



## **WPLYW DŁUGOTRWAŁEGO GROMADZENIA ODPADÓW Z CMENTARZY NA ZMIANĘ ICH MASY**

***Bohdan Stejskal***

*Uniwersytet im. Mendla w Brnie*

### ***WEIGHT CHANGES OF CEMETERY WASTE DURING LONG-TERM COLLECTION***

#### ***Streszczenie***

W artykule opisano wyniki eksperymentu opartego na analizie zmian masy odpadów pochodzących z cmentarzy w zależności od sposobu ich gromadzenia (magazynowania). Odpady poddane analizie pochodziły z Cmentarza Centralnego w Brnie oraz z cmentarza w dzielnicy Brno-Líšeň. Pobrane próbki (o średniej masie  $\pm 9.66$  kg) zostały umieszczone na otwartej powierzchni oraz w zamkniętych kontenerach (komposterach). W ramach 7-miesięcznego eksperymentu mierzono w tygodniowych odstępach czasu, masę badanych odpadów. Jednocześnie obserwowano poziom opadów atmosferycznych.

W czasie trwania eksperymentu zaobserwowano spadek masy odpadów o około 71% masy wejściowej. W czasie pomiarów zaobserwowano ustabilizowanie się masy odpadów już po trzech miesiącach badań. Późniejsze zmiany w masie próbek były niewielkie. Wpływ opadów atmosferycznych na masę próbek był krótkotrwały.

**Słowa kluczowe:** odpady komunalne, odpadów pochodzące z cmentarzy, masa odpadów

### Summary

*The paper presents results of the experiment focused on the establishment of cemetery waste weight changes in time depending on the way of collection. The cemetery waste samples were collected at the Brno Central Cemetery and at the Brno-Lisen Cemetery. The samples were stored in an open area and in closed containers (compostainers). Weight of the cemetery waste samples was measured at week intervals for seven months (the end of April – the end of November). The amount of rainfall was measured as well.*

*During these seven months of the experiment the cemetery waste weight was reduced to almost 71 % on average of initial weight but the weight of the samples was stabilized after three months and further sample weight changes were only minor. The rainfall influence to the waste weight was just temporary.*

**Key words:** *municipal waste, cemetery waste, waste weight reduction*

### WSTĘP

Koszty zbiórki, transportu i przetwarzania odpadów komunalnych w Czechach są znaczącym elementem budżetu każdej gminy, a w przerośni dotyczą każdego obywatela. Najlepszym sposobem zmniejszenia kosztów związanych z unieszkodliwianiem odpadów jest zmniejszenie ich ilości. Problematyką minimalizacji i zapobiegania powstawaniu odpadów komunalnych zajmowali się między innymi Salhofer i in. (2008), Kotovicová i Vaverkova (2008), Read i in. (2009), De Jaeger i in. (2011), Gentil i in. (2011), Slagstad i Brattebø (2012), Szymańska-Pulikowska (2012), Wilts i in. (2013), Zorpas i Lasaridi (2013).

Aktualnie, jednym z problemów dotyczących gospodarki odpadami jest sposób unieszkodliwiania odpadów pochodzących z cmentarzy. Problematyką ograniczenia deponowania odpadów cmentarnych na składowiskach w wyniku ich przyrodniczego lub energetycznego wykorzystania zajmowała się w swoich badaniach między innymi Hussová (2013). Ilość odpadów pochodzących z cmentarzy nie jest duża. Według opinii dyrektora cmentarza w Brnie, roczna masa odpadów ze wszystkich 11 Brneńskich cmentarzy wynosi około 1.300 Mg, co stanowi jedynie 1,1 % masy wszystkich odpadów komunalnych wytworzonych przez mieszkańców Brna. Istnieje prawdopodobieństwo wystąpienia podobnego stosunku odpadów pochodzących z cmentarzy do ogólnej ilości odpadów komunalnych wytwarzanych w innych gminach.

Celem przeprowadzonych badań było określenie zmian masy odpadów cmentarnych poddawanych gromadzeniu w specjalnie w tym celu przygotowa-

nych kontenerach (typu otwartego i zamkniętego) oraz w warunkach kontrolnych (na otwartej powierzchni).

**Tabela 1.** Warunki gromadzenia (magazynowania) oraz ilości próbek odpadów pochodzących z cmentarzy

**Table 1.** Collecting conditions and number of cemetery waste samples

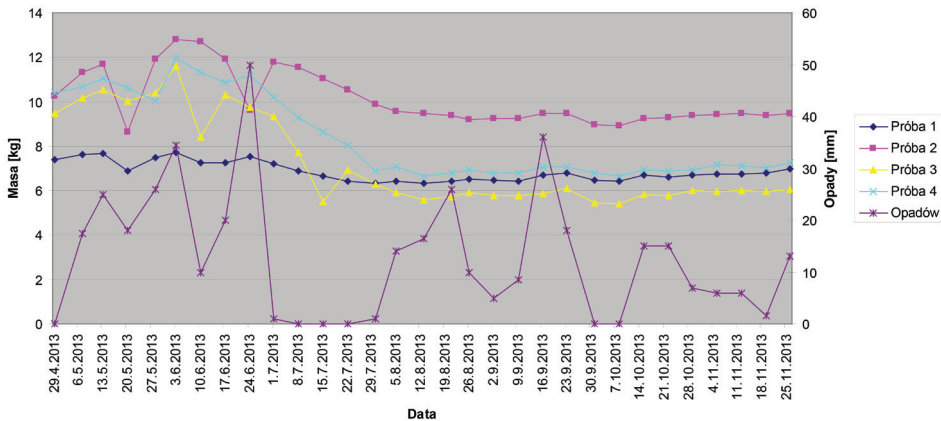
Cmentarz	Odpady gromadzone na otwartej powierzchni	Odpady gromadzone w „jasnym” kompostowniku (nie przykrytym)	Odpady gromadzone w „ciemnym” kompostowniku (przykrytym)
Centralny Cmentarz Brno	4 numer próbki 1 – 4	2 numer próbki 5,6	2 numer próbki 7,8
Cmentarz Brno-Líšeň	4 numer próbki 9 – 12	2 numer próbki 13,14	2 numer próbki 15,16

## MATERIAŁ I METODYKA BADAŃ

Przeprowadzone badania dotyczyły wyłącznie z odpadów pochodzących z dekoracji grobów. Strumień odpadów, z którego pobierano próbki nie zawierał odpadów pochodzących z utrzymania zieleni cmentarnej (które można zagospodarować w procesach biologicznego przetwarzania i wyprodukować z nich np. kompost lub w procesach energetycznych po biologicznym suszeniu) (Váňa, Ust'ak 2011). Celem eksperymentu było sprawdzenie hipotezy, że podczas długoterminowego gromadzenia (magazynowania) odpadów pochodzących z cmentarzy w różnych warunkach nastąpi (w związku z wysokim udziałem odpadów ulegających biodegradacji) powolny spadek masy wynikający ze zmniejszenia się wilgotności odpadów i stabilizacji tych odpadów (Hussová 2013; Stejskal 2011).

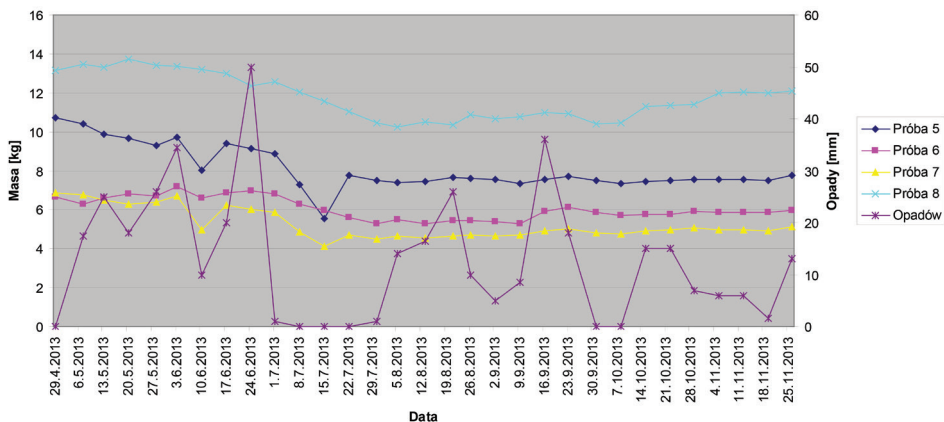
W dniach 29 kwietnia 2013 i 13 maja 2013 z Centralnego Cmentarza w Brnie zostało pobranych osiem próbek odpadów oraz osiem próbek z cmentarza w dzielnicy Brno-Líšeň. Probki zostały umieszczone w perforowanych kontenerach. W celu symulacji różnych warunków gromadzenia odpadów (otwarte i zamknięte kontenery) połowa próbek została umieszczona na otwartej powierzchni w drewnianej palecie (symulacja otwartego kontenera) a druga połowa została umieszczona w ogrodowych kompostownikach umieszczonych na drewnianych paletach. Dwa kontenery zostały całkowicie przykryte czarną, nietkaną włókniną w celu maksymalnego wykorzystania promieniowania słonecznego (przede wszystkim w miesiącach letnich). Dokładny opis warunków umieszczenia próbek odpadów pochodzących z cmentarzy znajduje się w tabeli 1.

Eksperyment został ukończony 26 listopada 2013 roku.



**Rysunek 1.** Masa próbek odpadów pochodzących z Centralnego Cmentarza w Brnie gromadzonych na otwartej powierzchni

**Figure 1.** Weights of cemetery waste samples from Central Cemetery in Brno collected in an open area



**Rysunek 2.** Masa próbek odpadów pochodzących z Centralnego Cmentarza w Brnie gromadzonych w zamkniętych kontenerach

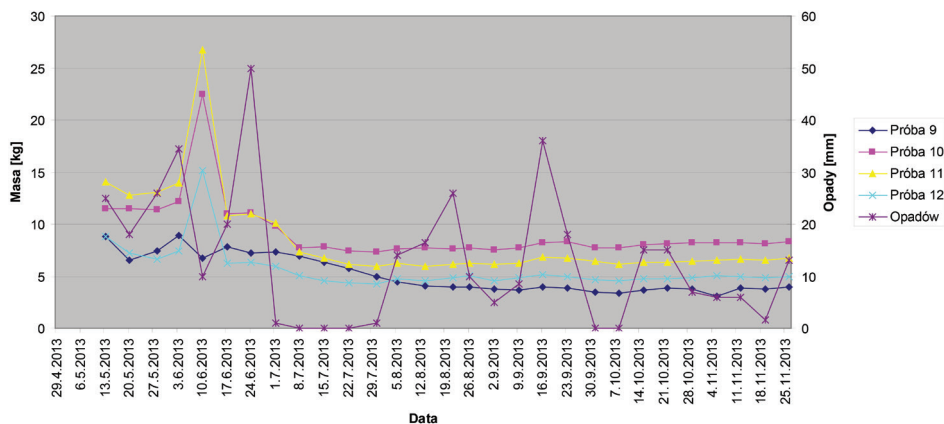
**Figure 2.** Weight of cemetery waste samples from Central Cemetery in Brno collected in closed compostainers

Raz w tygodniu próbki były ważone na wadze cyfrowej TCS-M2. Jednocześnie mierzono oraz rejestrowano tygodniowe poziomy opadów atmosferycznych przy pomocy ogrodowego deszczomierza. Robocze hipotezy były następujące:

1. Masa próbek będzie zmniejszała się w czasie;
2. Masa próbek umieszczonych w zamkniętych kontenerach będzie zmniejszała się szybciej niż masa próbek umieszczonych na otwartej powierzchni;
3. Masa próbek w „czarnych” kontenerach będzie zmniejszała się szybciej niż masa próbek w kontenerach „jasnych”;
4. Po stosunkowo szybkim zmniejszeniu się masy odpadów nastąpi spowolnienie procesu;
5. Masa próbek po pewnym czasie ustabilizuje się, przy czym stan ten nastąpi najwcześniej w „czarnych” kontenerach.

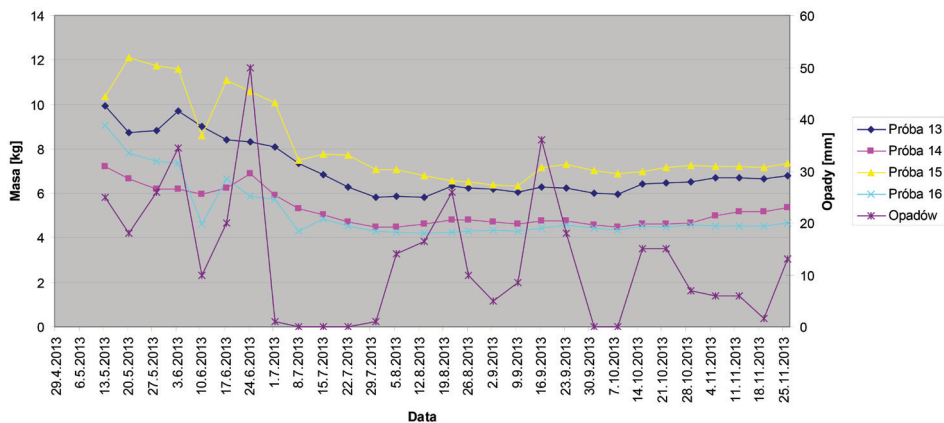
## WYNIKI BADAŃ

Uzyskane wyniki mają charakter informacyjny. Ze względu na niewielką liczbę pobranych próbek do badań, nie było możliwe wykonanie analizy statystycznej uzyskanych wyników. Zmniejszenie się masy próbek odpadów pochodzących z cmentarza w czasie zostało przedstawione na rysunkach 1 – 4. Tabele 2 – 3 przedstawiają początkową oraz końcową masę próbek odpadów, jak również procentowy udział odpadów pozostałych po „procesie gromadzenia” w porównaniu do masy początkowej.



Rysunek 3. Masa próbek odpadów pochodzących z cmentarza z dzielnicy Brno-Líšeň gromadzonych na otwartej powierzchni

Figure 3. Weights of cemetery waste samples from Cemetery Brno-Lisen collected in an open area



**Rysunek 4.** Masa próbek odpadów pochodzących z cmentarza z dzielnicy Brno-Líšeň gromadzonych w zamkniętych kontenerach

**Figure 4.** Weights of cemetery waste samples from Cemetery Brno-Lisen collected in closed composteiners

**Tabela 2.** Początkowa i końcowa masa próbek odpadów pochodzących z Centralnego Cmentarza w Brnie

**Table 2.** Initial and final weights of cemetery waste samples from Central Cemetery in Brno

Numer próbki	1	2	3	4	5	6	7	8
Masa początkowa [kg]	7,42	10,28	9,45	10,40	10,75	6,64	6,87	13,13
Masa końcowa [kg]	6,96	9,46	6,06	7,25	7,75	5,96	5,10	12,11
Udział masy pozostałych odpadów[%]	93,8	92,0	64,1	69,7	72,1	89,8	74,2	92,2

**Tabela 3.** Początkowa i końcowa masa próbek odpadów pochodzących z dzielnicy Brno-Líšeň

**Table 3.** Initial and final weights of cemetery waste samples from the Cemetery Brno-Lisen

Numer próbki	9	10	11	12	13	14	15	16
Masa początkowa [kg]	8,79	11,52	14,06	8,82	9,92	7,20	10,35	9,05
Masa końcowa [kg]	3,95	8,35	6,75	5,00	6,80	5,35	7,34	4,69
Udział wagi pozostałych odpadów [%]	44,9	72,5	48,0	56,7	68,5	74,3	70,9	51,8

Jak wynika z powyższych rysunków oraz tabel masa odpadów cementarnych poddawanych procesowi długotrwałego magazynowania zmniejsza się wraz z czasem. Masa analizowanych próbek ustabilizowała się po około trzech miesiącach, kolejne zmiany masy próbek w czasie były nieistotne. Biorąc pod uwagę liczbę próbek trudno jest jednoznacznie określić wpływ sposobu gromadzenia odpadów (umieszczenie na otwartej powierzchni, w zamkniętym „jasnym” komposterze, w zamkniętym „czarnym” komposterze) na masę odpadów. Wpływ opadów atmosferycznych na masę próbek jest krótkotrwały (w porównaniu z trwaniem eksperymentu). Najniższą masę odpady osiągają w miesiącach letnich i na początku jesieni, co może być związane z intensywniejszym parowaniem odpadów. Jesienią masa odpadów nieznacznie zwiększyła się lecz nie było to zależne od tego czy odpady były umieszczone na otwartej powierzchni czy w zamkniętych kontenerach. Odpady pochodzące z cementarzy posiadają właściwości higroskopijne a na ich masę oddziałują nie tylko opady atmosferyczne, ale przede wszystkim wilgotność powietrza, co wyjaśnia niewielki i krótkotrwały wzrost masy odpadów w zamkniętych kontenerach w porze deszczowej (koniec jesieni).

Z wartości przedstawionych w tabelach wynika, że w próbkach odpadów pochodzących z cementarza z dzielnicy Brno-Líšeň nastąpił większy ubytek masy odpadów w porównaniu do odpadów pochodzących z Cementarza Centralnego w Brnie. Teoretycznie, wpływ to mógł mieć fakt, że odpady pochodzące z Centralnego Cementarza w Brnie są zbierane z grobów po dłuższym czasie w porównaniu do odpadów z cementarza w dzielnicy Brno-Líšeň. Jest to jednak jedynie domniemanie, które mogłyby zostać potwierdzone dodatkowymi badaniami kontrolnymi. Duże różnice w masie poszczególnych próbek odpadów pozostałych po procesie ich długotrwałego gromadzenia zostały spowodowane niejednorodnym składem morfologicznym pobranych próbek (zawartością tworzyw sztucznych, szkła i innych odpadów nieulegających biodegradacji), a także zawartością wody na początku procesu.

## WNIOSKI

Głównym celem przeprowadzonych badań było sprawdzenie hipotezy, że odpady pochodzące z cementarzy podczas długotrwałego gromadzenia w kontenerach ulegają biostabilizacji i/lub biosuszeniu, a tym samym zmniejszają swoją masę. Badania zostały przeprowadzone w różnych warunkach magazynowania odpadów. Przeprowadzone analizy potwierdziły, że w czasie długotrwałego magazynowania dochodzi do zmniejszenia się masy odpadów pochodzących z cementarzy. Proces ten trwa kilka miesięcy. Pomimo wyraźnych różnic w masach poszczególnych próbek, można stwierdzić, że zmniejszenie się masy odpadów pochodzących z cementarzy podczas długoterminowego ich gromadze-

nia wynosi średnio około 71% masy początkowej. Opisany w artykule problem i rezultaty eksperymentu mogą zostać wykorzystane przez samorzady gminne, w celu zmniejszenia kosztów związanych z gospodarką odpadami z cmentarzy.

## LITERATURA

- Salhofer, S., Obersteiner, G., Schneider, F., Lebersorger, S. (2008). *Potentials for the prevention of municipal solid waste*. Waste Management 28/2: 245-259. ISSN: 0956-053X, DOI: 10.1016/j.wasman.2007.02.026
- Kotovicová J., Vaverková M. (2008). *Zastosowanie wskaźników profilaktyki do unieszkodliwiania biologicznie rozkładalnych odpadów gromadzonych na składowiskach*. Infrastruktura i ekologia terenów wiejskich 2008/9:63-72. ISSN 1732-5587
- Read, M., Gregory, M.K., Phillips, P.S. (2009). *An evaluation of four key methods for monitoring household waste prevention campaigns in the UK*. Resources, Conservation and Recycling 54/1: 9-20. ISSN: 0921-3449, DOI: 10.1016/j.resconrec.2009.05.004
- De Jaeger, S., Eyckmans, J., Rogge, N., Van Puyenbroeck, T. (2011). *Wasteful waste-reducing policies? The impact of waste reduction policy instruments on collection and processing costs of municipal solid waste*. Waste Management 31/7: 1429-1440. ISSN: 0956-053X DOI: 10.1016/j.wasman.2011.02.021
- Gentil, E.C., Gallo, D., Christensen, T.H. (2011). *Environmental evaluation of municipal waste prevention*. Waste Management 31/12:2371-2379. ISSN: 0956-053X, DOI: 10.1016/j.wasman.2011.07.030
- Slagstad, H., Brattebø, H. (2012). *LCA for household waste management when planning a new urban settlement*. Waste Management 32/7: 1482-1490. ISSN: 0956-053X, DOI: 10.1016/j.wasman.2012.03.018
- Szymańska-Pulikowska A. (2012). *Współczesne problemy w planowaniu gospodarki odpadami komunalnymi*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich. 2012/ 03-3: 209-220. ISSN 1732-5587
- Wilts, H., Dehoust, G., Jepsen, D., Knappe, F. (2013). *Eco-innovations for waste prevention – Best practices, drivers and barriers*. Science of The Total Environment 461-462/1: 823-829. ISSN: 0048-9697 DOI: 10.1016/j.scitotenv.2013.05.096
- Zorpas, A.A., Lasaridi, K. (2013). *Measuring waste prevention*. Waste Management 33/5: 1047-1056. ISSN: 0956-053X, DOI: 10.1016/j.wasman.2012.12.017
- Hussová, M. (2013). *Environmentální a ekonomické aspekty nakládání se hřbitovními odpady v ČR se zaměřením na kompostování a skládkování*. Thesis, Vysoká škola ekonomická v Praze, Praha, 95 pp. Online [cit. 2014-01-07]. Available at: [https://isis.vse.cz/zp/portal\\_zp.pl?podrobnosti=111515](https://isis.vse.cz/zp/portal_zp.pl?podrobnosti=111515).
- Váňa J., Uš'ák S. (2011). *Biologicky dosoušená biomasa na bázi bioodpadů jako palivo pro biokotelny a bioelektrárny*. Biom.cz. Online [cit. 2014-01-07]. Available at: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/biologicky-dosousena-biomasa-na-bazi-bioodpadu-jako-palivo-pro-biokotelny-a-bioelektrarny>. ISSN: 1801-2655



Stejskal, B. (2011). *Rozszerzona analiza utylizacji odpadów pochodzących z cmentarzy*. *Infrastruktura and Ecology of Rural Areas* 2011, 2011/2: 121-128. ISSN 1732-5587

Ing. Bohdan Stejskal, Ph.D.  
Bohdan.Stejskal@mendelu.cz  
Agronomická fakulta  
Mendelova univerzita v Brně  
Brno, Czechy