědeckých prací reaguje na současné trendy a zaměřuje se na recyklaci FPD obrazovek. Na zrychlující se vývoj reaguje i německý vědecký článek, který trend potvrzuje (Ueberschaar a kol., 2017). Nárůst počtu plochých obrazovek očekávají také v Rakousku. Tamější firmy už na změny reagují a upravují technická vybavení svých provozoven (EAK, 2018).

Nabízí se i další porovnání dat se sousedním Rakouskem. Obě země mají podobnou rozlohu, podobný počet obyvatel a sdílí také společnou historii. Dokument Federálního ministerstva pro udržitelnost a cestovní ruch shrnuje množství vysloužilých obrazovek za roky 2007 až 2015 v Rakousku. Bohužel tamější ministerstvo nemonitoruje údaje zvláště pro CRT a FPD. Jsou k dispozici pouze souhrnné údaje v tunách za rok. I tak ale data mohou sloužit pro porovnání s ČR. Je to jejich stabilní průběh a konstantní trend, který nemá ani snižující se, ani zvyšující se trend (FMFSAT, ©2017). Po sečtení tun CRT a FPD v jednotlivých letech (2015 až 2019) v ČR je trend mírně klesající. Může to být dáno tím, že hlavní vlna vyřazování CRT obrazovek proběhla právě v letech 2007 až 2015 a v časovém intervalu hodnoceném v této práci je tato vlna již překonána. Dále to může být způsobeno tím, že rakouské ministerstvo má data od všech tamějších linek, zatímco mé zdroje jsou „pouze“ od reprezentativní části zpracovatelů na našem území.

Existuje několik způsobů, jak nakládat s vysloužilými obrazovkami a jak ovlivnit jejich materiálové toky. Rozdělení v této práci rozlišuje 3 základní způsoby. To zahrnuje recyklaci (využití na výrobu nových materiálů), umístění na skládku, nebo řádné spálení ve spalovně odpadů. Na tom se shoduje i práce německo-nizozemského týmu, který výše uvedené základní rozdělení dále upřesňuje. Skládkování a spálení je totožné. Rozdíl nastává u recyklace. Ta je zde pojmenována jako „obnova výrobku“. Pod tím se skrývají



další 3 pojmy. Jde o opětovné použití produktu, repasi a recyklaci (Fakhredin a kol., 2013b).

Celkové procentuální zastoupení v množství znovu využitelných materiálů u CRT zpracovatelů je dle výsledků z dotazníků téměř 90 %. Hmotnost CRT obrazovky skoro ze dvou třetin zahrnuje sklo. Část skla obsahuje i olovo, a právě výhradně olovené sklo tvoří zbylých 10 % nevyužitých materiálů. Některé technologie na zpracování oloveného skla jsou známé, ovšem část českých zpracovatelů (případně jejich odběratelé) i přes tento fakt posílá tento materiál na skládku. Přitom nejsou třeba žádné složité postupy, či investice do nákladných technologií. Tým čínských vědců ve svém vědeckém článku dokládá, že sklo s obsahem olova může být stále efektivně a jednoduše využito. Lze ho použít jako přídatnou složku do stavebních materiálů jako je například pěnové sklo, sklokeramika, cihly, nebo dlažba (Meng a kol., 2016). Pro porovnání možnosti využití ve stavebnictví nabízí i česká práce. Místo skládkování lze materiál použít při přípravě stavebních hmot – tvárnice, omítky, či malty (Sulovský a Opletal, 2011).

Podobná, resp. horší situace je i u nebezpečných luminoforů, které se nacházejí na čelním skleněném (stínítkovém) panelu CRT obrazovek. V luminoforech jsou obsaženy hodnotné kovy vzácných zemin a sloučeniny fosforu. Dle výsledků od českých recyklačních firem více než polovina všech luminoforů skončí ve spalovně odpadů, nebo na skládce. Publikace s názvem „Practical applications of phosphorus (Praktické aplikace fosforu)“ dokládá, že materiály lze využívat efektivněji. Po fyzikálně-chemické úpravě se možná využití rozšiřují například na použití v keramickém průmyslu při výrobě nových produktů. Další možné využití je jako aditivum do fotoluminiscenčních barev. Ty se používají zejména v dopravě při nátěrech čar přechodů pro chodce (Yen a kol., 2006b).

Výsledky naznačují, že je problém i se znovuvyužitím plastů, které obsahují bromované zpomalovače hoření. Ty jsou součástí CRT i FPD panelů. Přes 70 % českých firem posílá tento druh odpadu do spalovny odpadů. Dle tvrzení společností ve výsledcích nelze tyto plasty řádně recyklovat. Dokument instituce BSEF ale tuto premisu vyvrací. Bromované plasty lze efektivně a za rozumné náklady recyklovat. Výsledný regranulát je možné použít na výrobu fotochemikálií, dezinfekčních prostředků do bazénů, či samozřejmě na nové zpomalovače hoření do nových obrazovek (BSEF, ©2013).

Ploché obrazovky je podle respondentů v současné době možné recyklovat (resp. znovu využívání materiálů) přibližně ze dvou třetin. V tomto případě je důležité se zaměřit na sklo a tekuté krystaly z LCD obrazovek. Všechny firmy v mém šetření uvedly, že pro ně nemají využití. V praxi to znamená, že je posílají na skládku. Případně se materiál předá specializované firmě, která likvidaci zajistí. Podle britské Univerzity v Yorku neexistuje pro tento materiál trh, který by ho dokázal využít. Článek pochází z roku 2011 (Asekol, ©2011b). Na základě mých poznatků se tak pravděpodobně ani o 9 let později tento trh nedokázal najít. Nabízí se otázka, jestli skládkování (případně spalování) je bezpečné. Společnost Merck je největším výrobcem tekutých krystalů na světě. Podle jejích výzkumů nebezpečné nejsou, avšak nejsou známy jejich vlastnosti z dlouhodobého hlediska. V tomto ohledu existuje pravděpodobnost, že jsou nebezpečné pro lidské zdraví a životní prostředí (Asekol, ©2011a). Merck dále uvádí, že má technologii na zpracování tekutých krystalů, avšak nikde nebylo možné dohledat podrobnější informace (Asekol, ©2011c). Technologie se pravděpodobně neujala, jinak by výsledky od recyklátorů dopadly jinak.

Tekutými krystaly se také zabývá vědecká instituce ITRI, která sídlí na Taiwanu. Po pětiletém výzkumu bylo dokázáno, že tekuté krystaly v životním prostředí jsou nebezpečné. Při nesprávném uložení může být znečištěna zejména půda a podzemní vody. To potvrzuje i italský vědecký článek z roku 2019 (Amato a kol., 2019). Taiwanská instituce v roce 2017 také vynalezla recyklační technologii, která dokáže vyseparovat krystaly v čisté podobě. Ty jsou použity do výroby nových displejů. Díky tomu není tolik zatěžováno životní prostředí a je podpořena cirkulární ekonomika (Rimbach, 2017). Otázkou zůstává, proč tato technologie ještě nedorazila do České republiky. Proč firmy krystaly stále skládkují? Jednou z možností je, že technologie je stále drahá na pořízení, tudíž nedostupná pro většinu společností. Druhou možností je, že z reprezentativního vzorku žádná z firem technologii zatím nevlastní a některé z nezúčastněných firem již ano. Třetí možností je neznalost a neochota hledání inovativních řešení.

## 8 Závěr a přínos práce

V oblasti recyklace obrazovek na území České republiky je stále značný potenciál pro zlepšení. To potvrzuje i více než 70 % dotázaných, kteří uvedli, že vidí možnost, že by se s materiálem dalo nakládat efektivněji. V diplomové práci se dva hlavní dílčí cíle řeší záměrně. Trendy v počtu zpracovaných obrazovek a mapování materiálových toků spolu úzce souvisí. Trendy se zjišťovaly proto, aby se dalo určit, jak moc se bude měnit složení materiálů (druhotných surovin) od recyklátorů v průběhu času. Zároveň tato data mohou sloužit pro samotné zpracovatelské firmy, aby zavčas dokázaly zareagovat na změny na trhu a zvládly s předstihem modernizovat a inovovat své recyklační linky.

Na základě zjištěných trendů mají recyklační firmy v současné době jasný cíl. Ploché obrazovky jsou budoucnost, proto je třeba se zaměřit na efektivnější využívání druhotných surovin z FPD displejů. Zde je zároveň prostor pro zlepšení a inovace. Některé společnosti již začaly na tyto změny reagovat. Například chráněná dílna na Chebsku nedávno otevřela nové prostory pro demontáže LCD obrazovek. Je ovšem třeba, aby podobně uvažovali i jiní. To může firmám z dlouhodobého hlediska pomoci, aby tzv. „neusnuli na vavřínech“. Poté riskují, že konkurence převezme vedení a firmy se zastaralými linkami a postupy budou odsouzeny k zániku. Jinak využívání materiálů z CRT obrazovek je, až na pár neduhů, v České republice na velmi dobré úrovni.

Z hlediska využívání materiálů jsou u LCD displejů největší výzvou tekuté krystaly. Výzkum ukázal, že technologie na jejich zpracování již existují a není třeba, aby třetina veškerého FPD materiálu skončila na skládce. Znovuzískané tekuté krystaly lze navíc opět použít do nových plochých obrazovek. Bohužel se nepodařilo najít lepší způsob nakládání s fluorescentními lampami. Zde je tedy vhodné alespoň navýšit podíl spalování v zařízeních pro energetické využití odpadů. Spálení odpadu je vždy vhodnější než skládkování. V ZEVO je navíc spálený odpad přeměněn na energii a teplo. Moderní spalovny výrazně neznečišťují ovzduší díky systému filtrů na zachycování spalin.

Další výzvou do budoucna jsou plasty. V současné době jde celkově o velmi aktuální téma. Plasty obsahující bromované zpomalovače hoření ovšem potřebují speciální technologie na zpracování. Největší smysl dává posílat tento druh plastů zpátky ke svému původnímu účelu. Materiál lze používat na nové plasty s obsahem zpomalovačů hoření do nových FPD obrazovek.

Podobné cykly se v minulosti uplatňovaly i u CRT obrazovek s olověným sklem. To se po zpracování dalo opět použít na novou katodovou trubici. Dnes to již nedává smysl kvůli ukončené výrobě této technologie. Olovo je známé tím, že umí dobře absorbovat rentgenové záření. Obrazovkové sklo by díky tomu šlo použít i jako stínicí materiál u rentgenových zařízeních v nemocnicích. Podobné navýšení potenciálu mají luminofory. V keramickém průmyslu a dopravě nachází dobré uplatnění. Pro snížení podílu jejich skládkování by českým firmám také třeba pomohlo obchodování se zahraničím, které je v České republice stále na nízké úrovni.

Pokud jde o celkové zhodnocení a přínos práce, tak čeští recyklátoři si v oblasti zpracování obrazovek nevedou špatně. Jsou tu ale oblasti, kde by nakládání se surovinami mohlo být efektivnější. Tento jev je dán buď neznalostí, nebo neochotou investovat do nových technologií. Svoji roli může hrát i „pohodlnost“ firem, které se spoléhají na osvědčené postupy a nechtějí nic měnit. Samozřejmě velmi významnou roli hrají také peníze. Nové technologie bývají často drahé. Je proto možné, že firmy nové postupy znají, ale pouze vyčkávají až bude možnost nových postupů finančně dostupnější. Tato práce si nekladla za cíl analyzovat toky surovin po finanční stránce. Možná by to ani nebylo proveditelné vzhledem ke značné nedůvěře a nesdílnosti ze strany recyklačních firem. Případně by to bylo vhodné téma pro studenty výhradně ekonomických oborů. Práce vše analyzovala zejména z pohledu životního prostředí. Nejlepší by samozřejmě bylo předcházet vzniku odpadů. V případě obrazovek by to znamenalo například nekupovat každý rok nejnovější modely elektroniky, nebo opravovat rozbité kusy. A pokud obrazovka skutečně doslouží, tak na ni pohlížet jako na zdroj. To zahrnuje řádnou recyklaci a znovu z ní využít maximální množství materiálů. Všechny aspekty zmíněné v této práci podporují cirkulární ekonomiku a trvale udržitelný rozvoj. To z dlouhodobého hlediska může pomoci snížit celkovou míru skládkování a udržet českou krajinu čistší, druhově rozmanitější a atraktivnější pro budoucí generace.

## 9 Zdroje

### 9.1 Odborné publikace

#### 9.1.1 Odborné knihy

BRAITHWAITE, N., WEAVER, G., 1999: *Electronic materials*. Butterworth-Heinemann, Oxford. 336 s.

KELLER, P., 1991: *The cathode-ray tube: technology, history, and applications*. Palisades, New York. 314 s.

KULARATNA, N., 2003: *Digital and Analogue Instrumentation testing and measurement*. MPG Books Limited, Bodmin. 675 s.

LEGRAND, D. G., BENDLER, J. T., 1999: *Handbook of Polycarbonate Science and Technology*. CRC Press, New York. 374 s.

YEN, W. M., SHIONOYA, S., YAMAMOTO, H., 2006a: *Phosphor Handbook*. CRC Press, Boca Raton. 1080 s.

YEN, W. M., SHIONOYA, S., YAMAMOTO, H., 2006b: *Practical Applications of Phosphors*. CRC Press, Boca Raton. 528 s.

VISAKH, P. M., YOSHIHIKO, A., 2015: *Flame Retardants – Polymer Blends, Composites and Nanocomposites*. Springer, London. 328 s.

#### 9.1.2 Vědecké články

AIKEN, W., 1984: *History of the Kaiser-Aiken, thin cathode ray tube*. IEEE Transactions on Electron Devices 31, s. 1605-1608.

ALOTAIBI, A., BEASCHLER, C., RATHOD, S., SHEA, M., 2017: *Re (Cell) LCD: A Feasibility Study On Recycling Cell Phone LCDS*. International Journal of Engineering Research and Application 5, s. 100-113.

AMATO, A., BECCI, A., MARIANI, P., CARDUCCI, F., RUELLO, M. L., MONOSI, S., GIOSUÈ, C., BEOLCHINI, F., 2019: *End-of-Life Liquid Crystal Display Recovery: Toward a Zero-Waste Approach*. Applied Sciences 2019, 9, 2985, s. 1-9.

BALDÉ, C. P., FORTI, V., GRAY, V., KUEHR, R., STEGMANN, P., 2017: *Quantities, Flows, and Resources*. The Global E-waste Monitor 2017, s. 1-116.

FAKHREDIN, F., HUISMAN, J., 2013a: *Analyzing End of Life LCD TV WEEE Flows in Europe*. Conference: EcoDesign 2013, South Korea, s. 1-6.

FAKHREDIN, F., BAKKER, C. A., GERAEDTS, J., HUISMAN, J., 2013b: *Five Perspectives on Design for End of Life: Highlights of a Literature Review*. Conference: EcoDesign 2013, South Korea, s. 1-8.

GUNHO, J., MINHYEOK, C., SANGCHUL, L., WOJIN, P., YUNG, K., TAKHEE, L., 2012: *The application of graphene as electrodes in electrical and optical devices*. Nanotechnology 23, s. 1-19.

CHARLIER, J., 2018: *CRT, OLED and Luminance Feedback Technology for the generation of pattern ERG and VEP*. Conference: International Society of Clinical Electrophysiology of Vision ISCEV, France, s. 1-28.

KAWAMOTO, H., 2012: *The Inventors of TFT Active-Matrix LCD Receive the 2011 IEEE Nishizawa Medal*. Journal of Display Technology 8, s. 3-4.

KIM, H., GILMORE, C. M., PIQUÉ, A., HORWITZ, J. S., MATTOUSSI, H., MURATA, H., KAFABI, Z. H., CHRISSEY, D. B., 1999: *Electrical, optical, and structural properties of indium-tin-oxide thin films for organic light-emitting devices*. Journal of Applied Physics 86, s. 6451-6461.

MENG, W., WANG, X., YUAN, W., WANG, J., SONG, G., 2016: *The Recycling of Leaded Glass in Cathode Ray Tube (CRT)*. Procedia Environmental Sciences 31, s. 954-960.

SHARKEY, M. J., 2019: *Sources, concentrations, and screening of hazardous brominated flame retardants from waste streams in Ireland*. Environmental Protection Agency, s. 1-125.

UEBERSCHAAR, M., SCHLUMMER, M., JALAPOOR, D., KAUP, N., ROTTER, V. S., 2017: *Potential and Recycling Strategies for LCD Panels from WEEE*. Recycling, s. 1-19.

VEIT, H., OLIVEIRA, E., RICHTER, G., 2015: *Thermal processes for lead removal from the funnel glass of CRT monitors*. Metallurgy and materials 68, s. 287-294.

XUNING, Z., WENZHI, H., GUANGMING, L., JUWEN, H., YINGYING, Y., 2012: *Materials Separation from Waste Liquid Crystal Displays Using Combined Physical Methods*. Polish Journal of Environmental Studies 21, s. 1921-1927.

YLÄ-MELLA, J., PONGRÁCZ, E., KEISKI, R., 2008: *Liquid Crystal Displays: Material Content and Recycling Practices*. Conference: International Conference on Solid Waste Technology and Management, USA, s. 1-9.

ZALAMA, E., RODRIGUEZ, M., GONZÁLEZ, I., 2015: *Review of Display Technologies Focusing on Power Consumption*. Sustainability 7, s. 10854-10875.

## 9.2 Internetové zdroje

ASEKOL, ©2011a: *Budoucnost patří plochým obrazovkám: Na jejich zpracování jsme připraveni – 1. díl*, online: <https://vyvoj.hw.cz/teorie-a-praxe/budoucnost-patri-plochym-obrazovkam-na-jejich-zpracovani-jsme-pripraveni-1-dil.html>, cit. 14.11.2020

ASEKOL, ©2011b: *Budoucnost patří plochým obrazovkám: Na jejich zpracování jsme připraveni – 2. díl*, online: <https://vyvoj.hw.cz/teorie-a-praxe/budoucnost-patri-plochym-obrazovkam-na-jejich-zpracovani-jsme-pripraveni-2-dil.html>, cit. 14.11.2020

ASEKOL, ©2011c: *Budoucnost patří plochým obrazovkám: Na jejich zpracování jsme připraveni – 3. díl*, online: <https://vyvoj.hw.cz/teorie-a-praxe/budoucnost-patri-plochym-obrazovkam-na-jejich-zpracovani-jsme-pripraveni-3-dil.html>, cit. 14.11.2020

ASEKOL, ©2020: *O nás*, online: <https://www.asekol.cz/o-nas/>, cit. 14.9.2020

BEAL, V., 2020: *PCI – Peripheral Component Interconnect*, online: <https://www.webopedia.com/TERM/P/PCI.html>, cit. 30.1.2020

BORÁKOVÁ, L., 2009: *Tajná operace Greenpeace odhalila nelegální vývoz elektroodpadu do Afriky*, online: <https://ekumakad.cz/cz/temata/tajna-operace-greenpeace-odhalila-nelegalni-vyvoz-elektroodpadu-do-afriky>, cit. 16.9.2020

(BSEF) BROMINE SCIENCE AND ENVIRONMENTAL FORUM, ©2013: *Recycling and Recovery of Plastics Containing Brominated Flame Retardants*, online: [https://polymerandfire.files.wordpress.com/2013/01/bsef\\_recycling1.pdf](https://polymerandfire.files.wordpress.com/2013/01/bsef_recycling1.pdf), cit. 14.11.2020

BUREŠ, M., 2019: *Cirkulární ekonomika přišla do Česka*, online: <https://www.finance.cz/528474-trendy-v-ceske-ekonomice/>, cit. 10.9.2020

CENIA, ©2020: *Odpadové a oběhové hospodářství*, online: <https://www.cenia.cz/odpadove-a-obehove-hospodarstvi/isoh/>, cit. 10.9.2020

COLOTTI, J., 2005. *Analog, RF and EMC Considerations in Printed Wiring Board (PWB) Design*, online: [https://www.ieee.li/pdf/viewgraphs\\_pwb\\_design.pdf](https://www.ieee.li/pdf/viewgraphs_pwb_design.pdf), cit. 30.1.2020

CORONES, M., 2014: *A (very) brief history of television displays*, online: <http://blogs.reuters.com/data-dive/2014/12/17/a-very-brief-history-of-television-displays/>, cit. 14.1.2020

ČÍHAL, P., 2019: *Co přináší nový zákon o výrobcích s ukončenou životností v oblasti elektroodpadu?*, online: <https://euractiv.cz/section/obehove-hospodarstvi/opinion/co-prinasi-novy-zakon-o-vyrobcich-s-ukoncenou-zivotnosti-v-oblasti-elektroodpadu/>, cit. 10.9.2020

DOHNAL, R., 2013: *V Ghaně se budou učit těžit zlato – z elektroodpadu*, online: <https://www.ekobydleni.eu/zivotni-prostredi/v-ghane-se-budou-ucit-tezit-zlato-z-elektroodpadu>, cit. 16.9.2020

DUŠKOVÁ, M., 2020: *Karlovarský kraj*, online: <https://www.kr-karlovarsky.cz/samosprava/Stranky/karlov-kraj.aspx>, cit. 7.12.2020

EAK AUSTRIA, ©2018: *WEEE and Waste Batteries School-Kit*, online: [https://www.eak-austria.at/downloads/Inhalte/Schulfilm/Material\\_for\\_the\\_school\\_film.pdf](https://www.eak-austria.at/downloads/Inhalte/Schulfilm/Material_for_the_school_film.pdf), cit. 14.1.2020

ECOSYSTEM, ©2020a: *Understanding the recycling of products in order to improve their design*, online: <https://www.ecosystem.eco/en/article/understanding-recycling>, cit. 20.9.2020

ECOSYSTEM, ©2020b: *Treatment of cathode-ray tube screens (CRT screens)*, online: <https://www.ecosystem.eco/upload/media/default/0001/01/1d1ec30e1235eba4f8732e02f7e5b237dc4651dd.jpeg>, cit. 19.9.2020

ECOSYSTEM, ©2020c: *Automated treatment of flat screens*, online: <https://www.ecosystem.eco/upload/media/default/0001/01/36a434316f9badb4363aa10d7a3cb7715be22265.jpeg>, cit. 19.9.2020

ECOSYSTEM, ©2020d: *Manual treatment of flat screens*, online: <https://www.ecosystem.eco/upload/media/default/0001/01/e49b1bb4ef99efdefff587d601f43dd0322d3edb.jpeg>, cit. 19.9.2020

(ECHA) EUROPEAN CHEMICALS AGENCY, ©2020: *Informujte se o elektronice, kterou vlastníte, a o chemických látkách v ní obsažených*, online: <https://chemicalsinourlife.echa.europa.eu/cs/know-your-electronics>, cit. 10.9.2020

ELEKTROWIN, ©2018: *Z 10 skupin elektrozařízení zůstalo 6, změny se plně promítnou od ledna 2019*, online: <https://www.elektrowin.cz/cs/newsletter/newsletter-2018/z-10-skupin-zustalo-6.html>, cit. 10.9.2020

ELEKTROWIN, ©2020: *O společnosti*, online: <https://www.elektrowin.cz/cs/o-spolecnosti.html>, cit. 14.9.2020

ENVIROPOL, ©2020: *Pracujte pro Enviropol*, online: <https://www.enviropol.cz/>, cit. 16.9.2020

(FMFSAT) FEDERAL MINISTRY FOR SUSTAINABILITY AND TOURISM, ©2017: *Federal waste management plan 2017 Part 1*, online: <https://www.bmnt.gv.at/dam/jcr:cb5bc8aa-c9c2-440c-af47-1f4ce945372c/Federal%20Waste%20Management%20Plan%202017%20Part%201.pdf>, cit. 14.1.2020



HART, J., LENWAY, S., MURTHA T., 1999: *A History of Electroluminescent Displays*, online: <http://www.indiana.edu/~hightech/fpd/papers/ELDs.html>, cit. 30.1.2020

HAWKINS, E., 2017: *LED Backlight Vs CCFL Backlight In A LCD Display Module*, online: <https://focuslcds.com/journals/led-backlight-vs-ccfl-backlight-in-a-lcd-display-module/>, cit. 14.1.2020

HOLZKNECHT, M., 2019: *Čeští odborníci našli ve vejcích z Ghany extrémní množství dioxinů*, online: <https://arnika.org/cesi-nasli-dioxiny-v-ghanskych-vejcich>, cit. 16.9.2020

HUISMAN, J., MAGALINI, F., 2018: *WEEE Recycling Economics – The shortcomings of the current business model?*, online: <https://www.eera-recyclers.com/files/eera-recycling-economics-v8-ierc-pdf.pdf>, cit. 14.1.2020

(INCIEN) INSTITUT CIRKULÁRNÍ EKONOMIKY, ©2020: *Cirkulární ekonomika*, online: <https://incien.org/cirkularni-ekonomika/>, cit. 10.9.2020

(ISOH) INTEGROVANÝ SYSTÉM ODPADOVÉHO HOSPODÁŘSTVÍ, ©2020: *Registr zařízení*, online: <https://isoh.mzp.cz/RegistrZarizeni/Main/Vyhledat>, cit. 31.10.2020

ICER, ©2003. *New approach to cathode ray tube (CRT) recycling*, online: <https://www.ecotic.ro/wp-content/uploads/2015/07/458f73a6c85196449d95c3cdbba111ec3febf391.pdf>, cit. 14.1.2020

JIHOMORAVSKÝ KRAJ, ©2020: *Základní údaje o Jihomoravském kraji*, online: <https://www.kr-jihomoravsky.cz/Default.aspx?ID=27204&TypeID=2>, cit. 7.12.2020

KATALOG ODPADŮ, ©2020: *Katalog odpadů dle přílohy č.1 Vyhlášky 93/2016 Sb. o Katalogu odpadů*, online: <https://www.katalogodpadu.cz/#top>, cit. 10.9.2020

KOZÁK, R., 2011: *Zobrazovací technologie – minulosti, současnosti i budoucnosti*, online: <https://www.slideshare.net/kozakr/zobrazovac-technologie>, cit. 13.9.2020

LIBERECKÝ KRAJ, ©2020: *Obecné informace*, online: <https://krajsky-urad.kraj-lbc.cz/page22>, cit. 7.12.2020

LIEBERMAN, D., 2000: *CRT monitors get flat-faced*, online: <https://www.eetimes.com/crt-monitors-get-flat-faced/#>, cit. 14.1.2020

MAGALINI, F., STILLHART, R., 2019: *Scavenging of WEEE: environmental and economic consequences for society*, online: <https://www.eera-recyclers.com/files/eera-scavenging-folder-online-4.pdf>, cit. 14.1.2020

MAGISTRÁT HLAVNÍHO MĚSTA PRAHY, ©2020: *Základní informace*, online: <https://www.praha.eu/jnp/cz/co-delat-v-praze/o-praze/zakladni-informace/index.html>, cit. 7.12.2020

MARKETA REMONE, ©2020: *Zpracování elektroodpadu*, online: <https://www.marketaremone.cz/zpracovani-elektro-odpadu>, cit. 16.9.2020

MORAVSKOSLEZSKÝ KRAJ, ©2020: *O kraji*, online: <https://www.msk.cz/cz/verejnost/moravskoslezsky-kraj-41613/>, cit. 7.12.2020

(MPO) MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU, ©2014: *Politika druhotných surovin České republiky*. 62 s., online: <https://www.mpo.cz/assets/dokumenty/51372/60887/635845/priloha002.pdf>, cit. 10.9.2020

(MŽP) MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ, ©2019: *Česko čeká velká odpadková revoluce, vláda schválila novou odpadovou legislativu*, online: [https://www.statnisprava.cz/rstsp/clanky.nsf/i/cesko-ceka-velka-odpadkova-revoluce-v-lada-schvalila-novou-odpadovou-legislativu-19121008\\_90974289](https://www.statnisprava.cz/rstsp/clanky.nsf/i/cesko-ceka-velka-odpadkova-revoluce-v-lada-schvalila-novou-odpadovou-legislativu-19121008_90974289), cit. 10.9.2020

(MŽP) MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ, ©2020: *Provozovatelé kolektivních systémů se souhlasem pro zajištění financování nakládání s elektroodpady a s historickými elektrozařizeními*, online: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/kolektivni-systemy-oeez/\\$FILE/OODP-kolektivni-systemy-kontakty-20202805.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/kolektivni-systemy-oeez/$FILE/OODP-kolektivni-systemy-kontakty-20202805.pdf), cit. 14.9.2020

OČENÁŠKOVÁ, A., 2020: *Válka recyklátorů elektroodpadu má svá rukojmí. Zbavit se Samsungu může být problém*, online: <https://zpravy.aktualne.cz/ekonomika/asekol-od-srpna-na-sbernych-mistech-neodebira-elektroniku-sa/r~dd63fe3ed65511eab115ac1f6b220ee8/>, cit. 10.9.2020

RECYCLING TECH KNOWLEDGE, ©2017: *CRT TV & Monitor Recycling Line*, online: <https://www.youtube.com/watch?v=dV6S98i5QUk>, cit. 14.1.2020

REMA, ©2019: *Chráněná dílna MARKETA REMONE: Až 95 procent materiálu vracíme zpět do oběhu*, online: <https://www.rema.cloud/chranena-dilna-marketa-remone-az-95-procent-materialu-vcime-zpet-do-obehu/>, cit. 10.9.2020

REMA, ©2020: *O společnostech REMA*, online: <https://www.rema.cloud/o-nas-2/>, cit. 14.9.2020

RETELA, ©2015: *O skupině RETELA*, online: <http://www.retela.cz/o-nas>, cit. 14.9.2020

RIMBACH, R., 2017: *Liquid Crystal Display (LCD) Recycling System Developed by The Industrial Technology Research Institute of Taiwan*, online: <https://www.pollutionequipmentnews.com/liquid-crystal-display-lcd-recycling-system-developed-by-the-industrial-technology-research-institute-of-taiwan>, cit. 14.11.2020

ROHS GUIDE, ©2020: *Is your Organization RoHS 3 Compliant for 2020?*, online: <https://www.rohsguide.com/>, cit. 30.1.2020

ROJKOVÁ, H., 2016: *Světové pohřebiště elektroniky: Místo, kde lidé pro pár dolarů umírají na rakovinu*, online: <https://zpravy.tiscali.cz/svetove-pohrebiste-elektroniky-misto-kde-lide-pro-par-dolaru-umiraji-na-rakovinu-270610>, cit. 16.9.2020

SAMOSEBOU, ©2020: *Druhotná surovina*, online: <https://www.samosebou.cz/dictionary/druhotna-surovina/>, cit. 10.9.2020

SINGR, M., 2011: *Evropa zaplavuje rozvojové země elektroodpadem*, online: <https://ekolist.cz/cz/zpravodajstvi/zpravy/evropa-zasobuje-rozvojove-zeme-elektroodpadem>, cit. 16.9.2020

SIVEWRIGHT, N., 2019: *Apple's Last Ever CRT Display*, online: <https://www.youtube.com/watch?v=3NkYANkRPJg>, cit. 14.1.2020

STŘEDOČESKÝ KRAJ, ©2020: *Základní informace o kraji*, online: <http://www.kr-stredocesky.cz/web/kraj>, cit. 7.12.2020

SULOVSÝ, P., OPLETAL, T., 2011: *Alkalická aktivace – Slibná možnost využití odpadního obrazkového skla*, online: <https://www.slideserve.com/iniko/alkalicka-aktivace-slibn-mo-nost-vyu-it-odpadn-ho-obrazkov-ho-skla>, cit. 14.11.2020

TŘÍDĚNÍ ODPADU, ©2020a: *Elektroodpad. Jak je to s uhynulými spotřebiči?*, online: <https://www.trideniodpadu.cz/elektroodpad>, cit. 10.9.2020

TŘÍDĚNÍ ODPADU, ©2020b: *Kolektivní systémy. Jak funguje zpětný odběr?*, online: <https://www.trideniodpadu.cz/kolektivni-systemy>, cit. 14.9.2020

VOJÁČEK, A., 2007: *Co je to CCFL?*, online: <https://automatizace.hw.cz/clanek/2007051301>, cit. 10.9.2020

WEEE FORUM, ©2018: *Impact of glass from cathode ray tubes (CRT) in achieving the WEEE recycling and recovery targets*, online: [http://weee-forum.org/wp-content/uploads/2019/06/CRT-glass\\_Issue-paper\\_Final.pdf](http://weee-forum.org/wp-content/uploads/2019/06/CRT-glass_Issue-paper_Final.pdf), cit. 14.1.2020

YOUR SYSTEM, ©2019: *Zpětný odběr vysloužilých elektrozařízení*, online: <https://www.ys.cz/zpetny-odber-vyslouzilych-elektrozarizeni/>, cit. 14.9.2020

ZACHOVÁ, A., 2020: *Zpracovatelé elektroodpadu se obávají nové legislativy. Hrozí monopol jedné organizace?*, online: <https://euractiv.cz/section/obehove-hospodarstvi/news/zpracovatele-elektroodpadu-se-obavaji-nove-legislativy-hrozi-monopol-jedne-organizace/>, cit. 10.9.2020

ZLÍNSKÝ KRAJ, ©2020: *Základní charakteristika kraje*, online: <https://www.kr-zlinsky.cz/zakladni-charakteristika-kraje-cl-3685.html>, cit. 7.12.2020

ZONNEVELD, N., HUISMAN, J., MAGALINI, F., 2018: *Why is the majority of the waste of electronics products not reported?*, online: <https://www.eera-recyclers.com/files/press-release-ierc-2018-3.pdf>, cit. 14.1.2020

### **9.3 Legislativní zdroje**

DIRECTIVE 2002/95/EC, of the European parliament and of the council of 27 January 2003 on the restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment

ZÁKON č. 541/2020 Sb., o odpadech

## 10 Obrázky a tabulky

### 10.1 Obrázky

Obrázek 1: Schéma cirkulární vs. lineární ekonomiky (Incien) [cit. 10.9.2020], dostupné online z <<https://incien.org/wp-content/uploads/2018/02/ce-od-peti.png>>.

Obrázek 2: Schéma porovnání starých a nových skupin elektrozařízení (Elektrowin) [cit. 10.9.2020], dostupné online z <<https://www.elektrowin.cz/cs/newsletter/newsletter-2018/z-10-skupin-zustalo-6.html>>.

Obrázek 3: Logo systému ISOH (CENIA) [cit. 10.9.2020], dostupné online z <<https://www.cenia.cz/odpadove-a-obehove-hospodarstvi/isoh/>>.

Obrázek 4: Logo organizace WEEELABEX (Enviropol) [cit. 10.9.2020], dostupné online z <<https://www.enviropol.cz/wp-content/uploads/2018/12/Weelabex-logo.png>>.

Obrázek 5: Schéma barevné CRT obrazovky (Láníček) [cit. 13.9.2020], dostupné online z <<https://image.slidesharecdn.com/zobrazovactechnologie-kozk-111107152427-phpapp02/95/zobrazovac-technologie-6-728.jpg?cb=1320679511>>.

Obrázek 6: Schéma TFT LCD obrazovky (Alza) [cit. 13.9.2020], dostupné online z <<https://cdn.alza.cz/Foto/ImgGalery/Image/Article/tft-displej.png>>.

Obrázek 7: Schéma tří druhů skel v katodové trubici (Sulovský a Opletal) [cit. 13.9.2020], dostupné online z <<https://www.slideserve.com/iniko/alkalick-aktivace-slibn-mo-nost-vyu-it-odpadn-ho-obrazovkov-ho-skla>>.

Obrázek 8: Grafické znázornění materiálového složení CRT obrazovky (Veit a kol.) [cit. 13.9.2020], dostupné online z <<https://www.scielo.br/img/revistas/rem/v68n3//0370-4467-rem-68-03-0287-gf01.jpg>>.

Obrázek 9: Grafické znázornění materiálového složení FPD obrazovky (Alotaibi a kol.) [cit. 13.9.2020], dostupné online z <<https://html2-f.scribdassets.com/4uy3o1s1og5vyi07/images/6-a57419afd0.jpg>>.

Obrázek 10: Schéma recyklačního procesu CRT obrazovek (automatizovaný) (Ecosystem) [cit. 16.9.2020], dostupné online z <<https://www.ecosystem.eco/upload/media/default/0001/01/1d1ec30e1235eba4f8732e02f7e5b237dc4651dd.jpeg>>.

Obrázek 11: Fotografie recyklačního procesu CRT obrazovek – manuální (ruční) vysávání luminoforů (Recycling Tech Knowledge) [cit. 17.2.2021], dostupné online z <<https://www.youtube.com/watch?v=dV6S98i5QUk>>.

Obrázek 12: Schéma recyklačního procesu FPD obrazovek (automatizovaný) (Ecosystem) [cit. 16.9.2020], dostupné online z

<https://www.ecosystem.eco/upload/media/default/0001/01/36a434316f9badb4363aad7a3cb7715be22265.jpeg>>.

Obrázek 13: Schéma recyklačního procesu FPD obrazovek (manuální) (Ecosystem) [cit. 14.1.2020], dostupné online z <https://www.ecosystem.eco/upload/media/default/0001/01/e49b1bb4ef99efdefff587d601f43dd0322d3edb.jpeg>>.

Obrázek 14: Grafické znázornění vývoje počtu prodaných obrazovek dle druhů (Gunho a kol.) [cit. 13.9.2020], dostupné online z [https://www.researchgate.net/profile/Yung\\_Kahng/publication/230978369/figure/fig6/AS:666676886515723@1535959564759/The-flat-panel-display-and-transparent-conductor-market-OLED-organic-light-emitting.png](https://www.researchgate.net/profile/Yung_Kahng/publication/230978369/figure/fig6/AS:666676886515723@1535959564759/The-flat-panel-display-and-transparent-conductor-market-OLED-organic-light-emitting.png)>.

Obrázek 15: Grafické znázornění tržeb z prodaných obrazovek dle druhů (Charlier) [cit. 13.9.2020], dostupné online z [https://metrovision.fr/2018/2018\\_Charlier\\_CRT,\\_OLED\\_and\\_LFT\\_pattern\\_stimulation\\_techniques.pdf](https://metrovision.fr/2018/2018_Charlier_CRT,_OLED_and_LFT_pattern_stimulation_techniques.pdf)>.

Obrázek 16: Fotografie Apple CRT Studio Display (Sivewright) [cit. 13.9.2020], dostupné online z [https://512pixels.net/wp-content/uploads/2016/10/00studio17\\_side.png](https://512pixels.net/wp-content/uploads/2016/10/00studio17_side.png)>.

Obrázek 17: Fotografie Apple LCD Studio Display (Pomeroy) [cit. 14.9.2020], dostupné online z [https://en.wikipedia.org/wiki/Apple\\_Studio\\_Display#/media/File:Apple\\_Studio\\_Display\\_7671.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/Apple_Studio_Display#/media/File:Apple_Studio_Display_7671.jpg)>.

Obrázek 18: Grafické znázornění počtu LCD televizí uvedených na trh v přepočtu na 100 obyvatel (Fakhredin a Huisman) [cit. 14.9.2020], dostupné online z [https://www.researchgate.net/profile/Farzaneh\\_Fakhredin/publication/259146226/figure/fig1/AS:297066619260930@1447837610040/LCD-TV-put-on-market-total-EU-incl-prognoses.png](https://www.researchgate.net/profile/Farzaneh_Fakhredin/publication/259146226/figure/fig1/AS:297066619260930@1447837610040/LCD-TV-put-on-market-total-EU-incl-prognoses.png)>.

Obrázek 19: Grafické znázornění změn na trhu s obrazovkami a předpokládané množství elektroodpadu z nich (Fakhredin a Huisman) [cit. 16.9.2020], dostupné online z [https://www.researchgate.net/profile/Farzaneh\\_Fakhredin/publication/259146226/figure/fig5/AS:297066623455247@1447837611107/CRT-replacement-and-expected-WEEE.png](https://www.researchgate.net/profile/Farzaneh_Fakhredin/publication/259146226/figure/fig5/AS:297066623455247@1447837611107/CRT-replacement-and-expected-WEEE.png)>.

Obrázek 20: Symboly „škrtnuté popelnice“ vyobrazeny na elektrozařízeních od roku 2005 (Autocont) [cit. 14.9.2020], dostupné online z <https://www.autocont-ipc.cz/wp-content/uploads/2018/08/WEEE.png>>.

Obrázek 21: Fotografie výrobního štítku jednoho z prvních LCD monitorů, který nese označení „škrtnuté popelnice“ – vyroben v srpnu 2005 (Vlastní dílo).

Obrázek 22: Logo společnosti ELEKTROWIN (Enviweb) [cit. 14.9.2020], dostupné online z <http://www.enviweb.cz/tmp/thumbnails/712/0f/0f5ea0ee51a713d2a2a19f8ebc676b18.jpg>.

Obrázek 23: Fotografie kontejneru společnosti ELEKTROWIN (Odpady-online) [cit. 14.9.2020], dostupné online z [https://www.odpady-online.cz/wp-content/uploads/sites/20/2011/02/OD02\\_21\\_priloha.jpg](https://www.odpady-online.cz/wp-content/uploads/sites/20/2011/02/OD02_21_priloha.jpg).

Obrázek 24: Logo společnosti ASEKOL (RMOL) [cit. 14.9.2020], dostupné online z [https://www.rmol.cz/sites/default/files/styles/article\\_320x240/public/main-images/logo\\_asekol.gif?itok=aJJnH0E](https://www.rmol.cz/sites/default/files/styles/article_320x240/public/main-images/logo_asekol.gif?itok=aJJnH0E).

Obrázek 25: Fotografie kontejneru společnosti ASEKOL (Praha 11) [cit. 14.9.2020], dostupné online z <https://www.praha11.cz/galerie/obrazky/image.php?img=48376&x=800&y=600>.

Obrázek 26: Logo společnosti REMA (Rema) [cit. 14.9.2020], dostupné online z <https://www.rema.cloud/wp-content/uploads/documents/rema-system/07.jpg>.

Obrázek 27: Fotografie sběrné dodávky společnosti REMA (Rema) [cit. 14.9.2020], dostupné online z [https://www.rema.cloud/wp-content/uploads/2019/06/DSC\\_0097-1024x685.jpg](https://www.rema.cloud/wp-content/uploads/2019/06/DSC_0097-1024x685.jpg).

Obrázek 28: Fotografie nakládání s elektroodpadem v Agbogbloshie v Ghaně (For 91 days) [cit. 16.9.2020], dostupné online z <https://www.youtube.com/watch?v=BdPGO6sfc3c>.

Obrázek 29: Mapa původu zúčastněných firem dle krajů (Vlastní dílo na základě dat z dotazníků).

Obrázek 30: Logo společnosti Enviropol (Ita) [cit. 16.9.2020], dostupné online z <https://ita.eu.com/files/logo-Enviropol-300x123.jpg>.

Obrázek 31: Logo společnosti Marketa Remone (Marketa Remone) [cit. 16.9.2020], dostupné online z <https://www.marketaremone.cz/foto/Logo-Marketa-Remone-web.gif>.

Obrázek 32: Mapa zpracovatelů CRT a FPD obrazovek v jednotlivých okresech a krajích ČR (Vlastní dílo na základě dat z dotazníků).

Obrázek 33: Grafické znázornění typů zpracovatelských zařízení (Vlastní dílo na základě dat z dotazníků).

Obrázek 34: Grafické znázornění spolupráce s kolektivními systémy (Vlastní dílo na základě dat z dotazníků).



Obrázek 35: Grafické znázornění původu obrazovek (Vlastní dílo na základě dat z dotazníků).

Obrázek 36: Grafické znázornění vývoje množství recyklovaných CRT obrazovek – tuny (Vlastní dílo na základě dat z dotazníků).

Obrázek 37: Grafické znázornění vývoje množství recyklovaných CRT obrazovek – kusy (Vlastní dílo na základě dat z dotazníků).

Obrázek 38: Grafické znázornění vývoje množství recyklovaných FPD obrazovek – tuny (Vlastní dílo na základě dat z dotazníků).

Obrázek 39: Grafické znázornění vývoje množství recyklovaných FPD obrazovek – kusy (Vlastní dílo na základě dat z dotazníků).

Obrázek 40: Grafické znázornění odpovědi na otázku: Kolik firem vidí možnost efektivnějšího nakládání se surovinami? (Vlastní dílo na základě dat z dotazníků).

Obrázek 41: Grafické znázornění obchodování surovin (Vlastní dílo na základě dat z dotazníků).

Obrázek 42: Schéma odpovědi na otázku: Kam zpracovatelé dále posílají druhotné suroviny? (Vlastní dílo na základě dat z dotazníků).

Obrázek 43: Grafické znázornění konečného naložení s materiály získanými z 1 CRT obrazovky (Vlastní dílo na základě dat z dotazníků).

Obrázek 44: Grafické znázornění konečného naložení s luminofory (Vlastní dílo na základě dat z dotazníků).

Obrázek 45: Grafické znázornění konečného naložení s olověným sklem (Vlastní dílo na základě dat z dotazníků).

Obrázek 46: Schéma odpovědi na otázku: Kam zpracovatelé dále posílají druhotné suroviny? – FPD (LCD) (Vlastní dílo na základě dat z dotazníků).

Obrázek 47: Grafické znázornění konečného naložení s materiály získanými z 1 FPD (LCD) obrazovky (Vlastní dílo na základě dat z dotazníků).

Obrázek 48: Grafické znázornění konečného naložení s fluorescentními lampami (Vlastní dílo na základě dat z dotazníků).

Obrázek 49: Grafické znázornění konečného naložení s plasty obsahující bromované zpomalovače hoření (Vlastní dílo na základě dat z dotazníků).

Obrázek 50: Mapa počtu zpracovatelů CRT a FPD obrazovek v jednotlivých krajích ČR (Vlastní dílo na základě dat z dotazníků).



Obrázek 51: Grafické znázornění důvodů zániku zpracovatelských firem (Vlastní dílo na základě dat z dotazníků).

## **10.2 Tabulky**

Tabulka 1: Seznam otázek, které byly pokládány zpracovatelským firmám (Vlastní dílo).

Příloha 1 Tabulka 1: Seznam 20 základních skupin v katalogu odpadů (Katalog odpadů) [cit. 17.2.2021], dostupné online <<https://www.katalogodpadu.cz/#top>>.

## 11 Seznam zkratek

- ABS: acrylonitrile butadiene styrene (akrylonitrilbutadienstyren)
- ABS-FR: acrylonitrile butadiene styrene-flame retardant (ABS plasty obsahující zpomalovače hoření)
- ALL ISOH: Rozšířená verze integrovaného systému odpadového hospodářství
- BaO: barium oxide (oxid barnatý)
- BFR: brominated flame retardant (bromovaný zpomalovač hoření)
- BSEF: Bromine Science and Environmental Forum (Fórum pro vědu o bromu a životní prostředí)
- CATI: computer assisted telephone interviewing (telefonické dotazování)
- CAWI: computer assisted web interviewing (dotazování pomocí webového rozhraní)
- CCFL: cold cathode fluorescent lamp (zářivka se studenou katodou)
- CdS: cadmium sulfide (sulfid kademnatý)
- CRT: cathode ray tube (katodová trubice)
- ČIZP: Česká inspekce životního prostředí
- EERA: European Electronics Recyclers Association (Evropská asociace recyklátorů elektroniky)
- EEZ: elektrické a elektronické zařízení
- EITO: European Information Technology Observatory (Evropská observatoř informačních technologií)
- ELD: electroluminescent display (elektroluminiscenční displej)
- FPD: flat panel display (plochý displej)
- FR: flame retardant (zpomalovač hoření)
- ISOH: Integrovaný systém odpadového hospodářství
- ISPOP: Integrovaný systém plnění ohlašovacích povinností
- ITO: indium tin oxide (cínem dopovaný oxid inditý)
- ITRI: Industrial Technology Research Institute (Výzkumný ústav průmyslové technologie)
- K<sub>2</sub>O: potassium oxide (oxid draselný)
- KHS: Krajská hygienická stanice
- LCD: liquid crystal display (displej z tekutých krystalů)

LCD-CCFL: liquid crystal display – cold cathode fluorescent lamp (displej z tekutých krystalů se zářivkovým měničem)

LCD-LED: liquid crystal display – light emitting diode (displej z tekutých krystalů s elektroluminiscenčními diodami)

LCP: liquid crystal polymer (polymer tekutých krystalů)

LED: light emitting diode (elektroluminiscenční dioda)

MA ISOH: Modul autovraky – Integrovaný systém odpadového hospodářství

Na<sub>2</sub>O: sodium oxide (oxid sodný)

OLED: organic light emitting diode (elektroluminiscenční dioda využívající organické materiály)

ORP: obec s rozšířenou působností

PbO: lead(II) oxide (oxid olovnatý)

PC: polycarbonate (polykarbonát)

PCI: peripheral component interconnect (počítačová sběrnice pro připojení periférií k základní desce)

PDP: plasma display panel (plazmová obrazovka)

PET: polyethylene terephthalate (polyethylentereftalát)

PMMA: particular polymethyl methacrylate (polymethylmethakrylát)

POM: put on market (uvedeno na trh)

PWB: printed wiring board (deska s plošnými spoji)

RGB: red-green-blue (červená-zelená-modrá)

RoHS: Restriction of Hazardous Substances (Omezení používání určitých nebezpečných látek v elektrických a elektronických zařízeních)

SiO<sub>2</sub>: oxid křemičitý (silicon dioxide)

SOP: správní obvod Prahy

TFT: thin film transistor (tenkovrstvý tranzistor)

UNU: United Nations University (Univerzita OSN)

VDU: visual display unit (vizuální zobrazovací jednotka)

VFD: vacuum fluorescent display (vakuový fluorescenční displej)

VISOH: Veřejný informační systém odpadového hospodářství

WEEE: waste electrical and electronic equipment (odpadní elektrické a elektronické zařízení)

WEEE FORUM: International Association of Electronic Waste Producer Responsibility Organisations (Nezisková evropská asociace sdružující kolektivní systémy pro zpětný odběr elektrozařízení)

WEEELABEX: WEEE label of excellence (WEEE „značka výtečnosti“)

ZEVO: zařízení pro energetické využití odpadů

ZnS: zinc sulfide (sulfid zinečnatý)

ZOV: zpětný odběr výrobků

## 12 Přílohy

### 12.1 Příloha 1 - Tabulka 1 (Seznam skupin odpadů)

Tabulka 1: Seznam 20 základních skupin v katalogu odpadů

#### Katalog odpadů

Dle přílohy č.1 Vyhlášky 93/2016 Sb. o Katalogu odpadů

Kód	Název
01	ODPADY Z GEOLOGICKÉHO PRŮZKUMU, TĚŽBY, ÚPRAVY A DALŠÍHO ZPRACOVÁNÍ NEROSTŮ A KAMENE
02	ODPADY ZE ZEMĚDĚLSTVÍ, ZAHRADNICTVÍ, RYBÁŘSTVÍ, LESNICTVÍ, MYSLIVOSTI A Z VÝROBY A ZPRACOVÁNÍ POTRAVIN
03	ODPADY ZE ZPRACOVÁNÍ DŘEVA A VÝROBY DESEK, NÁBYTKU, CELULÓZY, PAPIRU A LEPENKY
04	ODPADY Z KOŽEĎELNÉHO, KOŽEŠNICKÉHO A TEXTILNÍHO PRŮMYSLU
05	ODPADY ZE ZPRACOVÁNÍ ROPY, ČIŠTĚNÍ ZEMNÍHO PLYNU A Z PYROLYTICKÉHO ZPRACOVÁNÍ UHLÍ
06	ODPADY Z ANORGANICKÝCH CHEMICKÝCH PROCESŮ
07	ODPADY Z ORGANICKÝCH CHEMICKÝCH PROCESŮ
08	ODPADY Z VÝROBY, ZPRACOVÁNÍ, DISTRIBUCE A POUŽÍVÁNÍ NÁTĚROVÝCH HMOT (BAREV, LAKŮ A SMALTŮ), LEPIDEL, TĚSNICÍCH MATERIÁLŮ A TISKAŘSKÝCH BAREV
09	ODPADY Z FOTOGRAFICKÉHO PRŮMYSLU
10	ODPADY Z TEPELNÝCH PROCESŮ
11	ODPADY Z CHEMICKÝCH POVRCHOVÝCH ÚPRAV, Z POVRCHOVÝCH ÚPRAV KOVU A JINÝCH MATERIÁLU A Z HYDROMETALURGIE NEŽELEZNÝCH KOVU
12	ODPADY Z TVÁŘENÍ A Z FYZIKÁLNÍ A MECHANICKÉ POVRCHOVÉ ÚPRAVY KOVŮ A PLASTŮ
13	ODPADY OLEJŮ A ODPADY KAPALNÝCH PALIV (KROMĚ JEDLÝCH OLEJŮ A ODPADŮ UVEDENÝCH VE SKUPINÁCH 05, 12 A 19)
14	ODPADNÍ ORGANICKÁ ROZPOUŠTĚDLA, CHLADICÍ A HNACÍ MÉDIA (KROMĚ ODPADŮ UVEDENÝCH VE SKUPINÁCH 07 A 08)
15	ODPADNÍ OBALY; ABSORPČNÍ ČINIDLA, ČISTIČÍ TKANINY, FILTRAČNÍ MATERIÁLY A OCHRANNÉ ODĚVY JINAK NEURČENÉ
16	ODPADY V TOMTO KATALOGU JINAK NEURČENÉ
17	STAVEBNÍ A DEMOLIČNÍ ODPADY (VČETNĚ VYTĚŽENÉ ZEMINY Z KONTAMINOVANÝCH MÍST)
18	ODPADY Z ZDRAVOTNICTVÍ A VETERINÁRNÍ PÉČE A / NEBO Z VÝZKUMU S NIMI SOUVISEJÍCÍHO (S VÝJIMKOU KUCHYŇSKÝCH ODPADŮ A ODPADU ZE STRAVOVACÍCH ZAŘÍZENÍ, KTERÉ SE ZDRAVOTNICTVÍM BEZPROSTŘEDNĚ NESOUVISÍ)
19	ODPADY ZE ZAŘÍZENÍ NA ZPRACOVÁNÍ (VYUŽÍVÁNÍ A ODSTRAŇOVÁNÍ) ODPADU, Z ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD PRO ČIŠTĚNÍ TĚCHTO VOD MIMO MÍSTO JEJICH VZNIKU A Z VÝROBY VODY PRO SPOTŘEBU LIDÍ A VODY PRO PRŮMYSLOVÉ ÚČELY
20	KOMUNÁLNÍ ODPADY (ODPADY Z DOMÁCNOSTÍ A PODOBNÉ ŽIVNOSTENSKÉ, PRŮMYSLOVÉ ODPADY A ODPADY Z ÚŘADŮ), VČETNĚ SLOŽEK Z ODDĚLENÉHO SBĚRU

Zdroj: Katalog odpadů, ©2020

### 12.2 Příloha 2 - Dotazník (Otázky podnikatelským subjektům v systému nakládání s vysloužilými obrazovkami)

#### 1. Obecné záležitosti

##### 1.1 Kolik má vaše zpracovatelská linka zaměstnanců?

\_\_\_\_\_

##### 1.2 Místo, kde se vaše provozovna nachází. Stačí doplnit název obce.

\_\_\_\_\_

**1.3 Jaký typ zpracovatelského zařízení jste?**

- a. chráněná dílna
- b. běžná provozovna
- c. jiný typ – jaký: \_\_\_\_

**1.4 S jakými kolektivními systémy vaše společnost spolupracuje? Zaškrtněte jednu nebo více možností.**

- a. ELEKTROWIN
- b. ASEKOL
- c. REMA
- d. RETELA
- e. BREN
- f. ECOPARTNER
- g. s kolektivními systémy nespolečně
- h. jiný systém, doplňte název: \_\_\_\_

**1.5 Je vaše provozovna součástí většího celku (tj. spadáte např. pod Enviropol)? Či jste plně samostatná jednotka?**

- a. součástí většího celku
- b. samostatná jednotka

**1.6 Jakého původu jsou obrazovky k Vám dovážené?**

- a. stacionární kontejnery
- b. sběrné dvory
- c. obchodní řetězce
- d. více zdrojů najednou
- e. jiný původ, doplňte: \_\_\_\_

**1.7 Považujete se ze svého úhlu pohledu za malého, středního, nebo velkého zpracovatele?**

- a. malý zpracovatel
- b. střední zpracovatel
- c. velký zpracovatel

**1.8 Zabýváte se zpracováním i obrazovek s plochou menší než 100 cm<sup>2</sup> (např. mobilní telefony, tablety apod.)?**

- a. ano
- b. ne

**1.9 Zabýváte se demontáží výhradně obrazovek, nebo i jiných elektrozařízení?**

- a. pouze obrazovky
- b. i jiná elektrozařízení – jaká: \_\_\_\_

**1.10 Je zpracování elektroodpadu (obrazovek) jediná podnikatelská činnost vaší firmy, nebo se zabýváte i zcela jinými činnostmi?**

- a. pouze zpracování elektroodpadu (obrazovek)
- b. i jiné činnosti – jaké: \_\_\_\_

**1.11 Považujete okolní provozovny za konkurenci? Ohrožují vás?**

- a. ano
- b. ne
- c. nevím

**1.12 Jak daleko jsou od vaší provozovny další zpracovatelská místa na obrazovky?  
Číslo uveďte v kilometrech.**

—

**1.13 Máte sezonní výkyvy se zpracováváním obrazovek?**

- a. ano, v létě máme více obrazovek, v zimě méně obrazovek
- b. ano, v létě máme méně obrazovek, v zimě více obrazovek
- c. ne, nemáme sezonní výkyvy
- d. jiné výkyvy, uveďte jaké:

**1.14 Váš byznys s obrazovkami obecně:**

- a. je na vzestupu
- b. je v útlumu
- c. je konstantní / neměnný / stabilní

**1.15 V roce 2005 byla zavedena směrnice WEEE (na elektrozařízeních označeno symbolem tzv. „škrtnuté popelnice“). Evidujete podíl obrazovek vyrobených před a po roce 2005?**

- a. ne, neevidujeme
- b. ano, evidujeme

**1.16 Pokud evidujete, uveďte přibližné množství obrazovek (na počet kusů a v tunách) vyrobených před a po roce 2005.**

—

**1.17 Chodí k vám kontroly? Jak často a odkud? Stručně rozepište.**

—

**1.18 Vítáte rozhodnutí vlády o posunutí konce skládkování z roku 2024 na rok 2030?  
Své tvrzení zdůvodněte.**

—

**1.19 Uvažujete o certifikátu WEEELABEX?**

- a. ano
- b. ne
- c. na základě platné legislativy
- d. již ho máme
- e. nikdy jsme o něm neslyšeli

**1.20 Dotkla se vás nějakým způsobem nedávna kauza Samsung?**

- a. ano, stručně rozepište:
- b. ne

c. o kauze nevím

**1.21 Dotkla se vás nějakým způsobem koronavirová krize?**

- a. ano, stručně rozepište:
- b. ne

**2. Zpracovatelské linky**

**2.1 Jakého druhu obrazovek máte na lince více?**

- a. televize
- b. PC monitory
- c. nevím

**2.2 Dostávají se k vám na linku pouze kompletní, nebo i nekompletní (chybí jim např. některé komponenty) obrazovky?**

- a. pouze kompletní
- b. i nekompletní

**2.3 Displeje, kterého výrobce (např. Samsung, LG, Philips apod.) jsou na vaší zpracovatelské lince nejčastější? Stačí odhadem - doplňte jméno.**

\_\_\_\_\_

**2.4 Obsahuje vaše provozovna i vybavení pro chemickou analýzu látek?**

- a. ano
- b. ne

**2.5 Zpracováváte na vašich linkách CRT i ploché obrazovky?**

- a. pouze CRT obrazovky
- b. pouze ploché obrazovky
- c. CRT i ploché obrazovky

**2.1 CRT obrazovky**

**2.1.1 Podíl zpracovaných CRT obrazovek vám meziročně:**

- a. stoupá
- b. klesá
- c. je konstantní (nemění se)
- d. jiná odpověď: \_\_\_\_\_

**2.1.2 Zpracováváte CRT obrazovky na recyklační lince následující manuální metodou? Obrazovka se nejdříve ručně demontuje na jednotlivé součástky a hodnotné suroviny. Plasty jsou roztříděny na ty s obsahem a bez obsahu zpomalovačů hoření. Skleněná katodová trubice se rozřízne na 2 části. Poté se z ní odsají luminofory a rozdrčené sklo putuje k dalšímu využití.**

- a. ano, CRT obrazovky zpracováváme touto metodou
- b. ne, CRT obrazovky zpracováváme jinou metodou – prosím rozepište: \_\_\_\_\_



**2.1.3 Řežete sklo CRT obrazovek ručně (zaměstnanec pomocí kotoučové pilky), nebo automatizovaně (stroj na řezání skla)?**

- a. ručně
- b. automatizovaně
- c. používáme zcela jinou metodu, doplňte jakou: \_\_\_\_

**2.1.4 Luminofory odsáváte ručně (zaměstnanec pomocí průmyslového vysavače), nebo automatizovaně (pomocí stroje, který umí sám odsát luminofory)?**

- a. ručně
- b. automatizovaně
- c. používáme zcela jinou metodu, doplňte jakou: \_\_\_\_

**2.1.5 Kolik tun CRT obrazovek jste na lince za posledních 5 let každý rok zpracovali? Doplňte čísla.**

2015: \_\_\_\_, 2016: \_\_\_\_, 2017: \_\_\_\_, 2018: \_\_\_\_, 2019: \_\_\_\_

**2.1.6 Kolik (na počet kusů) CRT obrazovek jste na lince za posledních 5 let každý rok zpracovali? Doplňte čísla.**

2015: \_\_\_\_, 2016: \_\_\_\_, 2017: \_\_\_\_, 2018: \_\_\_\_, 2019: \_\_\_\_

**2.2 Ploché obrazovky**

**2.2.1 Podíl zpracovaných plochých obrazovek vám meziročně:**

- a. stoupá
- b. klesá
- c. je konstantní (nemění se)
- d. jiná odpověď: \_\_\_\_

**2.2.2 Zpracováváte ploché obrazovky (LCD) na recyklační lince manuální, nebo automatizovanou metodou?**

Princip manuální metody je následující. Obrazovka se nejdříve ručně demontuje na jednotlivé součástky a hodnotné suroviny. Plasty jsou roztríděny na ty s obsahem a bez obsahu zpomalovačů hoření. Samotný LCD zobrazovací modul je ručně rozebrán na další kovy a plasty. V případě, že se jedná o LCD-CCFL displej je celý modul demontován pod speciálním odsávačem par.

Automatizovaná metoda má odlišný princip. První se oddělí periferní součástky (stojany, kabely, plošné spoje apod.). V dalším kroku se obrazovka rozdrtí v drtícím stroji (umí zachytit nebezpečné látky) na malé kusy. Rozdrcené kusy jsou přepraveny pásovým dopravníkem do třídícího stroje, kde probíhá finální dotříd'ování materiálů pomocí pokročilých technologií.

- a. ploché obrazovky (LCD) zpracováváme manuální metodou
- b. ploché obrazovky (LCD) zpracováváme automatizovanou metodou
- c. ploché obrazovky (LCD) zpracováváme jinou (vlastní) metodou, rozepište:

\_\_\_\_\_

**2.2.3 Rozlišujete jednotlivé druhy plochých displejů? Různé technologie (LCD, LED, OLED apod.) mají různá materiálová složení, tudíž by se nabízely odlišné demontážní a zpracovatelské postupy.**

- a. ano, rozlišujeme
- b. ne, nerozlišujeme

**2.2.4 Kolik tun FPD obrazovek jste na lince za posledních 5 let každý rok zpracovali? Doplňte čísla.**

2015: \_\_\_\_, 2016: \_\_\_\_, 2017: \_\_\_\_, 2018: \_\_\_\_, 2019: \_\_\_\_

**2.2.5 Kolik (na počet kusů) FPD obrazovek jste na lince za posledních 5 let každý rok zpracovali? Doplňte čísla.**

2015: \_\_\_\_, 2016: \_\_\_\_, 2017: \_\_\_\_, 2018: \_\_\_\_, 2019: \_\_\_\_

### **3. Materiálové toky**

**3.1 Znáte pojem cirkulární ekonomika?**

- a. ano
- b. ne

**3.2 Snažíte se zakomponovat principy cirkulární ekonomiky do praxe?**

- a. ano
- b. ne
- c. nevím

**3.3 Vidíte někde možnost, že by se se získaným materiálem dalo nakládat efektivněji?**

- a. ano
- b. ne

**3.4 Materiál, kterého se nemůžete dlouhodobě zbavit:**

- a. nemáme, vše se využije (prodá dál)
- b. skončí na skládce
- c. odveze se do spalovny odpadů
- d. odveze se do spalovny ZEVO (zařízení pro energetické využití odpadů)
- e. skladujeme, dokud o něj někdo neprojeví zájem
- f. jiný osud, doplňte jaký: \_\_\_\_

**3.5 Kdo je nejčastějším odběratelem vašich druhotných surovin?**

- a. zpracovatelské firmy (soukromé osoby)
- b. fyzické osoby
- c. materiál využíváme sami, nemáme odběratele
- d. spalovny
- e. skládky
- f. jiný druh odběratele – jaký: \_\_\_\_

**3.6 Obchodujete se surovinami i do zahraničí, nebo zůstáváte v České republice?**

- a. pouze na území ČR

- b. na území EU
- c. celý svět

**3.7 Na webovém portálu Cyrkl.com (<https://www.cyrkl.com/cs/>) můžete zdarma nabízet vaše druhotné suroviny a efektivněji se jich zbavovat (např. nalezení partnera, který vám za suroviny zaplatí více; nebo udání surovin, u kterých je dlouhodobě problém s odbytem). Znáte tento web a využili byste ho?**

- a. ano, web znám a již jsem ho využil
- b. ano, web znám a uvažuji, že ho v budoucnu využiji
- c. ano, web znám, ale neuvažuji o využití
- d. ne, web jsem neznal, ale nyní uvažuji, že ho využiji
- e. ne, web jsem neznal a neuvažuji o využití

**3.8 Vyndáváte z obrazovek funkční součástky, které by se daly znovu použít (např. na náhradní díly)?**

- a. ano
- b. ne

**3.9 Je pro vás ekonomicky výhodnější přijímat obrazovky v kompletní, nebo nekompletní podobě?**

- a. v kompletní podobě
- b. v nekompletní podobě

**3.10 Ovlivňuje vás ekonomika příjmu / odbytu materiálu?**

- a. ano
- b. ne

**3.11 U starých a zachovalých kusů obrazovek (zejm. CRT) se nabízí možnost tyto displeje uchovat a prodat sběratelům. Napadla vás tato varianta?**

- a. ano napadla, tuto metodu praktikujeme
- b. ano napadla, ale tuto metodu neprotikujeme
- c. ne nenapadla, ale budeme o tom uvažovat
- d. ne nenapadla, nebudeme o tom uvažovat

**3.12 Napadlo vás i jiné alternativní využití starých obrazovek? Například výroba upomínkových předmětů, designových výrobků, uměleckých děl, apod?**

- a. ano napadlo, tuto metodu praktikujeme
- b. ano napadlo, ale tuto metodu neprotikujeme
- c. ne nenapadlo, ale budeme o tom uvažovat
- d. ne nenapadlo, nebudeme o tom uvažovat

**3.13 Část materiálů z obrazovek není třeba prodávat dalším subjektům, ale lze je využít ve vlastní firmě. Napadlo vás například si zřídit vlastní prostory, které budou zaměřeny na montáž drobných elektrosoučástek? Tím by vaše společnost mohla ušetřit další peníze.**

- a. ano napadlo, tuto metodu praktikujeme
- b. ano napadlo, ale tuto metodu neprotikujeme

- c. ne nenapadlo, ale budeme o tom uvažovat
- d. ne nenapadlo, nebudeme o tom uvažovat

### 3.1 CRT obrazovky

**3.1.1 Doplněte z možností (zpracovatelská firma, fyzická osoba, spalovna, skládka, vlastní využití, jiný způsob), jak je následně naloženo s jednotlivými materiály z CRT obrazovek:**

- a. sklo: \_\_\_\_
- b. plasty: \_\_\_\_
- c. měď: \_\_\_\_
- d. železo: \_\_\_\_
- e. plošné spoje, konektory: \_\_\_\_
- f. hliník: \_\_\_\_
- g. mosaz: \_\_\_\_
- h. keramika: \_\_\_\_

**3.1.2 Kde skončí kolik procent materiálu získaného z jedné CRT obrazovky?**

- a. využití na výrobu nových materiálů (výrobků): \_\_\_\_%
- b. energetické využití (spálení): \_\_\_\_%
- c. skládka: \_\_\_\_%

**3.1.3 Jaké součástky (příp. materiály) jsou pro vás z CRT obrazovek ekonomicky nejhodnotnější? Které naopak ekonomicky nejméně hodnotné? Stručně rozepište.**

- a. nejhodnotnější: \_\_\_\_
- b. nejméně hodnotné: \_\_\_\_

### 3.2 Ploché obrazovky

**3.2.1 Doplněte z možností (zpracovatelská firma, fyzická osoba, spalovna, skládka, vlastní využití, jiný způsob), jak je následně naloženo s jednotlivými materiály z plochých obrazovek:**

- a. železo: \_\_\_\_
- b. hliník: \_\_\_\_
- c. plasty: \_\_\_\_
- d. optické folie: \_\_\_\_
- e. plošné spoje, konektory: \_\_\_\_
- f. LCD panel (sklo): \_\_\_\_
- g. dráty (měď): \_\_\_\_

**3.2.2 Kde skončí kolik procent materiálu získaného z jedné ploché obrazovky?**

- a. využití na výrobu nových materiálů (výrobků): \_\_\_\_%
- b. energetické využití (spálení): \_\_\_\_%
- c. skládka: \_\_\_\_%

**3.2.3 Jaké součástky (příp. materiály) jsou pro vás z LCD obrazovek ekonomicky nejhodnotnější? Které naopak ekonomicky nejméně hodnotné? Stručně rozepište.**

- a. nejhodnotnější: \_\_\_\_
- b. nejméně hodnotné: \_\_\_\_

### **3.2.4 Jak nakládáte s tekutými krystaly z LCD obrazovek? Stručně rozepište.**

\_\_\_\_\_

## **4. Nebezpečné látky**

### **4.1 Jak nakládáte s luminofory z CRT obrazovek?**

- a. v našem zpracovatelském zařízení máme linku na jejich zpracování (likvidaci)
- b. předáváme specializované firmě, která se zabývá likvidací nebezpečných odpadů
- c. jinak, stručně rozepište: \_\_\_\_

### **4.2 Po zpracování se luminofory:**

- a. využijí na výrobu nových materiálů (výrobků)
- b. energeticky využijí
- c. skládkují
- d. jiný způsob nakládání, doplňte: \_\_\_\_

### **4.3 Jak nakládáte se sklem z CRT obrazovek obsahující olovo?**

- a. v našem zpracovatelském zařízení máme linku na jejich zpracování (likvidaci)
- b. předáváme specializované firmě, která se zabývá likvidací nebezpečných odpadů
- c. jinak, rozepište: \_\_\_\_

### **4.4 Po zpracování se sklo obsahující olovo:**

- a. využije na výrobu nových materiálů (výrobků)
- b. energeticky využije
- c. skládkuje
- d. jiné využití, doplňte:

### **4.5 Jak nakládáte s plasty, které obsahují bromované zpomalovače hoření?**

- a. v našem zpracovatelském zařízení máme linku na jejich zpracování (likvidaci)
- b. předáváme specializované firmě, která se zabývá likvidací nebezpečných odpadů
- c. jinak, stručně rozepište: \_\_\_\_

### **4.6 Po zpracování se bromované zpomalovače hoření:**

- a. využijí na výrobu nových materiálů (výrobků)
- b. energeticky využijí
- c. skládkují
- d. jiný způsob nakládání, doplňte: \_\_\_\_

### **4.7 Jak nakládáte s fluorescentními lampami z LCD-CCFL (starší technologie LCD technologie) obrazovek? Tyto lampy v sobě obsahují rtuť.**

- a. v našem zpracovatelském zařízení máme linku na jejich zpracování (likvidaci)

- b. předáváme specializované firmě, která se zabývá likvidací nebezpečných odpadů
- c. jinak, stručně rozepište: \_\_\_\_

**4.8 Po zpracování se fluorescentní lampy:**

- a. využijí na výrobu nových materiálů (výrobků)
- b. energeticky využijí
- c. skládkují
- d. jiný způsob nakládání, doplňte: \_\_\_\_

**4.9 Jak nakládáte s ostatními nebezpečnými látkami z obrazovek?**

- a. v našem zpracovatelském zařízení máme linku na jejich zpracování (likvidaci)
- b. předáváme specializované firmě, která se zabývá likvidací nebezpečných odpadů
- c. jinak, stručně rozepište: \_\_\_\_

**DĚKUJI ZA VYPLNĚNÍ DOTAZNÍKU**