



**PROGRAM  
CEZHRANIČNEJ  
SPOLUPRÁČE**  
SLOVENSKÁ REPUBLIKA  
ČESKÁ REPUBLIKA



**EURÓPSKA ÚNIA  
EURÓPSKY FOND  
REGIONÁLNEHO ROZVOJA**  
SPOLOČNE BEZ HRANÍČ

# **Studie energetického využití komunálního odpadu v Moravskoslezském kraji**

k projektu

Nakládání s odpady v Moravskoslezském a Žilinském kraji



Výzkumné energetické centrum

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

Ing. Jan Koloničný, Ph.D., Ing. David Kupka, Ph.D.,  
doc. Dr. Ing. Tadeáš Ochodek, Ing. Jiří Horák, Ph.D.

*Projekt je realizován v rámci OP Slovenská republika – Česká republika,  
který je spolufinancován z Evropského fondu pro regionální rozvoj*

2014

Autoři: Ing. Jan Koloničný, Ph.D.  
Ing. David Kupka, Ph.D.  
doc. Dr. Ing. Tadeáš Ochodek  
Ing. Jiří Horák, Ph.D.

Recenzenti: prof. Ing. Jozef Jandačka, PhD.  
prof. RNDr. Milan Malcho, Ph.D.

Ostrava 2014

*Publikace vznikla v regionálním výzkumném a vývojovém centru Inovace pro efektivitu a životní prostředí za finančního přispění EU.*

**ISBN 978-80-248-3547-1**

## Obsah

Seznam zkratek.....	5
1. Úvod.....	6
2. Legislativa .....	7
2.1. Evropská unie .....	7
2.2. Česká republika .....	9
2.2.1. Zákon o odpadech.....	12
2.2.1. Ostatní právní normy .....	15
2.3. Biologicky rozložitelný komunální odpad .....	16
3. Odpad jako druhotná surovina.....	19
3.1. Kovové odpady .....	20
3.2. Odpady z papíru.....	21
3.3. Plastové odpady.....	23
3.4. Odpady ze skla .....	26
3.5. Elektrotechnický a elektronický odpad.....	27
4. Energetické využití odpadů .....	31
4.1. Termické procesy.....	32
4.2. Spalovací zařízení pro energetické využití odpadů.....	33
4.2.1. Kotle s roštovým ohništěm .....	34
4.2.2. Rotační pece .....	35
4.2.3. Fluidní ohniště .....	36
4.2.4. Odpadní toky ve spalovně odpadů.....	37
4.2.5. Energetické toky ve spalovně odpadů.....	40
4.3. Pyrolýza .....	42
4.4. Technologie pro zplyňování tuhých odpadů .....	43
4.4.1. Reaktory s pevným ložem.....	45
4.4.2. Fluidní reaktory .....	46
4.4.3. Rotační pece .....	48
4.4.4. Plazmové technologie.....	49
4.5. Alternativní palivo z odpadů .....	49
5. Možnosti nakládání s komunálními odpady v MSK.....	53
5.1. Produkce komunálních odpadů v MSK.....	53
5.2. Energetický potenciál KO v MSK.....	56
5.3. Krajské integrované centrum.....	63
6. Příklady spaloven z praxe .....	67
6.1. RVL Lenzing.....	67
6.1. Reno Nord, Aalborg.....	68

6.1.	Allington, Kent .....	71
6.1.	SAKO Brno .....	72
7.	Návrh na optimalizaci .....	75
7.1.	Varianta A – pouze třídění .....	75
7.2.	Varianta B – mechanicko-biologická úprava .....	77
7.3.	Varianta C – zařízení na energetické využití odpadů .....	78
7.4.	Porovnání variant .....	85
8.	Zásadní údaje ze studie na území Žilinského kraje .....	87
9.	Závěr .....	90
10.	Citované zdroje .....	92

## Seznam zkratek

BAT	nejlepší dostupné techniky (best available techniques)
BREF	referenční dokument o nejlepších dostupných technikách
BRKO	biologicky rozložitelný komunální odpad
BRO	biologicky rozložitelný odpad
CFB	cirkulující fluidní vrstva (circulating fluidized bed)
CZT	centrální zásobování teplem
ČOV	čistírna odpadních vod
ČSÚ	Český statistický úřad
EDE	Elektrárna Dětmorovice
EE	elektrická energie
EIA	posuzování vlivů na životní prostředí (environmental impact assessment)
ETB	Elektrárna Třebovice
HDP	hrubý domácí produkt
IO	inertní odpad
ISOH	Informační systém odpadového hospodářství
KIC	Krajské integrované centrum nakládání s odpady
KO	komunální odpad
MBÚ	mechanicko-biologická úprava
MPO	Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR
MSK	Moravskoslezský kraj
MŽP	Ministerstvo životního prostředí ČR
NO	nebezpečný odpad
OO	objemný odpad nebo ostatní odpad
PCB	polychlorované bifenyly
PCDD	polychlorované dibenzo-p-dioxiny
PCDF	polychlorované dibenzofurany
PES	úspora primární energie (primary energy savings)
POH	plán odpadového hospodářství
R1	energetická účinnost definovaná směrnicí o odpadech 2008/98/ES
SCZT	soustava centrálního zásobování teplem
SKO	směsný komunální odpad
TAP	tuhé alternativní palivo
TČA	Teplárna čs. armády
TE	tepelná energie
TKV	Teplárna Karviná
TV	Teplárna Vítkovice
TZL	tuhé znečišťující látky
ZEVO	zařízení na energetické využívání odpadů

## 1. Úvod

Postoj veřejnosti ve vztahu k nakládání s odpady prodělal v posledních desetiletích zejména v západní Evropě zásadní vývoj. Odpad již není chápán pouze jako věc, které je potřeba se zbavit, ale jako lokální zdroj užitečné energie a nezanedbatelný zdroj druhotných surovin. Význam energetického využití odpadů nabývá dále na důležitosti, zohlední-li se spotřeba primárních surovin a dovozová závislost. Prognóza MPO předpovídá, že již v roce 2025 bude třeba ročně zajistit výrobu cca 12 500 TJ tepla v náhradních energetických zdrojích v důsledku poklesu dostupnosti tuzemského uhlí a životnosti stávajících teplárenských provozů [1], což z odpadů do budoucna činí zajímavou alternativu.

Cílem předkládané studie je zhodnotit situaci v Moravskoslezském kraji z pohledu potenciálů pro energetické využití odpadů. Jako nejproblematictější se v současnosti jeví nakládání s nevytříděným (směsným) komunálním odpadem, který je prakticky všechen odstraňován skládkováním. Tento stav není dlouhodobě udržitelný jak ve vztahu k závazkům EU, tak ztrátám energeticky významné komodity. Na příkladu navrhovaného zařízení na energetické využívání odpadů (ZEVO) s roční zpracovatelskou kapacitou ve výši 250 000 t je demonstrován přínos pro kraj v podobě redukce odpadu ukládaného na skládky a výroby elektrické a tepelné energie dodávané do distribučních sítí.

Mezi stěžejní témata studie patří legislativní rámec nakládání s odpady v České republice a povinnosti vyplývající z právních předpisů EU, které jsou závazné pro všechny členské státy. Významnou součástí publikace tvoří druhotné suroviny, jakožto výstupy materiálového využití odpadů. Jejich množství bude nadále nepochybně vzrůstat, což je jeden z aspektů ovlivňující budoucí dostupnost komunálních odpadů pro energetické využití. Technologiím na termické zpracování komunálních odpadů je věnována samostatná kapitola zaměřená primárně na tradiční roštové spalování, které je v Evropě převažující a léty prověřenou metodou. Zmíněny jsou také alternativní postupy založené na zplyňování a plazmové dezintegraci odpadů včetně zkušeností s jejich provozem.

Analýza současné produkce jednotlivých složek komunálních odpadů spolu se zhodnocením množností pro odklonění skládkovaných odpadů do ZEVO jsou základním podkladovým materiálem pro zpracování návrhové varianty, která kapacitně převyšuje projekt výstavby Krajského integrovaného centra nakládání s odpady (KIC). Kromě něj nabízí studie seznámení také s vybranými zahraničními instalacemi, jenž je možné považovat za příklady dobré praxe.

V závěru publikace jsou prezentovány úvahy nad možnými scénáři vývoje nakládání s komunálními odpady v Moravskoslezském kraji s důsledky pro plnění cílů Plánu odpadového hospodářství.

Tato publikace navazuje na předchozí práci s názvem Studie odpadového hospodářství Moravskoslezského kraje, ve které byly analyzovány jednotlivé odpadní toky a nakládání s nimi v rámci kraje s důrazem na posouzení volné kapacity skládek a jejich životnosti.

## 2. Legislativa

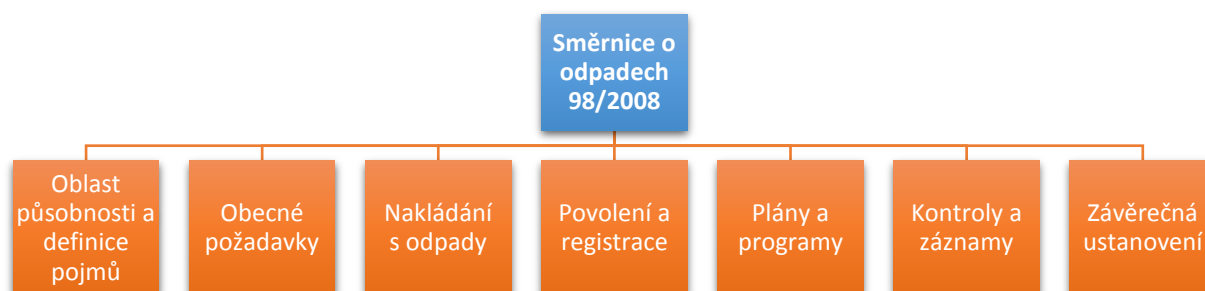
### 2.1. Evropská unie

Základní koncept odpadového hospodářství byl na úrovni Evropského společenství definován již v roce 1975. Členské státy přijetím směrnice 75/442/EHS převzaly odpovědnost za vybudování sítě zařízení na zpracování odpadů s využitím nejlepších dostupných technologií. Současně se zavázaly přijmout vhodná opatření pro předcházení a omezování tvorby odpadů zejména prostřednictvím technického pokroku a vývojem metod zneškodňování nebezpečných látek obsažených v odpadech. Dále přislíbily podpořit veškeré procesy umožňující získání druhotných surovin, případně využití odpadů jako zdroje energie takovým způsobem, aby nedošlo k ohrožení lidského zdraví a poškození životního prostředí.

Potřeba jednotné terminologie a snaha o zvýšení účinnosti nakládání s odpady vycházející ze získaných zkušeností vedla Společenství v roce 1991 k přijetí nové směrnice 91/156/EHS. Oproti původní normě došlo ke změně definice pojmu odpad a přílohou I byl stanoven seznam kategorií odpadů spadajících do působnosti směrnice. Dalšími dvěma přílohami pak byly vyjmenovány metody odstraňování odpadů používané v praxi a možné způsoby využívání odpadů.

Postoj EU k problematice odpadů byl jasně prezentován v roce 2005 přijetím Tematické strategie pro předcházení vzniku odpadů a jejich recyklaci, kdy tímto dokumentem byly vytyčeny dlouhodobé cíle pro vytvoření občanské společnosti využívající odpady jako surovinu. Rovněž byly navrženy kroky pro modernizaci stávajícího legislativního rámce a posílení významu prevence, opětného využití a recyklace odpadů. Odstraňování odpadů je od této doby považováno jako poslední instance.

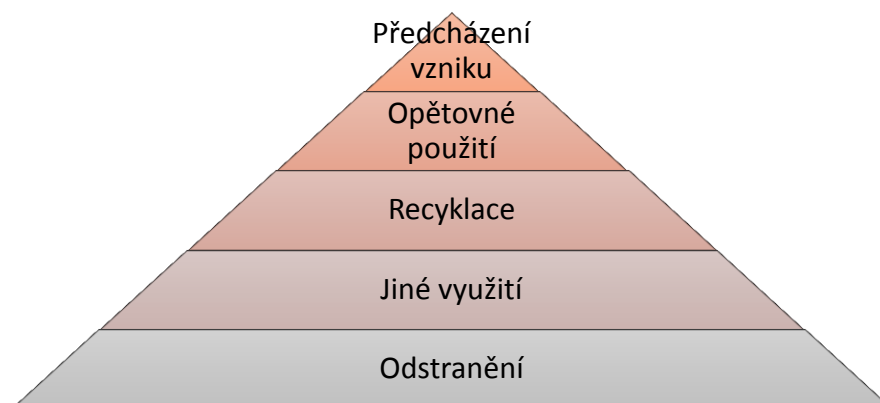
Ve stejném roce Komise v rámci implementace zmiňované strategie doporučila provést revizi stávající právní úpravy. Prvotním účelem bylo sloučení několika norem věnujících se různým aspektům odpadového hospodářství, a tím umožnit zjednodušení výkladu pro efektivnější regulaci. Revidovaná norma byla schválena Evropským parlamentem na konci roku 2008 jako tzv. **rámcová směrnice o odpadech č. 98/2008**. Tato směrnice nahradila kodifikované znění směrnice 75/442/EHS, dále směrnici 75/439/EHS o zneškodňování odpadních olejů a směrnici 91/689/EHS o nebezpečných odpadech.



**Obr. 1 Hlavní oblasti odpadového hospodářství obsažené ve směrnici o odpadech**

Dokument sestává z celkem 43 článků a 5 příloh, které definují způsoby odstraňování odpadů (Příloha I), využití odpadů (Příloha II), vlastnosti odpadů, jež je činí nebezpečnými (Příloha III) a příklady k předcházení vzniku odpadů (Příloha IV). Srovnávací tabulka mezi novou a dříve platnými směrnicemi tvoří poslední přílohu (Příloha V).

Z obsahového hlediska k nejvýznamnějším bodům směrnice patří hierarchie způsobů nakládání s odpady, která určuje pořadí priorit politiky EU ve vztahu k předcházení vzniku odpadů a nakládání s nimi. Členské státy mají povinnost přijmout opatření, která podpoří uplatňování této hierarchie. V praxi to znamená, že vzniklé odpady mají být přednostně využity materiálově nebo energeticky, a pokud to není možné, pak mohou být odstraněny.

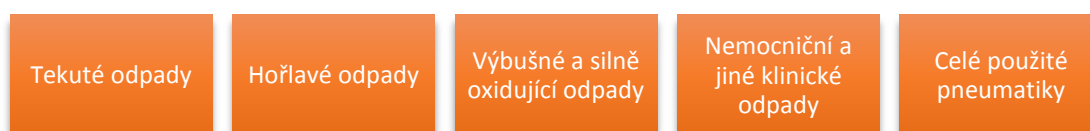


**Obr. 2 Hierarchie nakládání s odpady**

Účelem směrnice je mimo jiné zvýšení právní jistoty v oblasti nakládání s odpady. Toto je patrné ze snahy učinit definici pojmu odpad snadněji pochopitelnou a použitelnou tím, že jsou stanoveny podmínky, kdy látku nebo předmět vzniklé při výrobním procesu nelze považovat za odpad, ale vedlejší produkt. Stejně tak jsou uvedena kritéria, která musí být splněna pro to, aby odpad přestal být odpadem. Takovým typickým příkladem je recyklace.

Problematika energetického využití odpadů a termická likvidace obecně je detailněji zpracována ve **směrnici 2000/76/ES o spalování odpadů**, jejímž hlavním cílem je minimalizovat emise znečišťujících látek do ovzduší, vod a půdy. Směrnice upravuje podmínky provozu, monitoringu a kontroly spalovacích zařízení, kterými se rozumí stacionární nebo mobilní technické jednotky určené k tepelnému zpracování odpadů. Kromě spalování odpadů se vztahuje i na jiné termické procesy (pyrolýza, zplyňování, plazmová destrukce), při nichž jsou vzniklé látky následně spáleny. Podrobnější výklad této normy je uveden v kapitole 4 *Energetické využití odpadů*.

Odstraňování odpadů skládkováním se zabývá **směrnice 1999/31/ES o skládkování odpadu**, jejímž účelem je přispět k omezení negativních dopadů skládkování na životní prostředí. Směrnice rozděluje skládky do tří kategorií (pro nebezpečný, neklasifikovaný jako nebezpečný a inertní odpad) podle přijímaného odpadu a vymezuje ty odpady, které nelze na skládky ukládat. Podrobně stanovuje rozsah informací nezbytných k udělení povolení provozu a udává podmínky pro zajištění péče o skládku.



**Obr. 3 Odpady, jejichž ukládání na skládky je zakázáno**



Odpady, které je možno skládkovat musí projít standardní vstupní procedurou, která zajistí, že:

- odpady nebyly na skládky ukládány bez předchozí úpravy,
- na skládky nebezpečných odpadů byly odesílány jen nebezpečné odpady,
- skládky odpadů neklasifikovaných jako nebezpečné mohly být využívány pro komunální, stabilní a nereaktivní odpady,
- skládky inertních odpadů byly používány pouze pro inertní odpady,

Cena požadovaná provozovatelem skládky za uložení odpadu by měla kromě nákladů na investice do zařízení a provoz zahrnovat také předpokládané náklady na uzavření skládky a následnou péči v délce 30 let. Postup uzavírání skládky je zahájen až po splnění příslušných podmínek uvedených v povolení a poté, co odpovědný orgán na místě provede konečnou inspekci.

## 2.2. Česká republika

Do roku 1991 na území České republiky neexistovala žádná komplexní právní úprava v oblasti odpadů. Regulace byla prováděna především místními vyhláškami a obecnými právními předpisy, mezi které patřily:

- Vládní nařízení č. 29/1940 Sb., o hospodaření odpadky (předměty a odpadové hmoty z domácností a podniků)
- Vládní nařízení č. 88/1949 Sb., o sběru a odbytu sběrných surovin
- Vyhláška č. 113/1950 Sb., o povinném zálohování a soupisu lahví
- Zákon č. 69/1967 Sb., o národních výborech (čistění města, odvoz pevných domovních odpadů, sběr druhotných surovin, správu a údržbu veřejné zeleně apod.)
- Vyhláška ministerstva zdravotnictví č. 45/1966 Sb., o vytváření a ochraně zdravých životních podmínek (podmínky pro místa a zařízení pro shromažďování tekutých a pevných odpadů a způsob jejich využívání a odstraňování tak, aby nebyla nadměrně zatížena půda z hlediska biologického, chemického nebo fyzikálního)

První ucelenou právní normou na úseku odpadového hospodářství byl zákon č. 238/1991 Sb., o odpadech, který s navazujícími prováděcími předpisy fakticky nastolil právní režim odpadového hospodářství v ČR. Tento zákon byl vzhledem k mnoha nedostatkům později nahrazen zákonem č. 125/1997 Sb., jenž stanovil hierarchii nakládání s odpady a zavedl poplatky za ukládání odpadů na skládky. Problematika obalů byla v zákoně řešena pouhými dvěma paragrafy, což bylo jednou z příčin pro zahájení prací na přípravě nového zákona o odpadech. Hlavním důvodem však byl nesoulad mezi českým a evropským právem, který musel být odstraněn před vstupem ČR do EU. V rámci harmonizace předpisů bylo nutné doplnit některé definice, upřesnit hierarchii nakládání s odpady, znovu zavést institut plánování nakládání s odpady pro orgány státní správy i původce odpadů a doplnit řešení specifických oblastí nakládání s odpady (např. zneškodňování odpadních olejů, baterií a akumulátorů, odpadů s PCB a PCT, skládkování odpadů, kaly z ČOV a další). Doslovně musela být přijata nařízení EU upravující dovoz, vývoz a tranzit odpadů.

Důležitým požadavkem také bylo připravit samostatný zákon řešící problematiku nakládání s obaly a obalovými materiály případně i s vybranými výrobky určenými ke zpětnému odběru. Zásadním důvodem pro vydání nového zákona byl i tlak na zlepšení efektivity ekonomických nástrojů při nakládání s komunálními odpady a hodnocení spalování odpadů pro jejich využití či zneškodnění.

Snaha o dosažení kompatibility se všemi relevantními právními předpisy EU pak vedla k přijetí **zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech**, který implementoval tehdejší evropskou legislativu. Tento zákon byl zejména v souvislosti s přijetím rámcové směrnice o odpadech č. 98/2008 několikrát novelizován, přičemž došlo k úpravě zejména těchto základních bodů:

- upřesnění definic vedlejší produkt, biologický odpad, předcházení vzniku odpadů a dalších
- uvedení pravidel užívání hierarchie (zásada udržitelnosti a blízkosti, ohled na sociální a ekologické dopady)
- definování pojmů odpad z domácností a komunální odpad z důvodu srovnatelnosti statistik s ostatními státy EU a vyhodnocení cílů ve vztahu k recyklaci
- stanovení kritérií pro zákaz či povolení dovozu odpadů k energetickému využití
- nastavení podmínek pro přijetí programů předcházení vzniku odpadů (opětovné použití výrobků, hospodaření s druhotnými surovinami)

Transpozice rámcové směrnice o odpadech byla do zákona o odpadech završena novelou zákonem č. 154/2010 Sb. Povinnosti vyplývající z tzv. výrobních směrnic jsou do českého práva průběžně začleňovány prováděcími předpisy, případně nařízeními vlády. Specifickou pozici zaujímá směrnice 94/62/ES o obalech a obalových odpadech, jejíž transpozice byla provedena zvláštním **zákonem č. 447/2001 Sb., o obalech**. Tento zákon stanovuje opatření na podporu opakovaného používání obalů a jiné formy jejich využití.

V současnosti platný zákon o odpadech tak novelou zákonem završil transpozici požadavků vyplývajících z relevantních právních předpisů Evropského společenství.

#### **Základní legislativa ČR v oblasti odpadového hospodářství:**

Zákony:

- Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů
- Zákon č. 477/2001 Sb., o obalech a o změně některých zákonů

Vyhlášky:

- 116/2002 Sb., Vyhláška Ministerstva průmyslu a obchodu o způsobu označování vratných zálohovaných obalů
- Vyhláška č. 170/2010 Sb., o bateriích a akumulátorech a o změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady, ve znění pozdějších předpisů“
- Vyhláška 178/2013 Sb., kterou se mění vyhláška č. 352/2005 Sb., o podrobnostech nakládání s elektrozařízeními a elektroodpady a o bližších podmínkách financování nakládání s nimi

- 237/2002 Sb., Vyhláška Ministerstva životního prostředí o podrobnostech způsobu provedení zpětného odběru některých výrobků
- Vyhláška 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady
- Vyhláška č. 341/2008 Sb., o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady a o změně vyhlášky č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady
- Vyhláška 352/2008 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady z autovraků, vybraných autovraků, o způsobu vedení jejich evidence a evidence odpadů vznikajících v zařízeních ke sběru a zpracování autovraků a o informačním systému sledování toků vybraných autovraků
- Vyhláška č. 352/2005 Sb., o podrobnostech nakládání s elektrozařízeními a elektroodpady a o bližších podmínkách financování nakládání s nimi
- Vyhláška č. 374/2008 Sb., o přepravě odpadů a o změně vyhlášky č. 381/2001 Sb., kterou se stanoví Katalog odpadů, Seznam nebezpečných odpadů a seznamy odpadů a států pro účely vývozu, dovozu a tranzitu odpadů a postup při udělování souhlasu k vývozu, dovozu a tranzitu odpadů (Katalog odpadů), ve znění pozdějších předpisů
- 376/2001 Sb., Vyhláška Ministerstva životního prostředí a Ministerstva zdravotnictví o hodnocení nebezpečných vlastností odpadů
- 381/2001 Sb., Vyhláška Ministerstva životního prostředí, kterou se stanoví Katalog odpadů, Seznam nebezpečných odpadů a seznamy odpadů a států pro účely vývozu, dovozu a tranzitu odpadů a postup při udělování souhlasu k vývozu, dovozu a tranzitu odpadů
- 382/2001 Sb., Vyhláška Ministerstva životního prostředí o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě
- Vyhláška č. 383/2001 Sb., Vyhláška Ministerstva životního prostředí o podrobnostech nakládání s odpady
- 384/2001 Sb., Vyhláška Ministerstva životního prostředí o nakládání s polychlorovanými bifenyly, polychlorovanými terfenyly, monometyltetrachlorordifenylmetanem, monometyldichlordifenylmetanem, monometyldibromdifenylmetanem a veškerými směsmi obsahujícími kteroukoliv z těchto látek v koncentraci větší než 60 mg/kg
- 641/2004 Sb., Vyhláška MŽP o rozsahu a způsobu vedení evidence obalů a ohlašování údajů z této evidence

#### Nařízení:

- 111/2002 Sb., Nařízení vlády, kterým se stanoví výše zálohy pro vybrané druhy vratných zálohovaných obalů
- 197/2003 Sb., Nařízení vlády o Plánu odpadového hospodářství České republiky
- 354/2002 Sb. Nařízení vlády, kterým se stanoví emisní limity a další podmínky pro spalování odpadů

### 2.2.1. Zákon o odpadech

Prvořadým cílem zákona je vytvoření motivačních faktorů k dodržování hierarchie nakládání s odpady. V této souvislosti jde zejména o snahu snížit množství skládkovaných odpadů a naopak podpořit jejich materiálové využití. Za tímto účelem jsou zákonem nastaveny ekonomické nástroje v podobě poplatků za vybrané způsoby odstraňování odpadů. Jejich smyslem je vyrovnání nákladů na skládkování s vhodnějšími způsoby nakládání s odpady. Poplatek má dvě složky, přičemž základní složka je příjmem obce, riziková složka, účtována za uložení nebezpečného odpadu, je připisována na účet Státního fondu životního prostředí. Obec poplatek neplatí, pokud je její odpad uložen na skládku nacházející se na vlastním katastrálním území.

Dalším motivačním faktorem, jehož záměrem je zvýšit materiálové využívání odpadů (tj. recyklace), je možnost obcí stanovit a vybírat poplatek za komunální odpad vznikající na jejím území. Současná převládající praxe je taková, že obce stanovují jednotnou sazbu pro všechny obyvatele, která sestává z paušální složky za obyvatele a variabilní složky stanovované každoročně na základě skutečných nákladů obce na sběr a svoz netříděného komunálního odpadu. Toto řešení není adresné a nemotivuje jednotlivce k vyšší míře třídění, protože z takové činnosti pro ně neplynou benefity, nicméně obec má možnost rozpočítat variabilní složku podle množství odpadu vyprodukovaného poplatníkem. Výhodou tohoto řešení je adaptace na konkrétní podmínky obcí, kdy si obec poplatek stanoví na základě nákladů vynaložených na odstraňování směsného komunálního odpadu a občan v odůvodněných případech zaplatí počet svozů odpovídající množství jím produkovaného odpadu.

Preventivní kroky v podobě snižování produkce odpadů jsou v zákoně ošetřeny prostřednictvím **programu předcházení vzniku odpadů**, který musí být obsažen v závazné části **plánu odpadového hospodářství**. Navrhovaná opatření se týkají jak předcházení vzniku odpadů, tak omezování jeho množství a nebezpečných vlastností. Mezi tato opatření patří například podpora bezodpadových technologií, nahrazování nebezpečných materiálů méně nebezpečnými, podpora vratných opakovaně použitelných obalů či upřednostňování výrobků příznivých z hlediska jejich vlivu na zdraví lidí a životní prostředí. Národní programy předcházení vzniku odpadů musejí být dle požadavků rámcové směrnice o odpadech č. 98/2008 vytvořeny do 12. prosince 2013, což je důvod, proč je národní program předcházení vzniku odpadů samostatným dokumentem, a bude obsažen v Plánu odpadového hospodářství ČR až nabytím jeho účinnosti v roce 2015.

V Programu předcházení vzniku odpadů ČR jsou analyzovány následující odpadové toky:

- komunální odpad
- biologicky rozložitelný odpad
- odpad z potravin
- stavební odpady a materiály
- textilní odpad
- odpad a výrobky na konci životnosti (obaly, baterie, autovraky, elektrozařízení)

V souladu se zaměřením této studie bude pozornost dále věnována především komunálnímu odpadu. Výklad tohoto pojmu není zcela jednoznačný, což je způsobeno

definicí v zákoně o odpadech a odkazem na **Katalog odpadů**, jenž uvádí skupinu 20 podstatně šířeji.

#### **Definice KO dle zákona o odpadech:**

Veškerý odpad vznikající na území obce při činnosti fyzických osob a který je uveden jako komunální odpad v Katalogu odpadů, s výjimkou odpadů vznikajících u právnických osob nebo fyzických osob oprávněných k podnikání.

#### **Vymezení skupiny 20 v Katalogu odpadů:**

Komunální odpady (odpady z domácností a podobné živnostenské, průmyslové odpady a odpady z úřadů) včetně složek z odděleného sběru.

Výše uvedený nesoulad je v praxi příčinou nesrovnalostí v evidenci odpadů, která se promítá do statistického hodnocení nakládání s komunálními odpady. Ve skutečnosti jsou odpady vyprodukované podnikajícími fyzickými i právnickými osobami běžnou součástí KO, což je ve zřejmém rozporu s definicí dle zákona o odpadech.

Prvotní snahou by mělo být zásadní odklonění toku komunálního odpadu od stále převažujícího skládkování jako nejméně vhodného způsobu nakládání s tímto odpadem. Upřednostňováno je materiálové využití, jehož podíl se pohybuje na úrovni cca 51 %.

Komunální odpad je tvořen vytříděnými využitelnými složkami a zbytkovým odpadem označovaným jako směsný komunální odpad. Jeho složení se liší v závislosti na typu zástavby v daném místě sběru. Průměrný hmotnostní podíl látkových skupin v SKO stanovený na základě výzkumného projektu SP/2f1/132/08 „Výzkum vlastností komunálních odpadů a optimalizace jejich využívání“ realizovaný Univerzitou Karlovou uvádí Tab. 1.

**Tab. 1 Skladba SKO dle zástavby [2]**

Látková skupina	Hmotnostní procentní podíl v SKO		
	Sídlíštní zástavba	Smíšená zástavba	Venkovská zástavba
Papír/lepenka	16,26	18,65	6,42
Plasty	14,20	14,68	8,09
Sklo	6,85	6,99	3,13
Kovy	2,30	2,44	2,65
Bioodpad	20,97	24,80	12,61
Textil	6,34	4,57	2,46
Minerální odpad	2,81	0,82	7,24
Nebezpečný odpad	0,96	0,36	0,16
Spalitelný odpad	14,17	14,20	9,99
Elektrozařízení	0,73	0,53	0,36
Zbytek 20-40 mm	6,65	5,37	5,08
Zbytek 8-20 mm	3,89	3,69	8,27
Frakce < 8 mm	3,88	2,90	33,53
<b>Celkem</b>	100	100	100

Ve zmiňované tabulce jsou patrné rozdíly zejména u papíru, plastů a potravinového odpadu, které převládají v sídlíštní zástavbě. Pro venkovskou zástavbu je naopak typický vysoký podíl nejjemnější frakce pocházející z popela.

Komunální odpad sestává z celé řady různorodých materiálů, které je možné z jeho toku odklonit a využívat materiálově (včetně výroby kompostu) či energeticky. Stále převažující

skládkování je považováno za nejméně vhodný způsob nakládání, a proto existuje snaha co nejvíce jej omezovat. Regulace skládkování je řešena prostřednictvím zpřísnující se zákonné úpravy. Další výrazný vliv na snižování skládkované množství KO má vytváření příznivých podmínek pro efektivní třídění, a tím zisk druhotných surovin.

Základní vizí politiky druhotných surovin je přeměna odpadů na zdroje, což reflektuje snahu EU o nakládání s odpadem jako se surovinou v horizontu roku 2020. Pojem druhotná surovina je ustálené spojení používané jak ve strategických dokumentech, tak právních předpisech, nicméně jeho definice není zatím stanovena na národní ani evropské úrovni. Potřeba definice pojmu je spojena zejména s nejasností při statistickém vykazování dat. Toto je zatím řešeno vyhláškami Českého statistického úřadu, kde mezi druhotné suroviny jsou zařazovány tyto materiály:

- vedlejší produkty
- upravené odpady, které přestaly být odpadem
- materiály získané z výrobků podléhajících zpětnému odběru
- nespotřebované vstupní suroviny a materiály předávané k novému využití

Druhotné suroviny se podílejí na snížení energetické a materiálové náročnosti všech výrobních odvětví a také přispívají k omezování těžby primárních surovin. K posílení postavení druhotné suroviny má přispět připravovaná novela zákona o odpadech, jež má zavést s účinností od roku 2015 povinnost odděleného sběru v obcích. Přestože sběr papíru, skla a plastů je dnes v praxi již zcela běžný, je snahou tento systém rozšířit o kovy a biologicky rozložitelný odpad a tuto povinnost obcí vůči občanům uzákonit.

Přijímané opatření souvisí se dvěma závazky ve vztahu k EU, které vyplývají ze směrnice o odpadech. Jedná se o:

- snížení skládkovaného množství biologicky rozložitelného komunálního odpadu (BRKO)
- dosažení 50% recyklace komunálních odpadů

Otázce BRKO je vzhledem k významu problematiky věnována samostatná kapitola. K plnění cíle druhého závazku se ČR blíží při stávající metodice výpočtu. EU však avizovala zpřísnění hodnocení, což by znamenalo 20% deficit, na který se zákonodárci mimo povinnosti odděleného sběru snaží reagovat i zvýšením poplatku za skládkování směsného, tedy nevytříděného, komunálního odpadu. Poslanecký návrh přichází se změnou poplatku ze stávajících 500 Kč na 600 Kč od roku 2015 a až 1000 Kč v roce 2020. Od roku 2023 pak novela počítá s úplným zákazem skládkování recyklovatelných a opětovně využitelných odpadů.

V souvislosti s mezinárodní přepravou odpadů se Česká republika zavázala odstranit překážky volného pohybu těchto odpadů, které jsou určeny k opětovnému využití jako druhotná surovina a nevykazují nebezpečné vlastnosti. Naopak v případě odpadů, jež mají být odstraněny, je snaha bránit přeshraničnímu pohybu s výjimkou druhů odpadů, pro které v České republice neexistuje dostatečná kapacita s účinným a ekologicky příznivým způsobem likvidace. Dovážet lze jen ty odpady, které mohou být v ČR využity ve schválených zařízeních.

### 2.2.1. Ostatní právní normy

Neupravené odpady, kromě inertních a těch, pro které je úprava technicky neproveditelná, nebo nemá význam pro snížení objemu nebo odstranění nebezpečných vlastností, je v ČR zakázáno skládkovat. Skládkování je upraveno **vyhláškou č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu** a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady. Vyhláška definuje technické požadavky na skládky a podmínky jejich provozování, způsob prokazování přijatelnosti odpadu, podmínky skládkování specifických materiálů (azbest, rtuť, technologického materiálu) a obsah plánu úprav skládky.

Skládky splňují technické požadavky, odpovídají-li příslušným technickým normám (navrhování a výstavba, těsnění, nakládání s průsakovými vodami, odplynění, rekultivace, monitorování). Na základě úrovně technického zabezpečení se pak dělí na skupiny.



Obr. 4 Členění skládek podle druhu ukládaného odpadu

Skládky na ostatní odpad se řadí do podskupin v závislosti na obsahu organických biologicky rozložitelných látek v ukládaných odpadech. S-001 jsou určeny pro odpady s nízkým podílem, zatímco S-003 slouží pro ukládání odpadu s podstatným obsahem biologicky rozložitelných látek. Vyhláška umožňuje, aby na jedné skládce byly uloženy různé kategorie odpadů, pokud je rozdělena na sektory a jejich technické provedení zabrání smíchání odpadů po celou dobu jejich uložení. Rovněž je přijatelné uložit na skládky S-00 nebezpečný odpad, byl-li stabilizován tak, že je zamezena jeho reakce s jinými odpady, případně je-li umístěn v uzavřených kontejnerech.

Pro přijetí odpadu na skládku je nezbytné, aby vlastník odpadu předložil provozovateli skládky základní popis odpadu obsahující informace o kvalitě odpadu. Jedná se zejména o katalogové číslo a název druhu odpadu, výčet nebezpečných vlastností, popis vzniku, protokol o výsledcích zkoušek (vyluhovatelnost) a předpokládané množství. Základní popis odpadu se musí aktualizovat, nastane-li změna surovin a technologie procesu, ve kterém odpad vznikl a při změnách, které ovlivní kvalitativní ukazatele odpadu.

Popílký ze spaloven nebezpečných odpadů smějí být ukládány pouze po úpravě stabilizací v odděleném sektoru skládky odpadů. Další způsoby úpravy odpadů před uložením na skládku jsou:

- Biologická úprava (D8) – k úpravě se využívají mikrobiální kultury.
- Fyzikálně-chemická úprava (D9) – jedná se zejména o sušení, neutralizaci pH, solidifikaci, vitrifikaci a jiné podobné metody.
- Úprava složení odpadů (D13) – zahrnuje oddělení jednotlivých složek odpadu, prováděné především za účelem jejich využití, s nimiž je zpravidla dále nakládáno

rozdílným způsobem, přičemž nejméně jedna vyříděná složka je odstraňována uložením na skládku.

- Jiné způsoby úpravy odpadů (D14) – představují například balení odpadů včetně jejich umístění do speciálních kontejnerů.

Množství technologického materiálu pro technické zabezpečení skládky může být nejvýše 25 % objemu uložených odpadů. Odpady mohou být využity při uzavírání skládky k vytváření ochranné vrstvy kryjící těsnící vrstvu skládky a svrchní rekultivační vrstvy skládky, jestliže projdou zkouškami akutní toxicity nebo obsah škodlivin v sušině nepřekračuje hodnoty uvedené v Tab. 2.

**Tab. 2 Povolený obsah škodlivin v odpadech určených na rekultivaci skládky [3]**

Škodlivina	Limitní hodnota	Škodlivina	Limitní hodnota
As	10	V	180
Cd	1	BTEX	0,4
Cr celk.	200	PAU	6
Hg	0,8	EOX	1
Ni	80	Uhlovodíky C <sub>10</sub> - C <sub>40</sub>	300
Pb	100	PCB	0,2

*Poznámka: BTEX - nehalogenované monocyklické aromatické uhlovodíky, PAU - polycyklické aromatické uhlovodíky, EOX - chlorované alifatické uhlovodíky, PCB - ostatní aromatické halogenované uhlovodíky*

Významnou legislativní normou, která výrazně zasahuje do záměru energetického využívání odpadů je **zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší**, který definuje požadavky na ekologizaci stávajících energetických zdrojů. Projekt případné přestavby teplárenských provozů musí být zpracován nejpozději do roku 2016. Realizace pak musí být dokončena před rokem 2023.

Základní strategické a koncepční dokumenty České republiky, vztahujících se k prevenci odpadů jsou:

- Plán odpadového hospodářství ČR
- Státní politika životního prostředí ČR 2012 – 2020
- Strategický rámec udržitelného rozvoje ČR
- Surovinová politika ČR a Politika druhotných surovin ČR

### 2.3. Biologicky rozložitelný komunální odpad

Této složce komunálního odpadu je věnována samostatná kapitola, jelikož legislativní požadavky ve vztahu k přípustnému množství skládkovaného BRO budou ovlivňovat budoucí vývoj nakládání s komunálními odpady.

Jakýkoliv aerobně nebo anaerobně rozložitelný odpad spadající do skupiny 20 a 15 01 Katalogu odpadů je považován za biologicky rozložitelný komunální odpad (BRKO). Jedná se tedy o papír, lepenku, textilní materiály, dřevo, část směsného komunálního odpadu, biologicky rozložitelný odpad z kuchyní, stravoven, zahrad a parků, část objemného odpadu a biologicky rozložitelné obaly. Nejvíce biologicky rozložitelné složky je zastoupeno v SKO a



objemném odpadu, významný je i odděleně sebraný BRO a papír. Ostatní složky jsou prakticky zanedbatelné.

### Závazek vůči EU:

Český zákon o odpadech v reakci na evropskou směrnici o odpadech požaduje snížení množství biologicky rozložitelných složek komunálních odpadů ukládaných na skládky ve srovnání s referenčním rokem 1995 alespoň na:

- 75 % do roku 2010
- 50 % do roku 2013
- 35 % do roku 2020

V MSK bylo v roce 2010 na skládkách uloženo cca 180 000 t BRKO, což při 178 000 t uložených v roce 1995 představuje 101% podíl. Rovněž na národní úrovni nebylo dle POH ČR dosaženo vytyčeného cíle, jelikož na každého obyvatel mělo v roce 2010 připadat nejvýše 112 kg skládkovaného BRKO, přičemž reálně bylo na skládky uloženo 131 kg/os., což není požadovaných 75 %, ale 90 %.

Situace je však komplikovaná v tom smyslu, že po zavedení podpory separovaného sběru BRKO jsou nyní do produkce započítávány odpady, které v referenčním roce zohledňovány nebyly. Produkce z roku 1995 proto nezahrnuje „zelené odpady“, které většina států EU eviduje jako komunální a které mají podstatný vliv na jeho materiálové využití. Dříve také nebyla zahrnuta neohlášená produkce původců, která je v současnosti již dopočítávána. V neposlední řadě bylo v původní bilanci podhodnoceno množství biologických odpadů z parků a zahrad. MŽP proto přistoupilo k revizi výpočtu a sjednotilo metodiku tak, aby dnešní katalogová čísla komunálních odpadů obsahujících biologicky rozložitelný materiál korespondovala s tehdejšími katalogovými čísly.

**Tab. 3 Rozdíl v rozsahu evidence BRKO**

Evidence z roku 1995		Evidence z roku 2010	
Katalogové číslo	Odpad	Katalogové číslo	Odpad
91 101	Domovní odpad z domácností	15 01 01	Papírové a lepenkové obaly
91 102	Ostatní odpad z obcí podobný domácímu	20 01 01	Papír a lepenka
91 103	Odděleně vyříděný domovní odpad s obsahem škodlivin	20 01 08	Biologicky rozložitelný odpad z kuchyní a stravoven
91 301	Objemný odpad z domácností	20 01 10	Oděvy
91 302	Objemný odpad z obcí	20 01 11	Textilní materiály
91 501	Uliční smetky	20 01 38	Dřevo neuvedené pod číslem 200137
91 701	Odpad ze zeleně	20 02 01	Biologicky rozložitelný odpad ze zahrad a parků
18 707	Sběrový papír	20 03 01	SKO
		20 03 02	Odpad z tržišť
		20 03 03	Uliční smetky
		20 03 07	Objemný odpad

Postup výpočtu byl následně předložen Evropské komisi, která jej akceptovala. Množství BRKO uložené na skládky se stanovuje z databáze ISOH s pomocí koeficientů podílu biologicky rozložitelných odpadů. Na základě těchto dat došlo MŽP k závěru, že v roce 2010 bylo na území ČR skládkováno 999 047 t BRKO, čemuž odpovídá 95 kg na obyvatele. To je 64,2 % ve srovnání s rokem 1995 a tímto ČR splnila cíl směrnice 1999/31/ES o skládkách o cca 149 000 t.

**Tab. 4 Podíl BRO v jednotlivých skupinách odpadů**

Katalogové číslo odpadu	Název druhu odpadu	Koeficienty BRO v KO ukládané na skládky	
		2000 (2001)	2010
20 01 01	Papír a lepenka	1	1
20 01 08	BRO z kuchyní a stravoven	1	1
20 01 10	Oděvy	0,75	0,60
20 01 11	Textilní materiály	0,75	0,50
20 01 38	Dřevo neuvedené pod číslem 20 01 37	1	1
20 02 01	BRO	1	1
20 03 01	SKO	0,48	0,54
20 03 02	Odpad z tržišť	0,75	0,80
20 03 07	Objemný odpad	0,30	0,50

Protože konečná statistická data za rok 2013 ještě nebyla zveřejněna, není možné kvantifikovat podíl skládkovaného BRKO v tomto roce. Předběžné údaje však nasvědčují tomu, že cíl nebyl splněn.

Mezi přijatelná opatření pro snížení množství biologicky rozložitelného komunálního odpadu ukládaného na skládky patří:

- vytvořit podmínky pro oddělené shromažďování BRO z domácností, živností a průmyslu
- omezovat znečištění BRO jinými odpady
- zvyšovat materiálové využití biologicky rozložitelných složek vytříděných z komunálních odpadů, tj. papír a lepenka
- navrhovat technická řešení pro více krajů za účelem snížit množství BRKO ukládaného na skládky
- vytvořit regionální síť kompostáren a bioplynových stanic
- preferovat využití produktů kompostování a anaerobního rozkladu v zemědělství a při rekultivacích; pokud to není možné, upravit na palivo
- důsledně dodržovat zákaz ukládání vytříděného BRKO na skládky

### 3. Odpad jako druhotná surovina

Pojmem druhotná surovina byly označovány materiály a výrobky, které po úpravě dosahují kvality vstupní suroviny a je možné je začlenit do výroby. V prvním zákoně o odpadech (č. 238/1991 Sb.) byla definice uvedena mezi základními pojmy, nicméně od roku 2000 ji v zákoně o odpadech již nenajdeme. Obecně je v současnosti za druhotnou surovinu považována každá látka či předmět, které přestaly být odpadem nebo se odpadem nikdy nestaly a vstupují do dalšího procesu využití. Z hlediska statistického vykazování ČSÚ je druhotná surovina:

- a) vedlejší produkt
- b) upravený odpad, který přestal být odpadem
- c) materiál z výrobků podléhajících zpětnému odběru
- d) nespotřebované vstupní suroviny a materiály předávané k novému využití.

Aby věc byla považována za vedlejší produkt a ne odpad, musí vzniknout v rámci výrobního procesu, jehož prvotním cílem není získání této věci a současně splňuje všechna tato kritéria:

- vzniká jako nedílná součást výroby
- je zajištěno další využití
- využití je možné bez dalšího zpracování, které není běžnou výrobní praxí
- využití je v souladu se zvláštními právními předpisy a nepovede k ohrožení zdraví osob ani životního prostředí

Základní podmínkou pro to, aby odpad přestal být odpadem, je jeho využití, přičemž musí být splněna všechna následující kritéria:

- věc se běžně využívá ke konkrétním účelům
- pro věc existuje trh nebo poptávka
- věc splňuje technické požadavky pro konkrétní účely stanovené zvláštními právními předpisy
- využití věci je v souladu se zvláštními právními předpisy a nepovede k nepříznivým dopadům na životní prostředí nebo lidské zdraví

Tradičními druhotnými surovinami v ČR jsou odpady železných a neželezných kovů, papír, sklo, použité textilie, dřevo a plasty. Co do objemu nejvýznamnější komoditou jsou energetické produkty a hmoty ze stavebnictví, které dohromady tvoří přibližně 77 % ročního materiálového potenciálu. Kromě množství komodity je klíčovým parametrem také obsah látek v nich obsažených, což platí zejména u odpadních elektrických a elektronických zařízení, baterií a akumulátorů, ve kterých je možné nalézt některé cenné suroviny označované Komisí EU za kritické. Jejich využití závisí nejen na vhodné technologii zpracování, ale v poslední době stále více na logistice sběru a dopravě.

Tab. 5 Podíl materiálů na druhotných surovinách v ČR (ISOH)

Komodita	Množství [t]	Podíl [%]
Kovy	3 565 890	15,7
Papír	770 351	3,4
Plasty	292 430	1,3
Sklo	297 280	1,3
Hmoty ze stavebnictví	3 320 311	14,7
Vedlejší energetické produkty	14 160 000	62,5
Autovraky	121 831	0,5
Odpadní elektrická a elektronická zařízení	55 438	0,2
Použité pneumatiky a pryž	50 341	0,2
Odpadní baterie a akumulátory	25 100	0,1

Následující samostatné podkapitoly se podrobně věnují materiálům, které se běžně vyskytují v komunálním odpadu a patří mezi nejvýznamnější komodity v rámci odděleného sběru.

### 3.1. Kovové odpady

Historicky nejdůležitějším kovem je železo, jehož dominantní pozici s rozvojem elektroniky stále výrazněji ohrožují neželezné a vzácné kovy. Prakticky všechny nerostné suroviny pro výrobu těchto komodit se do ČR dovážejí, a tak jediným domácím zdrojem je kovový šrot a materiály získané z výrobků na konci životnosti. Významnou předností kovového šrotu jako druhotné suroviny, je relativně snadná recyklovatelnost, která je téměř 100 %.

Největší podíl mezi kovovými odpady zaujímá tzv. **amortizační odpad**, který pochází jak od občanů a živnostníků, tak částečně i z průmyslu. Jedná se obvykle o kovové obaly, vyřazené výrobní prostředky, kovový odpad z demolic, šrot vytříděný z komunálního odpadu nebo kovy ze zpětného odběru (autovraky, elektrozařízení, baterie a akumulátory).

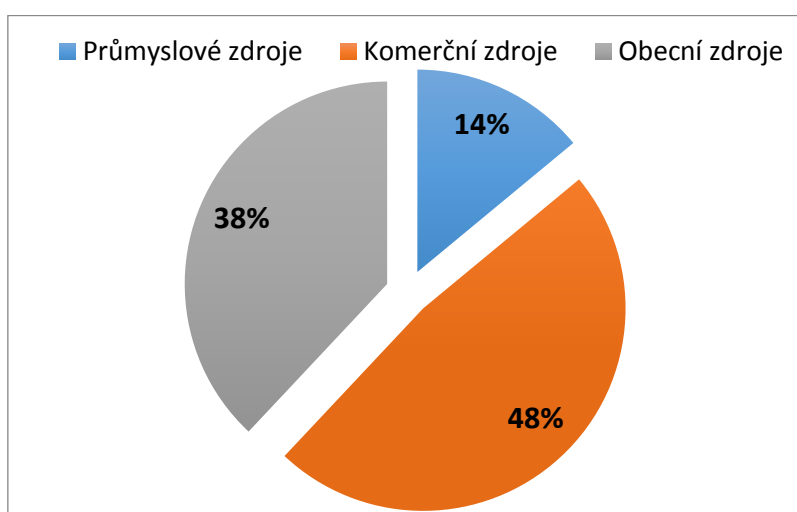
Zejména odpady podléhající zpětnému odběru obsahují řadu vzácných a drahých kovů, které jsou na seznamu EU kritických surovin, jejichž nedostatek by vážně ohrozil evropský průmysl. Z tohoto důvodu je upřednostňována recyklace výrobků i pouze se stopovým množstvím surovin jako jsou antimon, beryllium, fluorit, galium, germanium, grafit, indium, kobalt, kovy platinové skupiny, magnesium, niob, tantal, vzácné zeminy a wolfram. Výhledově se předpokládá, že v roce 2030 bude poptávka po kritických surovinách trojnásobná. Jejich opětovné získávání proto představuje způsob jak omezit dovozovou závislost a jak zajistit potřeby domácího zpracovatelského průmyslu tím, že železný i neželezný šrot zůstane v ČR.

Elektrotechnický odpad se zpracovává ruční demontáží nebo se mechanicky rozruší. Následuje roztržení pomocí magnetických separátorů, případně vířivými proudy a těžkými kapalinami. K získání požadované suroviny se využívají metalurgické procesy a chemické metody zahrnující loužení, kapalinovou extrakci nebo elektrolyzu.

### 3.2. Odpady z papíru

Vytříděný papír je spolu s dřevem základní vstupní surovinou pro výrobu papíru a lepenky. Podíl sběrného papíru na výrobě činí cca 40 %, přičemž nelze předpokládat, že by jeho význam rostl, jelikož zdroje této komodity klesají v souvislosti s rozvojem elektronických prostředků. Výjimkou jsou pouze obalové materiály, jejichž spotřeba nepřetržitě roste. Zdroje můžeme rozdělit do tří kategorií:

- průmyslové zdroje – odpady z výroby papíru a lepenky (v současnosti je vhodnější termín vedlejší produkty)
- komerční zdroje – obchody (obaly), státní správa a soukromé organizace (kancelářský papír)
- obecní zdroje – občané a malé soukromé subjekty zapojené do obecních sběrových systémů (obaly, noviny a časopisy)



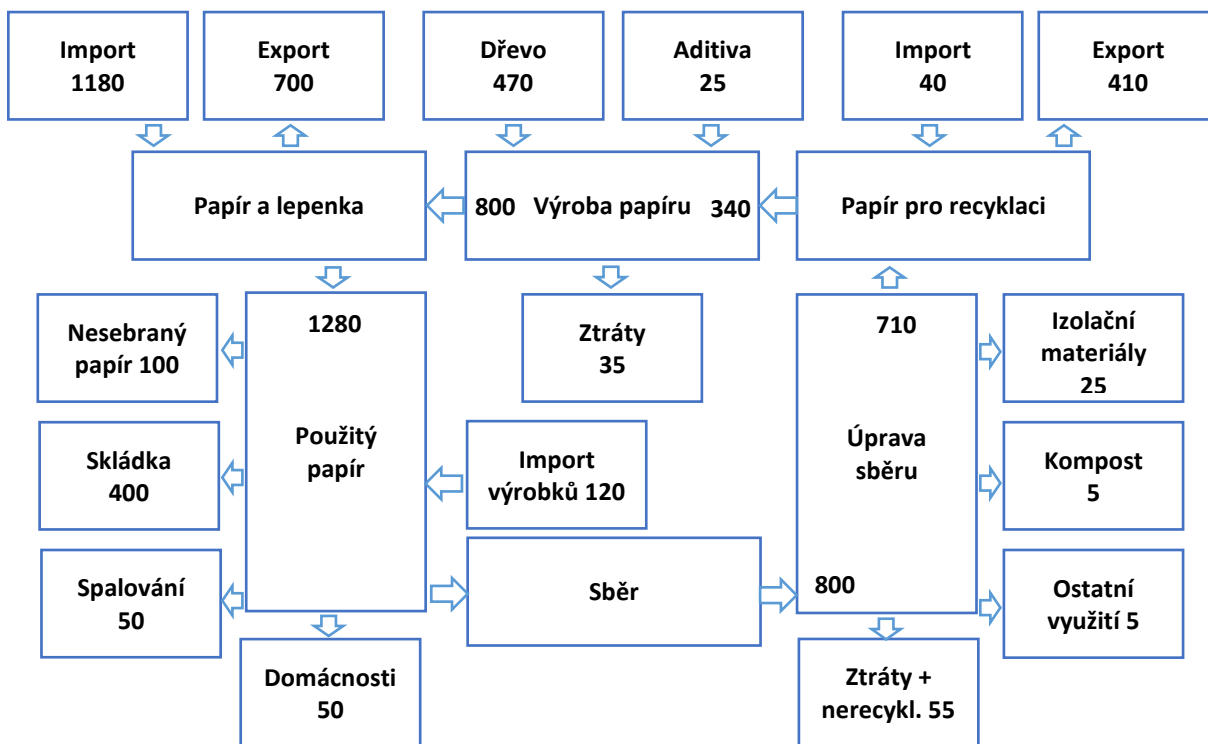
Obr. 5 Podíl jednotlivých zdrojů na výrobě papíru a lepenky v Evropě [4]

Tab. 6 Produkce vybraných druhů papírových odpadů na území MSK (ISOH)

Kat. č. odpadu	Název druhu odpadu	2008 t	2009 t	2010 t	2011 t	2012 t
030308	Odpady ze třídění papíru a lepenky určené k recyklaci	6 014	7 342	8 077	8 076	17 905
150101	Papírové a lepenkové obaly (odpadní obaly)	36 743	47 160	52 792	55 938	45 915
191201	Papír a lepenka (ze zařízení na zpracování odpadů)	23 636	21 593	28 937	33 548	28 691
200101	Papír a lepenka (komunální odpady z obcí)	34 379	21 096	20 407	33 417	26 916
<b>Celkem</b>		<b>100 772</b>	<b>97 191</b>	<b>110 213</b>	<b>130 979</b>	<b>119 427</b>

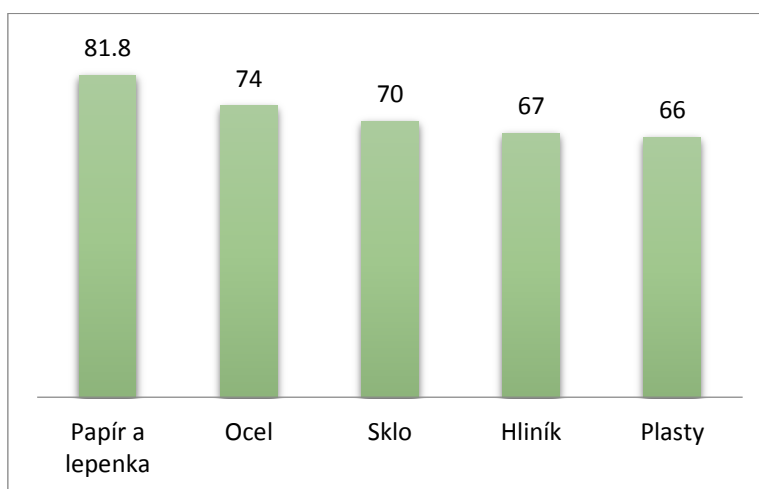
Výrobní kapacita papírenských strojů zajišťující recyklaci papíru v ČR průběžně klesá, což dospělo do dnešní situace, kdy český i slovenský trh jsou v přebytku a uplatnění sběrového papíru závisí na exportu. Méně než polovina množství vytříděného papíru je recyklována v tuzemských zařízeních. Jen nepatrný zlomek je zpracováván jinými metodami (výroba izolačních materiálů, kompostování, výroba alternativních paliv aj.)

Průměrná spotřeba papíru na obyvatele v roce 2012 v ČR činila 123 kg, přičemž pro recyklaci bylo vyříděno 76,8 kg/os. Tomu odpovídá účinnost sběru kolem 63 %, která je výrazně ovlivněna zhruba 400 000 t papíru obsaženého ve směsném komunálním odpadu, jenž je ukládán na skládky. V důsledku deficitu recyklačních kapacit je v českých papírnách pro opětovnou výrobu papíru a lepenky využito přibližně jen 32 kg/os, což představuje 42,5 % vyříděného množství. V dlouhodobém horizontu zde proto existuje riziko, že díky vyspělosti systému sběru papíru pro recyklaci budou problémy s jeho uplatněním nejen na českém, ale i evropském trhu. V rámci EU bylo v roce 2012 recyklováno 71,7 % papíru. V ČR je to výrazně méně, kolem 53 %, což je však do značné míry dáno exportem této druhotné suroviny.



Obr. 6 Materiálové toky papíru v ČR (v tisících tun)

Papír a lepenka jsou v kategorii obalů na evropské úrovni materiálem vyznačujícím se největším podílem recyklace (Obr. 7).



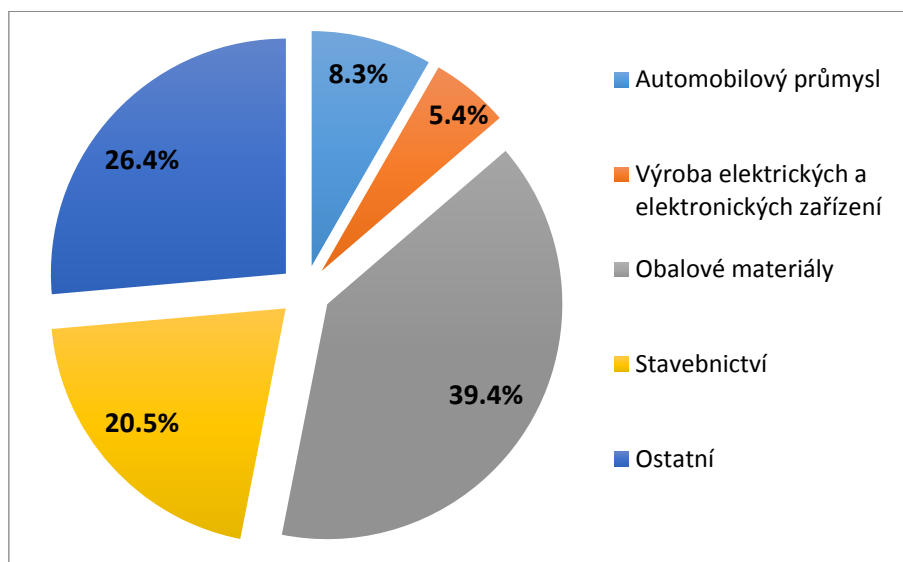
Obr. 7 Míra recyklace v EU dle druhu materiálu (v %)

### 3.3. Plastové odpady

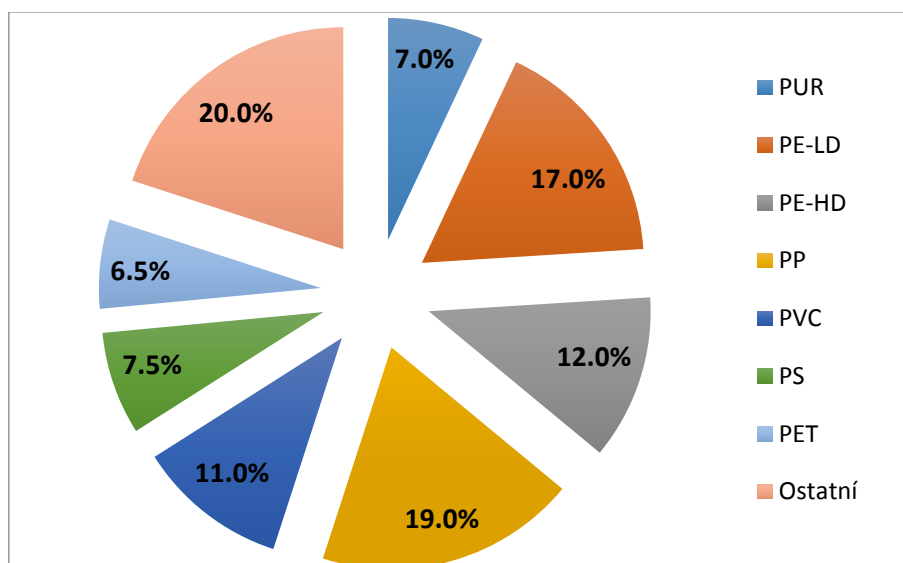
Plasty vyrobené z fosilních zdrojů jsou prakticky plně recyklovatelné. Jejich opětovné využití však závisí na kvalitě sběru a požadavcích zpracovatelských technologií. V třídění plastů si ČR mezi ostatními evropskými státy vede velice dobře, přesto je co zlepšovat. Především v oblasti směsného komunálního odpadu, který obsahuje nezanedbatelný podíl plastů, jež jsou odstraňovány v naprosté většině skládkováním. Tyto plasty jsou často kontaminovány a není ekonomicky efektivní provádět jejich separaci s následným materiálovým využitím. Energetický potenciál plastů obsažených v komunálních odpadech je však značný, což je předurčuje k energetickému využití.

Plasty jakožto druhotná surovina jsou získávány z těchto tří hlavních zdrojů:

- Průmysl a komerční sféra
- Tříděný odpad v obcích
- Demontáž autovraků a elektrozařízení



Obr. 8 Uplatnění plastů dle odvětví (asociace PlasticsEurope, 2011)



Obr. 9 Zastoupení plastů na trhu EU (asociace PlasticsEurope, 2011)

Jako plastový obalový materiál se nejvíce používá nízkohustotní polyetylen (PE-LD) v menší míře pak PET, polypropylen (PP) a vysokohustotní polyetylen (PE-HD). Ve stavebnictví zase převládá PVC a polyuretan (PUR). V automobilovém průmyslu stejně jako ve výrobě elektroniky je to polypropylen, kterého se v rámci EU produkuje nejvíce.

Z celkového objemu 25 milionu tun plastových odpadů v EU je odstraňováno necelých 41 %, zatímco materiálově využito je 25 % a energeticky 34 %. Recyklace je v porovnání se spalováním při současné výrobě tepla a elektřiny méně častým způsobem nakládání s plastovými odpady. Z vývoje za poslední roky je však patrné, že některé státy jako třeba Švédsko, Dánsko a Nizozemsko se od této praxe odklánějí a posilují své recyklační programy. Situace v ČR je taková, že recyklováno je zhruba 31 % plastů, zatímco energeticky využito je cca 17 %.

Upravené druhotné plasty nejčastěji slouží jako vstupní surovina při výrobě nových plastových výrobků, folií, silonových a umělých vláken, preforem nápojových obalů a stavebních produktů (např. plastbeton a jiné povrchy). Méně kvalitní plasty z dotřídovacích linek se používají pro výrobu směsných plastů, jejich konkurenceschopnost vzhledem k ceně je však poměrně nízká.

Úroveň recyklace plastů v ČR je srovnatelná s nejvyspělejšími státy EU (Německo, Švédsko, Nizozemsko). Zřetelný je však pozitivní postoj těchto zemí k energetickému využívání, které mnohdy převyšuje 70 %. Celková míra využití plastů se pak v těchto případech pohybuje nad hranicí 90 %, zatímco v ČR to je cca 48 %.

V ČR se využití plastových obalů pohybuje kolem 70 %. Nejvyspělejší státy dosahují téměř 100 %. Průměr za celou EU je však jen 66 %.

**Tab. 7 Produkce vybraných druhů plastů na území MSK (ISOH)**

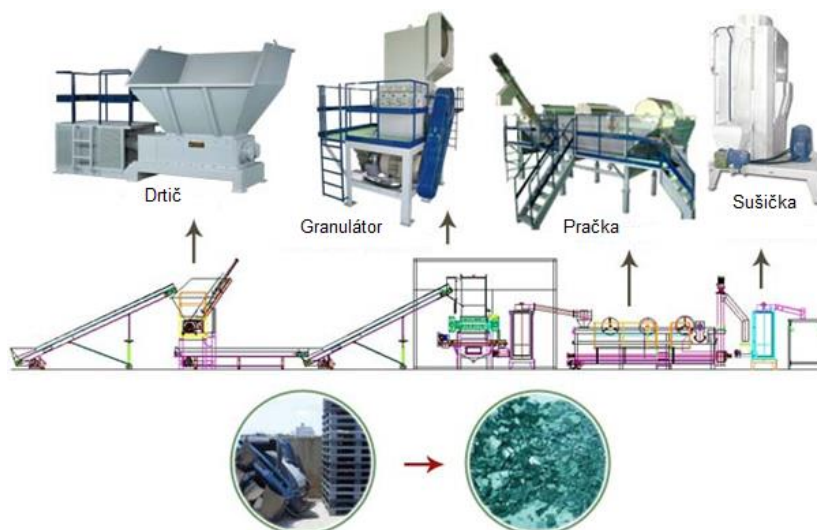
Katalog. číslo	Název druhu odpadu	2008 t	2009 t	2010 t	2011 t	2012 t
02 01 04	Odpadní plasty (kromě obalů)	45	80	88	61	71
07 02 13	Plastový odpad	203	512	697	1 743	3 125
12 01 05	Plastové hobliny třísky	3 323	2 324	3 606	3 805	3 849
15 01 02	Plastové obaly	9 438	13 355	10 701	12 488	14 145
16 01 19	Plasty	700	1 005	2 241	2 291	2 322
17 02 03	Plasty	1 132	1 076	1 322	1 143	1 027
19 12 04	Plasty a kaučuk	2 333	3 913	8 723	6 193	9 741
20 01 39	Plasty	9 851	10 195	11 144	11 470	11 446
<b>Celkem</b>		<b>27 025</b>	<b>32 460</b>	<b>38 521</b>	<b>39 193</b>	<b>45 725</b>

Cíle v oblasti využití plastových odpadů:

- zajištění dostatečného rozsahu sběru plastů v obcích
- zvyšování kvality plastů vyrobených z druhotných surovin za účelem náhrady primárních surovin
- působit na výrobce obalů s cílem používat jednodruhové plasty a omezit výrobky z nerecyklovatelných plastů z více druhů materiálů
- podpora rozvoje technologií pro využívání plastových odpadů



Podmínky pro recyklaci plastů se v závislosti na jejich druhu poměrně výrazně liší. Snadno zpracovatelné jsou jednodruhové plasty pocházející z komerční sféry, pro které existuje na trhu trvalá poptávka. Snadno obchodovatelné jsou také PET vyříděné z komunálního odpadu. Na dotřídňovací lince jsou rozděleny podle barvy a slisovány do balíků. Tyto jsou následně zpracovatelé přetvořeny na tzv. regranulát, jenž je prodáván jednotlivým výrobcům. V polovině případů je původní PET využita k výrobě střížových vláken v textilním průmyslu. PET se dále uplatňuje při výrobě odolných stahovacích pásek a PES pryskyřice používané ve stavebnictví. Jen nepatrný podíl (cca 3 %) je opětovně použit na výrobu nových PET lahví.



**Obr. 10 Linka na zpracování tvrdých plastů**

Obdobně jako PET jsou zpracovávány polymery typu LDPE, LLDPE HDPE, PE/PP, ABS a PA. Po roztřídění a zbavení příměsí a nečistot jsou upraveny na regranulát, z kterého se různými procesy (vyfukování, vstřikování, extruze) připravují nové produkty jako například obalové fólie a nádoby. V ČR je přibližně 60 zpracovatelů těchto druhotných surovin.

Značně problematická je recyklace PVC, což souvisí s jeho tepelnou degradací a zdravotními riziky spojenými s uvolňovaným chlorovodíkem. Opětovně využít linoleum či jiné PVC krytiny prakticky nelze vzhledem k rozdílnému složení, které ovlivňuje teplotu sletení při lisování rozemletého materiálu. V praxi je možné recyklovat například izolace kabelů, pokud jich je dostatečné množství.

Mezi velice obtížně zpracovatelnou komoditu patří směsné plasty, z kterých jsou obvykle fyzikálními procesy zhotovovány konečné produkty. Pokud nejsou tříděny, ale rozemlety, namíchány na potřebné složení a za tepla lisovány do forem, pak se nejedná o recyklaci v pravém smyslu, ale o tzv. downcycling. Výsledný materiál totiž nemá plnohodnotnou znovupoužitelnost jako v případě klasické recyklace a každým průchodem cyklu dochází ke snížení jeho kvality.

**Tab. 8 Přehled kapacit pro zpracování odpadních plastů v ČR**

Druhotná surovina	Kapacita [t/rok]
PET	55 000
Fólie	20 000
PVC	7 000
Směsné plasty	13 000

Základní podmínkou pro rozvoj recyklace je udržení ceny druhotných surovin pod úroveň primárních surovin a zajištění jejich dostatečného množství. V západních zemích Evropy je recyklace orientována jen na ty druhy, po kterých je poptávka. V opačném případě je upřednostňováno energetické využití spolu s jinými odpady. V ČR připadá na každého obyvatele spotřeba 95 kg, což je srovnatelné se západní Evropou.

### 3.4. Odpady ze skla

Poptávka po této druhotné surovině především ze strany sklářského průmyslu je vysoká, jelikož představuje levnější alternativu ke křemenným pískům. Přesto je využití odpadního skla relativně nákladné, což je dáno náročností sběru, přepravy a úpravy. Pro recyklaci jsou využitelné tyto odpadní toky:

- sklo z odděleného sběru
- sklo ze zpětného odběru

**Tab. 9 Produkce vybraných odpadů skla na území MSK (ISOH)**

Kat. č. odpadu	Název	2008 t	2009 t	2010 t	2011 t	2012 t
10 11 03	Odpadní materiály na bázi skelných vláken	3	8	3	1	5
10 11 11	Odpadní sklo v malých částicích a skelný prach obsahující těžké kovy	124	21	232	19	6
10 11 12	Odpadní sklo neuvedené pod číslem 10 11 11	252	312	82	552	453
15 01 07	Skleněné obaly	4 074	4 082	3 804	4 097	5 208
16 01 20	Sklo (z jiných činností)	385	459	590	592	612
17 02 02	Sklo (ze staveb a demolic)	960.6	1 311	1 568	1 862	1 714
19 12 05	Sklo (ze zařízení na zpracování odpadů)	5 379	6 097	7 134	5 829	10 761
20 01 02	Sklo (komunální odpady)	12 827	10 314	11 474	11 817	11 400
<b>Celkem</b>		<b>24 005</b>	<b>22 604</b>	<b>24 886</b>	<b>24 769</b>	<b>30 159</b>

Požadavky zpracovatelů na kvalitu střepu jsou zajišťovány důkladnou úpravou sběrového skla. V první fázi se ručně na třídící lince vyberou velké nečistoty a příměsi v podobě kovů, keramiky, porcelánu a jiných nevhodných odpadů. Následně se sklo nadrtí a s pomocí sít odseparuje podle velikosti. Celý proces se završuje průchodem laserovým separátorem, který se nejprve postará o vyřazení neprůsvitných střepů a poté o roztřídění podle barvy.

Shromažďováním a částečnou úpravou v podobě mechanického odstranění velkých příměsí z obalového skla se zabývá zhruba 30 firem. Kompletní proces úpravy mají v ČR zvládnuté jen tři provozy s celkovou roční kapacitou cca 200 tisíc tun. Zpracování upravených střepeň je možné ve třech sklárnách s roční kapacitou cca 410 tisíc tun, která výrazně převyšuje domácí produkci sběrového skla (v systému ECO-COM cca 130 tisíc tun). Problémem zůstává především barevné složení, které často vede sklárny k nákupu bílého a barevně odlišeného skla v zahraničí.

Zhruba 30 % obalového skla uvedeného na český trh končí na skládkách. V případě stavebního skla, skla s drátěnou vložkou a izolačního skla je toto velice rozšířený způsob nakládání s odpady. Skládkování je také obvyklé u autoskel, jejichž zpracování je komplikované z hlediska obsahu různých pryskyřic, tónovacích pokovení a bezpečnostní fólie. Cena recyklace autoskel vybavených fólií je přibližně 2,5krát vyšší než u ostatních autoskel. Největším zpracovatelem v ČR je společnost SPL Recycling v Chudeřicích, která si za příjem lepeného i tříštivého skla účtuje 500 Kč/t, což je výrazně méně než poplatek za uložení směsného komunálního odpadu na skládky.

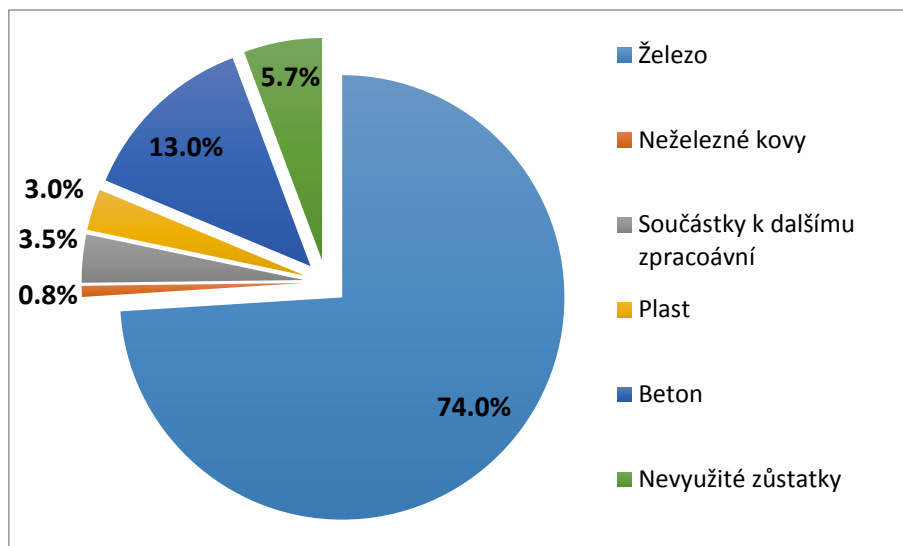
Systémově je ošetřen pouze životní cyklus obalového skla. Pro ostatní druhy skla neexistuje v ČR právně závazná povinnost zpětného odběru. Obalové sklo tvoří z celkové produkce více než 60 %, druhým největším sklářským odvětvím je výroba plochého skla s 25% podílem. Ročně je v ČR upraveno cca 140 tisíc tun skleněných střepeň. Účinnost sběru skla v obcích se pohybuje kolem 70 %, přičemž v Evropě je to nejvýše 80 %, což značí poměrně vysokou úroveň třídění v ČR.

### 3.5. Elektrotechnický a elektronický odpad

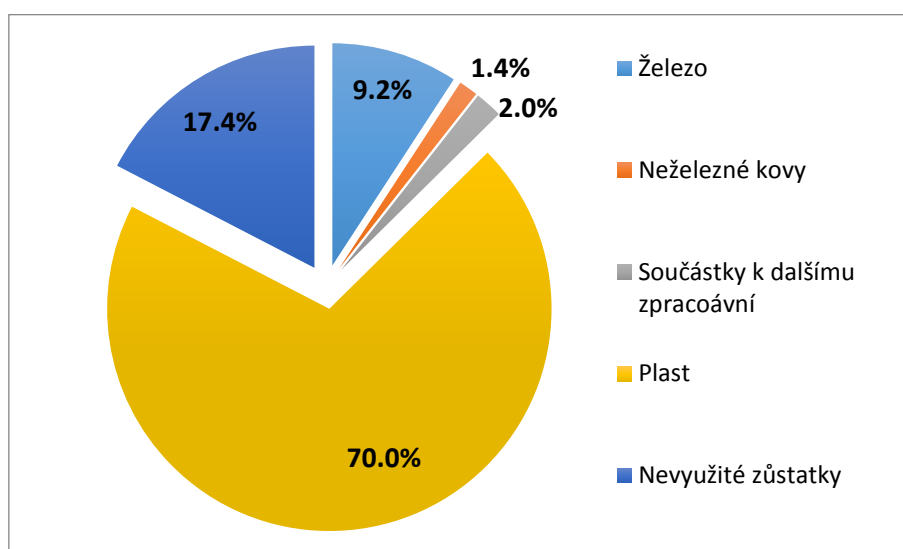
Rozvoj a modernizace telekomunikačních sítí, výpočetní techniky, audiovizuální techniky a vybavení domácností s sebou přináší zvyšující se nároky na zpracování těchto výrobků na konci životního cyklu. Elektrotechnické a elektronické odpady obsahují řadu cenných surovin, drahých kovů a energeticky využitelných složek. Kromě toho však také obsahují různé nežádoucí látky, které omezují možnosti recyklace.

Shromažďování odpadních elektrozařízení je řešeno systémově v rámci zákona o odpadech, který výrobcům a dovozcům nařizuje zpětně odebírat výrobky jimi uváděné na trh po skončení jejich životnosti. Tento princip individuální odpovědnosti má motivovat výrobce k návrhu zařízení s menším obsahem nebezpečných látek, které umožní snadnější a levnější opětovné využití.

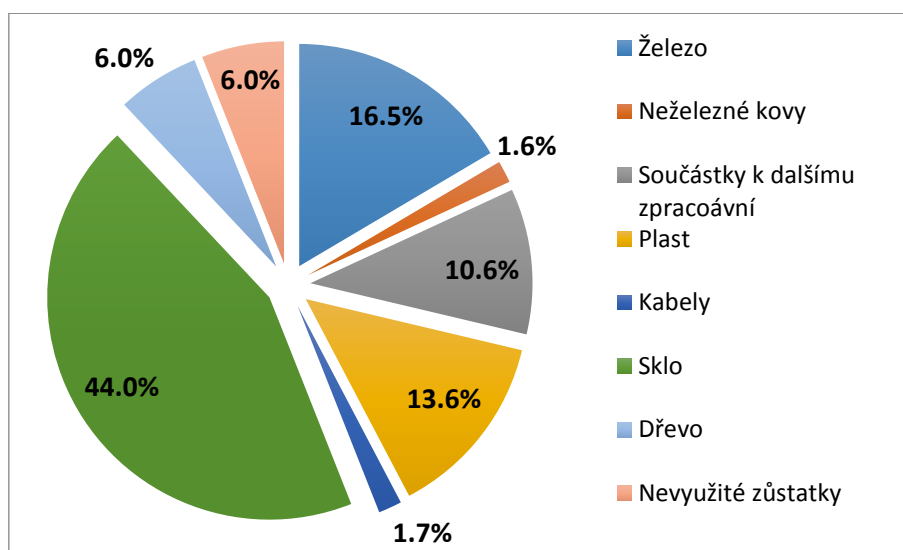
Ze strukturálního hlediska jsou elektrozařízení složena z různorodých materiálů zahrnující slitiny kovů, polovodiče, plasty, sklo nebo kompozity na bázi kovů i nekovů. Některé materiály se mohou vyskytovat ve velmi malých množstvích, avšak s vysokým strategickým významem. Zastoupení materiálů v jednotlivých skupinách elektrozařízení znázorňují Obr. 11, Obr. 12 a Obr. 13.



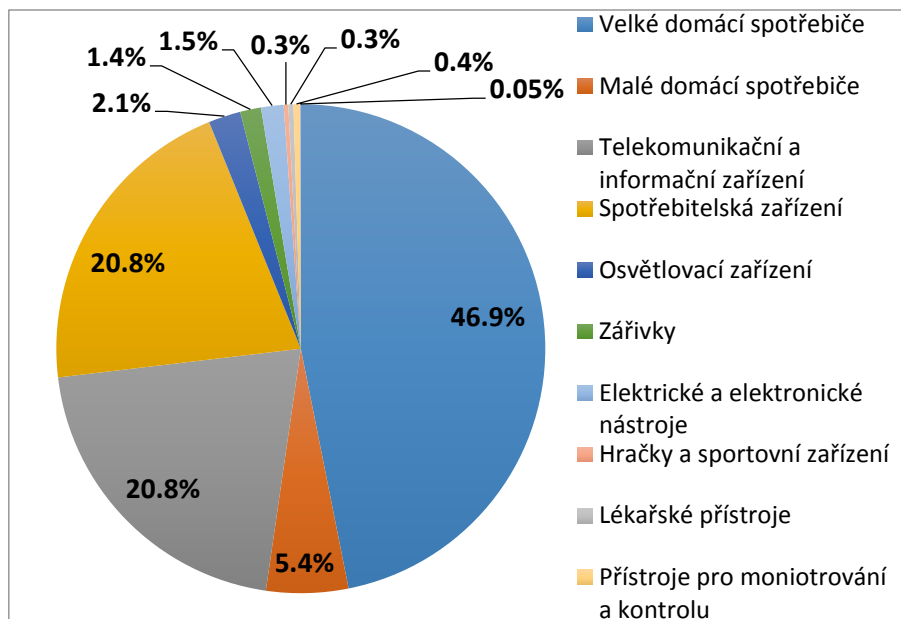
Obr. 11 Průměrné materiálové složení velkých domácích spotřebičů (bílá technika)



Obr. 12 Průměrné materiálové složení malých domácích spotřebičů



Obr. 13 Průměrné materiálové složení televizorů a monitorů



**Obr. 14 Podíl odpadních elektrozařízení v ČR dle hmotnosti**

Odhaduje se, že se v EU sběrem získá až 85 % odpadních elektrozařízení, oficiální statistiky ale mluví jen o 33 %. Předpokládá se, že neohlášená část je uložena nepovoleným způsobem nebo protiprávně vyvezena do rozvojových zemí.

Hlavní podmínkou recyklace je ekonomická stabilita trhu pro každý získaný materiál. To se v poslední době ukazuje jako problém, zejména ve spojitosti s ušlechtilými kovy v zařízeních s plošnými spoji. Obsah těchto kovů v nových elektrozařízeních neustále klesá a náklady na jejich získání mnohdy převyšují prodejní cenu druhotné suroviny.

Úprava odpadního elektrozařízení obvykle sestává z ruční demontáže, kdy jsou odstraněny nebezpečné a regulované složky jako třeba baterie, kondenzátory, PCB, freony nebo azbestové izolace. V druhém stupni je odpad strojně zpracován v rámci procesu drcení, třídění a klasifikace jednotlivých frakcí.

Největší subjektem, který v zastoupení výrobců a dovozců elektrozařízení organizuje systém zpětného odběru elektrozařízení na území ČR, je společnost ASEKOL. Jedná se o jedinou společnost oprávněnou ke sběru historických elektrozařízení (vyrobených před 13. 8. 2005) ve skupinách 3 (výpočetní a kancelářská technika), 4 (spotřební elektronika) a 7 (hračky, volný čas). Dále dohlíží na plnění povinností pro zpětný odběr a opětovné použití elektrozařízení, oddělený sběr, zpracování, využití a odstranění elektroodpadu ve skupinách 6 (elektrické a elektronické nástroje s výjimkou velkých stacionárních průmyslových nástrojů) a 9 (přístroje pro monitorování a kontrolu).

Příjem odpadů ASEKOL zajišťuje prostřednictvím cca 15 000 sběrných míst a 8 200 sběrných nádob. V roce 2012 jimi bylo v celé ČR sesbíráno na 17 000 t elektrozařízení, přičemž 13 000 t představovaly velké spotřebiče v podobě TV a monitorů. Naprostá většina odpadních elektrozařízení je občany předávána sběrným dvorům. Z červených sběrných nádob bylo získáno 903 t. Ve stejném roce připadalo na každého obyvatele MSK 1,56 kg vyříděného elektrozařízení (touto společností).

Významným provozovatelem kolektivního systému je také nezisková společnost Elektrowin a.s., která spravuje elektrozařízení ve skupinách 1 (ledničky, pračky, sušičky, atd.), 2 (vysavače, žehličky, mixéry, fritézy, fény, atd.) a 6 (vrtačky, pily, zahradní technika). Její

sběrná síť zahrnuje zhruba 4 000 stabilních míst, jako jsou smluvní sběrné dvory v obcích a registrovaní koncoví prodejci, plus 8 000 sběrných míst na školách, u dobrovolných hasičů, ve firmách a mobilní sběr. Podobně jako ASEKOL i Elektrowin v obcích rozmísťuje vlastní kontejnery na drobné elektrospotřebiče. V současnosti jich je zhruba 500.

Společnost Elektrowin v roce 2013 zajistila recyklaci cca 27 000 t elektrozařízení, z čehož 51 % tvořily chladicí zařízení, 36 % velké spotřebiče (pračky, sporáky, myčky, mikrovlnné trouby, el. radiátory, aj.) a 13 % malé spotřebiče (vysavače, šicí stroje, kuchyňské spotřebiče, hodiny, aj.). Na sběru se největší měrou podílí obce (56 %) a samotní prodejci (23 %). V MSK bylo vyříděné zhruba 2 600 t elektrozařízení, což činí 2 kg/os. Jedná se o nejmenší výtěžnost v celé ČR.

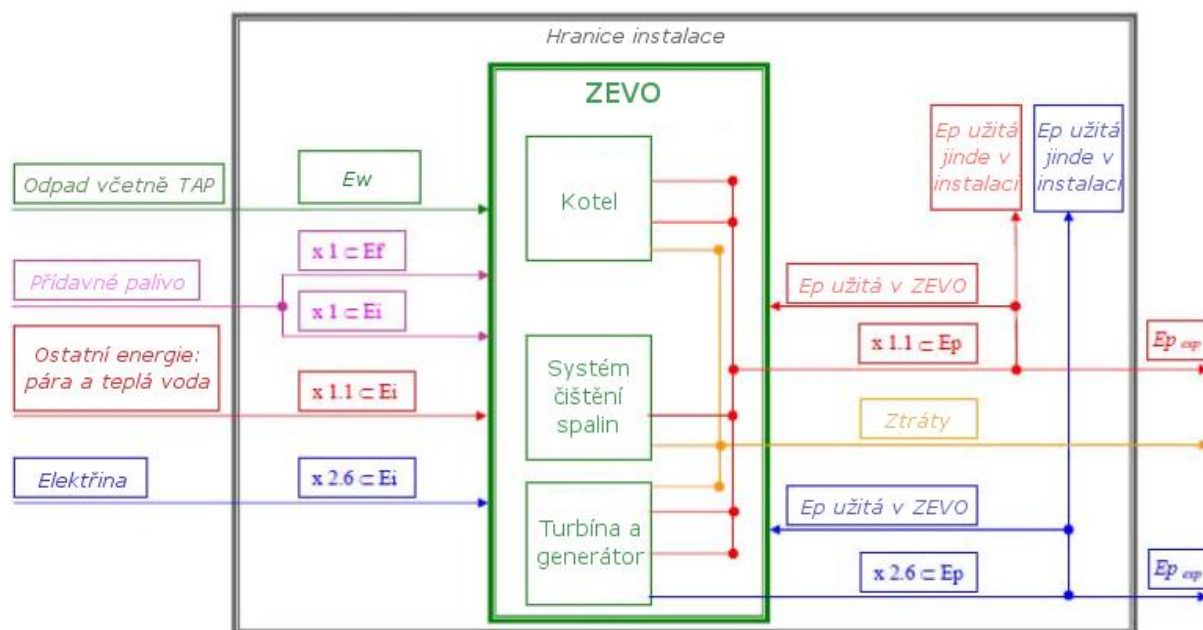
## 4. Energetické využití odpadů

Aby zpracování tuhých komunálních odpadů v zařízeních založených na termických procesech mohlo být považováno za energetické využívání a nikoli za prosté odstraňování odpadů, musí být splněna určitá kritéria. Jedním z nich je dosažení minimální „energetické účinnosti“ ve směrnici o odpadech 2008/98/ES označované jako R1. U zařízení uvedených do provozu před začátkem roku 2009 je požadována minimální hodnota 0,6. Později zprovozněná zařízení musí zajistit účinnost R1 nejméně 0,65. Pro výpočet se používá následující vztah:

$$\eta_e = \frac{E_p - (E_f + E_i)}{0,97 \cdot (E_w + E_f)}$$

- kde
- $E_p$  – vyrobená energie ve formě tepla nebo elektřiny
  - $E_f$  – energie obsažená v přídavném palivu
  - $E_w$  – energie obsažená ve zpracovávaném odpadu
  - $E_i$  – energie přivedená z jiných zdrojů

Součinitel 0,97 představuje ztráty sáláním a mechanickým nedopalem ve škváře. Zohlednění formy energie vyžaduje porovnání rozdílných jednotek  $MW_t$  a  $MW_e$ . Proto se vyrobená tepelná energie do vzorce dosazuje vynásobená faktorem 1,1 a elektrické energie faktorem 2,6. Ekvivalenční faktory jsou odvozeny z průměrné účinnosti transformace tepla (91 %) a elektřiny (38 %) v energetických zdrojích podle dokumentu BREF [8].



Obr. 15 Energetické toky pro hodnocení R1 spalovny odpadů [5]

Uvedeným vztahem vypočítaná hodnota nepředstavuje energetickou účinnost ve fyzikálním významu, jako spíše indikátor výkonnosti. Zvyšováním podílu vyrobené elektrické energie se R1 snižuje, takže u čistě kondenzačního režimu může nastat pokles pod limitní hodnotu. Omezením R1 však je, že není použitelný pro srovnání s jinými energetickými zdroji než spalovnami komunálních odpadů. Navíc pro technologicky shodné spalovny v různých klimatických podmínkách dává jiný výsledek, čímž jsou legislativně znevýhodněny jižní státy EU.

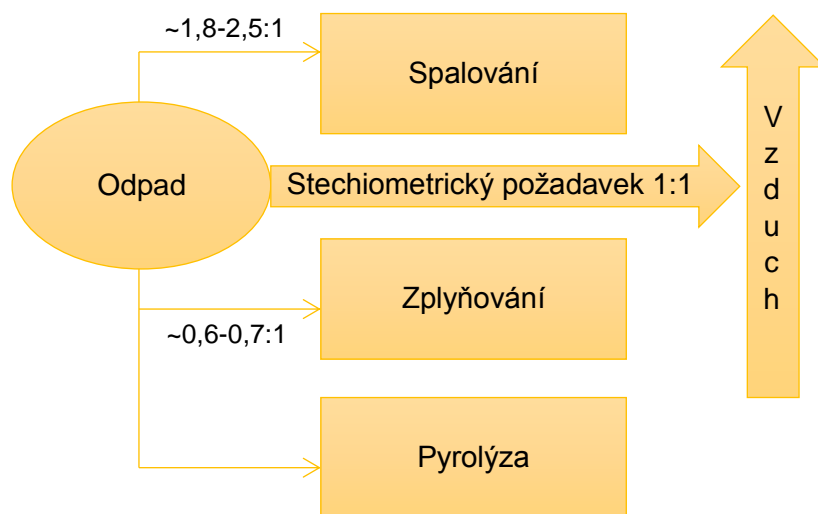
Kromě energetické účinnosti R1, existují pro nově instalované spalovny i další kritéria, která však nejsou právně závazná. U zařízení určených pro energetické využívání odpadů by dle dokumentů BREF měly být použity nejlepší dostupné technologie schopné zajistit export tepelné energie ve výši 1,9 MWh na tunu spalovaného odpadu při průměrné výhřevnosti 2,9 MWh/t. To samozřejmě není uskutečnitelné v lokalitách, kde není poptávka po tepelné energii. V takovém případě produkce elektrické energie musí dosáhnout 0,4 až 0,65 MWh<sub>e</sub>/t. BAT 63 pak specifikuje požadavek na měrnou vlastní elektrickou spotřebu nižší než 0,15 MWh<sub>e</sub>/t.

Následující kapitoly pojednávají o způsobech energetického využití odpadů a dostupných technologiích.

#### 4.1. Termické procesy

Energetické využívání odpadů je založeno na technologiích, v nichž je termickými procesy doveden odpad do stavu, kdy dochází k překročení meze jeho chemické stability. V závislosti na obsahu kyslíku v reakčním prostoru rozdělujeme termické procesy do dvou základních kategorií:

1. Oxidační (spalovací) procesy, při nichž je obsah kyslíku stechiometrický nebo vyšší vzhledem k obsahu hořlavých látek ve zpracovávaném odpadu. Podle velikosti teploty rozlišujeme nízkoteplotní (do 1000°C) a vysokoteplotní oxidační procesy (nad 1000°C).
2. Redukční procesy, při nichž je obsah kyslíku v reakčním prostoru podstechiometrický až nulový. Řadí se sem pyrolýza a zplyňování.



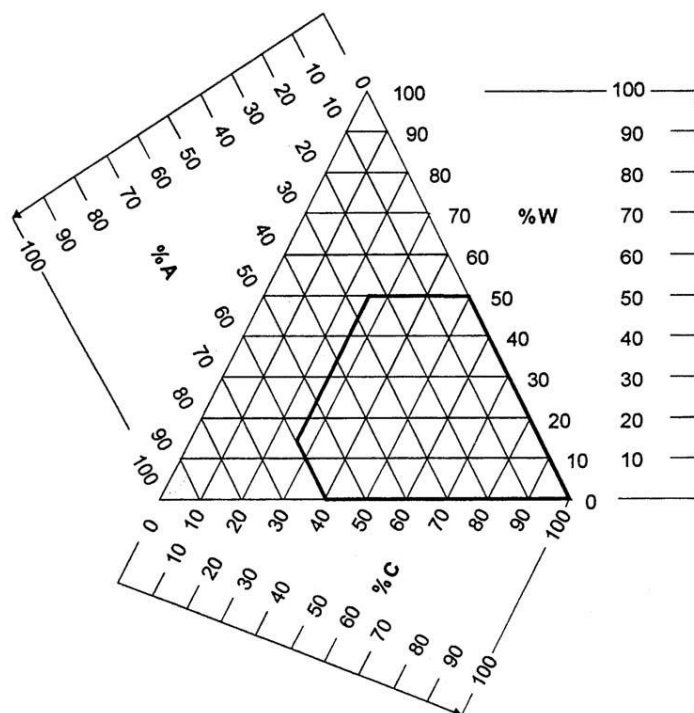
Obr. 16 Typický součinitel přebytku vzduchu termických procesů

Termické zpracování je aplikovatelné na celou řadu odpadů ve všech skupenstvích. Hranicí pro spalování tuhého odpadu bez podpůrného paliva je výhřevnost alespoň 5 GJ/t, která je obvykle překročena při splnění následujících parametrů:

- obsah popela A je nejvýše 60 %
- obsah vlhkosti W je nejvýše 50 %
- obsah hořlaviny C je nejméně 25 %

Grafickou formou jsou tyto podmínky znázorněny v Tannerově diagramu.





Obr. 17 Tannerův diagram [9]

Termická likvidace odpadů se vyznačuje výrazným snížením objemu odpadu na 10 až 15 % původního objemu. To odpovídá snížení hmotnosti na 20 až 40 %, které je neporovnatelně větší než v případě kompostování či skládkování. Nespornou výhodou je nezastupitelnost spočívající v absenci alternativní metody pro odstraňování některých druhů odpadů, jako jsou například chemické nebo zdravotní odpady, kdy výsledný produkt je tuhý sterilní materiál, který nepodléhá dalšímu rozkladu. Za významné slabé stránky spalování lze naopak považovat:

- vysoká investiční náročnost technologie
- vysoké provozní náklady
- potřeba kvalifikovaného personálu
- nutnost zajištění odběru vyrobeného tepla
- likvidace potenciálně recyklovatelných materiálů
- opatření pro snížení emisí znečišťujících látek do vody a ovzduší

#### 4.2. Spalovací zařízení pro energetické využití odpadů

Spalovací zařízení tvoří termickou část energetického zdroje, ve které dochází k tepelnému rozkladu spalovaného paliva. Děje se tak při přívodu spalovacího vzduchu v množství větším než stechiometrickém. Přebytek vzduchu je důležitý provozní parametr, který ovlivňuje kvalitu spalovacího procesu, účinnost zařízení a tvorbu emisí. Nízký přebytek má za následek nižší komínovou ztrátu, ale naopak vyšší emise CO a riziko koroze ve spalinové cestě. Optimalizace přívodu spalovacího vzduchu proto představuje základní nástroj pro splnění emisních limitů, efektivnímu a spolehlivému provozu.

U odpadů s nízkou výhřevností a vysokým obsahem vlhkosti je téměř nezbytné, aby spalovací vzduch byl předehříván, což usnadňuje vysoušení v průběhu spalovacího procesu.

Nejčastěji je ohřev řešen odběrem nízkotlaké páry, jelikož předeřev spalinami je spojen s korozními problémy. Jimi je dána i přípustná výstupní teplota spalin, která určuje velikost komínové ztráty, a tím účinnost kotle. Jako minimální teplota spalin se uvádí 180°C, přičemž každé zvýšení o 20 až 30°C vede k poklesu účinnosti kotle o 1,5 až 2 %. BAT požaduje celkovou účinnost kotle pro SKO nejméně 80 %.

Velké spalovací jednotky jsou technologicky vyspělá a prověřená zařízení s garantovanou až 95 % roční využitelností. Zpravidla se však roční provozní doba pohybuje mezi 7 800 až 8 000 hodinami. Orientační rozložení nákladů na výstavbu těchto zařízení je uvedeno v Tab. 10.

**Tab. 10 Struktura nákladů na výstavbu spalovny**

Technologie	Podíl z celkové investice
Kotel	40 %
Turbogenerátor	10 %
Čištění spalin	15 %
Budovy a stavební úpravy	25 %
Zpracování škváry, vyvedení výkonu, apod.	10 %

V závislosti na konstrukci ohniště a spalovacího prostoru rozlišujeme tyto základní typy spalovacích zařízení pro energetické využití odpadů:

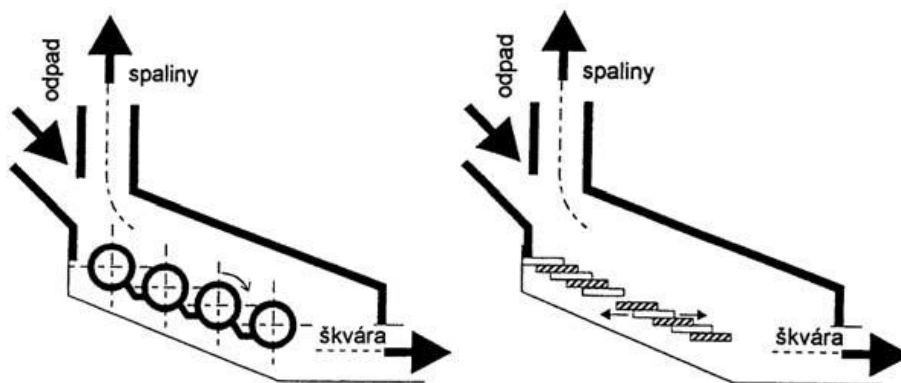


**Obr. 18 Technologie spalovacích zařízení**

#### 4.2.1. Kotle s roštovým ohništěm

Roštová ohniště představují klasickou koncepci spaloven. Využívají se především pro spalování směsného komunálních odpadů, jelikož není třeba zabývat se stejnorodostí a jemností vstupního materiálu. Tímto způsobem je v rámci EU spalováno SKO v 90 % případů.

Účelem roštu je zajistit postupné vysušení, zahřátí na zápalnou teplotu a následné dokonalé vyhoření přiváděného odpadu. Toho je dosaženo udržováním vrstvy odpadu potřebné tloušťky při zachování dobré prodyšnosti a nízkého úletu lehčích frakcí. Další nezbytné funkce roštu zahrnují přívod spalovacího vzduchu do jednotlivých míst tak, aby spalování probíhalo s optimálním součinitelem přebytku vzduchu, odvod tuhých zbytků a regulaci dle požadovaného výkonu kotle. Je-li součástí ohniště hnací ústrojí, pak mluvíme o mechanickém roštu. V opačném případě se jedná o rošt pevný.



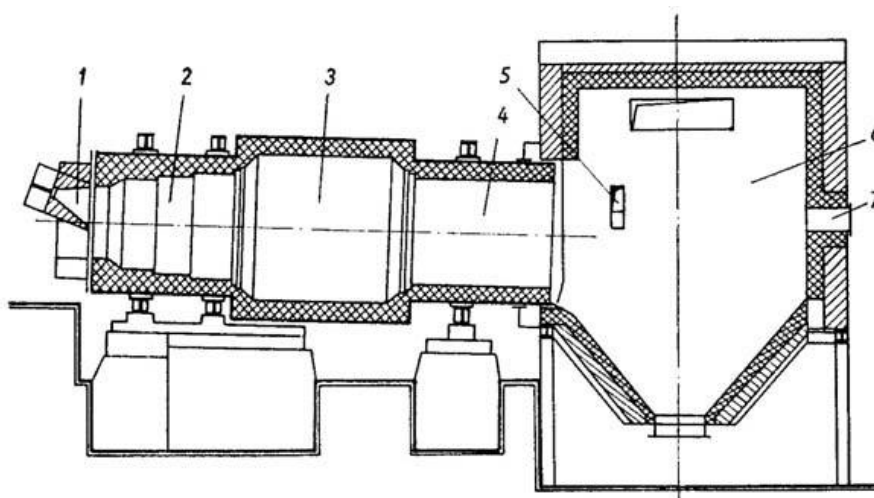
Obr. 19 Ohniště s válcovým a přesuvným roštem [9]

Pro dokonalou likvidaci organických látek je třeba, aby spaliny v ohništi setrvaly nejméně 2 s při teplotě 850°C. U nebezpečného odpadu je požadována doba setrvání při 1000°C. Při průletu spalin spalovací komorou dochází k jejich ochlazení a současnému transferu tepelné energie přes teplosměnné plochy výparníku do napájecí vody. Vyrobená pára je využita buď čistě pro technologické účely, nebo v rámci kogenerace. Není-li zajištěn odbyt tepla, pak je generována pouze elektrická energie, přičemž účinnost energetické přeměny se pohybuje na úrovni 20 %.

#### 4.2.2. Rotační pece

Jsou to univerzální zařízení, která dovolují spalovat širokou škálu odpadů. Snadno dosažitelná teplota v reakční zóně umožňuje vývin teplot až do 1600°C, což je předurčuje ke zpracování nebezpečných odpadů s PBC.

Rotační pec sestává ze dvou spalovacích komor. V primární rotující komoře ve tvaru vodorovného válce dochází k prohořování odpadu. Válec se mírně svažuje, což umožňuje gravitační transport odpadu do sekundární komory, kde se odehrává dohořování s destrukcí toxických látek. Na rozdíl od roštových kotlů, není u rotačních pecí uskutečnitelná regulace rychlosti hoření v jednotlivých zónách. Tepelný potenciál spalin je zužitkován v kotli na odpadní teplo k produkci páry, která může být využita technologicky nebo pro kombinovanou výrobu tepla a elektřiny.



Obr. 20 Rotační pec [9]

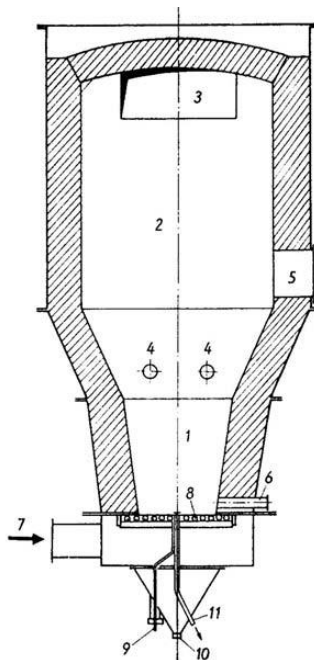
### 4.2.3. Fluidní ohniště

Fluidní ohniště jsou často využívána pro spalování čistírenských kalů a drceného odpadu o velikosti do 12 mm. Odpad je spolu s inertním materiálem (popel, písek) umístěn ve vrstvě, která je profukována proudem vzduchu. Rychlost proudění je taková, aby spalování probíhalo ve vznosu. Teplota v prostoru nad ohništěm se obvykle pohybuje mezi 850 až 950°C. Na výstupu spalovacího prostoru může být instalován cyklón, který odlučuje a zpět do ohniště vrací hrubší částice. Dlouhá doba prodlení (v řádu několika minut) částic v ohništi, intenzivní hoření a rovnoměrné rozložení teplot jsou vhodnými předpoklady pro spalování odpadů s poměrně nízkou výhřevností (cca 10 MJ/kg). Nevýhodou je naopak citlivost na velikost spalovaného odpadu, která vyžaduje selektivní sběr nebo drcení na vstupu do zařízení. Kotle s fluidním ohništěm bývají menší než rotační pece nebo kotle s roštovým ohništěm při srovnatelném tepelném výkonu, jsou však technicky a provozně náročnější a mají vyšší spotřebu vzduchového ventilátoru.

Podle chování fluidní vrstvy rozlišujeme:

- kotle se stacionární (bublinkovou) fluidní vrstvou
- kotle s cirkulující fluidní vrstvou

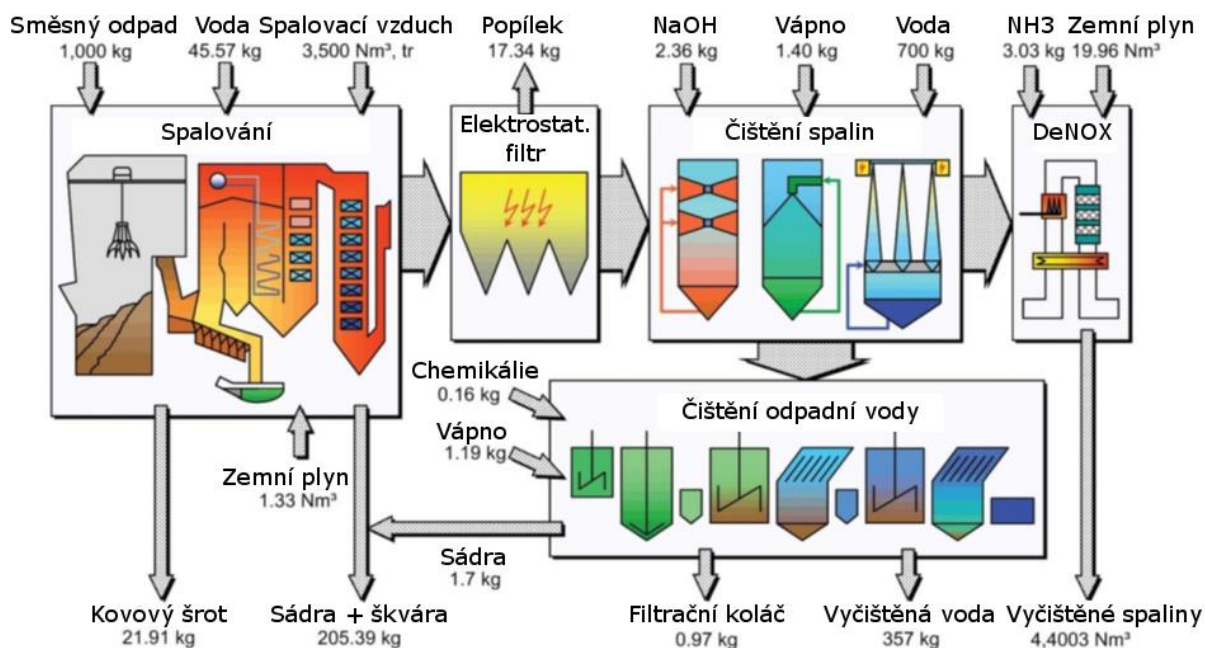
Kotle se stacionární vrstvou se vyznačují nižší rychlostí fluidační tekutiny, menší expanzí (výškou) vrstvy a tepelnými výkony do 100 MW. V praxi se již při instalovaném výkonu nad 50 MW upřednostňuje cirkulující fluidní vrstva. Ani u jednoho ze dvou uvedených konstrukčních řešení není možné provádět regulaci rychlosti spalování množstvím spalovacího vzduchu tak, jak je tomu u kotlů s roštovými ohništi. Velkou předností je schopnost dosáhnout vysokého stupně odsíření prostým přidáváním vápence do ohniště.



Obr. 21 Fluidní ohniště se stacionární fluidní vrstvou [9]

#### 4.2.4. Odpadní toky ve spalovně odpadů

Odpadní toky jsou popsány na příkladu spalovny vybavené kotlem s roštovým ohništěm, která je v Evropě nejčastějším technickým řešením pro energetické využívání odpadů. Vstupy a výstupy přepočtené na jednu tunu spalovaného dopadu znázorňuje Obr. 22.



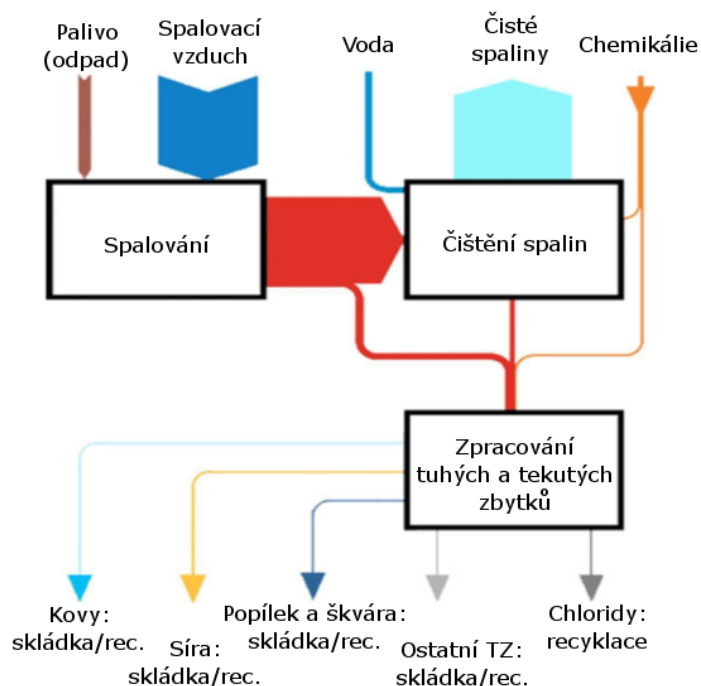
Obr. 22 Materiálové toky ve spalovně Spittelau ve Vídni

Odpad je ze svozových vozů vysypáván do uskladňovacích bunkrů s kapacitou dostatečnou pro nepřetržitý provoz. Na jedné straně zásobníku je nainstalováno stříhací zařízení nebo rotační nárazový lamač, který upravuje odpad na vhodnou velikost pro sázení do ohniště. Odpad se ze zásobníků následně přepravuje mostovým jeřábem, který jej vyloží do násypky opatřené hydraulickým šoupátkem.

Tuhé zbytky po spalování v podobě popela, škváry a nespalitelných složek jsou odváděny na konci roštu do ochlazovací nádrže, z které putují na skládku. Železné kovy se mnohdy magneticky separují a recyklují jako šrot. Škvára je využitelná pro stavební účely, zatímco popílek z odlučovačů obsahující těžké kovy je zpravidla skládkován.

Orientačně lze při bilancování odpadních produktů z procesu termické likvidace 1 t komunálního odpadu uvažovat s následujícími toky:

- 6 000 m<sub>N</sub><sup>3</sup> spalin
- 0,25 až 0,4 t tuhých zbytků (cca 75 kg připadá na prach ve spalinách)
- 1 m<sup>3</sup> odpadní vody



Obr. 23 Diagram odpadních toků v typické spalovně odpadů

Podíl materiálově využitelné odpadní frakce mezi tuhými zbytky může překračovat i hodnotu 95 %. Mezi tuhé zbytky se řadí:

- škvára, struska nebo polokoks jako hlavní zbytek po termickém procesu
- tuhé částice ze suchého odprášení spalin
- tuhý zbytek nebo kal z čištění spalin
- tuhý zbytek nebo kal z čištění technologických vod

U hlavních tuhých zbytků je třeba sledovat vyluhovatelnost kontaminujících látek (především těžkých kovů) při jejich volném deponování. Omezení vyluhovatelnosti lze zajistit protavením strusky, kdy se vytváří pevná vazba kovových složek v nerozpustných minerálech. Obdobného efektu lze také dosáhnout při aplikaci vhodných solidifikačních procesů jako jsou cementace, bitumenace nebo vitrifikace.

Náročnější jsou operace spojené s tuhými částicemi z odprášení a čištění spalin, jelikož jejich nebezpečnost je dána velice jemnou frakcí s nezanedbatelnými koncentracemi PCDD, PCDF, rtuti a oxidů těžkých kovů. Jednou z metod odstraňování těchto prachů je recyklace do spalovacího procesu, která ovšem má za následek zvýšení koncentrací škodlivin v primárním okruhu. Proto se využívá mokřých procesů, které umožňují z oběhového pracovního média těžké kovy srážet, filtrovat a dále v podobě koncentráту zpracovávat.

K odstraňování halogenvodíků, které se do spalin dostávají z odpadů obsahující fluorované, chlorované, bromové a jodové sloučeniny, se používá sorpčních činidel přidávaných do odpadu nebo vstřikovaných přímo do spalin. Při aplikaci suchých metod jsou výsledným produktem neutralizační reakce prachové látky, které se zachytí na filtrech. Při použití mokřých metod naopak vznikají netoxické solné roztoky, které se následně upravují.

Tab. 11 Typické složení surových spalin ze spalovny odpadů

Složka	Obsah
H <sub>2</sub> O	10-18 % obj.
CO <sub>2</sub>	6 - 12 % obj.
O <sub>2</sub>	7 - 14 % obj.
CO	< 0,1 % obj.
Prach	2 – 15 g/m <sub>N</sub> <sup>3</sup>
Cl	400 - 2000 mg/m <sub>N</sub> <sup>3</sup> (jako HCl)
F-	0,5 - 2 mg/m <sub>N</sub> <sup>3</sup> (jako HF)
SO <sub>2</sub> + SO <sub>3</sub>	400 - 1000 mg/m <sub>N</sub> <sup>3</sup> (převážně SO <sub>2</sub> )
NO + NO <sub>2</sub>	100 - 400 mg/m <sub>N</sub> <sup>3</sup> (převážně NO)

V případech, kdy spaliny obsahují velké množství škodlivin, využívá se průchodu spalin přes vrstvu aktivního uhlí, které je vhodné pro záchyt organokovových látek a rtuti. Adsorpce je poměrně účinný, avšak finančně nákladný proces. Pokud je tento systém ve spalovně instalován, bývá jeho provoz obvykle omezen jen na spalování silně kontaminovaných odpadů (Hg a jiné těžké kovy).

Vysoce toxické a karcinogenní látky PCDD a PCDF jsou z větší části zničeny v procesu termického zpracování. Mohou se však znovu vytvořit při reakci uhlíkatých sloučenin se sloučeninami anorganického chlóru za působení katalyzátorů jako je například měď. To se děje nejčastěji v popílku nebo filtračním prachu při teplotách 200 až 450°C. K eliminaci emisí látek PCDD a PCDF se zpravidla používá jedna z uvedených metod:

- katalytické rukávcové filtry
- rukávcové filtry s aktivním uhlím
- selektivní katalytická redukce

Tab. 12 Specifické emisní limity pro spalovnu odpadů

Složka	Emisní limit	Dosažitelné hodnoty
TZL	10 mg/m <sub>N</sub> <sup>3</sup>	< 0,05 mg/m <sub>N</sub> <sup>3</sup>
TOC	10 mg/m <sub>N</sub> <sup>3</sup>	-
Cl	10 mg/m <sub>N</sub> <sup>3</sup> (jako HCl)	< 0,1 mg/m <sub>N</sub> <sup>3</sup>
F-	1 mg/m <sub>N</sub> <sup>3</sup> (jako HF)	< 0,02 mg/m <sub>N</sub> <sup>3</sup>
SO <sub>2</sub>	50 mg/m <sub>N</sub> <sup>3</sup>	0,1 – 50 mg/m <sub>N</sub> <sup>3</sup>
NO <sub>x</sub>	200 mg/m <sub>N</sub> <sup>3</sup>	< 150 mg/m <sub>N</sub> <sup>3</sup>
CO	50 mg/m <sub>N</sub> <sup>3</sup>	1,2 – 100 mg/m <sub>N</sub> <sup>3</sup>
PCDD/F	0,1 ng TEQ/m <sub>N</sub> <sup>3</sup>	0,0008 – 0,05 mg/m <sub>N</sub> <sup>3</sup>
Cd a Tl a jejich sloučeniny	Σ0,05 mg/m <sub>N</sub> <sup>3</sup>	0,0003 – 0,003 mg/m <sub>N</sub> <sup>3</sup>
Sb+As+Pb+Cr+Co+Cu+Mn+Ni+V a jejich sloučeniny	Σ0,5 mg/m <sub>N</sub> <sup>3</sup>	Σ0,05 mg/m <sub>N</sub> <sup>3</sup>
Hg a její sloučeniny	0,05 mg/m <sub>N</sub> <sup>3</sup>	0,0014 – 0,0036 mg/m <sub>N</sub> <sup>3</sup>

Odpadní vody vznikají při chlazení hlavního tuhého zbytku (škvára, popel) a v mokřých odlučovačích při čištění spalin. Je-li ve spalovně využíváno odpadní teplo, pak vzniká odpadní voda i při úpravě napájecí vody pro kotel. Voda z chlazení tuhých zbytků obsahuje vylouhované soli, nespálené organické složky a suspenzi pevných částic. Standardem je vícestupňové čištění, které v první etapě obnáší vysrážení solí těžkých kovů, vločkování, sedimentaci, neutralizaci a odvodnění kalů. Druhá etapa zahrnuje filtrování přes štěrk a aktivní uhlí následované průchodem upravené vody přes ionex. Filtrační koláče z kalolisu představují nebezpečný odpad, který se odstraňuje skládkováním.

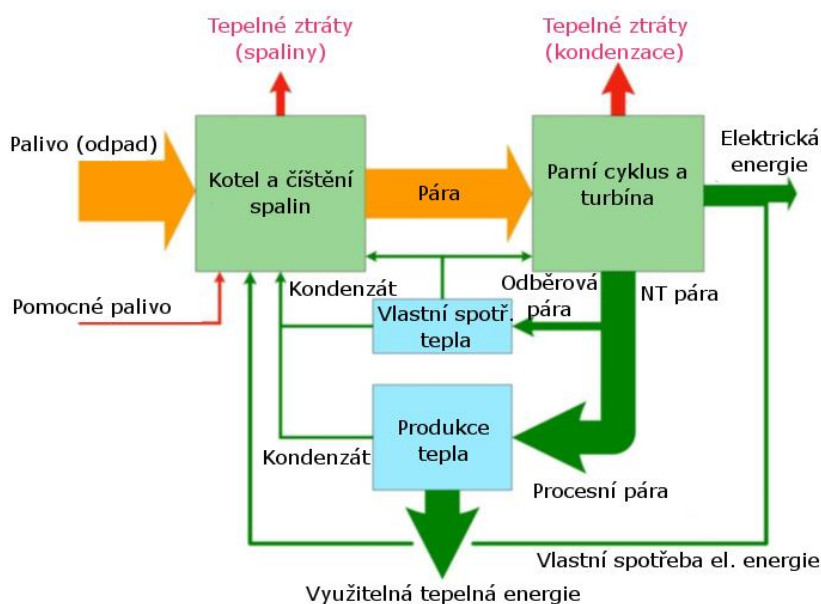
#### 4.2.5. Energetické toky ve spalovně odpadů

Jedním z hlavních cílů termického zpracování odpadů je využití tepla vzniklého při spalování odpadu za účelem získání energie. Některé druhy odpadu je také výhodné používat jako palivo v zařízeních spoluspalujících odpad, kam se řadí hlavně cementárny a vápenky.

Výhřevnost směsného komunálního odpadu se většinou pohybuje od 7 do 11 MJ/kg. Účinnost energetické přeměny je při spalování odpadů výrazně horší, než je tomu v klasických energetických zdrojích. Největší podíl v energetické bilanci spalovny zaujímá teplo uvolněné spalováním hořlaviny v odpadu. Toto neplatí pro spalování kaloricky nízkohodnotných materiálů s vysokým obsahem balastu (zemina, stavební suť, uliční smetky, neodvodněné kaly z ČOV, apod.), nebo v případech, kdy je třeba k dosažení požadované kvality spalovacího procesu přivádět podpurné palivo do stabilizačních hořáků.

Platí, že pokud není splněna jedna z níže uvedených podmínek, pak spalovna nemůže být považována za zařízení na energetické využívání odpadů (ZEVO), ale za zařízení na jejich odstraňování.

- odpad po zapálení nepotřebuje podpurné palivo a uvolněné teplo se použije pro vlastní nebo cizí potřebu, případně
- odpad se použije jako palivo nebo jako přídatné palivo v zařízeních na výrobu energie nebo materiálu za podmínek stanovených platnými právními předpisy na ochranu ovzduší.



Obr. 24 Energetické toky ve spalovně odpadů



Moderní ZEVO jsou navrhována tak, aby tepelný potenciál vzniklých spalin využívala ke kombinované výrobě tepla a elektřiny nezávisle na vnější síti. Dodávky tepla a elektřiny spadají do vlastní spotřeby (Obr. 24), která se může zvýšit, pokud je nezbytné realizovat ohřev spalin v souvislosti s opatřeními pro snížení emisí NO<sub>x</sub> a persistentních organických látek. Každé zvýšení teploty spalin o 10°C představuje nárůst vlastní spotřeby tepla o 90 až 180 MJ/t odpadu.

Měrná produkce tepla a elektřiny vztažená na tunu vstupujícího odpadu je pro různé provozní režimy ZEVO uvedena v Tab. 13. Jedná se o průměrné a mezní hodnoty evropských jednotek zapojených do průzkumu CEWEP [6]. Analyzováno bylo 70 % spaloven v EU včetně Švýcarska a Norska, na které ročně připadá 86 % všech spálených odpadů. Počet instalací je uveden v závorce.

**Tab. 13 Měrné ukazatele výroby dle provozního režimu**

		Výtopenský režim (47)	Elektrárenský režim (83)	Teplárenský režim (184)
EE vyrobená [MWh <sub>e</sub> /t]	∅	0	0,581	0,444
EE exportovaná [MWh <sub>e</sub> /t]	∅	0	0,476	0,338
	Min/Max	0	0,075 – 0,873	0,007 – 0,899
Vlastní spotřeba EE [MWh <sub>e</sub> /t]	∅	0	0,105	0,106
	Min/Max	0	0 – 0,251	0 – 0,286
TE vyrobená [MWh <sub>t</sub> /t]	∅	2,300	0,122	1,101
TE exportovaná [MWh <sub>t</sub> /t]	∅	2,154	0	0,938
	Min/Max	0,520 – 3,333	0	0,004 – 3,267
Vlastní spotřeba TE [MWh <sub>t</sub> /t]	∅	0,146	0,122	0,163
	Min/Max	0,014 – 0,350	0,014 – 0,389	0,020 – 0,387

Budeme-li uvažovat s průměrnou výhřevností odpadu 2,9 MWh/t, pak průměrným hodnotám z tabulky přísluší níže uvedené podíly na energii přivedené v odpadu (Tab. 14). U vyrobené tepelné a elektrické energie se jedná o hrubé účinnosti transformace, v případě exportovaných energií jde o čistou účinnost výroby v zařízení.

**Tab. 14 Podíl energetických toků k přivedené energii v odpadu**

	Výtopenský režim (47)	Elektrárenský režim (83)	Teplárenský režim (184)
EE vyrobená [%]	0	21,6	15,0
EE exportovaná [%]	0	17,7	11,4
Vlastní spotřeba EE [%]	0	3,9	3,6
TE vyrobená [%]	77,2	4,5	37,1
TE exportovaná [%]	72,3	0	31,6
Vlastní spotřeba TE [%]	4,9	4,5	5,5

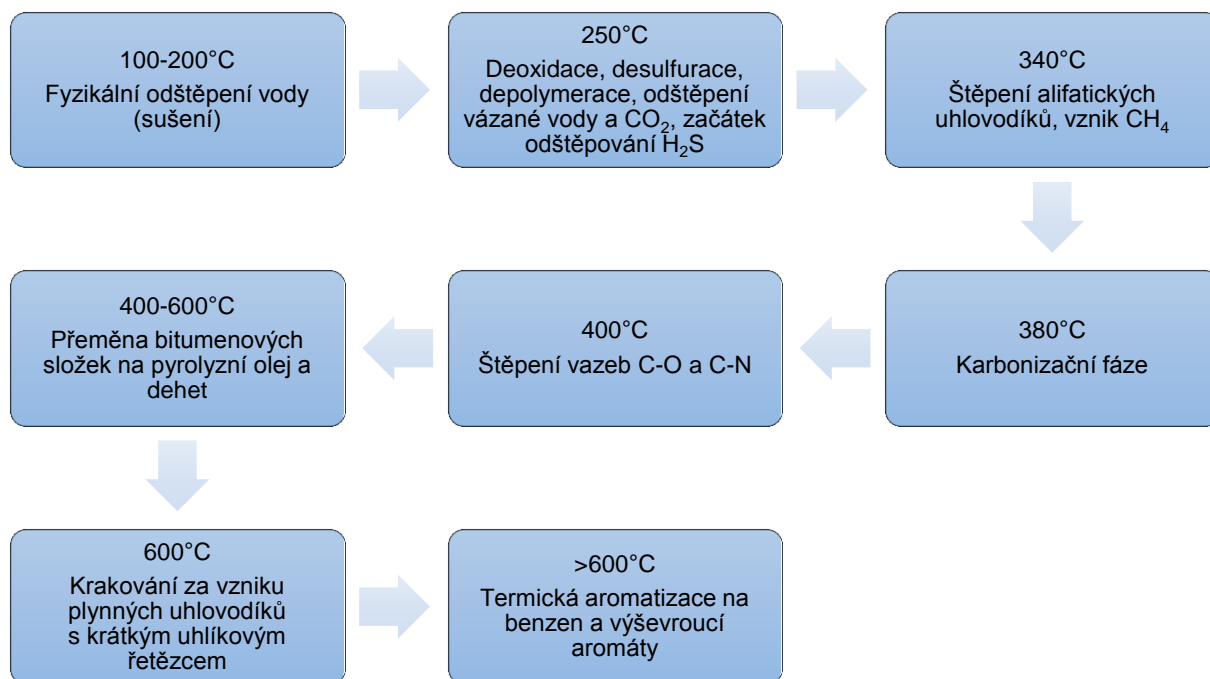
Mezi hlavní zařízení, které se nejvíce podílejí na vlastní elektrické spotřebě, patří spalinový ventilátor (20–30 %), napájecí a vodní čerpadla (20 %), vzduchový kondenzátor (10 %) a technika pro manipulaci a úpravu odpadů (20 %).

Čistá elektrická účinnost současných špičkových spaloven se přibližuje hranici 31 %, což je stále výrazně méně ve srovnání s nejmodernějšími uhelnými energetickými zdroji, které dosahují až 47 %, a to zejména díky vyšším parametrům páry a pokročilejší carnotizaci parního cyklu obecně.

V EU je v současnosti cca 450 zařízení na energetické využívání odpadů. Ve vztahu ke kapacitě vyjádřené množstvím za hodinu spáleného odpadu, se Česká republika řadí ke státům, které disponují spíše většími spalovnami.

### 4.3. Pyrolýza

Pyrolýza je fyzikálně-chemický děj, kdy působením teploty (nejčastěji v rozmezí 300 až 800°C) bez přístupu oxidačního činidla dochází ke štěpení makromolekulárních sloučenin na jednodušší těkavé sloučeniny a tuhý uhlíkatý zbytek. Konečnými produkty pyrolýzy jsou pyrolytický plyn, pyrolytický olej a pyrolytický koks, přičemž vzájemný poměr závisí na vstupním materiálu a teplotě procesu.



Obr. 25 Průběh chemických reakcí při pyrolýze

Volbou vyšší teploty a tlaku lze docílit štěpení silnějších vazeb, a tím ovlivnit výtěžky pyrolyzních produktů. To umožňuje zhodnotit směsný odpad štěpením na pevné a plynné frakce bez vysoké teploty, která je obvyklá u spalování. To také znamená, že je redukována tvorba problematických látek (sloučeniny chloru, síry, dusíku) a pro čištění plynu postačuje menší zařízení, než je tomu v případě spalin vznikajících přímým spalováním odpadu.

Přes řadu výhod je však energetické využívání odpadů založené na pyrolýze za současných ekonomických a legislativních podmínek nejen v ČR, ale i v celé Evropě, těžko udržitelné. Technické řešení v podobě spaloven je technologicky na tak vysoké úrovni, provozně ověřené a postačující z hlediska plnění emisních limitů, že pro ně v oblasti termické likvidace SKO neexistuje konkurence. Přesto se najde několik aplikací, kdy nasazení pyrolyzní jednotky má své opodstatnění.

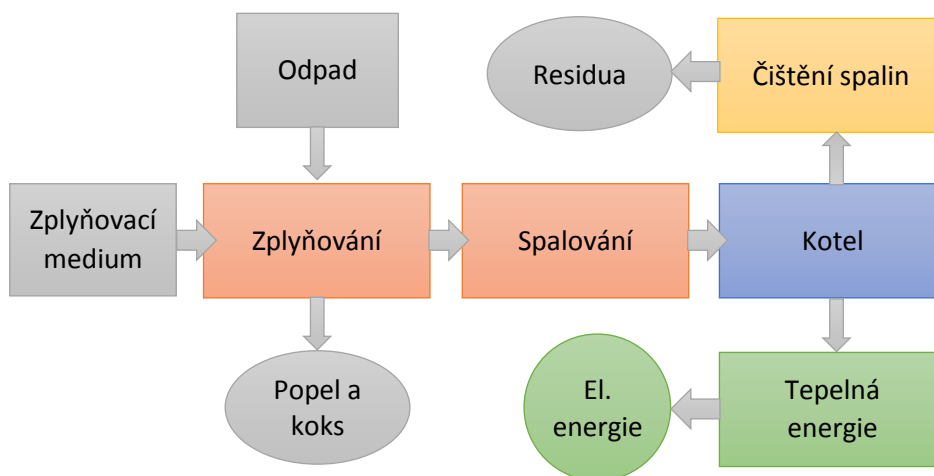
Pyrolýza je vhodná pro netoxický odpad. Za určitých podmínek lze výsledné produkty využívat materiálově díky obsahu cenných chemických látek, což platí prakticky jen ve spojení s průmyslovými odpady. Pyrolýzou SKO vznikají nestabilní a ve vodě rozpustitelné uhlovodíky, které je možné využívat jen termicky.

Nejvíce užívané technologie pro pyrolýzu odpadů jsou reaktory s fluidním ložem a reaktory tvořené rotačním bubnem, který může být vyhříván sáláním i konvekci vně nebo zevnitř. Rotační bubny převažují a používají se i pro zpracování SKO. Jejich předností jsou menší nároky na drcení a tepelné ztráty, nejsou však schopny účinně eliminovat škodlivé látky při kontaktu s přísadami vzhledem ke krátké době zdržení. Rychlost odchodu pyrolyzních plynů z bubnového reaktoru je také příčinou vzniku méně hodnotných plynů. Pyrolyzní proces v rotačních bubnech probíhá při teplotách 450-500°C, které jsou dosahovány nepřímým ohřevem spaliny z plynového motoru. Vznikající pyrolyzní plyn je znečištěn dehtem a musí být čištěn na rozžhaveném koksovém loži. Po ochlazení je spálen ve zmíněném motoru pohánějícím elektrický generátor. Jediné dvě v současnosti v Německu průmyslově provozované pyrolyzní jednotky jsou založeny na tomto principu.

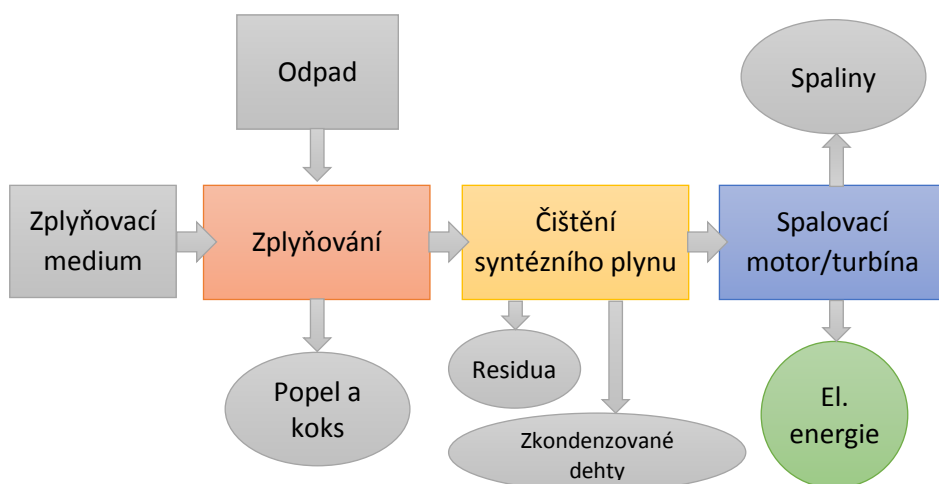
#### 4.4. Technologie pro zplyňování tuhých odpadů

Zplyňování se spolu s pyrolýzou řadí mezi redukční termické procesy, které se od sebe liší tím, že při zplyňování probíhají reakce za zvýšené teploty s přísunem oxidačního činidla. To je do reakčního prostoru dopravováno ve formě zplyňovacího média, kterým nejčastěji bývá prostý vzduch, vzduch obohacený kyslíkem, čistý kyslík nebo pára, případně jejich směsi. Základním požadavkem je, aby množství kyslíku nepřekračovalo stechiometrickou hodnotu pro dokonalé spálení všech plynných produktů tvořících tzv. syntézní plyn. Ten obsahuje jak spalitelné složky CO, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> a vyšší uhlovodíky, tak inertní plyny a nežádoucí příměsi jako jsou dehty, unášené částičky koksu a popílek.

Zplyňovací technologie mohou pracovat samostatně, nebo mohou být součástí modulárních systémů kombinujících pyrolyzní, zplyňovací a spalovací jednotku. V závislosti na zařazení sekce čištění rozlišujeme dvě základní koncepce. Tou v dnešní době zcela převládající je uspořádání s neupraveným syntézním plynem vstupujícím přímo do kotle, v němž je teplo uvolněné spálením plynu využito v rámci Rankinova parního oběhu k pohonu turbíny (Obr. 26). Alternativou je spalování již vyčištěného plynu, přičemž mechanická práce je získávána prostřednictvím Braytonova oběhu v plynové turbíně nebo spalovacím motoru Obr. 27.



Obr. 26 Zplyňování integrované v Rankinově parním oběhu



Obr. 27 Zplyňování integrované v Braytonově oběhu

Čištění vyrobeného syntézního plynu je poměrně složitý proces, jelikož následné využití plynu v efektivnějších energetických systémech je spojeno s vysokými nároky na jeho požadovanou kvalitu a minimální obsah kontaminantů. To platí zejména v případě aplikace palivových článků.

Tab. 15 Požadavky na kvalitu syntézního plynu pro jeho energetické využití

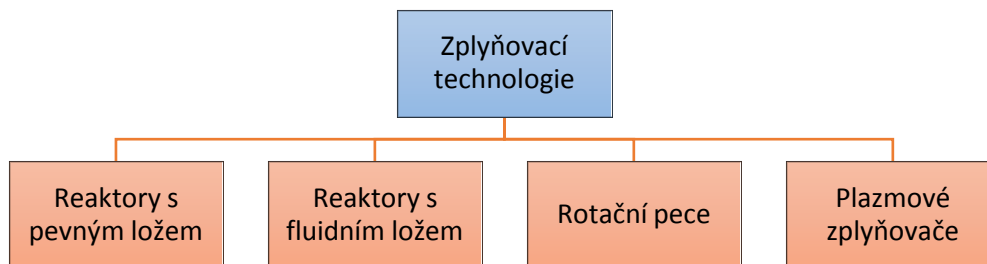
Kontaminant	Spalovací motory	Plynové turbíny	Palivové články
Prachové částice	< 5 mg/m <sup>3</sup>	< 1,2 mg/m <sup>3</sup>	< 0,02 mg/m <sup>3</sup>
Dehet	< 30 mg/m <sup>3</sup>	< 5 mg/m <sup>3</sup>	< 0,1 mg/m <sup>3</sup>
Halogeny	< 10 mg/m <sup>3</sup>	< 1 mg/m <sup>3</sup>	0
Sloučeniny síry	< 100 mg/m <sup>3</sup>	< 1,5 mg/m <sup>3</sup>	0
Sloučeniny dusíku	< 50 mg/m <sup>3</sup>	minimum NH <sub>3</sub>	-
Těžké kovy	-	< 1 ppm	-
Alkalické sloučeniny	< 1 mg/m <sup>3</sup>	< 0,1 mg/m <sup>3</sup>	0

Zplyňování oproti přímému spalování odpadů nabízí tyto hlavní výhody:

- výsledkem je meziprodukt, který je využitelný v řadě aplikací (generování elektrické energie, výroba kapalných paliv, chemický průmysl)
- vyšší účinnost energetické přeměny při spalování syntézního plynu ve spalovacích motorech nebo plynových turbínách v porovnání s parní turbínou
- nižší teploty promítající se do menší míry odpadu alkálií a těžkých kovů; pomalejší zanášení teplosměnných ploch
- vhodné pro jednotky nižších výkonů (méně než 120 000 t/rok)
- rychlejší výstavba a modifikace díky modulárnímu provedení
- záchyt většiny nespalitelných složek; kovy zůstávají v neoxidované formě
- silně omezená produkce dioxinů a furanů v důsledku redukční atmosféry
- výrazné snížení vysokoteplotní koroze při chlazení syntézního plynu
- menší komínová ztráta daná menším přebytkem vzduchu a objemem spalin

V současnosti existuje několik ověřených zplyňovacích procesů, které jsou provozovány v komerčním rozsahu. Jednotlivé technologie se liší typem tepelného zdroje (přímý, nepřímý ohřev), provozním tlakem (atmosférický, zvýšený), teplotním rozpětím ovlivňujícím formu tuhých zbytků (tavenina, vitrifikovaná struska), přívodem materiálu (boční plnění, vrchní plnění, gravitační, pneumatická nebo mechanická doprava), zplyňovacím médiem (vzduch, kyslík) a mnoha dalšími parametry.

V principu jsou k dispozici čtyři základní technologie pro zplyňování (Obr. 28).



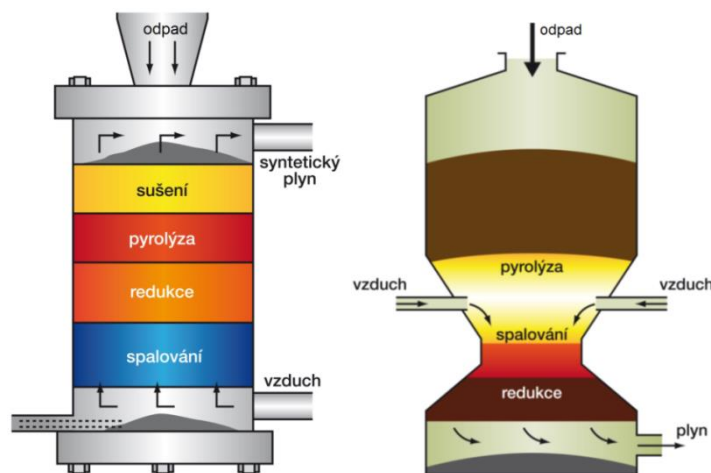
Obr. 28 Typy zplyňovacích technologií

#### 4.4.1. Reaktory s pevným ložem

Jsou to vertikální nádoby, které jsou téměř celé vyplněny vstupním materiálem (odpadem). Po výšce reaktoru jsou poměrně snadno rozlišitelné zóny, ve kterých probíhají různé fyzikálně-chemické procesy, jejichž pořadí závisí na směru toku odpadu a zplyňovacího média. Výška jednotlivých zón není stálá a mění se v závislosti na provozních podmínkách.

Je-li vstupní materiál (odpad) do reaktoru přiváděn shora a oxidant spodem, pak se jedná o protiproudý zplyňovač. V takovém případě materiál sestupuje všemi zónami, přičemž dochází nejdříve k sušení, následně pyrolýze, redukční a nakonec oxidační fází. Uvolněné těkavé látky proudí nahoru, čímž dochází ke strhávání dehtů vznikajících v pyrolyzní zóně. Výsledkem je plyn s vysokým obsahem dehtů.

V souproudém zplyňovači je vstupní materiál rovněž přiváděn vrchem, oxidant se ale zavádí v horní části či bokem, takže oba toky postupují stejným směrem. Pořadí zón je pak jiné než u protiproudého zplyňovače. Spálením části materiálu se vytvoří pevné lože, kterým prostupují vznikající plyny, jež jsou spodem odváděny z prostoru reaktoru. Toto řešení umožňuje krakování dehtů, takže kvalita plynu je v tomto případě vyšší.



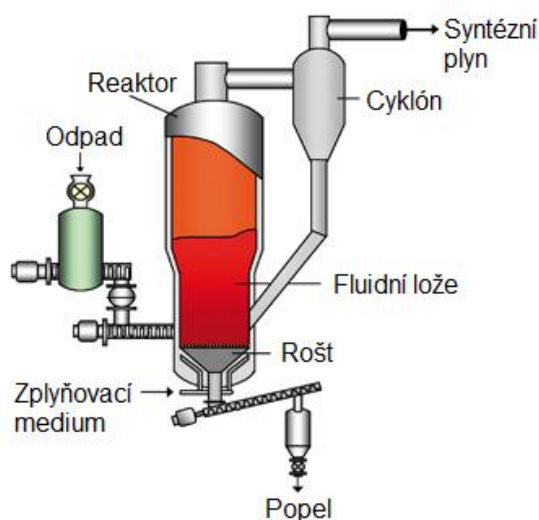
Obr. 29 Reaktor s pevným ložem protiproudý (vlevo) a souproudý (vpravo) [11]

Příkladem sesuvného protiproudého lože je svislá šachtová pec navržená japonskou společností Nippon Steel pod názvem Direct melting system. Jedná se o kombinaci vysokoteplotního zplyňování s tavicím procesem, kdy vzduch s 36 % kyslíku je přiváděn do tavicí sekce. Směsný komunální odpad vstupuje vrchní částí pece spolu s koksem (redukční činidlo, 50 kg na tunu odpadu) a vápencem (regulátor viskozity, 5 % vsázky). Ve spodní části pece se nachází koksová lože, které je spalováno za účelem udržení vysoké teploty pro urychlení zplyňování a především pro roztavení popela a jeho snadný odvod z pece. Provozní teplota v předehřívací a sušící zóně je kolem 300°C. Oblast zplyňování je ohraničena teplotami 300 až 1000°C, spalování pak probíhá v rozmezí 1000 až 1700°C. Syntézní plyn je odváděn do cyklonové spalovací komory, z které jsou spaliny vedeny do kotle na odpadní teplo. Postaveno bylo přibližně 30 jednotek v Japonsku a Jižní Koreji s kapacitami od 100 do 450 t zpracovaného odpadu denně. Dodavatelem deklarovaná výroba elektřiny z jedné tuny směsného komunálního odpadu je 670 kWh, čemuž při průměrné výhřevnosti 10 GJ/t odpovídá elektrická účinnost 24%.

#### 4.4.2. Fluidní reaktory

Fluidní reaktory pro zplyňování se po konstrukční stránce v zásadě neliší od fluidních kotlů používaných pro spalování uhlí či odpadů. Jejich vývoj byl zintenzivněn snahou vypořádat se s nízkou účinností reaktorů s pevným ložem a potížemi se zpracováním materiálů s vyšším obsahem popelovin. Ve fluidních reaktorech nejsou reakční zóny, jelikož celé lože je izotermické. Teplota lože nepřekračuje 900°C, aby nedocházelo k tavení a spékání popela, které by snížilo kvalitu fluidace. Podle rychlosti proudění zplyňovacího média můžeme reaktory rozdělit na cirkulační a s bublinkovou fluidní vrstvou.

U bublinkových reaktorů (Obr. 30) je rychlost proudění (1-3 m/s) nastavena tak, aby inertní částice a koks nemohly být plynem unášeny z prostoru reaktoru. Většina reakcí probíhá v loži a bezprostředně nad ložem, kde jsou největší turbulence způsobené erupcí bublinek. Vyroběný syntézní plyn je odváděn vrchem reaktoru pro další využití.



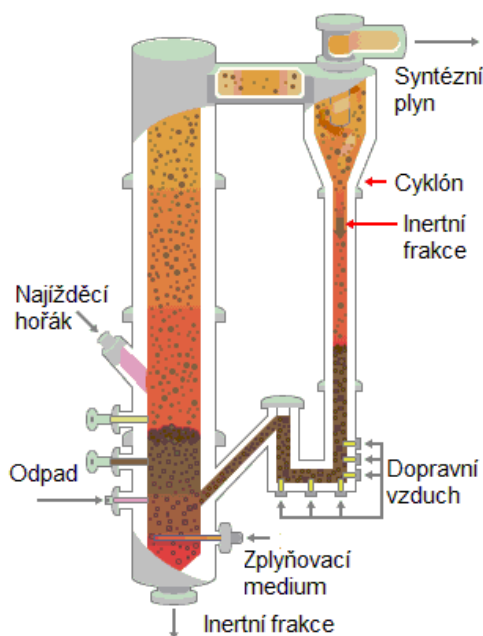
Obr. 30 Zplyňovací reaktor s bublinkovou fluidní vrstvou [12]

Pozici lídra ve vývoji této technologie pro zplyňování komunálních odpadů suverénně zaujímá Japonsko, kde je instalována řada zařízení pracujících na principu TwinRec procesu, při kterém je pyrolyzní plyn spolu s popílkem a částicemi koksu odváděn z pískového fluidního lože do cyklonové spalovací komory. Zde probíhá spalování za

současného tavení popílku, jenž poté v podobě strusky padá do vodního uzávěru, čímž dochází k prudkému zchlazení a vitrifikaci. Spaliny jsou využívány v kotli na odpadní teplo k produkci páry pohánějící turbínu. Čištění spalin se neliší od běžného postupu ve spalovnách.

Tlakovou variantou TwinRec je proces UEP, v němž je místo spalovací komory použit druhý zplyňovací reaktor pracující při teplotách 1300 až 1500°C. Tím je opět zaručeno tavení popílku a jeho následná vitrifikace. Zplyňovacím médiem je v obou reaktorech čistý kyslík s tlakem do 10 bar. Výsledným produktem je plyn, který se využívá v závodě na výrobu amoniaku. Zpracovávaným odpadem jsou plasty v množství 11 000 a 24 000 t/r.

Překročí-li rychlost zplyňovacího média určitou mez (zpravidla 3-15 m/s), začnou být větší částice vynášeny z reaktoru a přestane existovat jasně vymezená horní hranice lože. Pro zajištění stabilního provozu, musí být tyto částice zachyceny v cyklónovém odlučovači a vráceny do lože. Systém záchytu a zpětného transportu je **integrální součástí reaktoru** a tento typ se nazývá s cirkulující fluidní vrstvou (CFB, Obr. 31).



**Obr. 31 Zplyňovací reaktor s cirkulující fluidní vrstvou [12]**

Fluidní reaktor s cirkulující fluidní vrstvou je instalován v Itálii nedaleko Florencie jako druhý stupeň zplyňování RDF paliva (17,2 MJ/kg) vyrobeného ze směsného komunálního odpadu. Komplex sestává ze dvou 15MW CFB reaktorů s kapacitou 100 t pelet denně. Provozní teplota je 700 až 800°C při mírně zvýšeném atmosférickém tlaku. Hlavním účelem CFB reaktorů je krakování dehtů obsažených v syntézním plynu vyrobeném v prvním stupni, jímž je bublinkové fluidní lože. Syntézní plyn o výhřevnosti 7,5 MJ/m<sub>N</sub><sup>3</sup> je po čištění mokrou vypírkou veden do hořáků v kotli, kde je teplo spalin předáváno páře o parametrech 380°C a 42 bar pro pohon turbogenerátoru s výkonem 6,7 MW. Elektrická účinnost je v rozmezí 18 až 20 %, což je způsobeno zejména pravidelným zanášením teplosměnných ploch v kotli mající za následek provoz turbíny na 50 % nominálního výkonu. Je-li produkce syntézního plynu v přebytku, je tento veden do blízké cementárny, kde jsou společně s popelem a spotřebovaným vápencem využity v rotační peci.

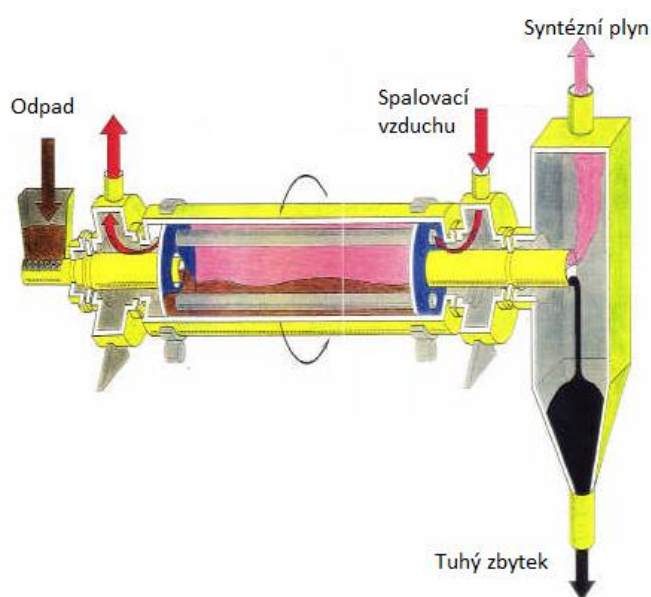
Tab. 16 Srovnání fluidních reaktorů z výkonového hlediska

Typ zplyňovacího reaktoru	Tepelný výkon
Souproudý s pevným ložem	1 kW – 1 MW
Protiproudý s pevným ložem	1 MW – 12 MW
S bublinkovou fluidní vrstvou	1 MW – 50 MW
S cirkulující fluidní vrstvou	10 MW – 200 MW

#### 4.4.3. Rotační pece

Rotační pece zpravidla představují první stupeň v procesu termické likvidace odpadů. To, zda v nich dochází ke zplyňování, pyrolýze či spalování je dáno pouze množstvím oxidačního činidla. Příkladem rotační pece provozované v režimu zplyňování je technologie založená na procesu Mitsui Recycling 21.

Komunální odpad se nejdříve nadrtí na frakci menší než 200 mm a následně je přiveden do rotačního bubnu (1,5 otáčky/min), kde je při teplotě 450°C zplyněn. Pokud výhřevnost odpadu neklesne pod 7 GJ/t, pak není potřeba přimíchávat přídavné palivo díky vysokoteplotnímu ohřevu vzduchu. Po zhruba hodinovém zdržení pokračují tuhé zbytky do chladicího bubnu, kde se jejich teplota sníží na 80°C a jsou roztříděny na uhlík, hliník a železo. Vyrobený syntézní plyn je spolu s uhlíkem přiváděn do spalovací komory, kde je při teplotě 1300°C spalován. Teplo spalin je v kotli na odpadní teplo předáno páře o parametrech 400°C/4 MPa pro pohon turbogenerátoru. Jediným odpadem z technologie ukládaným na skládku jsou zbytky z odchlorování spalin, které tvoří přibližně 0,5 % původního objemu odpadu. V Japonsku je provozováno 9 jednotek s 60 000 až 150 000 tunami zpracovávaného odpadu za rok.



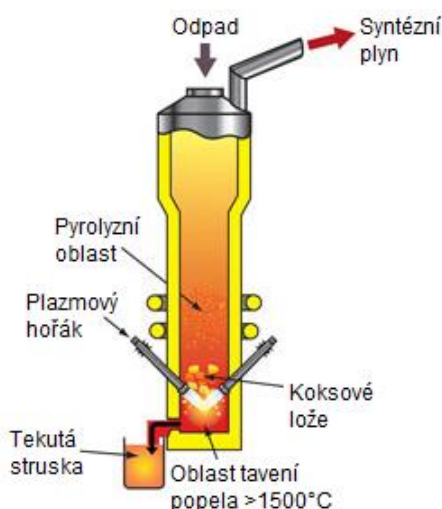
Obr. 32 Řez rotační pece v procesu Mitsui Recycling 21 [13]



#### 4.4.4. Plazmové technologie

Ve výše uvedeném přehledu technologií je přísun tepla pro udržení zplyňovacích reakcí zajištěn částečným spalováním odpadu. Kromě toho existuje postup, při kterém je teplo dodáváno elektrickým obloukem vytvořeným v plazmovém hořáku (Obr. 33). Plazmové zplyňovače jsou obvykle reaktory s pohyblivým ložem, v nichž neupravený odpad přichází do kontaktu s plazmou při atmosférickém tlaku a teplotě 1500 až 5000°C. Organický materiál je konvertován na kvalitní syntetický plyn, zatímco anorganické složky jsou přetaveny ve strusku. Provoz zařízení je energeticky velmi náročný. Spotřeba hořáků se pohybuje mezi 1200 a 2500 MJ na tunu odpadu, což představuje až 20 % hrubé elektrické produkce. Účinnost přeměny chemické energie obsažené v odpadu na elektrickou se uvádí 7 až 10 %

Prakticky jediným komerčním zařízením na plazmové zplyňování směsných komunálních odpadů je založeno na technologii firmy Westinghouse. V Japonsku byly po úspěšném završení demonstračního provozu pilotní jednotky uděleny tamní vládou certifikáty pro komerční nasazení tohoto typu zařízení. Od roku 2003 zplyňovač ve městě Utashinai denně zpracovává cca 165 t směsi SKO a drceného odpadu z autovraků, přičemž je schopen zplynit až 220 t samotného SKO za den. Menší zplyňovač se nachází ve městě Mihama, kde je energeticky využíváno 24 t SKO a 4 t kalů z ČOV.



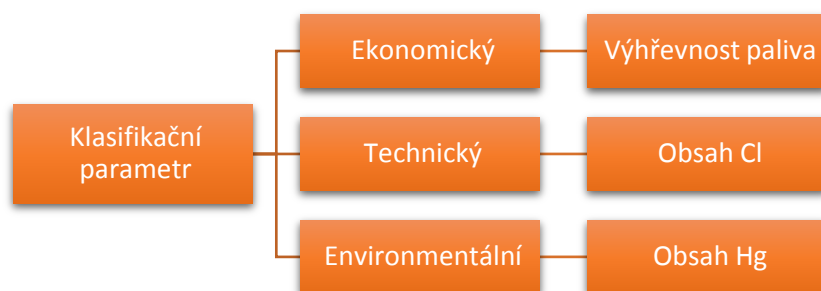
Obr. 33 Plazmová technologie vyvinutá firmou Westinghouse [14]

#### 4.5. Alternativní palivo z odpadů

Nejsou-li k dispozici dostatečné kapacity pro zpracování odpadů ve spalovnách, využívá se zařízení, ve kterých je z technického hlediska možné realizovat spoluspalování odpadů. K tomuto řešení se také z ekonomických a environmentálních důvodů přistupuje v technologických provozech, kde je vhodné energeticky využít odpadní materiály z výroby při výrobě procesního tepla. Vedle průmyslových odpadů je možné spalovat i upravené komunální odpady označované jako tuhé alternativní palivo (TAP). V zahraniční literatuře je tento druh paliva znám pod zkratkou RDF (refuse derived fuel) nebo SRF (solid recovered fuel).

Za účelem podpoření obchodovatelnosti, mezinárodní přepravy a zvýšení důvěryhodnosti v očích veřejnosti byla vydána evropská technická norma CEN/TS 15359, která zavádí klasifikaci a specifikaci TAP. Dokument pokrývá širokou škálu druhů odpadů s výjimkou biodpadů a nebezpečných odpadů

Klasifikace je založena na třech základních parametrech, které obchodníkům dávají okamžitou základní představu o vlastnostech paliva. Každý z parametrů je členěn do pěti tříd podle jeho limitní hodnoty, přičemž výsledná kombinace tříd tvoří kód paliva.



Obr. 34 Klasifikační parametry normy CEN/TS 15359

Specifikace paliva obnáší uvedení fyzikálních a chemických vlastností a druh odpadu, ze kterého bylo palivo připraveno. Fyzikální vlastnosti zahrnují formu paliva (peletky, štěpka, prášek, apod.), granulometrii, obsah popela v sušině, vlhkost surového vzorku, výhřevnost surového vzorku a sušiny. Chemické vlastnosti jsou popsány výčtem prvků a jejich typickými a limitními koncentracemi v sušině. Součástí specifikace je informativní příloha o způsobu zpracování, tj. třídění, biologické úpravě, mechanické úpravě, praní, sušení, homogenizaci a hutnění.

Tab. 17 Klasifikační systém pro TAP

Parametr	Statistická míra	Jednotka	Třída				
			1	2	3	4	5
Výhřevnost	Medián	MJ/kg surového vz.	≥ 25	≥ 20	≥ 15	≥ 10	≥ 3
Cl	Medián	% v sušině	≤ 0,2	≤ 0,6	≤ 1	≤ 1,5	≤ 3
Hg	Medián	MJ/kg surového vz.	≤ 0,02	≤ 0,03	≤ 0,08	≤ 0,15	≤ 0,5
	80. percentil		≤ 0,04	≤ 0,06	≤ 0,016	≤ 0,3	≤ 1

Vstupním materiálem pro TAP z komunálních odpadů bývají vytříděné složky, které mají značný energetický potenciál a není možné je materiálově využívat. Jedná se hlavně o směsné plasty, gumu, syntetický textil, dřevo a papír, jejichž skladba znemožňuje recyklaci.

V rámci průmyslového sektoru se TAP vyrábějí z odpadních obalů a výrobků nesplňujících kvalitativní kritéria pro uvedení na trh, dále to může být odpadní biomasa jako například v podobě kontaminovaných pilin, nebo zbytky z demontáže autovraků. Vhodným materiálem jsou pneumatiky, jejichž opotřebení dosahuje takového stupně, že regenerace protektorováním není možná. Vynikají vysokou výhřevností v rozsahu 28 až 35 MJ/kg, avšak mají také vysoký podíl síry (až 4 %). Jsou jedním z nejčastěji používaných sekundárních paliv v cementářských pecích.

Většina cementáren nespaluje komunální odpady přímo, jelikož heterogenní složení představuje provozní a environmentální riziko. V českých cementárnách se spálí cca 250 000 tun odpadů a alternativních paliv ročně. Hlavní motivací ze strany provozovatelů je snížení nákladů na primární paliva a potenciální snížení emisí. Ze společenského hlediska je přínosná kombinace energetického a materiálového využití, kdy výsledkem spalování je

výrobek (slinek). Jako nevýhodu lze považovat přidané náklady vlivem přísné legislativy, vyšší požadavky na měření emisí, potřeba modifikovat systém řízení, provozovat laboratoř pro trvalé sledování a možné komplikace způsobené obsahem síry a chlóru.

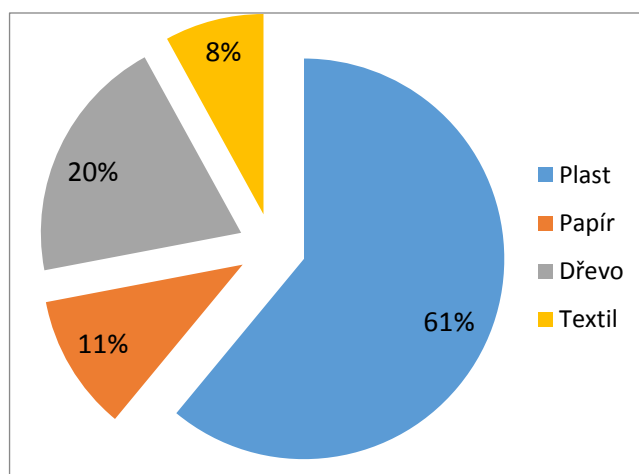
Druhým nejvýznamnějším sektorem, kde je možné využít TAP, je energetika. V minulosti se jednalo především o spoluspalování odpadní biomasy, nicméně stále častěji se prosazují upravené odpady různých druhů. V ČR především z legislativních důvodů je využívání TAP ve fázi pokusného spalování. Spalovací zkoušky probíhaly například v elektrárně Dětmarovice s palivem NOLO 1 vyrobeným při sanaci ekologické zátěže. V elektrárně Tisová bylo ve fluidních kotlích testováno spoluspalování hnědého uhlí s palivem ASAPAL a LAPUREN-Granulat a BRIKPUR. Množství TAP v základním palivu bylo nejvýše 10 %, přičemž každé TAP bylo zkoušeno samostatně s měřením emisí znečišťujících látek. Během provozu nedošlo k překročení emisních limitů, pouze u chlóru bylo zaznamenáno mírné navýšení koncentrací oproti spalování čistého uhlí, zatímco u mnoha jiných složek byly změřeny nižší hodnoty.

Výhřevnost TAP připravených z nerecyklovatelných složek vyříděných z komunálního odpadu je poměrně stabilní a činí 20 až 23 MJ/kg. Je tedy značně vyšší než u TAP z upravených směsných odpadů, kdy výhřevnost nepřevyšuje 13 MJ/kg. Neupravený směsný komunální odpad je na úrovni 8 až 11 MJ/kg.

Z hlediska vlhkosti jsou na tom lépe TAP ze stavebních a průmyslových odpadů (11-17 %), se zhruba dvakrát nižším obsahem vody než je tomu u TAP ze směsných komunálních odpadů (25-34 %). Stejně tak podíl popelovin je nižší.

### **PALOZO**

Výrobou TAP pod značkou Palozo se zabývá společnost OZO Ostrava, která na své lince používá dvoustupňové drcení a optotřídění PVC. Vstupní surovinu tvoří ze 40 % nerecyklovatelná spalitelná frakce ze separovaného sběru a z 60 % průmyslové odpady. Průměrné materiálové složení je patrné z Obr. 35.



**Obr. 35 Podíl spalitelných složek v alternativním palivu Palozo (OZO Ostrava s.r.o.)**

Alternativní palivo je již od roku 2000 dodáváno do cementárny v Hranicích, kde je využíváno jako částečná náhrada za černé uhlí v rotační peci pro výpal cementového slínku. Kvalitativní parametry AP a koncentrace znečišťujících látek naměřené během provozu v režimu spoluspalování jsou uvedeny v Tab. 18 a Tab. 19.

**Tab. 18 Kvalitativní parametry paliva Palozo**

Parametr	Hodnota
Výhřevnost	22 MJ / kg
Granulometrie	< 35 mm
Vlhkost	< 15 %
Obsah popela	< 10 %
Obsah síry	< 0,9 %
Obsah chlóru	< 0,5 %

**Tab. 19 Emise ze spalování TAP v cementárně v Hranicích**

Škodlivina	TZL	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	VOC	Cl	F	Cd+Hg+Ti	As+Cr+Co+Ni	Cu+Mn+Pb
<b>Limit ČIŽP</b>	50	400	1800	1190	20	30	2	0.2	2	5
<b>Změřeno</b>	3,6	1	500	454	8,1	0,68	0,33	0,0123	0,0171	0,0109
<b>Podíl</b>	7,2%	0,3%	27,8%	38,2%	40,5%	2,3%	16,5%	6,2%	0,9%	0,2%

### ASAPAL a LAPUREN-Granulát

ASAPAL je obchodní název společnosti A.S.A., spol. s r.o., která na trh dodává alternativní palivo vyráběné úpravou spalitelných nerecyklovatelných odpadů jako jsou směsi obalových materiálů, směsné plasty z komunální sféry, směsný textil, odpady pryže z průmyslu, dřevěné obaly, nevyužitelné zbytky z třídění a recyklace plastů a papíru.

LAPUREN-Granulát je homogenizovaný granulát zrnitosti 0-28 mm ze syntetických látek pocházejících ze separovaného sběru. Materiálově je tvořen směsí PP+PE (60-90 %), PET+PUR (0-30 %) a polystyrenu (0-10 %). Lisováním granulátu vznikají peletky LAP-PEL 6 a LAP-PEL 15 o průměru 6 a 15 mm při délkách 20-30 mm a 50-150 mm. Výrobou se zabývá společnost LEMONTA s.r.o. v Sokolvě, která disponuje linkou s roční kapacitou 100 000 t granulátu a 40 000 t peletek.

**Tab. 20 Složení alternativního paliva LAP-PEL 6**

Parametr	Označení	Jednotka	Průkazní zkouška	
Voda veškerá	A <sup>r</sup>	% hm.	11,17	2,32
Popel v původním stavu	A <sup>r</sup>	% hm.	10,95	14,52
Výhřevnost v původním stavu	Q <sub>i</sub> <sup>r</sup>	MJ/kg	24,52	26,08
Síra v sušině	S <sup>d</sup>	% hm.	0,20	0,22
Chlór v sušině	Cl <sup>d</sup>	% hm.	0,68	0,70
Rtuť v sušině	Hg	mg/kg sušiny	0,29	0,44



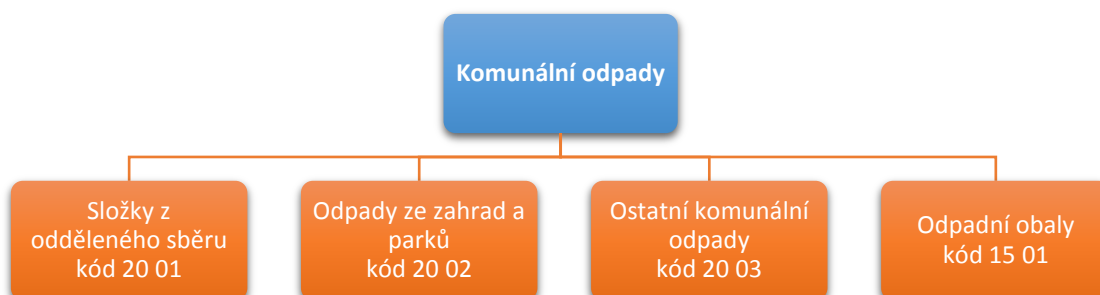
**Obr. 36 Alternativní palivo LAPUREN (granulát, PEL 6, PEL 15)**

## 5. Možnosti nakládání s komunálními odpady v MSK

Množství vznikajících odpadů, a nejen těch komunálních, je jednoznačně spojeno s vývojem HDP. Z toho můžeme vyvodit závěr, že budoucí ekonomický růst se promítne do vyšší produkce odpadů, a to bez ohledu na kvalitu odpadového hospodářství. Není způsob, jak tento trend zvrátit, existují pouze více či méně efektivní opatření vedoucí ke změně odpadních toků. Klíčovým impulzem ke změně je ovlivnění chování obyvatelstva tak, aby bylo více nakloněno materiálovému, případně energetickému, využívání odpadů na úkor jejich odstraňování.

### 5.1. Produkce komunálních odpadů v MSK

Komunální odpady je možné na základě přiřazeného kódu z katalogu odpadů rozdělit do čtyř podskupin charakterizující jejich původ.



Obr. 37 Skladba komunálních odpadů dle katalogu odpadů

Nejvíce zastoupeným odpadem z odděleného sběru jsou kovy a papír s lepenkou. Dohromady tvoří cca 85 % hmotnosti podskupiny 20 01, přičemž obě komodity jsou téměř výhradně materiálově využívány. Ke skládkování se přistupuje zejména v případě textilních materiálů, oděvů a biologicky rozložitelných odpadů z kuchyní a stravoven.

Tab. 21 Produkce složek z odděleného sběru odpadů v MSK (ISOH 2012)

Odpad	Kód odpadu	Produkce [t]	Podíl na produkci [%]	Skládk. [t]	Skládk. z produkce [%]
Papír a lepenka	200101	42 962	21,2	7	0,02
Sklo	200102	11 622	5,7	0	0,0
Biologicky rozložitelný odpad z kuchyní a stravoven	200108	964	0,5	131	13,6
Oděvy	200110	133	0,1	59	44,2
Textilní materiály	200111	64	0,0	30	47,5
Jedlý olej a tuk	200125	311	0,2	14	4,4
Vyřazené elektrické a elektronické zařízení	200136	1 011	0,5	54	5,4
Dřevo	200138	1 586	0,8	17	1,1
Plasty	200139	11 635	5,7	195	1,7
Kovy*	200140	128 714	63,4	0	0,0
Další frakce jinak blíže neurčené	200199	48	0,0	24	49,1
Vyřazená zařízení obsahující chlorofluoruhloidy	200123	809	0,4	0	0,0

Barvy, tiskařské barvy, lepidla a pryskyřice obsahující nebezpečné látky	200127	400	0,2	18	4,5
Baterie a akumulátory	200133	129	0,1	0	0,0
Vyřazené elektrické a elektronické zařízení obsahující nebezpečné látky	200135	2 677	1,3	0	0,0
<b>CELKEM</b>		203 065	-	549	0,27

*Poznámka: 118 000 t kovů pochází ze zpětně odebraných některých výrobků nebo elektrozařízení, přičemž číslo zahrnuje jak domácnosti, tak i živnostníky.*

Odpady ze zahrad a parků představují organický materiál, který je převážně kompostován, a dále inertní materiál v podobě zeminy a kamení, jenž se využívá pro úpravy terénu a rekultivace skládek. Necelých 5 % tvoří jiný biologicky nerozložitelný odpad, který je prakticky všechen ukládán na skládky. Odpady ze zahrad a parků jsou vedeny v kategorii ostatní odpady, nemají tedy nebezpečné vlastnosti.

**Tab. 22** Produkce odpadů ze zahrad a parků v MSK (ISOH 2012)

Odpad	Kód odpadu	Produkce [t]	Podíl na produkci [%]	Skládkováno [t]	Skládkováno z produkce [%]
Biologicky rozložitelný odpad	200201	41 684	44,1	8	0,02
Zemina a kameny	200202	48 298	51,1	0	0,0
Jiný biologicky nerozložitelný odpad	200203	4 542	4,8	5 140	113,2
<b>CELKEM</b>		94 524	-	5 148	5,5

Přibližně polovina všech komunálních odpadů spadá do skupiny 20 03 Ostatní komunální odpady, v nichž jsou z 83 % zastoupeny směsné komunální odpady a z necelých 15 % objemný odpad. Téměř veškerý SKO je v současnosti skládkován, jen nepatrná část ve výši 0,3 % je upravována za účelem materiálového využití. Skládkované množství určitého odpadů přesahující vlastní produkci je způsobeno nepodchycením části odpadního toku v evidenci o produkci a dovozem odpadů vzniklých v jiných krajích na skládky v MSK.

**Tab. 23** Produkce ostatních komunálních odpadů v MSK (ISOH 2012)

Odpad	Kód odpadu	Produkce [t]	Podíl na produkci [%]	Skládk. [t]	Skládk. z produkce [%]
SKO	200301	321 125	82,9	333 222	103,8
Odpad z tržišť	200302	711	0,2	476	67,0
Uliční smetky	200303	8 738	2,3	3 038	34,8
Odpad z čištění kanalizace	200306	432	0,1	331	76,7
Objemný odpad	200307	56 255	14,5	53 083	94,4
KO jinak blíže neurčené	200399	115	0,0	157	136,3
<b>CELKEM</b>		387 376	-	390 306	100,8

Skupinu 20 reprezentující většinou část komunálních odpadů je možné dle původců rozdělit na domovní a živnostenský odpad, který produkují subjekty nezapojené do systému obcí. Podíl živnostenského odpadu v rámci skupiny 20 se pohybuje od 30 do 35 % v závislosti na produkci, úrovni separace a v neposlední řadě i míře zneužívání obecního systému nakládání s odpady zejména sektorem služeb.

**Tab. 24 Příspěvek obcí k produkci vybraných složek komunálního odpadu sk. 20 (POH ČR)**

Odpad	Kód odpadu	Podíl odpadů ze systému obce [%]
Papír a lepenka	200101	38
Sklo	200101	89
Biologicky rozložitelný odpad z kuchyní a stravoven	200108	18
Oděvy	200110	46
Textilní materiály	200111	61
Dřevo neobsahující nebezpečné látky	200138	80
Plasty	200139	56
Kovy	200140	80
Biologicky rozložitelný odpad	200201	65
SKO	200301	74
Objemný odpad	200307	81
<b>CELKEM sk. 20</b>		<b>69</b>

Mezi komunální odpady se kromě celé skupiny 20 řadí i odpadní obaly vyprodukované obcemi. Odděleně sbíraný obalový odpad (včetně jeho směsí) se i v případě, že byl vytříděn z komunálního odpadu, zařazuje do podskupiny 15 01. Obce se na celkové produkci odpadních obalů podílejí 13 %, jak je patrné z Tab. 25.

**Tab. 25 Příspěvek obcí k produkci odpadních obalů (POH ČR)**

Odpad	Kód odpadu	Podíl obalů ze systému obce [%]
Papírové a lepenkové obaly	150101	9,9
Plastové obaly	150102	28,2
Dřevěné obaly	150103	0,6
Kovové obaly	150104	24,5
Kompozitní obaly	150105	30,9
Směsné obaly	150106	4,3
Skleněné obaly	150107	30,1
<b>CELKEM sk. 15 01</b>		<b>13,1</b>

Většina obalů se materiálově využívá a na skládku je umísťováno jen malé množství. Výjimku tvoří směsné obaly, což jsou znečištěné, znehodnocené a druhotně nevyužitelné obaly, které nelze recyklovat, a proto jsou v MSK odstraňovány téměř výhradně skládkováním.

Tab. 26 **Produkce odpadních obalů v MSK (2012, ISOH)**

Odpad	Kód odpadu	Produkce [t]	Podíl na produkci [%]	Skládk. [t]	Skládk. z produkce [%]
Papírové a lepenkové obaly	150101	47 877	55,4	162	0,3
Plastové obaly	150102	14 466	16,7	550	3,8
Dřevěné obaly	150103	4 107	4,8	47	1,1
Kovové obaly	150104	1 298	1,5	4	0,3
Kompozitní obaly	150105	372	0,4	57	15,2
Směsné obaly	150106	10 380	12,0	7 788	75,0
Skleněné obaly	150107	5 208	6,0	101	1,9
Textilní obaly	150109	114	0,1	0	0,0
Obaly obsahující zbytky nebezpečných látek	150110	2 602	3,0	288	11,1
Kovové obaly obsahující nebezpečnou výplňovou hmotu	150111	2	0,0	0	17,7
<b>CELKEM</b>		86 426	100	8 996	10,4

Jednoznačně nejvýznamnější složkou komunálního odpadu je směsný komunální odpad. Na celkovém množství KO v kraji se podílí 48 %, přičemž tři čtvrtiny jej pocházejí ze systému obcí. Vzhledem ke způsobu sběru a náročné úpravě na druhotné suroviny, je značně problematické jejich uplatnění ve výrobních procesech, což má za následek téměř nulovou úroveň materiálového využití. Prakticky jediným stávajícím způsobem nakládání s SKO v MSK je skládkování.

## 5.2. Energetický potenciál KO v MSK

Část komunálních odpadů je pro energetické využití nedostupná, jelikož se jedná o odděleně sbíraný odpad, pro který je prioritní materiálové využití. Nicméně ne všechny vytríděné odpady splňují požadavky na recyklaci a v takovém případě jsou odstraňovány skládkováním. Energetické využití těchto materiálů je výrazně společensky přínosnější, avšak kvantifikování jejich množství je vzhledem k odlišným možnostem zpracovatelských subjektů a proměnlivé situaci na trhu druhotných surovin značně nejisté. Je však obecně známo, že vytrídění složek je v praxi horší, než se běžně udává a údaje o materiálovém využití jsou poněkud zkrácené. Na skládku se pak dostávají složky, o kterých se předpokládalo, že tam nebudou. To platí zejména o plastech a kompozitech, částečně i pro sběr papíru.

U odděleně sbíraných plastových odpadů se odhaduje, že materiálově využitelných je asi 80 %, u papírových odpadů zhruba 95 %. Z produkce odděleně sbíraného papíru a plastu uvedené v Tab. 27 se lze domnívat, že by do spalovny mohlo být teoreticky nasměřováno kolem 9 000 t ze separovaného sběru.

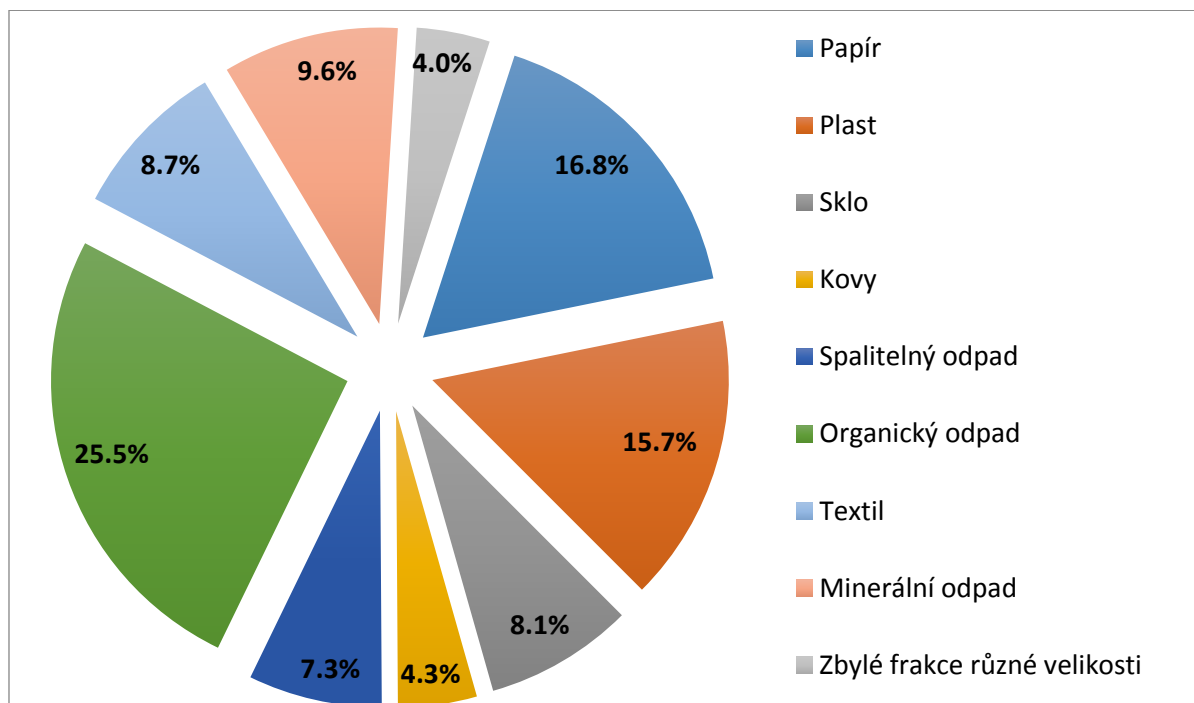
Mezi odděleně sbíraný odpad patří i BRO, který je zpravidla kompostován. Skládkováno je pouze 14 %, což je převážně směs rostlinných a živočišných zbytků z kuchyní a stravoven. Ty představují spíše potenciální vstupní surovinu pro bioplynové stanice, než pro spalovny.



Tab. 27 Množství separovaných odpadů v MSK (2012, ISOH)

Odpad	Kód odpadu	Produkce A00	Produkce A00 + zpětný odběr BN30
Papírové a lepenkové obaly	150101	45 915	47 877
Papír a lepenka	200101	26 916	42 962
Skleněné obaly	150107	5 208	5 208
Sklo	200102	11 622	11 622
Plastové obaly	150102	14 145	14 466
Plasty	200139	11 635	11 635
Kovy	200140	10 699	128 714
BRO z kuchyní a stravoven	200108	964	964
BRO	200201	41 414	41 648
<b>CELKEM</b>		<b>163 310</b>	<b>305 096</b>

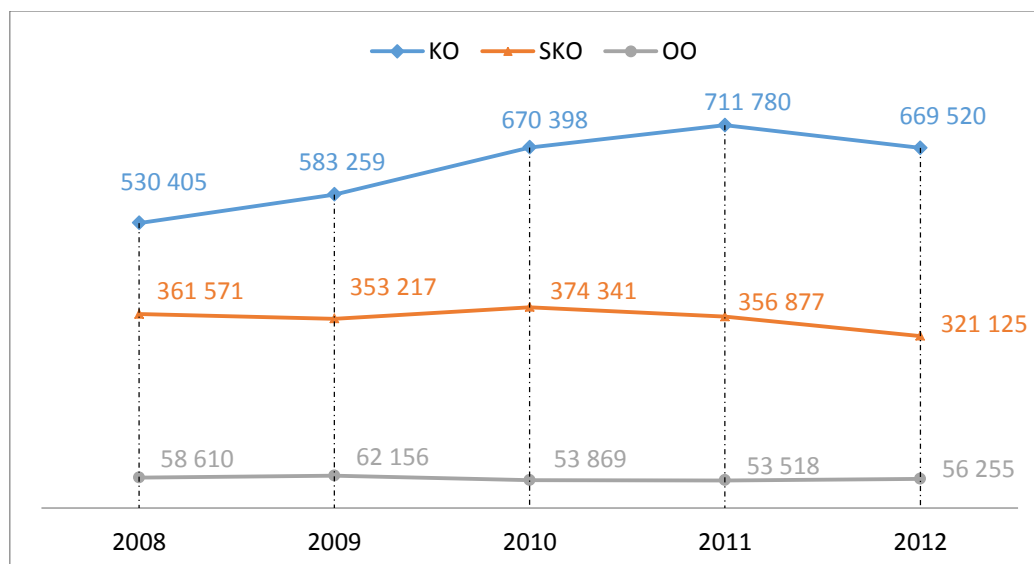
Jak už bylo řečeno, SKO je nevíce zastoupenou složkou komunálních odpadů a představuje tak největší potenciál pro energetické využití, který je umocněn poměrně vysokou výhřevností. Průměrná výhřevnost SKO ze sídlištní zástavby je kolem 10,7 MJ/kg. U zástavby vytápěné lokálně pevnými palivy je to výrazně méně, zhruba 6,6 MJ/kg. Energetický potenciál SKO je dán obsahem spalitelných látek, který dle látkového rozboru provedeného společností OZO s.r.o. může dosahovat až 74 % (Obr. 38). U odpadu pocházejícího z venkovských oblastí se uvažuje s nižším podílem, a to kolem 55 %.



Obr. 38 Materiálové složení směsných komunálních odpadů (OZO Ostrava s.r.o.)

Objemný odpad je svým složením podobný SKO, obsahuje vysoký podíl biologicky rozložitelné složky a jeho výhřevnost je mnohdy vyšší než v případě SKO. Historický vývoj produkce objemných a směsných odpadů v MSK od roku 2008 je patrný z Obr. 39. V roce

2012 došlo k poklesu produkce komunálních odpadů o 6 % ve srovnání s rokem 2011, přičemž v předchozích letech bylo obvyklé, že produkce meziročně rostla až o 15 %. Produkce SKO klesá průběžně, což je způsobeno odklonem vybraných složek do separovaného sběru díky efektivnějšímu třídění. Produkce objemných odpadů je víceméně konstantní.



**Obr. 39** Vývoj produkce komunálních odpadů v MSK (ISOH)

Pro další bilancování bude v následujícím textu uvažováno s hodnotami z roku 2012 s predikcí konstantního vývoje v budoucích letech.

Při dané úrovni třídění tedy vzniklo v MSK v roce 2012 asi 320 000 t SKO a 56 000 t objemného odpadu. Skládkováno bylo kolem 386 000 t, přičemž hodnota zahrnuje i 3 000 t uličních smetků a SKO dovozený ze sousedních krajů. Přibližně 60 % SKO a 69 % objemných odpadů vzniká v pěti největších městech v kraji (Tab. 28), jejichž většina je koncentrována do východní části regionu.

**Tab. 28** Produkce SKO a OO v městech nad 50 000 obyvatel (ISOH, 2012)

Město	Produkce SKO [t]	Produkce OO [t]
Ostrava	87 945	16 908
Opava	34 854	3 571
Karviná	16 924	5 673
Frýdek-Místek	29 746	4 344
Havířov	22 575	8 108
<b>CELKEM</b>	<b>192 054</b>	<b>32 931</b>

V případě objemného odpadu je uvažováno pouze s 50% energetickou využitelností. V součtu se tedy jedná o cca 350 000 t komunálních odpadů, které je možné nasměrovat do spalovny. Pochopitelně není ekonomicky přijatelné dopravovat odpady i z těch nejdlejších oblastí regionu, což znamená určité snížení produkce využitelné ve spalovně. Je však třeba mít na paměti, že tento výpadek je možné kompenzovat odpady průmyslovými, jako jsou nevyužitelné plasty a směsné obaly v množství nejméně 8 200 t, případně uliční smetky a skládkované odpady z parků a zahrad v souhrnné výši asi 8 000 t.

Z dlouhodobého hlediska se dá očekávat, že produkce komunálních odpadů se bude zvyšovat z dnešních 544 kg/ob až na nějakých 600 kg/ob jako je tomu v nejnávštěvnějších evropských zemích. To představuje nárůst SKO v MSK přibližně o 33 000 t, proti kterému bude působit zvýšená účinnost separovaného sběru.

Přes výše uvedené je jako základní varianta uvažována plná výkonová kapacita spalovny 350 000 t odpadů vycházející z produkce jednotlivých složek komunálních odpadů v roce 2012. Za ekonomicky přijatelnou kapacitu je bráno nejméně 100 000 t spálených odpadů ročně.

V následujícím textu bude proveden výpočet množství tepelné a elektrické energie získané spálením 350 000 t odpadů v kotli s roštovým ohništěm zamýšleným v navrhované spalovně. Pro zjednodušení bude kalkulováno s celým návozem v podobě SKO, jehož výhřevnost může být v širokém rozmezí 6 až 14 GJ/t. Výpočet je zpracován pro dvě úrovně výhřevnosti SKO, a to 10 GJ/t, na kterou byla dimenzována spalovna SAKO Brno, a 8 MJ/kg, která je založena na skutečném provozu této spalovny a předpokladu, že obsah výhřevných složek v SKO se bude časem snižovat.

Tepelná energie uvolněná spálením odpadu je v kotli s účinností 82 % využita k výrobě přehřáté páry o teplotě 400°C a tlaku 4,1 MPa. Těmto standardním parametrům odpovídá entalpie páry 3 211 J/kg. Teplota napájecí vody je 105°C, pro kterou je entalpie rovna 440 J/kg. Vlastní spotřeba tepla především v podobě odběru páry na předehřev spalovacího vzduchu, ohřev kondenzátu a ohřev spalin je uvažována 6 % z vyrobené tepelné energie v kotli. Odečtením této vlastní spotřeby dostaneme teplo využitelné buď v kondenzačním režimu, nebo v kogenerační výrobě. Výsledky pro obě varianty výhřevnosti odpadu shrnuje Tab. 29.

**Tab. 29 Výchozí bilance navrhované spalovny**

<b>Základní tepelná bilance spalovny</b>		
Množství zpracovávaného odpadu [t/rok]	350 000	
Roční provozní fond [h/rok]	8 200	
Celkový spalovací výkon kotlů [t/h]	42,7	
Výhřevnost odpadu [GJ/t]	8	10
Vstupní tepelný příkon [MW]	94,9	118,6
Účinnost spalovacího kotle [%]	82	
Celkový tepelný výkon kotlů [MW]	77,8	97,2
Vyrobená tepelná energie v kotli [GJ]	2 296 000	2 870 000
Produkce páry [t/h]	101,1	126,4
Vlastní spotřeba tepla [GJ]	137 760	172 200
<b>Využitelné teplo [GJ]</b>	<b>2 158 240</b>	<b>2 697 800</b>

Pokud by spalovna vůbec neměla zajištěný odběr tepla a musela by pracovat v kondenzačním režimu, pak by pára přivedená na kondenzační turbínu expandovala na tlak cca 8 kPa (entalpie 2 580 J/kg), čímž by se využil její veškerý potenciál k výrobě elektrické energie a dodávka tepla pro komerční účely by byla nulová (viz Tab. 30). Při celoročním provozu by v takovém případě bylo náročnější splnit kritérium energetické účinnosti  $R1 > 0,65$ ,

kdy zpracování odpadů v tomto zařízení je ještě možné považovat za energetické využívání a nikoliv odstraňování se všemi nepříznivými legislativními důsledky.

**Tab. 30 Provoz navrhované spalovny v kondenzačním režimu**

<b>Kondenzační režim</b>		
Výhřevnost odpadu [GJ/t]	8	10
Vyrobena pára [t/rok]	828 881	1 036 101
Vyrobena elektřina [MWh/rok]	137 042	171 302
Hrubá účinnost výroby elektřiny [%]	17,6	17,6
Průměrný výkon turbíny [MWe]	16,7	20,9
Teplu v páře pro komerční účely [GJ]	0	0
<b>Energetická účinnost R1</b>	<b>0,52</b>	<b>0,53</b>

Do vztahu energetické účinnosti R1 byla dosazena importovaná energie nepodílející se na výrobě páry  $E_i=0$  GJ a importovaná energie podílející se na výrobě páry  $E_f=10\ 200$  GJ ve formě zemního plynu jako přídatného paliva v množství  $300\ 000\ m_N^3$  o výhřevnosti  $34\ MJ/m_N^3$ . Přídatné palivo se používá v případě najíždění a odstavení spalovny, případně při provozních stavech, kdy je třeba zajistit teplotu spalin nad  $850^\circ C$ . Spodní hranice pro samovolné hoření tuhých komunálních odpadů se udává kolem  $3,6\ GJ/t$ . To je hodnota dosažitelná dokonce i při 75% obsahu balastních látek. Podíl balastních látek v SKO sváženého z obcí na území MSK zpravidla nepřevyšuje 30 %.

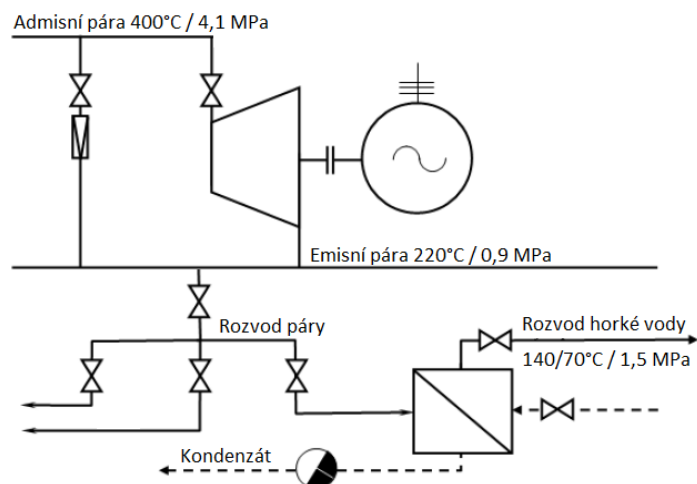
Kromě vyrobené elektrické energie se do výroby energií ve spalovně  $E_p$  započítává i vlastní spotřeba tepla, která sice není komerčně využitelná, ale podílí se na produkci páry v kotli (například ohřev spalovacího vzduchu, regenerační ohřev napájecí vody, aj.). Pro nejprostší variantu kondenzačního režimu, tj. bez regenerace a přihřívání páry, pak pro analyzovanou spalovnu vychází energetická účinnost R1 cca 0,5 při hrubé účinnosti výroby elektřiny ve výši 17,6 % (Tab. 31). U dobře optimalizovaných spaloven pracujících čistě v kondenzačním režimu, tj. s nulovým exportem tepelné energie odběratelům, se hrubá účinnost výroby elektřiny obvykle pohybuje kolem 25 % s energetickou účinností R1 v rozsahu 0,22 až 0,85. Větší část (63 %) stávajících evropských spaloven s čistě kondenzační výrobou, které se zúčastnily průzkumu organizovaného Confederation of European Waste-to-Energy Plants (CEWEP) nedosahovala požadované tehdy platné hodnoty  $R1=0,6$  [6].

Energetická účinnost R1 se zvyšuje s klesajícím modulem teploty výroby, který je definován jako podíl výroby elektřiny k vyrobenému teplu. Současně dochází k poklesu hrubé účinnosti výroby elektřiny (viz Tab. 31), avšak celková účinnost transformace energie obsažené v odpadech se vlivem kogenerace zlepšuje.

**Tab. 31 Vazba mezi výrobou tepla a elektřiny [7]**

Komerčně využívané teplo jako podíl energie v odpadu [%]	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Hrubá účinnost výroby elektřiny [%]	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15

V následujícím výpočtu navrhované spalovny je uvažováno s variantou kogenerační výroby s expanzí páry v protitlaké turbíně s 86% termodynamickou účinností vztaženou na svorky generátoru. Emisní pára o tlaku 0,9 MPa a teplotě 220°C, které přísluší entalpie 2 920 J/kg, je po expanzi využitelná pro technologické účely, případně k dodávkám do systému CZT. Pro schématické zapojení turbíny na Obr. 40 platí, že vztah mezi dodávkami tepla a elektřiny je 90:10, což značí výraznou orientaci na produkci tepla. Volbou jiné úrovně protitlaku je možné tento poměr upravovat.



Obr. 40 Schéma dodávky tepla z protitlaké turbíny

Tab. 32 Provoz navrhované spalovny v kogeneračním režimu

Kogenerační režim		
Výhřevnost odpadu [GJ/t]	8	10
Vyrobená pára [t/rok]	828 881	1 036 101
Vyrobená elektřina [MWh/rok]	51 483	64 353
Průměrný výkon protitlaké turbíny [MWe]	6,3	7,8
Spotřeba tepla na výrobu elektřiny [GJ]	215 509	269 386
Teplo pro komerční účely [GJ]	1 942 731	2 428 414
<b>Energetická účinnost R1</b>	0,96	0,96

Pro ilustraci jsou v Tab. 33 uvedeny parametry spalovny bez výroby elektřiny, čili pracující jako výtopyna odebírající elektrickou energii pro vlastní spotřebu z distribuční sítě.

Tab. 33 Provoz navrhované spalovny v režimu výtopyny

Provoz v režimu výtopyny		
Vyrobená pára [t/rok]	828 881	1 036 101
Vyrobená elektřina [MWh/rok]	0	0
Měrná spotřeba elektřiny [MWh/t <sub>odpadu</sub> ]	0,105	0,107
Importovaná elektřina [MWh/rok]	36 750	37 450
Teplo pro komerční účely [GJ]	2 158 240	2 697 800
<b>Energetická účinnost R1</b>	0,89	0,89

Z výše uvedeného vyplývá, že základním předpokladem pro dosažení požadované energetické účinnosti R1 je splnění těchto podmínek:

- Výkonově vhodně dimenzované ohniště a parní kotel
- Bezporuchový provoz s fondem pracovní doby nejméně 8 000 hodin
- Kombinovaná výroba tepla a elektřiny (kogenerace)
- Celoroční odběr tepla
- Minimum odstávek vedoucích k co nejmenší spotřebě přídavného paliva při uvádění do provozu

Chceme-li posuzovat přínos spalovny v kontextu jiných energetických zdrojů, je žádoucí vyhodnotit měrnou úsporu primárních energií (pes), která říká, kolikrát daná technologie uspoří energie než spotřebuje [10]. Pro stanovení pes se použije vzorec:

$$\eta_e = \frac{Q_{exp} - (E_f + I_{imp})}{E_w + E_f + I_{imp}}$$

Čitatel ve vztahu představuje absolutní úsporu primární energie PES, jež je dosažena provozem spalovny místo referenčního konvenčního energetického zdroje. Jmenovatel je součet energie v odpadu  $E_w$ , přídavného paliva  $E_f$  a importované energie nepodílející se přímo na výrobě tepla  $I_{imp}$ . Vyčíslené hodnoty úspory primární energie pro provozní režimy navrhované spalovny uvádí Tab. 34.

**Tab. 34 Úspora primární energie**

	Kondenzační režim		Výtopenský režim		Kogenerační režim	
Výhřevnost odpadu [GJ/t]	8	10	8	10	8	10
$E_w$ [GJ/rok]	2 800 000	3 500 000	2 800 000	3 500 000	2 800 000	3 500 000
$Q_{exp}$ el. [GJ/rok]	361 050	484 387	0	0	53 038	99 372
$Q_{exp}$ tep. [GJ/rok]	0	0	2 158 240	2 697 800	1 942 731	2 428 414
$E_f$ [GJ/rok]	10 200	10 200	10 200	10 200	10 200	10 200
$E_{imp}$ [GJ/rok]	0	0	36 750	35 700	0	0
PES [GJ/rok]	350 850	474 187	2 015 740	2 555 300	1 985 569	2 517 586
<b>pes [-]</b>	0,12	0,17	0,72	0,91	0,71	0,90

Je-li pes záporné, pak zařízení spotřebovává energii na úkor jiných zdrojů. To může být případ spalovny nebezpečných odpadů. U teplovodní kotelny na dřevní štěpku je pes kolem 0,85, z čehož plyne, že energie vyrobená v zařízeních na energetické využívání odpadů přispívá k úspoře primární energie ve srovnatelné míře jako energie vyrobená z biomasy. Přitom množství emitovaných znečišťujících látek je u spalovny znatelně nižší.

### 5.3. Krajské integrované centrum

Krajské integrované centrum nakládání s komunálními odpady (KIC) byl projekt započatý v roce 2005, jehož záměrem bylo v MSK vystavět zařízení na energetické využívání odpadů, které by pomohlo splnit cíle stanovené v závazné části krajského i republikového plánu odpadového hospodářství. Ve vztahu k evropské i národní legislativě se dá hovořit o dvou hlavních prioritách:

- zvýšení množství využitých komunálních odpadů
- snížení podílu biologicky rozložitelných materiálů ukládaných na skládky

Podporu projektu vyjádřilo spolu s vedením kraje i města Ostrava, Opava, Karviná, Havířov a Frýdek-Místek, a to v memorandu deklarujícím vzájemnou spolupráci a snahu minimalizovat cenu likvidace odpadů na úkor zisku. Nosnou myšlenkou projektu je soustředění komunálních odpadů vyprodukovaných v MSK do jednoho místa s energetickým zdrojem prostřednictvím integrovaných systémů nakládání s odpady jednotlivých měst a obcí. Jelikož skutečná produkce KO v kraji se pohybuje mezi dvojnásobkem až trojnásobkem projektované kapacity, byla v projektu ponechána možnost na případné budoucí rozšíření. Tato skutečnost ve spojitosti s blízkostí plánované lokality a státních hranic s Polskem a Slovenskem, byla příčinou obav veřejnosti z dovozu odpadů ze zahraničí.

Maximální vzdálenost pro svoz odpadů je odhadována na oblast s poloměrem 60 km, přičemž doprava z odlehlých míst by byla řešena překládacími stanicemi pro přeložení odpadu do velkoobjemových kontejnerů pravděpodobně v místech stávajících skládek tak, aby byl zachován prověřený způsob svozu. Předpokládaná intenzita dopravy do spalovny byla stanovena na 96 nákladních vozů denně.



Obr. 41 Architektonický model KIC [18]

Pro umístění byly zvažovány celkem tři lokality, dvě v Ostravě (Mariánské Hory a Kunčice) a jedna v Karviné. Na základě studie proveditelnosti hodnotící vhodnost lokality a také díky podpoře vedení města Karviná byl zvolen průmyslový areál bývalého dolu Barbora.

Na základě zpracované dokumentace byl vydán posudek vyhodnocení vlivu na životní prostředí EIA, jehož závěry lze shrnout následovně:

- spalovna je optimální variantní řešení k nakládání s KO

- technická úroveň vychází z kritérií BAT příslušného referenčního dokumentu o nejlepších evropských dostupných technikách
- provoz nebude mít negativní vliv na zdraví obyvatel
- základní podmínkou pro realizaci záměru je smluvní zabezpečení snížení výkonu Teplárny karviná
- třídění směsného komunálního odpadu v třídírně v kombinaci se spalováním je za současného stavu nerealizovatelný
- s produkty spalování bude nakládáno podle jejich vlastností ověřenými zkouškami
- odpadní vody lze spolehlivě vyčistit
- kapacita spalovny je nižší, nežli je produkce SKO v MSK, což mírní obavy z dovozu odpadů ze zahraničí
- POH ČR nebrání podpoře výstavby nových spaloven

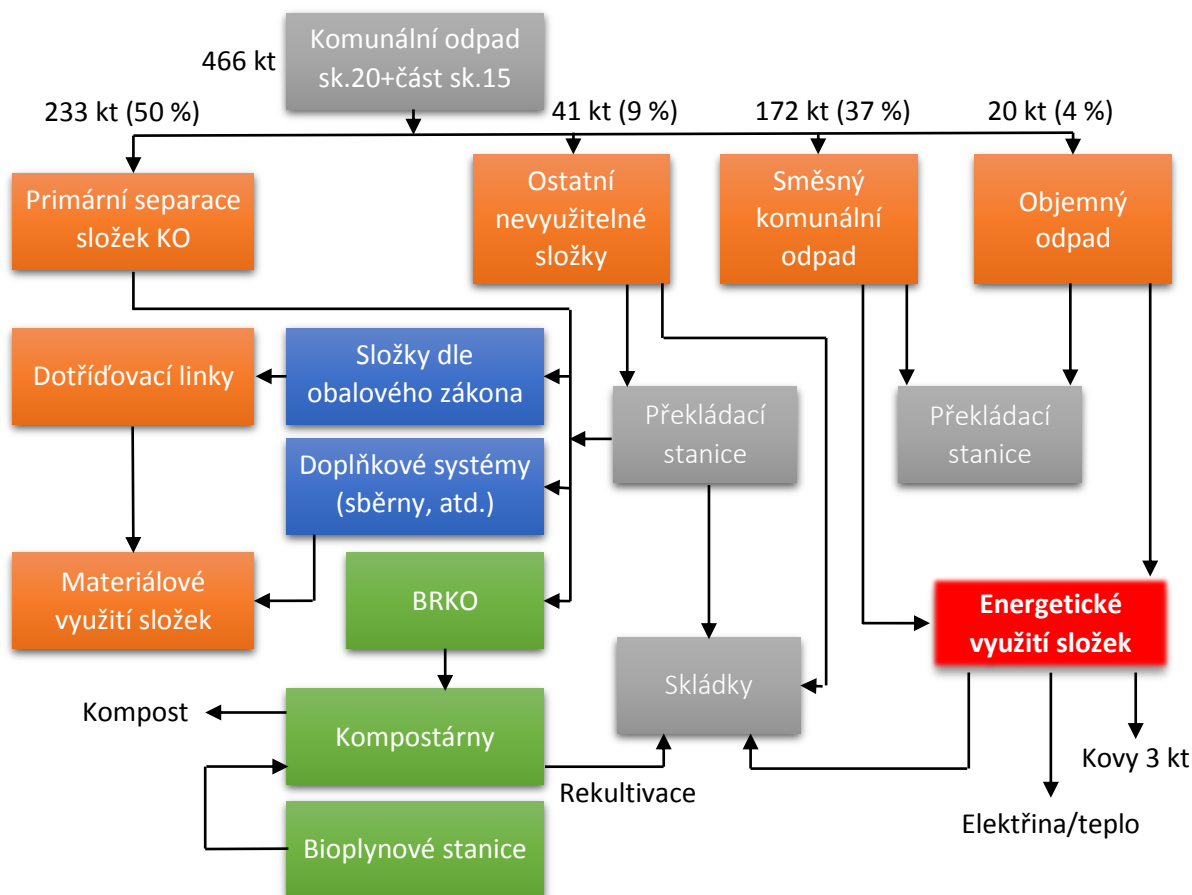
Roční projektovaná kapacita zařízení je 192 000 t zpracovaného komunálního odpadu o výhřevnosti 10 MJ/kg na dvou technologických linkách s výkonem 2x12 t/h, přičemž nebylo uvažováno s nasazením mechanicko-biologické úpravy přijímaných odpadů. V současné době není vybrán konkrétní dodavatel technologie, nicméně spalovací systém má být založen na tradičním roštovém ohništi s vodotrubným kotlem pro produkci páry o parametrech 408°C/4,2 MPa s následným využitím na 15MW kondenzační turbíně v kogeneračním režimu. Roční bilanci v závislosti na způsobu vyvedení tepla ze spalovny uvádí Tab. 35. Tomu odpovídá úspora 35 000 t primárního paliva (ČU) spalovaného v nedaleké Teplárně Karviná nebo 42 000 t v Teplárně ČSA.

**Tab. 35 Energetické výstupy KIC**

<b>Vyvedení tepla v horké vodě (při průměrných parametrech teplotního spádu)</b>	
EE dodaná do sítě ČEZ Distribuce	90 000 MWh/rok
TE dodaná do sítě CZT (4 000 h/rok)	576 000 GJ/rok
<b>Vyvedení tepla v páře 1,1 MPa</b>	
EE dodaná do sítě ČEZ Distribuce	20 000 MWh/rok
TE dodaná do Teplárny Karviná (8 000 h/rok)	1 152 000 GJ/rok

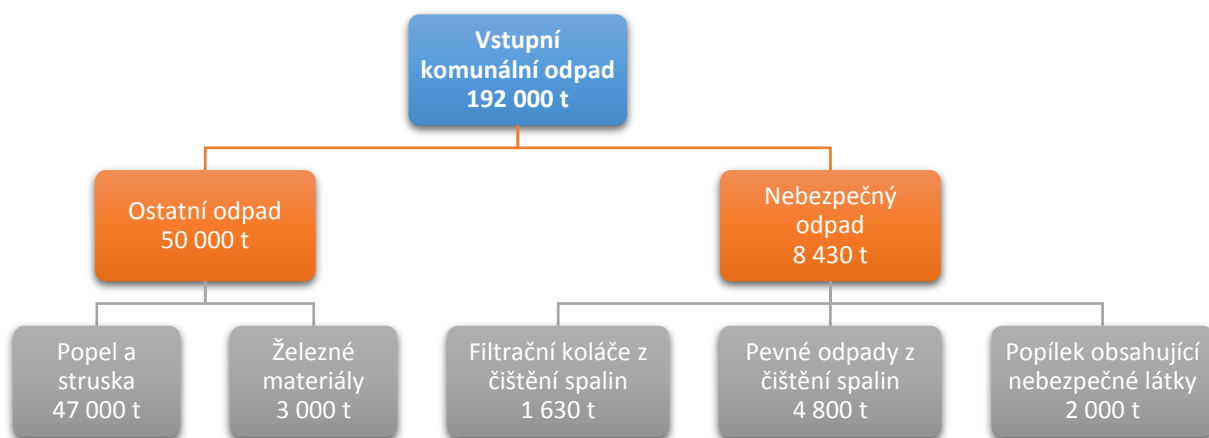
Navrhovaná kapacita zařízení vychází z úvahy, že z celkové produkce komunálních odpadů v Moravskoslezském kraji, bude 50 % vytříděno na materiálově využitelné složky (papír, sklo, kovy a plasty) a systémově sesbíraný biologicky rozložitelný odpad směřující dále na kompostárny (Obr. 42). Ve spalovně bude zpracováván primárně směsný komunální odpad spolu s objemným odpadem, u něhož se počítá se zhruba 50% energetickým využitím dostupného množství.





Obr. 42 Odpadní toky ve svozové oblasti (produkce k roku 2006) [18]

Množství tuhých zbytků po spalování při plném vyřízení KIC je uvedeno na Obr. 43. Předpokládá se, že veškerý nebezpečný odpad (zejména popílek ze zadních tahů kotle a elektroodlučovačů) bude skládkován, zatímco železo bude recyklováno a popel materiálově využit ve stavebnictví. Ostatní nevyužitelné odpady bez nebezpečných vlastností budou skládkovány na nedaleké skládce komunálních odpadů Horní Suchá. Odpadní vody obsahující těžké kovy z procesu mokrého čištění spalin nebo vypírky popele budou zbavovány těžkých kovů a odpařeny bez výstupu do prostředí.



Obr. 43 Výstupní odpad z KIC

Dle odhadů měla výstavba KIC stát cca 4,9 mld. Kč, které měly být ze 40 % pokryty ze strukturálních fondů EU v rámci Operačního programu životní prostředí. Zbývající investiční částka by byla hrazena komerčními úvěry, krajskými a obecními rozpočty. Se zahájením provozu bylo uvažováno na rok 2015. V současnosti je situace taková, že na vydané územní rozhodnutí byla podána žaloba ekologickými spolky, kterým Krajský soud v Ostravě přiznal odkladný účinek pro nenahraditelnou újmu zásahem do biotopu vážky plavé. Hlavní překážkou realizace je však problematické financování způsobené nemožností získání dotace z OP ŽP, což fakticky vedlo k zastavení projektu.

Následující kapitola obsahuje přehled vybraných zařízení na energetické využívání odpadů. Kromě špičkových zahraničních spaloven je do přehledu začleněna i domácí modernizovaná spalovna SAKO Brno. Přehled může sloužit ke srovnání použitých technologií a dosahovaných výstupů u zamýšleného projektu KIC s provozně ověřenými jednotkami.

## 6. Příklady spaloven z praxe

Do výčtu (Tab. 36) zde prezentovaných spaloven byla zahrnuta zařízení, která se z technologického hlediska vyznačují použitím neobvyklých opatření pro zvýšení využití energetického potenciálu spalovaného odpadu. Jedná se o zahraniční provozy v Rakousku, Dánsku a Velké Británii. Pro srovnání s koncepcí a technologií používanou v ČR byla vybrána spalovna SAKO Brno, která v nedávné době prošla modernizací.

Tab. 36 Vybrané popisované spalovny

Název	Země	Důvod zařazení
RVL Lenzing	Rakousko	Cirkulační fluidní ohniště, nadstandardní parametry páry, výhradní produkce tepla
Reno Nord Aalborg	Dánsko	Kogenerační provoz, vysoká účinnost produkce elektřiny, využívání latentního tepla vlhkosti ve spalínách
Allington Waste Management Facility	Velká Británie	Fluidní systém ROWITEC, výkon, architektonické řešení
SAKO Brno	Česká Republika	Zástupce tuzemské technologie

### 6.1. RVL Lenzing

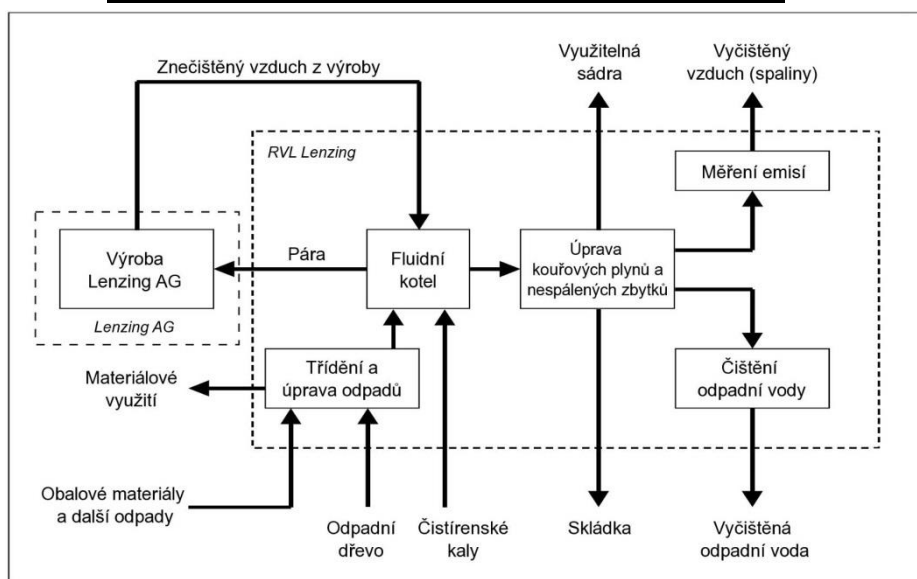
Rakouská spalovna RVL Lenzing patří mezi nejvýkonnější zařízení ve střední Evropě. Disponuje cirkulačním fluidním ohništěm, které je schopné ročně zpracovat 300 000 tun odpadů. Spalovna dosahuje velice dobré účinnosti díky vysokým parametrům páry (500°C, 80 bar). Instalovaná tepelná kapacita je 110 MW. Veškerá produkce páry je po expanzi v turbíně na tlak 4 bar využívána pro technologické účely související s výrobou celulózy, která umožňuje stabilní celoroční provoz.



Obr. 44 Letecký snímek spalovny RVL Lenzing

Tab. 37 Množství zpracovaných odpadů ve spalovně RVL Lenzig

Druh odpadu	Roční spotřeba [t/rok]
Směsný komunální	40 000
Průmyslový	150 000
Kaly z ČOV	50 000
Biomasa	9 000
Alternativní palivo	1 000
Jiné odpady	50 000
<b>Celkem</b>	<b>300 000</b>



Obr. 45 Procesní schéma spalovny RVL Lenzig [19]

Tab. 38 Dosahované emise ve spalovně RVL Lenzig

	TZL	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	HCl	HF	PCDD/F	Hg	Cd, Tl	Ostatní TK
Limit	10	50	200	50	10	1	0,1	0,05	0,05	0,5
Naměřeno	0,6	4,1	41,6	2,3	0,8	0,02	-	0,007	-	-
% z limitu	6,0	8,2	20,8	4,6	8,0	2,0	-	14,0	-	-

### 6.1. Reno Nord, Aalborg

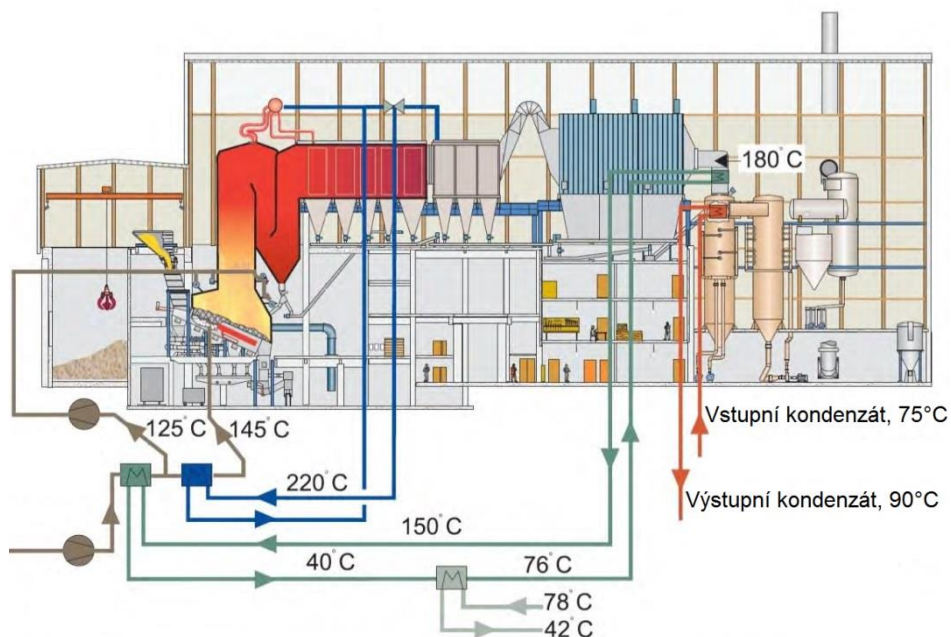
Příkladem jednoho z nejmodernějších zařízení na energetické využívání komunálních odpadů je spalovna poblíž dánského města Aalborg obsluhující sedm obcí s celkovým počtem 225 000 obyvatel. Instalovaná technologie, založená na konvenčním roštovém ohništi, se vyznačuje efektivním využíváním latentního tepla obsaženého ve spalovaných odpadech. Projektovaná kapacita zařízení 160 000 t pokrývá veškerou místní produkci směsných komunálních odpadů včetně rezervy zohledňující prognózovaný střednědobý nárůst produkce odpadů v dané oblasti. Denně je dovážen odpad o průměrné výhřevnosti 12 GJ/t v množství odpovídající 250 svozovým vozům, který je po zvážení shozen do

zásobníku. Z něj je automatickými drapáky transportován do násypky tak, aby přísun odpadu korespondoval s rychlostí roštu a byla zajištěna rovnoměrná vrstva paliva a konstantní produkce energie.



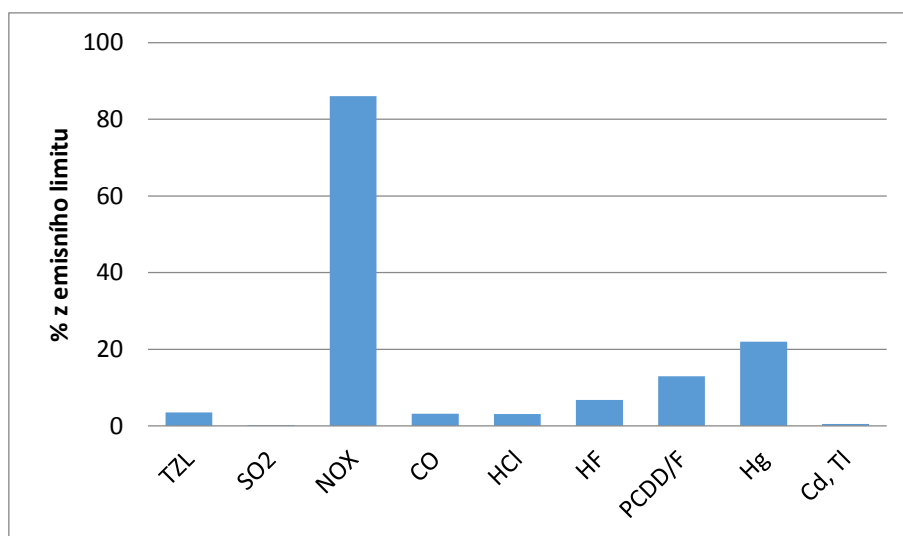
Obr. 46 Pohled na spalovnu Reno Nord u Aalborgu

Pára o teplotě 425°C a tlaku 5 MPa v množství 80 t/h je vyráběna ve čtyřtakovém kotli s přirozenou cirkulací. Dominantním mechanismem přenosu tepla v prvních třech tazích je sálání, v posledním tahu jsou umístěny konvekční teplosměnné plochy. Teplota spalin v tomto místě se udržuje pod 700°C, aby se zamezilo korozi a intenzivnímu zanášení. Z přehříváku kotle je pára vedena k expanzi na turbíně o jmenovitém výkonu 17,9 MW. Neregulovanými odběry jsou předehřívány jak kondenzát, tak napájecí voda v napájecí nádrži. Elektrická účinnost dosahuje 27 % při zužitkování 97 % energie obsažené ve spalovaném odpadu. Vlastní spotřeba spalovny je cca 3,5 %. Tepelný výkon 43 MW ze dvou kondenzátorů je dodáván do systému centrálního zásobování teplem města Aalborg. Vedle toho je 18 MW dodáváno do elektrické distribuční sítě.



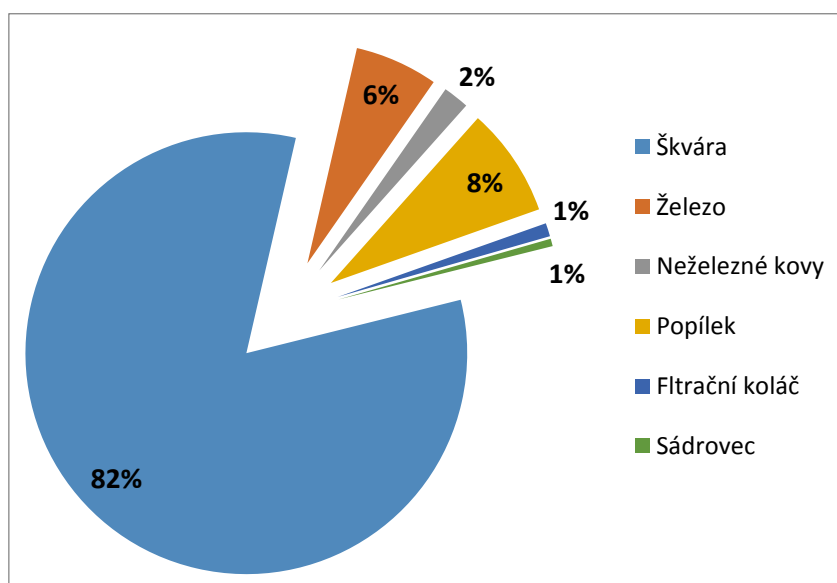
Obr. 47 Schématický řez spalovnou Reno Nord u Aalborgu

První stupeň čištění spalin je tvořen elektrostatickým filtrem, který zajišťuje výstupní koncentraci prachu na úrovni  $10 \text{ mg/m}_N^3$ . Takto nízká hodnota je dána přísnými legislativními požadavky na obsah těžkých kovů v odpadní vodě z navazujícího druhého stupně v podobě mokrého čištění spalin. To sestává v první fázi z rozprašování vápenného mléka do proudu spalin, čímž dochází k odstraňování čpavku, HCl a rtuti. V druhé fázi je stejným procesem odstraňováno  $\text{SO}_2$ . Ve třetí fázi dochází k destrukci dioxinů a furanů mokřým katalytickým procesem Dedioxlab. Za účelem kondenzace vlhkosti ve spalinách je do vodního okruhu skrubru vložen tepelný výměník, který převádí teplo do systému CZT. Třetí stupeň čištění spalin zahrnuje dávkování hydroxidu sodného pro rychlou eliminaci případných špiček v koncentraci  $\text{SO}_2$  a dávkování aktivního uhlí adsorbujícího dioxiny a furany. Konečným stupněm je filtrace zbývajících prachových částic.



Obr. 48 Naměřené emise ve spalovně Reno Nord u Aalborgu

Škvára zachycená pod roštem představuje cca 25 % hmotnosti vstupního odpadu, přičemž je tvořena z 98 % minerálními látkami a z 2 % nespalitelným organickým materiálem. Poté, co jsou z ní vytříděny železné a neželezné kovy, nachází své uplatnění ve stavebnictví.



Obr. 49 Skladba materiálových výstupů spalovny Reno Nord Aalborg

## 6.1. Allington, Kent

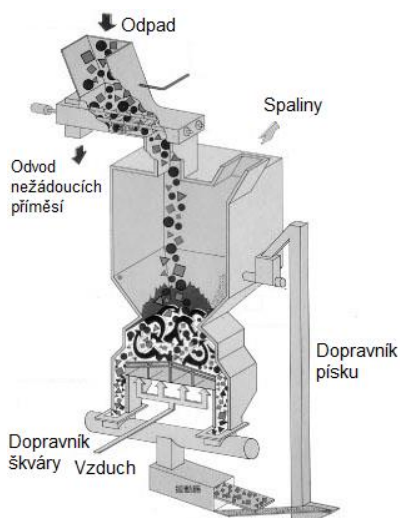
Tato britská spalovna patří mezi nejmladší v Evropě a vyznačuje se jednou z největších fluidních technologií pro spalování směsného komunálního odpadu na světě. V provozu je od roku 2009 s roční projektovanou kapacitou 500 000 odpadu o výhřevnosti 6,5 až 12,5 MJ/kg. Skutečný roční návoz činí cca 325 000, což je více než 40 % odpadů z domácností v celém hrabství Kent s 1 700 000 obyvateli. Spalovna byla vybudována v bývalém lomu a její nízký profil je dán skutečností, že fluidní kotle jsou zabudovány 30 m pod povrchem terénu.



Obr. 50 Pohled na spalovnu Allington

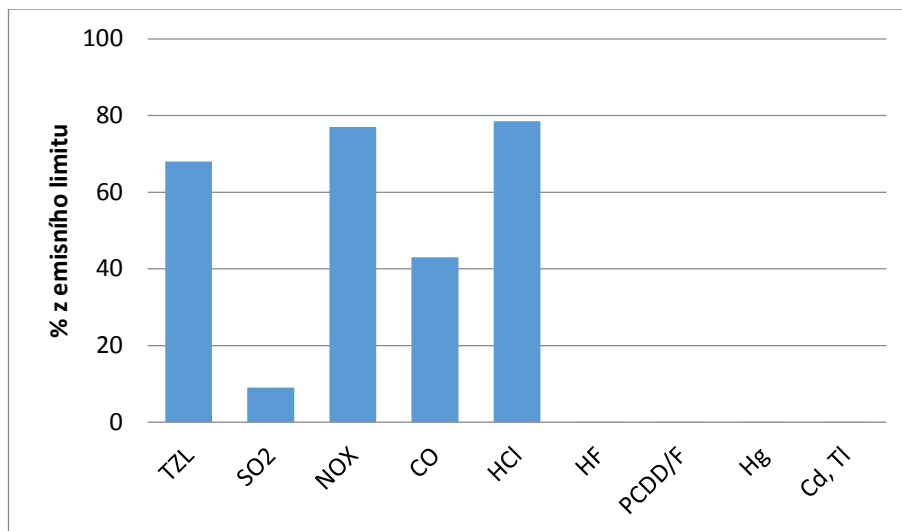
Zpracováváný netříděný odpad je denně navážen od původců jak z komunální, tak částečně z průmyslové sféry. Nejprve prochází předúpravou v podobě drcení a vytřídění kovových částí pomocí magnetického separátoru. Recyklovatelné materiály jsou odkloněny do zařízení na materiálové využití s roční kapacitou 65 000 t. Zbylý odpad je umístěn do bunkru, z něhož je drapákem dávkován do násypek plnicí tři fluidní kotle.

Instalována byla japonská technologie společnosti Ebara využívající adiabatické ohniště s vnitřní cirkulující fluidní vrstvou (ROWITEC). Intenzivní promíchávání materiálu spojuje výhody bublinkových a tradičních fluidních kotlů s cirkulující vrstvou. Z celkového elektrického výkonu 43 MW je 34 MW dodáváno do distribuční sítě. Pro tepelný výkon ve výši 53,8 MW není zatím uplatnění.



Obr. 51 Technologie ROWITEC

Minimalizace tvorby emisí  $\text{NO}_x$  je zajištěna prostřednictvím vstřikování močoviny do dopalovací komory ohniště. Prachové částice jsou zachytávány s pomocí elektrostatického filtru a koncentrace ostatních znečišťujících látek jsou snižovány systémem Circoclean. Veškerý zachycený popílek je skládkován, zatímco škvára je upravována a materiálově využívána. Další recyklovatelné materiály jsou vyseparované kovové materiály.



Obr. 52 Naměřené emise ve spalovně Allington

### 6.1. SAKO Brno

Spalovna v Brně má dlouhou historii, která sahá až do roku 1905. Moderní podoba spalovny s projektovanou roční kapacitou 240 000 t se datuje od roku 1989, kdy byla kotelna osazena třemi kotli s válcovými rošty o výkonu 15 t odpadů za hodinu a účinností 75 %. Čištění spalin bylo nejprve jednostupňové, a to záchyt pevného úletu na elektrostatických filtrech. V roce 1994 byla doinstalována polosuchá vápenná metoda a o dalších deset let později pak i selektivní nekatalytická redukce na snížení koncentrací  $\text{NO}_x$ . Veškerá vyrobená energie byla pouze ve formě páry o parametrech 230°C/1,5 MPa.



Obr. 53 Pohled na spalovnu SAKO Brno



V roce 2009 započaly stavební práce na výstavbě komplexního zařízení na energetické využívání odpadů s kombinovanou výrobou tepla a elektřiny, které splní náročné legislativní požadavky. Původní kotle byly nahrazeny novými s vratisuvnými rošty o účinnosti 85 % a doplněna byla 22,6MW odběrová kondenzační turbína pro páru s vyššími parametry (400°C/4 MPa). Nově byla zavedena separace škváry na železné a neželezné kovy a třídění škváry na tři frakce s cílem jejího využití pro stavební účely. V současnosti je převážně využívána na technické zabezpečení skládek.



**Obr. 54 Magnetický separátor nad dopravníkovým pásem škváry**

Rok 2012 byl již ve znamení plného provozu při celkovém ročním návozu 237 000 t o průměrné výhřevnosti 9,2 GJ/t. Zhruba 85 % odpadů pocházelo z Jihomoravského kraje, zatímco zbytek představoval dovoz ze sousedního Olomouckého kraje. Získaná tepelná energie ve výši 945 000 GJ byla dodána do brněnské centrální sítě tepelného zásobování. Dodávka je realizována ve formě regulovaného odběru o tlaku 1,1 MPa a teplotě 220°C. Spalovna je schopna v letních měsících pokrýt veškerou poptávku tepla města Brna, jehož topná soustava je vytápěna převážně zemním plynem. Prodáno bylo také 49 000 MWh elektrické energie, 4 000 t železa a 250 t neželezných kovů vyseparovaných ze škváry.

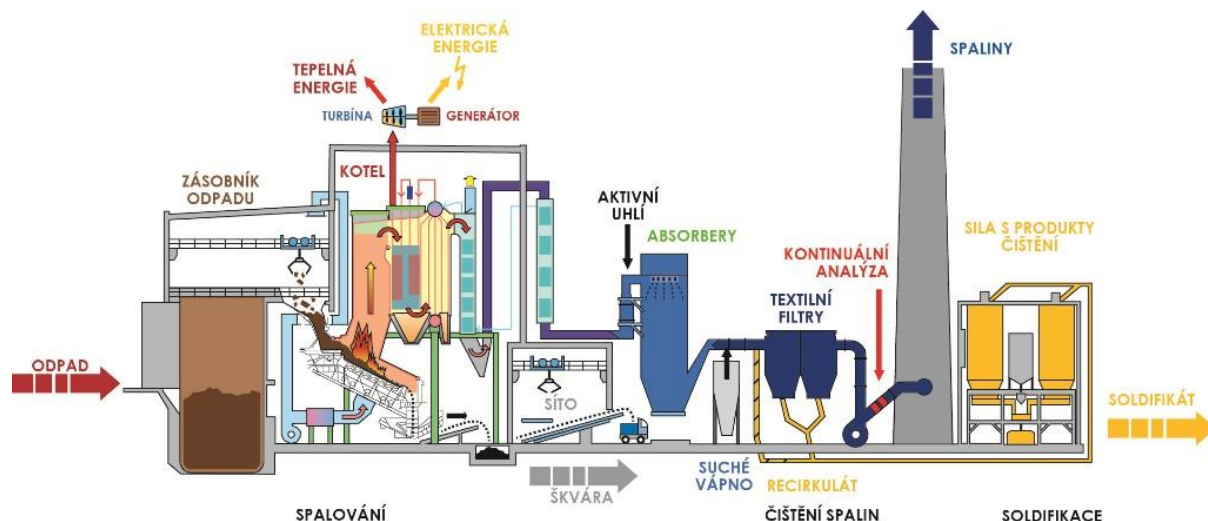
Z celkové produkce cca 100 000 t komunálních odpadů je v Brně díky spalovně energeticky využíváno 77 %, přičemž dalších 20,5 % je využíváno materiálově. Skládáno je pouhých 2,5 %, což je dáno zejména příznivou cenou termické likvidace komunálních odpadů v SAKO Brno, jejíž částka ve výši 1030 Kč je srovnatelná s poplatky většiny skládek.

Součástí komplexu je dotřídňovací linka s roční kapacitou 10 000 t, která slouží k odstraňování nežádoucích příměsí z odděleného sběru papíru, plastů a nápojových kartonů. Kapacita linky není plně využita, přestože zpracovává veškerý obsah brněnských modrých a žlutých kontejnerů. V roce 2012 na ni bylo dovezeno 5 400 t odpadu, z čehož bylo nabídnuto k odprodeji za účelem materiálového využití 3 560 t papíru, 420 t PET lahví, 40 t nápojových kartonů a 2,5 t hliníku. Zbývající část ve výši cca 26 % je využívána energeticky.



**Obr. 55 Dotřídňovací linka**

Odpad je do spalovny zavážen vozidly, která projíždějí detekčním rámem odhalujícím ionizující záření. Dále postupují do váhovny, kde probíhá evidence vstupů s následným odklonem toku odpadu buď do kotlů, nebo na třídící linku. Objemné odpady jsou před umístěním do zásobníku rozdrceny a poté drapáky plněny do násypků jednotlivých kotlů. Hoření probíhá bez přídavného paliva při teplotách 1100°C. Tuhé zbytky po spalování v podobě škváry padají do mokrého vynašeče, kde se zchladí a přes vibrační třídič dopravují do zásobníku. Vyrobená pára expanduje na kondenzační turbíně s odběrem ve vysokotlaké části a je kromě dodávek tepla do CZT využívána i pro technologické účely.



Obr. 56 Schématický řez spalovnou SAKO Brno

Zařízení disponuje pětistupňovým čištěním spalin sestávajícím z následujících procesů:

- snižování emisí  $\text{NO}_x$  selektivní nekatalytickou redukcí v sekundární spalovací komoře
- adsorpce těžkých kovů a perzistentních organických polutantů typu PAU, PCB a PCDD/F
- vstříkávání vápenné suspenze do proudu spalin pro snížení koncentrací  $\text{SO}_2$
- rozprašování suchého hašeného vápna do proudu spalin pro redukcí kyselých složek
- záchyt mechanických nečistot (TZL a nasycené sorbenty) na tkaninových filtrech.

Tab. 39 Emise za rok 2013 na kotli K2 v  $\text{mg}/\text{m}^3$  (PCDD/F v  $\text{ng}/\text{m}^3$ )

	TZL	$\text{SO}_2$	$\text{NO}_x$	CO	HCl	HF	PCDD/F	Hg	Cd, Tl	Ostatní TK
Limit	10	50	200	50	10	1	0,1	0,05	0,05	0,5
Naměřeno	0	22,1	173	2,5	6,4	0,1	0,0255	0,0021	0,00007	0,0095
% z limitu	0	44,2	86,5	5,0	64,0	10,0	25,5	4,2	0,1	1,9

## 7. Návrh na optimalizaci

Předmětem dalších úvah týkajících se výběru optimálního modelu fungování systému nakládání s komunálními odpady na území MSK jsou následující možné scénáře:

- Varianta A – systém se obejde bez technologie termického zpracování směsného komunálního odpadu, výstavba zařízení na energetické využívání odpadů nebude realizována, upřednostněno je třídění na straně občanů, nevytříděný odpad (SKO) bude skládkován.
- Varianta B – směsný komunální odpad bude přednostně směřován na linky MBÚ s cílem maximálního materiálového využití
- Varianta C – směsný komunální odpad bude primárně energeticky využíván ve spalovacím zařízení s roční kapacitou 250 000 t, přičemž bude podporováno zvyšování efektivity odděleného sběru za účelem materiálového využití

### 7.1. Varianta A – pouze třídění

Tento scénář fakticky vychází ze zavedeného systému, kdy občané prostřednictvím sítě sběrných nádob na papír, sklo a plasty zajišťují vstupní materiál pro recyklaci a výrobu druhotných surovin. V některých lokalitách je sběr rozšířen i o nápojové kartony, plechovky a bioodpad. Shromažďování nebezpečného a objemného odpadu od občanů zabezpečují sběrné dvory.

Počty sběrných nádob a frekvence svozu vytříděného odpadu se řídí potřebami a ekonomickými možnostmi jednotlivých obcí. Sběrná síť v kraji je na vysoké úrovni, přičemž neustále dochází k jejímu zahušťování. Kromě obvyklých komodit se stále častěji objevují i kontejnery provozované kolektivními systémy zpětného odběru pro vysloužilé elektrospotřebiče. Ve velkých městech je dokonce možné najít i sběrné nádoby na použitý textil, který je dále využíván charitativními organizacemi.

Nárůst množství vytříděného odpadu byl při zavádění odděleného sběru velký, nicméně průběžně dochází k meziročnímu zpomalování růstu výtěžnosti komodit. Míra separace jistě nedosáhla vrcholu a stále existuje prostor pro zdokonalování systému, přesto se lze důvodně domnívat, že ani masové rozšíření sběrné sítě do malých obcí nepovede ke splnění cílů vytyčených v POH kraje.

Jedním z cílů je totiž snížení podílu skládkovaného BRKO v roce 2020 na 35 % stavu z roku 1995. Tehdy připadalo na každého obyvatele kraje 148 kg BRKO uloženého na skládky, což v absolutním množství činilo cca 178 000 t. V daném termínu 2020 tedy bude přípustné na skládky dovážet nejvýše 62 000 t BRKO. Pro zbývající část produkce je nutné hledat jiné využití. Orientační výpočet v současnosti skládkovaného BRKO, založený na koeficientech podílu biodegradabilní složky v komunálních odpadech z Tab. 4., zahrnuje pouze podskupiny komunálního odpadu, které se na skládkování podílejí nejvíce. Uliční smetky, odpady z tržišť, odpady ze stravoven a jiné nejsou statisticky významné. Naopak produkce BRO z parků a zahrad je značná, ale běžně se využívá jako kompost. Z údajů v Tab. 40 potom vyplývá, že by při dnešních poměrech bylo třeba redukovat množství skládkovaného BRKO o cca 145 000 t.

**Tab. 40 Orientační množství skládkovaného BRKO (2012, ISOH)**

Odpad	Skládkováno [t]	Koeficient podílu BRO [-]	Skládkováno BRO [t]
SKO	333 222	0,54	179 940
Objemný odpad	53 083	0,50	26 542
<b>Celkem</b>	<b>386 305</b>	<b>0,54</b>	<b>206 482</b>

*Poznámka: Dle Vyhodnocení POH MSK za rok 2012 je podíl skládkovaného BRKO ve vztahu k roku 1995 jen 98,9 %, což v absolutním množství činí cca 170 000 t.*

Pro představu jsou v Tab. 41 uvedena množství BRO obsaženého v SKO, která by se odklonila od skládkování, pokud by bylo dosaženo 100% separace vybraných složek a všechny vyříděný materiál by byl náležitě materiálově nebo energeticky využit. Jednotlivé podíly složek v SKO vycházejí z analýzy složení SKO provedené OZO Ostrava s.r.o. (Obr. 38). Z uvedeného je zřejmá náročnost splnění cílů výlučně tříděním na straně občanů bez jiných zpracovatelských kapacit pro SKO a objemný odpad.

**Tab. 41 Teoretické snížení skládkování vybraných BRO v SKO (2012)**

Odpad	Zastoupení v SKO [%]	Koeficient podílu BRO [-]	Skládkováno BRO [t]
Papír a lepenka	16,8	1	55 981
Textil	8,7	0,5	14 495
Ostatní BRO	25,5	1	76 474
<b>Celkem</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>146 951</b>

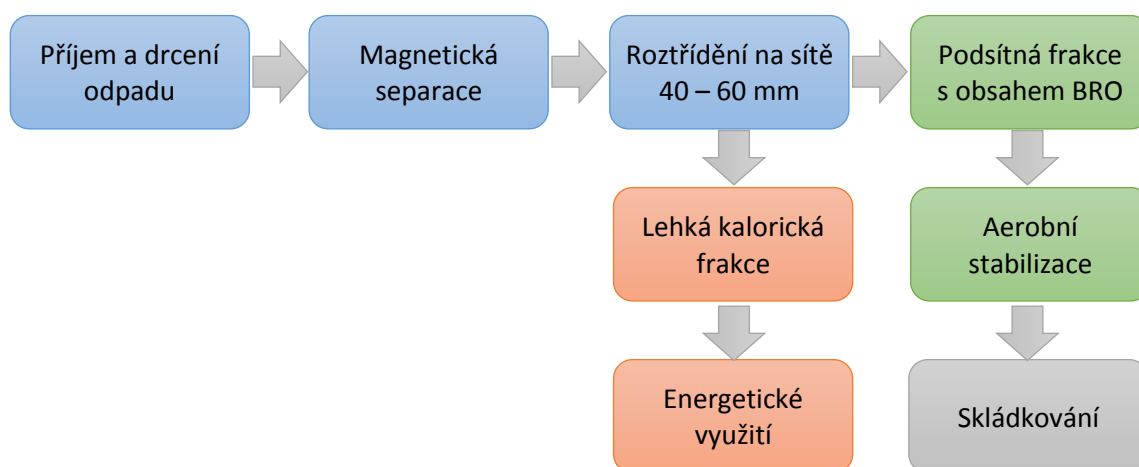
Důležitým cílem EU je dosažení 50% recyklace komunálních odpadů do roku 2020. Podle dokumentu [17] bylo v MSK v roce 2012 nějakým způsobem využito 51,73 % komunálních odpadů. Toto je velice diskutabilní číslo, protože objektivně nereflektuje realitu v oblasti druhotných surovin, kdy sice vyříděné, ale pro recyklaci nevhodné odpady končí zpravidla na skládce odpadů. Když dále vezmeme v úvahu, že z celkové produkce komunálních odpadů v roce 2012 ve výši 669 520 t bylo 396 028 t přijato skládkami, dojdeme k závěru, že míra materiálového využití se vzhledem k absenci ZEVO v kraji musí pohybovat kolem 40 %. Ve skutečnosti může být nepatrně vyšší, protože zmíněná produkce KO nezahrnuje malé původce, kteří nemají ohlašovací povinnost. Evidentní však je, že tento cíl by měl být při nastaveném trendu dosažitelný, čemuž také může výraznou měrou přispět plánované uzákonění odděleného sběru BRKO a kovů.

Cílová hodnota 50% materiálového využití KO by rozhodně neměla být konečnou metou. Nejen proto, že nedostačuje pro splnění cíle pro BRKO v roce 2020, ale především z environmentálního hlediska, snaze o dosažení co nejvyššího zisku druhotných zdrojů z odpadů a omezení skládkování. Při 50% míře recyklace by v MSK stále musela existovat významná kapacita skládek pro roční návoz cca 335 000 t komunálních odpadů. Při splnění cíle BRKO stanoveného na rok 2020 by při dnešní produkci KO bylo dosaženo materiálového využití 59 %, čemuž odpovídá 273 000 t skládkovaných ostatních (hlavně SKO) komunálních odpadů.

## 7.2. Varianta B – mechanicko-biologická úprava

Tato varianta počítá s aktivní odpadovou politikou jednotlivých obcí orientovanou na podporu vzniku nových, případně rozšiřování stávajících sběrných dvorů s posilováním jejich funkce o technologie zajišťující předúpravu odpadů pro další zpracování. To znamená například předdrcení objemného odpadu nebo oddělení energeticky hodnotných složek od balastu. Objemné odpady spolu se směsnými budou následně předmětem mechanicko-biologické úpravy (MBÚ) na linkách zřizovaných ve stávajících odpadových centrech, kterými jsou velké skládky.

Metoda MBÚ (Obr. 57) může fungovat pouze ve spolupráci s navazujícími technologiemi, které jsou schopny využívat, nebo odstraňovat výstupní produkty. Těmi jsou tuhá alternativní paliva a stabilizované biodegradabilní materiály, které po uložení na skládku vykazují sníženou produkci skleníkových plynů a nebezpečných výluhů.



Obr. 57 Schéma mechanicko-biologické úpravy odpadů

V rámci varianty B je předpokládáno zpracování cca 70 % směsného a objemného komunálního odpadu metodou MBÚ z celkového množství těchto odpadů v současnosti ukládaných na skládky v MSK. Zbývajících 30 % bude nadále skládkováno bez úpravy. Z jedné tuny odpadu na vstupu zařízení MBÚ je možné získat zhruba 30 až 50 % kalorické frakce, 2 až 7 % kovů a 1 až 3 % jiných recyklovatelných materiálů. 20 až 40 % tvoří stabilizovaná biologická složka. Zbývajících 20 až 30 % jsou ztráty tlením. V Tab. 42 s výpočtem produkce výstupních surovin jsou použity střední hodnoty těchto podílů.

Tab. 42 Produkce výstupních surovin MBÚ v MSK

	Množství [t/rok]
Lehká kalorická frakce (40 %)	108 000
Biologická složka (30 %)	81 000
Recyklovatelné materiály (5 %)	13 500
Ztráty (25 %)	67 500
<b>Směsný a objemný komunální odpad (100 %)</b>	<b>270 000</b>

Stabilizovaná biologická složka je využitelná jako kompost, ale v praxi velice těžko hledá uplatnění, proto je nejčastěji odstraňována. Společně s množstvím SKO a objemným odpadem, který neprošel MBÚ se tedy jedná ročně o cca 197 000 t komunálního odpadu, který musí být skládkován. Toto ovšem platí, pokud je zajištěn ekonomicky udržitelný odbyt kalorické frakce. Jak ukazují zkušenosti z Německa, může jít o značně komplikovanou záležitost.

Pro souhrnnou zpracovatelskou kapacitu MBÚ linek v MSK ve výši 270 000 t by bylo třeba najít odběratele 81 000 t kalorické frakce. Potenciálním odběratelem mohou být cementárny a energetické zdroje, kde se toto alternativní palivo upotřebí v režimu spoluspalování. Zpracovatelské možnosti těchto technologií jsou však na území kraje za současné situace prakticky minimální. Nejbližší cementárna spalující TAP se nachází v Hranicích v Olomouckém kraji, přičemž je schopna ročně zpracovat 18 000 t, které již odebírá ze separační linky OZO Ostrava s.r.o.

V existujících teplárenských a elektrárenských zdrojích v ČR je možné spoluspalovat zhruba 540 000 t lehké frakce. Na území MSK nejsou vhodné provozy, jelikož při stávajícím systému čištění spalin by nebyly schopny splnit požadované emisní limity. Časem však může dojít ke změně situace vlivem ekonomické výhodnosti nákupu lehké frakce, jejíž cena může být pro provozovatele zajímavá obzvláště při porovnání s drahým černým uhlím a při zohlednění nákupu emisních povolenek.

Spalování lehké frakce v klasických spalovnách komunálního odpadu je často problematické, což souvisí s vysokou výhřevností (15 až 20 GJ/t), na kterou musí být navrženo chlazení roštu, nebo dokonce jiná koncepce spalování a čištění spalin.

Z dosud popsaného je zřejmé, že metoda MBÚ nepředstavuje způsob konečného využití nebo odstranění. Vždy musí následovat další stupeň zpracování, na jehož dostupnosti závisí smysluplnost koncepce MBÚ. A jelikož emisní limity pro některé znečišťující látky (TOC, HCl, HF) jsou při reálném podílu spoluspalování do 10 % energetické náhrady původního paliva méně přísné než pro spalovny, je přínos plošného nasazení metody MBÚ sporný.

Zařízení MBÚ mají omezenou maximální roční kapacitu 60 000 t, z čehož vyplývá, že v MSK by muselo být pro zajištění uvažované zpracovatelské kapacity 270 000 t odpadů vybudováno nejméně 5 odpadových center.

### 7.3. Varianta C – zařízení na energetické využití odpadů

Výstavba ZEVO by v žádném případě neměla vést k milnému dojmu, že je možné rezignovat na separaci odpadů nebo polevit v nastoleném trendu. Materiálové využití má z hlediska hierarchie nakládání s odpady vyšší prioritu než energetické využívání odpadů. Také z tohoto důvodu není v rámci varianty C kalkulováno s teoretickým potenciálem, který byl prezentován v kapitole 4. *Energetický potenciál KO v MSK*, ale s údaji založenými na dosažitelné efektivitě separace ve střednědobém horizontu.

Inspiraci lze hledat u našich sousedů, Rakousku a Německu, které patří mezi evropskou špičku v míře materiálového využití. Rakousko již v roce 2001 dosáhlo cíle EU týkajícího se 50% recyklace komunálních odpadů. V současnosti je materiálové využití na úrovni 62 %, přičemž z toho 32 % zaujímá recyklace a zbývajících 30 % je kompostováno nebo jinak biologicky zpracováno [20]. V posledních letech dochází k mírnému zvyšování podílu ve prospěch recyklace na úkor kompostování. Zásadní však je skutečnost, že celková míra

využití se již výrazně nemění. V Německu byl dokonce zaznamenán nepatrný pokles. Jako nejzazší dosažitelná hranice pro obě země je uváděno 70% materiálové využití.

Budeme-li tedy rakouskou praxi aplikovat na MSK, pak ze současné produkce komunálních odpadů ve výši 670 000 t zůstane cca 250 000 t odpadů pro energetické využití, které je preferováno před odstraňováním. Skládkování pochopitelně není možné zcela eliminovat, jelikož výstupem spalovny jsou kromě energie i odpadní toky v podobě škváry a popílku se zbytky po čištění spalin. Při zohlednění materiálových toků v příkladové spalovně na Obr. 22 zůstane cca 51 000 t škváry a 24 000 t popílku. Škvára je při splnění určitých kvalitativních požadavků využitelná například ve stavebnictví, proto nemusí nutně skončit na skládce. Naproti tomu zachycený popílek obsahuje toxické látky, které jej řadí do kategorie nebezpečných odpadů, a jsou tedy odváženy na příslušné skládky nebezpečných odpadů. Ne všechny popílek je toxický. Jako toxický je uváděna hodnota podílu 3 % ze vstupního odpadu, tj. cca 7 500 t ročně.

Z hlediska optimalizace provozu spalovny je naprosto zásadním faktorem vhodné umístění zařízení, jímž je dána jak ekonomická a technická náročnost svozu odpadů, tak i možnosti uplatnění vyrobené energie. Elektrická energie je obvykle všechna zhodnocena, avšak v případě páry či horké vody toto závisí na požadavcích spotřebitelů, u kterých se projevuje variabilita poptávky. Jsou-li v dané lokalitě nízké ceny tepla, pak snahou provozovatele bude orientovat se spíše na výrobu elektřiny.

Kromě zajištěného odběru energií je potřeba, aby zařízení mělo zaručeno stabilní dodávky odpadu, který nebude vykazovat velké výkyvy ve složení. Může totiž docházet ke změně obsahu látek způsobující korozi a vytváření nánosů, což vyžaduje snížení parametrů páry pro zachování provozní dostupnosti. Z uvedeného je zřejmé, že zařízení pro dodávky pouze elektřiny jsou navržena jinak než zařízení, která mají možnost dodávat teplo.

Možnými odběrateli této energie jsou průmyslové technologie a síť ústředního vytápění či méně častá chladicí síť. Většina technologií požaduje páru. Pokud není k systému CZT připojen spotřebitel páry, je výhodnější využití energie v horké vodě, kdy je provoz ZEVO jednodušší a bezpečnější. Tato varianta se volí, pokud se nepočítá s výrobou elektrické energie.

Přínosná je kombinace výroby tepla a elektřiny, kdy při nízké poptávce po teple například v letních měsících, lze odběr kompenzovat expanzí páry na turbíně s výrobou elektrické energie. Ideální je pokud se vypouštěné teplo dobře využije v rámci tepelného oběhu. Toho je dosaženo při použití nízkotlaké páry pro dodávky tepla a vysokotlaké páry pro výrobu elektřiny.

Je-li poptávka po teple vysoká, je tlak na výstupu NT části turbíny konstantní, protože závisí jen na teplotě vratné vody. Naopak při nízké poptávce musí být NT sekce flexibilní, aby bylo možné regulovat průtok páry turbínou. Prioritní obvykle bývají dodávky tepla, výjimečně tomu může být i obráceně.

Nejrovnoměrnější spotřeby vykazují technologické odběry, pro něž jsou typické parní soustavy CZT. Obvyklé hodnoty základních ukazatelů skladby odběrů tepla z různých systémů CZT uvádí Tab. 43.

**Tab. 43 Ukazatelé systémů CZT**

Ukazatel	Větší průmyslová parní SCZT	Rozsáhlá městská parní SCZT	Rozsáhlá městská horkovodní SCZT	Menší okrsková horkovodní SCZT	Menší sídlištní horkovodní SCZT
Roční celková dodávka [%]	100	100	100	100	100
z toho vytápění [%]	17	36	66	68	69
z toho ohřev TUV [%]	5	12	22	24	25
z toho technologie [%]	60	30	-	-	-
z toho ztráty [%]	18	22	12	8	6
Doba využití max. výkonu [h]	4 500	3 200	2 500	2 300	2 100
Trvání vytápěcí sezóny [dny]	255	255	250	250	250

Minimální kapacita pro výstavbu energetické jednotky spalující komunální odpady je 100 až 150 kt. Menší zařízení jsou již ekonomicky nerentabilní, proto základní podmínkou realizace projektu je dostatečně dimenzovaná CZT, kterou lze předpokládat u měst nad 40 000 obyvatel, případně ekvivalentní odběratel z průmyslu. Problémem však je, pokud stávající dodávky tepla zajišťuje soukromá společnost, což vyžaduje uzavření dohody o množství a ceně odbytové tepelné energii. Složitá situace je hlavně v letním období, kdy celá síť CZT musí pojmout celý výkon spalovny, neboť odpady nelze účelně skladovat.

Vytipování vhodné lokality zdroje na energetické využívání odpadů vychází z primárního požadavku na co nejvyšší využití tepla v rámci teplotní sítě. Mezi města s rozsáhlou sítí CZT patří Ostrava, Karviná, Havířov, Frýdek-Místek, Orlová, Krnov, Bohumín a Kopřivnice. Naopak decentralizovaná výroba funguje ve městech Opava, Nový Jičín a Český Těšín. Tyto lokality jsou perspektivní z hlediska vytváření nových soustav CZT v případě náhrady stávajících blokových kotelen. Představu o dodávkách tepla do jednotlivých měst Moravskoslezského kraje dává Tab. 44. Souhrn dodávek za celý kraj je téměř 28 000 000 GJ.

**Tab. 44 Dodávky tepla ve městech MSK [16]**

Obec	Dodávka tepla [GJ]	Obec	Dodávka tepla [GJ]
Ostrava	14 500 000	Bruntál	260 000
Karviná	3 200 000	Český Těšín	220 000
Třinec	2 300 000	Stonava	180 000
Frýdek-Místek	1 700 000	Bohumín	180 000
Havířov	1 400 000	Hlučín	140 000
Kopřivnice	900 000	Frýdlant nad Ostravicí	120 000
Opava	450 000	Rýmařov	85 000
Dětmárovice	440 000	Frenštát pod Radhoštěm	80 000
Krnov	410 000	Bridličná	75 000
Orlová	330 000	Studénka	60 000
Nový Jičín	300 000	Ostatní obce	500 000



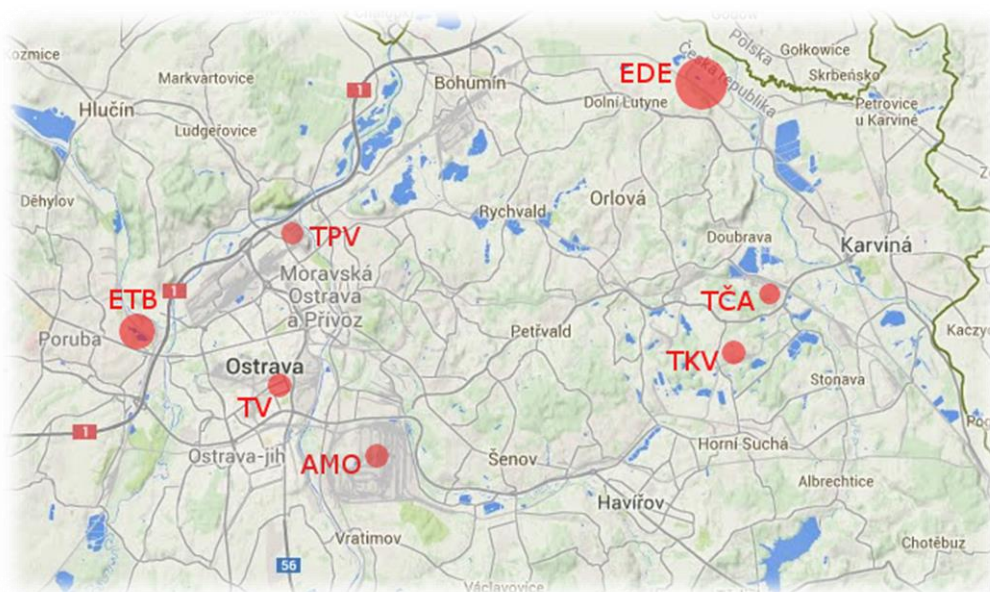
Teplárenské jednotky nejsou na území kraje rovnoměrně rozloženy. Jejich výskyt se koncentruje do oblastí s vysokou hustotou osídlení a zásobami primárního paliva. Proto nejvíce zdrojů, včetně těch nejvýkonnějších, najdeme v ostravsko-karvinské uhelné pánvi.

Teplu pro Karvinou a Havířov je odebíráno z Teplárny čs. armády (TČA) o výkonu 4x57 MW a Teplárny Karviná (TKV) o výkonu 4x62,5 MW. Soustava je horkovodní (160/60°C) a mezi oběma městy vzájemně propojená. Mimo topnou sezónu je teplo do sítě dodáváno pouze z jednoho zdroje, kterým je zpravidla TKV. V topné sezóně je základním zdrojem pro Karvinou TČA, jež posiluje dodávku do Havířova ve výši až 50 MW, pro který je naopak základním zdrojem TKV. Oba zdroje jsou vyhovující jak po stránce technické, tak ekologické.

Orlová a Bohumín jsou zásobovány z Elektrárny Dětmárovice (EDE) horkovodem o parametrech 130/70°C při tlaku 2,5 MPa. Ročně je dodáno cca 520 000 GJ tepla, což je 21 až 27 % potenciálu návrhové spalovny. Provoz současného zdroje je předpokládán do roku 2018 s následnou optimalizací. Do budoucna se uvažuje s propojením EDE s CZT Karviná – Havířov.

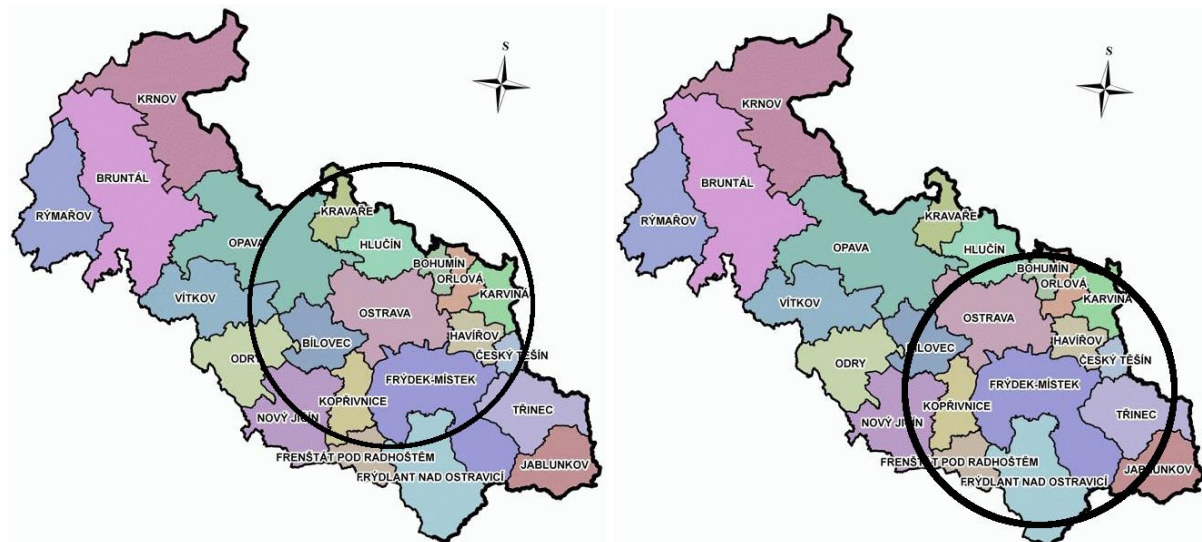
V Ostravě odebírají zákazníci ze sítě CZT kolem 5 milionů GJ ročně, přičemž přibližně polovina připadá na cca 100 000 domácností. Síť CZT v Ostravě je tvořena několika horkovodními a parními větvemi, které jsou vzájemně propojeny energetickými zdroji, jimiž jsou Elektrárna Třebovice (ETB), Teplárna Přívoz (TPV), Mobilní kotelna Jižní Město a podnikový zdroj Energetika ArcelorMittal (AMO). Samotná ETB (765 MW) spalující černé uhlí dodává ročně cca 3 500 000 GJ jak ve formě horké vody pro domácnosti, tak páry pro průmyslové odběratele v okolí. Produkce tepla v navrhované spalovně by v této lokalitě byla využita v plné výši, nicméně u ETB se počítá s provozem i po roce 2016, kdy je naplánovaná modernizace technologie za účelem snížení emisí.

Významný potenciál pro uplatnění tepla z uvažované spalovny se nachází v ostravské městské části Vítkovice, kde je provozována teplárna (TV) společnosti ČEZ a.s. Stávající dodávky tepla jsou realizovány parním (320°C/1,5 MPa) a horkovodním (140/70°C/1,5 MPa) potrubím v množství cca 1 300 000 GJ ročně, což představuje 54 až 67 % produkce navrhované spalovny. Provoz teplárny bude zachován nejméně do roku 2020 s výhledovou modifikací technologie.



Obr. 58 Mapa s rozmístěním největších zdrojů tepla pro CZT

Velikost spalovny zásadním způsobem ovlivňuje cenu za příjem odpadu, která je klíčovým ekonomickým parametrem pro zajištění dodávek vstupní suroviny. Malé spalovny jen těžko konkurují poplatkům za skládkování, čímž dochází k redukci okruhu potenciálních dodavatelů odpadu. S ohledem na požadavky nastíněné v předchozím textu, je v další analýze uvažováno se třemi lokalitami pro umístění potenciální ZEVO v MSK.



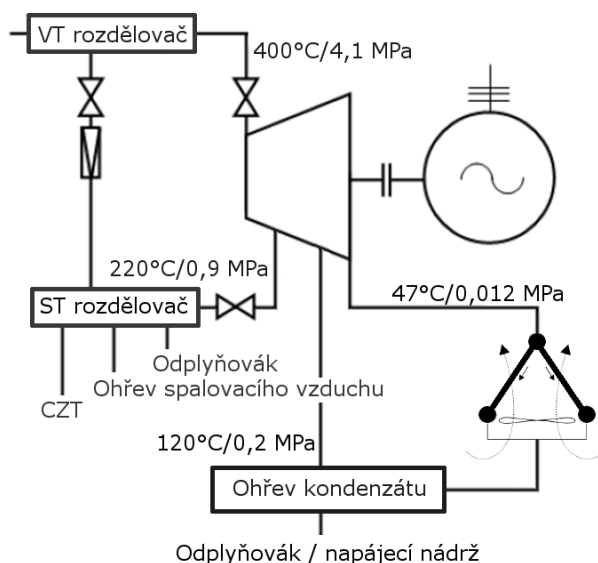
**Obr. 59** Oblast s přímým svozem při umístění spalovny v Ostravě a Frýdku-Místku

Jedná se o Karvinou, Frýdek-Místek a Ostravu. Obě posledně jmenované lokality (Obr. 59) se vyznačují velice podobnou dostupností komunálního odpadu umožňující návoz cca 250 000 t ročně. Rovněž se nacházejí v blízkosti stávajících skládek, takže by nebylo nutné měnit svozové plány. Rádus dojezdové vzdálenosti je 30 km, který je považován za maximum pro ekonomicky přijatelný svoz SKO klasickými silničními vozy. Třetí posuzovaná lokalita (Obr. 60) u Karviné situačně koresponduje s umístěním projektu KIC. Dostupnost odpadu je v tomto případě nižší, cca 220 000 t, ovšem disponuje určitým potenciálem zpracovávat i přeshraniční produkci. Reálně je možné uvažovat s odpady z Polska. Slovenská produkce je vzhledem ke vzdálenosti větších sídel méně perspektivní.



**Obr. 60** Oblast s přímým svozem při umístění spalovny u Karviné

Navrhované ZEVO bude zpracovávat komunální a jemu podobný odpad, přičemž podílově dominantní jsou SKO a objemný odpad. Pro spalování je použito roštové ohniště s parním kotlem o účinnosti 82 %. Vyrobená pára o tlaku 4,1 MPa a teplotě 400°C je vedena do kondenzační turbíny s jedním regulovaným a jedním neregulovaným odběrem. Regulovaný odběr slouží k napájení středotlakého rozdělovače, odkud je pára odebrána pro pokrytí vlastní spotřeby a především pak pro zásobování soustavy CZT. Neregulovaný odběr plní funkci nízkotlaké regenerace napájecí vody, čímž zvyšuje termodynamickou účinnost cyklu. Veškerá pára prochází vysokotlakým stupněm turbíny, za kterým se nachází regulační clona umožňující změnu průtoku odběrem. Průtočné množství páry snížené o odběr prochází nízkotlakým stupněm, v němž se nachází neregulovaný odběr. Zbytková pára odchází do vzduchem chlazených kondenzátorů s tlakem udržovaným na hodnotě 12 kPa.



**Obr. 61 Technologické schéma spalovny s kondenzační turbínou**

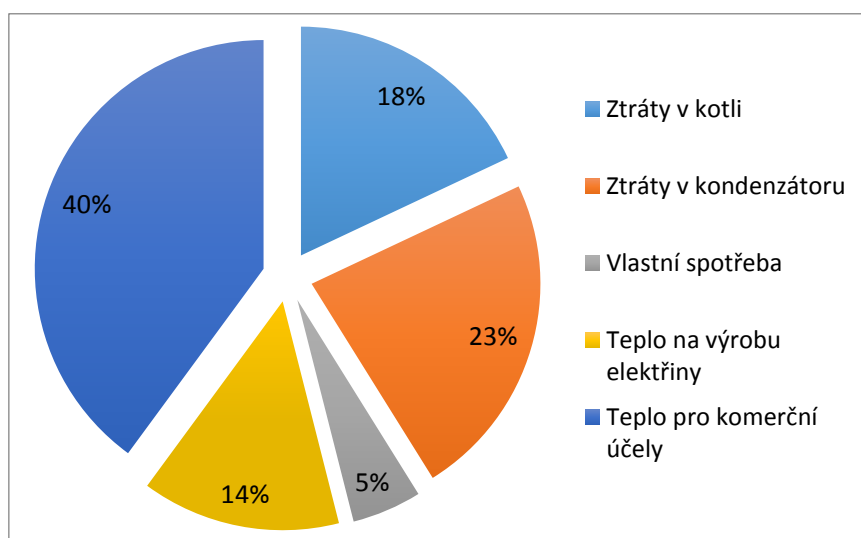
Toto řešení zvyšuje regulační schopnost turbíny vůči CZT a umožňuje tak částečnou eliminaci závislosti výroby elektřiny na dodávce tepla. V letních měsících, kdy je menší poptávka po teple, je odběr záměrně volen nižší a turbína pracuje více v kondenzačním režimu. Naopak v zimních měsících je pára primárně odebrána pro zásobování teplem a elektrická energie se získává expanzí zbytkové páry. Jako celoroční průměrná hodnota regulovaného odběru (220°C/0,9 MPa) je ve výpočtu nižší (Tab. 45) brán 60% podíl z průtoku páry vyrobené v kotli. 11 % připadá na neregulovaný odběr (120°C/0,2 MPa) pro ohřev napájecí vody. Koncovým dílem turbíny tedy proudí 29 % vyrobené páry, jejíž zbytkové teplo je po expanzi mařeno v kondenzátoru.

Po odečtení veškerých ztrát a spotřeb tepla v rámci provozu ZEVO je v závislosti na zvolené variantě k dispozici cca 880 000 až 1 000 000 GJ tepelné energie pro dodávky do soustavy CZT. Jde přibližně o 40 % tepelného potenciálu v přivedeném odpadu (Obr. 62). Další zhruba 12 % připadá na vyrobenou elektrickou energii, která je z jedné třetiny spotřebována na pohon spotřebičů (čerpadla, ventilátory, apod.), a zbyváající část je prodávána distribuční společnosti.

V ZEVO nezpracované komunální odpady by při současné produkci a úrovni třídění představovaly množství 142 000 až 174 000 t, které by muselo být skládkováno. V součtu s výstupy ze spalovny (škvára, popílek) by pak šlo nejvýše o 224 000 t.

Tab. 45 Hlavní výpočtové parametry ZEVO pro jednotlivé lokality

Lokalita	Ostrava-Hrušov	Frýdek-Místek	Karviná
Množství zpracovávaného odpadu [t/rok]	254 000	252 000	222 000
Roční provozní fond [h/rok]	8 000	8 000	8 000
Spalovací výkon kotle [t/h]	31,75	31,50	27,75
Výhřevnost odpadu [GJ/t]	10,00	10,00	10,00
Tepelná energie v odpadu [GJ/rok]	2 540 000	2 520 000	2 220 000
Vstupní tepelný příkon [MW]	88,19	87,50	77,08
Účinnost kotle [%]	82,00	82,00	82,00
Tepelný výkon kotle [MW]	72,32	71,75	63,21
Vyrobená tepelná energie v kotli [GJ/rok]	2 082 800	2 066 400	1 820 400
Produkce páry [t/rok] – 400°C/4,1 MPa	781 832	775 676	683 333
Vlastní spotřeba tepla [GJ/rok] – 6 % z výroby	124 968	123 984	109 224
Využitelné teplo [GJ/rok]	1 957 832	1 942 416	1 711 176
Průtok admisní páry [t/h]	97,73	96,96	85,42
Regulovaný odběr [t/h] - převážně CZT	58,64	58,18	51,25
Neregulovaný odběr [t/h] - regenerace	10,75	10,67	9,40
Vyrobená elektřina [MWh/rok] - VT stupeň	48 560	48 178	42 443
Vyrobená elektřina [MWh/rok] - NT stupeň	33 308	33 046	29 112
Vyrobená elektřina [MWh/rok] - celkem	81 868	81 224	71 554
Hrubá účinnost výroby elektřiny [%]	11,60	11,60	11,60
Průměrný výkon odb. kondenzační turbíny [MWe]	10,23	10,15	8,94
Měrná spotřeba elektřiny [MWh/t]	0,105	0,105	0,105
Vlastní spotřeba elektřiny [MWh/rok]	26 670	26 460	23 310
Elektřina pro komerční účely [MWh/rok]	55 198	54 764	48 244
Čistá účinnost výroby elektřiny [%]	7,82	7,82	7,82
Ztráta tepla kondenzací [GJ/rok]	587 234	582 610	513 252
Teplo pro komerční účely [GJ/rok]	1 013 770	1 005 788	886 051



Obr. 62 Využití tepelného potenciálu odpadu

## 7.4. Porovnání variant

Tab. 46 Základní vyhodnocení jednotlivých variant

Faktor	Varianta A	Varianta B	Varianta C
Vlivy na ŽP	Odstraňování odpadů skládkováním není žádoucí. Zachování provozu skládek přináší rizika ohrožení kvality podzemních vod a znečišťování ovzduší.	Úlet prachových částic a pachových emisí z technologie MBÚ je řešen pomocí odlučovačů a biofiltrů, přesto k částečnému rozptylu do ovzduší dochází. Biologická složka je v rámci procesu stabilizována.	Pro zařízení spalující odpady platí přísné emisní limity, jejichž splnění vyžaduje vysoce efektivní systém čištění spalin. Technologie nemá nepříznivý vliv na půdu a při dodržení zákona o vodách je riziko znečištění povrchových a podzemních vod minimální. Emise hluku a vibrace mimo prostor ZEVO nejsou.
Plnění cílů POH kraje	Při zachování skládkování zbytkového KO je prakticky nereálné dosáhnout 50% materiálového využití. Problémem je zejména BRO, pro který nejsou zpracovatelské kapacity a musí být skládkován.	Splnění cíle 50% materiálového využití je dosažitelné. Závisí však na využití biologické složky, jejíž uplatnění je obtížné. Kvalita obvykle nedovoluje použití jako kompost, proto nachází uplatnění jako rekultivační substrát. Velice časté je skládkování.	Kapacita zařízení je navržena tak, aby bylo s rezervou zajištěno 50% materiálové využití KO. Množství skládkovaného BRKO je redukováno pod cílovou hodnotu 35 % z roku 1995.
Míra využití odpadu	Využívány jsou pouze složky odděleného sběru. Ostatní odpady jsou odstraňovány.	Míra využití může být značná. Na skládku je dopravován pouze vyříděný balast. Základním předpokladem však je zajištění odbytu pro kalorické a podsítné (biologické) frakce.	Energeticky využíván je hlavně zbytkový domovní odpad (směsný a objemný). Kovy zachycené v ZEVO jsou recyklovány. Složky z odděleného sběru jsou využívány materiálově na příslušných zpracovatelských linkách. Skládkovány jsou pouze odpady s velmi nízkou výhřevností, škvára a popílek ze ZEVO.
Přínos k energetické soběstačnosti kraje	Odpady uložené na skládkách produkují skládkový plyn, který je v případě dostatečné vydatnosti spalován v kogeneračních jednotkách. Do distribuční sítě je většinou dodávána pouze elektřina, teplo nenachází využití. Energeticky hodnotné složky zůstávají uloženy v tělese bez užitku.	Účelem procesu MBÚ je výroba paliva, které může nahradit fosilní zdroje. Jeho uplatnění na trhu je však za současné situace komplikované. V kraji nejsou vhodná zařízení pro spoluspalování paliv z odpadů. Překážkou je dosažení předepsaných emisních limitů.	Přínos je v tomto případě jednoznačný vzhledem k produkci tepla a elektřiny z lokálních zdrojů. Důležité je zajištění celoroční a stabilní dodávky tepla spotřebitelům pro dosažení maximální účinnosti transformace energie v palivu.

Skládkování je léty prověřený způsob odstraňování odpadů, v principu se však jedná o maření materiálového a energetického potenciálu odpadů, s kterým jsou spojena nemalá environmentální rizika. Dlouhodobé zachování přetrvávající praxe není udržitelné, čemuž nasvědčuje i posun ve vnímání odpadů v nejvyspělejších státech Evropy.

Materiálové využití samo o sobě nemůže zaručit zpracování veškeré produkce odpadů. Spoléhat se pouze na efektivnější oddělený sběr a příznivější ceny druhotných surovin není prozřetelné. Má-li se podíl skládkovaných odpadů výrazně snížit, pak je žádoucí, aby po vytrídění materiálově využitelných složek byl zbývající komunální odpad termicky zpracován nejlépe v režimu kombinované výroby elektřiny a tepla. Jedná se o koncept, který podobně jako jiné způsoby nakládání s odpady nese určitá rizika pro životní prostředí. Existuje však nespočet instalací, které dokazují vspělost této technologie splňující podmínky pro její provozování v souladu s českou i evropskou legislativou. Zásadní překážkou však je, že výstavba zařízení ZEVO za dnešních podmínek není z pohledu komerčního subjektu příliš ekonomicky zajímavá. Nehledě na velmi malou podporu veřejnosti.

**Tab. 47 Případná rizika spojená s jednotlivými variantami**

Rizika/ Varianta	Technická	Organizační	Právní
A	Kapacitní omezení některých skládek. Obecně však příprava nových kazet nebývá problém.	Nemožnost adekvátně reagovat na případný zákaz skládkování neupravených komunálních odpadů.	Není přímo v rozporu se zákonem o odpadech, ale nenaplnuje základní myšlenku přednostního využívání odpadů.
B	Dosažení požadované kvality výstupních surovin. Při nesplnění je třeba zařadit další zpracovatelský stupně.	Zajištění odbytu výstupních surovin za přijatelnou cenu. Reálná hrozba skládkování se zápornou ekonomickou bilancí.	Nastavení přísných legislativních požadavků na technické vybavení provozu a kvalitu produktů.
C	Odstávky z důvodu zastruskování kotle. Splnění vyluhovatelnosti u tuhých zbytků po spalování, aby mohly být uloženy na skládky ostatních odpadů. Dodržení podmínek certifikátů pro materiálové využití jako stavební výrobek.	Nejasný vývoj produkce odpadů a zajištění spolehlivých dodávek. Odklon odpadních toků od ZEVO při vyšší ceně za zpracování odpadu v porovnání se skládkováním.	Dosažení právně závazné energetické účinnosti R1 pro hodnocení zařízení jako energetické využití a nikoliv odstranění odpadů.

## 8. Zásadní údaje ze studie na území Žilinského kraje

Z hlediska energetického využívání komunálních odpadů je situace v Žilinském kraji srovnatelná s krajem Moravskoslezským. Oba regiony výrazně zaostávají v produkci tepelné a elektrické energie z tohoto prakticky nevyčerpatelného zdroje, a to nejen v kontextu vyspělých států Evropy, ale také ve srovnání s některými českými a slovenskými kraji. Nutno však podotknout, že kraje s významným podílem energeticky využitých komunálních odpadů jsou stále ve výrazné menšině. V České republice se jedná o 3 kraje ze 14 a na Slovensku jsou to 2 z 8.

Přestože téměř každý kraj se zabývá projektem výstavby integrovaného centra pro komplexní využívání komunálních odpadů, zásadní překážkou zůstává zajištění financování a překonání negativního postoje veřejnosti k budování zařízení založeného na termické likvidaci odpadů. Jako hlavní argumenty proti podpoře tohoto způsobu nakládání s odpady je opakovaně uváděna obava o kvalitu životního prostředí v dané lokalitě a odklonění odpadních toků od recyklace, která je dle hierarchie nadřazena energetickému využití. Právní a usměrňující stanoviska EU včetně dlouhodobé provozní zkušenosti sousedních států mají zpravidla malou váhu při utváření pozitivního vztahu obyvatel k této problematice.

Při posuzování vhodnosti výstavby ZEVO v Žilinském kraji se nejčastěji hovoří o těchto skutečnostech:

- plánované ukončení provozu skládky v Považskom Chlmci v roce 2014 bude mít za následek zvýšení nákladů na zpracování vyprodukovaných odpadů městem Žilina a okolních obcí
- výroba elektřiny a tepla přispěje ke zvýšení energetické soběstačnosti kraje a snížení dovozové závislosti v oblasti fosilních paliv
- zajištění zpracovatelských kapacit v případě legislativního zákazu skládkování neupravených komunálních odpadů

Zhodnocení energetického potenciálu komunálních odpadů v Žilinském kraji je založeno na bilanci nakládání s jednotlivými složkami KO. Ta vychází z evidence Regionálního informačního systému o odpadech (RISO), jejíž výtah pro zájmové území uvádí Tab. 48.

Tab. 48 Nakládání s vybranými KO v Žilinském kraji (2012, RISO)

Druh odpadu	Materiál. využití	Energet. využití	Jiné využití	Odstraněno skládk.	Jinak odstraněno	Ostatní způsoby nakládání
KO bez obalů	27 682	0	346	184 678	81	29
Z toho oddělený sběr	22 278	0	156	163	14	21
Z toho odpad ze zahrad a parků	5 404	0	188	3 192	0	1
Z toho SKO	0	0	2	156 990	0	0

Z bilance vyplývá, že v Žilinském kraji se se směsným komunálním odpadem nenakládá jinak než skládkováním. Tímto způsobem je také odstraňováno cca 28 000 t jiných složek KO, přičemž mezi nejvýznamnější zástupce patří objemný odpad, uliční smetky a odpad ze

zahrad a parků. Odpady vyříděné v rámci odděleného sběru jsou dle evidence prakticky všechny materiálově využity, takže s nimi nelze počítat jako vstupem do ZEVO. Ne všechny vyříděné složky jsou však recyklovatelné, což v praxi znamená, že část jich končí na skládce. To stejné platí pro odpadní obaly ve skupině 15, které, pokud pocházejí od obcí, se řadí ke komunálním odpadům.

Do ZEVO je tedy možné teoreticky nasměrovat kolem 185 000 t komunálních odpadů. Reálně to může být až o 15 000 t méně, jelikož z objemného odpadu by ve sběrných dvorech byly vyjmuty nespalitelné složky jako třeba sanitární technika, kovové konstrukce, apod. Zařízení na energetické využívání odpadů se nutně nemusí omezovat jen na směsný komunální odpad, ale může přijímat i ostatní odpady z podnikové sféry. Množstevně a kaloricky zajímavé jsou zejména směsné obaly, plastové hobliny a třísky, dřevo ze stavebnictví a další.

Ekonomicky rentabilní jsou spalovny s roční zpracovatelskou kapacitou vyšší než 100 000 t odpadů, nicméně na příkladu Košického kraje je možné demonstrovat přínos ZEVO s poloviční kapacitou pro integrovaný systém nakládání s odpady. V Košickém a Žilinském kraji se vyprodukuje identické množství komunálních odpadů. Diametrální rozdíl je však ve způsobu nakládání, kdy v Košickém kraji je díky provozu ZEVO energeticky využito cca 50 000 t směsného komunálního odpadu. Při započítání i dalších způsobů využití je pak v Košickém kraji ukládáno na skládky zhruba o 75 000 t komunálního odpadu méně než v kraji Žilinském.

Pokud by se v Žilinském kraji energeticky využívalo 50 % v současnosti skládkovaných komunálních odpadů, pak by kapacita ZEVO byla na úrovni 90 000 t, což pro porovnání je kapacita právě budované spalovny Chotíkov v Plzeňském kraji, který má větší rozlohu a nižší hustotu osídlení.

Horní hranice pro naplnění kapacity potenciálního ZEVO v Žilinském kraji se odhaduje na 70 % skládkovaných odpadů, čemuž odpovídá přibližně 130 000 t. S využitím překládacích stanic a železniční sítě by bylo možné část odpadů dopravovat z Ostravského regionu za předpokladu, že na dotyčném území by nebylo realizováno podobné zařízení. Dovoz odpadů silničními vozy není vzhledem ke vzdálenostem myslitelný. Orientační hodnoty vstupů a výstupů pro ZEVO v Žilinském kraji souhrnně předkládá tabulka.

**Tab. 49 Vstupy a výstupy potenciálního ZEVO v Žilinském kraji**

	<b>Roční zpracovatelská kapacita [t/rok]</b>	<b>Využitelná elektrická/tepelná energie [TJ/rok]</b>
Minimum	50 000	325
Průměr	90 000	585
Maximum	130 000	845

Kromě dostupnosti odpadů a možnosti odbytu vyrobené energie, je jedním z nejdůležitějších faktorů rozhodujícím o realizaci záměru výstavby ZEVO investiční náročnost. V závislosti na velikosti zařízení a technologii čištění spalin se cena může pohybovat ve velmi širokých mezích (viz ). Vývojové nebo složité systémy čištění spalin nabízejí mimořádnou účinnost zachytu škodlivých látek, náklady na jejich pořízení však mohou představovat až 80 % ceny díla.



**Tab. 50 Orientační investiční náklady na výstavbu ZEVO**

<b>Druh odpadu</b>	<b>Kapacita [t/rok]</b>	<b>Cena [mil. €]</b>	<b>Spalovací technologie</b>
Komunální	90 000	100	Roštové ohniště
Komunální	15 000 – 45 000	30 – 60	Roštové ohniště
Odpady ze dřeva	7 000 – 35 000	10 – 50	Roštové ohniště
Průmyslové	2 500 – 25 000	5 – 40	Rotační pec
Nemocniční	1 800 – 3 000	4 – 10	Rotační pec
Farmaceutické	2 500 – 10 000	6 – 30	Rotační pec
Toxické	2 500 – 8 000	10 – 40	Rotační pec

Jako nejvhodnější řešení pro spalování komunálních odpadů produkovaných v Žilinském kraji se jeví roštové ohniště, které má v rámci Evropy nejvíce realizovaných aplikací. Přes dobré reference a velice nízké emise v porovnání s jinými energetickými zdroji by však přes odpor veřejnosti bylo velice složité uskutečnit výstavbu ZEVO v lokalitách, které by umožňovaly využití vyrobené energie tak, aby bylo dosaženo legislativně požadované energetické účinnosti R1 pro hodnocení spalování odpadů jako využívání a nikoliv odstraňování.

## 9. Závěr

Úsilí vynaložené na minimalizaci nepříznivých účinků na životní prostředí spojených s nakládáním s odpady směřuje k vývoji technologií, které umožňují odklon odpadních toků od skládkování ke společensky přínosnějšímu využití. Materiálové a energetické využití je dnes již standardní součástí každé vyspělé koncepce odpadového hospodářství.

Na území Moravskoslezského kraje vznikne ročně kolem 4,7 milionu tun odpadů, přičemž se dá hovořit o relativně stagnující produkci. Menší meziroční výkyvy jsou důsledkem převážně ekonomického vývoje, který se odráží v intenzitě stavební činnosti. Přepočteno na obyvatele jde o 3 850 kg odpadů, přičemž toto číslo je nižší v porovnání se skutečně zpracovaným množstvím odpadů v kraji. Rozdíl je způsoben jak dovozem odpadu, tak částečným nepodchycením produkce. To ve výsledku znamená, že podíl využití je za rok 2012 vykazován ve výši 104 %, přestože 475 kg/ob je ukládáno na skládky, což činí 12,3 % z produkce. Největší měrou se na využití odpadů podílí recyklace kovů a jiných anorganických materiálů a dále zemina a stavební suť použitá na terénní úpravy. Využití odpadů jako paliva je v MSK velice okrajovou záležitostí, která k celkovému využití přispívá méně než 1 % (cca 20 000 t).

Z uvedeného je zřejmé, že z celkové produkce je skládkována poměrně nepatrná část a značný objem odpadů se opět zapojí do výrobního procesu v podobě druhotné suroviny nebo slouží k jinému užitečnému účelu. V kontextu jen komunálních odpadů však toto neplatí. Nevytříděný odpad, mezi který patří zejména směsný a objemný, je téměř bezvýběhově odstraňován na skládkách. Komunální odpad dokonce tvoří 68 % všech skládkovaných odpadů, ačkoliv mezi všemi odpady zaujímá pouze 14% podíl. Prakticky jedinou možnou alternativou ke skládkování za současného stavu je materiálové využití. To do značné míry závisí na schopnosti obyvatelstva vytřídit využitelné složky v rámci odděleného sběru, a tím minimalizovat produkci zbytkového směsného odpadu. Za poslední roky došlo k výraznému nárůstu výtěžnosti separovaných složek, přesto i nadále zůstává 60 % komunálních odpadů nevyužito a je odstraňováno. Zkušenosti ze zahraničí naznačují, že reálně je dosažitelné 60 až 70% materiálové využití komunálních odpadů. Pokud by legislativně bylo zamezeno skládkování neupravených komunálních odpadů, pak by zbývající množství muselo být zpracováno jiným způsobem.

Vhodnou cestou je energetické využití, které může být provedeno přímo spalováním neupraveného odpadu, nebo nepřímo spalováním kalorické frakce z mechanicko-biologické úpravy. Investiční náklady na zařízení MBÚ jsou zhruba poloviční ve srovnání s výstavbou zařízení na energetické využití odpadů (ZEVO) se stejnou roční zpracovatelskou kapacitou. Zásadní nevýhodou metody MBÚ však je skutečnost, že není koncovým stupněm nakládání s odpady. Dále je totiž nutná spolupráce s jinými technologiemi, které jsou schopny využívat, nebo odstraňovat její výstupní produkty v podobě alternativního paliva a stabilizované biologické složky. Spoluspalování alternativního paliva v běžných elektrárnách a teplárnách naráží na provozní potíže vyplývající ze zvýšeného rizika koroze teplosměnných ploch kotle a požadavku na dosažení vysoké úrovně čištění spalin. Za těchto podmínek je velice obtížné zajistit dlouhodobý odbyt alternativního paliva v potřebné kapacitě a za přijatelnou cenu.

Vzhledem k uvedenému se za optimální způsob nakládání s komunálními odpady dá považovat orientace na intenzivní a efektivní třídění v místě vzniku odpadu s následným přímým spalováním nevyužitelných složek v ZEVO. Toto řešení umožňuje nejvyšší míru materiálového využití v kombinaci s výrobou tepla a elektrické energie, což představuje významný prvek pro zvýšení energetické soběstačnosti kraje.

Za současné produkce komunálních odpadů v MSK je možné do ZEVO nasměrovat kolem 320 000 t směsného odpadu a 56 000 t objemného odpadu, který je energeticky využitelný zhruba z poloviny. Teoreticky se tedy jedná o cca 350 000 t spalitelného odpadu, přičemž tato hodnota by mohla být ještě o málo vyšší, vezme-li se v úvahu, že skládkováno je asi o 10 000 t více směsného komunálního odpadu, než je jeho vykazovaná produkce. S ohledem na splnění cíle EU, kterým je dosažení nejméně 50% materiálového využití v členských státech do roku 2020, byla v rámci úvah o budoucí podobě odpadového hospodářství v MSK zvolena varianta s výstavbou ZEVO s roční zpracovatelskou kapacitou od 220 000 do 250 000 t.

Na základě dostupnosti odpadu a možností dodávek vyrobené tepelné energie do systému centrálního zásobování teplem byly vytipovány tři lokality v Moravskoslezském kraji pro potenciální výstavbu ZEVO. Pro každou lokalitu pak byly v závislosti na kapacitě stanoveny základní provozní parametry ZEVO s orientační produkcí tepla a elektrické energie. Realizací energetického využívání komunálních odpadů touto formou by bylo dosaženo výrazného odklonu od skládkování, které by vedlo k redukci ukládaného množství komunálního odpadu nejméně o 172 000 t ročně.

Přes společenský a environmentální přínos takového řešení jsou zásadními překážkami výstavby ZEVO investiční náročnost, která kvůli absenci finanční podpory ze státních či unijních prostředků odrazuje soukromé subjekty od realizace záměru, a v neposlední řadě odmítavý postoj veřejnosti. To jsou také hlavní příčiny faktického zastavení projektu Krajského integrovaného centra, který byl poměrně ve značném stupni rozpracovanosti. Dá se říci, že obdobná situace panuje i u našich sousedů, s tím rozdílem, že v Žilinském kraji je příprava koncepce s energetickým využíváním odpadů pouze ve stádiu úvah

## 10. Citované zdroje

- [1] Aktualizace Státní energetické koncepce České republiky. MPO, 2012, s. 112.
- [2] Benešová L., Černík B., Kotulová Z., Doležalová M. Výzkum vlastností komunálních odpadů a optimalizace jejich využívání závěrečná zpráva projektu SP/2F1/132/0. Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, Praha, 2010, s. 37.
- [3] Vyhláška č. 294/2005 Sb. o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady
- [4] Key statistics 2013: European pulp and paper industry 2013. Confederation of European peaper industries, 2014, pp. 28.
- [5] Guidelines on the interpretation of the R1 energy efficiency formula for incineration facilities dedicated to the processing of municipal solid waste according to annex II of directive 2008/98/EC on waste.
- [6] Results of specific data for energy , R1 plant efficiency factor and NCV of 314 European waste-to-energy (WtE) plants.
- [7] Energy recovery efficiency in municipal solid waste-to-energy plants in relation to local climate conditions.
- [8] Reference document on best available techniques for the waste treatments industries.
- [9] Malaťák J. Termické zpracování odpadů – Spalovny. Česká zemědělská univerzita v Praze. Praha, 2006.
- [10] Pavlas M., Bebar L., Kropac J and Stehlik P. Waste to energy – evaluation of the environmental impact, Chemical engineering transaction,18. 2009, pp. 671- 676.
- [11] Firemní materiály společnosti GB Gasified. Dostupné z <http://www.gbgasified.com>
- [12] Firemní materiály společnosti Metawater. Dostupné z <http://www.metawater.co.jp>
- [13] Firemní materiály společnosti Mitsui Recycling 21.
- [14] Firemní materiály společnosti Westinghouse Plasma Corporation.
- [15] Kysela L., Míka J., Kyselová S. Teplárenství. VŠB – TU Ostrava, 2010, s. 106.
- [16] Vyhodnocení naplňování Územní energetické koncepce Moravskoslezského kraje. Moravskoslezský kraj, 2009. 87 s.
- [17] Vyhodnocení Plánu odpadového hospodářství Moravskoslezského kraje za rok 2012. Krajský úřad MSK, Odbor životního prostředí a zemědělství, 2013, s. 29.
- [18] Ochodek T. Energetické využití odpadů v Moravskoslezském kraji. Přednáška na odborné konferenci “Energeticky nezávislý kraj”, 2010.
- [19] Kačírek L. Zkušenosti s energetickým využitím komunálního odpadu ve spalovnách v Rakousku. AVE CZ odpadové hospodářství s.r.o., 2009,
- [20] Municipal waste management in Austria. European environment agency, 2013, pp. 21.

<b>Autor:</b>	Ing. Jan Koloničný, Ph.D. Ing. David Kupka, Ph.D. doc. Dr. Ing. Tadeáš Ochodek Ing. Jiří Horák, Ph.D.
<b>Pracoviště:</b>	Výzkumné energetické centrum Inovace pro efektivitu a životní prostředí
<b>Název:</b>	Energetické využití komunálního odpadu v Moravskoslezském kraji
<b>Místo, rok vydání:</b>	Ostrava, 2014, 1. vydání
<b>Počet stran:</b>	93
<b>Vydal:</b>	Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava
<b>Tisk:</b>	Bannan Print, Ostrava
<b>Náklad:</b>	200 ks
<b>Neprodejné</b>	

Za obsah studie jsou odpovědní autoři. Informace zde uvedené nejsou oficiálním stanoviskem orgánů Evropské unie.

**ISBN 978-80-248-3547-1**