

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
KATEDRA GEOENVIROMENTÁLNÍCH VĚD
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2012

Irena Tomaščíková

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
KATEDRA GEOENVIROMENTÁLNÍCH VĚD
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ**

**VYUŽITÍ SKLÁDKOVÉHO PLYNU ZE SKLÁDKY
ORLÍK IV POMOCÍ KOGENERAČNÍ JEDNOTKY
THE USE OF LANDFIL ORLÍK IV NEAR DĚČÍN WITH
COGENERATION UNIT**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí práce: Ing. Dagmara Faturíková

Bakalant: Irena Tomaštková

2012

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně s pomocí svých znalostí použité literatury a odborných konzultací s vedoucí práce Ing. Dagmarou Faturíkovou.

V Ústí nad Labem dne 16.4.2012

Irena Tomašíková

Poděkování:

Ráda bych poděkovala paní Ing. Dagmaře Faturíkové za její odbornou pomoc a rady při vypracování této práce.

V Ústí nad Labem dne 16.4.2012

Irena Tomašíková

Fakulta životního prostředí

Zadání bakalářské práce

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta geoenvironmentálních věd

Katedra ekologie krajiny

Školní rok: 2011/2012

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Pro: Irena Tomašíková

Obor: Územní technická a správní služba /DÚTSS

Název tématu: Využití skládkového plynu ze skládky Orlík IV pomocí kogenerační jednotky

Název v anglickém jazyce: The use of landfill Orlík IV near Děčín
whit cogeneration unit

Zásady pro vypracování: rešerše

Fakulta životního prostředí

Zadání bakalářské práce

Rozsah průvodní zprávy: cca 35-50 stran

Rozsah grafických prací: tabulky, grafy

Seznam odborné literatury:

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Dagmara Faturíková

Konzultant bakalářské práce: Roman Fikar

Datum zadání bakalářské práce: květen 2011

Termín odevzdání bakalářské práce: duben 2012

L. S.

.....
Vedoucí katedry

.....
Děkan

V Praze dne

Abstrakt:

Bakalářská práce pojednává o kogeneraci – kombinované výrobě elektrické energie. Popisuje její hlavní principy a výhody.

První část práce je pojata v obecné rovině, zabývá se kogeneračními technologiemi v nejširším spektru využití. Důraz byl kladen na typy pohonů generátorů.

Druhá část je zaměřena na zpracování skládkového plynu a výrobu elektrické energie.

Výsledkem práce je zpracování získaných dat z provozu zařízení. Výstupem je provozní a ekonomická bilance, ze které je výpočtem jednoznačně doložena rentabilita.

Klíčová slova:

kogenerace, kogenerační jednotky, skládkový plyn, ekonomická bilance

Abstract:

The bachelor's thesis deals with the cogeneration – Combined Heat and Power. It describes its main principles and advantages.

The first part is designed in general, deals with cogeneration technologies in the broadest range of applications. Emphasis was placed on the engine type.

The second part focuses on the processing of landfill gas and generating electricity.

The result is a work of processing the data obtained from the operation of the device. The output of the operational and economic balance clearly indicates profitability.

Keywords:

cogeneration, landfill gas, municipal landfills, economic balance

Seznam zkratk

BPS	bioplynová stanice
ČOV	čistírna odpadních vod
ERU	energetický regulační úřad
EZU	energetické zdrojové ústrojí
KJ	kogenerační jednotka
KVET	kombinovaná výroba elektrické a tepelné energie
PHED	potrubí
SČE	severočeská energetika
S- IO	skládka inertního odpadu
SKO	směsný komunální odpad
TUV	tepelná užitková voda

1 ÚVOD	10
2 CÍLE	10
3 KOGENERACE A ZÁKLADNÍ POPIS KOGENERAČNÍ JEDNOTKY	11
3.1 Rozdělení kogeneračních jednotek	11
3.1.1. KJ se spalovacími motory	12
3.1.2. KJ se spalovacími plynovými turbínami	14
3.1.3 KJ s parními turbínami	15
3.2 PALIVA PRO KOGENERAČNÍ JEDNOTKY	15
3.2.1 Zemní plyn	15
3.2.2 Bioplyn ze zemědělské výroby	16
3.2.3 Plyn z čistíren odpadních vod (ČOV)	17
3.2.4 Plyn ze skládek komunálního odpadu	18
4 TRIGENERACE	20
5 VYUŽITÍ KOGENERAČNÍCH JEDNOTEK	22
6 ROZDĚLENÍ SKLÁDEK Z HLEDISKA TVORBY PLYNU	23
7 CHARAKTERISTIKA SKLÁDKY ORLÍK	24
7.1 Projekt a výstavba skládky	24
7.2 Specifikace odpadů ukládaných na skládku	25
7.3 Popis objektů skládky	27
7.4 Nakládání se skládkovým plynem	28
8 ZÁKLADNÍ TECHNICKÁ ZAŘÍZENÍ STAVBY	30
8.1 Čerpací stanice	30
8.2 Pochodeň (fléra) pro spalování plynu VTP 600/300	30
8.3 Kogenerační jednotka	32
9 ANALÝZA PROVOZU A ENERGETICKÁ BILANCE	35
10 DISKUZE	39
11 ZÁVĚR	39
12 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A ZDROJŮ	41
13 PŘÍLOHY	42

1 Úvod

Kogenerace je společná výroba elektrické energie a tepla. Oproti klasickým elektrárnám, ve kterých je teplo vzniklé při výrobě elektrické energie vypouštěno do okolí, využívá kogenerační jednotka teplo například k vytápění. Malé jednotky využívají především pístové spalovací motory, upravené pro pohon plynnými palivy. Především tato soustrojí nacházejí využití na skládkách komunálních, ostatních ale i nebezpečných odpadů. Obecně dominantním palivem bývá zemní plyn, stále častěji se však využívají i alternativní paliva, především různé druhy bioplynů, v případě skládek pak skládkový plyn.

Vzhledem k situaci, kdy nejsou k dispozici statistické údaje o počtu skládek vybavených kogeneračními jednotkami, je možné určit přibližný počet odečtením skládek S-IO (neprodukují plyn) od celkového počtu provozovaných skládek a dále odečíst 10 % (skládky malé, s nevýznamnou produkcí bioplynu, vybavené nicméně např. koksokompostovými filtry anebo flérou). Vychází cca 130 skládek vybavených KJ různých výkonů.

V posledním desetiletí vlivem zvyšujícího se tlaku na energetické úspory se dočkaly praktických realizací i některé složitější kogenerační technologie - trigenerace a polygenerace.

2 Cíle

Cílem práce je shrnout informace o využití energetického obsahu skládkového plynu pro kombinovanou výrobu elektrické energie a tepla v kogenerační jednotce, dále zpracovat informace a data ze skládky Orlík IV, která využívá kogenerační jednotku na výrobu tepla a elektrické energie.

3 Kogenerace a základní popis kogenerační jednotky

Kogenerace též známá jako teplárenská výroba, je kombinovaná výroba elektrické a tepelné energie (KVET). Hlavním cílem je maximalizace zisku energie obsažené v palivu a dosažení co největší účinnosti při výrobě elektřiny. Proces této přeměny probíhá v kogenerační jednotce (dále jen KJ). Nejprve se využije tepelná energie uvolněná z paliva pro pohon elektrického generátoru a vzniklé odpadní teplo je poté využito pro další účely (Krbek, Polesný, 2007).

Každá kogenerační jednotka je součástí kogeneračního systému, který zajišťuje výrobu energií a jejich následnou dopravu ke spotřebiteli. Podle rozlehlosti a vzdálenosti mezi výrobou a spotřebou energií se tyto systémy dělí na centralizované (dálkové) a decentralizované (lokální).

V centralizovaných kogeneračních systémech se elektrická energie a teplo vyrábí ve velkých energetických zdrojích (teplárnách). Doprava energií probíhá na velké vzdálenosti a zvláště u rozsáhlé tepelné sítě výrazně zvyšuje celkové náklady.

Decentralizované kogenerační systémy využívají pro výrobu elektrické energie a tepla menších kogeneračních jednotek. Ty jsou umístovány přímo v místě spotřeby a nevyžadují tak nákladnou tepelnou síť (Dvorský, Hejtmánková, 2005).

Jako palivo pro spalovací motor kogenerační jednotky se používá zemní plyn, různé druhy bioplynu s vyšším obsahem metanu (např. kalové plyny z čistíren odpadních vod, skládkové plyny), uhelný plyn, butan, propan, nízkovýhřevný plyn získaný zplyňováním biomasy, kapalný plyn, lehké topné oleje motorová nafta, atd. (Koudelka, 2004).

3.1 Rozdělení kogeneračních jednotek

Technologická zařízení určená pro kogeneraci se v závislosti na požadovaném výkonu, účelnosti zařízení, investičních možnostech zadavatele a dalších podmínek, vybavují parními turbínami, spalovacími turbínami nebo spalovacími motory (viz tabulka č. 1). (Trávníček, Karafiát, 2009).

Tab. č. 1 - Základní parametry jednotlivých typů kombinované výroby elektřiny a tepla (EkoWATT, 2002)

Typ teplárny	Podíl výroby elektřiny a tepla Q_{EL}/Q_{TEP}	Účinnost elektrická	Účinnost tepelná	Účinnost celková	El. výkon teplárny
	(-)	(%)	(%)	(%)	(MW)
S parním strojem	0,16-0,25	8-12	60-67	68-87	0,1-2
S parními turbínami	0,24-0,34	12-15	6-8	72-80	0,15-100
Se spalovacími motory	0,7-1	32-41	44-53	82-90	0,1-10
Se spalovacími turbínami	0,5-0,8	23-38	36-50	68-85	2-100
Paro-plynové	0,5-1,5	35-44	32-50	78-87	5-200 a více

3.1.1 KJ se spalovacími motory

V tomto případě je transformace tepelné energie z paliva na mechanickou energii zajišťována spalovacím motorem. Motor pak pohání elektrogenerátor, který zajišťuje výrobu el. energie.

Pro dodávku tepla z kogenerační jednotky je využíváno teplo z výfukových plynů motoru, teplo z chlazení bloku motoru a chlazení oleje. Dodávka tepla může být v horké vodě i páře (Kea-Olomouc, 2006 - 2009).

Kogenerační jednotky se zážehovými motory se dodávají v rozsahu el. výkonu 20 - 5000 kW. Vhodnost použití spalovacích motorů je do el. výkonu 2 MW. Pro elektrické výkony nad 10 MW je výhodnější použít spalovací turbínu. Mezi uvedenými výkonovými pásmy je možno použít jak spalovací motor, tak turbínu. Velké moderní spalovací motory předních světových výrobců se vyznačují poněkud vyšší účinností než dnešní plynové turbíny a tudíž i vyšším modulem teplárenské výroby el. energie.

Pro menší kogenerační jednotky je možno použít jakýkoliv motor, který vyhovuje použitému palivu, včetně motorů určených původně pro osobní automobily.

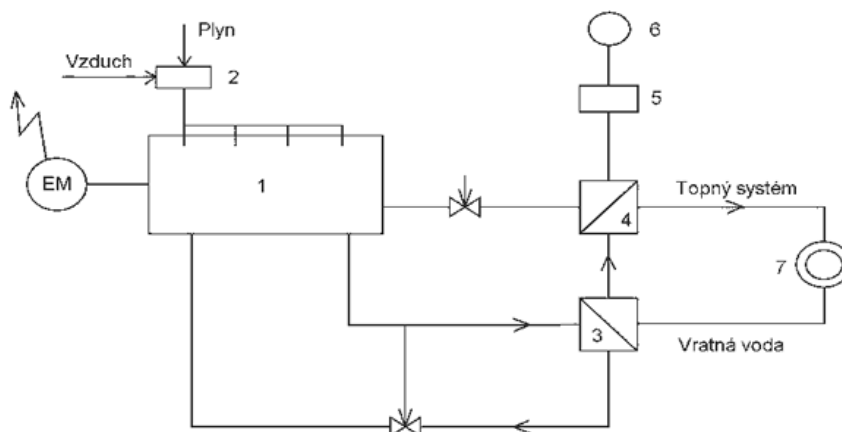
Nevýhodou spalovacích motorů je vyšší produkce škodliviny NO_x ve spalinách na výstupu z motoru, než je u plynových turbín.

Schéma kogenerační jednotky s plynovým spalovacím motorem je znázorněno na obrázku č. 3. Využití odpadního tepla z motoru zajišťují dva tepelné výměníky. První výměník odvádí teplo z bloku motoru a chlazení oleje na teplotní úrovni 80 až 90 °C. Druhý výměník odvádí teplo z výfukových spalin na teplotní úrovni cca 400 až 500 °C. Nejběžněji jsou kogenerační jednotky navrhovány na parametry běžného teplovodního otopného systému 90/70 °C, méně již na parametry 110/85 °C. Vratná voda z vytápěcího systému o teplotě 70 °C se nejdříve zavede do výměníku s nižší teplotní hladinou a její dohřívání probíhá ve výměníku dalším. Během ročního období může nastat i časový úsek, kdy je odběr tepla podstatně snížen, nebo úplně zastaven. Aby v této době nedocházelo k přehřívání motoru v důsledku jeho nedostatečného chlazení, je do okruhu zařazen nouzový (vzduchem chlazený) chladič (Kea-Olomouc, 2006-2009).

Obr. č. 1

Schéma kogenerační jednotky s plynovým spalovacím motorem (Kea-Olomouc, 2006-2009).

- 1 - spalovací motor s el. Generátorem
- 2 - směšovací zařízení plyn/vzduch
- 3 - výměník voda/voda pro chlazení válců motoru
- 4- výměník spaliny/voda
- 5 - katalyzátor NO_x
- 6 - komín
- 7 - spotřebič tepla



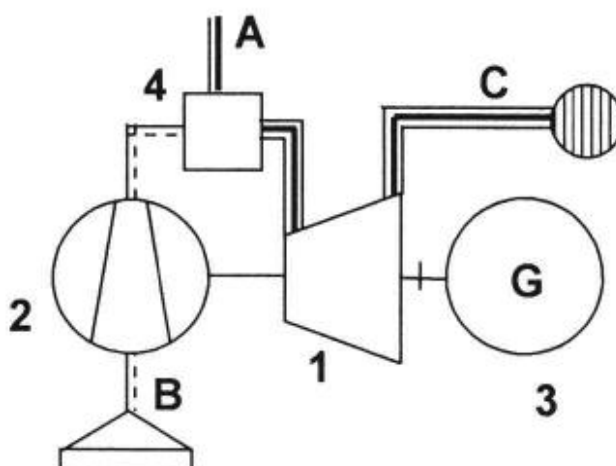
3.1.2 KJ se spalovacími plynovými turbínami

Kogenerační jednotka se spalovací turbínou se skládá ze soustrojí spalovací turbína – alternátor vyrábějícího elektřinu a spalínového kotle. Spaliny z turbíny jsou přiváděny do spalínového kotle k výrobě tepla ve formě páry nebo horké resp. teplé vody. Při požadavku na zvýšení tepelného výkonu spalínového kotle je instalován tzv. dohořivací (přihřívací) hořák na zemní plyn (hořák používající jako okysličovadlo spaliny ze spalovací turbíny). Ten je vřazen do spalín proudících z turbíny do kotle a zvyšuje teplotu spalín přicházejících z turbíny (cca 450 – 600 °C) na maximální teplotu 900°C. Hlavní výhodou kogeneračních jednotek se spalovacími turbínami proti kogeneračním jednotkám se spalovacími motory je možnost volby média, kterým je odváděno teplo ze spalínového kotle (EkoWATT, 2002).

Spalovací (plynové) turbíny jsou vývojově mladší než turbíny parní, dnes jsou však nejrozšířenějším typem primárních jednotek kogeneračního zařízení. Výkony se pohybují v rozmezí od 500 kWe do 250 MWe, celková účinnost dosahuje 60-80% (Krbek, Polesný, 2007).

Obr. č. 2 Schéma uspořádání spalovací turbíny (Krbek, Polesný, 2007)

1. Turbína
 2. Kompresor
 3. Elektrický generátor
 4. Spalovací komora
- A přívod paliva
B přívod vzduchu
C odvod spalín



3.1.3 KJ s parními turbínami

Parní kombinovaná výroba elektřiny a tepla se provádí prostřednictvím páry vyrobené v parním kotli pomocí fosilních či nefosilních paliv (např. hnědé uhlí, biomasa). Pára se přivádí do parního motoru protitlakem, nebo kondenzační odběrové parní turbíny, kterými se pohání generátor elektrické energie. Teplo ve formě páry, jejíž tlak odpovídá konstrukci stroje, nebo požadované teplotní úrovni tepelné energie, se odbírá z výfuku parního stroje, z protitlaku (odběru) parní turbíny (i – EKIS, 2001 – 2008).

Pro nižší elektrické výkony (cca 50 kW - 15 MW) jsou dodávána soustrojí s protitlakými turbínami axiálními nebo radiálními (pro vyšší výkony pouze s turbínami axiálními), které pohání přes převodovku alternátor. Z hlediska dosahované termodynamické účinnosti jsou výhodné moderní rychloběžné radiální turbíny jednostupňové nebo dvoustupňové s malou měrnou hmotností a krátkou dobou najíždění. Turbíny axiální i radiální jsou v uvedeném výkonovém rozsahu konstruované pro vstupní / výstupní tlak páry 0,9 - 6,5 / 0,1 - 0,7 MPa a teplotu páry 200 – 450 °C. Regulace elektrického výkonu soustrojí je zajištěna regulačním ventilem na přívodu páry do turbíny, případně navíc natáčivými statorovými lopatkami (i – EKIS, 2001 – 2008).

Celková účinnost využití energie obsažené v primárním palivu je cca 77 - 87%, přičemž dominantní je účinnost výroby tepla (v závislosti na tlaku před a za turbínou cca 62 - 76 %). Účinnost výroby elektřiny se pohybuje mezi 8 - 20 %. Stupeň zhodnocení primárního paliva na elektřinu je tedy nízký. Oproti plynové kombinované výrobě elektřiny a tepla je však výhodou možnost spalování levného paliva (uhlí) nebo obnovitelného paliva - biomasy (i – EKIS, 2001 – 2008).

3.2 Paliva pro kogenerační jednotky

3.2.1 Zemní plyn

Zemní plyn je přírodní směs plynných uhlovodíků s převažujícím podílem metanu CH_4 a proměnlivým množstvím neuhlovodíkových plynů (zejména inertních plynů). Jelikož se zemní plyn vyskytuje velice často spolu s ropou (naftový zemní plyn) nebo s uhlím (karbonský zemní plyn), přiklání se teorie jeho vzniku nejčastěji k tomu, že se postupně uvolňoval při vzniku uhlí nebo ropy jako důsledek postupného rozkladu organického materiálu.

Zemní plyn je bezbarvý, sám o sobě nezapáchající, hořlavý plyn. Patří do skupiny topných plynů, využívá se k vytápění, vaření a ohřevu vody, v elektrárnách,

teplárnách, v kogeneračních jednotkách a v dopravě (jako pohon motorových vozidel). Zemní plyn je nejedovatý, nedýchatelný a lehčí než vzduch.

V tabulce č. 2 jsou uvedeny průměrné hodnoty pro jeho základní vlastnosti.

Tab. č. 2 - Vlastnosti zemního plynu (Pražská plynárenská, a.s., 2011)

Výhřevnost	34,08 MJ/m ³
Spalné teplo	37,82 MJ/m ³
Hustota	0,69 kg/m ³
Meze výbušnosti	5 – 15 %
Zápalná teplota	650 °C
Množství spalovacího vzduchu	9,56 m ³ vzduchu/ m ³ ZP
Teplota plamene	1 957 °C

3.2.2 Bioplyn ze zemědělské výroby

V zemědělských bioplynových stanicích je možné efektivně zpracovat širokou škálu biodpadů a surovin, včetně takových, které jsou jinak obtížně zpracovatelné.

Základem krmné dávky zemědělské BPS by měly být odpady z chovu hospodářských zvířat (keжда, hnůj, podestýlky atd.). Měrnou produkcí bioplynu patří exkrementy mezi podprůměrně vydatné materiály, ale zato vznikají na jednom místě v relativně velkém množství. Významné je, že součástí exkrementů jsou také kmeny bakterií podílející se na rozkladné reakci ve fermentoru a vzniku bioplynu. Jedná se o žádoucí mikroflóru, která je důležitá především i při zprovoznění BPS, neboť „oživuje reaktor“ (Biom, 2011).

Hojně rozšířené je použití kukuřičné siláže, dále obilné siláže na zeleno, případně cukrovky. Největší zkušenosti jsou s kukuřičnou siláží, jejíž šlechtění, technologie sklizně a silážování jsou na vysoké úrovni. Pro zemědělský podnik však může být vhodná kombinace více plodin, vzhledem k osevním sledům, agrotechnickým termínům, ale také např. s ohledem na možnost klimaticky nepříznivého ročníku pro jednu ze zvolených plodin nebo výrazný propad cen u plodiny původně zaseté k jinému využití. Rovněž travní senáž se jeví jako zajímavý dílčí zdroj pro BPS. Využití travní senáže však vyžaduje mírně odlišný technologický postup, robustní míchání, apod. V České republice i Německu již fungují bioplynové stanice provozované převážně na travní senáž (Biom, 2011).

Obr. č. 3 Schéma tvorby bioplynu v bioplynové stanici zemědělského podniku (Intech, 2009).



3.2.3 Plyn z čistíren odpadních vod (ČOV)

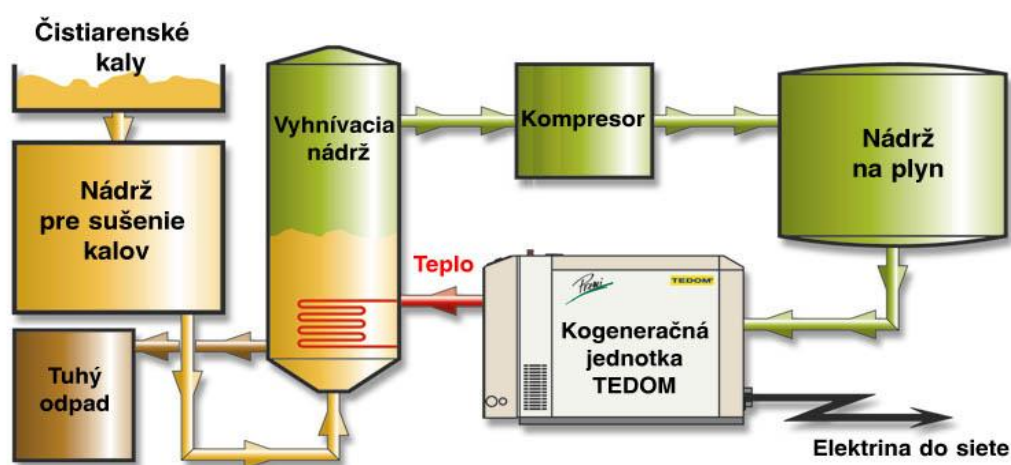
Pro bioplyn, vznikající na městských čistírnách, je substrátem kal z komunálních odpadních vod, které přitékají kanalizací. Na mechanicko-biologické čistírně vznikají principálně dva typy kalu. Kal primární z usazovacích nádrží, kde sedimentují laditelné nerozpuštěné látky a kal sekundární jako produkt biologického čištění rozpuštěných organických látek v akvizice. Oba kaly se liší jak svými fyzikálními vlastnostmi, tak i produkcí bioplynu z jednotky organické sušiny příslušného kalu. I když biologický kal obsahuje obvykle vyšší podíl organických látek v sušině, je produkce bioplynu na jednotku přivedené organické sušiny do procesu výrazně nižší. Proto i poměr sušiny primárního a biologického kalu je jedním z důležitých faktorů při hodnocení produkce bioplynu na čistírně. (Straka, 2003).

Při běžném poměru obou kalů (~ 1 : 1), dobře vedeném anaerobním procesu a odpovídajících dobách zdržení lze při mezofilní teplotě procesu (40 °C) předpokládat ~ 450 l/kg přivedené organické sušiny. Při termofilní teplotě procesu pak ~ 600 l/kg přivedené organické sušiny. Kvalita bioplynu na městských čistírnách je velmi vyrovnaná. Obsah metanu kolísá běžně mezi 65 - 70 % s průměrem 67 %.

Koncentrace sulfanu je obecně velmi nízká (< 0,5 g/Nm³) a výrazně nižší než požadují výrobci kogeneračních jednotek pro výrobu elektrické energie z bioplynu. Ojedinelé odchylky jsou obvykle způsobeny vyšším podílem průmyslových vod (ČOV Litoměřice) nebo prasečí kejdy (ČOV Kroměříž). Bioplyn jako hlavní produkt technologického procesu má v čistírenské praxi značný energetický význam a řadí se pro vysoký obsah metanu a vysokou výhřevnost (23 MJ/ m³) mezi ušlechtilá paliva (Straka, 2003).

Vzniklý kalový plyn představuje významné energetické zdroje s velkým pozitivním přínosem pro tvorbu a ochranu životního prostředí. Spalování kalového plynu je v současnosti nejrozšířenější možností racionálního využití. Jde o perspektivní palivo pro kogenerační jednotky, především proto, že se řadí mezi obnovitelné zdroje energie (Horbaj a kol., 2007).

Obr. č. 4 Schéma tvorby bioplynu na ČOV (Intech, 2009)



3.2.4. Plyn ze skládek komunálního odpadu

Skládkový plyn se vyvíjí při rozkladu biologicky odbouratelných odpadů na skládkách komunálního odpadu. Jedná se o využitelný energetický zdroj, který se využívá především k použití v plynových motorech, biooxidaci na filtrech, k topení a v neposlední řadě dochází k jeho spalování na flérách (Straka, 2003).

Jeho vznik závisí na tom, jaký materiál je na skládku ukládán, a ve kterém stadiu rozkladu uložených organických látek se skládka nachází. Vzniká však vždy u skládek komunálního odpadu. Tento plyn pokud není odčerpáván je nebezpečný (Straka, 2003).

Složení skládkového plynu se mění v závislosti na stáří skládky a rychlosti jeho čerpání. Optimální podmínky pro jeho tvorbu jsou: pH 6,5 – 8, vlhkost větší než 20 – 30%, teplota 25 – 40°C. Z energetického hlediska lze odpady produkující plyn využitelného složení považovat za netradiční obnovitelné zdroje energie (NWT Computer, 2010).

Celková možná produkce skládkového plynu se odhaduje na 100 – 300 m³ z 1 tuny tuhého komunálního odpadu. Z tohoto množství lze zachytit a využít 20 – 70%. Nejvyšší produkce je 5 až 13 let po uložení odpadu, ale plyn se vyvíjí 20 – 30 let.

V poměru k objemu má podstatně menší výhřevnost než zemní plyn, propan a butan. Jeho spalováním vznikají neškodné produkty: vodní pára a oxid uhličitý (Biomastechnology, 2009).

Tab. č. 3 Typické složení skládkového plynu (Norma ČSN – 83 8034)

Komponenty	Typické hodnoty			
	Název	Značka	% objemová	Mg/m ³
Methan	CH ₄	60 až 64	-	
Oxid uhličitý	CO ₂	30 až 36	-	
Kyslík	O ₂	0	-	
Dusík	N ₂	0 až 3	-	
Vodík	H ₂	0,0 až 0,05	-	
Oxid uhelnatý	CO	0	-	
Sulfan	H ₂ S	-	-	0,1 až 5,0
Oxid dusný	N ₂ O	0,0 až 0,2	-	
Organickyvázané halogeny	-	-	-	20 až 60

4 Trigenerace

Termínem trigenerace označujeme společnou výrobu elektřiny, tepla a chladu. Technologicky jde o spojení kogenerační technologie s absorpční chladicí jednotkou. (Pospíšil, 2001). Chlazení na absorpčním principu nevyžaduje elektrickou energii, ale méně ušlechtilou energii tepelnou, kterou lze tímto způsobem využít i v létě, např. ke klimatizaci budov. (Wikipedie, 2012).

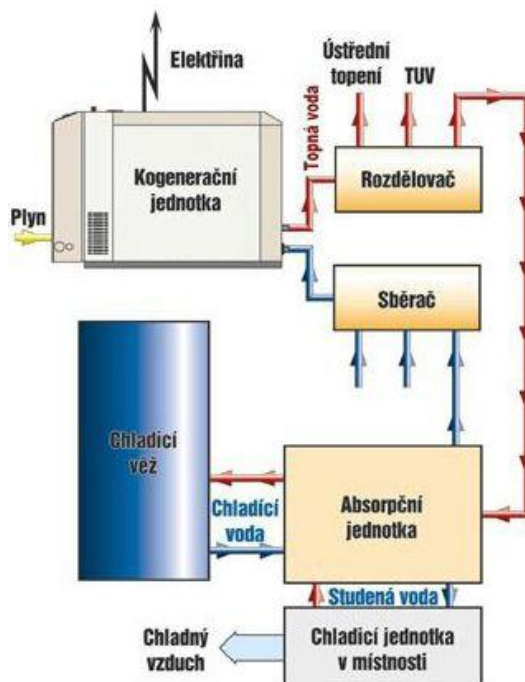
Výhodné je to zejména z pohledu provozu tím, že umožňuje využít teplo i v létě, mimo topnou sezónu, a tím dosáhnout prodloužení ročního chodu jednotky a snížit náklady za chlazení pomocí kompresorového chladiče, který je poháněn elektřinou (Tedom, 2011). Právě snížené možnosti využití tepla v letních měsících vedou často k nasazení menších jednotek (kompresorových poháněných elektrickou energií) a tím se zvyšují náklady na provoz.

Pro výrobu chladu pomocí absorpčního chlazení můžeme použít kotel spalující biomasu nebo kogenerační jednotku, kde jsou nízké náklady na biopalivo (plyn, bioplyn) a vyrábět levné teplo pro následné chlazení prostor.

Vyrobený chlad je využit všude tam, kde je zapotřebí klimatizace – v průmyslu (až do $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$) dále v bankách, hotelích, obchodních a administrativních centrech, nemocnicích, sportovních halách atd. Významným odběratelem ve světě je průmysl a průmyslová výroba, kde se absorpce používá díky využití odpadního tepla pro proces chlazení. Na obrázku č. 7 je znázorněno schéma zapojení absorpčního chlazení.

Trigenerace se dnes zatím aplikuje jen výjimečně, ale kvůli vzrůstajícím cenám energií a přetížení elektrické rozvodné sítě v letním období se její potenciál stále ve světě začíná znatelně zvyšovat (GB Consulting, 2010).

Obr. č. 5 Schéma trigenerace - kogenerační jednotky s absorpčním chladičem (Tedom, 2011)



Chlazení má tři okruhy, mezi kterými probíhá výměna tepla. První okruh je napojen na zdroj tepla tzn. kogenerační jednotku. Druhý je okruh studené vody, který je napojen na okruh chlazení a třetí je okruh chladící vody (Tedom, 2011).

5 Využití kogeneračních jednotek

Kogenerační zařízení využívají odpadní teplo k ohřevu vody, která se poté používá jako médium při vytápění přilehlých i vzdálených objektů. Nejčastější aplikací kogeneračních jednotek jsou potom městské a průmyslové teplárny, spalovny komunálních odpadů, bioplynové stanice, ale i nemocnice, hotely, domovy důchodců, zemědělské podniky, vytopy atd. Technologická zařízení určená pro kogeneraci se v závislosti na požadovaném výkonu, účelnosti zařízení, investičních možnostech zadavatele a dalších podmínkách, vybavují parními turbínami, spalovacími turbínami nebo spalovacími motory (Biom, 2009). V tab. č.4 jsou porovnané energetické účinnosti různých typů zařízení.

Tab. č. 4 - Porovnání energetické účinnosti jednotlivých zdrojů energie (Krbek, Polesný, 2007)

Typ zdroje	%
Kogenerační jednotka	95 %
Plynový kotel	92 %
Kotel na tuhá paliva	75 – 80 %

Obecné výhody kombinované výroby energií:

- široký rozsah použitých paliv - kapalné (nafta, bio-rostlinné oleje) a plyné (ZP nebo bioplyn-skládky, ČOV, důlní plyny)
- rychlé starty
- alternativní paliva
- dostupný servis
- široký rozsah výkonů
- ostrovní provoz se snadnou možností regulace výkonu
- při vlastní spotřebě tepla a elektrické energie se vyhneme přenosovým ztrátám
- využíváním odpadního tepla při výrobě elektrické energie dochází až ke 40 % úspoře paliva ve srovnání s tradičními technologiemi
- vysoká efektivita využití paliva na 80 % až 85 %. Z toho připadá 30 až 35 % na elektrickou energii 65 – 70 % na teplo
- kogenerační jednotky produkují nízké emise škodlivin ve srovnání s uhlím

- přebytky vyrobené elektrické energie výrobce může prodávat do veřejné rozvodné sítě na základě smluvního vztahu s distribuční společností (majitelem rozvodné sítě elektřiny) a tím může výrazně ovlivnit návratnost vložených finančních prostředků

Nevýhody kombinované výroby energií:

- periodické vnitřní spalování limituje použití některých paliv (popeloviny, dehty, čistota paliva) a vznik emisí NO_x a CO
- omezená životnost motoru vzhledem opotřebením pohybuje se částí - náklady na GO a periodické revize
- poměrně vysoké investiční náklady na zařízení
- návratnost vložených finančních prostředků je závislá na využití vyrobeného tepla a elektrické energie
- nutnost zajistit ochranu proti hluku

6 Rozdělení skládek z hlediska tvorby plynu

Skládky můžeme rozdělit na:

1. Skládky bez tvorby plynu, kde bude ukládán odpad bez organické složky, nevyžadují odplyňovací systém.
2. Skládky s tvorbou plynu, kde budou ukládány odpadní organické hmoty nebo odpady obsahující organické složky, u nichž je třeba po vyhodnocení navrhnout odplyňovací systém.
3. Skládky, u nichž byl průzkumem prokázán vývin plynu se podle intenzity tvorby plynu rozdělují do 3 tříd (viz tabulka). (Norma ČSN – 83 8034)

Tab. č. 5 - Zatřídění skládek z hlediska tvorby plynu (Norma ČSN – 83 8034)

Třída	Odplynění	Střední koncentrace CH ₄ v hloubce 0,6 m % objemová	Měrná produkce plynu z 1 mil m ³ odpadu [rrrVrij]**	Odplyňovací systém	Energetické využití plynu
1	není nutné	<7,4	<1	žádný	žádné
2	je nutné	7,4 až 35	1 až 200	pasivní	žádné
3	je nutné	>35	>200	pasivní nebo aktivní	podmíněně možné

^s Měrná produkce plynu se odhadne podle střední koncentrace metanu, zjištěné podpovrchovým průzkumem.

Odplyňovací systém může být navržen buď jako aktivní, nebo pasivní, anebo jako kombinovaný. Aktivní odplyňovací systém se navrhuje zásadně pro potřeby energetického využívání skládkového plynu, pro nucené spalování nebo pro ventilaci plynu přes biooxidační jednotky.

7 Charakteristika skládky Orlík IV

7.1 Projekt a výstavba skládky

Skládka Orlík IV leží na katastrálním území Borek u Děčína. Stavba byla dokončena v roce 1996 na počátku následujícího roku zahájen zkušební provoz. Druhá kazeta skládky byla otevřena v prosinci 2001 (Provozní řád skládky Orlík IV, 2005).

Výstavba kazety č. 1 o rozloze 2,8 ha byla realizována ve dvou etapách - objekty vlastní skládky včetně jímací nádrže, objekty komunikace a zpevněné plochy, nádrž užitkové vody, váha a mycí rampa. Následně byly realizovány provozní budova, garáže a sklad PHM, veřejné osvětlení a napojení na jednotnou telekomunikační síť. Zadání stavby bylo zpracováno společností A.S.A. s.r.o. a PD stavby společností Hydroprojekt a.s. Praha. Kazeta č. 2 o rozloze 3 ha navazuje na již vybudovanou kazetu č. 1. a obsahuje objekty vlastního úložiště, komunikace, zpevněnou (manipulační) plochu a veřejné osvětlení (Provozní řád skládky Orlík IV, 2005).

V roce 2004 byla vybudována jednotka ke spalování bioplynu, která byla zprovozněna v listopadu 2004.

Foto č. 1 - Pohled na skládku Orlík IV ze severní strany (TS Děčín a.s., 2009)



7.2 Specifikace odpadů ukládaných na skládku

Skládka ORLÍK IV je skládka odpadů kategorie ostatní odpad, technicky zabezpečená a provozována na úrovni skupiny S – ostatní odpad (podskupina S – OO3) ve smyslu § 11 odst. (5) vyhlášky č. 383/2001 Sb. Je určena pro odpady kategorie ostatní včetně odpadů s podstatným obsahem organicky rozložitelných látek, odpadů, které nelze hodnotit na základě jejich vodného výluhu, a odpadů z azbestu za podmínek stanovených v §7 vyhlášky č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky. (Provozní řád skládky Orlík IV, 2005).

Na skládku ORLÍK IV lze ukládat odpady z domácností a úřadů, odpady živnostenské a některé druhy průmyslových odpadů. Je možné ukládat i odpady s obsahem azbestu, ty se ukládají do zvláštního sektoru. Odpady hodnocené dle vyluhovatelnosti musí splňovat kritéria pro vyluhovou třídu IIa viz tabulka č. 6.. (Provozní řád skládky Orlík IV, 2005).

Tab. č. 6 - Limitní hodnoty výluhové třídy číslo IIa (Norma ČSN – 83 8034)

ukazatel	jednotka	limitní hodnota	ukazatel	jednotka	limitní hodnota
DOC (rozpuštěný organický uhlík)	mg.l ⁻¹	80	Cu	mg.l ⁻¹	10
RL (rozpuštěné látky)	mg.l ⁻¹	8000	Hg	mg.l ⁻¹	0,2
Chloridy	mg.l ⁻¹	1500	Ni	mg.l ⁻¹	4
Fluoridy	mg.l ⁻¹	30	Pb	mg.l ⁻¹	5
Sírany	mg.l ⁻¹	3000	Sb	mg.l ⁻¹	0,5
As	mg.l ⁻¹	2,5	Se	mg.l ⁻¹	0,7
Ba	mg.l ⁻¹	30	Zn	mg.l ⁻¹	20
Cd	mg.l ⁻¹	0,5	Mo	mg.l ⁻¹	3
Cr _{celkový}	mg.l ⁻¹	7	pH		≥6

Na skládku je možné ukládat pouze odpady upravené s výjimkou odpadů inertních a odpadů, u nichž nelze ani úpravou dosáhnout snížení objemu. Způsob úpravy odpadů přijímaných na skládku je uveden ve vyhlášce č. 294/2005. Pneumatiky, pouze jsou-li využívány jako technologický materiál pro technické zabezpečení a uzavírání skládky.

Na skládce je již zaveden způsob využití bioplynu. Jeho spalováním se vyrábí elektrický proud, který je dodáván do distribuční sítě ČEZ. Tepelná energie se využívá na vytápění provozních budov skládky. (Provozní řád skládky Orlík IV, 2005).

7.3 Popis objektů skládky

Objekt se skládá ze dvou kazet, přičemž kazeta č. 1 byla realizována ve dvou etapách - objekty vlastní skládky včetně jímací nádrže, objekty komunikace a zpevněné plochy, nádrž užitkové vody, váha a mycí rampa. Následně byly realizovány provozní budova, garáže a sklad PHM, veřejné osvětlení a napojení na jednotnou telekomunikační síť. Kazeta č. 2 obsahuje objekty vlastního úložiště, komunikace, zpevněnou (manipulační) plochu a veřejné osvětlení.

Prostor skládky, ohraničený po obvodu patní hrázkou, je chráněn obvodovým příkopem proti přítoku povrchových vod. Zachycené povrchové vody jsou příkopem odváděny mimo těleso skládky s vyústěním na jihovýchodní straně skládkového areálu.

Celý prostor tělesa skládky je těsněn minerálním těsněním tl. 3 x 20 cm = 60 cm hutněné jílové zeminy, získané na místě a fólií PEHD tl. 2 mm. Fólie je chráněna geotextílií 600 g.cm-2. Drenážní systém sestává z plošného štěrkového drénu tl. 50 cm (kazeta č. 1) a tl. 30 cm (kazeta č. 2) a drénu z materiálu PEHD DN 300. Drén kazety č. 1 svádí průsakové vody do čerpací šachty, odkud mohou odtékat do těsněné jímací nádrže. Drén kazety č. 2 svádí průsakové vody přímo do jímací nádrže. (Provozní řád skládky Orlík IV, 2005).

Foto č. 2 - Provozní zázemí skládky Orlík IV (vlevo svodné potrubí skládkového plynu (TS Děčín a.s. 2005)



Plynové hospodářství sestává z plynových studní, které jsou v rekultivované části (kazeta č. 1) zakončeny hlavicemi. Bioplyn je dále veden na čerpací stanici a odtud do zařízení ke spalování bioplynu anebo na kogenerační jednotku.

Foto č. 3 - Vrchol odplyňovací studny s uzávěrem (TS Děčín a.s., 2005)



Z hlediska monitorování vlivu skládky na jednotlivé složky životního prostředí je vybudován monitorovací systém, zaměřený na kvalitu podzemní vody a na sledování složení průsakové vody z tělesa skládky a sedání povrchu skládky a podloží skládky za provozu i po jejím uzavření a rekultivaci. (Provozní řád skládky Orlík IV, 2005).

7.4 Nakládání se skládkovým plynem

Část I skládky je vybavena systematickou podtlakovou plynovou drenáží, která zajistí odvod bioplynu z tělesa skládky k jeho využití či zneškodnění spálením. Plynová drenáž sestává z plynových studní a z postupně za provozu nastavovaných kontrolních šachet viz foto č. 4.

Foto č. 4 - Nastavování odplyňovacích studní (TS Děčín a.s, 2005)



Plynové studny jsou tvořeny tažnou rourou o průměru 0,8 m a 3 m dlouhou. Ve středu roury je umístěno perforované potrubí PEHD DN 160, obsypané štěrkem, případně jiným vhodným materiálem. Studna je plynotěsně uzavřena. Tažná roura se před ukládáním další vrstvy doplní štěrkem. K potrubí se připojí přírubou další perforovaný díl o délce cca 1,80 až 2 m. Studna se povytáhne a opět se plynotěsně uzavře. Plynová studna se vyvádí až pod horní těsnění skládky (Provozní řád skládky Orlík IV, 2005).

Foto č. 5 - Detail svodného potrubí skládkového plynu (TS Děčín a.s., 2005)



8 Základní technická zařízení stavby

8.1 Čerpací stanice

Dopravu plynu do plynových motorů kogenerační jednotky zajišťuje čerpací stanice skládkového plynu.

Zařízení je umístěno ve dvou vedle sebe stojících místnostech v prostoru jednoho kontejneru. V klimatizované místnosti technologie jsou umístěny dva páry dmychadel, elektroventily a čidla pro MaR. V menší klimatizované místnosti je umístěn rozvaděč a analyzátor plynu.

Z operátorského panelu lze pomocí tlačítek spustit dmychadla. Otáčky motorů dmychadla jsou regulovány podle výstupního tlaku (P2). Žádaná hodnota tlaku se nastavuje pomocí potenciometrů RP u měničů (UZ02.2). Vypnutí dmychadla se provede pomocí STOP tlačítek operátorského panelu. Dálkově lze dmychadla spustit pomocí GSM modemu, stejně jako KJ. Potřebné provozní veličiny jsou indikovány měřidly a operátorským panelem na dveřích rozvaděče (Technická specifikace elektrického zdrojového soustrojí EZS Cento T 150-160, TEDOM).

8.2 Pochodeň (fléra) pro spalování plynu VTP 600/300

Parametry:	výška	cca 7,8 m
	průměr	cca 900 mm
	hmotnost	max.1000 kg

Hlavní díly:	spalovací komora
	hlavní hořák
	zapalovací hořák
	přívodní potrubí

Spalovací komora válcovitého tvaru je řešena jako samonosná dvouplášťová konstrukce. Spalovací prostor je tepelně odizolován od vnitřního nerez pláště vrstvou z keramických vláken, vnější plášť je proveden z pozinkovaného plechu. Nad pochodní je kryt z žáruvzdorného materiálu.

Hlavní hořák je umístěn ve spodní části spalovací komory pochodně, umožňuje spalování 300 m³.h⁻¹ skládkového plynu v rozmezí 30 – 65 % obj. CH₄, regulační rozsah výkonu 1 : 5 je z žáruvzdorného materiálu.

Zapalovací hořák pracuje trvale a jistí plamen hlavního hořáku. Při uvádění čerpací stanice do chodu se jako první zapaluje zapalovací hořák. Plamen zapalovacího hořáku je hlídáný UV sondou s automatikou, která, pokud plamen zapalovacího hořáku nenaskočí nebo v provozu zhasne (současně s plamenem hlavního hořáku), odstaví čerpací stanici z provozu.

Přívodní potrubí je od čerpací stanice vedeno nadzemním vedením. Potrubí je z korozivzdorného materiálu. V přívodním potrubí zapalovacího hořáku je ruční uzavírací kohout, elektroventil a protiexplozní neprůbojná armatura. (Technická specifikace elektrického zdrojového soustrojí EZS Cento T 150-160, TEDOM).

Foto č. 6 - Pochodeň (fléra), čerpací stanice, KJ (TS Děčín a.s., 2005)



8.3 Kogenerační jednotka

Použité kogenerační jednotky TEDOM řady Cento se řadí mezi stroje středních výkonů, na bázi plynových motorů, které vycházejí ze vznětových vozidlových motorů. Tvoří řadu výkonů v rozsahu od 40 do 150 kW. Blokované uspořádání těchto jednotek obsahuje soustrojí motor-generátor, kompletní tepelné zařízení jednotky včetně tlumiče výfuku a protihlukového krytu, do kterého je vestavěn řídicí a silový elektrický rozvaděč. Standardní jednotka Cento T150 je v provedení SP se synchronním generátorem určená pro paralelní provoz se sítí o napětí 400 V, pro teplovodní okruhy 90/70 °C a plní emisní limity dle nařízení vlády č. 352 z 3. 7. 2002 (Technická specifikace elektrického zdrojového soustrojí TEDOM – VKS s.r.o.)

Tab. č. 7 - Modifikace:T150 SP (Eis, 2011)

Vlastnost	Hodnota	Jednotka	Poznámka
Výkon jmenovitý elektrický	150	kW	
Výkon jmenovitý tepelný	226,0	kW	
Délka	3380	mm	
Šířka	1485	mm	
Výška	2380	mm	
Hmotnost	4560	kg	
Typ motoru	TEDOM M1.2C M636 NG		
Výkon jmenovitý	163	kW	max.
Vrtání	130	mm	
Zdvih	150	mm	
Spotřeba - informativní (ZP)	45,5	m ³ .h ⁻¹	
Typ alternátoru	asynchronní		
Výkon jmenovitý	200	kW	
Napětí	400	V	
Účinnost (elektrická)	34,8	%	
Účinnost (tepelná)	52,6	%	
Účinnost (celková)	87,4	%	

Foto č. 7 - Montáž čerpací stanice (bílý kontejner) a kogenerační jednotky (modrý kontejner) (TS Děčín a.s., 2004)



Technická specifikace:

Uspořádání EZS podle technické specifikace je v kontejnerovém provedení, obsahující dvě zdrojové jednotky. V navazujícím projektu je vyvedení elektrického výkonu do sítě SČE.

Způsob dodávky elektrické energie do sítě SČE a ovládání kogeneračních jednotek je dohodnuto mezi SČE a provozovatelem KJ.

Transformátor 22/0,4 kW – TSB 24/400 kW je umístěn podle požadavků SČE tak, aby byl volně přístupný pracovníkům SČE. Transformátorová stanice s rozvaděčem a vším předepsaným vstrojením je postavena na dvou stožárech dle typového podkladu č. 1530/87 podle platných předpisů a v dohodě s SČE.

Základní technické údaje:

Jmenovitý el. Výkon	2 × 145 kW při plném výkonu a 55 %CH ₄ v bioplynu
Účinnost elektrická	33 %
Nejnižší přípustný objemový obsah metanu	40 %
Využitelné teplo	cca 50 %
Vstupní tlak bioplynu	2 – 10 kPa

Hlukové parametry:

Stanovení měřících míst a způsob vyhodnocení odpovídá ČSN 090862. EZS ve vzdálenosti 10 m od povrchu kontejnerové skříně při plném provozu obou motorgenerátorů a chladících jednotek je 60 dB.

Rozměry a hmotnost:

Délka	7 800 mm
Šířka	2 450 mm
Výška celková / transportní	3750 / 2 600 mm
Přepravní hmotnost	9 800 kg

Emise škodlivých látek:

Zařízení plní emisní limity nařízení vlády 352/2002, kterým se stanoví emisní limity a další podmínky pro provozování stacionárních zdrojů znečišťování ovzduší, příloha 4., bod 1.1.6, platné pro stacionární pístové spalovací motory, které jsou používány v kogeneračních jednotkách. Tyto hodnoty jsou následující (přepočteno na 5 % O₂ ve spalínách):

NO _x	500 mg/Nm ³
OC	650 mg/Nm ³
C _x	150 mg/Nm ³ nemetanové

KJ TEDOM jsou schváleny pro používání skládkového plynu. Splňuje emisní limity vyhlášky 117. MŽP ČR ze dne 12. 5. 1997 (bod 1.1.6). KJ TEDOM plní veškeré další právní a hygienické normy platné v ČR.

Soustrojí motor-generátor a ostatní příslušenství je umístěno na společném rámu ocelové konstrukce. Celá jednotka je opatřena protihlukovým krytem s integrovaným rozvaděčem. Řídicí systém zajišťuje plně automatický bezobslužný provoz a trvalou automatickou diagnostiku stavu, na přání je možné provádět dálkový monitoring a ovládání, případně napojit jednotku na centrální dispečink servisního střediska TEDOM. (Předávací dokumentace EZS na skládku Orlík IV., 2004)

9 Analýza provozu a energetická bilance

Investiční náklady na zajištění výstavby zařízení na spalování skládkového plynu a výroby elektrické energie:

Montáž svodného potrubí plynu do čerpací stanice, osazení kontejneru ČS a kontejneru KJ, montáž pochodně (fléry)	9 500 000 Kč
Výstavba vedení vysokého napětí	1 700 000 Kč

Odplyňovací studny na odsávání bioplynu v tělese sládky byly realizovány při rekultivačních pracích a nebyly proto součástí této investiční akce. Výroba elektrické energie prostřednictvím kogenerační jednotky byla zahájena v roce 2007. V předešlých dvou letech 2005 – 2006 byl skládkový plyn spalován na fléře z důvodu absence přípojky vedení vysokého napětí k distribuční síti. Tabulka spalování plynu za oba roky je uvedena v příloze č. 1. V roce 2006 bylo vyprodukováno méně plynu ($317\,615\text{ m}^3$) než v roce 2005 ($342\,643\text{ m}^3$). K této situaci došlo vlivem závažných nedostatků v projektové dokumentaci přípojky VN, kterou proto nebylo možné realizovat včas. Z roku 2009 nebylo možné zpracovat bilanci z důvodu provozních komplikací.

Z výše uvedeného důvodu pak je možné počítat energetickou a ekonomickou bilanci od roku 2007 do roku 2011.

Ekonomické aspekty využití KJ – ekonomika provozu

Teplo

Při posuzování míry využití tepelné energie, vyrobené KJ, je nutné uvést, že tato veličina nebyla nikdy cíleně počítána ani měřena. V první fázi přípravy projektu dokonce ani nebylo uvažováno využití tepla, které při provozu soustrojí vzniká, počítalo se s výstupem do chladicí soustavy. Tato byla správně dimenzována na maximální výkon chlazeného systému a později tato skutečnost působila potíže při automatické regulaci chladicího okruhu.

Po spuštění kogenerační jednotky a zahájení výroby elektřiny byla nastolena alternativa využití části vznikajícího tepla k vytápění provozního zázemí skládky a

ohřevu užitkové vody. Vzhledem k situaci, kdy získané teplo z KJ bylo k dispozici v místě a za 0 Kč, byl výpočet rentability tohoto kroku poměrně jednoduchý.

Náklady na vytápění a ohřev vody činily cca 65 000 Kč/rok. Náklady na stavební a technickou přestavbu vytápění (vč. výměny přímotopů za teplovodní radiátory) bylo vypočteno na 135 000 Kč. Za dva roky se tedy investice vrátila v úsporách na vytápění. Jako problematické se později za provozních podmínek ukázalo použité technické řešení. Soustava teplovodních radiátorů byla propojena napřímo s chladícím okruhem KJ jako úspornější alternativa tepelného výměníku. Tím došlo k tomu, že celý chladicí systém je daleko citlivější, protože jakýkoli zásah ve vytápění objektů se přímo promítá do chlazení motoru a automatický regulační systém nedokázal dostatečně pohotově a plynule zasáhnout. Stávalo se proto, že jednotka byla z důvodu skokových změn chladicí vody v okruhu odstavena. Nakonec bylo nutné realizovat několik úprav tak, aby se tyto výpadky neopakovaly. Nejvýznamnějším zásahem se v tomto ohledu jeví výměna standardního cirkulačního čerpadla chlazení za čerpadlo s plynulou regulací otáček.

Jinou provozně nepohodlnou okolností je také nutnost naplnit topný systém budovy a zároveň chladicí systém kogenerační jednotky stejnou kapalinou – nemrznoucí směsí. Záležitost finančně náročná a především nepraktická: pokud se v systému sníží z jakéhokoli důvodu tlak, odstaví se nejenom KJ, ale dokud se neodstraní závada, není možné ani topit. Jako binární zdroj tepla je v budově instalován elektrokotel.

V tabulkách ekonomiky provozu je využití tepla z činnosti kogenerační jednotky zohledněno částkou úspor za vytápění provozního zázemí skládky.

Výroba elektrické energie

Podrobné statistické údaje k výrobě elektřiny v letech 2007 až 2011 včetně množství odčerpaného plynu ze skládky jsou uvedeny v tabulkách, které jsou v přílohách č. 2 – 5. Další informace, které se vztahují především ke kvalitě plynu (průměrná koncentrace CO₂, N₂, CH₄, teplota plynu, teplota vzduchu aj.) ve statistikách uvedeny nejsou.

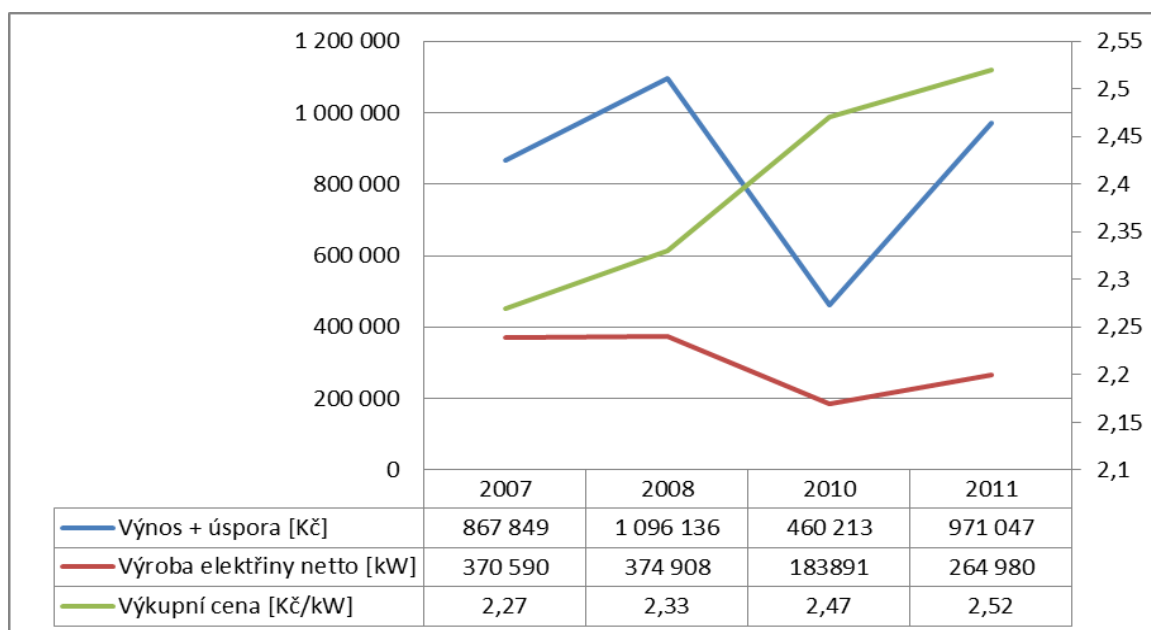
Provozní a ekonomická bilance provozování kogenerační jednotky na skládce Orlík IV po pětiletém období vykazuje výrazně nerovnoměrné meziroční výnosy. Nelze předpokládat, že tento stav je pouze důsledkem nerovnoměrné produkce

skládkového plynu. Do značné míry je výsledek závislý především na způsobu obsluhy celého zařízení, který provozovatel zvolí.

Při investičních nákladech cca 11,2 mil. Kč a vypočteném pětiletém výnosu 3,8 mil. Kč je možné dovodit, že návratnost stavby bude asi 15 let. Produkce skládkového plynu patrně nebude mít sestupnou tendenci, protože skládka je stále v provozu, ukládaných odpadů přibývá a dojde i na realizaci dalších plynových studní. Nelze však vyloučit v následujících letech větší opravu strojního zařízení, která by však neměla ekonomiku výrazně ovlivnit vzhledem k tomu, že provoz spěje k rovnoměrnému a vyššímu výkonu. Jiné než servisní náklady systém nemá.

Graf číslo 1. znázorňuje provozní a ekonomickou bilanci KJ. Výkupní ceny elektrické energie jsou dány ERU (Energetický regulační úřad), který je každoročně stanovuje.

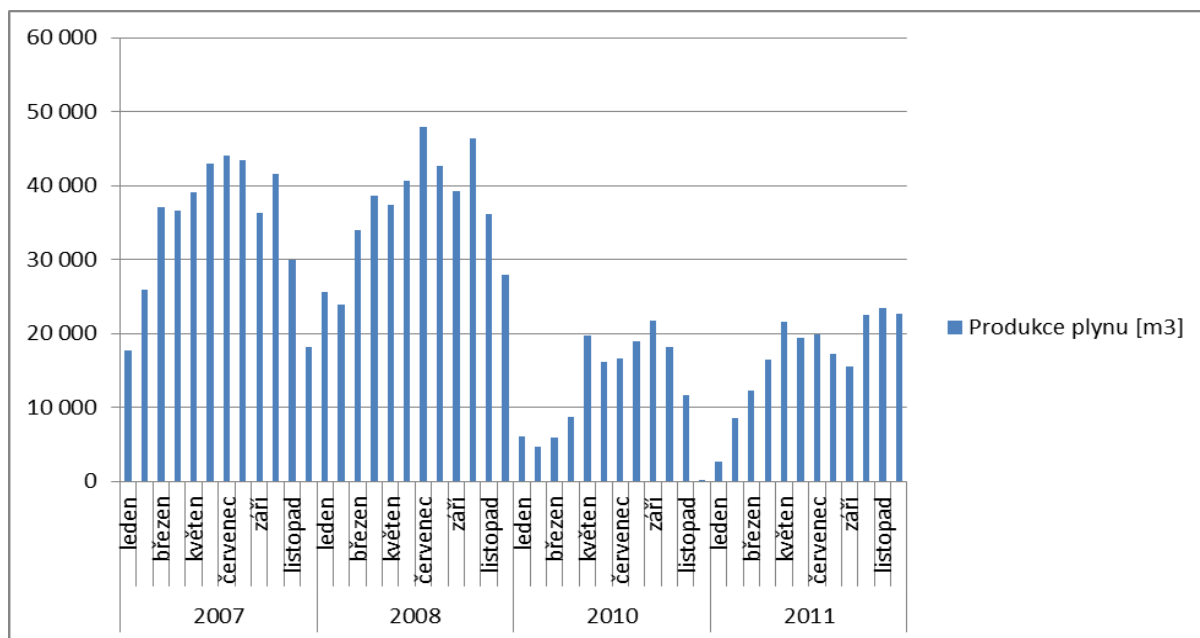
Graf č. 1 Provozní a ekonomická bilance let 2007, 2008, 2010, 2011 (TS Děčín a.s., 2012)



Z grafu č. 2 je patrné, že v letních měsících roku 2007 - 2008 má produkce plynu stoupající tendenci z důvodu vyšší navážky SKO (směsný komunálního odpad), kdy se odpad rychleji rozkládá a tím narůstá produkce.

V letech 2010 – 2011 je produkce v letních měsících nižší z důvodu nižší navážky SKO.

Graf č. 2 Produkce plynu rok 2007, 2008, 2010, 2011



10 Diskuze

Přínos, který výstavba systému odplynění a následného využití bioplynu na skládce Orlík IV přinesla, je možné vidět v několika rovinách. Především je možné konstatovat, že spálením cca 2 056442m³ skládkového plynu bylo zabráněno úniku blíže nespécifikovatelného, nicméně jistě významného množství CH₄. Konkrétní množství metanu nelze spočítat, protože významné kolísání objemových % tohoto plynu v používaném bioplynu ze skládky to prakticky znemožňuje.

Také je možné ke kladům provozu KJ přičíst skutečnost, že vyrobená elektrická energie nemusela být vyrobena např. v tepelné elektrárně spalováním fosilních paliv. Takže jak úspora paliv na straně jedné, tak také úspora emisí, které by při výrobě el. energie nepochybně vznikly.

Další úspory najdeme využitím vzniklé tepelné energie KJ na vytápění provozních objektů a ohřev TUV. Zde by bylo možné použít dat z výpočtů návratnosti plánované investice přestavby používaného vytápění přímotopy na teplovodní vytápění z KJ z r. 2006. Výdaje na vytápění a ohřev TUV byly vypočteny na cca 65 000 Kč/rok.

Konečně je možné konstatovat, že ekonomický přínos provozovatele KJ z prodeje vyrobené el. energie je rovněž kladnou stránkou provozování zařízení. Tento výnos je přímo úměrný kvalitě (obsahu CH₄) a množství (m³) produkovaného skládkového plynu.

Lze tedy s jistotou tvrdit, že provozování odplyňovacího systému na skládce je z pohledu ochrany životního prostředí nutné a z pohledu ekonomického výhodné.

11 Závěr

Je nutné, aby se v této práci dostali ke slovu také potenciální odpůrci nových, pokročilých technologií, kteří se objevují v souvislosti s téměř každou podobnou stavbou.

Stavby skládek se především u místních obyvatel neseťkávají s kladnými ohlasy. Přestože moderní skládky jsou technologická zařízení s pevnými a přísnými pravidly provozu, vlivy na okolí, které není možné ovlivnit vždy na 100 % ke spokojenosti všech, způsobují negativní ohlasy. Jedná se nejčastěji o zvýšenou dopravu po místních komunikacích a prašnost případně zápach skládky samotné, který může obtěžovat okolí v případě, že je skládka situována blízko obydlí. Skládka Orlík IV byla postavena v lokalitě, kde již poměrně dlouho před její realizací byly provozovány skládky bez současných legislativních pravidel, z dnešního pohledu tzv. „divokých“. Nejbližší obývané místo je osada Borek – 350 m od areálu z návětrné strany, kdy vanoucí větry nemohou obtěžovat obyvatele prašností ani zápachem. Tolerance místních byla tedy vytvořena dlouho před zahájením provozu nové skládky. Navíc skládka je i místem pracovní příležitosti pro místní obyvatele.

Dle názorů starostů okolních obcí Malšovic a Dobkovic je spuštění a provozování kogenerační jednotky jednoznačně přínosem ve smyslu snížení emisí metanu v ovzduší.

12 Seznam použité literatury a zdrojů

DVORSKÝ, Emil; HEJTMÁNKOVÁ, Pavla. Kombinovaná výroba elektrické energie a tepelné energie. 1. vydání. Praha : BEN– technická literatura, 2005.

Horbaj, P., Marasová, D., Andrejčák, I. : Bioplyn a jeho využití. Košice: TU-FBERG, 2007. 95 s.

KRBEK, Jaroslav, POLESNÝ, Bohumil. Kogenerační jednotky – zřizování a provoz. 1. Vydání. Praha: Gas, s.r.o., 2007. 202 str.

Straka F. et Dohányos M., 2003: Bioplyn. Příručka pro výuku, projekci a provoz bioplynových systémů. GAS, Říčany, 517 s.

BIOMASS TECHNOLOGY 2009, online: <http://biomasstechnology.cz/wp/>, cit. 5.3.2012

CZ Biom, 2011, online: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/dostatek-kvalitnich-vstupnich-surovin-pro-vyrobu-bioplynu> cit.18.12.2011

ČEA, 2008: Příručka pro regionální využití kogeneračních jednotek, online: http://www.mpo-efekt.cz/dokument/99_8070.pdf, cit. 4.10.2011.

ČSN NORMA - 83 8034 Skládkování odpadů – Odplynění skládek

Eis, 2011, online : <http://www.eis.cz/popisvyr.php3?vcis=928&vuziv=3>, cit. 3.12.2011

EkoWATT, 2007, © 2011 EkoWATT, online : <http://www.ekowatt.cz/cz/informace/uspory-energie/kombinovana-vyroba-elektriny-a-tepla>, cit. 21.2.2012

GB Consulting, 2010, <http://www.gbconsulting.cz/trigenerace.html>, 6.8.2011

Infoenergie, 2004, online:

<http://www.infoenergie.cz/web/root/energy.php?nav01=123&nav02=134>, cit. 6. 3. 2012

Intech Slovakia, s.r.o., 2009, online 2011

<http://www.intechenergo.sk/sekcie/kogeneracia/palivo/biopllyn>, cit. 15.11.2011

Internetové energetické konsultační a informační středisko ČEA, Topinfo s.r.o. 2001, online: <http://www.i-ekis.cz/?page=kogenerace>, cit.23.1.2012

Krajská energetická agentura Olomouc, 2006-2009, online: <http://www.kea-olomouc.cz/index.php?ca=zdroje&ar=01>, cit. 24.1.2012

NWT Computer a.s. © 1992-2010, online:

http://www.nwt.cz/lang_cs/clanek/3/1408/97.html 13.2.2012

Pospíšil J., 2011: Chladicí oběhy, trigenerace, dálkové chlazení. online:

<http://vetrani.tzb-info.cz/klimatizace-a-chlazení/7910-chladici-obehy-dalkove-chlazení>, cit. 9.3.2012.

Pražská plynárenská a.s., © 2010, <http://www.ppas.cz/cs/produkty-a-sluzby/plyn/informace-o-zemnim-plynu/vlastnosti/> cit. 10.9.2011

Předávací dokumentace provozu kogenerační jednotky, Technické služby Děčín a.s.,2004

Tedom, 2011: Co je to kogenerace. online:

<http://kogenerace.tedom.cz//trigenerace.html>, cit. 30.10.2011.

Technické služby Děčín a.s., 2005

Technické služby Děčín a.s., 2005, Provozní řád Skládky Orlík IV

Travniček P. et Karafiat, Z., 2009: Kogenerace pomocí plynových spalovacích motorů. Online: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/kogenerace-pomoci-plynovych-spalovacich-motoru>, cit. 23.11.2011.

Vrána V. et Koudelka C., 2006: Elektrické teplo. VŠB – TU, Ostrava, online:
http://fei1.vsb.cz/kat420/vyuka/BC_FBI/Prednasky/teplo_bc.pdf, cit. 26.3.2012.

Wikipedie, 2005, <http://cs.wikipedia.org/wiki/Trigenerace>, cit. 12.2.2012

13 Přílohy

Příloha č. 1 Spalování skládkového plynu na fléře: 2005 - 2006

	m ³	
	2005	2006
01.	25 156	20 124
02.	20 273	20 962
03.	18 483	22 820
04.	35 091	23 367
05.	33 765	28 370
06.	26 328	29 285
07.	28 190	31 777
08.	27 388	32 585
09.	39 339	32 786
10.	35 602	24 909
11.	27 995	31 397
12.	25 033	19 233
CELKEM	342 643	317 615

Zdroj: Technické služby Děčín a.s. 2006 - 2007

Příloha č. 2 Zpracování skládkového plynu a výroba elektrické energie rok 2007

	m ³	kW brutto	kW netto
01.	17 650	16 544	15 882
02.	25 853	26 846	25 772
03.	37 005	33 562	32 220
04.	36 532	38 113	36 588
05.	39 049	38 622	37 077
06.	42 908	41 147	39 501
07.	43 977	37 901	36 385
08.	43 502	40 124	38 519
09.	36 360	35 878	34 443
10.	41 580	40 640	39 014
11.	29 870	24 617	23 632
12.	18 150	13 695	13 147
CELKEM	412 436	387 689	372 180

Zdroj: Technické služby Děčín a.s. 2008

Příloha č. 3 Zpracování skládkového plynu a výroba elektrické energie rok 2008

	m ³	kW <i>brutto</i>	kW <i>netto</i>
01.	25 578	19 177	18 410
02.	23 951	17 698	16 990
03.	33 953	35 293	33 881
04.	38 560	39 900	38 304
05.	37 390	39 962	38 364
06.	40 677	47 516	45 615
07.	47 935	55 898	53 662
08.	42 708	59 467	57 088
09.	39 178	50 265	48 254
10.	46 329	47 749	45 839
11.	36 088	39 629	38 044
12.	27 916	33 470	32 131
CELKEM	440 261	486 024	467 582

Zdroj: Technické služby Děčín a.s. 2009

Příloha č. 4 Zpracování skládkového plynu a výroba elektrické energie rok 2009

Orlík IV 2009	Prodaná el. energie	Ostatní spotřeba el. energie	Vyrobená el. energie	Počet provozních hodin	Odstávka	Spotřebu plynu7 skutečná při 101,325kPa, skutečném CH4
	kWh	kWh	kWh	Mth	Mth	m3
Leden	119 245	0	142 977	2 645	0	151 957
Únor		0				
Březen		0				
Duben		0				
Květen		0				
Červen		0				
Červenec		0				
Srpen		0				
Září		0				
Říjen		3 911			0	
Listopad	23 704	0	27 427	536	184	24 853
Prosinec	11 169	0	12 278	218	526	11 126
Celkem	158 029	0	187 755	3 495	1 358	192 533

Zdroj: Technické služby Děčín a.s. 2010

Příloha č. 5 Zpracování skládkového plynu a výroba elektrické energie rok 2010

Orlík IV 2010	spotřeba plynu		CH ₄ %	O ₂ %	CO ₂ %	N ₂ + ostatní %	výkon KJ		provoz KJ mith / měsíc	provoz KJ		výrobená kWh
	m ³ /hod.	m ³ /měsíc					kW/hod.	kW/měsíc		odstávka KJ hod./měsíc	důvod odstávky popis	
leden	30	6 137	34	1	35	30	38	10	204	540	nedostatek plynu	7 802
únor	29	4 667	35	2	35	29	37	9	163	509	nedostatek plynu	6 108
březen	24	5 968	32	2	35	32	29	10	249	495	nedostatek plynu	7 141
duben	23	8 741	34	2	35	30	29	15	379	341	nedostatek plynu	11 113
květen	34	19 753	33	2	35	31	42	33	575	169	nedostatek plynu	24 373
červen	21	16 093	35	2	35	29	28	29	752	-32	nedostatek plynu	21 061
červenec	28	16 542	36	2	35	28	38	30	591	153	nedostatek plynu	22 267
srpen	27	18 866	37	2	35	27	37	35	700	44	nedostatek plynu	26 100
září	33	21 780	34	2	35	30	42	38	659	61	nedostatek plynu	27 689
říjen	29	18 232	33	2	35	31	36	30	623	121	nedostatek plynu	22 497
listopad	25	11 608	35	2	35	29	33	21	464	256	nedostatek plynu	15 191
prosinec	35	177	32	2	35	32	42	0	5	739	nedostatek plynu	212
CELKEM nebo PRŮMĚR	28	148 565	34	1	35	29	36	22	5 364	3 396		191 554

Zdroj: Technické služby Děčín a.s. 2011

Příloha č. 6 Zpracování skládkového plynu a výroba elektrické energie rok 2011

Orlik IV 2011	Vyrobená elektrina kWh	Průměrný výkon motoru kW/h/ mth	Počet provozních hodin hod.	Max. počet hodin	Odstávka	Důvod odstávky	Průměr CH4	Spotřeba plynu v měsíci	Průměrná denní spotřeba	Průměr O2	Průměr CO2	Průměrný atmosf. Tlak hPa	Prům. teplota plynu	Prům. teplota vzduchu	N2
Leden	5358	37	146	744	598	potrubí	35,0%	2 733	128	1,5%	27,1%	1 018	14,4	-4,0	36,4%
Únor	16718	36	470	672	202	kvalita	40,5%	8 526	305	1,4%	29,4%	1 020	16,4	-5,5	28,7%
Březen	24086	44	543	744	201	kvalita	44,8%	12 284	396	1,5%	29,6%	1 019	16,1	4,5	24,1%
Duben	32412	57	570	720	150	kvalita	44,4%	16 530	551	1,4%	29,3%	1 020	15,5	8,5	25,0%
Květen	42250	63	670	744	74	kvalita	47,8%	21 548	695	0,9%	31,4%	1 016	17,2	16,3	19,8%
Červen	38094	65	588	720	132	kvalita	45,8%	19 428	648	1,1%	30,3%	1 021	19,6	18,4	22,8%
Červenec	38972	60	650	744	94	kvalita	45,6%	19 876	641	1,1%	30,1%	1 014	16,9	17,8	23,1%
Srpen	33850	60	564	744	180	kvalita	46,1%	17 264	557	0,8%	29,9%	1 010	21,0	16,0	23,2%
Září	30584	60	510	720	210	kvalita	44,9%	15 598	520	0,6%	30,6%	1 008	20,1	14,2	23,9%
Říjen	44063	63	695	744	50	kvalita	45,7%	22 472	725	0,8%	30,4%	1 012	16,8	5,7	23,2%
Listopad	45903	62	744	744	0	kvalita	45,8%	23 411	780	0,4%	30,7%	1 017	14,7	2,3	23,1%
Prosinec	44555	62	721	744	23	kvalita	45,1%	22 723	733	1,0%	29,7%	1 022	14,6	1,0	24,2%
Celkem	396 845	668	6 871	8 784	1 914			202 391							

Zdroj: Technické služby Děčín a.s. 2012