

## 14. Streszczenie

Barwniki syntetyczne i pigmenty znajdują zastosowanie w prawie każdej dziedzinie przemysłu. Przemysł garbarski, spożywczy, papierniczy i kosmetyczny odpowiadają za generowanie dużych ilości barwnych zanieczyszczeń, jednak największe ilości ścieków barwnych wytwarzane są przez przemysł włókienniczy (4 – 8 mln m<sup>3</sup>/rok). Na każdym etapie produkcji, barwienia i wielokrotnego użytkowania produktów barwnych powstają zanieczyszczenia, które przedostają się do ścieków, wód powierzchniowych i gleby. W przemyśle włókienniczym straty podczas stosowania barwników mogą sięgać od 2% (barwniki zasadowe) do nawet 50% (barwniki reaktywne). Substancje barwiące należą bowiem do związków trudno biodegradowalnych i nie są podatne na działanie światła, temperatury. Wykazano, że nawet częściowa biodegradacja barwników może powodować powstanie wielu szkodliwych i toksycznych produktów. Problemy pojawiające się podczas barwienia takie jak nadmiar użytych barwników, ich pozostałość w zużytych kąpielach barwiarских, czy straty barwników na kolejnych etapach obróbki tkanin, wpływają na przedostawanie się barwników do ścieków, a w połączeniu z niewystarczającą efektywnością konwencjonalnych metod oczyszczania, mogą powodować degradację środowiska wodnego.

W pracy przedstawiono wyniki badań dotyczące dekoloryzacji ścieków barwnych oraz obniżania toksyczności i ilości związków organicznych w nich zawartych. Na podstawie przeprowadzonego rozeznania literaturowego, rozpoznania uwarunkowań prawnych i techniczno – technologicznych oraz wstępnych badań własnych, wskazano alternatywne metody, umożliwiające dekoloryzację ścieków barwnych. W tym celu zastosowano metodę klasycznego Fentona wraz z jej dwiema modyfikacjami (z nanożelazem i żelazem zerowartościowym) oraz innowacyjną metodę utleniania chemicznego z zastosowaniem żelazianu(VI) potasu, która jest rzadko stosowana w skali przemysłowej. W pracy przedstawiono wyniki badań roztworów wodnych trzech barwników (Acid Red 27, Reactive Black 5 i Acid Green 16) oraz ścieków modelowych zawierających te barwniki. W celu planowania eksperymentów zastosowano statystyczną metodę planowania i analizy doświadczeń – metodę powierzchni odpowiedzi. Przeprowadzone badania laboratoryjne na ww. ściekach wskazały na możliwość całkowitej ich dekoloryzacji, jednak wskazały na różną skuteczność obniżania wartości ChZT oraz toksyczności. Największą skutecznością obniżenia wartości ChZT cechowała się metoda z K<sub>2</sub>FeO<sub>4</sub>. Dla roztworów wodnych barwników uzyskano 88% obniżenia wartości ChZT, wraz z detoksykacją roztworów. Dla ścieków modelowych zawierających AG16 oraz ścieków modelowych zawierających mieszaninę barwników uzyskano odpowiednio 98% i 96% obniżenia wartości ChZT wraz z ich detoksykacją. Metody Fe<sup>0</sup>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> i nFe/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> wykazywały podobną efektywność, natomiast najmniejszą efektywnością cechowała się metoda Fe<sup>2+</sup>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Otrzymane wyniki badań poddano krytycznej dyskusji, w oparciu o dostępne dane literaturowe. Sformułowano również wnioski oraz przedstawiono możliwe kierunki dalszych badań.

## 15. Summary

Synthetic dyes and pigments are used in almost every field of industry. The tanning, food, paper and cosmetics industries are responsible for generating large amounts of colored impurities, however, the largest amounts of wastewater are produced by the textile industry (4 – 8 million m<sup>3</sup>/year). At each stage of production, dyeing and repeated use of colored products, impurities are formed that enter sewages, surface waters and soil. In the textile industry, losses during the use of dyes can range from 2% (alkaline dyes) to even 50% (reactive dyes). Coloring substances belong to hardly biodegradable compounds and are not susceptible to light or temperature. It has been shown that even the partial biodegradation of dyes can create many harmful and toxic products. Problems, which occurred during dyeing, such as excess dyes used, their residue in used dyeing baths, or dye losses in the subsequent stages of fabric treatment, affect the penetration of dyes to sewage and in combination with insufficient efficiency of conventional purification methods, can cause degradation of the aquatic environment.

The paper presents the research results of colored wastewaters decolorization, toxicity and COD reduction. On the basis of literature research, recognition of legal and technical – technological conditions, as well as preliminary own research, alternative methods have been indicated that enable the decolourisation of color wastewater. For this purpose, the classic Fenton method was used along with its two modifications (with nano iron and zero-valent iron) and an innovative method of chemical oxidation using potassium ferrate(VI), which is rarely used in an industrial scale. The paper presents the results of aqueous solutions investigations of three dyes (Acid Red 27, Reactive Black 5 and Acid Green 16) and model wastewater containing these dyes. In order to plan the experiments, a statistical method of planning and analysis of the experiments was applied – the response surface methodology. Laboratory tests carried out on the above wastewater indicated the possibility of their complete decolorization, however, they indicated different efficiency of reducing COD and toxicity value. K<sub>2</sub>FeO<sub>4</sub> method was characterized by the highest efficiency of COD reduction. For aqueous dyes solutions, 88% COD reduction was obtained, along with their detoxification. For synthetic wastewater containing AG16 and synthetic wastewater containing a mixture of dyes, respectively 98% and 96% COD reduction, with their detoxification, were obtained. Fe<sup>0</sup>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> and nFe/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> methods showed similar effectiveness, while the Fe<sup>2+</sup>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> method was the least effective. The obtained research results were critically discussed, based on available literature data. Conclusions were also formulated and possible directions for further research were presented.