

## DAŽIKLIŲ ŠALINIMO IŠ NUOTEKŲ EKSPERIMENTINIAI TYRIMAI NAUDOJANT IŠ AUTOMOBILIŲ PADANGŲ ATLIEKŲ PAGAMINTAS DEVULKANIZUOTOS GUMOS GRANULES

Monika Liugė<sup>1</sup>, Dainius Paliulis<sup>2</sup>

*Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Aplinkos inžinerijos fakultetas,  
Aplinkos apsaugos ir vandens inžinerijos katedra*

El. p.: <sup>1</sup>monika.liuge@vilniustech.lt; <sup>2</sup>dainius.paliulis@vilniustech.lt

**Anotacija.** Darbe nagrinėjama tekstilės pramonėje naudojamų dažiklių šalinimo iš nuotekų problema. Darbo tikslas – iš automobilių padangų atliekų pagamintų devulkanizuotos gumos granulių naudojimo naftolio žaliavo B dažikliui šalinti iš dirbtinai užteršto vandens galimybių įvertinimas. Eksperimente naudota 1–2 mm dydžio gumos granulių frakcija. Eksperimentiniai sorbcijos tyrimai atlikti siaurame pH verčių intervale, kuris kito nuo 6,0 iki 7,0. Dažiklio sorbcijos procesas tirtas 1 valandą nuolat maišant magnetine maišykle vandeninius dažiklio tirpalus su gumos granulių mėginiais. Tirpalo spalvotumo pokyčiui po sorbcijos įvertinti pasirinktas spektrofotometrinis analizės metodas, matuojant tirpalų optinį tankį, kai bangos ilgis – 484 nm. Prieš atliekant matavimus su fotokolorimetru, sudaryta kalibracinė kreivė. Ištirpusios anglies kiekis vandeniniuose tirpaluose nustatytas naudojant anglies analizatorių „Shimadzu TOC“. Adsorbcijos efektyvumo vertės svyravo nuo 9,88 % iki 94,68 %. Mėginiuose ištirpusios anglies koncentracija po sorbcijos proceso nesumažėjo, nes gumos granulės tapo antrinės taršos priežastimi. Didinant pH reikšmę nuo 6,0 iki 8,5 buvo pastebėta, kad nedaug padidėjo dažiklio naftolio žaliavo B vandeninio tirpalo optinis tankis. Remiantis rezultatais galima manyti, jog tirpalo pH pasikeitimas po sorbcijos proceso neturėjo reikšmingos įtakos procesui.

**Reikšminiai žodžiai:** dažikliai, naftolis žaliavasis B, sorbcija, devulkanizuota guma.

### Įvadas

Lietuva yra turtinga požeminio vandens išteklių: Lietuvos geologijos tarnybos duomenimis, šiuo metu mūsų šalyje yra 1780 vandenviečių, įregistruotų Žemės gelmių registre (Lietuvos geologijos tarnyba, 2022). Lietuvoje geriamajam vandeniui naudojamas požeminis vanduo, kurio kokybė, monitoringo duomenimis, didesnėje vandenviečių dalyje, yra gera. Deja, bet kitos Europos ar pasaulio šalys negali pasigirti tokia gera vandens kokybe miestuose. Chemijos pramonė, dėl nuolat didėjančio žmonių skaičiaus apimtis didinantis žemės ūkis, gamybos ar transporto sektorius – tai pagrindinės aplinkos orą, dirvožemį ar vandens telkinius teršiančios pramonės šakos (Rahman et al., 2021).

Per pastaruosius 20 metų pasaulinė pluošto gamyba, kuri yra viena iš daugiausia vandens sunaudojančių pramonės šakų, išaugo beveik dvigubai: nuo 58 mln. tonų 2000 m. iki 109 milijonų tonų 2020 m. (Preferred Fiber & Materials Market Report, 2021). Ekonominio bendradarbiavimo ir plėtros organizacijos (EBPO) duomenimis,

tekstilės pramonė yra viena iš daugiausia vandens sunaudojančių pramonės šakų. Susidariusiose nuotekose aptinkama dažiklių, sunkiųjų metalų (chromo, cinko, geležies, švino, gyvsidabrio, kobalto, vario ir kt.), sulfatų, chloridų, naftos produktų ir kitų aplinką teršiančių cheminių medžiagų (Wei et al., 2020). Tekstilės pramonės nuotekose aptinkama dažiklių, kurie daro didelę žalą aplinkai ir sukelia ilgalaikį neigiamą poveikį žmonių sveikatai (Slama et al., 2021). Dažikliai veikia kai kuriuos gyvybiškai svarbius žmonių organus, pavyzdžiui, smegenis, inkstus, kepenis ar širdį (Kishor et al., 2021). Tiesiogiai įkvėpus minėtų medžiagų gali pasireikšti kvėpavimo sutrikimai, astma, alergija, pykinimas ar net odos ir akių dirginimas, dermatitas (Slama et al., 2021). Sintetiniai dažikliai yra biologiškai besikaupiantys, toksiški, mutageniški ir kancerogeniški (Ardila-Leal et al., 2021).

Naftolis žaliavasis B yra geležies kompleksinis junginys, priskiriamas prie rūgštinių dažiklių grupės. Dažikliai yra skysti, miltelių, pastų ar granulių pavidalo. Naftolio žaliavasis B yra tirpus vandenyje dažiklis, kurio molekulinė

formulė –  $C_{30}H_{15}FeN_3Na_3O_{15}S_3$  (Gunasundari et al., 2020). Ši medžiaga naudojama kolagenui, taip pat vilnai, nailonui, popieriui ir muilui nudažyti. Rūgštiniai dažikliai – vandenyje tirpūs anijoniniai dažai, turintys rūgščių grupių (Samsami et al., 2020).

Automobilių padangos, kurios yra didžiausia pasaulyje polimerų atliekų dalis, dažniausiai šalinamos jas sudeginant arba kaupiant sąvartynuose (Ali et al., 2021). Sąvartynai užima milžiniškus plotus, dažni savaiminiai jų gaisrai, todėl gumos šalinimas į sąvartynus yra nepageidautinas atliekų šalinimo sprendinys. Padangų gumos atliekų pakartotinis naudojimas arba perdirbimas yra svarbi žiedinės ekonomikos siekiama. Atliekų prevencija ar pakartotinis atliekų naudojimas galėtų padėti sumažinti išmetamo šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekį, skatintų patvarių bei pažangių žaliavų ar produktų gamybą.

Padangų atliekos pradėtos naudoti kaip priedas kelių, žaidimų aikštelių dangų, guminių stogų ar drenažo sistemų gamyboje. Maždaug 32 % padangų atliekų masės daugiausia sudaro suodžiai (Ali et al., 2021). Pastaruoju metu padangų gumą pradėta naudoti pavojingųjų medžiagų adsorbicijai iš nuotekų. Tai ne tik suteikia galimybę šalinti ir tvarkyti kietąsias atliekas – jų pakartotinis naudojimas sumažina adsorbentų gamybos sąnaudas (Thai et al., 2020).

Tyrimais siekiama nustatyti, ar iš automobilių padangų atliekų pagamintos devulkanizuotos gumos granulės gali būti naudojamos kaip sorbentas tekstilės pramonėje naudojamiems dažikliams šalinti iš nuotekų.

Tyrimo tikslas – iš automobilių padangų atliekų pagamintų devulkanizuotos gumos granuliu taikymo naftolio žaliajam B dažikliui šalinti iš nuotekų galimybių įvertinimas.

## Metodika

Eksperimentiniame tyrime panaudotos iš automobilių padangų devulkanizuotos gumos pagamintos granulės, gautos iš VILNIUS TECH Aplinkos apsaugos instituto. Remiantis literatūros apžvalga, atliekomis laikomos gumos granulės yra labai poringa medžiaga, kuri yra potencialus sorbentas. Eksperimentiniuose tyrimuose naudota tik 1–2 mm dydžio gumos granuliu frakcija, kuri nuo bendros masės buvo atskirta naudojant metalinius sietus. Pasirinktos mažesnio dydžio gumos granulės, nes jos pasižymi didesniu savituoju paviršiaus plotu, kuris turėtų padidinti adsorbicijos efektyvumo vertes: kuo didesnis paviršiaus plotas, tuo intensyviau gali vykti sorbicijos procesas. Devulkanizuotos gumos granulės prieš eksperimentinį tyrimą nebuvo nuplautos su dejonizuotu vandeniu siekiant taupyti laiką ir sąnaudas, taip priartinant gumos granuliu paruošimo sorbicijai procesą galimam jų naudojimui pramoniniu mastu.

Eksperimentiniams tyrimams pasirinktas tekstilės pramonėje naudojamas naftolio žaliasis B dažiklis, kuris yra miltelių pavidalo.

Devulkanizavimo proceso metu siekiama išardyti kuo daugiau S-S ir S-C jungčių. Susidarę fragmentai gali būti maišomi su funkciniais priedais. Devulkanizuota guma naudojama kaip antrinė žaliava, pasižyminti gerois kokybinėmis savybėmis: ji yra tinkama naujų gumos produktų gamybai.

Eksperimentiniai sorbcijos tyrimai atlikti siaurame pH verčių intervale, kuris kito nuo 6,0 iki 7,0. Dažiklio sorbcijos procesas tris 60 min. nuolat maišant magnetine maišykle dažiklio tirpalus su gumos granuliu mėginiais. Remiantis mokslinės literatūros šaltiniais, pasirinktas optimalus 60 min. sorbcijos laikas. 1 lentelėje pateikta informacija apie eksperimentiniame tyrime naudotus mėginius. Mėginys Nr. 2 – tuščiasis mėginys, naudotas eksperimentinių tyrimų kokybei užtikrinti. Paruošti mėginiai supilstyti į 50 ml matavimo kolbas.

1 lentelė. Eksperimente naudoti mėginiai

Eil. Nr.	Devulkanizuotos gumos kiekis, g	Dažiklio koncentracija, mg/l
1.	5	0
2.	0	0
3.	5	100
4.	10	100
5.	50	100
6.	100	100

Sorbicijos procesas po valandos nutrauktas atskyrus devulkanizuotos gumos granulės nuo paruošto naftolio žaliojo B dažiklio tirpalo filtruojant jį per popierinį „VWR Qualitative filter paper 413“ filtrą. Atskirtos gumos granulės nebuvo pakartotinai panaudotos tolesniuose tyrimo etapuose.

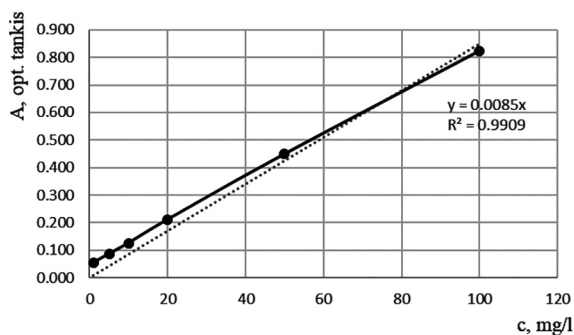
Vandeninių tirpalų pH reikšmės išmatuotos prieš ir po sorbcijos proceso. Prieš eksperimentinius tyrimus atliktas pH matuoklio „Mettler Toledo Multi seven“ kalibravimas naudojant du buferinius tirpalus su skirtingomis pH reikšmėmis – pH 4,0 ir 7,0. Tirpalo pH reguliuojamas su 0,1 M  $HNO_3$  ir 0,1 M NaOH vandeniniais tirpalais. Tyrimai atlikti kambario temperatūroje, paruoštų mėginių temperatūra siekė 21–23 °C.

Eksperimentiniam tyrimui naudota toliau išvardyta laboratorinė įranga ir cheminiai reagentai:

- cheminiai reagentai – naftolio žaliasis B dažiklis; devulkanizuota guma; dejonizuotas vanduo; 0,1 M  $HNO_3$  ir 0,1 M NaOH vandeniniai tirpalai;
- laboratorinė įranga – 6 l talpos stiklinis indas; „Radwag“ analitinės svarstyklės; „VWR Qualitative filter paper 413“ filtrinis popierius; pH matuoklis „Mettler Toledo Multi seven“; metaliniai sietai, dir-

vožemio sijotuvus, 50 ml matavimo kolbos; 1, 2, 10 ml graduotos pipetės, fotokolorimetras „Shimadzu UV-1800“, stiklinės kiuretės, „Shimadzu TOC“ bendrosios anglies analizatorius.

Vandeninių tirpalų optiniam tankiui nustatyti naudotas fotokolorimetras „Shimadzu UV-1800“. Šis prietaisas leidžia objektyviai įvertinti spalvoto tirpalo spalvos intensyvumo pasikeitimą išmatavus jo optinį tankį. Vandeninių tirpalų optiniam tankiui matuoti pasirinktos 40 mm stiklinės kiuretės. Matavimai kartoti tris kartus ir apskaičiuota vidutinė vertė. Prieš tyrimą buvo sudaryta kalibracinė kreivė esant 484 nm bangos ilgiui. Kalibracinė kreivė pateikta 1 paveiksle.



1 paveikslas. Kalibracinė kreivė esant 484 nm bangos ilgiui, kai pH = 6,0,  $t = 22 \pm 1$  °C

Naftolio žaliojo B dažiklio tirpalų spalva buvo labai intensyvi, todėl prieš atliekant matavimus su „Shimadzu TOC“ bendrosios anglies analizatoriumi tirpalai atskiesti 10 kartų su dejonizuotu vandeniu. Pradinė dažiklio koncentracija siekė 100 mg/l.

Molekulinė dažiklio naftolio žaliojo B masė (M) yra 878 g/mol:

$$M(C_{30}H_{15}FeN_3Na_3O_{15}S_3) = 30(C \text{ masė}) + 15(H \text{ masė}) + (Fe \text{ masė}) + 3(N \text{ masė}) + 3(Na \text{ masė}) + 15(O \text{ masė}) + 3(S \text{ masė}).$$

10 kartų atskiestame vandeniniame tirpale anglies kiekis siekė 4,1 mg/l:

$$W(C) = ((30 \times 12)/878) \times 100 = 4,1 \text{ mg/l}.$$

Remiantis aprašyto tyrimo metodika, atlikti eksperimentiniai tyrimai, kuriais bandyta įvertinti, ar tekstilės pramonėje naudojamas dažiklis naftolio žaliasis B gali būti pašalintas iš nuotekų, naudojant sorbentą, pagamintą iš automobilių padangų atliekų devulkanizuotos gumos granulių. Tyrimo rezultatai pateikti kito skyrelio grafikuose ir lentelėse.

## Rezultatai ir jų analizė

Naudojant „Shimadzu TOC“ bendrosios anglies analizatorių buvo nustatytas likutinis ištirpusios anglies kiekis

nuotekose po sorbcijos proceso. Tai greitas ir patikimas metodas, skirtas sekti organinių medžiagų, ištirpusių vandenyje, koncentraciją naudojant anglį kaip indikatorius.

Po sorbcijos mėginiuose Nr. 4–6 fiksuotos didesnės ištirpusios anglies kiekio vertės nei nuotekose prieš sorbcijos procesą. Pastebėta, jog, didėjant devulkanizuotos gumos granulių kiekiui mėginiuose, didėjo ir anglies kiekis, nustatytas bendrosios anglies analizatoriumi. Tikslios likutinio anglies kiekio vertės pateiktos 2 lentelėje.

2 lentelė. Anglies koncentracija mėginiuose po sorbcijos proceso

Eil. Nr.	C, mg/l
1.	2,92
2.	1,16
3.	3,57
4.	4,96
5.	12,01
6.	34,58

Padidėjusį anglies kiekį nuotekose galėjo lemti anglies junginių išsiplovimas iš devulkanizuotos gumos granulių į tirpalą arba ant devulkanizuotos gumos granulių paviršiaus buvusios pašalinės medžiagos, kurios šiame eksperimentiniame tyrime nebuvo identifikuotos ar kitaip pašalintos iš nuotekų.

Remiantis gautais eksperimentinių tyrimų rezultatais galima daryti prielaidą, kad iš automobilių padangų atliekų pagamintą devulkanizuotos gumos granulių sorbentą tikslinga naudoti dažikliui naftoliui žaliajam B šalinti iš nuotekų esant pirmiau išvardytoms eksperimentinio tyrimo sąlygoms, kai sorbcijos proceso efektyvumas kontroliuojamas pagal ištirpusios anglies kiekį. Ateityje galima pakartoti eksperimentinį tyrimą keičiant sorbento paruošimo metodiką – prieš sorbcijos procesą kelis kartus perplauti gumos granules dejonizuotu vandeniu. Tokiu būdu būtų galima įsitikinti, kokia priežastis lėmė anglies koncentracijos padidėjimą tirpale, pasibaigus sorbcijos procesui.

Kadangi mėginiuose Nr. 1 ir Nr. 2 naftolio žaliojo B dažiklio koncentracija buvo lygi 0, tad 3 lentelėje pateiktos tik mėginių Nr. 3–6 apskaičiuotos dažiklio naftolio žaliojo B koncentracijos vertės. Dažiklio naftolio žaliojo B likutinės koncentracijos apskaičiuotos remiantis fotokolorimetru „Shimadzu UV-1800“ išmatuotomis optinio tankio vertėmis, kurios buvo perskaičiuotos į dažiklio koncentraciją vandenyje remiantis sudaryta kalibracine kreive.

Pastebėta, jog visais atvejais naftolio žaliojo B dažiklio koncentracija po sorbcijos proceso sumažėjo: mažiausia likutinė dažiklio koncentracija nustatyta mėginyje, kuriame buvo 50 g devulkanizuotos gumos granulių.

3 lentelė. Dažiklio naftolio žaliajo B koncentracija po sorbcijos proceso

Eil. Nr.	Dažiklio koncentracija po sorbcijos proceso, mg/l
3.	88,56
4.	90,12
5.	5,32
6.	10,64

Sorbcijos procesui paruoštų mėginių (gumos granulės + dažiklio tirpalas) tūris siekė 500 ml. Spėjama, jog mėginys Nr. 6, kuriame buvo didžiausias kiekis eksperimentiniame tyrime naudotos devulkanizuotos gumos granulių – 100 g, nepasiekė didesnių adsorbcijos efektyvumo verčių dėl nepakankamo didelio gumos granulių kiekio maišymo viso sorbcijos proceso metu. Apskaičiuotas mėginių Nr. 3–6 adsorbcijos efektyvumas svyravo nuo 9,88 % iki 94,68 %.

Tikimasi, jog po sorbcijos proceso iš automobilių padangų atliekų pagamintos devulkanizuotos gumos granulių sorbentas gali būti panaudotas kelis kartus: išplautas ir išdžiovintas granules būtų galima panaudoti pakartotinai. Kitu atveju spėjama, kad po sorbcijos proceso susidariusias atliekas, panaudotą sorbentą nuplovus ar kitaip termiškai apdorojus, būtų galima panaudoti kaip žaliavą garsą slopinančioms konstrukcijoms gaminti.

Taip pat atlikti 100 mg/l naftolio žaliajo B dažiklio tirpalo optinio tankio matavimai, keičiant pH vertes nuo 6,0 iki 8,5. Siekta išsiaiškinti, ar tirpalo pH pasikeitimas po sorbcijos neturėjo reikšmingos įtakos sorbcijos procesui arba optiniam tankiui, kuris buvo pasirinktas kaip indikatorius dažiklio koncentracijai vandenyje vertinti. pH viršutinis 8,5 reikšmių intervalas pasirinktas remiantis bendraisiais reikalavimais į gamtinę aplinką išleidžiamoms nuotekoms, pateiktais Lietuvos nuotekų

4 lentelė. Nuotekų su dažikliu optinio tankio priklausomybė nuo pH vertės

Dažiklio koncentracija, mg/l	pH	Optinis tankis
100	6,00	0,769
	6,25	0,770
	6,50	0,776
	6,75	0,779
	7,00	0,780
	7,25	0,781
	7,50	0,782
	7,75	0,783
	8,00	0,784
	8,25	0,785
	8,50	0,788

tvarkymo reglamente (Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija, 2006). pH 6,0, žemiausia tyrime naudota pH vertė, atitiko natūraliomis sąlygomis dejonizuotame vandenyje ištirpinto dažiklio naftolio žaliajo B pH vertę, todėl nuspręsta neatlikti matavimų su mažesnėmis nei pH 6,0 vandeninio tirpalo vertėmis. Eksperimentiniam tyrimui pasirinktas matavimo žingsnis – 0,25. Gautos optinio tankio vertės pateiktos 4 lentelėje.

Nustatyta, kad pH verčių svyravimas nuo 6,0 iki 8,5 neturėjo reikšmingo poveikio dažiklio naftolio žaliajo B tirpalo optinio tankio vertėms: optinio tankio vertės svyravo nuo 0,769 iki 0,788. Didėjant pH vertėms, t. y. terpei šarmėjant, optinio tankio vertės kiek didėjo. Optinio tankio verčių pokytis tesiekė 2,47 %. Spalvos intensyvumo pokyčiai akimi nebuvo pastebėti: tirpalo spalva viso eksperimentinio tyrimo metu išliko šviesiai žalia.

Dažiklio naftolio žaliajo B šalinimo iš nuotekų tyrimai, naudojant iš automobilių padangų atliekų pagamintas devulkanizuotas gumos granules, parodė, kad 50 g ir 100 g granulių sorbento adsorbcinė geba skyrėsi minimaliai, vertės svyravo nuo 9,46 mg/g iki 8,93 mg/g. Gumos granulių adsorbcinės gebos vertės esant mažiems gumos kiekiams svyravo nuo 0,98 mg/g iki 1,14 mg/g. Dažiklio naftolio žaliajo B koncentracija po sorbcijos, adsorbcinės gebos ir adsorbcijos efektyvumo vertės pateiktos 5 lentelėje.

5 lentelė. Adsorbcinės gebos priklausomybė nuo sorbento kiekio

Eil. Nr.	Dažiklio koncentracija po sorbcijos proceso, mg/l	Adsorbcinė geba, mg/g	Adsorbcijos efektyvumas, %
3	88,56	1,14	11,44
4	90,12	0,98	9,88
5	5,32	9,46	94,68
6.	10,64	8,93	89,36

Nors pastebėtas didelis adsorbcinės gebos verčių skirtumas, lyginant 5 g ir 10 g gumos granulių kiekius su 50 g ir 100 g gumos granulių mėginiais, skirtumas tarp mėginių Nr. 5 ir Nr. 6 buvo palyginti mažas: adsorbcinės gebos vertė esant 100 g gumos granulių sumažėjo tik 5,61 %.

Spėjama, kad, didinant gumos granulių kiekį, adsorbcinės gebos vertės galėtų didėti, jeigu sorbcijos proceso laikas būtų didesnis nei 60 min, gumos granulės būtų geriau maišomos viso sorbcijos proceso metu arba būtų naudojamos mažesnės frakcijos nei 1–2 mm gumos granulės.

Eksperimentinis tyrimas atliktas siekiant nustatyti, ar iš automobilių padangų atliekų pagamintos devulkanizuotos gumos granulės gali būti naudojamos tekstilės

pramonėje naudojamam dažikliui naftoliui žaliajam B šalinti iš nuotekų. Toliau pateikiamos apibendrintos tyrimo išvados.

## Išvados

1. Ištirpusios anglies koncentracija dažiklio naftolio žaliojo B tirpale po sorbcijos devulkanizuotos gumos granulėmis nesumažėjo, nes devulkanizuotos gumos granulės tapo antrinės taršos priežastimi.
2. Iš automobilių padangų atliekų pagamintos devulkanizuotos gumos granulės gali būti naudojamos dažikliui naftoliui žaliajam B šalinti iš nuotekų.
3. Po valandos adsorbicijos proceso fiksuotas dažiklio adsorbicijos proceso efektyvumas svyravo nuo 9,88 % iki 94,68 %. Mažiausia likutinė dažiklio naftolio žaliojo B koncentracija užfiksuota esant 50 g devulkanizuotos gumos granulių kiekiui.
4. Adsorbicinės gebos vertės svyravo nuo 0,98 mg/g iki 9,46 mg/g; verčių skirtumas tarp 5–10 g ir 50–100 g gumos granulių buvo ryškus.
5. Didėjant pH vertei nuo 6,0 iki 8,5, pastebėtas tik nežymus dažiklio naftolio žaliojo B tirpalo optinio tankio didėjimas, todėl galima teigti, kad tirpalo pH pasikeitimas po sorbcijos proceso neturėjo reikšmingos įtakos sorbcijos rezultatui.
6. Tikimasi, jog, naudojant didesnę gumos granulių kiekį mėginiuose, adsorbicinės gebos vertės galėtų smarkiai padidėti, tačiau reikėtų pakeisti pradines tyrimo sąlygas: prailginti sorbcijos proceso laiką, naudoti mažesnės frakcijos gumos granules arba intensyviau maišyti paruoštus mėginius viso sorbcijos proceso metu.

## Literatūra

Ali, U. F. M., Hussin, F., Gopinath, S. C. B., Aroua, M. K., Khamidun, M. H., Jusoh, N., Ibrahim, N., & Ahmad, S. F. K. (2021). Advancement in recycling waste tire activated carbon to potential adsorbents. *Journal of Environmental Engineering Research*, 5–8. <https://doi.org/10.4491/eer.2021.452>

Ardila-Leal, L. D., Poutou-Piñales, R. A., Pedroza-Rodríguez, A. M., & Queve-do-Hidalgo, B. E. (2021). A brief history of colour, the environmental impact of synthetic dyes and removal by using laccases. *Journal of Molecules*, 26(13), 9–10. <https://doi.org/10.3390/molecules26133813>

Ekonominio bendradarbiavimo ir plėtros organizacija. (2021). [https://ec.europa.eu/info/food-farming-fisheries/farming/international-cooperation/international-organisations/oecd\\_lt](https://ec.europa.eu/info/food-farming-fisheries/farming/international-cooperation/international-organisations/oecd_lt)

Gunasundari, E., Senthil, K. P., Rajamohan, N., & Vellaichamy, P. (2020). Feasibility of naphthol green b dye adsorption using microalgae: Thermodynamic and kinetic analysis. *Journal of Desalination and Water Treatment*, 192, 358–370. <https://doi.org/10.5004/dwt.2020.25777>

Kishor, R., Purchase, D., Saratale, G. D., Saratale, R. G., Ferreira, L. F. R., Bi-lal, M., Chandra, R., & Bharagava, R. N. (2021). Ecotoxicological and health concerns of persistent coloring pollutants of textile industry wastewater and treatment approaches for environmental safety. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9(2), 5–6. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.105012>

Lietuvos geologijos tarnyba. (2022). <https://www.lgt.lt/index.php>

Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija. (2006). *Dėl Nuotekų tvarkymo reglamento patvirtinimo* (2006, gegužės 17, Nr. D1-236). <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.276576/asr>

Preferred Fiber & Materials Market Report. (2021). [https://textileexchange.org/wp-content/uploads/2021/08/Textile-Exchange\\_PREFERRED-Fiber-and-Materials-Market-Report\\_2021.pdf](https://textileexchange.org/wp-content/uploads/2021/08/Textile-Exchange_PREFERRED-Fiber-and-Materials-Market-Report_2021.pdf)

Rahman, M. M., Alam, K., & Velayutham, E. (2021). Is industrial pollution detrimental to public health? Evidence from the world's most industrialised countries. *Journal of BMC Public Health*, 21(1), 2–4. <https://doi.org/10.1186/s12889-021-11217-6>

Samsami, S., Mohamadi, M., Sarrafzadeh, M. H., Rene, E. R., & Firoozbahr, M. (2020). Recent advances in the treatment of dye containing wastewater from textile industries: Overview and perspectives. *Journal of Process Safety and Environmental Protection*, 143, 140–143. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2020.05.034>

Slama, H. B., Bouket, A. C., Pourhassan, Z., Alenezi, F. N., Silini, A., Silini, H. C., Oszako, T., Luptakova, L., Golinska, P., & Belbahri, L. (2021). Diversity of synthetic dyes from textile industries, discharge impacts and treatment methods. *Journal of Applied Sciences*, 11(14), 2–6. <https://doi.org/10.3390/app11146255>

Thai, Q. B., Le, D. K., Do, N. H. N., & Le, P. K., Phan-Thien, N., Wee, C. Y., Duong, H. M. (2020). Advanced aerogels from waste tire fibers for oil spill cleaning applications. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 8(4), 1–3. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104016>

Wei, F., Shahid, M. J., Alnusairi, G. S. H., Afzal, M., Khan, A., El-ESawi, M., Abbas, Z., Wei, K., Zaheer, I. E., Rizwan, M., & Ali, S. (2020). Implementation of floating treatment wetlands for textile wastewater management: A review. *Journal of Sustainability*, 12(14), 1–29. <https://doi.org/10.3390/su12145801>

## EXPERIMENTAL STUDIES ON THE REMOVAL OF DYES FROM WASTEWATER USING DEVULCANIZED RUBBER GRANULES MADE FROM CAR TIRE WASTE

M. Liugė, D. Paliulis

### Summary

Experimental research was made in order to show the problem of removal of dyes from wastewater used in the textile industry. The aim of the study was to determine the treatment efficiency of the removal of naphthol green B from artificially contaminated water using devulcanized rubber made from tire waste. A fraction of 1–2 mm rubber particles was used for the experiment. The tests were performed at the same pH

level, which ranged from 6 to 7. The sorption process was performed for 1 hour with continuous mixing of the prepared samples. A calibration curve at 484 nm was generated before measurements. It was made using a photocolimeter. The residual carbon content of the samples was determined using a carbon analyzer Shimadzu TOC. The value of the adsorption efficiency ranged from 9.88 % to 94.68 %. On the other hand, the concentration of dissolved carbon in the samples did not increase after the sorption process, because the rubber granules became the cause of secondary contamination. A small increase in the optical density of the dye naphthol green B was observed when the pH was increased from 6.0 to 8.5. Based on the results, it can be assumed that the change in the pH of the solution after the sorption process did not significantly affect the process.

**Keywords:** dyes, naphthol green B, sorption, devulcanized rubber.