



## GELEŽINKELIO TRANSPORTO TALPOS PLOVIMO VANDENS SORBCINIO VALYMO VERTINIMAS

Inga Sviackevičiūtė<sup>1</sup>, Marina Valentukevičienė<sup>2</sup>

*VGTU AIF Aplinkos apsaugos ir vandens inžinerijos katedra*  
*El. paštas: <sup>1</sup>sviackeviciute@gmail.com; <sup>2</sup>marina.valentukeviciene@vgtu.lt*

**Anotacija.** Straipsnyje nagrinėjamas sorbcinis geležinkelio transporto talpyklų plovimo vandens valymas. Tyrimo metu buvo išbandytas mineralinis sorbentas, kuris buvo dozuojamas į tiriamąjį vandenį, esant 21 °C temperatūrai, kitam bandymui – 70 °C ir užtikrinama 30 minučių kontakto trukmė. Vanduo tyrimams atlikti buvo paimtas iš geležinkelio transporto talpyklų plovimo vandens kaupimo talpyklos. Atlikus eksperimentus buvo nustatyta, kad veikiant sorbentui drumstumo mažinimo efektyvumas buvo 64 %, spalvingumo iki 56 % bei bendrosios geležies koncentracijos iki 68 %. Tyrimo metu buvo matuojamas pH, temperatūra, cheminis deguonies suvartojimas, sunkiųjų metalų (švino ir vario) koncentracijos, skendinčiosios medžiagos, naftos koncentracija.

**Reikšminiai žodžiai:** pakartotinis vandens panaudojimas, sorbcija, sorbentas, valymo efektyvumas.

### Įvadas

Pastaraisiais dešimtmečiais pasaulyje vidutiniškai per metus buvo išleidžiama apie 10 000 milijonų tonų nuotekų, kuriose gausu naftos produktų (Banerjee, Joshi ir Jayaram, 2006; Jamaly, Giwa ir Hasan, 2015). Išleisus neišvalytas nuotekas į aplinkinius vandens telkinius ar nuotekų surinkimo sistemas, jos daro neigiamą įtaką supančiai gamtai, žmogaus sveikatai bei eksploatuojamai infrastruktūrai. Upių baseinai, kurie yra tarp Europos Sąjungos ir kitų kaimyninių valstybių, yra itin jautrūs vandens kokybės pokyčiams, todėl atsižvelgiant į tarptautinius reikalavimus vandens kokybė yra atidžiai prižiūrima (Valentukevičienė, Bagdžiūnaitė-Litvinaitienė, Chadyšas ir Litvinaitis, 2018).

Šiaurės Lietuvoje esančioje geležinkelio transporto talpų vidaus plovimo procesams naudojamas lietaus vanduo. Panaudotas plovimui vanduo yra valomas valymo įrenginiuose su naftos skirtuvais bei smėlio šalintuvais, pašildomas ir pakartotinai naudojamas plovimo reikmėms. Vandens kokybės rodikliams neatitinkant plovimo vandeniui taikomų ribų, šis vanduo yra nukreipiamas valymui, o sistema pripildoma plovimo teritorijoje surinktu lietaus vandeniu.

Plovimo vanduo į aplinkinius vandens telkinius ar esamą nuotekų surinkimo sistemą be papildomo valymo

negali būti išleidžiamas, nes po plovimo vanduo yra užterštas naftos produktais ir sunkiaisiais metalais. Kad vandenį būtų galima naudoti pakartotinai, valytame vandenyje turi būti sumažinti spalvingumo, drumstumo ir geležies koncentracijos rodikliai.

Plovimo vandens valymui naudojamos įvairios sorbcinės medžiagos t. y. antracitas (Moazed ir Viraraghavan, 2007), medienos pjuvenos (Banerjee ir kt., 2006), ryžių luobelės (Baiseitov ir kt., 2015), kokoso palmės pluoštas (Gonzalez ir kt., 2008) ir kt. Mineralinis granuliuotas sorbentas gali būti naudojamas mažinant valomo vandens drumstumo, spalvingumo ir geležies koncentracijos rodiklius.

Plovimo vandens valymo technologija geležinkelio transporto talpyklas plaunančiai įmonei turėtų suteikti galimybę išvalytą vandenį naudoti pakartotinai. Taikant sorbcinius plovimo vandens valymo metodus būtų pasiekta aplinkosauginė ir ekonominė nauda, tausojami gamtos išteklių.

Tyrimų tikslas – siekiant prisitaikyti prie esamos pakartotinio vandens naudojimo technologijos veikimo iširti geležinkelio transporto talpyklų plovimo vandenį bei kokybės rodiklių kaitą jį valant mineralinio sorbento granulėmis.

## Tyrimo objektas ir metodika

Eksperimento metu buvo tiriama geležinkelio transporto talpyklų plovimo vanduo. Vilniaus Gedimino technikos universiteto laboratorijoje tyrimų metu buvo nustatytos vandens kokybės rodiklių vertės (1 lentelė). Eksperimentų metu buvo tiriami šie rodikliai: skendinčiosios medžiagos, bendrosios geležies koncentracija, spalvingumas, drumstumas, savitasis elektrinis laidumas, vandenilio potencialas (pH), cheminis deguonies suvartojimas (ChDS<sub>Cr</sub>), sunkiųjų metalų (vario ir švino) koncentracija bei naftos produktų koncentracija.

Eksperimentas pradamas į aštuonis vienodo tūrio indus įpilant po 500 ml tiriamojo vandens. Keturi indai yra įdedami į kaitinimo vonelę, kurioje tiriamojo vandens temperatūra yra pakeliama iki 70 °C. Į visus aštuonis indus su tiriamuoju vandeniu įdedami skirtingi mineralinio sorbento kiekiai (10 g, 20 g, 30 g, 40 g). Matavimo induose esantis vanduo su sorbentu buvo maišomas maišykle 30 min. 60 aps/min. greičiu. Po maišymo bendrosios geležies koncentracijos nustatymui į stiklinį mėgintuvėlį naudojant elektrinę pipetę yra įpilama 5 ml tiriamojo tirpalo, įlašinami trys lašai Fe-AN reagento, pamaišoma ir paliekama ramybės būsenoje 3 minutes reakcijai įvykti. Praėjus trims minutėms, šio tirpalo yra įpilama į 10 mm stiklinę kiuvetę iki ribos bei įstatoma į „MERC NOVA 60“ spektrofotometrą.

1 lentelė. Tuščiojo mėginio vandens kokybės rodikliai

Rodiklis	Matavimo vienetai	Rodiklio vertė ± SN
Skendinčiosios medžiagos	mg/l	119,8 ± 0,0003
Bendrosios geležies koncentracija	mg/l	0,53 ± 0,011
Drumstumas	NDV	35,00 ± 0,042
Spalvingumas	mg/l (Pt)	659,02 ± 0,8
Savitasis elektrinis laidumas	μS/cm	287 ± 0,1
Vandenilio potencialas (pH)	pH	7,32 ± 0,5
Cheminis deguonies suvartojimas (ChDS <sub>Cr</sub> )	mg/l	2668,8 ± 1,6
Naftos produktų koncentracija	mg/l	42,00 ± 0,1
Vario koncentracija	mg/l	0,0113 ± 0,004
Švino koncentracija	mg/l	0,0002 ± 0,0005

Pastaba. SN – standartinis nuokrypis.

\* Pateikta vidutinė koncentracija išmatavus tris kartus, mėginį gerai išmaišius.

Cheminiam deguonies suvartojimui (ChDS<sub>Cr</sub>) nustatyti į reakcijos kolbą įpilama 10 ml tiriamojo mėginio ir 5 ml ± 0,01 ml 0,125 N kalio bichromato tirpalo. Viskas

gerai išmaišoma. Į tiriamąją dalį įdedamos stiklinės virinimo pagalbinės priemonės. Lėtai įpilama 15 ml sidabro sulfato – sieros rūgšties tirpalo ir tuomet kolba iš karto prijungiama prie kondensatoriaus „ECO 6 Thermoreactor“. Mišinys kaitinamas 110 min. esant 150 °C temperatūrai. Baigus kaitinimą mišinys atvėsina iki kambario temperatūros. Įlašinus 4 lašus feroino, indikatoriaus bichromato perteklius buvo nutrituotas su amonio–geležies (II) sulfatu, kol tirpalo spalva tapo ruda. Cheminis deguonies suvartojimas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$\frac{8000 \cdot c \cdot (V_1 - V_2)}{V_0}, \text{ mg/g}, \quad (1)$$

čia:  $c$  – amonio – geležies (II) sulfato koncentracija, lygi 0,12 mol/l;  $V_0$  – mėginio tiriamosios dalos tūris prieš skiedimą, ml;  $V_1$  – amonio – geležies (II) sulfato tūris, sunaudotas tuščiojo mėginio titravimui, ml;  $V_2$  – amonio – geležies (II) sulfato tūris, sunaudotas mėginio tiriamosios dalos titravimui, ml; 800 – ½ O<sub>2</sub> molinė masė, mg/l.

Buvo nustatomi valyto vandens skendinčiųjų medžiagų spalvingumo, drumstumo, pH, savitojo elektrinio laidumo, naftos produktų koncentracijos bei sunkiųjų metalų (vario ir švino) koncentracijos rodikliai.

## Tyrimų rezultatai ir jų analizė

Naudojant eksperimento rezultatus, nustatoma sorbento sorbcinės gebos priklausomybė nuo įterpto sorbento kiekio:

$$q = (c_0 - c) \cdot V / m, \text{ mg/g}, \quad (2)$$

čia:  $q$  – sorbento sorbcinė geba, mg/g;  $V$  – tiriamojo vandens tūris, l;  $c_0$  – pradinė tiriamųjų junginių koncentracija, mg/l;  $c$  – tiriamųjų junginių koncentracija po sorbcijos, mg/l;  $m$  – sauso sorbento masė, g.

Pirmojo bandymo metu, kai naudojama 10 g mineralinio sorbento 0,5 l vandenyje, iš 21 °C tiriamojo vandens buvo pašalinta 0,25 mg bendrosios geležies, o vandens temperatūrai esant 70 °C – buvo pašalinta 0,07 mg geležies. Sorbentas pašalino 36,7 mg naftos produktų, esant vandens temperatūrai 21 °C. Eksperimentą atliekant su 70 °C temperatūros tiriamuoju vandeniu sorbentas pašalino 21,6 mg naftos produktų.

Antrojo bandymo metu naudojant 20 g gipso granulių sorbento, jis iš 21 °C ir 70 °C temperatūros vandens adsorbavo atitinkamai 0,30 mg ir 0,13 mg bendrosios geležies. Sorbentas pašalino 38,5 mg naftos produktų. Eksperimentą atliekant su 70 °C temperatūros tiriamuoju vandeniu sorbentas pašalino 22,7 mg naftos produktų.

Trečiojo bandymo metu, naudojant 30 g sorbento 0,5 l vandenyje, sorbentas iš vandens pašalino 0,36 mg ir 0,15 mg bendrosios geležies. Sorbentas pašalino 38,1 mg naftos produktų. Eksperimentą atliekant su 70 °C temperatūros tiriamuoju vandeniu sorbentas pašalino 21,1 mg naftos produktų.

Ketvirtojo bandymo metu, įterpiant 40 g sorbento 0,5 l vandenyje, sorbentas iš vandens pašalino 0,32 mg ir 0,17 mg bendrosios geležies teršalo. Sorbentas pašalino 37,5 mg naftos produktų. Eksperimentą atliekant su 70 °C temperatūros tiriamuoju vandeniu sorbentas pašalino 21,2 mg naftos produktų.

Kylant vandens tirpalo temperatūrai Van der Valso traukos jėgos tarp sorbento ir šalinamųjų junginių silpnėja, dėl to mažėja sorbento sorbcinė geba (Horsfall ir Spiff, 2005). Bendrosios geležies išvalymo efektyvumas yra 47,2 – 67,9 % (21°C) ir 5,7 % – 23,3 (70 °C). Gauti bendrosios geležies šalinimo rezultatai yra pakankami, kad būtų galima užtikrinti tinkamą vandens išvalymą. Tiriamojo vandens temperatūrai esant 21 °C ChDS<sub>Cr</sub> mažinimo efektyvumas siekia 37,4 %, naftos produktų – 91,7 %. Tiriamojo vandens temperatūrai esant 70 °C temperatūrai naftos produktų šalinimo efektyvumas siekia – 82,75 %.

2 lentelė. Tyrimų rezultatai tyrimus atliekant su 21 °C temperatūros tiriamuoju vandeniu

Sorbento masė, g ± 1,0·10 <sup>-4</sup> SN	0	10	20	30	40
Bendrosios geležies koncentracija, mg/l ± 3,0·10 <sup>-4</sup> SN	0,53	0,28	0,23	0,17	0,21
Drumstumas, NDV ± 10 SN	35,0	19,8	16,5	12,8	15,0
Spalvingumas, mg/l (Pt) ± 99,7 SN	659,02	408,77	355,93	290,13	329,01
Cheminis deguonies suvartojimas, mg/l, ± 1,6 SN	2668,8	3004,8	1670,4	1852,8	2380,8
Naftos produktų koncentracija, mg/l ± 0,1 SN	42,0	5,3	3,5	3,9	4,5
Sorbcinė geba (naftos konc.), mg/g ± 0,86 SN	–	1,83	0,96	0,63	0,47

Pastaba. SN – standartinis nuokrypis.

\* Pateikta vidutinė koncentracija išmatavus tris kartus, mėginį gerai išmaišius.

Atlikus bandymus su 21 °C temperatūros tiriamuoju vandeniu nustatyta, kad geriausias bendrosios geležies sorbcijos rezultatas gautas naudojant 30 g mineralinio sorbento, o naftos dalelių koncentracijos – įdėjus 20 g sorbento.

3 lentelė. Tyrimų rezultatai tyrimus atliekant su 70 °C temperatūros tiriamuoju vandeniu

Sorbento masė, g ± 1,0·10 <sup>-4</sup> SN	0	10	20	30	40
Bendrosios geležies koncentracija, mg/l ± 3,0·10 <sup>-4</sup> SN	0,30	0,23	0,17	0,15	0,13
Drumstumas, NDV ± 10 SN	15,8	11,3	7,1	6,0	5,7
Spalvingumas, mg/l (Pt) ± 99,7 SN	371,88	300,10	225,32	215,35	212,36
Cheminis deguonies suvartojimas, mg/l, ± 1,6 SN	1411,2	1824,0	1526,4	2246,4	2016,0
Naftos produktų koncentracija, mg/l ± 0,1 SN	25,5	3,9	2,8	4,4	4,3
Sorbcinė geba (naftos konc.), mg/g ± 0,86 SN	–	1,08	0,57	0,35	0,27

Pastaba. SN – standartinis nuokrypis.

\* Pateikta vidutinė koncentracija išmatavus tris kartus, mėginį gerai išmaišius.

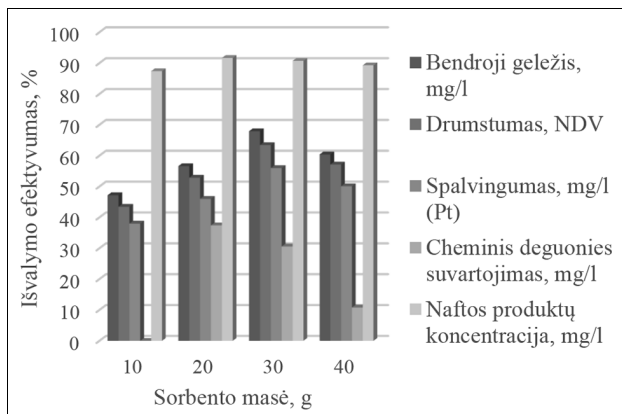
Tyrimų rezultatai pateikiami 2 lentelėje (21 °C) ir 3 lentelėje (70 °C).

Pašildytame vandenyje nustatyta bendrosios geležies koncentracija 0,30 mg/l, cheminis deguonies suvartojimas 1411,2 mg/l, naftos dalelių koncentracija 25,5 mg/l.

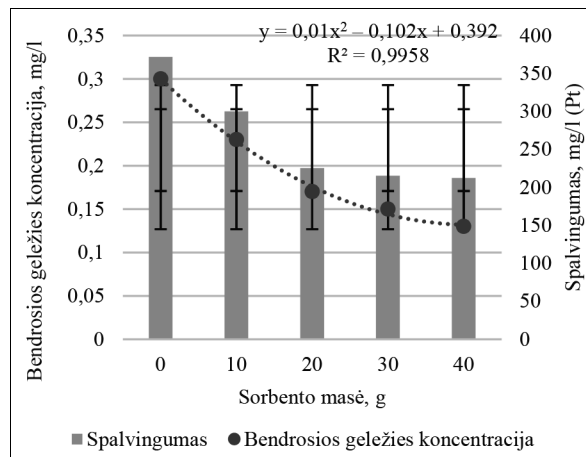
Tiriamojo vandens temperatūrai esant 70 °C laipsnių nustatyta, kad geriausias bendrosios geležies sorbcijos rezultatas gautas naudojant 40 g mineralinio sorbento, naftos dalelių koncentracijos – 20 g sorbento.

Teršalų šalinimo efektyvumo duomenys esant skirtingoms temperatūroms pavaizduoti 1 paveiksle (21 °C) ir 2 paveiksle (70 °C). Bendrosios geležies šalinimo efektyvumas kylant temperatūrai sumažėja vidutiniškai 14,7 %, drumstumo – 1,8 %, spalvingumo – 11,6 %.

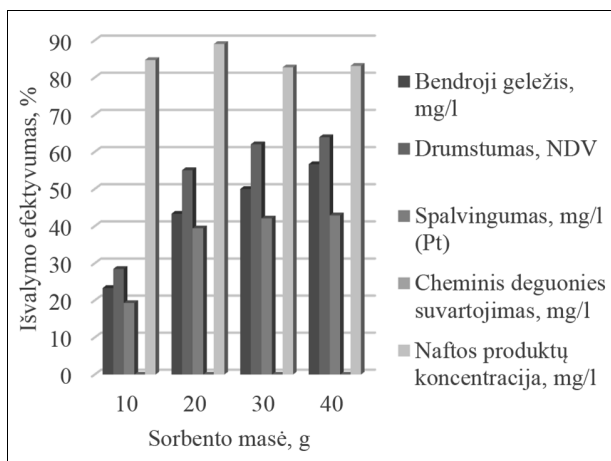
Atlikus eksperimentus su skirtingų temperatūrų vandeniu pastebėta stipri bendrosios geležies ir spalvingumo šalinimo priklausomybė naudojant skirtingus mineralinio



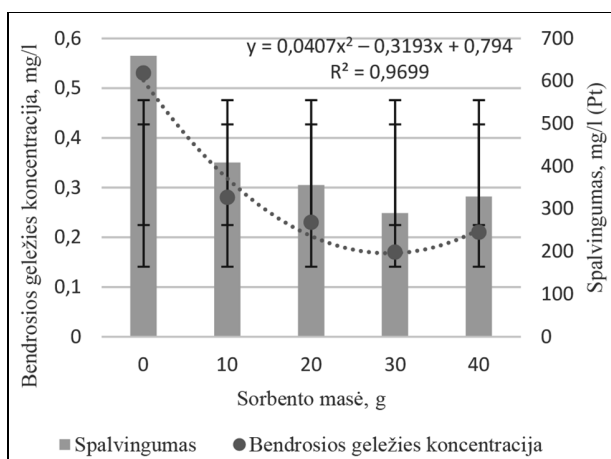
1 paveikslas. Vandens išvalymo efektyvumas atliekant tyrimus su skirtingais sorbento kiekiais vandens temperatūrai esant 21 °C



4 paveikslas. Bendrosios geležies ir spalvingumo šalinimo priklausomybė taikant skirtingus sorbento kiekius ir esant 70 °C temperatūrai



2 paveikslas. Vandens išvalymo efektyvumas atliekant tyrimus su skirtingais sorbento kiekiais vandens temperatūrai esant 70 °C



3 paveikslas. Bendrosios geležies ir spalvingumo šalinimo priklausomybė taikant skirtingus sorbento kiekius ir esant 21 °C temperatūrai

granuliuoto sorbento kiekius. Vandenyje esantys trivalentės geležies jonai turi įtakos vandens spalvai. Dėl šių jonų buvimo tirpalo spalva gali tapti rausva arba ruda. Todėl iš vandens šalinant bendrąją geležį spalvingumas mažėja, nes kartu yra šalinami ir trivalentės geležies jonai. Pasirinkus sorbentą, kuris geba geriau absorbuoti geležies jonus, būtų pasiekiami geresni spalvingumo mažinimo rezultatai.

21 °C ir 70 °C laipsnių temperatūros vandenyje nenaudojant sorbento ir esant didžiausiai bendrosios geležies koncentracijai, taip pat išmatuotas didžiausias spalvingumas. Į 21 °C temperatūros vandenį įdėjus 30 g sorbento, išmatuotos mažiausios geležies koncentracijos bei spalvingumo reikšmės (3 paveikslas). 70 °C temperatūros vandenyje žemiausia bendrosios geležies koncentracija buvo išmatuota naudojant 40 g sorbento. Taikant šį sorbento kiekį spalvingumo reikšmė taip pat buvo mažiausia (4 paveikslas).

## Išvados

1. Sorbcinės gebos mažėjimui didelę įtaką turi temperatūra. Nustatyta, kad 70 °C temperatūros tiriamajame vandenyje naudojant mineralinį sorbentą geležies sorbcinė geba mažėja 2,5 karto, lyginant su 21 °C temperatūros tiriamuoju vandeniu.
2. Naftos produktų sorbcinė geba naudojant mineralinį sorbentą yra 1,7 karto mažesnė esant 70 °C temperatūros tiriamajam vandeniui.
3. Didėjant tiriamojo vandens temperatūrai nuo 21 °C iki 70 °C visų tiriamųjų teršalų šalinimo efektyvumas mažėja vidutiniškai 2,0 % – 15,0 %.
4. Iš vandens šalinant bendrąją geležį, tiriamojo vandens spalva dėl trivalentės geležies jonų, kurie vandeniui suteikia rausvą ar rudą spalvą, taip pat silpnėja.

## Padėkos

Autorės nuoširdžiai dėkoja geležinkelių įmonės darbuotojams už pagalbą ir plovimo vandens mėginius.

## Literatūra

- Baiseitov, D. A., Tulepov, M. I., Sassykova, L. R., Gabdrashova, Sh. E., Gul'dana, E., Zhumabai, D. A., Kudaibergenoc, K. K., & Mansurov, Z. A. (2015). The sorbents for collection of oil and petroleum of the phytogenesis. *International Journal of Chemical Sciences*, 13(2), 1027-1033. <https://www.tsijournals.com/abstract/the-sorbents-for-collection-of-oil-and-petroleum-of-the-phytogenesis-10295.html>
- Banerjee, S. S., Joshi, M. V., & Jayaram, R. V. (2006). Treatment of oil spill by sorption technique using fatty acid grafted sawdust. *Chemosphere*, 64(6), 1026-1031. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2006.01.065>
- Gonzalez, M. H., Araujo, G. C. L., Pelizaro, C. B., Menezes, E. A., Lemos, S. G., Sousa, G. B., & Nogueira, A. R. A. (2008). Coconut coir as biosorbent for Cr(VI) removal from laboratory wastewater. *Journal of Hazardous Materials*, 159(2-3), 252-256. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2008.02.014>
- Horsfall, M. Jnr., & Spiff, A. I. (2005). Effects of temperature on the sorption of Pb<sup>2+</sup> and Cd<sup>2+</sup> from aqueous solution by *Caladium bicolor* (Wild Cocoyam) biomass. *Electronic Journal of Biotechnology*, 8(2), 162-169. <https://doi.org/10.2225/vol8-issue2-fulltext-4>

- Jamaly, S., Giwa, A., & Hasan, S. W. (2015). Recent improvements in oily wastewater treatment: Progress, challenges, and future opportunities. *Journal of Environmental Sciences*, 37, 15-30. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2015.04.011>
- Moazed, H., & Viraraghavan, T. (2007). Use of organo-clay / anthracite mixture in the separation of oil from oily waters. *Energy Sources*, 27(1-2), 101-112. <https://doi.org/10.1080/00908310490448145>
- Valentukevičienė, M., Bagdžiūnaitė-Litvinaitienė, L., Chadyšas, V., & Litvinaitis, A. (2018). Evaluating the impacts of integrated pollution on water quality of the trans-boundary Neris (Viliya) river. *Sustainability*, 10(11), 4239. <https://doi.org/10.3390/su10114239>

## EVALUATING RAILCAR WASH WATER TREATMENT USING SORPTION METHOD

I. Sviackevičiūtė, M. Valentukevičienė

### Summary

Water which was retained from railcar washing plant and treated by using sorption method is analysed in this article. During experiment sorbent was mixed into railcar wash effluents, when in one experiment the temperature of water was 21 °C and in the other – 70 °C. The samples were taken after 30 minutes of contact time. Water for the experiments was taken from the railcar wash effluents gathering reservoir. Obtained results showed that removal efficiency of turbidity was 64%, 56% of color and 68% of iron concentration. Temperature, pH, chemical oxygen demand (COD), heavy metals (lead and copper) concentration, suspended solids and oil concentration were also measured during this study.

**Keywords:** water reuse, sorption, sorbent, treatment efficiency.