



Europäische Union. Europäischer
Fonds für regionale Entwicklung.
Evropská unie. Evropský fond pro
regionální rozvoj.



Ahoj sousede. Hallo Nachbar.
Interreg VA / 2014 – 2020

Deponieworkshop

Zittau-Liberec 2017

Deponiebau - EU-Wasserrahmenrichtlinie - Stoffströme und Deponierückbau

09.-10. November 2017



Skládkový workshop

Žitava-Liberec 2017

**Výstavba skládek - Směrnice EU, kterou
se stanoví rámec pro činnost Společenství
v oblasti vodní politiky -
látkové proudy a odtěžování skládek**

9.-10. listopadu 2017

Nachsorge – Biofilter im Gasbetrieb von Deponien

Následná péče – biofiltry v plynovém hospodářství skládek

Klára Vondráková¹, Jan Sedláček²

Kurzfassung

Die Nutzung sowie die Beseitigung des Deponiegases ist ein notwendiger Bestandteil jeder aktiven sowie geschlossenen Deponie. Während der Phase des aktiven Deponierens von Abfällen ist es geeignet, das Deponiegas (LFG) in einer KWK-Einheit einzusetzen, während der Nachsorge nehmen aber die Parameter des Deponiegases ab und seine Verwertung ist nicht mehr möglich. Die tschechische Staatsnorm ČSN 83 8034 bietet zwei Möglichkeiten für die Beseitigung des Deponiegases an und zwar eine Verbrennung mit einer Fackel oder den Einsatz eines Biooxidationsfilters. In dem Vortrag werden Erfahrungen mit dem Einsatz von Biooxidationsfiltern auf tschechischen Deponien vorgestellt und das Prinzip des Methanabbaus, der Bau, Monitoring sowie die Instandhaltung dargestellt. Das Monitoring wird am Beispiel eines konkreten Biofilters dargestellt. Folgend wird ein Vergleich der Biofilter in unterschiedlichen Ländern in der Arbeitsgruppe TG CLEAR (International Waste Working Group) vorgestellt, weil es für die Biofilter keine einheitliche Dokumentation gibt. Es wird aus der Gesetzgebung zum Monitoring des Deponiegases ausgegangen, was im Fall der EU die Deponierichtlinie ist.

Abstrakt

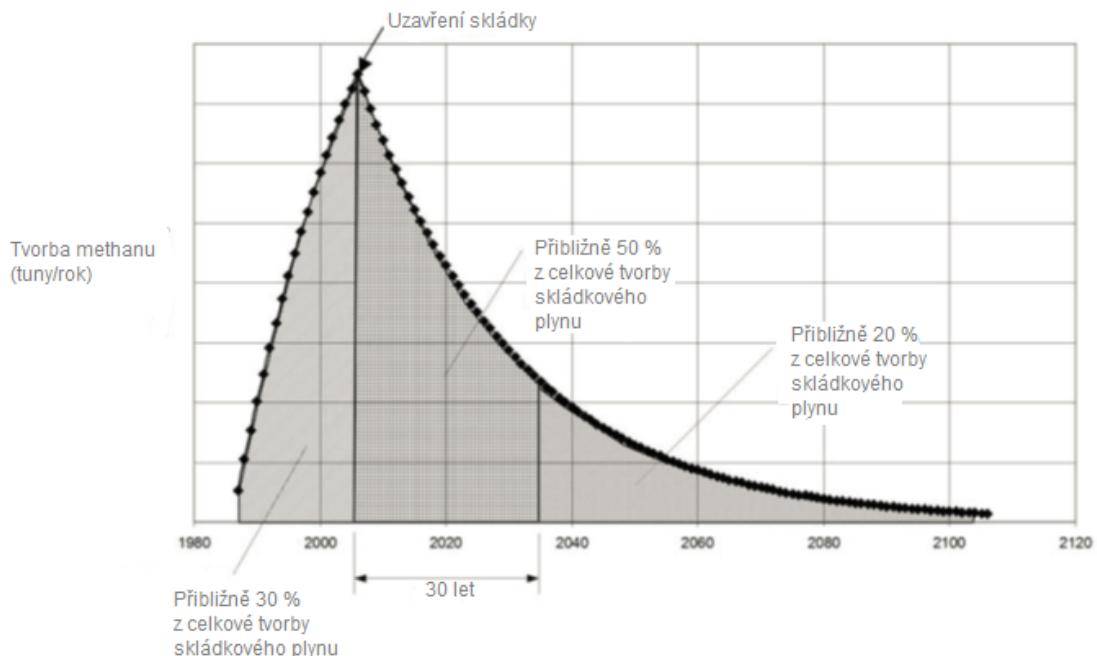
Využití a odstranění skládkového plynu je nezbytnou součástí každé skládky, jak aktivní, tak již uzavřené. Během aktivního navážení odpadu je vhodné využítí skládkového plynu (LFG) přes kogenerační jednotku, avšak v době následné péče parametry skládkového plynu klesají a využití již není možné. Česká státní norma ČSN 83 8034 nabízí dvě možnosti na odstranění skládkového plynu, a to fléru nebo biooxidační filtr. Přednáška bude přinášet zkušenosti s biooxidačním filtrem přímo na českých skládkách – jejich princip odbourání methanu, výstavba, monitoring a údržba. Příklad monitoringu bude ukázán na konkrétním biofiltru. Dále bude ukázáno srovnání biofiltrů v různých zemích z pracovní skupiny TG CLEAR (International Waste Working Group), neboť pro biofiltry neexistuje jednotná dokumentace. Pro biofiltry se vychází z legislativy na monitoring skládkového plynu, což v případě EU je Skládková směrnice.

1 Úvod

Skládky komunálního odpadu jsou významným zdrojem emisí skládkového plynu (LFG), který obsahuje methan antropogenního původu a významně tím přispívá ke klimatickým změnám. Methan má potenciál globálního oteplování (GWP = global warming potential) 28x vyšší než oxidu uhličitého [5]. Proto je nakládání se skládkovým plynem, jako se skleníkovým nezbytné a vyplývá z legislativních požadavků i mezinárodních dohod, jako např. Skládková směrnice 1997/31/EC, Kjótský protokol (1997) a Pařížská dohoda (2015).

¹Ústav Chemie Ochrany Prostředí, VŠCHT Praha (Hochschule für chemische Technologie in Prag),
E-mail: klara.vondrakova@vscht.cz

²Puralab, s.r.o., Podnikatelská 552, Praha 9, E-mail: info@puralab.cz



Obrázek 1: Průběh vzniku skládkového plynu [3]: začátek skládkování v roce 1988. Aktivní ukládání odpadu do roku 2005. Následuje období následné péče do roku 2035.

Během aktivní fáze je volba plynového hospodářství jednoduchá – skládkový plyn (LFG) je využíván v kogenerační jednotce. Když ovšem parametry LFG klesnou a nelze žádný energetický zisk generovat, je stále nutnost s ním patřičně nakládat, byť už pouze bez energetického využití.

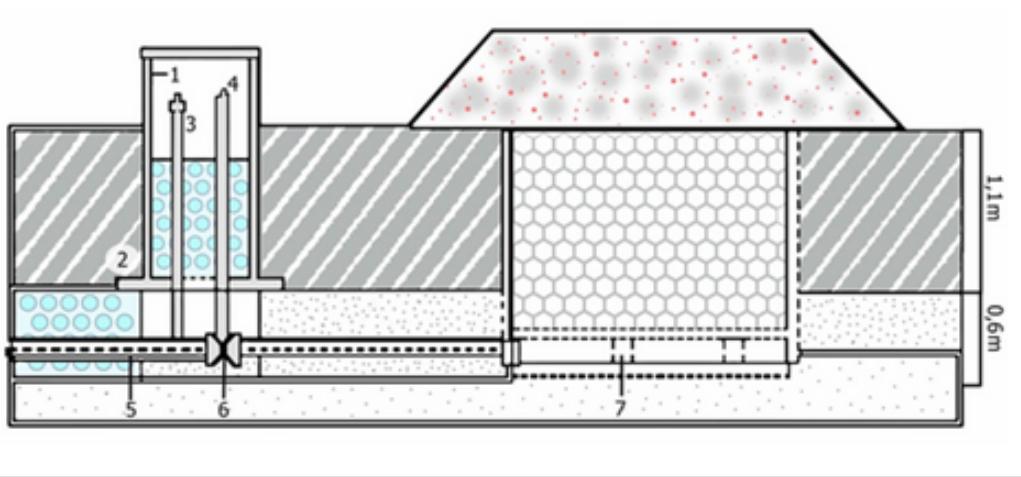
Po uzavření aktivní fáze, tedy během následné péče nastává přirozeně úbytek produkce methanu, a to v závislosti na stáří skládky, klimatických podmínkách, množství a charakteristice uloženého odpadu a způsobem, jak byla skládka řízena (Obrázek 1).

V České republice je zhruba 170 aktivních skládek a mnoho uzavřených skládek. Pro období, kdy skládkový plyn už nebude pro skládku ziskem, ale pouze povinností, je určitě důležitá nízká nákladní i provozní cena. V tomto případě se kromě fléry nabízí tzv. biooxidační filtr, neboť biofiltr. Jedná se jednoduchou technologií pro odstraňování methanu. Zároveň jejich výstavba ani udržování nejsou finančně náročné, plní tedy aspekty jak technické, finanční, tak i ekologické.

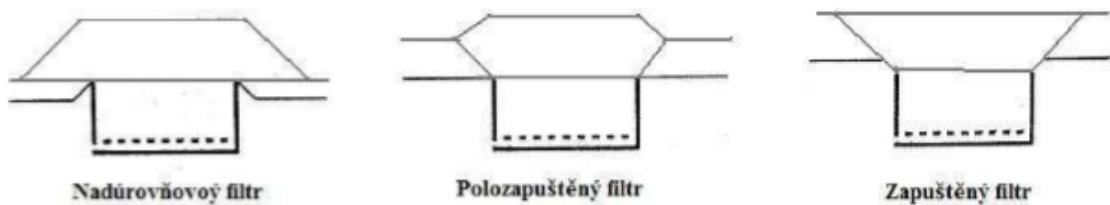
V České republice byl průkopníkem biofiltrů doc. Straka, který navrhl konstrukci biofiltrů. I dnes je citován ve světové literatuře [6], která se věnuje biofiltrům, biofiltraci nebo oxidaci methanu přes další systémy, které také fungují díky oxidaci methanu. Jedná se o tzv. biowindows a biocovers, které se používají na větší plochy, popř. přes celou plochu skládky. Naopak na menší plochy, tzv. hot spots se instalují menší biotraps.

2 Popis biofiltru

Biofiltry se skládají ze dvou vrstev, kdy horní vrstva je vyplňena biologicky aktivním materiélem, jako např. dřevní štěpka, hobliny z jehličnatého dřeva (borovice, smrk), drcené brikety z dřevěného uhlí nebo mulčovaný dřevní odpad smísený se zeminou nebo kompostem. Spodní vrstva je vyplňena koksem a slouží rovnoměrné distribuci plynu do horní vrstvy. V České republice se nejvíce používá dřevní štěpka smíchaná s menším podílem kompostu, a proto se biofiltr označuje jako „kokso – kompostový“.



Obrázek 2: (1) biofiltr - kontrolní věž, (2) betonová deska, (3) kontrolní šachta, (4) uzávěr, (5) drenážní potrubí, (6) kontrolní místo, (7) biofiltr.



Obrázek 3: Tři typy biofiltrů [6]: nadúrovňový, polozapuštěný a zapuštěný.

2.1 Biooxidace methanu

Princip fungování biofiltru je založen na přirozené oxidaci methanu. Tu zajišťují methanotrofní bakterie, které jsou v horní biologicky aktivní vrstvě, a přeměňují methan na oxid uhličitý.

Methanotrofní bakterie se nejčastěji se vyskytují na rozhraní aerobního a anaerobního prostředí ve vlhkých oblastech, např. v rýžových polích, v půdě tundry a při povrchu bažin. Dále se vyskytují v oceánu, ve sladkovodních jezerech a rybnících a na poušti. Dalo by se tedy konstatovat, že jsou to mikroorganismy odolné a prostředí přizpůsobivé.

2.2 Vnější vlivy

Mezi vnější vlivy působící na biofiltr a na úspěšný proces oxidace methanu, patří vliv teploty, vlhkosti, barometrického tlaku a přístupu kyslíku.

Teplota je dobrým indikátorem účinnosti filtru. Dobře udržované filtry mají teplotu nejméně o 7 – 10°C vyšší než má okolí, rozdíl může být i 30°C. Účinné biofiltry mají teplotu 30 – 40°C, neboť právě tato teplota je životně důležitá pro methanotrofní mikroorganismy. Nejlépe fungující filtry mají teplotu až 50°C. Velikost teploty se liší u každé skládky podle teploty skládkového tělesa, okolní teploty vzduchu (změna den/noc), umístění biofiltru (nadúrovňový x zapuštěný) a svodného potrubí (pokud je umístěno mimo těleso skládky, je třeba trubku zaizolovat proti zimě).

Na funkci biofiltru má vliv vlhkost, na biofiltr dopadají dešťové srážky a v zimě sníh. Děšť snižuje teplotu biofiltru, ale závisí na charakteru přeháňky a ročním období.

Při nedostatečném zvlhčení skládky na 10 - 15 % saturace vodou mohou vznikat v tělese skládky tzv. EPS (exopolymerní látky, exopolymeric substance) [4]. Jedná se o bílou hmotu

připomínající vápno, která vzniká při nedostatku vlhkosti, podle jiných při místním přetížení filtru jako obrana před toxickými vlivy formaldehydu (z oxidace methanu). Při zpětném vlhčení se částečně mění na rozpustný gel, který stéká do dolních částí filtru, kde je spotřebován. Pro zjištění přesného složení a významu EPS je třeba dalšího výzkumu.

Na skládku má dále vliv změna barometrického tlaku, která ovlivňuje pohyb plynů, tj. výrony methanu a dalších složek LFG. Vzrůstající barometrický tlak omezuje úniky plynu, může způsobit i jeho pronikání do skládky. Zatímco klesající barometrický tlak posílí uniky plynu ze skládky. Barometrický tlak se v krátké době maximálně několik desítek hodin může změnit o 3000 Pa i více, a tak má značný vliv na objem unikajícího plynu ze skládky. V dlouhodobém průměru jsou však změny barometrického tlaku méně než 100 Pa/den.

Protože ve větší hloubce je již nedostatek kyslíku, většina mikrobiální oxidace se odehrává v pod povrchových vrstvách. Hloubka svrchní vrstvy biofiltru, kde se odehrává aktivní oxidace methanu, je průměrně 0,8 – 1 m (může být 0,6 – 1,2 m) [6].

2.3 Monitoring

Monitoring biofiltru se provádí podle potřeb dané skládky, jedná se o 2 – 4 krát ročně. Svrchní vrstva biofiltru by měla být pravidelně měněna, a to 1 x za 3 – 4 roky [6], v případě sedání se musí vrstva doplňovat. Svrchní vrstva by měla být kyprá, vzdušná a nevysušená.

2.4 Legislativa

V současné době je stanoveno, že povrchové koncentrace methanu těsně nad svrchní vrstvou biofiltru mají být za bezvětří nejvýše do 0,3 % objemového. Další podmínka je, že plyn nad povrchem biofiltru nesmí být zapalitelný [2]. ČSN je sice pouze doporučující norma, nikoliv závazná, ovšem bližší požadavky ani metodika na měření biooxidačních filtrů neexistují.

Tabulka 1: Skládky s vývinem plynu se dále rozdělují do 3 tříd [2].

Třída	Odplynění	Střední koncentrace CH ₄ v hloubce 0,6 m % objemová	Měrná produkce plynu z 1 milionu m ³ odpadu (m ³ /h)	Odplyňovací systém	Energetické využití odpadu
1.	není nutné	< 7,4	< 1	žádný	žádné
2.	je nutné	7,4 – 35	1 – 200	pasivní	žádné
3.	je nutné	> 35	< 200	pasivní nebo aktivní	podmíněně možné

Odplyňovací systém u starých skládek se navrhuje podle zatížení skládek na základě výsledků pod povrchového průzkumu.

Skládky spadající do 1. třídy nepotřebují žádný odplyňovací systém. Velmi malé množství plynu, které se tvoří, může odejít difuzí přes izolační bariéru.

Pro skládky 2. třídy musí být již navržen odplyňovací systém. Volná ventilace není přípustná, plyn musí být minimálně ventilován přes biologicky aktivní filtrační jednotku.

Pro skládky 3. třídy musí být navržen odplyňovací systém. Volná ventilace plynu není přípustná ani po ukončení aktivního ukládání odpadu.

3 Měření na biofiltru

3.1 Metody měření

Námi měřený kokso – kompostový biofiltr se nachází na uzavřené části skládky tuhého komunálního odpadu. Celková projektovaná kapacita skládky je přibližně 170 000m³, nyní je roční

příjem odpadů 8 000 tun.



Obrázek 4: Biofiltr.



Obrázek 5: Detail povrchu biofiltru a měření teploty.



Obrázek 6: Methanometr Sewerin Multitec 540.

Měřením dle ČSN 83 8034 se zjišťovaly koncentrace methanu nad povrchem biofiltru.

Pro získání přehledu o průběhu odbourání methanu se zjišťovala koncentrace methanu v biofiltru a kontrolních věžích.

Dále se sledovala teplota, také včetně podpovrchového profilu. Stoupající teplota v těle biofiltru totiž naznačuje správnou aktivitu methanotrofních bakterií.

Dále se pozoruje sedání horní části biofiltru, případně jeho narušení např. divokými prasaty. Pouhým pohledem se dá také zjistit tvorba EPS (exopolymerních substancí).

3.2 Výsledky a diskuze

Tabulka 2: Složení plynu nad biofiltrem [% obj.].

	CH ₄	CO ₂	O ₂	N ₂
Povrch	0,0	0,0	20,5	79,5

Tabulka 3: Složení plynu v biooxidačním filtru [% obj.].

	hloubka [cm]	CH ₄	CO ₂	O ₂	N ₂
Bod 1	10	10,5	13,2	5,7	70,6
	50	13,6	11,3	7,9	67,2
Bod 2	10	0,0	2,9	17,0	80,1
	50	0,0	3,3	16,9	79,8
Bod 3	10	0,0	0,9	19,5	79,9
	50	0,0	1,2	19,1	79,7

Tabulka 4: Teploty ve filtru.

hloubka [cm]	teplota [° C] S1	teplota [° C] S2	teplota [° C] S3
povrch	12, 3	12, 3	12, 3
-10	43, 2	32, 6	27, 6
-50	50, 1	37, 7	34, 1

Tabulka 5: Složení plynu v kontrolním bodu a v plynosběrných věžích [% obj.].

	CH ₄	CO ₂	O ₂	N ₂
kontrolní bod	58, 8	30, 6	2, 0	8, 6
věž 1	52, 0	32, 3	0, 0	15, 7
věž 2	50, 9	32, 9	0, 0	16, 2

Na kontrolním bodě bylo naměřeno klasické složení skládkového plynu, kde se methan pohybuje od 50 – 58% obj.. Měření povrchových koncentrací methanu těsně nad biofiltrem bylo nulové, a tak biofiltr plní svoji funkci dle ČSN 83 8034 a methanotrofní bakterie dobře oxidují methan.

Z našeho měření vyplývá, že daný biofiltr je vhodný pro odbourání methanu. Pozitivně hodnotíme i jeho ráz, kdy v podstatě splývá s rekultivovanou skládkou.

4 TG CLEAR

V International Waste Working Group (IWWG) byla v roce 2003 založena pracovní skupina TG CLEAR, která se zaobírá využitím oxidace methanu na skládkách. Tato skupina má celkem 40 členů [1]. Velký zájem o biooxidaci stoupal po roce 2005 a bylo sepsáno velké množství akademických a vědeckých prací a kupodivu dodnes se stále další práce tvoří.

Předmětem činnosti skupiny TG CLEAR je především:

- Tvorba a emise skládkového plynu (LFG),
- Strategie monitoringu LFG,
- Modelování LFG na lokální i globální úrovni,
- LFG jako skleníkový plyn, který přispívá ke globálním změnám,
- Systémy oxidace methanu.

TG CLEAR se schází nejméně 1 x ročně. Letošní setkání bylo na Symposiu Sardinie 2017, kdy se sešlo 10 členů. Aktivity se momentálně věnují hlavně přípravě 2 dokumentů:

„Návrh a konstrukce systémů oxidace methanu“ a „Metody pro hodnocení systémů oxidace methanu“. Diskutuje se harmonizace těchto dvou dokumentů, ovšem zatím je to na úrovni předběžných studií. 1. autorka příspěvku se na obou dvou dokumentech podílela jako spoluautor.

Literatura

- [1] <https://www.tuhh.de/iue/iwwg/task-groups/clear.html>.
- [2] Česká Technická Norma (ČSN) 83 8034, Skládkování odpadů – Odplýnění skládek.
- [3] Handbook for the design, construction, operation, monitoring and maintenance of a passive landfill gas drainage and biofiltration system. 2010, department of Environment, Climate Change and Water NSW 59-61 Goulbourn Street, Sydney.
- [4] Dever, S.: Passive Drainage and Biofiltration of Landfill Gas: Behaviour and Performance in a Temperate Climate. 2008.
- [5] Endehofer, O.; Pichs-Madruga, R.; Sokona, Y.; aj.: IPPC (2014) Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change Working Group III. Contribution to the Fifth Assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 2014, cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. http://ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg3/ipcc_wg3_ar5_full.pdf, str. 360.
- [6] Straka, F.: Bioplyn. Praha 2006, str. 544 - 549.
- [7] Vondrakova, K.; Sir, M.: Biooxidate filters on landfills. *Waste forum*, 5 2016: s. 326–332.