

LAIVYBOS ŠLIUZO PER KAUNO HE EKSPLOATACIJOS RIZIKŲ NUSTATYMAS

Roberta SNAPKAUSKIENĖ, Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Inžinerijos fakultetas, el. paštas:
roberta.snapkauskiene@stud.vdu.lt

Santrauka

Straipsnyje analizuojami laivybos šliuzo per Kauno hidroelektrinę rizikos veiksniai eksploatacijos metu, siekiant įvertinti jų poveikį infrastruktūros saugumui, patikimumui ir veiklos tęstinumui. Tyrime nagrinėjama Kauno HE kaip pagrindinė kliūtis vidaus vandens laivybai Nemuno upe, kurios pašalinimui būtinas laivybos šliuzo įrengimas, leidžiantis užtikrinti laivybos tęstinumą ir integraciją į TEN-T vidaus vandens kelių tinklą. Rizikų vertinimui taikyta rizikų matricos metodika, leidžianti sistemingai identifikuoti galimus pavojus, įvertinti jų tikimybę ir pasekmes bei nustatyti prioritetines rizikos sritis. Atlikta analizė parodė, kad didžiausią grėsmę šliuzo eksploatacijai kelia hidrologiniai ir meteorologiniai veiksniai, tokie kaip pavasariniai potvyniai, staigūs vandens lygio svyravimai ir ledų sangrūdos, taip pat techninės įrangos gedimai, laivų susidūrimai su šliuzo vartais, sedimentacija ir žmogaus faktorius. Gauti rezultatai leidžia teigti, kad taikant struktūruotą rizikos valdymo sistemą, reguliarią techninę priežiūrą ir prevencines priemones galima reikšmingai sumažinti avarijų tikimybę, užtikrinti saugią šliuzo eksploataciją ir prisidėti prie ilgalaikės vidaus vandens kelių infrastruktūros plėtros Lietuvoje.

Reikšminiai žodžiai: rizikos veiksniai, laivų šliuzas, šliuzo vartai, eksploatacija, rizikų matrica, Kauno HE.

Įvadas

Laivų šliuzas yra esminė infrastruktūros dalis, užtikrinanti vidaus vandens kelių pralaidumą ir laivybos saugumą (Davies, Marsh, 2024). Lietuvoje pagrindinė šių dienų laivybos kelio problema yra Kauno hidroelektrinė – kliūtis įveikti vidaus vandens kelią (Ardynas, 2024). Ši problema kyla dėl to, kad Kauno hidroelektrinė neturi šliuzo. Dėl šios priežasties laivyba Nemune yra ribojama ties Kauno hidroelektrine. Laivams, plaukiojantiems Nemuno upe, nėra galimybės praplaukti pro hidroelektrinę į aukštupį. Tai sukelia navigacijos ir logistikos iššūkių, ypač prekybiniais ir turistiniams laivams, kuriems tenka sustoti arba pasirinkti kitus maršrutus.

Jūrų laivyba nuo laivybos vidaus vandens keliuose skiriasi tuo, kad jūrų laivyba vyksta plačiuose ir atviruose vandens telkiniuose – jūrose, dažnai labai tolimais atstumais. Jūros transportui naudojami dideli konteineriniai laivai, tanklaiviai, keleiviniai kruiziniai laivai, kurie gali gabenti didelius krovinius ir keleivių skaičius (Koilo, 2019). Navigacija jūrose yra paprastesnė dėl didesnės erdvės, tačiau reikalauja pažangesnių technologijų dėl oro sąlygų ir ilgo atstumo. Jūrų laivyba turi didesnę poveikį aplinkai dėl teršalų išmetimo ir naftos išsiliejimų galimybės. Dėl šių priežasčių laivyba vidaus vandens keliuose yra laikoma paprastesne, tačiau tai turi ir savų sudėtingų niuansų. Autoriai (National Research Council et al., 2001; Backalic, Maslaric, 2012; Sys et al., 2020; Wang, Li, 2022) nurodo, kad vidaus vandens laivyba susiduria su įvairiais iššūkiais ir kliūtimis, tokiais kaip:

1. Natūralios kliūtys (Backalic, Maslaric, 2012):
 - Vandens lygio svyravimai dėl lietaus stygiaus arba gausių liūčių gali drastiškai pakeisti vandens lygį upėse ir ežeruose, kas gali apsunkinti navigaciją ir kartais visai ją sustabdyti.
 - Šaltuoju metų laiku vandens keliai gali užšalti, taip sukeldami navigacijos problemų ir laivybos sustabdymą.
 - Upėse ir ežeruose augančios vandens augalijos gali sutrukdyti laivybą, užkimšti laivų variklius ir sunkinti judėjimą.
2. Techninės ir infrastruktūrinės kliūtys (National Research Council et al., 2001):
 - Upėse esančios užtvankos be įrengtų šliuzų gali būti kliūtis ir sunkinti navigaciją. Kita vertus, šliuzai gali sulėtinti laivų judėjimą, nes reikia laiko persikelti per šliuzų sistemas, ypač kai jos valdomos rankiniu būdu.
 - Žemi tiltai, ypač nepakeliami, gali būti kliūtis aukštesiems laivams. Laivams kartais reikia pakeisti maršrutą arba palaukti, kol tiltas bus atidarytas.
 - Prastas ženklavimas arba navigacijos technologijų stygius gali lemti klaidingą maršrutų pasirinkimą, ypač naktį ar esant blogam matumui.
3. Socialinės / ekonominės kliūtys (Sys et al., 2020):
 - Vidaus vandens keliai dažnai praeina per miestus, ir jie gali būti perpildyti, ypač jeigu yra intensyvus judėjimas arba komercinės laivybos rajonas (Wang, Li, 2022).
 - Skirtingi regionai gali turėti savo taisykles ir reikalavimus, kas gali sudaryti biurokratinės kliūtis tarpvalstybinei laivybai.
 - Nepakankamas finansavimas infrastruktūrai ir technologijoms gali riboti vidaus vandens kelių modernizavimą ir veikimą.

Dauguma šių vidaus vandens laivybos kliūčių reikalauja nuolatinės priežiūros ir dažnai gali būti išsprendžiamos bendradarbiaujant su vietinėmis vyriausybėmis ir kitomis suinteresuotomis šalimis, tačiau kai kurioms reikia didesnio įsitraukimo ir dėmesio, pvz., įrengti šliuzą laivams perplaukti kliūtį, išvalyti upės dugną ir šlaitus nuo užaugusios augmenijos ir pan. Mokslininkai S. Zhang ir kt. (2024) nurodo, kad eksploatacijos metu laivybos šliuzui tenka susidurti su daugybe rizikos veiksnių, tokių kaip konstrukcijų nusidėvėjimas, vandens slėgio pokyčiai ir aplinkos sąlygų pokyčiai. Taip pat mokslininkai A. Farinha ir kt. (2018) nurodo ir kitus rizikos veiksnius, tokius kaip techninės įrangos gedimai, bei žmogiškieji faktoriai. Šių rizikos veiksnių identifikavimas ir jų poveikio vertinimas yra būtini siekiant užtikrinti šliuzo efektyvumą ir saugumą, taip pat sumažinti galimų incidentų tikimybę. Laivybos šliuzo per Kauno hidroelektrinę (HE) rizikos veiksnių vertinimas eksploatacijos metu yra svarbus ir aktualus klausimas Lietuvos infrastruktūros kontekste, siekiant užtikrinti saugią ir efektyvią laivakelio infrastruktūrą. Šis tyrimas padės suprasti esamas problemas ir prisidės prie saugesnės bei efektyvesnės laivybos infrastruktūros Lietuvoje kūrimo.

Tyrimo tikslas – įvertinti laivybos šliuzo per Kauno HE rizikos veiksnius eksploatacijos metu.

Iškeltam tikslui pasiekti sprendžiami šie **uždaviniai**:

1. Nustatyti galimas rizikas laivybos šliuzo per Kauno HE eksploatacijos metu.
2. Parengti rekomendacijas, kaip išvengti arba sumažinti galimas rizikas.

Šis tyrimas yra **aktualus** Lietuvos mastu, nes šliuzo įrengimas leistų Nemuną aukščiau Kauno HE prijungti prie TEN-T kelių tinklo ir leistų užtikrinti tolimesnę vidaus vandenų susisiekimo infrastruktūros plėtrą (Ardynas, 2024). Nors Lietuvoje yra keli laivų šliuzai, pvz., Drevernos šliuzas, esantis Klaipėdoje, jis nėra tinkamas dideliems laivams praplaukti, nes jo plotis siekia vos 3,3 m (VĮ Vidaus vandens kelių direkcija, 2017). Kauno HE laivybos šliuzo veikla būtų ypač svarbi tiek ekonominiu, tiek ekologiniu aspektu, nes leistų laivams gabenti krovinius ir keleivius, tuo pačiu išvengiant aplinkos taršos keliuose, bei užtikrintų efektyvų energijos gamybos bei vandens resursų valdymą (Lukoševičienė, 2021). Šis tyrimas prisidės prie infrastruktūros saugumo, efektyvumo ir ilgaamžiškumo, tuo pačiu skatinant ekonomikos augimą Lietuvoje.

Tyrimų objektas ir metodai

Tyrimo nagrinėjamas objektas – Kauno hidroelektrinė ir joje numatomas įrengti laivų šliuzas (žr. 1 pav.).



Šaltinis: sudaryta pagal Maps.lt (2026)

Source: according to Maps.lt (2026)

1 pav. Objekto situacijos schema

Fig. 1 Site plan

Tyrimo metu atliekamas laivų šliuzo rizikų vertinimas naudojant rizikų matricos metodiką. Taikant šį metodą identifikuojami pavojai ir galimos priežastys – hidraulinės perkrovos potvynių metu, ledų suspaudimas žiemą, ilgalaikė korozija, geotechniniai pokyčiai pamatuose, operatoriaus klaidos, kibernetinės atakos valdymo sistemai arba net tyčinės veiklos pavojus. Kartu nurodomos galimos pasekmės: nuo lokalaus remonto ir laikinų eksploatacijos ribojimų iki plačių potvynių, žmonių sužeidimų ar net žuvimų, didelių aplinkos taršos incidentų ir reikšmingų ekonominių nuostolių (Chen et al., 2021).

Rizikų matrica yra vizualinė priemonė, skirta įvertinti rizikai ir nustatyti prioritetams: ji sieja įvykio tikimybę su galimų pasekmių dydžiu ir, remiantis nustatyta lentele ar sandauga, priskiria rizikos lygį (pvz., žemas, vidutinis, aukštas, kritinis). Dažniausiai naudojamos 3×3, 4×4 arba 5×5 skalės – kiekviena ašis apibrėžiama skaitine arba aprašomąja skale (pvz., tikimybė 1–5, pasekmės 1–5), kas leidžia greitai identifikuoti prioritetines sritis ir nuspręsti, kur būtinos prevencinės ar korekcinės priemonės (Vector Solutions, 2025). Rizikų matricos privalumas – aiškumas ir galimybė greitai nustatyti sprendimus rizikoms suvaldyti ar joms atpažinti, taip pat pateikti sprendimo rezultatus techniniams specialistams

ar valdymo institucijoms. Rizikų matricą galima taikyti įvairiose srityse, kur reikia sisteminio rizikos vertinimo: inžineriniuose projektuose, statybose, energetikos įrenginiuose, uostų ir laivybos infrastruktūroje, aplinkosaugos vertinimuose ir net kibernetinio saugumo kontekstuose.

Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas

Šiame tyrime analizuojami šliuzo rizikos veiksniai eksploatacijos metu, kaip potencialas Kauno HE, nes Kauno hidroelektrinėje šliuzas yra būtinas infrastruktūros elementas, užtikrinantis laivybos tęstinumą Nemuno upėje. Pagal „Laivybos šliuzo per Kauno hidroelektrinės užtvanką statybos poveikio aplinkai vertinimo programą“ (2024) „šliuzo įrengimas leistų Nemuną aukščiau Kauno HE prijungti prie TEN-T kelių tinklo ir leistų užtikrinti tolimesnę vidaus vandenų susisiekimo infrastruktūros plėtrą“ (Ardynas, 2024). Hidroelektrinės funkcija yra ne tik generuoti elektros energiją, bet ir palaikyti vandens lygį, kuris gali trukdyti laivų judėjimui per užtvanką. Šliuzas leistų saugiai perkelti laivus iš vieno bjefo į kitą, pvz., iš aukšutinio bjefo į žemutinį ir atvirkščiai, taip palengvindamas navigaciją ir išvengdamas laivybos trukdžių. Rizikos veiksniai, susiję su šliuzų eksploatacija, apima mechaninius gedimus, vandens lygio svyravimus ir priežiūros iššūkius, kurie gali paveikti šliuzo veikimą ir saugumą. Tinkama priežiūra ir reguliari kontrolė yra būtini norint užtikrinti šliuzo funkcionalumą ir minimizuoti galimas avarijas bei laivybos sutrikimus. Be šliuzo, hidroelektrinė nesugebėtų užtikrinti efektyvaus vandens transporto tinklo, kuris yra svarbus ekonomikai ir regioniniam transportui. Siekiant įvertinti rizikos veiksnius pasitelkiami mokslininkų atlikti tyrimai, susiję su šliuzų bei bendrai – užtvankų rizikos veiksniais.

Šliuzo eksploatacija susijusi su daugybe rizikos veiksnių, kurie gali turėti įtakos tiek įrenginio funkcionalumui, tiek žmonių saugumui, aplinkai ir regioninei ekonomikai. Nurodoma, kad: „rizika paprastai išreiškiama rizikos šaltiniais, galimais įvykiais, jų pasekmėmis ir jų tikimybe“ (ISO 31000:2018). Pagal T. V. Oliveira, A. A. Nogueira (2016), A. Farinha ir kt. (2018) ir Alaska Corps (2022) pagrindiniai rizikos veiksniai apima hidrologinius ir meteorologinius reiškinius (potvynius, ledonešį, staigius vandens lygio svyravimus), mechaninės ir elektrinės įrangos gedimus (šliuzo vartų, hidraulikos, valdymo sistemų sutrikimai), laivybos rizikas (susidūrimai, navigacijos klaidos, eismo intensyvumas), sedimentaciją ir gylio mažėjimą, taip pat žmogaus faktorių — operatorių klaidas ir prastą procedūrų laikymąsi. Šie rizikos veiksniai labiausiai tikėtini ir Kauno HE laivų šliuze. Be to, svarbios rizikos sritis apima aplinkosauginius aspektus (žuvų migracijos sutrikdymas, teršalai iš laivų), kibernetinį saugumą SCADA/valdymo sistemoms (kompiuterinė sistema, leidžianti stebėti, valdyti ir rinkti duomenis apie pramoninius procesus, ypač tuos, kurie vyksta dideliu atstumu arba apima kritinę infrastruktūrą), tiekimo grandinių ir logistikos sutrikimus bei ilgalaikius klimato kaitos padarinius, kurie gali keisti upės režimą ir šliuzo eksploatacijos sąlygas.

Dėl Kauno HE specifikos šiuos rizikos veiksnius būtina vertinti atsižvelgiant į Nemuno hidrologines charakteristikas, regioninę žiemos/ledo dinamiką, laivybos intensyvumą Kauno uosto ir vietinių maršrutų kontekste, taip pat taikomus nacionalinius ir ES aplinkosaugos reikalavimus (pvz., Natura 2000 apribojimai). Efektyvi rizikų valdymo sistema turi apimti tiek prevencines priemones (techninės apsaugos įrenginiai ir navigacijos kontrolė), tiek pasirengimą avarinėms situacijoms (atsarginiai energijos šaltiniai, avarinio reagavimo planai, pratybos, tarpinstitucinis bendradarbiavimas). Siekiant užtikrinti ilgalaikį ir saugų šliuzo veikimą, yra rekomenduojama taikyti struktūruotą rizikos valdymo metodiką, pvz., ISO 31000 ir nuolat atnaujinti vertinimus remiantis monitoringų duomenimis, eksploatacijos patirtimi bei klimato scenarijų prognozėmis.

Taikant rizikų matricą laivų šliuzo griūties scenarijaus vertinimui Kauno hidroelektrinės kontekste, visų pirma būtina aiškiai apibrėžti vertinamo scenarijaus ribas: ar *griūtis* reiškia pilną konstrukcijos žlugimą, dalinį struktūrinį pažeidimą (pvz., vartų ar šono gedimas) ar ilgalaikį nefunkcionalumą, ir ar vertinime įtraukiamos tik techninės pasekmės, ar taip pat poveikis žmonių saugumui, laivybai, elektros tiekimui, aplinkai ir regioninei ekonomikai. Tolesniame žingsnyje identifikuojami pavojai ir galimos priežastys – hidraulinės perkrovos potvynių metu, ledų suspaudimas žiemą, ilgalaikė korozija, geotechniniai pokyčiai pamatuose, operatoriaus klaidos, kibernetinės atakos valdymo sistemai arba net tyčinės veiklos pavojus. Kartu aprašomos galimos pasekmės: nuo lokalaus remonto ir laikinų eksploatacijos ribojimų iki plačių potvynių, žmonių sužeidimų ar net žuvimų, didelių aplinkos taršos incidentų ir reikšmingų ekonominių nuostolių (Chen et al., 2021). Todėl žinant reikiamus vertinimo kriterijus rizikos įvertinimui sudaroma lentelė (Vector Solutions, 2025).

1 lentelėje pateikiama Kauno HE šliuzo vartų griūties rizikos matrica, kai vartai pasikreipia, bet ne pilnai sulaužomi. Šis vertinimas atliktas remiantis mokslininkų S. Ehlers ir kt. (2015) išvadomis, kad šliuzo vartai iki pavojaus paskelbimo būna pažeidžiami, bet ne pilnai sulaužomi, pvz., laivui susidūrus su vartais šliuzo vartai persikreipia, bet nesulūžta. Taip pat autoriai pateikia pagrindines kontrolines priemones ir rekomendacijas, kaip galima išvengti šių rizikų.

Pirmoje rizikų matricos lentelėje nurodoma, kad kritiniais prioritetais yra laikomi pavasariniai potvyniai ir staigūs vandens lygio pakilimai bei ledų sangrūdos. Aukštu prioritetu įvertintos tokios rizikos kaip elektros tiekimo praradimas, vartų, hidraulikos ir mechaninių sistemų gedimas, taip pat laivų susidūrimas su šliuzu ir jo vartais (navigacijos klaida), sedimentacija (prieplaukos/gylio mažėjimas), žmogaus klaidos – operatorių operacijos. Kauno HE šliuzo avarijos atveju labiausiai tikėtinos yra pavasariniai potvyniai bei ledų sangrūdų rizikos bei laivų susidūrimas su šliuzu ir jo vartais.

Rizikų matricos rezultatai turi būti integruoti į avarinio plano ir atkūrimo procedūras: parengti konkretūs scenarijai (greitas stabilizavimas, laikinas uždarymas, ilgalaikis atstatymas), nustatyti atsakomybių grandinę ir komunikacijos kanalus su savivaldybe, hidrometeorologine tarnyba, uosto operatoriumi, gelbėjimo tarnybomis bei aplinkosaugos institucijomis. Taip pat svarbu įtraukti interesų grupes per derinimus ir pratybas bei reguliariai atnaujinti rizikos vertinimą po inspekcijų, reikšmingų įvykių ar klimato ir hidrologinių sąlygų pasikeitimų.

1 lentelė. Kauno HE šliuzo vartų griūtės rizikos matrica (sudaryta autorės pagal Ehlers ir kt., 2015)
Table 1. Risk matrix for the failure of the Kaunas HE sluice gate (Source: according to Ehlers et al., 2015)

Nr. No.	Rizika Risk	Tikimybė Probability	Pasekmės Consequences	Balas Score	Prioritetas Priority	Pagrindinės kontrolės / rekomendacijos Key controls/recommendations
1	Pavasarinis potvynis / staigus vandens lygio pakilimas <i>Spring flood / rapid water level rise</i>	4	4	16	Kritinis Critical	Operaciniai ekstremalių lygių protokolai, nuolatinis hidrometrinis monitoringas, rezervinės pralaidos, bendradarbiavimas su hidrometeorologijos stotimi <i>Operational protocols for extreme levels, continuous hydrometric monitoring, reserve spillways, cooperation with the hydrometeorological station</i>
2	Ledų sangrūdos šaltuoju periodu (užstrigimas, spaudimas vartams) <i>Ice jams during cold periods (blockage, pressure on gates)</i>	4	4	16	Kritinis Critical	Ledų monitoringo planas, konstrukcijų apsauga prieš ledą, sezoniškas eksploatacijos ribojimas, galimybė užsakyti ledlaužių paslaugas <i>Ice monitoring plan, ice protection of structures, seasonal operating restrictions, possibility to order icebreaker services</i>
3	Elektros tiekimo arba SCADA valdymo praradimas <i>Loss of power supply or SCADA control</i>	3	5	15	Aukštas High	Generatoriai kritinėms sistemoms, rezervinis valdymas rankiniu būdu, kibernetinio saugumo priemonės <i>Generators for critical systems, manual backup control, cyber security measures</i>
4	Vartų / hidraulikos / mechaninių sistemų gedimas <i>Failure of gates / hydraulics / mechanical systems</i>	3	5	15	Aukštas High	Prevencinė priežiūra, sąlygų monitoringas, atsarginių detalių rezervas, periodinės techninės apžiūros <i>Preventive maintenance, condition monitoring, spare parts reserve, periodic technical inspections</i>
5	Laivų susidūrimas su slenkščiu/šliuzu (navigacijos klaida) <i>Ship collision with sill/lock (navigation error)</i>	3	4	12	Aukštas High	Eismo valdymas, prisišvartavimo zonos, takų žymėjimas, apmokymai laivų įgulai <i>Traffic control, mooring areas, marking of fairways, training for ship crews</i>
6	Sedimentacija (prieplaukos/gylio mažėjimas) <i>Sedimentation (reduction in berthing/depth)</i>	4	3	12	Aukštas High	Reguliarus gilinimas, sedimentacijos monitoringo schema, įplaukimo profilio formavimas <i>Regular dredging, sedimentation monitoring scheme, entrance profile formation</i>
7	Žmogaus klaidos — operatorių darbas <i>Human error operator work</i>	3	4	12	Aukštas High	Procedūrų standartizavimas, mokymai, pratybos, dviguba patvirtinimo sistema kritiniams veiksams <i>Standardization of procedures, training, drills, double confirmation system for critical actions</i>
8	Aplinkos poveikis (žuvų migracija, Natura 2000 reikalavimai) <i>Environmental impact (fish migration, Natura 2000 requirements)</i>	2	4	8	Vidutinis Medium	Žuvų pralaidos, monitoringas, potvyninės ir sezoniškos darbo modifikacijos <i>Fish passages, monitoring, flood and seasonal work modifications</i>
9	Kuro/cheminių medžiagų nutekėjimas iš laivų <i>Fuel/chemical spills from ships</i>	2	4	8	Vidutinis Medium	Avarinio išsiliejimo planas, absorbentų rinkiniai, privalomi prevenciniai standartai laivams <i>Emergency spill plan, absorbent kits, mandatory preventive standards for vessels</i>
10	Klimato kaitos ilgalaikiai pokyčiai (didesni potvyniai / sausras) <i>Long-term climate change (higher floods/droughts)</i>	3	3	9	Vidutinis Medium	Scenarijų analizės, adaptacinis projektavimas, lankstūs eksploatacijos protokolai <i>Scenario analysis, adaptive design, flexible operating protocols</i>
11	Vandalizmas / tyčinis pažeidimas <i>Vandalism / malicious damage</i>	2	3	6	Žemas–vidutinis Low–medium	Apsauga, vaizdo stebėjimas, prieigos kontrolė <i>Security, video surveillance, access control</i>
12	Socialiniai / teisiniai ginčai dėl leidimų / bendruomenės pasipriešinimas <i>Social/legal disputes over permits / community resistance</i>	2	3	6	Žemas–vidutinis Low–medium	Viešinimas, konsultacijos, kompensacinės priemonės, teisinė eiga <i>Publicity, consultations, compensation measures, legal proceedings</i>
13	Prieigos / logistikos sutrikimai (remonto vėlavimai) <i>Access / logistics issues (repair delays)</i>	2	3	6	Žemas–vidutinis Low–medium	Logistinis planavimas, kelių prieigos užtikrinimas sutartimis <i>Logistical planning, securing road access through contracts</i>
14	Teroristinė grėsmė arba didesnio masto sabotžas <i>Terrorist threat or large-scale sabotage</i>	1	5	5	Žemas (bet rimtas) Low (but serious)	Saugaus objekto planas, bendradarbiavimas su saugumo tarnybomis <i>Site security plan, cooperation with security services</i>

Rizikų matrica yra itin vertinga kaip greitos orientacijos ir sprendimų priėmimo įrankis, tačiau sudėtingiems ir kritiniams scenarijams (pvz., pilnai struktūrinei griūčiai) reikėtų ją papildyti kiekybinėmis analizėmis – inžinerinėmis

skaičiavimais, HAZID/HRA tyrimais ir nuostolių modeliavimu. Šiuo atveju rizikos matrica taikoma tik orientaciniam įvertinimui todėl išsamesni skaičiavimai šiame darbo etape neatliekami.

Išvados

1. Nustačius galimas rizikas laivybos šliuzo eksploatacijos metu nustatyta, kad konstrukcijų nusidėvėjimas, techninės įrangos gedimai, vandens slėgio pokyčiai, aplinkos sąlygų svyravimai ir žmogiškieji faktoriai yra pagrindinės rizikos, galinčios pažeisti konstrukciją.
2. Atlikus analizę nustatyta, kad rizikos veiksniai gali būti įvertinami iš anksto pasitelkiant modeliavimą ir analizę, taip numatant priemones katastrofai išvengti. Reguliari techninė priežiūra, laiku atliekami remonto darbai gali prailginti konstrukcijos gyvavimo laikotarpį, o tai leistų išvengti rizikų susijusių su eksploatacija.

Literatūra

1. Alaska District, U.S. Army Corps of Engineers. (2022). HEC-RAS with ice and ice jams [Video]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=0jZctV_ry5U
2. Ardynas. (2024). Poveikio aplinkai vertinimo programa: Laivybos šliuzo per Kauno hidroelektrinės užtvanką statyba (Versija Nr. 1).
3. Backalić, T., & Maslarić, M. (2012). Navigation conditions and the risk management in inland waterway transport on the Middle Danube. *Transport Problems*, 7(4), 13–24.
4. Brunner, G. W., Warner, J. C., Wolfe, B. C., Piper, S. S., & Marston, L. (2021). *Ice-covered river – Example 14. In HEC-RAS Applications Guide*. U.S. Army Corps of Engineers.
5. Chen, B., Guo, J., He, J., & Luo, W. (2022). A modified risk matrix method for behavioral risk evaluation in the construction industry. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 21(3), 1053–1066. <https://doi.org/10.1080/13467581.2021.1969277>
6. Davies, E. A. J., & Marsh, C. M. (2024). *Locks in canals and inland waterways in modern waterway engineering*. In Encyclopaedia Britannica. <https://www.britannica.com/technology/canal-waterway/Locks>
7. Ehlers, S., Le Sourne, H., Buldgen, L., Ollero, J., Robertson, C., & Rigo, P. (2015). A review of technical solutions and simulation approaches for ship collisions with lock gates. *Ship Technology Research*, 62(1), 1–20. <https://doi.org/10.1179/2046417714Y.0000000091>
8. Farinha, A., Sousa, L., & Reis, L. (2018). Evaluating lock gates' strength due to ship collisions: A Douro waterway lock gates case study. *Marine Structures*, 60, 261–278. <https://doi.org/10.1016/j.marstruc.2018.05.006>
9. International Organization for Standardization. (2018). ISO 31000:2018 Risk management—Guidelines. <https://www.iso.org/standard/65694.html>
10. Koilo, V. (2019). Sustainability issues in maritime transport and main challenges of the shipping industry. *Environmental Economics*, 10(1), 48–65. [https://doi.org/10.21511/ee.10\(1\).2019.04](https://doi.org/10.21511/ee.10(1).2019.04)
11. Lukoševičienė (Plotnikova), E., Slavinskas, S., & Vienažindienė, M. (2021). *Laivybos maršruto Nemuno upės nuo Kauno iki Klaipėdos (tarptautinės reikšmės vidaus vandenų kelias E41) ekonominio efektyvumo ir poveikio aplinkai, atsižvelgiant į ES aplinkosaugos reikalavimus ir tolesnes tendencijas, siekiant būsimos tvarios vidaus vandens transporto plėtros, modeliavimas*. Vytauto Didžiojo universitetas ir VĮ Vidaus vandens kelių direkcija.
12. National Research Council, Transportation Research Board, Division on Earth and Life Studies, Water Science and Technology Board, & Committee to Review the Upper Mississippi River–Illinois Waterway Navigation System Feasibility Study. (2001). *Inland navigation system planning: The Upper Mississippi River–Illinois Waterway*. National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/10072>
13. Oliveira, T. V., & Nogueira, A. A. (2016). Analysis of development of carbonation and surface wear of the concrete: A case study in Ship Lock 1 of the transposition system of Tucuruí Dam. *Journal of Building Pathology and Rehabilitation*, 1, Article 17. <https://doi.org/10.1007/s41024-016-0017-6>
14. Sanaxonh, B., Ly, T., Narongdaj, K., & Rath, J. (2023). *Standardization of a vessel and waterway classification in the Mekong River Basin*. Mekong River Commission.
15. Sys, C., Van de Voorde, E., Vanelander, T., & Vanelander, E. (2020). Pathways for a sustainable future inland water transport: A case study for the European inland navigation sector. *Case Studies on Transport Policy*, 8(3), 686–699. <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2020.04.013>
16. Vector Solutions. (2025). Risk assessment matrix: Understanding and applying risk matrices. <https://www.vectorsolutions.com/resources/blogs/risk-matrix-calculations-severity-probability-risk-assessment/>
17. VĮ Vidaus vandens kelių direkcija. (2017). Kuršių marių žemėlapis. <https://vvkd.lt/wp-content/uploads/2022/02/Kurs%CC%8Ciu%CC%A8-mariu%CC%A8-z%CC%8Ceme%CC%87lapis-2017-06-20-1.pdf>
18. Wang, T., & Li, T. (2022). Ship lock management and dynamic congestion toll for ships. *Ocean & Coastal Management*, 230, Article 106369. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2022.106369>
19. Zhang, S., Wang, X., & Ma, H. (2024). Operating force characteristics of sector gates based on prototype testing. *Water*, 16(18), Article 2690. <https://doi.org/10.3390/w16182690>

IDENTIFICATION OF RISKS IN THE OPERATION OF THE SHIPPING LOCK THROUGH KAUNAS HPP

Abstract

The article analyses the risk factors of the shipping lock through the Kaunas hydropower power plant during operation, in order to assess their impact on the safety, reliability and continuity of operations of the infrastructure. The study examines Kaunas HPP as the main obstacle to inland navigation on the Nemunas River, the removal of which requires the installation of a shipping lock, allowing to ensure the continuity of navigation and integration into the TEN-T inland waterway network. The risk matrix methodology was applied to the risk assessment, allowing to systematically identify potential hazards, assess their probability and consequences and determine priority risk areas. The analysis showed that the greatest threat to the operation of the lock is posed by hydrological and meteorological factors, such as spring floods, sudden fluctuations in water level and ice accumulations, as well as technical equipment failures, ship collisions with the lock gates, sedimentation and the human factor. The results obtained allow us to state that by applying a structured risk management system, regular technical maintenance and preventive measures, it is possible to significantly reduce the likelihood of accidents, ensure safe lock operation and contribute to the long-term development of inland waterways infrastructure in Lithuania.

Keywords: risk factors, ship lock, lock gate, operation, risk matrix, Kaunas HPP.