

Strona czasopisma: <http://analit.agh.edu.pl/>

# Uwalnianie jonów żelaza(III) do środowiska pod wpływem roztworów kwaśnych

## *Releasing of iron(III) ions into the environment under the influence of acidic solutions*

Martyna Drużyńska, Emilia Glanowska, Karolina Greń, Joanna Smajdor

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

**ABSTRAKT:** Artykuł porusza kwestię wymywania żelaza z odpadów przemysłowych. Badaniom zostały poddane trzy próbki: piaski formierskie, żużel ze spalarni odpadów oraz żużel stalowniczy. Na każdą z próbek działano roztworami kwaśnymi imitującymi kwaśne deszcze. Następnie przeprowadzono pomiary wykorzystując metodę spektrometrii UV-Vis, aby sprawdzić ile żelaza (III) uwalnia się z tego typu odpadów.

**ABSTRACT:** The article addresses the issue of iron leaching from industrial waste. Three samples were examined: foundry sands, slag from waste incineration, and steel slag. Each sample was treated with acidic solutions simulating acid rain. Subsequently, measurements were conducted using the UV-Vis spectrometry method to determine the amount of iron (III) released from these types of waste.

**Słowa kluczowe:** żużel, hałda, piaski formierskie, spektrofotometria, wymywanie, kwaśne deszcze, odpady stałe, żelazo

### 1. Wstęp

Coraz częściej mówi się, że żyjemy w dobie kryzysu klimatycznego. Powszechnym problemem dla naszego środowiska są nieodpowiednio składowane odpady. W 2020 roku państwa Unii Europejskiej wytworzyły aż 2 151 milionów ton odpadów [1]. W województwie małopolskim znajduje się około 753 hektarów składowisk odpadów niezrekultywowanych, a jedynie 0.2 hektara obszarów zrekultywowanych [1]. Źródła surowców bogatych w metale ciężkie bez wątpienia przynoszą zyski ekonomiczne dla regionu, jednak wydobywanie ich niesie ze sobą pewne konsekwencje geologiczne, między innymi zniszczenia terenu i zatrucie wód. Przemysł ten generuje także liczne zanieczyszczenia [3]. Żużle stalownicze i wielkopiecowe stanowią około 2.5% wszystkich wytworzonych odpadów. Zakład Odzysku Surowców Madrohut jest krakowską firmą zajmującą się składowaniem tego typu odpadów.



**Rysunek 1.** Hałda żużlu stalowniczego z zakładu Madrohut.

Opady atmosferyczne, w tym niebezpieczne dla środowiska kwaśne deszcze mogą przyczynić się do uwalniania metali ze składowanych zanieczyszczeń [4]. Uwolnione metale takie jak żelazo, miedź, cynk czy kadm przyczyniają się do degradacji terenu, a przekraczając pewne stężenie także negatywnie wpływają na zdrowie człowieka [2,5]. Niesamowicie ważne jest przeprowadzenie badań pod kątem wpływu kwaśnych deszczy oraz zrozumienia kinetyki uwalniania związków toksycznych, gdyż w przyszłości pomoże to zminimalizować migrację tych substancji [2].

Celem badań było oznaczenie jonów żelaza (III) w roztworach kwaśnych po siedmiodniowym procesie wymywania żelaza z odpadów stałych pobranych z miejsca składowania i przetwórstwa - zakładu Madrohut w Krakowie.

## 2. Materiały i metody

### 2.1. Przygotowanie próbki

Analizie poddano materiał pobrany z hałd, przedsiębiorstwa odzysku surowców Madrohut w Krakowie, na których składowano piaski formierskie, żużel z krakowskiej spalarni odpadów oraz żużel stalowniczy. Pobrane próbki poddano naturalnemu suszeniu przez okres 14 dni. Każdą z pobranych próbek poddano homogenizacji, która przebiegała w kilku etapach. Próbkę gleby zabezpieczono w bibułę i rozdrabniano wstępnie za pomocą młotka, w celu uzyskania drobniejszej frakcji, kolejno przesiano uzyskany materiał przez sito o średnicy oczek 0.75 mm, podziarno przeniesiono do moździerza agatowego i ucierano.



Rysunek 2. Jedna z próbek pobranych w zakładzie.

### 2.2. Przygotowanie próbki do wymywania

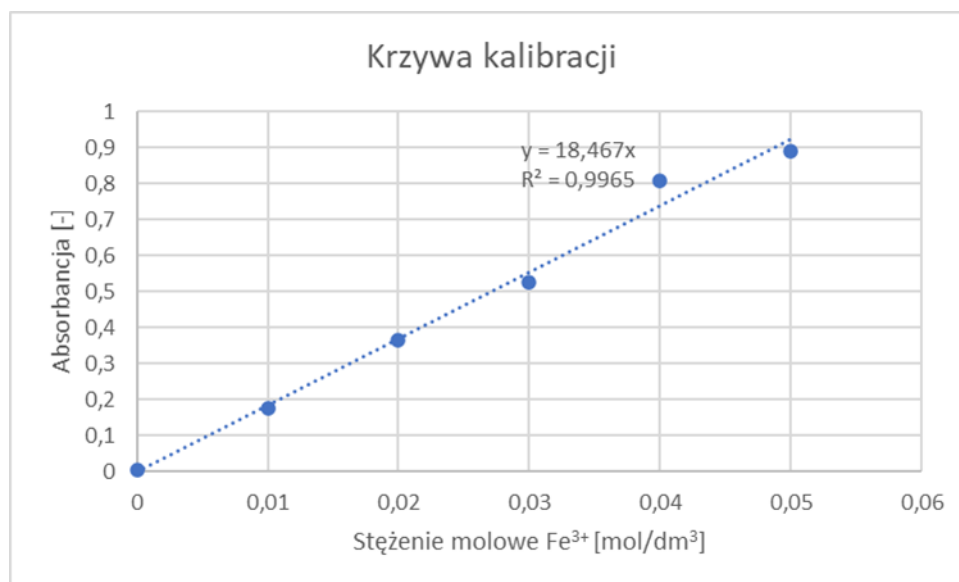
Odważono dwa razy po 0.5 g każdej z próbek na wadze RADWAG PS 450/X, naważki przeniesiono ilościowo do pojemników. Do pierwszej serii próbek wprowadzono po 25 ml roztworu imitującego kwaśne deszcze o pH wynoszącym 2.08 (pH-metr ELMETRON CPI-505) uzyskany w wyniku stopniowego dodawanie stężonego  $\text{HNO}_3$  do wody destylowanej. Drugą serię próbek zalano 25 ml wody destylowanej o pH wynoszącym 5.53. Wykorzystana woda destylowana miała przewodność właściwą  $4.61 \mu\text{S}/\text{cm}$  (konduktometr CRISON BASIC 30).

### 2.3. Oznaczenie zawartości żelaza(III)

Zawartość uwolnionego żelaza (III) oznaczono kolorymetrycznie z użyciem kwasu sulfosalicylowego, przygotowano serię roztworów wzorcowych o stężeniach mg/ml: 0.01, 0.02, 0.03, 0.04, 0.05. Uzyskano krzywą kalibracyjną o współczynniku determinacji  $R^2=0.9965$  i równaniu (1):

$$y=18.467 \cdot x \quad (1)$$

gdzie  $y$  to absorbancja, natomiast  $x$  to stężenie jonów żelaza(III).

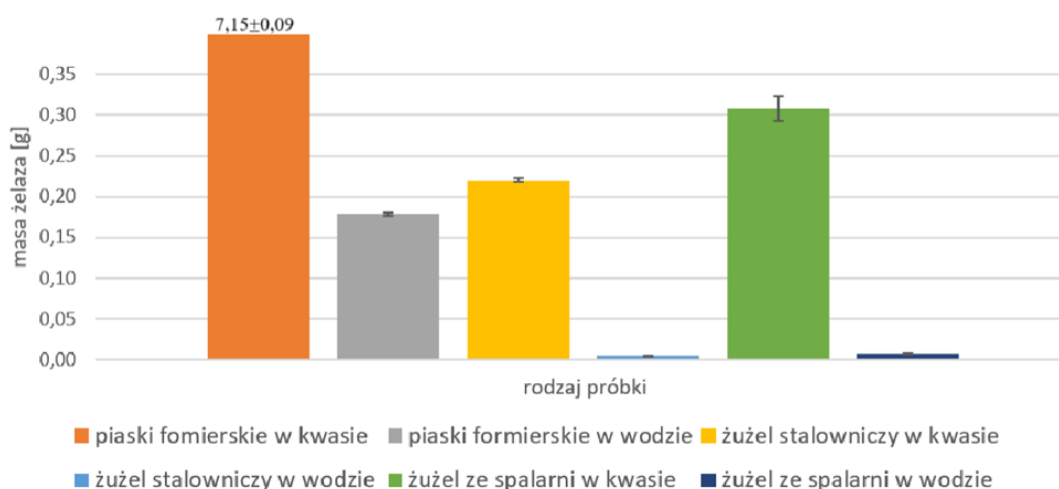


Rysunek 3. Krzywa Kalibracji.

Oznaczenia dokonano na spektrofotometrze UV-ViS PerkinElmer Lambda XLS, przy długości fali  $\lambda=423$  nm.

### 3. Wyniki i dyskusja

Otrzymane wyniki zawartości żelaza w próbkach zastawiono na wykresie (Rysunek 4).



Rysunek 4. Wykres ilości żelaza(III) uwolnionej ze 100g próbki.

Analizując otrzymane wyniki, można zauważyć, że z każdego pobranego kruszywa, wymyto znacznie większą zawartość żelaza (III) dla próbek roztwarzanych w roztworze o niższym pH. Dzieje się tak prawdopodobnie dlatego, że kwas dostarcza jony  $H^+$ , które reagują z żuzłem, dzięki czemu powstają związki żelaza rozpuszczalne w wodzie. Wynika z tego, iż kwaśne deszcze poza swoją toksycznością, mogą mieć kolejny szkodliwy efekt na środowisko, jakim jest uwalnianie żelaza z odpadów, które po dostaniu się do ekosystemu w zbyt dużych ilościach może zaburzyć jego równowagę.

Kolejnym wnioskiem, jaki można wysunąć interpretując wyniki, jest fakt, iż w piaskach formierskich znajdowało się najwięcej żelaza. Zarówno dla próbki z kwasem, jak i dla próbki z wodą, wyniki zawartości żelaza (III) są dużo wyższe dla piasku formierskiego, niż dla pozostałych dwóch kruszyw. W próbkach z piaskiem formierskim otrzymano około 25 razy większą zawartość żelaza (III), niż w próbkach z żuzłami.

Natomiast porównując ze sobą oba żuzłe, dla obu próbek - i w kwasie, i w wodzie, większą zawartość żelaza (III) oznaczono w próbkach z żuzłem ze spalarni, niż w próbkach z żuzłem stalowniczym. Może to być spowodowane różnymi przyczynami – spalanie mogło wpłynąć na wydzielanie się żelaza, jednak żuzłe miały też prawdopodobnie różny skład.

#### 4. Wnioski

Każde z badanych kruszyw z wysypiska śmieci zawierało metal ciężki jakim jest żelazo. Wymyta ilość żelaza (III) była zróżnicowana - największą zaobserwowano w piaskach formierskich, a z żuzłu stalowniczego wymyto mniej żelaza (III), niż z żuzłu ze spalarni. Środowisko, w jakim są przechowywane odpady ma duże znaczenie – roztwór o bardziej kwasowym odczynie wpłynął na ilość uwolnionego żelaza (III), co wskazuje, iż kwaśne deszcze ułatwiają migrację metali ciężkich do ekosystemu.

Aby lepiej poznać temat, a co za tym idzie podjąć kroki w lepszym dbaniu o środowisko, konieczne jest podjęcie dalszych badań w tym obszarze, które na przykład mogłyby się koncentrować na sprawdzeniu zmiany zawartości żelaza (III) w funkcji czasu.

#### Literatura

- [1] Główny Urząd Statystyczny - Ochrona środowiska 2022
- [2] W. Li, Y. Deng, 2024, Potential risk, leaching behavior and mechanism of heavy metals from mine tailings under acid rain, *Chemosphere* <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.14099>
- [3] X.Lu Xu, N. Qi Shen, 2013, Study on the Problems and Control Measures of Geological Environment in the Qianbaoling Mining Area, *Environmental Enginiering* <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.864-867.2683>
- [4] C. Cánovas, R. González, 2023, Metal mobility and bioaccessibility from cyanide leaching heaps in a historical mine site, *Hazardous Materials* <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2023.130948>
- [5] 2010, Influence of accumulation of heaps of steel slag on the environment: determination of heavy metals content in the soils <https://doi.org/10.1590/S0001-37652010000200003>