



Arnika – program Toxické látky a odpady
Dělnická 13, 170 00 Praha 7
e-mail: toxik@arnika.org
tel/GSM: 774 406 825
datová schránka: 5u4qg2v

Adresát:
Votoček Miroslav
miroslav.votocek@mzp.cz
Ministerstvo životního prostředí
Vršovická 1442/65, 100 10 Praha 10
(+420) 26712-1111
ISDS: 9gsaax4

V Praze, 6. října 2021

Věc: Vyjádření k oznámení o hodnocení vlivu na životní prostředí záměru „Provozní jednotka ověření kontinuální výroby olejů z plastů“

Oznámení o hodnocení vlivů záměru (dále v textu jako „Oznámení“) bylo zveřejněno 6. 9. 2021 ve veřejně přístupném informačním systému EIA. Zpracovatelem oznámení je Ing. Josef Tomášek, CSc. (Tomášek, 2021).

Naše připomínky jsou shrnuty zde:

- a) Záměr je jednotkou, jejíž existence vychází ze zkušební jednotky pyrolýzy v areálu Teplárny Chomutov (Actherm, spol. s. r. o.). Tomášek (2021) v Oznámení tvrdí, že na jednotce umístěné v Teplárnách Chomutov byl získán dostatek podkladů, které máme k dispozici v příloze 5. V příloze 5 ale např. chybí změřené emise do ovzduší na zkušební jednotce. **Požadujeme doplnění emisí do ovzduší ze zkušební jednotky v areálu Teplárny Chomutov do úplné dokumentace EIA**, jejíž zpracování požadujeme.
- b) Oznámení uvádí, že kapacita Záměru je 1346 t/rok. Zdrojem plastů mají být odpadní plasty z výroby (vadné fólie, nepoužité obaly) a upravené odpadní plasty z tříděného komunálního odpadu. Upravené odpadní plasty z tříděného komunálního odpadu bude dodávat firma Ekoselect. Úpravou se rozumí odstranění částí biologického či drogistického původu a separace látek způsobujících pachový účinek. V Oznámení není definováno, odkud přesně budou odpadní plasty pocházet, pokud z výroby, pak z jaké. Není definována svozová oblast, ze které firma Ekoselect odpady sváží. Firma Ekoselect např. v roce 2018 přijímala odpad ze SRN

www.arnika.org/toxicke-latky
bankovní účet: 240 061 5687 / 2010
IČ: 709 478 05
Fio banka, Praha 1

(*Tuny odpadů firma „roztřídila“ za minutu, od inspekce dostala pokutu, 2019*), nelze se tak domnívat, že plasty budou pocházet např. jen z Chomutova a jeho okolí. Pokud totiž uvažujeme, že ročně každý Čech vytrídí 12 kg plastů (Bureš, 2018), potřebovali bychom minimálně město o velikosti 112 000 obyvatel, kde 100 % obyvatel třídí plast a kde se 100 % vytríděného plastu bez dalšího třídění využije. Chomutov samotný má velikost pouze téměř 49 000 obyvatel (2018). **Požadujeme doplnění konkrétních dodavatelů plastů (fólií apod.) a jejich poměry (v t nebo %), které budou do Záměru dodávat plasty k pyrolýze, dále požadujeme doplnění svozové oblasti surovin pro pyrolýzu (formou mapy).**

- c) Za předpokladu, že by se pyrolýzní olej měl využívat jako palivo motorových vozidel, bude nutná jeho další úprava (která není zahrnuta v EIA a nelze tak hodnotit celkový vliv na životní prostředí). *Vzorky* označené SGS 62798 a 62799 se zkoušely podle normy **ČSN 228+A1/Z1/O2 Motorová paliva – Bezolovnaté automobilové benziny – Technické požadavky a metody zkoušení**, limitní hodnoty pro toto použití nebyly z velké části splněny (viz Přílohu 5). Odebírány byly v tomto případě dva vzorky, oba kapalné produkty, jeden se týkal frakce pod 170 °C, druhý nad 170 °C a podle analýz v části Přílohy 5 označené zjevně mylně jako „Procesní plyn a pevný zbytek“ nevyhovují normám pro pohonné kapaliny. Obecně při analýze výstupů z pyrolýzy směsných plastů např. Seo and Shin (2002) zjistili, že destilovaný olej (kapalná frakce) obsahoval významně vyšší množství aromatických látek než běžné motorové palivo. Dále, že pyrolýzní olej obsahoval jen málo rozvětvených uhlovodíků, které jsou žádoucí při použití ve spalovacích motorech. Autoři rovněž popsali, jak vysoký podíl aromatických látek tvořily polynukleární PAU, které jsou buď přímo toxické nebo jsou prekurzory ještě toxickejších látek. Kalargaris, Tian and Gu, (2017) vyráběli olej pyrolýzou plastů, a i přes velmi vysokou teplotu zpracování (900 °C) vykazoval vyšší hustotu a vyšší koncentraci pevných zbytků, kyslíku a PAU než motorová nafta. Autoři tak uvádějí nutnost úpravy před použitím jako paliva pro dopravní prostředky, protože např. přímo při spalování ve stabilním motoru byly ve srovnání s motorovou naftou vyšší emise oxidů dusíku (NO_x), sazí, CO a CO_2 (Kalargaris, Tian and Gu, 2017). **Požadujeme doplnění odhadu energetické náročnosti další úpravy oleje pro jeho použití do energetické bilance a o zevrubný popis postupu, který bude pro úpravu na motorové palivo dále zapotřebí. Požadujeme doplnění účelu pyrolýzy do Oznámení se započtením provozu na potřebnou úpravu oleje.**

- d) V Oznámení není uvedeno předpokládané složení odpadní vody ze stabilizační kolony, která bude předána oprávněně osobě. Ač bude její množství malé, není popsáno, jakým způsobem si

Arnika – program Toxické látky a odpady

bankovní účet: 194 326 0339 / 0800

IČ: 70 94 78 05

Česká spořitelna, Praha 1

DIČ: CZ 70 94 78 05

ji oprávněná osoba bude přebírat (při odstávce, vsádkově?), a to, jakým způsobem s ní bude dále nakládáno (nelze posoudit komplexní vliv na životní prostředí). **Žádáme o doplnění chybějících informací do plné dokumentace EIA.**

- e) V Oznámení je uvedeno, že se plasty před použitím vytrídí tak, aby neobsahovaly chlorované látky a že obsah chloru závisí na kontaminaci vstupní suroviny příměsí typu PVC (str. 10). V kapalných produktech se přesto vyskytuje chlor v koncentraci 94 ppm ve frakci do 170 °C. Současně se v Oznámení připouští, že v technologii dochází ke vzniku dioxinů, to by bez chloru ve vstupních plastech nebylo možné. Po spalování procesního plynu se v rozptylové studii počítá s 314 µg TEQ/rok PCDD/F. To je zaprvé jen část vznikajících produktů a zadruhé nejsou téměř zmíněna rizika, co sloučeniny PCDD/F způsobují zdraví člověka a životnímu prostředí a není k dispozici žádná bilance (ideálně s ohledem na skutečný obsah chloru v palivu). Co se týká PCDD/F, tak Mohr, Nonn and Jager (1997) zjistili, že 80 % výsledných PCDD/F bylo přítomných v pyrolýzním oleji a jeho toxicita tak byla čtyřikrát vyšší než toxicita suroviny. Také Weber (2001) zjistil, že při všech pokusech s pyrolýzou rozdrčeného plastového odpadu se vytvářely PCDD/F. Tyto studie zjistily, že v produktech pyrolýzy je značně vyšší množství PCDD/F ve srovnání se spalováním odpadů (což je v souladu s jinými citovanými studiemi). Autoři Oznámení se odvolávají na nejistotu stanovení, což se může zpřesnit semikontinuálním odběrem vzorků pro monitoring emisí PCDD/F. V návaznosti na výše zmíněná zjištění, proto **žádáme o doplnění vlivu PCDD/F na zdraví člověka a zařazení semikontinuálního odběru vzorků pro měření PCDD/F v emisích do plné dokumentace EIA.** Rovněž žádáme o **doplnění bilance PCDD/F v celém procesu.**
- f) Mechanická recyklace má svá omezení, ale např. z hlediska spotřeby energie (Sherwood, 2020), menší uhlíkové stopy a produkce menšího množství toxických látek je šetrnější k životnímu prostředí než tzv. chemická recyklace (Thakur *et al.*, 2018; Rollinson and Oladejo, 2020). Dle dostupné literatury neexistuje energeticky soběstačná pyrolýzní jednotka (Rollinson and Oladejo, 2020). Mølgaard (1995) zjistil, že pyrolýza má ze všech posuzovaných možností nejvyšší dopady, pokud jde o globální oteplování a tvorbu fotochemického ozonu, a druhý největší dopad po skládkování, pokud jde o množství tuhého odpadu. **Žádáme o doplnění bilance CO₂ a spotřeby energie ve srovnání s mechanickou recyklací jako variantou záměru.**
- g) V rámci Oznámení a nakládání s pevným zbytkem po pyrolýze je zmíněno, že bude ověřena možnost jeho následného využití v zemědělství a průmyslu (str. 11). Přitom chybí informace o

Arnika – program Toxické látky a odpady

bankovní účet: 194 326 0339 / 0800

IČ: 70 94 78 05

Česká spořitelna, Praha 1

DIČ: CZ 70 94 78 05

jeho chemickém složení a doložení, že například v zemědělství nebude zdrojem znečištění toxickými látkami.

- h)** Mezi látky, které se v plastech vyskytují, obecně patří bromované sloučeniny. Konkrétně se jedná např. o bromované zpomalovače hoření – halogenované uhlovodíky, halogenované fenoly, bromované polyoly, sloučeniny typu polybromovaných difenyléterů (PBDE). Přítomnost bromu představuje problém, protože např. Ma *et al.* (2019) zjistili, že při jednostupňové pyrolýze při teplotách 350 - 600 °C se 25 až 61 % bromu dostávalo do pyrolýzního oleje a 34 až 55 % do pyrolýzního vosku. V pevných zbytcích zůstávalo maximálně 15,9 % bromu. Uvádějí, že přítomnost bromu v produktech pyrolýzy má „významné negativní vlivy na jejich další využití jako paliva“. **Žádáme proto doplnění bilance bromu zejména s ohledem na vznik PBDD/F ve výstupech (pyrolýzní plyn, pyrolýzní olej a pevný zbytek).**
- i)** Polystyren se v ČR z větší části používá ve stavebnictví (*Plasty*, no date), z menší v obalech. V Oznámení není definováno, z jakého zdroje polystyren určený pro zpracování pyrolýzou v Chomutově pochází. Při vyloučení tříděného odpadu ze žlutých kontejnerů lze spíše předpokládat polystyren ze stavebního průmyslu. Polystyreny pro účely izolace většinou obsahují bromované zpomalovače hoření. Jejich tepelnou degradací může vznikat celá škála produktů: např. p-bromostyren a styren, HBr, benzen a lehké uhlovodíky (Pielichowski and Stoch, 1995; Qureshi *et al.*, 2020) včetně polybromovaných dibenzo-p-dioxinů a dibenzofuranů (Ebert and Bahadir, 2003). Dále se například z relativně jednoduchého polypropylenu tvoří velké množství benzenu, xylenu, toluenu a polycyklických aromatických uhlovodíků (PAU); (Williams and Williams, 1999). Studie, která se zabývala pyrolýzou směsných plastů, zjistila, že výsledný olej obsahoval antimon, brom, zinek, vápník, chlor a síru a plyn obsahoval chlor a brom, přičemž největší podíl netěkavých látek byl v uhlíkovém zbytku (Miskolczi, Ateş and Borsodi, 2013). Stejná skupina výzkumníků zjistila, že produkty obsahovaly značná množství nově syntetizovaných „těžkých“ aromatických polymerů, které pocházely i z látek, jako je polystyren, o němž se často tvrdí, že z něj při podmínkách pyrolýzy vznikají monomery (Miskolczi *et al.*, 2004). **Kromě již navrhovaného kontinuálního měření PBDD/F žádáme o doplnění monitoringu, a především bilance PAU.**
- j)** K sekundárním BAT zmíněným v Oznámení patří „Pevný pyrolýzní produkt jímat do nepropustných nádob. Uvedené technologické místo (box, kontejner) samostatně odvětrávat a odsávanou vzdušinu čistit v primárním čištění od TZL a organických látek s důrazem na pachové látky. Sekundární čištění zajistit odvětráním provozní haly.“, přičemž je jako řešení uvedeno: Pevný pyrolýzní produkt je odebírán ze zařízení – kontejnerové jednotky

Arnika – program Toxické látky a odpady

bankovní účet: 194 326 0339 / 0800

IČ: 70 94 78 05

Česká spořitelna, Praha 1

DIČ: CZ 70 94 78 05

– periodicky – 1–2 x týdně. Jedná se o produkt ve formě tvrdé spečené krusty bez prašnosti a emisí organických látek, tvořená prakticky elementárním uhlíkem. **Domníváme se, že i v tomto případě by se měla odsávaná vzdušina čistit od TZL a organických látek. V Oznámení není uvedeno, jakým způsobem je uzavřená kontejnerová jednotka, do které je odebírán pevný pyrolýzní produkt.**

- k)** Emise PCDD/F a kovů se dle Oznámení při zařazení jako *tepelného zpracování odpadů* mají měřit jen jednorázově, při zařazení jako *Zplyňování nebo zkapalňování uhlí, výroba nebo rafinace plynů, minerálních olejů nebo pyrolýzních olejů, výroba energetických plynů (generátorový plyn, svítíplyn) nebo syntézních plynů* bude rozsah a způsob monitoringu záležet na výsledcích monitoringu ve zkušebním období. Navíc je v Oznámení uvedeno, že *kovy reálně nelze ve zpracovaných odpadních plastech významně předpokládat*, přičemž např. studie, která zkoumala pyrolýzu směsných plastů a různých směsí plastů, zjistila, že výsledný uhlíkový zbytek byl kontaminován těžkými kovy (kadmíem, olovem, zinkem, mědí, rtutí a arsenem) a byl nebezpečný a ekotoxický (Bernardo *et al.*, 2010). Toxické látky mohou být přítomné ve výstupech z technologií ve všech třech skupenstvích: v produktech plynných, kapalných i pevných, protože kovy přítomné v plastech se během depolymerace neničí, ale musí přejít do jednoho z výstupů nebo zůstat v materiálech použitých při čištění. **Žádáme, aby kovy jako Cd, Pb, Zn, Cu a As byly měřeny kontinuálně.**
- l)** Srážkové vody v areálu můžou být potenciálně znečištěny ropnými látkami, přesto je chtějí autoři Oznámení používat skrze retenční nádrž pro údržbu zpevněných ploch a zeleně a případně je i jímat v požární nádrži. Použitím odlučovače ropných látek se neodstraní 100 % ropných látek, ale jen zhruba 85 až 95 % (*Odlučovače ropných látek*, no date). Poloha záměru je pouhých 200 m od Evropsky významné lokality **Pražská pole**, na které se vyskytuje čolek velký (*Triturus cristatus*), kuňka ohnivá (*Bombina bombina*); vážka jasnoskrnná (*Leucorrhinia pectoralis*). Při zasakování by mohlo docházet ke kontaminaci ropnými látkami, protože se i Záměr i jmenovaná Evropsky významná lokalita nacházejí na šterku s vysokým koeficientem filtrace (dle geologické mapy v Oznámení na str. 82). **Žádáme o zařazení např. koalescenčního filtru do odlučovače ropných látek.**
- m)** Do plastů se přidávají různé látky, které upravují jejich vlastnosti, jako jsou antioxidanty, zpomalovače hoření, změkčovadla, lubrikanty a stabilizátory proti účinkům tepla. Do plastů se mohou rovněž dostávat toxické kontaminující látky z jejich okolí, jak během výrobního procesu, tak později (Rodrigues *et al.*, 2019). Mezi příklady toxických látek v plastech patří: **kadmium, olovo a jejich sloučeniny, benzen, bromované sloučeniny, ftaláty, olovo, cín, antimon a těkavé organické látky (VOC)**. Mezi antioxidanty přidávané do plastů patří: **arylaminy, fenolové látky a organofosfáty, jako jsou bisfenol-A (BPA), tris-**

Arnika – program Toxické látky a odpady

bankovní účet: 194 326 0339 / 0800

IČ: 70 94 78 05

Česká spořitelna, Praha 1

DIČ: CZ 70 94 78 05

nonylfenylfosfát, oktylfenol a nonylfenol. Jsou přítomné v koncentracích 0,05 – 3 % hmotnosti (Hahladakis *et al.*, 2018). Mezi zpomalovače hoření patří: **halogenované uhlovodíky, estery kyseliny fosforečné, oxidy antimonu a hliníku, halogenované fenoly, bromované a fosforované polyoly, sloučeniny typu polybromovaných difenyléterů (PBDE), chlorované parafiny (MCCPs nebo SCCPs), kyselina boritá a sloučeniny fosforu (TCEP nebo TCPP).** Jsou přítomné v koncentracích 0,7 - 25 % hmotnosti (Hahladakis *et al.*, 2018). Změkčovadla, která zlepšují trvanlivost a pružnost plastů, jsou přítomná v koncentracích 10 až 70 % hmotnosti a patří mezi ně **ftaláty na uhlovodíkové bázi (DBP / BBP / DEHP / DHCP), adipáty (DAH / HAD / DOA / HOA) a chlorované parafiny (LCCP / MCCP / SCCP)** (Hahladakis *et al.*, 2018). Jak je vidět, jedná se o poměrně různorodou škálu chemických látek a v Oznámení v žádném postupu příjmu plastů není definováno, jak se bude zjišťovat, zda jsou obohaceny o aditiva potenciálně nebezpečná z hlediska kontaminace výstupních produktů.

- n) Jelikož pyrolýza je stará technologie, byla publikována řada jejích hodnocení, i když ne konkrétně při použití plastů jako vstupní suroviny. Je dobře známo, že se při ní tvoří toxické organické produkty (Idowu *et al.*, 2019). Konkrétně při použití plastů jako suroviny mohou unikát ftaláty, BPA, polybromované difenylethery, toxické bromované sloučeniny a PAU. Mnohé z těchto látek jsou mutagenní, karcinogenní a narušují dýchací a nervovou soustavu (Verma *et al.*, 2016). **To není v Ústeckém kraji, kde je jednou z nejčastějších nemocí průduškové astma, úplně ideální. Možný vliv těchto látek v únicích chybí v hodnocení vlivů na veřejné zdraví. Žádáme o doplnění popisu vlivu nejčastějších vznikajících látek specificky v takovéto technologii na lidské zdraví.**
- o) Předložené Oznámení nehodnotí v dostatečné míře potenciální havárie, přestože ve zkušební jednotce v Teplárně Chomutov k jedné došlo. Je to také informace, která chybí ve vyhodnocení zkušebního procesu z této jednotky. Na Slovensku došlo k požáru obdobného zařízení (viz foto). Přítomnost pyrolýzního oleje napomohla k jeho rozvoji.

Arnika – program Toxické látky a odpady

bankovní účet: 194 326 0339 / 0800

IČ: 70 94 78 05

Česká spořitelna, Praha 1

DIČ: CZ 70 94 78 05



Foto z požáru pyrolýzy v Lučenci na Slovensku v roce 2016. Zdroj: noviny.sk V Lučenci horela hala na spracovanie plastov, škody sa šplhajú na státisíce; Hutková, 2016.

p) V Oznámení se pracuje s hypotézou, že z technologie bude mimo jiné vycházet pyrolýzní olej využitelný jako náhrada pohonných hmot. Chybí ovšem doklady o tom, že uvedená technologie je schopná olej vyčistit do kvality požadované na pohonné hmoty, jak už jsme připomínkovali výše. Pokud takové kvality nedosáhnou, nepůjde o výrobek, ale o odpad. Plná dokumentace EIA by měla zahrnout i tuto variantu a načrtnout, **co by se s pyrolýzním olejem dělalo coby odpadem?** Z hlediska zdůvodnění záměru považujeme za důležitý aspekt rovněž plánovaný přechod na automobily nevyužívající spalovací motory. V takovém scénáři asi bude poptávka po náhradních pohonných hmotách ještě nižší než dnes. Tento aspekt by měl být uvažován ve zdůvodnění záměru.

Arnika – program Toxické látky a odpady

bankovní účet: 194 326 0339 / 0800

IČ: 70 94 78 05

Česká spořitelna, Praha 1

DIČ: CZ 70 94 78 05

Tištěno na recyklovaném, chlórem neběleném papíře.

Závěr

Oznámení nevěnuje dostatečnou pozornost vyhodnocení kapacity pyrolytické jednotky – vzdálenost dovozu surovin a jejich původ. Oznámení se v mnoha případech odvolává na zkušební jednotku a její výsledky, přičemž výsledky k dispozici nejsou (s výjimkou rozboru kapalných frakcí, kde se hodnotí spíše kvalita produktu, než vlastnosti mající vliv na ŽP). Oznámení podceňuje přítomnost chloru v plastech zpracovávaných pyrolýzou a v Příloze 4 nepopisuje dostatečně, jaký vliv mají PCDD/F na zdraví a životní prostředí (vč. transportních mechanismů těchto látek). Horší situace je v Oznámení ohledně PBDD/F, které vůbec nezmiňuje, přičemž bromované látky (zpomalovače hoření) se budou v pyrolyzovaných plastech určitě vyskytovat a budou tím pádem vznikat i PBDD/F. Podobná situace se v Oznámení opakuje s kovy, u kterých autor uvádí, že je v plastech nelze významně předpokládat. Autor Oznámení si neuvědomuje nebo záměrně neuvádí, jaké (toxické) organické látky mohou ze vstupní směsi plastů během pyrolýzy vznikat. Současně automaticky předpokládá uplatnění výstupů z technologie na trhu, aniž pro to doložil jasné podklady. Při jejich absenci se musí i pyrolytický olej nadále považovat za odpad, který může mít nebezpečné vlastnosti a úplná dokumentace by měla pracovat i s touto variantou a navrhnout řešení. Předložené Oznámení a informace v něm obsažené nepovažujeme za dostatečné a opravňující k závěru, že záměr nebude mít podstatný vliv na životní prostředí. Naopak zkušenosti s podobnými provozy svědčí o opaku, a proto by záměr měl **být posouzen v úplném procesu EIA.**

S pozdravem za Arniku – program Toxické látky a odpady

Arnika – program Toxické látky a odpady
Bělnická 541/13, 170 00 Praha 7
GSM: (+420) 774 406 825
email: toxic@arnika.org
www.arnika.org, IČO: 709 478 05

RNDr. Jindřich Petrlík, vedoucí programu Toxické látky a odpady spolku Arnika

Ing. Nikola Musilová, odbornice na toxické látky v životním prostředí

V Praze, 6. října 2021

Arnika – program Toxické látky a odpady

bankovní účet: 194 326 0339 / 0800

IČ: 70 94 78 05

Česká spořitelna, Praha 1

DIČ: CZ 70 94 78 05

Literatura

Bernardo, M. *et al.* (2010) 'Toxicity of char residues produced in the co-pyrolysis of different wastes', *Waste Management*, 30(4), pp. 628–635. doi:10.1016/j.wasman.2009.10.015.

Bureš, M. (no date) *Kolik každý Čech vyprodukuje ročně odpadu?* Available at: <https://www.finance.cz/503855-komunalni-odpad-eu/> (Accessed: 5 October 2021).

ČTK (2019) *Produkce odpadů v ČR roste, problémem je skládkování*, *Ekolist.cz*. Available at: <https://ekolist.cz/cz/zpravodajstvi/zpravy/produkce-odpadu-v-cr-roste-problemem-je-skladkovani> (Accessed: 1 October 2021).

Ebert, J. and Bahadir, M. (2003) 'Formation of PBDD/F from flame-retarded plastic materials under thermal stress', *Environ Int*, 29(6), pp. 711–6.

Hahladakis, J.N. *et al.* (2018) 'An overview of chemical additives present in plastics: Migration, release, fate and environmental impact during their use, disposal and recycling', *Journal of Hazardous Materials*, 344, pp. 179–199. doi:10.1016/j.jhazmat.2017.10.014.

Idowu, O. *et al.* (2019) 'Beyond the obvious: Environmental health implications of polar polycyclic aromatic hydrocarbons', *Environment International*, 123, pp. 543–557. doi:10.1016/j.envint.2018.12.051.

Kalargaris, I., Tian, G. and Gu, S. (2017) 'Combustion, performance and emission analysis of a DI diesel engine using plastic pyrolysis oil', *Fuel Processing Technology*, 157, pp. 108–115. doi:10.1016/j.fuproc.2016.11.016.

Ma, C. *et al.* (2019) 'The behavior of heteroatom compounds during the pyrolysis of waste computer casing plastic under various heating conditions', *Journal of Cleaner Production*, 219, pp. 461–470. doi:10.1016/j.jclepro.2019.02.100.

Miskolczi, N., Ateş, F. and Borsodi, N. (2013) 'Comparison of real waste (MSW and MPW) pyrolysis in batch reactor over different catalysts. Part II: Contaminants, char and pyrolysis oil properties', *Bioresource Technology*, 144, pp. 370–379. doi:10.1016/j.biortech.2013.06.109.

Mohr, K., Nonn, Ch. and Jager, J. (1997) 'Behaviour of PCDD/F under pyrolysis conditions', *Chlorinated Dioxins, PCB and Related Compounds 1995*, 34(5), pp. 1053–1064. doi:10.1016/S0045-6535(97)00407-4.

Arnika – program Toxické látky a odpady

bankovní účet: 194 326 0339 / 0800

IČ: 70 94 78 05

Česká spořitelna, Praha 1

DIČ: CZ 70 94 78 05

Tištěno na recyklovaném, chlórem neběleném papíře.

Mølgaard, C. (1995) 'Environmental impacts by disposal of plastic from municipal solid waste', *Resources, Conservation and Recycling*, 15(1), pp. 51–63. doi:10.1016/0921-3449(95)00013-9.

Odlučovače ropných látek (no date). Available at: <http://www.sekerka.biznysweb.cz/cz/odlucovace/odlucovace-ropnych-latek/> (Accessed: 1 October 2021).

Pielichowski, K. and Stoch, L. (1995) 'Investigation of the thermal degradation process of polystyrene brominated on the ring', *Journal of thermal analysis*, 45(5), pp. 1239–1243. doi:10.1007/BF02547500.

Plasty (no date) *trideniodpadu*. Available at: <https://www.trideniodpadu.cz/plasty> (Accessed: 1 October 2021).

Qureshi, M.S. *et al.* (2020) 'Pyrolysis of plastic waste: Opportunities and challenges', *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 152, p. 104804. doi:10.1016/j.jaap.2020.104804.

Rodrigues, M.O. *et al.* (2019) 'Impacts of plastic products used in daily life on the environment and human health: What is known?', *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 72, p. 103239. doi:10.1016/j.etap.2019.103239.

Rollinson, A. and Oladejo, J. (no date) *Chemical Recycling: Status, Sustainability, and Environmental Impacts*. Global Alliance for Incinerator Alternatives.

Seo, Y.-H. and Shin, D.-H. (2002) 'Determination of paraffin and aromatic hydrocarbon type chemicals in liquid distillates produced from the pyrolysis process of waste plastics by isotope-dilution mass spectrometry', *Fuel*, 81(16), pp. 2103–2112. doi:10.1016/S0016-2361(02)00197-7.

Sherwood, J. (2020) 'Closed-loop recycling of polymers using solvents', *Johnson Matthey Technology Review*, pp. 4–15.

Thakur, S. *et al.* (2018) 'Recent developments in recycling of polystyrene based plastics', *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 13, pp. 32–38. doi:10.1016/j.cogsc.2018.03.011.

Tomášek, J. (2021) 'Provozní jednotka ověření kontinuální výroby olejů z plastů'.

Tuny odpadů firma „roztřídila“ za minutu, od inspekce dostala pokutu (2019) *iDNES.cz*. Available at: https://www.idnes.cz/usti/zpravy/tridirna-odpadu-zahranici-pokuta-ceska-inspekce-zivotniho-prostredi.A191011_103729_usti-zpravy_pakr (Accessed: 5 October 2021).

Arnika – program Toxické látky a odpady

bankovní účet: 194 326 0339 / 0800

IČ: 70 94 78 05

Česká spořitelna, Praha 1

DIČ: CZ 70 94 78 05

Weber, R., Takeshi, S. (2001) 'Formation characteristics of PCDD and PCDF during pyrolysis processes', *Chemosphere*, 45, pp. 1111–1117.

Williams, P.T. and Williams, E.A. (1999) 'Fluidised bed pyrolysis of low density polyethylene to produce petrochemical feedstock', *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 51(1), pp. 107–126. doi:10.1016/S0165-2370(99)00011-X.

Arnika – program Toxické látky a odpady

bankovní účet: 194 326 0339 / 0800

IČ: 70 94 78 05

Česká spořitelna, Praha 1

DIČ: CZ 70 94 78 05

Tištěno na recyklovaném, chlórem neběleném papíře.