

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2023

Ondřej Filip

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ
KATEDRA UTSSZP

**Zpracování vozidel s ukončenou životností a následné
využití vzniklých odpadů**
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí práce: Ing. Tereza Hnátková, Ph.D.

Bakalant: Ondřej Filip

2023

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením Ing. Terezy Hnátkové, Ph.D. Další informace mi poskytli zaměstnanci Ministerstva životního prostředí, České informační agentury životního prostředí (CENIA) a společnosti Recycling-kovové odpady a.s. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

Prohlašuji, že tištěná verze se shoduje s verzí odevzdanou přes Univerzitní informační systém.

V Praze 12. 03. 2023

.....

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucí mé bakalářské práce Ing. Tereze Hnátkové, Ph.D., za její odborné vedení, užitečné informace a pomoc při vypracování bakalářské práce.

V Praze dne 12. 03. 2023

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá analýzou postupů zpracování vozidel s ukončenou životností – autovraků dle platné legislativy. Jsou zde prezentovány jednotlivé způsoby zpracování těchto vozidel, popsán je postup separace jednotlivých částí a recyklace surovin, které byly na výrobu automobilu použity. V práci jsou popsány technologie, které umožňují separaci vzniklého odpadu, upozorněno je i na skutečnost, že se zpracování **vozidel s ukončenou životností** neobejde bez podílu ruční práce. Ukazuje na fakt, že při likvidaci automobilů vzniká velké množství nerecyklovatelných odpadů, jež doposud končily na skládkách, a také nabízí řešení, jak tyto odpady využít. Z důvodu plánovaného ukončení skládkování odpadů v ČR v příštích letech je toto téma stále aktuálnější. Cílem práce je navrhnout takový způsob likvidace odpadů z vozidel s ukončenou životností, který by byl šetrný k životnímu prostředí a zároveň z ekonomického hlediska udržitelný.

U nerecyklovatelných částí autovraku je navržen způsob jejich využití v energetickém nebo chemickém průmyslu. Práce mapuje poptávku po alternativním palivu ze strany cementáren a dalších subjektů, popisuje požadované vlastnosti alternativního paliva a zodpovídá otázku, zda by toto palivo bylo možné připravit z nerecyklovatelných částí autovraku.

Klíčová slova (Keywords)

Zpracování odpadů, alternativní palivo, likvidace autovraků, separace, recyklace, vozidlo s ukončenou životností

Waste processing, alternative fuel, car wreck disposal, separation, recycling, End-of-life vehicle

Obsah

1	Úvod.....	1
2	Cíle bakalářské práce.....	2
3	Metodika.....	2
4	Literární rešerše.....	4
4.1	Legislativa v oblasti likvidace autovraků.....	5
4.2	Zpracování autovraků	7
4.3	Materiálové složení vozidel s ukončenou životností	8
4.4	Zpracovatelé autovraků v ČR.....	11
4.5	Proces ekologické likvidace vozidel s ukončenou životností a způsoby jejich zpracování	13
4.5.1	Ruční zpracování autovraku	15
4.5.2	Strojní zpracování autovraku	16
4.6	Druhy materiálů vznikajících ze zpracování autovraků a jejich využití	18
4.6.1	Železo a ocel.....	19
4.6.2	Lehká frakce – SLF (shredder light fraction)	21
4.6.3	Těžká frakce – SHF (shredder heavy fraction)	22
4.7	Přehled materiálového složení těžké (SHF) a lehké frakce (SLF).....	23
4.7.1	Hliník a ostatní barevné kovy – zorba.....	24
4.7.2	Korozivzdorná ocel – nerez.....	25
4.7.3	Sklo	26
4.7.4	Plasty	28
4.7.5	Pneumatiky	31
4.7.6	Baterie a akumulátory	32
5	Současný stav řešené problematiky	34
5.1	Likvidace odpadu	34
5.2	Termické využití (alternativní palivo)	34
5.3	Separace plasty z ASR a inovativní možnosti pro nakládání s plasty z vozidel s ukončenou životností.....	36
5.3.1	Proces CreaSolv®	38

5.3.2	Technologie EXTRUCLEAN – Difúze plynu v tavenině polymeru.....	39
5.3.3	Modix a pyrolýza	40
5.4	Plazmové zplyňování zbytků z automobilového drtiče.....	41
6	Výsledky.....	44
6.1	Výroba tuhých alternativních paliv (TAP).....	44
6.2	Vlastnosti ASR z pohledu výroby TAP	45
6.2.1	Kritéria paliva pro cementárny	47
6.2.2	Palivo pro teplárny a kotelny	50
6.3	Zplyňovací palivo	51
7	Diskuze	53
8	Závěr a přínos práce	56
	Přehled literatury.....	59
	Zákony a vyhlášky	63
9	Seznam obrázků a tabulek	70
10	Seznam zkratek	72

1 Úvod

Automobilový průmysl je dlouhodobě jedním z nejvíce se rozvíjejících odvětví národního hospodářství nejenom v ČR. Prodej nových vozů je výrazně vyšší než v minulosti, což má za důsledek, že každý rok ukončí svoji činnost tisíce automobilů, které jsou následně ekologicky zlikvidovány. Automobilky neustále reagují na požadavky odběratelů na bezpečnost a komfort, a proto jsou při výrobě automobilů použity nové materiály, které to umožňují. Existuje sice zákonná povinnost výrobců automobilů používat při výrobě co nejvyšší podíl materiálu, jenž lze následně recyklovat, ale tyto dva směry se nedaří vždy skloubit. Automobil tak obsahuje velké množství recyklovatelných součástí, ale také mnoho těch, které recyklovat není možné, nebo jejichž recyklace je ekonomicky nerentabilní. Tyto materiály jsou většinou ukládány na skládkách odpadu, kde zatěžují životní prostředí i několik desítek let. Vhodnou alternativou by mohlo být použití těchto odpadů v energetickém průmyslu, kde by jejich velkou část bylo možné využít jako alternativní palivo, jež by v budoucnu mohlo sloužit jako náhrada fosilních paliv. Jako další možnost se jeví použití nových způsobů likvidace odpadů, jako je termální depolymerizace a následné energetické využití vzniklého plynu.

2 Cíle bakalářské práce

Cílem této bakalářské práce je sumarizace současné legislativní úpravy problematiky vozidel s ukončenou životností v rámci EU a ČR a ověření, zda postup likvidace těchto vozidel – autovraků je v souladu s touto legislativou. Součástí je i zmapování počtu zpracovatelů v ČR a zhodnocení efektivity jednotlivých způsobů zpracování autovraků.

Dalším cílem je popis způsobu separace odpadů, které vznikají při likvidaci autovraků, jejich rozdělení na recyklovatelné a nerecyklovatelné, a návrh způsobu jejich využití. Opominuto není ani posouzení vhodnosti jednotlivých materiálů pro výrobu alternativního paliva, zmapování případných odběratelů, jako jsou cementárny nebo kotelny, a dle jejich požadavku návrh složení alternativního paliva.

Posledním cílem je posouzení vhodnosti termální depolymerizace (pyrolýzy) pro některé druhy vzniklých odpadů.

3 Metodika

Bakalářská práce bude čerpat ze statistických dat Ministerstva životního prostředí (MŽP) a výstupů České informační agentury životního prostředí (CENIA). Tyto podklady umožní porovnat množství zpracovaných autovraků za posledních pět let a poměr z nich využitých materiálů, tedy data, která je možná dále srovnávat na evropské úrovni (EUROSTAT).

Dalším významným zdrojem budou interní materiály a reálné postupy a metody použité ve společnosti Recycling-kovové odpady a.s., která je jedním z největších zpracovatelů autovraků v ČR. Autor této práce mohl v rámci domluvené stáže ověřovat různé metody separace v praxi, pořizovat dokumentaci jednotlivých vstupních a výstupních materiálů a následně analyzovat zpracování získaných materiálů. Díky pozorování každodenní praxe společnosti, která se zabývá likvidací odpadu, mohl v praxi zkoumat celý proces likvidace autovraků a následnou výrobou alternativních paliv.

Postupy a metody ve společnosti Recycling-kovové odpady a.s. byly taktéž komparovány s dalšími společnostmi, které se věnují oblasti termického zpracování a

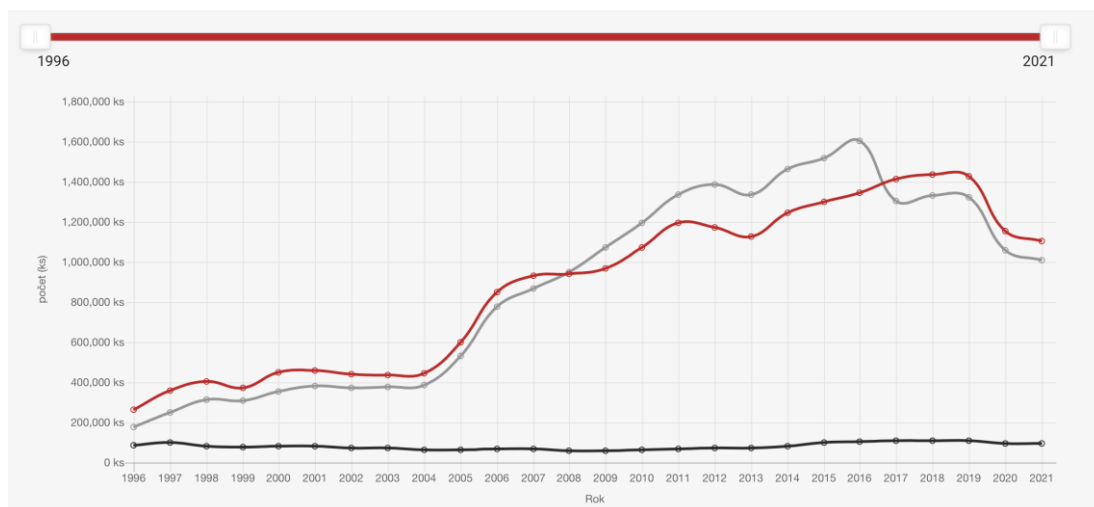
energetickému využití odpadů. Jednotlivé poznatky mohly být konzultovány také se zástupci společnosti, čímž byly získány důležité poznatky z praxe.

Tato bakalářská práce čerpala v rámci popisu technologických postupů a ověření navrhovaného řešení také z několika laboratorních testů, které byly provedeny Technickou univerzitou v Ostravě. Tyto testy sloužily jako základ pro evaluaci několika navržených směrů recyklace autovraků a díky jejím výsledkům, bylo zvoleno specifické řešení.

4 Literární rešerše

Počet vyrobených vozidel v České republice až do roku 2019 trvale stoupal, jak ukazuje graf na obrázku 1 mapující výrobu, export a domácí spotřebu vozidel. Klesající tendenci je možné vysvětlit jednak politikou EU, která v rámci tzv. Greendealu plánovala kompletně ukončit výrobu spalovacích motorů do roku 2030, a také vlivem pandemie Covid-19, která významně zasáhla do ekonomického fungování celého světa.

Obrázek 1 - Přehled výroby automobilů v ČR v letech 1996-2021



Zdroj: Sdružení automobilového průmyslu, 2023.

Legenda: Červeně značena výroba, šedě export, černě tuzemská spotřeba osobních automobilů.

Právě rostoucí význam ekologického přístupu k mnoha průmyslovým odvětvím je důležitým aspektem vývoje automobilového průmyslu, a to nejen v rámci výroby, ale také v post-spotřebitelské fázi, kdy již produkt neslouží svému majiteli a je určen k likvidaci. V České republice bylo na silnicích v roce 2022 téměř 6,5 milionu osobních automobilů, přičemž stáří vozového parku se každým rokem zvyšuje, a to zhruba o jeden rok za pět let. V rámci posledních dat z roku 2022 je průměrné stáří vozového parku v České republice 15,9 roku, což je zhruba o téměř 35 % více než je průměr EU (Česká asociace petrolejářského průmyslu a obchodu, 2023). Problematika ekologické likvidace autovraků je tedy pro budoucnost naší země zcela zásadní, a to jak s ohledem na automobilový průmysl, tak na životní prostředí.

4.1 Legislativa v oblasti likvidace autovraků

Vozidla s ukončenou životností jsou označována jako autovraky a definována primárně v zákoně č. 185/2002 Sb., o odpadech takto: „Každé úplné nebo neúplné motorové vozidlo, které bylo určeno k provozu na pozemních komunikacích pro přepravu osob, zvířat nebo věcí a jež se stalo odpadem, osoba se jej tedy buď chce zbavit, nebo má úmysl nebo povinnost se ho zbavit.“ (MŽP, 2020) Tento zákon byl od svého vzniku několikrát novelizován, aby byl v souladu s opatřeními Evropské unie, v roce 2004 byla například uzákoněna povinnost odevzdat starý automobil k ekologické likvidaci, v roce 2009 byl nastaven tzv. ekopoplatek. Jeho aktuální znění však stále nedostatečné.

Další definice je možné najít také v zákonu č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích, ve znění pozdějších předpisů, v zákonu č. 361/2000 Sb., o silničním provozu, ve znění pozdějších předpisů, tvoří-li vozidlo překážku v provozu. Autovraky se rozdělují na vybrané a ostatní. Vybrané autovraky vymezuje zvláštní právní předpis jako úplné nebo neúplné vozidlo kategorie M1 nebo N1 anebo tříkolové motorové vozidlo s výjimkou motorové tříkolky. Mezi ostatní autovraky se řadí nákladní vozidla nad 3,5 t, autobusy, kolejová vozidla, zemědělské a stavební stroje, přívěsné vozíky, karavany, motocykly apod. Mezi ostatní autovraky patří i neúplné vraky. Za kompletní autovrak je považováno takové vozidlo s ukončenou životností, které má karosérii s identifikačním číslem (VIN kód), motor s převodovkou, nápravu s koly a většinu karoserie (MŽP, 2020). Autovrak může předat k následnému zpracování pouze jeho provozovatel, který má k této činnosti oprávnění.

Se vstupem do Evropské unie začala v České republice platit směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/53/ES o vozidlech s ukončenou životností spolu se směrnicí 2006/66/ES o bateriích a akumulátorech a odpadních bateriích a akumulátorech a směrnice 2012/19/EU o odpadních elektrických a elektronických zařízeních. Důvodem přijetí směrnice 2000/53/ES byla potřeba, aby vnitrostátní opatření týkající se vozidel s ukončenou životností byla v souladu s opatřeními EU. Cílem této směrnice mělo být minimalizování negativního vlivu vozidel s ukončenou životností na životní prostředí a zajištění fungování vnitřního trhu s autovraky. Tyto směrnice však nebyly dostatečně účinným nástrojem pro kontrolu dodržování předpisů, a nadměrně

administrativně zatěžovaly všechny zúčastněné. Z těchto důvodů byla v roce 2018 přijata nová směrnice Evropského parlamentu a Rady (EU) 2018/849 (Evropský parlament, Rada Evropské unie, 2018).

V současnosti upravuje nakládání s odpady v ČR zákon č. 541/2020 Sb., o odpadech, který je účinný od 1. 1. 2021. Zákon stanovuje práva a povinnosti osobám v oblasti odpadového hospodářství a prosazuje základní principy oběhového hospodářství, ochrany životního prostředí a zdraví lidí při nakládání s odpady. Nakládání s výrobky s ukončenou životností, tedy i s vozidly s ukončenou životností, upravuje zákon č. 542/2020 Sb., účinný od 1. 1. 2021. Tento zákon zpracovává použitelné předpisy EU a navazuje na ně. Upravuje jak pravidla pro předcházení vzniku odpadů z vybraných výrobků, tak i práva a povinnosti výrobců, kteří dodávají nové výrobky na trh, a osob nakládajících s výrobky s ukončenou životností. Vozidly s ukončenou životností se zabývá třetí část tohoto zákona § 101–112 (MŽP, 2020).

Podmínky nakládání s vozidly s ukončenou životností upřesňuje vyhláška č. 345/2021 Sb., o podrobnostech nakládání s vozidly s ukončenou životností, která navazuje na příslušné předpisy EU (MŽP 2021). Tato vyhláška zpracovává příslušné předpisy Evropské unie a upravuje:

- a) obsah provozního řádu zařízení ke sběru vozidel s ukončenou životností a zařízení ke zpracování vozidel s ukončenou životností;
- b) náležitosti potvrzení o převzetí vozidla s ukončenou životností do zařízení ke sběru vozidel s ukončenou životností;
- c) technické požadavky na zařízení ke sběru vozidel s ukončenou životností a na soustředování vozidel s ukončenou životností;
- d) rozsah a způsob vedení průběžné evidence a ohlašování vozidel s ukončenou životností a jiných odpadů provozovatelem zařízení ke sběru vozidel s ukončenou životností a zpracovatelem vozidel s ukončenou životností;
- e) technické požadavky na zpracování vozidel s ukončenou životností a na zařízení ke zpracování vozidel s ukončenou životností;
- f) části vozidel s ukončenou životností, které musejí být před jejich dalším zpracováním demontovány;
- g) způsob demontáže nebezpečných částí vozidel s ukončenou životností a způsob odčerpání provozních kapalin z vozidel s ukončenou životností;

- h) rozsah a způsob vedení evidence materiálů a částí k opětovnému použití zpracovatelem vozidel s ukončenou životností
- i) způsob výpočtu úrovně opětovného použití a recyklace nebo jiného využití vybraných vozidel s ukončenou životností a jejich částí,
- j) podmínky přípravy k opakovanému použití opětovně použitelných dílů a jejich skladování;
- k) rozsah údajů vedených v Informačním systému pro vedení informací o vozidlech s ukončenou životností (dále jen „Informační systém“)
- l) náležitosti dokladu o opravitelnosti vozidla a o funkčnosti části vozidla.“

(MŽP, 2021)

4.2 Zpracování autovraků

Každý rok v Evropě dosáhne konce své životnosti zhruba 6 milionů vozidel, která jsou prostřednictvím oficiálních systémů odhlášena, ze kterých se stávají vozidla s ukončenou životností (Eurostat, 2023). Vozidla s ukončenou životností neboli autovraky představují velice různorodý zdroj využitelného materiálu, který je možno při optimálním vytrídění a následném zpracování použít jako vstupní druhotnou surovinu pro další výrobu. Opětovná recyklace je velmi důležitá, a proto od 1. ledna 2015 platí pro zpracovatele autovraků povinnost vybrané autovraky opětovně použít a využít nejméně v míře 95 % jejich průměrné hmotnosti. Z toho musí činit materiálové využití nejméně 85 % (autovraky musí být buď upotřebeny jako díly k opětovnému použití, či odpad z autovraků musí být předán do zařízení k materiálovému využití na výrobu produktů) a dalších 10 % odpadů z autovraků je možné předat k energetickému využití (do cementáren, spaloven s energetickým využitím). Pouze 5 % z hmotnosti autovraku je možné skládkovat či spalovat bez dalšího energetického využití (Evropský parlament, Rada Evropské unie, 2018).

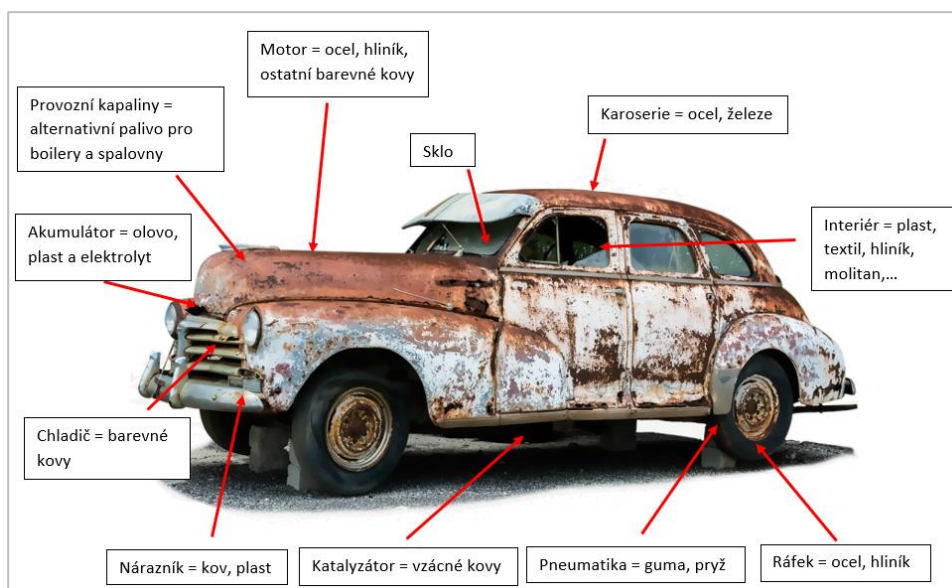
Aby byly splněny tyto ambiciózní cíle, zaměřují se současní zpracovatelé hlavně na obnovu kovů, které tvoří zhruba 70 % hmotnosti autovraku, a lze je snadno prodat do metalurgického sektoru. Další skupinou materiálů, která je zastoupena v automobilu ve velké míře, jsou různé druhy plastů. Použití plastových materiálů v automobilovém průmyslu, je stále rozšířenější trend. Jejich nízká hustota snižuje hmotnost vozu, pomáhá minimalizovat spotřebu paliva a emise plynů, zatímco jejich dobře známá flexibilita a odolnost umožňuje mnoho konstrukčních řešení, což šetří náklady na

výrobu a údržbu (Cardamone a kol., 2022). Z celkové hmotnosti vozidla tvoří plasty 8 až 10 % a jejich využití by mohlo výrazně pomoci plnit současnou strategii EU pro plasty (EC-Evropská komise, 2018a).

4.3 Materiálové složení vozidel s ukončenou životností

Automobil se skládá z více než 10 000 jednotlivých dílů vyrobených z více než 40 různých materiálů (Zpětný odběr.eu, 2022). Některé jsou snadno recyklovatelné, například kovy a některé plasty, ale při výrobě automobilů jsou použity i materiály, které mohou mít při nesprávném zacházení negativní vliv na životní prostředí. Jedná se zejména o provozní kapaliny a pohonné hmoty, akumulátory a různé nebezpečné látky obsažené v elektrozařízeních.

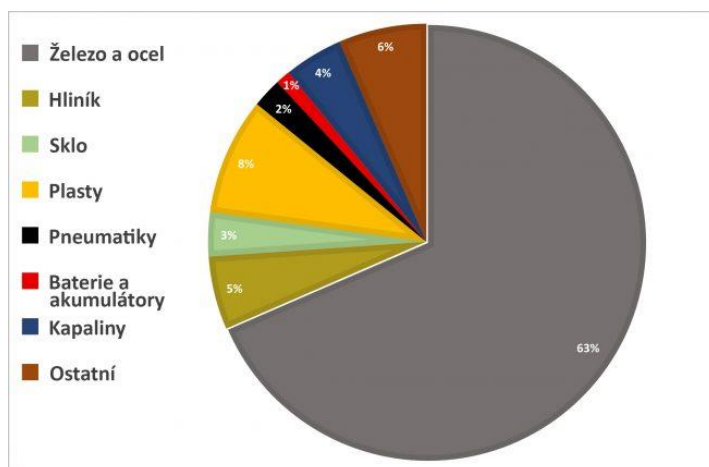
Obrázek 2 - Druhy materiálů obsažených v autovraku



Zdroj: Vlastní zpracování, 2022.

Jak ukazuje graf na obrázku 3 níže, osobní automobily obsahují v téměř 70 % železných a neželezných kovů, a to převážně běžnou konstrukční ocel, litinu, hliník a jeho slitiny. U nekovových složek se jedná o pryže (obzvláště v podobě pneumatik) a plasty, které tvoří zhruba 8 % celkové hmotnosti vozidla.

Obrázek 3 - Průměrné materiálové složení osobních automobilů



Zdroj: Al-Quradaghi a kol., 2020.

V menší míře autovrak obsahuje sklo, textil, kompozity a ostatní materiály, kam náleží dřevo, kůže, papír, lepenka, keramika atd. Druhy a kvalita materiálů, jež lze z autovraku získat, jsou ovlivněny velikostí a typem vozu, výrobcem, stářím vozu a mnoha dalšími faktory.

Osobní automobily vykazují dlouhodobě trend neustálého zvětšování, jak ukazuje tabulka 1 níže, což má vliv na jejich celkovou hmotnost a spotřebu. Výrobci proto hledají různé cesty, jak nahrazovat ocel jinými materiály, aby ušetřili váhu a s ní spojené výrobní náklady. Nejčastěji se jako substituent používá hliník a jeho slitiny, nebo plasty.

Tabulka 1 - Průměrná hmotnost vybraných autovraků v tunách

Rok	Průměrná hmotnost vybraných autovraků v tunách
2010	0,88
2011	0,89
2012	0,9
2013	0,92
2014	0,94
2015	0,96
2016	0,97
2017	0,98
2018	1,01
2019	1,04
2020	1,06
2021	1,08
2022	1,1
Průměr	0,98

Zdroj: MZP, 2022b

Většina výše uvedených materiálů je považována za recyklovatelné odpady, nicméně automobil obsahuje i materiály, které jsou z hlediska recyklace nepříliš využitelné. Jde především o plasty. Při výrobě automobilu se v současnosti používá zhruba 39 různých typů základních plastů a polymerů (European Commission, 2020). Jejich recyklace je složitá hlavně ze dvou důvodů. Prvním je fakt, že většina auto plastů je po strojním zpracování silně smíchána s jinými frakcemi, takže jejich získání je technicky možné pouze po sérii složitých a ekonomicky nákladných třídících krocích. Druhým důvodem je to, že recyklace a regenerace různých polymerů používaných v automobilových plastech nelze dosáhnout mechanickou recyklací kvůli přítomnosti celé řady aditiv. Těmi jsou např. bromované zpomalovače hoření, změkčovadla, stabilizátory (včetně těžkých kovů), skleněná vlákna a kontaminanty. Mezi kontaminanty patří např. těkavé organické sloučeniny (VOC), paliva, neplastové materiály a zbytky oleje (Cardamone a kol., 2022). Všechny tyto materiály se v současné době spalují nebo ukládají na skládku.

Každý rok se v České republice zpracuje přibližně 160 tisíc autovraků (MZP, 2022b). Dlouhodobá průměrná hmotnost jednoho vybraného autovraku činí 980 kg, jak bylo uvedeno v tabulce 1 výše. To znamená, že při povinném 95 % opětovném využití autovraku, které udává zákon, dojde k recyklaci a následnému využití 148 960 tun odpadního materiálu za rok. Průměrná hmotnost zlikvidovaných autovraků se za posledních 10 let neustále zvyšuje, a je tedy pravděpodobné, že množství surovin vhodných k recyklaci bude i nadále přibývat. Průměrné roční množství jednotlivých druhů odpadů, které vznikají při zpracování autovraků za uplynulé období 12 let ukazuje tabulka 2 níže.

Tabulka 2 - Množství jednotlivých materiálů vznikajících ze zpracování autovraků za rok

Materiálové složení autovraku (980 kg - tab. 1)	%	Hmotnost jednotlivých materiálů (kg)	Množství jednotlivých materiálů za rok (kg)	Množství jednotlivých materiálů za rok (tun)
železo a ocel	63	617,4	98 784 000	98 784
hliník	5	49	7 840 000	7 840
sklo	3	29,4	4 704 000	4 704
plasty	8	78,4	12 544 000	12 544
pneumatiky	2	19,6	3 136 000	3 136
baterie a akumulátory	1	9,8	1 568 000	1 568
kapaliny	4	39,2	6 272 000	6 272
ostatní	6	58,8	9 408 000	9 408

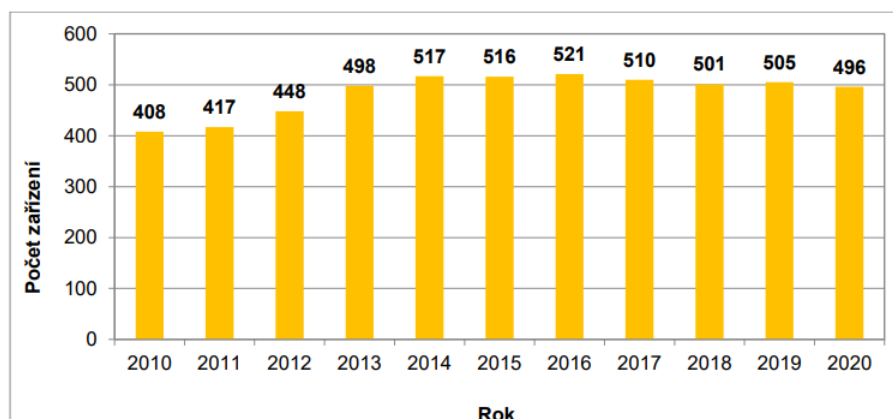
Zdroj: Vlastní zpracování dle MZP, 2022b

Zdaleka nejvyšší procento (63 %) tvoří železo a ocel, což je logické vzhledem k účelu produktu. Trend substituce kovů plasty se zatím podařilo zrealizovat ve zhruba 8 % případech. Hliník tvoří 5 % hmotnosti automobilu, kapaliny 4 %, sklo 3 % a pneumatiky 2 %.

4.4 Zpracovatelé autovraků v ČR

Na území České republiky funguje široká síť zpracovatelů vozidel s ukončenou životností. Celkový počet zpracovatelů v ČR se dlouhodobě pohybuje okolo 500 (CENIA, 2022a). Vývoj jejich počtu od roku 2010 do roku 2020 ukazuje graf na obrázku 4 níže.

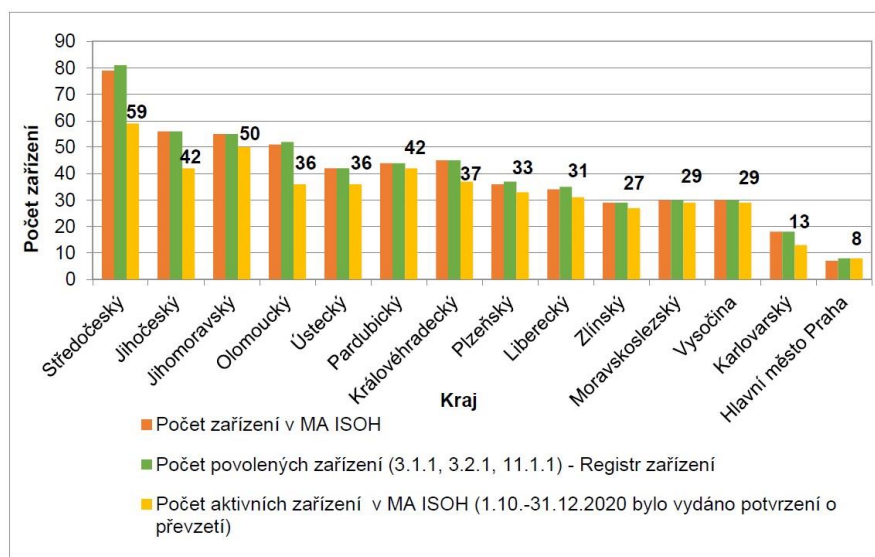
Obrázek 4 - Celkový počet zpracovatelů vozidel s ukončenou životností v ČR



Zdroj: CENIA, 2022a.

Z grafu na obrázku 4 je patrné, že počet zpracovatelů se v období 2010 – 2016 lehce zvyšoval, následně má vývoj spíše sestupnou tendenci. Graf níže na obrázku 5 ukazuje rozložení zpracovatelů dle jednotlivých krajů v roce 2021. Největší zastoupení má středočeský kraj, který servisuje Hlavní město Praha, kde žije zhruba jedna desetina obyvatel. A druhém místě je kraj jihočeský následovaný krajem jihomoravským.

Obrázek 5 - Celkový počet zpracovatelů vozidel s ukončenou životností v krajích



Zdroj: Vlastní zpracování dle dat CENIA, 2022a

Počet ekologicky zpracovaných autovraků přitom rok od roku stoupá, což je důkazem pozitivního trendu v této oblasti, zatímco v roce 2015 bylo takto zpracováno 139 438 autovraků, poslední data za rok 2021 ukazují na zlepšení o více než 25 %. Detailní přehled ukazuje tabulka 3 níže.

Tabulka 3 - Celkový počet ekologicky zpracovaných autovraků v ČR

Roky	Počet ekologicky zlikvidovaných autovraků
Celkem za rok 2015	139 438
Celkem za rok 2016	145 928
Celkem za rok 2017	154 305
Celkem za rok 2018	169 714
Celkem za rok 2019	178 681
Celkem za rok 2020	167 814
Celkem za rok 2021	174 624
Celkem za rok 2022	160 415

Zdroj: Vlastní zpracování dle dat MZP, 2022b

4.5 Proces ekologické likvidace vozidel s ukončenou životností a způsoby jejich zpracování

Samotný proces likvidace vozidel s ukončenou životností je možno rozdělit na tři části, a to část administrativní, část ručního zpracování a část strojního zpracování. Základní přehled je znázorněn na obrázku 6 níže.

Obrázek 6 - Tři hlavní fáze procesu zpracování vozidel s ukončenou životností



Zdroj: Vlastní zpracování, 2023.

Administrativní část – samotný proces začíná ihned po předání autovraku autorizovanému zpracovateli. Ten identifikuje předávající osobu, provede kontrolu stavu vozu, ověří identifikační údaje a provede administrativní úkony spojené s likvidací vozidla. Součástí tohoto procesu je zhotovení fotodokumentace. Tato činnost je společná pro ruční i strojní zpracování.

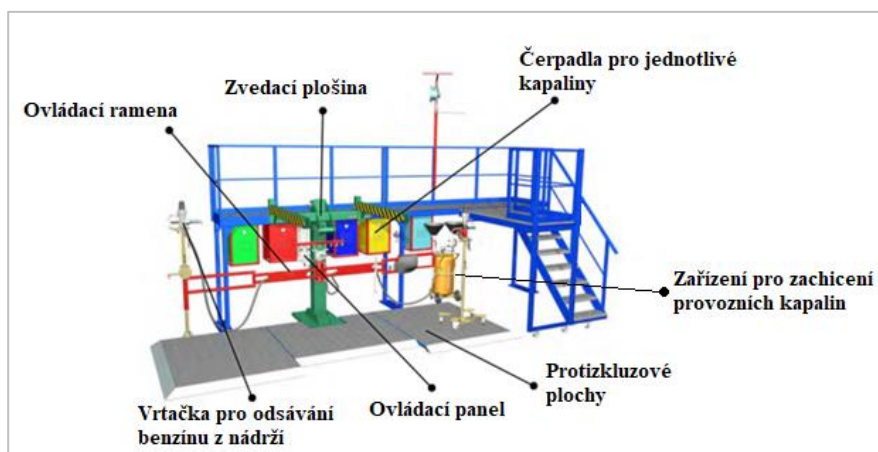
Ruční zpracování – jde o způsob zpracování, kdy dochází k demontáži autovraku převážně za použití ručního nářadí. Výhodou ručního zpracování je vysoká čistota vyseparovaných materiálů a jejich vyšší přidaná hodnota, protože se vrací zpět do oběhu jako náhradní díly za vyšší cenu, než je cena odpadu. Nevýhodou je jednak neefektivita ručního zpracování zbývajících částí autovraku, která je spojená s vysokým podílem lidské manuální práce, jednak časová náročnost jednotlivých operací, která ovlivňuje kapacitu demontážních pracovišť. Při ručním zpracování vozidel s ukončenou životností probíhají pouze fáze 1 a 2 znázorněné na obrázku č. 6. Po ruční demontáži všech upotřebitelných dílů by měla následovat ruční separace jednotlivých odpadů, a to jak nebezpečných „N“ tak ostatních „O“, a jejich následné předání autorizovaným osobám na využití nebo likvidaci. Z výše uvedených důvodů, provádí ruční zpracování celého autovraku jen minimum zpracovatelů. Většina z nich

provede pouze dekontaminaci a následnou demontáž upotřebitelných dílů a potom předá zbytek autovraku ke strojnímu zpracování (fáze 3 na obr. 6).

Strojní zpracování – na rozdíl od ručního zpracování se jedná o vysoce efektivní způsob zpracování. Ale ani strojní zpracování se neobejde bez určitého podílu ruční práce. Vozidlo s ukončenou životností musí být před samotným drcením – šředrováním (fáze 3 na obrázku 6), zbaveno nebezpečnosti – dekontaminace (fáze 1 na obr. 6), během níž jsou odstraněny nebezpečné části, které by při strojním zpracování mohly poškodit životní prostředí nebo samotné strojní zařízení. Zároveň dochází k demontáži některých dílů – demontáž (fáze 2 na obr. 6), které se ekonomicky vyplatí demontovat ručně (Edwards et al., 2006).

Každý je autovrak určený k likvidaci musí být zbaven všech nebezpečných prvků. Tento proces začíná demontáží akumulátoru, čímž dojde k odpojení od elektrické instalace. Akumulátor je po vyjmutí uložen ve speciálním dvouplášťovém kontejneru. Následně dojde k separaci nebezpečných látek a kapalin, jako jsou baterie, brzdové kapaliny a paliva, demontáží katalyzátoru a pyrotechnických částí airbagů. Pokud je autovrak vybaven nádrží na zkapalněný plyn, dojde k její demontáži dle návodu výrobce. Tato fáze se označuje jako tzv. **depollution**. Po ukončení tohoto procesu proběhne ruční nebo strojní zpracování. Detailní schéma vypouštěcího zařízení pro fázi depollution je znázorněno na obrázku 7 níže.

Obrázek 7 Schéma vypouštěcího zařízení pro ruční zpracování autovraku

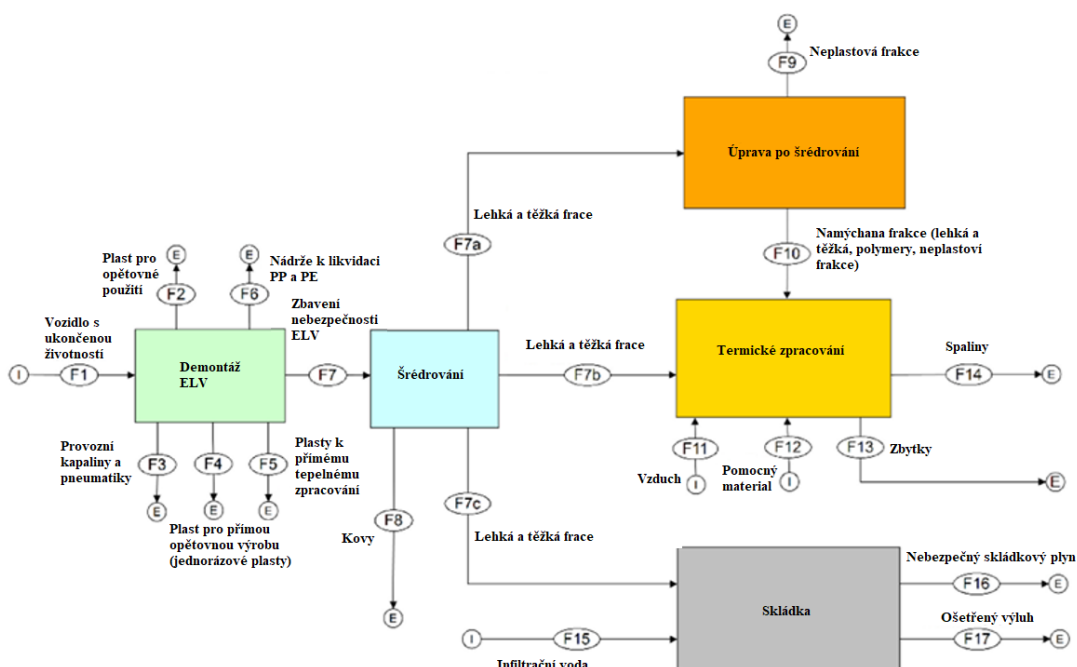


Zdroj: Vlastní zpracování, 2022.

4.5.1 Ruční zpracování autovraku

Při ručním zpracování dochází nejprve k oddělení plastové frakce. Jak ukazuje diagram na obrázku 8 níže, demontovány jsou nárazníky a nádrž na palivo (proud F6), kryty nábojů, mřížek, ale také PUR dílů, zadní světla (obvykle vyrobené z PMMA), popřípadě dochází k demontáži některých funkčních komponentů, které lze oddělit pro opětovné použití a prodat jako použité náhradní díly (proud F2). Při tomto kroku dochází k oddělení nezanedbatelné množství plastů, které je odesláno přímo na přepracování (proud F4).

Obrázek 8 - Současný způsob zpracování vozidel s ukončenou životností



Zdroj: Cardamone a kol., 2022.

V některých evropských zemích, jako je Nizozemí, je množství plastů oddělených pro opětovné použití během demontáže velmi vysoké (až 21 % celkových plastů), ale v těchto případech vždy existují specifické ekonomické pobídky. Ve zbytku Evropy se většina plastových frakcí drtí a poté končí v takzvaných zbytcích z automobilového drtiče – ASR (automotive shredder residue). Proces likvidace pokračuje demontáží pneumatik, čelního a zadního skla, skel dveří a karoserie a všeho ostatního, co lze snadno ručně odstranit (proud F3). Na prodej náhradních dílů se specializují převážně drobní zpracovatelé, kteří demontují za pomoci ručního nářadí jednotlivé díly, ty prodávají vlastníkům starších, dosud funkčních automobilů. Výhodou ručního

zpracování je skutečnost, že dochází k opětovnému využití náhradních dílů, takže nedochází ke vzniku odpadu. Jeho nevýhodou je kromě malé produktivity požadavek na velké skladovací prostory. Po demontáži všech upotřebitelných dílů je zbývající část autovraku předána ke strojnímu zpracování (proud F7).

4.5.2 Strojní zpracování autovraku

Strojní zpracování lze rozdělit na lisování, stříhání a šředrování. Zatímco lisování a stříhání slouží pouze ke snížení dopravních nákladů ke konečnému zpracovateli, při šředrování dochází ke kompletnímu zpracování autovraku na jednotlivé komodity. Šředrování je technologie, jež je v současné době nejvíce využívána při zpracování autovraků v EU. Nejčastěji jsou používány kladivové drtiče, tzv. šředry. Při strojním zpracování na šředru dochází k nadrcení autovraku přes síto, které má různou velikost otvorů dle požadované velikosti nadrceného materiálu (nejčastěji 130 mm*130 mm) – ilustrativní obrázek síta a šředru ukazuje obrázek 9 níže.

Obrázek 9 - Síto šředru a rotor šředru s nárazovými prvky

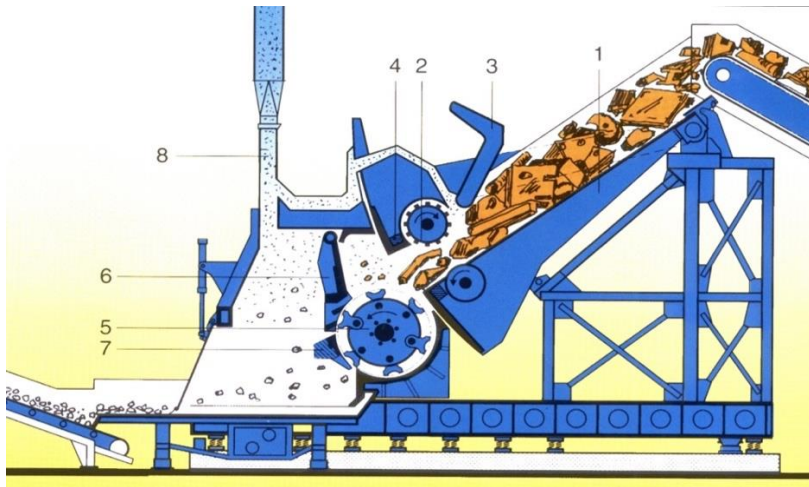


Zdroj: Vlastní fotografie, 2022.

Nadrcený materiál je sypký a obsahuje vše, co bylo součástí autovraku po ručním zpracování. Po rozemletí autovraku dochází k odsátí materiálu s lehkou hmotností neboli lehké frakce. Ta se dále nezpracovává a končí na skládce odpadů nebo jako vstupní surovina k termickému zpracování (F7b, c na obr. 8). Zbytek materiálu dále pokračuje k magnetickému separátoru, kde je z něj vyseparován veškerý magnetický materiál (železo a ocel – proud F8 na obr. 8). Zbývající materiál neboli těžká frakce je směs barevných kovů a ostatních nemagnetických materiálů s vyšší hmotností. Ta projde úpravou po šředrování (proud F7a na obr. 8). Během tohoto kroku z ní jsou vyseparovány neplastové frakce (proud F9 na obr. 8) a zbytek těžké frakce se termicky

využije (proud F10 na obr. 8). Obrázek 9 níže ukazuje příklad šrédru s kyvným kladivem.

Obrázek 10 - Šrédr s kyvným kladivem od společnosti METSO



Zdroj: Firemní brožura METSO, 2022

Legenda: (1) Pohyblivý podávací žlab; (2) Hnací válec; (3) Pohyblivé tlakové víko; (4) Přítlačná páka s kovadlinou; (5) rotor s nárazovými prvky; (6) Vertikální deska (pohyblivá); (7) vodorovně pohyblivá kovadlina; (8) Výfukové potrubí.

Hlavní výhodou těchto zařízení je jejich efektivita. Součástí technologie šředrování jsou i navazující třídící postupy, které umožňují vyšší výtěžnost jednotlivých druhů materiálů. Průměrná procentuální materiálová výtěžnost ze zpracovaných autovraků pomocí technologie šředrování je cca 70 % železných a neželezných kovů a 30 % směsi ostatních materiálů. Přesný poměr záleží na vlastnostech a kompletnosti vstupního materiálu.

V současné době je v ČR několik společností, které provozují drtící zařízení. Mezi dvě největší patří Recycling-kovové odpady a.s. a SPV Recycling CZ Ostrava. První jmenovaná společnost v roce 2022 zprovoznila ve Vysokém Mýtě nejmodernější zařízení na zpracování autovraků včetně následného dotřídění v ČR. – obrázek 11 ukazuje moderní šrédr umístěný v společnosti Recycling-kovové opady a.s.

Obrázek 11 - Šrédr společnosti Recycling-kovové odpady a.s.



Zdroj: Vlastní fotografie, 2022

Dalšími zpracovateli v ČR, kteří však provozují drtící zařízení, jsou např. Kovošrot Group Cz s.r.o. a Metalšrot Tlumačov a.s. Obě tyto společnosti však provozují technologicky starší zařízení, které není na takové úrovni jako u prvních dvou jmenovaných společností.

4.6 Druhy materiálů vznikajících ze zpracování autovraků a jejich využití

Proces ekologické likvidace autovraků se skládá z ruční demontáže recyklovatelných dílů a ze strojního zpracování zbývajících částí autovraků. Celkový proces se může lišit podle použité technologie. Všeobecně se dá konstatovat, že čím je lepší strojní zpracování a následné dotřídění materiálů, tím jsou menší nároky na ruční zpracování, které je ekonomicky náročnější. Ruční zpracování je však stále jedním z procesů, které při zpracování autovraků nelze úplně nahradit.

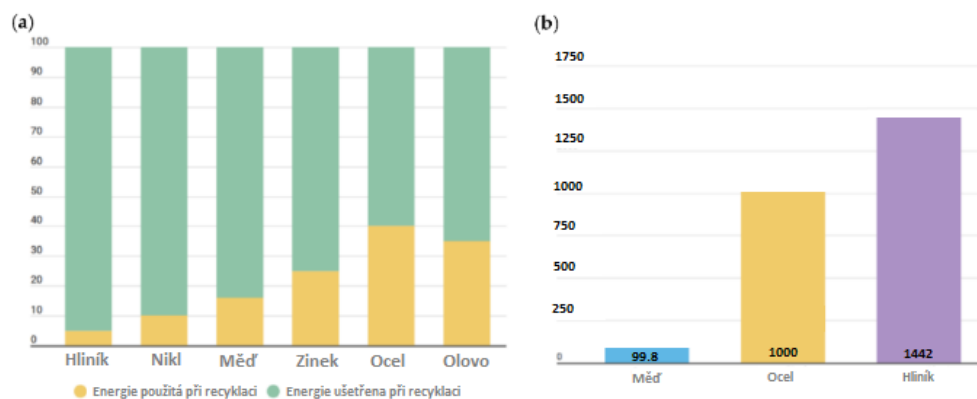
Velcí zpracovatelé, kteří se specializují na strojní zpracování vozidel s ukončenou životností chtějí, aby podíl ručního zpracování byl co nejnižší. Z tohoto důvodu ručně vyseparují pouze nezbytné části autovraků, které by jinak byly znehodnoceny (katalyzátory, akumulátory, jednodruhové plasty atd.) nebo by mohly poškodit životní prostředí (provozní kapaliny). Zbytek vozidel s ukončenou životností zpracují na strojních zařízeních (šrédry) a jednotlivé materiály vhodné k recyklaci nebo k využití vyseparují při následném zpracování na třídících linkách. Tento postup umožňuje zpracovat velké množství autovraků v krátkém časovém úseku, a je tím ekonomicky

udržitelný. Ze strojního zpracování na šrédru vznikají tři základní komodity: železo a ocel, lehká frakce (SLF - shredder light fraction) a těžká frakce (SHF - shredder heavy fraction). SLF a SHF se odborně nazývají zbytky z automobilového drtiče - ASR (automotive shredder residue). Zatímco recyklace kovů z vozidel s ukončenou životností probíhá dlouhou dobu a její účinnost dosahuje cca 100% recyklace, recyklace ASR je z důvodu heterogenního složení a fyzikálních vlastností složitá a ekonomicky nerentabilní. Z tohoto důvodu končil tento odpad doposud na skládkách odpadů nebo ve spalovnách (Vijayan et al., 2022).

4.6.1 Železo a ocel

Železo a ocel jsou nejzastoupenějšími surovinami v autovraku, jak bylo uvedeno v předchozích kapitolách. Zároveň se jedná o druh odpadu, který je nejlépe recyklovatelný. Recyklace kovového odpadu má příznivý vliv i z ekologického hlediska, protože je odpadní materiál znovu využíván, a tím dochází k šetření přírodních zdrojů – železné rudy a snižují se energetické a výrobní náklady, protože výtěžnost železného šrotu je mnohem vyšší než výtěžnost železné rudy. Každá tuna nové oceli vyrobené z ocelového šrotu ušetří 1134 kg železné rudy, 635 kg uhlí a 55 kg vápence. Použití recyklovaného ocelového šrotu snižuje spotřebu energie o 75 % (Al-Quradaghi a kol., 2020). Za předpokladu, že by na výrobu automobilu byl použit recyklovaný materiál je odhadované snížení emisí skleníkových plynů za každé vozidlo 1000 kg. Obecně platí, že energie použitá při recyklaci odpadních materiálů je menší než energie použitá při výrobě surovin. Úspora energie při recyklaci kovů z vozidel s ukončenou životností a odhadované snížení emisí skleníkových plynů při použití recyklovaných kovů pro výrobu automobilů jsou znázorněny na obr. 12 níže.

Obrázek 12 - Úspora energie při recyklaci kovů z vozidel s ukončenou životností a odhadované snížení emisí skleníkových plynů



Zdroj: Cardamone et al., 2022

Ocelový odpad, který vzniká jako výsledek strojního zpracování vozidel s ukončenou životností je směsí kvalitních druhů ocelí, jakými jsou plechy z karoserie s nízkým obsahem tzv. hlubokotah, a ostatních druhů oceli a litiny. I přesto je o tento druh ocelového šrotu v hutích velký zájem, zejména pro jeho velkou měrnou hmotnost. Ocel vyrobená z takového železného odpadu má o něco horší vlastnosti, ale i přesto nachází široké uplatnění například ve stavebnictví, kde nejsou nároky na chemické složení oceli tak vysoké (Al-Quradaghi a kol., 2020).

Obrázek 13 - Železo a ocel určené pro další využití



Zdroj: Vlastní fotografie, 2022

Železný a ocelový odpad ze zpracování vozidel s ukončenou životností je ve formě železného šrotu obchodně významnou surovinou, která je také předmětem zahraničního obchodu. Z ČR se tento materiál vyváží převážně do okolních států, jakými jsou Polsko, Rakousko, Německo a Itálie, kde sídlí velké ocelárny a hutě.

Jedním z důvodů převahy vývozu do zahraničí jsou nedostatečné zpracovatelské kapacity na území České republiky. Mezi další důvody patří i vysoké náklady tandemových vysokých pecí, které byly postaveny v 70. letech minulého století a které již nejsou schopné konkurovat moderním hybridním technologiím (Uher, 2022).

4.6.2 Lehká frakce – SLF (shredder light fraction)

Množství nekovových komponentů v automobilu dosahuje zhruba 25 % celkové hmotnosti. Většina těchto materiálů skončí po zpracování a prvotní separaci kovů v lehké nebo těžké frakci. Směrnice EU 2000/53/ES stanovuje využít minimálně 95 % materiálu autovraku, což znamená nutnost v co největší míře recyklovat nebo využít i zbytky odpadu z procesu drcení. Lehká frakce obsahuje hlavně kusy plastů, pěny, textilu a další materiály jakými je barva a sklo. Ve velké míře je v lehké frakci zastoupen i biologický materiál jako např. prach. Obsah barevných kovů (Cu, Zn, Cr, Ni) je tak nízký, že jejich hodnota nedokáže pokrýt náklady na jejich separaci z lehké frakce (Sobeková-Foltová et al., 2017). Příklady materiálů lehké frakce jsou zdokumentovány na obr. 14 níže.

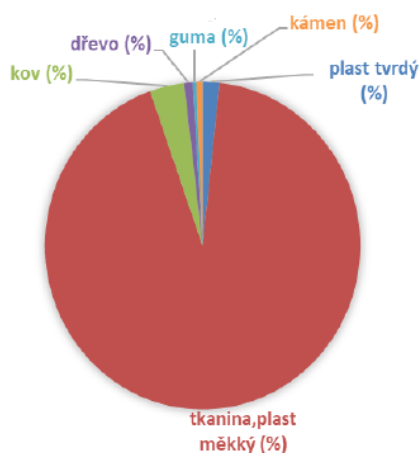
Obrázek 14 - Příklady lehké frakce, molitan a směsový materiál



Zdroj: Vlastní fotografie, 2022

Složení lehké frakce je velmi variabilní na velikost částic a chemické složení. Je z velké části závislé na zvolené technologii, která zajišťuje odsávání v průběhu šředrování a na vlastnostech vstupního materiálu. Průměrné složení lehké frakce je znázorněno na obr. 15 níže.

Obrázek 15 – Složení lehké frakce



Zdroj: Recycling-kovové odpady a.s. – Interní analýza vzorků, kterou zpracoval Institut enviromentálních technologií VŠB

Dle rozborů vykazuje lehká frakce nižší výhřevnost – přibližně 11 MJ/kg a nízkou energetickou hustotu – jen 3,3 GJ/m³. I přesto, že naměřený obsah chlóru (do 0,5 %) splňuje požadavky tepláren a cementáren, omezují výše uvedené hodnoty využití lehké frakce jako tuhé alternativní palivo (Recycling-kovové odpady a.s., 2023). Dopusud lehká frakce končila na skládkách odpadu, protože tento způsob likvidace odpadu byl ekonomicky výhodnější, než její likvidace ve spalovnách. Využití v cementárnách není možné také vzhledem k vysoké míře různorodosti složení. Ty proto dávají přednost jinému odpadu, např. pneumatikám. Teoreticky by bylo možné spalovat tuto frakci spolu s jinou výhřevnou frakcí nebo palivem v jiných zařízeních na energetické využití odpadů – ZEVO. Zejména zařízení s fluidním spalováním by s využitím výhřevné frakce neměly technické potíže (Steo, 2022).

4.6.3 Těžká frakce – SHF (shredder heavy fraction)

Těžká frakce je směs barevných kovů, plastů, gumy a ostatních materiálů s vyšší hmotností, které nebyly vysáty nebo vyseparovány magnetem. Příklady těžké frakce jsou zobrazeny na obr. 16 níže.

Obrázek 16 - Příklady materiálového složení těžké frakce



Zdroj: Vlastní fotografie, 2022

Většinu využitelných neželezných kovů lze vyseparovat na specializovaných třídících linkách, které využívají různé způsoby separace na bázi vířivých proudů, magnetizmu, 3D detekce, detekce pomocí barev nebo detekce elementárního složení (Steinert, 2022). S pomocí těchto složitých zařízení jsou zpracovatelé schopni vyseparovat těžké frakce na jednotlivé části, jakými jsou barevné kovy a nerez, plasty, minerály nebo i zbytky měděných kabelů, které jsou následně lehce recyklovatelné. Směs barevných kovů, které se vyseparují, je odborně nazývána zorba. Tu je možné zpracovat na specializovaných třídících zařízeních, které provedou separaci barevných kovů na jednotlivé druhy. Separační linky, které toto umožňují, jsou velice drahé a jejich rentabilita je závislá na množství zpracovaných odpadů. Po roztřídění těžké frakce a vyseparování použitelných částí zůstane zbytek materiálu, který se skládá z více druhů plastů, gumy, dřeva a ostatních těžkých zbytků. Tato směs má vysokou výhřevnost, až 30MJ/kg, tedy stejnou jako černé uhlí, což je jeden z předpokladů pro energetické využití tohoto odpadu jako alternativního paliva (Letcher, 2020). Zpracování tohoto heterogenního materiálu je složitý úkol, a to především vzhledem k velkému množství zbytků ze zpracování vozidel s ukončenou životností.

4.7 Přehled materiálového složení těžké (SHF) a lehké frakce (SLF)

Lehká frakce a převážně těžká frakce obsahují velké množství materiálů, který je možné po separaci použít k recyklaci. Některé separační procesy jsou jednoduché a umožňují za relativně nízkých nákladů získat cennou surovinu. Jedná se především o separaci železných a neželezných kovů. Naopak separace čistých plastů je složitý a

finančně náročný proces. Jeho zvládnutí je výzvou pro současné zpracovatele vozidel s ukončenou životností po celém světě.

4.7.1 Hliník a ostatní barevné kovy – zorba

V průběhu zpracování vozidel s ukončenou životností vzniká několik druhů hliníkového odpadu. Při ručním zpracování autovraku dochází k separaci hliníkového odpadu s jasně deklarovanými chemickými vlastnostmi, jakými jsou např. hliníková kola, kde ruční separace tohoto materiálu dává ekonomický smysl. Tento druh hliníku se prodává do zpracovatelských zařízení samostatně. Ostatní neželezné kovy jsou součástí těžké frakce, která se po strojním zpracování vozidel s ukončenou životností zpracovává na třídících linkách. Výsledkem prvotní separace barevných kovů ze strojního zpracování na třídících linkách je čistá směs barevných kovů, která se nazývá zorba. Příklad materiálového složení zorby je zdokumentován na obr. 17 níže.

Obrázek 16 Příklad materiálového složení zorby v podobě barevných kovů



Zdroj: Vlastní fotografie, 2022

Zorbu lze následným zpracováním na specializovaných zařízeních roztřídit na jednotlivé barevné kovy. Největší zastoupení, a to 82 % má v zorbě hliník a jeho slitiny, které jsou žádanou vstupní komoditou do evropských hliníkáren (Letcher, 2020). Pro tato zařízení je výrazně rentabilnější vyrábět hliník z recyklovaných surovin než z bauxitu. Výroba primárního hliníku z bauxitu je složitý a energeticky náročný proces, který zatěžuje životní prostředí. Při použití hliníkového šrotu se v hutích spotřebuje mnohem méně energie. Recyklace hliníku má potenciál produkovat

o 92 % méně emisí CO₂ než výroba nového hliníku. V roce 2019 bylo celosvětově recyklováno 20 milionů tun hliníku, což je ekvivalentní úspora 300 milionů tun skleníkových plynů. Zpracování jedné tuny hliníkového šrotu také ušetří 8 tun bauxitu a 14 000 kWh (Steinert, 2022). Výrobky z hliníku mají dlouhou životnost a lze je velmi snadno a opakovaně recyklovat. Odhaduje se, že přibližně 75 % jednou vyrobeného hliníku, je stále v oběhu (Letcher, 2020).

4.7.2 Korozivzdorná ocel – nerez

Těžká frakce obsahuje menší množství nerezové oceli. Jedná se o vysokolegovanou ocel se zvýšenou odolností vůči chemické i elektrochemické korozi. Legovací prvky jsou převážně chrom (Cr) a nikl (Ni), dále pak molybden (Mo), mangan (Mn) aj. Příklad materiálového složení v podobě nerezové oceli byl zdokumentován na obr. 18 níže.

Obrázek 17 - Příklady materiálového složení – nerezová ocel

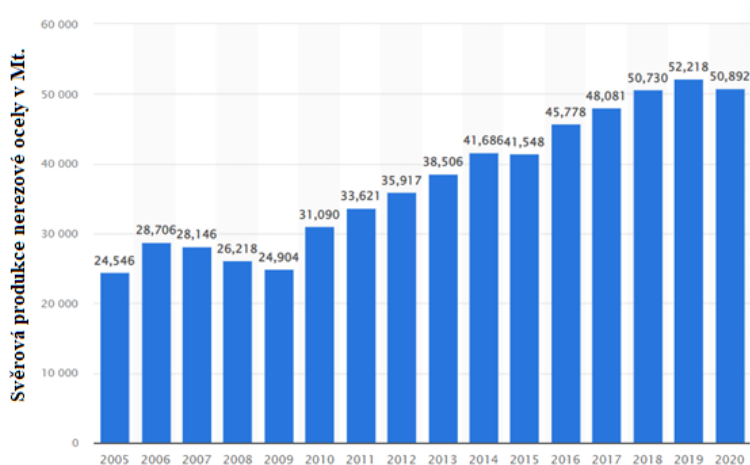


Zdroj: Vlastní fotografie, 2022

Nerezová ocel je 100% recyklovatelná. Systém recyklace této oceli je vysoce efektivní a nevyžaduje žádné dotace. Odhaduje se, že nejméně 85 % korozivzdorných ocelí je na konci své životnosti recyklováno (ISSF, 2022). Přesto, že je míra recyklace vysoká, nepokryje poptávku. Zvedající se úroveň velkých států, jakými jsou Indie, Brazílie nebo Čína, které se snaží přiblížit ekonomickým a průmyslovým velmocem, vytvářejí stále vyšší poptávku po kovech a zejména nerezové oceli, která je nedílnou součástí moderního životního stylu. Za posledních 20 let došlo ke zvýšení světové produkce nerez z 19 milionů tun na více než 50 milionů tun ročně, jak ukazuje obr. 19 níže

(Statista, 2022). Nárůst používání nerezové oceli byl nejvyšší ze všech materiálů na světě (ISSF, 2022).

Obrázek 18 - Světová produkce nerezové oceli



Zdroj: Statista, 2022

Specifické vlastnosti nerezové oceli způsobují, že je jen slabě magnetická, a proto ji není možné vyseparovat běžnými magnety. K separaci od těžké frakce se na třídících linkách používá silný neodymový magnet, který dokáže i málo magnetické materiály vytřídit (IFE, 2022).

4.7.3 Sklo

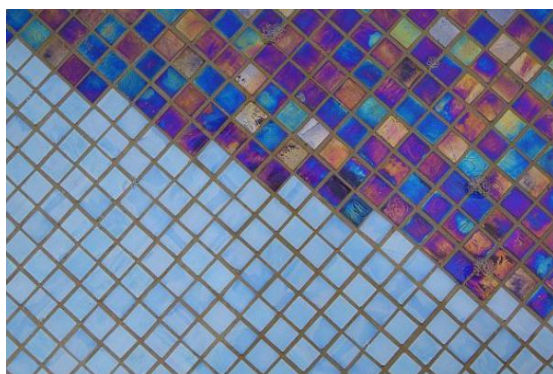
Recyklace skla je jedním z technologicky nejjednodušších a zároveň nejdokonalejších recyklačních procesů. Oproti jiným materiálům má tu výhodu, že nemusí být před znovupoužitím nijak náročně upravováno, stačí ho rozdrtit na skelný písek. V každém vozidle s ukončenou životností se nachází přibližně 30 kg skla. Malá část autoskla je čisté sklo, které lze ihned recyklovat a znovu využít ve sklářském průmyslu pro opětovnou výrobu skla. Převážná většina autoskel jsou ale tzv. skla lepená, která mají oproti běžnému sklu specifické vlastnosti. Z důvodu bezpečnosti a požadovaného komfortu je vyrobeno ze čtyř materiálů a to skla, PVB folie, tónovací fólie a pryže. Všechny čtyři materiály společně zajišťují viditelnost, zvukovou izolaci, UV filtraci, stínění a vyztužení automobilového skla (Swain a kol., 2022).

Z pohledu recyklace autoskel představují právě tyto folie problém. Náklady na zpracování čelních skel s obsahem fólie jsou totiž téměř dvaapůlkrát vyšší než zpracování běžného skla, a navíc je tento proces zaměřen pouze na využití skla a neřeší

znovuvyužití plastů, které jsou v lepeném autoskle obsaženy (Melichar a kol., 1990). Přitom každé čelní sklo obsahuje přibližně 1 kg PVB (polyvinylbutyral) fólie, která v případě recyklace může být zdrojem pro opětovné použití PVB (Tupý a kol., 2012). Existují však studie, ověřené v laboratorních podmínkách v Jižní Koreji, které ukazují postupy, jak kvantitativně oddělit PVB od skla, tónovacího filmu a pryže s požadovanou čistotou (Swain a kol., 2022). Především z ekonomických důvodů a z důvodu technické složitosti však není doposud recyklace plastů z autoskel rozšířena. Autosklo však nalézá uplatnění jako vhodná vstupní surovina ve stavebnictví.

Střepy pocházející z lepených skel automobilů, které nezužitkují sklárny jako vstupní surovinu, jsou využívány např. pro výrobu izolací na bázi vláken subtilních rozměrů (známých jako minerální vlna). Výzkum potvrdil i možnost využít střepy lepených autoskel k výrobě spékaných obkladů do interiérů a exteriérů. Dříve šlo spíše o skleněné police a jiné drobné doplňky, dnes se tento nadčasový materiál objevuje v podobě pracovních desek nebo obkladů na stěnu, jak ukazuje obrázek 20 se skleněnou mozaikou níže. Výhodou skla je jeho vysoká mechanická i chemická odolnost. Navíc je tento materiál i bezpečný. Při rozbití se podobně jako u autoskel vytvoří množství krychliček s tupými hranami, které neublíží (Zima, K., 2019).

Obrázek 19 - Skleněná mozaika



Zdroj: Zima, K., 2019

Určitou nevýhodou tohoto procesu je skutečnost, že využití střepů z lepených skel je možné jen v rozsahu maximálně do 5 %. Při vyšším podílu tohoto materiálu dochází k rapidnímu poklesu pevnostních parametrů, převážně pokud jsou vystavených působení mrazu. Využití až 10 % recyklovaných autoskel by bylo možné při výrobě panelů do interiérů obytných budov, kde budou dodrženy klimatické podmínky. Je ale

nutné počítat se sníženými nároky na funkční a užitné vlastnosti těchto výrobků (Letcher, 2020). Další možností využití odpadního autoskla je při výrobě pěnového skla nebo abraziv. Pěnové sklo ve formě granulátu (viz obrázek 21 níže) nebo desek slouží jako moderní tepelná izolace.

Obrázek 20 - Granulát z pěnového skla



Zdroj: A-Glass, 2022

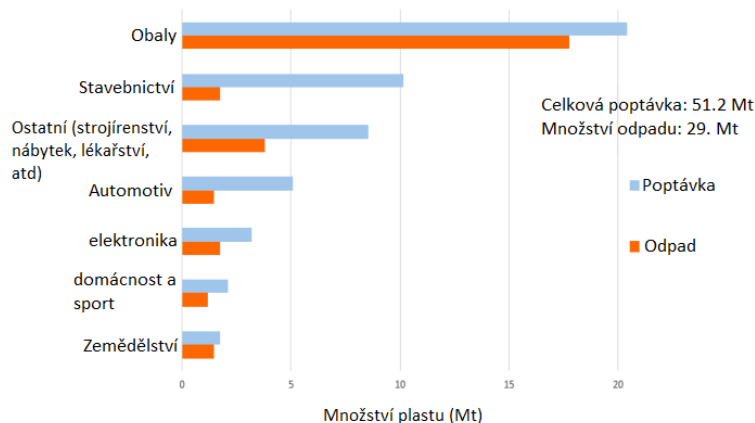
Díky svým vlastnostem, které zabraňují pronikání vlhkosti, nízké hmotnosti, tvarové stálosti a odolnosti proti stárnutí, nahrazuje stále častěji některé druhy plastů jako například polystyren. Je možné ho použít nejen k tepelné izolaci a drenáži staveb (základové desky, podlahy, stropy), ale také k odlehčení půdy či ke stabilizaci a odvodnění svahů při budování silnic a inženýrských staveb. Jeho vlastnosti jsou dobře využitelné při stavbě nízkoenergetických domů, či domů se zelenými střechami. Využití pěnového skla ve formě granulátu šetří životní prostředí, protože nahrazuje tradiční surovinu používanou ve stavebnictví, a to kamennou drť, nebo materiály na bázi expandovaného jílu (A-Glass, 2022).

4.7.4 Plasty

Prísnejší legislativa EU týkajúca sa emisií vozidiel vedľa výrobcu automobilů v posledných desaťročiach k rastúcemu používaniu ľahkých materiálov, predovšetkým plastů. Jejich zavedením dochádza k zníženiu hmotnosti nových vozů, ktoré menej znečišťujú životné prostredie a majú nižšiu spotrebu. Napríklad zníženie celkovej hmotnosti vozidla o 10 kg môže znížiť množstvo emisií CO₂ o 1 g na km (PlasticsEurope, 2019). Plasty sa v automobilovom priemysle používajú nielen kvôli ich menšej hmotnosti, ale i z dôvodu ich vysokej bezpečnosti, nízkej ceny a odolnosti. Automobilový priemysl

představoval v roce 2018 čtvrtý největší segment z hlediska použití plastů v Evropě, jak ukazuje graf na obrázku 22 níže.

Obrázek 21 - Celková poptávka po plastech a množství vzniklého odpadu podle sektorů v roce 2018

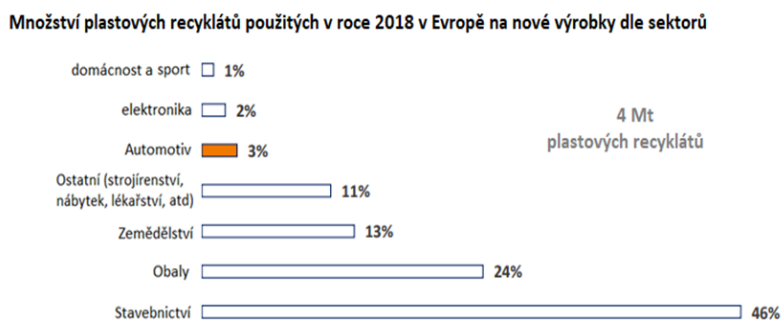


Zdroj: Vlastní zpracování dle PlasticsEurope, 2019

Představoval téměř 10 % (5,1 milionů tun) celkové poptávky po plastech v Evropě (51,2 Mt). Zároveň je toto odvětví spolu se zemědělstvím pátým největším zdrojem plastového odpadu v Evropě. Odhaduje se, že z automobilového průmyslu vzniká 1,5 Mt odpadů (PlasticsEurope, 2019).

V roce 2018 byly v Evropě použity na nové výrobky přibližně 4 miliony tun (Mt) plastových recyklátů, jak ukazuje graf na obrázku 23 níže. Automobilový průmysl použil 3 % z celkového množství recyklovaných plastů uvedených na trh (0,12 Mt). Plastový odpad shromážděný v automobilovém průmyslu je tedy 12krát větší než jeho využití.

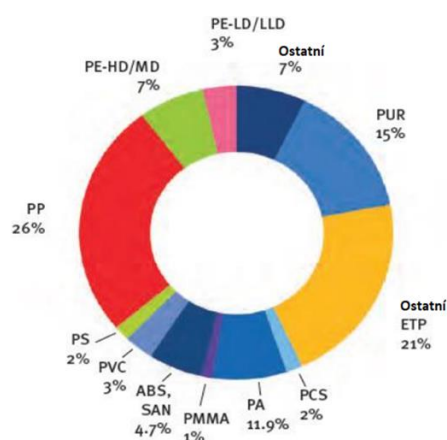
Obrázek 23 - Množství plastových recyklátů použitých v roce 2018 v Evropě na nové výrobky dle sektorů



Zdroj: Vlastní zpracování dle PlasticsEurope, 2019

Mezi nejvíce zastoupené plasty používané v automobilech se řadí polypropylen (PP). Jedná se především o plastové nárazníky, izolace kabelů, kobercová vlákna. Další výraznou skupinou plastů je polyuretan (PUR), který je obsahuje pěnové sezení, izolace, panely, závěsná pouzdra, polštáře, elektrické sloučeniny a polyamidy (PA) - pláště, brzdové hadice, olejové vany (PlasticsEurope, 2019). Automobil obsahuje v menší míře i různé další plasty a polymery, včetně technických plastů, jako jsou butadienstyren (ABS)/styren akrylonitril (SAN) polyvinylchlorid (PVC), polystyren (PS), polyetylen (PE) HD/MD, LD/LLD, polykarbosilan (PCS), akryl (PMMA), jak je ukázáno na grafu na obrázku 24 níže (PlasticsEurope, 2016).

Obrázek 22 - Průměrné složení automobilových plastů v evropském měřítku



Zdroj: PlasticsEurope, 2016

Velká rozmanitost plastů používaných v automobilech má vliv na jejich následnou recyklaci. Některé plastové součásti jsou vyrobeny z jednoho druhu plastu a jsou snadno recyklovatelné. Jedná se převážně o nárazníky, nádrže a podběhy aut. Tyto součásti autovraku je možné demontovat před strojním zpracováním autovraku a plastový odpad, převážně polypropylen, polyetylen předat zpracovatelům plastů, kteří na svých linkách provedou recyklaci a vyrobí nové vstupní suroviny pro výrobu plastových dílů. Příklad recyklovatelného plastu ukazuje obrázek 25 níže, kde jsou zobrazeny nadrcené nárazníky. Problémem dnešních vozidel s ukončenou životností je, že obsahují mnoho plastových dílů, které recyklovat nejdou anebo je jejich recyklace ekonomicky tak náročná, že není bez finančních pobídek možná. Tyto plasty jsou po strojním zpracování autovraku využity v energetickém nebo chemickém průmyslu.

Obrázek 23 - Polypropylen (PP) – nadrcený nárazník

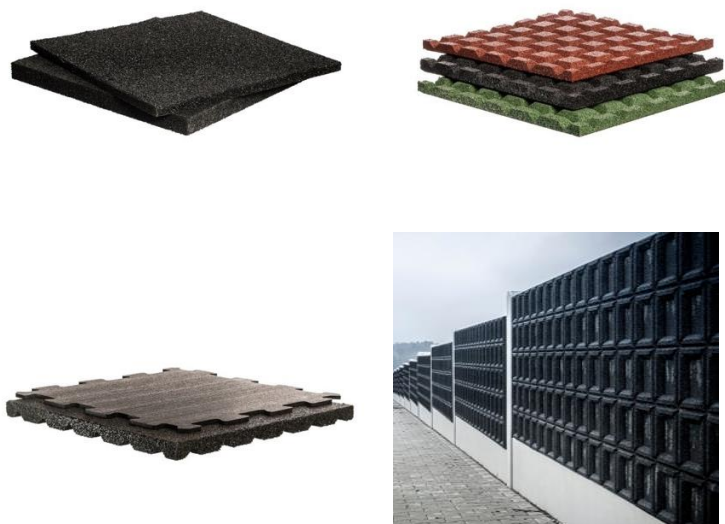


Zdroj: Vlastní fotografie, 2022.

4.7.5 Pneumatiky

Každý výrobce či dovozce pneumatik má ze zákona povinnost zajistit nakládání s těmito výrobky po ukončení doby jejich životnosti. To v praxi znamená zajistit zpětný odběr pneumatik, a to buď individuálně, nebo v rámci kolektivního systému. Toto nařízení vedlo k vytvoření několika systémů sběru pneumatik, které zajišťují svoz a recyklaci pneumatik na území celé České republiky. Pneumatiky vzniklé z ekologické likvidace autovraku jsou odevzdávány zpracovatelům, kteří zajišťují jejich recyklaci nebo jiné využití. Zpracování pneumatik je složitý proces, při kterém dochází z pneumatik k výrobě pryžového granulátu. Ten slouží k výrobě různých pryžových podlah a akustických desek. Tyto desky se nechají využít jako povrchy dětských hřišť a sportovišť, ve stavebnictví, kde slouží jako protihlukové stěny a antivibrační desky nebo i v agrosegmentu, kde jsou využívány jako stájové desky nebo dlažba pro koně a skot (Gelpo, 2022). Příklady využití zpracovaných pneumatik ukazuje obrázek 26 níže.

Obrázek 24 - Pryžové protiodrazové hladké desky, desky s rastrem, pryžová dlažba na podlahy, protihlukové desky



Zdroj: Gelpo, 2022

4.7.6 Baterie a akumulátory

Akumulátor představuje zdroj převážně olova, plastů a elektrolytu. Podobně jako v případě pneumatik je možné baterie a akumulátory odevzdat v rámci míst zpětného odběru, která jsou určena výrobcem a ve kterých jsou zpětně odebírány automobilové baterie s ukončenou životností. Baterie z míst zpětného odběru jsou předány konečnému zpracovateli. Zpracovatelé vozidel s ukončenou životností mají možnost předávat použité akumulátory určeným zpracovatelům akumulátorů přímo. V České republice se recyklací olovených baterií zabývá společnost Kovohutě Příbram a.s., která nabízí dostatečné kapacity pro zpracování vzniklých akumulátorů.

Recyklace baterií a akumulátorů je poměrně složitá záležitost, při které nikdy nedochází ke kompletní recyklaci, tedy k transformaci, na jejímž základě by mohly být vyráběny baterie nové. Recyklace může probíhat např. v obloukových pecích, které se používají především k recyklaci baterií s nízkým obsahem pro životní prostředí nebezpečnou rtuť. Dalšími prvky jsou např. železo a mangan, které se mohou využít v ocelářském průmyslu. Dalším typem pecí jsou oxido-redukční nebo sublimační pece, které jsou vhodné kromě baterií s vysokým obsahem rtuti také pro ty s vysokým obsahem niklu a kadmia.

Výsledkem recyklace akumulátorů jsou například olověné plechy, trubky a dráty, které se používají ve stavebnictví, nebo střelivo. Dále se recyklované olovo využívá při výrobě olověné vlny, která se používá k utěsňování přírubových spojů litinových, betonových a kameninových rour a průstupů zdí a stropů, nebo olověných plomb. (CENIA, 2022a).

5 Současný stav řešené problematiky

V rámci procesu zpracování autovraků je zcela zásadní správná identifikace jednotlivých materiálů, jejich separace a rozdělení na recyklovatelné a nerecyklovatelné. Dle kategorizace se pak určuje další materiálové využití. V některých případech již k dalšímu využití nedochází, hovoří se o tzv. likvidaci odpadu. Druhou možností je posouzení vhodnosti jednotlivých materiálů pro výrobu alternativního paliva, které mohou využít např. cementárny nebo kotelny.

5.1 Likvidace odpadu

Likvidací odpadu, se rozumí činnost, která není využitím odpadů a v podstatě ukončuje proces nakládání s odpady. Mezi hlavní způsoby likvidace odpadů patří skládkování na skládkách a spalování odpadů v zařízeních k tomuto účelu určených. Nový odpadový zákon sice posouvá datum konce skládkování využitelných a recyklovatelných odpadů na rok 2030, ale Vyhláška č. 345/2021 Sb., o podrobnostech nakládání s vozidly s ukončenou životností již dnes určuje, že podíl materiálového nebo energetického využití vozidel s ukončenou životností musí být alespoň 95 %. Další omezení přineslo schválení nového zákona o odpadech č. 541/2020 Sb., s účinností od 1. ledna 2021, který zakázal ukládání odpadu vznikajícího při úpravě výrobků s ukončenou životností, pokud má výhřevnost vyšší než 6,5 MJ/kg v sušině. (MŽP, 2022). Zpracovatelé vozidel s ukončenou životností proto musí na tuto situaci reagovat a připravovat takové kroky, aby došlo k separaci materiálu a následnému využití. V současné době je možné zlikvidovat odpad ze zpracování vozidel s ukončenou životností pouze po předložení rozboru materiálu a protokolu o výhřevnosti, který byl zpracovaný autorizovanou osobou. V praxi to znamená, že na skládkách odpadů končí od zpracovatelů vozidel pouze vyseparovaný odpad podobný prachu.

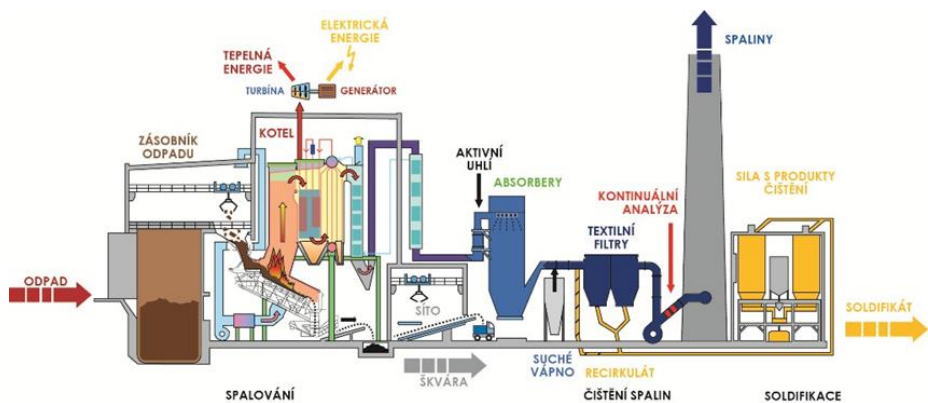
5.2 Termické využití (alternativní palivo)

Termické zpracování odpadů neboli spalování je jedním ze způsobů využití odpadu. Při termickém zpracování se využívá tepelné energie obsažené v odpadech. Tento proces může být uskutečňován různými technologickými postupy. Výsledkem je vznik tepelné energie, která se dále využívá k výrobě elektrické energie. Termickým využitím

odpadů dochází k úspoře primárních neobnovitelných zdrojů surovin a energie a zároveň i k redukci hmotnosti odpadu na 25 % původních hodnot a k redukci objemu o 90 % původních hodnot, což představuje 10 násobné prodloužení životnosti skládky. Během procesu energetického využití odpadů nedochází k žádné separaci ani následné recyklaci zpracovaného materiálu. Velmi často jsou v tomto procesu tepelně využity i suroviny, které by sice bylo možné recyklovat, ale vzhledem k ekonomické náročnosti se nechají spálit (Sako, 2022). První spalovna komunálního odpadu s využitím energie byla na území dnešní České republiky vybudována v Brně v letech 1904–1905. V plném provozu spalovalo zařízení 27,5 tuny odpadu za den a vyrobenou párou byla poháněna turbína o výkonu 300 kW napojená na třífázový generátor střídavého proudu o výkonu 220 kW (Lapčík, 2017).

Odpad pro termické zpracování je do spalovny odpadů přivezen od dodavatelů branou pro vozidla. Odpad je zvážen, zkontrolován a následně zaveden do evidence. Materiál určen k termickému využití je znovu zkontrolován a nasypan do zásobníku na odpad, jak ukazuje červená šipka na obrázku 27 níže, který ukazuje schéma spalovny odpadů.

Obrázek 25 - Schéma spalovny odpadů



Zdroj: Sako, 2022

Přijímaný odpad je buď určen rovnou k termickému využití nebo je převezen do dotřídňovacích linek. Jeřábek drapákem odebírá dovezený odpad od vstupního skluzu, který plní násypku kotle. Odpad přiložený do kotle hoří sám a nepotřebuje další přídavné palivo. Odpad prochází na roštu fázi zahřívání, vysoušení, zplyňování, hoření a dohoření. Teplota ve spalovací komoře kotle se pohybuje nad hranicí 1000°C. Po spalování zůstane škvára. Škvára padá do mokrého vlnače, kde je uhašena a

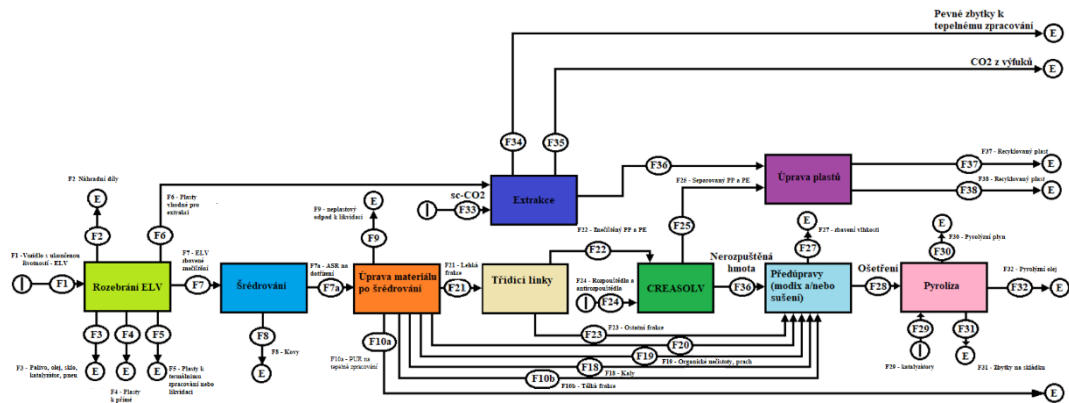
zchlazena a přes vibrační třídič je pásovým dopravníkem dopravována do zásobníku škváry. Vytříděné železo i hliník které bylo vyseparováno vibračními třídiči jsou jako druhotné suroviny odváženy k dalšímu využití. Škvára je nadále využívána pro technické zabezpečení skládek nebo jako stavební materiál. Přehřátá vodní pára, která během spalování vznikla, prochází kondenzační turbínou. Turbína pohání generátor a tím vyrábí elektrickou energii.

5.3 Separace plastu z ASR a inovativní možnosti pro nakládání s plasty z vozidel s ukončenou životností

Obecně platí, že vozidlo s ukončenou životností je cenný zdroj kovů, u kterých dochází k 100 % recyklaci. V posledním desetiletí se však stalo také zdrojem pro recyklované plasty, u kterých však zatím nedochází k plnému využití jejich potenciálu. Při současném zpracování autovraku dochází před samotným drcením k separaci pouze několika druhů plastů. Převážně se jedná o nárazníky – polypropylen (PP) a nádrže – polyethylen (PE). Tyto druhy plastů je možné po rozdrčení a zbavení nebezpečných látek a různých příměsí, směřovat do procesu extruze. Extruze plastů je proces, kdy je za pomoci tlaku a teploty původní materiál (např. plastový granulát) roztaven, a následně s pomocí šneku a matrice extrudován (vytlačen) do finálního tvaru, případně může být také vstřikován do formy (Circular Plastics Alliance, 2020). Ostatní druhy plastů, které jsou obsaženy v lehké a těžké frakci (ASR), jsou směřovány do procesu úpravy po drcení a v současné době končí na skládce nebo jako vstupní surovina pro energetické využití (spalovna odpadů).

Evropská unie reaguje na nízkou míru využití plastů a podporuje různé projekty, které jsou zaměřené na zvýšení míry recyklace plastů z vozidel s ukončenou životností. Jedním z těchto projektů je i Nontox, který v období 2019-2022 zkoumal možnosti, jak zvýšit míru recyklace plastů (i z vozidel s ukončenou životností) dle strategie EU, a zároveň se spolupodílel na vývoji nových recyklačních technologií jako jsou CreaSolv®, Extruclean a katalytická pyrolýza (Nontox, 2020). Jedním ze zásadních výsledků tohoto projektu je návrh nového způsobu zpracování vozidel s ukončenou životností, jak ukazuje obrázek 28 níže.

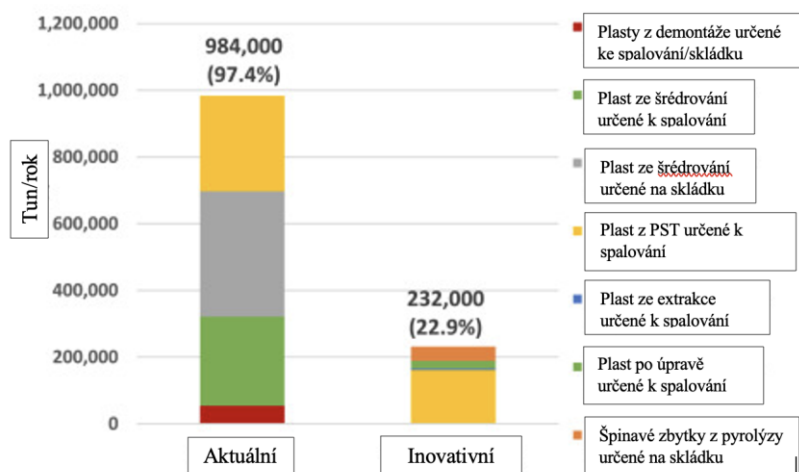
Obrázek 26 - Nový způsob zpracování vozidel s ukončenou životností



Zdroj: Cardamone a kol., 2022.

Projekt upozornil na skutečnost, že zavedení navrženého nového způsobu zpracování autovraků by v Evropě mohlo vést k výraznému zvýšení roční spotřeby recyklovaných plastů, a to z aktuálních 3 % a na 50 %, a zároveň ke snížení množství zbytků spálených nebo uložených na skládku (Cardamone a kol., 2022). Obrázek 29 níže ukazuje srovnání aktuálního a navrhovaného stavu spalování a skládkování dle jednotlivých druhů plastů.

Obrázek 27 - Roční množství plastů z vozidel s ukončenou životností odeslaného ke spalování nebo skládkování v současném a inovativním scénáři



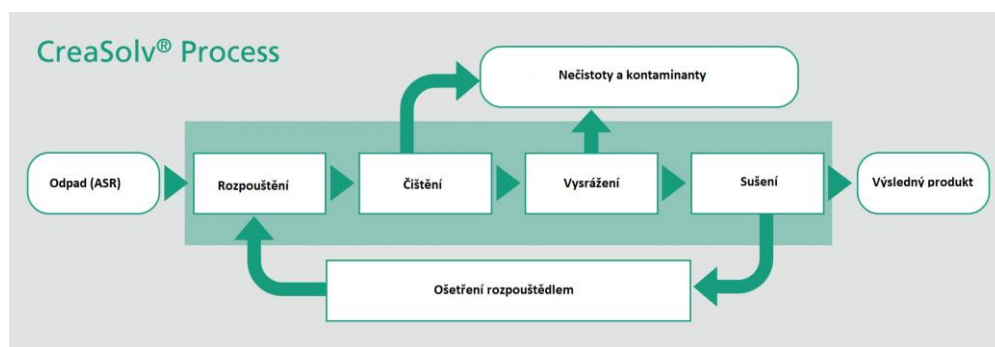
Zdroj: Vlastní. Zpracování dle Cardamone a kol., 2022.

Tyto slibné výsledky jsou způsobeny především použitím procesu CreaSolv[®], který umožňuje získat ze zbytků po šředování (ASR) velkou část lehkých polymerů (PE a PP) a v menší míře také využitím procesu katalytické pyrolýzy pro zpracování těžké frakce a Extruclean, který regeneruje PE z palivových nádrží. (Cardamone a kol., 2022)

5.3.1 Proces CreaSolv[®].

Jednou z možností zpracování automobilových plastů je proces recyklace na bázi rozpouštědla, které selektivně rozpouští cílové polymery. Tento postup umožňuje získat recyklované plasty s nízkým obsahem nečistot a s fyzikálně-chemickými vlastnostmi srovnatelnými s vlastnostmi původního materiálu. Jedná se o fyzikální proces, při kterém polymery pouze mění svůj fyzikální stav z pevného na kapalný a zpět na pevný. Během tohoto procesu jsou polymerní řetězce vyčištěny na molekulární úrovni, zůstávají nezměněny, a lze je proto znovu použít v původním procesu. Nežádoucí složky jako jsou např. nebezpečné látky, těkavé organické látky-VOC (Volatile Organic Compounds) či neplastické frakce se oddělují pomocí specifických rozpouštědel. Cílový polymer se získá srážecím krokem přidáním anti rozpouštědla do roztoku (Schlummer, M. a kol., 2020). Při tomto procesu se nejedná o chemickou ale o fyzikální recyklaci, protože nevznikají nové látky a chemická struktura polymerních řetězců zůstává nezměněna, takže je lze znovu použít. Detailní diagram procesu je znázorněn na obrázku 30 níže.

Obrázek 30 - Proces CreaSolv[®]

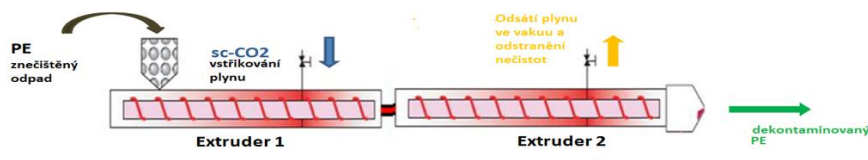


Zdroj: Vlastní zpracování dle Schlummer, M. a kol., 2020

5.3.2 Technologie EXTRUCLEAN – Difúze plynu v tavenině polymeru

Doposud se k eliminaci toxicity u plastových obalů obsahujících toxické látky a nebezpečné směsi používala metoda trojího praní a sušení. Nový proces čištění zahrnuje použití velkého množství vody, detergentů a energie a také tvorbu odpadních vod, které musí mít specifické čištění. Tento proces byl vyzkoušen v evropském projektu Life Extruclean v roce 2017 pro dekontaminaci polyetylenových kanýstrů, které obsahovaly nebezpečné látky (např. palivo), a byla prokázána efektivita procesu pro odstranění kontaminantů (např. VOC) a výrobu nových plastových nádob (Life Extruclean, 2017). Technologie Extruclean pracuje na základě působení superkritického oxidu uhličitého (sc-CO₂) v tavenině polymeru uvnitř extruderu. Rozpouštědlo (CO₂) je látka fyziologicky zcela nezávadná, germicidální (odolná vůči mikroorganismům) a nehořlavá. Extrakce super-kritickým oxidem uhličitým je separační proces, který využívá skutečnosti, že nad teplotu 31 °C (tzv. kritická teplota) nelze oxid uhličitý dalším zvyšováním tlaku zkapalnit (Cardamone, a kol., 2022). Jeho použití umožňuje extrahovat různé nežádoucí složky, jako jsou těkavé sloučeniny, pachy a potenciálně některé nebezpečné kontaminanty z plastů. Navíc jde o fyzikální proces, při kterém nedochází k žádné chemické reakci ani k uvolňování tepla (Life Extruclean, 2017). Nejlepší konfigurace, která poskytuje dostatek času pro míchání plynu a taveniny, je tandemové vytlačování. Tato konfigurace se skládá ze dvou extruderů zapojených do série, z nichž každý má jinou funkci. Diagram na obrázku 31 ukazuje celý proces detailně.

Obrázek 28 - Proces difúze plynu v tavenině polymeru -technologie Extruclean



Zdroj: Nontox, 2020

Extrudér 1: Obsahuje port pro vstřikování plynu CO₂ v superkritických podmínkách, což umožňuje difúzi plynu do polymerní matrice. Vstřikovací port musí být umístěn po roztavení polymeru uvnitř válce. Jakmile je plyn uvnitř, difunduje do fáze taveniny polymeru.

Extrudér 2: Obsahuje odplyňovací port pro odstranění těkavých látek, který lze připojit k nucenému odplyňovacímu systému, jako je vakuová pumpa, a speciální filtr pro zachycení toxických kontaminantů rozptýlených v plynu (Nontox, 2020).

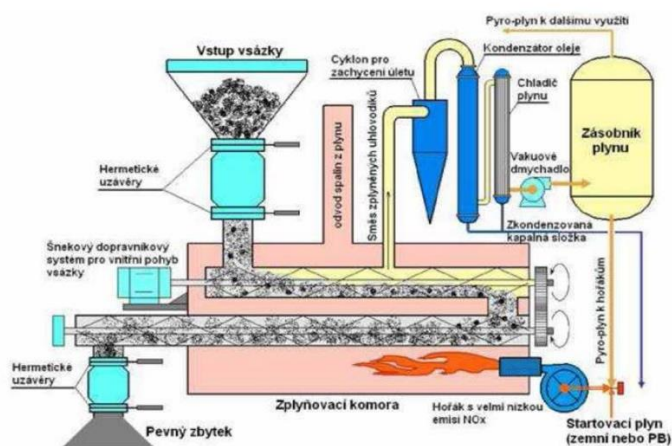
5.3.3 Modix a pyrolýza

Modix je modulární extrudér, který je schopný ztuhit vstupní suroviny a zmenšit velikost jejich částic. Díky velkému průměru dutého šroubu a široké podávací zóně je vhodný pro práci s materiály, které mají různé tvary a hustoty. Tato technologie je schopna ztuhovat, homogenizovat a zahušťovat různorodý materiál tak, aby se získal výstupní materiál ve formě malých fragmentů (vláken nebo granulí). Modix lze použít pro předúpravu necílových polymerů (různorodých plastů), těžké frakce a nerozpuštěného materiálu z technologie CreaSolv® (Ardolena a kol., 2021). Takto ošetřený materiál je vstupní surovinou pro další stupeň zpracování – pyrolýzu.

Pyrolýza je termický proces, při kterém dochází k rozkladu (degradaci) materiálu v inertní atmosféře nebo vakuu (bez přítomnosti kyslíku). V případě plastů se jedná o přeměnu plastového odpadu na kapalné produkty, konkrétně uhlovodíky použitelné jako paliva nebo petrochemické suroviny. Pyrolýza nabízí zpracování obtížného plastového odpadu (obsahujícího nebezpečné složky, jako jsou halogeny), který se jinak posílá do spalovny nebo na skládku, protože s ním nelze prakticky nakládat běžnou mechanickou recyklací. K výrobě bezhalogenových kapalin se termochemický proces provádí ve dvou odlišných fázích (Ardolena a kol., 2021). V prvním kroku proběhne tepelné krakování při teplotě 500–600 °C. Zde nastává ve značné míře odštěpení molekul organických látek a přeměna makromolekulárních struktur na plynné produkty. Po zchlazení se uhlovodíky s dlouhými řetězci přemění na kondenzovaný mix olejů. Takto získaný kapalný produkt je připraven k použití jako cenná surovina pro výrobu paliv anebo chemických produktů. Pyrolýza také produkuje plyn a pevný uhlík s vysokou výhřevností. Tento plyn slouží k ohřevu samotné vsázky. Zbytek energie ze spálení plynů, která se nespotřebuje na ohřev vsázky se využívá k

výrobě páry nebo teplé užitkové vody. Předpokládá se využití pyrolýzního plynu jako chemické suroviny nebo jako topného plynu např. pro motory kogeneračních jednotek, které lze použít k výrobě energie (Nontox, 2020). Tepelná pyrolýza silně závisí na složení odpadu a také na teplotním profilu reaktoru, rychlosti ohřevu a době zdržení. Pro zpracování zbytků u vozidel s ukončenou životností je výhodnější použít tzv. katalytickou pyrolýzu, která využívá specifické katalyzátory ke snížení procesní teploty a doby zdržení a pozitivně ovlivňuje výtěžek a složení finálních produktů (Cardamone a kol., 2022). Detailní schéma procesu pyrolýzy pneumatik na příkladu zařízení Scogen je zobrazena na obrázku 32 níže.

Obrázek 29 - Technologické schéma pyrolýzy pneumatik na zařízení Scogen



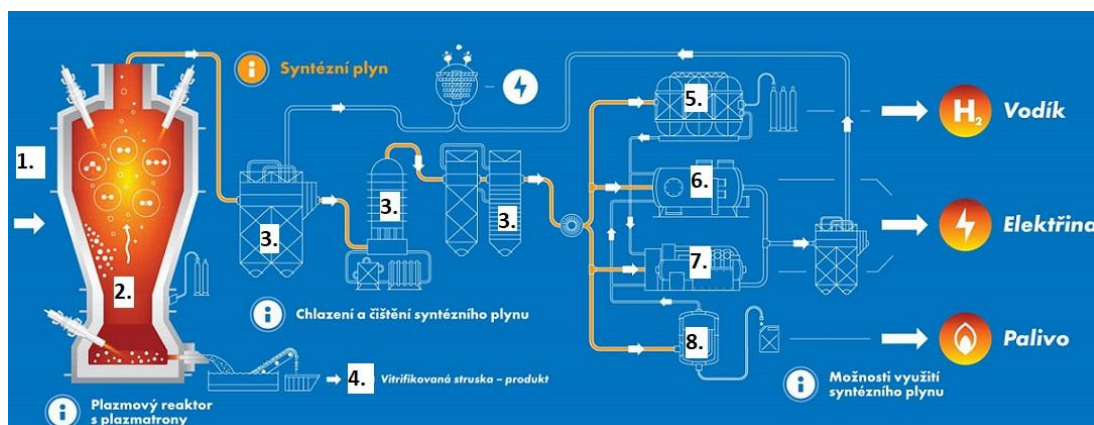
Zdroj: Lapčík, 2017

5.4 Plazmové zplyňování zbytků z automobilového drtiče

Plazmové zplyňování představuje nový způsob efektivní likvidace nerecyklovatelného odpadu a jeho přeměnu na čistou energii v plazmovém reaktoru. Systém dokáže zpracovat různé druhy odpadů včetně zbytků z automobilového drtiče – ASR. Pracuje na principu zplyňování za vysokých teplot (až 5000 °C), kdy dochází k rozkladu složitých molekul na jednotlivé atomy, které se znovu skládají do jednoduchých sloučenin (Adámková, 2021). Z organických prvků se tak tvoří syntézní plyn a z anorganických struska. Získaný syntézní plyn se potom schladí a vyčistí. Výsledná kvalita syntézního plynu je závislá na jeho dalším využití. Ze syntézního plynu je

možné vyrábět elektřinu a teplo nebo může sloužit k výrobě paliv. Další možností využití syntézního plynu je separace vodíku, který je často spojován s náhradou fosilních paliv (Adámková, 2021). Inertní strusku, která je vedlejším produktem tohoto procesu, lze bezpečně využít ve stavebnictví. Díky svým vlastnostem může částečně nahrazovat minerály – kámen. Výhodou této technologie je, že celý proces zplyňování je bezemisní, protože nedochází ke spalování odpadů. Výstupem je pouze syntézní plyn a struska. Jelikož celý proces pracuje při vysokých teplotách, dochází k likvidaci všech škodlivých látek. Další velkou výhodou je i fakt, že vstupní materiál nemusí mít homogenní vlastnosti (Adámková, 2021). Při energetickém využití je účelné odstranit ze vstupního materiálu všechny látky, které neobsahují energii. V případě ASR se jedná o minerální látky, sklo, kovy a jiné nečistoty. Tento proces má vliv na efektivitu zplyňování. Pokud by na vstupu tyto nečistoty zůstaly, byly by vyseparovány do strusky.

Obrázek 30 - Technologické schéma plazmového zplyňování



Zdroj: Adámková, 2021

Obrázek 33 výše ukazuje detailní proces plazmového zplyňování. Před vstupem do procesu (bod 1) je vstupní materiál rozdrcen a vysušen. Vstupní surovina je ve vnitřním procesu reaktoru (bod 2) vystavena teplotě 1250-1500 °C a také přímému kontaktu s výronem magmatu o teplotě až 5000 °C. Dochází zde k rozkladu organických sloučenin a vzniká syntetický plyn a struska. V dalším kroku dojde k ochlazení a k čištění syntézního plynu (bod 3), kde se odstraní znečišťující látky a přebytečná vlhkost. Anorganické nečistoty jsou ve formě strusky odděleny a

vypuštěny z reaktoru (bod 4). Anorganická nečistota ve formě strusky je zobrazena na obrázku 34 níže.

Obrázek 31 - Anorganické nečistoty (struska) z plazmatického zplyňování



Zdroj: Vlastní fotografie, 2022

Struska nemá nebezpečné vlastnosti. Dalším krokem je využití syntézního plynu.

Syntézní plyn může být zdrojem pro výrobu vodíku, nebo k výrobě elektřiny a tepla. Syntézní plyn lze také využít jako vstupní surovinu pro výrobu syntetických motorových paliv prostřednictvím Fischer-Tropschovy syntézy (Adámková, 2021).

6 Výsledky

Dle zkušeností společnosti Recycling – kovové odpady a.s. s sebou efektivní způsob zpracování autovraku na velkých strojních zařízeních přináší jen malou homogenitu odpadu. Po separaci hodnotných druhotných surovin je možné zbytky z drcení autovraku (ASR) zlikvidovat v některé ze spaloven odpadů, nebo je využít při výrobě tuhých alternativních paliv (TAP). Hlavní výhodou TAP je jejich vysoká výhřevnost, která umožňuje velkou variabilitu míchání s jinými druhy odpadů, které jsou samotné těžko spalitelné. Z ekonomického hlediska může být impulsem pro výrobu TAP i předpokládaná kladná hodnota konečného paliva. Pro provozovatele tepláren a kotelen může být v dnešní době nestabilních cen plynu přechod na TAP zajímavou ekonomickou variantou.

6.1 Výroba tuhých alternativních paliv (TAP)

Výrobu TAP definuje evropská norma EN ISO 21640:2021. Tuhá alternativní paliva – Specifikace a třídy, kterou pro ČR vymezuje česká verze ČSN EN ISO 21640. Tato norma poskytuje obecný systém klasifikace a specifikace TAP, slouží jako nástroj umožňující efektivní obchodování s TAP a podporuje jejich bezpečné používání při činnostech přeměny energie. Systém klasifikace a specifikace je účinným nástrojem v povolovacím procesu úřadů a přispívá k zvýšení důvěry veřejnosti k TAP.

TAP jsou vyrobena z odpadů, které nejsou klasifikované jako nebezpečné. Vstupní odpad může být specifickým odpadem z výroby, pevným komunálním odpadem, průmyslovým odpadem, komerčním odpadem, odpadem ze staveb a demolic, čistírenským kalem atd. Je tedy zřejmé, že TAP patří do heterogenní skupiny paliv. Správně definovaný systém pro klasifikaci a specifikaci má tudíž velkou důležitost pro dosažení výše uvedených cílů a záměrů.

Systém klasifikace pro TAP, jak ukazuje tabulka 4 níže, je založen na mezních hodnotách pro tři důležité charakteristiky paliva. Těmito charakteristikami jsou výhřevnost (NCV), obsah chloru (Cl) a obsah rtuti (Hg). Každá klasifikační charakteristika je rozdělena do 5 tříd. TAP má být přiřazeno číslo třídy od 1 do 5 pro každou charakteristiku. Kombinace těchto čísel třídy vytváří kód třídy. Charakteristiky mají stejnou důležitost, a tudíž jediné číslo třídy neurčuje kód. Kód třídy musí být začleněn do specifikace.

Tabulka 4 - Klasifikace pro tuhá alternativní paliva

Klasifikační charakteristika	Statistické měření	Jednotka	Třídy				
			1	2	3	4	5
Výhřevnost (NCV)	Průměr	MJ/kg (ar)	≥ 25	≥ 20	≥ 15	≥ 10	≥ 3
Chlor (Cl)	Průměr	% hm. (d)	≤ 0,2	≤ 0,6	≤ 1,0	≤ 1,5	≤ 3
Rtuť (Hg)	Medián 80. percentil	mg/MJ (ar)	≤ 0,02	≤ 0,03	≤ 0,05	≤ 0,10	≤ 0,15
		mg/MJ (ar)	≤ 0,04	≤ 0,06	≤ 0,10	≤ 0,20	≤ 0,30

Zdroj: Česká technická norma ICS 75.160.10, 2022

Materiály přijatelné pro výrobu TAP jsou takové materiály, které nejsou vhodné pro recyklaci. To může například zahrnovat vyřazené toky z recyklace/třídění obalů. Hlavní skupiny původu tuhých alternativních paliv jsou dle normy ČSN EN ISO 21640:

1. Průmyslový odpad neklasifikovaný jako
2. Stavební a demoliční odpad neklasifikovaný jako
3. Odpad ze zařízení pro nakládání s odpady neklasifikovaný jako nebezpečný. Podskupina 3.5.3 definuje jako přijatelný odpad – ostatní odpad z vozidel s ukončenou životností neklasifikovaný jako nebezpečný
4. Odpad ze zařízení na recyklaci materiálu neklasifikovaný jako nebezpečný
5. Pevný komunální odpad a podobný komerční odpad neklasifikovaný jako nebezpečný
6. Odpad neklasifikovaný jako nebezpečný, který není v seznamu uveden

Je tedy zřejmé, že legislativa počítá s využitím ASR jako vhodnou vstupní surovinou pro výrobu tuhých alternativních paliv.

6.2 Vlastnosti ASR z pohledu výroby TAP

ASR je směs všech nekovových částí autovraku, které prošly zpracovatelským procesem. Většinou se jedná o nerecyklovatelné materiály, nebo o materiály, jejichž separace je z ekonomického hlediska nemožná. Společnost Recycling-kovové odpady a.s. ve spolupráci s Vysokou školou báňskou, Technikou univerzitou Ostrava a Výzkumným energetickým centrem analyzovala vzorek ASR, a to v únoru 2023. Na

vzorku byla provedena zkouška TAP, R 23-02 na chemické složení. Vzorek ASR byl před analýzou nadrcen na velikost cca 30 mm, jak je zachyceno na obrázku 35 níže.

Obrázek 32 - Nadrcené zbytky z automobilového drtiče (ASR)



Zdroj: Vlastní fotografie, 2023

Jednotlivé chemické prvky a jejich zastoupení jsou uvedené v tabulce 5 níže. Z analýzy je patrné, že chemické vlastnosti těchto zbytků ze zpracování autovraků sice umožňují jejich zařazení mezi TAP dle klasifikace pro tuhá alternativní paliva, nesplňují však požadované chemické vlastnosti pro využití v teplárnách, ani cementárnách.

Tabulka 5 - Chemické složení ASR

Parametr	Jednotka	Výsledek vzorku 23-02
výhřevnost	MJ/kg	27,14
chlór	% hm.	1,11
rtuť	mg/MJ	0,037
velikost částic	cm	<3,0
popel	% hm.	20,58
voda	% hm.	1,48
antimon	mg/kg	34,3
arsen	mg/kg	<2,5
kadmium	mg/kg	<2,0
chrom	mg/kg	60,8
kobalt	mg/kg	3,52
měď	mg/kg	26600
olovo	mg/kg	332
mangan	mg/kg	61
nikl	mg/kg	17,1
thalium	mg/kg	<2,5
cín	mg/kg	20,7
vanad	mg/kg	3,56

Zdroj: Recycling-kovové odpady a.s.- interní protokoly o zkoušce a analýzy vzorku, které zpracovala VŠB, 2023

Toto palivo je však možné využít jako vstupní směs nebo certifikované TAP pro plazmové zplyňování.

6.2.1 Kritéria paliva pro cementárny

Na rozdíl od tepláren vlastní většina cementáren povolení k nakládání s odpady a může tedy přijímat odpad v tomto režimu. Získávají tím levný materiál na vstupu, za který si nechají zaplatit. Tento materiál doplňují uhlím. Cementárny využívají dva druhy paliv. Nejvíce využívaným vstupem je tzv. Standardní palivo SRF. U tohoto druhu paliva se klade důraz především na obsah chromu do 0,8 %, výhřevnost vyšší než 20 MJ/kg a velikost maximálně 40x40 mm. Podrobnější specifikaci znázorňuje tabulka 6 níže.

Tabulka 6 - Specifikace paliva pro cementárny

Standardní palivo SRF			
Parameter	Parametr	Unit/jednotka	Value/hodnota
Lower Heating Value LHV (<u>net calorific value</u> Q _{ir}) (as received)	Výhřevnost	MJ/kg	≥ 20,0
Moisture (as received)	Vlhkost	M.-%	≤ 20
Ash content (dry basis)	Obsah popeloviny	M.-%	≤ 25
Sulphur (dry basis)	Obsah síry	M.-%	≤ 2,5
Chlorine (as received)	Obsah chloru	M.-%	≤ 0,8
Particle size	Velikost částic (ploché částice)	mm	max. 40 x 40
Particle size	Velikost částic (kubické částice)	mm	< 5
Fluorine (dry basis)*	Obsah fluoru*	ppm	≤ 300
Mercury (dry basis) (group II)	Obsah rtuti	ppm	≤ 0,8
Cadmium (dry basis) (group II)	Obsah kadmia	ppm	≤ 20
Thallium (dry basis) (group II)	Obsah thalia	ppm	≤ 5,0
Arsenic (dry basis) (group III)	Obsah arsenu	ppm	≤ 50
Chromium (dry basis) (group III)*	Obsah chromu*	ppm	≤ 300
Cobalt (dry basis) (group III)	Obsah kobaltu	ppm	≤ 10
Copper (dry basis) (group III)	Obsah mědi	ppm	≤ 800
Lead (dry basis) (group III)	Obsah olova	ppm	≤ 300
Manganese (dry basis) (group III)	Obsah manganu	ppm	≤ 500
Nickel (dry basis) (group III)	Obsah niklu	ppm	≤ 150
Zinc (dry basis)	Obsah zinku	ppm	≤ 7000

Zdroj: Ecowaste energy, 2023

Dalším vysoce výhřevným a chemicky stálým palivem, které je vhodné pro cementárny, je speciální směs, která svými vlastnostmi připomíná černé uhlí. S plánovaným ukončením těžby uhlí a přechodem na zelené zdroje by bylo možné uhlí tímto tuhým alternativním palivem substituovat. Z důvodu dodržení vyšších požadavků na obsah chloru, výhřevnost i velikost částí, je ale jeho výroba finančně

velmi náročná. Podrobnější požadavky na speciální palivo pro cementárnu jsou specifikovány v tabulce níže 7.

Tabulka 7 - Speciální palivo – náhrada černého uhlí



Zdroj: Ecowaste energy, 2023

Laboratorní rozbory těžké frakce (viz. příloha – Protokol o zkoušce PR2308269), naměřily obsah chloru (1,11 %) což je pro výrobu TAP pro cementárnu příliš vysoký hodnota. Když porovnáme získaná data, je zřejmé, že ASR bude možné využít pouze v případě, že bude namíchán s jinými odpady, které svými vlastnostmi zajistí splnění požadovaných limitů. Jako vhodný odpad se nabízí vyřazené pneumatiky, které mají vysokou výhřevnost a nízký obsah chloru. Řešením je však smíchání odpadu z těžké frakce s nadrcenými pneu (viz. Druhý vzorek v Protokolu o zkoušce PR2308269), a to v poměru 33 % ASR a 67 % nadrcených pneumatik. Tím bude splněna základní

podmínka pro cementářské palivo. Ostatní podmínky jako je granulometrie do 5 mm, míra vlhkosti či výhřevnost min 28MJ/kg, jak vyžadují kritéria Cementárny Prachovice zobrazené v tabulce 7, již jsou lehce splnitelné. Finální podobu cementářského paliva zobrazuje obrázek 36 níže.

Obrázek 33 - Směs ASR a nadrcených pneumatik v poměru 33 % a 67 %



Zdroj: Vlastní fotografie, 2023.

Přesné chemické složení směsi zobrazuje tabulka 8 níže.

Tabulka 8 - Chemické složení směsi ASR a nadrcených pneumatik

Parametr	Jednotka	Mezní hodnota normy pro TAP	Testovaný vzorek 33 % ASR, 67 % pneu
výhřevnost	MJ/kg	Min. 28	31
chlór	% hm.	<0,6	0,38
rtuť	mg/MJ	<0,02	Menší než 0,006
velikost částic	mm	<5	Menší než 5
popel	% hm.	<20	12,79
voda	% hm.	<15	0,96
antimon	mg/kg	<80	67,5
arsen	mg/kg	<50	1,07
kadmium	mg/kg	<20	1,29
chrom	mg/kg	<300	25,6
kobalt	mg/kg	<100	30,6
měď	mg/kg	<8000	3250
olovo	mg/kg	<300	225
mangan	mg/kg	<500	36
nikl	mg/kg	<150	26
thalium	mg/kg	<1,0	Menší než 0,5
cín	mg/kg	<20	16,8
vanad	mg/kg	<2,0	1,88

Zdroj: Recycling-kovové odpady a.s.- interní protokoly o zkoušce a analýzy vzorku, které zpracovala VŠB, 2023

6.2.2 Palivo pro teplárny a kotelny

Tato zařízení nemají na rozdíl od cementáren udělený souhlas pro nakládání s odpady. Z tohoto důvodu mohou do svého zařízení přijímat pouze certifikovaná paliva. Podmínkou pro využití ASR je nejprve vyrobit alternativní palivo, certifikovat ho a vyvést ho z režimu odpadů. Vyhláška MŽP, která řeší změnu odpadu na palivo se v současné době připravuje, a není tedy jasné jaké budou podmínky. Přesto ve své BP navrhuji způsob, jak vyrobit TAP, které bude vhodné pro využití i v teplárnách, a jehož součástí budou i zbytky z drcení autovraků. Teplárny mají na své palivo jiné požadavky než například cementárny. Hlavní rozdíl je v tom, že požadují nižší výhřevnost. Abychom dokázali snížit obsah chloru a zajistili nižší výhřevnost (20-22 MJ/kg) navrhuji vyrobit palivo z ASR a dřevní štěpky, smíchané v určitém poměru. Z laboratorních výsledků vyplývá, že ideální poměr je 67 % dřeva a 33 % ASR, jak ukazuje obrázek 37 níže.

Obrázek 37 - Směs ASR a dřevní štěpky v poměru 33 % a 67 %



Zdroj: Vlastní fotografie, 2023.

Chemické vlastnosti takto vytvořeného paliva, které bude splňovat podmínky certifikace na TAP, jsou znázorněny v tabulce 9 níže.

Tabulka 9 - Chemické složení směsi ASR a dřevní štěpky

Parametr	Jednotka	Mezní hodnota normy pro TAP	Testovaný vzorek 33 % ASR, 67 % dřevo
výhřevnost	MJ/kg	18 až 22	18,59
chlór	% hm.	<0,8	0,5
rtuť	mg/MJ	<0,02	<0,01
velikost částic	cm	<3,0	<3,0
popel	% hm.	<10	7,77
voda	% hm.	<15	11,29
antimon	mg/kg	<30	17,9
arsen	mg/kg	<1,0	<0,5
kadmium	mg/kg	<1,0	0,57
chrom	mg/kg	<20	9,32
kobalt	mg/kg	<2,0	1,0
měď	mg/kg	<10000	3640
olovo	mg/kg	<100	53,6
mangan	mg/kg	<150	94,7
nikl	mg/kg	<10	6,6
thalium	mg/kg	<1,0	<0,5
cín	mg/kg	<15	7,9
vanad	mg/kg	<2,0	1,0

Zdroj: Recycling-kovové odpady a.s.- interní protokoly o zkoušce a analýzy vzorku, které zpracovala VŠB, 2023

6.3 Zplyňovací palivo

Hlavní výhodou zplyňovacího zařízení je to, že v něm lze využít více druhový odpad, a že se jedná o bezemisní technologii. Vstupem je samotná těžká frakce, výstupem syntetická směs plynů, kterou lze použít jako palivo do motoru turbíny k výrobě elektrické energie. Dalším výstupem je sklovitá struska s certifikátem o nezávadnosti, kterou lze využít ve stavebnictví, a teplo, které lze využít pro vytápění výrobního závodu, nebo na tvorbu teplé vody. Chemické složení vstupního a výstupního materiálu ukazuje tabulky 10 níže a je výsledkem laboratorních rozborů těžké frakce (viz. příloha – Protokol č. 53/23 – Analýza vzorku)

Tabulka 10 - Složení vstupního materiálu – ASR do zplyňovacího zařízení

Inert. materiál	H	C	S	N	Cl	O	H ₂ O
20,58 %	7,45 %	60,62 %	0,41 %	1,17 %	1,11 %	8,29 %	1,48 %

Zdroj: Recycling-kovové odpady a.s.- interní protokoly o zkoušce a analýzy vzorku, které zpracovala VŠB, 2023

Předpokládané složení výstupního syntetického plynu ze zplyňovacího zařízení ukazuje tabulka 11 níže.

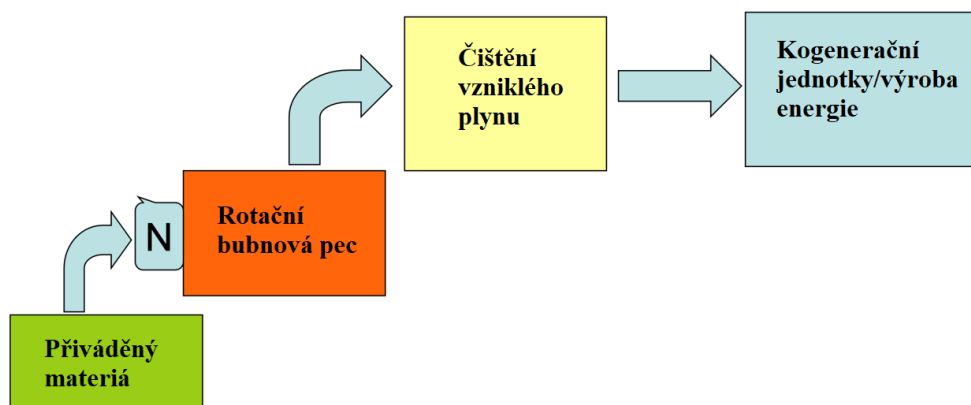
Tabulka 11 - Předpokládané složení výstupního syntézního plynu

CO	CO ₂	H ₂	N ₂	H ₂ S	H ₂ O	COS	HCl	Air
77,33 %	0,01 %	4,10 %	18,26 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,30 %

Zdroj: Recycling-kovové odpady a.s.- interní protokoly o zkoušce a analýzy vzorku, které zpracovala Millenium Technologies, 2023

Alternativně může být v rámci zplyňovacího zařízení vyčištěn syntézní plyn na jednotlivé druhy plynů. Cílem je výroba vodíku a dalších plynů, které mohou být vhodné pro následný prodej a generovat další ekonomický zisk. Příkladem takového obchodního modelu je např společnost Circular Energy Solutions. Jednotlivé kroky tohoto procesu zobrazuje diagram na obrázku 38 níže

Obrázek 34 – Proces zplyňování na jednotlivé druhy plynu



Zdroj: Circular Energy Solutions, 2023

7 Diskuze

Z laboratorních zkoušek připravených směsí pro certifikaci paliv vyplývá, že z odpadu po strojním zpracování vozidel s ukončenou životností lze za určitých podmínek vyrobit certifikovaná paliva a dále je využít v konečných zařízeních jako jsou cementárny, nebo teplárny, což je v souladu s celkovým pohledem na problematiku u Letchera (2020) a Cardamone a kol. (2022) Nevýhodou tohoto procesu je nutnost míchání různých druhů odpadů tak, aby byly zajištěny požadované chemické vlastnosti. Dalším limitujícím faktorem bude i velká ekonomická náročnost tohoto přípravného procesu, která bude zpracovatele vozidel s ukončenou životností směřovat na likvidaci odpadů ve spalovnách. Ekonomicky zajímavým řešením je výroba kvalitního paliva pro cementárny, které se připravují na konec spalování uhlí. Pokud jim budou výrobci alternativních paliv schopni nabídnout kvalitní alternativu, je velká pravděpodobnost, že takto kvalitní palivo dokáže zaplatit v obdobné výši jako je cena černého uhlí. K podobným závěrům dochází i Schlummer a kol. (2020).

Využití ASR ve zplyňovacím reaktoru nabízí zcela novou možnost užití. Její výhodou je, že příprava vstupní suroviny nevyžaduje velkou finanční zátěž. Výstupem jsou komodity, které lze plně využít, a to včetně odpadní strusky. Ekonomická návratnost se podle prvních výpočtů zdá smysluplná. Od realizace zatím odrazuje fakt, že se jedná o technologii, která není odzkoušená v provozu a její pořizovací hodnota je velmi vysoká. Pokud dojde k jejímu odzkoušení v reálném provozu a osvědčí se, je velká pravděpodobnost, že bude tím pravým zařízením na využití odpadů z drcení autovraků.

Systém sběru a zpracování vozidel s ukončenou životností v České republice vychází z legislativy EU, která určuje podmínky, za kterých může k likvidaci dojít. Tato legislativa je v České republice jako členovi EU velmi podobná té v okolních státech. Evidence vozidel s ukončenou životností je vedena v modulu Autovraky Informačním systému odpadového hospodářství (MA ISOH). Informační systém odpadového hospodářství je on-line informační systém pro evidenci vozidel s ukončenou životností a vychází z požadavků vyhlášky č. 345/2021 Sb., o podrobnostech nakládání s vozidly s ukončenou životností, v platném znění. Do informačního systému lze nahlédnout a zkontrolovat, zdali je vozidlo nebo potvrzení, které zpracovatel autovraků vydal, evidováno v databázi ekologicky odstraněných vozidel. Vyhledávat je možné podle

IČPS (identifikační číslo potvrzení v systému), VIN a RZ. K dispozici je také tzv. Veřejný přehled zařízení, který obsahuje seznam zařízení ke sběru a zpracování autovraků s platným souhlasem k provozování. MA ISOH byl spuštěn 1. 1. 2009, vlastníkem systému je MŽP a provozovatelem CENIA (CENIA, 2022b).

V České republice existuje dostatečná síť zpracovatelských míst, které dokáží nabídnout potřebnou službu. Tato síť zpracovatelů je tvořena z drobných a středních firem, které se specializují na prodej náhradních dílů (vrakovišť) a velkých zpracovatelů, kde dochází ke kompletní likvidaci autovraku za účelem recyklace materiálu. Zpracovatelé doposud byli schopni provádět likvidaci vozidel s ukončenou životností bez finančních pobídek, protože hodnota kovového odpadu z autovraku pokryla finanční náklady spojené s jeho likvidací.

Ostatní odpad ze zpracování vozidel s ukončenou životností, který je složitý na separaci a následnou recyklaci, doposud končil na skládkách nebo jako surovina pro energetické využití (MŽP, 2020). Tento postup byl stejný v celé EU. Trend několika posledních let, který je podpořen i legislativními kroky Evropské unie a ČR, klade čím dál větší důraz na recyklaci materiálu. Připravuje se konec skládkování v celé EU. Od roku 2022 již není možné ukládat na skládky odpadů materiál s vyšší výhřevností než 6,5 MJ. Tyto kroky budou nutit zpracovatele vozidel s ukončenou životností k vyšší míře separace a recyklace materiálů, které byly použity při výrobě automobilu. To ale znamená velké investice do technologického zařízení, které si někteří zpracovatele nebudou moci dovolit. Předpokládá se, že část zpracovatelů vozidel s ukončenou životností ukončí svoji činnost. Tento trend částečně naznačují i data z MZP, která uvádějí, že z celkového počtu 545 zařízení, která mají platný souhlas ke sběru nebo zpracování vozidel s ukončenou životností jich bylo v roce 2022 aktivních pouze 318 (MŽP, 2023).

I přesto tato data pokles počtu zpracovatelů nebude pravděpodobně mít vliv na zajištění systému zpracování vozidel s ukončenou životností, protože kapacita velkých zpracovatelů v ČR výrazně převyšuje nabídku vozidel s ukončenou životností. Tito zpracovatelé tvoří páteří síť celého systému, protože v konečném důsledku provádějí zpracování téměř všech vozidel s ukončenou životností v ČR, a to i od drobných zpracovatelů. V současné době je v ČR v provozu pět zařízení na zpracování autovraků (šrédr) s kapacitou každého z nich vyšší než 10.000 tun měsíčně. Za předpokladu, že průměrná hmotnost vozidel s ukončenou životností je 980 kg je roční

kapacita těchto zařízení více jak 612 tisíc kusů vozidel. V roce 2022 se v ČR zpracovalo celkem 160 424 vozidel s ukončenou životností (MŽP, 2022). Toto množství pokrylo kapacitu šředrovacích zařízení z pouhých 26 %.

Malí a drobní zpracovatelé, kterých je v systému většina, provozují svoji činnost za účelem separace náhradních dílů, popřípadě demontují z vozidel s ukončenou životností součásti, které lze rychle zpeněžit. Jedná se především o kovy. Následně předají vozidlo k finálnímu zpracování velkým zpracovatelům. Nemusí tak řešit, jak naložit s odpady, které jsou složitě recyklovatelné. Velcí zpracovatelé jsou schopni efektivně zpracovat i nekompletní autovrak a zajistit dodržování ekologických norem. Z tohoto zpracování jim vznikne cca 25 % směšného odpadu (ASR), který po dalším zpracování končí převážně v energetickém průmyslu jako palivo. Tento postup je stejný v celé EU. Mnohdy je součástí tohoto odpadu i materiál, který je recyklovatelný nebo lze využít pro výrobu výrobků, například pro stavebnictví. Brání tomu však velké finanční náklady na vybudování následných třídících zařízení, která dokážou vyseparovat určité druhy recyklovatelných plastů. Problémem je i samotné složení zbytků ze zpracování vozidel s ukončenou životností (ASR). Tato směs sice obsahuje i některé cenné plasty, ale většinou se jedná o nehomogenní materiál, který má pokaždé jiné vlastnosti v návaznosti na to, jaká vozidla byla zpracována.

Finanční náklady na tyto postupy jsou několikanásobně dražší nežli náklady na likvidaci odpadu ve spalovnách. Finančně podpořit by se měli především velcí zpracovatelé, kteří mají dostatečné množství tohoto materiálu, a jsou jako jediní schopni zajistit dostatečné kapacity pro případné separační zařízení. Ekonomika těchto projektů je výrazně ovlivněna i množstvím zpracovaného materiálu. Inspirací pro Českou republiku by zcela jistě měli být okolní státy EU, které s jednotlivými technologiemi mají již delší zkušenost (Eurostat, 2023).

8 Závěr a přínos práce

Vozidla s ukončenou životností jsou zdrojem velkého množství materiálu, který při správné separaci umožňuje jeho recyklaci. Vozidlo v průběhu své likvidace prochází několika technologickými kroky, při kterých vznikají odpady různé kvality. Některé vzniklé odpady jsou plně recyklovatelné, některé jsou recyklovatelné za předpokladu velkých investic do technologického vybavení, a některé jsou nerecyklovatelné. Mezi recyklovatelné odpady, které vznikají při zpracování vozidel s ukončenou životností, můžeme zařadit všechny kovy, pneumatiky, sklo a některé druhy plastů. Naopak mezi nerecyklovatelné lze zařadit různé druhy plastů, které nemají jednotné chemické složení. Množství odpadů vhodného k recyklaci výrazně ovlivňuje i způsob zpracování vozidel s ukončenou životností.

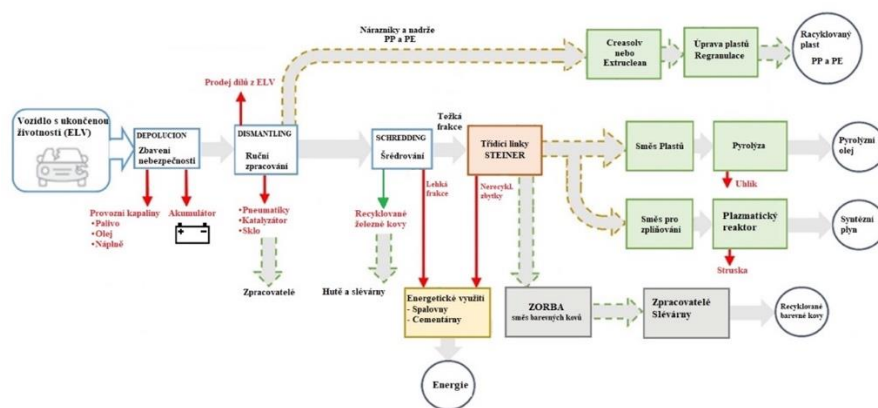
Potenciálním limitem do budoucna je kapacita aktuálně fungujících velkokapacitních spaloven v České republice. Země EU v západní Evropě totiž již před 30 lety vyřešili nakládání s odpady tak, že ukončili činnost skládek a přešli na energetické využití odpadů ve velkokapacitních spalovnách – tzv. ZEVO. V České republice jsou v současnosti v provozu čtyři ZEVO, což však ke splnění cílů Evropské komise v oblasti oběhového hospodářství (65 % recyklace, 10 % skládkování, 25 % energetické využití), kdy bude potřeba navýšit kapacitu ZEVO o dalších 950 tisíc tun, nejeví jako nereálné. Po ukončení skládkování lze v České republice očekávat přetlak odpadů do těchto zařízení, která zatím nemají dostatečnou kapacitu, aby pokryla poptávku.

Podíl ASR na celkové hmotnosti vozidla ve většině případů překračuje povolených 10 %, které lze energeticky využít. Proto nezbyvá zpracovatelům nic jiného než najít i jiný způsob, jak tento odpad využít. Jak bylo popsáno v předchozích kapitolách, vozidlo s ukončenou životností obsahuje velké množství nerecyklovatelných plastů a jiných součástí, které nakonec skončí v ASR. Tento druh odpadu je značně nehomogenní, obsahuje zbytky organických a anorganických materiálů. Případná separace je ekonomicky nerentabilní, nehledě na to, že není možné vyseparovat vhodné materiály k recyklaci z celého objemu ASR. Jednou z možností by mohla být výroba TAP, která zatím nemá oporu v zákoně. Vyhláška, kterou se stanoví podmínky, při jejichž splnění přestává být tuhé palivo z odpadu odpadem se zatím připravuje a zpracovatelé jsou navíc limitováni 10 % energetického využití.

Z tohoto důvodu se využití plazmové zplyňování na likvidaci ASR jeví jako ideální možnost. V příloze č. 2 Zákona o odpadech č.541 ze dne 1.12.2022 je uvedeno, že technologický proces plazmového zplyňování komunálního a jiného typu odpadu splňuje podmínku jako legislativně potvrzený a uznatelný proces nakládání s odpady. Výstupní produkty tohoto procesu jsou definovány jako výroba plynného produktu, který přestává být odpadem a výroba vitrifikovaného produktu, který přestává být odpadem.

Při ručním zpracování lze dosáhnout vyšší čistoty a vyšší míry separace jednotlivých odpadů, ale vzhledem k efektivitě tohoto způsobu zpracování dnes ruční zpracování celého autovraku nikdo neprovádí. Ruční zpracovatelé se soustředí pouze na demontáž náhradních dílů určených k prodeji, případně na jednoduchou demontáž pneumatik a velkých plastů (nárazníky a nádrže), finální likvidaci vozidla přenechají velkým strojním zpracovatelům. Strojní zpracování je dle mého názoru správná cesta, jak provádět efektivní zpracování vozidel s ukončenou životností. Můj návrh rozvíjí současný způsob zpracování o nové technologické postupy a zohledňuje i závěry z evropského projektu Nontox, který v období 2019-2022 zkoumal možnosti, jak zvýšit míru recyklace plastů (i z vozidel s ukončenou životností) dle strategie EU.

Obrázek 35 - Návrh optimálního využití odpadů



Zdroj: Vlastní zpracování dle Cardamone a kol., 2022

Návrh optimálního využití odpadů znázorněný na obrázku 39 vychází z mé vlastní praxe a je doplněn o nové a zatím v praxi neověřené technologické postupy zpracování odpadů. Hlavním přínosem je především využívání technologie zplyňování, která je

bezemisní. Vstupem je samotná těžká frakce, výstupem syntetická směs plynů, která funguje jako základ pro výrobu elektrické energie nebo pro výrobu tepla a sklovitá struska, kterou lze využít ve stavebnictví. Chemické složení vstupního materiálu je zásadní pro úspěšnost celého procesu, ale jedná se o technologicky i ekonomicky realistické postupy. Navrhované plasmové zplyňování navíc není jako způsob likvidace odpadů ve světě zcela nové. Nejvíce zkušeností s touto technologií mají v Japonsku, kde pilotní projekt v Yoshii zpracovával 151 tun odpadu denně.

V porovnání s klasickým spalováním je plazmové zpracování odpadu šetrnější k životnímu prostředí, protože neprodukuje další zbytkový odpad (popel, nespalitelné zbytky nebo nebezpečný odpad). Odpadá tak nutnost další manipulace, přepravy odpadu a není potřeba jeho dodatečná likvidace. Environmentální dopad takového projektu je oproti standartnímu spalovacímu procesu vysoce pozitivní. Jediným vedlejším produktem procesu zplyňování je vitrifikát – sklovitá tavenina, jež vzniká z anorganického podílu vstupní suroviny. Tavenina na rozdíl od popele není potenciálním zdrojem kontaminace, jelikož veškeré nebezpečné látky jsou vázány uvnitř její krystalické mřížky. Testy prokázaly, že struska je mnohem méně vyluhovatelná než sklo a lze jí použít ve stavebnictví, nebo jako izolační materiál (MŽP, 2022).

Největší přidanou hodnotou navrženého plazmového zpracování je, že nedochází k pouhé likvidaci odpadu, ale k přeměně 100 % odpadu na využitelnou surovinu. Lze tak zpracovat heterogenní odpad s vysokým obsahem inertní složky, který vyžaduje jen minimální předúpravu. Výsledný produkt, syntetický plyn, může být vyroben podle požadavků na jeho další zpracování (turbína, kotle atd.) a jeho spalování má po jeho vyčištění obdobné dopady na životní prostředí jako spalování zemního plynu. Přínos mé bakalářské práce spatřuji především ve zmapování současných způsobů likvidace vozidel s ukončenou životností v ČR i EU a popsání nových způsobů separace a recyklace různých materiálů získaných při této činnosti včetně metod, které jsou zatím testovány v laboratorních podmínkách. Navrhnutý způsob navíc zaručuje i finanční rentabilitu a tím i proveditelnost. Za velké plus považuji fakt, že jsem se mohl postupy popsané v mé bakalářské práci ověřit v praxi, a získat tím zpětnou vazbu přímo od zpracovatelů vozidel s ukončenou životností.

Přehled literatury

Adámková, A., ©2021: V Dubé představili nový reaktor pro plazmové zplyňování (online) [cit. 2022.10.15], dostupné z <https://www.technickytydenik.cz/rubriky/veda-vyzkum-inovace/v-dube-predstavili-novy-reaktor-pro-plazmove-zplynovani_54707.html

A-Glass, ©2022: Pěnové sklo (online) [cit. 2023.01.15], dostupné z <<http://www.a-glass.cz/penove-sklo/>.

Al-Quradaghi S., Zheng Q. P., Elkamel A., ©2020: Generalized Framework for the Design of Eco-Industrial Parks: Case Study of End-of-Life Vehicles In: Sustainability. Volume 12, Issue 16 (online) [cit. 2022.09.18], dostupné z <<https://www.mdpi.com/2071-1050/12/16/6612>

Ardolena, F., Cardamone, G.F., Arena. U., ©2021: How to enhance the environmental sustainability of WEE plastics management: An LCA study (online) [cit. 2022.11.15], dostupné z <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X21005109>

Cardamone, G.M., Ardolino, F., Arena, U., © 2022: Can plastics from end-of-life vehicles be managed in a sustainable way? In: Sustainable Production and Consumption. © 2022, Volume 20, s. 115-127 (online) [cit.2023.02.02], dostupné z <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352550921002621#bib0053>

CENIA, česká informační agentura životního prostředí, © 2022a: Statistická ročenka životního prostředí ČR (online) [cit. 2022.12.09]. Dostupné z: <<https://www.cenia.cz/publikace/statisticka-rocenka-zivotniho-prostredi-cr/>

CENIA, česká informační agentura životního prostředí, © 2022b: Modul autovraky - MA ISOH (online) [cit. 2022.12.09]. Dostupné z: <<https://www.cenia.cz/odpadove-a-obehove-hospodarstvi/maisoh/>

Circular Plastics Alliance, © 2020: Work plan on state of play collection and sorting (online) [cit. 2022.12.09]. Dostupné z <<https://ec.europa.eu/docsroom/documents/43694/attachments/5/translations/en/renditions/native>>.

Česká asociace petrolejářského průmyslu a obchodu, ©2023: Stav vozového parku v ČR (online) [cit.2023.02.02], dostupné z <<https://www.cappo.cz/cisla-a-fakta/stav-vozoveho-parku-v-cr>

Edwards a kol., ©2006: A Design Framework for End of Life Vehicle Recovery (online) [cit.2023.02.02], dostupné z <https://www.researchgate.net/profile/Tracy-Bhamra/publication/255584713_A_Design_Framework_for_End-of-Life_Vehicle_Recovery/links/5628cf0408aef25a243d2232/A-Design-Framework-for-End-of-Life-Vehicle-Recovery.pdf

European Commission, © 2020: Circular plastics Alliance – State of Play on Collection and Sorting (online) [cit.2023.01.02], dostupné z <<https://ec.europa.eu/docsroom/documents/43694>

Eurostat, ©2023: End-of Life Vehicle Statistics (online) [cit.2023.02.02], dostupné z <https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=End-of-life_vehicle_statistics&oldid=555195

Evropský parlament a Rada Evropské Unie, ©2018: Směrnice Evropského parlamentu a rady EU 2018/849 (online) [cit. 2022.07.07], dostupné z <https://www.mpo.cz/assets/cz/prumysl/politika-druhonych-surovin-cr/2018/11/Smernice-o-EEZ_Baterie_Autovraky.pdf>.

GELPO, s.r.o., ©2022: Deska s rastrem (online) [cit. 2022.10.10]. Dostupné z: <https://www.gelpo.cz/deska-s-rastrem#&gid=1&pid=6>.

IFE, ©2022: Aufbereitungstechnik. Qualitätshersteller von Siebmaschinen, Fördergeräten und Magnetseparatoren - IFE Aufbereitungstechnik (online) [cit. 2022.12.07], dostupné z <https://www.ife-bulk.com/cs/vyhledavani?tx_solr%5Bq%5D=neodymm

ISSF, ©2022: Stainless Steels and CO2: Industry Emissions and Related Data (online) [cit. 2022.07.07], dostupné z <https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/ISSF_Stainless_steel_and_CO2.pdf

Lapčík, V., ©2017: Možnosti pyrolýzní technologie v rámci energetického využití odpadů (online) [cit. 2022.07.07], dostupné z <<https://rceia.cz/wp-content/uploads/2017/08/lapcik.pdf>

Letcher, T., 2020: Plastic Waste and Recycling: Environmental Impact, In: Societal Issues, Prevention, and Solutions. Nakladatelství Elsevier, Amsterdam, 538 s.

Life Extruclean, ©2017: Recycled Plastic Packaging: the Life Extruclean project concludes successfully having eliminated 86 % of contaminants in hazardous plastic packaging waste (online) [cit. 2022.08.07], dostupné z <<https://www.aimplas.net/blog/recycled-plastic-packaging-the-life-extruclean-project-concludes-successfully-having-eliminated-86-of-contaminants-in-hazardous-plastic-packaging-waste/>>.

Melichar, T., Bydžovský, J., Keprdová, Š., ©1991: Hledá se nové užití pro čelní lepená skla automobilů, In: Odpady (online) [cit. 2022.11.15], dostupné z <<https://odpady-online.cz/hleda-se-nove-uziti-pro-celni-lepena-skla-automobilu/>>

Ministerstvo životního prostředí, © 2020: Metodické pokyny, sdělení a informace odboru odpadů k nakládání s autovraky (online) [cit. 2022.11.06], dostupné z: <https://www.mzp.cz/cz/metodicke_pokyny_legislativa>

Ministerstvo životního prostředí, © 2021: Podklady pro oblast podpory odpadového a oběhového hospodářství jako součást Programového dokumentu v Operačním programu Životní prostředí 2021–2027 (online) [cit. 2022.09.21], dostupné z <https://www.mzp.cz/cz/odpadove_hospodarstvi>.

Ministerstvo životního prostředí, ©2022: Úvodní stránka (online) [cit. 2022.09.18], dostupné z <<https://autovraky.mzp.cz/autovrak/webklient/ralight>>

Ministerstvo životního prostředí, ©2023: Statistika vybraných autovraků [cit. 2022.10.18], dostupné z <<https://autovraky.mzp.cz/autovrak/>>

Nontox, © 2020: New technologies for more efficient recycling of plastics (online) [cit. 21.09.2022], dostupné z <http://nontox-project.eu/?page_id=18>.

PlasticsEurope, ©2016: Plastics – the facts 2016 (online) [cit. 2023.02.01], dostupné z <<https://plasticseurope.org/wp-content/uploads/2021/10/2016-Plastic-the-facts.pdf>>

PlasticsEurope, ©2019: Plastics – the facts 2019 (online) [cit. 2023.02.01], dostupné z <<https://plasticseurope.org/wp-content/uploads/2021/10/2019-Plastics-the-facts.pdf>>.

Sako, ©2022: Energetické využití odpadu (online) [cit. 2022.12.03]. Dostupné z: <https://www.sako.cz/pro-brnaky/cz/801/energeticke-vyuziti-odpadu/>

Sdružení automobilového průmyslu, ©2023: Roční přehledy výroby a odbytu vozidel (online) [cit.2023.02.02], dostupné z <<https://autosap.cz/zakladni-prehledy-automotive/rocní-prehledy-vyroby-a-odbytu-vozidel/>>

Schlummer, M., Fell, T., Maurer, A., Altnau, G., ©2020: The Role of Chemistry in Plastics recycling. A Comparison of Physical and Chemical Plastics Recycling (online) [cit.2023.02.02], dostupné z <https://www.ivv.fraunhofer.de/content/dam/ivv/en/documents/Leistungsangebot/Recycling_Environment/The-Role-of-Chemistry-in-Plastics-Recycling.pdf>

Sobeková - Foltová, S., Havlík, T., Miškuřová, A., ©2017: Recycling of automotive shredder residue by granulometric separation. In: MM Science (online) [cit.2023.11.13], dostupné z <<https://www.mmscience.eu/journal/issues/june-2017/articles/recycling-of-automotive-shredder-residue-by-granulometric-separation>>

Statista, ©2022: Global stainless steel melt shop production (online) [cit. 2022.09.07], dostupné z <2020<https://www.statista.com/statistics/223028/world-stainless-steel-production/>>

Steinert, ©2022: Auto shredder residue: separation and sorting for every task in ASR (online) [cit.2023.12.13], dostupné z <<https://steinertglobal.com/metal-recycling/auto-shredder-residue/>>

Steo, ©2017: Jak je to s MBÚ (online) [cit.2023.11.13], dostupné z <<http://www.odpadjeenergie.cz/mbu-a-jine/mbu/jak-je-to-s-mbu>>

Swain, B., Park, J. R., Lee, Ch. G., ©2022: Industrial recycling of end-of-life vehicle windshield glass by mechanical beneficiation and complete recovery of polyvinyl butyral. In: Journal of Cleaner Production (online) [cit.2023.12.30], dostupné z <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652621043572>>

Tupý, M., Měřínská, D., Kašpárková, V., ©2012: PVB Sheet Recycling and Degradation (online) [cit.2023.11.30], dostupné z <[https://books.google.cz/books?hl=en&lr=&id=hcePDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA133&dq=PVB+\(Michael+Tupý+et+al.,+2012\).&ots=JVEVi9vMbc&sig=nRi4kmAV](https://books.google.cz/books?hl=en&lr=&id=hcePDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA133&dq=PVB+(Michael+Tupý+et+al.,+2012).&ots=JVEVi9vMbc&sig=nRi4kmAV)>

oGQ5U9QrHJh_uDA7NWc&redir_esc=y#v=onepage&q=PVB%20(Michael%20Tupý%20et%20al.%2C%202012).&f=false.

Uher, A., ©2022: Obrazem: Pece ze 70. let v Liberty Ostrava nahradí hybridní technologie, In: Deník.cz (online) [cit. 2022.11.15], dostupné z <<https://www.denik.cz/ekonomika/liberty-ostava-pecce-hybridni-technologie.html>

Vijayan, S.K., Kibria, M.A., Bhattacharya, S., © 2022: A Study on Pyrolysis of Pretreated Automotive Shredder Residue (online) [cit.2022.12.02], dostupné z <<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frsus.2022.811226/full>

Zima, K., © 2019: Barevné sklo místo keramických obkládaček. In: ceskestavby.cz (online) [cit.2022.12.02], dostupné z <<https://www.ceskestavby.cz/clanky/barevne-sklo-misto-keramickych-obkladacek-21795.html>.

Zpětný odběr.eu, ©2022: Vozidlo s ukončenou životností (online) [cit.2022.12.04], dostupné z <<https://www.zpetnyodber.eu/komodity/vozidlo-s-ukoncenou-zivotnosti/>

Zákony a vyhlášky

Vyhláška č. 273/2021 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady.

Vyhláška č. 345/2021 Sb., o podrobnostech nakládání s vozidly s ukončenou životností.

Vyhláška č. 8/2021 Sb., o Katalogu odpadů a posuzování vlastností odpadů (Katalog odpadů).

Zákon č. 541/2020 Sb., o odpadech.

Zákon č. 542/2020 Sb., o výrobcích s ukončenou životností.

Zákon č. 361/2000 Sb., o silničním provozu.

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/53/ES

Směrnice Evropského parlamentu a Rady (EU) 2018/849

ČSN EN ISO 21640 (838302) Tuhá alternativní paliva – Specifikace a třídy

Přílohy

Příloha č.1. - Protokol o zkoušce PR2308269



Protokol o zkoušce

Zakázka	: PR2308269	Datum vystavení	: 14.2.2023
Zákazník	: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava	Laboratoř	: ALS Czech Republic, s.r.o.
Kontakt	: Pavel Buček	Kontakt	: Zákaznický servis
Adresa	: Centrum ENET 17. listopadu 15/2172 708 33 Ostrava Česká republika	Adresa	: Na Harfě 336/9 Praha 9 - Vysočany 190 00 Česká Republika
E-mail	: pavel.bucek@vsb.cz	E-mail	: customer.support@alsglobal.com
Telefon	: 597 327 321	Telefon	: +420 226 226 226
Projekt	: ----	Stránka	: 1 z 3
Číslo objednávky	: 10131233/777, 10131637/777	Datum přijetí vzorků	: 27.1.2023
Místo odběru	: ----	Číslo nabídky	: PR2014VSBAN-CZ0184 (CZ-122-14-0896_V7)
Vzorkoval	: Zákazník	Datum zkoušky	: 28.1.2023 - 13.2.2023
		Úroveň řízení kvality	: Standardní QC dle ALS ČR Interních postupů

Poznámky

Bez písemného souhlasu laboratoře se nesmí protokol reprodukovat jinak, než celý.

Laboratoř prohlašuje, že výsledky zkoušek se týkají pouze vzorků, které jsou uvedeny na tomto protokolu. Pokud je na protokolu o zkoušce v části "Vzorkoval" uvedeno: „Vzorkoval Zákazník“ pak platí, že výsledky se vztahují ke vzorku, jak byl přijat.

Vzorek(y) PR2308269/001, metoda S-METAXHB - hodnota LOQ zvýšena vzhledem k vlivu matrice.

Za správnost odpovídá

Jméno odpovědné osoby
Lubomír Pokorný

Poloha
Country Manager

Zkušební laboratoř č. 1163
akreditovaná ČIA dle
ČSN EN ISO/IEC 17025:2018



Společnost je certifikována dle ČSN EN ISO 14001 (Systémy environmentálního managementu) a ČSN ISO 45001 (Systémy managementu bezpečnosti a ochrany zdraví při práci)



Výsledky zkoušek

Matrice: PRŮMYŠLOVÁ PEVNÁ LÁTKA				Název vzorku	IET93/23 R23-02	IET100/23 R23-12	---		
				Identifikace vzorku	PR2308269001	PR2308269002	---		
				Datum odběru/čas odběru	[27.1.2023]	[27.1.2023]	---		
Parametr	Metoda	LOQ	Jednotka	Výsledek	NM	Výsledek	NM	Výsledek	NM
Vyzikální parametry									
voda analytická M(ad)	HWA-GR	0.50	%	1.08	± 37.3%	0.88	± 39.9%	---	---
voda celková M(ar)	HWT-CC	0.50	%	1.68	---	0.98	---	---	---
voda hrubá M(ex)	HWG-GR	0.50	%	0.60	± 69.4%	<0.50	---	---	---
anorganické parametry									
ochlor ocelkový bezvodý Cl(d)	I-CL-CALS	0.01	% suš.	1.18	± 30.0%	0.38	± 30.0%	---	---
ochlor ocelkový původní Cl(ar)	I-CL-CALS	0.01	%	1.11	± 30.0%	0.38	± 30.0%	---	---
extrahovatelné kovy / hlavní kationty									
As	S-METAXHB1	0.50	mg/kg	<2.50	---	1.07	± 30.0%	---	---
Cd	S-METAXHB1	0.40	mg/kg	<2.00	---	1.28	± 30.0%	---	---
Co	S-METAXHB1	0.20	mg/kg	3.62	± 20.0%	30.8	± 20.0%	---	---
Cr	S-METAXHB1	0.50	mg/kg	60.8	± 20.0%	26.8	± 20.0%	---	---
Cu	S-METAXHB1	1.0	mg/kg	28800	± 20.0%	3260	± 20.0%	---	---
Hg	S-METAXHB1	0.20	mg/kg	<1.00	---	<0.20	---	---	---
Mn	S-METAXHB1	0.50	mg/kg	81.0	± 20.0%	38.0	± 20.0%	---	---
Ni	S-METAXHB1	1.0	mg/kg	17.1	± 20.0%	28.0	± 20.0%	---	---
Pb	S-METAXHB1	1.0	mg/kg	332	± 20.0%	425	± 20.0%	---	---
Sb	S-METAXHB1	0.50	mg/kg	34.9	± 20.0%	67.6	± 20.0%	---	---
Sn	S-METAXHB1	1.0	mg/kg	20.7	± 20.0%	18.8	± 20.0%	---	---
Tl	S-METAXHB1	0.50	mg/kg	<2.50	---	<0.50	---	---	---
V	S-METAXHB1	0.10	mg/kg	3.68	± 20.0%	1.88	± 20.0%	---	---
polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU)									
naftalen	S-PAHGM02	0.050	mg/kg	8.24	± 30.0%	1.74	± 30.0%	---	---
acenaftýlen	S-PAHGM02	0.050	mg/kg	0.188	± 30.0%	0.302	± 30.0%	---	---
acenaftén	S-PAHGM02	0.050	mg/kg	2.38	± 30.0%	0.392	± 30.0%	---	---
fluoren	S-PAHGM02	0.050	mg/kg	2.83	± 30.0%	0.808	± 30.0%	---	---
fenanthren	S-PAHGM02	0.050	mg/kg	12.1	± 30.0%	6.68	± 30.0%	---	---
anthraoen	S-PAHGM02	0.050	mg/kg	2.48	± 30.0%	0.807	± 30.0%	---	---
fluoranthén	S-PAHGM02	0.050	mg/kg	23.3	± 30.0%	12.6	± 30.0%	---	---
pyren	S-PAHGM02	0.050	mg/kg	23.0	± 30.0%	24.1	± 30.0%	---	---
benzo(a)anthraoen	S-PAHGM02	0.050	mg/kg	8.67	± 30.0%	2.78	± 30.0%	---	---
chrysen	S-PAHGM02	0.050	mg/kg	9.18	± 30.0%	3.32	± 30.0%	---	---
benzo(b)fluoranthén	S-PAHGM02	0.050	mg/kg	8.68	± 30.0%	2.68	± 30.0%	---	---
benzo(k)fluoranthén	S-PAHGM02	0.050	mg/kg	3.64	± 30.0%	0.908	± 30.0%	---	---
benzo(a)pyren	S-PAHGM02	0.050	mg/kg	6.77	± 30.0%	2.80	± 30.0%	---	---
Indeno(1,2,3-cd)pyren	S-PAHGM02	0.050	mg/kg	2.70	± 30.0%	0.882	± 30.0%	---	---
benzo(g,h,i)perýlen	S-PAHGM02	0.050	mg/kg	4.86	± 30.0%	3.08	± 30.0%	---	---
dibenzo(a,h)anthraoen	S-PAHGM02	0.050	mg/kg	0.828	± 30.0%	0.287	± 30.0%	---	---
suma 16 PAU	S-PAHGM02	0.80	mg/kg	117	---	62.7	---	---	---
PCB									
PCB 28	S-PCBECD07	0.010	mg/kg	0.161	± 40.0%	0.124	± 40.0%	---	---
PCB 62	S-PCBECD07	0.010	mg/kg	0.084	± 40.0%	0.042	± 40.0%	---	---
PCB 101	S-PCBECD07	0.010	mg/kg	0.061	± 40.0%	0.028	± 40.0%	---	---
PCB 118	S-PCBECD07	0.010	mg/kg	0.023	± 40.0%	0.012	± 40.0%	---	---
PCB 158	S-PCBECD07	0.010	mg/kg	0.089	± 40.0%	0.043	± 40.0%	---	---
PCB 168	S-PCBECD07	0.010	mg/kg	0.081	± 40.0%	0.038	± 40.0%	---	---
PCB 180	S-PCBECD07	0.010	mg/kg	0.031	± 40.0%	0.014	± 40.0%	---	---
suma 7 PCB	S-PCBECD07	0.070	mg/kg	0.470	---	0.288	---	---	---
suma 8 PCB	S-PCBECD07	0.060	mg/kg	0.447	---	0.287	---	---	---

Datum vystavení : 14.2.2023
 Stránka : 3 z 3
 Zakázka : PR2308269
 Zákazník : Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava



Popisné výsledky

Matrice: PRŮMYŠLOVÁ PEVNÁ LÁTKA

Metoda: Parametr	Identifikační vzorku	Název vzorku - Datum odběru/čas odběru	Výsledky zkoušek
PCB			
9-PCBECD07: chlorované alkeny	PR2308269-001	IET90/29 R23-02 [27.1.2023]	Ne
9-PCBECD07: chlorované alkeny	PR2308269-002	IET100/29 R23-12 [27.1.2023]	Ne

Pokud zákazník neuvědí datum a/nebo čas odběru vzorku, laboratoř je z procesních důvodů určí sama, jsou pak rovny datu a/nebo času přijetí vzorků a jsou uvedeny v závorkách. Pokud je čas vzorkování uveden 0:00 znamená to, že zákazník uvedl pouze datum a neuvědíl čas vzorkování. Nejistota je rozlišená nejistota měření odpovídající 95% intervalu spolehlivosti s koeficientem rozlišení k = 2.
 Vysvětlivky: LOQ = Mez stanovitelnosti; NM = Nejistota měření. NM nezahrnuje nejistotu vzorkování.

Konec výsledkové části protokolu o zkoušce

Přehled zkušebních metod

Analytické metody	Popis metody
Místo provedení zkoušky: Bendlova 1687/7 Česká Lípa Česká Republika 470 01	
I-CL-CALS	CZ_9OP_D06_07_124.0 (ČSN EN ISO 16994, ČSN EN 15408, ČSN EN 14582) Stanovení celkové bromu, chloru, fluoru a síry výpočtem z naměřených hodnot bromidů, chloridů, fluoridů a síranů metodou IC po předchozím spálení vzorku.
I-WA-GR	CZ_9OP_D06_07_D41 (ČSN 44 1377, ČSN EN ISO 18134-1, ČSN EN ISO 18134-2, ČSN EN ISO 18134-3, ČSN P CEN/TS 15414-1, ČSN P CEN/TS 15414-2, ČSN EN ISO 21660-3, ČSN EN12880, ČSN EN14346, ČSN EN 15002) Stanovení analytické vody a hrubé vody gravimetricky a stanovení celkové vody výpočtem z naměřených hodnot.
I-WG-GR	CZ_9OP_D06_07_D41 (ČSN 44 1377, ČSN EN ISO 18134-1, ČSN EN ISO 18134-2, ČSN EN ISO 18134-3, ČSN P CEN/TS 15414-1, ČSN P CEN/TS 15414-2, ČSN EN ISO 21660-3, ČSN EN12880, ČSN EN14346, ČSN EN 15002) Stanovení analytické vody a hrubé vody gravimetricky a stanovení celkové vody výpočtem z naměřených hodnot.
I-WT-OC	CZ_9OP_D06_07_D41 (ČSN 44 1377, ČSN EN ISO 18134-1, ČSN EN ISO 18134-2, ČSN EN ISO 18134-3, ČSN P CEN/TS 15414-1, ČSN P CEN/TS 15414-2, ČSN EN ISO 21660-3, ČSN EN12880, ČSN EN14346, ČSN EN 15002) Stanovení analytické vody a hrubé vody gravimetricky a stanovení celkové vody výpočtem z naměřených hodnot.
Místo provedení zkoušky: Na Hartě 336/9 Praha 9 - Vysočany Česká Republika 190 00	
9-METAXH81	CZ_9OP_D06_02_001 (US EPA 200.7, ČSN EN ISO 11885, US EPA 6010, SM 3120) - Stanovení prvků metodou ICP-OES a stechiometrické výpočty obsahů sloučenin z naměřených hodnot. Vzorek byl před analýzou homogenizován a mineralizován lučivkou královskou.
9-PAHGM02	CZ_9OP_D06_03_161 mimo kap. 10.1.1, 10.1.2, 10.2.1, 10.2.2 (US EPA 8270D, US EPA 8082A, ČSN EN 15527, ISO 18287, ISO 10382, ČSN EN 17322). Stanovení semivolatilních organických látek metodou plynové chromatografie s MS nebo MS/MS detekcí a výpočet sum semivolatilních organických látek z naměřených hodnot.
9-PCBECD07	CZ_9OP_D06_03_166 mimo kap. 10. 4 (US EPA 8082, ISO 10382, ČSN EN 17322) Stanovení polychlorovaných bifenyly metodou plynové chromatografie s ECD detekcí a výpočet sum polychlorovaných bifenyly z naměřených hodnot.
Přípravné metody	
Popis metody	
Místo provedení zkoušky: Bendlova 1687/7 Česká Lípa Česká Republika 470 01	
I-PPBURN	Spálení vzorku v kalorimetrické bombě pro palivové analýzy.
* 9-PPHOM03	CZ_9OP_D06_07_P01 Příprava pevných vzorků k analýze (drcení, mletí, tření).
Místo provedení zkoušky: Na Hartě 336/9 Praha 9 - Vysočany Česká Republika 190 00	
* 9-PPHOM4	CZ_9OP_D06_07_P01 Příprava pevných vzorků k analýze (drcení, mletí, tření).

Symbol *** u metody značí zkoušku mimo rozsah akreditace laboratoře nebo subdodavatele. Pokud je v tabulce metod uveden kód UNICO-SUB, informuje pouze o tom, že zkoušky byly provedeny subdodavatelem a výsledky jsou uvedeny v příloze protokolu o zkoušce, včetně informace o akreditaci zkoušky. V případě, že laboratoř použila pro matrici mimo rozsah akreditace nebo neakreditovanou matrici vzorku postup uvedený v akreditované metodě a vydává neakreditované výsledky, je tato skutečnost uvedena na titulní straně tohoto protokolu v oddílu „Poznámky“. Jsou-li na protokolu o zkoušce výsledky subdodávky, je místo provedení zkoušky mimo laboratoře ALS Czech Republic, s.r.o.
 Způsob výpočtu sumačních parametrů je k dispozici na vyžádání v zákaznickém servisu.

Příloha č.2. - Protokol č. 53/23, Analýza vzorku



Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava
Výzkumné energetické centrum, Zkušební laboratoř č. 1166.3
akreditovaná ČIA podle ČSN EN ISO/IEC 17025:2018
17. listopadu 2172/15, 708 00 Ostrava – Poruba

Protokol č. 53/23

Analýza vzorku

Zadavatel: VŠB-TU Ostrava, CEET, Institut environmentálních technologií
17. listopadu 2172/15, 708 00 Ostrava-Poruba

Číslo smlouvy/objednávky: HS 7402305

Datum přijetí vzorku: 10. 2. 2023

Číslo a popis vzorku: VZ 201/23 TAP, R 23-02

Datum provedení analýzy: 13. – 22. 2. 2023

Schválil: Ing. Karel Borovec, Ph.D.
Vedoucí akreditované zkušební laboratoře

Vypracoval: Ing. Milan Dej, Ph.D.

Vedoucí oddělení zkušebna: Ing. Jiří Horák, Ph.D.

Datum vydání protokolu: 24. 2. 2023

Počet stran: 3

Rozdělovník: 1 ks tištěný protokol, 1 ks elektronicky - Zadavatel
1 ks elektronický archiv VEC

email: vec@vec.cz
<http://vec.vsb.cz>

tel: vedoucí 597 323 868
sekretariát 597 324 285

Popis odběru vzorku:

Vzorek byl převzat od zadavatele, který ručí za jeho odběr.

Požadované zkoušky:

Původní označení vzorku	Označení dle VEC	Požadované zkoušky
TAP, R.23-02	VZ 201/23	C, H, N, S, O, voda, popel, hořlavina, prchavá hořlavina, spalné teplo, výživnost

Metody zkoušek prováděných akreditovaně:

Název zkoušky	Identifikace metody	Předmět zkoušky
Stanovení obsahu popela gravimetry, stanovení obsahu hořlaviny (súložek) – dopočet	VECO 004, mimo kap. 6 (ČSN ISO 1171, ČSN EN ISO 18122, ČSN EN ISO 21656)	tíže frakce paliva, tíže bispaliva, tíže sklerotinu paliva, tíže zbytky po spalování
Stanovení obsahu vody gravimetry	VECO 005, mimo kap. 6 (ČSN 44 1377, ČSN ISO 579, ČSN ISO 687, ČSN EN ISO 18134-2, ČSN EN ISO 18134-3, ČSN P CEN/TS 15414-2, ČSN EN ISO 21660-3)	tíže frakce paliva, tíže bispaliva, tíže sklerotinu paliva, tíže zbytky po spalování
Stanovení obsahu prchavé hořlaviny gravimetry	VECL 001 (ČSN ISO 562, ČSN ISO 5071-1, ČSN EN ISO 18123, ČSN EN ISO 22167)	tíže frakce paliva, tíže bispaliva, tíže sklerotinu paliva
Stanovení spalného tepla kalorimetricky a dopočet výživnosti	VECL 002 (ČSN ISO 1928, ČSN EN ISO 18125, ČSN EN ISO 21654)	tíže frakce paliva, tíže bispaliva, tíže sklerotinu paliva
Stanovení tuhlin, vodíku, dusíku směřovanou CHN 628, stanovení lyžičku – dopočet	VECL 003 (ČSN ISO 29341, ČSN ISO 17247, ČSN EN ISO 16948, ISO 16948, ČSN EN ISO 16993, ČSN EN ISO 21663, ČSN 44 1335)	tíže frakce paliva, tíže bispaliva, tíže sklerotinu paliva, tíže zbytky po spalování
Stanovení velkosti sry vysokoteplotní spalovací metodou přidáváním močoviny CHN 628	VECL 004 (ČSN ISO 19379, ČSN ISO 17247, ČSN EN ISO 16993, ČSN EN ISO 16994, ISO 16994, ČSN EN ISO 21663)	tíže frakce paliva, tíže bispaliva, tíže sklerotinu paliva, tíže zbytky po spalování

Metoda zkoušky	Datum provedení zkoušky
	VZ 201/23
VECO 004, mimo kap. 6	20.02.23
VECO 005, celková voda	13.-14.02.23
VECO 005, analyt. voda	20.02.23
VECL 001	20.02.23
VECL 002	22.02.23
VECL 003	22.02.23
VECL 004	17.02.23

Výsledky zkoušek prováděných akreditovaně:

Tab. 1 Výsledky analýzy vzorku přepočtené na původní stav a nejistoty měření

Číslo vzorku	Popis vzorku	W _i [%]	A [%]	H [%]	V [%]	Q _i [MJ/kg]	Q _v [MJ/kg]	C [%]	H [%]	N [%]	S [%]	O [%]
		Voda velkárn (přivodní vazek)	Popel (přivodní vazek)	Hořlavina (přivodní vazek)	Přichavn hořlavina (přivodní vazek)	Spalné teplo (přivodní vazek)	Vyhřevnost (přivodní vazek)	Uhlík (přivodní vazek)	Vodík (přivodní vazek)	Dusík (přivodní vazek)	Síra (přivodní vazek)	Kyslík (přivodní vazek)
VZ 201/23	TAP, R.23-02	1,48	20,58	77,94	66,49	28,76	27,14	60,62	7,45	1,17	0,41	8,29
Nejistota měření [%rel.]		3,1	9,0	-	1,9	3,0	-	4,6	3,1	6,1	6,4	-

Tab. 2 Výsledky analýzy vzorku přepočtené na bezvodý stav (sušinu)

Číslo vzorku	Popis vzorku	A [%]	H [%]	V [%]	Q _i [MJ/kg]	Q _v [MJ/kg]	C [%]	H [%]	N [%]	S [%]	O [%]
		Popel (bezvodý vazek)	Hořlavina (bezvodý vazek)	Přichavn hořlavina (bezvodý vazek)	Spalné teplo (bezvodý vazek)	Vyhřevnost (bezvodý vazek)	Uhlík (bezvodý vazek)	Vodík (bezvodý vazek)	Dusík (bezvodý vazek)	Síra (bezvodý vazek)	Kyslík (bezvodý vazek)
VZ 201/23	TAP, R.23-02	20,89	79,11	67,49	29,19	27,58	61,53	7,56	1,19	0,41	8,42

Tab. 3 Výsledky analýzy vzorku přepočtené na hořlavinu (bezpopelnou sušinu)

Číslo vzorku	Popis vzorku	V ^{net} [%]	Q _i ^{net} [MJ/kg]	Q _v ^{net} [MJ/kg]	C ^{net} [%]	H ^{net} [%]	N ^{net} [%]	S ^{net} [%]	O ^{net} [%]
		Přichavn hořlavina (hořlavina)	Spalné teplo (hořlavina)	Vyhřevnost (hořlavina)	Uhlík (hořlavina)	Vodík (hořlavina)	Dusík (hořlavina)	Síra (hořlavina)	Kyslík (hořlavina)
VZ 201/23	TAP, R.23-02	85,31	36,90	34,87	77,78	9,56	1,50	0,52	10,64

Uvedené rozšířené nejistoty měření jsou součinem standardní nejistoty měření a koeficientu rozšíření $k = 2$, což pro normální rozdělení odpovídá pravděpodobnosti pokrytí přibližně 95 %.

Prohlášení:

Výsledky zkoušek a analýz se týkají pouze předmětu zkoušek a analýz. Protokol může být reprodukován jedině celý, ve zkráceném znění může být publikován jen s písemným souhlasem vedoucího akreditované zkušební laboratoře.

Konec protokolu

9 Seznam obrázků a tabulek

Obrázek 1 - Přehled výroby automobilů v ČR v letech 1996-2021	4
Obrázek 2 - Druhy materiálů obsažených v autovraku	8
Obrázek 3 - Průměrné materiálové složení osobních automobilů.....	9
Obrázek 4 - Celkový počet zpracovatelů vozidel s ukončenou životností v ČR	11
Obrázek 5 - Celkový počet zpracovatelů vozidel s ukončenou životností v krajích.....	12
Obrázek 6 - Tři hlavní fáze procesu zpracování vozidel s ukončenou životností.....	13
Obrázek 7 Schéma vypouštěcího zařízení pro ruční zpracování autovraku	14
Obrázek 8 - Současný způsob zpracování vozidel s ukončenou životností.....	15
Obrázek 9 - Síto šrédru a rotor šrédru s nárazovými prvky	16
Obrázek 10 - Šrédr s kyvným kladivem od společnosti METSO	17
Obrázek 11 - Šrédr společnosti Recycling-kovové odpady a.s.....	18
Obrázek 12 - Úspora energie při recyklaci kovů z vozidel s ukončenou životností a odhadované snížení emisí skleníkových plynů	20
Obrázek 13 - Železo a ocel určené pro další využití	20
Obrázek 14 - Příklady lehké frakce, molitan a směsový materiál.....	21
Obrázek 15 - Složení lehké frakce	22
Obrázek 16 - Příklad materiálového složení těžké frakce	24
Obrázek 17 - Příklad materiálového složení zorby v podobě barevných kovů.....	24
Obrázek 18 - Příklady materiálového složení – nerezová ocel	25
Obrázek 19 - Světová produkce nerezové oceli.....	26
Obrázek 20 - Skleněná mozaika	27
Obrázek 21 - Granulát z pěnového skla	28
Obrázek 22 - Celková poptávka po plastech a množství vzniklého odpadu podle sektorů v roce 2018.....	29
Obrázek 23 - Množství plastových recyklátů použitých v roce 2018 v Evropě na nové výrobky dle sektorů.....	24
Obrázek 24 - Průměrné složení automobilových plastů v evropském měřítku	30
Obrázek 25 - Polypropylen (PP) – nadrcený nárazník	31
Obrázek 26 - Pryžové protidrazové hladké desky, desky s rastrem, pryžová dlažba na podlahy, protihlukové desky.....	32
Obrázek 27 - Schéma spalovny odpadů	35
Obrázek 28 - Nový způsob zpracování vozidel s ukončenou životností	37
Obrázek 29 - Roční množství plastů z vozidel s ukončenou životností odeslaného ke spalování nebo skládkování v současném a inovačním scénáři.....	37
Obrázek 30 - Proces CreaSolv	39
Obrázek 31 - Proces difúze plynu v tavenině polymeru -technologie Extruclean	39
Obrázek 32 - Technologické schéma pyrolýzy pneumatik na zařízení Scogen	41
Obrázek 33 - Technologické schéma plazmového zplyňování.....	42
Obrázek 34 - Anorganické nečistoty (struska) z plazmatického zplyňování.....	43
Obrázek 35 - Nadrcené zbytky z automobilového drtiče (ASR)	46
Obrázek 36 - Směs ASR a nadrcených pneumatik v poměru 33 % a 67 %	49
Obrázek 37 - Směs ASR a dřevní štěpky v poměru 33 % a 67 %	52
Obrázek 38 - Proces zplyňování na jednotlivé druhy plynu	52
Obrázek 39 - Návrh optimálního využití odpadů.....	57

Tabulka 1 - Průměrná hmotnost vybraných autovraků v tunách	9
Tabulka 2 - Množství jednotlivých materiálů vznikajících ze zpracování autovraků za rok..	11
Tabulka 3 - Celkový počet ekologicky zpracovaných autovraků v ČR	12
Tabulka 4 - Klasifikace pro tuhá alternativní paliva	45
Tabulka 5 - Chemické složení ASR	46
Tabulka 6 - Specifikace paliva pro cementárny	47
Tabulka 7 - Speciální palivo – náhrada černého uhlí	48
Tabulka 8 - Chemické složení směsi ASR a nadrcených pneumatik	49
Tabulka 9 - Chemické složení směsi ASR a dřevní štěpky	51
Tabulka 10 - Složení vstupního materiálu – ASR do zplyňovacího zařízení	51
Tabulka 11 - Předpokládané složení výstupního syntézního plynu	52

10 Seznam zkratek

ASR – Automotive Shredder Residue

CENIA – České informační agentury životního prostředí

ČSN – Česká technická norma

EN – Evropská norma

MA ISOH - Modul Autovraky Informačního systému odpadového hospodářství

MŽP – Ministerstva životního prostředí

PA – Polyamid

PE – Polyethylen

PMMA – Polymethylmethakrylát

PR – Polypropylen

PUR – Polyuretan

PVB – Polyvinylbutyral

RDF – Refuse derived fuel

sc-CO₂ – Superkritický oxid uhličitý

SHF – Shredder Heavy Fraction

SLF – Shredder Light Fraction

SRF – Solid recovered fuel

STEO – Sdružení provozovatelů technologií pro ekologické využívání odpadů

TAP – tuhá alternativní paliva

VOC – volatile organic compound

VŠB – Vysoká škola báňská

ZEVO – Zařízení na energetické využití odpadu