

KLAIPĖDOS UNIVERSITETAS

Jūros technologijų ir gamtos mokslų fakultetas

Jūrų inžinerijos katedra

Natalija Ogarkova

**NAFTOS TERMINALO KROVOS TECHNOLOGIJŲ APLINKOSAUGINIŲ ASPEKTŲ
TYRIMAI**

Uosto valdymo studijų programos magistro baigiamasis darbas

Klaipėda, 2020

MAGISTRO BAIGIAMOJO DARBO LYDRAŠTIS

Natalija Ogarkova

(magistro baigiamojo darbo autoriaus vardas, pavardė)

Naftos terminalo krovos technologijų aplinkosauginių aspektų tyrimai

(magistro baigiamojo darbo pavadinimas lietuvių kalba)

Patvirtinu, kad magistro baigiamasis darbas parašytas savarankiškai, nepažeidžiant kitiems asmenims priklausančių autorių teisių, visas baigiamasis magistro darbas ar jo dalis nebuvo panaudotas Klaipėdos universitete ir kitose aukštosiose mokyklose.

.....
(magistro baigiamojo darbo autoriaus vardas, pavardė ir parašas)

Sutinku, kad magistro baigiamasis darbas būtų naudojamas neatlygintinai 5 m. Klaipėdos universiteto studijų procese.

.....
(magistro baigiamojo darbo autoriaus vardas, pavardė ir parašas)

Magistro baigiamąjį darbą ginti

(įrašyti – leidžiu arba neleidžiu)

.....
(data)

.....
(magistro baigiamojo darbo vadovo vardas, pavardė ir parašas)

Baigiamasis darbas įregistruotas katedroje

.....
(data)

.....
(katedros sekretorės vardas, pavardė ir parašas)

Magistro baigiamąjį darbą ginti

(įrašyti – leidžiu arba neleidžiu)

.....
(data)

.....
(katedros vedėjo vardas, pavardė ir parašas)

Recenzentu(-ais) skiriu

.....
(įrašyti recenzento(u) vardą, pavardę)

.....
(data)

.....
(katedros vedėjo vardas, pavardė ir parašas)

SANTRAUKA

Ogarkova N., Naftos terminalo krovos technologijų aplinkosauginių aspektų tyrimai. Jūrų uostų valdymo magistratūros studijų programos baigiamasis darbas. Darbo vadovas: lekt. dr. Paulius Rapalis, Klaipėdos universitetas: Klaipėda, 2020. – 58 p.

Raktažodžiai: naftos terminalai, krovos technologijos, LOJ emisijos.

Šiame darbe apžvelgta naftos terminalo veikla, infrastruktūra ir technologijos, nurodyti aplinkos oro taršos šaltiniai ir LOJ emisijos valdymo technologijos. Aprašomos išmetamųjų teršalų kiekių vertinimo metodikos. Taip pat pateikta informacija apie tranzitinių tamsiųjų naftos produktų srautus AB „Klaipėdos Nafta“ 2014 – 2018 metų laikotarpyje. Įvertinti esami ir prognozuojami išmetamųjų teršalų kiekiai ir išanalizuoti LOJ emisijos mažinimo galimybės ir būdai.

Pagrindinis darbo tikslas – ištirti naftos terminalo krovos technologijų galimybes sumažinti išmetamųjų teršalų kiekį bei remiantis tyrimų analize, pateikti LOJ emisijos mažinimo technologinius sprendimus.

SUMMARY

Ogarkova N., Research of The Environmental Aspects of Oil Terminal Handling Technologies. Sea Ports Management Master's Degree Program Thesis. Academic Supervisor: Lect. Dr. Paulius Rapalis, Klaipeda University: Klaipeda, 2020. – 58 p.

Key words: oil terminals, handling technologies, VOC emissions.

In this thesis an overview of oil terminal activities, infrastructure and technologies is presented, the sources of an ambient air pollution and VOC emission management technologies are specified. Emission assessment methodologies are being described. It also contains the transit dark petroleum products traffic at JSC „Klaipėdos Nafta” statistics during the period of 2014 – 2018 years. The existing and the forecast emissions are being estimated and VOC emission reduction options and methods are analysed.

The main task of the thesis is to research the potential of oil terminal handling technologies to reduce VOC emissions and to provide emission reduction technological solutions based on the research analysis.

LENTELIŲ SĄRAŠAS

| | |
|--|----|
| 1 lentelė. Metinis naftos produktų krovos pajėgumas | 16 |
| 2 lentelė. Benzino pylimo duomenys | 33 |
| 3 lentelė. 1 kelyje produkto pylimo duomenys..... | 35 |
| 4 lentelė. 2 kelyje produkto pylimo duomenys..... | 36 |
| 5 lentelė. Naftos produktų krovos ir emisijos estakadose per metus duomenys | 37 |
| 6 lentelė. Tranzitinių krovinių srautai 2014 - 2018 m. | 38 |
| 7 lentelė. Apskaičiuotų b koeficientų reikšmės | 40 |
| 8 lentelė. Tranzitinių tamsiųjų naftos produktų srautų linijinio prognozavimo rezultatai | 40 |
| 9 lentelė. Prognozuojami krovinių srautai ir LOJ emisijos | 41 |
| 10 lentelė. Galimų LOJ garų valdymo metodų, jų efektyvumo ir poveikio saugumui suvestinė | 51 |
| 11 lentelė. LOJ emisijos valdymo priemonės ir mažinimo efektyvumas naftos pramonėje | 52 |
| 12 lentelė. Rekuperavimo technologijų lyginamoji analizė | 53 |

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

| | |
|--|----|
| 1 pav. Naftos produktų paskirstymo schema..... | 12 |
| 2 pav. Tipiniai terminalo sistemos ir operacijos..... | 13 |
| 3 pav. Naftos terminalų elementai..... | 14 |
| 4 pav. Naftos produktų tiekimo grandinė..... | 14 |
| 5 pav. AB „Klaipėdos Nafta“ terminalo vaizdas iš oro..... | 15 |
| 6 pav. AB „Klaipėdos Nafta“ naftos terminalo geležinkelis..... | 18 |
| 7 pav. Apatinis cisternų pildymas..... | 20 |
| 8 pav. LOJ emisijos 2016-2018 m..... | 21 |
| 9 pav. Esamos aplinkos oro taršos mažinimo priemonės..... | 23 |
| 10 pav. Talpyklos su plūdruojų stogų schema..... | 24 |
| 11 pav. Benzino išpylimo proceso grafikas..... | 33 |
| 12 pav. Tamsiųjų naftos produktų išpylimo proceso grafikas..... | 34 |
| 13 pav. Emisijos estakadose per 2018 metus..... | 37 |
| 14 pav. Tranzitinių tamsiųjų naftos produktų krova..... | 39 |
| 15 pav. Tranzitinių krovinių 2023 metų srautų prognozė..... | 41 |
| 16 pav. Prognozuojama LOJ emisija..... | 42 |
| 17 pav. Geležinkelio cisternos pakrovimo-iškrovimo dangčio principinė schema:..... | 44 |
| 18 pav. Tipinė garų deginimo sistema..... | 46 |
| 19 pav. Absorbcija atvėsintu skysčiu..... | 47 |
| 20 pav. Tipinė aktyvuotos anglies adsorbcijos sistema..... | 48 |
| 21 pav. Iš oro/garų mišinių organinių garų pašalinimo membraninė sistema..... | 49 |

TURINYS

| | |
|---|----|
| IVADAS | 7 |
| I. TYRIMŲ ANALIZĖ | 9 |
| II. NAFTOS TERMINALO STRUKTŪRA IR VEIKLA | 12 |
| 2.1. Naftos terminalų techninės savybės | 13 |
| 2.2. AB „Klaipėdos Nafta“ naftos terminalo veikla ir techninės charakteristikos | 14 |
| 2.3. AB “Klaipėdos Nafta“ terminalo infrastruktūra ir technologijos | 17 |
| 2.4. Išmetamųjų teršalų šaltiniai ir jų valdymas | 20 |
| III. IŠMETAMŲJŲ TERŠALŲ KIEKIŲ VERTINIMO IR KROVINIŲ SRAUTŲ PROGNOZAVIMO METODIKOS | 26 |
| 3.1. Emisijos vertinimo metodikos | 26 |
| 3.1.1. Lakiųjų organinių junginių, išmetamų į atmosferą saugant ir paskirstant naftą ir jos produktus, kiekio įvertinimo metodika..... | 26 |
| 3.1.2. Į aplinkos orą išmetamų teršalų skaičiavimo metodika..... | 27 |
| 3.1.3. RSFSR „Goskomnefteprodukt“ įmonėse į atmosferą išmetamų kenksmingų medžiagų nustatymo metodika. | 28 |
| 3.1.4. Emisijų nuo krovos operacijų skaičiavimo ir ataskaitos gairės..... | 29 |
| 3.2. Linijinio krovinių srautų prognozavimo metodika..... | 31 |
| IV. IŠMETAMŲJŲ TERŠALŲ KIEKIŲ VERTINIMAS IR EMISIJOS MAŽINIMO PRIEMONIŲ TYRIMAI | 33 |
| 4.1. Benzino ir tamsiųjų naftos produktų išmetamųjų teršalų kiekio vertinimas | 33 |
| 4.2. Tamsiųjų naftos produktų srautų linijinis prognozavimas | 38 |
| 4.3. LOJ emisijos mažinimo priemonių tyrimai..... | 42 |
| IŠVADOS | 55 |
| LITERATŪRA | 56 |

ĮVADAS

AB „Klaipėdos nafta“ - Lietuvos ir aplinkinio regiono energetiniam saugumui strategiškai reikšminga bendrovė, užtikrinanti naftos produktų importo į Lietuvą ir kaimynines šalis galimybę bei LR valstybės privalomo naftos produktų rezervo saugojimą, taip pat patikimai ir efektyviai vykdanči naftos produktų perkrovą Klaipėdos uoste.

Naftos produktų terminalas yra svarbi naftos produktų logistikos grandinės dalis. Čia atliekami krovos ir saugojimo darbai, stebimi naftos produktų kokybės parametrai.

Vykdydamas veiklas AB „Klaipėdos Nafta“ naftos krovos terminalas siekia:

- saugiai, patikimai ir konkurencingai vykdyti naftos produktų perkrovą Klaipėdos uoste, didinant naftos terminalo patrauklumą, lankstumą, technologinį pajėgumą ir taip siekti pritraukti naujų klientų ir didinti krovos apimtį.

Aplinkos apsauga yra viena iš prioritetinių AB „Klaipėdos Nafta“ socialinės atsakomybės veiklos sričių, kuriai skiriamas visokeriopas dėmesys. AB „Klaipėdos Nafta“ tiek eksploatuodama esamus naftos terminalus, tiek planuodama naują veiklą vadovaujasi Nacionalinėje aplinkos apsaugos strategijoje nustatytais esminiais aplinkos apsaugos principais, remiasi aplinkosauginiuose leidimuose nustatytais sąlygomis bei laikosi aplinkos apsaugos normatyvuose bei standartuose nustatytų normų.

Temos aktualumą sąlygoja tai, kad šiuo metu aplinkos taršos mažinimas ir aplinkos apsaugos technologijų diegimas siekiant užtikrinti pramoninių procesų saugumą tampa prioritete ne tik mūsų šalyje, bet ir visame pasaulyje. Naftos terminaluose LOJ į atmosferą išmetami iš naftos produktų laikymo ir paskirstymo sistemų (talpyklų, geležinkelio estakadų ir kt.), naftos produktų perkrovimo įrenginių. Atmosferos teršimo LOJ problema paaštrėja, kai naftos perdirbimo ir paskirstymo terminalai yra netoli gyvenviečių, ar tiesiog ribojasi su jomis.¹

Naftos ir jos produktų LOJ garavimas turėtų būti nagrinėjamas ne tik aplinkosauginiu, bet ir ekonominiu požiūriu. Per negrįžtamus naftos produktų išgaravimus įmonės patiria ne mažus kiekybinius ir kokybinius (prastėja naftos ir jos produktų kokybė) nuostolius. Naftos produktų LOJ yra vieni iš pagrindinių atmosferos taršos šaltinių.

Sumažinti oro taršą didinant krovos apimtį – vienas iš svarbiausių bendrovės strateginių tikslų. Tai vykdanči savo veiklą bendrovė privalo ieškoti technologinių sprendimų ir galimybių, leidžiančių sumažinti LOJ išmetimus į atmosferą.

¹ Paulauskienė T. 2008. Oro taršos lakiisiais organiniais junginiais tyrimas ir jos mažinimas naftos terminaluose: daktaro disertacija. Vilnius.

Tyrimo objektas – naftos terminalo krovos infrastruktūra ir naftos produktų krovos technologijos, mažinančias išmetamųjų teršalų kieki.

Darbo tikslas - ištirti naftos terminalo krovos technologijų galimybes sumažinti išmetamųjų teršalų kieki.

Darbo uždaviniai:

- Apžvelgti AB „Klaipėdos Nafta“ naftos produktų terminalo veiklą, infrastruktūra ir naudojamas krovos operacijų technologijas.
- Įvertinti per 2018 metus geležinkelio cisternų išpylimo metu benzino ir tamsiųjų naftos produktų išmetamųjų teršalų kiekius.
- Ištirti tamsiųjų naftos produktų prognozuojamus srautus ir išmetamųjų teršalų kiekius 2023 metams.
- Ištirti išmetamųjų teršalų mažinimo galimybes ir būdus.
- Remiantis tyrimų analize, pateikti technologinius sprendimus, kurie leistų sumažinti LOJ emisiją geležinkelio cisternų išpylimo metu.

I. TYRIMŲ ANALIZĖ

Paulauskas V. „Uosto terminalų planavimas“. Vadovėlyje pateikiama informacija, susijusi su krovinių srautų formavimosi principais, jų priklausomybė nuo įvairiausių faktorių bei metodika, skirta krovinių srautų įvertinimui ir prognozavimui.

Paulauskas V. „Srautų tyrimo metodika“. Metodinėje knygoje pateikti krovinių srautų prognozavimo metodai. Taip pat yra nagrinėjami krovinių srautų prognozavimo būdai tiek uostams, tiek konkrečioms terminalams. Naudojantis pateiktais praktiniais skaičiavimais, galima nustatyti krovinių srauto intensyvumą po tam tikro laikotarpio.

Paulauskas V. „Optimalus uostas“. Monografijoje pateikiama teorinė daugiakriterinio krovinių srauto prognozavimo metodika su skaičiuojamosiomis formulėmis, pavyzdžiais ir įvairiausių kriterijų ir jų svorių paaiškinimais.

Paulauskas V., Barzdžiukas R., Plačienė B. Ir kt. Uosto technologija. – Klaipėda: KU leidykla, 2001. Vadovėlyje pateikiama informacija, kuria remiantis galima apskaičiuoti pagrindinius terminalo parametrus: krantinės ilgį, krovos įrangos našumą, krantinės pralaidumą, sandėlių dydį ir plotą, teritorijos plotą bei krovinių išdėstymą terminale. Taip pat, pateikiama informacija apie uostų ir laivybos darbo organizavimą.

Sudintas A. 2007. Naujų metodų ir technologijų taikymo analizė įrengiant, modernizuojant ir eksploatuojant naftos ir naftos produktų saugojimo, transportavimo ir paskirstymo sistemas ir šios susistemintos medžiagos parengimas. Ūkio ministerija. Ataskaitoje atlikta Lietuvos naftos įrenginių techninės būklės analizė, įvertinti terminalai, magistraliniai naftotiekiai, degalinės, mobiliosios talpyklos, perpylimo įrenginiai ir kt. pagal atitiktą galiojančių Lietuvos teisės aktų, ES direktyvų ir pasaulyje taikomų normų reikalavimus.

Archipova O. ir kt. 2014. Angliavandenilių garų regeneravimo išpylimo-pripylimo operacijų metu naftos terminaluose ir degalinėse metodai ir įrenginiai. Straipsnyje apibūdinama viena iš rimčiausių naftos pramonės problemų: naftos ir naftos produktų nuostoliai nuo išgaravimo ir naftos ir naftos produktų kokybinių ir kiekybinių nuostolių mažinimo būdai.

Wei qiu Huang et al. 2011. Investigation of Oil Vapor Emission and its Evaluation Methods. Šiame straipsnyje pristatomi ir apibendrinti OVE vertinimo metodai. Visų pirma buvo sistemingai tiriamas savarankiškų OVE vertinimo metodų rinkinys, kuris atlieka teorines išvadas, integruotas su programine įranga PELES-2.0 ir paprastu korekcijos metodu. Ši vertinimo sistema gali būti patogiai ir tiksliai taikoma vertinant OVE, be to, ji taip pat gali teikti bazines nuorodas ir (arba) vadovus teisės kūrėjams, įmonių vadovams ir įrangos kūrėjams kontroliuojant OVE.

Dobrego K. 2005. Numerical Investigation of the New Regenerator - Recuperator Scheme of VOC Oxidizer. Straipsnyje parodyta, kad regeneratoriaus-rekuperatoriaus schema suteikia svarbių privalumų (platus srauto greitis ir degiųjų, žemos išmetamųjų dujų temperatūros ekvivalentiškumo santykis), palyginti su įprastinėmis schemomis.

Grant Johnson, Mike Dodd. 2016. VOC Recovery in Crude Oil Loading. Straipsnyje teigiama, kad garų surinkimo sistemos ir VRU technologijos, ir jų projekto parinkimas turi atsižvelgti į bet kokių esančių teršalų poveikį, atsižvelgiant į proceso jautrumą ir poveikį įrangai bei statybinėms medžiagoms.

Straipsnyje „Modern solutions: cryogenics .VOC recovery units.“ Praxeidos. pristatomas vienas iš lakiųjų komponentų išmetimo ribojimo būdų - šių komponentų kondensavimas, išleidžiant išmetamųjų dujų srautą skystu azotu.

Weiqiu Huang et al. 2013. Gasoline Vapor Recovery Based on Integrated Technology of Absorption – Adsorption. Straipsnyje pateikta informacija apie sukurta nauja integruota absorbcinės adsorbcijos technologiją benzino garų regeneravimui ir aprašomi bandymai, kurie buvo atlikti tiriant aktyvintosios anglies adsorbuojančius benzino garus.

Weiqiu Huang, Li Shi. 2013. Methods for the Control of Oil Vapor Emissions. Straipsnyje aptiriamos dvi pagrindinės sąvokos, susijusios su naftos garų emisijos kontrole (OVE). Palyginamos keturios pagrindinės OVRT, naudojant absorbcijos, adsorbcijos, kondensacijos ir membranos atskyrimo metodus, ir kaip rekomenduojama taikyti integruotą įvairių atskyrimo metodų technologiją, palengvinančią patenkinti vis griežtesnius lakiųjų organinių junginių (LOJ) emisijos standartus.

Li Shi et al. 2013. Sensitivity Analysis and Optimization for Gasoline Vapor Condensation Recovery. Šiame darbe ištirtas kondensacijos atskyrimo metodas benzino garų regeneravimui ir keturi S1 – S4 benzino garai buvo pasirinkti jautrumo analizei ir kondensacijos proceso optimizavimui, naudojant „Aspen Plus“ modelio analizės įrankius. Taip pat ištirtos ir palygintos bendrosios ir trijų pakopų kondensacijos procesų bendros aušinimo funkcijos ir buvo sukurta trijų pakopų kondensacinė sistema, skirta pramoniniam benzino garų regeneravimui.

Paulauskienė T. 2008. Oro taršos lakiaisiais organiniais junginiais tyrimas ir jos mažinimas naftos terminaluose: daktaro disertacija. Vilnius. Disertacijoje nagrinėjama naftos ir jos produktų garavimo terminaluose problema. Pagrindinis disertacijos tikslas – įvertinti atmosferos taršą lakiaisiais organiniais junginiais (LOJ) naftos terminaluose, nustatyti meteorologinių elementų ir krovos indikatorius įtaką LOJ koncentracijos kitimui pažemės atmosferos sluoksnyje.

RSFSR „Goskomnefteprodukt“ įmonėse į atmosferą išmetamų kenksmingų medžiagų nustatymo metodika. 1988. Ši metodika skirta padėti įmonių darbuotojams nustatyti išmetamų

teršalų kiekį ir sudėtį išmetamų į atmosferą teršalų šaltinių inventorizacijos metu, kurios rezultatai naudojami kuriant maksimaliai leistinas šių medžiagų išmetamųjų teršalų normas.

Guidelines for Calculating and Reporting Emissions from Bulk Loading Operations (U.S. Environmental Protection Agency. 2017. Šio dokumento tikslas yra pateikti operatoriams emisijos nuo skystų medžiagų, turinčių sudėtyje LOJ, krovimo įvertinimo gairės. Gairės naudojamos krovos operacijų emisijų per metus skaičiavimui.

LAND 31-2007/M-11. Lakiųjų organinių junginių, išmetamų į atmosferą saugant ir paskirstant naftą ir naftos produktus, kiekio įvertinimo metodika. 2007. Metodika gali būti taikoma benzino ir kitų naftos produktų, taip pat naftos saugojimo ir paskirstymo procesų metu į atmosferą išmetamam LOJ kiekiui apskaičiuoti.

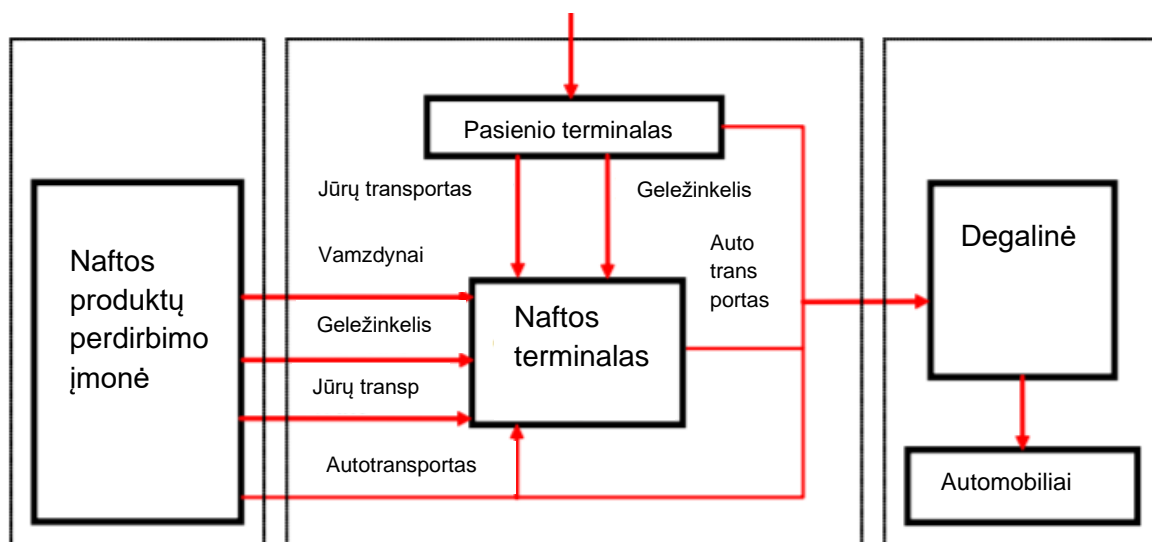
Howard J Rudd, Nikolas A Hill. 2001. Measures to Reduce Emissions of VOCs during Loading and Unloading of Ships in the EU. Ataskaitoje pateikti LOJ emisijos mažinimo priemonės, jų proceso aprašymas, analizuojami šių priemonių emisijos mažinimo efektyvumas, išlaidos, veiklos sąnaudos, poveikis saugumui ir poveikis kitiems teršalams.

EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook. 2019. Šiuose gairėse aptariamas išmetamųjų teršalų kiekis, atsirandantis dėl naftos produktų, ypač benzino paskirstymo.

Šiame darbe aptarta bei panaudota literatūra suteikia galimybę apžvelgti išmetamųjų teršalų mažinimo priemonių įvairovę bei jų taikomumą. Taip pat, remiantis nagrinėjama literatūra, įvertinami išmetamųjų teršalų kiekiai bei jų įvertinimo metodai. Be to nagrinėjamoje literatūroje pateikiama esama aplinkosaugos situacijos analizė bei kita svarbi informacija susijusi su LOJ emisijos problema.

II. NAFTOS TERMINALO STRUKTŪRA IR VEIKLA

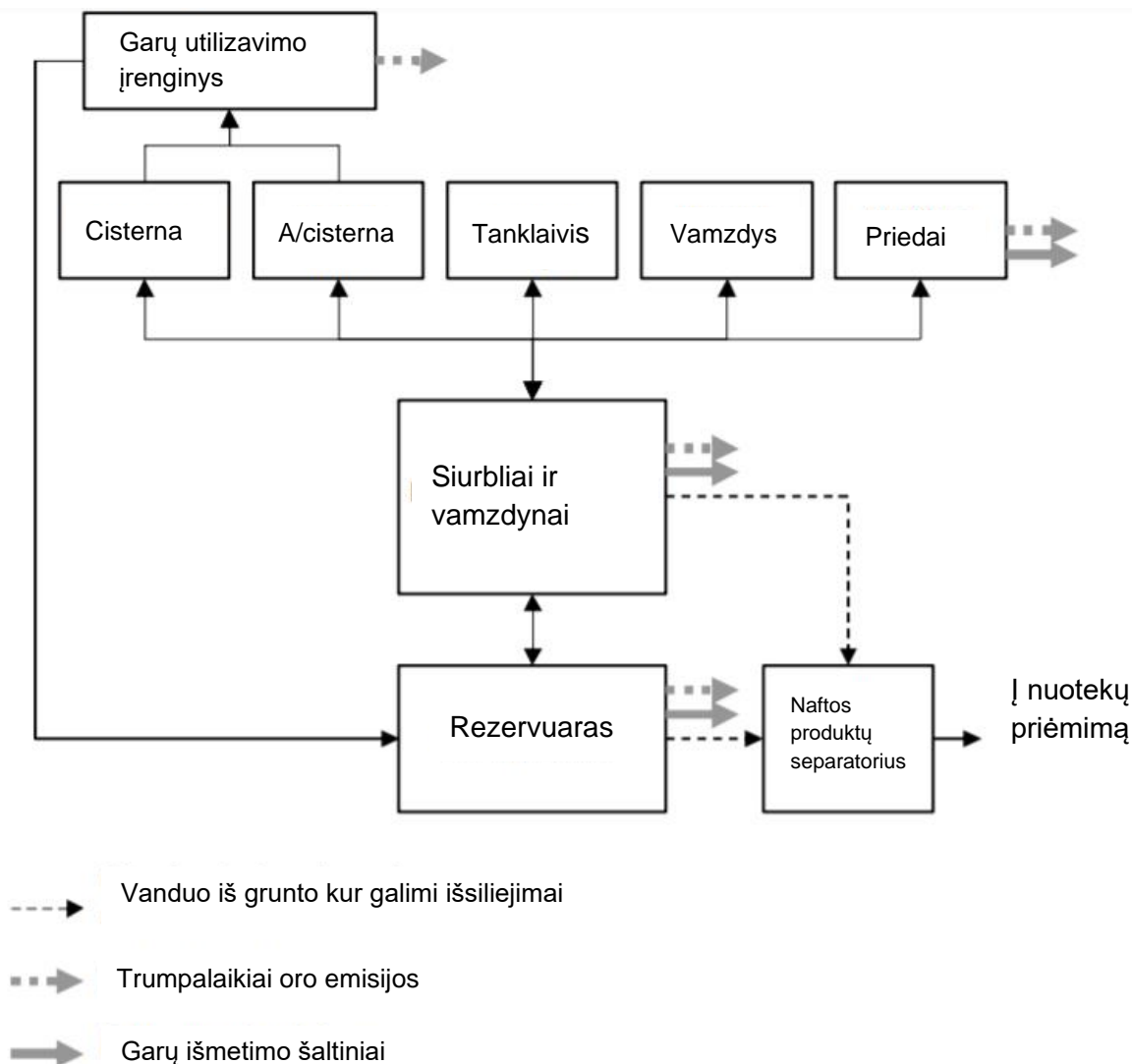
Naftos ir naftos produktų terminalai yra skirti priimti ir išsiųsti tokius krovinius kaip benzinas, distiliatai, aviacinis kuras, tepalo aliejus, suspaustos gamtinės dujos, skystosios naftos dujos ir specialus produktai iš vamzdynų, laivų, geležinkelio cisternų ir autocisternų. Naftos terminalai dažnai yra išsidėstomi jūros pakrantėse, bet taip pat gali būti toli nuo jūros. Tipinė veikla naudojant terminalo įrangą apima produktų gavimą ir iškrovimą iš laivų, geležinkelio cisternų, autocisternų ir vamzdynų; produktų sandėliavimą ir tvarkymą talpyklose; produktų maišymą; ir produktų pakrovimą į transporto ir gabenimo priemonės, tokias kaip vamzdynai, geležinkelio cisternos, autocisternos ir laivai, kad šie būtų pristatyti klientams.



1pav. Naftos produktų paskirstymo schema

Naftos terminaluose paprastai naudojami antžeminiai vamzdynų sistemos, kurio susideda iš vamzdynų, žarnų / pakrovimo rankovių, vožtuvų, prietaisų sujungimų, matavimo prietaisų ir siurblių, kad perkelti produktus tarp talpyklų ir transporto priemonių. Kita įranga apima garų utilizavimo sistemas ir antrinių izoliavimo zonų komponentus geležinkelio ir autocisternų aikštelėse. Priklausomai nuo produkto yra naudojamos tvarkymo sistemos, apimančios gravitacijos, siurblių, kompresorių ir inertinių dujų metodus, kad krauti produktą iš ir į talpyklas. Šių sistemų dizainas, konstrukcija ir eksploatacija yra aprašyti ir vykdomi pagal tarptautinius standartus. Terminalai, kurie naudoja tanklaivius, turi ypatingas pakrovimo ir iškrovimo svarbas ir įrangą².

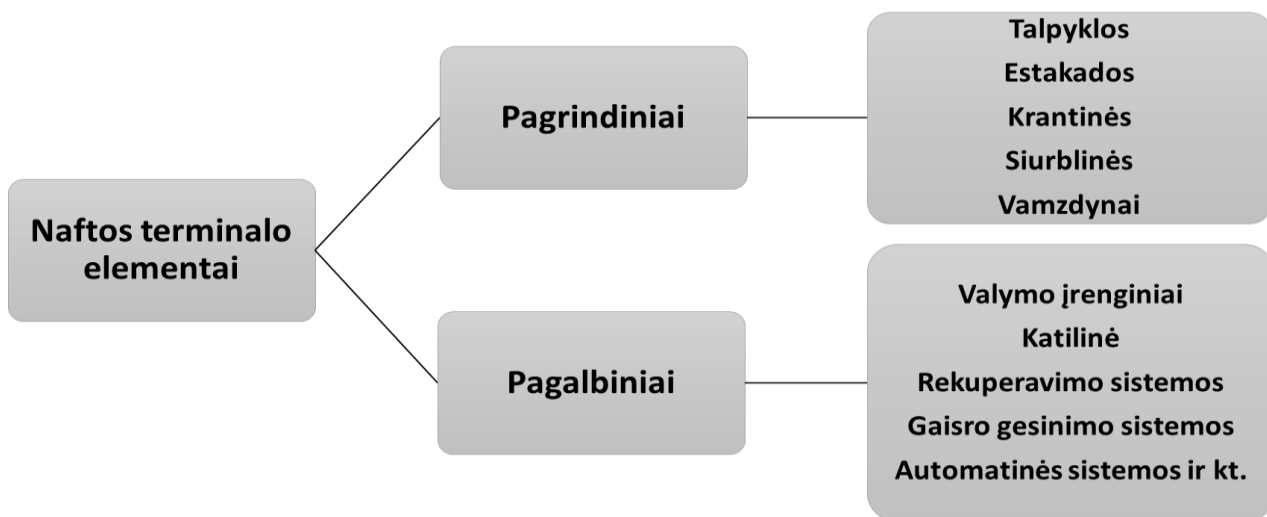
² Environmental, Health, and Safety Guidelines for Crude Oil and Petroleum Product Terminals. 2007



2 pav. Tipiniai terminalo sistemos ir operacijos

2.1. Naftos terminalų techninės savybės

Naftos terminalas – tai naftos ir naftos produktų tiekimo grandinės dalis sudaryta iš uoste esančios teritorijos su specializuota perkrovos įranga, krantinėmis su specializuotomis krovos rankovėmis ar perkrovimo žarnomis, geležinkelio estakadomis, esant poreikiui autocisternų užpylimo aikštelėmis, rezervuarais, technologiniais vamzdynais ir siurblinėmis. Pagrindinė tokio terminalo paskirtis yra priimti naftos produktus, juos kaupti iki reikalingų partijų kiekio ir parengti tolimesniam transportavimui pasirinkta transporto priemone. 3 pav. pateiktas naftos terminalo elementų suskirstymas.

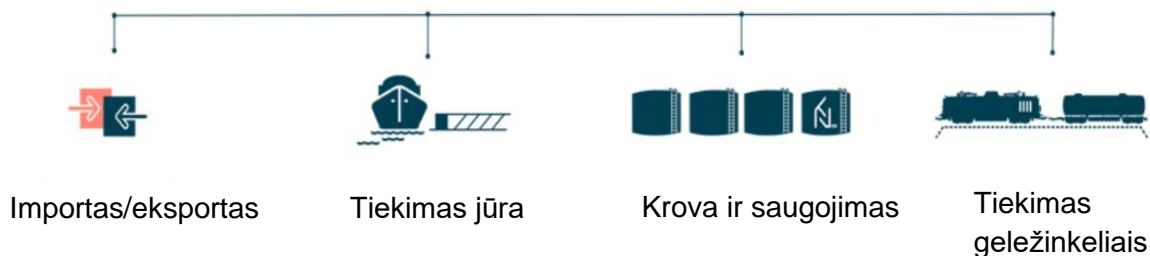


3 pav. Naftos terminalų elementai

2.2. AB „Klaipėdos Nafta“ naftos terminalo veikla ir techninės charakteristikos

AB „Klaipėdos Nafta“ naftos terminalas – daugiavfunkcis, patikimai ir efektyviai vykdamas naftos produktų krovą šiauriausiame neužšalantiame Baltijos jūros uoste, Klaipėdoje. Tai vienas iš moderniausių ir sparčiausiai augančių naftos terminalų, puikiai žinomas šio regiono naftos krovinių krovos ir sandėliavimo paslaugų rinkoje.

Terminalo paskirtis – teikti klientams naftos produktų, tiekiamų iš Lietuvos, Rusijos, Baltarusijos ir kitų šalių naftos perdirbimo gamyklų ir į jas, krovos (iš geležinkelio cisternų į tanklaivius ir atvirkščiai) ir sandėliavimo terminalo talpyklų parke paslaugas. Per naftos terminalą naftos produktai taip pat importuojami, teikiant naftos produktų krovos iš tanklaivių į klientų transportavimo priemones (autocisternas ir (arba) vagonus) paslaugas.³



4 pav. Naftos produktų tiekimo grandinė⁴

³ KN- KURIAME NEPRIKLAUSOMYBĖ. 2019

⁴ KN metinė ataskaita. 2017

Naftos krovos terminalas nuolat siekia saugiai, patikimai ir konkurencingai vykdyti naftos produktų perkrovą Klaipėdos uoste, didinant naftos terminalo patrauklumą, lankstumą, technologinį pajėgumą ir taip siekti pritraukti naujų klientų ir didinti krovos apimtis.

Dar vienas iš naftos terminalo veiklos tikslų, kuriuos AB „Klaipėdos nafta“ sieks įgyvendinti tiek ilguoju laikotarpiu, artimiausiais metais - terminalo veiklos efektyvinimas ir galimybė lanksčiai prisitaikyti prie rinkos pokyčių plečiant importuojamų naftos produktų rūšių sąrašą bei krovos apimtis.



5 pav. AB „Klaipėdos Nafta“ terminalo vaizdas iš oro

Pagrindinė AB „Klaipėdos nafta“ veikla priskiriama skystų naftos produktų perkrovimui ir sandėliavimui. Eksportuojami naftos produktai yra tiekiami iš Lietuvos, Rusijos, Baltarusijos ir kitų šalių. AB „Klaipėdos Nafta“ taip pat turi galimybę aprūpinti Lietuvą importuojamais naftos produktais, kurie į Klaipėdos uostą atgabenami laivais.

AB „Klaipėdos nafta“ naftos terminalas teikia šias paslaugas:

- perpila žaliavinę naftą ir naftos produktus iš geležinkelio cisternų į talpyklas ir tanklaivius (ir atvirkščiai);
- priima ir pakrauna naftos produktus iš autocisternų ir į jas;
- laikinai saugo (kaupia) žaliavinę naftą ir naftos produktus;
- priima naftos produktais užterštą (ljalinį) vandenį iš laivų;

- švartuoja laivus;
- nustato naftos produktų kokybės parametrus;
- teikia cheminių priedų įpylimo į naftos produktus (papildymo) paslaugas;
- maišo naftos produktus (ang. *blending*);
- teikia biologinių komponentų ir daugiafunkcių priedų sandėliavimo ir įpylimo į naftos produktus (papildymo) paslaugas;
- aprūpina laivus kuru ir vandeniu;
- klientų patogumui veikia muitinės ir akcizų sandėliai, kuriuose galima atlikti pirkimo ir pardavimo procedūras.

AB „Klaipėdos Nafta“ naftos terminalas per metus gali perkrauti iki 8 mln. t eksportuojamų ir importuojamų naftos produktų bei žaliavinės naftos.

1 lentelė. Metinis naftos produktų krovos pajėgumas⁵

| Krovinio pavadinimas | Mato vnt. | Projektinis pajėgumas | Papildomas pajėgumas |
|--------------------------------------|-------------|-----------------------|----------------------|
| Mazutas | mln.t/metus | 4,4 | - |
| Skystojo kuro mišiniai | t/metus | 5000 | 3000 |
| Dyzelinis kuras | mln.t/metus | 1,7 | 0,14 |
| Benzinas | mln.t/metus | 1,6 | 0,38 |
| Bendras projektinis pajėgumas | mln.t/metus | 8,22 | |

AB „Klaipėdos Nafta“ naftos terminalas vykdo naftos produktų krovą pagal šias krovos schemas:

- tanklaivis–talpykla–tanklaivis;
- geležinkelio cisterna–talpykla–tanklaivis;
- tanklaivis–talpykla–geležinkelio cisterna;
- tanklaivis–talpykla–autocisterna.

Šiuolaikinės technologijos suteikia galimybę KN naftos terminale tuo pačiu metu laikyti ir krauti skirtingų rūšių naftos produktus, užtikrinant jų kokybinių parametrų išlaikymą ir segregaciją.

⁵AB „Klaipėdos nafta“ tamsių naftos produktų iškrovimo estakados, geležinkelio atšakos bei naujų naftos produktų talpyklų statyba ir eksploatacija. Atrankos dėl poveikio aplinkai vertinimo dokumentai. 2016

AB „Klaipėdos Nafta“ naftos terminalas vykdo šių naftos produktų krovą:

- įvairių rūšių dyzelinio kuro;
- įvairių rūšių benzino ir jo komponentų;
- reaktyvinių degalų;
- įvairių rūšių mazuto;
- biokuro ir jo komponentų;
- vakuuminio gazolio;
- žaliavinės naftos;
- naftos chemijos ir kt. naftos produktų.

AB „Klaipėdos nafta“ naftos terminalo pagrindinės vykdomos krovos schemos pateiktos 4 paveikslėlyje. Jų įvairovė rodo terminalo krovos lankstumą ir sugebėjimą prisitaikyti prie kliento poreikių.

2.3. AB „Klaipėdos Nafta“ terminalo infrastruktūra ir technologijos

Technologinės terminalo charakteristikos lemia, kaip Bendrovė sugebės greitai ir efektyviai patenkinti esamų ir potencialių klientų poreikius, kartu generuoti papildomas pajamas. Bendrovės naftos terminalo infrastruktūra skirta perpilti iš geležinkelio cisternų į laivus eksportuojamus naftos produktus, kurie yra tiekiami iš naftos perdirbimo gamyklų. Žemiau pateikiamas trumpas vykdomų veiklų technologinių procesų aprašymas.⁶

Geležinkelio cisternų iškrovimas – pakrovimas

AB „Klaipėdos nafta“ naftos terminalas eksploatuoja 2 geležinkelio estakadas, turinčias po 2 kelius. 2 keliai skirti naftos produktams, kuriems nereikalingas temperatūrinis režimas (vienu metu apdorojama iki 2 x 30 geležinkelio cisternų). 2 keliai skirti naftos produktams, kuriems reikalingas pašildymas ir temperatūrinis režimas (vienu metu apdorojama iki 2 x 32 geležinkelio cisternų). vienas iš kelių pritaikytas visų tipų naftos produktams. Vienu metu terminale galima krauti 124 geležinkelio cisternas (vagonus).

Siekiant pagerinti aštuonių ašių (120 t talpos) geležinkelio cisternų išpylimą, vienas naftos produktų krovos geležinkelio estakados kelias specialiai pritaikytas šiam tikslui: prie 16 geležinkelio cisternų prijungiama po du apatinio išpylimo prietaisus. Taip mazutas iš aštuonių cisternų išpilamas iki 30–40 proc. greičiau.

⁶ AB „Klaipėdos nafta“ planuojamos ūkinės veiklos atrankos dėl poveikio aplinkai vertinimo dokumentai. 2018

Estakadoje Nr. 1 mazutas iškraunamas iš geležinkelio cisternų pašildant jį karštu mazutu, įkaitintu iki +90⁰ C šilumokaičiuose, kurie naudoja perkaitintą garą. Iš estakados kelių Nr. 1 ir Nr. 2 iškraunamas mazutas pumpuojamas į rezervuarus siurblių pagalba. Vienu metu galimas mazuto iškrovimas keliuose Nr. 1 ir Nr. 2.

Šviesieji naftos produktai iš vagonų iškraunami keliuose Nr. 3 ir Nr. 4. Šviesieji naftos produktai iš geležinkelio cisternų į rezervuarus pumpuojami taip pat siurblių pagalba.



6 pav. AB „Klaipėdos Nafta“ naftos terminalo geležinkelis

Talpyklų parkas

Naftos ir naftos produktų talpyklų parką sudaro 40 talpyklų, skirtų naftos produktams. Bendra talpyklų parko apimtis – 492 000 m³.

Modernios technologijos ir šiuolaikiniai techniniai sprendimai leidžia talpyklose laikyti ir krauti skirtingus naftos produktus vienu metu, užtikrinant skirtingų rūšių produktų atskyrimą ir kokybinių parametrų išsaugojimą. Kokybės parametrų monitoringą atlieka moderni naftos produktų laboratorija, įsikūrusi terminalo teritorijoje.

Dalyje talpyklų sumontuoti plūdrieji pontonai, mažinantys naftos produktų garavimą ir aplinkos taršą.

Tanklaivių pakrovimas/ iškrovimas

Tanklaivių aptarnavimo zoną sudaro dvi krantinės (Nr. 1 ir 2), kurių bendras ilgis - 548 m. Dviejose krantinėse projektinis gylis yra po 14 metrų (ateityje planuojamas gylis 16,5 m.), jos gali

priimti daugiausia 13,0 m grimzlės laivus. Galima priimti tanklaivio partija – 100 000 tonų. Krantinėse priimami „Panamax“, „Aframax“ ir išimtiniais atvejais „Suezmax“ tipo tanklaiviai. Į tanklaivius naftos produktai kraunami specialiais jūrinio krovimo įrenginiais (stenderiais). Krantinėje Nr. 1 kraunami ir iškraunami benzinas, dyzelinas, vakuuminis gazolis ir mazutas. Krantinėje Nr.2 - benzinas, dyzelinas ir mazutas. Dvi krantinės yra iškyšulinės (angl. jetty) struktūros. Pirsas ir du palai po vieną iš kiekvienos pirsos pusės, sujungti su pirsu ir tarpusavyje tilteliais.

Automobilių cisternų pakrovimas-iškrovimas

AB „Klaipėdos Nafta“ naftos terminale įrengta autocisternų pildymo aikštelė, kurioje iš tanklaivių ar geležinkelio cisternų priimami ir į autocisternas kraunami naftos produktai. Autocisternų pildymo aikštelėje vienu metu galima krauti iki 4 degalus vežančių autocisternų. Aikštelėje įrengti 8 pildymo įrenginiai leidžia vienu metu į autocisternas krauti 8 rūšių naftos produktus.

RRME ir etanolis į AB „Klaipėdos nafta“ įmonės teritoriją yra atvežami autocisternomis. Skysti produktai iš autocisternų iškraunami lanksčiomis žarnomis su greito sujungimo movomis ir savitakiniu vamzdžiu iki siurblinės Nr. 5 (našumas 70 m³/h). RRME arba etanolis iškraunamas į 100 m³ tūrio rezervuarus su stacionariais stogais. Etanolio rezervuare sumontuotas pontonas.

Multifunkciniai priedai į AB „Klaipėdos Nafta“ įmonės teritoriją atvežami mobilioje taroje (statinės ir kt.). Multifunkciniai benzino ir dyzelino priedai saugomi 50 m³ talpoje, kuri suskirstyta į 10 sekcijų.

Priedai įmaišomi vykdant benzinų bei dyzelino krovą į autocisternas. Benzinas E95 kraunamas esamais išcentriniais siurbliais.

Dyzelino ir benzino krova į autocisternas vykdoma apatiniu būdu (150 m³/val.). Prieš pradėdant autocisternos pakrovimą pajungiami degalų pakrovimo, garų nuvedimo įrenginiai ir įžeminama autocisterna. Garai patenka į sudeginimo įrenginį.

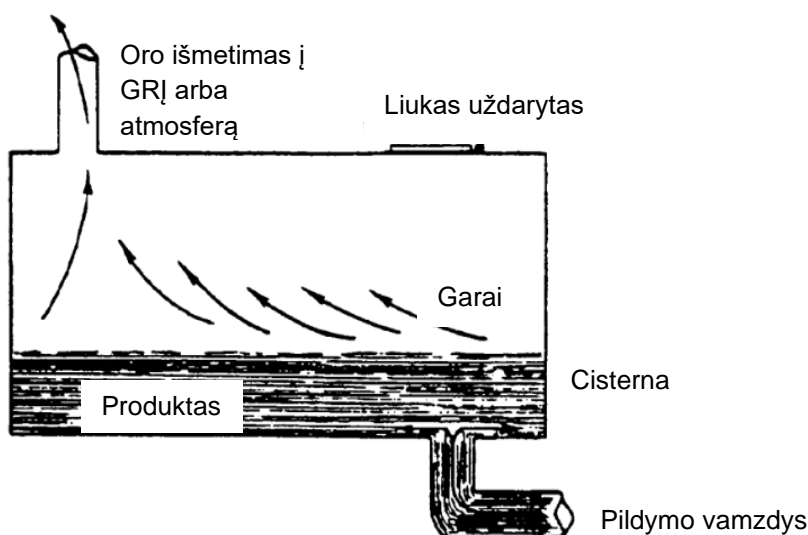
Apatinis užpildymas yra visiškai uždaromas - garai nepatenka į aplinką. Speciali jungtis užtikrina naftos produktų garų pašalinimą iš užpildymo zonos, o tai sumažina naftos produktų perkrovimo proceso sprogo ir gaisro pavojų, užtikrina objekto ekologinės pusiausvyros išsaugojimą, taip pat suteikia galimybę iki minimumo sumažinti naudojamąsi utilizavimo įrenginiais. Su apatiniu užpildymu viršutiniai autocisternų liukai neatsidaro, o tai užtikrina gabenamo produkto grynumą, nes į skyrius negali patekti kritulių, dulkių, nešvarumų ir kitų svetimkūnių. Apatinis užpildymas suteikia produkto kokybės lygį, kuris jai buvo būdingas prieš pakraunant į transporto priemonės skyrių.

Pakrovimas apatiniu būdu yra daug greitesnis. Užpildytų žarnų naudojimas vietoj nejudamų vamzdžių palengvina užpildymo procesą, taip pat suteikia galimybę kirsti žarnas ir leidžia visus bakų

skyrius užpildyti naftos produktais tuo pačiu metu. Tuo pačiu metu į kiekvieną rezervuaro skyrių gali būti pilamas atskiras produktas. Dėl to sutrumpėja kiekvienos autocisternos aptarnavimo laikas ir padidėja ekonominis transporto naudojimo efektyvumas.

Apibendrinami išryškiname pagrindinius apatinės pakrovimo privalumus:

- Saugumas, paprastumas ir patogumas naudoti ir prižiūrėti;
- Naftos išsiliejimo rizikos sumažinimas;
- Gabenamo produkto grynumo ir kokybės išsaugojimas;
- Ekonominis garų regeneravimo ir regeneravimo efektyvumas;
- Sutaupoma pakrovimo įranga;
- Didelis pakrovimo greitis;
- Galimybė vienu metu užpildyti keletą autocisternos skyrių;
- Efektyvesnis transporto naudojimas.



7 pav. Apatinis cisternų pildymas

2.4. Išmetamųjų teršalų šaltiniai ir jų valdymas

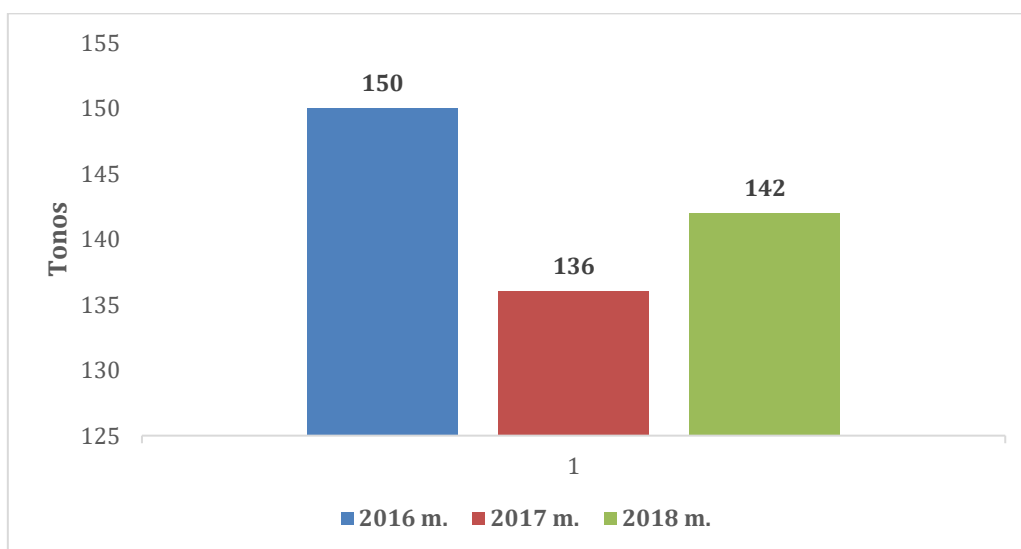
Naftos terminalo veiklos metu galima aplinkos oro tarša. Naftos operacijose, pvz., sandėliavimo, pakrovimo ir iškrovimo metu, yra daug galimybių naftos garams išsiskirti iš cisternų,

tanklaivių ar sunkvežimių cisternų į orą.⁷ Naftos garų emisija, turinti rimtą kenksmingą poveikį žmonėms ir aplinkai, visada yra svarbi mokslininkų, inžinierių ar vadybininkų, užsiimančių naftos gavybos ir transportavimo, priešgaisrinės saugos ir aplinkos apsaugos klausimais, tema. Kasmet į planetos atmosferą išmetama 50-90 mln. tonų angliavandenilių.⁸ Specifiniai angliavandenilių nuostoliai dėl išgaravimo sudaro 1,1 - 1,6 kg vienai produkto tonai. Be materialinių nuostolių atsiranda angliavandenilių kurų kokybes pablogėjimas dėl lengvųjų frakcijų išgaravimo.

Aplinkos oro teršalai AB „Klaipėdos nafta“ teritorijoje išsiskiria vykdant šias veiklas:

- perpilant naftos produktus į/iš geležinkelio cisternų;
- perpilant naftos produktus į/iš autocisternų;
- perpilant naftos produktus į tanklaivius;
- sandėliuojant naftos produktus;
- priimant ir valant naftos produktais užterštus vandenį (nuotekas);
- saugant ir įterpiant cheminius priedus į naftos produktus;
- gaminant garą technologiniams procesams nuosavoje katilinėje;
- nustatant naftos produktų kokybės parametrus laboratorijoje;
- rekuperuojant ir deginant susidariusių naftos produktų garus.

Perkraunant ir saugant mazutą į aplinkos orą patenka lakūs organiniai junginiai (toliau - LOJ) ir sieros vandenilis, o kraunant ir saugant dyzeliną ir benziną – LOJ.



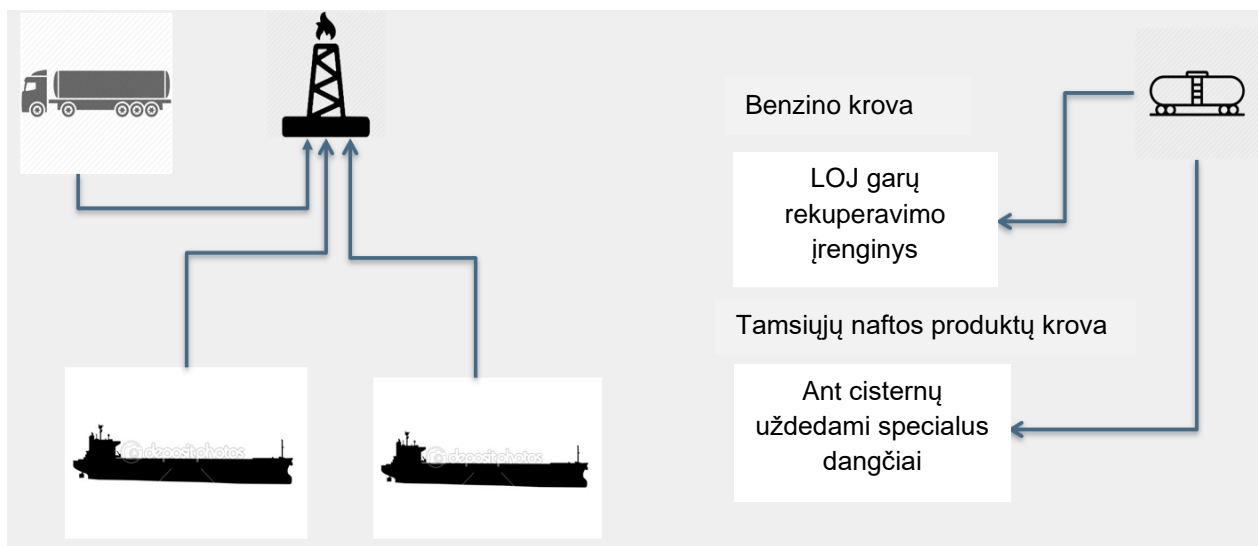
8 pav. LOJ emisijos 2016 - 2018 m.

⁷ Weiqiu Huang et al. 2011. Investigation of Oil Vapor Emission and its Evaluation Methods.

⁸ Архипова О.В. и др. 2014. Методы и установки по рекуперации углеводородных паров при сливо наливных операциях на нефтебазах и АЗС.

Naftos produktų krovos darbai naftos terminale yra vykdomi vadovaudamasi Aplinkos apsaugos agentūros išduotu taršos integruotos prevencijos ir kontrolės leidimu, kuriame nurodyta, kad tai darydama AB "Klaipėdos Nafta" privalo taikyti aplinkosaugines priemones, mažinančias teršalų patekimą į aplinką. Bendrovė savo veikloje naudoja "geriausiai prieinamus gamybos būdus" ir nuolat diegia technines priemones teršalų išmetimui mažinti. Naftos terminalo esamoje veikloje yra įdiegtos šios taršos prevencijos ir mažinimo priemonės:

- visi naftos produktai iškraunami uždaru būdu;
- mazuto šildymas vagonuose cisternose prieš iškrovimą vykdomas karštu produktu. Tai sumažina produktų garavimą ir tuo LOJ išmetimą;
- atvykusių tanklaivių talpyklos būna užpildytos inertinėmis dujomis, kurios, vykdant benzino ir MTBE krovą į tanklaivius, yra nukreipiamos sudeginimui į LOJ garų sudeginimo įrenginį. Taip pat inertinės dujos iš tanklaivių talpyklų nukreipiamos sudeginimui į LOJ garų deginimo įrenginį, jei prieš tai tanklaivis transportavo naftą;
- kraunant autocisternas ŠNP, krovos metu susidarę LOJ nuvedami į garų sudeginimo įrenginį;
- iš geležinkelio cisternų iškraunant benzina susidarę benzino garai nukreipiami į rekuperavimo įrenginį;
- iškraunant iš geležinkelio cisternų naftos produktus, ant geležinkelio vagonuose esančių liukų uždedami specialūs dangčiai su atbuliniais vožtuvais, kurie neleidžia iš cisternų vidaus garuoti LOJ;
- ŠNP talpyklos nudažytos šilumą atspindinčiais dažais;
- suplanuotos ŠNP, MEG, RRME, MTBE, etanolio krovos talpyklos įrengiamos su pontonais, leidžiančias sumažinti produkto garų patekimą į aplinkos orą;
- apvandeninto mazuto laikymo talpyklos apšiltintos, su stacionariu stogu, kas leidžia naudoti mažiau šiluminės energijos gaunamos deginant kurą;
- vykdomas iš stacionarių oro taršos šaltinių išmetamų teršalų monitoringas pagal suderintą stacionarių aplinkos oro taršos šaltinių kontrolės grafiką;
- vykdomas poveikio oro kokybei monitoringas.



9 pav. Esamos aplinkos oro taršos mažinimo priemonės

AB „Klaipėdos Nafta“ vystydama savo veiklą vadovaujasi tvaraus verslo plėtros principais, orientuojasi į aplinką tausojančias technologijas bei kryptingai investuoja į naujų aplinkosauginių priemonių taikymą.

Apsauginiai dangčiai

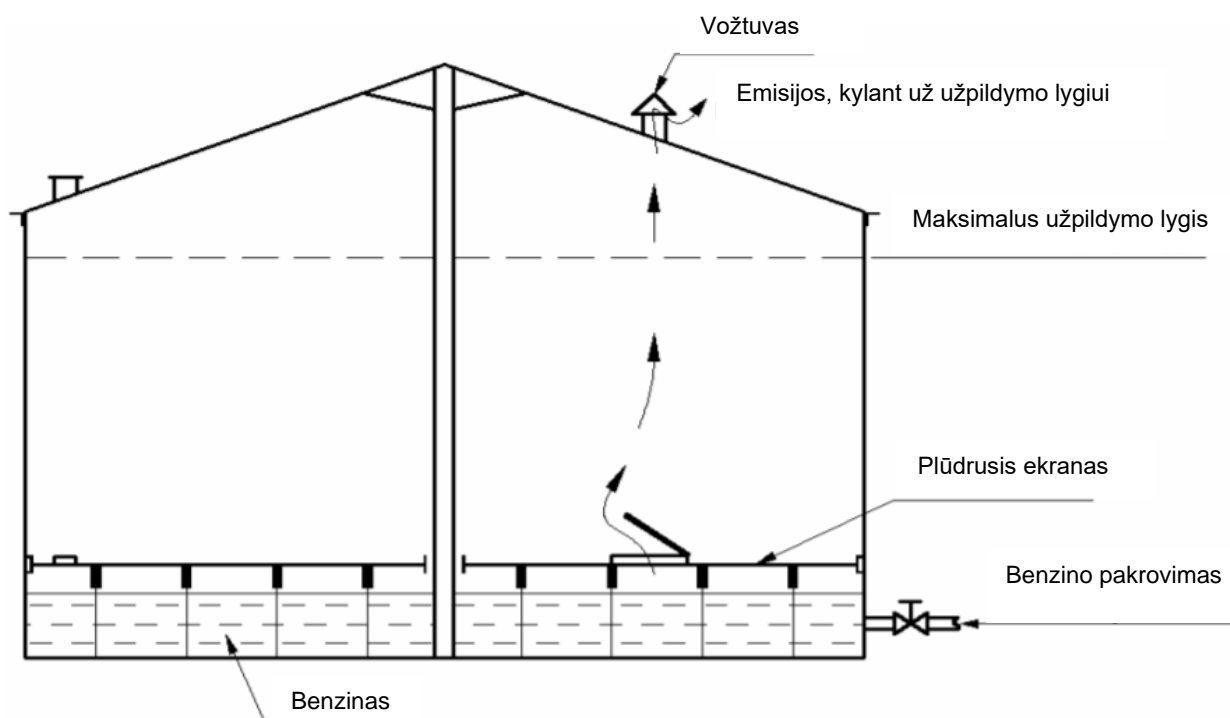
Geležinkelio cisternų apsauginiai garus sulaikantys dangčiai su „kvėpavimo“ vožtuvais, kurie nepraleidžia naftos ir chemijos produktų garų į atmosferą, gali būti naudojami naftos perdirbimo įmonėse, naftos terminaluose, skystųjų trąšų terminaluose bei kituose objektuose, kur vyksta geležinkelio cisternų pakrovimo-iškrovimo operacijos.

Plūdrieji stogai ir pontonai LOJ garavimui mažinti

Pastaraisiais metais LOJ garavimui mažinti iš naftos ir jos produktų saugojimo talpyklų vis dažniau naudojami plūdrieji stogai ir pontonai. Įdiegus šias apsaugines priemones iki 98% sumažėja LOJ garavimas iš talpyklų tuo metu, kai nevyksta iškrovimo / pakrovimo operacijos.

Pontonai, tiesiogiai kontaktuodami su produktu, beveik visiškai sumažina produkto garavimą bei produkto garų susidarymą virš pontono paviršiaus. Jų efektyvumas daugiausia priklauso nuo sandarinimo žiedų (užtvarų) konstrukcijos. Pontonų darbo našumas susijęs su jų efektyvumu ir daugiausia yra nulemtas plūdrusios dangos konstrukcijos ir medžiagos, iš kurios ji pagaminta. Talpyklų su pontonais privalumai yra šie: produkto ir pačios plūdrusios dangos apsauga nuo atmosferos kritulių tiek žiemą, tiek ir vasarą; gerokai mažesnės netektys dėl nugaravimo; remonto

išlaidų sumažėjimas, kadangi dingsta drenažų poreikis; lengvas pritaikymas jau veikiančiose talpyklose.⁹



10 pav. Talpyklos su plūdruoju stogu schema

Garų deginimo įrenginys

Klaipėdos naftos terminalas vienas pirmųjų Europoje pastatė garų deginimo įrenginį, kuriame sudeginama iki 98% lakiųjų organinių junginių (LOJ), surinktų iš bendrovės krantinėse aptarnaujamų tanklaivių tankų. Garai surenkami iš krantinių Nr. 1 ir Nr. 2 ir transportuojami 18'' vamzdiniais į deglį. Deglo panaudojimas sumažina naftos ir benzino garų išmetimą į aplinką ir bendrovės aplinkinių teritorijų teršimą.

Atvykusių tanklaivių talpyklos būna užpildytos inertinėmis dujomis, kurios, vykdamas benzino ir MTBE krovą į tanklaivius, yra nukreipiamos sudeginimui į LOJ garų sudeginimo įrenginį. Taip pat inertinės dujos iš tanklaivių talpyklų nukreipiamos sudeginimui į LOJ garų deginimo įrenginį, jei prieš tai tanklaivis transportavo naftą. Priklausomai nuo to, koks krovinyje buvo transportuojamas prieš tai buvusioje reise, gali būti deginami ir kiti nei benzinas buvusio krovinių LOJ ar kitos medžiagos.

⁹ Paulauskienė T. 2008. Oro taršos lakiisiais organiniais junginiais tyrimas ir jos mažinimas naftos terminaluose: daktaro disertacija. Vilnius.

Deginant benzino garus LOJ garų sudeginimo įrenginyje į aplinkos orą išmetami CO, NO_x, ir LOJ. LOJ sudeginimo efektyvumas siekia iki 99,92 %.

Deginimo sistema susideda iš vertikalus kamino, padengto ugniai atsparia medžiaga. Ant kamino orui tiekti sumontuotos aukštą temperatūrą atlaikančios sklendės. Sklendės reguliuoja tiekiamo oro kiekį, papildomų dujų tiekimą bei, jei reikia, papildomą naftos produktų garų tiekimą.¹⁰

Deglas sumontuotas ant betoninių pamatų, saugiu atstumų nuo bet kurios jūrinių laivų prieplaukos bei terminalo saugyklų.

Garų rekuperavimo įrenginys

Naftos terminale benzino garai, susidarę vykdant krovą estakadoje, nukreipiami į garų rekuperavimo įrenginį (GRĮ), kurio našumas 3000 m³ /val. GRĮ veikia geležinkelio vagonų iškrovimo ir pakrovimo metu. Estakadoje įrengtas angliavandenilių garų surinkimo vamzdynas, kuris yra pajungtas prie garų rekuperavimo sistemos. Garų surinkimo linijos atšakose prie kiekvieno vagono įrengiamos sklendės su pneumatine pavara.

Garų regeneravimo įtaiso pagrindą sudaro adsorbcijos – absorbcijos technologija, kuri gali būti apibrėžiamas kaip dviejų etapų procesas. Pirmojo proceso etapo (adsorbcija) metu garų srautas leidžiamas per aktyvuotos anglies sluoksnį, kuris adsorbcijos būdu pritraukia angliavandenilių garus ant savo paviršiaus ir tada nuo angliavandenilių išvalytas oras per ventiliaciją patenka į aplinkos orą. Tada adsorbuoti angliavandenilio garai vakuumo sistema desorbuojami (pašalinami) iš aktyviosios anglies. Šie desorbuoti angliavandenilio garai iškraunami vakuumo sistemoje, kurioje prasideda antrasis proceso etapas (absorbcija), kurio metu absorbcijos būdu šie garai virsta skystu produktu ir regeneruojami į cirkuliuojančią skystų absorbentų srovę.

Šios aplinkosauginės priemonės ženkliai sumažina teršalų patekimą į aplinkos orą bei kvapų intensyvumą aplinkoje.

Iš estakados kelių Nr. 1 ir Nr. 2 produktų iškrovimo metu ant cisternų uždedami apsauginiai dangčiai, o susidarę garai išleidžiami į atmosferą. Esama situacija su tamsiųjų naftos produktų pakrovimu iš geležinkelio cisternų yra gana rimtas terminalo trūkumas, nes nėra tenkinamas reikalavimas surinkti ir rekuperuoti (suskystinti) arba sudeginti naftos produktų garus.

Toliau bus atlikti LOJ garų emisijos dydžio tyrimai, kad įvertinti situaciją estakadose ir problemos aktualumą.

¹⁰ Paulauskienė T. 2008. Oro taršos lakiaisiais organiniais junginiais tyrimas ir jos mažinimas naftos terminaluose: daktaro disertacija. Vilnius.

III. IŠMETAMŲJŲ TERŠALŲ KIEKIŲ VERTINIMO IR KROVINIŲ SRAUTŲ PROGNOZAVIMO METODIKOS

3.1. Emisijos vertinimo metodikos

Išmetamųjų teršalų, susidarančių geležinkelio cisternų krovimo metu, kiekio skaičiavimui naudojamos tam tikros metodologijos. Toliau yra pateikiama naudojamų metodologijų apžvalga.

3.1.1. Lakiųjų organinių junginių, išmetamų į atmosferą saugant ir paskirstant naftą ir jos produktus, kiekio įvertinimo metodika¹¹

Metodika gali būti taikoma benzino ir kitų naftos produktų, taip pat naftos saugojimo ir paskirstymo procesų metu į atmosferą išmetamam LOJ kiekiui apskaičiuoti. Dėl tos priežasties vietose, kuriose yra kalbama apie naftą ar bet kurį naftos produktą, yra vartojamas terminas „produktas“.

Iš mobiliųjų talpyklų (geležinkelio cisternų ir autocisternų) LOJ išmetami į atmosferą jas pripildant produktu ir šiuos produktus transportuojant.

Geležinkelio cisternų ir autocisternų pildymo metu išmetamo LOJ kiekio apskaičiavimas

Pildymo metu išmetamas LOJ kiekis N_p , kai nenaudojama garų grąžinimo sistema, apskaičiuojamas pagal formulę:

$$N_{pm\acute{e}n} = f \cdot 12 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{1}{T} p_T \cdot M \cdot Q_{m\acute{e}n}, \quad (1)$$

čia: f – prisotinimo laipsnis, lygus 0,85;

T – vidutinė mėnesio paviršinė produkto rezervuare temperatūra (K), apskaičiuojama pagal matavimo duomenis arba parenkama iš 3 lentelės;

p_T – produkto sočiųjų garų slėgis (hPa);

M – vidutinė produkto garų molinė masė (kg/kmol), nustatoma pagal faktinius duomenis arba parenkama iš 3 lentelės;

$Q_{m\acute{e}n}$ – per mėnesį pripilamo į rezervuarą produkto kiekis ($m^3/m\acute{e}n$).

Metinis pildymo metu išmetamas LOJ kiekis N_{pmet} apskaičiuojamas kaip atskirais mėnesiais pildymo metu išmetamų LOJ kiekių suma pagal formulę:

¹¹ LAND 31-2007/M-11. Lakiųjų organinių junginių, išmetamų į atmosferą saugant ir paskirstant naftą ir naftos produktus, kiekio įvertinimo metodika.

$$N_{Pmet} = \sum_{I-XII} N_{Pmèn} , \quad (2)$$

Momentinis iš technologinių vamzdynų komponentų išmetamas LOJ kiekis N_{MTV} apskaičiuojamas pagal formulę:

$$N_{MTV} = \frac{N_{TV} \cdot 10^3}{t_{perp}} , \quad (3)$$

čia: N_{TV} – iš technologinių vamzdynų komponentų išmetamas LOJ kiekis, apskaičiuotas pagal formulę;

t_{perp} – perpylimo laikas (s).

Pro technologinio vamzdyno komponentus (armatūrą) išmetamas per perpylimo laikotarpį t_{perp} LOJ kiekis N_{TV} apskaičiuojamas pagal formulę:

$$N_{TV} = (E_{sr} + nE_{av} + nE_{skl} + nE_{jj}) \cdot 10^{-3} \cdot t_{perp} , \quad (4)$$

čia: E_{sr} – pro siurblių išmetamų LOJ srautas (g/val);

E_{av} – pro apsauginę sklendę (vožtuvą) išmetamų LOJ srautas (g/val);

E_{skl} – pro sklendę išmetamų LOJ srautas (g/val);

E_{jj} – pro junginę jungtį (flanšą) išmetamų LOJ srautas (g/val);

t_{perp} – perpylimo operacijos trukmė (val), priklausanti nuo perpylimo siurblio našumo;

n – komponentų (armatūros) vienetų skaičius (vnt).

3.1.2. Į aplinkos orą išmetamų teršalų skaičiavimo metodika¹²

Tarša LOJ kraunant naftos produktus iš geležinkelio cisternų apskaičiuojama pagal formulę:

$$N_{met} = N_M \cdot \sum_{I-XII} t_{perp} \cdot 3600/10^{-6} , \quad (5)$$

čia: N_{met} – per metus išsiskiriantis tam tikro teršalo kiekis, t;

N_M – momentinis išsiskiriantis tam tikro teršalo kiekis, g/m³;

$\sum_{I-XII} t_{perp}$ – bendras taršos šaltinio darbo laikas per metus, val.

¹² AB „Klaipėdos nafta“ Stacionarių aplinkos oro teršimo šaltinių bei iš jų išmetamų teršalų inventORIZACIJOS ataskaita. 2014.

Taršos šaltinio darbo laikas tai yra naftos produkto estakadoje krovos laikas:

$$t_{perp} = \frac{Q_t}{Q_{perp}}, \quad (6)$$

čia: Q_t – iškrauto iš geležinkelio cisternų produkto kiekis per laikotarpį, m³;

Q_{perp} – produkto iš cisternų krovimo greitis (našumas), m³/val.

Krovimo greitis (našumas) skaičiuojamas:

$$Q_{perp} = \frac{Q_{pad}}{t_{pad}}, \quad (7)$$

čia: Q_{pad} – cisternų padavimo (kraunamų vienu metu) produkto kiekis, m³;

t_{pad} – cisternų padavimo pylimo trukmė, val.

Momentinis LOJ išmetimas skaičiuojamas:

$$N_M = \frac{N_1 \cdot n}{3600}, \quad (8)$$

čia: N_1 – iš vieno vagono krovimo metu išsiskiriamas LOJ kiekis, g/val.;

n – cisternų kraunamų vienu metu kiekis.

3.1.3. RSFSR „Goskomnefteprodukt“ įmonėse į atmosferą išmetamų kenksmingų medžiagų nustatymo metodika.¹³

Ši metodika skirta padėti įmonių darbuotojams nustatyti išmetamų teršalų kiekį ir sudėti išmetamų į atmosferą teršalų šaltinių inventorizacijos metu, kurios rezultatai naudojami kuriant maksimaliai leistinas šių medžiagų išmetamųjų teršalų normas.

Krova į transporto priemones

Naftos produktai pilami į geležinkelio, automobilių cisternas, į jūrų ir upių laivus.

Metinis angliavandenilių išmetimas pildant visų benzina į transporto priemones nustatomas pagal formulę.

$$G = (n_1 \cdot G_{pv} + n_2 \cdot G_{r\dot{z}}) \cdot 10^{-3}, \quad (9)$$

¹³ Методика по определению выбросов вредных веществ в атмосферу на предприятиях госкомнефтепродукта РСФСР. 1988

čia: n_1 ir n_2 - kokie yra natūralių naftos produktų nuostolių dydžiai pavasario-vasaros ir rudens-žiemos laikotarpiais atitinkamai kg/t.

Angliavandenilių, išmetamų į atmosferą, kiekis, kai transporto priemonės užpildomos mazutu, dyzeliniu kuru ir tepalais, kiekis nustatomas pagal formulę:

$$G = V_{met} \cdot q_t , \quad (10)$$

čia: V_{met} – per metus į transporto priemones pakrautas naftos produktų kiekis (m^3);
 q_t – specifinis angliavandenilių nuostolis į atmosferą, kai $1m^3$ vidutinė metinė temperatūra, t/m^3 , išleidžiant $1 m^3$ produkto.

3.1.4. Emisijų nuo krovos operacijų skaičiavimo ir ataskaitos gairės¹⁴

Šio dokumento tikslas yra pateikti operatoriams emisijos nuo skystų medžiagų, turinčių sudėtyje LOJ, krovimo įvertinimo gairės. Gairės naudojamos krovos operacijų emisijų per metus skaičiavimui.

Krovinio nuostoliai yra pagrindinis vagonų - cisternų išmetamųjų teršalų šaltinis.

Metodologijos prisiima tam tikrus numatytus parametrus.

Metodologijoje nagrinėjami trys krovos operacijų emisijos scenarijai:

- Paprastos operacijos (be kontrolės).
- Su garų surinkimo ir rekuperacijos sistema.
- Su balanso sistema ir garų kontrolės sistema.

Paprastos operacijos (be garų kontrolės)

$$E_1 = Q \cdot L_L , \quad (11)$$

čia: E_1 – LOJ emisija (nefiksuoti garai) nuo krovos nuostolių;

Q – pakrauto krovinio kiekis (tūkstančiais galonų);

L_L – pakrovimo nuostoliai, svarai už 1000 galonų ($lb / 10^3 gal$) pripildyto skysčio.

Išmetamų naftos skysčių išmetamųjų teršalų kiekį galima įvertinti (tikėtina ± 30 procentų paklaida) naudojant šią išraišką:

¹⁴ Guidelines for Calculating and Reporting Emissions from Bulk Loading Operations (U.S. Environmental Protection Agency, November, 2017).

$$L_L = \frac{12,46 \cdot S \cdot P \cdot M}{T}, \quad (12)$$

čia: L_L – pakrovimo nuostoliai, svarai už 1000 galonų (lb/10³ gal) pripildyto skysčio;

S – soties faktorius;

P – tikras įkrauto skysčio garų slėgis, absoliutus svaras kvadratiname colyje (psia);

M – garų molekulinė masė, svarai už svoro molį (lb/lb mol);

T – pakrauto skysčio temperatūra, °R (°F + 460).

Išmetamus teršalus iš kontroliuojamų krovinių operacijų galima apskaičiuoti padauginus nekontroliuojamą išmetamųjų teršalų kiekį, apskaičiuota pagal (11) formulę, atsižvelgiant į bendrą mažinimo efektyvumo sąlygą:

$$(1 - eff/100)$$

Pakrovimo sumažinimo priemonės išmetamų teršalų kiekis apima alternatyvių pakrovimo būdų pasirinkimą ir garų surinkimo įrangos naudojimą. Pastarasis surenka organinius garus, išstumtus pakrovimo metu, ir atgauna garus šaldymo būdu, absorbcija, adsorbcija ir (arba) suspaudimas. Išgautas produktas grąžinamas atgal į saugyklą. Garai taip pat gali turi būti kontroliuojami deginant šiluminės oksidacijos įrenginyje, be produkto regeneravimo. Kontrolės efektyvumas regeneravimo vienetams svyruoja nuo 90 iki daugiau kaip 99 procentų, priklausomai nuo garų ir naudojamos valdymo įrangos rūšių.

Ištyrus pateiktas LOJ emisijų vertinimo metodikas nustatyta:

1. Metodika (4)¹⁵ yra skirta benzino išmetamųjų garų vertinimui. Tamsiųjų naftos produktų LOJ emisiją įvertinti nėra galimybės.

2. Taikant metodiką (1)¹⁶ ir metodiką (3)¹⁷ bus gaunami didesni skaičiai, nes šios metodikos yra skirtos LOJ emisijos vertinimui, kai cisternos yra pildomos produktų. (Produktas yra paduodamas į cisternas su slėgiu ir atitinkamai su slėgiu yra išmetami garai).

Taigi benzino ir tamsiųjų naftos produktų išmetamųjų garų kiekiai bus vertinami naudojant „Stacionarių aplinkos oro teršimo šaltinių bei iš jų išmetamų teršalų inventorizacijos ataskaitoje“ pateiktą metodiką.¹⁸

¹⁵ Guidelines for Calculating and Reporting Emissions from Bulk Loading Operations (U.S. Environmental Protection Agency, November. 2017.

¹⁶ LAND 31-2007/M-11. Lakiųjų organinių junginių, išmetamų į atmosferą saugant ir paskirstant naftą ir naftos produktus, kiekio įvertinimo metodika.

¹⁷Методика по определению выбросов вредных веществ в атмосферу на предприятиях госкомнефтепродукта РСФСР. 1988

¹⁸ AB „Klaipėdos nafta“ Stacionarių aplinkos oro teršimo šaltinių bei iš jų išmetamų teršalų inventorizacijos ataskaita. 2014.

3.2. Linijinio krovinių srautų prognozavimo metodika

Krovinių srautams prognozuoti geriausiai tinka matematiniai statistiniai metodai, kurie leidžia įvertinti esamą bei prognozuoti galimas situacijas atskiruose būdinguose taškuose bei srautų keliuose.¹⁹

Prognozuojant krovinių srautus būtina nustatyti kuo tikslesnes paklaidas, nes nuo jų dydžio priklauso tinkamas superstruktūros ir infrastruktūros parinkimas krovinių srautų aptarnavimui. Statistiniai srautų prognozavimo metodai paremti buvusiais ir dabartiniais informacijos šaltiniais (vienetai, skaičiai ir kiti įvairūs skaičiuojami veiksniai) bei šių šaltinių galimų tikimybių nagrinėjimu bei palyginimu.

Naudojant buvusias ir dabartines reikšmes, reikia nustatyti atskirais laiko intervalais statistinio ryšio charakteristiką krovinių srautų dydžių atžvilgiu. Prognozuojant įvairius krovinių srautus, šių srautų charakteristikas ir kitus aspektus, naudojamosi jau turimais ankstesniais statistiniais duomenimis (krovinių srautų duomenys per kelerius pastaruosius metus). Svarbiausia įvertinti atsitiktinių dydžių matematinės viltis, kurios randamos pagal formulę:²⁰

Svarbiausia įvertinti atsitiktinių dydžių matematinės viltis, kurios randamos pagal formulę:

$$m_{yi} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad (13)$$

čia: x_i – bendras krovinių kiekis, vežtas per atitinkamą laiko tarpą;

n – laikotarpio, per kurį buvo vežtas krovinių kiekis $\sum x_i$, dalių kiekis (pavyzdžiui, metų, mėnesių, savaitių), šiuo atveju matematinė viltis išreikš periodo tarpo dydį.

Turint konkrečių srautų matematinę viltį, atsitiktinių (krovinių srautų ir pan.) dydžių dispersija gali būti apskaičiuota formule:²¹

$$\sigma_{yi} = S^2_{\zeta i} = \frac{1}{n-1} \sum (x_i - m_{yi})^2, \quad (14)$$

čia: $S^2_{\zeta i}$ – atsitiktinių dydžių standartai, kurie skaičiuojami taip:

$$S_{\zeta i} = \sqrt{S^2_{\zeta i}}, \quad (15)$$

Norint nustatyti, kiek yra išsibarstę nagrinėjami dydžiai, variacijos koeficientą δ galima apskaičiuoti formule:

¹⁹ Paulauskas V. 2002. Srautų tyrimo metodika. Klaipėda: KU leidykla

²⁰ Paulauskas V. 2002. Srautų tyrimo metodika. Klaipėda: KU leidykla.

²¹ Paulauskas V., Barzdžiukas R., Plačienė B. ir kt. 2001. Uosto technologija. Klaipėda: KU leidykla.

$$\delta = \frac{S_{\zeta i}}{m_{\gamma i}}, \quad (16)$$

Pagal apskaičiuotą variacijos koeficientą galima nustatyti, ar apskaičiuoti srautai yra pastovūs, ar nepastovūs. Jeigu variacijos koeficientas neviršija 20%, tada srautai laikomi pastoviais, tačiau jeigu koeficientas viršija 20%, srautai laikomi nepastovūs, nors ir jų įvertinimas atliekamas identišškai pastovių srautų įvertinimui.

Prognozuojamas krovinių srautas po laiko t , priimant linijinę priklausomybę, gali būti apskaičiuotas:²²

$$Q_t = Q_0 + b \cdot t, \quad (17)$$

čia: Q_0 – krovinių kiekis pirmaisiais metais, tonomis;

t – skaičiuojamas laiko periodas, metais;

b – koeficientas įvertinantis skirtumą/ pokytį tarp statistinių krovinių srautų duomenų ir randamas šiuo būdu:²³

$$b_i = \frac{Q_{ti} - Q_0}{t_i}, \quad (18)$$

čia: Q_{ti} – krovinių kiekis konkrečiais metais, tonomis;

Q_0 – krovinių kiekis pirmaisiais metais, tonomis;

t_i – laiko periodas metais nuo pirmųjų metų.

$$b = \sum \frac{b_i}{n_i}, \quad (19)$$

Apskaičiavus visus šiuos dydžius galima nustatyti optimistinę bei pesimistinę krovinių srautus:²⁴

$$Q_{opt} = Q_t + S_{\zeta i}, \quad (20)$$

$$Q_{pes} = Q_t - S_{\zeta i}, \quad (21)$$

čia: Q_{opt} – optimistinė prognozė, tonomis;

Q_{pes} – pesimistinė prognozė, tonomis;

$S_{\zeta i}$ - atsitiktinių dydžių standartas.

Naudodamiesi linijinio prognozavimo metodiką, galime įvertinti tamsiųjų naftos produktų krovinių srautus, optimistinę ir pesimistinę prognozę ateinantiems 10 metų.

²² Paulauskas V. 2004. Uosto terminalų planavimas. Klaipėda: KU leidykla.

²³ Paulauskas V. 2004. Uosto terminalų planavimas. Klaipėda: KU leidykla.

²⁴ Paulauskas V. 2002. Srautų tyrimo metodika. Klaipėda: KU leidykla.

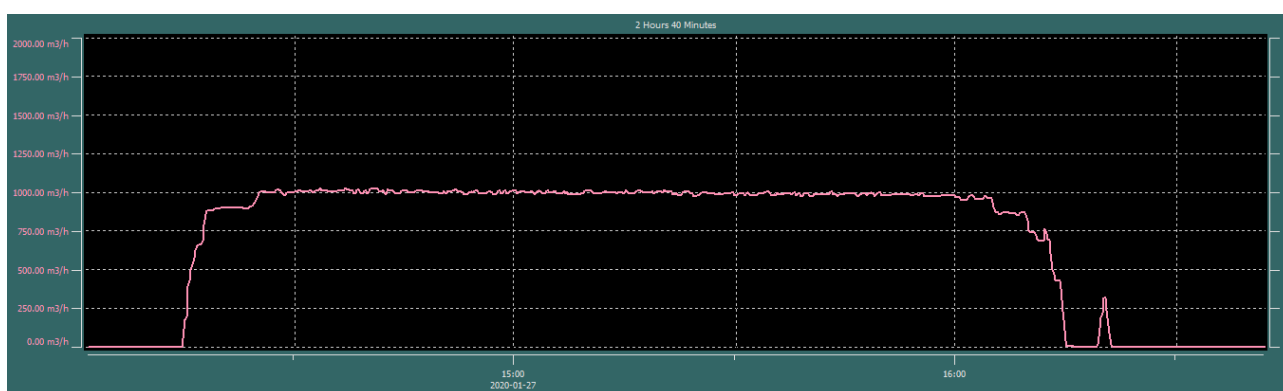
IV. IŠMETAMŲJŲ TERŠALŲ KIEKIŲ VERTINIMAS IR EMISIJOS MAŽINIMO PRIEMONIŲ TYRIMAI

4.1. Benzino ir tamsiųjų naftos produktų išmetamųjų teršalų kiekio vertinimas

Skaičiavimams bus naudojami 2018 m. statistinės duomenys ir taršos šaltinių ir iš jų išmetamų teršalų inventorizacijos ataskaita.²⁵

Metinę benzino LOJ garų emisiją vertinama naudojant (5) formulę. Kad nustatyti benzino krovos laiką per metus pagal (6) formulę reikia įvertinti pylimo našumą.

Benzino iš cisternų išpylimo našumas yra apytiksliai vienodas ir nelabai įtakojamas sezoniskumo. Cisternų su benzinu pylimo procesas yra pavaizduotas 11 paveikslėlyje.



11 pav. Benzino išpylimo proceso grafikas

Per 2018 metus viso buvo iškrauta (Q_{met}) 1 725 645 t arba 2 364 869 m³ benzino.

Vienu metu kelyje iškraunamų cisternų vidutinis produkto kiekis (Q_{pad}) yra 1730 t arba 2370 m³. Vidutinė cisternų padavimo (30 cisternų) pylimo trukmė (t_{pad}) sudaro 2 val. 20 min. Krovos našumą (Q_{perp}) galima nustatyti pagal (7) formulę:

$$Q_{perp} = \frac{2370}{2,3} = 1030 \approx 1000 \text{ m}^3/\text{val.}$$

2 lentelė. Benzino pylimo duomenys

| Produktas | Vidutinis našumas, m ³ /val. | Išpiltas kiekis per metus, t | Išpiltas kiekis per metus, m ³ | Krovos laikas per metus, val. | LOJ emisija per metus, t |
|-----------|---|------------------------------------|---|-------------------------------------|--------------------------------|
| Benzinas | 1000 | 1725645 | 2364869 | 2365 | 3,548 |

Benzino krovos estakadoje laikas:

$$\sum t_{perp} = \frac{2364869}{1000} = 2365 \text{ val./metus.}$$

²⁵ AB „Klaipėdos nafta“ Stacionarių aplinkos oro teršimo šaltinių bei iš jų išmetamų teršalų inventorizacijos ataskaita. 2014

Momentinis LOJ garų išmetimas skaičiuojamas pagal (8) formulę. Iškraunant iš geležinkelio cisternų benzina, į aplinkos orą patenka 50 g/val. LOJ iš vienos cisternos.²⁶ Vienu metu kelyje iškraunamų iki 30 cisternų.

Momentinis LOJ garų išmetimas:

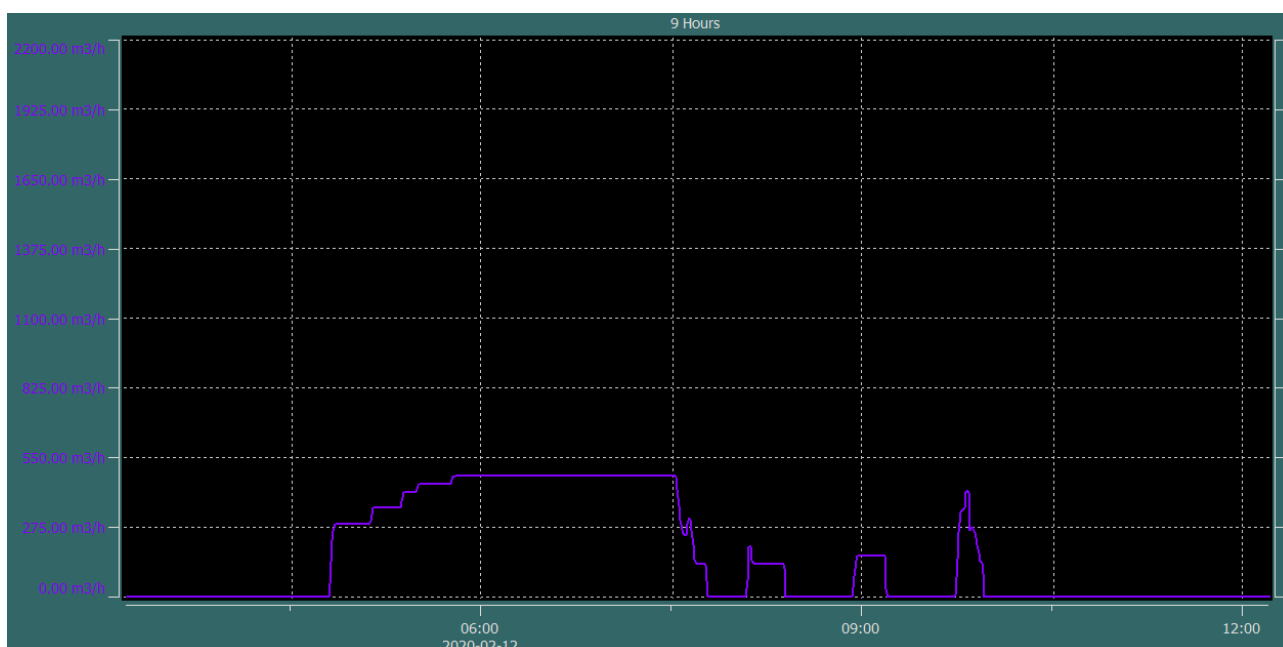
$$N_M = \frac{50 \cdot 30}{3600} = 0,41667 \text{ g/s.}$$

Tarša LOJ kraunant benzina:

$$N_{met} = \frac{0,41667 \cdot 2365 \cdot 3600}{10^{-6}} = 3,548 \text{ t/metus.}$$

Tamsiųjų naftos produktų išmetamųjų teršalų kiekis per metus bus vertinamas analogiškai kaip ir benzino: kiekis per metus nustatomas pagal (5) formulę, pylimo laikas per metus pagal (6) formulę.

Kad įvertinti tamsiųjų naftos produktų bendrą pylimo laiką per metus, reikia nustatyti produkto pylimo našumą. Kaip matome 12 paveikslyje pylimo našumas nėra pastovus ir keičiasi pylimo proceso metu.



12 pav. Tamsiųjų naftos produktų išpylimo proceso grafikas

Pylimo procesą sudaro:

- pagrindinis produkto iš cisternų atpumpavimas;
- cisternų plovimas su trumpalaikiais prisirinkusio į buferinę talpą produkto atpumpavimu;

²⁶ AB „Klaipėdos nafta“ Stacionarių aplinkos oro teršimo šaltinių bei iš jų išmetamų teršalų inventORIZACIJOS ataskaita. 2014

- kolektoriaus atpumpavimas mažu našumu po įpurškimo sustabdymo.

Pylimo našumas bus nustatytas pagal padavimo (32 cisternų) pylimo trukmę. Pylimo trukmė tai laikas nuo siurblio paleidimo iki galutinio sustabdymo, neįskaitant laiko cisternų paruošimui ir atjungimui.

Tamsiųjų naftos produktų krova priklauso nuo šių parametru:

- atvykusio produkto temperatūra (laikas kelyje);
- produkto klampumas;
- produkto sąstingio temperatūra;
- pliūpsnio temperatūra;
- šiluminio agento temperatūra, šiluminis plotas;
- našumas (produkto srautas);
- slėgis.

Taip pat pylimo trukmei turi įtakos sezoniškumas (lauko temperatūra), todėl pylimo trukmė, o toliau našumas bus vertinami atskirai kiekvieno mėnesio, kad būtų galima kuo tiksliau įvertinti išmetamųjų teršalų kiekį.

1 kelyje per 2018 metus iškrauta (Q_{met}) 1022628 t/metus arba 1049387 m³/metus.

Vienu metu kraunamų cisternų vidutinis produkto kiekis (Q_{pad}) yra 1949 t arba 2000 m³. Vidutinė cisternų padavimo (32 cisternų) pylimo trukmė buvo nustatyta pagal atskirus mėnesius, taigi ir krovos našumas buvo apskaičiuotas pagal (7) formulę atskirai kiekvienam mėnesiui.

3 lentelė. 1 kelyje produkto pylimo duomenys

| Mėnuo | Vidutinė pylimo trukmė, val. | Vidutinis našumas, m ³ /val. | Iškrautas kiekis per mėn., t | Iškrautas kiekis per mėn., m ³ | Krovos laikas per mėn., val. |
|--------------|------------------------------|---|------------------------------|---|------------------------------|
| Sausis | 5:00 | 400 | 162 601 | 166 856 | 417 |
| Vasaris | 6:10 | 320 | 138 393 | 142 014 | 444 |
| Kovas | 6:00 | 330 | 131 648 | 135 093 | 409 |
| Balandis | 6:00 | 330 | 78 044 | 80 086 | 243 |
| Gegužė | 4:20 | 460 | 84 828 | 87 048 | 189 |
| Birželis | 4:30 | 440 | 58 362 | 59 889 | 136 |
| Liepa | 5:30 | 360 | 45 076 | 46 256 | 128 |
| Rugpjūtis | 3:50 | 520 | 40 042 | 41 090 | 79 |
| Rugsėjis | 3:40 | 550 | 41 777 | 42 870 | 78 |
| Spalis | 4:40 | 430 | 77 603 | 79 634 | 185 |
| Lapkritis | 8:30 | 240 | 90 593 | 92 964 | 387 |
| Gruodis | 9:20 | 210 | 73 661 | 75 589 | 360 |
| Viso: | | | 1 022 628 | 1 049 389 | 3055 |

Krovos laikas ($\sum t_{perp}$) 1 kelyje sudaro 3055 val./metus.

Kraunant tamsius naftos produktus iš vienos cisternos išsiskiria 21 g/val. LOJ.²⁷ Viso kraunama iki 32 cisternų vienu metu.

Momentinis LOJ išmetimas skaičiuojamas pagal (8) formulę:

$$N_M = \frac{21 \cdot 32}{3600} = 0,18667 \text{ g/s.}$$

LOJ emisija kraunant tamsius naftos produktus 1 kelyje per metus:

$$N_{met} = \frac{0,18667 \cdot 3055 \cdot 3600}{10^{-6}} = 2,053 \text{ t/metus.}$$

2 kelyje per 2018 metus iškrauta (Q_{met}) 1505079 t/metus arba 1501925 m³/metus.

Vienu metu kraunamų cisternų vidutinis produkto kiekis (Q_{pad}) yra 1958 t arba 1954 m³. Krovos našumas buvo nustatytas analogiškai, kaip ir 1 kelyje.

4 lentelė. 2 kelyje produkto pylimo duomenys

| Mėnuo | Vidutinė pylimo trukmė, val. | Vidutinis našumas, m ³ /val. | Iškrautas kiekis per mėn., t | Iškrautas kiekis per mėn., m ³ | Krovos laikas per mėn., val. |
|--------------|------------------------------|---|------------------------------|---|------------------------------|
| Sausis | 5:30 | 360 | 162 480 | 162 140 | 450 |
| Vasaris | 6:00 | 330 | 134 975 | 134 692 | 408 |
| Kovas | 7:10 | 270 | 127 230 | 126 963 | 470 |
| Balandis | 4:50 | 400 | 121 996 | 121 740 | 304 |
| Gegužė | 3:40 | 530 | 164 588 | 164 243 | 310 |
| Birželis | 4:30 | 430 | 133 987 | 133 706 | 311 |
| Liepa | 3:30 | 560 | 129 988 | 129 716 | 232 |
| Rugpjūtis | 3:50 | 510 | 77 600 | 77 437 | 152 |
| Rugsėjis | 4:20 | 450 | 85 617 | 85 438 | 190 |
| Spalis | 4:20 | 450 | 103 639 | 103 422 | 230 |
| Lapkritis | 5:10 | 380 | 120 423 | 120 171 | 316 |
| Gruodis | 5:40 | 350 | 142 556 | 142 257 | 406 |
| Viso: | | | 1 505 079 | 1 501 925 | 3779 |

Krovos laikas ($\sum t_{perp}$) 2 kelyje sudaro 3779 val./metus.

LOJ garų emisija kraunant tamsius naftos produktus 2 kelyje per metus:

$$N_{met} = \frac{0,18667 \cdot 3779 \cdot 3600}{10^{-6}} = 2,540 \text{ t/metus.}$$

Suminė LOJ garų emisija 1 ir 2 keliuose:

$$N_{met} = 2,053 + 2,540 = 4,593 \text{ t/metus.}$$

²⁷ AB „Klaipėdos nafta“ Stacionarių aplinkos oro teršimo šaltinių bei iš jų išmetamų teršalų inventorizacijos ataskaita. 2014

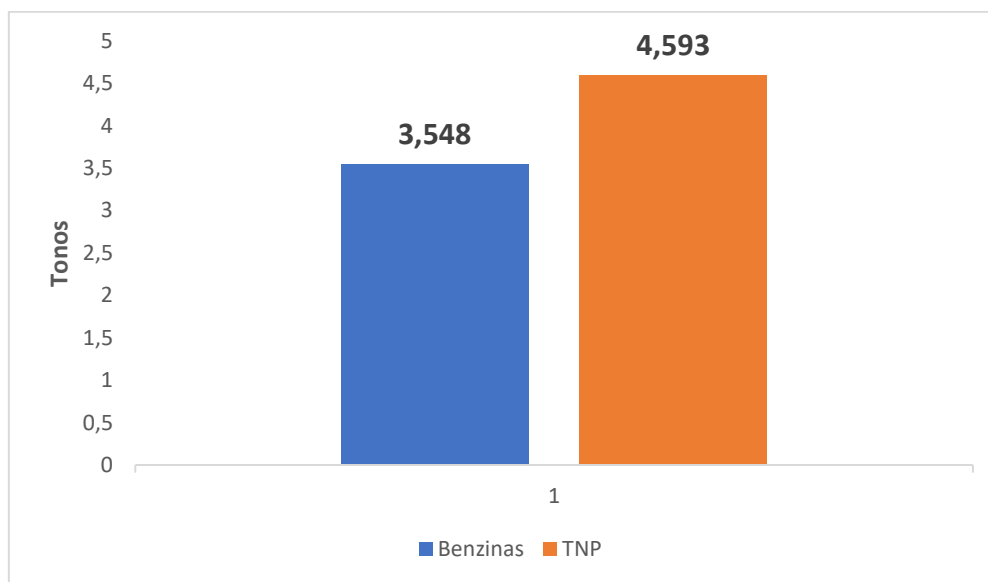
Maksimalus momentinis LOJ išmetimas į aplinkos orą:

$$N_{Mmax} = 0,18667 + 0,18667 = 0,37334 \text{ g/s.}$$

Atlikus skaičiavimus gavome:

Benzino LOJ garų emisija sudaro 3,548 t/metus (garai nukreipiami į GRĮ);

Tamsiųjų naftos produktų - 4,593 t/metus (garai išmetami į atmosferą).



13 pav. Emisijos estakadose per 2018 metus.

Rezultatai rodo, kad tamsių naftos produktų LOJ garų emisijos kiekis yra didesnis negu benzino, tam turi įtakos tai, kad šių produktų pylimo laikas yra žymiai ilgesnis, kadangi priklauso nuo tokių parametrų, kaip produkto cisternoje temperatūra, produkto klampumas, produkto sąstingio temperatūra, pliūpsnio temperatūra ir kt. Taip pat reikalingas papildomas laikas produkto likučių cisternose plovimui.

5 lentelė. Naftos produktų krovos ir emisijos estakadose per metus duomenys

| Produktas | Vidutinis našumas, m ³ /val. | Išpiltas kiekis per metus, m ³ | Krovos laikas per metus, val. | Momentinis Išmetimas, g/s. | LOJ emisija per metus, t |
|-----------|---|---|-------------------------------|----------------------------|--------------------------|
| Benzinas | 1000 | 2364869 | 2365 | 0,41667 | 3,548 |
| TNP | 400 | 2551314 | 6834 | 0,18667 | 4,593 |

Įgyvendinus numatomą AB „Klaipėdos nafta“ veiklos išplėtimą²⁸, planuojama įrengti apie 400 m ilgio naują estakadą su dviem keliais. Projektuojamoje estakadoje kiekviename kelyje numatoma įrengti 26 naftos produktų iškrovimo vietas. Estakadoje bus iškraunami tamsūs naftos produktai ir šviesūs naftos produktai. Kraunant tamsius naftos produktus planuojamoje estakadoje, LOJ garų emisija 2023 metais gali padidėti.

4.2. Tamsių naftos produktų srautų linijinis prognozavimas

Esamų ir būsimų srautų analizė yra itin naudinga siekiant įvertinti įvairiausių srautų teigiamus ir neigiamus pokyčius. Tačiau vien praeities ir esamų srautų analizės neužtenka. Susumavus šiuos duomenis ir pasitelkiant matematinius metodus, galima įvertinti srautą tam tikram ateities laikotarpiui, žinoma, srautų prognozavimo matematiniai metodai negarantuoja 100% tikslumo, tačiau tai padeda susidaryti bent preliminarų prognozuojamo srauto bendrąjį vaizdą.

Remiantis šiame darbe pateikta linijinio prognozavimo metodika, įvertinamas tranzitinių tamsių naftos produktų srautų AB „Klaipėdos Nafta“ naftos terminale prognozavimas. Tranzitiniai kroviniai tai yra kroviniai iš Rusijos ir Baltarusijos naftos perdirbimo gamyklų. Srautas prognozuojamas 2023-iesiems metams.

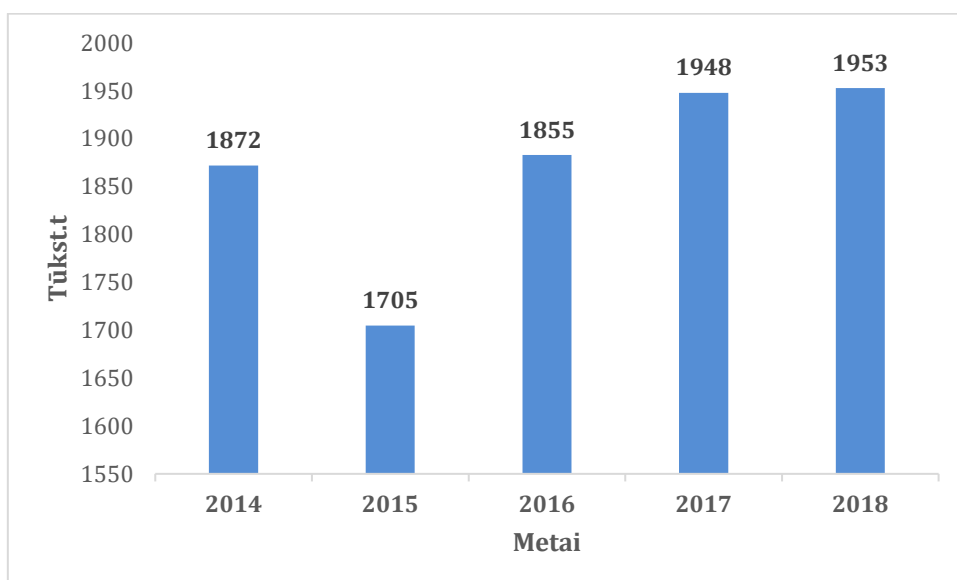
Prognozei įvertinti naudojami šie tranzitinių krovinių bendrieji 2014-2018 metiniai srautai:

6 lentelė. Tranzitinių krovinių srautai 2014 - 2018 m.

| Metai | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 |
|---------------------------|------|------|------|------|------|
| Krovinių srautas, tūkst.t | 1872 | 1705 | 1855 | 1948 | 1953 |

²⁸ AB „Klaipėdos nafta“ tamsių naftos produktų iškrovimo estakados, geležinkelio atšakos bei naujų naftos produktų talpyklų statyba ir eksploatacija. Atrankos dėl poveikio aplinkai vertinimo dokumentai.

Pagal turimą informaciją suformuojamas grafinis šių duomenų atvaizdavimas.



14 pav. Tranzitinių tamsiųjų naftos produktų krova

Visų pirma, pagal (13) formulę apskaičiuojama matematinė viltis:

$$m_{yi} = \frac{Q_0 + \dots + Q_n}{n} = \frac{1872 + 1705 + 1855 + 1948 + 1953}{5} = 1867 \text{ tūkst.t}$$

Turint srauto matematinę viltį, apskaičiuojama atsitiktinių dydžių dispersija pagal (14) formulę:

$$\sigma_{yi} = \frac{(1872 - 1867)^2 + \dots + (1953 - 1867)^2}{5 - 1} = \frac{40370}{4} = 10092$$

Toliau įvertinamas prognozuojamo srauto standartas pagal (15) formulę:

$$S_{\zeta i} = \sqrt{10092} = 100 \text{ tūkst.t}$$

Norint nustatyti, kiek yra nagrinėjamų dydžių nuostolių, apskaičiuojamas variacijos koeficientas δ pagal (16) formulę:

$$\delta = \frac{S_{\zeta i}}{m_{yi}} = \frac{100}{1867} = 0,05 = 5\%$$

Pagal apskaičiuotą variacijos koeficientą galima nustatyti, ar apskaičiuoti srautai yra pastovūs, ar nepastovūs. Kadangi variacijos koeficientas neviršija 20% galima teigti, kad srautas yra pastovus. Šiam pastovumui daugiausiai įtakos statistiniu požiūriu padarė 2015 - 2018 metų nuolat didėjantys srautai.

Toliau apskaičiuojami $b_1 \dots b_3$ koeficientai pagal (18) formulę:

$$b_1 = \frac{1705 - 1872}{1} = -167$$

Analogiškai atliekami likę b koeficientų skaičiavimai ir rezultatai surašomi į 7 lentelę:

7 lentelė. Apskaičiuotų b koeficientų reikšmės

| b_1 | b_2 | b_3 | b_4 |
|-------|-------|-------|-------|
| -167 | -8,5 | 25,3 | 20,3 |

Randamas galutinis b koeficientas pagal (19) formulę:

$$b = \sum \frac{b_i}{n_i} = \frac{-167 - 8,5 + 25,3 + 20,3}{4} = -32$$

Prognozuojamas krovinių srautas 2023‘siems metams, priimant linijinę priklausomybę, gali būti apskaičiuotas pagal (17) formulę taip:

$$Q_{2023} = Q_0 + b \cdot t = 1872 + (-32 \cdot 10) = 1552 \text{ tūkst.t}$$

Apskaičiavus visus šiuos dydžius nustatomas optimistinis bei pesimistinis krovinių srautai pagal (20) ir (21) formules:

$$Q_{2023(opt)} = Q_t + S_{\zeta i} = 1552 + 100 = 1652 \text{ tūkst.t}$$

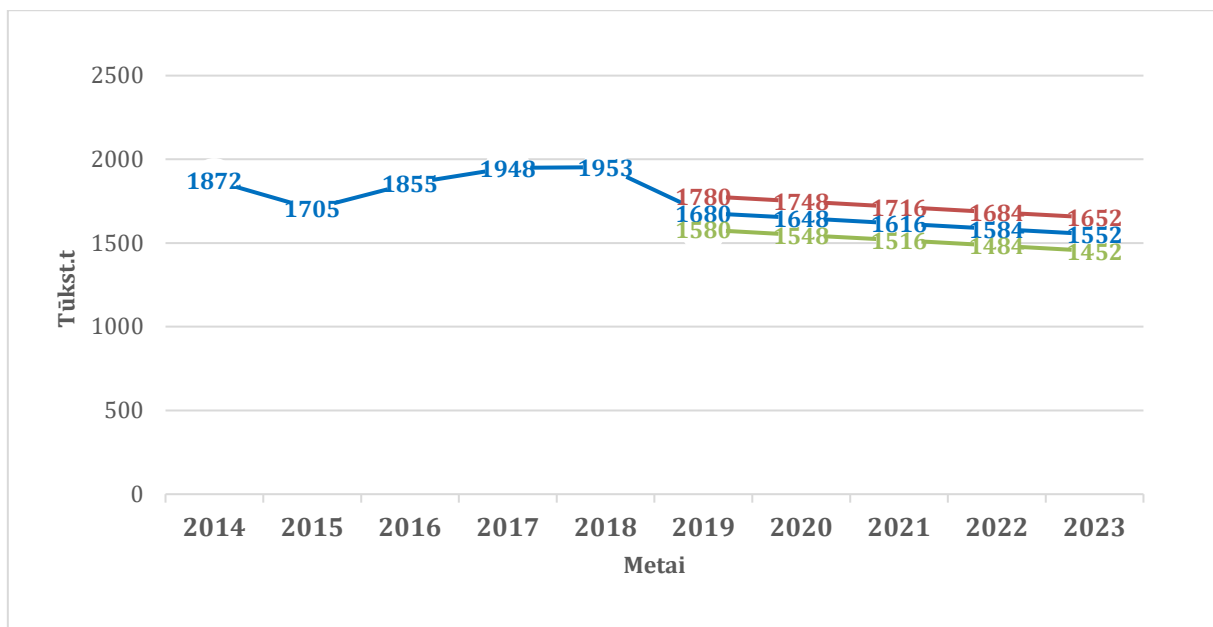
$$Q_{2023(pes)} = Q_t - S_{\zeta i} = 1552 - 100 = 1452 \text{ tūkst.t}$$

Remiantis atliktais skaičiavimais gaunama linijinė tranzitinių tamsiųjų naftos produktų srautų prognozė laikotarpiui iki 2023 metų. Gauti rezultatai pateikiami 8 lentelėje.

8 lentelė. Tranzitinių tamsiųjų naftos produktų srautų linijinio prognozavimo rezultatai

| Metai | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|---------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Krovinių srautas, tūkst.t | 1680 | 1648 | 1616 | 1584 | 1552 |

Pagal turimą informaciją bei įvertintus srautų skaičiavimus, suformuojamas grafinis šių duomenų atvaizdavimas.



15 pav. Tranzitinių krovinių 2023 metų srautų prognozė

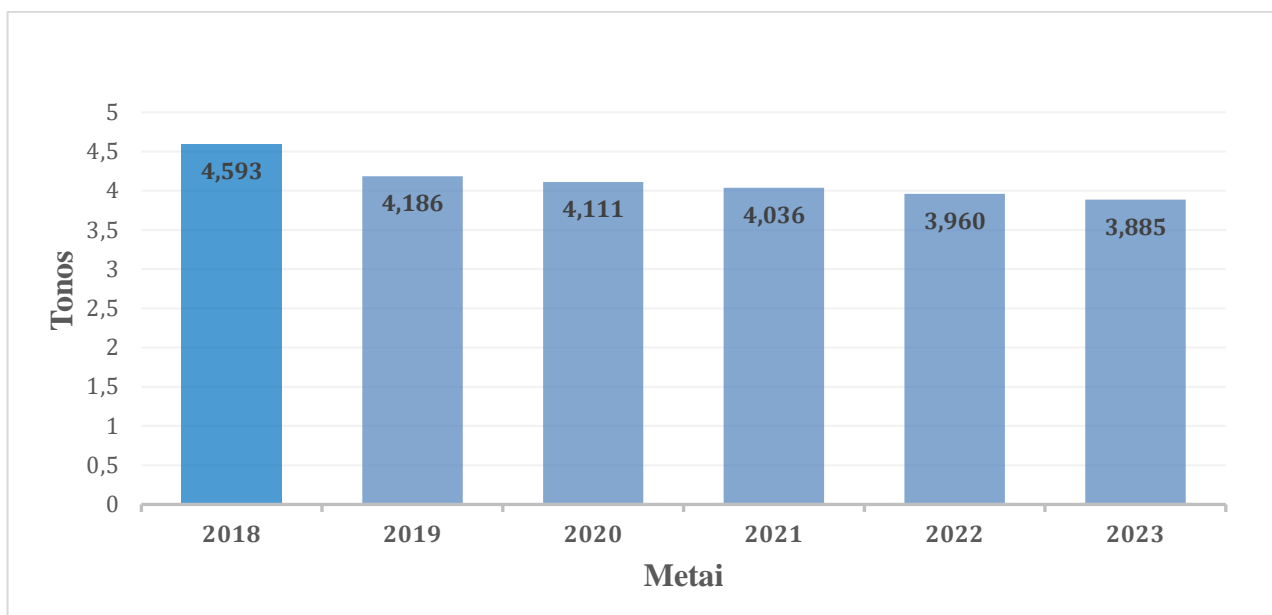
Atlikus linijinę krovinių srautų prognozę matyti, kad prognozuojamas srautas būtų mažesnis negu einamasis. Pastarųjų metų politinė situacija, pasaulio tendencijos mažinti tamsiųjų naftos produktų vartojimą ir naftos kainų pokyčiai neprieštaruoja apskaičiuotam prognozuojamam srautui. Prognozuojamu atveju optimistinė prognozė labiau tikėtina, nes neseniai buvo stebimi santykių su Baltarusijos naftos perdirbimo gamyklomis pagerėjimai ir naujų naftos produktų bei klientų atsiradimo galimybės.

Pagal gautą krovinių srautų prognozę ir nustatyta LOJ garų emisijos dydį 2018 metais galima įvertinti LOJ emisiją 2023 metams.

9 lentelė. Prognozuojami krovinių srautai ir LOJ emisijos

| Metai | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|---------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Krovinių srautas, tūkst.t | 1953 | 1780 | 1748 | 1716 | 1684 | 1652 |
| LOJ emisija, t | 4,593 | 4,186 | 4,111 | 4,036 | 3,960 | 3,885 |

Pagal turimą informaciją suformuojamas grafinis šių duomenų atvaizdavimas.



16 pav. Prognozuojama LOJ emisija

Gauti rezultatai rodo, kad tamsiųjų naftos produktų LOJ garų emisija 2023 metais sumažės 21%.

4.3. LOJ emisijos mažinimo priemonių tyrimai

Naftos produktų garavimo mažinimo metodų kūrimas ir diegimas naftos perdėbimo įmonėse, naftos terminaluose, naftos bazėse, degalinėse yra vienas iš prioritetinių šiuolaikinės aplinkosaugos uždavinių.²⁹

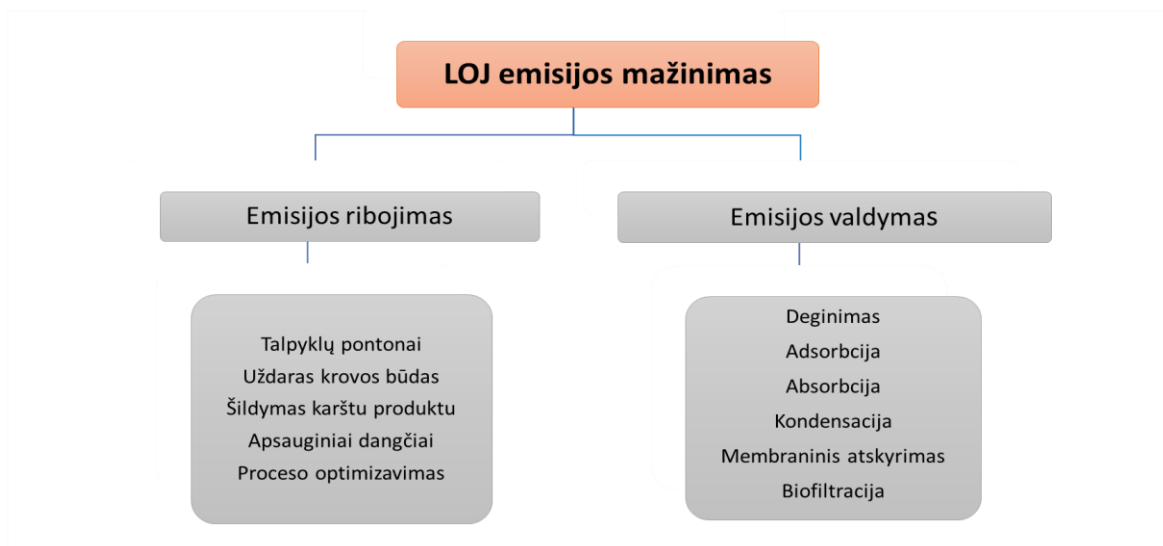
Sumažinti naftos produktų garų išmetimo lygį, atsirandantį transportavimo, saugojimo, išpylimo - pildymo metu, galima tik taikant labai efektyvius naftos produktų garų mažinimo būdus, įrenginius ir technologijas.³⁰

Aptariamos dvi pagrindinės sąvokos, susijusios su naftos produktų garų emisijos kontrole. Pirmoji - išrasti aktyvius metodus, skirtus apriboti LOJ garų emisiją. Antroji - sukurti pasyviausias pašalinimo technologijas, skirtas kontroliuoti išleistus garus.³¹

²⁹ Paulauskienė T. 2008. Oro taršos lakiaisiais organiniais junginiais tyrimas ir jos mažinimas naftos terminaluose: daktaro disertacija. Vilnius.

³⁰ Архипова О. и др. 2014. Методы и установки по рекуперации углеводородных паров при сливо наливных операциях на нефтебазах и АЗС .

³¹ Weiqiu Huang, Li Shi. 2013. Methods for the Control of Oil Vapor Emissions.



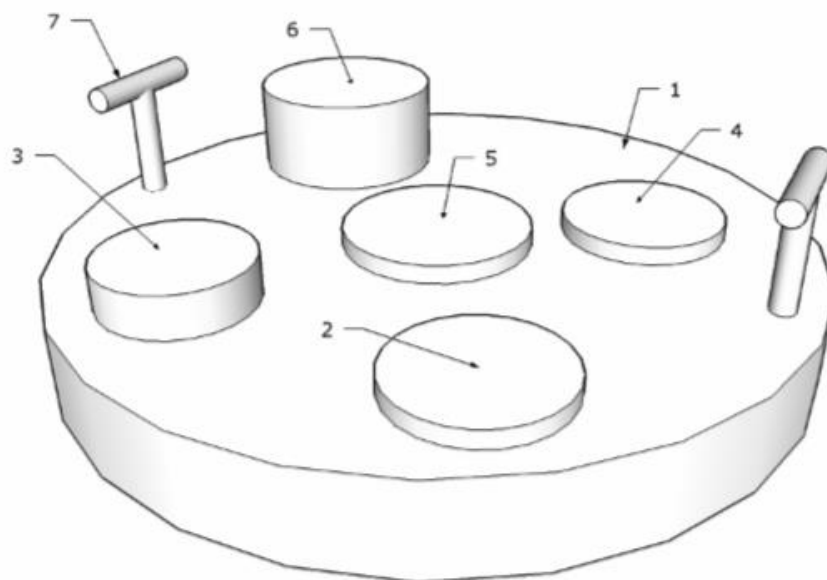
16 pav. LOJ emisijų valdymo ir prevencijos galimybės

LOJ garų emisijos ribojimas pilant naftos produktus iš geležinkelio cisternas:

- Iškraunant iš g/v naftos produktus, ant geležinkelio cisternų esančių liukų uždėti specialūs dangčiai su atbuliniais vožtuvais, kurie neleidžia iš geležinkelio cisternų vidaus garuoti LOJ;

LOJ koncentracija atidarius liukus yra didesnė nei kituose terminalų zonose ir gali siekti 3779 mg/m³.³² Kontrolinių matavimų metu ties cisternų liuku (5–15 min. po liukų atidarymo) LOJ koncentracija sumažėjo, tačiau išlieka didelė – 757 mg/m³. Pradėjus naftos produkto iškrovimo operaciją (20–30 min. po liukų atidarymo) LOJ koncentracija būna 10–15 mg/m³. Sumažinus geležinkelio cisternos liuko skersmenį naftos produkto iškrovimo metu galima pasiekti mažesnę taršalų koncentraciją nuo liuko atidarymo iki naftos produkto iškrovimo operacijos. Šiam tikslui pasiekti gali būti naudojamas geležinkelio cisternos pakrovimo-iškrovimo dangtis, nes vietoj vienos angos (atidarant liuką) kontroliniams matavimams atlikti gali būti panaudotos kelios mažesnio skersmens angos.

³² Paulauskienė T. 2008. Oro taršos lakiisiais organiniais junginiais tyrimas ir jos mažinimas naftos terminaluose: daktaro disertacija. Vilnius.



17 pav. Geležinkelio cisternos pakrovimo-iškrovimo dangčio principinė schema:

1 – korpusas; 2 – apatinės geležinkelio cisternos produkto iškrovimo sklendės atidarymo anga; 3 – LOJ surinkimo anga; 4 – produkto lygio matavimo anga; 5 – produkto pakrovimo anga; 6 – vakuuminis vožtuvas; 7 – rankenos

- Optimizuoti geležinkelio estakadoje iškraunamų iš geležinkelio cisternų tamsių naftos produktų (mazuto ir pan.) krovos procesą pašildant kraunamą produktą iki +100 °C temperatūros (buvo iki +90 °C). Tai pagreitins krovos procesą, sutrumpins krovos ir kraunamų produktų garavimo trukmę.

Yra keletas LOJ emisijų valdymo ir prevencijos galimybių. LOJ emisijų mažinimo priemonės apima produktų ir/arba proceso pasikeitimus (įskaitant priežiūrą ir veiklos valdymą) ir į esamos įrangos modernizavimą. Sekančiame sąraše pateikiamos tinkamų priemonių, kurie gali būti įgyvendinti atskirai arba kartu bendrosios gairės.

- LOJ pakeitimas (lakumo mažinimas);
- Mažinimas, naudojant geriausias valdymo praktikas, tokias kaip profilaktines priežiūros programas, arba procesų pokyčius, tokius kaip uždaros sistemos žemo virimo organinių skysčių panaudojimo, sandėliavimo ir paskirstymo metu;
- Efektyvus surinktų LOJ perdirbimas ir/arba regeneravimas naudojant valdymo metodus, tokius kaip adsorbcija, absorbcija, kondensacija ir membraninis atskyrimas; idealiu atveju organiniai junginiai gali būti pakartotinai panaudoti vietoje.
- Efektyvus surinktų LOJ sunaikinimas tokiais valdymo metodais, kaip terminis deginimas arba biologinis apdirbimas.³³

³³ Control measures for emissions of volatile organic compounds (VOCs) from stationary sources. Annex

Naftos produktų išmetamųjų teršalų mažinimo būdai skirstomi į :

- kondensavimo (aušinimu, suspaudimu);
- dujų gaudymo;
- naudojant apsauginės dujas (degios dujos, inertinės dujos);
- kombinuoti;
- sorbavimo (adsorbicija, absorbcija);
- kompresiniai (kompresoriniai, ežektoriniai)³⁴

Toliau bus pateikti emisijos mažinimo priemonių aprašymai, jų efektyvumas ir poveikis saugumui.

Lakumo mažinimas

Paprasčiausias emisijų mažinimo būdas tai krovinių lakumo mažinimas. Tačiau daugeliu atvejų tai yra neįmanoma. Grynų medžiagų (tokių kaip organinės cheminės medžiagos) garų slėgis negali būti pakeistas. Vis dėlto benzino garų slėgis gali būti sumažintas keičiant kuro sudėtį: įtraukti daugiau didesnės molekulinės masės ir mažiau mažesnės molekulinės masės junginių. Žalios naftos lakumą galima sumažinti pašalinant lakius komponentus prieš krovą, pavyzdžiui šildyti naftą šilumokaityje ir atskirti išsiskyrusius garus.

Garų balanso palaikymas

Tai yra kitas paprasčiausias emisijų mažinimo būdas, kai garai išstumiami tanko pildymo metu yra perleidžiami į kitą tanką be išorinio maitinimo šaltinio. Kai prasideda produkto pildymo su balansu procesas, garų regeneravimo antgalis yra įterpiamas į tanko pildymo vamzdį.

Tačiau yra keletas priežasčių, dėl kurių tai nėra naftos terminalų krovos operacijų praktinis pasirinkimas:

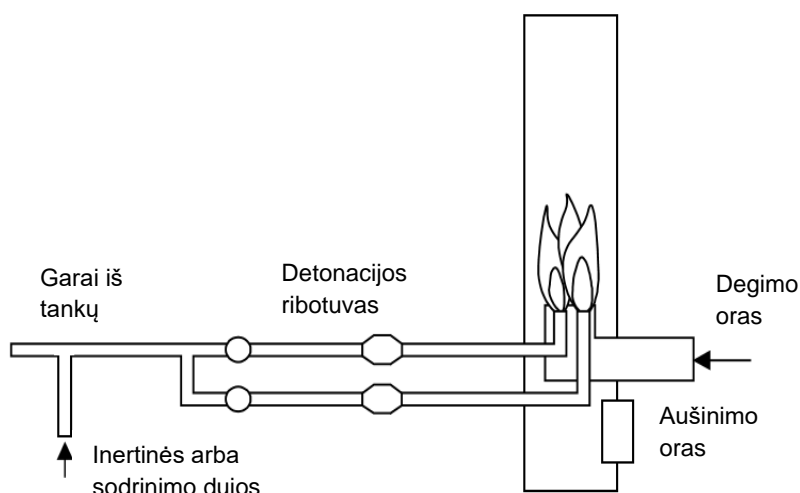
- Daugelyje terminalų talpyklų yra įrengti plaukiojantis stogai, ir nėra erdvės, kad surinkti perkeliamus garus iš kraunamų tankų;
- Perkeliami garai iš kraunamų tankų gali turėti ankstesnių krovinių teršalų, ir jie gali būti nesuderinami su talpykloje laikomu produktu;
- Produktų temperatūrų skirtumas kraunamame tanke ir talpykloje gali sukelti neatitikimą tarp perkeliamų garų ir kraunamų skysčių tūrių.

³⁴ Архипова О. и др. 2014. Методы и установки по рекуперации углеводородных паров при сливо наливных операциях на нефтебазах и АЗС .

Šiluminė oksidacija (deginimas)

Yra daug skirtingų oro su LOJ deginimo sistemų, kurios skiriasi pagal sudėtingumą, pradedant nuo uždarytų fakelų iki katalizinių oksidatorių su vidiniu šilumos atgavimu. Šiluminis oksidavimas turi keletą problemų, susijęs su saugumu ir degimo metu išmetamais teršalais (CO₂, NO_X, SO_X ir t.t.). Pirma gali būti sumažinta naudojant liepsnos/detonacijos stabdiklius, inertines dujas arba sodrumo sistemas ir tinkamas valdymo procedūras. Pastaroji gali būti sprendžiama energijos atgavimu, nors tai yra sudėtinga realizuoti daugumoje terminalų, kadangi dažnai jie randasi toli nuo artimiausio proceso šilumos vartotojo.

Paveikslėlyje parodyta tipinę garų deginimo sistemą. Ji susideda iš 1 iki 3 degiklių ant kamino pagrindo.



18 pav. Tipinė garų deginimo sistema

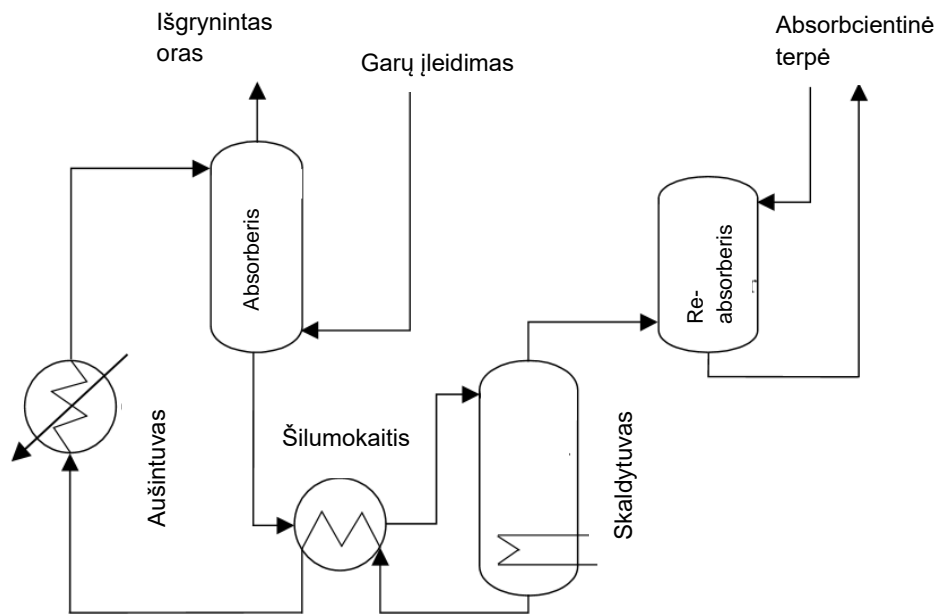
Manoma, kad paprasta deginimo sistema, tokia kaip uždarytas fakelas, pašalina angliavandenilius su 99% efektyvumu.

Naftos terminalai turi kranto talpyklose ir vamzdynuose didelius kiekius labai degių skysčių. Garai, perkeliama į LOJ mažinimo įrenginį krovos operacijų metu, taip pat yra labai degus. Pagrindiniai pavojai saugumui susiję su terminiu oksidavimu yra gaisras ir sproginimas.

Nesant užsidegimo šaltiniui saugumo incidentas, dėl kurio gali įvykti garų išsiskyrimas, sukels tikrai LOJ emisiją, bet esant užsidegimo šaltiniui (tokiam kaip kurą deginantis įrenginys), tai gali sukelti sproginimą.

Absorbcija

Garų absorbcija atšaldytame žemo virimo skystyje yra bendras LOJ iš autocisternų krovos utilizacijos metodas. Technologija yra schematiškai iliustruota paveikslėlyje.



19 pav. Adsorbcija atvėsintu skysčiu

Garai iš krovos operacijos yra tiekiami į supakuotos kolonėles apačią, iš kur jie eina aukštyn priešingą kryptimi ir kontaktuojant su atšaldyto skysto absorbento srautu, einančiu žemyn. Angliavandeniliai iš oro/garų skysčio ištirpinami absorbente, tuo būdu jie pašalinami iš oro/garų mišinio. Likutinis oras toliau eina į kolonėles viršų ir išleidžiamas į atmosferą. Absorbicinis skystis yra atstatomas valymo kolonėlėje, po ko jis yra pakartotinai atšaldytas ir paduotas į absorberį.

Su šia sistema būtina įpurkšti metanolį, kad drėgmė, esanti ventiliacijos dujose, neužšaltų.

Absorbcijos kolonėlės efektyvumas priklauso nuo absorbento skysčio rūšies ir kolonėlės aukščio. Paprastai absorbentas yra žemo virimo angliavandenilių skystis ir, netgi esant žemoms temperatūroms, turi tam tikrą garų slėgį. Efektyvumas yra didesnis, kai yra didesnės LOJ koncentracijos.

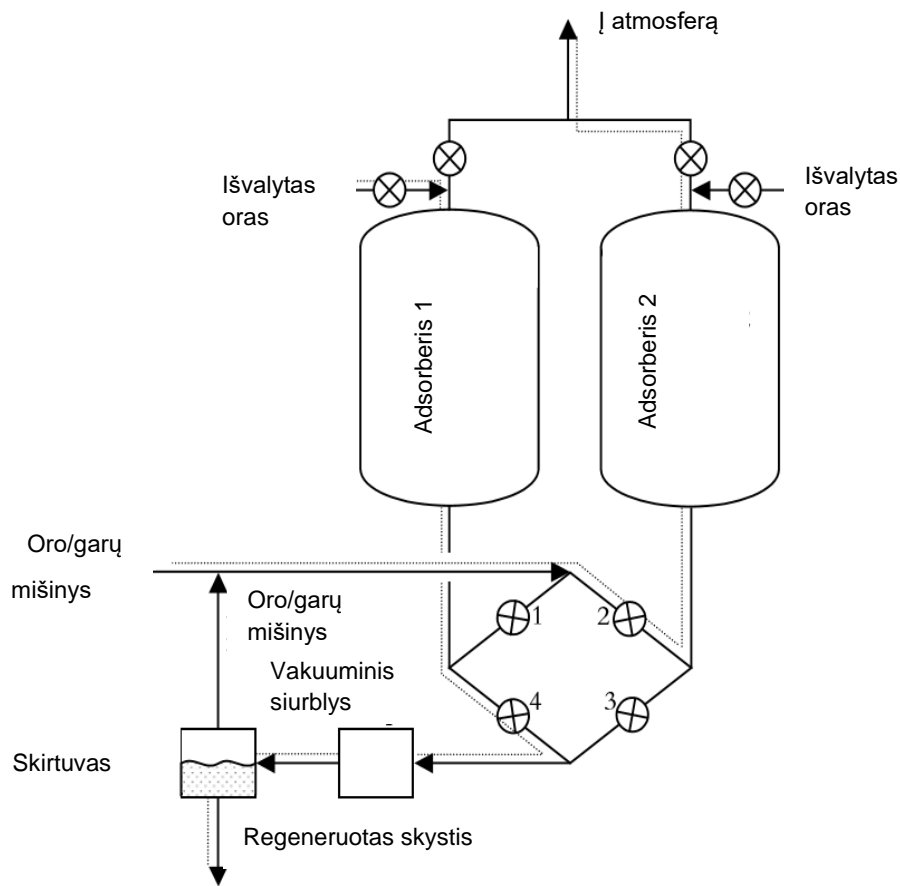
Šia technologija neturi jokio užsidegimo šaltinio kaip savo veikimo dalis, o absorbcijos kolonėlė veikia prie žemiau aplinkos temperatūros. Todėl gaisro arba sprogo rizika pačioje absorbcijos kolonėlėje turi būti laikoma žema. Tačiau absorbento regeneravimas apima degaus skysčio valymą, ir turi būti pripažinti įprasti, susiję su šia operacija, pavojai saugumui. Metanolis yra naudojamas kaip „antifrizas“, ir šio degaus skysčio saugojimas gali sukelti pavojus.

Adsorbcija

Oro/garų mišinys praeina per aktyvuotos anglies sluoksnį. Organinės molekulės yra adsorbuojamos ant anglies, o nuolatinės dujos, tokios kaip oras ir CO_2 , praeina per sluoksnį ir yra

išleidžiami į atmosferą. Sluoksnis palaipsniui tampa prisotintas ir pagaliau pasiekia proveržio taško, kai adsorbcija nustoja, ir garai eina tiesiai per sluoksnį be adsorbavimo. Prieš tai įvykus sluoksnis yra atstatomas garu arba vakuumu.

Kad įrenginio darbas būtų nenutrūkstamas paprastai yra naudojami du sluoksniai: tuo metu kai vienas dirba adsorbcijos režime, kitas yra atstatomas. Sluoksniai yra atstatomi vakuumu pagalba, įleidžiant nedidelį kiekį išvalyto oro.



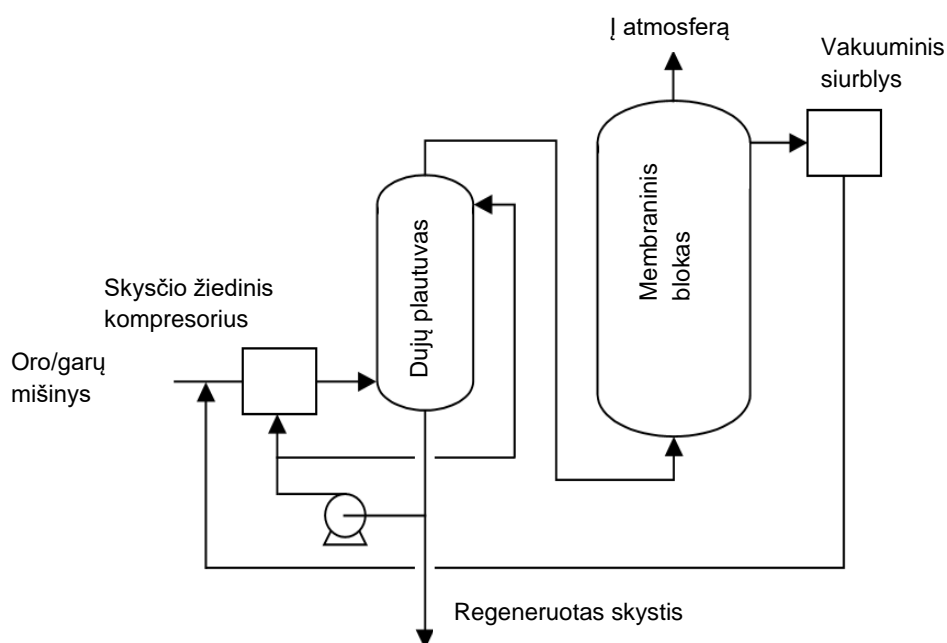
Taškinė linija nurodo srauto kelią, kai adsorberis 2 veikia, o adsorberis 1 yra regeneruojamas.
20 pav. Tipinė aktyvuotos anglies adsorbcijos sistema

Šios technologijos efektyvumas varijuoja tarp 95% ir 99%, priklausomai nuo sluoksnių storio, naudojamo adsorbento medžiagos rūšies ir pasiekto sluoksnio atstatymo laipsnio.

Angliavandenilių adsorbcija ant aktyvuotos anglies yra egzoterminė. Jeigu procesas nėra valdomas tinkamai, „karštos vietos“ gali plėtotis sluoksnio viduje. Labiau tikėtina, kad tai atsitiks, jeigu apdorojamų dujų sudėtyje yra daugiau oro negu inertinių dujų.

Membraninis atskyrimas

Kad atskirti iš oro/garų mišinių organinius garus yra naudojama pusiau pralaidi membrana. Membrana yra labiau pralaidi organiniams junginiams negu neorganinėms dujoms. Oro/garų mišinys praeina per vieną membranos pusę, tuo metu kitoje pusėje yra palaikomas vakuumas. Organinės molekulės pasirinktinai persikelia per membraną, iš kur jie yra pašalinami vakuuminio siurblio. Paveikslėlyje yra parodyta tipinio membraninio įrenginio schema.



21 pav. Iš oro/garų mišinių organinių garų pašalinimo membraninė sistema

Membraninio garų regeneravimo įrenginio dydis gali būti nustatytas pagal reikiamą emisijos ribą. Jeigu įrenginys yra tokio dydžio, kas pasiekti 35 g(AV)/m³ koncentracijos ribą ir 120 g/m³ įleidimo koncentraciją, tuo atveju efektyvumas yra 70%. Įrenginio, kurio dydis leidžia pasiekti 10 g(AV)/m³ koncentracijos ribą, efektyvumas būtų 90%, ir įrenginys suprojektuotas kad atitiktų 150 mg/m³ standartą turės 99.8% efektyvumą.

Šia technologija veda prie įleidimo dujų sodrinimo, ir tai gali turėti saugumo naudą dėl galimumo paversti įleidimo dujas per sodrus kad palaikyti degimą.

Kriogeninė kondensacija

Kriogeninė kondensacija yra procesas, kurį galima naudoti kaip veiksmingą LOJ emisijų kontrolės priemonę.³⁵ Kriogeninė kondensacijos technologija yra pagrįsta komponento garų slėgio sumažinimu, sumažinant proceso srauto temperatūrą, taip padidinant komponentų atgavimą skystoje arba kietoje fazėje.

Kriogeninė kondensacija apima išleidžiamų dujų praėjimą per skystu azotu aušinamą kondensatorių. Tokios žemos temperatūros reikalingos tam, kad pasiekti pakankamai mažų LOJ koncentracijų prie kondensatoriaus išėjimo. Procesams, kurie naudoja inertišką „pagalvę“ su azotu, kuris yra tiekiamas skystu pavidalu, tai gali būti labai ekonomišką pasirinkimą kadangi yra naudojamas šaltis, kuris yra skystame azote ir kuris kitaip būtų prarastas.

Tipinė sistema paprastai turi du kondensatorius, kurie dirba „vienas įjungtas, vienas išjungtas“ režime, panašiai į tą, kuris yra naudojamas anglies adsorbcijos sistemose. Tai yra daroma kad būtų atšildytas neveikiantis kondensatorius. Organinė medžiaga ir vanduo užšalo šilumokaičio paviršiuje, mažinant šilumos perdavimo greitį. Dėl tos priežasties kondensatorius turi būti periodiškai atšaldytas.

Šia technologija gali pasiekti daugiau 99% efektyvumo, priklausomai nuo įleidimo dujų LOJ koncentracijos.

Šia technologija turi mažą gaisro arba sprogimo riziką.

Biofiltravimas

LOJ utilizuoti taip pat gali būti taikomas biologinis oro valymas: užteršto oro valymas vyksta jam einant per vieną ar kelis bioterpės sluoksnius. Bioplėvelėje esantys mikroorganizmai suskaido LOJ į anglies dioksidą ir vandenį.

Biologinius oro valymo įrenginius perspektyvu naudoti mažesnių (iki 1000 mg/m³) koncentracijų teršalams šalinti. Biofiltravimas gali būti plačiai taikomas lakiųjų organinių junginių kontrolei, taip pat nuotekų valymo įrenginiuose bei dirvožemio ir požeminio vandens regeneravimo operacijose.

Biologinio oro valymo metodo pasirinkimą lemia išvalymo efektyvumas ir tai, kad susidaro nekenksmingų skilimo produktų, šios charakteristikos būdingos biologinio oro valymo metodui, pagrįstam organinių junginių biologine destrukcija, naudojant tam tikras mikroorganizmų kultūras.

³⁵ Modern solutions: cryogenics .VOC recovery units. Praxeidos.

Kiekviena išvardyta technologija turi savo privalumų ir trūkumų, tačiau pagrindinis trūkumas yra tas, kad negalima garantuoti visiškai lengvųjų angliavandenilių frakcijų sorbavimo.³⁶

Labiausiai tinkamos išmetamųjų teršalų mažinimo priemonės pasirinkimas priklauso nuo visos veiksnių eilės : naftos produktų fizinių savybių, klimato sąlygų, rezervuarų eksploatavimo sąlygų ir kt. Todėl atsiranda kiekvienos techninės priemonės efektyvumo, savybių ir galimos taikymo srities detalaus tyrimo būtinybė.³⁷

Išmetamųjų teršalų mažinimo priemonių analizės rezultatai pateikiami 15 lentelėje.

10 lentelė. Galimų LOJ garų valdymo metodų, jų efektyvumo ir poveikio saugumui suvestinė³⁸

| Metodas | Efektyvumas (mažesnė koncentracija oro sraute) | Efektyvumas (didesnė koncentracija oro sraute) | Poveikis saugumui | Taikymas |
|--|--|--|-------------------|---|
| Šiluminis oksidavimas (deginimas) | Aukštas | Aukštas | Didelis | Platus didesnės koncentracijos srautams |
| Adsorbicija (aktyvuotos anglies filtrai) | Aukštas | Vidutinis | Mažas | Platus mažesnės koncentracijos srautams |
| Absorbicija (išmetamųjų dujų valymas) | - | Aukštas | Mažas | Platus didesnės koncentracijos srautams |
| Kondensacija | - | Vidutinis | Mažas | Ypatingi atvejai didesnės koncentracijos srautams |
| Membraninis atskyrimas | Aukštas | Vidutinis | Vidutinis | Didesnės ir mažesnės koncentracijos srautams |
| Biofiltracija | Nuo vidutinio iki žemo | Žemas | Mažas | Iš esmės mažesnės koncentracijos srautams, įskaitant kvapų kontrolę |

Koncentracija: Mažesnė <3 g/m³ (daugeliu atvejų <1 g/m³)

Didesnė >5 g/m³

Efektyvumas: Aukštas >95%

Vidutinis 80-95%

Žemas <80%

(Tamsiųjų naftos produktų koncentracija išmetamųjų garų sraute yra mažesnė, t. y. 1.8 g/m³).

Lyginant su garų deginimo technologijomis garų rekuperavimo sistemos turi daugelį privalumų: gali būti įdiegta pavojingoje aplinkoje, nėra ugnies židinio potencialioje sprogimo zonoje, nėra šalutinių teršėjų (azoto oksido, anglies monoksido, anglies dioksido, šilumos ir kt.), nėra

³⁶ Paulauskienė T. 2008. Oro taršos lakiaisiais organiniais junginiais tyrimas ir jos mažinimas naftos terminaluose: daktaro disertacija. Vilnius.

³⁷ Архипова О. и др. 2014. Методы и установки по рекуперации углеводородных паров при сливе наливных операциях на нефтебазах и АЗС.

³⁸ Control measures for emissions of volatile organic compounds (VOCs) from stationary sources. Annex II.

pridėtinio kuro, reikalingo minimaliai temperatūrai palaikyti garų koncentravimo periodu, nereikia papildomo kuro (pvz., gamtinių dujų) degimo procesui palaikyti. Išsiskiriantys, pylimo į autocisterną, tanklaivį, geležinkelio cisterną, talpyklą ir kt. metu iš naftos produktų LOJ neišleidžiami į aplinką, o surenkami, paverčiami pradiniu produktu ir grąžinami į talpyklą.

Lyginant su kitomis LOJ garų mažinimo technologijomis, garų rekuperavimo sistemos turi sekančių privalumų: maži emisijos lygiai, aukštas garų regeneravimo efektyvumas, paprasta eksploatacija, aukštas patikimumas, nėra ypač žemų temperatūrų, kaip reikalauja pagrindinės šaldymo technologijos, gana ilgas aktyvuotos anglies eksploatavimo laikotarpis – iki 10 metų.³⁹

11 lentelė. LOJ emisijos valdymo priemonės ir mažinimo efektyvumas naftos pramonėje

| Emisijos šaltinis | Emisijos valdymo priemonės | Mažinimo efektyvumas |
|---|--|----------------------|
| Naftos ir naftos produktų sandėliavimas | | |
| Benzinas | Plaukiojantys stogai su sandariklių | I - II |
| Žalia nafta | Plaukiojantys stogai su sandariklių | II |
| Naftos produktų terminalai (a/cisternų, tanklaivių ir g/ž cisternų pakrovimas / iškrovimas) | Garų rekuperavimo įrenginys | I - II |
| Degalinės | Garų balansas degalų papildymo metu (degalų papildymo purkštukai) | I - II |

I = >95%; **II** = 80-95%; **III** = <80%.

Rekuperavimo sistemos yra universalios. Rekuperavimas (iš lat. Recuperatio - „grąžinimas“) - medžiagos grąžinimas pakartotiniam naudojimui tame pačiame procese. Įranga leidžia sukurti objekte tokias sąlygas, kurios atitiktų sanitarijos ir aplinkos standartus, padidinti pelningumą dėl pakartotino produkto realizavimo. Šios sistemos dažnai taikomos perdurbant iš talpyklų, autocisternų, geležinkelio cisternų, tanklaivių išsiskyrusius LOJ. Garų surinkimo ir regeneravimo įrenginiai gali dirbti su visų rūšių naftos produktais, nafta, taip pat aromatiniais junginiais. Kiekvienam naftos produktui parenkama veiksmingiausia technologija, atsižvelgiant į jo savybes, pakrovimo tipą ir gamybos vietą.

Individualus požiūris į dizainą leidžia sukurti įrenginius, kurie idealiai atitiktų kiekvieno konkretaus naftos terminalo sąlygas ir reikalavimus. Kiekvienas projektas yra apskaičiuojamas pagal reikiamo garų apdorojimo tūrio apskaičiavimą. Naftos terminalui pirmiausia reikalinga įranga, skirtą sandariai iškrauti ir pakrauti geležinkelio cisternas su garų surinkimu ir pašalinimu iš pakrovimo vietos per atskirą rankovę, sujungtą su specialiu vamzdžiu arba prie cisternos angos sandariklio dangčio.

³⁹ Paulauskienė T. 2008. Oro taršos lakiaisiais organiniais junginiais tyrimas ir jos mažinimas naftos terminaluose: daktaro disertacija. Vilnius. 40.

Atsižvelgiant į mišinio koncentraciją, fizikines–chemines savybes ir į atmosferos būseną (temperatūrą, drėgmės kiekį ir kt.), taikomi skirtingi rekuperavimo metodai:

- adsorbcinis;
- absorbcinis;
- kondensacinis;
- kombinuotasis.

Konkrečiais atvejais pasirenkant metodą įtakos turi techniniai-ekonominiai rodikliai.

12 lentelė. Rekuperavimo technologijų lyginamoji analizė

| Rekuperavimo technologijos | Privalumai | Trūkumai |
|-----------------------------------|---|--|
| Adsorbcijos metodas | Didelis gryninimo laipsnis, galimybė apdoroti mažai prisotintus garus. | Didelė įrangos kaina, automatikos sistemų sudėtingumas, adsorbento regeneravimo poreikis, poreikis periodiškai pakeisti adsorbentą su jo paskesniu šalinimu, dideli matmenys. |
| Absorbcijos metodas | Didelis gaudymo laipsnis, technologija neturi aukštos ar žemos temperatūros ir slėgio, mažos kapitalo ir eksploatacijos išlaidos, nereikia jokių priežiūros vietų, patikimas įrenginio veikimas vasarą ir žiemą, lengvas montavimas ir priežiūra. | Didelis metalo sunaudojimas ir matmenys, didelis hidraulinis pasipriešinimas, absorbuojančių medžiagų poreikis (vidutiniškai iki 100 litrų 1 m ³ garo ir oro mišinio), reikalingi papildomi siurbiai periodiniam tiekimui ir absorbuojančios medžiagos (naftos produkto) siurbimui. |
| Kondensaciniai mazgai | Galimybė kondensuoti dujas, nesuderinamas su aktyvuota anglimi, nereikia adsorbento. | Ledo susidarymo problemos dėl netinkamai parinktos konstrukcijos ir technologinių sprendimų. |
| Kombinuota technologija | Didelis gaudymo laipsnis. | Brangi įranga, didelės eksploatacijos išlaidos. |

Pagrindiniai rekuperavimo sistemoje yra adsorbcijos-desorbcijos procesai.⁴⁰ Kaip sorbentas naudojama aktyvinta anglis, kuri pasižymi naftos produktų LOJ selektyvumu. Ji pašalina LOJ iš oro srauto ir koncentruoja juos. Tokiu būdu išvalytas oras gali būti išleidžiamas į atmosferą neteršiant jos, o angliavandenilių garai gali būti suskystinami kaip atgautinas produktas. Aktyvinta anglis pasižymi hidrofobiškumu ir degumu. Ji geriau sugeria organinių medžiagų nei vandens garus. Pagal

⁴⁰ Paulauskienė T. 2008. Oro taršos lakiaisiais organiniais junginiais tyrimas ir jos mažinimas naftos terminaluose: daktaro disertacija. Vilnius.

dydį ir dalelių formą anglis yra skirstoma į granuliuotą ir miltelius. Aktyvinta anglis pasižymi dideliu adsorbcijos efektyvumu, mažu skysčių sulaikymu (lengva regeneracija), dideliu mechaniniu kietumu, žemu slėgiu ir reakcingumu. Dažniausiai naudojamos keturios pagrindinės garų rekuperavimo sistemos atmainos:

1. Adsorbcinė-absorbcinė;
2. Aukšto efektyvumo adsorbcinė-absorbcinė;
3. Adsorbcinė-kondensacinė;
4. Aukšto efektyvumo adsorbcinė-kondensacinė.

Šios keturios formos skiriasi vakuumine įranga, naudojama anglies sluoksnio regeneracijai, ir / arba rekuperavimo įranga, naudojama regeneruotiems garams suskystinti.

Tipiškas GRĮ pasieks 85 - 95 % išgauto garų LOJ kiekio. Kiekviename kubiniame metre gali būti iki 1 litro vertingo regeneruojamo skysčio.⁴¹

Renkantis technologiją (metodą) kiekvienu atveju optimalu naudoti pagrįstai priimtinos technologijos metodiką. Protingai priimtina technologija apibrėžiama kaip metodas, užtikrinantis minimalų išmetamųjų teršalų lygį, kai imamasi technologiškai ir ekonomiškai priimtinių priemonių. Pakankamo pakankamumo principas: geriausios prieinamos technologijos arba maksimalios išmetamųjų teršalų kontrolės technologijos naudojimas.

Remiantis tyrimų analize, galima teigti, kad vienas iš efektyviausių išmetamųjų teršalų mažinimo būdų, kraunant tamsius naftos produktus iš geležinkelio cisternų, yra garų rekuperavimo (aktyvuotos anglies pagrindu) sistemos įdiegimas.

⁴¹ Grant Johnson, Mike Dodd. 2016. VOC Recovery in Crude Oil Loading.

IŠVADOS

1. AB „Klaipėdos Nafta“ yra socialiai atsakinga įmonė ir didelį dėmesį skiria aplinkosaugai, nuolat diegia technines teršalų išmetimo mažinimo priemones ir tinkamai prižiūri savo įrenginius.
2. Atlikus 2018 metų emisijos geležinkelio estakadose vertinimą, nustatyta LOJ garų emisija: benzino - 3,548 t/metus (garai nukreipiami į GRI); tamsiųjų naftos produktų - 4,593 t/metus (garai išmetami į atmosferą).
3. Atlikus linijinę krovinių srautų prognozę nustatyta, kad prognozuojamas srautas būtų $Q_{2023(opt)} = 1652$ tūkst.t. Pagal gautą prognozę nustatytas LOJ garų emisijos dydis $N_{2023} = 3,885$ t.
4. Labiausiai tinkamos LOJ emisijos mažinimo priemonės pasirinkimas reikalauja kiekvienos priemonės efektyvumo, savybių ir galimos taikymo srities detalaus tyrimo.
5. Remiantis atliktais tyrimais, galima teigti, kad vienas iš efektyviausių išmetamųjų teršalų mažinimo būdų, kraunant tamsius naftos produktus iš geležinkelio cisternų, yra garų rekuperavimo sistemos įdiegimas.

LITERATŪRA

1. AB „Klaipėdos Nafta“ metinis pranešimas už dvylikos mėn. laikotarpį pasibaigusį 2018 m. gruodžio 31 d.
2. AB „Klaipėdos Nafta“ planuojamos ūkinės veiklos – aplinkosauginių priemonių diegimas ir naftos terminalo krovos lankstumo didinimas – atrankos dėl poveikio aplinkai vertinimo dokumentai. 2018
3. AB „Klaipėdos nafta“ planuojamos ūkinės veiklos atrankos dėl poveikio aplinkai vertinimo dokumentai. 2018.
4. AB „Klaipėdos nafta“ šviesių naftos produktų parko II plėtros etapas. 2016.
5. AB „Klaipėdos nafta“ tamsių naftos produktų iškrovimo estakados, geležinkelio atšakos bei naujų naftos produktų talpyklų statyba ir eksploatacija. Atrankos dėl poveikio aplinkai vertinimo dokumentai. 2016
6. AB „Klaipėdos nafta“ taršos integruotos prevencijos ir kontrolės (TIPK) leidimas Nr. T-KL.1-13/2015 (pakeistas 2015-11-24).
7. AB „Klaipėdos nafta“. 2016. Veiklos strategija 2016-2020 m.
8. AB „Klaipėdos nafta“. 2018. Metinis pranešimas už dvylikos mėnesių laikotarpį, pasibaigusį 2018 m. gruodžio 31 d.
9. AB „Klaipėdos nafta“ stacionarių aplinkos oro teršimo šaltinių bei iš jų išmetamų teršalų inventorizacija. 2014. Rengėjas UAB „Ekometrija“.
10. AB „Klaipėdos nafta“. 2016. Naftos produktų iškrovimo estakados, geležinkelio atšakos bei naujų naftos produktų talpyklų statyba ir eksploatacija.
11. AB „Klaipėdos nafta“. 2016. Veiklos strategija 2016 – 2020 m.
12. AB „Klaipėdos nafta“. 2017. Metinis pranešimas.
13. AB „Klaipėdos nafta“. 2019. Klaipėdos ir Subačiaus naftos terminalų 2015 – 2018 m. aplinkos apsaugos apžvalga.
14. Baltrėnas, P.; Vaiškūnaitė, R. 2002. Biologinis oro valymas suaktyvinta žievų įkrova, Aplinkos inžinerija 7(2): 70–76.
15. Dobrego K.V. 2005. Numerical Investigation of the New Regenerator - Recuperator Scheme of VOC Oxidizer. International Journal of Heat and Mass Transfer 48(23-24):4695-4703
16. EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook. 2019.
17. Environmental, Health, and Safety Guidelines for Crude Oil and Petroleum Product Terminals. IFC.2007.
18. Grant Johnson, Mike Dodd. 2016. VOC Recovery in Crude Oil Loading.

19. Guidelines for Calculating and Reporting Emissions from Bulk Loading Operations (U.S. Environmental Protection Agency. 2017.
20. Howard J Rudd, Nikolas A Hill. 2001. Measures to Reduce Emissions of VOCs during Loading and Unloading of Ships in the EU.
21. Klaipėdos regiono aplinkos apsaugos departamentas. 2018. Valstybinė aplinkos apsaugos kontrolė šiaurinėje Klaipėdos miesto dalyje veiklą vykdančiose įmonėse (AB „Klaipėdos nafta“, UAB „Krovinių terminalas“ ir AB „KLASCO“).
22. LAND 31-2007/M-11. Lakiųjų organinių junginių, išmetamų į atmosferą saugant ir paskirstant naftą ir naftos produktus, kiekio įvertinimo metodika. Patvirtinta Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2007 m. balandžio 24 d., įsakymo Nr. D1-234 redakcija.
23. Li Shi, Weiqiu Huang. 2013. Sensitivity Analysis and Optimization for Gasoline Vapor Condensation Recovery. Process Safety and Environmental Protection. 92(6)
24. Lietuvos respublikos energetikos ministerija. Vilnius.
25. Milerienė R. 2016. AB „Klaipėdos nafta“ naftos produktų iškrovimo estakados, geležinkelio atšakos bei naujų naftos produktų talpyklų statyba ir eksploatacija. Klaipėda: KU.
26. Modern solutions: cryogenics. VOC recovery units. Praxeidos.
27. Paulauskas V. 2011. Optimalus uostas. Klaipėdos universiteto leidykla.
28. Paulauskas V., Barzdžiukas R., Plačienė B. ir kt. 2001. Uosto technologija. Klaipėda: KU leidykla.
29. Paulauskas V. 2007. Logistika. Klaipėdos universiteto leidykla.
30. Paulauskienė T. 2008. Oro taršos lakiisiais organiniais junginiais tyrimas ir jos mažinimas naftos terminaluose: daktaro disertacija. Vilnius.
31. Stacionarių aplinkos oro teršimo šaltinių bei iš jų išmetamų teršalų inventORIZACIJOS ataskaita. 2014.
32. Sudintas A. 2007. Naujų metodų ir technologijų taikymo analizė įrengiant, modernizuojant ir eksploatuojant naftos ir naftos produktų saugojimo, transportavimo ir paskirstymo sistemas ir šios susistemintos medžiagos parengimas. Ūkio ministerija.
33. Vainorius M. 2018. Klaipėdos naftos” plėtra: į pastabas reaguos? Atvira Klaipėda.lt
34. VĮ Klaipėdos valstybinio jūrų uosto direkcija. Atnaujinta Klaipėdos uosto plėtros, pastatant išorinį uostą, galimybių studija. 2018
35. Weiqiu Huang et al. 2011. Investigation of Oil Vapor Emission and its Evaluation Methods. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, vol.24, No 2, p. 178-186.
36. Weiqiu Huang et al. 2013. Gasoline Vapor Recovery Based on Integrated Technology of Absorption – Adsorption.

37. Weiqiu Huang, Li Shi. 2013. Methods for the Control of Oil Vapor Emissions. International Journal of Oil Gas and Coal Technology . 6(3)
38. AB „Klaipėdos nafta“. 2018. Krova – 21,5 proc. didesnė nei pernai. [žiūrėta 2019-12-19]. Prieiga per internetą:
<https://www.kn.lt/naujienos/naujienos/ab-klaipedos-nafta-krova-215-proc-didesne-nei-pernai-/2289>.
39. AB „Klaipėdos nafta“. 2018. KN investuos į aplinkos apsaugos priemones. [žiūrėta 2020-05-11]. Prieiga per internetą:
<https://intranetas/home/Lists/Aktualijos/DispForm.aspx?ID=308&Source=http%3A%2>
40. AB „Klaipėdos nafta“. 2018. KN- kuriame nepriklausomybę. [žiūrėta 2020-05-11]. Prieiga per internetą:
<https://www.kn.lt/musu-veikla/naftos-terminalai/klaipedos-naftos-terminalas/135>
41. Nasdaq A. 2017. Klaipėdos Nafta. [žiūrėta 2019-12-19]. Prieiga per internetą:
<https://www.eregister.ee/market/?instrument=LT0000111650&list=2&pg=details&tab=company&lang=lt>.
42. VĮ Klaipėdos valstybinė jūrų uostų direkcija. 2018. Atnaujinta Klaipėdos uosto plėtros, pastatant išorinį uostą, galimybių studija. [žiūrėta 2019-04-27]. Prieiga per internetą:
[http://www.portofklaipeda.lt/uploads/Studijos/2018/KVJUD%20isorinio%20uosto%20pletros%20galimybiu%20studija%20\(1\).pdf](http://www.portofklaipeda.lt/uploads/Studijos/2018/KVJUD%20isorinio%20uosto%20pletros%20galimybiu%20studija%20(1).pdf)
43. Архипова О.В. и др. 2014. Методы и установки по рекуперации углеводородных паров при сливо наливных операциях на нефтебазах и АЗС.
44. Методика по определению выбросов вредных веществ в атмосферу на предприятиях госкомнефтепродукта РСФСР. 1988
45. Методика расчетно-экспериментального определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу за счет испарения из емкостей хранения нефтепродуктов краснодар. 1996