

dr Anna Dmochowska
mł. bryg dr inż. Małgorzata Majder-Łopatka
mł. bryg. dr inż. Zdzisław Salamonowicz
kpt. mgr inż. Małgorzata Ciuka-Witrylak
kpt. mgr inż. Rafał Matuszkiewicz

Wydział Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego
Szkoła Główna Służby Pożarniczej

Zagrożenia związane z odciekami po zamknięciu składowiska odpadów komunalnych

Abstrakt

W złożu odpadów na składowisku – w wyniku procesów biologicznych, chemicznych i fizycznych – powstaje wiele szkodliwych związków. Wody opadowe infiltrujące złożę składowanych odpadów powodują powstawanie odcieków, które zawierają substancje niebezpieczne. W przypadku źle zaprojektowanych składowisk, wodami, które wypłukują te substancje z hałdy odpadów, mogą być wody powierzchniowe lub gruntowe opływające dany obiekt. Ocieki nie przestają powstawać również po zakończeniu eksploatacji składowiska. Dlatego w każdym z takich obiektów prowadzony jest dokładny monitoring, między innymi składu ilościowego i jakościowego powstających odcieków. W artykule przedstawiono analizę ilościową i jakościową odcieków ze składowiska Łubna, po kilku latach od jego zamknięcia. Celem badań było wskazanie zagrożeń związanych z możliwością przedostania się ich przez ekrany przeciwfiltracyjne do gleby i wód gruntowych.

Słowa kluczowe: ocieki ze składowisk komunalnych, jakość odcieków po zamknięciu składowiska

Hazards associated with leachate after landfill closure

Abstract

In a waste deposit on a landfill, through biological and chemical processes and many harmful compounds are formed. Rainwater infiltrating this bed causes leachates that contain this hazardous substances. In the case of poorly designed landfills, waters that flush hazardous substances from the waste heap may be surface or ground water flowing around the landfill. Leachate do not cease after the ending of the landfill. Therefore, each landfill closely monitors, among other things, the

quantitative and qualitative composition of the leachate produced, even after the ending of the landfill. The article presents the quantitative and qualitative analysis of leachate from the Łubna landfill after several years after its closure, at the same time indicating the risks associated with the possibility of their penetration through the anti-filtration screens to the soil and groundwater.

Key words: leachate from municipal landfills, quality of leachate after landfill closure

Wstęp

Skład i ilość odcieków zmieniają się i zależą od wieku składowiska, sposobu jego użytkowania, rodzaju odpadów, a także od pory roku. Na skład odcieków w znaczący sposób wpływa również wiek składowiska. W okresie do trzech lat, czyli w świeżych odpadach, następuje większość przemian fizycznych oraz reakcji biochemicznych i chemicznych. W tym czasie są one najbardziej stężone, tj. zawierają największy ładunek zanieczyszczeń, ale i największą ilość bakterii chorobotwórczych, głównie powodujących choroby układu pokarmowego [13, 16, 17]. Intensywność przemian biochemicznych w hałdzie odpadów wpływa na ilość odcieków, ale również na zawartość i różnorodność zawartych w nich zanieczyszczeń [26, 28]. Wpływ na jakość odcieków ma też skład materiałowy i granulometryczny składowanych odpadów oraz czas i sposób ich składowania, w tym wysokość złoża, szybkość jego przyrostu czy sposób ułożenia pierwszej warstwy na dnie kwatery [13–15].

Największe ilości odcieków powstają podczas eksploatacji składowiska [12]. Nie zmienia się to jednak drastycznie po jego zamknięciu. Z czasem oczywiście zmniejsza się ich ilość i stabilizuje jakość, jednak trwa to kilkanaście do kilkudziesięciu lat po zamknięciu i zrehabilitowaniu jego terenu. Przez cały ten okres może nastąpić nieszczelność w przesłonie przeciwfiltracyjnej, a trujące związki, znajdujące się w odciekach, mogą przedostać się do gleb i wód gruntowych i je skażić [18, 19, 22].

Celem badań, których przebieg i wyniki opisano w artykule, było wskazanie zagrożeń związanych z możliwością przedostania się niebezpiecznych związków zawartych w odciekach do środowiska naturalnego.

Metodyka badań

Obiektem badań były odcieki pobrane na składowisku z Łubnej I. Próbkę odcieków do badań chromatograficznych ekstrahowano dichlormetanem, 10 cm³ dichloro-

Na rys. 2 a i b przedstawiono zdjęcia studzienki z odciekami oraz ich pobór.



Rys. 2a. Studzienka z odciekami

Źródło: opracowanie własne



Rys. 2b. Pobór próbek odcieków

Źródło: opracowanie własne

Natomiast na rys. 3 pokazano odcieki przygotowywane do ekstrakcji.



Rys. 3. Wygląd odcieków

Źródło: opracowanie własne

Charakterystyka odcieków

Większość związków wypłukiwanych przez wody opadowe ze składowiska, nawet w okresie poeksploatacyjnym, to substancje niebezpieczne dla środowiska naturalnego. Ocieki mają tak duży ładunek zanieczyszczeń, że wywiezione do oczyszczalni muszą być rozcieńczane ściekami komunalnymi. Reguluje to między innymi ustawa z 7 czerwca 2001 r. o zbiorowym zaopatrzeniu w wodę i zbiorowym odprowadzaniu ścieków (Dz.U. z 2018 r. poz. 1152 i 1629), uwzględniająca wszystkie wprowadzone zmiany, dotycząca zaopatrzenia w wodę oraz odprowadzania ścieków oraz warunków wprowadzania ścieków do wód lub do ziemi. Skład odpadów oraz ilość wytworzonych odcieków będą determinowały rodzaj oraz stężenie znajdujących się w odciekach związków chemicznych, przede wszystkim tych niebezpiecznych, jak: benzen, etylobenzen, toluen czy ksyleny, chlorowane węglowodory, wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne. Celem badań było wykazanie zagrożeń związanych z przedostaniem się związków obecnych w odciekach do wód gruntowych i gleby. W ekstraktach odcieków wykazano obecność trichlorometanu w stężeniu na poziomie $200 \mu\text{g}/\text{dm}^3$, octanu etylu – $60 \mu\text{g}/\text{dm}^3$, tetrahydrofuranu – $50 \mu\text{g}/\text{dm}^3$, butanal – $50 \mu\text{g}/\text{dm}^3$, toluenu – $50 \mu\text{g}/\text{dm}^3$, 2-heptanonu – $15 \mu\text{g}/\text{dm}^3$, cykloheksanonu – $20 \mu\text{g}/\text{dm}^3$, o-, p-, m – ksylenu – $80 \mu\text{g}/\text{dm}^3$, 1,1,2,2-tetrachloroetanu – $70 \mu\text{g}/\text{dm}^3$, o toluidyny – $30 \mu\text{g}/\text{dm}^3$, 2,3,5,6-tetrametylopirazyny – $100 \mu\text{g}/\text{dm}^3$, fosforanu trietylu – $30 \mu\text{g}/\text{dm}^3$, kwasu 3,5,5-trimetyloheksanowy – $150 \mu\text{g}/\text{dm}^3$, ftalanu dimetylu – $70 \mu\text{g}/\text{dm}^3$, ftalanu dietylu – $150 \mu\text{g}/\text{dm}^3$, N-etylo-2-metylo-fenilo-sulfonamidu – $100 \mu\text{g}/\text{dm}^3$, kwasu 3-(3,5-ditertbutylo-4 – hydroxyfenylo) propanowego – $150 \mu\text{g}/\text{dm}^3$.

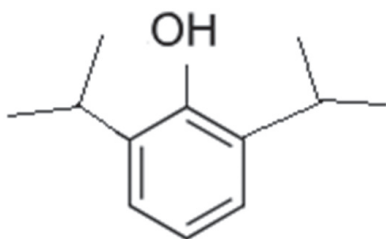
Podczas badań wykryto też, choć w mniejszych ilościach, tzn. od 5 do $15 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ takie związki, jak ftalan bis (2-etyloheksylu), styren, etylooksiran, 1,4 dioksan, carbazole, ftalan bis (2-metylopropylu). Wykazano obecność takich pochodnych benzenu, jak dichlorobenzen – $20 \mu\text{g}/\text{dm}^3$, trimetylobenzen – $20 \mu\text{g}/\text{dm}^3$, aldehyd benzoesowy, kwas 2,4-dimetylobenzoowy – $50 \mu\text{g}/\text{dm}^3$, 1 metylo-3-,1-metyloetylobenzen – $20 \mu\text{g}/\text{dm}^3$, 1,2,3,5 tetrametylobenzen – $5 \mu\text{g}/\text{dm}^3$. Sam benzen jest toksyczny, ma silne właściwości rakotwórcze. Po spożyciu powoduje podrażnienie śluzówki żołądka, mdłości i wymioty. Po pochłonięciu większych ilości powoduje bóle głowy, drgawki i zgon. Był niegdyś stosowany na skalę przemysłową jako rozpuszczalnik. Obecnie jednak zastępuje się go innymi rozpuszczalnikami, o ile tylko istnieje taka możliwość.

Natomiast trimetylobenzen jest substancją łatwopalną, szkodliwą, drażniącą, niebezpieczną dla środowiska. Wdychany przez drogi oddechowe jest szkodliwy oraz

drażniący dla oczu i skóry. Działa toksycznie na organizmy wodne – może powodować długo utrzymujące się niekorzystne zmiany w środowisku wodnym. Aldehyd benzoesowy o charakterystycznym, migdałowym zapachu, w odróżnieniu od nitrobenzenu i cyjanowodoru, który pachnie podobnie, nie jest toksyczny. Stosowany w przemyśle perfumeryjnym przy produkcji olejków zapachowych, w przyprawach i w produkcji barwników. Obecność benzenu w odciekach (do $1500 \mu\text{g}/\text{dm}^3$) potwierdziły badania niemieckich naukowców [4, 22, 29].

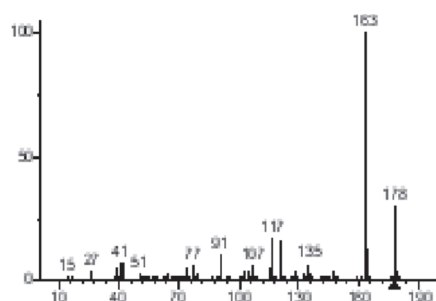
Na Łubnej oznaczono również różne pochodne fenolu, w tym: 2-metyloksyfenol – ok. $15 \mu\text{g}/\text{dm}^3$, 2-etylofenol, 3-etylofenol – w ilościach ok. $30 \mu\text{g}/\text{dm}^3$, 1-metyloetylofenol – ok. $20 \mu\text{g}/\text{dm}^3$. Sam fenol jest związkiem toksycznym. Niszczy błony śluzowe i drogi oddechowe. Może doprowadzić do obrzęku krtani, oskrzeli i płuc oraz do martwicy jamy ustnej i przewodu pokarmowego.

Na uwagę zasługuje obecność w ekstrakcie odcieków propofolu w stężeniu $1000 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ o wzorze i widmie (rys. 4a i b), również bisfenolu A – $4000 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ (rys. 5a i b) oraz kwasu p-tert-butylbenzoesowego w stężeniu $1000 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ (rys. 6a i b).



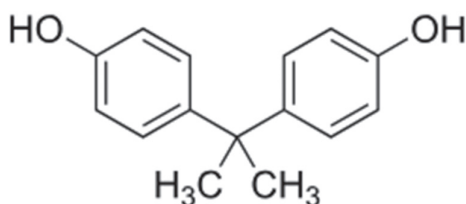
Rys. 4a. Wzór strukturalny propofolu

Źródło: opracowanie własne



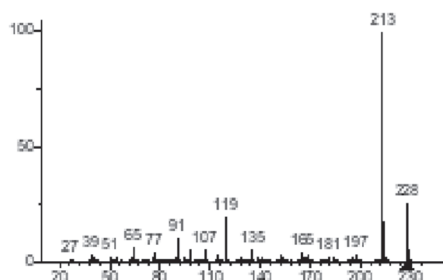
Rys. 4b. Widmo propofolu

Źródło: opracowanie własne



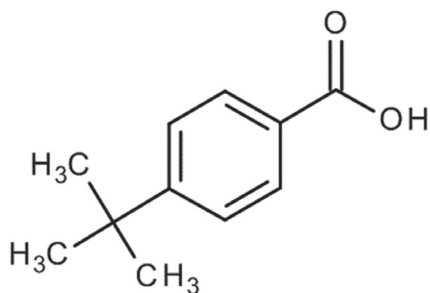
Rys. 5a. Wzór strukturalny bisfenolu A

Źródło: opracowanie własne



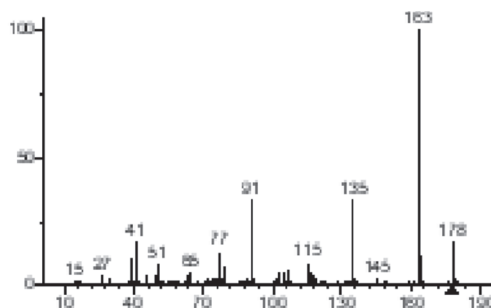
Rys. 5b. Widmo bisfenolu A

Źródło: opracowanie własne



**Rys. 6a. Wzór strukturalny
kwasu tert-butylobenzoowego**

Źródło: opracowanie własne



**Rys. 6b. Widmo kwasu
tert-butylobenzoowego**

Źródło: opracowanie własne

Propofol jest lekiem do znieczulania chorych zdiagnozowanych do bolesnych albo nieprzyjemnych zabiegów. Pacjent, u którego zostanie on zastosowany, może zachować świadomość, wtedy jednak może nastąpić bezdech lub niedrożność dróg oddechowych, dlatego konieczna jest całkowita kontrola jego dawkowania i obserwacja chorego. Bardzo prawdopodobnym jest, że w pewnym etapie składowania odpadów na Łubnej trafiły tam odpady niebezpieczne, do których należą odpady medyczne [1, 6, 19].

Badania Bradleya również wykazały obecność farmaceutyków w odciekach takich, jak fluoksetyna – lek przeciwdepresyjny, gemfibrozol – obniża poziom cholesterolu i trójglicerydów, prymidon – lek przeciwdrgawkowy [10]. Obecność farmaceutyków w odciekach wykazano podczas badań w USA. W ekstraktach odcieków wykryto karbamazepinę stosowaną w leczeniu napadów padaczkowych [2, 11], sulfametoksazol – antybiotyk [7], trimetoprim – pochodną diaminopirymidyny o działaniu bakteriostatycznym [25].

W Niemczech, Japonii i USA w odciekach wykryto: związki prefluoroalkilowe ($12,8 \mu\text{g}/\text{dm}^3$) [8, 11, 24], chloroorganiczne pestycydy [23, 26], organofosfory ($5430 \mu\text{g}/\text{dm}^3$) [27, 30], poliaromatyczne węglowodory ($1220 \mu\text{g}/\text{dm}^3$) [21, 23], estry kwasu ftalowego ($58 \mu\text{g}/\text{dm}^3$) [3–5], chlorowane rozpuszczalniki ($4616 \mu\text{g}/\text{dm}^3$) [11, 26].

Obecność bisfenolu A w ekstraktach odcieków z Łubnej może być związana ze wzrostem stosowania tworzyw sztucznych, z rosnącym popytem na różnego rodzaju przedmioty z plastiku, jak różnokolorowe zabawki, wygodne, jednorazowe talerze, kubeczki, sztućce, a także krzesła, stoliki czy wyposażenie dziecięcych ogródków jordanowskich itd. W ostatnich latach zwiększyło się zastosowanie bisfenolu, który stosowany był między innymi do produkcji dysków kompaktowych, elementów wyposażenia

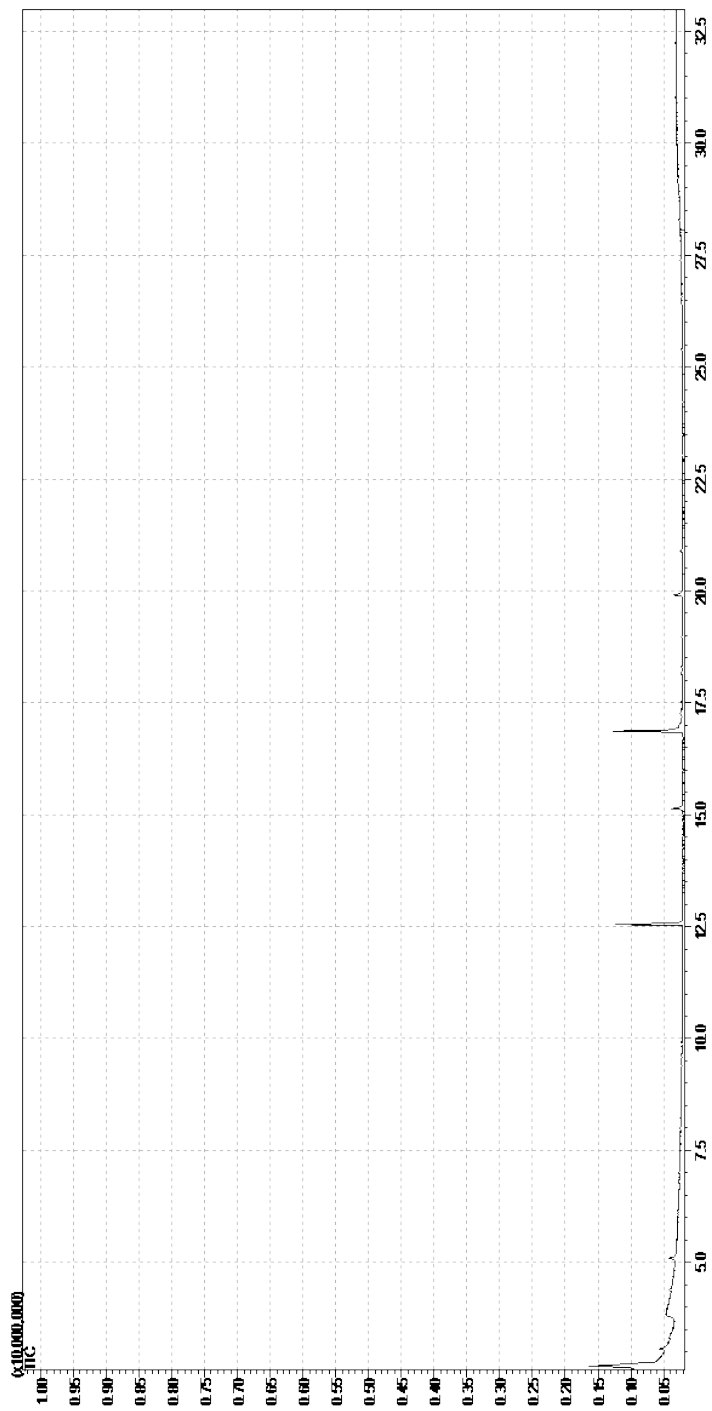
samochodów, lakierów, którymi pokrywa się metal w puszkach z żywnością, niestety również do produkcji butelek do napojów i smoczków dla dzieci [9, 20]. W przemyśle farmaceutycznym stosowany był jako przeciwutleniacz [27]. Jego produkcja światowa to ok. 3,5 mln ton rocznie [20] i, mimo zakazu jego stosowania wydanego przez Komisję Europejską w 2011 r., nie wiadomo ile przedmiotów lub ich części go zawierających trafiło na składowisko w latach jego eksploatacji. Do wód gruntowych i gleb, razem z odciekami, może on przedostawać się w przypadku nieszczelności przesłony przeciwfiltracyjnej. Bisfenol A nawet w niewielkich stężeniach może powodować zaburzenia w równowadze biologicznej ekosystemów wodnych. Obecność tego związku w środowisku może powodować upośledzenie gospodarki hormonalnej organizmów, zwiększając namnażanie komórek tłuszczowych, rozwój zmian nowotworowych oraz działając antyandrogennie [9, 14]. O obecności bisfenolu A w odciekach ($1,7 \times 10^4$) wcześniej pisał również Baun [5].

Kwas tert-butylobenzoowy, obecny w odciekach z Łubnej, zarejestrowany jest jako odczynnik do syntezy, wykazuje toksyczność ostrą, ma szkodliwy wpływ na rozrodczość, toksyczne działanie na narządy, przewlekłą toksyczność dla środowiska wodnego [18].

Niebezpiecznych związków obecnych w odciekach jest bardzo dużo. Nie wszystkie z nich można oznaczyć. Mierząc jednak zawartość związków organicznych wartością ChZT, można stwierdzić, że z czasem, po zamknięciu składowiska, następuje zmniejszenie stężenia niektórych z nich. Wiąże się to z przemianami fizycznymi, chemicznymi i biologicznymi w złożu odpadów [13, 16].

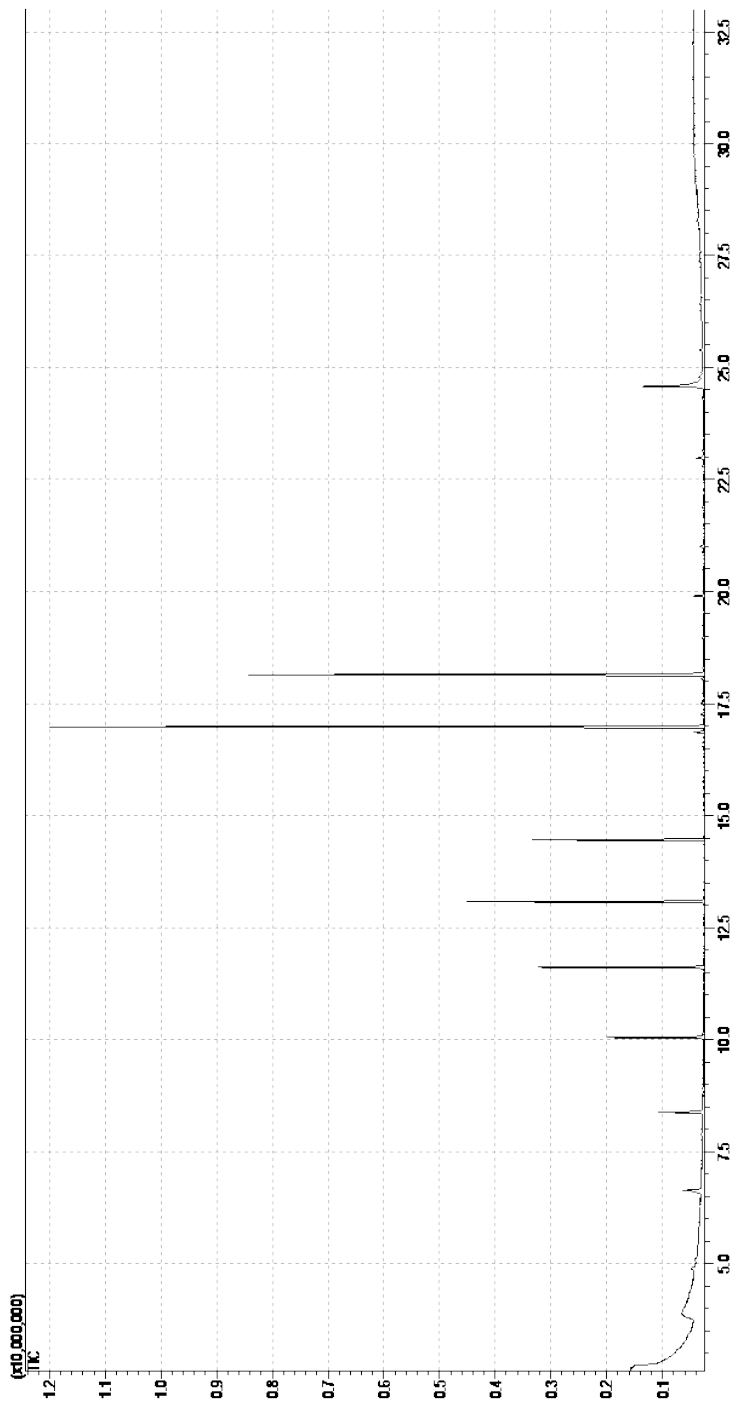
Wyniki badań

Na rys. 7 przedstawiono chromatogram zatężonego dichlorometanu używanego do ekstrakcji próbek odcieków. Podczas analizy chromatogramów ekstraktów odcieków uwzględniono wyniki analizy dichlorometanu używanego do ekstrakcji, odejmując piki obecne na tym chromatogramie od wyników analizy ekstraktu z próbek odcieków. Na rys. 8 przedstawiono chromatogram mieszaniny węglowodorów alifatycznych (C7÷C18) o prostych łańcuchach. Czasów retencji tych węglowodorów użyto do wyznaczenia indeksów retencji dla pików na chromatogramach ekstraktów odcieków. Natomiast na rys. 9 pokazano chromatogram zatężonego ekstraktu w dichlorometanie z próbki odcieku.



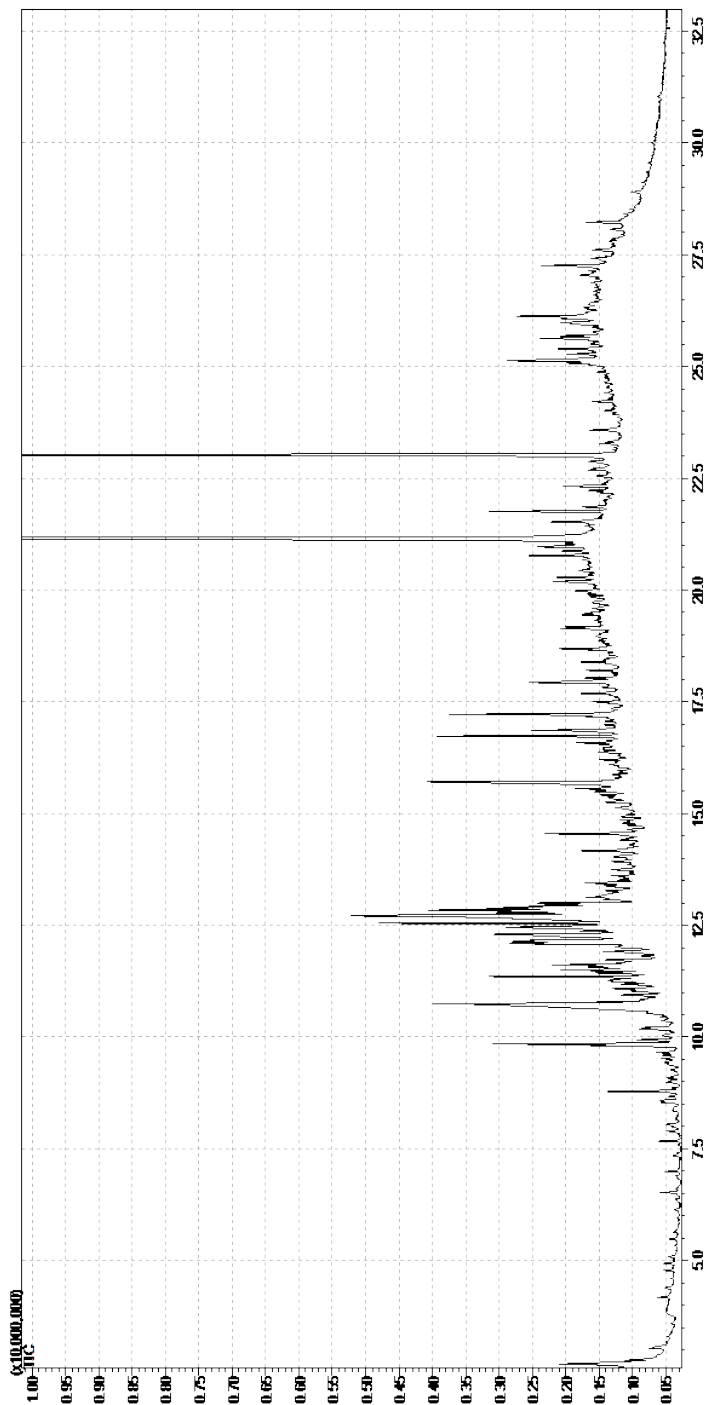
Rys. 7. Chromatogram zatężonego dichlorometanu

Źródło: opracowanie własne



Rys. 8. Chromatogram mieszaniny węglowodorów alifatycznych użytych jako wzorce do wyznaczenia indeksów retencji związków zawartych w ekstrakcie odcieków

Źródło: opracowanie własne

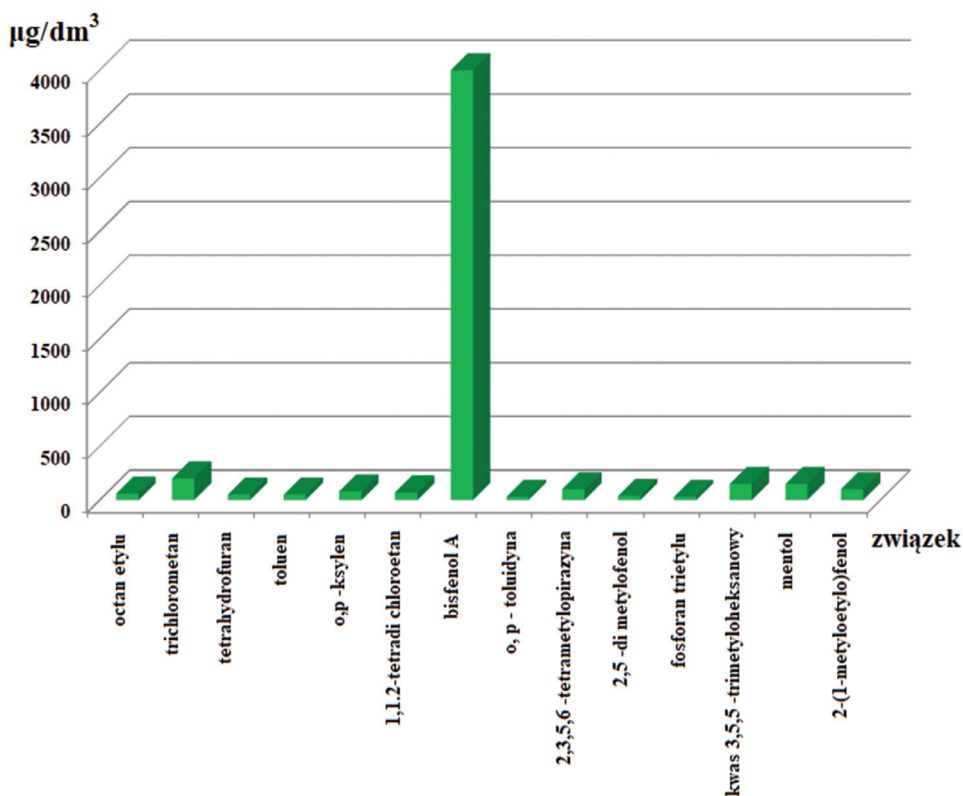


Rys. 9. Chromatogram zatężonego ekstraktu w dichlorometanie z próbki odcieku

Źródło: opracowanie własne

W analizie chromatograficznej, w przypadku wielu pików, widma masowe i indeksy retencji wykazywały wysoką zgodność z widmami masowymi i indeksami retencji kilku związków. Jednemu pikowi przypisano w wielu przypadkach kilka możliwych związków. W większości przypadków są to izomery (np. o-, m-, p-). Jednak dla niektórych pików są to różne związki. Uwzględnione są także indeksy retencji pików, wyznaczone na podstawie analizy mieszaniny węglowodorów alifatycznych (C7÷C18) o prostych łańcuchach oraz indeksy retencji związków zawarte w bazie danych.

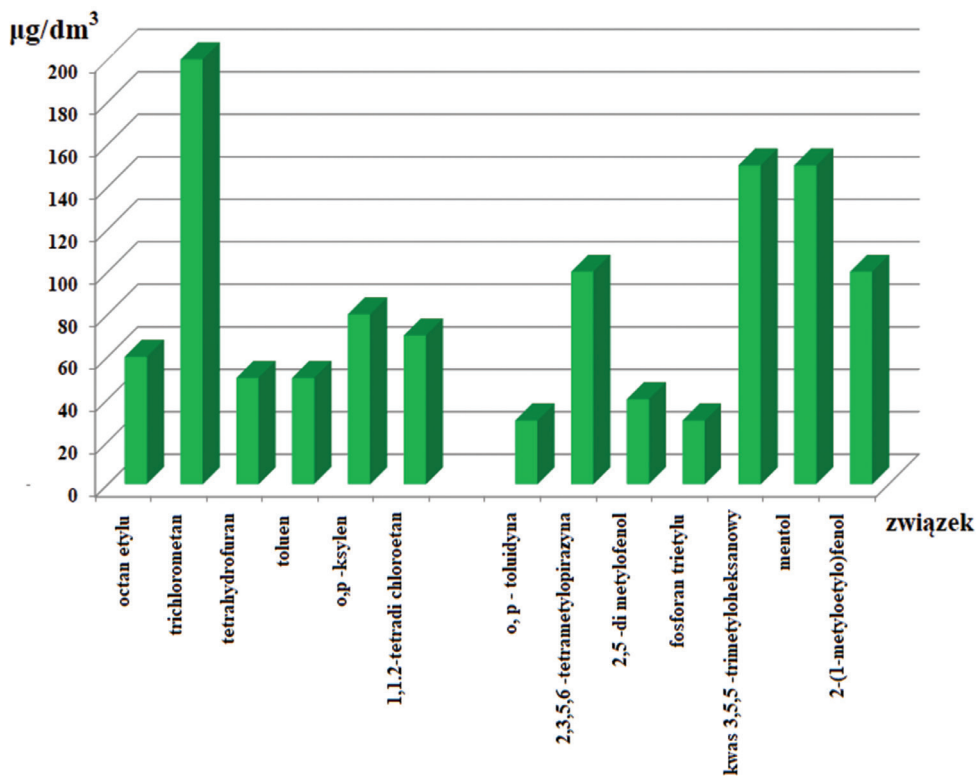
Na rys. 10–13 przedstawiono stężenia wybranych związków, oznaczonych chromatograficznie w ekstraktach odcieków ze składowiska odpadów komunalnych w znaczących stężeniach.



Rys. 10. Związki występujące w ekstraktach odcieków w największych stężeniach

Źródło: opracowanie własne

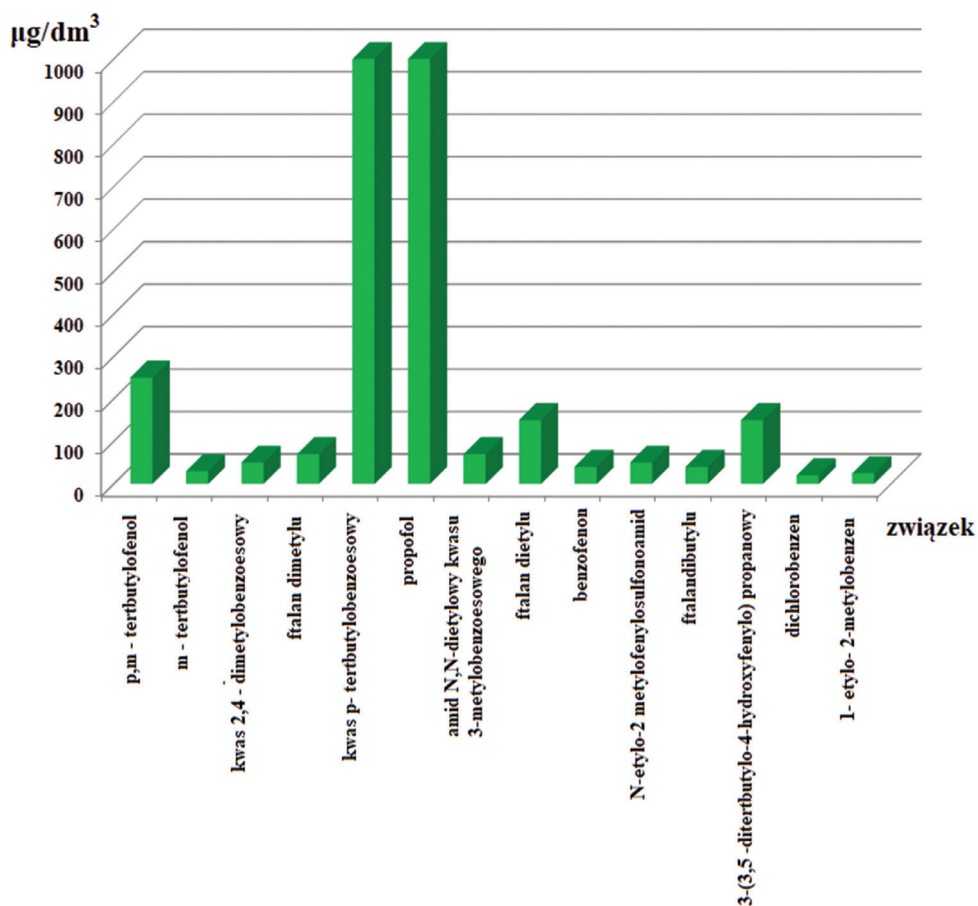
Na rys. 11 przedstawiono związki występujące w ekstraktach odcieków w największych stężeniach (cd. rys. 10) z wyłączeniem bisfenolu A



Rys. 11. Związki występujące w ekstraktach odcieków w największych stężeniach z wyłączeniem bisfenolu A

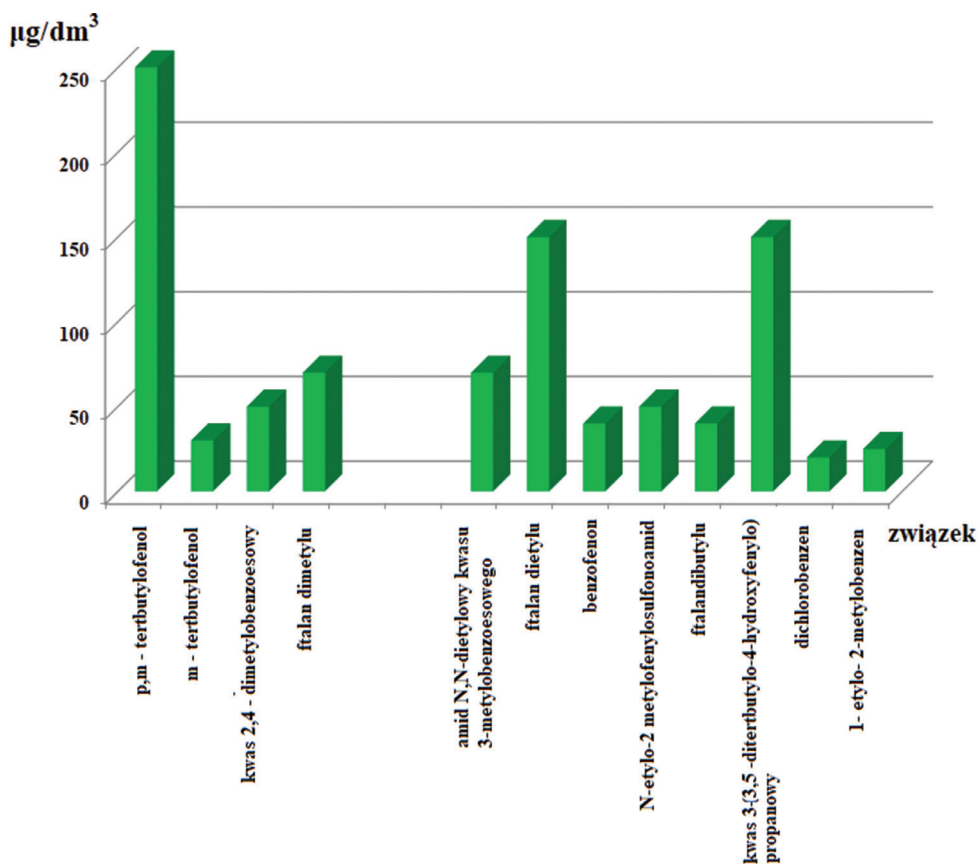
Źródło: opracowanie własne

Na rys. 13 przedstawiono związki występujące w ekstraktach odcieków w największych stężeniach (cd. rys. 12) z wyłączeniem kwasu p-tert-butylobenzoowego i propofolu).



Rys. 12. Związki występujące w ekstraktach odcieków w największych stężeniach c.d.

Źródło: opracowanie własne



Rys. 13. Związki występujące w ekstraktach odcieków z łubnej, w największych stężeniach c.d. z wyłączeniem kwasu p-tert-butylobenzoowego i propofolu

Źródło: opracowanie własne

Podsumowanie i wnioski

Skład odpadów oraz ilość wytworzonych odcieków determinują rodzaj oraz stężenie znajdujących się w odciekach związków chemicznych. Część z nich jest z odpadów wypłukiwana, jednak większość tworzy się lub rozpada w wyniku różnych procesów zachodzących w składowanej masie. Procesy te mogą również prowadzić do powstawania innych, równie toksycznych jak pierwotne, nowych związków. Odpady, które zostały przywiezione w ostatnim okresie przed zamknięciem składowiska, ulegają przemianom

z opóźnieniem w stosunku do składowanych wcześniej i już rozłożonych. Wypłukiwane z nich substancje mogą być oznaczalne dopiero po kilku czy kilkunastu latach. Z przeprowadzonych badań na Łubnej wynika, że w przypadku przerwania przesłony przeciwfiltracyjnej, do gleby i wód gruntowych mogłoby się przedostać wiele substancji stanowiących zagrożenie dla środowiska. Wśród oznaczonych w ekstraktach odcieków były: trichlorometan, octan etylu, tetrahydrofuran, butanal, toluen, cykloheksanon, o-, p-, m – ksylen, 1,1,2-tetrachloroetanu, fosforan trietylu, kwasu 3,5,5-trimetyloheksanowy, ftalan dimetylu, ftalan dietylu. Wykazano obecność takich związków, jak dichlorobenzen, trimetylobenzen, aldehyd benzoowy, kwas 2,4-dimetylobenzoowy, 1 metylo-3-,1-metyloetylobenzen, 2,3,5 tetrametylobenzen. Uwagę zwróciła stosunkowo duża zawartość kwasu p-tert-butylobenzoowego i propofolu oraz bisfenolu A.

Dlatego ważny jest systematyczny monitoring składu odcieków oraz stanu środowiska naturalnego wokół składowiska, w celu kontroli szczelności przesłony, stanowiącej barierę dla powstających odcieków.

Literatura

- [1] Andrés R. P, Uchida A., H, Schapachnik E, Dubner S, Filho C, F, Celso Ferreira, *Zespół propofolowy i elektrokardiograficzna fenokopia zespołu Brugadów*, "Folia Cardiologica Excerpta" 2010, tom 5, nr 4, s. 221–227.
- [2] Andrews W.J, Masoner J.R., Cozzarelli I.M., *Emerging contaminants at a closed and an operating landfill in Oklahoma*, "Groundwater Monitoring and Remediation" 2012, nr 32, s. 120–130.
- [3] Bauer M.J., Herrmann R., Martin A., Zellmann H., *Chemodynamics, transport behaviour and treatment of phthalic acid esters in municipal landfill leachates*, "Water Science and Technology" 1998, nr 38, s. 185–192.
- [4] Baun A., Ledin A., Reitzel L.A., Bjerg P.L., Christensen T.H., *Xenobiotic organic compounds in leachates from ten Danish MSW landfills – chemical analysis and toxicity tests*, "Water Research" 2004, nr 38, s. 3845–3858.
- [5] Baun A., Jensen S.D., Bjerg P.L., Christensen T.H., Nyholm N., *Toxicity of organic chemical pollution in groundwater downgradient of a landfill (Grindsted, Denmark)*, "Environmental Science and Technology" 2000, nr 34, s. 1647–1652.
- [6] Baun A., Reitzel L.A., Ledin A., Christensen T.H., Bjerg P.L., *Natural attenuation of xenobiotic organic compounds in a landfill leachate plume (Vejen, Denmark)*, "Journal of Contaminant Hydrology" 2003, nr 65, s. 269–291.

- [7] Benotti M.J., Trenholm R.A., Vanderford B.J., Holady J.C., Stanford B.D., Snyder S.A., *Pharmaceuticals and endocrine disrupting compounds in U.S. drinking water*, "Environmental Science and Technology" 2009, nr 43, s. 597–603.
- [8] Busch J., Ahrens L., Sturm R., Ebinghaus R., *Polyfluoroalkyl compounds in landfill leachates*, "Environmental Pollution" 2010, nr 158, s. 1467–1471.
- [9] Braun, J. M. et al., *Variability and predictors of urinary bisphenol A concentrations during pregnancy*, "Environ Health Perspect" 2011, nr 119(1), s. 131–137.
- [10] Bradley O., Tarun A., Morton B., Shane A., *Investigating landfill leachate as a source of trace organic pollutants*, "Chemosphere" 2015, nr 127, s. 269–275.
- [11] Li B., Danon-Schaffer M.N., Li L.Y., Ikonomou M.G., Grace J.R., *Occurrence of PFCs and PBDEs in landfill leachates from across Canada*, "Water Air Soil Pollution", 2012, nr 223, s. 3365–3372.
- [12] Daneshvar A., Aboulfadl K., Viglino L., Broséus R., Sauvé S., Madoux-Humery A.-S., Weyhenmeyer G.A., Prévost M., *Evaluating pharmaceuticals and caffeine as indicators of fecal contamination in drinking water sources of the Greater Montreal region*, "Chemosphere" 2012, nr 88, s. 131–139.
- [13] Dmochowska A., Salamonowicz Z., Majder-Łopatka M., Jarosz W., *Bezpieczne składowisko odpadów komunalnych*, XVI Ogólnopolskie Forum Ratownictwa, Inowrocław 2011.
- [14] Dmochowska A., Rozprawa doktorska, Wydawnictwa Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2009.
- [15] Dmochowska A., praca statutowa, *Ocena zagrożeń związanych z emisją substancji niebezpiecznych na przykładzie składowiska odpadów komunalnych Łubna I w aspekcie bezpieczeństwa ekologicznego*, SGSP 2015.
- [16] Dmochowska A., *Hazards associated with municipal waste storage. Vol. I*, Konferencja: Fire and Environmental Safety Engineering, Lwowski Państwowy Uniwersytet Bezpieczeństwa Życia, Lwów 2018.
- [17] Eggen T., Moeder M., Arukwe A., *Municipal landfill leachates: A significant source for new and emerging pollutants*, "Science of the Total Environment" 2010, nr 408, s. 5147–5157.
- [18] Karta charakterystyki zgodnie z Rozporządzeniem WE 1907/2006., *Kwas tert-butylobenzoowy*, wersja 7.2, 2017.
- [19] Lewis S.R., Schofield-Robinson O.J., Alderson P., Smith A.F., *Zastosowanie propofolu w poprawie jakości snu u pacjentów na oddziałach intensywnej terapii*, Emergency and Critical Care Group. 2018.

- [20] Li D., Zhou Z., Qing D., He Y., Wu T., Miao M., Wang J., Weng X., Ferber J.R., Herrinton L.J., Zhu Q., Gao E., Checkoway H. & Yuan W., *Occupational exposure to bisphenol-A (BPA) and the risk of self-reported male sexual dysfunction*, "Human reproduction" 2010, nr 25(2), s. 519–527.
- [21] Matejczyk M., Płaza G.A., Nałęcz-Jawecki G., Ulfig K., Markowska-Szczupak A., *Estimation of the environmental risk posed by landfills using chemical, microbiological and ecotoxicological testing of leachates*, "Chemosphere" 2011, nr 82, s. 1017–1023.
- [22] Marttinen S.K., Kettunen R.H., Rintala J.A., *Occurrence and removal of organic pollutants in sewages and landfill leachates*, "The Science of Total Environment" 2003, nr 301, s. 1–12.
- [23] Murray H.E., Beck J.N., *Concentrations of synthetic organic chemicals in leachate from a municipal landfill*, "Environmental Pollution" 1990, nr 67, s. 195–203.
- [24] Öman C.B., Junestedt C., *Chemical characterization of landfill leachates – 400 parameters and compounds*, "Waste Management" 2007, nr 28, s. 1876–1891.
- [25] Schrab G.E., Brown K.W., Donnelly K.C., *Acute and genetic toxicity of municipal landfill leachate*, "Water, Air, and Soil Pollution" 1993, nr 69, s. 99–112.
- [26] Slack R.J., Gronow J.R., Volvoulis N., *Household hazardous waste in municipal landfills: contaminants in leachate*, "Science of the Total Environment" 2005, nr 337, s. 119–137.
- [27] Zalko D., Jacques C., Duplan H., Bruel S., Perdu E., *Viable skin efficiently absorbs and metabolizes bisphenol A*, "Chemosphere" 2011, nr 82(3), s. 424–430.
- [28] Yasuhara A., Shiraishi H., Nishikawa M., Yamamoto T., Uehiro T., Nakasugi O., Okumura T., Kenmotsu K., Fukui H., *Determination of organic components in leachates from hazardous waste disposal sites in Japan by gas chromatography-mass spectrometry*, "Journal of Chromatography A" 1997, nr 774, s. 321–332.
- [29] Yasuhara A., Shiraishi H., Nishikawa M., Yamamoto T., Nakasugi O., Okumura T., Kenmotsu K., Fukui H., Nagase M., Kawagoshi Y., *Organic components in leachates from hazardous waste disposal sites*, "Waste Management & Research" 1999, nr 17, s. 186–197.
- [30] Yasuhara A., *Determination of tris(2-chloroethyl) phosphate in leachates from landfills by capillary gas chromatography using flame photometric detection*, "Journal of Chromatography A" 1994, nr 684, s. 366–369.