

## EFFICIENT METHODS OF TREATING THE LEACHATE GENERATED FROM MUNICIPAL WASTE LANDFILLS

### METODE EFICIENTE DE TRATARE A LEVIGATULUI GENERAT DIN DEPOZITELE DE DEȘEURI MUNICIPALE

Dan-Vlad JAȘCĂU\*, Melania BOROȘ, Timea GABOR, Ioana Monica SUR, Elena Maria PICĂ

*Technical University of Cluj-Napoca, Faculty of Materials and Environmental Engineering, Department Environmental Engineering and Sustainable Development Entrepreneurship, 103-105 Muncii Ave, Cluj-Napoca, Romania*

**Abstract:** In the landfill management process appear important pollutants such as landfill gas and leachate. Landfill gas presents a high explosion risk and highly contributes to the greenhouse effect. The leachate resulted from the waste elution process is recognised as having a complex composition, rich in organic matter, ammonia and heavy metals with toxic or mutagenic potential in certain cases. The leachate treatment technologies have seen different variations or combinations of leachate purifications methods with high efficiency. Choosing a method of leachate treatment is a decision that takes into account a set of characteristics and features on precipitation, waste types, compaction degree of the wastes, age and default landfill leachate parameters.

The present paper sets out various methods and solutions for the treatment of the leachate generated from municipal landfills.

**Keywords:** leachate, waste landfills, treatment technologies, pollution

#### 1. Introduction

The sources of municipal waste are households and commercial activities or it is generated by other activities similar to those of households or commercial industries [1]. Municipal solid waste (MSW) was traditionally landfilled, a method that is still used nowadays, especially in developing countries. Municipal landfills have been optimised constantly through legislation regarding their construction, operation or closure, changing their status from dump to sanitary landfills or integrated waste management centers. Although great efforts have been made for creating a framework based on recovery, reuse or recycling MSW, even at an European Union (EU) level, waste disposal is still predominant [2]. The global increase of population along with the increase of product consumerism

**Rezumat:** În procesul de management al depozitelor de deșeuri apar factori poluanți remarcabili, cum ar fi gazul de depozit sau levigatul. Gazul de depozit prezintă riscuri de explozii și un înalt grad de contribuție la efectul de seră. Levigatul rezultat în urma proceselor de eluție a deșeurilor este recunoscut după compoziția complexă, bogată în materii organice, amoniac sau metale grele, cu potențial toxic sau mutagen în anumite cazuri. Tehnologiile de epurare a levigatului au cunoscut diferite variații sau combinații ale metodelor de purificare a levigatului, cu eficiențe ridicate. Alegerea unei metode de tratare a levigatului este o decizie care ține cont de un ansamblu de caracteristici și particularități cu privire la cantitățile de precipitații, tipurile de deșeuri, gradul de compactare, vârsta depozitului și implicit parametrii levigatului. Lucrarea de față expune diferitele metode și soluții de tratare a levigatului generat din depozitele de deșeuri municipale.

**Cuvinte cheie:** levigat, depozit de deșeuri, tehnologii de tratare, poluare

#### 1. Introducere

Deșeurile municipale au ca sursă de proveniență gospodăriile, activitățile comerciale sau sunt generate de alte activități similare cu cele ale gospodăriilor sau întreprinderilor comerciale [1]. Deșeurile solide municipale (DSM) au fost în mod tradițional depozitate, metodă predominantă și în prezent, mai ales în țările în curs de dezvoltare. Depozitele de deșeuri municipale au înregistrat de-a lungul timpului optimizări implementate prin intermediul legislației cu privire la construcția, operarea sau închiderea acestora, trecând de la statutul de groapă de gunoi la depozite de deșeuri sanitare sau centre integrate de management al deșeurilor. Cu toate că s-au realizat eforturi deosebite pentru crearea unui cadru bazat pe recuperarea, reutilizarea sau reciclarea DMS, chiar la nivelul UE depozitarea deșeurilor este,

and the quantity of waste generated put pressure on the waste management systems [3].

The issue of waste disposal consists of the potential negative effects on the environment quantified through the production of leachate, landfill gas, smells, bugs, parasites, landscape degradation or unsustainable land usage [1, 4].

Melnyk et al, (2014) mention in their paper three phases in which pollution is generated through a waste landfill: the solid phase – stored waste, liquid phase – leachate, gaseous phase – landfill gas [5].

Leachate is defined in many scientific papers as being the liquid generated by rainwater infiltration through the stored solid waste facilitating the transfer of contaminants from the solid phase to the liquid phase and through waste degradation. Leachate appears at the base of the waste landfills and it can be recognised by its specific yellow-brownish colour [6, 7, 8].

Leachate composition and concentration depend on different environmental conditions and the chemical composition widely varies, being influenced by the age of the waste landfill [9].

In the aging process the landfills go through different stages of degradation of the organic waste, starting from the aerobic phase to the anaerobic decomposition. Considering all these, the properties of leachate, like Chemical Oxygen Demand (COD), Biochemical Oxygen Demand (BOD), Ammonia (NH<sub>3</sub>) or pH, modify accordingly to the waste decomposition phase [10].

Generally, the leachate is classified in three groups depending on the age of the waste landfill that generates it: the leachate generated from landfills no older than 5 years is considered a young leachate, the mature leachate has between 5 and 10 years and the old leachate is over 10 years [11]. These variations regarding leachate composition lead to difficulties in choosing long term efficient solutions.

## **2. Leachate composition**

Usually, the leachate characteristics of the leachate generated from the municipal landfills can be best represented by a few important parameters like COD, BOD, COD/BOD report, pH, suspended solids, NH<sub>3</sub>, bacteria, turbidity or heavy metals [11, 12].

In the specialty literature the composition of the leachate is presented in a large number of scientific papers. Alvarez-Vasquez et al., realised a short review regarding leachate composition.

predominantă [2]. Creșterea populației la nivel global coroborată cu creșterea consumului de produse și a cantităților de deșeuri generate pune presiune pe sistemele de gestiune a deșeurilor [3]. Problematika depozitării constă în efectele negative potențiale asupra mediului, cuantificate prin producția de levigat, gaz de depozit, mirosuri, insecte, paraziți, degradarea peisajelor sau utilizarea nesustenabilă a terenurilor [1, 4].

Melnyk et al, (2014) amintesc în lucrarea lor cele 3 faze în care se generează poluare prin intermediul unui depozit de deșeuri, și anume faza solidă – deșeurile depozitate, faza lichidă – levigatul, faza gazoasă – gazul de depozit [5]. Levigatul este definit în multe lucrări științifice ca fiind lichidul generat prin intermediul infiltrării apei pluviale prin deșeurile solide depozitate facilitând transferul contaminanților din faza solidă în faza lichidă și prin degradarea deșeurilor. Levigatul apare astfel la baza depozitelor de deșeuri, fiind recunoscut prin culoarea specifică maroniu-galbuie. [6, 7, 8]. Compoziția și concentrația levigatului depinde de diferite condiții de mediu, iar compoziția chimică variază foarte mult, fiind influențată de vârsta și maturitatea depozitului de deșeuri [9].

În procesul de îmbătrânire, depozitele trec prin diferite stadii de degradare ale deșeurilor organice, pornind de la faza aerobă până la descompunerea anaerobă. Din aceste considerente, proprietățile levigatului, cum sunt Consumul Chimic de Oxigen (CCO), Consumul Biochimic de Oxigen (CBO), Amoniac (NH<sub>3</sub>) sau pH-ul se modifică în funcție de stadiul de descompunere al deșeurilor [10].

În general, levigatul este clasificat în 3 grupe, în funcție de vârsta depozitelor de deșeuri din care este generat: levigatul generat din depozite de până la 5 ani este considerat levigat tânăr, levigatul matur – cuprins între 5 și 10 ani și levigatul vechi – cu o vârstă de peste 10 ani [11]. Aceste variații în timp cu privire la compoziția levigatului duc la dificultăți în a alege soluții de tratare eficiente pe termen lung.

## **2. Compoziția levigatului**

De obicei, caracteristicile levigatului generat din depozitele de deșeuri municipale poate fi cel mai bine reprezentat de câțiva parametri importanți, CCO, CBO, raportul CBO/CCO, pH-ul, solidele în suspensie, NH<sub>3</sub>, bacterii, turbiditate sau metale grele [11, 12].

În literatura de specialitate, compoziția levigatului este prezentată într-un număr mare de lucrări științifice. Alvarez-Vasquez et al., au realizat

They collected and summarised data from over 100 papers which analyse leachate. Table 1 presents the medium values of leachate composition according to its age and a few important parameters [11, 12].

un scurt review cu privire la compoziția levigatului. Au colectat și sumarizat date din peste 100 de lucrări care analizează levigatul. Tabelul 1 expune o medie a valorilor compoziției levigatului în funcție de vârsta acestuia și câțiva parametri importanți [11, 12].

Table 1. Leachate composition [11, 12].

Leachate type	pH (pH unit)	BOD mg/dm <sup>3</sup>	COD mg/ dm <sup>3</sup>	TOC mg/ dm <sup>3</sup>	BOD/COD	N-NH <sub>4</sub> mg/ dm <sup>3</sup>
Young (<5 years)	6	12883	39100	9370	0.41	865
Mature (5-10 years)	6.4	1600	6610	1565	0.24	1500
Old (>10 years)	7.6	146	1540	403	0.11	762

Foo et al., present a classification of the leachate in accordance with the change of the leachate's composition as the waste landfill ages. In short, they describe the young leachate as being characterised by high values of the COD (30.000-60.000 mg/l), concentrations of <400 mg/l in the case of Nitrogen, a high level of BOD/COD between 0.5-1 and pH <6.5. The mature leachate is represented by values between 4.000-10.000 mg/l COD, a BOD/COD report of 0.1-0.5 and a pH between 6.5-7.5 units and the old leachate has the COD under 4000 mg/l, a <0,1 report of the BOD/COD, concentrations >400 mg/l in the case of Nitrogen and a pH >7.5 unit. [11].

Foo et al., prezintă o clasificare a levigatului în concordanță cu schimbarea compoziției acestuia pe parcursul îmbătrânirii deșeurilor. Pe scurt, este descris levigatul tânăr ca fiind caracterizat de valori ridicate ale CCO (30.000-60.000 mg/l), concentrații de <400 mg/l în cazul azotului, un raport ridicat al CBO/CCO cuprins între 0,5-1 și pH <6,5. Levigatul matur este reprezentat de valori cuprinse între 4.000-10.000mg/l CCO, raport CBO/CCO de 0,1-0,5 și pH cuprins între 6,5-7,5 unități, iar levigatul vechi având CCO sub 4000 mg/l, raport <0,1 al CBO/CCO, concentrații >400 mg/l în cazul azotului și pH >7,5 unități [11].

### 3. Environmental consequences

In the case of a poor management of the leachate it can become a source of hydrogeological contamination because of the risk of infiltration in the groundwaters and leakage in the surface waters or the natural environment. In this case, the leachate has a considerable impact on the environment and human health through its toxic, carcinogen, mutagen or genotoxic potential [13].

A few studies have analysed the leachate from a toxicological point of view. It was concluded that untreated leachate has a cytotoxic effect (toxic effect on the cells) in the case of plants and induces damages in the genome of the population exposed to the water polluted with leachate [14].

Also, another conducted study exposes 133 toxic chemical substances from which a significant number of them leads to cancer, genetical mutations or problems at birth [11]. The results of the chemical analyses and the risk evaluation

### 3. Consecințe asupra mediului

În cazul gestionării precare a levigatului, acesta poate deveni o sursă de contaminare hidrogeologică datorată riscului de infiltrare în pânza freatică și de scurgere în apele de suprafață sau în mediul natural. În acest caz, levigatul are un impact considerabil asupra mediului și sănătății umane prin potențialul toxic, cancerigen, mutagen sau genotoxic [13].

Câteva studii au analizat levigatul din punct de vedere toxicologic. S-a conchis că levigatul netratat are efect citotoxic (efect toxic asupra celulelor) în cazul plantelor și induce daune în genomul populației expuse la consumul de apă poluată cu levigat [14].

De asemenea, un alt studiu condus expune 133 de substanțe chimice toxice, dintre care un număr însemnat duc la apariția cancerului, mutații genetice sau probleme la naștere [11]. Rezultatele analizelor chimice și a evaluării de risc obținute

obtained by Baderna et al., (2011) show that Ammonia plays an important role in the composition and the toxicity of the leachate both for the human population and ecologically probably because it is a reduction agent with persistancy on the long term [15].

#### 4. Methods of leachate treatment

In the specialty literature the conventional methods for the treatment of the leachate generated by municipal waste landfills are classified in 3 groups (Table 2)

de către Baderna et al, (2011) arată că amoniacul joacă un rol important în compoziția și toxicitatea levigatului atât pentru factorul uman cât și din punct de vedere ecologic, probabil din cauză că este un agent de reducere cu persistență pe termen lung [15]

#### 4. Metode de tratare a levigatului

În literatura de specialitate, metodele convenționale de tratare a levigatului generat de către depozitele de deșeuri municipale sunt clasificate în 3 grupe (Tabelul 2).

Table 2. Methods of leachate treatment

<b>Leachate transfer</b>
Combined treatment with domestic wastewater
Leachate recirculation
<b>Biological treatment</b>
Aerobic process
Anaerobic process
<b>Phisico-chemical treatment</b>
Precipitation
Oxidation
Adsorption
Reverse Osmosis
Air Stripping

**The leachate transfer** consists of the combined treatment of it with the wastewaters in the municipal wastewater treatment plant . This method has been used until recently, especially for the advantages regarding lower costs of operation and maintenance but it was disconsidered because of the concentration of heavy metals and organic compounds with low biodegradability which could affect the quality of the effluent [3, 16]. The leachate treatment in the municipal wastewater treatment plants was conditioned by the leachates concentrations being possible with a pre-treatment before the treatment combined with wastewaters.

Leachate recycling consists of its recirculation in waste landfills. Controlled recirculation brings benefits like the COD reduction, lowering the long-term generated landfill gas or reducing the period necessary for stabilising the waste landfill from a tens of years to a few years [3]. Air injection and leachate recirculation are efficient methods of acceleration for stabilising waste landfills through humidity increase and microbial activity stimulation.

**Transferul levigatului** constă în tratarea combinată a acestuia împreună cu apele reziduale în stațiile de epurare municipale. Această metodă a fost folosită până de curând, mai ales pentru avantajele cu privire la costurile reduse de operare și întreținere, dar a fost privită îndoielnic din cauza concentrației de metale grele și compuși organici cu biodegradabilitate scăzută ce ar putea afecta calitatea efluentului [3, 16]. Tratarea levigatului în stațiile de epurare municipale a fost în general condiționată de concentrațiile levigatului, fiind posibilă cu o eventuală pre-epurare înainte de epurarea combinată cu apele reziduale.

Reciclarea levigatului constă în recircularea acestuia în depozitele de deșeuri. Recircularea în mod controlat aduce beneficii precum scăderea CCO, reducerea cantității de gaz metan generat pe termen lung sau reducerea perioadei necesare pentru stabilizarea depozitului de deșeuri de la zeci de ani la câțiva ani [3]. Injecția aerului și recircularea levigatului sunt metode eficiente de accelerare în vederea stabilizării depozitelor de deșeuri, prin creșterea umidității și stimularea activității microbiene.

The landfill stabilisation in a short period of time eliminates the risks on human health and the environment. The disadvantages of the leachate recirculation are highlighted by the considerable increase of the ammonia concentration, affecting the anaerobic biodegradation process of organic waste and increasing its toxicity [18]. In the last years many countries have forbidden leachate recirculation.

**The biological treatment** of the leachate is a simple method and especially viable in terms of cost-efficiency. The advantages of this method consist mainly of the efficiency of the treatment of the leachate with high concentrations of organic substances, Nitrogen or BOD, in the case of a high COD-BOD report, usually seen in the young leachate [3]. The processes of biological treatment are aerobic, anaerobic processes or facultative systems, being the most widely implemented types of treatment [8].

In the aerobic process, the organic pollutants are transformed mainly in CO<sub>2</sub> and sludge by using atmospheric Oxygen transferred in the wastewater [19]. Generally, the aerobic biological process is one of the most successful and efficient methods of leachate treatment [6]. Usually, the aerobic treatment acts upon the reduction of biodegradable organic pollutants and allows the nitrification of Ammonium nitrate. Aerobic processes are vast, like aerated lagoons, conventional processes with active sludge or sequential reactors. Also, the combination of separation through membranes and aerobic bioreactors has led to new research in the field leachate treatment [3].

The anaerobic biological treatment is an accessible means and well known for the high resistance in the treatment of wastewater. One of the advantages consists of sludge reduction, it doesn't need Oxygen, it produces biogas and doesn't consume much energy. Even though it has some advantages, the application of the aerobic processes are limited mostly because of the low growth rhythm of the anaerobic microorganisms and the weak retention of the biomass [20]. With some adjustments, like introducing the dynamic membrane in the anaerobic process, the problem of biomass retention is solved, as demonstrated in the treatment of municipal wastewaters [21].

The disadvantages that appear in the anaerobic process are linked to the impossibility of removing Ammonia, needing other treatment processes downstream [12]. The combination of biological processes is a solution for optimising leachate treatment. There are found different combined processes in the specialty literature.

Stabilizarea depozitelor într-un timp scurt elimină riscurile asupra sănătății umane și a mediului. Dezavantajele recirculării levigatului sunt remarcate prin creșterea considerabilă a concentrației de amoniu, afectând procesul de biodegradare anaerobă a deșeurilor organice și crescând toxicitatea acestuia. [18]. În ultimii ani, multe țări au interzis recircularea levigatului.

**Tratarea biologică** a levigatului este o metodă simplă și în special viabilă cost-eficacitate. Avantajele acestei metode constau în principal în eficiența tratării levigatului cu concentrații mari de substanțe organice, azot sau CBO, în cazul unui raport ridicat CCO-CBO, întâlnit de obicei la levigatul tânăr [3]. Procesele de tratare biologică constau sub forma proceselor aerobe, anaerobe sau sistemelor facultative, fiind cel mai larg implementate tipuri de tratare [8].

În procesul aerob, poluanții organici sunt transformați în principal în CO<sub>2</sub> și nămol prin utilizarea oxigenului atmosferic transferat în apa uzată [19]. În general, procesul biologic aerob este unul dintre cele mai de succes și eficiente metode de tratare a levigatului [6]. De obicei, tratarea aerobă acționează asupra reducerii poluanților organici biodegradabili și permite nitrificarea azotului de amoniu. Procesele aerobe sunt vaste, cum ar fi lagunele aerate, procesele convenționale cu nămol activ sau reactoare secvențiale. De asemenea, combinația de separare prin membrane și bioreactoare aerobe au dus la noi cercetări în domeniul tratării levigatului [3].

Tratarea biologică anaerobă este un mijloc accesibil și bine cunoscut pentru înalta rezistență în tratarea apelor uzate. Unul dintre avantajele constă în reducerea nămolului, nu necesită Oxigen, produce biogaz și nu consumă multă energie. Cu toate că prezintă unele avantaje, aplicațiile proceselor anaerobe sunt limitate în principal din cauza ritmului de creștere scăzut al microorganismelor anaerobe și reținerea slabă a biomasei [20]. Cu anumite ajustări, cum ar fi introducerea membranei dinamice în procesul anaerob, se rezolvă problematica retenției de biomasă, demonstrat în tratarea apelor uzate municipale [21].

Dezavantajele care apar în procesul anaerob sunt legate de imposibilitatea de înlăturare a amoniului, necesitând alte procese de tratare în aval [12]. Combinarea proceselor biologice este o soluție pentru a optimiza tratarea levigatului. Se regăsesc diferite variante combinate în literatura de specialitate.

The approach of the combined aerobic process with anaerobic one is recommended as a feasible method for reducing organic substances or the Nitrogen in the leachate generated by municipal waste landfills. In the case of the mature or old leachate, the efficiency of the aerobic-anaerobic treatment process is low, especially in the case of total Nitrogen removal [22].

**The physycal-chemical treatment** of the leachate is used as a supliment in the treatment line or is focused on treating a specific pollutant [23]. The suspended solids, coloidal particles, suspended materials, colour or toxic compounds can be reduced or eliminated through different physical- chemical processes [8].

The advantages of the physical-chemical treatment consists of the simplicity of facilities, insensitivity to temperature changes or adaptability in a wide range of the concentration of the pollutants in the leachate. On the other hand, the operational costs, the energy consumption, sludge disposal and the l costs of the treatment are major disadvantages [9].

The chemical precipitation process is used on a large scale as a pre-treatment for removing the higher concentrations of Ammonium nitrate [3]. Also, because of the advantages regarding the simplicity of the process and low-cost equipments, this process was implemented for elimination of the non-biodegradable organic compounds, Ammonia nitrate or heavy metals. During the process, the ions dissolved in the sollution are converted in the solid phase through chemical reactions [24]. It should be stated the importance of the pH in this treatment process. Adding Aluminium Sulphate modifies the leachate's pH from a bearily alkaline one to an acid level [6].

Chemical oxidation has even better results than chemical precipitation regarding colour but in the case of COD it is not enough and the halogenated oxidants usage is considered highly dangerous [19]. In the last years, the research focused on the advanced processes of oxidation. Most of them use a combination of strong oxidants [3]. The advanced oxidation processes theme is highly presented in literature, being oriented towards the growth of the biodegradability of organic matter for the next biological processes, for eliminating organic constituents, for degrading organic matter or for reducing toxicity [25]. The advanced oxidation processes can be largely defined as methods of oxidation in aqueous phase based on the intermediation of reactive species [26].

Abordarea combinării procesului aerob cu cel anaerob este recomandată ca fiind o metodă fezabilă în eliminarea substanțelor organice sau a azotului din levigatul generat de către depozitele de deșeuri municipale. În cazul levigatului matur sau vechi, eficiența procesului de tratare aerobă-anaerobă este scăzută, mai ales în cazul înlăturării azotului total [22].

**Tratarea fizico-chimică** a levigatului este utilizată ca supliment în linia de tratare sau este axată pe tratarea unui poluant specific [23]. Solidele suspendate, particulele coloidale, materialele în suspensie, culoarea sau compușii toxici pot fi reduși sau eliminați prin diferite procese fizico-chimice [8].

Avantajele deținute de tratarea fizico-chimică constau în simplitatea instalațiilor, insensibilitatea la schimbările de temperatură sau adaptabilitatea într-o gamă largă a concetrațiilor poluanților prezenți în levigat. Pe de altă parte, costurile operaționale, consumul de energie, eliminarea nămolului și cheltuielile ulterioare tratării sunt dezavantaje majore [9].

Procesul de precipitare chimică este folosit pe scară largă ca pre-tratament pentru înlăturarea concentrațiilor ridicate de azotat de amoniu [3]. De asemenea, datorită avantajelor referitoare la simplitatea procesului și a echipamentelor ieftine, acest proces a fost implementat pentru eliminarea compușilor organici non-biodegradabili, azotatului de Amoniu sau metalelor grele. În timpul procesului, ionii dizolvați în soluție sunt convertiți în faza solidă prin reacții chimice [24]. Este obligatoriu de amintit importanța pH-ului în acest proces de tratare. Adaugarea de sulfat de aluminiu modifică pH-ul levigatului de la unul ușor alcalin la un nivel acid [6].

Oxidarea chimică atinge rezultate chiar mai bune decât precipitarea chimică cu privire la culoare, dar în cazul CCO este insuficient, iar utilizarea oxidanților halogenați este considerată foarte periculoasă [19]. În ultimii ani, cercetările s-au focusat asupra proceselor avansate de oxidare. Majoritatea utilizează o combinație de oxidanți puternici [3]. Tema proceselor avansate de oxidare este intens prezentă în literatură, fiind orientată spre creșterea biodegradabilității materiilor organice pentru procese biologice următoare, pentru eliminarea constituenților organici, pentru degradarea materiilor organice sau pentru reducerea toxicității [25]. Procesele de oxidare avansate pot fi definite în linii mari ca fiind metode de oxidare în fază apoasă bazate pe intermedierea speciilor reactive [26].

The adsorption of the pollutants in active Carbon columns or in a powder form offers a better reduction of the COD level than other chemical methods. The main disadvantage is the necessity of the frequent regeneration of the columns and the high consumption of active coal [3].

In comparison with other physical-chemical methods, the reverse osmosis is seen as an efficient alternative to leachate treatment [27, 28].

The process of treating the leachate through reverse osmosis is based on its flow through the membrane for filtering the metal ions or organic matter. The parameters that influence the process are Ph and the pressure with which the influent gets through the membrane [19]. In many studies it has been reported a percent of 98-99% as a rate of eliminating contaminants like organic and anorganic substances. Also, this method can be used for eliminating heavy metals, suspended materials or dissolved solids [24, 29, 30, 31].

The efficiency of this process is maximum in the treatment of old leachate but in the case of young leachate treatment a percent of 96-97% of COD and  $\text{NH}_4^+\text{N}$  removal has been registered also [16].

Another study on the efficiency of the process of leachate treatment through reverse osmosis was conducted by Schiopu et al, 2010. The study analysed the performance of the process after one year from the operation. The obtained results regarding the contaminants removal efficiency were 90% in the case of COD,  $\text{NH}_4^+$  and electrical conductivity. The process has shown a high degree of removal of the organic and anorganic contaminants dissolved in the leachate, together with a large flexibility in the changes of the leachate's composition according to pressure, temperature or pH [4].

In the last years, the reverse osmosis method for treating the leachate generated by the municipal waste landfills has increased significantly. With all these advantages this method has a few disadvantages like the poor retention of small molecules that pass through membranes and the unwanted deposition of the dissolved substances on the exterior surface of the membranes [24, 32].

In the case of air stripping treatment method, consisting of barbotating the air through the leachate, the Ammonia concentration in the leachate is reduced, obtaining removal in more than 93%. The high concentrations of Ammonium Nitrate are usually found in young leachate, increasing its toxicity [19, 23].

For this method to be efficient, the values of the pH must be high (approximately 11 unit pH)

Adsorbția poluanților în coloane de carbon activ sau sub formă de pulberi oferă o mai bună reducere a nivelului de CCO decât alte metode chimice. Principalul dezavantaj este necesitatea regenerării frecvente a coloanelor și a consumului ridicat de cărbune activ [3].

În comparație cu alte metode fizico-chimice, osmoza inversă este privită ca o alternativă eficientă pentru tratarea levigatului [27, 28].

Procesul tratării levigatului prin osmoză inversă este bazat pe trecerea acestuia prin membrane pentru filtrarea ionilor metalici sau materiilor organice. Parametrii ce influențează procesul sunt legați de pH și presiunea cu care influentul trece prin membrane [19]. În multe studii a fost raportat un procent de 98-99% ca rata de înlăturare a contaminanților precum substanțe organice sau anorganice. De asemenea, acest procedeu poate fi folosit și în îndepărtarea metalelor grele, materialelor suspendate sau solidelor dizolvate [24, 29, 30, 31].

Eficiența acestui proces este maximă în tratarea levigatului vechi, dar și în cazul tratării levigatului tânăr s-a înregistrat un procent de îndepărtare a CCO și  $\text{NH}_3\text{-N}$  de 96-97% [16].

Un alt studiu asupra eficienței procesului de epurare a levigatului prin osmoză inversă a fost realizat de Schiopu et al., 2010. Studiul a analizat performanța procesului după un an de la operare. Rezultatele obținute cu privire la eficiența îndepărtării contaminanților au fost de 90% în cazul CCO,  $\text{NH}_4^+$ , și a conductivității electrice. Procesul a demonstrat un înalt grad de înlăturare a contaminanților organici și anorganici dizolvați în levigat, împreună cu o mare flexibilitate în schimbările compoziției levigatului în funcție de presiune, temperatură sau pH [4].

În ultimii ani, utilizarea metodei de tratare a levigatului generat de către depozitele de deșeurii prin procesul de osmoză inversă a crescut semnificativ. Cu toate aceste avantaje, acest procedeu are și câteva dezavantaje, cum este retenția slabă a moleculelor mici ce trec prin membrane și depunerea nedorită a substanțelor dizolvate pe suprafața exterioară a membranelor [24, 32].

În cazul procedurii de epurare prin sprijire cu aer, constând în barbotarea aerului prin levigat, se reduce concentrația de amoniu prezent în levigat, obținându-se un procent de înlăturare de peste 93%. Concentrațiile mari de azotat de amoniu se regăsesc de obicei în levigatul tânăr, crescându-i toxicitatea [19, 23].

Pentru ca această metodă să fie eficientă, valorile pH-ului trebuie să fie ridicate (aproximativ 11

and the contaminated gas must be treated with Sulphuric Acid or Chlorhydric Acid. The process performance can be evaluated by the degree of Ammonia and Nitrogen removal [3]. Also, the air stripping method at a high pH was considered a good method of removing Volatile Organic Compounds (VOC's) and Ammonium Nitrate. It can also be seen the increase of the BOD/COD report through the usage of this method, effect presented by Gotvajn et al, 2009. It was confirmed that air stripping at a pH of 11 units, reduces the COD up to 42% [33]. The toxicity of the leachate is not reduce by this method, that's why it functions best as a pre-treatment for other methods.

## **5. Conclusions**

The study conducted by the specialty literature regarding the methods for the treatment of the leachate generated by the municipal waste landfills shows a large number of papers that treat this issue. Poor management of the leachate can lead to the contamination of the surface waters, ground waters or soil near waste landfills.

Because of the toxicity of the leachate, the exposure of the population to the affected areas can be dangerous. The methods for leachate treatment are represented by a wide range of procedures, more or less efficient or focused on removing certain contaminants. The complexity of the leachate and the irregularity regarding its composition lead to a great difficulty of formulating general recommendations to be taken into account when implementing a type of leachate treatment.

The methods and procedures of leachate treatment exposed in this paper present advantages and disadvantages, but this can represent an aid in decision making regarding the right choose of the treatment technology. The variations of the leachate in time, the initial quality of the leachate, the specific requirements imposed by the local authorities regarding the quality of the effluent discharged in the surface waters, the climatical conditions, the leachate's volume or the economical aspects make the decision making process a challenge.

## **Acknowledgements**

*"This paper is supported by the Sectorial Operational Programme Human Resources Development POSDRU/159/1.5/S/137516 financed from the European Social Fund and by the Romanian Government."*

unit. pH) și gazul contaminat trebuie tratat cu acid sulfuric sau acid clorhidric. Performanțele procesului pot fi evaluate după gradul de înlăturare al amoniacului și azotului [3]. De asemenea, metoda stripării aerului la un pH ridicat a fost estimată ca fiind o bună metodă de înlăturare a compușilor organici volatili (COV) și al azotului de amoniu. Se observă și creșterea raportului CBO/CCO prin utilizarea acestei metode, efect prezentat de Gotvajn et al, 2009. Tot aici, se dovedește că striparea aerului la un pH de 11 unități, reduce până la 42% CCO [33]. Toxicitatea levigatului nu este redusă de acest procedeu, de aceea această metodă funcționează cel mai bine ca un pre-tratament pentru alte metode.

## **5. Concluzii**

În urma studiului literaturii de specialitate cu privire la metodele de tratare a levigatului generat de către depozitele de deșeuri municipale, se constată că există un număr mare de lucrări ce tratează această problematică. Gestionarea precară a levigatului poate duce la contaminarea apelor de suprafață, subterane sau a solurilor din apropierea depozitelor de deșeuri.

Din cauza toxicității levigatului, expunerea populației la zonele afectate poate fi periculoasă. Metodele de tratare a levigatului sunt reprezentate de o gamă largă de procedee, mai mult sau mai puțin eficiente, sau axate pe înlăturarea anumitor contaminanți. Complexitatea levigatului și neuniformitatea acestuia cu privire la compoziție duc la o mare dificultate în a formula recomandări generale de care s-ar putea ține cont în implementarea unui tip de tratare a levigatului.

Metodele și procedeele de tratare a levigatului expuse în prezenta lucrare prezintă avantaje și dezavantaje, dar acest lucru poate reprezenta un ajutor în luarea deciziilor cu privire la alegerea corectă a tehnologiei de epurare. Variațiile levigatului în timp, calitatea inițială a levigatului, cerințele specifice impuse de autoritățile locale cu privire la calitatea efluentului deversat în apele de suprafață, condițiile climatice, volumul de levigat sau aspectele economice transformă procesul de decizie într-o provocare.

## **Mulțumiri**

*"Această lucrare a fost realizată în cadrul Programului Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane POSDRU/159/1.5/S/137516 finanțat din Fondul Social European și Guvernul României".*



“This work was partially supported by the strategic grant POSDRU/159/1.5/S/137070 (2014) of the Ministry of National Education, Romania, cofinanced by the European Social Fund – Investing in People, within the Sectoral Operational Programme Human Resources Development 2007-2013.”

“Această lucrare a fost parțial finanțată în cadrul proiectului strategic POSDRU/159/1.5/S/137070 (2014) a Ministerului Educației Naționale, România , co-finanțat din Fondul Social European – Investește în oameni, prin Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013, Titlul proiectului: “Creșterea atractivității și performanței programelor de formare doctorală și postdoctorală pentru cercetători în științe ingineresti-ATTRACTING”

## References

- [1] European Topic Centre on Sustainable Consumption and production, on line at: <http://scop.eionet.europa.eu/themes/waste/#1>, accessed in 05.03. 2015.
- [2] Al-Jarrah, O., Abu-Qdais, H., 2006, *Municipal solid waste landfill siting using intelligent system*, Waste Management Journal, Vol. 26, pp.299-306.
- [3] Renou, S., Givaudan, J., Poulain, S., Dirassouyan, F., Moulin, P., 2008, *Landfill leachate treatment: Review and opportunity*, Journal of Hazardous Materials, Vol.150, pp. 468-493.
- [4] Schiopu, A.M., Piuleacm G.C., Cojocar, C., Apostol, I., Mamaliga, I., Gavrilesu, M., 2012, *Reducing environmental risk of landfills: Leachate treatment by reverse osmosis*, Environmental Engineering and Management Journal, Vol. 11, Nr 12, pp. 2319-2331.
- [5] Menyk, A., Kuklinska, K., Wolska, L., Namiesnik, J., 2014, *Chemical pollution and toxicity of water samples from stream receiving leachate from controlled municipal solid waste (MSW) landfill*, Environmental Research, Vol 135, pp. 253-261.
- [6] Mahmud, K., Hossain, Md., Shams, S., 2012, *Different treatment strategies for highly polluted landfill leachate in developing countries*, Waste Management Journal, Vol 32, pp. 2096-2105.
- [7] Clarke, B.O., Anumol, T., Barlaz, M., Snyder A.S., 2015, *Investigating landfill leachate as a source of trace organic pollutants*, Chemosphere Journal, Vol. 127, pp. 269-275.
- [8] Muller, G.T., Giacobbo A., Chiamonte E., Rodrigues M., Meneguzzi A., Bernardes A, 2015, *The effect of sanitary landfill leachate aging on the biological treatment and assessment of photoelectrooxidation as a pre-treatment process*, Waste Management, Vol. 36, pp. 177-183.
- [9] Peng Y., Zhang S., Zeng W., Zheng S., Mino T., Satoh H., 2008, *Organic removal by denitrification and methanogenesis and nitrogen removal by nitrification from landfill leachate*, Water Research Journal, Vol. 42, pp. 883-892.
- [10] Amor C., De Torres-Socias E., Peres J., Maldonado M., Oller I., Malato S., Lucas M., 2015, *Mature landfill leachate treatment by coagulation/flocculation combined with Fenton and solar photo-Fenton Processes*, Journal of Hazardous Materials, Vol 286, pp. 261-268.
- [11] Foo K. Y., Hameed B. H., 2009, *An overview of landfill leachate treatment via activated carbon adsorption process*, Journal of Hazardous Materials, Vol. 171, pp. 54-60.
- [12] Alvarez-Vazquez H., Jefferson B., Judd S. J., 2004, *Membrane bioreactors vs conventional biological treatment of landfill leachate: A brief review*, Journal of Chemical Technology and Biotechnology, Vol. 79, pp. 1043-1049.
- [13] Park, J.Y., Batchelor, B., 2002, *A multi-component numerical leach model coupled with a general chemical speciation code*, Water Resources, Vol. 36, pp. 156–166.
- [14] Garaj-Vrhovac, V., Orescanin, V., Gajski, G., Geric, M., Ruk, D., Kollar, R., Brkanac, S.R., Cvjetko, P., 2013, *Toxicological characterization of the landfill leachate prior/after chemical and electrochemical treatment: A study on human and plant cells*, Chemosphere Journal, Vol. 93, pp. 939-945.
- [15] Baderna, D., Maggioni, S., Boriani, E., Gemma, S., Molteni, M., Lombardo, A., Colombo A., Bordonali, S., Rotella, G., Lodi, M., Benfenati, E., 2011, *A combined approach to investigate the toxicity of an industrial landfill's leachate: Chemical analyses, risk assessment and in vitro assays*, Environmental Research, Vol. 111, pp. 603-613.
- [16] Ahn, W.Y., Kang, M.S., Yim, S.K., Choi, K.H., 2002, *Advanced landfill leachate treatment using an integrated membrane process*, Desalination Journal, Vol. 149, pp. 109-114.
- [17] Lo, I., 1996, *Characteristics and treatment of leachates from domestic landfills*, Environment International, Vol. 22, pp. 433–442.
- [18] Chung J., Kim, S., Baek, S., Lee, N.H., Park, S., Lee, J., Lee, H., Bae, W., 2015, *Acceleration of aged-landfill stabilisation by combining partial nitrification and leachate recirculation: A field-scale study*, Journal of Hazardous Materials, Vol. 285, pp. 436-444.

- [19] Lema, J.M., Mendez, R., Blazquez R., 1988, *Characteristics of landfill leachates and alternatives for their treatment: A review*, Water, Air and Soil Pollution, Vol. 40, pp.223-250.
- [20] Xie, Z., Wang, Z., Wang, Q., Zhu, C., Wu, Z., 2014, *An anaerobic dynamic membrane bioreactor (AnDMBR) for landfill leachate treatment: Performance and microbial community identification*, Bioresource Technology, Vol. 161, pp. 29-39.
- [21] Smith, A., Stadler, L., Love N.G., Skerlos, S.J., Raskin, L., 2012, *Perspectives on anaerobic membrane bioreactor treatment of domestic wastewater: A critical review*, Bioresource Technology, Vol. 122, pp. 149-159.
- [22] Sun, H., Peng, Y., Shi, X., 2015, *Advanced treatment of landfill leachate using anaerobic-aerobic process: Organic removal by simultaneous denitrification and nethanogenesis and nitrogen removal via nitrite*, Bioresource Technology, Vol. 177, pp. 337-345.
- [23] Cotman, M., and Zgajnar,G., 2010, *Comparison of different physico-chemical methods for the removal of toxicants from landfill leachate*, Journal of Hazardous Materials, Vol. 178, pp. 298-305.
- [24] Kurniawan, T.A., Lo, W.H., Chan, G., 2006, *Physico-chemical treatments for removal of recalcitrant contaminants from landfill leachate*, Journal of Hazardous Materials, Vol. B109, pp. 80-100.
- [25] Chemlal, R., Azzouz, L., Kernani, R., Abdi, N., Lounici H., Grib, H., Mameri, N., Drouiche N., 2014, *Combination of advanced oxidation and biological processes for the landfill leachate treatment*, Ecological Engineering, Vol. 73, pp. 281-289.
- [26] Klavarioti, M., Mantzavinos, D., Kassinos D., 2009, *Removal of residual pharmaceuticals from aqueous systems by advanced oxidation processes*, Environment International, Vol. 35, pp. 402-417.
- [27] Zhang, G., Qin, L., Meng, Q., Fan, Z., Wu, D., 2013, *Aerobic SMBR/reverse osmosis system enhanced by Fenton oxidation for advanced treatment of old municipal landfill leachate*, Bioresource Technology, Vol. 142, pp. 261-268.
- [28] Ahmed, F.N. and Lan C.Q., 2012, *Treatment of landfill leachate using membrane bioreactors: A review*, Desalination, Vol. 287, pp. 41-54.
- [29] Jenkins, B.M., Mannapperuma, J.D., Bakker R.R., 2003, *Biomass leachate treatment by reverse osmosis*, Fuel Processing Technology, Vol. 81, No. 3, pp. 223-246.
- [30] Enzminger, J.D., Robertson, D., Ahlert, R.C., Kosson, D.S., 1987, *Treatment of landfill leachates*, Journal of Hazardous Materials, Vol. 14, pp. 83-101.
- [31] Hasar, H., Unsal, S.A., Ubeyde I., Karatas, S., Cinar, O., Yaman, C., Kinaci, C., 2009, *Stripping/flocculation/membrane bioreactor/reverse osmosis treatment of municipal landfill leachate*, Journal of Hazardous Materials, Vol. 171, pp. 309-317.
- [32] Choo, K.H., Lee, C.H., 1996, *Membrane fouling mechanism in the membrane-coupled anaerobic bioreactor*, Water Resources Journal, Vol. 30, pp. 1771-1780.
- [33] Gotvajn, A.Z., Tisler, T., Koncan, J.Z., 2009, *Comparison of different treatment strategies for industrial landfill leachate*, Journal of Hazardous Materials, Vol. 162, pp. 1446-1456.