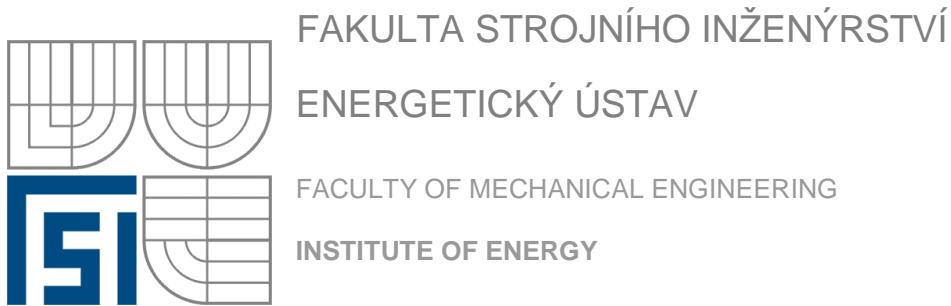




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

ENERGETICKÝ ÚSTAV

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

INSTITUTE OF ENERGY

## VYUŽITÍ ODPADNÍHO TEPLA ZE SPALOVNY NEBEZPEČNÉHO ODPADU

WASTE HEAT USE FROM INCINERATOR HAZARDOUS WASTE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

**STANISLAV ŠTEFÁNEK**

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

**ING. MAREK BALÁŠ**

## **Abstrakt**

Tato bakalářská práce pojednává o využívání odpadů, je zaměřena na využívání a zpracování nebezpečného odpadu. Provozní data nám byli poskytnuty spalovnou Ekotermex. Z poskytnutých parametrů se výpočtem zjistí množství mařeného tepla v kondenzátoru a navrhne se jeho využití.

## **Abstrakt**

This bachelor work is about using of waste. It's oriented on using and processing dangerous waste. Working datas were given from incinerator Ekotermex. From offered parameters can find out with calculation quantity of frustrated heat in the condenser and suggest his using.

## **Klíčová slova**

Nebezpečný odpad, spalování odpadu, parní kotel, kondenzátor

## **Key words**

hazardous waste, waste combustion, steam-generator, steam condenser

## **Čestné prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Využívání odpadního tepla ve spalovně nebezpečných odpadů vypracoval samostatně, pod vedením vedoucího bakalářské práce pana Ing. Marka Baláše s použitím uvedené literatury a zdrojů.

**V Brně dne:**

.....

**Podpis autora:**

.....

## **Poděkování:**

Za cenné rady a připomínky při vypracování bakalářské práce bych rád poděkoval vedoucímu práce Ing. Marku Balášovi. Dále bych rád poděkoval Bc. Jaroslavu Baláčovi za poskytnutí přístupu do provozu Ekotermexu a podklady pro výpočet. Také bych rád poděkoval svým rodičům za podporu při studiu.



## **Bibliografická citace:**

ŠTEFÁNEK, S. Využití odpadního tepla ze spalovny nebezpečného odpadu. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 53 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Marek Baláš.

**Obsah:**

1. Úvod .....	8
2. Odpady .....	9
2.1 Druhy odpadů .....	10
2.2 Způsoby využívání odpadů .....	11
2.2.1. Fyzikální a chemické zpracování odpadů .....	11
2.2.2. Skládání .....	13
2.2.3. Biologické zpracování .....	15
2.2.4. Spalování odpadů .....	17
3. Tepelné výměníky .....	20
3.1. Rekuperace .....	21
3.2. Regenerace .....	21
3.3. Konstrukční materiály tepelných výměníků .....	22
4. Možnosti využití odpadního tepla .....	23
4.1. Energetické využití tepla .....	23
4.2. Vytápění .....	24
4.3. Akumulace tepla .....	25
5. Cíle bakalářské práce .....	26
6. Popis spalovny .....	27
6.1. Poloha spalovny .....	28
6.2. Popis technologie .....	29
6.2.1. Spalovacích zařízení .....	29
6.2.2. Technologie čištění spalin .....	29
6.2.3. Zařízení pro odvod spalin - komín, havarijní komín .....	29
6.2.4. Zařízení pro kontinuální měření znečišťujících látek a provozních parametrů .....	30
6.3. Technologické schéma .....	31
6.4. Vlastní výpočet nevyužitého tepla .....	32
6.4.1. Vlastní výpočet množství páry potřebné pro ohřev napájecí nádrže .....	33
6.4.2. Výpočet alternativní větve .....	33
6.4.3. Výpočet parametrů pro turbínu .....	35
7. Závěr .....	36
8. Seznam použitých zdrojů .....	37
9. Seznam použitých zkratk a symbolů .....	37
10. Seznam příloh .....	37

## Seznam obrázků:

Obrázek 1 - princip silicifikace .....	12
Obrázek 2 - Průřez skládkou .....	13
Obrázek 3 - Nebezpečí ohrožení prostředí skládkou .....	14
Obrázek 4 - samojízdný překopávač .....	15
Obrázek 5 - překopávač kompostu Wildcat .....	15
Obrázek 6 - schéma anaerobní fermentační stanice .....	16
Obrázek 7 - Základní uspřádání spalovny komunálního odpadu .....	17
Obrázek 8 - vznik škodlivin při spalování na roštu.....	18
Obrázek 9 - schéma toku médií spalovnou .....	18
Obrázek 10 - rozdělení tepelných výměníků dle pracovního pochodu .....	20
Obrázek 11 - model ORC cyklu .....	24
Obrázek 12 – Schéma zapojení akumulární nádoby do otopného systému.....	25
Obrázek 16 - poloha spalovny.....	28
Obrázek 13 - technologické schéma Spalovny Ekotermex pro linky č.1 a č.2 .....	31
Obrázek 14 - Schéma tepelného cyklu ve spalovně.....	32
Obrázek 15 – provozní graf.....	34

## Seznam tabulek:

tabulka 1 - Produkce odpadů z hlediska původů Odvětví klasifikace Ekonomických činností na území ČR, 2001-2006 .....	9
tabulka 2 - Odstraňování komunálního odpadu v ČR v roce 2003 .....	14
tabulka 3 -Výhřevnosti odpadů a odpadních látek .....	19
tabulka 4 - seznam vlastností ocelí .....	22



## 1. Úvod

V dnešní době velkého průmyslového rozmachu, kdy je společnost velice závislá na elektrické energii, se hledají stále nové zdroje energie. Velký důraz se klade na ekologičnost daného zdroje, ale zapomíná se na to, že sekundární produkt lidské společnosti, kterému se říká odpad má vysoký energetický potenciál. Jeho využití má velmi široké spektrum a můžeme ho používat i v ekologických zdrojích, ale dá se používat i ve standardních spalovnách. U nebezpečného odpadu je skládkování hodně nebezpečné a poločasy rozpadu těchto látek se pohybují ve stovkách let, proto je důležité redukovat jejich objem při skládkování spalováním. Při procesu řízeného spalování se dosahuje velice nízkých emisí a přebytečné teplo odvedené ze spalovacích komor se dá dále využívat. Takto vzniklé teplo je v menších provozech odváděno rovnou do komína a je ochlazováno okolím, tím se nám snižuje celková účinnost provozu a vznikají velké tepelné ztráty. Teplo z této činnosti můžeme využít k energetickým účelům nebo jej dále využívat k technologickým potřebám. Cílem mé práce je navrhnout řešení pro využití odpadního tepla při spalování nebezpečného odpadu ve spalovně Ekotermex.



## 2. Odpady

Odpady představují nejčastější a nejsledovanější „vedlejší produkt“ lidské společnosti. Zejména komunální odpady a kaly z čistíren odpadních vod jsou produktem prakticky všech obyvatel. Většina z nás se však denně setkává i s produkcí odpadů průmyslových, stavebních, biologicky rozložitelných, nebezpečných a řady dalších.

Kvůli svým specifickým vlastnostem a různému riziku ohrožení našeho životního prostředí vyžaduje každý tok odpadů specifické nakládání. Základní pravidla pro nakládání s odpady jsou stanoveny zákonem o odpadech a jeho prováděcími právními předpisy. Cíle pro různé způsoby nakládání jsou obsaženy v Plánu odpadového hospodářství České republiky na roky 2003 – 2013. Jeho plnění je každoročně vyhodnocováno ministerstvem životního prostředí a zveřejňováno na jeho stránkách.

Aby bylo umožněno plány v odpadovém hospodářství odpovědně vyhodnocovat a byly získány podklady pro správní a kontrolní činnost, je v odpadovém hospodářství vedena evidence, umožňující v souladu s evropskými předpisy získat podrobné informace o produkci a nakládání s odpady.<sup>1</sup>

V tabulce 1 je zřejmé, že pokud se bavíme o produkci odpadů v České republice nejedná se o malá čísla, a je proto důležité mít daný jasný směr, kterým by jsme se měli ubírat. Je zde zřejmí pokles tvorby odpadu, ale to jen díky útlumu důlních těžeb, těžkého průmyslu a lesnictví, ovšem ostatní skupiny dále rostou.

**tabulka 1 - Produkce odpadů z hlediska původů Odvětví klasifikace Ekonomických činností na území ČR, 2001-2006** <sup>2</sup>

Území, kraj Area, region	Odpad Waste	2002		2003		2004		2005		2006	
		Celkem Total	z toho: ne- bezpečné of which: Hazardous waste	Celkem Total	z toho: ne- bezpečné of which: Hazardous waste	Celkem Total	z toho: ne- bezpečné of which: Hazardous waste	Celkem Total	z toho: ne- bezpečné of which: Hazardous waste	Celkem Total	z toho: ne- bezpečné of which: Hazardous waste
		tis. t		thous. t		tis. t		thous. t		tis. t	
Česká republika Czech Republic	odpad ze zemědělství a lesnictví Agriculture and forestry waste	5 817	21	5 281	17	3 876	16	2 180	14	1 304	13
	odpad z dolování a těžby Mining and quarrying waste	597	40	689	23	685	23	612	31	459	24
	průmyslový odpad/ Industrial waste	9 510	1 172	7 938	904	7 647	771	5 794	654	6 575	655
	odpad z úpravy a rozvodu vody Waste from water treatment and distribution	819	2	755	1	669	0	1 085	2	413	1
	stavební a demoliční odpad Construction and demolition waste	5 924	269	6 632	88	9 179	216	8 952	207	8 684	169
	odpad z energetiky (mimo radioaktivního) Waste from energy prod. (excl. radioact.)	6 425	27	6 602	14	5 305	25	1 884	21	2 047	31
	odpad z čištění města. Waste from sanitation and similar activities			257	123	393	63	280	123	1 369	342
	komunální odpad/ Municipal waste	4 615	20	4 446	27	4 651	19	4 439	25	3 979	19
	jiné odpady/ Other waste	4 261	874	3 487	578	6 299	560	4 576	549	4 605	545
	<b>CELKEM/TOTAL</b>	<b>37 968</b>	<b>2 425</b>	<b>36 087</b>	<b>1 775</b>	<b>38 704</b>	<b>1 693</b>	<b>29 802</b>	<b>1 626</b>	<b>29 066</b>	<b>1 455</b>



## 2.1 Druhy odpadů

Členění a rozdělení odpadů je podrobné a skládá se z dvaceti hlavních skupin, které jsou členěny dle původu odpadu (všechny skupiny jsou uvedeny v Příloze 1.). Pro běžné používání stačí jednodušší a přehlednější rozdělení, jak je uvedeno níže.

Komunální odpad představuje veškerý odpad vznikající na území obce při činnosti fyzických osob. Zákon o odpadech stanoví, že původcem komunálního odpadu je obec. Komunální odpad zahrnuje směsný komunální odpad, separovaně sbírané složky (papír, plast, sklo, nápojové kartóny), nebezpečný odpad, objemný odpad, odpad ze zahrad a parků atd. Jedním z hlavních cílů „Plánu odpadového hospodářství ČR“ je zvýšit materiálové využití komunálních odpadů na 50 % do roku 2010 ve srovnání s rokem 2000.

Stavební a demoliční odpady vznikají při zřizování staveb, jejich údržbě, při změnách již dokončených staveb a jejich odstraňování. V České republice a ostatních zemích EU tvoří stavební a demoliční odpady asi 1/4 z celkové produkce všech druhů odpadů. Stavební a demoliční odpady představují významný zdroj druhotných surovin, o což se opírá i jeden z cílů „Plánu odpadového hospodářství ČR“, kterým je využívat 75 % hmotnosti vznikajících stavebních a demoličních odpadů do konce roku 2012.

Odpady biologického původu jsou v komunálním odpadu kvantitativně významnou skupinou odpadů a způsob nakládání s nimi může pozitivně nebo negativně ovlivnit základní složky životního prostředí. Převážná část těchto odpadů je předurčena k látkovému nebo materiálovému využití. Obsahují rostlinné živiny a organické látky, které je možno stabilizovat a výhodně uvádět do přírodního koloběhu jako organické hnojivo - kompost. Bioodpady se mohou také zpracovávat technologií anaerobní digesce, při které kromě organického hnojiva - digestátu vzniká další produkt - bioplyn, který je vhodný k výrobě elektrické energie, tepla a motorového paliva. Biologicky rozložitelné komunální odpady je třeba separovaně sbírat, látkově nebo energeticky využívat a omezovat jejich ukládání na skládky, kde jsou zdrojem skleníkového plynu methanu a výluhů v průsakových vodách.

Nebezpečné odpady jsou odpady, které vykazují alespoň jednu nebezpečnou vlastnost dle zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech. Mezi nebezpečné vlastnosti patří např. toxicita, karcinogenita, mutagenita, infekčnost, ekotoxicita atd. Jako příklad nebezpečných odpadů lze uvést odpady polychlorovaných bifenyly (PCB), perzistentních organických polutantů (POPs), infekční zdravotnické odpady nebo odpady obsahující rtuť či odpady z výroby převážně používající nebezpečné chemikálie ve výrobním procesu. Podrobný seznam nebezpečných odpadů je přiložen v Příloze 1.. Podle tohoto seznamu se odpady člení do přidělených skupin dle původu vzniku. Nebezpečné odpady mohou poškozovat lidské zdraví či životní prostředí, a proto je potřeba věnovat zvýšenou pozornost veškerým operacím ve kterých se s nimi nakládá.



## 2.2 Způsoby využívání odpadů

Každý druh odpadu lze zneškodňovat jiným způsobem, který má pro danou situaci určité výhody ale i nevýhody. Je proto nutné pokaždé vybrat správný způsob zneškodnění daného druhu odpadu, který bude optimálním řešením problému z hlediska ekologičnosti a ekonomičnosti. To se týká převážně odpadů nebezpečných a těch, které můžou ohrožovat životní prostředí. Zde se nám pak vyskytují čtyři základní způsoby zneškodňování odpadů:

1. fyzikální a chemické způsoby
2. skládkováním
3. biologickým způsobem
4. tepelnými způsoby

### 2.2.1. Fyzikální a chemické zpracování odpadů

Cílem fyzikálního a chemického zpracování odpadů je umožnění regenerace surovin, získání druhotných surovin či energie, odstraňování nebo snížení toxicity nebo nebezpečnosti odpadů a zmenšení objemu odpadů. Některé odpady lze zpracovat přímo u výrobce, nebezpečné chemické odpady, zejména složité směsi, je třeba většinou přepracovat ve zpracovatelských střediscích. Takto se přepracovávají převážně odpady z chemické produkce. Základní rozdělení pro fyzikální a chemické zpracování odpadů je na odpady, které se dají spálit, regenerovat, chemicky zneškodnit, fyzikálně-chemické zpevnění.

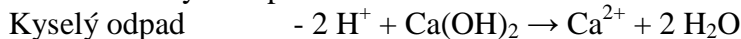
Spalitelné odpady jsou veškeré nebezpečné odpady s výjimkou výbušnin a anorganických odpadů. Účinnost rozkladu, a tudíž odstranění nebezpečných látek závisí na teplotě a době zdržení ve spalovacím prostoru. Pro většinu nebezpečných organických odpadů, např. pesticidů, je spalování často nejvýhodnějším způsobem jejich rozkladu.

Regenerace se používá u látek, které obsahují malou koncentraci nebezpečné látky, a tudíž je levnější tuto malou koncentraci separovat, a pak dále nakládat s odpadem jako s běžným komunálním odpadem. Mezi regenerační procesy patří:

- **Adsorpce** na aktivním uhlí má široké spektrum využití jak v kapalných tak i v plynných látkách. Používá se při úpravě vod, odstraňování chemických látek ze znečištěného vzduchu.
- **Destilace** se používá na úpravu organických kapalných látek, zejména rozpouštědel a halogenových sloučenin. Používá se na odpady z povrchové úpravy kovů.
- **Rozpoštědlová extrakce** se dá použít dvěma způsoby. **Extrakcí kapalin**, kdy je kapalina rozpouštěna v roztoku s větší rozpustností. Další způsob je **loužení** tj. separace složky z pevné matrice působením kapaliny, ve které je složka rozpustná. Loužení se běžně používá k získávání cenných složek z rud, u odpadů k extrakci kontaminantů z půd.
- Další méně užívané způsoby: - **membránová separace**
  - **vymražování**
  - **stripování vzduchem a vodní párou**
  - **rozrážení emulzí**

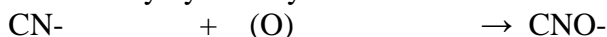
Chemické zneškodnění se používá jen za určitých podmínek, kdy se jedná zejména o malé množství. Zpravidla je nutné rozpustit je ve vhodných rozpouštědlech, přičemž nejvhodnějším se jeví voda. V organických rozpouštědlech se detoxikační reakce provádějí jen výjimečně, protože jejich odstranění je obtížné.

- **Neutralizace** je jedním z nejběžnějších procesů chemického zpracování kyselých nebo alkalických odpadů.



- **Oxidačně-redukční reakce** se používá u kovonosných odpadů, obsahujících toxické látky nebo sulfidy, kyanidy a chromany.

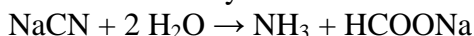
Př.: toxický kyanidový ion lze oxidovat na méně toxický kyanátový ion



Kyan. Odpad      oxidační činidlo      kyanát

- **Hydrolyzní procesy** jsou použitelné pro organické i anorganické odpady. Umožňuje u nich odstranit reaktivní vlastnosti. Použití je především pro alkoxidy kovů, amidy kovů, karbony, silany, hybridy, halidy a sulfidy.

Př.: detoxikace kyanidů za vzniku amoniaku a mravenčanu sodného

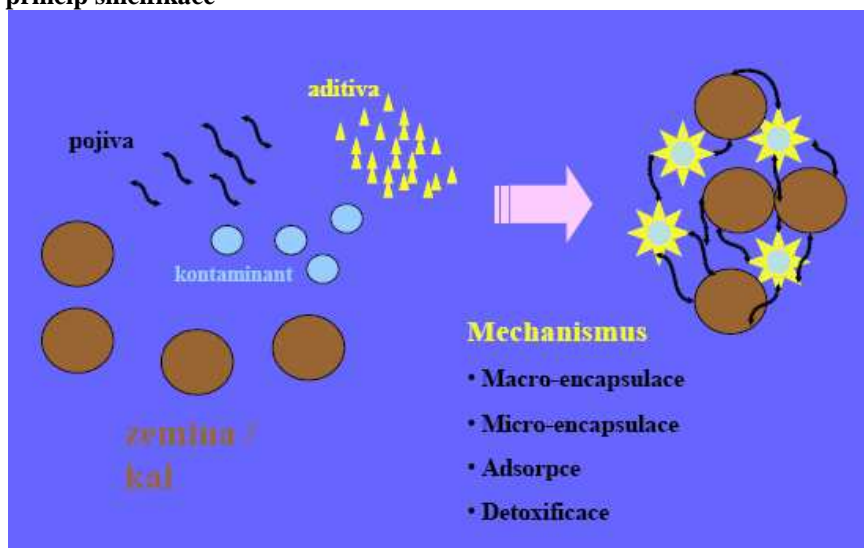


- **Srážení** je nejběžnější proces, kterým se rozpustné složky převádějí do nerozpustné formy chemickou reakcí, nebo změnou složení rozpouštědla. Vzniklou sráženinou lze pak odstranit filtrací nebo sedimentací. Srážení se používá převážně k odstranění toxických kovů z roztoku. Nejčastěji používaný je hydroxid vápenatý, kterým se odstraňují těžké kovy nebo anionty:  $\text{M}^{2+} + \text{Ca(OH)}_2 \rightarrow \text{M(OH)}_2 + \text{Ca}^{2+}$

Fyzikálně-chemické zpevňování (silidifikace) odpadů je speciálním způsobem úpravy odpadů. Jedná se o přeměnu odpadu na nerozpustný produkt pomocí chemických procesů nebo zachycení na vhodný adsorbent.

Solidifikace – převedení stabilizovaných, případně i původních odpadů do pevné formy s dobrými fyzikálními vlastnostmi (pevnost v tlaku, malá propustnost atd.) a mechanickými vlastnostmi umožňujícími bezpečný transport do místa úložiště, s únosností vhodnou pro ukládání ve více vrstvách.<sup>3</sup> Je založena na zpevnění odpadu, který má původně skupenství plynné, kapalné nebo pevné, pomocí matrice vytvořené anorganickou nebo organickou inertní látkou. Solidifikaci je nutné pokládat za mezní řešení otázky nakládání s odpady.

**Obrázek 1 - princip silidifikace**<sup>4</sup>





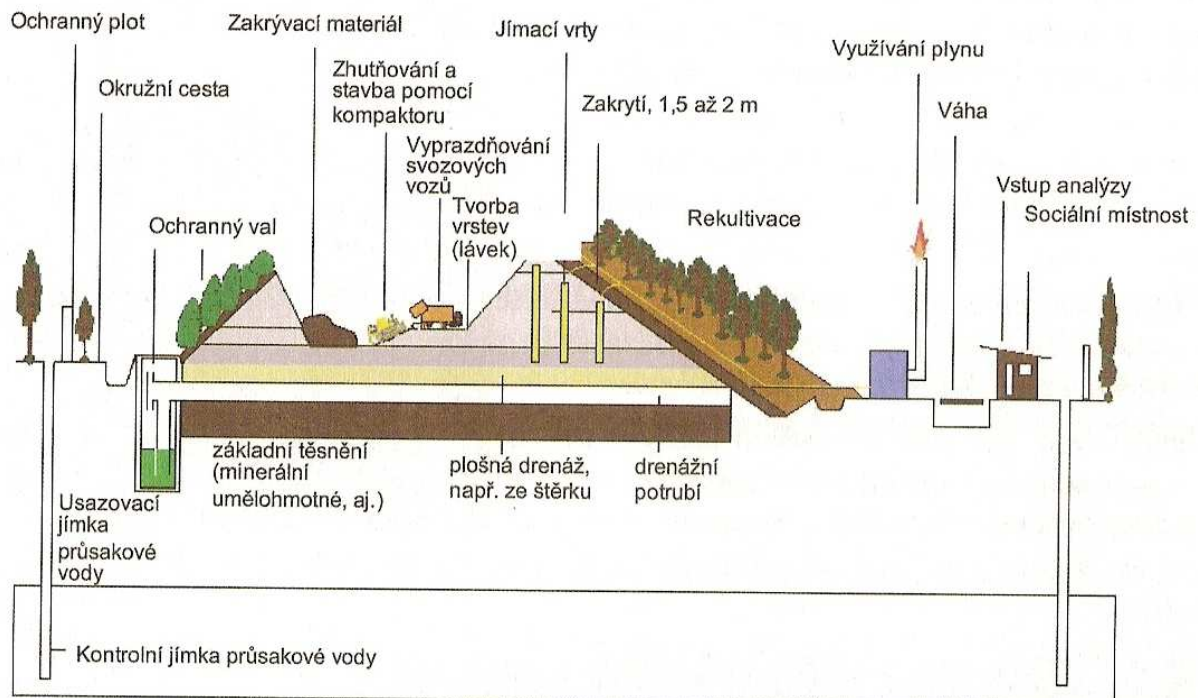
## 2.2.2. Skládkování

Skládkování je v dnešní době nejrozšířenější způsob pro zneškodnění odpadů. Oblíbený je zejména proto, že se takto dá zneškodňovat široké spektrum odpadu, jak průmyslový, tak běžný komunální nebo i nebezpečný odpad, ovšem ten musí být ukládán na speciálně upravených skládkách, kde se zabráňuje kontaminaci prostředí.

Ekonomické hledisko je velice důležitý aspekt, který se při výběru oblasti pro skládkování zohledňuje. Je důležité, aby oblast splňovala veškeré parametry předepsané státními předpisy a stavební zákony. Z tohoto důvodu jsou voleny velkokapacitní skládky, kde se režírní náklady v poměru na jeden m<sup>3</sup> velice výrazně snižují.

Na přiloženém obrázku je vidět veškerá infrastruktura a celkové systematické uspořádání skládky včetně rekultivované části.

Obrázek 2 - Průřez skládkou <sup>5</sup>



Pokud je skládka dobře navržena a realizována, tak nemá žádný negativní dopad na okolní ekosystém. U skládek, kde je značný podíl komunálního odpadu se může využívat i jímáný bioplyn k energetickým účelům v upravených energetických centrálních. Podíl využitelného plynu je závislý na obsahu metanu v bioplynu. Ten se dá částečně regulovat skládkováním komunálního odpadu s velkou částí biologických složek, které za nepřístupu vzduchu vyhnívání vytvářejí bioplyn, ale i tyto bakterie potřebují určité pracovní prostředí, proto se v tělesu skládky udržuje předem stanovená vlhkost. Vznik vlhkosti tělesa skládky je zajištěn kropením. Tímto krokem se nadále omezuje prašnost a nebezpečí úletu drobných částic.

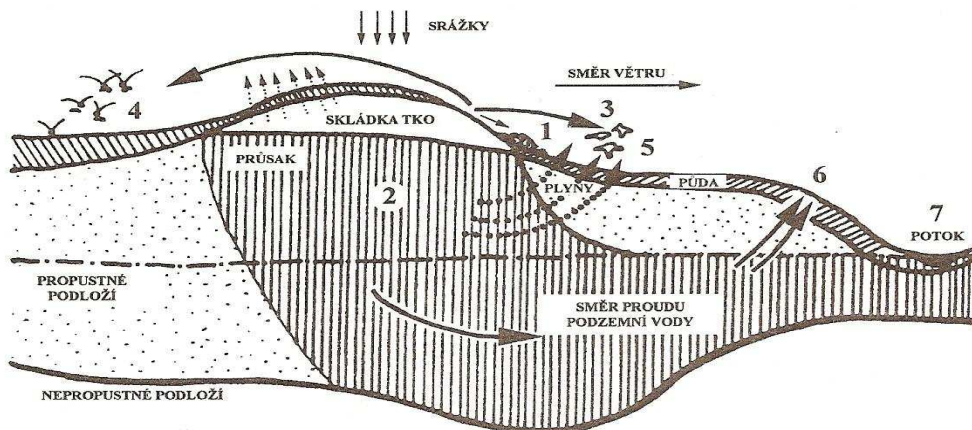
V tabulce 2 je velice názorně vidět, že převážná většina odpadu v ČR asi 80% je zpracovávána skládkováním. Jen pouhých 15% připadá na spalování a biologickou úpravu.

**tabulka 2 - Odstraňování komunálního odpadu v ČR v roce 2003 <sup>6</sup>**

Způsob odstraňování	Kód	Množství	Means of disposal
		Amount (t) 2003 <sup>1)</sup>	
Ukládání v úrovni nebo pod úrovní terénu (skládkování)	D1	2 924 109	Deposition on or under the ground (landfilling)
Úprava půdními procesy	D2	18 117	Treatment by soil processes
Hlubinná injektáž	D3		Deep injection
Ukládání do povrchových nádrží	D4		Storage in surface reservoirs
Ukládání do speciálně technicky provedených skládek	D5	414	Deposition in specially technically controlled landfills
Biologická úprava jinde nespecifikovaná, jejímž konečným produktem jsou sloučeniny nebo směsi, které se odstraňují některým z postupů uvedených pod označením D1 až D12	D8	132 163	Biological treatment not otherwise specified, where the final products and compounds or mixtures that are disposed in one of the procedures set forth under designation D1 to D12
Fyzikálně-chemická úprava jinde nespecifikovaná, jejímž konečným produktem jsou sloučeniny nebo směsi, které se odstraňují některým z postupů uvedených pod označením D1 až D12	D9	8 835	Physical-chemical treatment not otherwise specified, where the final products and compounds or mixtures that are disposed in one of the procedures set forth under designation D1 to D12
Spalování na pevnině	D10	222 758	Combustion on land
Konečné či trvalé uložení	D12	212	Final or permanent deposition
Úprava složení nebo smíšení odpadů před jejich odstraněním některým z postupů uvedených pod označením D1 až D12	D13	12 587	Adjusting of the composition or mixture of wastes prior to disposal by one of the procedures set forth under designation D1 to D12
Úprava jiných vlastností odpadů (kromě úpravy zahrnuté do D13) před jejich odstraněním některým z postupů uvedených pod označením D1 až D13	D14	694	Adjusting of the properties of wastes (except for treatment included under D13) prior to disposal by one of the procedures set forth under designation D1 to D13

Na obrázku 2 je názorně vidět nebezpečí vzniklé nesprávným návrhem skládky a možná ohrožení okolního ekosystému, které může vést k celkové devastaci krajiny.

**Obrázek 3 - Nebezpečí ohrožení prostředí skládkou <sup>7</sup>**





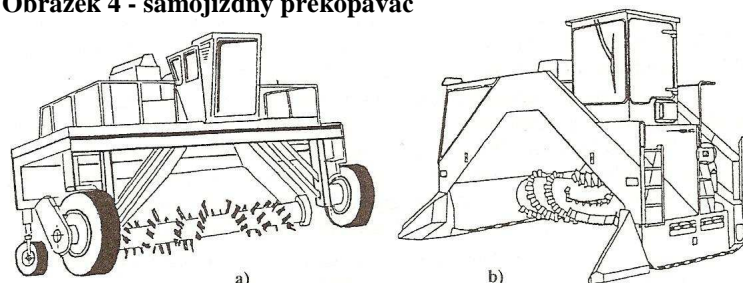
### 2.2.3. Biologické zpracování

Biologické zpracování je v dnešní době nejrozšířeněji užívanou variantou. Je to zejména v důsledku velké rozmanitosti využití a zpracování odpadu. Má na to vliv i velký výskyt bioodpadu jako složky komunálních odpadů, který je produkován ve stále větším měřítku hlavně ve velkých obydlených aglomeracích a městech. Na okrajových částech měst a na venkově je bioodpad převážně zpracováván a ukládám přímo u domů na místo zvané kompost, tím se nedostává jako další složka do komunálního odpadu.

V dnešní době jsou v ČR používány dvě hlavní metody nakládání a zpracování bioodpadů. Tyto metody se po řadu let zdokonalovaly, až do dnešní finální fáze, kdy můžeme říct, že jsme na poli využití bioodpadu na velmi dobré úrovni.

Kompostování je aerobní biologický proces, jehož účelem je co nejchopárněji a nejrychleji využít původní organické složky v odpadu a převést je na humusové látky, které se používají na přihnojování rostlin. Proces probíhá pomocí bakteriologického rozkladu organické části odpadu. Vznikají zde produkty hydrolýzy – aminokyseliny, monosacharidy, alifatické alkoholy se částečně přeměňují za vývinu tepla na organické kyseliny (octovou, máselnou, propionovou) a oxid uhličitý. Za aerobních podmínek dochází ke značné ztrátě uhlíku. Přitom vznikají bílkovinné mikroorganismy, oxid uhličitý, voda a v závislosti na Ph i amoniak. Pokud má proces dostatečný přísun kyslíku, tak se amoniak oxiduje na nitráty. Tím nám v konečné fázi vzniká velice kvalitní hnojivo. Ovšem pro celý proces kompostování musíme použít pečlivě vyříděný bioodpad, který neobsahuje složky jiných nerozložitelných látek. Při procesu musíme zajistit dostatečný objem vzduchu, a proto musíme používat ještě další zařízení jako jsou bagry, speciálně upravené traktory nebo jednoúčelové stroje vyrobené přímo pro úpravu kompostu, jak je názorně vidět na obrázcích.

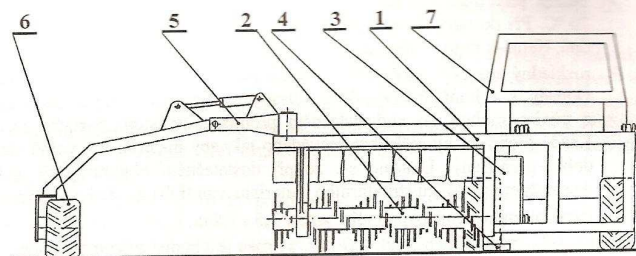
Obrázek 4 - samojízdný překopávač



Samojízdný překopávač

a) na kolovém podvozku (SCARAB), b) na pásovém podvozku (BACKHUS)

Obrázek 5 - překopávač kompostu Wildcat



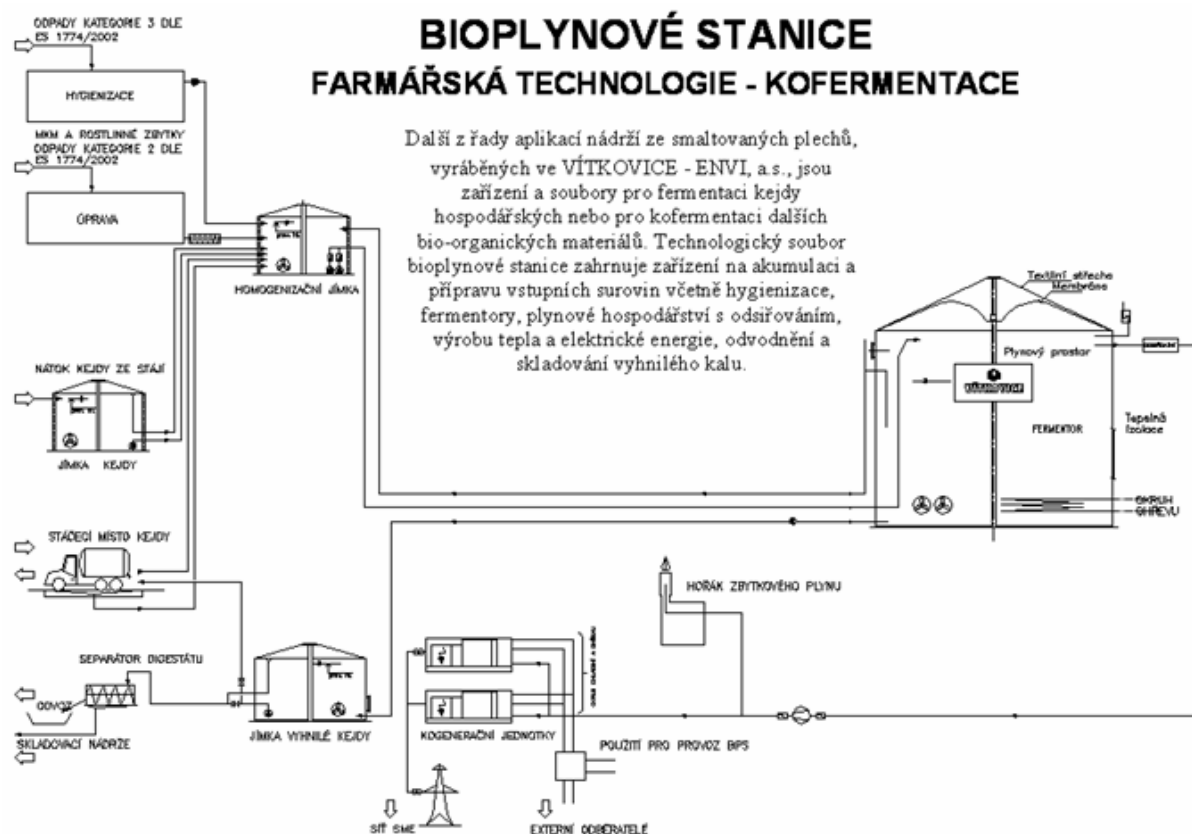
Překopávač kompostu pro větší šířky pásových základek (WILDCAT)

1 - rám překopávače, 2 - překopávací rotor, 3 - převodovka, 4 - opěrná lyže, 5 - hydraulicky stavitelné opěrné rameno, 6 - opěrné kolo, 7 - traktor nebo čelní nakladač

Díky kompostování je veškerý zpracováváný odpad opět vrácen zpět do půdního systému jako živina a hnojivo pro pěstované rostliny. Dá se použít i k biologické sanaci půd kontaminovaných organickými cizorodými látkami.

Anaerobní rozklad se využívá k výrobě bioplynu z organických materiálů. Je zde použita metoda bakteriologického rozkladu bez přístupu vzduchu. Dochází k procesu podobnému jako v batoru přežvýkavců. Rostlinný materiál se štěpí na menší jednotky (cukry, škroby) a vznikají těkavé mastné kyseliny jako substrát k výživě metanogenních bakterií. Důležitým faktorem je teplota. Účinnost přeměny kejdy na metan závisí na mnoha faktorech, například kvalita kejdy vstupující do procesu, intenzita provozu fermentoru, retenční čas, po který zůstává kejda ve fermentoru, teplota ve fermentoru, kontinuální přísun suroviny, druh kejdy. Produkce se zvyšuje s intenzitou využívání fermentoru. Používání anaerobní digesce je složitý proces, jeho řízení a udržování správných pracovních podmínek si vyžaduje sofistikovaný řídicí systém. Proto je celé zařízení fermentoru velice nákladné a kvůli ekonomické udržitelnosti je povětšinou doprovázeno instalovanou kogenerační jednotkou, která využívá vzniklý bioplyn. Na vyobrazeném obrázku je názorně vidět jak je rozsáhlá anaerobní fermentace se zapojením kogeneračních jednotek do sítě.

Obrázek 6 - schéma anaerobní fermentační stanice <sup>8</sup>



Velké výhody při využití odpadu touto technologií, kterými je výroba energie, tepla a hnojiva je však vyvážena velkými pořizovacími náklady a problematickou realizací celého projektu, jelikož mnoho občanů má k této technologii výhrady. Tyto výhrady jsou převážně způsobeny neinformovaností, obyvatel a proto není v ČR zas tak velký rozmach tohoto vysoce příznivého zpracování odpadů.

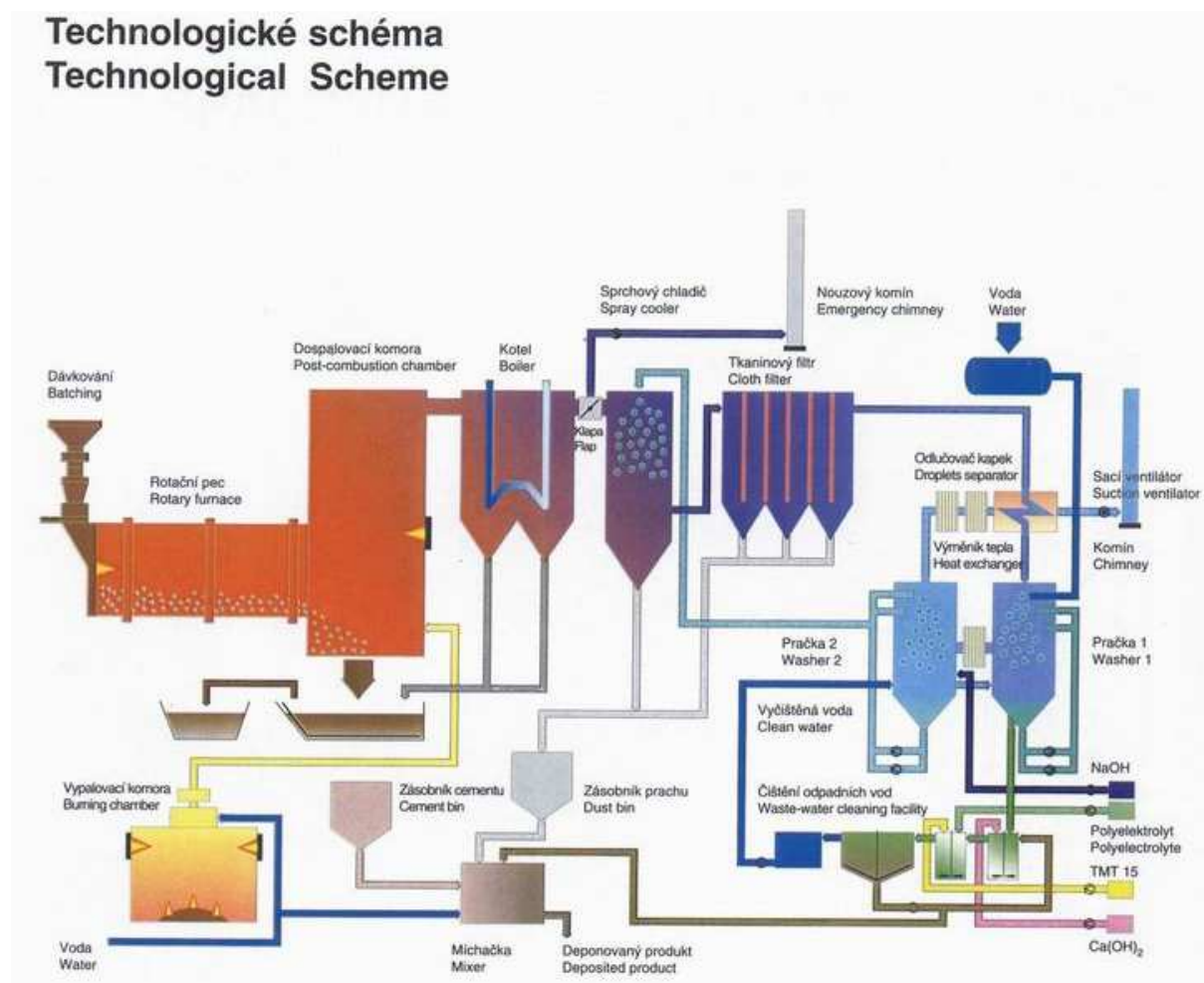


## 2.2.4. Spalování odpadů

Cílem spalování odpadů je snížení celkového objemu odpadu, koncentrovat těžké kovy a nebezpečné látky v zachycovaném popílku. Tím můžeme radikálně snížit objemy ukládané na skládku. Následné využívání tepla při procesu spalování je pozitivním vedlejším jevem. Takto vzniklé teplo užíváme k energetickým účelům nebo v teplárenství. Částečné odběry tepla jsou na technologické předsušování odpadů. V České republice jsou spalovny komunálních odpadů jen ve velkých městech jako je Praha, Brno a Liberec. V menších městech se projektují malé spalovny na zneškodňování nebezpečného odpadu. Tímto krokem se zamezuje kontaminaci skládek.

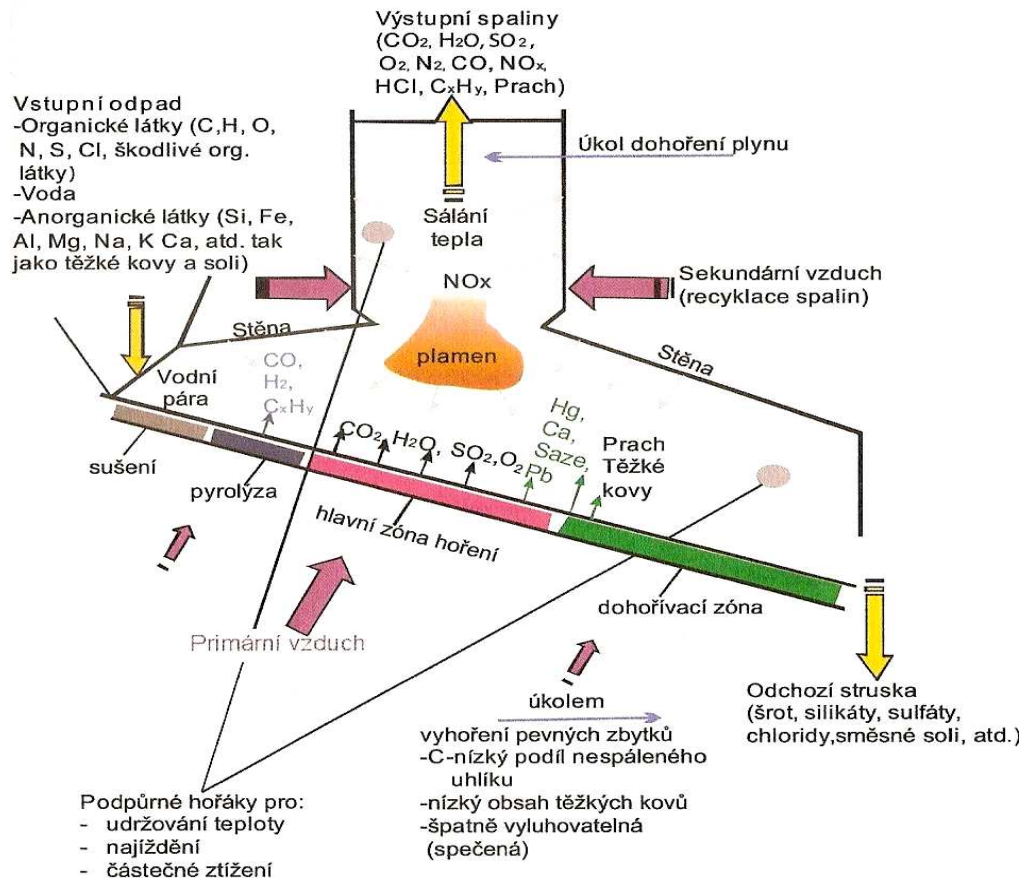
Ovšem provozovat spalovnu není jednoduchá věc. Musí se dodržovat přísná regulační opatření. Jedná se zejména o zajištění dobré filtrace popílku a dodržení emisních limitů, které jsou dané státem. Běžná teplota pro spalování komunálního odpadu se pohybuje v rozmezí 800-900°C, jinak je tomu ale v případě zbytků halogenových látek, kdy je zapotřebí vyvinout teplotu kolem 1200-1500°C. Některé zahraniční spalovny dosahují teploty až 2500-2700°C. Ve spalovnách jsou nejvíce používány pece, rotační, muřkové, etážové, fluidní topeniště a roštové kotle. Spalovací zařízení není jediná složka spalovny jak je zobrazeno na obrázku.

Obrázek 7 - Základní uspřádání spalovny komunálního odpadu <sup>9</sup>

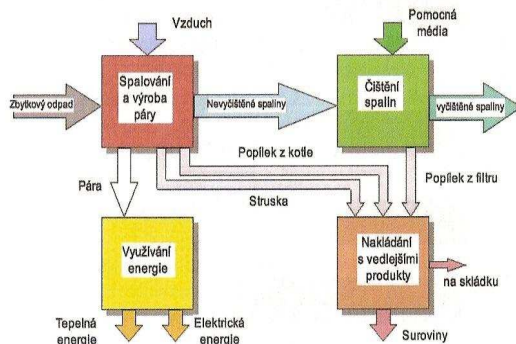


Ve spalovně je důležitý filtrační aparát, který zachytí nečistoty a nebezpečné látky odnášené výsypníky spaliny, které dále odcházejí po předání tepla do elektrostatických filtrů. Je důležité spaliny filtrovat, jelikož jejich obsah je ještě pořád nežádoucí. Objevují se zde karcinogenní složka  $\text{NO}_x$ ,  $\text{CO}_2$  který je skleníkový plyn a dále  $\text{SO}_2$  který při sloučení s vodou vytváří kyselinu sírovou, která nám může poškozovat provozní zařízení, a další nebezpečné plyny. Na obrázku 7 je jednoduše popsán děj plynoucí v prostoru ohniště.

**Obrázek 8 - vznik škodlivin při spalování na roštu**



**Obrázek 9 - schéma toku médií spalovnou**



Celé zařízení potřebuje propracovanou infrastrukturu, která je nákladná hlavně při energetickém využití spalovny. Tyto zařízení zajišťují přípravu a oběh pracovních médií, bez kterých by jsme nemohli celý systém spustit. Na Obrázku 8 je zobrazeno schématické znázornění toku médií spalovnou.



**Typy spalovacích pecí:**

- Diskontinuální (vsázková) pec  
(jednoduchá – pevný rošt, mechanická vsázka, odpopelňování),
- Kontinuální pece – ohniště  
(nepřetržitý provoz 24 h, výkon >100 t/d), rošty 300 – 500 t/d
- Rotační pece (průmyslový odpad, pevný kapalný, pastózní)
- Fluidní reaktory (upravený odpad, pastózní odpad),
- Pece na tavení popela - hořákové  
- obloukové elektrické

Veškeré typy spalovacích pecí musí splňovat přesně dané parametry, které stanovuje Nařízení vlády č.554 / 2002 Sb. §5. Pro provoz a návrh všech typů ohniště je důležité složení spalovaného odpadu. Ve vlastnostech odpadů je důležitá vlhkost, výhřevnost, stav spalované látky (kapalina, plyn, pevná látka) pro srovnání je v tabulce 3 vidět, že největší výhřevnost v odpadech tvoří směsy plastů, které se mohou pohybovat až k 43 MJ/Kg při spalování čistého polyethylénu. Běžně se ovšem spaluje pouze směsný komunální odpad, který se pohybuje mezi 10-13 MJ/Kg, ale i tato výhřevnost je dostatečná a dá se srovnat s méně kvalitním hnědým uhlím nebo s některými druhy biopaliv, jako je například sláma nebo šťovík.

tabulka 3 -Výhřevnosti odpadů a odpadních látek <sup>10</sup>

Druh odpadu	Přibližný rozbor (% váhy)				Výhřevnost (MJ/kg)		
	Vlhkost	Těkavé látky	Vázaný uhlík	Nespalitelné látky	Ze sběru nižší výhřevnost	Normální výhřevnost	Suché bezvodé, vyšší výhřevnost
<b>Směs potravin</b>	70	21	3,6	5,0	4,2	13,9	16,7
<i>Tuky</i>	2	95	2,5	0,2	37,4	38,2	39,1
<i>Ovoce</i>	79	16	4,0	0,7	4,0	18,6	19,2
<i>Maso</i>	39	56	1,8	3,1	17,6	28,9	30,4
<b>Směs papíru</b>	10,2	76	8,4	5,4	15,7	17,6	18,7
<i>Noviny</i>	6	81	11,5	1,4	18,5	19,7	20,0
<i>Lepenka</i>	5,2	77	12,3	5,0	26,2	27,1	27,4
<b>Směs plastů</b>	0,2	96	2	2	32,7	33,4	37,1
<i>Polyetylén</i>	0,2	98	< 1	1,2	43,4	43,4	43,9
<i>Polystyrén</i>	0,2	99	0,7	0,5	38,0	38,1	38,1
<i>Polyuretan</i>	0,2	87	8,3	4,4	26,0	26,0	27,1
<i>PVC</i>	0,2	87	10,8	2,1	22,5	22,5	22,5
<i>Textil</i>	10	66	17,5	6,5	18,3	20,4	22,7
<i>Uliční odpady</i>	60	30	9,5	0,5	6,0	15,1	15,1
<b>Směs dřeva</b>	20	68	11,3	0,6	15,4	19,3	19,3
<b>Sklo</b>	2			96 – 99	0,2	0,2	0,15
<b>Kovy</b>	2,5			96 – 99	0,7	0,7	0,7
<b>Domovní městský odpad</b>	15 – 40	40 - 60	4 – 15	10 - 30	11,6	14,5	19,3
<b>Městský odpad z komerční sféry</b>	10 – 30				12,8	15,0	
<b>Pevný městský odpad</b>	10 - 30				10,7	13,4	

### 3. Tepelné výměníky

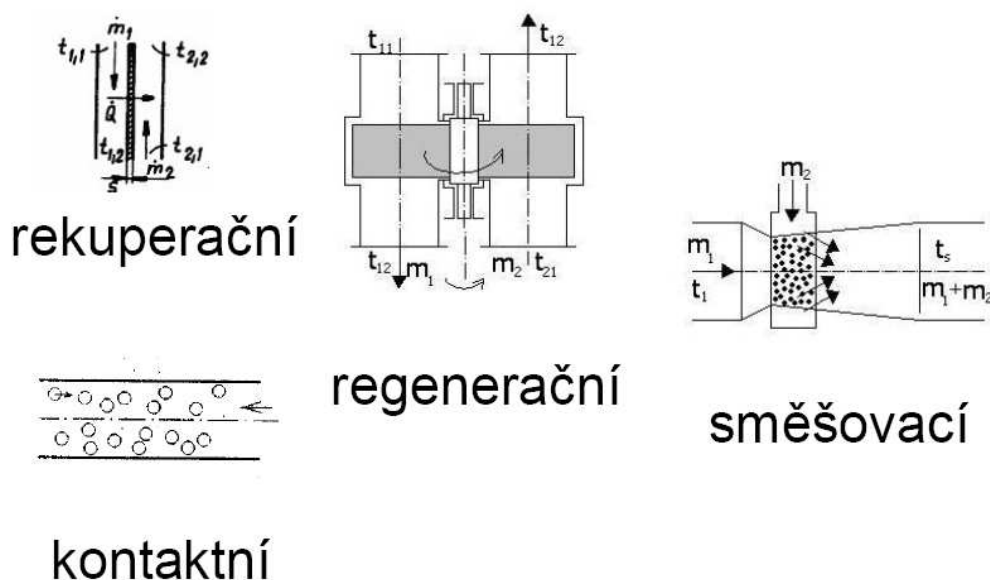
Tepelný výměník je zařízení pro uskutečnění výměny tepelné energie mezi dvěma nebo více proudy pracovních látek. Konstrukce výměníků se liší dle použití a pracovních médií. V energetice se tepelné výměníky převážně používají pro vodu, vodní páru, vzduch a plyny vzniklé hořením plynného, kapalného a pevného paliva. Pokrok ve vývoji materiálů a výrobních technologií posunul konstrukci tepelných výměníků výrazně dopředu, a proto se můžeme setkat s velice odlišnými druhy konstrukcí jak na hodně vysoké tlaky, tak i na agresivnější látky, jako jsou kupříkladu spaliny ze spalování nebezpečného odpadu. Základní schématické principy jsou uvedeny na obrázku 10, kde je zřejmé že pro použití v energetice se budou nejvíce využívat výměníky rekuperační a regenerační. Je to dáno tím, že zde není přestup hmoty mezi pracovními proudy, který je v převážné většině energetických zařízení nežádoucí. K základním funkcím tepelných výměníků patří ohřev pracovní látky, ochlazení pracovní látky, kondenzace páry, výroba páry, a nebo využití odpadního tepla.

Protože při využití odpadního tepla se používá různých zařízení a fyzikálních vlastností, tak i pro rozdělení mohou být použita různá kritéria. Velmi často se systémy zpětného získávání tepla rozdělují na rekuperátory a regenerátory, a proto často dochází k zobecnění těchto pojmů a jejich záměně.

#### Rozdělení Tepelných výměníků:

- Rekuperační výměníky - typickým příkladem jsou deskové a trubkové výměníky
- Regenerační výměníky - typickým příkladem jsou rotační a přepínací výměníky
- Kapalinové okruhy - tento typ zpětného získávání tepla lze také zařadit mezi rekuperační výměníky, kdy k přenosu energie je využita kapalina
- Tepelné trubice - jedná se o zvláštní typ rekuperačního výměníku, kdy k přenosu energie jsou využívány vlastnosti chladiv
- Aktivní systémy - tepelná čerpadla
- Další typy konstrukcí - například kapilární ventilátor, entalpický deskový výměník a další

Obrázek 10 - rozdělení tepelných výměníků dle pracovního pochodu <sup>11</sup>







### 3.1.Rekuperace

Při využití rekuperačního systému dochází k přenosu tepelné energie mezi odpadním vzduchem a přiváděným vzduchem přes pevnou stěnu. Při tomto principu nedochází k žádnému přenosu hmoty mezi odpadním a přiváděným vzduchem a proto se obecně hodí pro znečištěný odpadní vzduch. Konstrukční provedení může být velmi odlišné. Základním typem je trubkový rekuperační výměník. Výhodou tohoto řešení je hodně dobrá čistitelnost, takže tento typ se používá zejména v průmyslu. Nevýhodou je relativně malý povrch a z toho vyplývající nízká účinnost, která bývá 20-40%. Vyšších účinností obvykle v rozmezí 40-70% dosahují deskové křížové rekuperátory. Jejich konstrukce je kompaktní a relativně jednoduchá. Pro desky výměníků bývají použity různé materiály - ocel, hliník, plasty. Se zvyšující se účinností, které je dosahováno uspořádáním, tvarováním desek a zvětšující se měrnou plochou ovšem klesá čistitelnost a stoupají tlakové ztráty. Ještě vyšších účinností v rozsahu cca 60-90% je možné dosáhnout protiproudým uspořádáním a kanálovým profilem průtokových cest výměníku.

Mezi rekuperační výměníky lze zařadit i speciální konstrukce, kdy k přenosu tepla je využíván další mezistupeň. Takovým řešením jsou kapalinové okruhy, kdy tepelná energie je z odpadního vzduchu předávána obvykle v žebrovaném výměníku do kapaliny (vody, nebo nemrznoucí směsi). Pomocí kapalinového okruhu s čerpadlem a dalšími potřebnými prvky je energie předávána do druhého výměníku v přivodním vzduchu. Největší výhodou tohoto uspořádání je možnost přenosu energie na relativně velké vzdálenosti. V typickém uspořádání má tento systém účinnost 30-50%, což je relativně málo. Při protiproudém uspořádání a použití velkého počtu řad výměníků může být účinnost vyšší (až 90%), ale protože při tomto řešení jsou vyšší tlakové ztráty, tak ne vždy se takové řešení vyplatí.

### 3.2.Regenerace

Regenerační systém zpětného získávání tepla využívá hmoty výměníku k akumulaci tepelné energie a případně i vlhkosti. Teplo se střídavě předává z odpadního vzduchu do hmoty a odevzdává do přivodního vzduchu, to znamená, že teplosměnný povrch hmoty je omýván střídavě odpadním i přivodním vzduchem.

V současnosti se nejčastěji používají dva systémy a to s použitím rotačního regeneračního výměníku, kdy akumulační hmota je tvořena válcem s průtočnými kanálky, který se otáčí v prostoru mezi vzduchovými kanály a střídavě zasahuje půlkou objemu hmoty do obou kanálů. Druhým principem je přepínání, kdy akumulačním blokem protéká střídavě pomocí přepínacích klapek odpadní a přivodní vzduch. Aby nedocházelo k nerovnoměrnostem proudění, tak jsou obvykle použity dva shodné akumulační bloky a klapkový systém přepíná proudění střídavě mezi nimi.

Účinnost může být podobně jako u rekuperace až 100%, ale reálná účinnost bývá 60-80%. V závislosti na konstrukčním řešení výměníku není obvykle u regeneračních výměníků zajištěna 100% těsnost, a proto tento typ se hodí většinou pro jiné aplikace než rekuperátory.

Vlastností regeneračních výměníků je částečný přenos hmoty. Cíleným využitím může být tato vlastnost pro některé aplikace pozitivní, protože umožňuje z odpadního vzduchu přenášet vlhkost. V případě rotačních regenerátorů se upravuje povrch hmoty tak, aby přenos vlhkosti byl co nejvyšší. V některých případech lze dosáhnout účinnosti přenosu vlhkosti 60-80%.<sup>12</sup>

### 3.3. Konstrukční materiály tepelných výměníků

Materiály používané na tepelné výměníky musí splňovat pestrou škálu požadavků. Důležité jsou zejména pevnostní charakteristiky materiálu, odolnost proti otěru úletovým popílkem, odolnost proti chemické korozi, tepelná stálost rozměrů, dobrá tepelná vodivost, nízká cena a dobré technologické zpracování. Těmto požadavkům vyhovují austenitické korozivzdorné oceli, které se běžně používají v chemickém průmyslu. Mají velmi dobrou odolnost proti chemické korozi. Tento parametr je důležitý z hlediska nebezpečnosti spalin, které se uvolňují při spalování některých látek obsažených kupříkladu v odpadech. Nejnebezpečnější pro výměníky je koroze způsobená kyselinou chlorovou, která vzniká při kondenzaci spalin. V praxi se můžeme setkat s výměníky z materiálu 1.4401, 1.4571, 1.4306 a jakostnějších ocelí jako jsou 1.4539, Hasteloy 2.4819 nebo materiály tvořené z neželezných kovů jako jsou Titan a jeho slitiny. V příloze 2 jsou v materiálových listech vidět všechny požadované parametry, které jsou pro nás důležité. Výměníky, které jsou použity ke komerčním účelům jsou vyráběny z kompozitních plastů. Použití těchto materiálů je limitováno jejich mechanickými vlastnostmi, proto je jejich použití omezené. Převážně se jedná o nízké teploty kolem 60 °C a tlakové difference okolo 1000 Pa.

V tabulce 4 je základní přehled nerezových ocelí dodávaných firmou Feron, je zde vidět i použití dle vlastností oceli.

tabulka 4 - seznam vlastností ocelí<sup>13</sup>

#### ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKA NEJČASTĚJI UŽÍVANÝCH NEREZOVÝCH A ŽÁRUVZDORNÝCH OCELÍ

NORMA	ZNAČKA	STRUČNÁ CHARAKTERISTIKA OCELI	VHODNÉ APLIKACE
EN 10088-1			
	1.4016	feritická, magnetická, běžnými způsoby svařitelná	všeobecné použití, automobilový průmysl, architektura
	1.4021	martensitická, magnetická, běžnými způsoby svařitelná	součásti s vyšší pevností, pro páru, pro vodu
	1.4301 / 1.4307	austenitická, nemagnetická, svařitelná	potravinářský a chemický průmysl
	1.4305	austenitická, nemagnetická, nesvařitelná	všeobecné použití, zvýšená obrobiteľnosť
	1.4541	austenitická, nemagnetická, svařitelná	chemický průmysl, tlakové nádoby
	1.4404	austenitická, nemagnetická, svařitelná	chemický průmysl, tlakové nádoby
	1.4571	austenitická, nemagnetická, svařitelná	chemický průmysl, tlakové nádoby
EN 10095			
	1.4828	austenitická, nemagnetická, svařitelná, žáruvzdorná do 1000 °C	žáruvzdorná zařízení a nářadí
	1.4845	austenitická, nemagnetická, svařitelná, žáruvzdorná do 1100 °C	žáruvzdorná zařízení a nářadí
ČSN 41 7153	1.7153	feritická, magnetická, obtížně svařitelná, žáruvzdorná do 1100 °C	žáruvzdorná zařízení a nářadí



## 4. Možnosti využití odpadního tepla

Využívání odpadního tepla je vysoký přínos pro užitou technologii, pokud dokážeme vložit do stávajícího systému některý podsystém na využití odpadního tepla, můžeme zvednout účinnost celého zařízení a snížit ztráty. Pokud je tento krok navržen správně, tak jsme schopni výrazně vylepšit ekonomickou situaci provozu. Základní rozdělení podsystému máme podle využití odpadního tepla pro energetické využití, vytápění nebo akumulace s následnou kombinací jednoho z výše uvedených.

### 4.1. Energetické využití tepla

Pro energetické využití je zapotřebí mít k dispozici přehřátou páru, kterou dále zpracováváme na parní turbíně, kde nám přeměna její tepelné a potenciální energie roztočí turbínu. Tyto energie nám umožní roztočit turbínu a následně, po přenosu kroutícího momentu,

v alternátoru vyrobí elektrickou energii. Tato varianta se používá u provozů s kontinuálním provozem, jelikož pro provoz turbíny je to ekonomičtější a nezkracuje se životnost při jejím stálém najíždění a vyjíždění z provozních podmínek.

Aplikace tohoto zařízení do stávajícího provozu je nejlepší při použití Systému ORC (Organický Rankinův Cyklus). Tento cyklus je technologické zařízení využívající nízkopotenciální zdroj tepla k přeměně na elektrickou energii, kdy minimální parametry vstupního média nízkopotenciálního tepla jsou 120°C v případě spalin, resp. 135°C v případě odpadních kapalin či par. Zdrojem nízkopotenciálního tepla mohou být výstupní spaliny z libovolných spalovacích zařízení, odpadní kapaliny nebo pára.

Systém ORC má široké spektrum použití, zejména pokud se jedná o blokové jednotky, které lze bez velkých technologických úprav připojit do stávajícího systému. Tyto jednotky mají dané maximální parametry, ale dají se kaskádovitě řadit. Tímto způsobem můžeme vytvořit požadovaný elektrický výkon. Jak je zřejmé z obrázku 11, veškeré doprovodné systémy pro provoz ORC bloku jsou dodávány na jedné platformě.

Využívají se zejména pro:

- Výstupní spaliny z turbínových a pístových motorů – vhodné pro využití odpadního tepla
- Odpadní teplo z chemických procesů – energetické využití odpadních par chladící vody
- Odpadní teplo z hutních procesů (sklářství, metalurgie železa a barevných kovů) – využití odtahů procesního tepla z kalicích a popouštěcích pecí apod.
- Využití geotermálních zdrojů tepla – suchého tepla hornin i vodních aquiferů
- Odpadní teplo ze spalovacích procesů – široké využití v komunální energetice

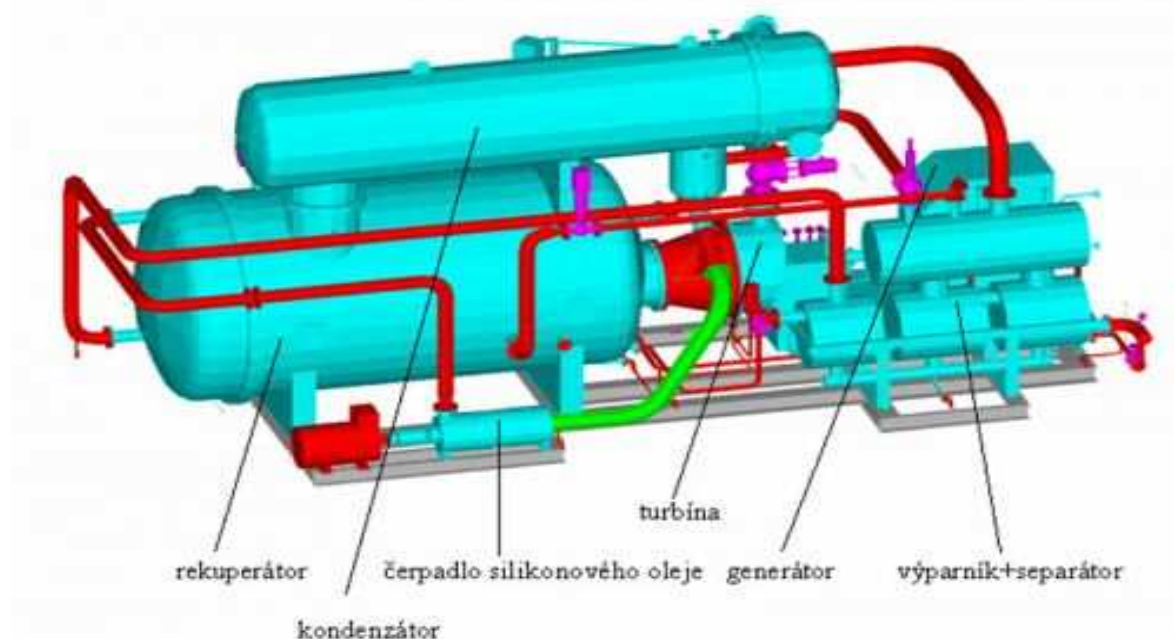
Výhody použití ORC bloku:

- Zvýšení celkové účinnosti zařízení až o 15% (v případě spalovacích procesů)
- Snadná proveditelnost řešení s minimálními požadavky na stavební přípravu
- Minimální provozní nároky
- Životnost 20 let
- Ekonomicky efektivní zhodnocení odpadního tepla
- Systém státem garantované podpory výkupu elektřiny při využití odpadního tepla

Nevýhody použití ORC bloku:

- Vysoká pořizovací cena v poměru

Obrázek 11 - model ORC cyklu<sup>14</sup>



## 4.2. Vytápění

Vytápění je další z možností využití odpadního tepla. Tato varianta se používá, pokud není možné udržet kontinuální přívod páry o požadovaných parametrech pro turbínu. Tudiž by se nám pořízení turbíny nevyplatilo. V těchto případech je jediná možnost použít teplo na vytápění provozních objektů a na ohřev teplé užitkové vody (TUV). Tento systém se realizuje připojením tepelného výměníku do odvodu spalin nebo kotle na odpadní teplo, ve kterém se bude ohřívat oběhová voda, která nám slouží dále pro ohřev TUV. Systém vytápění a ohřevu TUV se také musí dimenzovat na potencionální odběry už před jeho realizací, abychom jsme měli dostatečnou kapacitu odváděného tepla a pokryli pohledávky. Dále je potřebné zvážit jestli se nám investice vrátí a náklady na dopravu TUV nebudou neúměrně vysoké, jedná se především o oběhový systém a teplovodní potrubí, které je jedna z největších položek při realizaci.

Odvedené teplo se dá používat i pro technologické účely. Jedná se hlavně o přehřev paliva nebo o předsušování vsázky. Pro tento přehřev se v některých aplikacích můžou používat přímo jen vyčištěné nedochlazené spaliny, pokud se to ovšem nevyklučuje s technologií provozu.



### 4.3. Akumulace tepla

Akumulace tepelné energie je metoda pro uskladnění potenciálu teplotního média. Akumulátory nám umožňují odběr energie v libovolném časovém úseku podle potřeby, tzn. zajišťují stabilní příkon v požadovaném množství a hlavně v požadovaném čase. Takto lze využívat přebytek tepla při špičkových zdrojích nebo v nekontinuálních provozech.

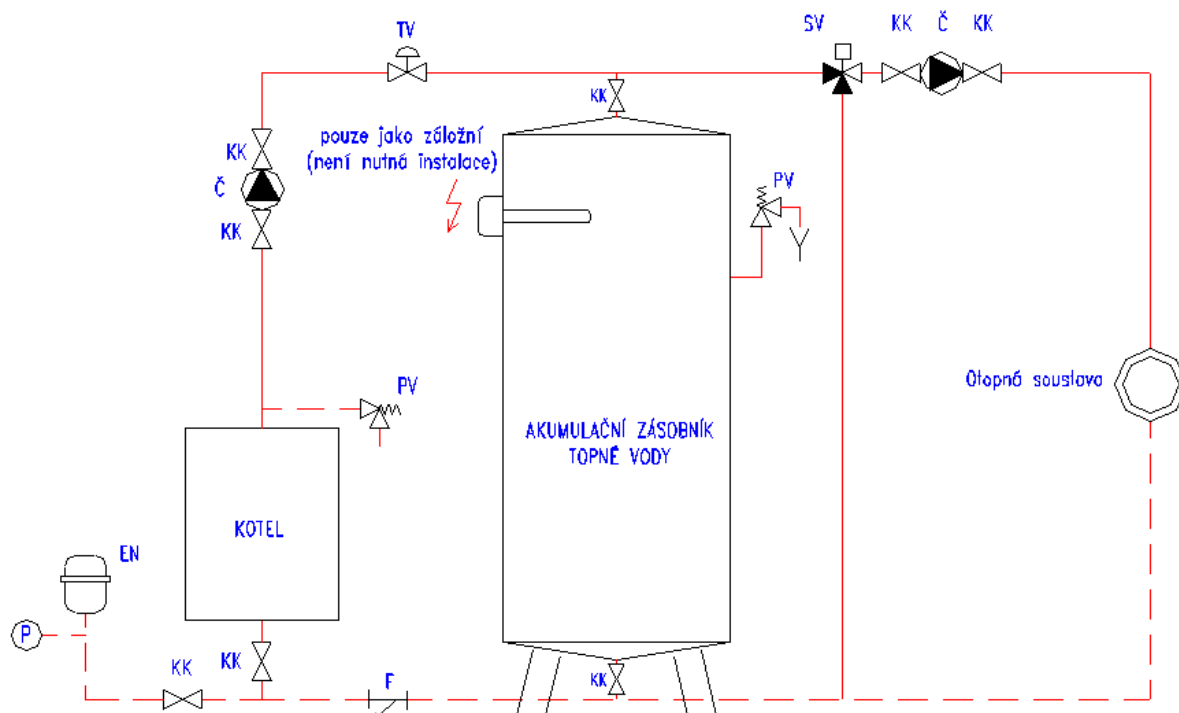
Základními požadavky kladenými na akumulátory by měly být dlouhá životnost, stálá kapacita po tuto dobu, neomezený počet cyklů nabití a vybití, minimální údržba, hospodárnost, ekologická bezpečnost a recyklovatelnost aj.

Důležitá část akumulační nádrže je její izolace, která brání úniku tepla a rozhoduje o celkové účinnosti. Dalším důležitým parametrem je druh akumulačního materiálu, který je zvolen jako akumulační médium. Tradičními materiály užívanými pro akumulaci jsou voda, šterk, písek. Např. voda má určité fyzikální vlastnosti ( $\rho_v$ ,  $c_v$ ), které nám udávají množství tepla, které je do ní možné naakumulovat. Toto množství tepla je dáno známou kalorimetrickou rovnicí.

Existují látky, které umožňují uložit více tepla v akumulátoru při zachování původní geometrie a rozměrů. Nevyužívá se pouze měrné tepelné kapacity, ale i změny skupenství dané látky. Při přechodu látky z kapalného do pevného skupenství se uvolní značné množství energie ve formě tepla a naopak, k přechodu látky z pevného stavu do kapalného musíme stejné množství tepla dodat. Takové náplně tepelných zásobníků se označují zkratkou PCM (Phase Change Material). Tyto materiály mají vysoké akumulační schopnosti a menší nároky na izolaci, ale dosud nebyly v dostatečné míře aplikovány v praxi, aby se mohla prokázat ekonomická rentabilita. Proto se stále používají tradiční materiály.

Akumulační nádoby jsou používány většinou v kombinaci s více zdroji tepla, abychom dosáhli větší variability a snížili náklady na ohřev teplé užitkové vody. Jak je vidět na obrázku 12 může zde být napojeno i přitápění elektřinou, a to v těch případech kdy je náběh kotle neekonomický nebo časově nepřijatelný.

Obrázek 12 – Schéma zapojení akumulační nádoby do otopného systému





## 5. Cíle bakalářské práce

Cílem bakalářské práce je popsat možnosti využití odpadního tepla jak je už výše uvedeno v rešeršní části. Dále popis zařízení s důrazem složení spalin, nečistoty a místní odbyty tepla. Vyčíslit zbytkové teplo a navrhnout jeho využití včetně ekonomické bilance.



## 6. Popis spalovny

Spalovna nebezpečného a průmyslového odpadu obchodní společnosti EKOTERMEX, a.s. byla vybudována z vlastních zdrojů společnosti v roce 1991 - 1992 s cílem zajistit odstranění tohoto odpadu a tím i ochranu životního prostředí. V současné době splňuje všechny české zákonné normy (zákon o ovzduší č. 86/2002 a všechny jeho prováděcí vyhlášky). Dne 20.2.2007 byl udělen firmě EKOTERMEX, a.s. certifikát ISO 9001 a ISO 14001.

Zařízení je určeno ke sběru, výkupu, shromažďování, skladování a následnému odstraňování průmyslových nebezpečných odpadů spalováním. Technologické zařízení je schopno spalovat tuhé i tekuté průmyslové odpady. Během 15 let provozu prošla spalovna řadou rekonstrukcí (tzv. suché čištění spalin) a do trvalého provozu byla uvedena linka č. 2 a 3, 28. února 2005 a linka č. 1, 29. června 2006. Linky č.1 a č.2 jsou typu Hoval GG 24 a na lince č.2 je instalovaná muflová pec MP 150. Všechny tři linky jsou pořád plně funkční, ale díky jejich velké kapacitě jejich vytíženost nedosahuje 100%.

### Základní kapacitní údaje zařízení: <sup>15</sup>

Celkový instalovaný výkon:

**a) tuhé odpady** 1) HOVAL GG 24 (č. 1)

2) HOVAL GG 24 (č. 2)

- spalovací linka HOVAL GG 4000 kg/24 h 1500 t/rok

- skutečná kapacita jedné linky 1300 t/rok

**a) kapalně odpady** - muflová pec MP 150: 920 kg/24 h

(při výhřevnosti odpadu 18 MJ/kg)

Pozn.: Max. výkon spalování je dosažitelný pouze ve fázi dávkování odpadu, skutečná kapacita je propočtena z celkové doby cyklu spalování včetně doběhu a dohoření.

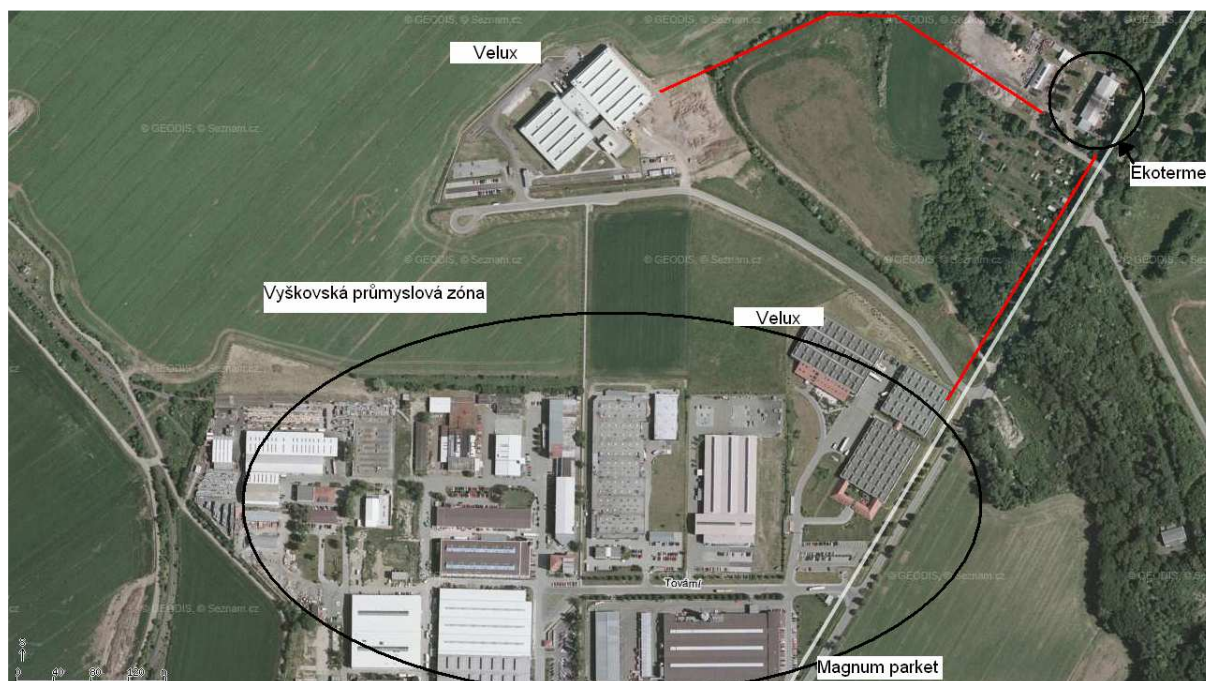
Spalovna zpracovává odpady všech skupin včetně převážné většiny nebezpečných odpadů uvedených v příloze 1.

## 6.1. Poloha spalovny

Spalovna je umístěna na okraji průmyslové zóny v severovýchodní části Vyškova nedaleko od říčky Marchanky. Komplex je umístěn samostatně vzhledem k dalším částem průmyslové zóny. Nejbližší provoz je sousední obalovna a opačným směrem přes říčku Marchanka jsou zbylé větší provozy, jako je firma Velux, Magnum parket a další strojní provozy. Na obrázku 16 je zobrazena poloha spalovny vůči zbytku průmyslové zóny.

Je zde patrné, že dopravní vzdálenosti a alternativní trasy jsou vzhledem k množství poskytnutelného tepla velice dlouhé. Další negativum je požadovaná akumulace a další problémy s realizací jako jsou majetkové poměry v okolí průmyslové zóny a velká členitost terénu.

Obrázek 13 - poloha spalovny





## 6.2. Popis technologie

### 6.2.1 Spalovacích zařízení

#### Spalování tuhých odpadů - HOVAL GG 24 (č. 1 a č. 2)

Na tomto zařízení je možno spalovat jak tuhé, tak i tekuté odpady. V současné době jsou tekuté odpady výhradně spalovány v muflové peci. Proces spalování je cyklický, zařízení je vhodné pro méně popelnaté odpady. Typický případ takového odpadu je odpad ze zdravotnických zařízení. Doba 1 cyklu je cca 24 hod., v závislosti na druhu spalovaného odpadu a množství celkové vsádky pece.

#### Spalování tekutých odpadů - MP 150 (zdroj znečišťování ovzduší č.102)

Na tomto zařízení je možno spalovat výhradně tekuté odpady. Jde rovněž o dvoustupňové spalovací zařízení. Třístupňová mokrá vypírka kouřových plynů byla demontována v dubnu 2003. V červnu 2004 bylo nainstalováno suché čištění spalin, v prosinci proběhla kolaudace a od ledna 2005 je linka v řádném provozu.

### 6.2.2. Technologie čištění spalin

Technologie čištění spalin je založena na kombinovaném chemisorpčním účinku aktivních složek sorbentů, které se dávkuje kontinuálně, v řízeném množství, do spalin proudících spalinovým potrubím. Použité sorbenty jsou hydrogenuhličitan sodný a aktivní uhlí prachové konzistence (velmi jemně mleté). Technologický postup se skládá z následujících kroků:

- dávkování sorbentu pro první stupeň čištění spalin
- dochlazení spalin na teplotu vhodnou pro aplikaci technologie suchého adsorpčního čištění spalin
- dávkování sorbentu pro druhý stupeň čištění spalin
- odlučování znečišťujících látek chemisorpcí a adsorpcí ze spalin
- odloučení TZL, zreagovaných a nezreagovaných sorbentů ze spalin
- odvod spalin přes odběrová místa pro měření hmotnostních koncentrací znečišťujících látek a parametrů vyčištěných spalin do venkovního ovzduší

### 6.2.3. Zařízení pro odvod spalin - komín, havarijní komín

Spalovací linka HOVAL č. 1 má společný hlavní komín pro vypouštění spalin při běžném provozu s linkou HOVAL č. 2 a MP 150 a každá linka má svůj vlastní nouzový (havarijní) komín.

Hlavní komín je vyroben z nerez oceli (kovový balený) a odvádí vyčištěné spaliny. Komín u linky Hoval - Schiestl GG 24 má výšku 13,8 metrů, průměr 500 mm, délka kouřovodu je 18 metrů. Jedná se rovněž o dodávku firmy SMS Rokycany, výrobce ROKA RÁŽA s.r.o. Teplice, rok výroby 2004. Teplota odváděných spalin do atmosféry je do max. 65 °C. Nouzové (havarijní) komíny jsou z ocelového plechu o výšce 14 m.

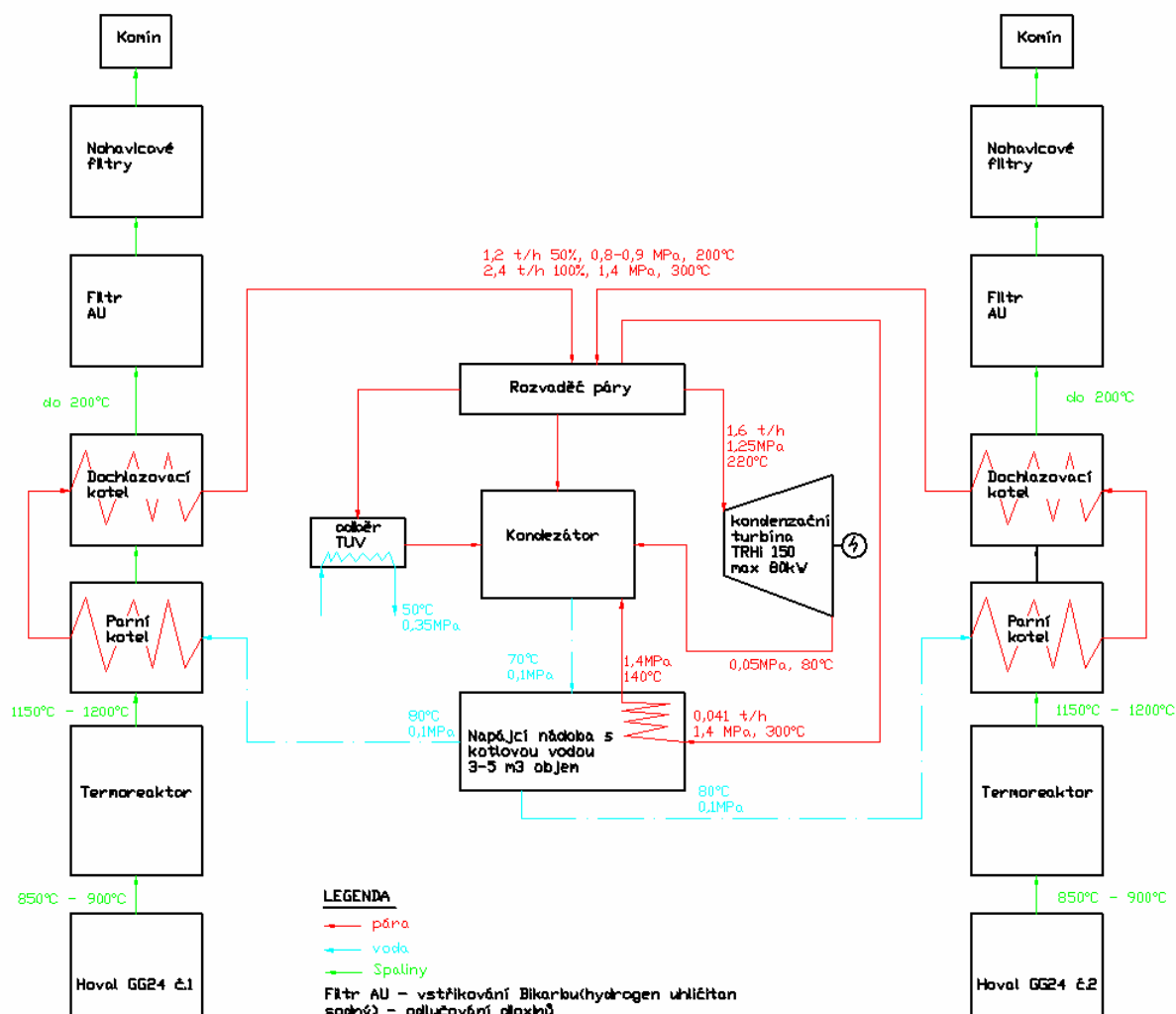


## **6.2.4. Zařízení pro kontinuální měření znečišťujících látek a provozních parametrů**

Spalovna nebezpečných odpadů slouží k termické likvidaci nebezpečných odpadů, které nelze druhotně využívat ani zpracovávat jiným způsobem. V pyrolýzní peci spalovny dochází ke vzniku karbonizačního plynu, který je dopalován v komoře termoreaktoru, odkud jdou spaliny přes výměník tepla, suchou vypírku spalin a filtr do společného komínu.

Spalovna je vybavena zařízením pro měření emisí. Měření probíhá v rozsahu a četnosti dle platné legislativy zejména zákona č. 86/2002 Sb. o ochraně ovzduší a nařízení vlády č. 354/2002 Sb., kterým se stanoví emisní limity a další podmínky pro spalování odpadu.

### 6.3. Technologické schéma

 Obrázek 14 - technologické schéma Spalovny Ekotermex pro linky č.1 a č.2 <sup>16</sup>


## 6.4. Vlastní výpočet nevyužitého tepla

Veškeré výpočty jsou vztahované ke schématu na obrázku 14, kde jsou patrné veškeré tepelné toky důležité pro výpočet zbytkového využitelného tepla. Schéma bylo vytvořeno z poskytnutých materiálů firmou Ekotermex. Odběr TUV není brán v potaz, jelikož tato položka je zanedbatelná vůči celkovému odběru na turbíně a při přehřevu kotlové vody.

Obrázek 15 - Schéma tepelného cyklu ve spalovně

Schéma tepelného cyklu ve spalovně - verze s napíjecí větví

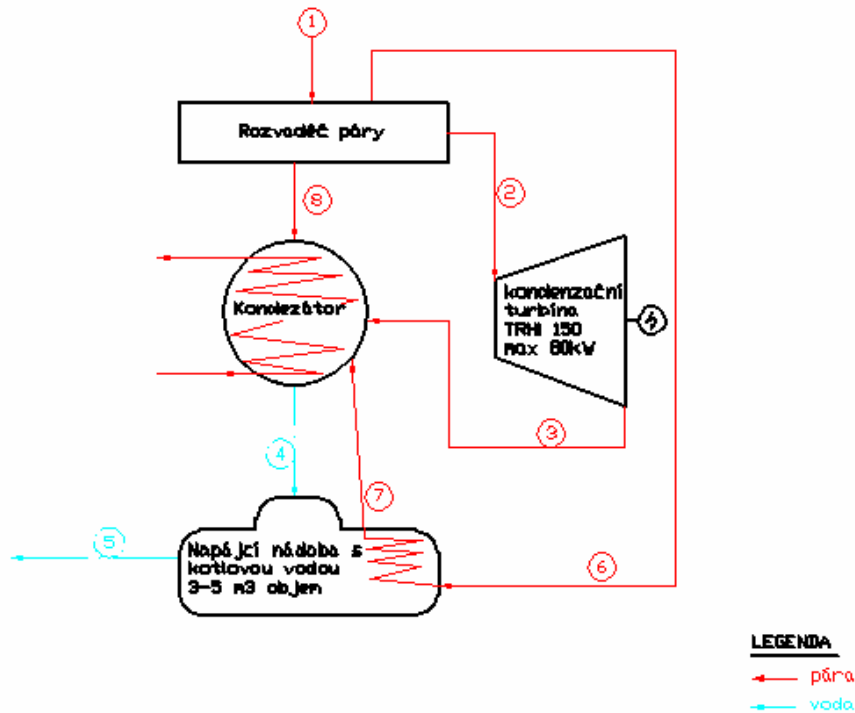
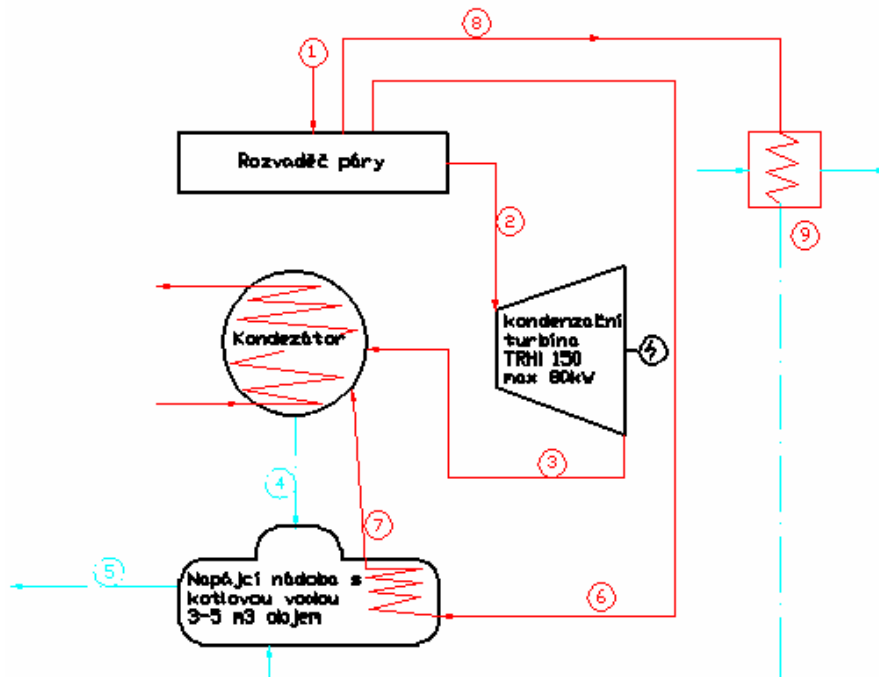


Schéma tepelného cyklu ve spalovně - verze s alternativní odběrovou větví







Popis schématu + parametry pro výpočet:

1. vstup páry,

Parametry:  $m_1 = 2,4 \text{ t/h}$ ;  $p_1 = 1,4 \text{ MPa}$ ;  $t_1 = 300^\circ\text{C}$ ;  $i_1 = 3041,6 \text{ kJ/kg}$

2. vstup páry do turbíny,

Parametry:  $m_2 = 1,6 \text{ t/h}$ ;  $p_2 = 1,25 \text{ MPa}$ ;  $t_2 = 220^\circ\text{C}$ ;  $i_2 = 2861 \text{ kJ/kg}$

3. výstup páry z turbíny,

Parametry:  $m_3 = m_2$ ;  $p_3 = 0,05 \text{ MPa}$ ;  $t_3 = 80^\circ\text{C}$ ;  $i_3 = 2646 \text{ kJ/kg}$

4. parametry vody před vstupem do napájecí nádrže s kotlovou vodou,

Parametry:  $m_4 = 2,4 \text{ t/h}$ ;  $p_4 = 0,1 \text{ MPa}$ ;  $t_4 = 70^\circ\text{C}$ ;  $i_4 = 293 \text{ kJ/kg}$

5. parametry vody na výstupu z napájecí nádrže s kotlovou vodou,

Parametry:  $m_5 = m_4$ ;  $p_5 = 0,1 \text{ MPa}$ ;  $t_5 = 80^\circ\text{C}$ ;  $i_5 = 335 \text{ kJ/kg}$

6. parametry páry pro ohřev napájecí nádrže s kotlovou vodou,

Parametry:  $m_6 = X \text{ t/h}$ ;  $p_6 = 1,4 \text{ MPa}$ ;  $t_6 = 300^\circ\text{C}$ ;  $i_6 = 3041,6 \text{ kJ/kg}$

7. parametry vody odváděné do kondenzátoru po za napájecí nádrží,

Parametry:  $m_7 = m_6$ ;  $p_7 = 1,4 \text{ MPa}$ ;  $t_7 = 140^\circ\text{C}$ ;  $i_7 = 589,8 \text{ kJ/kg}$

8. parametry páry na alternativní části před odběrem tepla spotřebičem,

Parametry:  $m_8 = Y \text{ t/h}$ ;  $p_8 = 1,4 \text{ MPa}$ ;  $t_8 = 300^\circ\text{C}$ ;  $i_8 = 3041,6 \text{ kJ/kg}$

9. předpokládané parametry vody po odebrání zbytkového tepla na alternativní větvi,

Parametry:  $m_9 = m_8$ ;  $p_9 = 0,1 \text{ MPa}$ ;  $t_9 = 70^\circ\text{C}$ ;  $i_9 = 293 \text{ kJ/kg}$

### 6.4.1. Vlastní výpočet množství páry potřebné pro ohřev napájecí nádrže

$$\frac{m_1 \cdot (i_5 - i_4)}{(i_6 - i_7)} = m_6$$

$$\frac{2,4 \cdot (335 - 293)}{(3041,6 - 589,8)} = m_6$$

$$m_6 = 0,041 \text{ t/h}$$

### 6.4.2. Výpočet alternativní větve

Výpočet využitelného zbytkového množství páry dochlazované v kondenzátoru

$$m_8 = m_1 - m_2 - m_6$$

$$m_8 = 2,4 - 1,6 - 0,041$$

$$m_8 = 0,7589 \text{ t/h} \longrightarrow 758,9 \text{ kg/h}$$

Množství využitelné tepelné energie při odebrání na alternativní větví

$$Q = m_g \cdot (i_8 - i_9)$$

$$Q = 758,9 \cdot (3041,6 - 293)$$

$$Q = 2085912,54 \text{ kJ/h} \longrightarrow 2085,91254 \text{ MJ/h} \longrightarrow 2,0859 \text{ GJ/h}$$

přepočít MJ/h na KW použit převodní koeficient 2,77778

$$2085,91254 \text{ MJ/h} \longrightarrow 2085,91254 \cdot 2,77778 = 579,42 \text{ KW} \text{ tepelné energie}$$

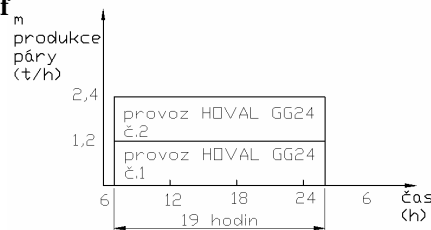
Při standardním provozu, kterým je průměrná pracovní doba asi 19 hodin za den jak je zřejmé z provozního grafu na obrázku 15, spalovna pracuje průměrně asi 320 dní v roce, pokud se nestane nějaká nepředvídatelná událost. Jestliže budeme brát aktuální cenu tepelné energie ve Vyškově, pak bychom mohli kvalifikovaně odhadnout předpokládanou úsporu nákladů. Aktuální cena je brána od největšího dodavatele tepelné energie ve Vyškově, což je společnost VYTEZA. Tato společnost prodává 1 GJ za 605 Kč včetně DPH pro rok 2008.<sup>17</sup>

Celková předpokládaná suma ušetřená prodejem tepla

$$Q = 2,0859 \text{ GJ/h} \cdot 19 \text{ h} = 39,632 \text{ GJ/den} \cdot 320 \text{ dní} = 12682,272 \text{ GJ/rok}$$

$$Q = 12682,272 \text{ GJ/rok} \cdot 605 \text{ Kč} = 7672774,56 \text{ Kč}$$

Obrázek 16 – provozní graf



Při výpočtu mařeného tepla bylo zjištěno, že asi 50 % tepla z páry je odváděno na turbínu, která má ovšem velice malý entalpický spád jak je popsáno v tepelném schématu spalovny na obrázek 14. Z tohoto důvodu jde na dochlazení pára ještě o vysoké teplotě a mohla by být vyžívána podstatně lépe. Zbýlých 50 % je rozděleno asi v poměru 18 % odebraných pro předehřev páry a posledních 32 % je mařeno dochlazováním v kondenzátoru. Cílem výpočtů bylo zjistit hodnotu mařeného tepla.

Byla spočítána předběžná ekonomická bilance pro alternativní větev, která by byla využita k dálkovému vytápění, a bylo by zde využito zbylých 32% páry. V návrhu bylo počítáno s tím že na alternativní větví budeme vracet vodu o parametrech 0,1 MPa;  $t_9 = 70^\circ\text{C}$ ;  $i_9 = 293 \text{ kJ/kg}$ . Při výpočtu byla zjištěna částka představující výtěžek za prodané teplo, které by bylo jinak zmařeno v kondenzátoru. Částka činí 7 672 774,56 Kč a přičemž tato suma je pouze teoretická. Pro reálný výpočet by jsme museli brát v potaz snížení ceny tepla pro velkoodběratele, snížení celkové účinnosti při přenosu tepla potrubím, problémy a ztráty při akumulaci tepla, energetická náročnost oběhu v důsledku nutnosti čerpadel. Akumulace tepla je důležitá z hlediska nekontinuálního provozu spalovny a dosažení komfortních dodávek tepla odběratelům.

### 6.4.3. Výpočet parametrů pro turbínu

Výpočet možného množství dodávaného na turbínu

$$m_{turb} = m_1 - m_6$$

$$m_{turb} = 2,4 - 0,411$$

$$m_8 = 1,989 \text{ t/h} \longrightarrow 1989 \text{ kg/h}$$

Toto množství páry by mělo stejné parametry jako na výstupu z parních kotlů jen s odečtením odběru předehřevu pro napájecí nádrž.

$$m_{turb} = 1,989 \text{ t/h}; p_1 = 1,4 \text{ MPa}; t_1 = 300^\circ\text{C}; i_1 = 3041,6 \text{ kJ/kg.}$$

Na tyto parametry by se muselo navrhnout turbosoustrojí, které by lépe využívalo energii páry a dosáhly bychom s ním většího entalpického spádu než se stávající turbínou. Dle poskytnutých podkladů firmou Siemens by se zde dala použít kondenzační turbína s výkonem kolem 350 kW ze série SST-060. Tím by jsme zvedli výkon a snížili energetické náklady na provoz. Tato změna by při správném návržení soustrojí měla minimální dopad na úpravy technologií a celkové technologické uspořádání. Jsme omezeni pouze rozsahem výrobců turbín.

Dalším řešením by bylo použití ORC pro stávající parametry páry. Tyto zařízení se vyrábějí také na zakázku, což umožňuje přesné návržení dle vypočtených parametrů. Samozřejmě velkou nevýhodou je cena takového zařízení.

## 7. Závěr

Cílem bakalářské práce je zjistit a vypočítat využitelné teplo. Výpočtem bylo zjištěno že asi 32% zbytkového tepla není dále nijak využíváno a je mařeno dochlazováním v kondenzátoru. Pro mařené teplo jsou navrženy tyto varianty.

Využití dodávek tepla do okolních podniků za účelem dodávek TUV. Toto řešení by ovšem potřebovalo velké investiční náklady na realizaci teplovodu. Je zde dále nutná potřeba zaručit plynulé dodávky, což nadále zvyšuje náklady na realizaci nutností akumulčních nádrží. Dalším problémem je odběr tepla v letních měsících, kdy klesá jeho spotřeba. Celkově se tato varianta nedoporučuje z hlediska ekonomických a technických problémů.

Pro řešení problému s nekontinuitou provozu, by bylo reálné posunout provozní hodiny obou linek tak, aby se překrývaly. Tímto krokem by jsme ovšem snížily produkci páry. Pak bychom tento fakt museli zohlednit i do návrhu turbosoustrojí. Ovšem pro zefektivnění celého provozu by se více hodilo jiné spalovací zařízení jako je třeba kontinuální válcová pec. Tímto krokem by jsme ovšem narušili celkovou technologii spalovny už ve velkém rozsahu a byly by nutné vysoké náklady na přestavbu. Proto se tím to zabývat nebudeme.

Z výsledků tepelné bilance se nám jako nejvýhodnější jeví varianta navýšení odběru páry přes turbínu. Jelikož je asi jen 50 % tepelné energie z páry odváděno turbínou, která má malý entalpický spád, tak by se nám jako nejreálnější řešení jevil návrh ORC cyklu o větším jmenovitém výkonu. Zde bychom mohli zbytkové teplo využít pro předehřev kotlové vody a převážnou většinu tepelné energie přeměnit na elektrickou energii. Tou by se dala pokrýt celková energetická náročnost provozu. Další možnou variantou je navrhnout jen turbínu o větším jmenovitém výkonu, která by odpovídala parametrům pro zadané provozní podmínky. Těmito kroky by jsme dosáhli celkové efektivity provozu a vysoké úspory ve spotřebě elektrické energie. Náklady na pořízení ORC cyklu nebo nové parní turbíny by bylo nutno důkladně zvážit a provést celkovou studii provozu.

## 8. Seznam použitých zdrojů

- <sup>1</sup> Odpady , mzp.cz [cit. 2009-02-18]. Dostupné z WWW: [http://www.mzp.cz/cz/odpady\\_podrubrika](http://www.mzp.cz/cz/odpady_podrubrika)
- <sup>2</sup> Souhrnné přehledy produkce a nakládání s odpady v letech 2002 až 2006 - Tabulka1 , ceho.vuv.cz [cit. 2009-03-04]. Dostupné z WWW:  
<[http://ceho.vuv.cz/CeHO/CeHO/Informacni\\_systemy/Souhrn\\_produkce\\_Tabulka\\_1\\_2002\\_2006.pdf](http://ceho.vuv.cz/CeHO/CeHO/Informacni_systemy/Souhrn_produkce_Tabulka_1_2002_2006.pdf)>
- <sup>3</sup> Způsoby využívání a odstraňování odpadů , Vscht.cz [cit. 2009-02-18]. Dostupné z WWW:  
<<http://www.vscht.cz/uchop/udalosti/skripta/1ZOZP/odpady/odpady3.htm>>
- <sup>4</sup> Urban, Zpracování odpadů, Ekomonitor.cz [cit. 2009-02-18]. Dostupné z WWW:  
<[http://www.ekomonitor.cz/cz/seminare/download/071016/12\\_Urban.pdf](http://www.ekomonitor.cz/cz/seminare/download/071016/12_Urban.pdf)> strana 12
- <sup>5</sup> Petr Bidlan a kol., Odpady a jejich místo v lidském životě, Ostrava, 2004
- <sup>6</sup> tabulky poskytnuté Ing.Pavlem Novotným –ÚPI VUT BR
- <sup>7</sup> Doc. Ing. Věra Voštová , CSc., Ing. Jiří Friče, PhD. Zpracování pevných odpadů, Praha ČVUT, 2003,
- <sup>8</sup> Bioplynové stanice , Vítkovice.cz [cit. 2009-02-18]. Dostupné z WWW: <<http://envi.vitkovice.cz/vyroby-sluzby/img-cov/schema-hydrovit-biogas.bmp>>
- <sup>9</sup> Spalovna odpadů-schéma , fs.cvut.cz [cit. 2009-03-04]. Dostupné z WWW:  
<<http://www.fs.cvut.cz/cz/U218/peoples/hoffman/PREDMETY/COVP/OPE/Foto-OPE/Resize%20of%20Spalovna%20odpadu-schema.jpg>>
- <sup>10</sup> Upraveno dle Tchobanoglous et al. 1993; Robinson, 1986; Mortensen 1993
- <sup>11</sup> Vyměníky-přednáška předmětu FSE, ing. Marek Baláš
- <sup>12</sup> Zpětné získávání tepla ve vzduchotechnice, qpro.cz [cit. 2009-03-20]. Dostupné z WWW:  
<<http://qpro.cz/?id=ZZT-rekuperace-regenerace>>
- <sup>13</sup> Katalog nerezových ocelí , feroana.cz [cit. 2009-03-26]. Dostupné z WWW:  
<<http://www.ferona.cz/file.php?id=162>>
- <sup>14</sup> Organický Rankinův cyklus, ekobioenergo.cz [cit. 2009-03-26]. Dostupné z WWW:  
<<http://ekobioenergo.cz/eko-bio-energo-popis-orc.html>>
- <sup>15</sup> Spalovna nebezpečných odpadů Ekotermex, ekotermex.cz [cit. 2009-03-26]. Dostupné z WWW:  
< <http://www.ekotermex.cz/>>
- <sup>16</sup> Poznámky z provozu spalovny převedené do technologického schématu
- <sup>17</sup> VYTEZA Vyškov, vyteza.cz [cit. 2009-04-13]. Dostupné z WWW:  
< [http://www.vyteza.cz/download/d\\_srovnani\\_cen\\_2008.pdf](http://www.vyteza.cz/download/d_srovnani_cen_2008.pdf)>

## 9. Seznam použitých zkratk a symbolů

i	entalpie	kJ/kg
t	teplota	°C
m	Hmotnostní množství	t/h
Q	Tepelné energie	kJ/h
p	Tlak	MPa
DPH	Daň z přidané hodnoty	----
TUV	Teplá užitková voda	----
ORC	Organický Rankinův Cyklus	----
TUV	Teplá užitková voda	----
PCM	Phase Change Material	----
NO <sub>x</sub>	Oxidy dusíku	----
CO <sub>2</sub>	Oxid uhličitý	----
SO <sub>2</sub>	Oxid siřičitý	----
PCB	polychlorovaný bifenyl	----
POPs	Perzistentní organický polutant	----
pH	Stupeň kyselosti	----



## 10. Seznam příloh

### **Příloha č.1**

Seznam nebezpečných odpadů

### **Příloha č.2**

Materiálové listy pro ocel 1.4571 + tahová zkouška k materiálu Skupiny C průměr 12 mm

### **Příloha č.3**

Materiálové listy pro ocel 1.4401 + tahová zkouška k materiálu Skupiny C průměr 8 mm



## Příloha č.1 SEZNAM NEBEZPEČNÝCH ODPADŮ

Zdroj:

[http://portal.gov.cz/wps/portal/\\_s.155/701/.cmd/ad/.c/313/.ce/10821/.p/8411/\\_s.155/701?PC\\_8411\\_number1=381/2001&PC\\_8411\\_p=Příl.2&PC\\_8411\\_l=381/2001&PC\\_8411\\_ps=10#10821](http://portal.gov.cz/wps/portal/_s.155/701/.cmd/ad/.c/313/.ce/10821/.p/8411/_s.155/701?PC_8411_number1=381/2001&PC_8411_p=Příl.2&PC_8411_l=381/2001&PC_8411_ps=10#10821)

### Skupiny katalogu odpadů

- 01 Odpady z geologického průzkumu, těžby, úpravy a dalšího zpracování nerostů a kamene
- 02 Odpady z prvovýroby v zemědělství, zahradnictví, myslivosti, rybářství a z výroby a zpracování potravin
- 03 Odpady ze zpracování dřeva a výroby desek, nábytku, celulózy, papíru a lepenky
- 04 Odpady z kožedělného, kožešnického a textilního průmyslu
- 05 Odpady ze zpracování ropy, čištění zemního plynu a z pyrolytického zpracování uhlí
- 06 Odpady z anorganických chemických procesů
- 07 Odpady z organických chemických procesů
- 08 Odpady z výroby, zpracování, distribuce a používání nátěrových hmot (barev, laků a smaltů), lepidel, těsnících materiálů a tiskařských barev
- 09 Odpady z fotografického průmyslu
- 10 Odpady z tepelných procesů
- 11 Odpady z chemických povrchových úprav, z povrchových úprav kovů a jiných materiálů a z hydrometalurgie neželezných kovů
- 12 Odpady z tváření a z fyzikální a mechanické úpravy povrchu kovů a plastů
- 13 Odpady olejů a odpady kapalných paliv (kromě jedlých olejů a odpadů uvedených ve skupinách 05 a 12)
- 14 Odpady organických rozpouštědel, chladiv a hnacích médií (kromě odpadů uvedených ve skupinách 07 a 08)
- 15 Odpadní obaly, absorpční činidla, čisticí tkaniny, filtrační materiály a ochranné oděvy jinak neurčené
- 16 Odpady v tomto katalogu jinak neurčené
- 17 Stavební a demoliční odpady (včetně vytěžené zeminy z kontaminovaných míst)
- 18 Odpady ze zdravotní nebo veterinární péče a/nebo z výzkumu s nimi souvisejícího (s výjimkou kuchyňských odpadů a odpadů ze stravovacích zařízení, které bezprostředně nesouvisejí se zdravotní péčí)
- 19 Odpady ze zařízení na zpracování (využívání a odstraňování) odpadu, z čistíren odpadních vod pro čištění těchto vod mimo místo jejich vzniku a z výroby vody pro spotřebu lidí a vody pro průmyslové účely
- 20 Komunální odpady (odpady z domácností a podobné živnostenské, průmyslové odpady a odpady z úřadů) včetně složek z odděleného sběru

### 01 Odpady z geologického průzkumu, těžby, úpravy a dalšího zpracování nerostů a kamene

- 01 04 07\* Odpady z fyzikálního a chemického zpracování nerudných nerostů obsahující nebezpečné látky
- 01 05 Vrtné kaly a jiné vrtné odpady
- 01 05 05\* Vrtné kaly a odpady obsahující ropné látky





03 Odpady ze zpracování dřeva a výroby desek, nábytku, celulózy, papíru a lepenky

- 03 02 01\* Nehalogenovaná organická činidla k impregnaci dřeva
- 03 02 02\* Chlorovaná organická činidla k impregnaci dřeva
- 03 02 03\* Organokovová činidla k impregnaci dřeva
- 03 02 04\* Anorganická činidla k impregnaci dřeva
- 03 02 05\* Jiná činidla k impregnaci dřeva obsahující nebezpečné látky

04 01 Odpady z kožedělného a kožešnického průmyslu

- 04 01 03\* Odpady z odmašťování obsahující rozpouštědla bez kapalné fáze

05 Odpady ze zpracování ropy, čištění zemního plynu a z pyrolytického zpracování uhlí

- 05 01 02\* Kaly z odsolovacích zařízení
- 05 01 03\* Kaly ze dna nádrží na ropné látky
- 05 01 04\* Kyselé alkylové kaly
- 05 01 05\* Uniklé (rozlité) ropné látky
- 05 01 06\* Ropné kaly z údržby zařízení
- 05 01 07\* Kyselé dehty
- 05 01 08\* Jiné dehty
- 05 01 11\* Odpady z čištění pohonných hmot pomocí zásad
- 05 01 12\* Ropa obsahující kyseliny
- 05 01 15\* Upotřebené filtrační hlinky
- 05 06 Odpady z pyrolytického zpracování uhlí
- 05 06 01\* Kyselé dehty
- 05 06 03\* Jiné dehty
- 05 07 Odpady z čištění a z přepravy zemního plynu
- 05 07 01\* Odpady obsahující rtuť

06 Odpady z anorganických chemických procesů

- 06 01 Odpady z výroby, zpracování, distribuce a používání kyselin
- 06 01 01\* Kyselina sírová a kyselina siřičitá
- 06 01 02\* Kyselina chlorovodíková
- 06 01 03\* Kyselina fluorovodíková
- 06 01 04\* Kyselina fosforečná a kyselina fosforitá
- 06 01 05\* Kyselina dusičná a kyselina dusitá
- 06 01 06\* Jiné kyseliny
- 06 02 Odpady z výroby, zpracování, distribuce a používání alkálií
- 06 02 01\* Hydroxid vápenatý
- 06 02 03\* Hydroxid amonný
- 06 02 04\* Hydroxid sodný a hydroxid draselný
- 06 02 05\* Jiné alkálie
- 06 03 Odpady z výroby, zpracování, distribuce a používání solí a jejich roztoků a oxidů kovů
- 06 03 11\* Pevné soli a roztoky obsahující kyanidy
- 06 03 13\* Pevné soli a roztoky obsahující těžké kovy



- 06 03 15\* Oxidy kovů obsahující těžké kovy
- 06 04 Odpady obsahující kovy neuvedené pod číslem 06 03
- 06 04 03\* Odpady obsahující arsen
- 06 04 04\* Odpady obsahující rtuť
- 06 04 05\* Odpady obsahující jiné těžké kovy
- 06 07 Odpady z výroby, zpracování, distribuce a používání halogenů a z chemických procesů zpracování halogenů
- 06 07 01\* Odpady obsahující azbest z elektrolýzy
- 06 07 02\* Aktivní uhlí z výroby chlóru
- 06 07 03\* Kaly síranu barnatého obsahující rtuť
- 06 07 04\* ROztoky a kyseliny
- 06 08 Odpady z výroby, zpracování, distribuce a používání křemíku a jeho derivátů
- 06 08 02\* Odpady obsahující nebezpečné silikony
- 06 13 Odpady z jiných anorganických chemických procesů
- 06 13 01\* Anorganické pesticidy, činidla k impregnaci dřeva a další biocidy
- 06 13 02\* Upotřebené aktivní uhlí (kromě odpadu uvedeného pod číslem 06 07 02)
- 06 13 04\* Odpady ze zpracování azbestu
- 06 13 05\* Odpadní saze ze spalování

#### 07 Odpady z organických chemických procesů

- 07 01 Odpady z výroby, zpracování, distribuce a používání základních organických sloučenin
- 07 01 01\* Promývací vody a matečné louhy
- 07 01 03\* Organická halogenovaná rozpouštědla, promývací kapaliny a matečné louhy
- 07 01 04\* Jiná organická rozpouštědla, promývací kapaliny a matečné louhy
- 07 01 07\* Halogenované destilační a reakční zbytky
- 07 01 08\* Jiné destilační a reakční zbytky
- 07 01 09\* Halogenované filtrační koláče, upotřebená absorpční činidla
- 07 01 10\* Jiné filtrační koláče, upotřebená absorpční činidla
- 07 02 Odpady z výroby, zpracování, distribuce a používání plastů, syntetického kaučuku a syntetických vláken
- 07 02 01\* Promývací vody a matečné louhy
- 07 02 03\* Organická halogenovaná rozpouštědla, promývací kapaliny a matečné louhy
- 07 02 04\* Jiná organická rozpouštědla, promývací kapaliny a matečné louhy
- 07 02 07\* Halogenované destilační a reakční zbytky
- 07 02 08\* Jiné destilační a reakční zbytky
- 07 02 09\* Halogenované filtrační koláče a upotřebená absorpční činidla
- 07 02 10\* Jiné filtrační koláče a upotřebená absorpční činidla
- 07 03 Odpady z výroby, zpracování, distribuce a používání organických barviv a pigmentů (kromě odpadů uvedených v podskupině 06 11)
- 07 03 01\* Promývací vody a matečné louhy
- 07 03 03\* Organická halogenovaná rozpouštědla, promývací kapaliny a matečné louhy
- 07 03 04\* Jiná organická rozpouštědla, promývací kapaliny a matečné louhy
- 07 03 07\* Halogenované destilační a reakční zbytky
- 07 03 08\* Jiné destilační a reakční zbytky
- 07 03 09\* Halogenované filtrační koláče a upotřebená absorpční činidla
- 07 03 10\* Jiné filtrační koláče a upotřebená absorpční činidla



07 04 Odpady z výroby, zpracování, distribuce a používání organických pesticidů (kromě odpadů uvedených pod čísly 02 01 08 a 02 01 09), činidel k impregnaci dřeva (kromě odpadů uvedených v podskupině 03 02) a dalších biocidů

07 04 01\* Promývací vody a matečné louhy

07 04 03\* Organická halogenovaná rozpouštědla, promývací kapaliny a matečné louhy

07 04 04\* Jiná organická rozpouštědla, promývací kapaliny a matečné louhy

07 04 07\* Halogenované destilační a reakční zbytky

07 04 08\* Jiné destilační a reakční zbytky

07 04 09\* Halogenované filtrační koláče a upotřebená absorpční činidla

07 04 10\* Jiné filtrační koláče a upotřebená absorpční činidla

07 05 Odpady z výroby, zpracování, distribuce a používání farmaceutických výrobků

07 05 01\* Promývací vody a matečné louhy

07 05 03\* Organická halogenovaná rozpouštědla, promývací kapaliny a matečné louhy

07 05 04\* Jiná organická rozpouštědla, promývací kapaliny a matečné louhy

07 05 07\* Halogenované destilační a reakční zbytky

07 05 08\* Jiné destilační a reakční zbytky

07 05 09\* Halogenované filtrační koláče a upotřebená absorpční činidla

07 05 10\* Jiné filtrační koláče a upotřebená absorpční činidla

07 06 Odpady z výroby, zpracování, distribuce a používání tuků, maziv, mýdel, detergentů, dezinfekčních prostředků a kosmetiky

07 06 01\* Promývací vody a matečné louhy

07 06 03\* Organická halogenovaná rozpouštědla, promývací kapaliny a matečné louhy

07 06 04\* Jiná organická rozpouštědla, promývací kapaliny a matečné louhy

07 06 07\* Halogenované destilační a reakční zbytky

07 06 08\* Ostatní destilační a reakční zbytky

07 06 09\* Halogenované filtrační koláče a upotřebená absorpční činidla

07 06 10\* Jiné filtrační koláče a upotřebená absorpční činidla

07 07 Odpady z výroby, zpracování, distribuce a používání čistých chemických látek a blíže nespecifikovaných chemických výrobků

07 07 01\* Promývací vody a matečné louhy

07 07 03\* Organická halogenovaná rozpouštědla, promývací kapaliny a matečné louhy

07 07 04\* Jiná organická rozpouštědla, promývací kapaliny a matečné louhy

07 07 07\* Halogenované destilační a reakční zbytky

07 07 08\* Jiné destilační a reakční zbytky

07 07 09\* Halogenované filtrační koláče a upotřebená absorpční činidla

07 07 10\* Jiné filtrační koláče a upotřebená absorpční činidla

08 Odpady z výroby, zpracování, distribuce a používání nátěrových hmot (barev, laků a smaltů), lepidel, těsnicích materiálů a tiskařských barev

08 01 Odpady z výroby, zpracování, distribuce, používání a odstraňování barev a laků

08 01 21\* Odpadní odstraňovače barev nebo laků

08 03 Odpady z výroby, zpracování, distribuce a používání tiskařských barev

08 03 16\* Odpadní leptací roztoky

08 03 19\* Disperzní olej

08 04 Odpady z výroby, zpracování, distribuce a používání lepidel a těsnicích materiálů (včetně vodotěsnicích výrobků)

08 04 17\* Kalafunový olej

08 05 Odpady jinak blíže neurčené ve skupině 08



08 05 01\* Odpadní isokyanáty

09 01 Odpady z fotografického průmyslu

- 09 01 01\* Vodné roztoky vývojek a aktivátorů
- 09 01 02\* Vodné roztoky vývojek ofsetových desek
- 09 01 03\* Roztoky vývojek v rozpouštědlech
- 09 01 04\* Roztoky ustalovačů
- 09 01 05\* Bělicí roztoky a roztoky bělicích ustalovačů
- 09 01 06\* Odpady obsahující stříbro ze zpracování fotografického odpadu v místě jeho vzniku
- 09 01 11\* Fotoaparáty na jedno použití obsahující baterie uvedené pod čísla 16 06 01, 16 06 02 nebo 16 06 03
- 09 01 13\* Odpadní vody ze zpracování stříbra v místě jeho vzniku neuvedený pod číslem 09 01 06

10 01 Odpady z elektráren a jiných spalovacích zařízení (kromě odpadů uvedených v podskupině 19)

- 10 01 04\* Popílek a kotelní prach ze spalování ropných produktů
- 10 01 09\* Kyselina sírová
- 10 01 13\* Popílek z emulgovaných uhlovodíků použitých způsobem obdobným palivu
- 10 03 Odpady z pyrometalurgie hliníku
- 10 03 04\* Strusky z prvního tavení
- 10 03 08\* Solné strusky z druhého tavení
- 10 03 09\* Černé stěry z druhého tavení
- 10 03 15\* Stěry, které jsou hořlavé nebo při styku s vodou uvolňují hořlavé plyny v nebezpečných množstvích
- 10 03 17\* Odpady obsahující dehet z výroby anod
- 10 04 Odpady z pyrometalurgie olova
- 10 04 01\* Strusky (z prvního a druhého tavení)
- 10 04 02\* Pěna a stěry (z prvního a druhého tavení)
- 10 04 03\* Arzeničnan vápenatý
- 10 04 04\* Prach z čištění spalin
- 10 04 05\* Jiný úlet a prach
- 10 04 06\* Pevný odpad z čištění plynu
- 10 04 07\* Kaly a filtrační koláče z čištění plynu
- 10 05 Odpady z pyrometalurgie zinku
- 10 05 03\* Prach z čištění spalin
- 10 05 05\* Pevné odpady z čištění plynu
- 10 05 06\* Kaly a filtrační koláče z čištění plynu
- 10 05 10\* Stěry a pěny, které jsou hořlavé nebo při styku s vodou uvolňují hořlavé plyny v nebezpečných množstvích
- 10 06 Odpady z pyrometalurgie mědi
- 10 06 03\* Prach z čištění spalin
- 10 06 06\* Pevný odpad z čištění plynu
- 10 06 07\* Kaly a filtrační koláče z čištění plynu
- 10 08 Odpady z pyrometalurgie jiných neželezných kovů
- 10 08 08\* Solné strusky z prvního a druhého tavení



- 10 08 10\* Stěry a pěny, které jsou hořlavé nebo při styku s vodou uvolňují hořlavé plyny v nebezpečných množstvích
- 10 08 12\* Odpady obsahující dehet z výroby anod
- 10 11 Odpady z výroby skla a skleněných výrobků
- 10 11 11\* Odpadní sklo v malých částicích a skelný prach obsahující těžké kovy (např. z obrazovek)
- 10 12 Odpady z výroby keramického zboží, cihel, tašek a staviv
- 10 13 Odpady z výroby cementu, vápna a sádry a předmětů a výrobků z nich vyráběných
- 10 13 09\* Odpady z výroby azbestocementu obsahující azbest
- 10 14 Odpady z krematorií
- 10 14 01\* Odpad z čištění plynu obsahující rtuť

11 01 Odpady z chemických povrchových úprav, z povrchových úprav kovů a jiných materiálů (např. galvanizace, zinkování, moření, leptání, fosfátování, alkalické odmašťování, anodická oxidace)

- 11 01 05\* Kyselé mořicí roztoky
- 11 01 06\* Kyseliny blíže nespecifikované
- 11 01 07\* Alkalické mořicí roztoky
- 11 08 08\* Kaly z fosfátování
- 11 01 15\* Výluhy a kaly z membránových systémů nebo ze systémů iontoměničů obsahující nebezpečné látky
- 11 01 16\* Nasycené nebo upotřebené pryskyřice iontoměničů
- 11 02 Odpady z hydrometalurgie neželezných kovů
- 11 02 02\* Kaly z hydrometalurgie zinku (včetně jarositu a goethitu)
- 11 03 Kaly a pevné odpady z popouštěcích procesů
- 11 03 01\* Odpady obsahující kyanidy
- 11 03 02\* Jiné odpady
- 11 05 Odpady ze žárového zinkování
- 11 05 03\* Pevné odpady z čištění plynu
- 11 05 04\* Upotřebené tavidlo

12 01 Odpady z tváření a z fyzikální a mechanické povrchové úpravy kovů a plastů

- 12 01 06\* Odpadní minerální řezné oleje obsahující halogeny (kromě emulzí a roztoků)
- 12 01 07\* Odpadní minerální řezné oleje neobsahující halogeny (kromě emulzí a roztoků)
- 12 01 08\* Odpadní řezné emulze a roztoky obsahující halogeny
- 12 01 09\* Odpadní řezné emulze a roztoky neobsahující halogeny
- 12 01 10\* Syntetické řezné oleje
- 12 01 12\* Upotřebené vosky a tuky
- 12 01 18\* Kovový kal (brusný kal, honovací kal a kal z lapování) obsahující olej
- 12 01 19\* Snadno biologicky rozložitelný řezný olej
- 12 03 Odpady z procesů odmašťování vodou a vodní parou (kromě odpadů uvedených ve skupině 11)
- 12 03 01\* Prací vody
- 12 03 02\* Odpady z odmašťování vodní parou

13 01 Odpadní hydraulické oleje

- 13 01 01\* Hydraulické oleje obsahující PCB



- 13 01 04\* Chlorované emulze
- 13 01 05\* Nechlorované emulze
- 13 01 09\* Chlorované hydraulické minerální oleje
- 13 01 10\* Nechlorované hydraulické minerální oleje
- 13 01 11\* Syntetické hydraulické oleje
- 13 01 12\* Snadno biologicky rozložitelné hydraulické oleje
- 13 01 13\* Jiné hydraulické oleje
- 13 02 Odpadní motorové, převodové a mazací oleje
- 13 02 04\* Chlorované minerální motorové, převodové a mazací oleje
- 13 02 05\* Nechlorované minerální motorové, převodové a mazací oleje
- 13 02 06\* Syntetické motorové, převodové a mazací oleje
- 13 02 07\* Snadno biologicky rozložitelné motorové, převodové a mazací oleje
- 13 02 08\* Jiné motorové, převodové a mazací oleje
- 13 03 Odpadní izolační a teplonosné oleje
- 13 03 01\* Odpadní izolační nebo teplonosné oleje s obsahem PCB
- 13 03 06\* Minerální chlorované izolační a teplonosné oleje neuvedené pod číslem 13 03 01
- 13 03 07\* Minerální nechlorované izolační a teplonosné oleje
- 13 03 08\* Syntetické izolační a teplonosné oleje
- 13 03 09\* Snadno biologicky rozložitelné izolační a teplonosné oleje
- 13 03 10\* Jiné izolační a teplonosné oleje
- 13 04 Oleje z lodního dna
- 13 04 01\* Oleje ze dna lodí vnitrozemské plavby
- 13 04 02\* Oleje z kanalizace přístavních mol
- 13 04 03\* Oleje ze dna jiných lodí
- 13 05 Odpady z odlučovačů oleje
- 13 05 01\* Pevný podíl z lapáků písku a odlučovačů oleje
- 13 05 02\* Kaly z odlučovačů oleje
- 13 05 03\* Kaly z lapáků nečistot
- 13 05 06\* Olej z odlučovačů oleje
- 13 05 07\* Zaolejovaná voda z odlučovačů oleje
- 13 05 08\* Směsi odpadů z lapáku písku a z odlučovačů oleje
- 13 07 Odpady kapalných paliv
- 13 07 01\* Topný olej a motorová nafta
- 13 07 02\* Motorový benzín
- 13 07 03\* Jiná paliva (včetně směsí)
- 13 08 Odpadní oleje blíže nespecifikované
- 13 08 01\* Odsolené kaly nebo emulze
- 13 08 02\* Jiné emulze
- 13 08 99\* Odpady jinak blíže neurčené

14 06 Odpadní organická rozpouštědla, chladicí média a hnací média rozprašovačů pěn a aerosolů

- 14 06 01\* Chlorofluorohlodivky, hydrochlorofluorohlodivky (HCFC), hydrofluorohlodivky (HFC)
- 14 06 02\* Jiná halogenovaná rozpouštědla a směsi rozpouštědel
- 14 06 03\* Jiná rozpouštědla a směsi rozpouštědel
- 14 06 04\* Kaly nebo pevné odpady obsahující halogenovaná rozpouštědla
- 14 06 05\* Kaly nebo pevné odpady obsahující ostatní rozpouštědla





15 01 Obaly (včetně odděleně sbíraného komunálního obalového odpadu)

15 01 10\* Obaly obsahující zbytky nebezpečných látek nebo obaly těmito látkami znečištěné  
15 01 11\* Kovové obaly obsahující nebezpečnou výplňovou hmotu (např. azbest) včetně prázdných tlakových nádob

16 01 Vyřazená vozidla (autovraky) z různých druhů dopravy (včetně stavebních strojů) a odpady z demontáže těchto vozidel a z jejich údržby

16 01 04\* Autovraky  
16 01 07\* Olejové filtry  
16 01 08\* Součástky obsahující rtuť  
16 01 09\* Součástky obsahující PCB  
16 01 10\* Výbušné součásti (např. airbagy)  
16 01 11\* Brzdové destičky obsahující azbest  
16 01 13\* Brzdové kapaliny  
16 01 14\* Nemrznoucí kapaliny obsahující nebezpečné látky  
16 02 21\* Nebezpečné součástky neuvedené pod čísly 16 01 07 až 16 01 11 a 16 01 13 a 16 01 14  
16 02 Odpady z elektrického a elektronického zařízení  
16 02 09\* Transformátory a kondenzátory obsahující PCB  
16 02 10\* Jiná vyřazená zařízení obsahující PCB nebo těmito látkami znečištěná neuvedená pod číslem 16 02 09  
16 02 11\* Vyřazená zařízení obsahující chlorofluoruhlovdíky, hydrochlorofluoruhlovdíky (HCFC) a hydrofluoruhlovdíky (HFC)  
16 02 12\* Vyřazená zařízení obsahující volný azbest  
16 02 13\* Vyřazená zařízení obsahující nebezpečné složky neuvedená pod čísly 16 02 09 až 16 02 122)  
16 02 15\* Nebezpečné složky odstraněné z vyřazených zařízení  
16 04 Odpadní výbušniny  
16 04 01\* Odpadní munice  
16 04 02\* Odpad ze zábavní pyrotechniky  
16 04 03\* Jiné odpadní výbušniny  
16 05 Chemické látky a plyny v tlakových nádobách a vyřazené chemikálie  
16 05 04\* Plyny v tlakových nádobách (včetně halonů) obsahující nebezpečné látky  
16 05 06\* Laboratorní chemikálie a jejich směsi, které jsou nebo obsahují nebezpečné látky  
16 05 07\* Vyřazené anorganické chemikálie, které jsou nebo obsahují nebezpečné látky  
16 05 08\* Vyřazené organické chemikálie, které jsou nebo obsahují nebezpečné látky  
16 06 Baterie a akumulátory  
16 06 01\* Olověné akumulátory  
16 06 02\* Nikl-kadmiové baterie a akumulátory  
16 06 03\* Baterie obsahující rtuť  
16 06 06\* Odděleně soustředované elektrolyty z baterií a akumulátorů  
16 07 Odpady z čištění přepravních a skladovacích nádrží a sudů (kromě odpadů uvedených ve skupinách 05 a 12)  
16 07 08\* Odpady obsahující ropné látky  
16 07 09\* Odpady obsahující jiné nebezpečné látky  
16 08 Upotřebené katalyzátory



16 08 02\* Upotřebené katalyzátory obsahující nebezpečné přechodné kovy<sup>3)</sup> nebo jejich sloučeniny

16 08 05\* Upotřebené katalyzátory obsahující kyselinu fosforečnou

16 08 06\* Upotřebené kapaliny použité jako katalyzátory

16 08 07\* Upotřebené katalyzátory znečištěné nebezpečnými látkami

16 09 Oxidační činidla

16 09 01\* Manganistany, např. manganistan draselný

16 09 02\* Chromany, např. chroman draselný, dichroman draselný nebo sodný

16 09 03\* Peroxidy, např. peroxid vodíku

16 09 04\* Oxidační činidla jinak blíže neurčená

#### 17 03 Asfaltové směsi, dehet a výrobky z dehtu

17 03 03\* Uhelný dehet a výrobky z dehtu

17 06 Izolační materiály a stavební materiály s obsahem azbestu

17 06 01\* Izolační materiál s obsahem azbestu

17 06 05\* Stavební materiály obsahující azbest

17 09 Jiné stavební a demoliční odpady

17 09 01\* Stavební a demoliční odpady obsahující rtuť

17 09 02\* Stavební a demoliční odpady obsahující PCB (např. těsnící materiály obsahující PCB, podlahoviny na bázi pryskyřic obsahující PCB, utěsněné zasklené dílce obsahující PCB, kondenzátory obsahující PCB)

#### 18 01 Odpady z porodnické péče, z diagnostiky, z léčení nebo prevence nemocí lidí

18 01 08\* Nepoužitelná cytostatika

18 01 10\* Odpadní amalgám ze stomatologické péče

18 02 Odpady z výzkumu, diagnostiky, léčení nebo prevence nemocí zvířat

18 02 05\* Chemikálie sestávající z nebezpečných látek nebo tyto látky obsahující

18 02 07\* Nepoužitelná cytostatika

#### 19 01 Odpady ze spalování nebo z pyrolýzy odpadů

19 01 05\* Filtrační koláče z čištění odpadních plynů

19 01 06\* Odpadní vody z čištění odpadních plynů a jiné odpadní vody

19 01 07\* Pevné odpady z čištění odpadních plynů

19 01 10\* Upotřebené aktivní uhlí z čištění spalin

19 02 Odpady z fyzikálně-chemických úprav odpadů (např. odstraňování chromu či kyanidů, neutralizace)

19 02 04\* Upravené směsi odpadů, které obsahují nejméně jeden odpad hodnocený jako nebezpečný

19 02 07\* Olej a koncentráty ze separace

19 04 Vitrifikovaný odpad a odpad z vitrifikace

19 04 02\* Popílek a jiný odpad z čištění spalin

19 04 03\* Nevitřifikovaná pevná fáze

19 08 Odpady z čistíren odpadních vod jinde neuvedené

19 08 06\* Nasycené nebo upotřebené pryskyřice iontoměničů

19 08 07\* Roztoky a kaly z regenerace iontoměničů

19 08 08\* Odpad z membránového systému obsahující těžké kovy





- 19 08 10\* Směs tuků a olejů z odlučovače tuků neuvedená pod číslem 19 08 09
- 19 11 Odpady z regenerace olejů
- 19 11 01\* Upotřebené filtrační hlinky
- 19 11 02\* Kyselé dehty
- 19 11 03\* Odpadní voda z regenerace olejů
- 19 11 04\* Odpady z čištění paliv pomocí zásad
- 19 11 07\* Odpady z čištění spalin

20 01 Složky z odděleného sběru (kromě odpadů uvedených v podskupině 15 01)

- 20 01 13\* Rozpouštědla
- 20 01 14\* Kyseliny
- 20 01 15\* Zásady
- 20 01 17\* Fotochemikálie
- 20 01 19\* Pesticidy
- 20 01 21\* Zářivky a jiný odpad obsahující rtuť
- 20 01 23\* Vyřazená zařízení obsahující chlorofluorohydrogénní látky
- 20 01 26\* Olej a tuk neuvedený pod číslem 20 01 25
- 20 01 31\* Nepoužitelná cytostatika
- 20 01 33\* Baterie a akumulátory, zařazené pod čísla 16 06 01, 16 06 02 nebo pod číslem 16 06 03 a netříděné baterie a akumulátory obsahující tyto baterie
- 20 01 35\* Vyřazené elektrické a elektronické zařízení obsahující nebezpečné látky neuvedené pod čísly 20 01 21 a 20 01 236)

**Příloha č.2 Materiálové listy + tahová zkouška**

Zdroj: Materiálová laboratoř Firmy Fischer spol s.r.o. Ivanovice na Hané  
Zkušební technik: Libor Švec

**Materiálové listy pro ocel 1.4571 + tahová zkouška k materiálu Skupiny C průměr 12 mm**

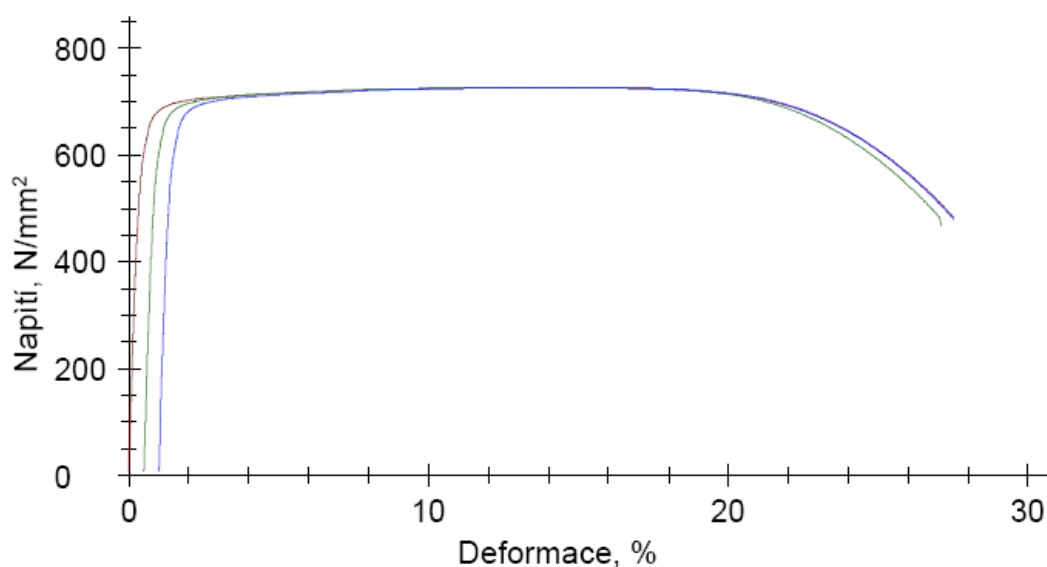
Bezeichnung	Blanker Rundstahl aus nichtrostendem Stahl																																																																			
Werkstoff	Werkstoff- Nr.: 1.4571 (X6CrNiMoTi17-22-2)																																																																			
Lieferzustand	Lösungsgeglüht + kaltgezogen [+AT+C]																																																																			
Norm	DIN EN 10088-Teil 3																																																																			
Oberflächen- behandlung	Kein besonderer Korrosionsschutz vorgesehen.																																																																			
Oberflächen- beschaffenheit	Ausführungsart und Oberflächenbeschaffenheit nach DIN EN 10088-Teil 3, 2H. Für Oberflächenausführung und -fehler gilt auch DIN EN 10277-Teil 1.																																																																			
Festigkeitsgruppe Materialnummer Abmessung	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td colspan="8">Festigkeitsgruppe B</td> </tr> <tr> <td>Ø 7,8</td> <td>Ø 9,8</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="8">Festigkeitsgruppe C</td> </tr> <tr> <td>Ø 10,0</td> <td>Ø 12,0</td> <td>Ø 14,0</td> <td>Ø 18,0</td> <td>Ø 20,0</td> <td>Ø 22,0</td> <td>Ø 24,5</td> <td>Ø 25,0</td> </tr> <tr> <td colspan="8">Festigkeitsgruppe D</td> </tr> <tr> <td>Ø 5,0</td> <td>Ø 6,5</td> <td>Ø 7,0</td> <td>Ø 8,2</td> <td>Ø 14,8</td> <td>Ø 16,0</td> <td>Ø 35,0</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="8">Festigkeitsgruppe E</td> </tr> <tr> <td>Ø 8,0</td> <td>Ø 11,8</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>				Festigkeitsgruppe B								Ø 7,8	Ø 9,8							Festigkeitsgruppe C								Ø 10,0	Ø 12,0	Ø 14,0	Ø 18,0	Ø 20,0	Ø 22,0	Ø 24,5	Ø 25,0	Festigkeitsgruppe D								Ø 5,0	Ø 6,5	Ø 7,0	Ø 8,2	Ø 14,8	Ø 16,0	Ø 35,0		Festigkeitsgruppe E								Ø 8,0	Ø 11,8						
Festigkeitsgruppe B																																																																				
Ø 7,8	Ø 9,8																																																																			
Festigkeitsgruppe C																																																																				
Ø 10,0	Ø 12,0	Ø 14,0	Ø 18,0	Ø 20,0	Ø 22,0	Ø 24,5	Ø 25,0																																																													
Festigkeitsgruppe D																																																																				
Ø 5,0	Ø 6,5	Ø 7,0	Ø 8,2	Ø 14,8	Ø 16,0	Ø 35,0																																																														
Festigkeitsgruppe E																																																																				
Ø 8,0	Ø 11,8																																																																			
Zul. Maßabweichung	Die zulässige Abweichung nach DIN EN 10278, ISO-Toleranzfeld h10.																																																																			
Chemische Zusammensetzung (Schmelzanalyse)	Nach DIN EN 10088-Teil 3 [Massenanteil in %]																																																																			
	C	Si	Mn	P	S																																																															
	max. 0,08	max. 1,00	max. 2,00	max. 0,045	0,012 - 0,030																																																															
	Cr	Mo	Ni	Ti																																																																
	16,50 - 18,50	2,00 - 2,50	10,50 - 13,50	5 x C - 0,70																																																																
Materialnummer / Mechanische Eigenschaften	Festigkeits- gruppe	Zugfestigkeit R <sub>m</sub> N/mm <sup>2</sup>	Dehngrenze R <sub>p0,2</sub> N/mm <sup>2</sup>	Bruchdehnung A <sub>5</sub> %																																																																
	A	800 - 950	min. 640	min. 12																																																																
	B	750 - 900	min. 600	min. 15																																																																
	C	700 - 850	min. 560	min. 20																																																																
	D	540 - 780	min. 355	min. 25																																																																
	E	650 - 800	min. 520	min. 20																																																																

## Artikl Materiálu: skupina C průměr 12 mm

### Výsledky:

Nr	Rp 0.2 N/mm <sup>2</sup>	Rm N/mm <sup>2</sup>	A5 %	S0 mm <sup>2</sup>	Poznámky
max.	---	850,00	---		
min.	560,00	700,00	20,00		
1	623,51	726,40	27,54	112,16	
2	620,22	727,39	26,61	111,97	
3	620,18	726,46	26,53	111,59	

### Grafické záznamy zkoušek:



### Statistika:

Série n = 3	Rp 0.2 N/mm <sup>2</sup>	Rm N/mm <sup>2</sup>	A5 %	S0 mm <sup>2</sup>
$\bar{x}$	621,30	726,75	26,89	111,91
s	1,91	0,55	0,56	0,29
v	0,31	0,08	2,09	0,26



## Příloha č.3 Materiálové listy + tahová zkouška

Zdroj: Materiálová laboratoř Firmy Fischer spol s.r.o. Ivanovice na Hané  
Zkušební technik: Libor Švec

### Materiálové listy pro ocel 1.4401 + tahová zkouška k materiálu Skupiny C průměr 8 mm

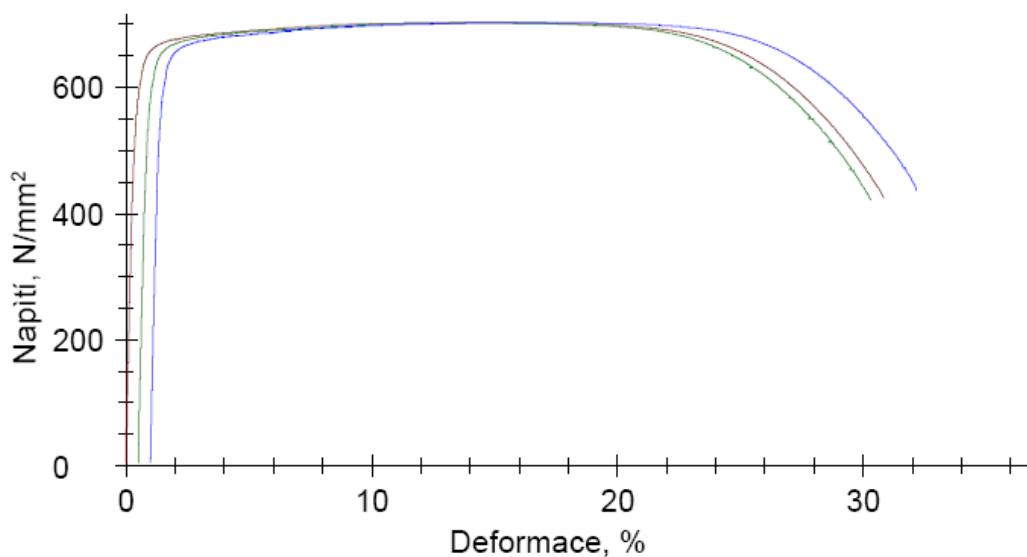
Bezeichnung	Blanker Rundstahl aus nichtrostendem Stahl																																																																																														
Werkstoff	Werkstoff- Nr.: 1.4401 [X5CrNiMo17-12-2]																																																																																														
Lieferzustand	Lösungsgeglüht + kaltgezogen [+AT+C]																																																																																														
Norm	DIN EN 10088-Teil 3																																																																																														
Oberflächen-behandlung	Kein besonderer Korrosionsschutz vorgesehen.																																																																																														
Oberflächen-beschaffenheit	Ausführungsart und Oberflächenbeschaffenheit nach DIN EN 10088-Teil 3, 2H. Für Oberflächenausführung und -fehler gilt auch DIN EN 10277-Teil 1.																																																																																														
Festigkeitsgruppe Materialnummer Abmessung	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="8">Festigkeitsgruppe A</th> </tr> <tr> <td>Ø 8,0</td> <td>Ø 9,5</td> <td>Ø 9,4</td> <td>Ø 10,0</td> <td>Ø 10,65</td> <td>Ø 10,72</td> <td>Ø 11,5</td> <td>Ø 12,0</td> </tr> <tr> <td>Ø 12,5</td> <td>Ø 14,55</td> <td>Ø 15,0</td> <td>Ø 16,5</td> <td>Ø 17,0</td> <td>Ø 18,27</td> <td>Ø 23,0</td> <td></td> </tr> </thead> <tbody> <tr> <th colspan="8">Festigkeitsgruppe B</th> </tr> <tr> <td>Ø 7,8</td> <td>Ø 9,8</td> <td>Ø 10,75</td> <td>Ø 11,8</td> <td>Ø 12,6</td> <td>Ø 15,7</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <th colspan="8">Festigkeitsgruppe C</th> </tr> <tr> <td>Ø 6,0</td> <td>Ø 8,0</td> <td>Ø 10,0</td> <td>Ø 11,5</td> <td>Ø 12,0</td> <td>Ø 14,0</td> <td>Ø 14,8</td> <td>Ø 16,0</td> </tr> <tr> <td>Ø 18,0</td> <td>Ø 19,5</td> <td>Ø 20,0</td> <td>Ø 22,0</td> <td>Ø 23,5</td> <td>Ø 24,5</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <th colspan="8">Festigkeitsgruppe D</th> </tr> <tr> <td>Ø 5,0</td> <td>Ø 5,5</td> <td>Ø 6,5</td> <td>Ø 8,2</td> <td>Ø 13,0</td> <td>Ø 15,5</td> <td>Ø 17,5</td> <td>Ø 18,0</td> </tr> <tr> <td>Ø 21,6</td> <td>Ø 25,0</td> <td>Ø 35,0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>							Festigkeitsgruppe A								Ø 8,0	Ø 9,5	Ø 9,4	Ø 10,0	Ø 10,65	Ø 10,72	Ø 11,5	Ø 12,0	Ø 12,5	Ø 14,55	Ø 15,0	Ø 16,5	Ø 17,0	Ø 18,27	Ø 23,0		Festigkeitsgruppe B								Ø 7,8	Ø 9,8	Ø 10,75	Ø 11,8	Ø 12,6	Ø 15,7			Festigkeitsgruppe C								Ø 6,0	Ø 8,0	Ø 10,0	Ø 11,5	Ø 12,0	Ø 14,0	Ø 14,8	Ø 16,0	Ø 18,0	Ø 19,5	Ø 20,0	Ø 22,0	Ø 23,5	Ø 24,5			Festigkeitsgruppe D								Ø 5,0	Ø 5,5	Ø 6,5	Ø 8,2	Ø 13,0	Ø 15,5	Ø 17,5	Ø 18,0	Ø 21,6	Ø 25,0	Ø 35,0					
Festigkeitsgruppe A																																																																																															
Ø 8,0	Ø 9,5	Ø 9,4	Ø 10,0	Ø 10,65	Ø 10,72	Ø 11,5	Ø 12,0																																																																																								
Ø 12,5	Ø 14,55	Ø 15,0	Ø 16,5	Ø 17,0	Ø 18,27	Ø 23,0																																																																																									
Festigkeitsgruppe B																																																																																															
Ø 7,8	Ø 9,8	Ø 10,75	Ø 11,8	Ø 12,6	Ø 15,7																																																																																										
Festigkeitsgruppe C																																																																																															
Ø 6,0	Ø 8,0	Ø 10,0	Ø 11,5	Ø 12,0	Ø 14,0	Ø 14,8	Ø 16,0																																																																																								
Ø 18,0	Ø 19,5	Ø 20,0	Ø 22,0	Ø 23,5	Ø 24,5																																																																																										
Festigkeitsgruppe D																																																																																															
Ø 5,0	Ø 5,5	Ø 6,5	Ø 8,2	Ø 13,0	Ø 15,5	Ø 17,5	Ø 18,0																																																																																								
Ø 21,6	Ø 25,0	Ø 35,0																																																																																													
Zul. Maßabweichung	Die zulässige Abweichung nach DIN EN 10278, ISO-Toleranzfeld h10, bei Art.-Nr.: 128858; 110039 und 128501 ISO-Toleranzfeld h9																																																																																														
Chemische Zusammensetzung (Schmelzanalyse)	Nach DIN EN 10088-Teil 3 (Massenanteil in %)																																																																																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">Massenanteil in %</th> </tr> <tr> <th>C</th> <th>Si</th> <th>Mn</th> <th>P</th> <th>S</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>max. 0,07</td> <td>max. 1,00</td> <td>max. 2,00</td> <td>max. 0,045</td> <td>0,012 - 0,030</td> </tr> <tr> <th>N</th> <th>Cr</th> <th>Mo</th> <th>Ni</th> <td></td> </tr> <tr> <td>max. 0,11</td> <td>16,50 - 18,50</td> <td>2,00 - 2,50</td> <td>10,00 - 13,00</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>							Massenanteil in %					C	Si	Mn	P	S	max. 0,07	max. 1,00	max. 2,00	max. 0,045	0,012 - 0,030	N	Cr	Mo	Ni		max. 0,11	16,50 - 18,50	2,00 - 2,50	10,00 - 13,00																																																																
Massenanteil in %																																																																																															
C	Si	Mn	P	S																																																																																											
max. 0,07	max. 1,00	max. 2,00	max. 0,045	0,012 - 0,030																																																																																											
N	Cr	Mo	Ni																																																																																												
max. 0,11	16,50 - 18,50	2,00 - 2,50	10,00 - 13,00																																																																																												
Mechanische Eigenschaften	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Festigkeitsgruppe</th> <th>Zugfestigkeit R<sub>m</sub> [N/mm<sup>2</sup>]</th> <th>Dehngrenze Rp<sub>0,2</sub> [N/mm<sup>2</sup>]</th> <th>Bruchdehnung A<sub>5</sub> [%]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>800 - 950</td> <td>min. 640</td> <td>min. 12</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>750 - 900</td> <td>min. 600</td> <td>min. 15</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>700 - 850</td> <td>min. 560</td> <td>min. 20</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>540 - 780</td> <td>min. 355</td> <td>min. 25</td> </tr> </tbody> </table>							Festigkeitsgruppe	Zugfestigkeit R <sub>m</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	Dehngrenze Rp <sub>0,2</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	Bruchdehnung A <sub>5</sub> [%]	A	800 - 950	min. 640	min. 12	B	750 - 900	min. 600	min. 15	C	700 - 850	min. 560	min. 20	D	540 - 780	min. 355	min. 25																																																																				
Festigkeitsgruppe	Zugfestigkeit R <sub>m</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	Dehngrenze Rp <sub>0,2</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	Bruchdehnung A <sub>5</sub> [%]																																																																																												
A	800 - 950	min. 640	min. 12																																																																																												
B	750 - 900	min. 600	min. 15																																																																																												
C	700 - 850	min. 560	min. 20																																																																																												
D	540 - 780	min. 355	min. 25																																																																																												

## Artikl Materiálu: skupina C průměr 10 mm

### Výsledky:

Nr	Rp 0.2 N/mm <sup>2</sup>	Rm N/mm <sup>2</sup>	A5 %	S0 mm <sup>2</sup>	Poznámky
max.	---	850,00	---		
min.	560,00	700,00	20,00		
1	600,62	703,10	30,84	77,44	
2	599,00	702,45	29,82	77,13	
3	600,57	703,20	31,18	77,44	

### Grafické záznamy zkoušek:



### Statistika:

Série n = 3	Rp 0.2 N/mm <sup>2</sup>	Rm N/mm <sup>2</sup>	A5 %	S0 mm <sup>2</sup>
$\bar{x}$	600,07	702,92	30,61	77,34
s	0,92	0,41	0,71	0,18
v	0,15	0,06	2,32	0,23