Priedas Nr. 8 Oro taršos modeliavimo rezultatai

LIETUVOS HIDROMETEOROLOGIJOS TARNYBOS
PRIE APLINKOS MINISTERIJOS
KLIMATO IR TYRIMŲ SKYRIUS

Į 2023-12-13 Sutartį Nr. P6/2023-25

PAŽYMA APIE HIDROMETEOROLOGINES SĄLYGAS

2023 m. Nr. (8.42-10)-B8-

Elektroniniu paštu pateikiame informaciją teršalų sklaidos skaičiavimams 18-os meteorologijos stočių (toliau – MS) 2021– 2022 m. duomenimis:

Biržų MS koordinatės: 56,193191 ir 24,774184, aukštis virš jūros lygio – 60,2 m;
Dotnuvos MS koordinatės: 55,395993 ir 23,866224, aukštis virš jūros lygio – 69,1 m;
Dūkšto MS koordinatės: 55,517856 ir 26,316140, aukštis virš jūros lygio – 161,6 m;
Kauno MS koordinatės: 54,883960 ir 23,835880, aukštis virš jūros lygio – 76,1 m;
Kybartų MS koordinatės: 54,633167 ir 22,783011, aukštis virš jūros lygio – 56,9 m;
Klaipėdos MS koordinatės: 55,731350 ir 21,091570, aukštis virš jūros lygio – 6,2 m;
Laukuvos MS koordinatės: 55,608860 ir 22,239463, aukštis virš jūros lygio – 165,4 m;
Lazdijų MS koordinatės: 54,232210 ir 23,510680, aukštis virš jūros lygio – 133,2 m;
Nidos MS koordinatės: 55,302210 ir 21,007360, aukštis virš jūros lygio – 2,0 m;
Panevėžio MS koordinatės: 55,735154 ir 24,417184, aukštis virš jūros lygio – 57,1 m;
Raseinių MS koordinatės: 55,394569 ir 23,133073, aukštis virš jūros lygio – 110,7 m;
Šiaulų MS koordinatės: 55,942222 ir 23,331111, aukštis virš jūros lygio – 105,9 m;
Šilutės MS koordinatės: 55,352222 ir 21,446944, aukštis virš jūros lygio – 2,7 m;
Telšių MS koordinatės: 55,991245 ir 22,256657, aukštis virš jūros lygio – 153,3 m;
Ukmergės MS koordinatės: 55,264145 ir 24,760335, aukštis virš jūros lygio – 72,0 m;
Utenos MS koordinatės: 55,515321 ir 25,589692, aukštis virš jūros lygio – 104,8 m;
Varėnos MS koordinatės: 54,248271 ir 24,551760, aukštis virš jūros lygio – 109,1 m;
Vilniaus MS koordinatės: 54,625992 ir 25,107064, aukštis virš jūros lygio – 162,0 m.

Pagal Lietuvos hidrometeorologijos tarnybos prie AM Meteorologinių stebėjimų nuostatus meteorologijos stotyse visi stebėjimai atliekami kas 1 val.

Vėjo parametrai matuojami 10 m aukštyje.

Duomenys atitinka Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2016 m. liepos 8 d. įsakymą Nr. D1-492 „Dėl Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2007 m. lapkričio 30 d. įsakymo Nr. D1-653 „Dėl teršalų sklaidos skaičiavimo modelių, foninio aplinkos oro užterštumo duomenų ir meteorologinių duomenų naudojimo ūkinės veiklos poveikiui aplinkos orui įvertinti“ pakeitimo“.

Duomenys (Jungtine1.7z ir Jungtine2.7z) išsiųsti el. paštu uabekopaslauga@gmail.com.

Vyriausioji specialistė

DETALŪS METADUOMENYS	
Dokumento sudarytojas (-ai)	Lietuvos hidrometeorologijos tarnyba prie Aplinkos ministerijos 290743240, Oršos g. 8, Vilnius
Dokumento pavadinimas (antraštė)	PAŽYMA APIE H/M SĄLYGAS
Dokumento registracijos data ir numeris	2024-01-02 Nr. (5.58-10 Mr)-B8-42
Dokumento gavimo data ir dokumento gavimo registracijos numeris	–
Dokumento specifikacijos identifikavimo žymuo	ADOC-V1.0
Parašo paskirtis	Pasirašymas
Parašą sukūrusio asmens vardas, pavardė ir pareigos	Klimato ir tyrimų skyrius
Sertifikatas išduotas	
Parašo sukūrimo data ir laikas	2024-01-02 14:28:50 (GMT+02:00)
Parašo formatas	XAdES-T
Laiko žymoje nurodytas laikas	2024-01-02 14:29:10 (GMT+02:00)
Informacija apie sertifikavimo paslaugų teikėją	EID-SK 2016, AS Sertifitseerimiskeskus EE
Sertifikato galiojimo laikas	2020-06-10 13:54:30 – 2025-06-09 23:59:59
Informacija apie būdus, naudotus metaduomenų vientisumui užtikrinti	"Registravimas" paskirties metaduomenų vientisumas užtikrintas naudojant "RCSC IssuingCA, VI Registru centras - i.k. 124110246 LT" išduotą sertifikatą "DBSIS, Informatikos ir ryšių departamentas prie Lietuvos Respublikos vidaus reikalų ministerijos, į.k.188774822 LT", sertifikatas galioja nuo 2022-05-19 16:48:06 iki 2025-05-18 16:48:06
Pagrindinio dokumento priedų skaičius	–
Pagrindinio dokumento pridedamų dokumentų skaičius	–
Pridedamo dokumento sudarytojas (-ai)	–
Pridedamo dokumento pavadinimas (antraštė)	–
Pridedamo dokumento registracijos data ir numeris	–
Programinės įrangos, kuria naudojantis sudarytas elektroninis dokumentas, pavadinimas	DBSIS, versija 3.5.74.7
Informacija apie elektroninio dokumento ir elektroninio (-ių) parašo (-ų) tikrinimą (tikrinimo data)	Atitinka specifikacijos keliamus reikalavimus. Visi dokumente esantys elektroniniai parašai galioja (2024-01-02 14:30:32)
Paieškos nuoroda	–
Papildomi metaduomenys	Nuorašą suformavo 2024-01-02 14:30:33 DBSIS

LIETUVOS HIDROMETEOROLOGIJOS TARNYBOS
PRIE APLINKOS MINISTERIJOS
KLIMATO IR TYRIMŲ SKYRIUS

Į 2025-06-27 Sutartį Nr. P6-2025/29

PAŽYMA APIE HIDROMETEOROLOGINES SĄLYGAS

2025 m. Nr. (8.42-10)-B8-

Elektroniniu paštu pateikiame informaciją teršalų sklaidos skaičiavimams 18-os meteorologijos stočių (toliau – MS) 2023–2024 m. duomenimis:

Biržų MS koordinatės: 56,193191 ir 24,774184, aukštis virš jūros lygio – 60,2 m;
Dotnuvos MS koordinatės: 55,395993 ir 23,866224, aukštis virš jūros lygio – 69,1 m;
Dūkšto MS koordinatės: 55,517856 ir 26,316140, aukštis virš jūros lygio – 161,6 m;
Kauno MS koordinatės: 54,883960 ir 23,835880, aukštis virš jūros lygio – 76,1 m;
Kybartų MS koordinatės: 54,633167 ir 22,783011, aukštis virš jūros lygio – 56,9 m;
Klaipėdos MS koordinatės: 55,731350 ir 21,091570, aukštis virš jūros lygio – 6,2 m;
Laukuvos MS koordinatės: 55,608860 ir 22,239463, aukštis virš jūros lygio – 165,4 m;
Lazdijų MS koordinatės: 54,232210 ir 23,510680, aukštis virš jūros lygio – 133,2 m;
Nidos MS koordinatės: 55,302210 ir 21,007360, aukštis virš jūros lygio – 2,0 m;
Panevėžio MS koordinatės: 55,735154 ir 24,417184, aukštis virš jūros lygio – 57,1 m;
Raseinių MS koordinatės: 55,394569 ir 23,133073, aukštis virš jūros lygio – 110,7 m;
Šiaulų MS koordinatės: 55,942222 ir 23,331111, aukštis virš jūros lygio – 105,9 m;
Šilutės MS koordinatės: 55,352222 ir 21,446944, aukštis virš jūros lygio – 2,7 m;
Telšių MS koordinatės: 55,991245 ir 22,256657, aukštis virš jūros lygio – 153,3 m;
Ukmergės MS koordinatės: 55,264145 ir 24,760335, aukštis virš jūros lygio – 72,0 m;
Utenos MS koordinatės: 55,515321 ir 25,589692, aukštis virš jūros lygio – 104,8 m;
Varėnos MS koordinatės: 54,248271 ir 24,551760, aukštis virš jūros lygio – 109,1 m;
Vilniaus MS koordinatės: 54,625992 ir 25,107064, aukštis virš jūros lygio – 162,0 m.

LIETUVOS HIDROMETEOROLOGIJOS TARNYBA PRIE APLINKOS MINISTERIJOS
Biudžetinė įstaiga, Rudnios g. 6, LT-09300 Vilnius, mob. 8 648 06 572, el. p. lhmt@meteo.lt
Duomenys kaupiami ir saugomi Juridinių asmenų registre, kodas 290743240
www.meteo.lt
ISO 9001:2015

Pagal Lietuvos hidrometeorologijos tarnybos prie AM Meteorologinių stebėjimų nuostatus meteorologijos stotyse visi stebėjimai atliekami kas 1 val.

Vėjo parametrai matuojami 10 m aukštyje.

Duomenys atitinka Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2016 m. liepos 8 d. įsakymą Nr. D1-492 „Dėl Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2007 m. lapkričio 30 d. įsakymo Nr. D1-653 „Dėl teršalų sklaidos skaičiavimo modelių, foninio aplinkos oro užterštumo duomenų ir meteorologinių duomenų naudojimo ūkinės veiklos poveikiui aplinkos orui įvertinti“ pakeitimo“.

Duomenys (Jungtinis_2023_2024_I.xlsx ir Jungtinis_2023_2024_II.xlsx) išsiųsti el. paštu uabekopaslauga@gmail.com.

DETALŪS METADUOMENYS	
Dokumento sudarytojas (-ai)	Lietuvos hidrometeorologijos tarnyba prie Aplinkos ministerijos 290743240, Oršos g. 8, Vilnius
Dokumento pavadinimas (antraštė)	PAŽYMA APIE H/M SĄLYGAS
Dokumento registracijos data ir numeris	2025-07-02 Nr. (5.58-10 Mr)-B8-1362
Dokumento gavimo data ir dokumento gavimo registracijos numeris	–
Dokumento specifikacijos identifikavimo žymuo	ADOC-V1.0
Parašo paskirtis	Pasirašymas
Parašą sukūrusio asmens vardas, pavardė ir pareigos	Klimato ir tyrimų skyrius
Sertifikatas išduotas	
Parašo sukūrimo data ir laikas	2025-07-02 08:53:14 (GMT+03:00)
Parašo formatas	XAdES-T
Laiko žymoje nurodytas laikas	2025-07-02 08:54:50 (GMT+03:00)
Informacija apie sertifikavimo paslaugų teikėją	SK ID Solutions EID-Q 2021E, SK ID Solutions AS EE
Sertifikato galiojimo laikas	2025-07-01 19:46:07 – 2030-07-01 23:59:59
Informacija apie būdus, naudotus metaduomenų vientisumui užtikrinti	"Registravimas" paskirties metaduomenų vientisumas užtikrintas naudojant "RCSC IssuingCA-2, VI Registru Centras - i.k. 124110246 LT" išduotą sertifikatą "DBSIS, Informatikos ir ryšių departamentas prie Lietuvos Respublikos vidaus reikalų ministerijos, į.k.188774822 LT", sertifikatas galioja nuo 2025-05-16 11:31:08 iki 2028-05-15 11:31:08
Pagrindinio dokumento priedų skaičius	–
Pagrindinio dokumento pridedamų dokumentų skaičius	–
Pridedamo dokumento sudarytojas (-ai)	–
Pridedamo dokumento pavadinimas (antraštė)	–
Pridedamo dokumento registracijos data ir numeris	–
Programinės įrangos, kuria naudojantis sudarytas elektroninis dokumentas, pavadinimas	DBSIS, versija 3.5.84.3
Informacija apie elektroninio dokumento ir elektroninio (-ių) parašo (-ų) tikrinimą (tikrinimo data)	Atitinka specifikacijos keliamus reikalavimus. Visi dokumente esantys elektroniniai parašai galioja (2025-07-02 09:00:02)
Paieškos nuoroda	–
Papildomi metaduomenys	Nuorašą suformavo 2025-07-02 09:00:02 DBSIS

APLINKOS APSAUGOS AGENTŪROS
TARŠOS PREVENCIJOS DEPARTAMENTAS

Biudžetinė įstaiga, A. Juozapavičiaus g. 9, LT-09311 Vilnius, mob. tel. +370 682 92653, el. p. aaa@gamta.lt, https://aaa.lrv.lt
Duomenys kaupiami ir saugomi Juridinių asmenų registre, kodas 1887848

UAB „Ardynas“
el. p. ardynas@ardynas.lt

2025-10- Nr.(30-3)-A4-
Į 2025-09-16 Nr. 7-143

DĖL FONINIO APLINKOS ORO UŽTERŠTUMO DUOMENŲ

Aplinkos apsaugos agentūra (toliau – Agentūra) gavo prašymą pateikti foninio aplinkos oro užterštumo duomenis planuojamai laivybos šliuzo per Kauno hidroelektrinės užtvanką statybai Kauno mieste (LKS koordinatės 500008, 6082003), oro teršalų sklaidos aplinkos ore modeliavimui.

Vadovaujantis Teršalų sklaidos skaičiavimo modelių, foninio aplinkos oro užterštumo duomenų ir meteorologinių duomenų naudojimo tvarkos įsakymu[1] ūkinės veiklos poveikiui aplinkos orui įvertinti, ir Foninio aplinkos oro užterštumo duomenų naudojimo ūkinės veiklos poveikiui aplinkos orui įvertinti rekomendacijų[2] reikalavimais, atliekant prašyme nurodytų teršalų sklaidos modeliavimą, turi būti naudojami **planuojamos** ūkinės veiklos duomenys, atliekant teršalų *(anglies monoksido, azotų oksidų, kietųjų dalelių, lakiųjų organinių junginių)* sklaidos modeliavimą, prašome naudoti 2024 metų vidutines metines koncentracijas Kauno miesto aplinkos ore, skelbiamas Agentūros interneto svetainėje *https://aaa.lrv.lt > Veiklos sritys > Oras > Oro užterštumo sklaidos žemėlapiai, duomenys (foninės koncentracijos PAOV skaičiavimams) > 2024 m. foninės koncentracijos PAOV skaičiavimams (duomenys ir žemėlapiai)*, ir planuojamos ūkinės veiklos (toliau – PŪV), dėl kurios teisės aktų nustatyta tvarka yra priimtas sprendimas dėl PŪV galimybių, poveikio aplinkai vertinimo dokumentuose (ataskaitose ar atrankos dokumentuose) pateikti į aplinkos orą numatomų išmesti teršalų kiekio skaičiavimo duomenys.

[1] Teršalų sklaidos skaičiavimo modelių, foninio aplinkos oro užterštumo duomenų ir meteorologinių duomenų naudojimo tvarkos ūkinės veiklos poveikiui aplinkos orui įvertinti, patvirtintos Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2007 m. lapkričio 30 d. įsakymu Nr. D1-653 „Dėl teršalų sklaidos skaičiavimo modelių, foninio aplinkos oro užterštumo duomenų ir meteorologinių duomenų naudojimo tvarkos ūkinės veiklos poveikiui aplinkos orui įvertinti“ (toliau - Teršalų sklaidos skaičiavimo modelių, foninio aplinkos oro užterštumo duomenų ir meteorologinių duomenų naudojimo tvarkos įsakymas).

[2] Foninio aplinkos oro užterštumo duomenų naudojimo ūkinės veiklos poveikiui aplinkos orui įvertinti rekomendacijų, patvirtintos Aplinkos apsaugos agentūros direktoriaus 2008 m. liepos 10 d. įsakymu Nr. AV-112 „Dėl foninio aplinkos oro užterštumo duomenų naudojimo ūkinės veiklos poveikiui aplinkos orui įvertinti rekomendacijų patvirtinimo“.

Šis raštas per vieną mėnesį nuo jo įteikimo dienos pasirinktinai gali būti skundžiamas Aplinkos apsaugos agentūrai (A. Juozapavičiaus g. 9, 09311 Vilnius) Lietuvos Respublikos viešojo administravimo įstatymo nustatyta tvarka arba Lietuvos administracinių ginčų komisijai (A. Goštauto g. 12 – 100, 01108 Vilnius) ar jos teritoriniam padaliniui (Kauno apygardos skyrius, Laisvės al. 36, 44240 Kaunas; Klaipėdos apygardos skyrius, J. Janonio g. 24, 92251 Klaipėda; Panevėžio apygardos skyrius, Respublikos g. 62, 35158 Panevėžys; Šiaulių apygardos skyrius, Dvaro g. 81, 76299 Šiauliai) Lietuvos Respublikos ikiteisminio administracinių ginčų nagrinėjimo tvarkos įstatymo nustatyta tvarka, arba Regionų administraciniam teismui (Vilniaus rūmai, Žygimantų g. 2, 01102 Vilnius; Kauno rūmai, A. Mickevičiaus g. 8A, 44312 Kaunas; Klaipėdos rūmai, Galinio Pylimo g. 9, 91230 Klaipėda; Šiaulių rūmai, Dvaro g. 80, 76298 Šiauliai; Panevėžio rūmai, Respublikos g. 62, 35158 Panevėžys arba per Lietuvos teismų elektroninių paslaugų portalą https://e.teismas.lt) Lietuvos Respublikos administracinių bylų teisenos įstatymo nustatyta tvarka.

PRIDEDAMA: Gretimybėse planuojamų ūkinės veiklos objektų numatomų išmesti teršalų ir teršalų išmetimo šaltinių parametrai, 1 lapas.

Taršos prevencijos departamento
Oro taršos prevencijos skyriaus vedėja

Laivybos šliuzo per Kauno hidroelektrinės užtvarką statybos Kauno mieste, 2 km spinduliu gretimybėse planuojamos ūkinės veiklos, dėl kurių teisės aktų nustatyta tvarka yra priimtas sprendimas dėl PŪV galimybių, poveikio aplinkai vertinimo dokumentuose (ataskaitose ar atrankos dokumentuose) esantys duomenys, kurių prašoma UAB „Ardynas“ 2025-09-16 rašte Nr. 7-143.

PLANUOJAMOS ŪKINĖS VEIKLOS

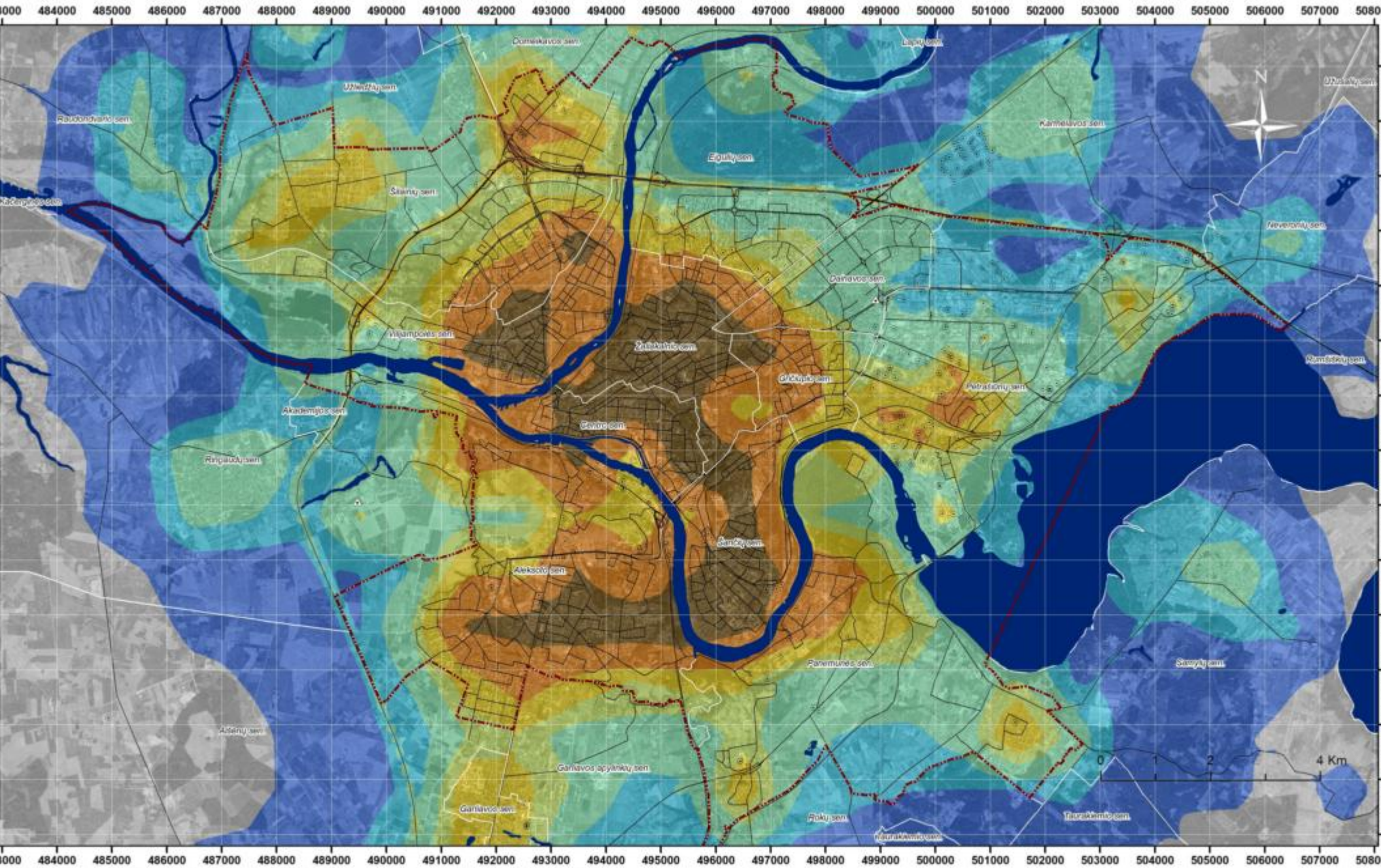
1. Planuojama AB „Kauno energija“ Petrašiūnų elektrinėje dviejų vandens šildymo katilų po 25 MW nominalios šiluminės galios Jėgainės g. 12C, Kaune įrengimas.

Informaciją galima rasti aaa.lrv.lt/ PAV/ 2024/ Atrankos dėl poveikio aplinkai vertinimo informacija 2024 m./ Kauno apskritis, Nr. 4 https://drive.google.com/file/d/1JOzoAjZptnZKbhbABIanfDH6BnW3WUMS/view?usp=sharing.

2. Planuojama Ateities plento tęsinio nuo Palemono g. iki T. Masiulio g., Kaune statybos projektas. 3 atkarpos nuo sankryžos greta tunelio po geležinkeliu Kaunas - Palemonas (Pk 38+50 iki Pk 48+00), statybos ir eksploatacijos atranka dėl poveikio aplinkai vertinimo.

Informaciją galima rasti aaa.lrv.lt/ PAV/ 2024/ Atrankos dėl poveikio aplinkai vertinimo informacija 2024 m./ Kauno apskritis, Nr. 8 https://drive.google.com/file/d/137UnF-GBYHDtKac1CR7B2X0zgVuLqpqd/view?usp=sharing.

DETALŪS METADUOMENYS	
Dokumento sudarytojas (-ai)	Aplinkos apsaugos agentūra 188784898, A. Juozapavičiaus g. 9, LT-09311 Vilnius
Dokumento pavadinimas (antraštė)	DĖL FONINIO APLINKOS ORO UŽTERŠTUMO DUOMENŲ (Laivybos šliuzo per Kauno hidroelektrinės užtvanka)
Dokumento registracijos data ir numeris	2025-10-02 Nr. (30-3)-A4E-9960
Dokumento gavimo data ir dokumento gavimo registracijos numeris	–
Dokumento specifikacijos identifikavimo žymuo	ADOC-V1.0
Parašo paskirtis	Pasirašymas
Parašą sukūrusio asmens vardas, pavardė ir pareigos	Skyriaus vedėjas, Oro taršos prevencijosskyrius
Sertifikatas išduotas	Aplinkos apsaugos agentūra LT
Parašo sukūrimo data ir laikas	2025-10-02 16:55:08 (GMT+03:00)
Parašo formatas	XAdES-T
Laiko žymoje nurodytas laikas	2025-10-02 16:55:16 (GMT+03:00)
Informacija apie sertifikavimo paslaugų teikėją	ADIC CA ECC, Asmens dokumentu israsymo centras prie LR VRM LT
Sertifikato galiojimo laikas	2024-07-12 10:22:20 – 2028-07-11 10:22:20
Informacija apie būdus, naudotus metaduomenų vientisumui užtikrinti	"Registravimas" paskirties metaduomenų vientisumas užtikrintas naudojant "RCSC IssuingCA-2, VI Registru Centras - i.k. 124110246 LT" išduotą sertifikatą "DBSIS, Informatikos ir ryšių departamentas prie Lietuvos Respublikos vidaus reikalų ministerijos, į.k.188774822 LT", sertifikatas galioja nuo 2025-05-16 11:31:08 iki 2028-05-15 11:31:08
Pagrindinio dokumento priedų skaičius	1
Pagrindinio dokumento pridedamų dokumentų skaičius	–
Pridedamo dokumento sudarytojas (-ai)	–
Pridedamo dokumento pavadinimas (antraštė)	–
Pridedamo dokumento registracijos data ir numeris	–
Programinės įrangos, kuria naudojantis sudarytas elektroninis dokumentas, pavadinimas	DBSIS, versija 3.5.85.4
Informacija apie elektroninio dokumento ir elektroninio (-ių) parašo (-ų) tikrinimą (tikrinimo data)	Atitinka specifikacijos keliamus reikalavimus. Visi dokumente esantys elektroniniai parašai galioja (2025-10-02 16:56:13)
Paieškos nuoroda	–
Papildomi metaduomenys	Nuorašą suformavo 2025-10-02 16:56:13 DBSIS



Vidutinė metinė kietųjų dalelių ($KD_{2,5}$) koncentracija (µg/m³) aplinkos ore Kaune 2024 m.

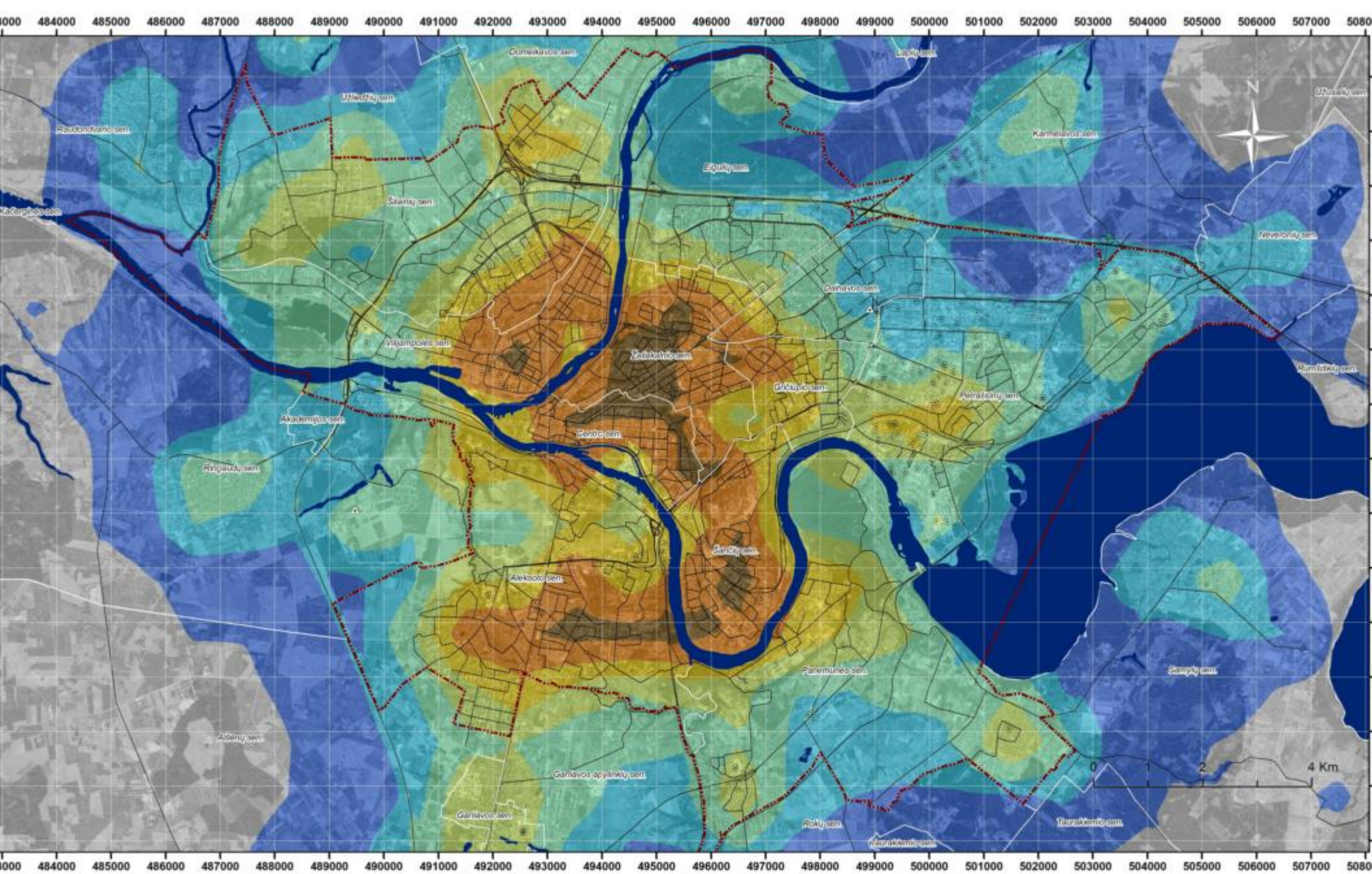
Ribinė vertė 20 µg/m³

5,8 - 6,4	9 - 9,9
6,5 - 7,4	10 - 11
7,5 - 8	12 - 13
8,1 - 8,9	14

- Taškiniai oro taršos šaltiniai
- Linijiniai oro taršos šaltiniai
- Plotiniai oro taršos šaltiniai
- Oro kokybės tyrimų stotys
- Miesto riba
- Vandens telkiniai

1:65 500

Teminis žemėlapis © Aplinkos apsaugos agentūra, 2025



Vidutinė metinė kietųjų dalelių (KD_{10}) koncentracija (µg/m³) aplinkos ore Kaune 2024 m.

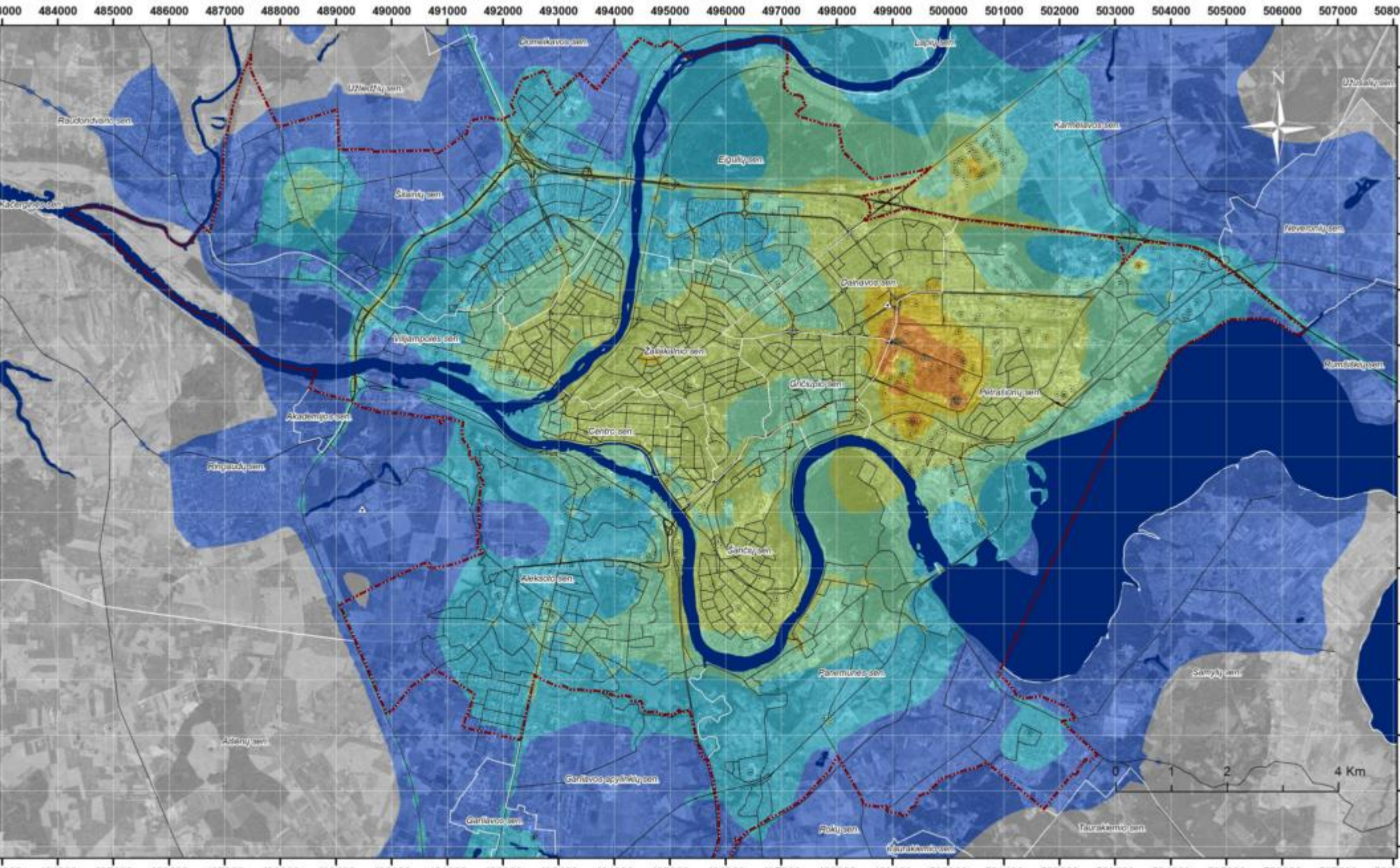
Ribinė vertė 40 µg/m³

8,6 - 11	21 - 23
12 - 15	24 - 25
16 - 18	26 - 28
19 - 20	29 - 31

- Taškiniai oro taršos šaltiniai
- Linijiniai oro taršos šaltiniai
- Plotiniai oro taršos šaltiniai
- Oro kokybės tyrimų stotys
- Miesto riba
- Vandens telkiniai

1:65 500

Teminis žemėlapis © Aplinkos apsaugos agentūra, 2025



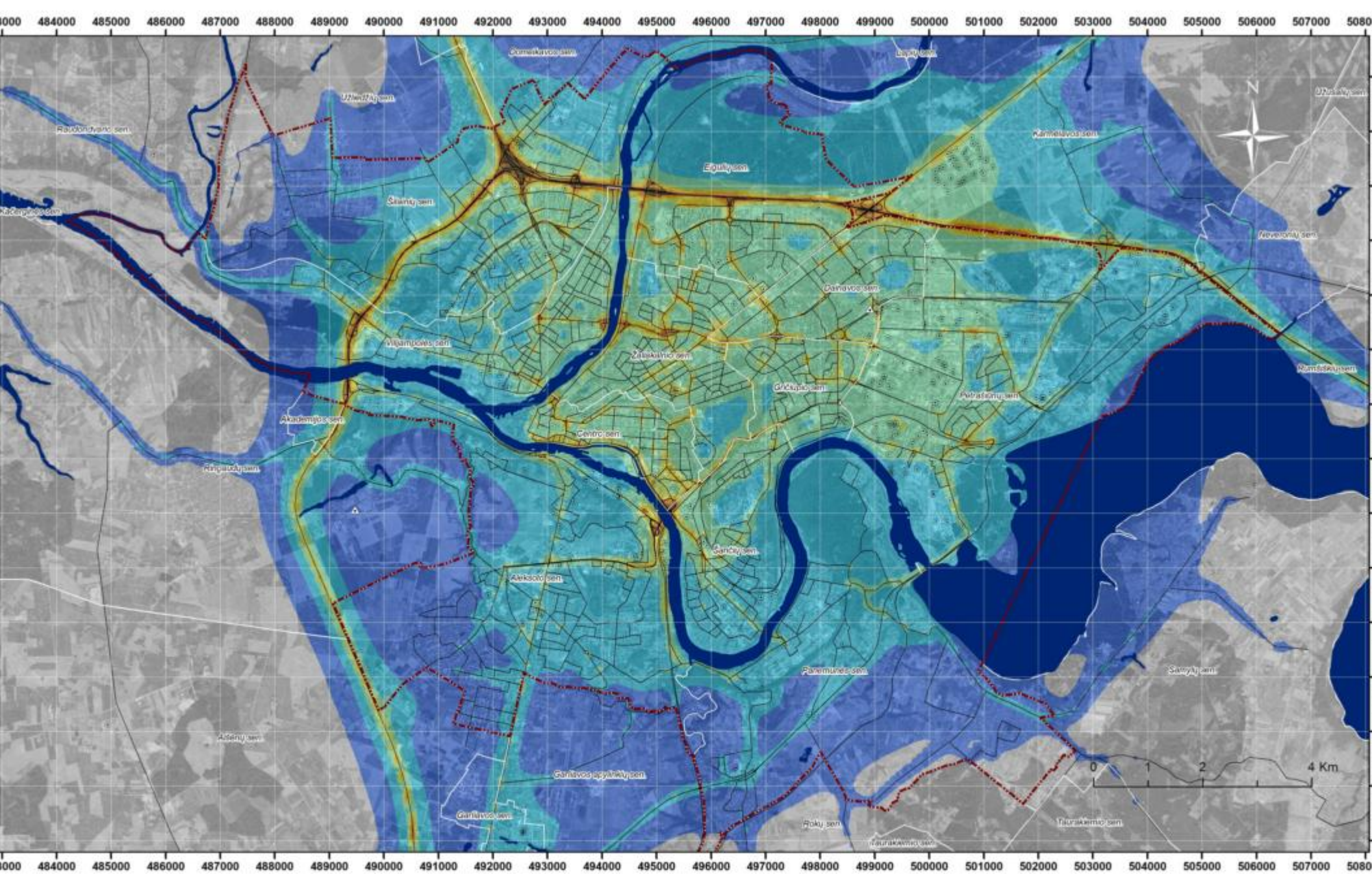
Vidutinė metinė lakiųjų organinių junginių (LOJ) koncentracija (mg/m³) aplinkos ore Kaune 2024 m.

0,026 - 0,026	0,031 - 0,034
0,027 - 0,028	0,035 - 0,039
0,029 - 0,029	0,04 - 0,044
0,03 - 0,03	0,045 - 0,051

- Taškiniai oro taršos šaltiniai
- Linijiniai oro taršos šaltiniai
- Plotiniai oro taršos šaltiniai
- Oro kokybės tyrimų stotys
- Miesto riba
- Vandens telkiniai

1:65 500

Teminis žemėlapis © Aplinkos apsaugos agentūra, 2025



Vidutinė metinė azoto dioksido (NO_2) koncentracija (µg/m³) aplinkos ore Kaune 2024 m.

Ribinė vertė 40 µg/m³

6,2 - 7,9	20 - 24
8 - 9,9	25 - 29
10 - 14	30 - 34
15 - 19	35 - 40

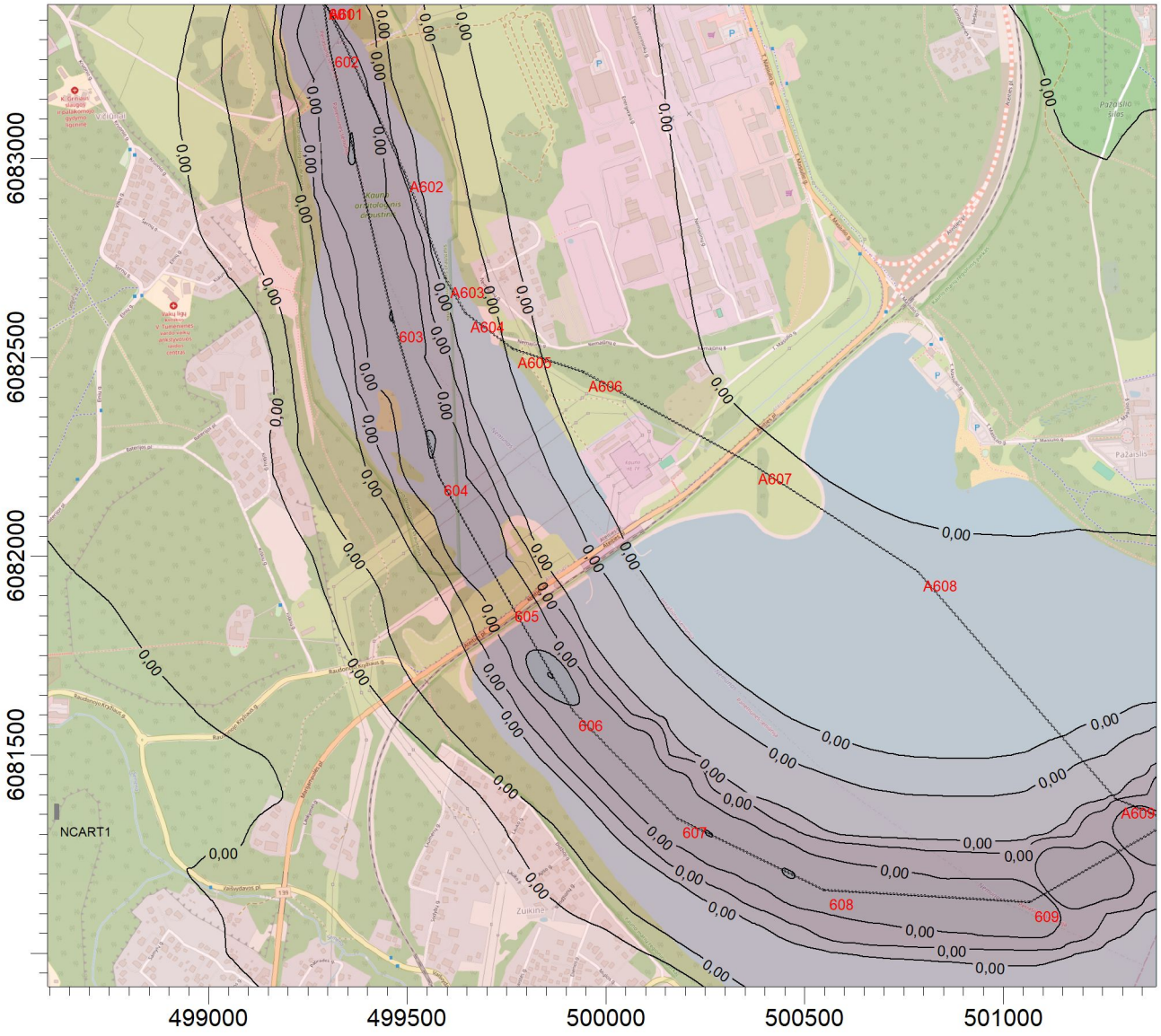
- Taškiniai oro taršos šaltiniai
- Linijiniai oro taršos šaltiniai
- Plotiniai oro taršos šaltiniai
- Oro kokybės tyrimų stotys
- Miesto riba
- Vandens telkiniai

1:65 500

Teminis žemėlapis © Aplinkos apsaugos agentūra, 2025

PROJECT TITLE:

Laivybos šliuzo per Kauno hidroelektrinės užtvanką statyba



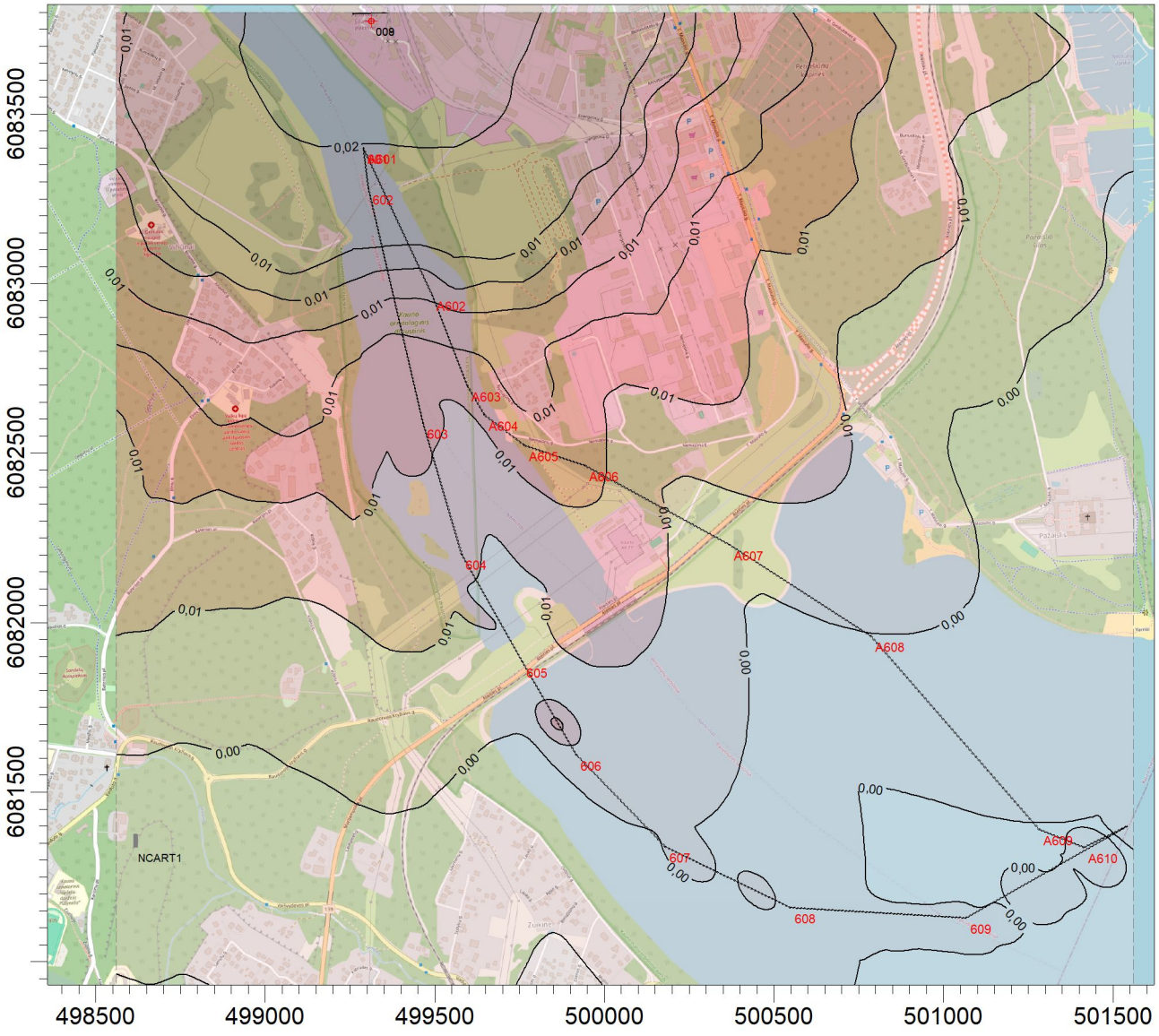
Max: 0,01 [MILIGRAMS/M3] at (499860,00, 6081700,00) MILIGRAMS/M3

0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,01 0,01

COMMENTS: Alternatyva I Teršalas - anglies monoksidas CO; Vidurkinimo periodas - 8 valandos; Vertinama PŪV tarša; Ribinė vertė - 10 mg/m3.	SOURCES: **21** RECEPTORS: **1402** OUTPUT TYPE: **Concentration** MAX: **0,01 MILIGRAMS/M3**	COMPANY NAME: MODELER: SCALE: 1:17 100 0 0,5 km DATE: **2025-11-25**	PROJECT NO.:

PROJECT TITLE:

Laivybos šliuzo per Kauno hidroelektrinės užtvanką statyba



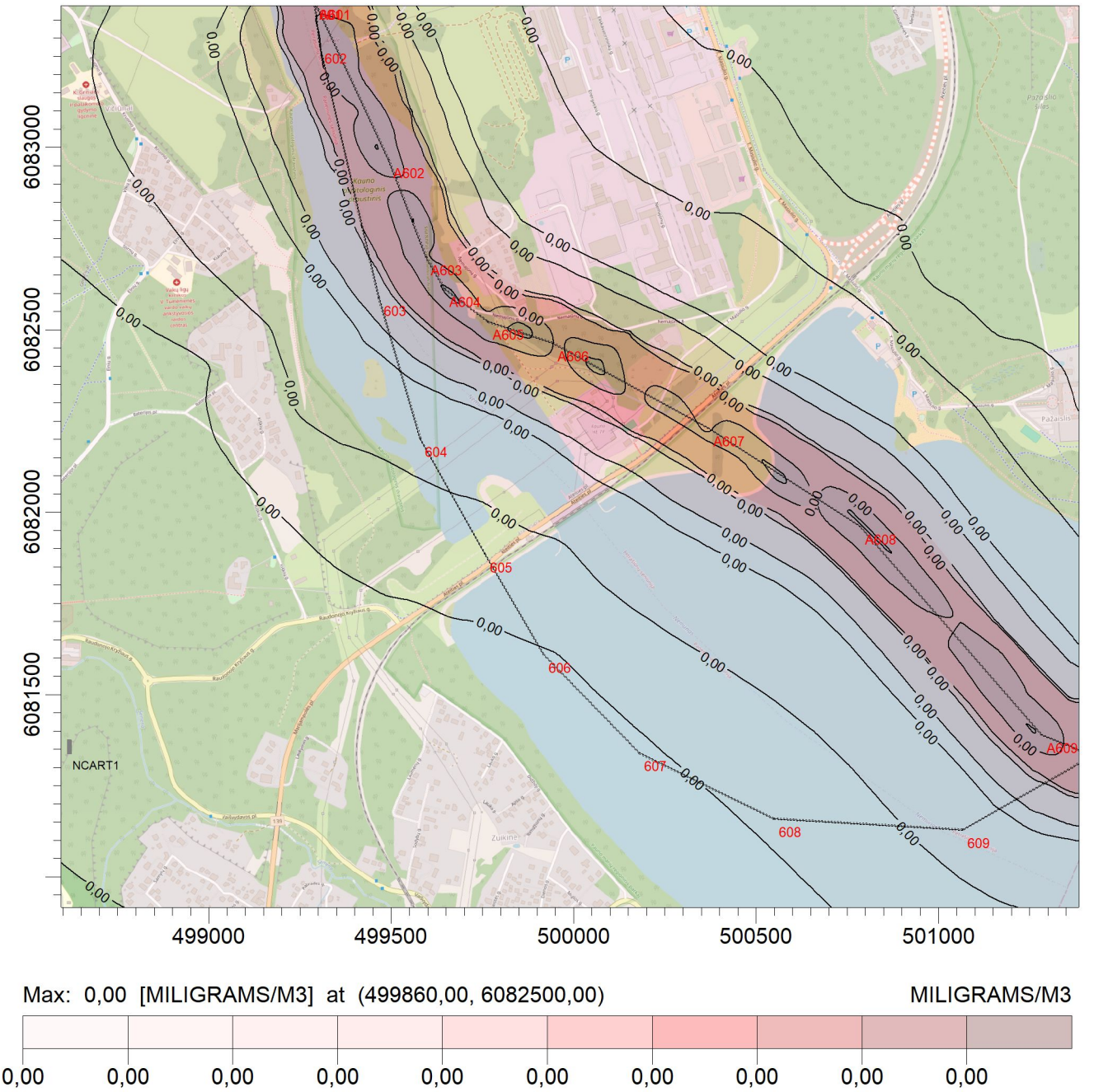
Max: 0,03 [MILIGRAMS/M3] at (499460,00, 6083800,00) MILIGRAMS/M3

0,00 0,00 0,00 0,01 0,01 0,01 0,01 0,01 0,01 0,02

COMMENTS: Alternatyva I Teršalas - anglies monoksidas CO; Vidurkinimo periodas - 8 valandos; Vertinama PŪV tarša su fonu; Ribinė vertė - 10 mg/m3.	SOURCES: **21** RECEPTORS: **1402** OUTPUT TYPE: **Concentration** MAX: **0,03 MILIGRAMS/M3**	COMPANY NAME: MODELER: SCALE: 1:20 000 0 0,5 km DATE: **2025-11-25**	PROJECT NO.:

PROJECT TITLE:

Laivybos šliuzo per Kauno hidroelektrinės užtvanką statyba



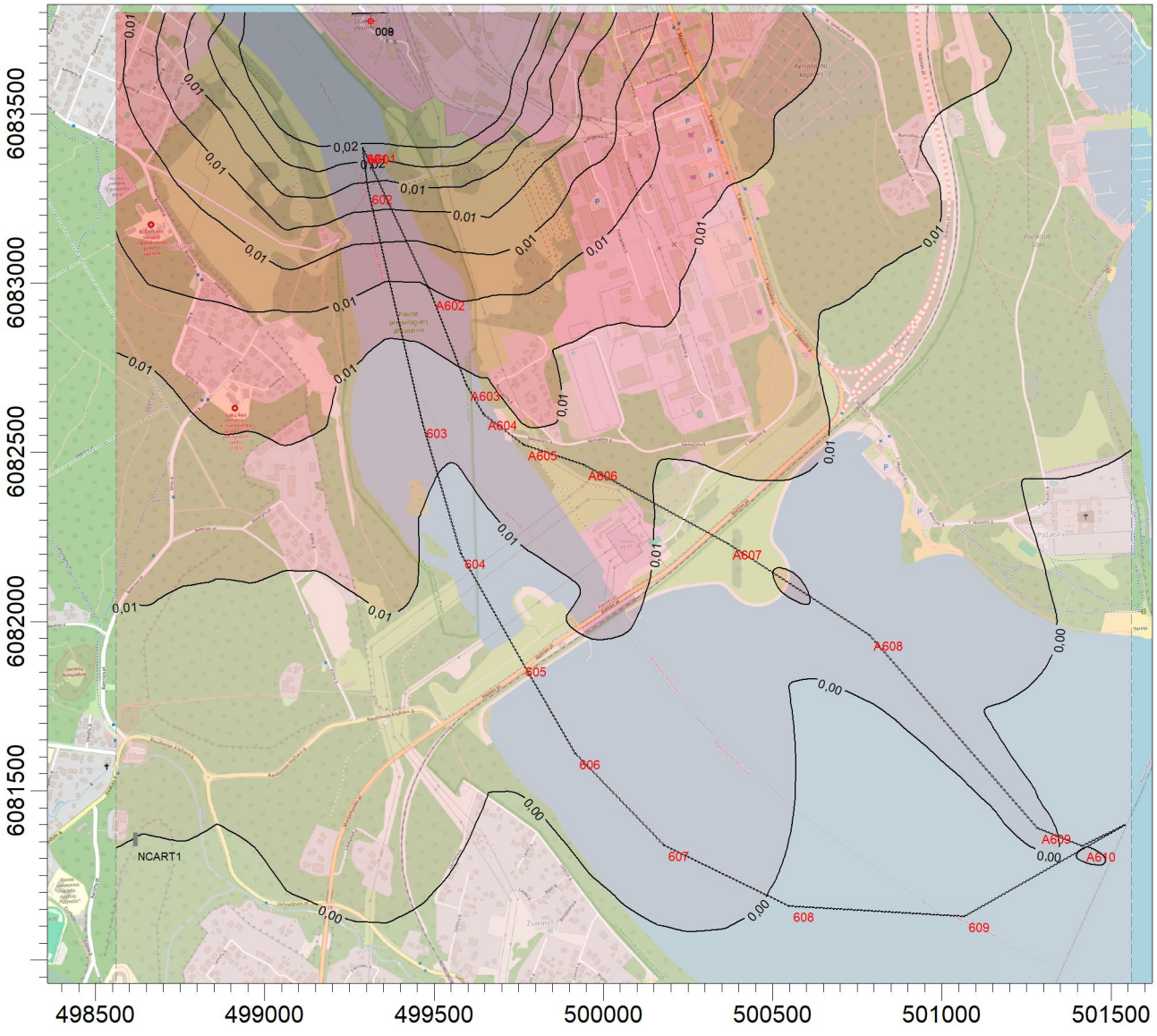
Max: 0,00 [MILIGRAMS/M3] at (499860,00, 6082500,00) MILIGRAMS/M3

0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00

COMMENTS: Alternatyva II Teršalas - anglies monoksidas CO; Vidurkinimo periodas - 8 valandos; Vertinama PŪV tarša; Ribinė vertė - 10 mg/m3.	SOURCES: **21** RECEPTORS: **1402** OUTPUT TYPE: **Concentration** MAX: **0,00 MILIGRAMS/M3**	COMPANY NAME: MODELER: SCALE: 1:17 100 0 0,5 km DATE: **2025-11-25**	PROJECT NO.:

PROJECT TITLE:

Laivybos šliuzo per Kauno hidroelektrinės užtvanką statyba



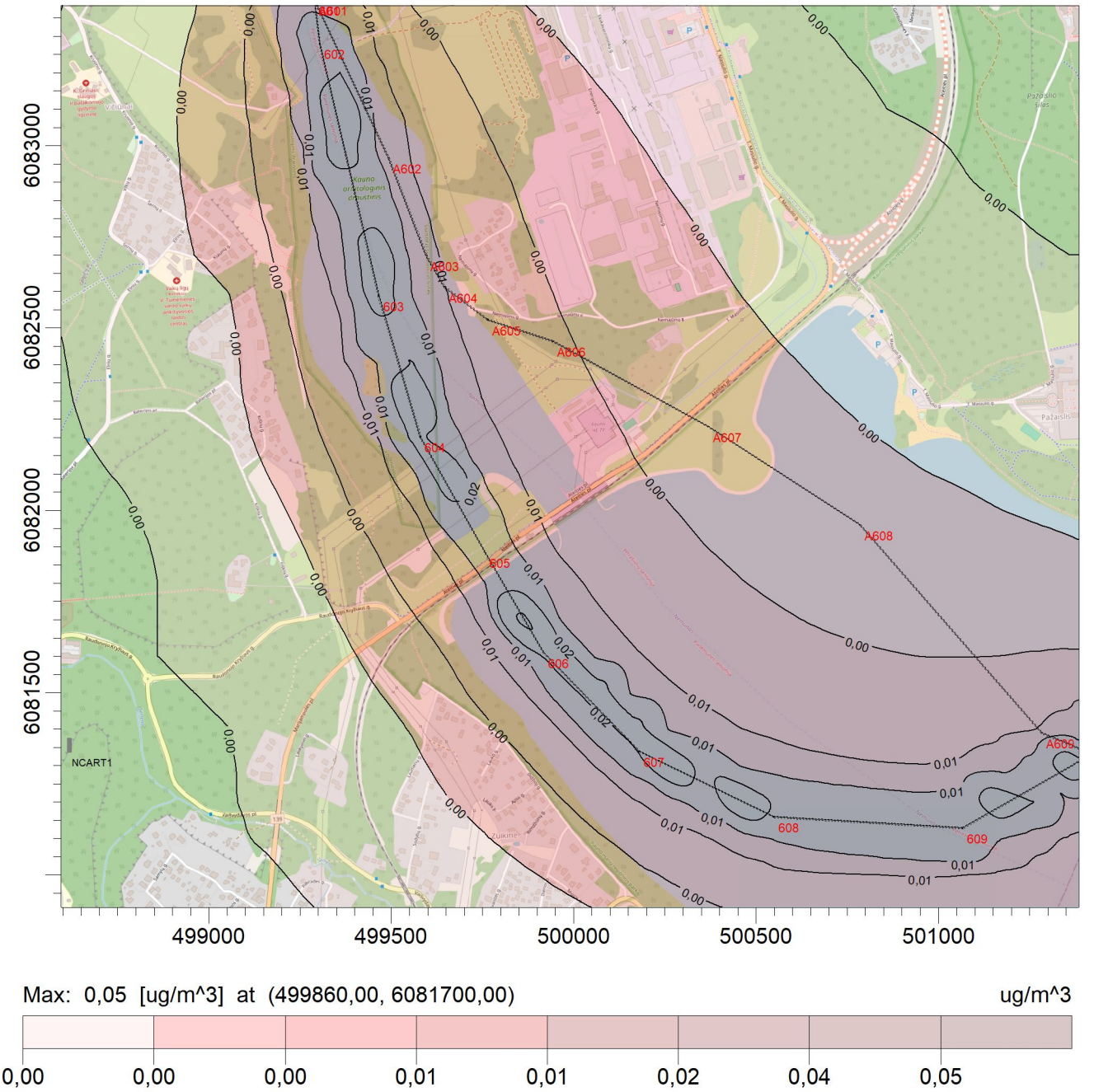
Max: 0,03 [MILIGRAMS/M3] at (499460,00, 6083800,00) MILIGRAMS/M3

0,00 0,00 0,01 0,01 0,01 0,01 0,01 0,01 0,02 0,02

COMMENTS: Alternatyva II Teršalas - anglies monoksidas CO; Vidurkinimo periodas - 8 valandos; Vertinama PŪV tarša su fonu; Ribinė vertė - 10 mg/m3.	SOURCES: **21** RECEPTORS: **1402** OUTPUT TYPE: **Concentration** MAX: **0,03 MILIGRAMS/M3**	COMPANY NAME: MODELER: SCALE: 1:20 000 0 0,5 km DATE: **2025-11-25**	PROJECT NO.:

PROJECT TITLE:

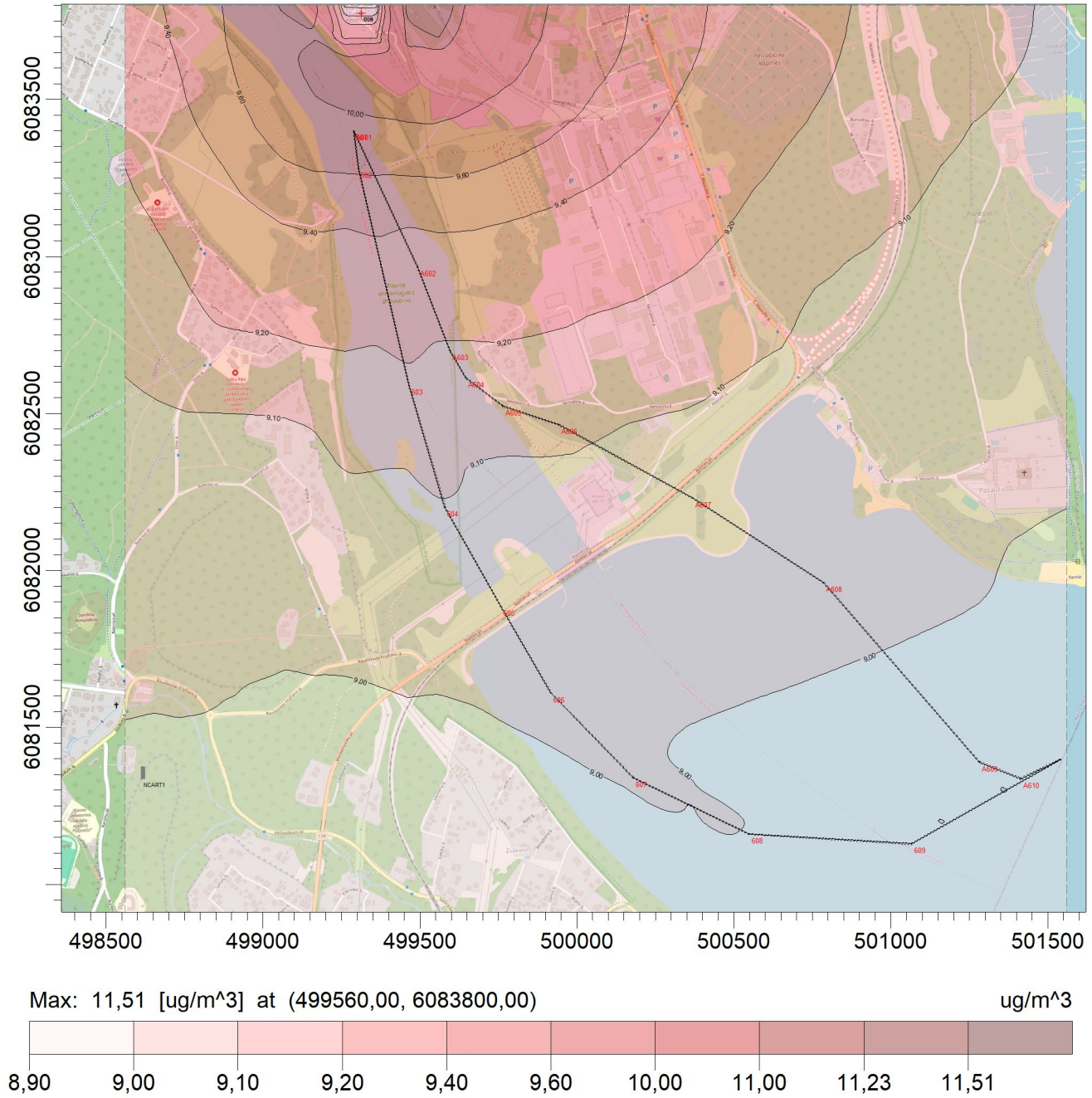
Laivybos šliuzo per Kauno hidroelektrinės užtvanką statyba



COMMENTS: Alternatyva I Teršalas - kietos dalelės KD2.5; Vidurkinimo periodas - metai; Vertinama PŪV tarša; Ribinė vertė - 10 µg/m3.	SOURCES: **21** RECEPTORS: **1402** OUTPUT TYPE: **Concentration** MAX: **0,05 ug/m^3**	COMPANY NAME: MODELER: SCALE: 1:17 100 0 0,5 km DATE: **2025-11-26**	PROJECT NO.:

PROJECT TITLE:

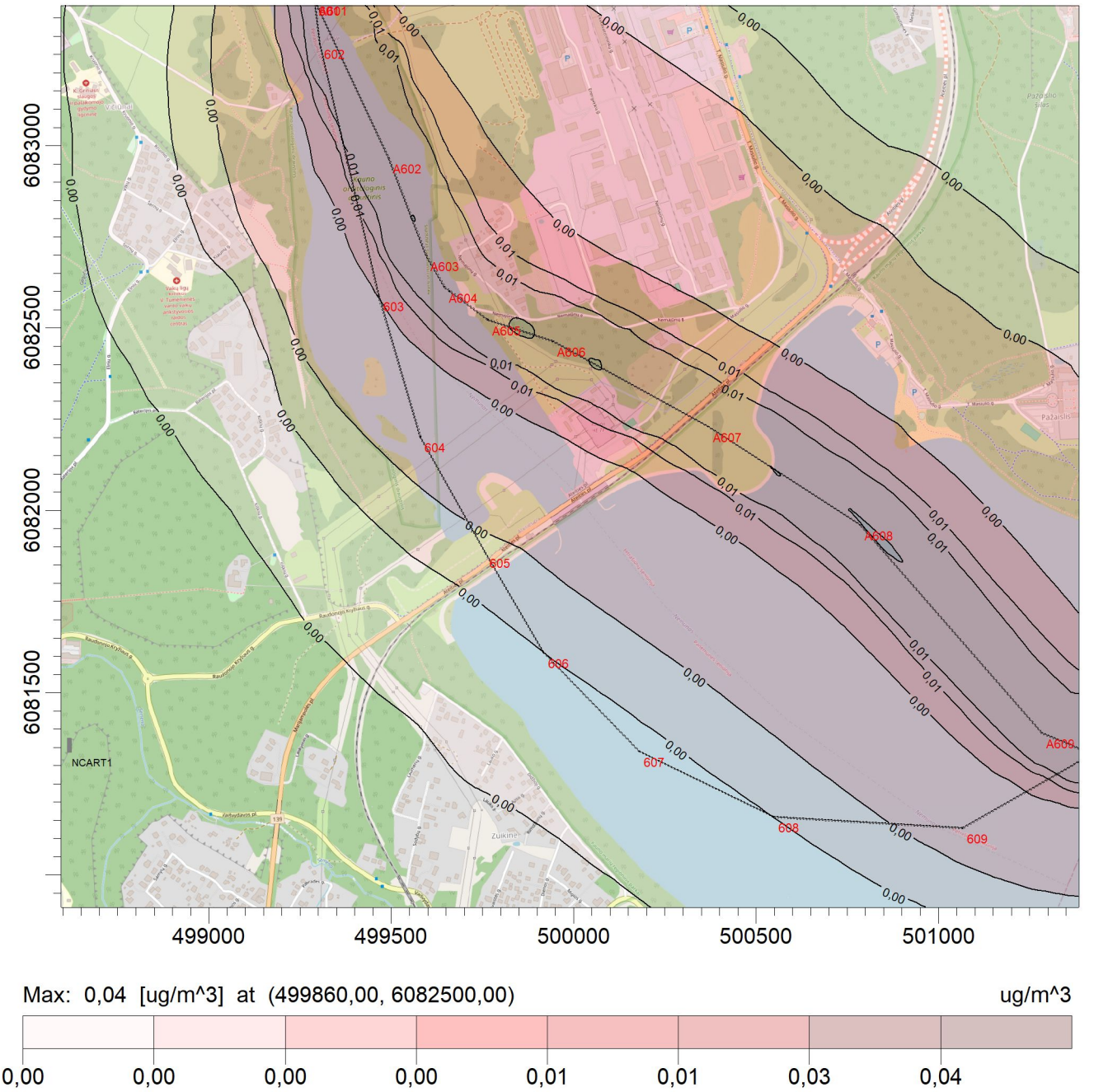
Laivybos šliuzo per Kauno hidroelektrinės užtvanką statyba



COMMENTS: Alternatyva I Teršalas - kietos dalelės KD2.5; Vidurkinimo periodas - metai; Vertinama PŪV tarša su fonu; Ribinė vertė - 10 µg/m3.	SOURCES: **21**	COMPANY NAME:	
	RECEPTORS: **1402**	MODELER:	
	OUTPUT TYPE: **Concentration**	SCALE: 1:20 000 0 0,5 km	
	MAX: **11,51 ug/m^3**	DATE: **2025-11-26**	PROJECT NO.:

PROJECT TITLE:

Laivybos šliuzo per Kauno hidroelektrinės užtvanką statyba



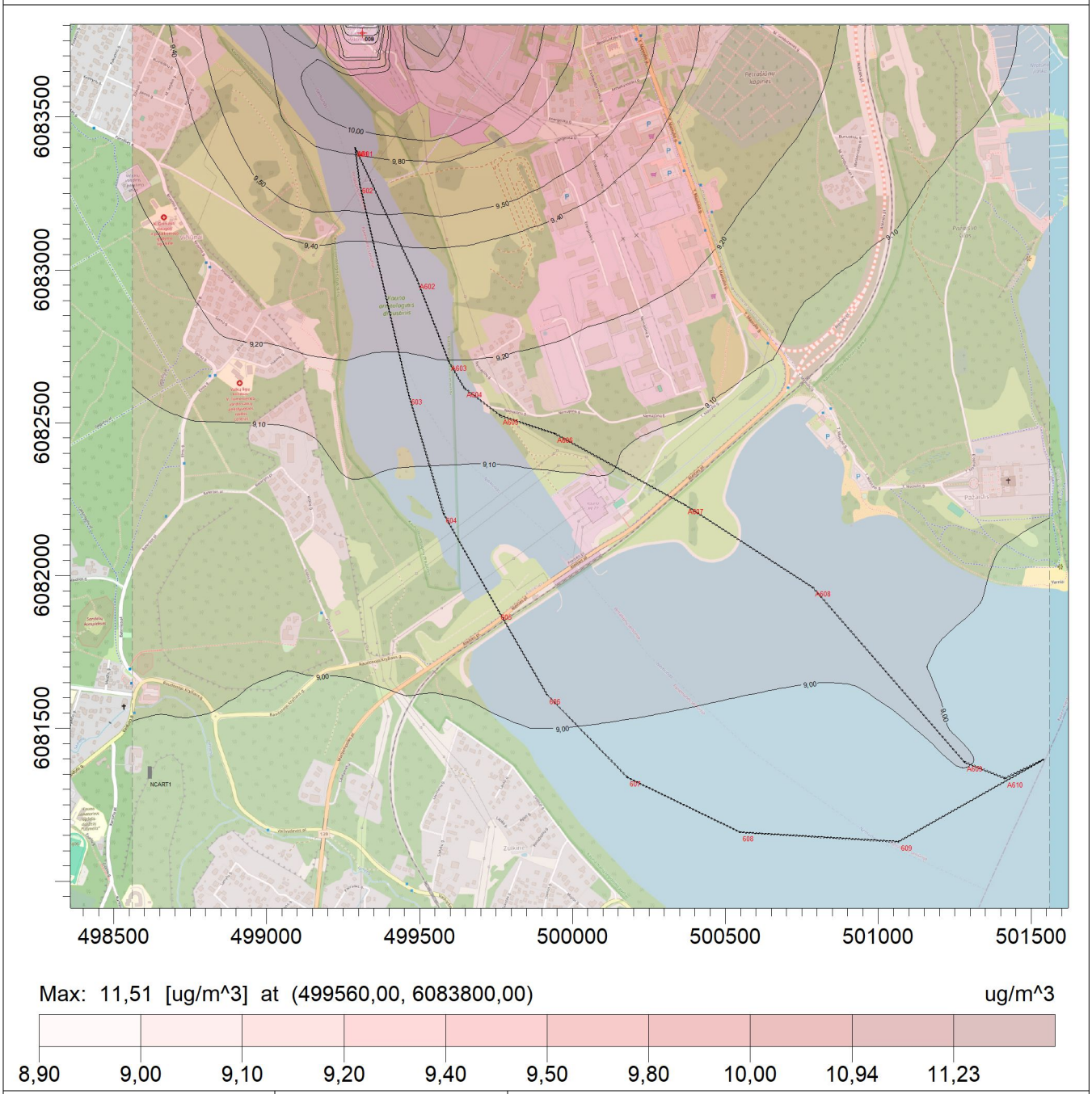
Max: 0,04 [ug/m^3] at (499860,00, 6082500,00) ug/m^3

0,00 0,00 0,00 0,00 0,01 0,01 0,03 0,04

COMMENTS: Alternatyva II Teršalas - kietos dalelės KD2.5; Vidurkinimo periodas - metai; Vertinama PŪV tarša; Ribinė vertė - 10 µg/m3.	SOURCES: **21**	COMPANY NAME:	
	RECEPTORS: **1402**	MODELER:	
	OUTPUT TYPE: **Concentration**	SCALE: 1:17 100 0 0,5 km	
	MAX: **0,04 ug/m^3**	DATE: **2025-11-26**	PROJECT NO.:

PROJECT TITLE:

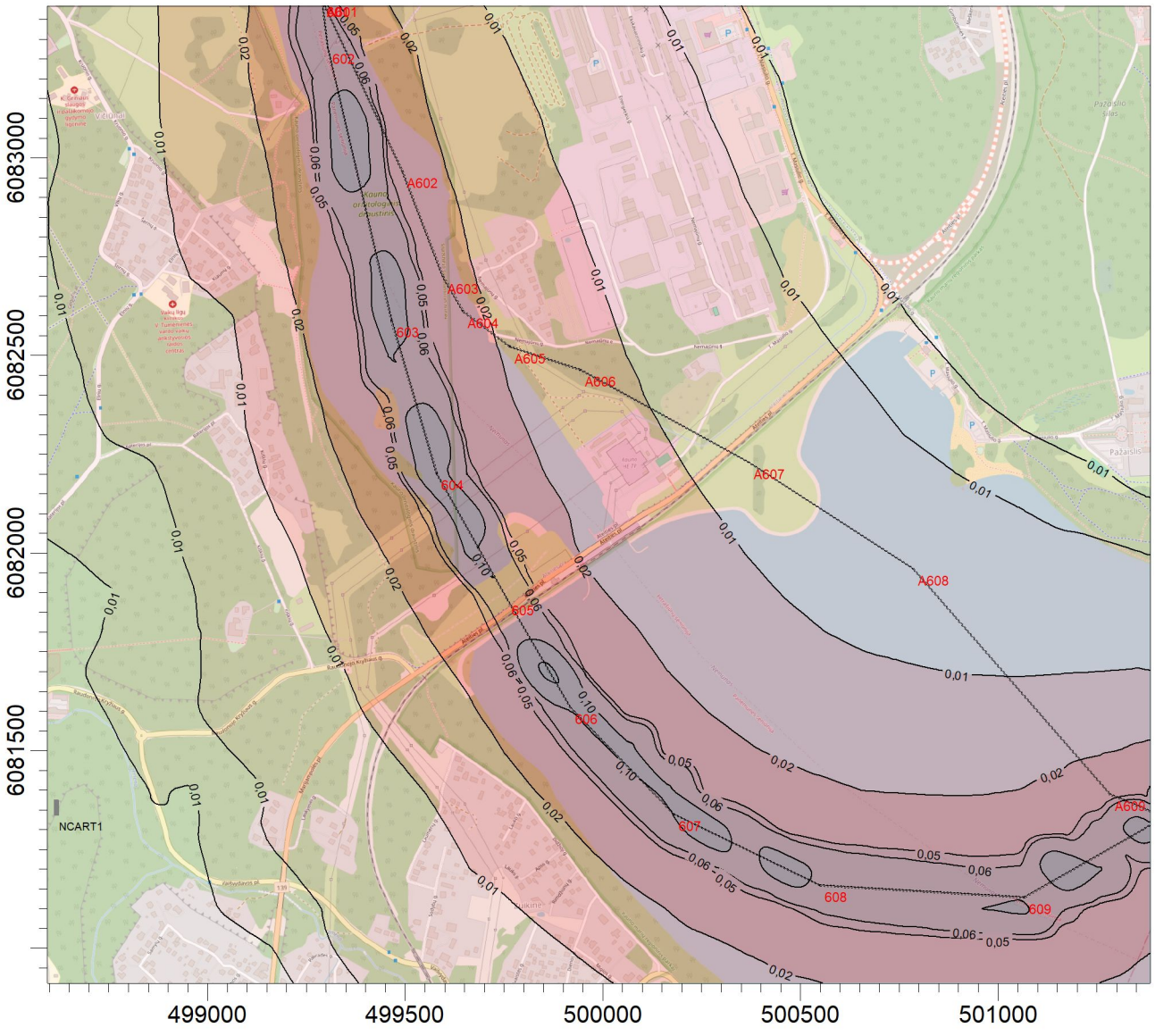
Laivybos šliuzo per Kauno hidroelektrinės užtvanką statyba



COMMENTS: Alternatyva II Teršalas - kietos dalelės KD2.5; Vidurkinimo periodas - metai; Vertinama PŪV tarša su fonu; Ribinė vertė - 10 µg/m3.	SOURCES: **21**	COMPANY NAME:	
	RECEPTORS: **1402**	MODELER:	
	OUTPUT TYPE: **Concentration**	SCALE: 1:20 000 0 0,5 km	
	MAX: **11,51 ug/m^3**	DATE: **2025-11-26**	PROJECT NO.:

PROJECT TITLE:

Laivybos šliuzo per Kauno hidroelektrinės užtvanką statyba



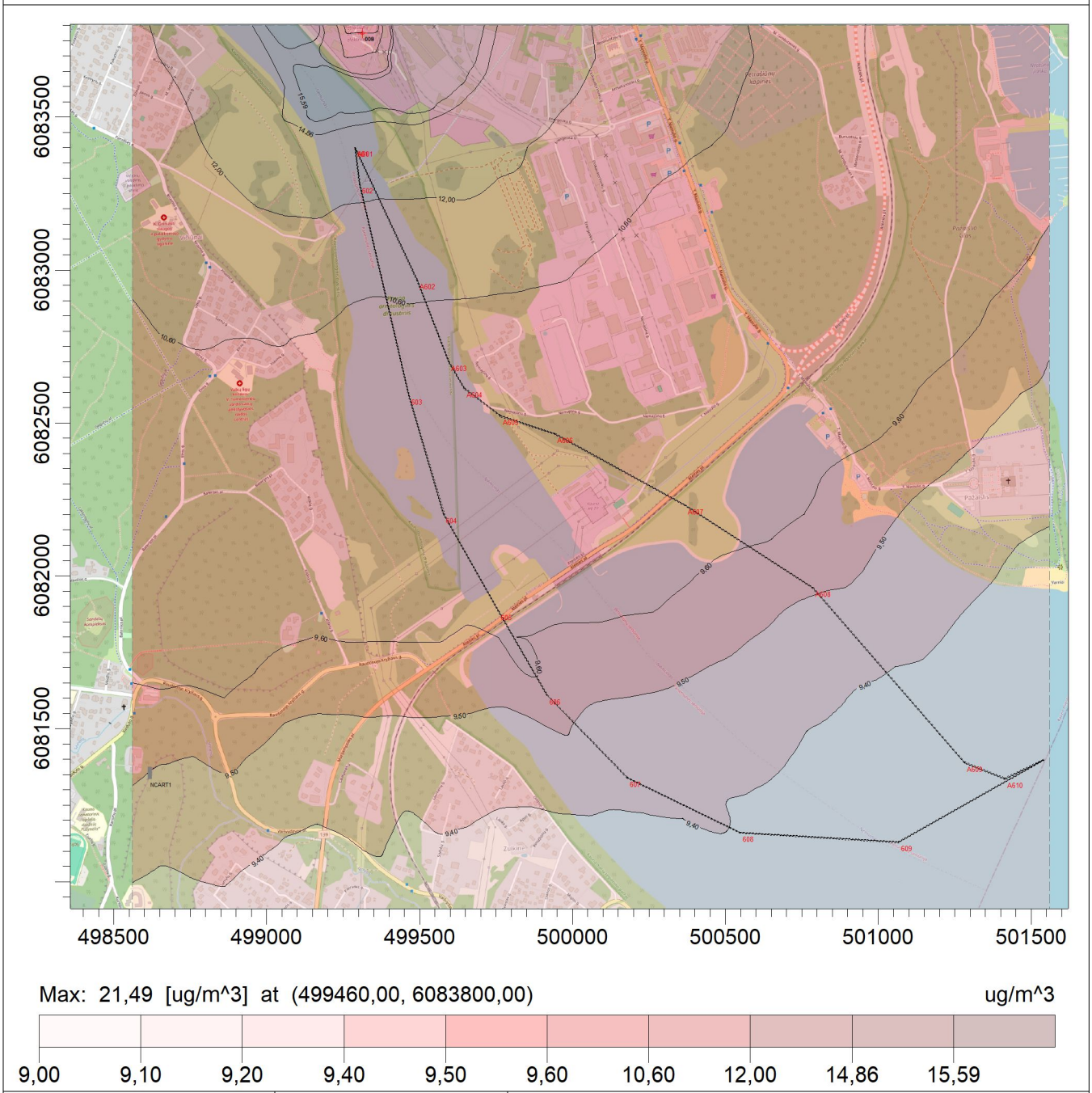
Max: 0,24 [ug/m^3] at (499860,00, 6081700,00) ug/m^3

0,00 0,01 0,01 0,01 0,02 0,05 0,06 0,10 0,20 0,24

COMMENTS: Alternatyva I Teršalas - kietos dalelės KD2.5; Vidurkinimo periodas - para (99,2 procentilis); Vertinama PŪV tarša; Ribinė vertė - 25 µg/m3.	SOURCES: **21**	COMPANY NAME:	
	RECEPTORS: **1402**	MODELER:	
	OUTPUT TYPE: **Concentration**	SCALE: 1:17 100 0 0,5 km	
	MAX: **0,24 ug/m^3**	DATE: **2025-11-26**	PROJECT NO.:

PROJECT TITLE:

Laivybos šliuzo per Kauno hidroelektrinės užtvanką statyba



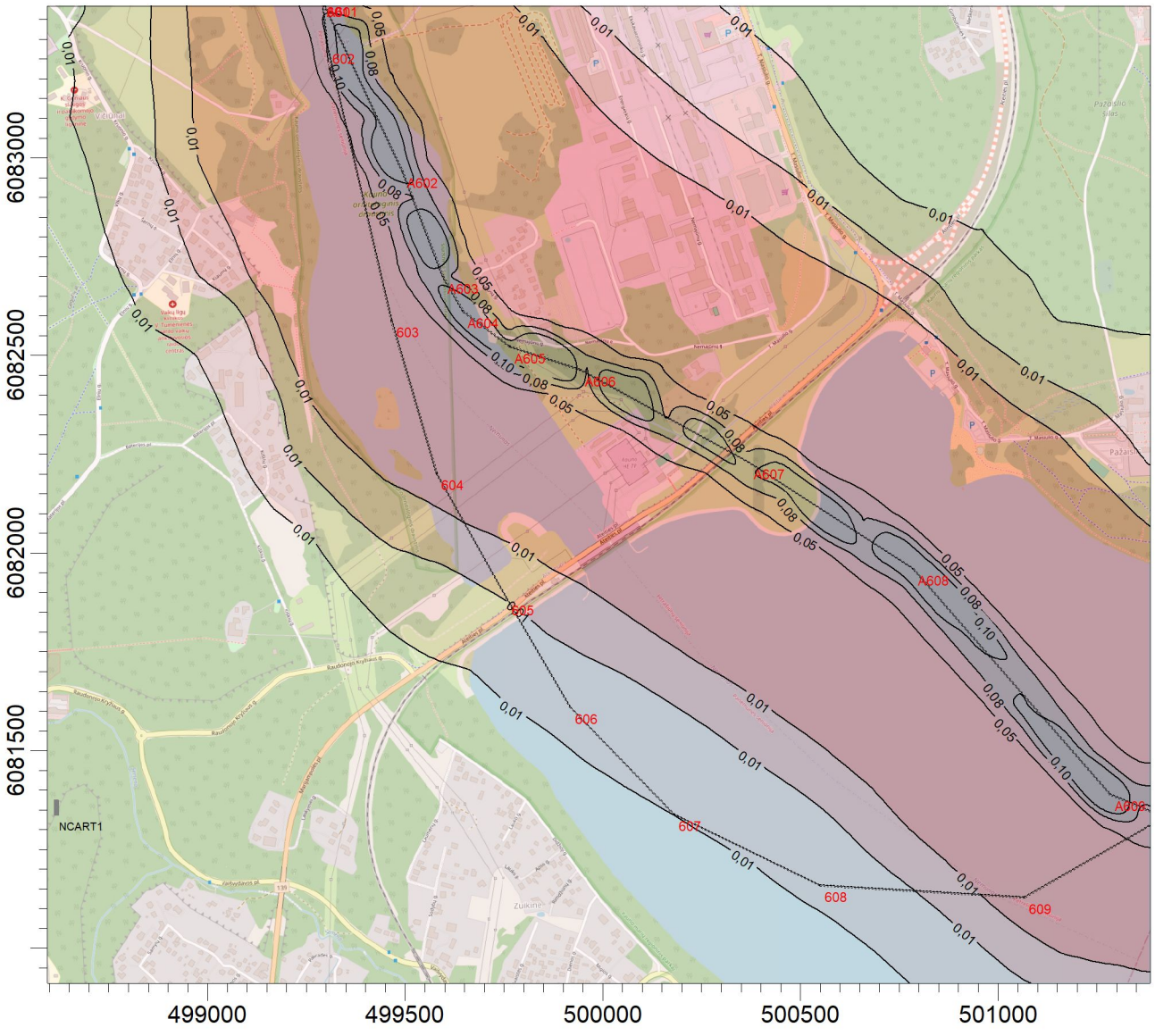
Max: 21,49 [ug/m^3] at (499460,00, 6083800,00) ug/m^3

9,00 9,10 9,20 9,40 9,50 9,60 10,60 12,00 14,86 15,59

COMMENTS: Alternatyva I Teršalas - kietos dalelės KD2.5; Vidurkinimo periodas - para (99,2 procentilis); Vertinama PŪV tarša su fonu; Ribinė vertė - 25 µg/m3.	SOURCES: **21**	COMPANY NAME:	
	RECEPTORS: **1402**	MODELER:	
	OUTPUT TYPE: **Concentration**	SCALE: 1:20 000 0 0,5 km	
	MAX: **21,49 ug/m^3**	DATE: **2025-11-26**	PROJECT NO.:

PROJECT TITLE:

Laivybos šliuzo per Kauno hidroelektrinės užtvanką statyba



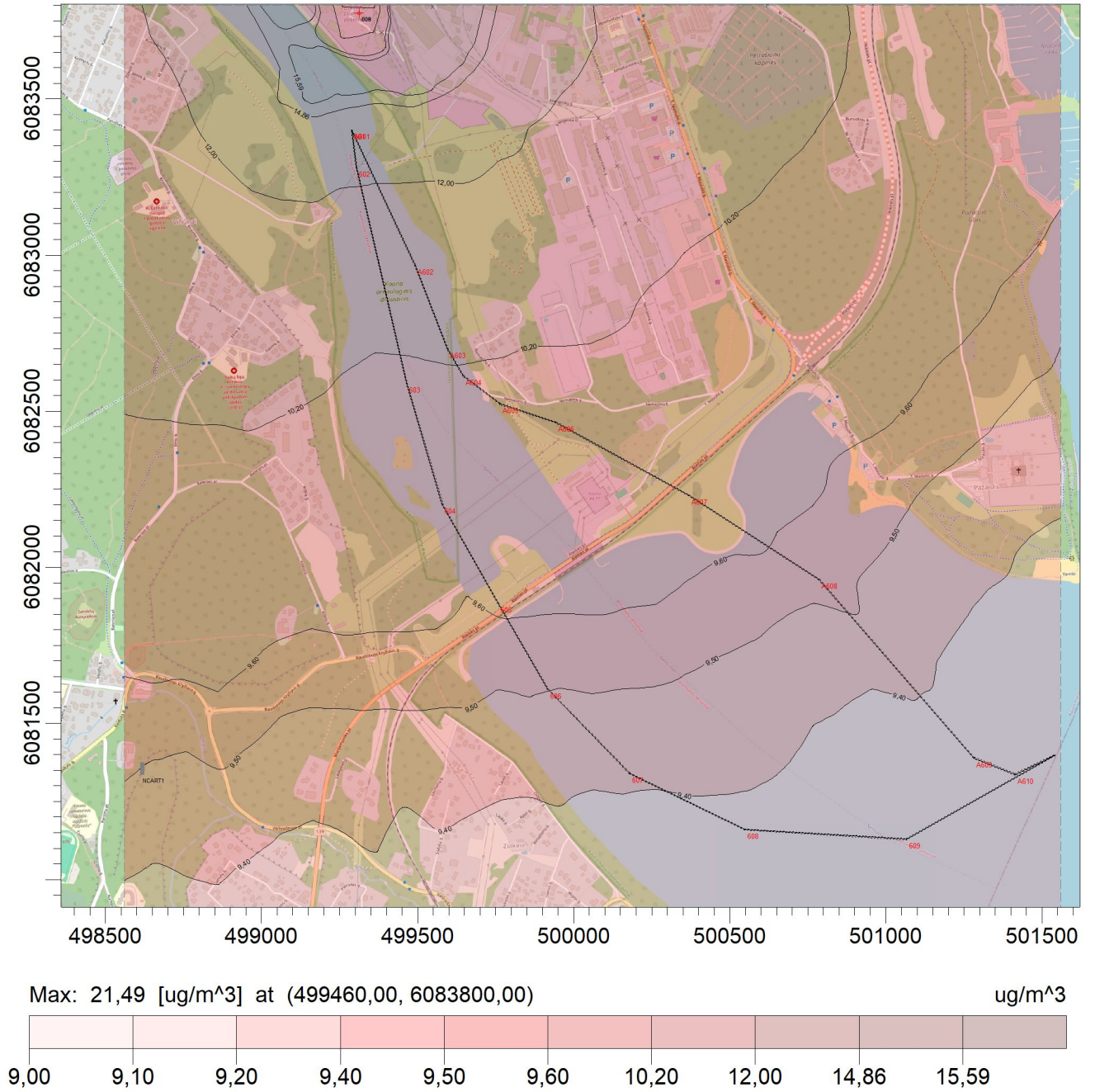
Max: 0,17 [ug/m^3] at (499860,00, 6082500,00) ug/m^3

0,00 0,01 0,01 0,01 0,05 0,08 0,10 0,17

COMMENTS: Alternatyva II Teršalas - kietos dalelės KD2.5; Vidurkinimo periodas - para (99,2 procentilis); Vertinama PŪV tarša; Ribinė vertė - 25 µg/m3.	SOURCES: **21**	COMPANY NAME:	
	RECEPTORS: **1402**	MODELER:	
	OUTPUT TYPE: **Concentration**	SCALE: 1:17 100 0 0,5 km	
	MAX: **0,17 ug/m^3**	DATE: **2025-11-26**	PROJECT NO.:

PROJECT TITLE:

Laivybos šliuzo per Kauno hidroelektrinės užtvanką statyba



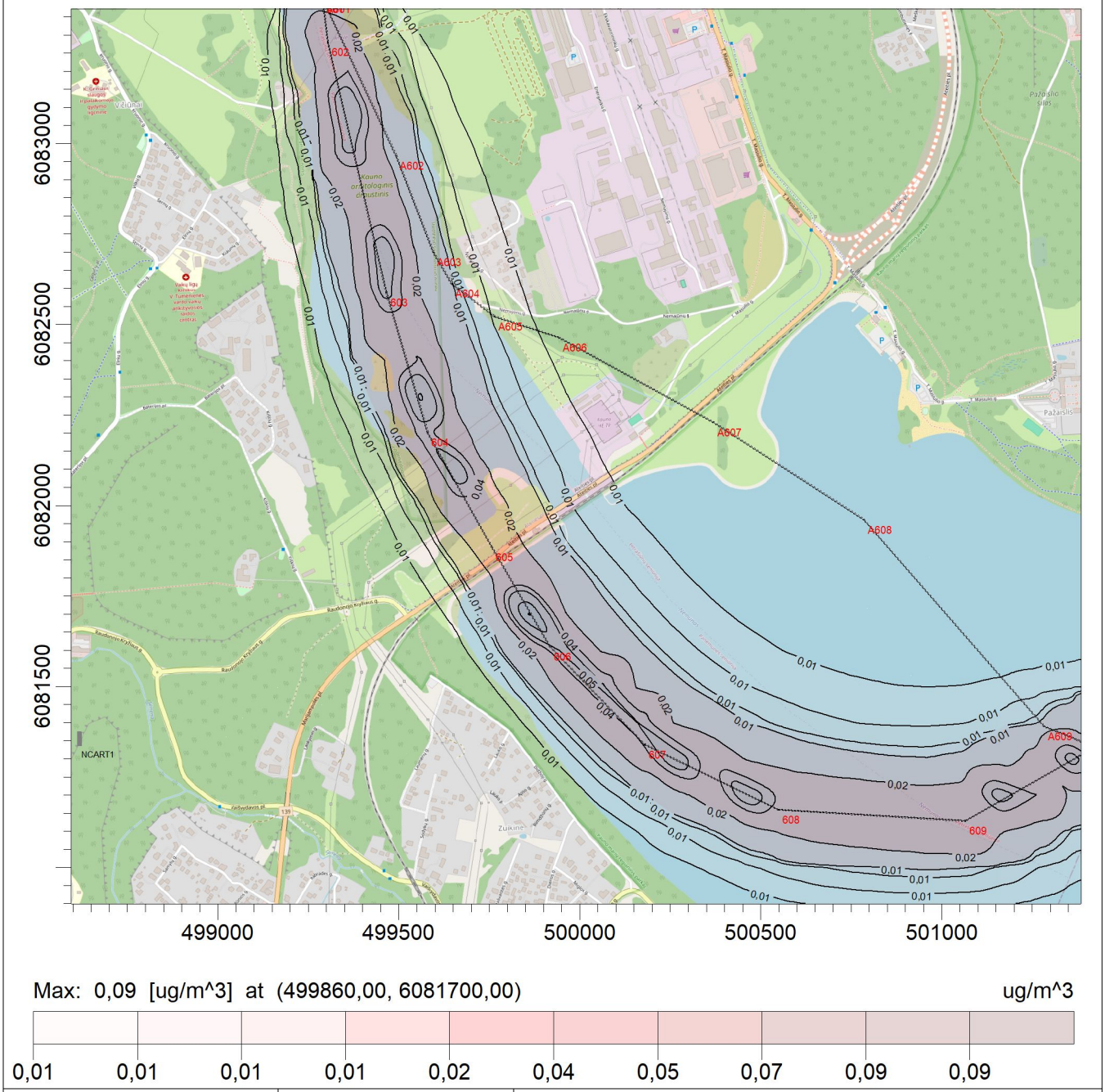
Max: 21,49 [ug/m^3] at (499460,00, 6083800,00) ug/m^3

9,00 9,10 9,20 9,40 9,50 9,60 10,20 12,00 14,86 15,59

COMMENTS: Alternatyva II Teršalas - kietos dalelės KD2.5; Vidurkinimo periodas - para (99,2 procentilis); Vertinama PŪV tarša su fonu; Ribinė vertė - 25 µg/m3.	SOURCES: **21**	COMPANY NAME:	
	RECEPTORS: **1402**	MODELER:	
	OUTPUT TYPE: **Concentration**	SCALE: 1:20 000 0 0,5 km	
	MAX: **21,49 ug/m^3**	DATE: **2025-11-26**	PROJECT NO.:

PROJECT TITLE:

Laivybos šliuzo per Kauno hidroelektrinės užtvanką statyba



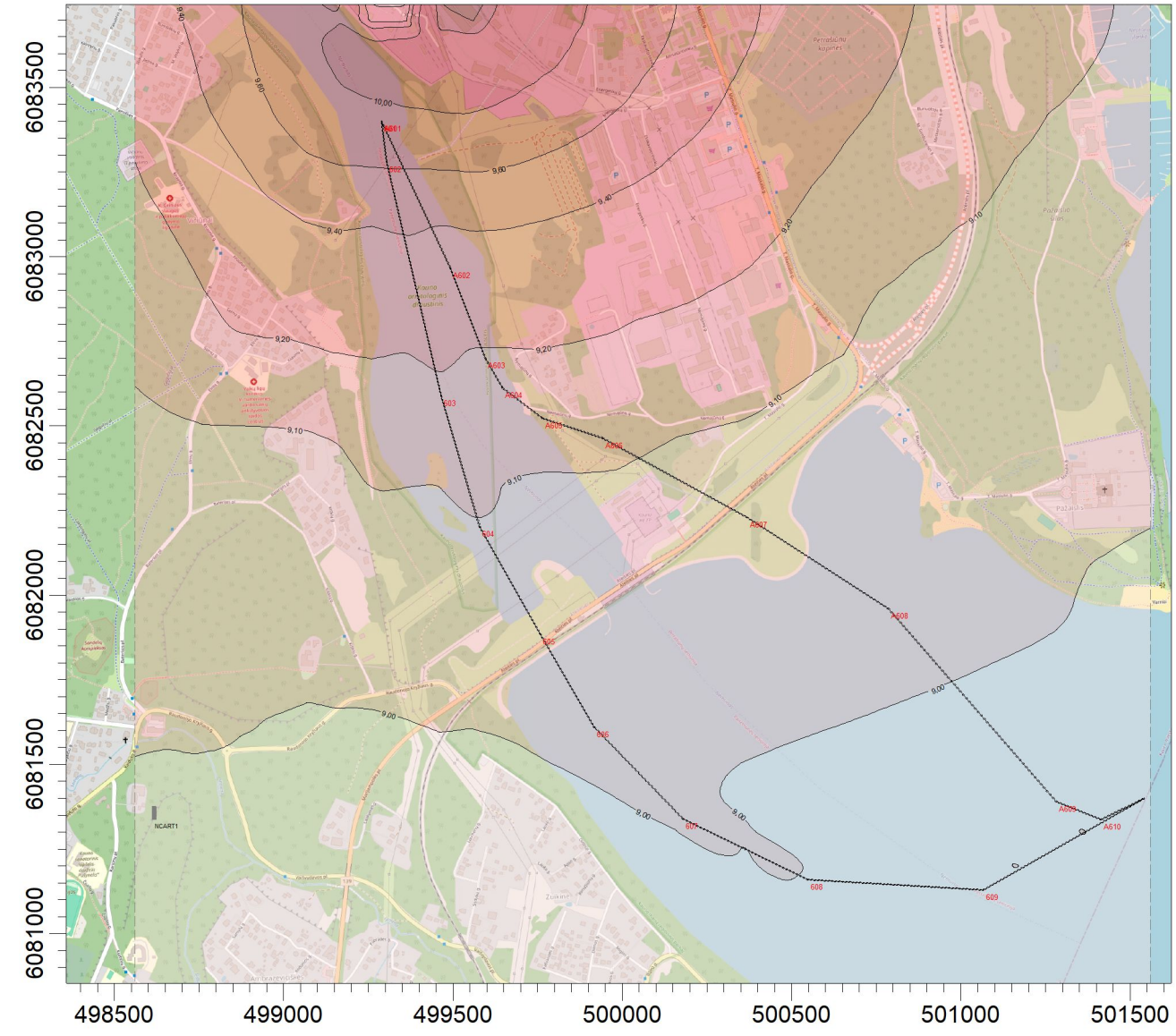
Max: 0,09 [ug/m^3] at (499860,00, 6081700,00) ug/m^3

0,01 0,01 0,01 0,01 0,02 0,04 0,05 0,07 0,09 0,09

COMMENTS: Alternatyva I Teršalas - kietos dalelės KD10; Vidurkinimo periodas - metai; Vertinama PŪV tarša be fono; Ribinė vertė - 40 µg/m3.	SOURCES: **21**	COMPANY NAME:	
	RECEPTORS: **1402**	MODELER:	
	OUTPUT TYPE: **Concentration**	SCALE: 1:17 100 0 0,5 km	
	MAX: **0,09 ug/m^3**	DATE: **2025-11-24**	PROJECT NO.:

PROJECT TITLE:

Laivybos šliuzo per Kauno hidroelektrinės užtvanką statyba



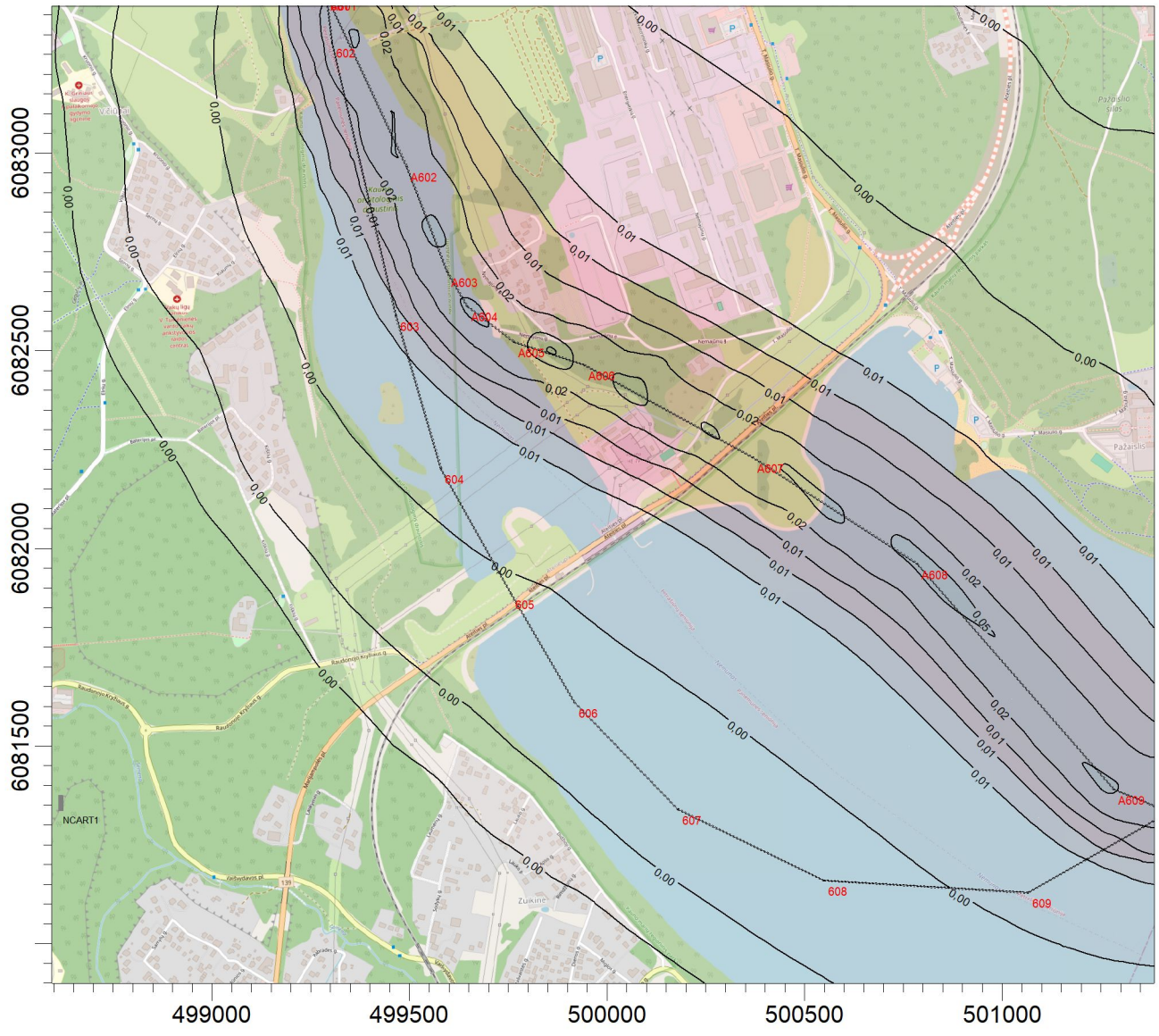
Max: 11,51 [ug/m^3] at (499560,00, 6083800,00) ug/m^3

8,90 9,00 9,10 9,20 9,40 9,60 10,00 11,00 11,23 11,51

COMMENTS: Alternatyva I Teršalas - kietos dalelės KD2,5; Vidurkinimo periodas - metai; Vertinama PŪV tarša su fonu; Ribinė vertė - 10 µg/m3.	SOURCES: **21**	COMPANY NAME:	
	RECEPTORS: **1402**	MODELER:	
	OUTPUT TYPE: **Concentration**	SCALE: 1:20 000 0 0,5 km	
	MAX: **11,51 ug/m^3**	DATE: **2025-11-25**	PROJECT NO.:

PROJECT TITLE:

Laivybos šliuzo per Kauno hidroelektrinės užtvanką statyba



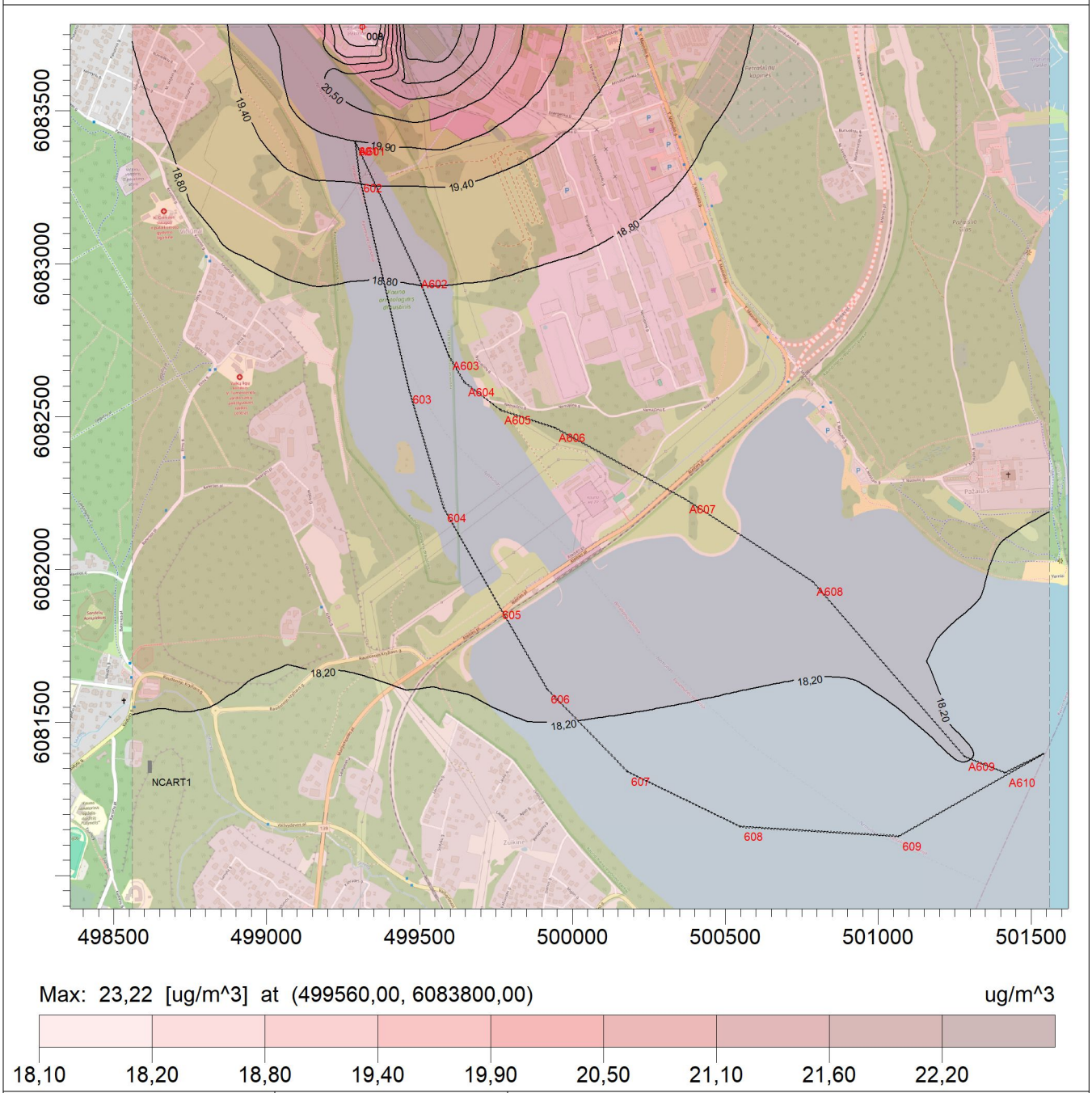
Max: 0,1 [ug/m^3] at (499860,00, 6082500,00) ug/m^3

0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,1 0,1 0,1

COMMENTS: Alternatyva II Teršalas - kietos dalelės KD10; Vidurkinimo periodas - metai; Vertinama PŪV tarša be fono; Ribinė vertė - 40 µg/m3.	SOURCES: **21** RECEPTORS: **1402** OUTPUT TYPE: **Concentration** MAX: **0,1 ug/m^3**	COMPANY NAME: MODELER: SCALE: 1:17 100 0 0,5 km DATE: **2025-11-24**	PROJECT NO.:

PROJECT TITLE:

Laivybos šliuzo per Kauno hidroelektrinės užtvanką statyba



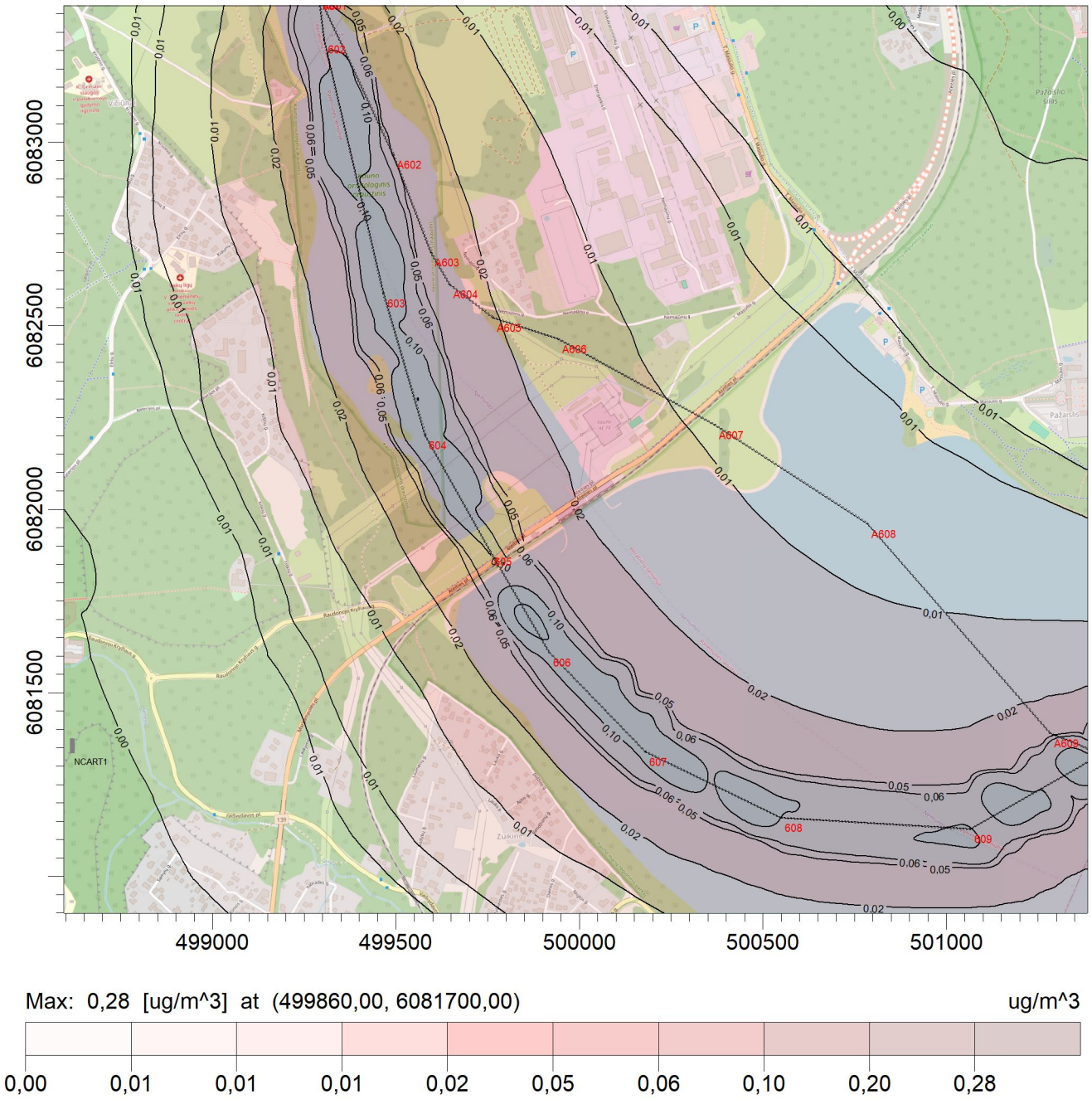
Max: 23,22 [ug/m^3] at (499560,00, 6083800,00) ug/m^3

18,10 18,20 18,80 19,40 19,90 20,50 21,10 21,60 22,20

COMMENTS: Alternatyva II Teršalas - kietos dalelės KD10; Vidurkinimo periodas - metai; Vertinama PŪV tarša su fonu; Ribinė vertė - 40 µg/m3.	SOURCES: **21**	COMPANY NAME:	
	RECEPTORS: **1402**	MODELER:	
	OUTPUT TYPE: **Concentration**	SCALE: 1:20 000 0 0,5 km	
	MAX: **23,22 ug/m^3**	DATE: **2025-11-24**	PROJECT NO.:

PROJECT TITLE:

Laivybos šliuzo per Kauno hidroelektrinės užtvanką statyba



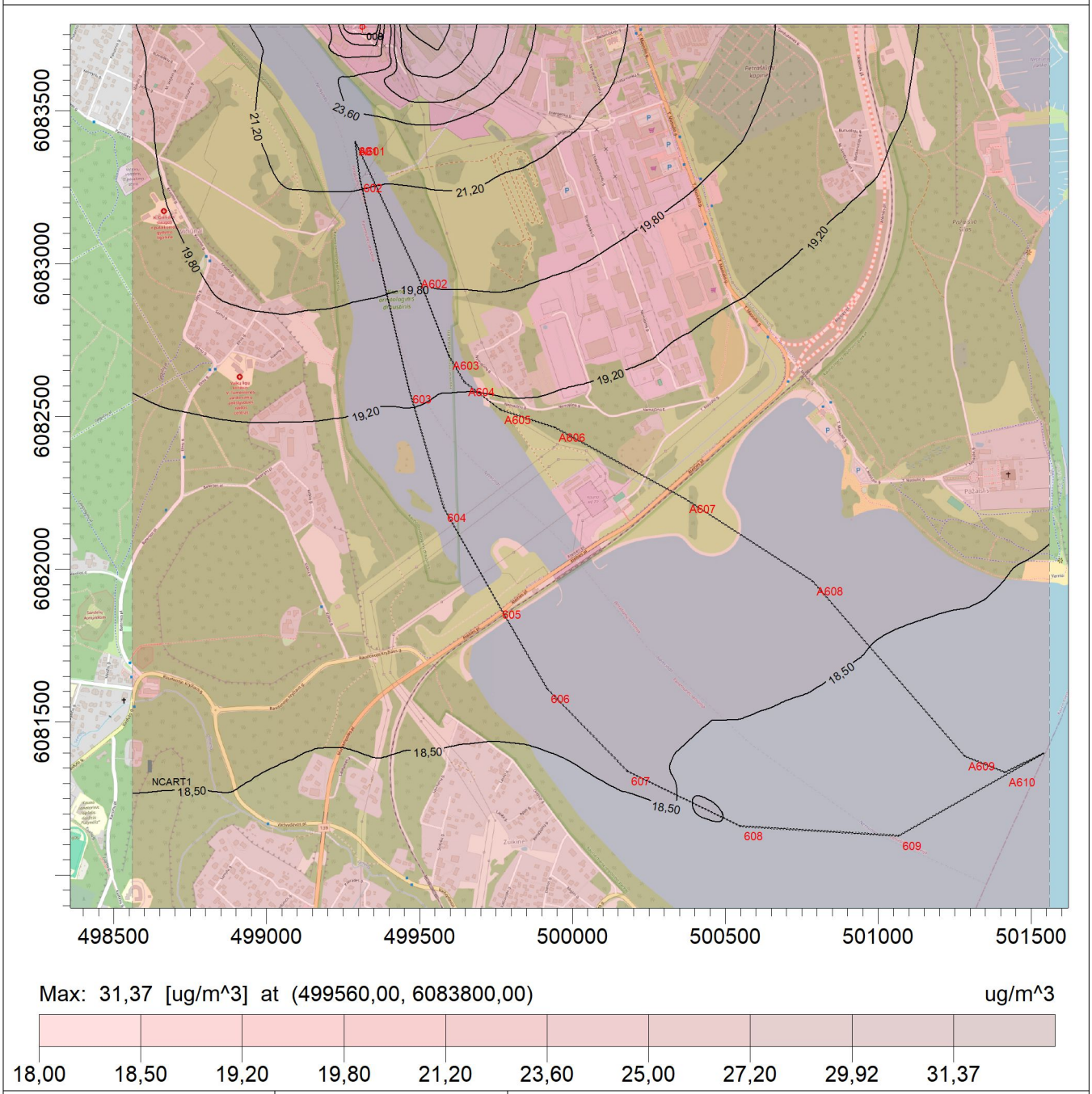
Max: 0,28 [ug/m^3] at (499860,00, 6081700,00) ug/m^3

0,00 0,01 0,01 0,01 0,02 0,05 0,06 0,10 0,20 0,28

COMMENTS:	SOURCES:	COMPANY NAME:	
Alternatyva I Teršalas - kietos dalelės KD10; Vidurkinimo periodas - para (90,4 procentilis); Vertinama PŪV tarša be fono; Ribinė vertė - 50 µg/m3.	**21**		
	RECEPTORS: **1402**	MODELER:	
	OUTPUT TYPE: **Concentration**	SCALE: 1:17 100 0 0,5 km	
	MAX: **0,28 ug/m^3**	DATE: **2025-11-24**	PROJECT NO.:

PROJECT TITLE:

Laivybos šliuzo per Kauno hidroelektrinės užtvanką statyba



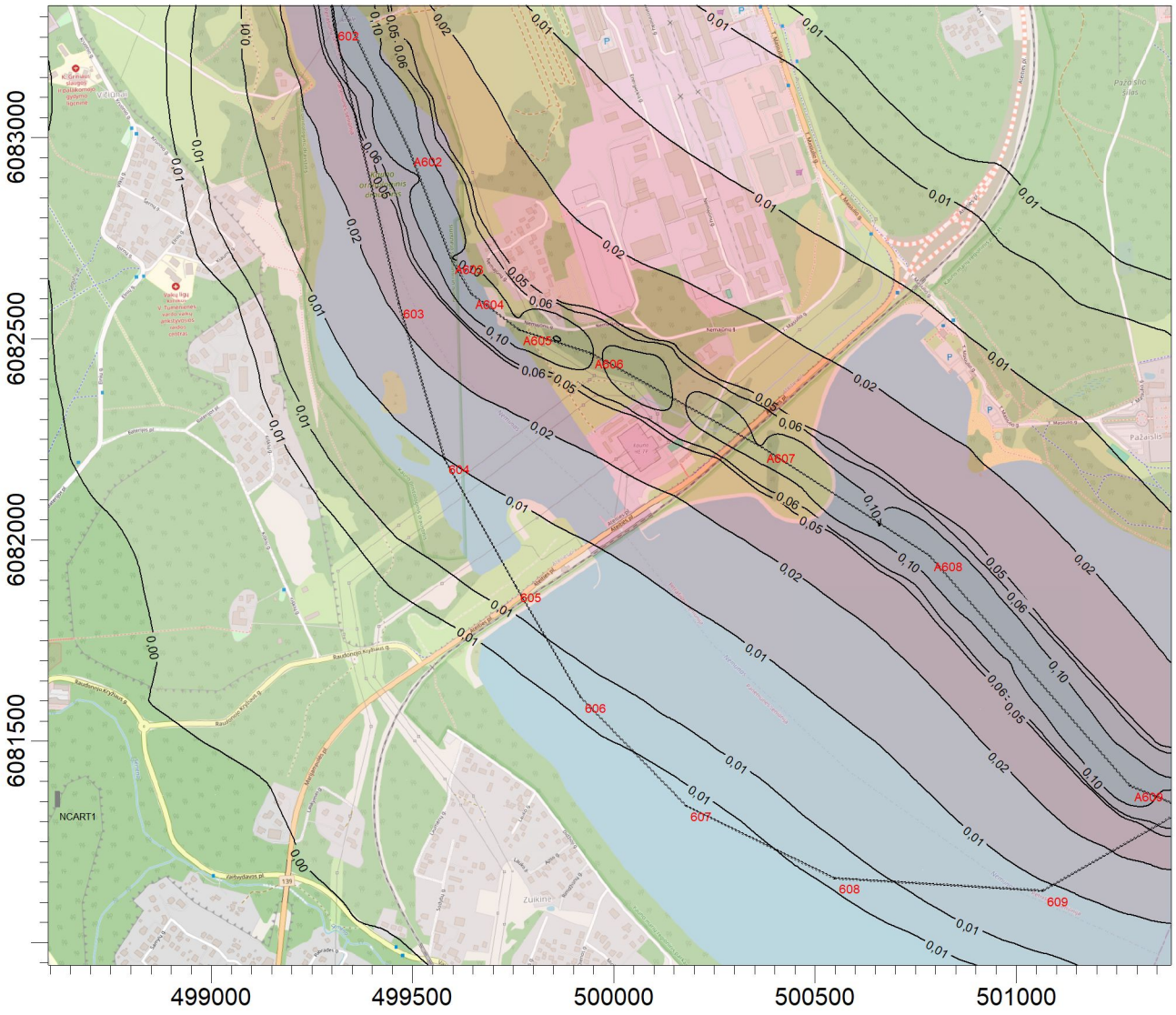
Max: 31,37 [ug/m^3] at (499560,00, 6083800,00) ug/m^3

18,00 18,50 19,20 19,80 21,20 23,60 25,00 27,20 29,92 31,37

COMMENTS:	SOURCES:	COMPANY NAME:	
Alternatyva I Teršalas - kietos dalelės KD10; Vidurkinimo periodas - para (90,4 procentilis); Vertinama PŪV tarša su fonu; Ribinė vertė - 50 µg/m3.	**21**		
	RECEPTORS: **1402**	MODELER:	
	OUTPUT TYPE: **Concentration**	SCALE: 1:20 000 0 0,5 km	
	MAX: **31,37 ug/m^3**	DATE: **2025-11-24**	PROJECT NO.:

PROJECT TITLE:

Laivybos šliuzo per Kauno hidroelektrinės užtvanką statyba



PLOT FILE OF 90.40TH PERCENTILE 24-HR VALUES FOR SOURCE GROUP: SRCGP2 ug/m^3

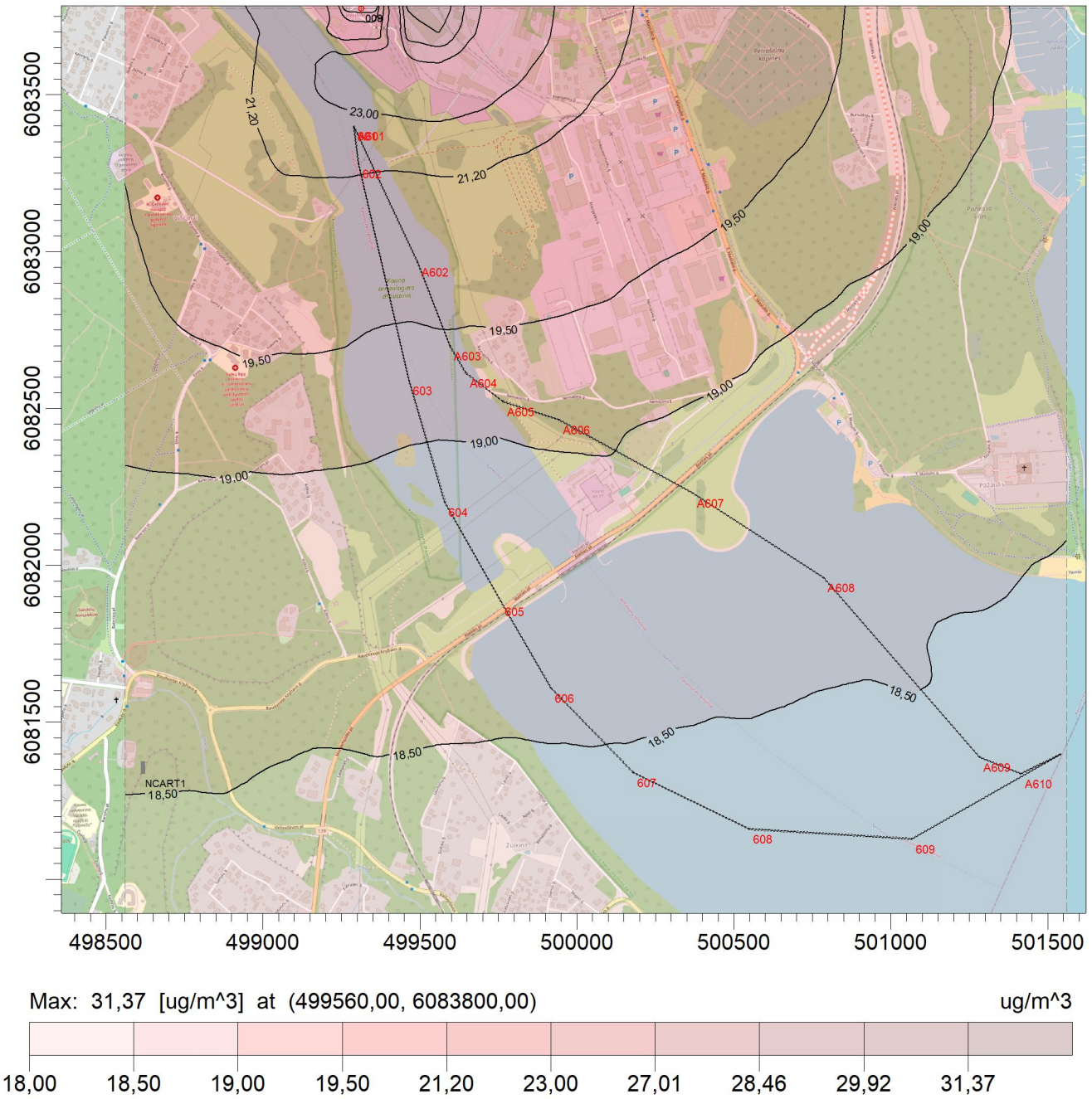
Max: 0,21 [ug/m^3] at (499860,00, 6082500,00)

0,00 0,01 0,01 0,01 0,02 0,05 0,06 0,10 0,20 0,21

COMMENTS: Alternatyva II Teršalas - kietos dalelės KD10; Vidurkinimo periodas - para (90,4 procentilis); Vertinama PŪV tarša be fono; Ribinė vertė - 50 µg/m3.	SOURCES: **21**	COMPANY NAME:	
	RECEPTORS: **1402**	MODELER:	
	OUTPUT TYPE: **Concentration**	SCALE: 1:17 100 0 0,5 km	
	MAX: **0,21 ug/m^3**	DATE: **2025-11-24**	PROJECT NO.:

PROJECT TITLE:

Laivybos šliuzo per Kauno hidroelektrinės užtvanką statyba



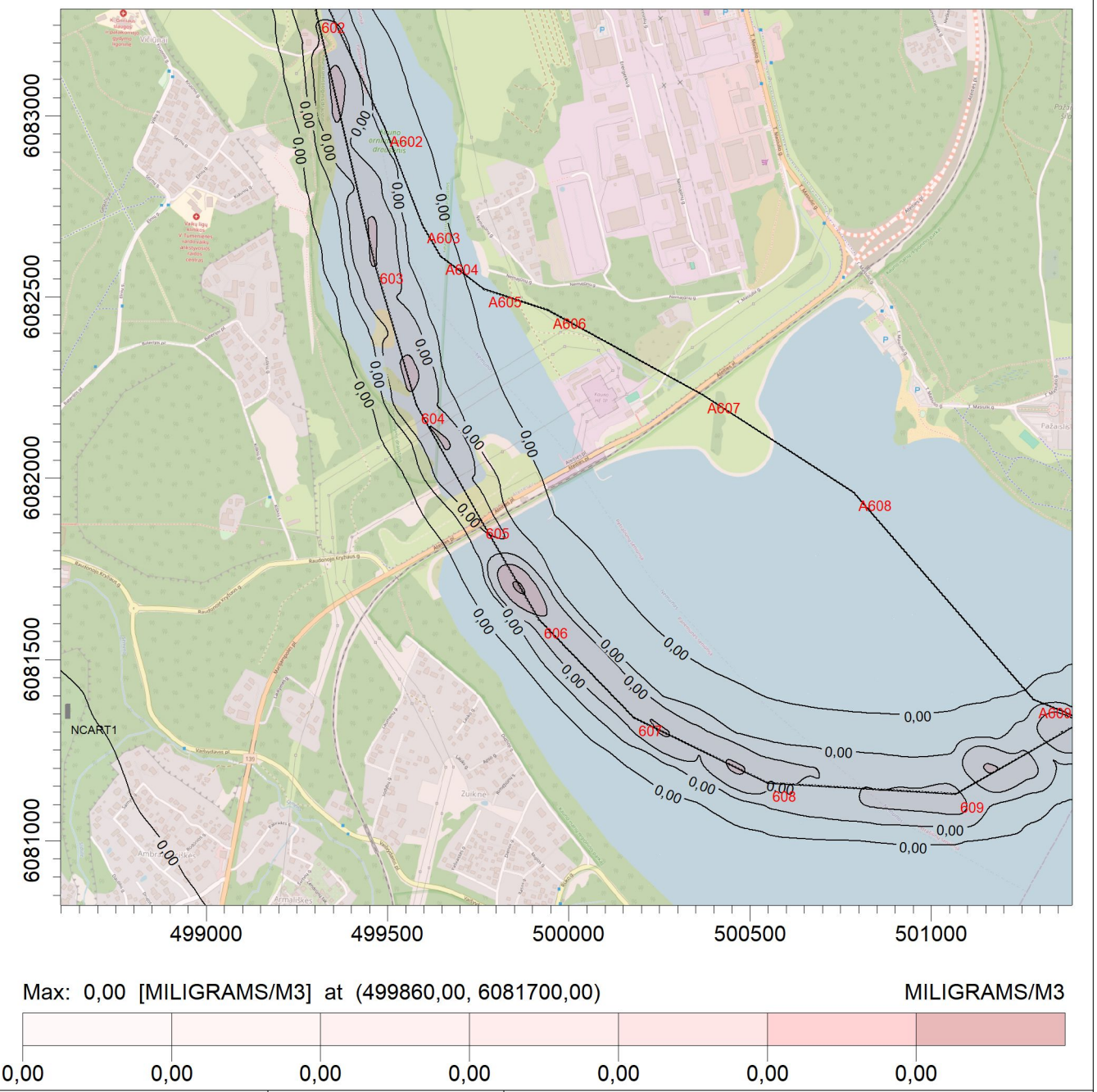
Max: 31,37 [ug/m^3] at (499560,00, 6083800,00) ug/m^3

18,00 18,50 19,00 19,50 21,20 23,00 27,01 28,46 29,92 31,37

COMMENTS: Alternatyva II Teršalas - kietos dalelės KD10; Vidurkinimo periodas - para (90,4 procentilis); Vertinama PŪV tarša su fonu; Ribinė vertė - 50 µg/m3.	SOURCES: **21**	COMPANY NAME:	
	RECEPTORS: **1402**	MODELER:	
	OUTPUT TYPE: **Concentration**	SCALE: 1:20 000 0 0,5 km	
	MAX: **31,37 ug/m^3**	DATE: **2025-11-24**	PROJECT NO.:

PROJECT TITLE:

Laivybos šliuzo per Kauno hidroelektrinės užtvanką statyba



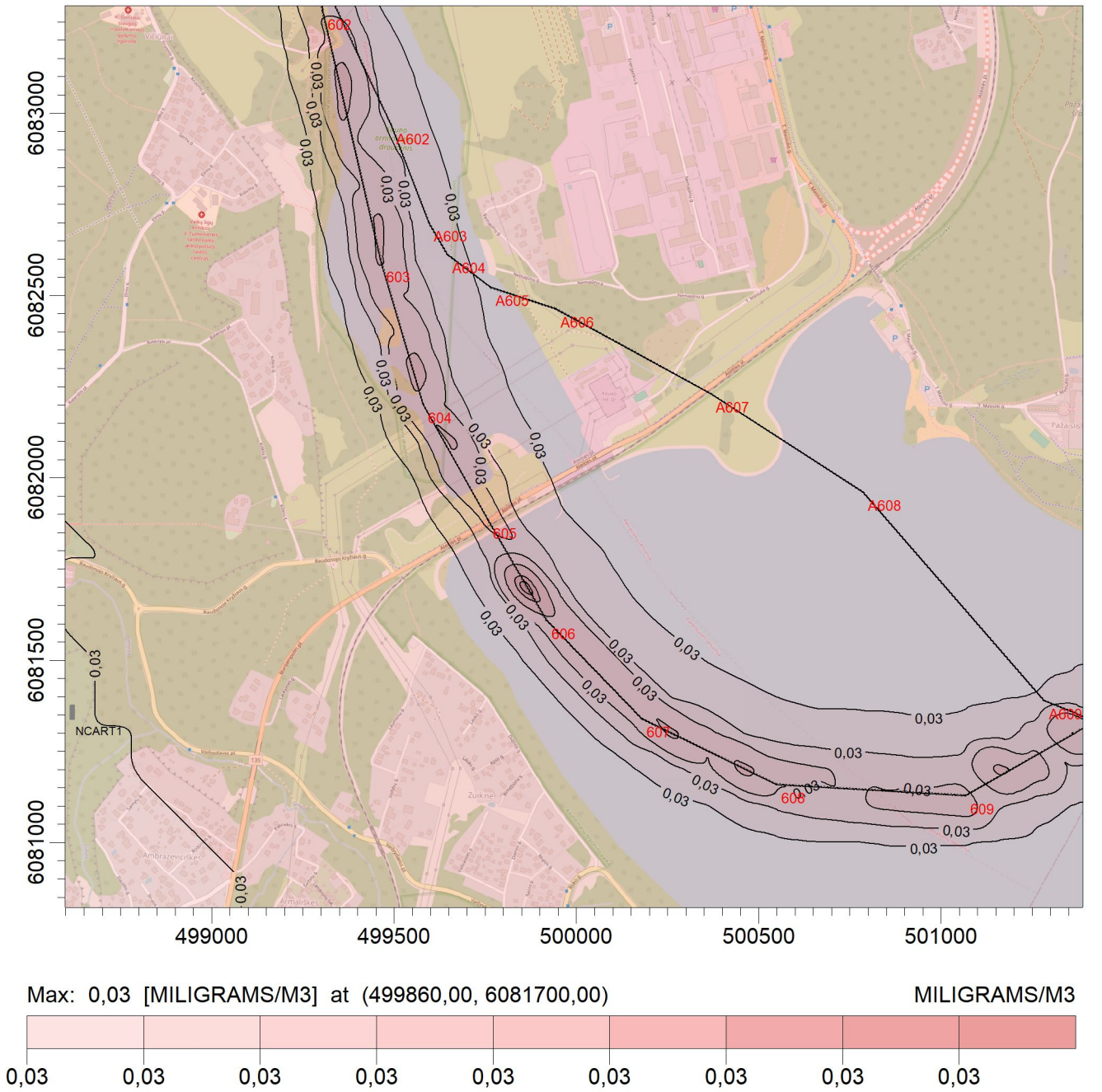
Max: 0,00 [MILIGRAMS/M3] at (499860,00, 6081700,00) MILIGRAMS/M3

0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00

COMMENTS: Alternatyva I Teršalas - angliavandeniliai LOJ; Vidurkinimo periodas - 1 valanda (98,5 procentilis); Vertinama PŪV tarša be fono; Ribinė vertė - 1 mg/m3.	SOURCES: **19**	COMPANY NAME:	
	RECEPTORS: **1402**	MODELER:	
	OUTPUT TYPE: **Concentration**	SCALE: 1:17 100 0 0,5 km	
	MAX: **0,00 MILIGRAMS/M3**	DATE: **2025-11-25**	PROJECT NO.:

PROJECT TITLE:

Laivybos šliuzo per Kauno hidroelektrinės užtvanką statyba



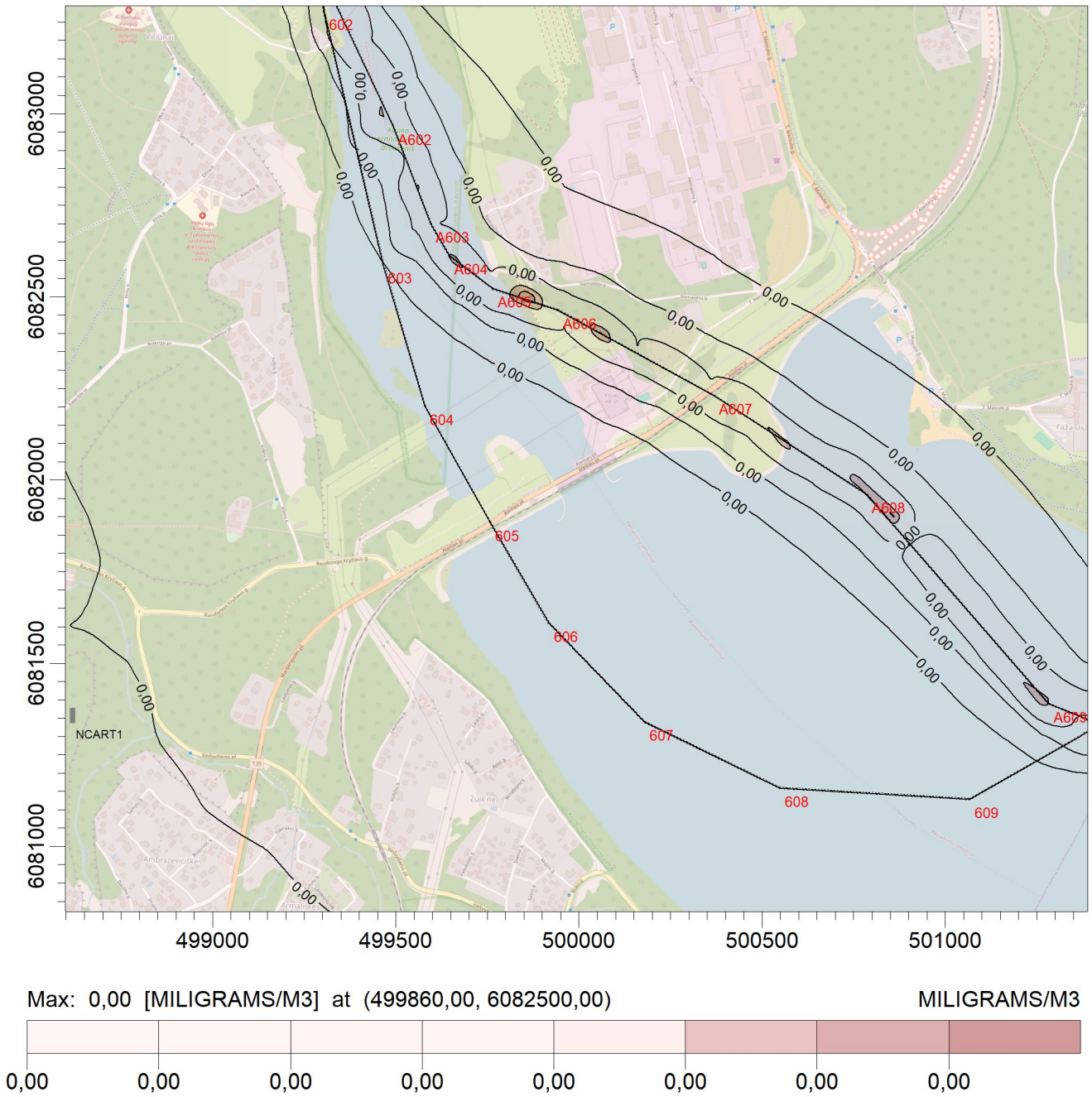
Max: 0,03 [MILIGRAMS/M3] at (499860,00, 6081700,00) MILIGRAMS/M3

0,03 0,03 0,03 0,03 0,03 0,03 0,03 0,03 0,03

COMMENTS: Alternatyva I Teršalas - angliavandeniliai LOJ; Vidurkinimo periodas - 1 valanda (98,5 procentilis); Vertinama PŪV tarša su fonu; Ribinė vertė - 1 mg/m3.	SOURCES: **19**	COMPANY NAME:	
	RECEPTORS: **1402**	MODELER:	
	OUTPUT TYPE: **Concentration**	SCALE: 1:17 100 0 0,5 km	
	MAX: **0,03 MILIGRAMS/M3**	DATE: **2025-11-25**	PROJECT NO.:

PROJECT TITLE:

Laivybos šliuzo per Kauno hidroelektrinės užtvanką statyba



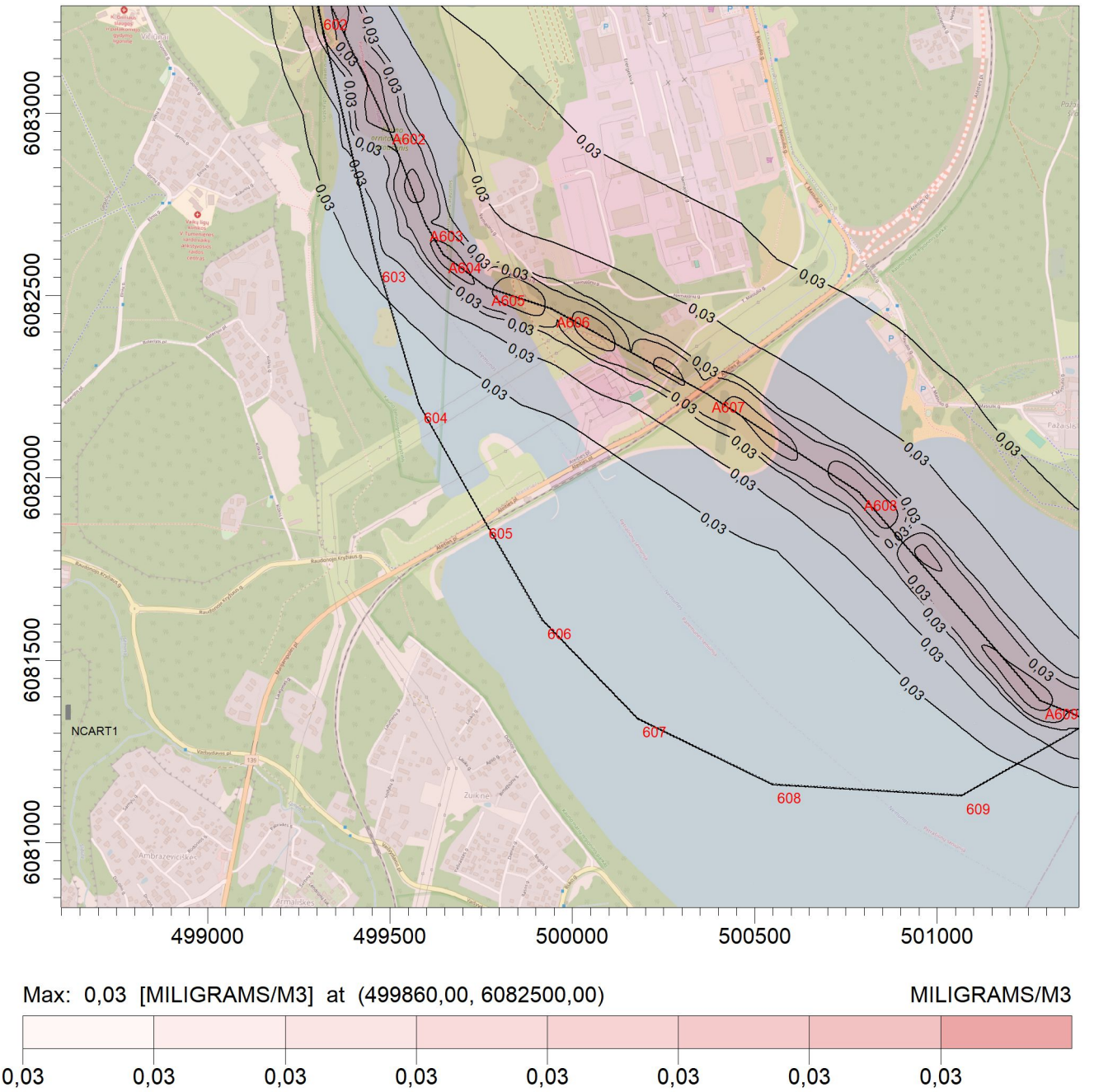
Max: 0,00 [MILIGRAMS/M3] at (499860,00, 6082500,00) MILIGRAMS/M3

0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00

COMMENTS: Alternatyva II Teršalas - angliavandeniliai LOJ; Vidurkinimo periodas - 1 valanda (98,5 procentilis); Vertinama PŪV tarša be fono; Ribinė vertė - 1 mg/m3.	SOURCES: **19**	COMPANY NAME:	
	RECEPTORS: **1402**	MODELER:	
	OUTPUT TYPE: **Concentration**	SCALE: 1:17 100 0 0,5 km	
	MAX: **0,00 MILIGRAMS/M3**	DATE: **2025-11-25**	PROJECT NO.:

PROJECT TITLE:

Laivybos šliuzo per Kauno hidroelektrinės užtvanką statyba



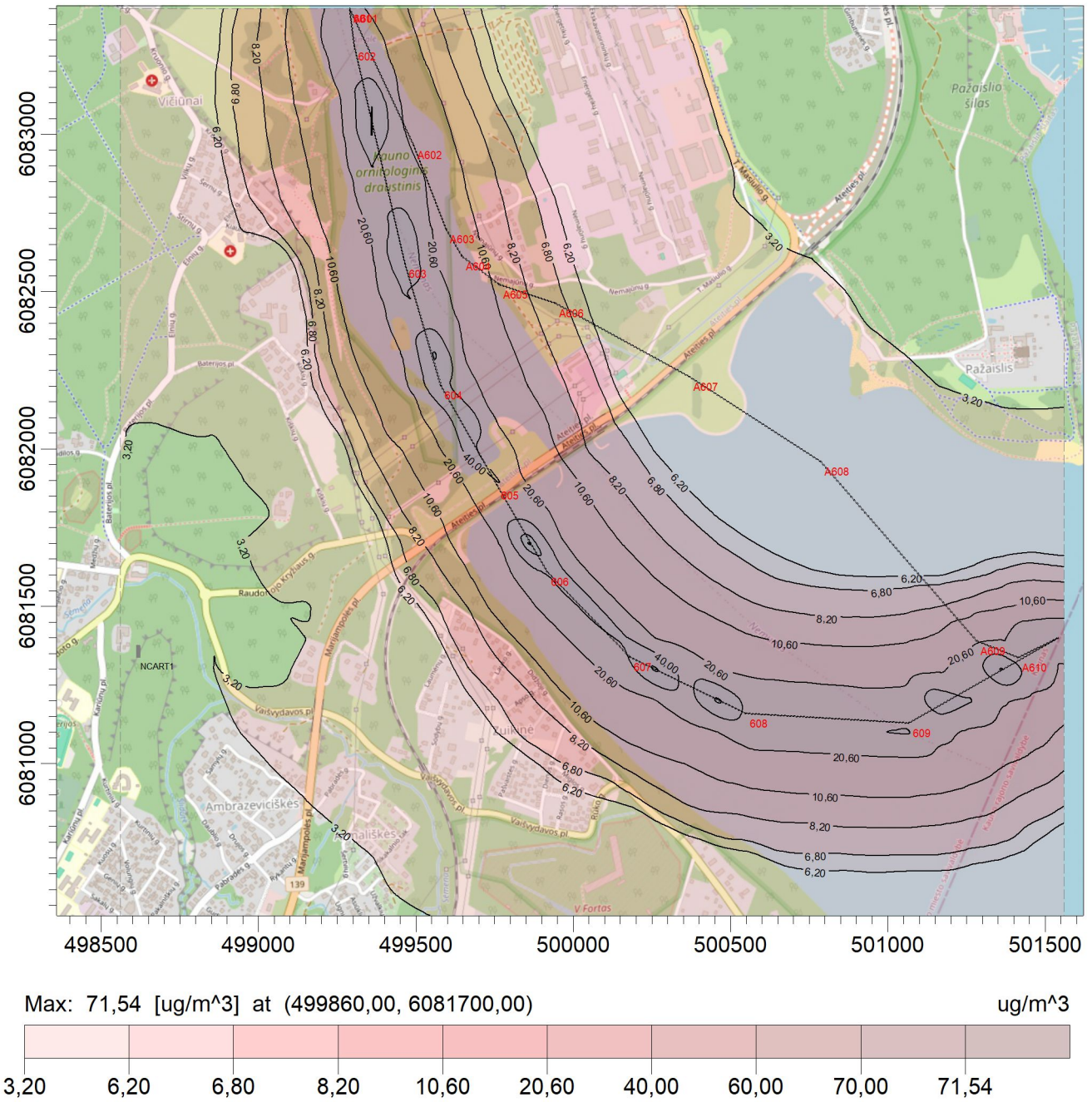
Max: 0,03 [MILIGRAMS/M3] at (499860,00, 6082500,00) MILIGRAMS/M3

0,03 0,03 0,03 0,03 0,03 0,03 0,03 0,03

COMMENTS: Alternatyva II Teršalas - angliavandeniliai LOJ; Vidurkinimo periodas - 1 valanda (98,5 procentilis); Vertinama PŪV tarša su fonu; Ribinė vertė - 1 mg/m3.	SOURCES: **19**	COMPANY NAME:	
	RECEPTORS: **1402**	MODELER:	
	OUTPUT TYPE: **Concentration**	SCALE: 1:17 100 0 0,5 km	
	MAX: **0,03 MILIGRAMS/M3**	DATE: **2025-11-25**	PROJECT NO.:

PROJECT TITLE:

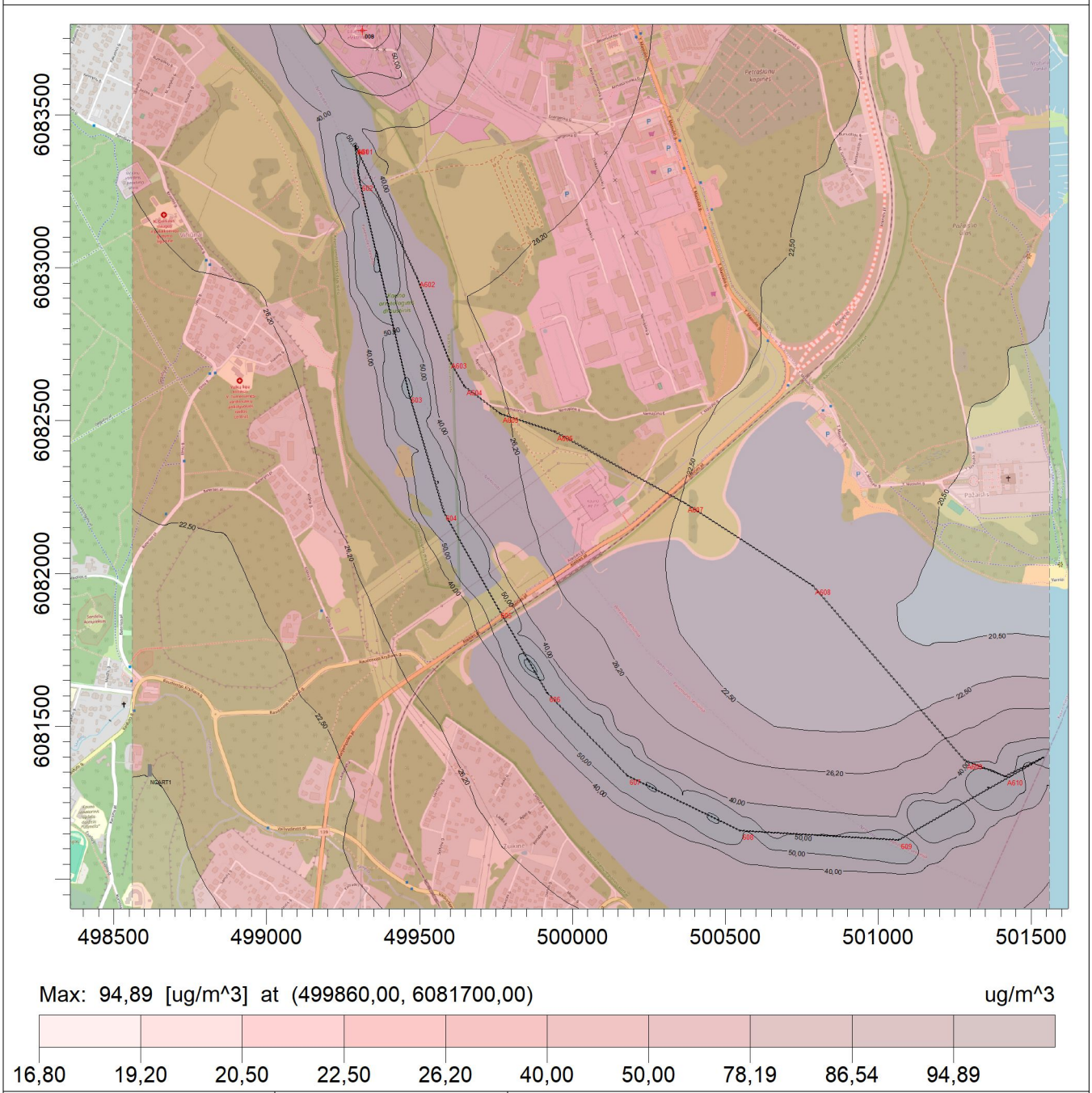
Laivybos šliuzo per Kauno hidroelektrinės užtvanką statyba



COMMENTS: Alternatyva I Teršalas - azoto dioksidas NO2; Vidurkinimo periodas - 1 valanda (99.8 procentilis); Vertinama PŪV tarša; Ribinė vertė - 200 µg/m3.	SOURCES: **19**	COMPANY NAME:	
	RECEPTORS: **1402**	MODELER:	
	OUTPUT TYPE: **Concentration**	SCALE: 1:20 000 0 0,5 km	
	MAX: **71,54 ug/m^3**	DATE: **2025-11-25**	PROJECT NO.:

PROJECT TITLE:

Laivybos šliuzo per Kauno hidroelektrinės užtvanką statyba



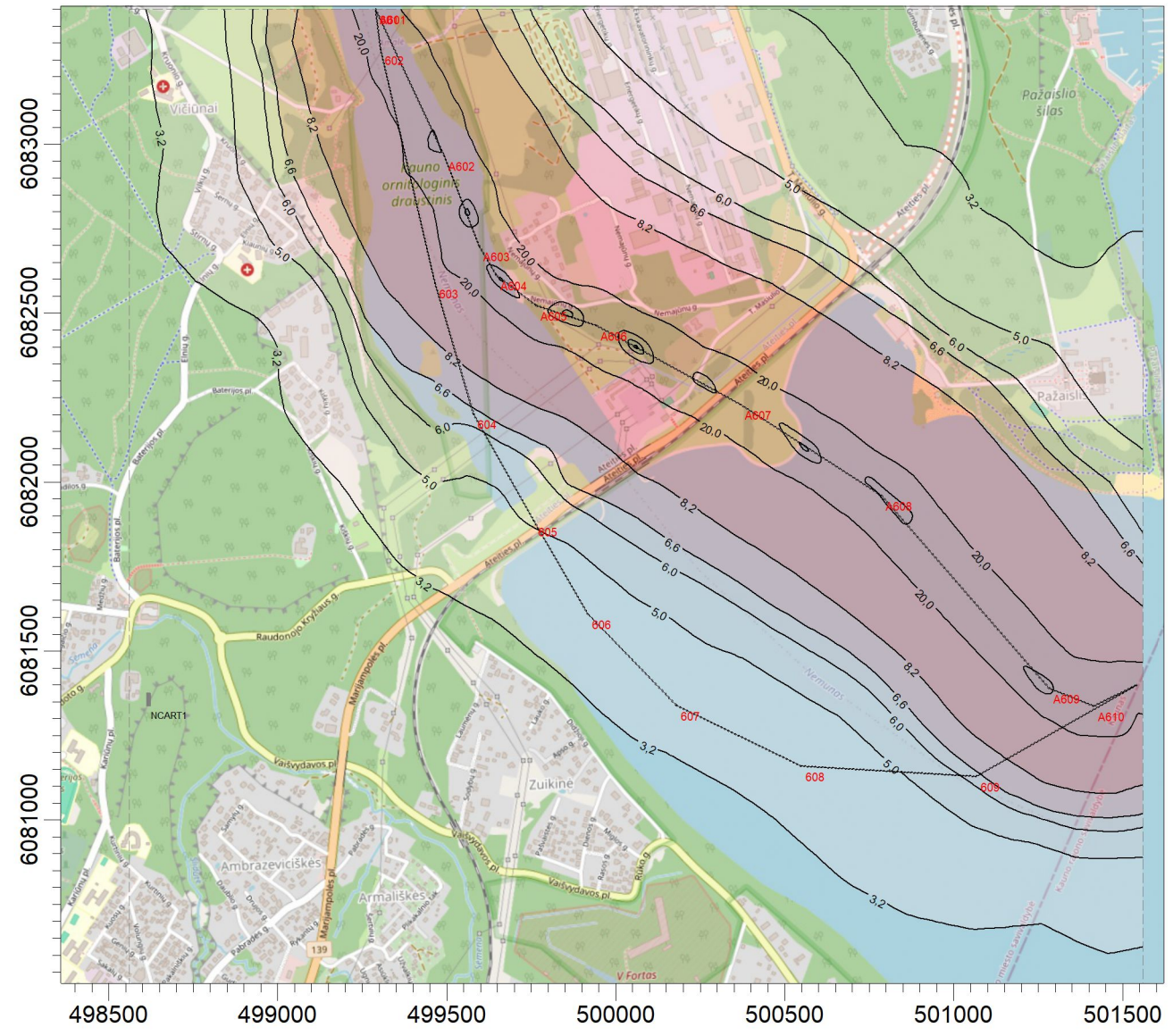
Max: 94,89 [ug/m^3] at (499860,00, 6081700,00) ug/m^3

16,80 19,20 20,50 22,50 26,20 40,00 50,00 78,19 86,54 94,89

COMMENTS: Alternatyva I Teršalas - azoto dioksidas NO2; Vidurkinimo periodas - 1 valanda(99.8 procentilis); Vertinama PŪV tarša su fonu; Ribinė vertė - 200 µg/m3.	SOURCES: **21**	COMPANY NAME:	
	RECEPTORS: **1402**	MODELER:	
	OUTPUT TYPE: **Concentration**	SCALE: 1:20 000 0 0,5 km	
	MAX: **94,89 ug/m^3**	DATE: **2025-11-25**	PROJECT NO.:

PROJECT TITLE:

Laivybos šliuzo per Kauno hidroelektrinės užtvanką statyba



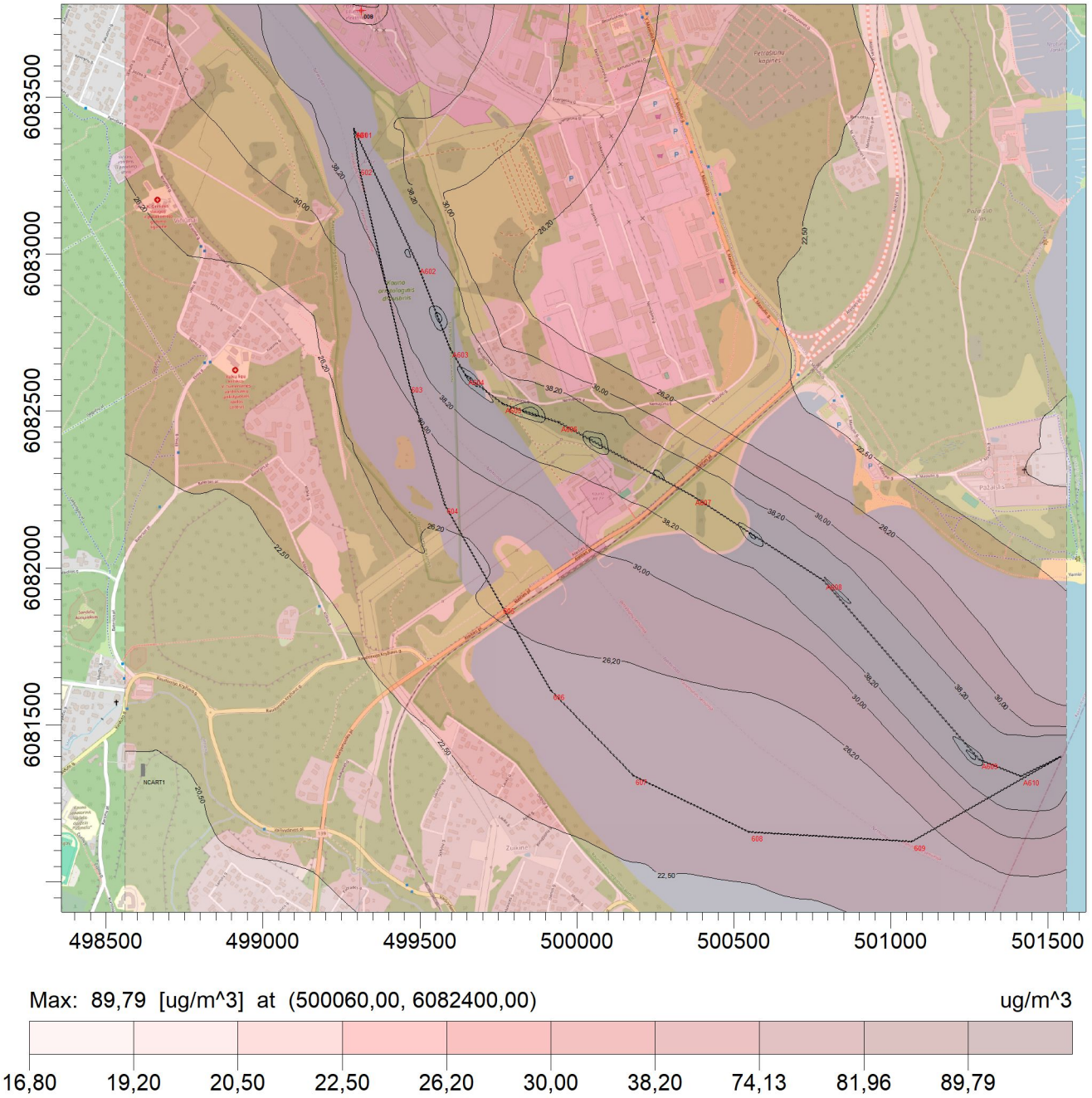
Max: 68,0 [ug/m^3] at (500060,00, 6082400,00) ug/m^3

3,2 5,0 6,0 6,6 8,2 20,0 50,0 60,0 66,0 67,9

COMMENTS: Alternatyva II Teršalas - azoto dioksidas NO2; Vidurkinimo periodas - 1 valanda (99.8 procentilis); Vertinama PŪV tarša; Ribinė vertė - 200 µg/m3.	SOURCES: **19**	COMPANY NAME:	
	RECEPTORS: **1402**	MODELER:	
	OUTPUT TYPE: **Concentration**	SCALE: 1:20 000 0 0,5 km	
	MAX: **68,0 ug/m^3**	DATE: **2025-11-25**	PROJECT NO.:

PROJECT TITLE:

Laivybos šliuzo per Kauno hidroelektrinės užtvanką statyba



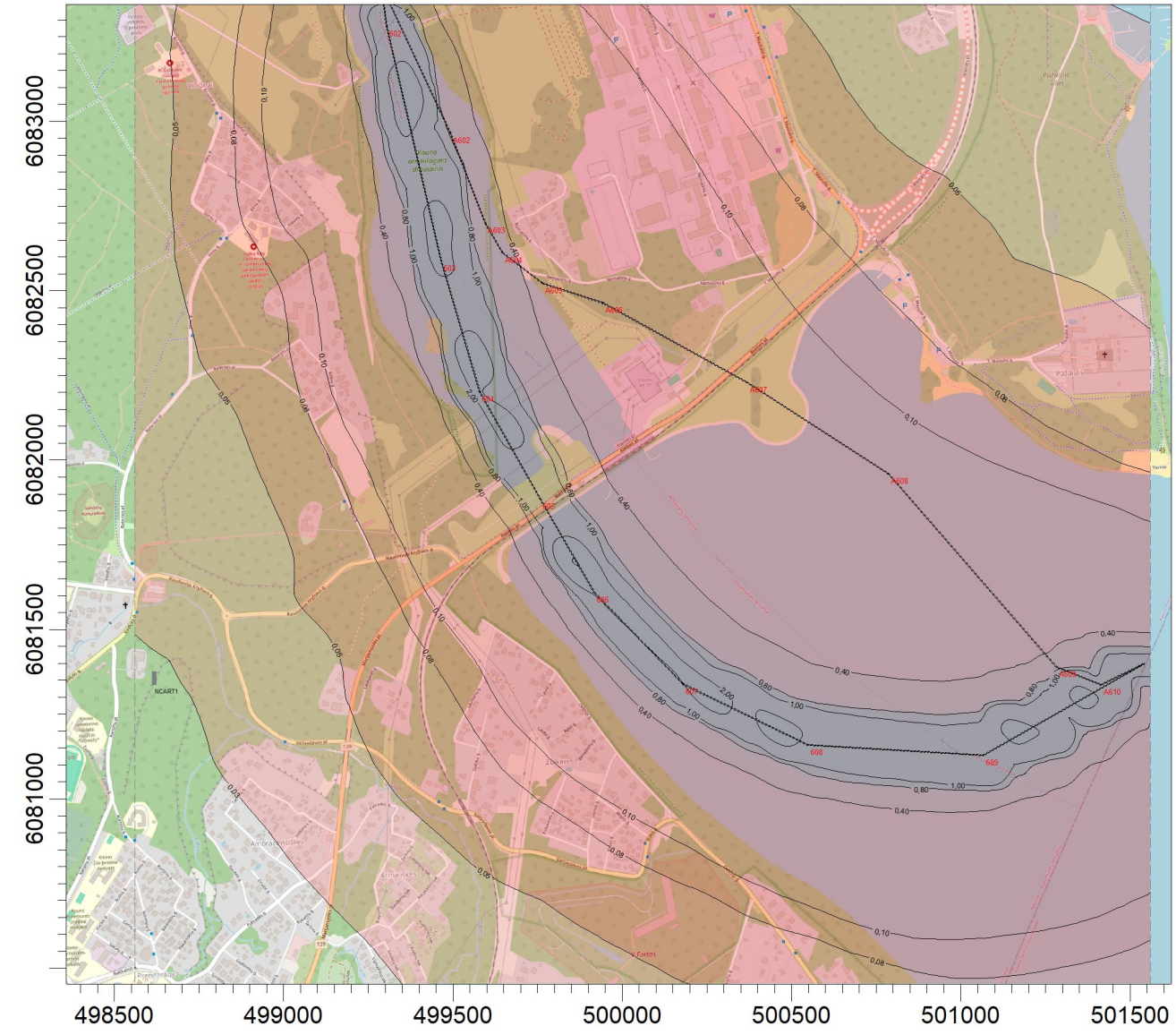
Max: 89,79 [ug/m^3] at (500060,00, 6082400,00) ug/m^3

16,80 19,20 20,50 22,50 26,20 30,00 38,20 74,13 81,96 89,79

COMMENTS: Alternatyva II Teršalas - azoto dioksidas NO2; Vidurkinimo periodas - 1 valanda(99.8 procentilis); Vertinama PŪV tarša su fonu; Ribinė vertė - 200 µg/m3.	SOURCES: **21**	COMPANY NAME:	
	RECEPTORS: **1402**	MODELER:	
	OUTPUT TYPE: **Concentration**	SCALE: 1:20 000 0 0,5 km	
	MAX: **89,79 ug/m^3**	DATE: **2025-11-25**	PROJECT NO.:

PROJECT TITLE:

Laivybos šliuzo per Kauno hidroelektrinės užtvanką statyba



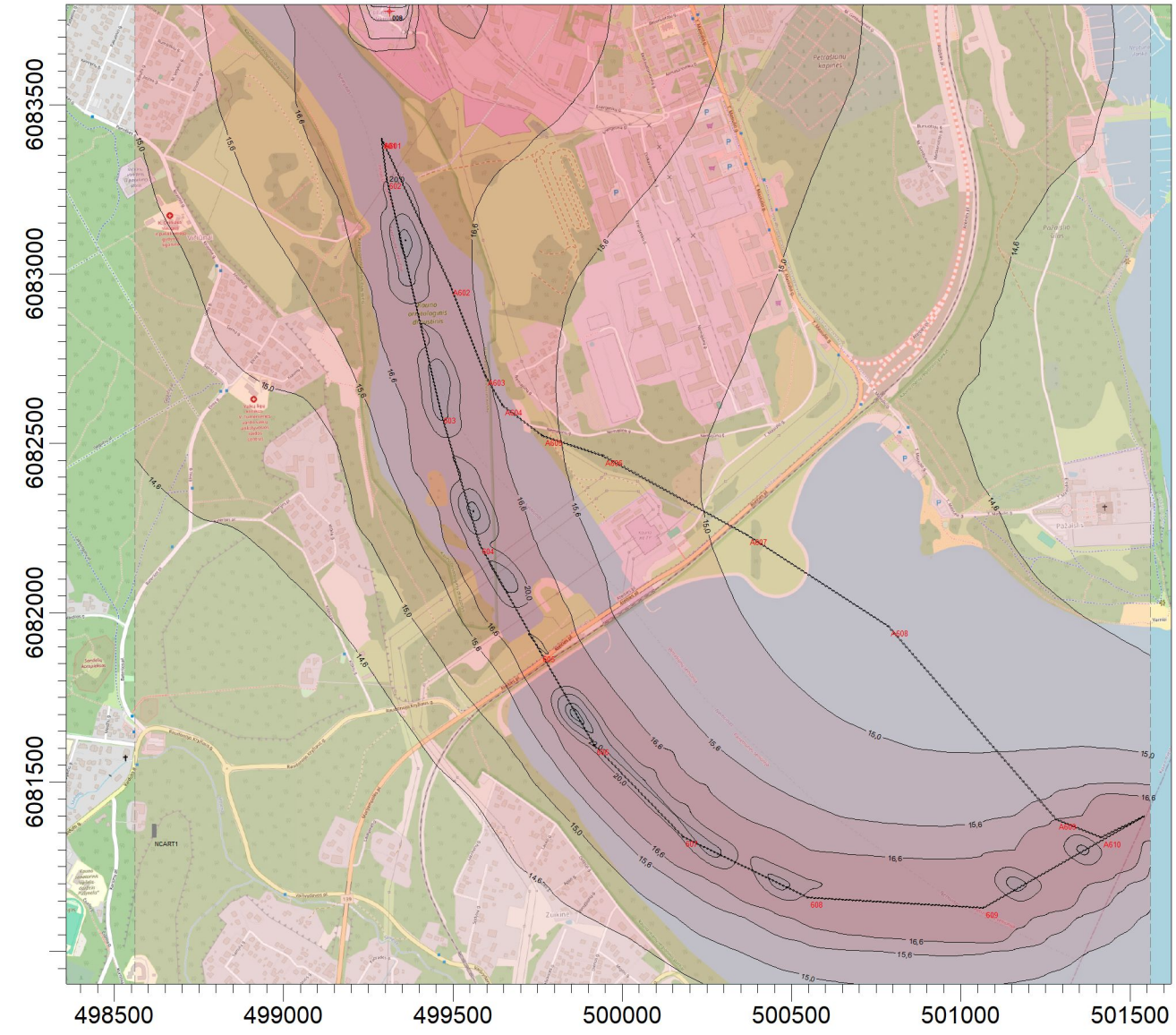
Max: 4,27 [ug/m^3] at (499860,00, 6081700,00) ug/m^3

0,03 0,05 0,08 0,10 0,40 0,80 1,00 2,00 4,00 4,27

COMMENTS: Alternatyva I Teršalas - azoto dioksidas NO2; Vidurkinimo periodas - metai; Vertinama PŪV tarša; Ribinė vertė - 40 µg/m3.	SOURCES: **19**	COMPANY NAME:	
	RECEPTORS: **1402**	MODELER:	
	OUTPUT TYPE: **Concentration**	SCALE: 1:20 000 0 0,5 km	
	MAX: **4,27 ug/m^3**	DATE: **2025-11-25**	PROJECT NO.:

PROJECT TITLE:

Laivybos šliuzo per Kauno hidroelektrinės užtvanką statyba



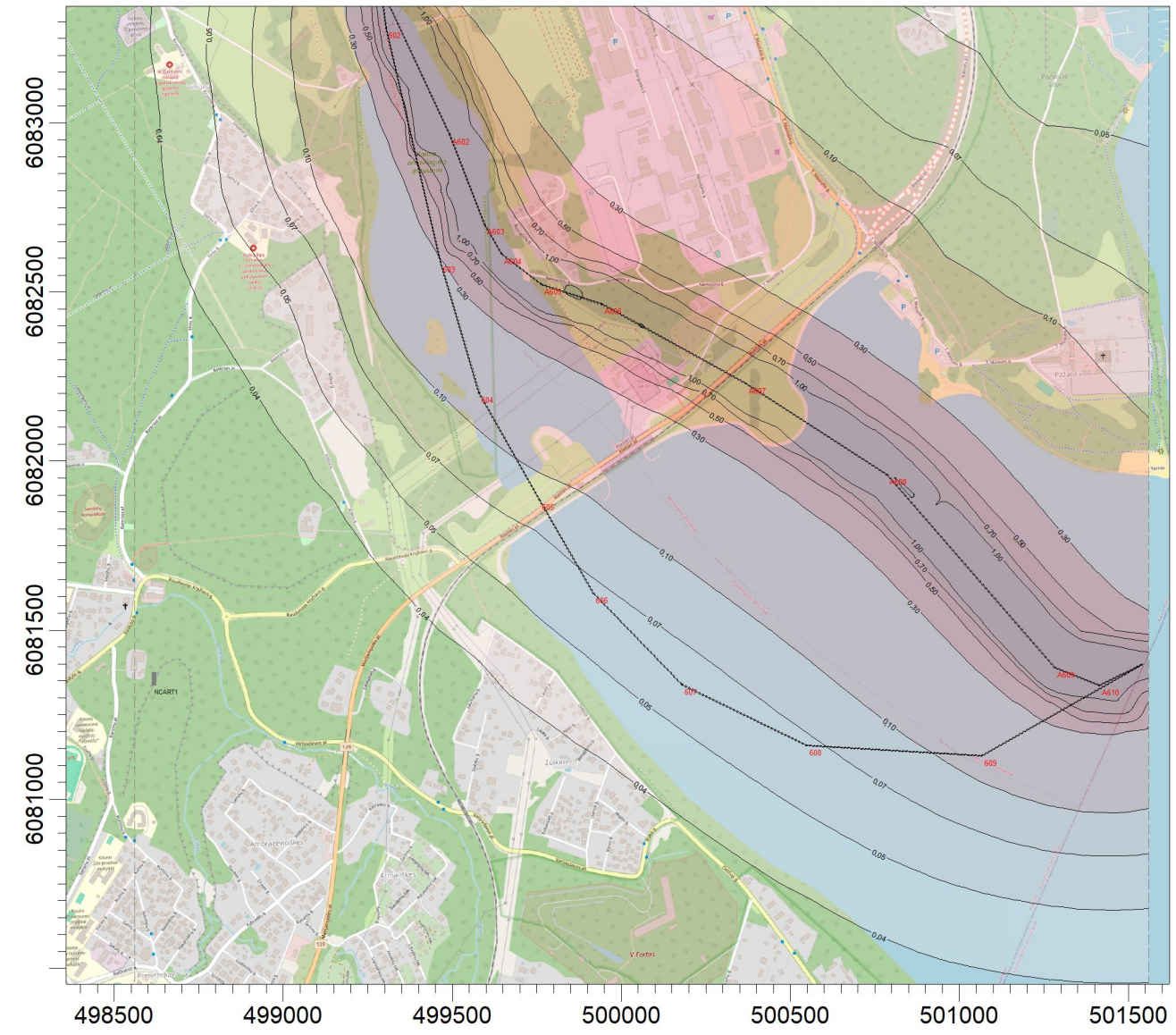
Max: 27,13 [ug/m^3] at (499860,00, 6081700,00) ug/m^3

14,20 14,60 15,00 15,60 16,60 20,00 22,00 24,27 25,70 27,13

COMMENTS: Alternatyva I Teršalas - azoto dioksidas NO2; Vidurkinimo periodas - metai; Vertinama PŪV tarša su fonu; Ribinė vertė - 40 µg/m3.	SOURCES: **21**	COMPANY NAME:	
	RECEPTORS: **1402**	MODELER:	
	OUTPUT TYPE: **Concentration**	SCALE: 1:20 000 0 0,5 km	
	MAX: **27,13 ug/m^3**	DATE: **2025-11-25**	PROJECT NO.:

PROJECT TITLE:

Laivybos šliuzo per Kauno hidroelektrinės užtvanką statyba



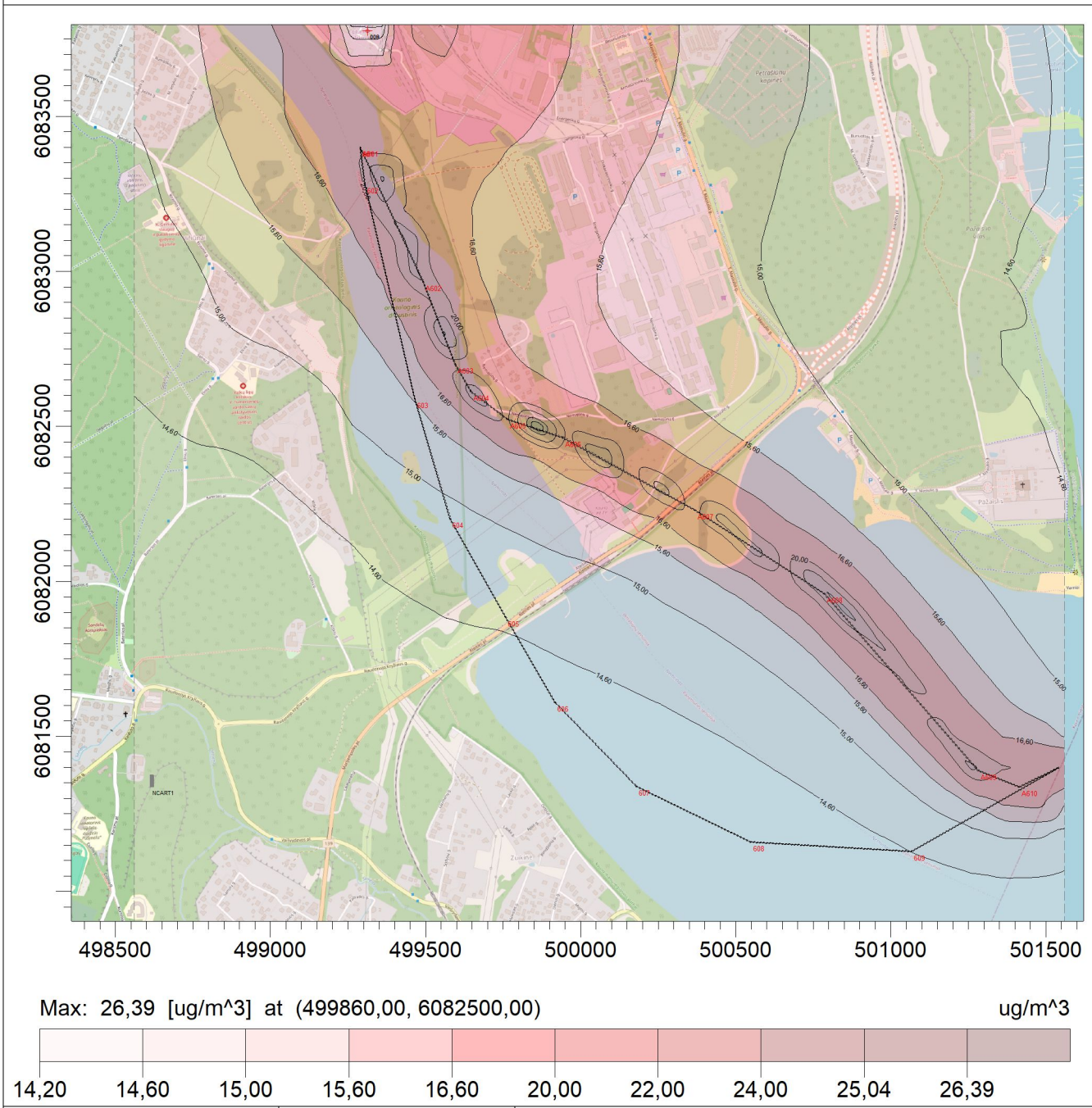
Max: 3,54 [ug/m^3] at (499860,00, 6082500,00) ug/m^3

0,04 0,05 0,07 0,10 0,30 0,50 0,70 1,00 3,00 3,54

COMMENTS: Alternatyva II Teršalas - azoto dioksidas NO2; Vidurkinimo periodas - metai; Vertinama PŪV tarša; Ribinė vertė - 40 µg/m3.	SOURCES: **19**	COMPANY NAME:	
	RECEPTORS: **1402**	MODELER:	
	OUTPUT TYPE: **Concentration**	SCALE: 1:20 000 0 0,5 km	
	MAX: **3,54 ug/m^3**	DATE: **2025-11-25**	PROJECT NO.:

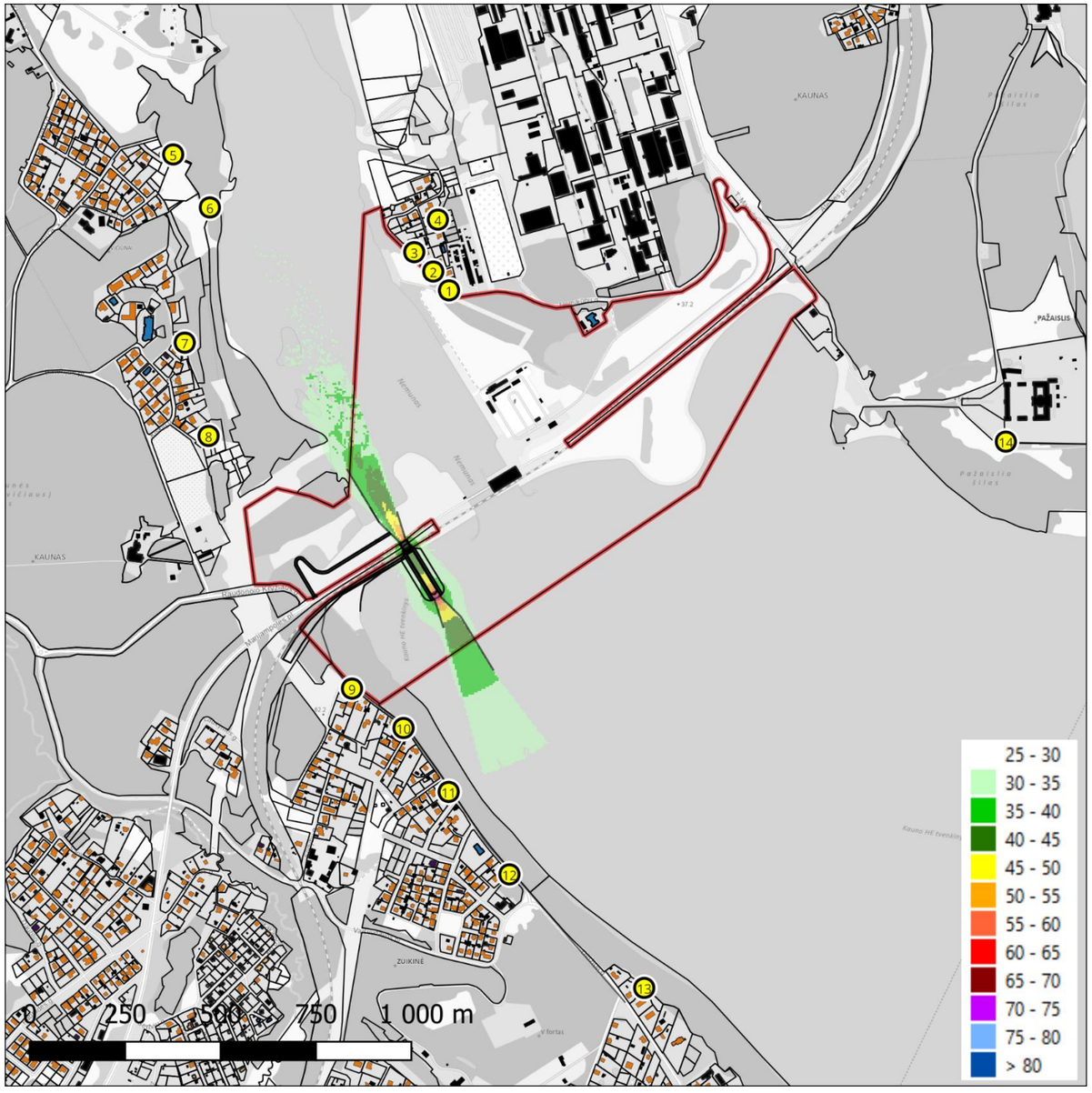
PROJECT TITLE:

Laivybos šliuzo per Kauno hidroelektrinės užtvanką statyba

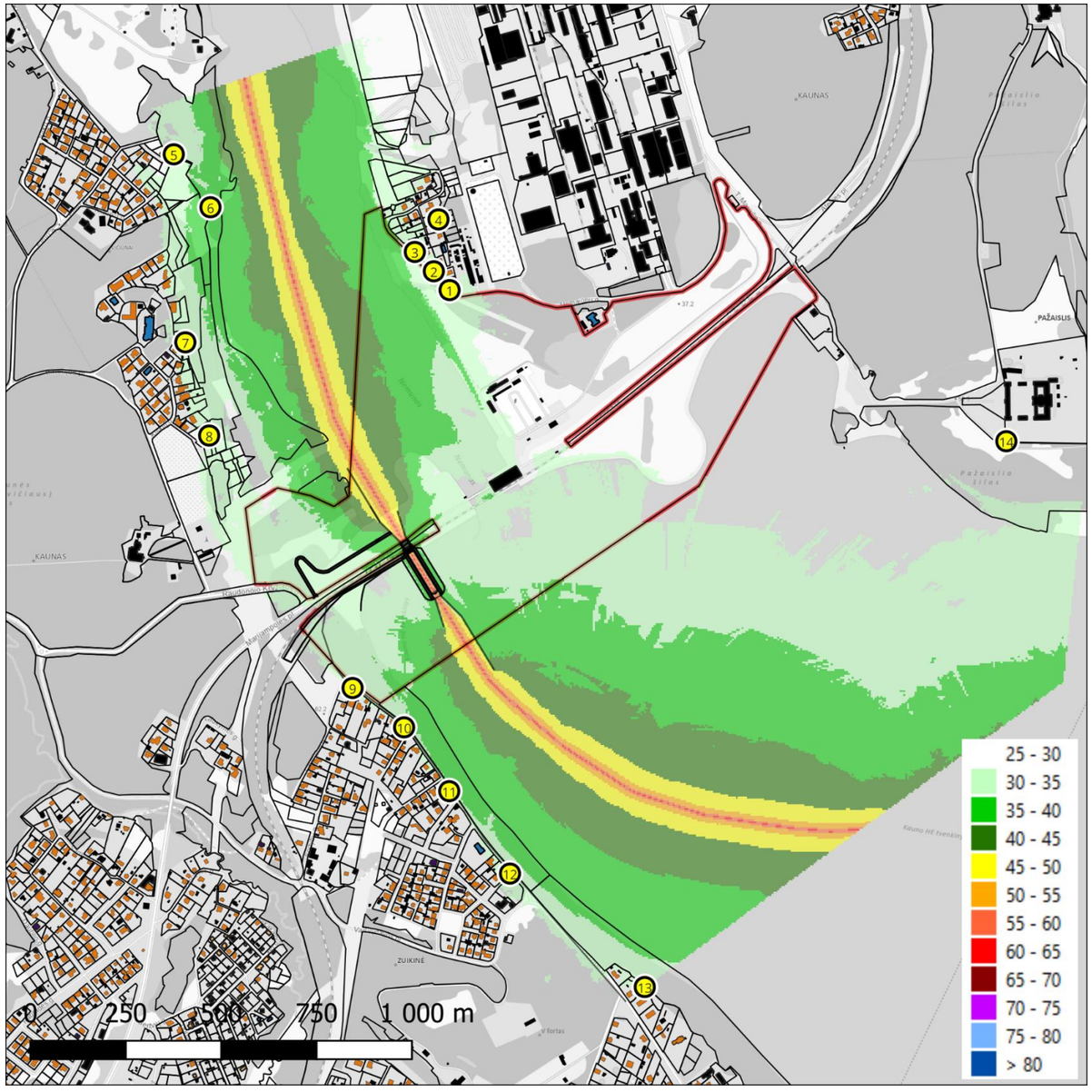


COMMENTS: Alternatyva II Teršalas - azoto dioksidas NO2; Vidurkinimo periodas - metai; Vertinama PŪV tarša su fonu; Ribinė vertė - 40 µg/m3.	SOURCES: **21**	COMPANY NAME:	
	RECEPTORS: **1402**	MODELER:	
	OUTPUT TYPE: **Concentration**	SCALE: 1:20 000 0 0,5 km	
	MAX: **26,39 ug/m^3**	DATE: **2025-11-25**	PROJECT NO.:

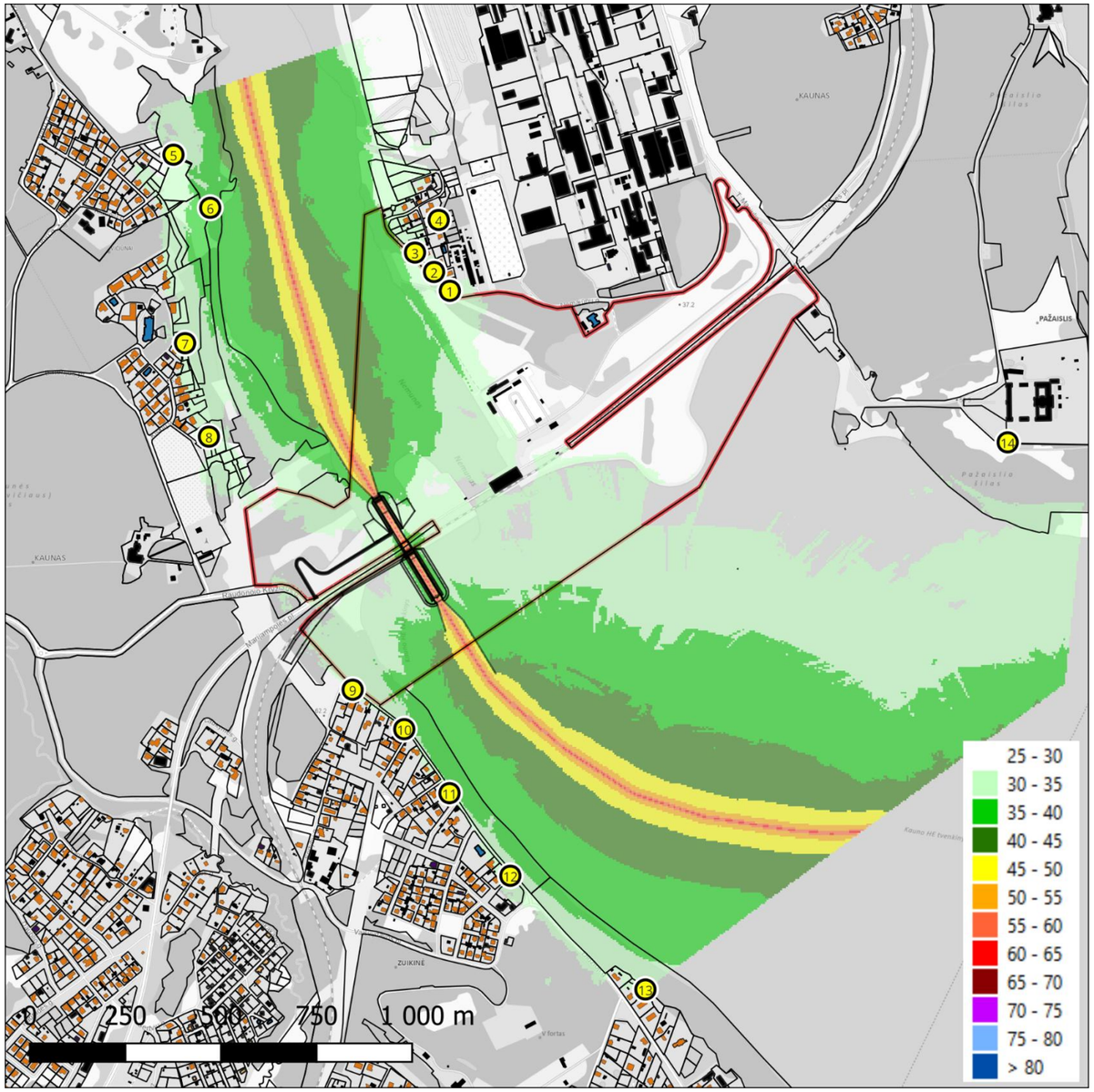
Priedas Nr. 9 Triukšmo modeliavimo rezultatai



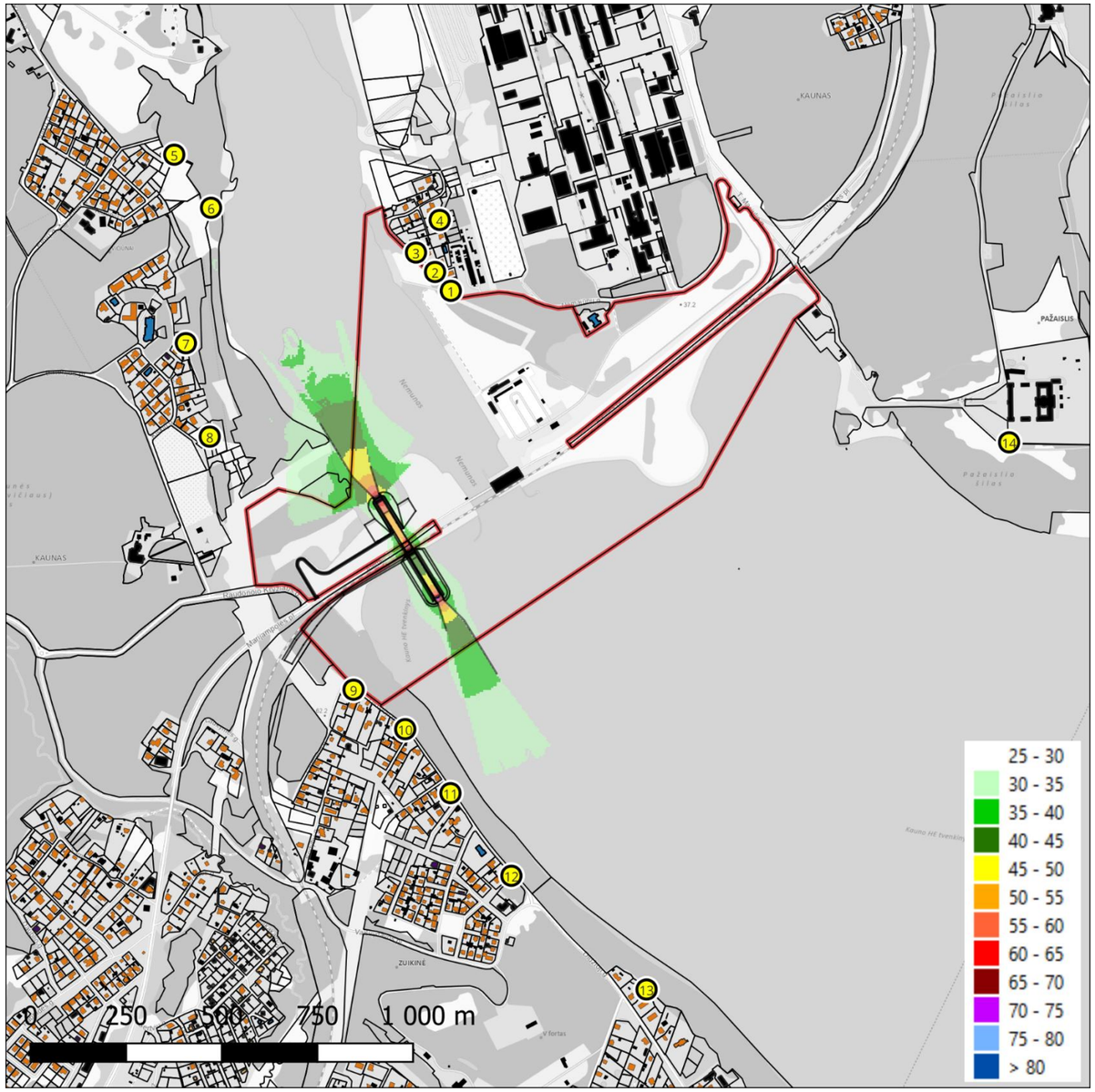
I-1 alternatyva. Sumodeliuotas pramoninis - vartų mechanizmų ir vandens turbulencijų keliamas triukšmas (L_{Aeq})



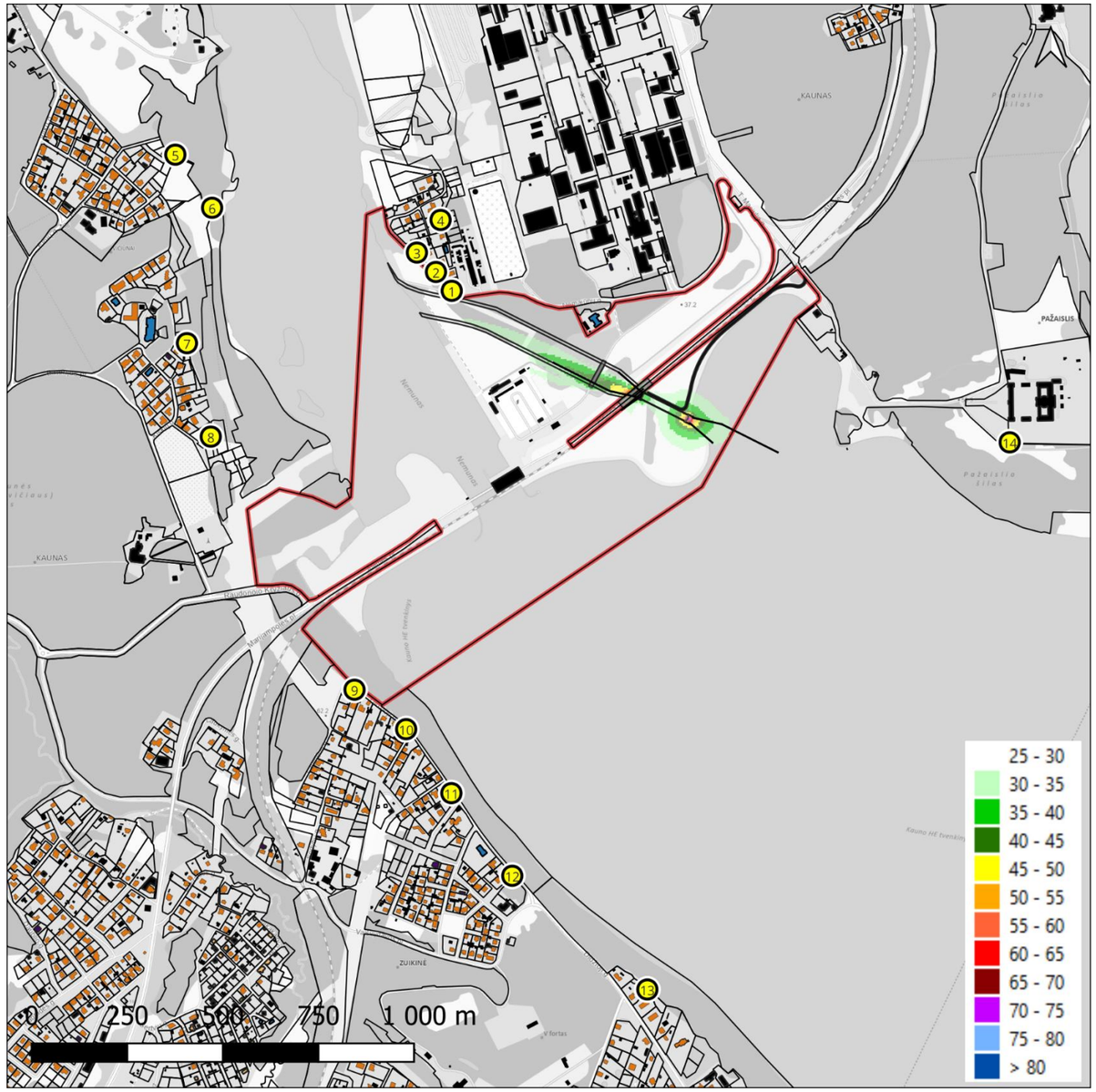
I-1 alternatyva. Sumodeliuotas laivų eismo keliamas triukšmas (L_{Aeq})



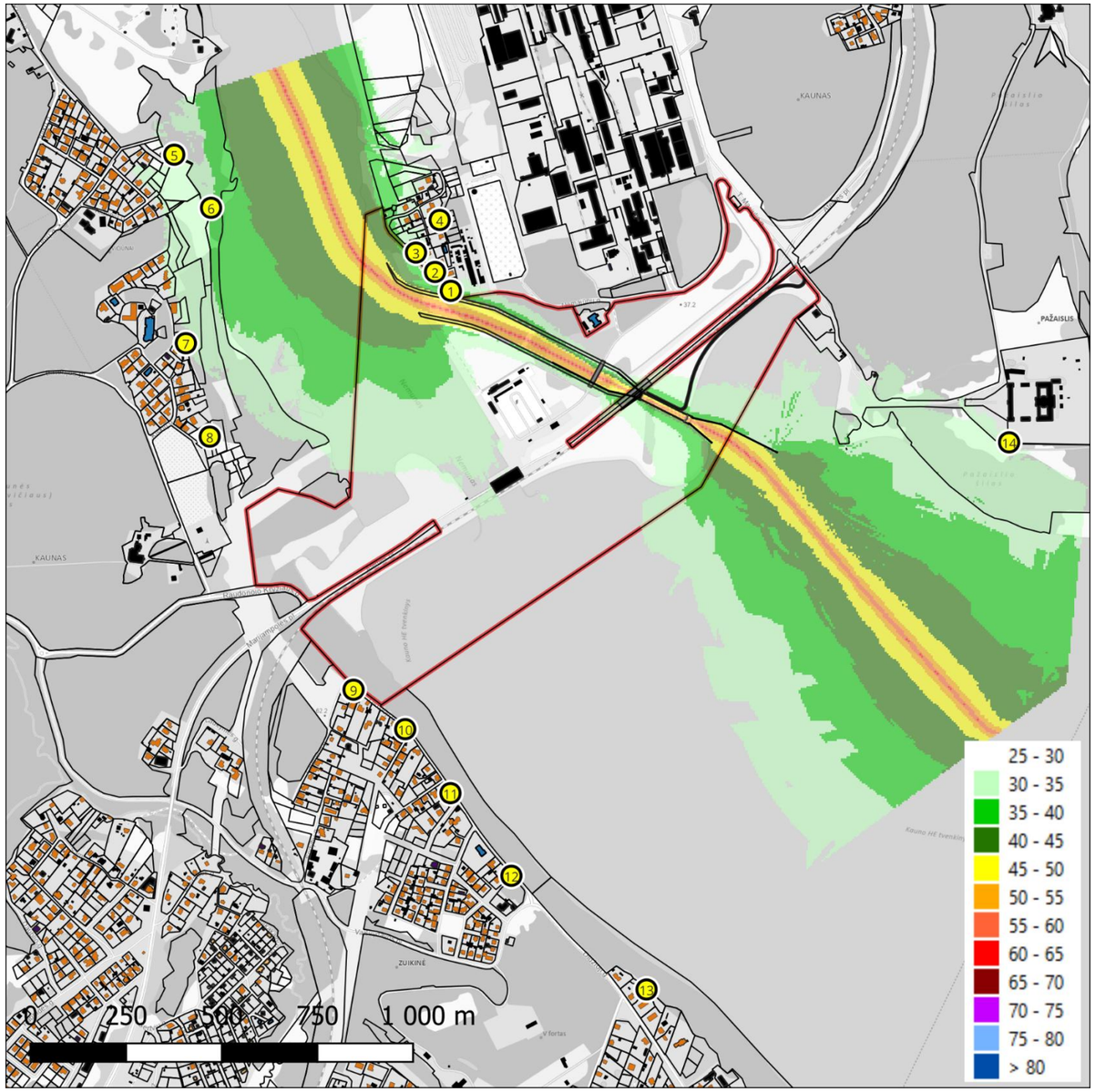
I-2 alternatyva. Sumodeliuotas pramoninis - vartų mechanizmų ir vandens turbulencijų keliamas triukšmas (L_{Aeq})



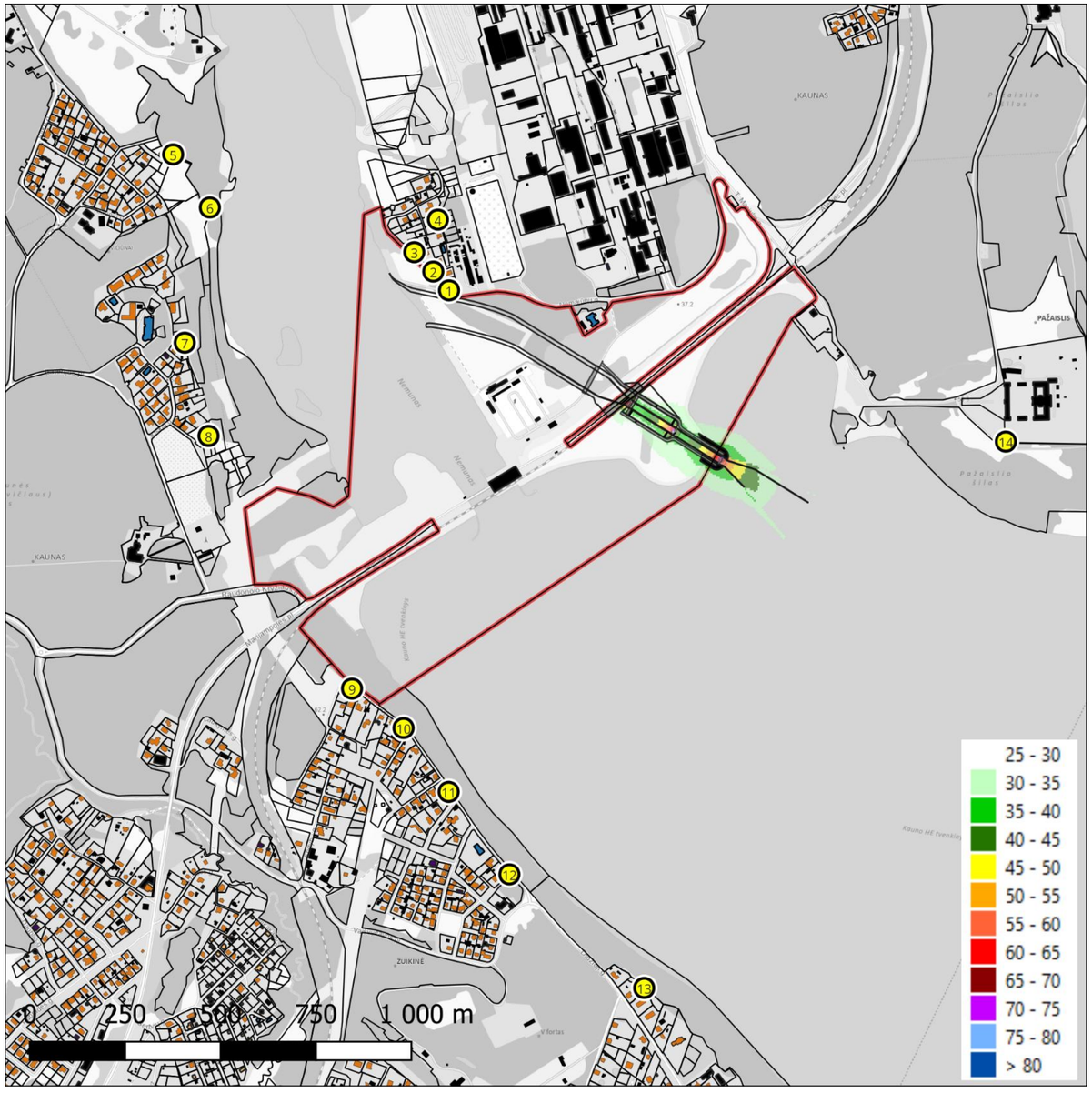
I-2 alternatyva. Sumodeliuotas laivų eismo keliamas triukšmas (L_{Aeq})



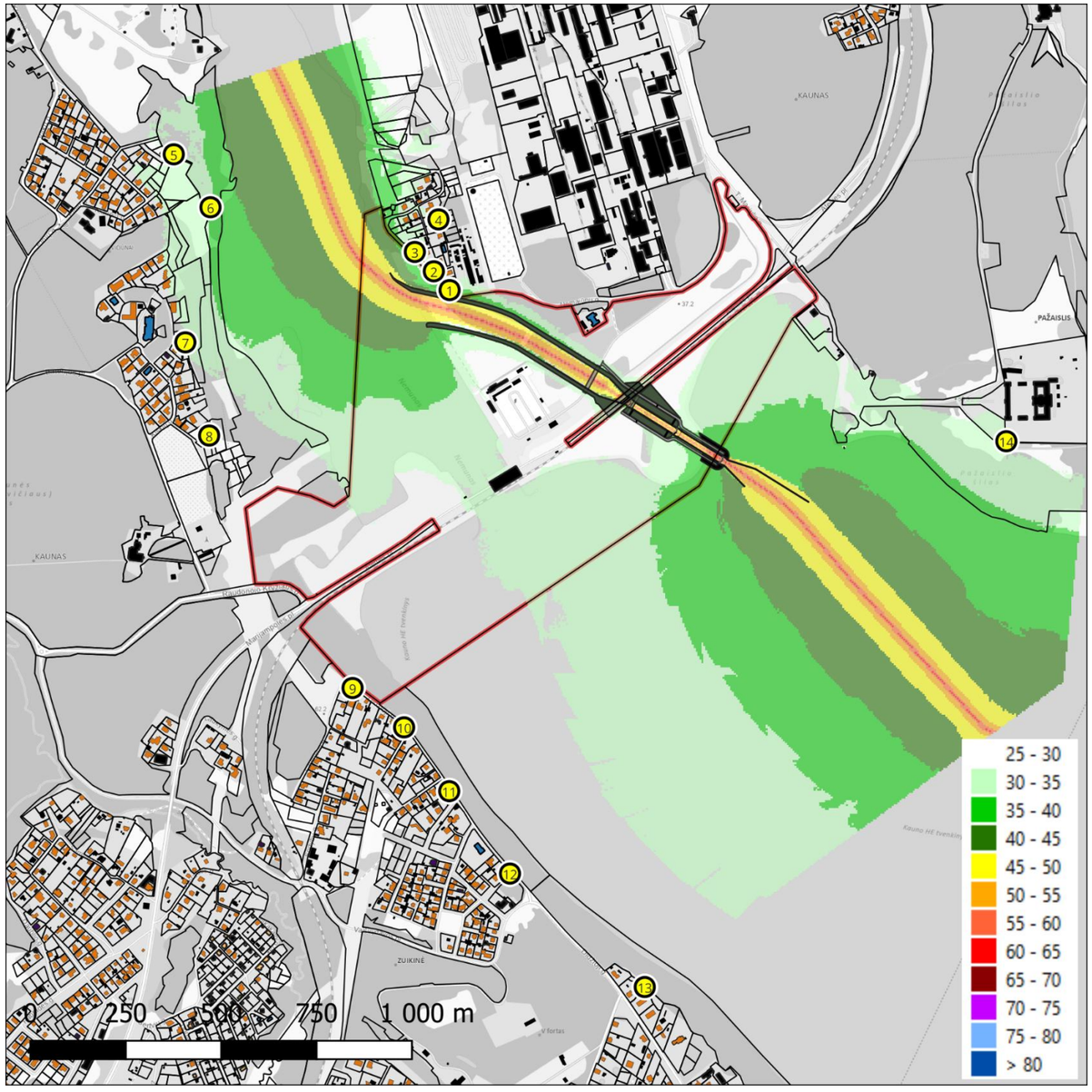
II-1 alternatyva. Sumodeliuotas pramoninis - vartų mechanizmų ir vandens turbulencijų keliamas triukšmas (L_{Aeq})



II-1 alternatyva. Sumodeliuotas laivų eismo keliamas triukšmas (L_{Aeq})



II-2 alternatyva. Sumodeliuotas pramoninis - vartų mechanizmų ir vandens turbulencijų keliamas triukšmas (L_{Aeq})



II-2 alternatyva. Sumodeliuotas laivų eismo keliamas triukšmas (L_{Aeq})

Priedas Nr. 10 Rizikos veiksniai laivybos šliuzo ties Kauno HE užtvanka statybos proceso ir eksploatacijos metu. Šliuzo avarijos analizė

aplan

UŽSAKOVAS	AB „Vidaus vandens kelių direkcija“
PROJEKTUOTOJAS	UAB „Aplan“
VIEŠOJO PIRKIMO OBJEKTO PAVADINIMAS	Kauno hidroelektrinės laivybos šliuzo Nemuno aukštupiui ir žemupiui sujungti įrengimo poveikio aplinkai vertinimo ir projektinių pasiūlymų dokumentacijos parengimas (Nr.668925, CVPIS)
PROJEKTO PAVADINIMAS	Laivybos šliuzo įrengimo per Kauno Algirdo Brazausko hidroelektrinės užtvanką projektiniai pasiūlymai
OBJEKTO ADRESAS	T.Masiulio g. 22A, Kaunas
STATINIO KATEGORIJA	Ypatingasis statinys
STATYBOS RŪŠIS	Nauja statyba
ETAPAS	**Tyrimai**
PAVADINIMAS	Rizikos veiksnių, šliuzo avarijos analizė, modeliavimas ir poveikio vertinimo ataskaita
PROJEKTO NUMERIS	24.20240419

Atestato Nr.	Pareigos	Vardas Pavardė	Parašas
	UAB „Aplan“ direktorius	Martynas Mačiulis	
A 1478	Projekto vadovas	Arūnas Latakas	
32200	Projekto koordinatorė	Edita Šalnė	
	Ataskaitos rengėjas	Doc. dr. Egidijus Kasiulis	

Vilnius, 2025 m.




Rizikos veiksniai laivybos šliuzo ties Kauno HE užtvanka statybos proceso ir eksploatacijos metu. Šliuzo avarijos analizė

Sutarties numeris: 24.20240419-V2

Vykdytojai: Doc. dr. Egidijus Kasiulis (ind. v. paž. Nr. 771650)

Dr. Linas Jurevičius

Užsakovas: UAB „Aplan“

Kaunas, 2025-07-31

ĮVADAS

Ataskaita parengta pagal 2025 m. kovo mėn. 17 d. pasirašytos sutarties Nr. 24.20240419-V2 nuostatas.

Ataskaitos tikslas – nustatyti laivybos šliuzo per Kauno HE užtvanką rizikos veiksnius statybos proceso ir eksploatacijos metu. Atlikti šliuzo avarijos analizę, poveikį Kauno hidroelektrinei, Kauno miestui ir aplinkai. Įvertinti žalą turto, aplinkos ir energetikos aspektais.

Ataskaitoje lygiagrečiai nagrinėjami keturi galimi laivybos šliuzo variantai ties Kauno HE užtvanka: vienos arba dviejų kamerų šliuzas užtvankos pietvakarių pusėje ir vienos arba dviejų kamerų šliuzas užtvankos šiaurės rytų pusėje.

1. Rizikos veiksniai statybos proceso metu

1.1 Geologija ir užtvanka

Teritorijos geologinės sąlygos buvo tirtos prieš pradedant Kauno HE užtvankos statybas, 1951-1956 m. Pirmojo varianto vietoje yra senoji Nemuno vaga, užpildyta žemių užtvankos statybos metu. Antrojo varianto vietoje užtvankos pagrinde tebeglūdi pradiniai molingo dirvožemio sluoksniai.

Abiejais statybos variantais laivybos šliuzas turės kirsti esamos užtvankos masyvą su veikiančia hidroelektrine. Užtvankos ketera eina intensyvaus eismo kelio ruožas, yra geležinkelis su planuojama Rail Baltica trasa. Visi šie susiję statiniai, statybos metu gali sukelti keletą rizikų. Reikia įsitikinti, ar intesyvaus eismo keliu, o ypač geležinkeliu metu atsiradusios vibracijos neturės įtakos laikinų statybos metu naudojamų konstrukcijų stabilumui. Statybų metu gali tekti laikinai stabdyti eismą keliu ir geležinkeliu, norint išvengti avarijų tikimybės statybvietėje dirbant sunkiąjai technikai dėl susidurimų, pažeidimų geležinkelio bėgiams ar kitų rizikų.

Reikalinga užtikrinti, kad šliuzui kertant užtvankos masyvą nebūtų sutrikdytas užtvankos šlaite esančių paviršinio vandens nuvedimo latakų ir užtvankos masyve esančių apsaugančių nuo geofiltracijos užtvankos elementų efektyvus darbas. Jų sutrikdymas gali lemti žemutinio šlaito užmirkimą, kas gali sukelti nuošliaužos riziką. Įvykus nuošliaužai, būtų sutrikdytas užtvankos stabilumas bei gebėjimas atlaikyti tvenkinio vandens slėgį, kas gali lemti užtvankos avariją ir griūtį.

Šliuzo statybos metu neturi būti sutrikdytas hidroelektrinės darbas. Projektuojant turėtų būti nustatyta leistinų deformacijų riba ir statybos metu nuolat stebimas gruntinio vandens lygio kitimas ties visa užtvanka ir hidroelektrinės pastato deformacijos. Šios užduoties sudėtingumą gerai atspindi Lueneburg šliuzo plėtra ant Elbės kanalo Vokietijoje. Šioje vietoje šalia esančio laivų lifto yra planuojamas naujas šliuzas, galintis perkelti didesnių matmenų laivus. Statybos metu laivų liftas turi veikti ir jame dėl konstrukcijos sudėtingumo galimos labai mažos deformacijos. Naujo Lueneburg šliuzo vietos parinkimui buvo atlikti išsamūs geologiniai tyrinėjimai kartu nustatant požeminio vandens lygį, o statybų įtaka esamai infrastruktūrai buvo tiriama pasitelkiant išsamų 2D ir 3D modeliavimą [1].

Taipogi užsienio autoriai įspėja ir dėl to, kad būtų įvertintas šlaitų stabilumas, laivų šliuzų statybos metu [2]. Nors Kauno HE atveju statybos bus vykdomos kur kas lengvesnėmis sąlygomis nei Trijų Tarpeklių užtvankos vietoje, reikėtų nepamiršti, kad, ypač pasirinkus vienos šliuzo kameros variantą, darbai būtų vykdomi gilesnėje nei 20 m. iškasoje. Tokiu atveju nėra svarbu, ar bus pasirinktas pirmasis variantas kur galimai būtų reikalinga formuoti dirbtinę salą, ar antrasis variantas, kai iškasa kirstų užtvankos masyvą, bus reikalinga užtikrinti kad statybų aištelės iškasos kraštuose šlaitas išliktų stabilus, be nuošliaužų, užgriuvimo rizikos.

Bet kokiu atveju bus reikalinga suderinti šliuzo statybos darbus ir jų eiliškumą su Kauno HE užtvankos valdytoju ir Kauno HE operatoriumi. Darbų grafikas turės būti suderintas su hidroelektrinės darbo režimu. Apie darbų eigą valdytojas ir operatorius turės būti nuolat informuojami. Taip pat jie turės būti informuoti apie visas galimas rizikas statybos metu.

1.2 Hidrologinė (potvynio) rizika

Laivybos šliuzo statybos per Kauno HE gali būti vykdomos sausuoju, šlapiuoju ar mišriu būdu. Statybos šlapiuoju būdu vis dar yra laikomos inovacija. Šis metodas, pirmą kartą panaudotas statant naftos platformas, o vėliau tiltus, jau yra taikomas ir statant laivybos šliuzus. Šis novatoriškas metodas pasižymi keliais pranašumais, palyginti su įprastu statybos metodu. Surenkamųjų konstrukcijų gamyba, taikant šliapiąjį statybos metodą, gali būti atliekama kontroliuojamoje aplinkoje, kur konstrukcijos kokybė gali būti užtikrinama geriau nei monolitinio betono konstrukcijų atveju. Ši technologija taip pat gali suteikti didesnį statybos proceso lankstumą, leidžiantį lengviau prisitaikyti prie skirtingų statybvietės ir suinteresuotų šalių, pvz. hidroelektrinės, poreikių, pavyzdžiui, atliekant darbus nepalankiu sezono metu. Ruošiant surenkamas konstrukcijas gamykoje prieiga prie statybinių medžiagų

ir prie patyrusio personalo tampa lengvesnė. Dėl to galima gerokai sutrumpinti statybos laiką, sumažinti neigiamą poveikį aplinkai ir kitas statybos rizikas [3].

Kad ir koks statybos būdas būtų pasirinktas, ar formuojant dirbtinę salą, ar šlapiuoju būdų atliekant darbus po vandeniu, ar kertant užtvankos masyvą, būtina atkreipti dėmesį į tai, kad vykdant darbus visada išliks pavasarinio potvynio ar liūčių poplūdžio pavojus. Šiuo metu Kauno HE tvenkinio naudojimo ir priežiūros taisyklėse nurodytas maksimalus pavasario potvynio debitas yra $Q_{0,1\%}$ = 4440 m^3/s, maksimalus poplūdžio debitas - $Q_{1\%}$ = 1060 m^3/s, o tvenkinio žemutiniame bjefe vandens lygis, tekant makimaliam potvynio debitui, nurodytas 30,80 m.

Vis tik, vandens lygis, esant maksimaliam potvynio debitui, yra svarbus ne tik žemutiniame bjefe, tačiau ir aukštutiniame, kur nekontroliuojamas vandens lygio kitimas gali sukelti statybų aikštelės užliejimo pavojų. Kad šis pavojus yra realus, įrodo 1958 m. įvykiai statant Kauno HE. 1958 m. pavasario potvynis Nemune vos neužliejo statomos Kauno HE pamatų duobės. Statybininkai vos spėjo paaukštinti jos apsauginį pylimą [4]. Tiesa, tai įvyko Kauno HE projektuotojams suklydus ir, priėmus per trumpą hidrologinių duomenų eilę, neteisingai apskaičiavus maksimalų pavasario potvynio debitą Nemune ties Kaunu. Šiandien ši klaida yra ištaisyta. Tačiau net ir vykdant statybas sausuoju metų laiku, vertėtų įsivertinti riziką ir pasirengti priemones staigiam vandens lygio Kauno HE tvenkinyje kilimui dėl kurio kiltų pavojus ne tik statybų aikštelės įrengimams, tačiau ir ten dirbantiems žmonėms.

Šiandien atsiranda ir dar viena rizika, kuri yra susijusi su klimato kaita. Dabar galiojančios Kauno HE tvenkinio naudojimo ir priežiūros taisyklės yra patvirtintos 2016 m., t.y. jau beveik prieš 10 metų. Taigi, potvynio ir poplūdžio debitai yra tikslinti gan seniai, palyginus su klimato kaitos sukeltų pokyčių sparta. Vertinant potvynio riziką, reikėtų atsižvelgti į klimatinių sąlygų kaitą, ypač jei statybos truks keletą metų. Jeigu paskutinės klimatinės tendencijos rodo, kad pavasariniai potvyniai Lietuvoje mažėja dėl šiltėjančių žiemų, tačiau staigių liūčių bei kitų kritulių sukelti poplūdžiai iššaukia vis didesnes problemas.

Su šia rizika tiesiogiai yra susijusi ir kita rizika, ypač jei būtų pasirinktas variantas visas statybas vykdyti sausuoju būdu. Būtinai reikia įvertinti, kad laikinos užtvankos, užtvaros, apytakiniai kanalai vandeniui praleisti, atraminės sienos ir kiti elementai, skirti atskirti statybos aikštelę, būtų pastatyti kokybiškai ir būtų nuolat stebimi. Tai reikalinga norint išvengti avarijų, susijusių su šiais elementais. Tokių avarijų priežastis galėtų būti nepakankamas kokstrukcijų stiprumas, nes šios konstrukcijos turės atlaikyti tvenkinio vandens hidrostatinį ir hidrodinaminį spaudimą. Turės būti numatytos priemonės tvarkytis su besifiltruojančiu apie statybų aikštelę vandens kiekiu ir pro laikinų konstrukcijų plyšius į statybų aikštelę patenkančiu vandens kiekiu. Laikinoms konstrukcijoms turi būti partinkta tinkama vieta, parintos tinkamos medžiagos ir šios konstrukcijos pastatytos kokybiškai.

1.3 Alinkosauginė rizika

Daug galimos žalos elementų ir rizikų statant laivybos šliuzą pasaulinėje literatūroje, susijusių su aplinkosauga, yra nurodomos, kaip hidrologinio režimo pakeitimas, įtaka deguonies kiekiui vandenyje ar kitiems vandens kokybės parametrams dėl to, kad dirbtinai sudaromos sąlygos sulėtinančios natūralų vandens tekėjimą [5,6]. Tai yra kalbama apie tai, kad projektuojant laivybos kelius ir statant laivybos šliuzus didesnėse upėje, natūralų upės režimą prireikia dirbtinai reguliuoti kartu statant įvairaus aukščio slenksčius ar užtvankas.

Laivybos šliuzas per Kauno HE šiuo požiūriu yra išskirtinis, kadangi statybos vyks išnaudojant esamą infrastruktūrą, t.y. užtvanką, pastatytą prieš 65 metus. Tai taip pat reiškia, kad didžioji dalis žalos aplinkai, paminėtos aukščiau, jau yra padaryta. Kauno HE jau daugiau kaip pusę amžiaus yra aklinai užtvėrusi kelią ne tik laivybai, bet ir žuvų migracijai. Todėl Kauno HE šliuzo poveikio aplinkai vertinimo metu vertėtų ne tik vertinti naują poveikį, bet ir papildomai įvertinti ar ši nauja statyba pablogins ar pagerins situaciją ir jau daromą poveikį aplinkai.

Tai, kad Kauno HE užtvanka užtveria žuvų migracijos kelius turi ir teigiamų aspektų. Šiuo metu aukščiau Kauno HE negali migruoti invazinės žuvų ir vėžių rūšys, išvardintos laivybos šliuzo per Kauno HE užtvanka statybos poveikio aplinkai vertinimo programoje: rainuotasis vėžys (*Orconectes limosus*), žymėtasis vėžys (*Pacifastacus leniusculus*), nuodėgulinis grundalas (*Percotus glenii*) ir Kaspijinis upinis grundalas (*Neogobius fluviatilis*). Rizika, kad statant šliuzą ar jo eksloatacijos metu šios invazinės rūšys paplis Nemuno ruože aukščiau užtvankos yra labai didelė. Šios rizikos mažinimo priemonės turėtų būti numatytos poveikio aplinkai ataskaitoje.

Kadangi šliuzo statybos neišvengiamai palies Kauno marių teritoriją, kuri yra saugoma kaip Kauno marių regionis parkas ir kaip Natura 2000 teritorija paukščių apsaugai ir būveinių apsaugai, reikalinga įvertinti būsimas rizikas, tokias kaip triukšmas, dulkės, šiltnamio efektą sukeliančių dujų išmetimas ir jų paplitimas dėl vyraujančių vėjo ir kt. Turi būti įvertintas šių rizikos veiksnių galimas poveikis gyvūnų ir paukščių buveinėms. Galima numatyti, kad šliuzo statybos vyks šiltuoju metų periodu, kai Nemuno vadeningumas yra mažiausias. Tai taip pat yra ir laikas, kai atsivedami jaunikliai ir peri paukščiai. Tam šliuzo statybos neturi trukdyti.

Kauno HE užtvankai pertvėrus Nemuno upę ir sulėtinus jos tėkmę tvenkinio dugne pradėjo akumuliuotis nešmenys ir dumblas. Akumuliacijos tempas, vykęs 65 metus nėra tiksliai žinomas, kaip ir nėra žinoma ar tvenkinio dumble yra susikaupę teršalai, jų kiekis ir sudėtis. Yra didelė tikimybė, kad Kauno HE tvenkinyje yra akumuliavęsi teršalai, patekę į Lietuvą iš Baltarusijos pusėje esančių įmonių ir kitų teršėjų. Prieš pradedant laivybos šliuzo statybas rekomenduotina ties parinkta šliuzui vieta Kauno marių pusėje paimti ir ištirti keletą dugno mėginių išsiaiškinti teršalų kiekius ir jų sudėtį. Teršalams viršijus leidžiamas koncentracijas reikėtų imtis papildomų priemonių tam, kad neužteršti Nemuno vandens ir nepakenkti ekosistemoms, esančioms žemiau Kauno HE užtvankos.

Taip pat statybos metu reikėtų imtis priemonių, kad neužteršti Nemuno upės ar kitos aplinkos statybinėmis betono, metalo, plastiko ar kt. aliekomis. Vengti naftos ar cheminių produktų išsiliejimų. Darbuotojai turėtų būti instruktuoti kaip elgtis su pavojingomis medžiagomis, jei tokios statybos metu bus naudojamos. Taip pat kaip elgtis esant rizikai, kad Nemuno vanduo ar kita aplinka gali būti užteršta ar šiam faktui įvykus.

1.4 Darbų sauga

Statybą vykdysiantis rangovas/ai, norėdamas užtikrinti darbuotojų saugumą, be abejo vadovausis visais įstatymais, įsakymais, reglamentais, nurodymais ir taisyklėmis. Statybos darbų organizavimas ir reikalavimai darbų saugai bus nurodyti techniniame šliuzo statybos techniniame projekte. Daugelis aspektų statyvietės darbo vietų įrengimui, tokių kaip darbas šalia stačių šlaitų, medžiagų sandėliavimas, darbas su mechanizmais ir t.t bus nesudėtingai aprašomos ir rizikos nesunkiai įvertintos.

Tačiau į vieną aspektą vis tik vertėtų atkreipti dėmesį. Tokios didelės apimties ir tokio sudėtingumo hidrotechninė statyba Lietuvoje pasitaiko labai retai. Pvz., paskutinė mažoji hidroelektrinė Lietuvoje pastatyta 2017 m. Naujo laivų šliuzo statybų Lietuvoje apkritai nėra niekada buvę. Vis tik statybos darbų metu gali būti darbinama vietinė darbo jėga, turinti patirties tik su lietuviško masto užtvankų, slenksčių remontu, rekonstrukcija, ar tarkim tiltų statyba. Tokiu atveju prieš pradedant darbus, visi darbuotojai turėtų būti detaliai instruktuoti apie darbo pobūdį ir galimas rizikas, vykdant tokios apimties statybos darbus.

Papildomai, kadangi statybos darbai vyks šalia veikiančios hidroelektrinės ir naudojamo geležinkelio, apie būsimų darbų pobūdį ir galimas rizikas turi būti informuojami ir hidroelektrinės bei geležinkelio ar kiti darbuotojai, naudojantys su Kauno HE užtvanka tiesiogiai susijusią infrastruktūrą. Jie privalo būti instruktuojami, kaip elgtis statybos metu įvykus įvairaus pobūdžio avarijoms, nelaimingiems atsitikimams, iškilus grėsmei žmogaus gyvybei ar žalingam poveikiui aplinkai.

2. Rizikos veiksniai ekspoatacijos metu

2.1 Bendrai apie galimus rizikos veiksnius

Laivybos šliuzo eksploatacijos metu gali kilti įvairių rizikos veiksnių, tokių kaip *mechaninių ar hidraulinių vartų pakėlimo sistemų gedimai*, kai šliuzo vartai sulūžta dėl konstrukcijos susidėvėjimo ar korozijos [7]. Dėl susidėvėjimo ir korozijos gali atsirasti ir vandens nuotekis į šliuzo kamerą pro jos sienas ar vartus, kas gali susilpninti konstrukcijas. Eksploatuojant šliuzą bus svarbu stebėti galimas deformacijas pačioje užtvankoje, ypač ties kontakto su šliuzu vietomis. Taip pat stebėti ar neatsiranda netolygus grunto sėdimai po naujai pastatyto šliuzo pamatu.

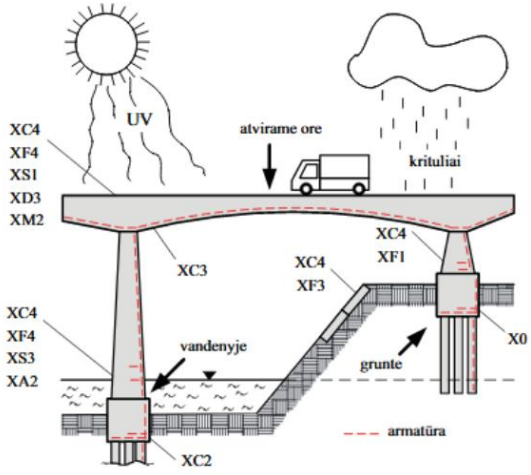
Taip pat rizikos veiksnius gali iššaukti *hidrologiniai veiksniai* dėl potvynių ir vandens lygio svyravimų, kurie gali viršyti šliuzo konstrukcijos galimybes ar vandens tėkmių turbulencijos, sūkuriai ar kiti fiziniai reiškiniai, galintys sukelti konstrukcijų nestabilumą [8]. Įvairūs *aplinkos veiksniai*, tokie kaip ledas ir jo judėjimas ar dumblo ir šiukšlių kaupimasis, gali pakenkti vartams apsunkinant vartų veikimą.

Žmogiškasis faktorius irgi svarbus. Pasitaiko kai dėl netinkamo šliuzo operatorių elgesio arba klaidų sugadinami vartai. Visai laivybos šliuzo infrastruktūrai reikalinga nuolatinė techninė priežiūra. Nepakankama techninė priežiūra ar praleidžiamos apžiūros gali grėsti tuo, kad laiku bus nepastebėtos arba neužfiksuotos esminės pažaidos. Eksplotuojant laivų šliuzą turėtų būti tinkamai instruktuoti darbuotojai, bandant išvengti rizikų, susijusių su darbo vieta, t.y. kritimas iš aukščio, darbas su specifiniais įrengimais, skendimas ir t.t.

Kiti rizikos veiksniai gali būti susiję su *elektros tiekimo* gedimais, kurie sutrigdo automatizuotų sistemų veikimą. Šiuo atveju nėra labai svarbu ar tai išorinis ar vidinis elektros tiekimo gedimas. Tam kol šis tiekimas yra šalinamas, rekomenduotina turėti papildomą elektros šaltinį norint kad laivų kėlimasis per užtvanką nesustotų. Neatmestinos ir *terorizmo ir vandalizmo* grėsmės (sąmoningi veiksmai, galintys pakenkti infrastruktūrai), todėl nuolatinė stebėsena, laivybos šliuzo infrastruktūros apšvietimas tamsiuoju paros metu, stebėjimo kamerų įrengimas yra būtini veiksmai, siekiant užtikrinti saugią šliuzo eksploataciją. *Kibernetinis saugumas* yra ypač svarbus tuo atveju jeigu vartų veikimas bus pilnai automatizuotas.

2.2 Gelžbetoninių konstrukcijų patikimumas

Gelžbetonis yra plačiausiai naudojama statybinė medžiaga hidrotechniniuose statiniuose. Tačiau įprasti betoniniai ir gelžbetoniniai elementai turi keletą trūkumų: betonas turi mažą tempiamąjį stiprį, o jo cheminės ir mechaninės savybės laikui bėgant kinta ir gali neretai pasiekti kritines ribas betoną veikiant agresyviosios aplinkos poveikiams (1 pav.).



1 pav. Agresyviosios aplinkos poveikio klasių betonui pavyzdžiai pagal LST EN 206-1:2002

Betono kokybinių rodiklių reikšmės priklauso nuo naudojimo aplinkos, kuri skirstoma į klases, ir yra žymimos raidėmis X (ir kitomis) bei skaičiais. Pavyzdžiui: XO - kai nėra korozijos ar agresijos rizikos, t.y. nėra šaldymo ir šildymo, erozijos ir cheminių poveikių, XC – karbonizacijos sukelta korozija, XA – cheminis poveikis, XM – mechaninis poveikis ir t.t. Žinant su aplinkos poveikiu susijusius betono sudėčių ir savybių apribojimus parenkama betono klasė, cemento kiekis kg kubiniam metrui ir nustatoma aplinkos poveikio klasė.

Dažniausiai projektuojant ar statant hidrotechninius statinius, koks bus ir laivybos šliuzas per Kauno HE užtvaką, vertinamos pagrindinės aplinkos poveikio klasės pagal LST EN 206-1:2002 (Betonas. 1 dalis. Techniniai reikalavimai, savybės, gamyba ir atitiktis). Pvz.: XC4 – cikliškai šlapia ir sausa aplinka, XF4 – aukšto vandens įmirkio su ledą tirpinančiomis medžiagomis arba jūros vandeniu aplinka ir t.t. Taip pat yra svarbios betono stiprio gniuždant klasės ir atsparumo šalčiui markės. Visi šie rodikliai yra labai svarbūs statybose ir turės būti įvertinti projektuojant laivybos šliuzą. Problema yra ta, kad projektavimo ar statybos brokas, susijęs su gelžbetoninėmis konstrukcijomis, gali pasirodyti ne iš karto, dažniausiai jau eksploatacijos laikui gerokai įsibėgėjus. Tai yra priežastis šias rizikas apžvelgti prie eksploatacinės dallies. Techninę priežiūrą atliekantys asmenys turi mokėti atpažinti tokių konstrukcijų pažaidas ir nustyti jų kritinį laipsnį.

Šliuzo konstrukciniai elementai, tokie kaip kamerų sienos ir pamatai, dažniausiai yra gaminami iš gelžbetonio dėl jo tvirtumo ir atsparumo vandeniui bei aplinkos poveikiui. Tačiau šliuzo vartai paprastai gaminami iš plieno dėl medžiagos stiprumo ir tvirtumo. Plienas gali atlaikyti dideles apkrovas ir spaudimą, kurį sukelia vanduo. Taip pat ši medžiaga pasižymi ilgaamžiškumu ir geru atsparumu mechaniniams pažeidimams. Žvelgiant į konstrukcijos įrengimo problemas, plieną lengviau formuoti ir suvirinti, pritaikant prie specifinių šliuzo vartų dizaino ir reikalavimų. Nors teoriškai vartai galėtų būti pagaminti ir iš gelžbetonio, praktikoje tai nėra dažnas pasirinkimas dėl sudėtingesnės konstrukcijos ir mažesnio gelžbetonio lankstumo lyginant su plienu. Gelžbetonio vartai būtų sunkesni ir mažiau pritaikomi sudėtingiems mechaniniams sprendimams, todėl plieniniai vartai yra standartinis ir patikimesnis pasirinkimas inžineriniu požiūriu.

Betono patologija, galinti smarkiai sutrumpinti jo tarnavimo laiką, yra karbonizacija – natūrali cheminė reakcija betono konstrukcijose, atsirandanti šiai medžiagai absorbuojant atmosferoje esantį anglies dioksidą (CO_2). Saikingas karbonizacijos lygis gali būti naudingas betonui, tačiau ilgalaikiui ji sukelia cemento šarmų neutralizaciją, kuri panaikina natūralią armatūros apsaugą nuo korozijos.

Sumažėjus pH žemiau 9, armatūros paviršiuje esanti pasyvinė plėvelė suyra, o plienas pradeda rūdyti, didėdamas tūriu ir sukeldamas vidinį slėgį betonui. Tai lemia mikroįtrūkius, apsauginio sluoksnio atšokimą, o vėliau ir konstrukcijų irimą, kuris gali kelti pavojų šliuzo eksploatacijai ir užsibaigti brangiai kainuojančiu remontu.

Karbonizacijos rizika ypač aktuali drėgnose, bet ne visiškai prisotintose drėgme zonose, kurios ir būdingos šliuzų konstrukcijoms, ypač laikinai po vandeniu būnančiose vietose. Be to, šliuzo konstrukcijos gali būti pažeidžiamos iš išorės – temperatūrinių pokyčių ar smūgių transportavimo ir surinkimo metu, o tai padidina anglies dioksido difuzijos tikimybę į giluminius sluoksnius.

Laiku neaptikus karbonizacijos, galimas sistemiškas betono irimas, ypač svarbiose konstrukcijose, kurias sudėtinga remontuoti po šliuzo paleidimo. Todėl ši rizika turi būti įtraukta į ilgalaikės techninės priežiūros ir inspektavimo planą.

Mokslinis tyrimas buvo atliktas Tucuruí užtvankoje Brazilijoje 2016 m. [8]. Ši užtvanka turi panašumų su Kauno HE užtvanka ir planuojamu laivybos šliuzu. Nors Brazilijoje abu hidrotechniniai statiniai buvo pastatyti vienu metu, tačiau laivybos šliuzas Tucuruí hidromazge, taip pat turinčiame hidroelektrinę, irgi kerta žemių užtvanką.

Tyrimo metu buvo tiriami vidutiniškai 33 metus atitarnavusios šliuzo konstrukcijos mėginiai (kernai). Mėginiai buvo imami iš zonos, kuri yra rizikingiausia karbonizacijai, t.y. tarp minimalaus ir maksimalaus vandens lygių. Čia betono paviršiaus segmentas tam tikru metų laiku yra panardintas, o kitu laikotarpiu veikiamas oro.

Tyrimo rezultatai parodė, kad nors karbonizacijos gylis kernuose buvo padidėjęs, tačiau jų paviršiaus nusidėvėjimas buvo beveik nulinis., t.y. pastebėta labai nedidelė erozija, siekianti 0,05 % mėginio pločio. Atsižvelgiant į gautus rezultatus, mokslininkai nustatė, kad konstrukcija nelaikytina pažeista ir nors šliuzas eksploatuojamas jau 33 metus, šliuzo betoninė priekinė dalis yra nepažeista, todėl artimiausiu metu intervencijos ar remonto atlikti nereikia. Taigi, šliuzo konstrukcijos gali būti ilgalaikės su minimaliu poreikiu remontui, jei projektuojant, statant bus laikomasi normatyvinių reikalavimų ir standartų bei nuolat bus atliekama kokybiška statinio techninė priežiūra.

2.3 Susidūrimo su laivais rizika

Svarbi laivybos šliuzų, o ypač jų vartų, mechaninių pažeidimų rizika, yra susijusi su laivų smūgiais. Vis dažniau vartų deformacijų prognozavimas tampa esmine šliuzų saugos kontrolės tyrimų tema, tam kuriami ir analizuojami specialūs modeliai [9]. Šliuzų vartų tvirtumo vertinimas, pasitelkiant smūginio atsparumo tyrimą, atliktas Doro upės šliuzui Ispanijoje [10]. Didėjantis eismas Doro upės vandens kelyje ir Monkorvo geležies kasyklų reaktyvavimo perspektyva sudarė sąlygas pradėti parengiamuosius vandens kelio modernizavimo darbus. Nuo Doro upės šliuzų vartų statybos laivų, plaukiojančių vandens keliu, masė padidėjo nuo 2200 tonų iki 2900 tonų, todėl šliuzų vartų atsparumo laivų smūgiams vertinimas turėjo būti atnaujintas atsižvelgiant į dabartines navigacijos sąlygas. Tyrime nurodyta, kad didžiausia su smūgiais susijusi rizika yra vartų įkritimo į šliuzo kamerą galimybe arba tai, kad dėl jų deformacijos į vidų gali patekti didelis vandens kiekis. Siekiant tai įvertinti, apibrėžiama eilė kriterijų, kurie kiekybiškai įvertina šliuzo vartams ir jų atramoms galimą padaryti žalą.

Tyrimo [10] rezultatai parodo, kad šliuzo vartų pažeidimai nėra pakankami, kad keltų pavojų žmonių gyvybėms, tačiau vieno iš smūgio atveju gauta reakcijos jėga grandinėms, jungiančioms vartus su elektromechaninėmis pavaromis, buvo 3,6 karto didesnė nei numatyta vartų statinio svorio apkrova, kas gali sukelti pavojų šliuzo veikimui. Pasiūlyta išeitis - energijos išsklaidymo mechanizmo panaudojimo galimybė, siekiant sumažinti šliuzo vartų pažeidimus. Didesnes nei įprastai apkrovas, atsiradusias keliant laivus, atmesti negalima, kadangi visada išliks tikimybė, kad bus bandoma pasinaudoti šliuzu su perkrautu laivu.

Dar viena rizika, kurios vertėtu nepamiršti, yra susijusi su tuo, kad pastačius laivų šliuzą per Kauno HE užtvanką, prognozuotinas laivų eismo suintensyvėjimas Nemuno upe. Padidėjęs plaukiančių laivų skaičius, reiškia ir padidėjusią tikimybę, kad dėl įvairių gedimų laivai gali tapti visiškai arba sunkiai valdomi ir smūgiuoti į šalia šliuzo esančią užtvankos infrastruktūrą. Infrastruktūros griūtis dėl tokių įvykių yra sunkiai tikėtina, tačiau šią riziką vertėtų įsivertinti pažeidžiamiausiose užtvankos vietose, pvz., ties hidroelektrine. Tokios avarijos, ar kitų avarijų tiesioginė pasekmė gali būti ir gaisras, ir naftos produktų išsiliejimas, kas gali sukelti grėsmę žmonių sveikatai ir aplinkos kokybei. Dėl padidėjusio laivų eismo intensyvumo gali atsirasti ir laivų eismo reguliavimo poreikis, gali reikėti įrengti šviesoforus, radarus ar eismo planavimo sistemos.

3. Šliuzo avarijos analizė

Šliuzo avarijos analizei nagrinėjami pavojingi atvejai. Pirmiausia tai vienos kameros šliuzo vartų griūtis, esant aukščiausiam vandens lygiui Kauno HE tvenkinyje, potvynio atvejis. Priimama, kad vanduo pilnai užpildo kamerą. Šliuzo kameros dugno altitudė priimama iš priešprojektinių pasiūlymų (20,00), maksimalus patvankos lygis – iš Kauno HE tvenkinio naudojimo ir priežiūros taisyklių (45,60). Taigi, kameros aukštis yra priimamas 25,60 m. Šliuzo kameros vidinis plotis priimamas iš priešprojektinių pasiūlymų ir yra 17,0 m. Taigi, sudaromos angos, per kurią gali lietis vanduo plotas yra

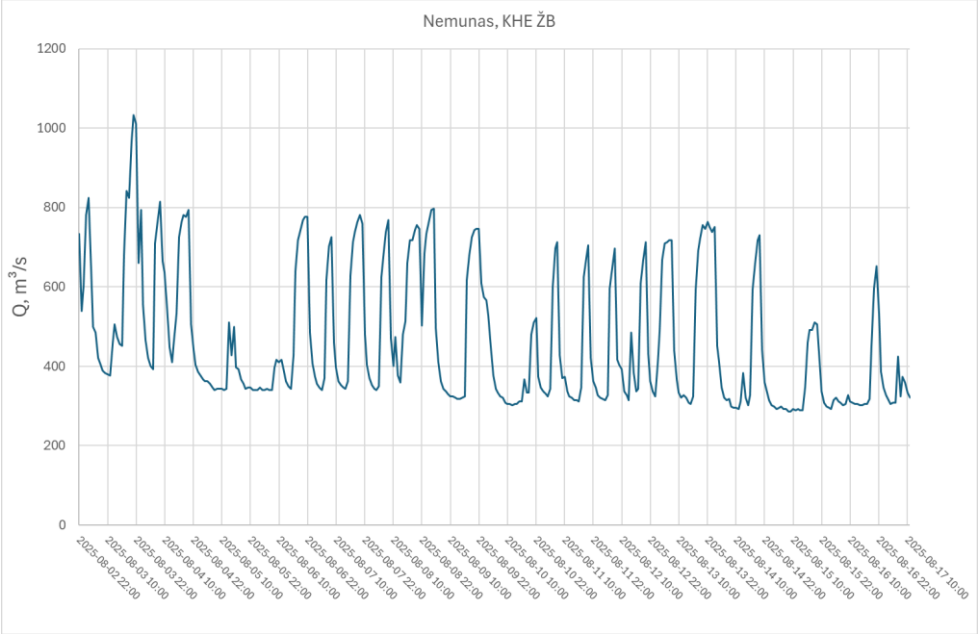
priimamas 435,2 m^2. Vandens liejimo greitis per susidariusią angą priimamas remiantis Kauno HE griūties analize [11] ir yra 11,5 m/s. Taigi, maksimalus debitas, šliuzo avarijos atveju gali siekti 5004,8 m^3/s. Patogumo dėlei, debitas, nagrinėjant šliuzo griūtį priimamas kaip lygus 5000 m^3/s. Reikia paminėti, kad šis atvejis yra labai retas ir daugiau susijęs su terorizmo pavojumi. Tada nebūtinai pats šliuzas yra taikinys, o visa užtvanka, kaip valstybiniu lygiu svarbus objektas.

Kur kas dažnesnis atvejis yra ne visų vartų griūtis, o jų avarija dėl to, kad vartai persikreipia dėl nesimetriško slėgio, užstringa dėl susikaupusių šiukšlių ar ledo ar įvykus mechaniniam gedimui. Šio atvejo tikimybė yra daug didesnė ir realiai stebima praktikoje, todėl jam yra skiriamas pagrindinis dėmesys, kuriant laivybos šliuzo per Kauno HE avarijos scenarijus. Vartų avarijos atveju, konservatyviai, su atsarga, besiliejantis debitas priimamas 30 proc. nuo vartų griūties atvejo, t.y. 1500 m^3/s.

Pavojingiausi atvejai yra tie, kai šliuzo avarija įvyksta esant dideliam vandens kiekiui Nemune, besiliejančiam per užtvanką. Todėl scenarijai priimami tokie:

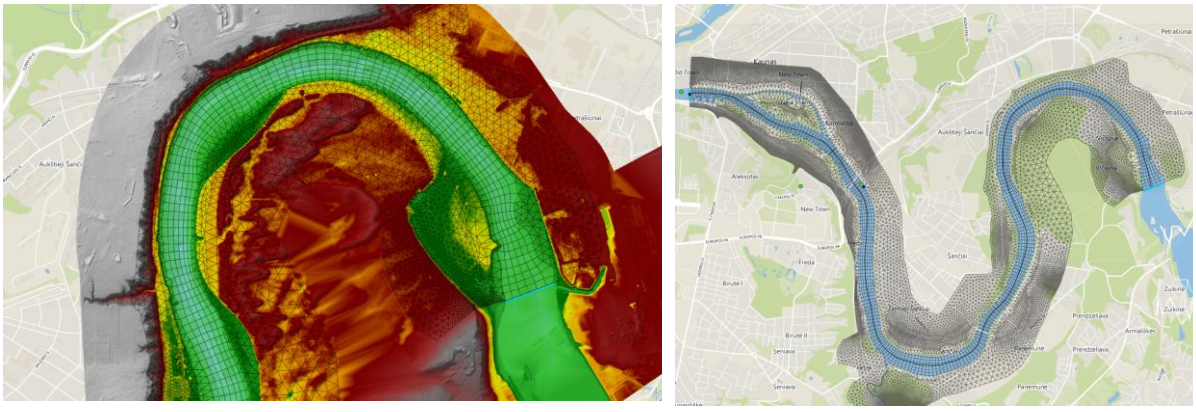
1) Nemunu teka pakankamai vandens, kad veiktų visos keturios Kauno HE turbinos (jų bendras debitas 632 m^3/s). Įvyksta šliuzo avarija (debitas 1500 m^3/s). Modeliuojamas avarijos scenarijus su 2123 m^3/s debitu.
2) Nemunu teka dažnos tikimybės (10 proc.) pavasario potvynio debitas – 2039 m^3/s. Įvyksta šliuzo avarija. Modeliuojamas avarijos scenarijus su 3539 m^3/s debitu.
3) Nemunu teka retos tikimybės (1 proc.) pavasario potvynio debitas – 3070 m^3/s. Įvyksta šliuzo avarija. Modeliuojamas avarijos scenarijus su 4570 m^3/s debitu.

Aprašyti scenarijai modeliuojami HEC-RAS 2025 V. 0.1.0.1822 upės hidraulikos modeliavimo programa. Modeliavimui naudotas skaitmeninis upių slėnių reljefo modelis, kuris apjungia upės vagos batimetrinius upės vagos duomenis, bei lazerinio skenavimo (LIDAR) iš oro ar antžeminėmis matavimų technologijomis sukaupti žemės paviršiaus duomenys. Šiuos duomenis teikia Aplinkos Apsaugos Agentūra (AAA). Skaitmeninis reljefo modelis pririštas LKS-94 geodezinėje koordinačių sistemoje, naudojama Lietuvos valstybinė aukščių sistema LAS07. Skaitmeninio modelio gardelių dydis 1x1 m.
Modelis buvo kalibruotas pasinaudojus Kauno HE žemutinio bjefo vandens lygio valandiniais duomenimis [12], bei Kauno vandens matavimo stoties duomenimis [13]. Modelio kalibravimui pasirinktas periodas 2025.08.02-2025.08.17. Pagal žemutinio bjefo vandens lygius ir vandens debito kreive, pateikta Kauno hidroelektrinės tvenkinio naudojimo ir priežiūros taisyklėse [14], sudarytas modeliuojamo laikotarpio debito hidrografas (2 pav.).
Kaip matyti iš hidrografo, nagrinėjamu periodu debitas Nemune kito nuo 286 iki 1033 m^3/s. Nagrinėjamo periodo hidrografas gerai atspindi įvairius Nemuno tėkmės režimus Kauno HE dirbant 1-4 turbinomis. Rugpjūčio 3 dieną praleistas debitas artimas 1% tikimybės poplūdžiui ($Q_{1\%}$ – 1060 m^3/s arba vidutiniam pavasario potvyniui Q_{vid} – 1045 m^3/s [14]).
Šliuzo avarija modeliuota nuo Kauno HE (950 m žemiau) iki Vytauto Didžiojo tilto. Šis ruožas pasirinktas apibrėžti stabilias pakraštines modelio sąlygas. Nemuno dalis žemiau santakos neįtraukta, nes šliuzo potvyniui didelę įtaką darytų Neries prietaka.



2 pav. Nemuno debito hidrografas ties Kauno HE

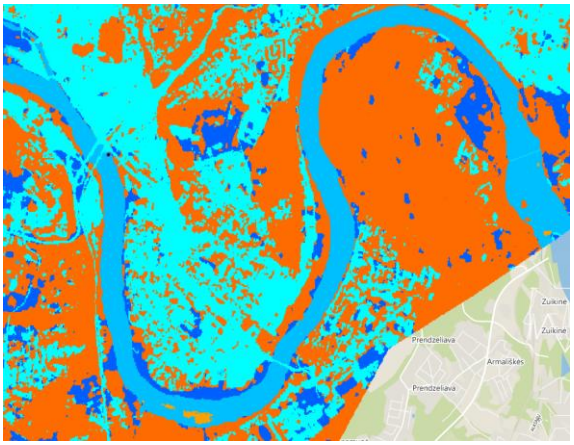
Sudarant 2D tėkmės modelį pagal AAA skaitmeninį upių slėnių reljefo modelį sudaromas tinklelis (grid) (3 pav. a). Tinklelis teritoriją padalina į mažus plotus kuriuose vanduo gali tekėti iš vieno langelio į kitą priklausomai nuo aukščio, nuolydžio ir pasipriešinimo (Manningo šiurkštumo koeficiento). 2D hidraulikos modelyje vandens tėkmės lygtys (Saint-Venant) skaičiuojamos kiekviename langelyje. Upės vaga sudaroma iš vienodo dydžio stačiakampių tinklelio – upės vagoje aiški tekėjimo kryptis ir šis tinklelis yra greičiausiai skaičiuojamas variantas. Upės slėnis sudaromas iš trikampių (nereguliaraus) tinklelio, jis leidžia geriau atvaizduoti reljefą ir naudojamas tiksliai paskaičiuoti, kaip teka vanduo į šoną nuo upės. Pagal sukurtą tinklelį programa „užpildo“ teritoriją vandeniu, rodo, kur vanduo išsilies. Toks tinklas sudaromas visai galimai užliejamai teritorijai (3 pav. b).



a b

3 pav. 2D hidrodinaminio modelio skaičiavimų tinklas.

Manningo šiurkštumo koeficientai parinkti pagal Žemės paviršiaus dangos žemėlapį sukurtą Europos kosmoso agentūros (ESA) vykdant programą "WorldCover" (4 pav.). Žemėlapis sukurtas 2021 m, jo erdvinė raiška – 10 m. Žemėlapyje Žemės paviršius suskirstytas į 11 skirtingų klasių, tokių kaip miškai, pasėliai, vandens telkiniai, pastatyta teritorija, ir kt. Šiom dangom priskirti šiurkštumo koeficientai.



Manningo šiurkštumo koeficientai naudoti modelyje:

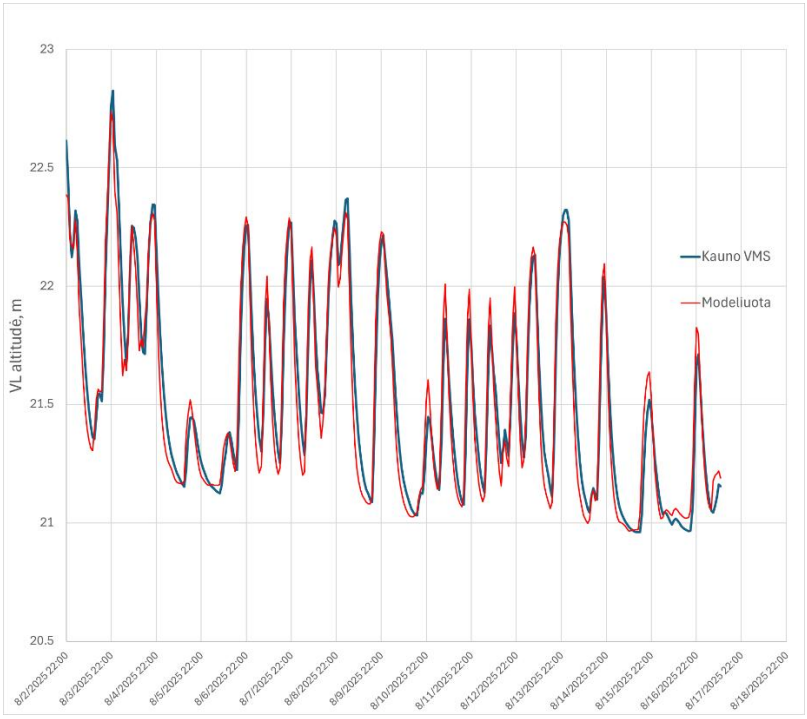
Upės vaga	0,03
Urbanizuota teritorija (kieti paviršiai)	0,015
Pievos	0,2
Miškinga teritorija	0,4
Krūmynai	0,3

4 pav. Maningo šiurkštumo koeficientų parinkimas

Modelis buvo kalibruotas pasinaudojus Kauno vandens matavimų stoties vandens lygių duomenimis. Modelio kalibravimas – procedūra kurios metu nustatomos modelio hidraulinės – hidrologinės upės vagos charakteristikos. Upės vagos šiurkštumo koeficientas parenkamas priartėjimo būdu tikrinant išmatuotus ir sumodeliuotus vandens lygius Kauno vandens matavimo stotyje. Kalibravimo rezultatai pateikti (5 pav.). Modeliavimo paklaidų statistika pateikta 1 lentelėje.

1 lentelė. Modeliavimo paklaidų statistiniai rodikliai

Vidurkis	0,025	Imties dispersija	0,011
Vidutinė kvadratinė paklaida	0,109	Minimali	-0,226
Standartinis nuokrypis	0,107	Maksimali	0,310



5 pav. Kauno VMS vandens lygių duomenys ir sumodeliuoti vandens lygiai (VL altitudės – virš jūros lygio)

Modelis sukalibruotas ir patikrintas kuomet Nemune žemiau hidroelektrinės teka 286 iki 1033 m^3/s. Siekiant įvertinti modelio patikimumą esant didesniems potvyniams, sumodeliuotas 1% tikimybės potvynis ir palygintas su potvynių grėsmės ir rizikos žemėlapiu [15]. Rezultatai pateikti 6 paveiksle.



a) b)

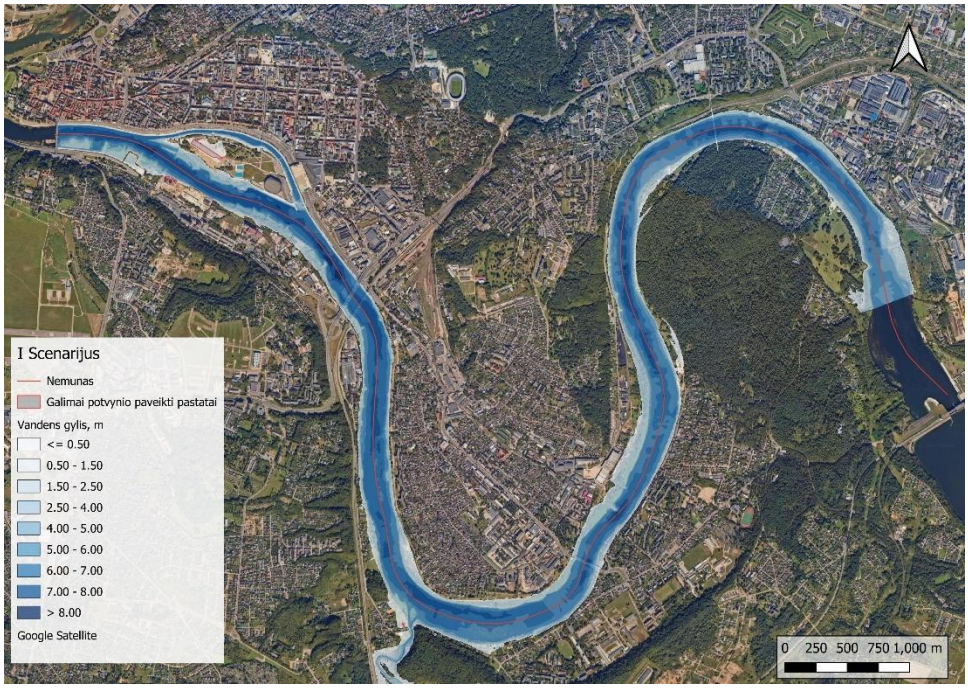
6 pav. 1% tikimybės potvynio modelio (a) palyginimas su potvynių grėsmės ir rizikos žemėlapiu (b)

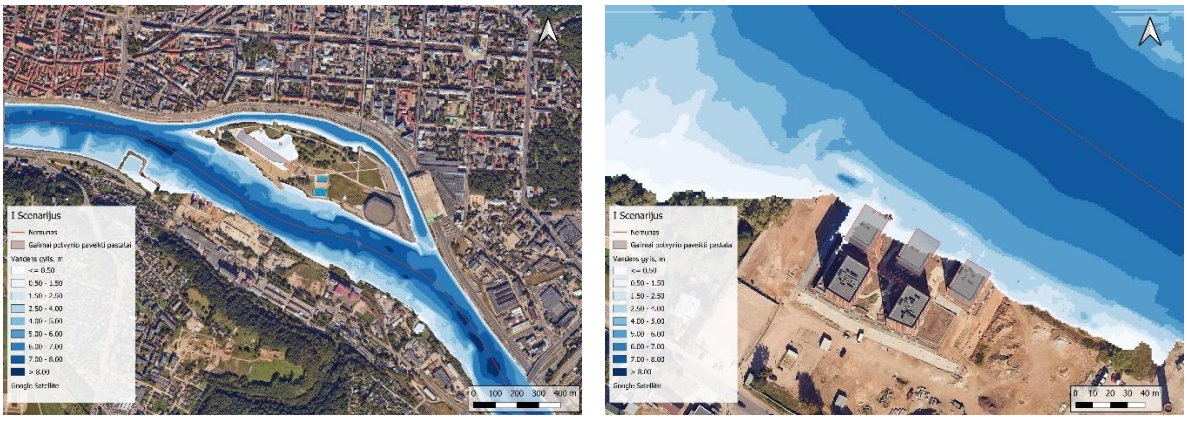
3.1 Šliuzo avarijos scenarijų modeliavimo rezultatai

I Scenarijus:

Nemunu teka pakankamai vandens, kad veiktų visos keturios Kauno HE turbinos (jų bendras debitas 632 m^3/s). Įvyksta šliuzo avarija (debitas 1500 m^3/s). Modeliuojamas avarijos scenarijus su 2123 m^3/s debitu, kuris tęsiasi 5 valandas, kol vyksta remonto darbai.

Įvykus šliuzo avarijai modeliuojamu scenarijumi vandens lygis ties Žalgirio arena pakiltų apie 1,6 m. (7 pav.) Tokį vandens kiekį Nemunas praleistų be didesnės žalos ar rizikos gyventojams. Vanduo pasiektų Nemunaičių pastatus, kur vandens lygis pakiltų apie 1 m. Tikslesniems rezultatams gauti, reikėtų patikslinti naujo pylimo ties šiuo kvartalu keteros altitudes. Vandens lygis ties Nemunaičiais pagal šį scenarijų siektų 25,40 m virš jūros lygio. Nemuno saloje matomas nežymus užliejimas, tačiau jis nesusisiekia su upės vandeniu. Tikėtina kad modelyje vanduo pratekėjo tarp sugeneruotų gardelių ir realiomis sąlygomis Nemuno saloje užliejimo nebūtų.





a) b)

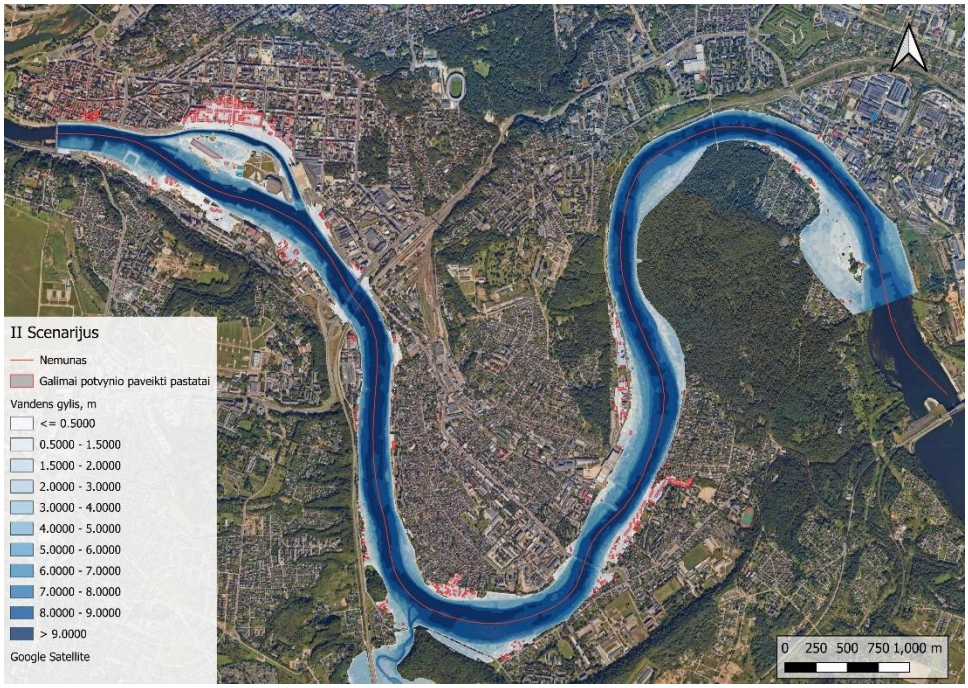
7 pav. I scenarijaus užliejimai. Akcentai: a) ties Nemuno sala, b) ties Nemunaičiais

II Scenarijus:

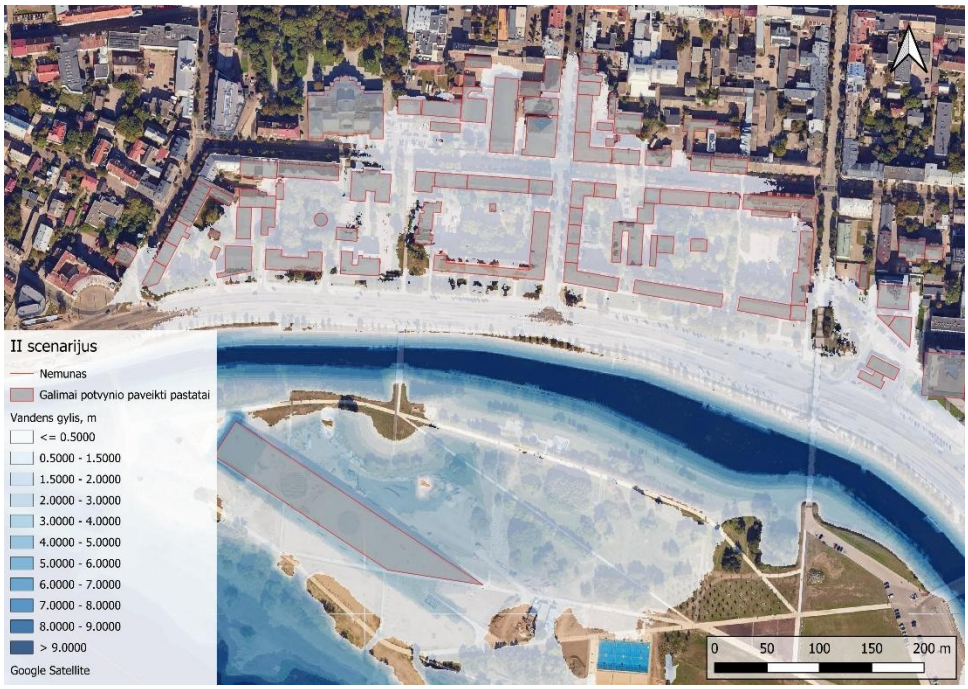
Nemunu teka dažnos tikimybės (10 proc.) pavasario potvynio debitas – 2039 m^3/s. Įvyksta šliuzo avarija. Modeliuojamas avarijos scenarijus su 3539 m^3/s debitu, kuris tęsiasi 5 valandas, kol vyksta remonto darbai.

II scenarijaus atveju didžiojoje dalyje Kauno Nemunas vis dar išsilaiko vagoje, tačiau kai kurioje vietose užliejimai tampa ryškūs (8 pav.). Jie ypač pastebimi ties Nemuno sala, kur vanduo gali visiškai užlieti Mokslo salą ir dalinai pasiekti Žalgirio areną (9 pav.). Įvykus šliuzo avarijai, modeliuojamu scenarijumi vandens lygis ties Žalgirio arena pakiltų apie 2,6 m iki 28,17 m virš jūros lygio altitudės. Dalis Naujamiesčio, esančio ties Nemuno sala taip pat gali atsidurti po vandeniu. Galimai bus užlieta dalis Maironio, Kęstučio gatvių. Vanduo pasiektų Kauno valstybinį muzikinį teatrą, tačiau nesiektų Laisvės alėjos.

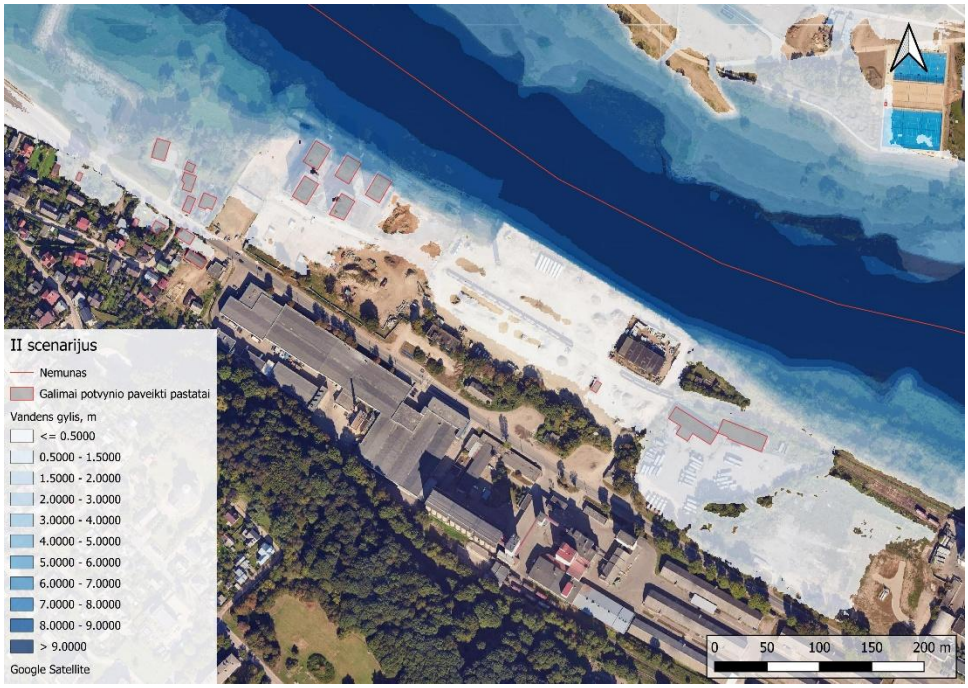
Nemuno kairiajame krante ties Nemuno sala bus užlieta dalis teritorijos šalia H. ir O. Minkovskių gatvės ir Nemunaičių kvartalo (10 pav.). Kiti žymesni užliejimai pastebimi ties santaka su Jiesia (11 pav.). Čia vanduo pasiektų arčiausiai Nemuno esančius pastatus ties Piliakalnio g. Vanduo neužlietų Jiesios plento, tačiau užlietų arčiausiai Nemuno esančius pastatus ties Vaidoto g.



8 pav. II scenarijaus užliejimai



9 pav. II scenarijaus užliejimai ties Nemuno sala

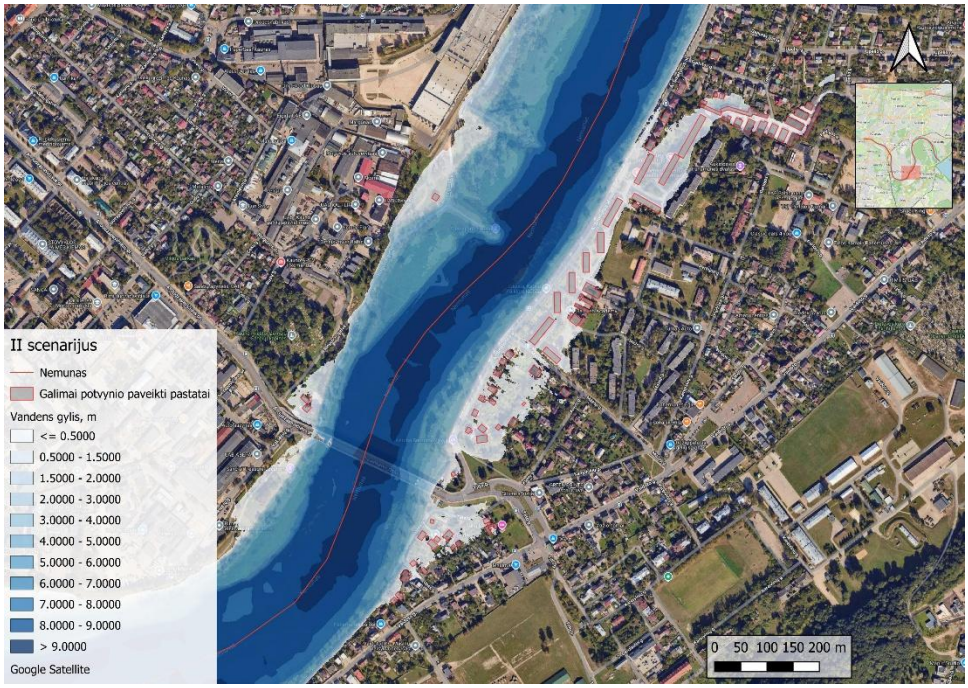


10 pav. II scenarijaus užliejimai ties H. ir O. Minkovskių gatve



11 pav. II scenarijaus užliejimai ties santaka su Jiesia

Kiti didesni užliejimai II scenarijaus atveju taip pat yra Panemunėje (12 pav.). Čia pilnai užlieta A. Smetonos alėja bei teritorija ties namais ir daugiabučiais, esančiais arčiausiai Nemuno kranto. Kita aiškiai išsiskirianti užlieta teritorija yra ties Upelio g. Tai žema teritorija, esanti dabar kanalizuoto Semėnos upelio slėnyje ir dėl šios priežasties turinti didesnę riziką užliejimui.



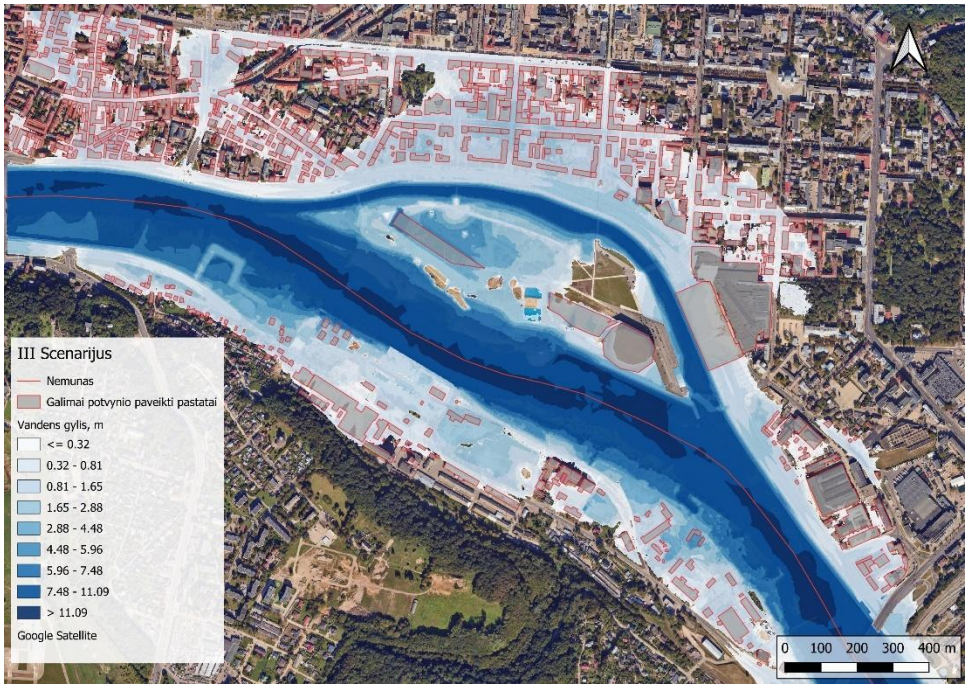
12 pav. II scenarijaus užliejimai ties Panemunės tiltu

Tiriamoje zonoje II scenarijaus atveju galimai nuo potvynio nukentėtų apie 380 pastatų. Šis vertinimas yra preliminarus, pastatų duomenys parsisiųsti iš OpenStreetMap duomenų bazės [16].

III scenarijus:

Nemunu teka retos tikimybės (1 proc.) pavasario potvynio debitas – 3070 m^3/s. Įvyksta šliuzo avarija. Modeliuojamas avarijos scenarijus su 4570 m^3/s debitu, kuris tęsiasi 5 valandas, kol vyksta remonto darbai.

III scenarijaus atveju matome beveik pilnai užlietą Nemuno salą. Įvykus šliuzo avarijai, modeliuojamu scenarijumi vandens lygis ties Žalgirio arena pakiltų apie 2,06 m iki 29,42 m virš jūros lygio (VL altitudė). Vanduo pasiekia Laisvės alėją ir šioje gatvėje pakyla apie 30 cm (13 pav.). Užlietos Birštono, Vilniaus gatvės, vanduo pasiekia Kauno Šv. Apaštalų Petro ir Povilo arkikatedrą baziliką. Kairiajame Nemuno krante užlieta H. ir O. Minkovskių gatvė, Nemunaičių kvartalas.



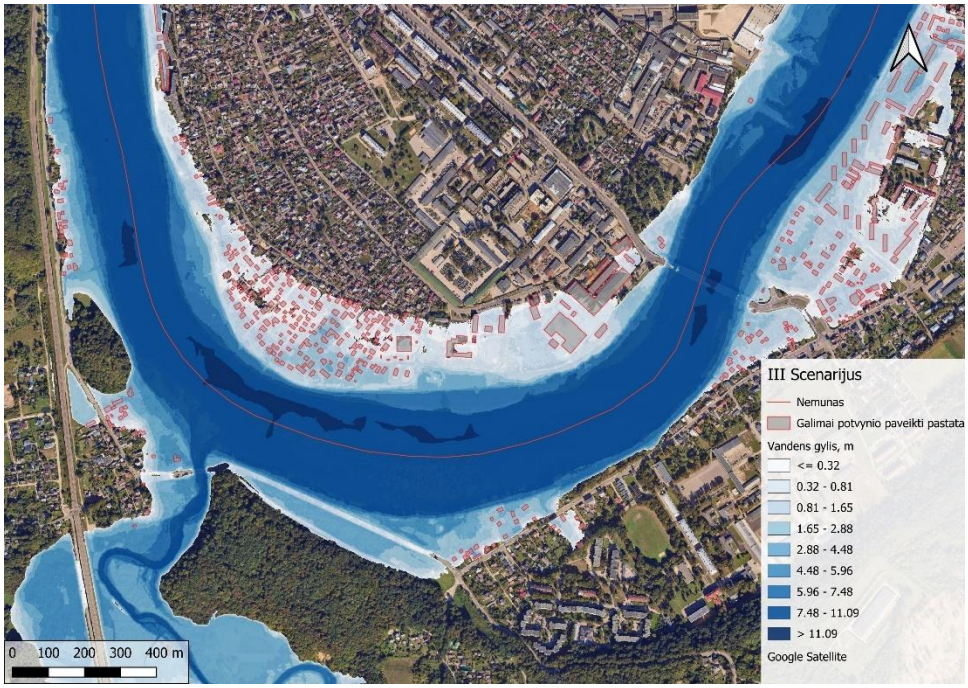
13 pav. III scenarijaus užliejimai ties Naujamiesčiui ir Nemuno sala

Taip pat vanduo užlietų teritoriją ties Nemuno kranto gatve, naujuoju Kaunoramos projekto kvartalu (14 pav.). Priešingame, kairiajame Nemuno krante būtų užlietos pramoninės teritorijos ir gyvenamieji namai, esantys ties Piliakalnio gatve.



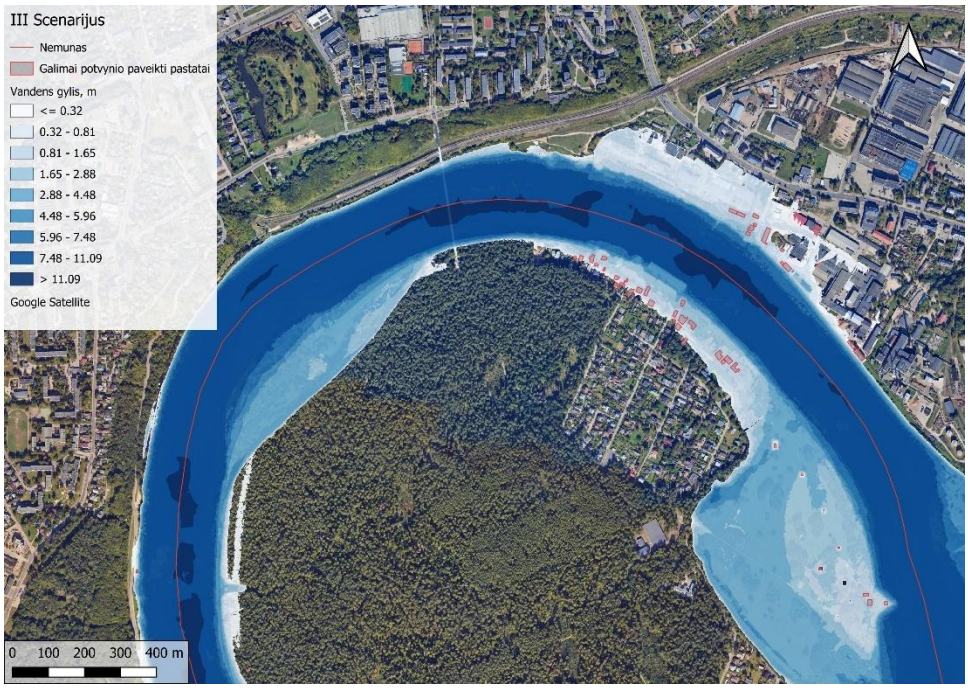
14 pav. III scenarijaus užliejimai ties Žemaisiais Šančiais ir Piliakalnio g.

III scenarijaus atveju Nemuno atkarpoje ties santaka su Jiesia, vanduo siektų Vokiečių ir Kranto al. gatves (15 pav.). Po vandeniu atsidurtų Jiesios plentas. Nukentėtų ir Panemunėje šalia Nemuno esančios teritorijos, čia vanduo pasiektų Kampiškių, Perlojos gatves.

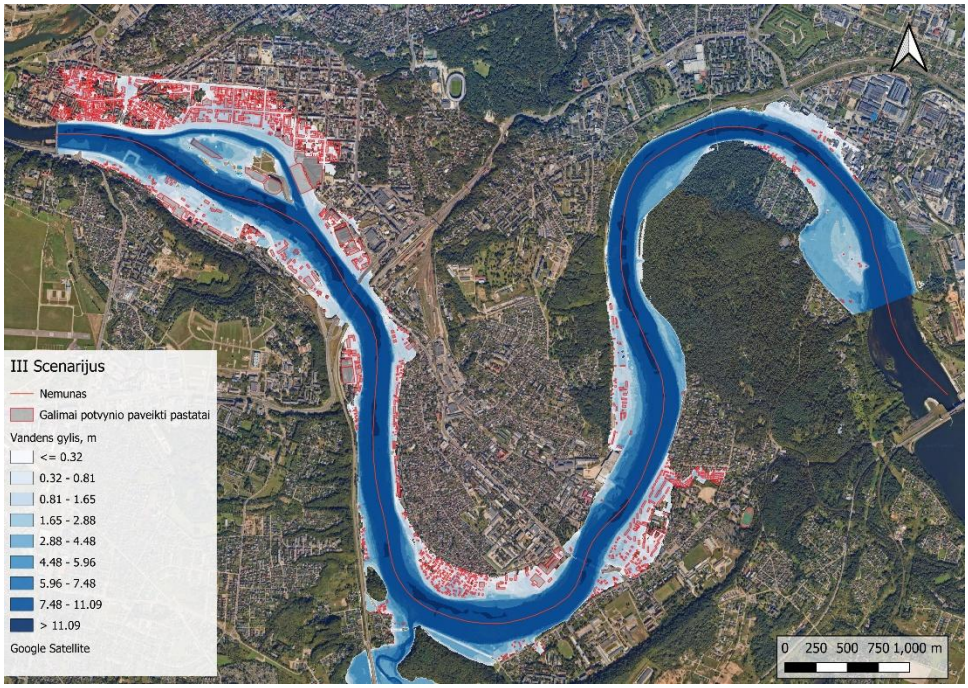


15 pav. III scenarijaus užliejimai ties Žemaisiais Šančiais ir Panemunės tiltu

Ties Panemunės šilu, kairiajame Nemuno krante, III scenarijaus atveju vanduo pasiektų Taurakiemio gatvę, tačiau nesiektų Kruonio gatvės. Nukentėtų arčiausiai Nemuno esantys gyvenamieji namai (16 pav.). Priešingame krante būtų užlieta dalis pramoninės teritorijos. Nedidelėje atkarpoje vanduo galėtų pasiekti netgi R. Kalantos gatvę.



16 pav. III scenarijaus užliejimai ties Panemunės šilu



17 pav. III scenarijaus užliejimai

Tiriamoje zonoje III scenarijaus atveju galimai nuo potvynio nukentėtų apie 1500 pastatų (17 pav.). Šis vertinimas yra preliminarus, pastatų duomenys parsisiųsti iš OpenStreetMap duomenų bazės [16].

Katastrofinį atvejį, kai esant itin retam pavasariniam potvyniui Nemune atsitinka šliuzo vartų griūtis, galima prilyginti su visos užtvankos avarija ir griūtimi. Tai sunkiai tikėtinas scenarijus, kurį nebent galima sieti su terorizmo, diversijos ar karo veiksmais.

Kauno HE užtvankos griūtis Lietuvoje jau yra modeliuota doc. dr. Arvydo Šikšnio ir jo studentų darbuose [11]. Tam panaudotas dvimatis hidrodinaminis MIKE 21 modelis. Skaičiuota išgrauža žemių užtvankos dalyje, kuriai didėjant maksimalus griūties debitas pasiekia 10 000 m^3/s.

Suprantama, kad tokiu atveju didelė dalis Kauno miesto teritorijos, esančios šalia Nemuno upės, atsidurtų po vandeniu. Būtų apsemta dalis Petrašiūnų, Panemunės, Žemosios Fredos, Aleksoto teritorijų, visiškai apsemta Nemuno sala, užlieta „Žalgirio“ arena, Santakos parkas bei Kauno senamiestis. Vanduo pasiektų Savanorių prospektą (18 pav.).



18 pav. Apsemtos Naujamiesčio ir Žemosios Fredos teritorijos. Kauno HE užtvankos griūties atvejis [11]

Šanciuose vanduo pasiektų dali Juozapavičiaus prospekto, Vokiečių gatvę. Dešiniajame Nemuno krante tikriausia bus užlietos ir visiškai apsemtos Vaidoto ir Plento gatvės bei Jiesios plentas (19 pav.). Vandens gyliai šiose gatvėse gali siekti iki 1,0 m. Taip pat bus visiškai užlieti ir Geležinkelio bei M. K. Čiurlionio tiltai. Vandens lygis virš tilto važiuojamosios dalies gali pakilti apie 0,4 m.

Senamiestyje tikriausiai būtų užlietas Vytauto Didžiojo tiltas, Rotušės aikštė, Vilniaus, Birštono, Gimnazijos ir kitos gatvės iki Šv. Gertrudos g. ir Savanoriu prospekto sankirtos. Vandens gylis Santakos parke, Senamiestyje ir aplinkinėse teritorijose gali pakilti iki 1,0 m.



19 pav. Apsemtos Šančių ir Panemunės teritorijos. Kauno HE užtvankos griūties atvejis [11]

Būtina paminėti, kad Kauno miesto gyventojai, gyvenantys šalia Nemuno upės, Kauno HE griūties atveju gavę įspėjimą apie gręsiantį užliejimo pavojų, turėtų šiek tiek laiko reaguoti į akivaizdų pavojų. Buvo paskaičiuota, kad maksimali potvynio banga, o kartu ir vandens lygis Naujamiestyje ir Senamiestyje pakiltų per 9-10 valandų nuo Kauno HE griūties pradžios, priimant, kad maksimalus vandens kiekis pro užtvanką pradės lietis nuo užtvankos griūties praėjus 4 valandoms [11].

Šliuzo avarijos poveikis Kauno hidroelektrinei yra sietinas su vandens, kuris būtų skirtas elektros energijos gamybai, praradimu. Priimant atvejį, kai hidroelektrinė dirba maksimaliu įmanomu pajėgumu, t.y. (pagal Kauno HE tvenkinio naudojimo ir priežiūros taisykles) maksimalus per turbinas praleidžiamas debitas yra 632 m^3/s ir maksimali bendra turbinų galia yra 104 MW, galima paskaičiuoti, kad 1 m^3/s per turbinas praleidžiamo vandens kiekis per vieną valandą Kauno HE gali pagaminti iki 0,165 MWh elektros energijos. Taigi, jeigu įvyksta šliuzo avarija Kauno HE dirbant maksimaliu režimu, ir 1500 m^3/s liejasi 5 valandas kol šliuzo vartai yra sutaisomi, galimi praradimai yra 1237,5 MWh nepagamintos elektros energijos.

Atitinkamai galima apskaičiuoti elektros praradimus ir kitiems avarijos atvejams. Tačiau reikia turėti omenyje, kad šie apskaičiavimai yra atlikti tokiam atvejui, kai bent viena iš Kauno HE turbinų dirba maksimaliu režimu visą laiką kol yra tvarkomas laivybos šliuzas, nekintant slėgio aukščiui ir turbinos darbo efektyvumui.

Pabaigoje būtina pabrėžti, kad apskritai laivybos šliuzų avarijos yra sąlyginai retas reiškinys, palyginus su, pavyzdžiui, užtvankų pertekliaus vandens pralaidų uždorių avarijomis. Tokio tipo avarijos Lietuvoje jau yra įvykusios Dvariukų HE ir Ekrano užtvankose. Tai lemia keletas priežasčių. Laivybos šliuzų vartai yra eksploatuojami labiau kontroliuojamoje aplinkoje, jie neturi praleisti potvynių debitų, kurie gali būti nenuspėjami. Be abejo, Kauno HE užtvankos atveju, reikėtų įvertinti ir tai, ar laivai bus keliami esant dideliam potvyniui. Šliuzo vartai turi būti suprojektuoti taip, kad šį potvynį atlaikytų.

Šliuzų vartai yra skirti praleisti lėtą, tolygią vandens tėkmę prisipildant ar išleidžiant vandenį iš kameros. Tuo tarpu vandens pralaidų uždoriai yra skirti greitai praleisti vandens perteklių ir yra veikiami kur kas didesnėmis hidrodinaminėmis jėgomis. Jeigu laivų šliuzas per Kauno HE užtvanką bus dviejų kamerų principo, tai gali veikti kaip papildoma apsaugos priemonė atsiradus gedimui vienuose iš šliuzo vartų. Šliuzo vartų avarijų dėl senėjimo bus išvengta jei jiems bus tinkamai atliekama nuolatinė techninė priežiūra.

Šioje ataskaitoje nėra išanalizuotas blogiausias atvejis, kai įvyksta šliuzo avarija kurios metu susidaro 5000 m^3/s debitas ir tuo pačiu metu vyksta didžiausios (0,1 proc.) tikimybės potvynio praleidimas per Kauno hidroelektrinę. Šis atvejis prilyginamas Kauno HE užtvankos avarijai (griūčiai), kas gali turėti poveikį visame Nemuno upės ilgyje. Rekomenduojama tokią analizę atlikt, kadangi tai darys įtaką visoms Nemuno upės užliejamoms teritorijoms.

4. Žalos turto, aplinkos ir energetikos aspektais įvertinimas

4.1 Žala energetikos aspektu

Žala energetikos aspektu gali būti įvertinama kaip elektros energijos gamybos praradimas, įvykus šliuzo vartų avarijai. T.y., kiek elektros energijos būtų pagaminta, jei šliuzo vartų avarijos atveju priimtas besiliejantis debitas (1500 m^3/s) būtų leidžiamas per turbinas, o ne lietųsi per vartus, įvykus avarijai. Skaičiavimams reikalingi duomenys priimti tokie: bendra turbinų galia P = 100,8 MW ir maksimalus debitas, praleidžiamas pro turbinas Q = 632 m^3/s. Bendra turbinų galia skaičiavimams priimta patikslinta ir yra skirtinga nei kad nurodoma Kauno HE tvenkinio naudojimo ir priežiūros taisyklėse.

Energijos kiekį Kauno HE generuojamą iš 1 m^3/s pro turbinas praleidžiamo vandens galima apskaičiuoti pagal formulę:

$$E = \frac{P}{Q} = \frac{100{,}8}{632} = 0{,}16\ MW/(\frac{m^3}{s}).$$

Tada prarastą elektros energijos kiekį (E_{pr}), su sąlyga, kad per šliuzo vartus avarijos atveju liejasi pastovus 1500 m^3/s debitas (Q_{av}) ir avarijos pasekmės yra pašalinamos per 5 val. galima apskaičiuoti:

$$E_{pr} = \frac{P}{Q} \cdot Q_{av} \cdot 5 = 0{,}16 \cdot 1500 \cdot 5 = 1200\ MWh.$$

Atitinkamai galima apskaičiuoti ir kitus prarastos elektros energijos kiekius, priimant kitokius avarijos atveju pro šliuzą tekančius debitus ar avarijos pasekmių pašalinimo laiką. Tik reikia priimti, kad šie skaičiavimai teisingi tuo atveju, kai patvankos aukštis, turbinoms dirbant maksimaliu režimu, išlieka pastovus. Prarastos elektros energijos kiekis šioje ataskaitoje nepateikiamas pinigine išraiška, kadangi ši vertė būtų subjektyvi elektros energijos kainoms kintant kiekvieną valandą Nord Pool biržoje.

Šioje ataskaitoje taip pat pateikiama vandens praradimo, įvykus šliuzo avarijai, analizė (2 lentelė). Apskaičiuotas vandens lygio pažemėjimas tvenkinyje, remiantis vandens praradimais, kurie yra pagrįsti avarijos scenarijuose nurodytais debitais. Tuo tarpu vandens lygio atsistatymo laikas pagrįstas prietaka, kuri taip pat yra nurodyta prie atitinkamų scenarijų. Apskaičiavimai pagrįsti Kauno hidroelektrinės tvenkinio tūrio priklausomybe nuo vandens lygio, kuri yra pateikiama Kauno HE tvenkinio naudojimo ir priežiūros taisyklėse. Iš ten pat paimti ir analizei reikalingi normalusis ir maksimalusis patvankos lygiai. Avarijos laikas priimamas identiškas – 5 val.

2 lentelė.Vandens praradimai Kauno HE tvenkinyje, įvykus šliuzo avarijai

	Vandens praradimai tvenkinyje, mln m^3	Vandens lygio pažemėjimas tvenkinyje, m	Vandens lygio tvenkinyje atsistatymas, h
I scenarijus	38,2	0,69	16,8
II scenarijus	63,7	0,87	8,7
III scenarijus	82,3	1,17	7,4

Vandens lygio atsistatymo laikas III scenarijuje yra trumpesnis nei I scenarijuje ir tai yra logiška. Didesnis vandens praradimas nebūtinai reiškia ilgesnį atsistatymą, nes atsistatymo trukmę lemia ne tik prarastas tūris, bet ir scenarijuje priimta prietaka.

Įvertinus visų scenarijų Kauno HE tvenkinio vandens lygio pažemėjimą, galima teigti, kad galimas poveikis Kruonio HAE darbui būtų trumpalaikis ir ribotas. Net ir nepalankiausiu nagrinėtu atveju vandens lygio pažemėjimas tvenkinyje siektų apie 1,17 m, o lygio atsistatymo trukmė, priklausomai nuo scenarijaus ir prietakos, būtų trumpesnė nei viena para. Todėl toks vandens lygio svyravimas galėtų lemti tik laikinus operacinius apribojimus, susijusius su vandens lygio valdymu, tačiau nesudarytų prielaidų reikšmingam ar ilgalaikiam Kruonio HAE darbo apribojimui. Atsižvelgiant į trumpą tvenkinio lygio atsistatymo laiką, poveikis elektros energetikos sistemai vertintinas kaip nereikšmingas.

4.2 Žala turtui ir aplinkai

Žala turtui įvertinta pasitelkiant sniego tirpsmo ir liūčių potvynių ekonominės rizikos vertinimo duomenis [15]. Tuo metu ekonominiai nuostoliai apskaičiuoti 2013 m. sudarant potvynių grėsmės ir rizikos žemėlapį. Įvertinta užliejamose teritorijose esančių ekonominių elementų – gyvenamųjų ir komercinių pastatų, pramonės teritorijų, infrastruktūros bei žemės ūkio naudmenų – potenciali maksimali žala, taikant žalos funkcijas (damage functions), kurios nusako prarandamos vertės dalį priklausomai nuo užliejimo [17]. Paskutinis vertinimas atliktas 2022 m., atnaujinant potvynių grėsmės ir rizikos žemėlapių duomenis [18].

Šioje ataskaitoje vertinant šliuzo avarijos žalą turtui naudoti 2022 m. potvynių ekonominės rizikos duomenys (Riz_ekon_sniegoliuciu 0,1, 1 ir 10% tikimybėms). Siekiant įvertinti pasikeitusias statybos, tuo pačiu ir žalos, kainas naudota Lietuvos statistikos departamento kaupiama statistinė informacija apie statybos sąnaudų elementų kainų pokyčius [19] (3 lentelė). Atsižvelgiant į pasikeitusias kainas nustatyta, kad nuo paskutinio 2022 m. vertinimo žalos pokytis yra -8 %, ši pataisa įvesta naudojamiems duomenims.

3 lentelė. Statybos sąnaudų kainų pokyčiai 2022-2025 m

	Statybos sąnaudų elementų (visi statiniai) kainų pokyčiai lyginant su praėjusių metų atitinkamu laikotarpiu		
	Reikšmė metų pradžioje	Reikšmė metų pabaigoje	Pokytis, %
2022	127,00	141,99	11,8
2023	121,69	126,33	3,8
2024	125,35	128,74	2,7
2025	129,66	130,59	0,7

Vertinant šliuzo avarijos riziką turtui naudoti standartiniai GIS įrankiai – rastrų skaičiuoklė ir sluoksnių sukirtimas. Naudojantis rastrų skaičiuokle 2022 m. potvynių rizikos ekonomikai sluoksniai buvo padauginti iš kainų pokyčio (–8 %). Sluoksnių sukirtimo įrankiu, įvertinta šliuzo avarijos žala turtui (gyvenamiesiems ir komerciniams pastatams, įskaitant infrastruktūrą, bei poveikį ekonominei veiklai) trimis anksčiau minėtais scenarijais. Žalos erdvinis pasiskirstymas pavaizduotas 20, 21 ir 22 pav.

Nustatyta užliejimo žala pateikta 4 lentelėje.

4 lentelė. Užliejimo žala turtui pasirinktiems šliuzo avarijos scenarijams

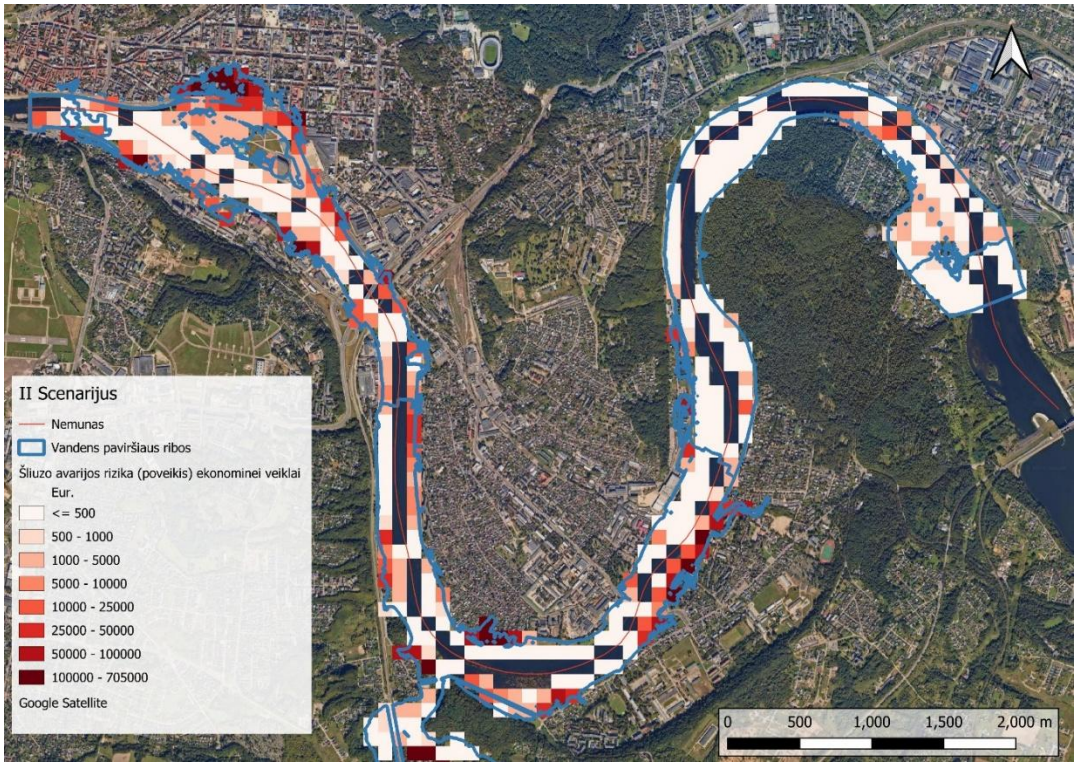
Scenarijus	Žala turtui (Eur)
I scenarijus	82 500
II scenarijus	6 960 000
III scenarijus	12 815 000

I scenarijaus atveju žala turtui (ekonominei veiklai) siektų apie 82 500 Eur, potvynis galimai paveiktų kelis pastatus (20 pav). Labiausiai nukentėtų pora sodybų esančių greta Nemuno ir Jiesios upių santakos.



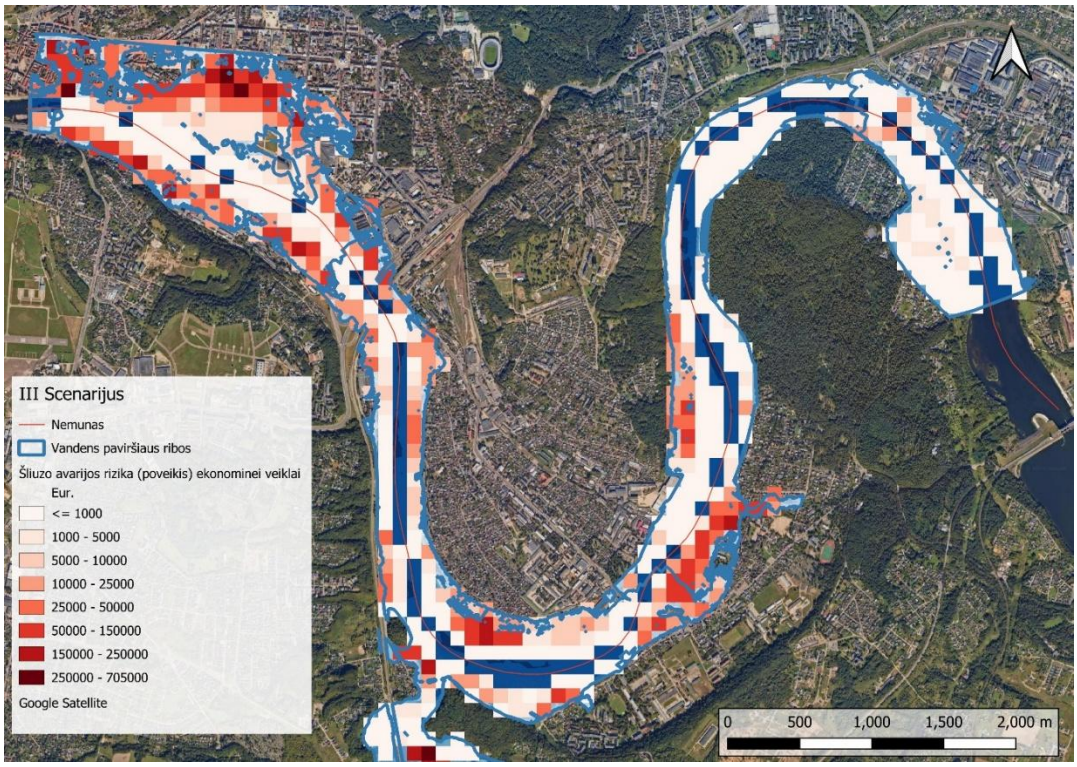
20 pav. I scenarijaus šliuzo avarijos žala turtui

II scenarijaus atveju žala turtui (ekonominei veiklai) siektų apie 6 960 000 Eur. Nuo potvynio galimai nukentėtų apie 380 pastatų – didžiausi nuostoliai Kauno Naujamiesčiui ir Nemuno salai (~2 500 000 Eur), Žemuosiuose Šančiuose žala siektų apie 780 000 Eur, Panemunėje – apie 1 000 000 Eur. Nukentėtų ir prie Jiesios įsikūrusios sodybos, čia bendra žala būtų virš 1 100 000 Eur (21 pav.).



21 pav. II scenarijaus šliuzo avarijos žala turtui

III scenarijaus atveju žala turtui (ekonominei veiklai) būtų didžiausia ir siektų apie 12 815 000 Eur. Nuo potvynio nukentėtų apie 1500 pastatų. Didelę žalą patirtų Kauno Naujamiestis ir Nemuno sala - virš 4 200 000 Eur. Senamiestyje žala būtų didesnė nei 1 100 000 Eur, kadangi Nemuno ir Neries santakos teritorija nebuvo pilnai vertinama dėl neapibrėžtumo koks debitas tekės Neries upe. Yra tikimybė kad būtų apsemtas visas senamiestis, tuomet žala siektų apie 5,1 mln. Eur. – tai yra papildomai apie 4 000 000 Eur. prie dabartinio įvertinimo. Žemojoje Fredoje žala būtų apie 1,8 mln Eur., Žemuosiuose Šančiuose – apie 1,1 mln. Eur. Panemunėje nuotoliai viršytų 1 700 000 Eur. Prie Jiesios įsikūrusioms sodyboms, žala siektų apie 1 350 000 Eur, Vičiūnuose ir Petrašiūnuose žala siektų apie 100 000 Eur. (22 pav.).



22 pav. III scenarijaus šliuzo avarijos žala turtui

Šliuzo avarijos metu pirmiausia atkreipiamas dėmesys į žalą namų ūkiams, įmonėms ir infrastruktūrai, riziką žmonių sveikatai ir susijusį poveikį. Atitinkamai yra ir potvynių grėsmės ir rizikos žemėlapyje, kur nėra vertanama žala aplinkai, t.y. saugomoms teritorijoms.

Maždaug 400 m žemiau Kauno HE yra „Natura 2000“ saugoma teritorija – ornitologinis draustinis, skirtas saugoti retas ir nykstančias paukščių rūšis, jų veisimosi ir migracijos buveines, o taip pat atkurti ir gausinti paukščių populiacijas. Šis draustinis apima ir upės ruožą, ir greta esančius miškus. Čia draudžiama bet kokia veikla, galinti turėti įtakos rezervato būklei, įskaitant laivybą apribojimų laikotarpiu, žvejybą ir medžioklę. Deja, įvykus šliuzo avarijai, dalis šios saugomos teritorijos būtų užlieta.

Šliuzo avarija paveiktų ir Jiesios kraštovaizdžio draustinį. Tačiau šiuo atveju reikėtų papildomo vertinimo ar užliejimai yra mažesni, tokie patys ar didesni nei esant dideliam natūraliam potvyniui ar poplūdžiui pačioje Jiesios upėje.

Apibendrinant galima teigti, kad šliuzo vartų avarija gali sukelti nuostolius tiek energetikos, tiek turto ir aplinkos aspektais. Energetiniai nuostoliai pasireiškia prarasta elektros energijos gamyba, kuri tiesiogiai priklauso nuo per šliuzą tekančio debito avarijos metu ir avarijos trukmės, o jų piniginė išraiška išlieka kintama dėl elektros kainos rinkoje svyravimų. Tuo tarpu turto nuostoliai gali svyruoti

nuo santykinai nedidelių iki reikšmingų, priklausomai nuo scenarijaus. Nustatytas potencialus poveikis saugomoms teritorijoms rodo, kad tokio pobūdžio avarijos turi ir aplinkosauginę dimensiją, kurią sunku įvertinti pinigine išraiška, tačiau ji yra svarbi bendrame rizikos kontekste.

4.3 Prevencinės priemonės

Atsižvelgiant į nustatytą galimą šliuzo vartų avarijos poveikį energetikos, turto ir aplinkos aspektams, tikslinga numatyti prevencines priemones, skirtas tiek avarijos tikimybės mažinimui, tiek galimų pasekmių sušvelninimui. Atliktas vertinimas rodo, kad, priklausomai nuo scenarijaus, potencialūs nuostoliai gali būti reikšmingi, todėl sistemingas rizikos valdymas yra būtina hidrotechnikos statinių eksploatavimo dalis.

Viena svarbiausių priemonių yra *techninių (inžinerinių)* sprendimų taikymas, užtikrinant šliuzo vartų ir susijusių konstrukcijų patikimą veikimą. Tam būtina vykdyti reguliarią konstrukcijų ir mechanizmų techninės būklės kontrolę, ypatingą dėmesį skiriant galimiems šliuzo medžiagų korozijos, nuovargio ar degradacijos procesams. Taip pat tikslinga įdiegti automatizuotas stebėsenos sistemas, leidžiančias realiu laiku fiksuoti konstrukcijų apkrovas, deformacijas, vibracijas bei vandens lygių svyravimus. Siekiant sumažinti staigaus gedimo riziką, svarbus periodinis vartų veikimo patikrinimas įvairiomis sąlygomis (įskaitant ekstremalias), o papildomą saugumą užtikrintų rezervinių valdymo sistemų įrengimas bei hidraulinių režimų optimizavimas šliuzo eksploatacijos metu, atsižvelgiant į didelių debitų laikotarpį.

Ne ką mažiau svarbios yra ir *eksploatacinės bei organizacinės* priemonės, susijusios su avarinių situacijų valdymu. Turi būti parengtos aiškios veiksmų procedūros šliuzo vartų gedimo ar avarijos atveju, apimančios tiek techninius sprendimus, tiek institucijų tarpusavio koordinavimą. Būtina užtikrinti reguliarų personalo mokymą ir imitacines pratybas, kurios padėtų efektyviai veikti realių ekstremalių situacijų metu, bei stiprinti informacijos perdavimo mechanizmus tarp hidroelektrinės, šliuzo operatorių, savivaldybės, civilinės saugos ar kitų atsakingų institucijų. Čia reikšmingą vaidmenį atlieka hidrologinių prognozių stebėsena ir operatyvus reagavimas į ekstremalių reiškinių tikimybę, leidžiantis iš anksto mažinti apkrovas hidrotechnikos statiniams, jei to prireiktų.

Svarbu atkreipti dėmesį ir į galimas *rizikos mažinimo ir poveikio švelninimo priemones*. Tokios priemonės apima ankstyvo perspėjimo sistemų diegimą gyventojams (sirenos, SMS žinutės), leidžiantį laiku informuoti apie galimą pavojų, taip pat teritorijų planavimo sprendimus, ribojančius naują statybą didelės potvynių rizikos zonose. Siekiant sumažinti ekonominius nuostolius, tikslinga numatyti kritinės infrastruktūros apsaugos priemones (dažniausiai tai pylimai) bei periodiškai atnaujinti potvynių rizikos žemėlapius, integruojant juos į teritorijų planavimo ir rizikos valdymo dokumentus.

Įgyvendinus minėtas prevencines priemones galima reikšmingai sumažinti ne tik šliuzo vartų avarijos tikimybę, bet ir galimų nuostolių mastą. Atsižvelgiant į nustatytą potencialią žalą, prevencijos priemonių taikymas yra ekonomiškai ir socialiai pagrįstas.

Naudota literatūra

[1] Matthiesen, U., Pohl, M., Rother, R., Henke, S. Geotechnical challenges in the design of the new Lueneburg lock next to the existing ship lift. 19th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Seoul, 2017.

[2] Chen, J., Yin, J.H., Lee, C.F. Stability analysis of the permanent shiplock slopes of the Three Gorges project. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 2004, Vol. 41, 593-598.

[3] Rigo, P., Ryszard, D. Innovative concepts in navigation lock design and gate contact aspects. Seminar Port Infrastructure, Delft, June 2010.

[4] Kriščiukaitis, D., Laucius, J. Juozas Linkaitis: gyvenimas, paskirtas Lietuvos energetikai. Lietuvos energetikos asociacija, 2010.

[5] Lorke, A., McGinnis, D.F., Maeck, A., Fischer, H. Effect of ship locking on sediment oxygen uptake in impounded rivers. Water Resources Research, 2012, 48, W12514.

[6] Maeck, A., Lorke, A. Ship-lock–induced surges in an impounded river and their impact on subdaily flow velocity variation. River Research and Application, 2014 30, 494-507.

[7] Farinha, A., Sousa, L., Reis, L. Evaluating lock gates' strength due to ship collisions: A Douro waterway lock gates case study. Marine Structures, 2018, 60, 261-278.

[8] Oliveira, T.V., Nogueira, A.A. 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, 2016, 1, 17.

[9] Peng, J., Xie, W., Wu, Y., Sun, X., Zhang, C., Gu, H., Zhu, M., Zheng, S. Prediction for the sluice deformation based on SOA-LSTM-Weighted Markov model. Water, 2023, 15(21), 3724.

[10] Farinha, A., Sousa, L., Reis, L. Evaluating lock gates' strength due to ship collisions: A Douro waterway lock gates case study. Marine Structures, 2018, 60, 261-278.

[11] Urbanavičius, V. Kauno HE poveikis Nemuno upės potvynių hidrodinamikai. Magistrantūros studijų baigiamasis darbas, 2013.

[12] Kauno HE tvenkinio vandens lygiai https://ignitisgamyba.lt/veikla/aplinkos-monitoringas/4712

[13] Kauno VMS vandens lygiai https://archyvas.meteo.lt/?vms-station=kauno-vms&hydro_start_date=2025-08-02&hydro_end_date=2025-08-17&hydro-form=Rodyti

[14] Jakimavičius, D. Kauno hidroelektrinės tvenkinio naudojimo ir priežiūros taisyklės. Lietuvos energetikos institutas, Kaunas, Lithuania, 2016.

[15] Potvynių grėsmės ir rizikos žemėlapis
https://experience.arcgis.com/experience/7f2d4ca0c74c4857a0620967e530fa4d

[16] OpenStreetMap duomenų bazė
https://www.openstreetmap.org/export#map=16/54.87808/23.99160&layers=ND

[17] Kriščiukaitienė I., Baležentis T.,Galnaitytė A., Namiotko V. A methodology for flood risk appraisal in Lithuania. Journal of Water and Land Development, 2015, No. 25 (IV–VI): 13–22

[18] viaGIS. POTVYNIŲ GRĖSMĖS IR RIZIKOS ŽEMĖLAPIŲ DUOMENŲ ATNAUJINIMO PASLAUGOS 2021 m. rugsėjo 29 d. sutartis Nr. 28T-2021-120/S-2021/17 Potvynių grėsmės ir rizikos žemėlapių duomenų atnaujinimo paslaugų ataskaita Versija 2.1, Vilnius, 2022

[19] Statybos sąnaudų elementų kainų indeksai (2021 m. – 100) https://osp.stat.gov.lt/statistiniu-rodikliu-analize?indicator=S7R287#/

Priedas Nr. 11 Kauno hidroelektrinės laivybos šliuzo Nemuno aukštupiui ir žemupiui sujungti įrengimo hidrologinių ir hidraulinių skaičiavimų ir modeliavimo ataskaita

aplan

UŽSAKOVAS	AB „Vidaus vandens kelių direkcija“
PROJEKTUOTOJAS	UAB „Aplan“
VIEŠOJO PIRKIMO OBJEKTO PAVADINIMAS	Kauno hidroelektrinės laivybos šliuzo Nemuno aukštupiui ir žemupiui sujungti įrengimo poveikio aplinkai vertinimo ir projektinių pasiūlymų dokumentacijos parengimas (Nr.668925, CVPIS)
PROJEKTO PAVADINIMAS	Laivybos šliuzo įrengimo per Kauno Algirdo Brazausko hidroelektrinės užtvanką projektiniai pasiūlymai
OBJEKTO ADRESAS	T.Masiulio g. 22A, Kaunas
STATINIO KATEGORIJA	Ypatingasis statinys
STATYBOS RŪŠIS	Nauja statyba
ETAPAS	**Tyrimai**
PAVADINIMAS	Hidrologiniai, hidrauliniai skaičiavimai ir modeliavimas. Tyrimų ataskaita.
PROJEKTO NUMERIS	24.20240419

Atestato Nr.	**Pareigos**	**Vardas Pavardė**	**Parašas**
	UAB „Aplan“ direktorius	Martynas Mačiulis	
A 1478	Projekto vadovas	Arūnas Latakas	
32200	Projekto koordinatorė	Edita Šalnė	
36428	Ataskaitos rengėjas	Dr. Petras Punys	Petras Punys

Vilnius, 2025 m.

Kauno hidroelektrinės laivybos šliuzo Nemuno aukštupiui ir žemupiui sujungti įrengimo hidrologinių skaičiavimų ir modeliavimo ataskaita

(4-a versija)

Pagal 2025 m. kovo 17 d. paslaugų sutartį Nr. 24.20240419-V1 su UAB „Aplan“

Atliko: Petras Punys.

Kvalifikacijos atestatas KA Nr. 36428.
Suteikta teisė eiti statinio projekto ekspertizės vadovo ir statinio ekspertizės vadovo pareigas. Statiniai: susisiekimo komunikacijos: **vandens uostų statiniai, kiti transporto statiniai; hidrotechnikos statiniai**; kitos paskirties inžineriniai statiniai: **atsinaujinančių išteklių energiją naudojantys energijos gamybos statiniai**

2026 m. rugsėjis, Kaunas - Akademija

TURINYS

1. Projekto vieta, vidaus vandens kelias ... 3
2. KHE ir Kruonio HAE pagrindiniai techniniai duomenys ... 4
2.1. KHE ... 4
2.2. Kruonio HAE ... 5
3. Nemuno upės ir KHE tvenkinio hidrologinė, hidraulinė informacija ... 6
3.1. Nemuno vandens matavimo stotys ... 6
3.2. Klimato kaita, maksimalūs vandens debitai, ledo režimas ... 7
3.3. KHE žemutinio bjefo (ŽB) vandens debitų kreivė ... 8
3.4. Didžiausi potvynio (pavasario) vandens debitai ir lygiai ... 8
3.5. Potvynių grėsmės žemėlapiai ... 9
3.6. Gamtosauginis debitas, minimalių vasaros, rudens ir žiemos 30 sausiausių parų laikotarpio debitai 10
3.7. Nemuno upės vandens greičiai matuoti KHE žemutiniame bjefe ... 10
3.8. Žemutinio bjefo vandens lygių režimas ... 11
3.8.1. Valandiniai vandens lygių svyravimai ... 12
3.8.2. KHE turbinų paleidimo ir stabdymo metu sukeliamas vandens bangos aukštis ir greitis ... 14
3.8.3. Hidraulinės sąlygos laivybos šliuzo žemutinėje dalyje ... 14
3.9. Vandens lygių ir tėkmės greičių režimas aukštutiniame bjefe (AB) ... 15
3.9.1. KHE tvenkinio taisyklės ... 15
3.9.2. Projektiniai laivybos vandens lygiai ... 16
3.9.3. Matuoti aukštutinio bjefo (tvenkinio) vandens lygiai ... 17
3.9.4. Hidroelektrinių poveikis tvenkinio vandens lygiams ... 18
3.9.5. Laivų patekimo į šliuzą ir išplaukimo iš jo hidraulinės sąlygos. ... 19
3.10. Hidromorfologinis vertinimas, nešmenys, vagos dugno erozija ... 19
3.10.1. Žemutinis bjefas ... 19
3.10.1.1. Nešmenys, vagos dugno erozija ... 19
3.10.1.2. Upės ruožo hidromorfologinis vertinimas (dabartinė situacija). ... 21
3.10.1.3. Upės ruožo hidromorfologinis vertinimas (kai yra laivybos šliuzas). ... 22
3.10.2. Aukštutinis bjefas (tvenkinys) ... 23
3.11. Ledo režimas ... 24
3.11.1. Žemutinis bjefas ... 24
3.11.2. Aukštutinis bjefas – tvenkinys ... 25
4. KHE elektros energijos gamybos praradimo dėl laivybos šliuzo veiklos modeliavimas ... 26
4.1. Metodika ... 26
4.1.1. Laivybos šliuzo vandens poreikis ... 26
4.1.2. Modeliavimo pradiniai duomenys ... 27
4.1.3. Modelio derinimas (2011 metai – vidutinio vandeningumo) ... 28
4.2. Elektros energijos praradimas laivybos sezono metu (Balandžio 1 – Lapkričio 30) vidutinio vandeningumo ir sausais metais ... 28
4.3. Elektros energijos praradimas žuvų pralaidoje ... 29
5. KHE ŽB hidrodinaminis (skaitmeninis) modeliavimas ... 30
5.1. Modelio derinimas ... 32
5.2. Didžiausio upės potvynio modeliavimo rezultatai ... 33
5.3. Laivybos šliuzo variantų modeliavimas (KHE ŽB) ... 37
5.3.1. Modelio derinimas („nulinis variantas“ - esamos sąlygos) ... 37
5.3.2. Variantų modeliavimo rezultatai ... 39
5.3.2.1. Variantas Nr. 1 (kairys krantas) ... 39
5.3.2.2. Variantas Nr. 2 (dešinys krantas) ... 41
5.4. Apibendrinimas ... 43
6. KHE tvenkinio vandens išteklių naudojimo analizė skaitmeniniu modeliu HEC-ResSim ... 44
6.1. Metodika ... 44
6.2. Modelio derinimas ... 45
6.3. Modelio rezultatai ... 46
6.4. Modeliavimo suvestiniai duomenys ... 47
7. KHE, Kruonio HAE, šliuzo ir žuvų pralaidos (jei įrengta) bendro veikimo analizė numatant tarpusavio darbo derinimo, atsakomybių ribas ... 47

7.1. Tarpusavio derinimas ir veiklos suderinimo tikslai 47
7.2. Valdymo principas 48
7.3. Atsakomybių ribos 48
8. KHE elektros energijos atgavimo laivybos šliuze galimybės 49
9. Išvados 50
10. Literatūra 52
11. Priedas: LHMT pažyma apie hidrometeorologines sąlygas 53

Trumpiniai ir sąvokos

Nr	*Trumpinys/ terminas*	*Aprašas*
1.	*AB*	*Aukštutinis bjefas (ruožas)*
2.	*ŽB*	*Žemutinis bjefas (ruožas)*
3.	*KHE*	*Kauno hidroelektrinė*
4.	*KHAE*	*Kruonio hidroakumuliacinė elektrine*
5.	*Kauno HE tvenkinys*	*Marios, vandens saugykla, rezervuaras*
6.	*HTS*	*Hidrotechnikos statinys*
7.	*Taisyklės*	*Kauno hidroelektrinės tvenkinio naudojimo ir priežiūros taisyklės*
8.	*AAA*	*Aplinkos apsaugos agentūra*
9.	*LHMT*	*Lietuvos hidrometeorologijos tarnyba*
10.	*VVKD*	*Vidaus vandens kelių direkcija*
11.	*VMS*	*Vandens matavimo (hidrologinė) stotis*
12.	*VL*	*Vandens lygis, m*
13.	*Q*	*Vandens debitas, m^3/s*
14.	*P*	*Tikimybė, garantija % arba galia, MW*

Įvadas

Ši ataskaita atlikta pagal sutartyje UAB „Aplan“ numatytą techninę specifikaciją (išlaikoma ta pati numeracija):

31. Privalo būti atsižvelgta į KHE užtvankos patvankos aukštį, būdinguosius debitus (tarp jų gamtosauginį debitą).
32. Bendra analizė apie laivakelio būklę, dabartines ir planuojamas priemones laivakelio parametrų palaikymui ir papildomų priemonių poreikis laivakelio prijungimui prie laivybos šliuzo (hidrauliniai-hidrologiniai aspektai).
33. Atlikti KHE, Kruonio HAE, šliuzo ir žuvų pralaidos (jeigu būtų poreikis ją įrengti) bendro veikimo analizę, atlikti vandens balanso skaičiavimus, energetinius skaičiavimus, numatyti tarpusavio darbo derinimo, atsakomybių ribas ir pan.
34. Įvertinti KHE vandens kiekio praradimus, elektros, gamybos praradimus ir galimybes atgauti prarastą energiją.

Ataskaitoje šie punktai yra detalizuojami, jie yra praplėsti, kurie reikalingi laivybos šliuzo PAV ir PP atlikti.

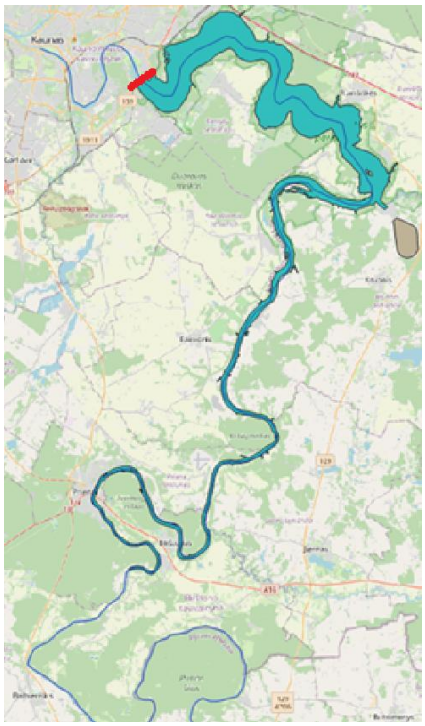
Šiame tyrime atlikti planuojamo laivybos šliuzo Kauno HE užtvankoje hidrologiniai skaičiavimai, elektros gamybos praradimai, energetiniai skaičiavimai, skaitmeninis (hidrodinaminis) upės vagos modeliavimas. Jie remiasi metodikomis išdėstytomis galiojančiose reglamentuose:

- STR 2.05.19:2005 „Inžinerinė hidrologija. Pagrindiniai skaičiavimų reikalavimai“.
- STR 2.05.15:2004 „Hidrotechnikos statinių poveikiai ir apkrovos“.
- STR 2.03.03:2005 „Inžinerinės teritorijų apsaugos nuo patvenkimo ir užtvinimo projektavimas. Pagrindinės nuostatos“.
- STR 2.01.12:2024 „Statybų klimatologija“.

Šiame tyrime nekartojama informacija esanti Kauno hidroelektrinės (KHE) tvenkinio naudojimo ir priežiūros taisyklėse, parengtos 2016 m. (toliau Taisyklės). Jose nenurodyta naudojama aukščių sistema. Pagal esamas žinias – BAS 77. Šiame tyrime naudojama Lietuvos valstybinės aukščių sistema LAS07, tačiau yra neapibrėžtumų naudojant Taisyklėse pateiktą informaciją. Apytiksliai: LAS07=BAS77+0.13m. Hidrologinės ir kitos charakteristikos perskaičiuojamos tik aktualios laivybos šliuzo projektui. Taip pat nepateikiama detali informacija apie KHAE.

1. Projekto vieta, vidaus vandens kelias

Laivybos šliuzas planuojamas Kauno HE užtvankoje. Bendras KHE tvenkinio vaizdas pateiktas 1.1 paveiksle.



***1.1 pav**. Kauno HE užtvanka, tvenkinys ir Kruonio HAE aukštutinis baseinas*

Pagal Europos susitarimą dėl svarbiausių tarptautinės reikšmės vidaus vandens kelių (AGN susitarimas), Nemuno upė ir Kuršių marios nuo Klaipėdos iki Kauno yra tarptautinės reikšmės vidaus vandens kelias E41. Čia deklaruojama IV klasė su išimtimi: leidžiama minimali laivo grimzlė -1.2 m, kuri turi būti užtikrinta 60% navigacinio laikotarpio. Yra AGN reikalavimas: modernizuojant IV klasės

vandens kelius (taip pat mažesnius regioninius vandens kelius), rekomenduojama laikytis bent Va klasės parametrų. Nepaisant projektuojamo aukštos klasės laivybos šliuzo (laivų grimzlė yra 2.8 m), šiame projektavimo etape šio vidaus vandens kelio ruožo modernizacija nėra numatyta.

Kelio E41 ruožui Klaipėda – Jurbarkas nustatyti šie matmenys: laivų ilgis – 100 m, plotis – 10 m, kelio gylis – 1,50 m. Ruožui Jurbarkas – Kaunas: laivų ilgis – 100 m, plotis – 10 m, kelio gylis – 1.20 m. Garantiniai kelio matmenys: gylis 120 cm, plotis 30 m, posūkio spindulys 250 m. Kauno HE tvenkinys yra eksploatuojamas valstybinės reikšmės vidaus vandens kelias (1.2 pav.). Jo ruožo ilgis yra 63 km. (1.1 lent.).



1.2 pav. *LR vidaus vandens kelių schema: Šaltinis VVKD*

1.1 lentelė. *Lietuvos Respublikos valstybinės reikšmės vidaus vandenų kelių sąrašas*

Eil. Nr.	Vandens telkinio pavadinimas	Ruožo pradžia ir pabaiga	Ruožo ilgis, kilometrais
1.	Nemuno upė	Juodosios Ančios žiotys–Birštonas	188
2.	Kauno HE tvenkinys	Birštonas–Kauno HE ir atšaka į Rumšiškes	63
3.	Nemuno upė	Kauno HE–Kauno krovinių prieplauka	12.5
4.	Nemuno upė	Kauno krovinių prieplauka–Jurbarkas ir Kauno žiemos vidaus vandenų uosto akvatorija	87.8

Šaltinis: *Dėl Lietuvos Respublikos vyriausybės 1995 m. Rugpjūčio 14 d. Nutarimo Nr. 1119 „Dėl Lietuvos Respublikos valstybinės reikšmės vidaus vandenų kelių sąrašo patvirtinimo“ pakeitimo. 2020 m. lapkričio 4 d. Nr. 1244 Vilnius.*

Kauno HE žemutinio bjefo (iki Nemuno-Neries santakos/Žalgirio arenos) E41 vandens kelio pagrindinis parametras – vandens gylis nėra išlaikomas. Projektiniai (garantiniai) vandens gyliai 214.2-222.5 km ruože yra mažesni už 1.15 m. Numatytas vagos valymas iki planuojamo laivybos šliuzo (gylis 1.15 m). Esančios komunikacijos po upės dugnu (pvz. diukeriai, kabeliai) apsunkina šį darbą. Be to, šiame ruože yra fizinių kliūčių. Aleksoto, Panemunės patilčių atramos, perdangos aukštis virš projektinio VL yra 9.22 m, kitų tiltų >10 m.

2. KHE ir Kruonio HAE pagrindiniai techniniai duomenys

2.1. KHE

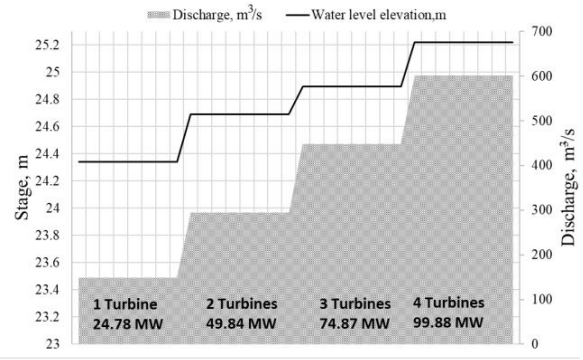
Kauno hidroelektrinė (KHE) yra Kauno m. ribose (1.1 pav.). Kauno HE tvenkinys yra Kauno, Prienų, Kaišiadorių rajonuose ir Kauno mieste. Užtvankos vieta – 223.4 km nuo Nemuno žiočių.

Pagrindiniai projektiniai Kauno HE techniniai rodikliai:

- Galia 100,8 MW, 4 agregatai po 25.2 MW;
- Didžiausia patvanka – 24.6 m, slėgimo fronto ilgis – apie 1.5 km, vidutinis daugiametis debitas – 259 m³/s, vandens pralaidumas normaliomis sąlygomis – 3030 m³/s;
- Generatorius suka 4 Kaplano turbinos. Pro vieną turbiną prateka iki 158 m³/s vandens dirbant visu pajėgumu), pro visas turbinas prateka 632 m³/s vandens.

Pagal Kauno hidroelektrinės tvenkinio naudojimo ir priežiūros taisykles (Taisyklės), žemių užtvankos pasekmių klasė yra CC2. Ši klasė neatsižvelgia į žemiau esantį Kauno miestą (turėtų būti CC3). Hidroelektrinės pasekmių klasė Taisyklėse neįvardinta. Yra Kauno m. pramoninio vandentiekio siurblinė (dabar nenaudojama). KHE buvo modernizuota 2010 metais, padidėjo jos efektyvumas.

Kauno HE darbo režimas skirtas pikinės elektros energijos gamybai ir elektros sistemos reguliavimui ir tai atsiliepia ŽB VL svyravimams ir tuo pačiu galimai laivybai. Tipinės KHE turbinų darbo režimo sąlygos (ŽB VL ir praleidžiami debitai) parodyti 2.1 pav.



2.1 pav. *Tipinis KHE darbo režimas (turbinų galia, ŽB VL ir debitas). Šaltinis: Šilinis ir kt, 2020.*

2.2. Kruonio HAE

Kruonio HAE (KHAE) yra Kaišiadorių rajone ant Kauno HE tvenkinio dešinio kranto (1.1 pav.). Vandens paėmimo arba išleidimo vieta – 248.2 km nuo Nemuno žiočių. Kauno HE tvenkinys sudaro žemutinį bjefą, o viršutinis baseinas (rezervuaras) suformuotas 90–100 m aukščio krante.

Pagrindiniai projektiniai KHAE techniniai rodikliai (Kruonio HAE 2019):

- Galia 900 MW, 4 agregatai po 225 MW.
- Ciklo naudingo veiksmo koeficientas – 0.74.
- Galia generatoriaus režime – 225 MW.
- Galia siurblio režime – 220 MW.

Šiuo metu įrengti 4 hidroagregatai (50% projektinės galios), statomas 5-tas. Kruonio HAE, sumažėjus energetinei sistemos apkrovai, naudoja kitų elektrinių gaminamą energiją, siurbdama vandenį iš žemutinio baseino į viršutinį ir taip sukaupia potencinę energiją.

KHAE tipinis darbo režimas (vykdo elektros gamybos, vartojimo ir elektros sistemos reguliavimo paslaugas):

Siurbimo režimas (pildo aukštutinį rezervuarą)

- Laikas: Naktį nuo 23 val. iki 6-7 val. ryto veikiant 2–4 siurbliams.
- Tikslas: naudoja pigią naktinę energiją.
- Operacijos: iš tinklo yra naudojama elektra.

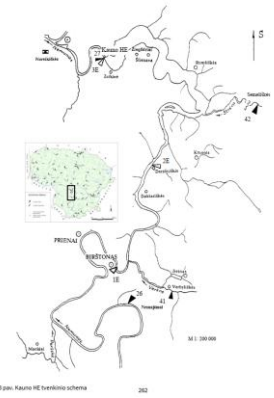
Generacijos (elektros gamybos) režimas. Dienos metas, piko valandos **(**naudoja aukštutinio rezervuaro vandenį).

- Laikas: Dienos elektros pikų poreikio tenkinimas (7 -11 val. ir 17-21 val.)
- Tikslas: gaminti elektrą išleidžiant rezervuaro vandenį.
- Operacijos: Gaminama elektra ir atiduodama į tinklą.

3. Nemuno upės ir KHE tvenkinio hidrologinė, hidraulinė informacija

3.1. Nemuno vandens matavimo stotys

Vandens matavimo (hidrologinės) stotys (VMS) Nemune ir aukščiau KHE tvenkinio parodytos 3.1 pav. ir jų pagrindinės charakteristikos 3.1 ir 3.2 lentelėse. Jos yra valdomos LHMT išskyrus keletą (KHE –AB Ignitis gamyba).



***3.1 pav**. Vandens matavimo stotys KHE tvenkinyje ir aukščiau jo. Šaltinis: LHMT*

***3.1 lentelė**. LHMT vandens matavimo (hidrologinės) stotys (VMS) Nemune apibūdinančios KHE*

VMS pavadinimas	**Atstumas nuo žiočių, km**	**Baseino plotas A, km^2**	**Stoties nulis, H_0, m**	**Įsteigta**	**Pastabos**
ŽB					
Smalininkai	111.0	81200	7.33	1811-10-01	
Kaunas (Lampėdžiai)	204.8	71400	20.00	01.09.1930, 10.02.2009	
Kaunas (Vytauto bažnyčia	208.6	46300	20.74	1877 01 13	Uždaryta 2011 – 2013 m, matavimai su pertrūkiais
Kauno VMS (gel. tiltas)	211.6	46304	20.26	2021 09 23	
Kauno HE	223.4	45800	22.0	1959 11 01	Valdo Ignitis gamyba. Kasdieniniai debitai, vandens lygiai ne visada. Pastaruoju metu skelbiami valandiniai VL.
AB					
Nemajūnai	336.7	42900	50.68	24.03. 1905	

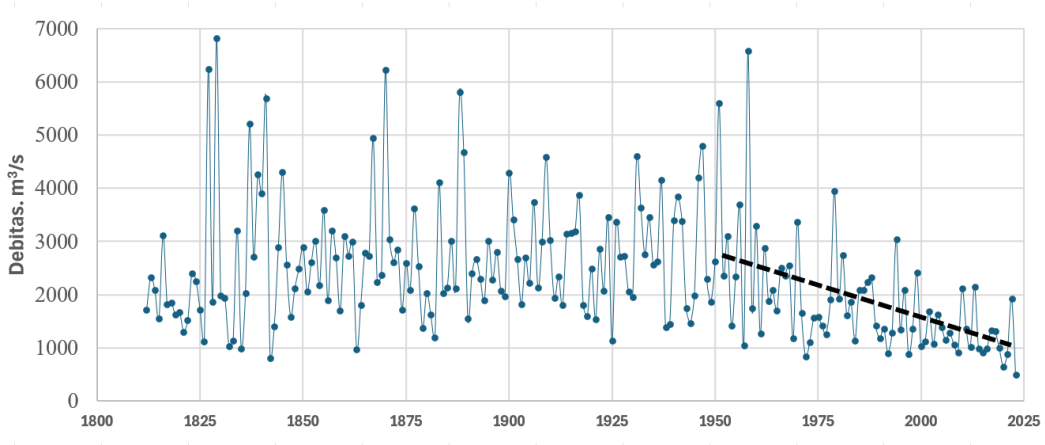
***3.2 lentelė**. Kauno HE tvenkinio (plotas 63.5 km^2) vandens matavimo stočių sąrašas.*

Nr	VMS pavadinimas	Atstumas nuo žiočių, km	VMS nulio altitudė, m	Įsteigta	Pastabos
1.	Kauno HE	223.4	39.12	1960 03	Valdo Ignitis gamyba.
2.	Darsūniškis	265	39.12	1960 03	
3.	Birštonas	289.8	39.12	1960 03	

Dėl antropogeninių veiksnių (hidroenergijos ir laivybos), bei praeityje vykusių didelių potvynių įtakojančių Nemuno vagos dugno vertikalias deformacijas (pažemėjimą) VL stebėjimo duomenys Lampėdžių, Kauno ir KHE VMS yra nevienalyčiai. Istoriniuose duomenyse yra aiškus jų žemėjimo trendas, kuris stabilizavosi paskutiniais dešimtmečiais. Vandens lygiai yra stebimi Kruonio HAE reversiniame kanale (Ignitis gamyba). Tačiau jie nėra laisvai prieinami.

3.2. Klimato kaita, maksimalūs vandens debitai, ledo režimas

Nuo 1960 m. Nemune yra aiški pavasario maksimalių vandens debitų mažėjimo trendas (3.2 pav.). Maksimalūs debitai ties Smalininkų VMS (A=81200 km^2) sumažėjo daugiau kaip du kartus.

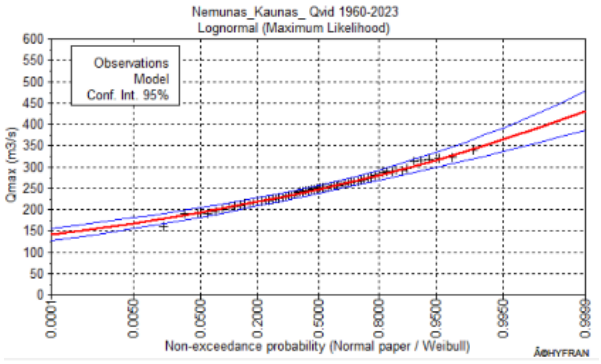


***3.2 pav**. Nemuno ties Smalininkais (A=81200 km^2) maksimalūs debitai (1812-2023). Brūkšniuota linija - debitų žemėjimo trendas nuo 1950 m.*

Ta pati tendencija yra Nemune ties Kauno HE. Tai susiję su klimato atšilimu, šaltojo meto (ypač žiemos) oro temperatūros padidėjimu ir tuo pačiu žymesnės sniego dangos trūkumu upės baseine. Nuo 1958 m. ekstremalaus potvynio paskutinis didesnis potvynis stebėtas 1979 m. (tikimybė P=5%). Dėl šiltų žiemų, Kauno HE marių teritorijoje ledo susidarymo tikimybė taip pat stipriai sumažėjo.

Priešingai negu KHE VMS pavasario maksimaliems debitams, kai jų trendas yra žemėjantis (K=5.39, p=7.28E-08, reikšmingumo lygmuo H0=1%), šios stoties metų vidutiniams debitams klimato kaitos poveikis yra gerokai mažesnis. Pagal 1960-2023 m. duomenis **metų vidutinių debitų mažėjimo trendas dar nėra reikšmingas** (Kendalio stacionariškumo testas: K=-0.142, p=0.099, reikšmingumo lygmuo H0=5%).

Sudaryta KHE VMS vidutinių metų vandens debitų tikimybės kreivė laikotarpiui, kai pradėjo reikštis klimato kaito poveikis (3.3 pav.). Vidutiniai metų vandens debitai: n=64, Q_{min}=161 m^3/s, Q_{max}=339 m^3/s, Q_{vid}=249 m^3/s, SD =37.9 m^3/s. Cv= 0.15, Cs =0.20. Teorinės tikimybės kreivės lognormalus skirstinys geriausiai tinka matavimo duomenims.



***3.3 pav**. KHE VMS vidutinių metų vandens debitų tikimybės kreivė*

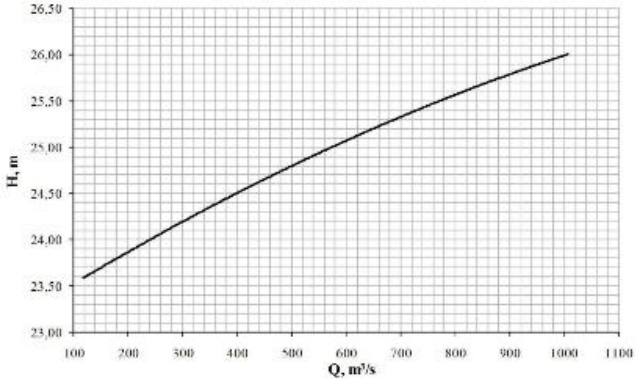
Pateikiamas vidutiniai metų vandens debitų palyginimas (3.3 lent.). Kaip matyti, debitų skirtumas siekia iki 12%.

***3.3 lentelė**. Vidutiniai daugiamečiai vandens debitai pagal Taisykles ir pagal 1960-2023 m laikotarpio matavimo duomenis*

Vidutiniai vandens debitai, P% tikimybės	**Q m^3/s (pagal Taisykles)**	**Q, m^3/s apskaičiuoto pagal 1960-2023 m duomenis (atsižvelgiant į klimato kaitą)**
$Q_{vid.}$	284	249
$Q_{80\%}$	243	216
$Q_{95\%}$	213	191

3.3. KHE žemutinio bjefo (ŽB) vandens debitų kreivė

Paskutinio laikmečio (nuo 2016 m). KHE žemutinio bjefo debitų kreivė parodyta 3.4 pav.



***3.4 pav.** KHE ŽB debitų kreivė. Šaltinis: Taisyklės*

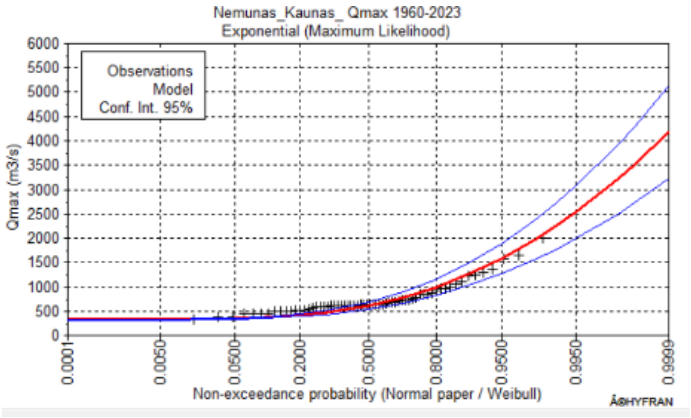
Per istorinį laikotarpį ši kreivė kito dėl upės dugno žemėjimo. Paskutinius dešimtmečius - stabilizavosi. Didžiausios paklaidos arba neapibrėžtumai yra stebimi mažų vandens debitų (lygių) zonoje (Lietuvos Energija, AB, 2012).

Ši debitų kreivė neapima maksimalių debitų reikšmių (>1000 m^3/s), todėl šiame tyrime ji buvo matematiškai ekstrapoliuota (žr. 5.2 sk.).

3.4. Didžiausi potvynio (pavasario) vandens debitai ir lygiai

Maksimalūs lietaus-liūčių arba šiltojo laikotarpio (gegužis – spalis) vandens debitai yra mažiausiai du kartus mažesni už pavasario (dažniausiai sniego tirpsmo) laikotarpio debitus. Todėl jie čia nėra analizuojami.

Buvo sudaryta maksimalių debitų tikimybės kreivė 1960-2023 m. laikotarpiui Nemunui ties Kaunu (KHE). Duomenys: n=64, Q_{min}=329 m^3/s, Q_{max}=2010 m^3/s, Q_{vid}=741 m^3/s, SD =318.2 m^3/s. Cv= 0.43, Cs =1.90. Teorinės tikimybės kreivės eksponentinis skirstinys geriausiai tinka matavimo duomenims, ypač didesnių debitų zonai (3.5 pav.).



3.5 pav. *Nemuno ties Kaunu (KHE) maksimalių debitų empirinis (1960-2023 m.) ir teorinis eksponentinis skirstinys (raudonas)*

3.4 lentelėje pateikti suvestiniai Q_{max} duomenys iš Taisyklių ir nustatyti pagal ekstrapoliuotą tikimybių kreivę. Aiškiai matyti, kad atnaujintos eilės Q_{max} yra bent trečdalį mažesni negu pateikti Taisyklėse. Kadangi ŽB debitų kreivė neapima didelių debitų, ji buvo matematiškai ekstrapoliuota ir nustatyti atitinkami vandens lygiai.

3.4 lentelė. *Didžiausi potvynio (pavasario) vandens lygiai ir debitai*

P%	**Q_{max} m^3/s (pagal Taisykles)**	**VL m (pagal KHE ŽB debitų kreivę)***	**Q_{max} m^3/s (1960 - 2023 m.)**	**VL m (pagal KHE ŽB debitų kreivę***
0.1	4440	33.4	3214	31.0
1	3070	30.7	2250	28.9
5	2130	28.6	1576	27.3
10	2039	28.4	1286	26.6
Vid.	1045	26.1	741	25.3

** Ekstrapoliuota pagal ŽB debitų kreivę*

3.5. Potvynių grėsmės žemėlapiai

Yra sudaryti AAA potvynių grėsmės ir potvynių rizikos žemėlapiai, nurodyti galimi užliejimai (3.6 pav.). Jie nurodo tik užliejimų mastą (vandens lygius), vandens debitų reikšmių nepateikia.



3.6 pav. *Užliejimai vandeniu vidutinės (1%) ir didelės tikimybės (10%) potvynio metu. $VL_{1\%}$=29.42 m, $VL_{10\%}$=27.78 m. Šaltinis: AAA*

3.6. Gamtosauginis debitas, minimalių vasaros, rudens ir žiemos 30 sausiausių parų laikotarpio debitai

Pagal Taisykles, gamtosauginis debitas Q_g=120 m^3/s. Jo pradinė reikšmė yra nustatoma hidrologiniais skaičiavimais, o galutinis sprendimas dėl jo dydžio priimamas tvenkinio vandens naudotojų arba interesų grupių kompromiso keliu (Gamtosauginio....2023).

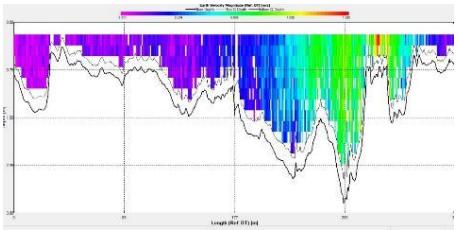
Minimalūs vasaros - rudens ir žiemos laikotarpio debitai pateikti 3.5 lentelėje. Pateikti perskaičiuoti vasaros-rudens 30 sausiausių parų projektavimo pagal LHM pažymą. Klimato kaitos poveikis šioms reikšmėms procentine išraiška yra gerokai mažesnis negu maksimaliems debitams.

3.5 lentelė. *Minimalūs vasaros - rudens ir žiemos laikotarpio debitai (m^3/s)*

	Vasaros-rudens 30 sausiausių parų		Žiemos 30 sausiausių parų laikotarpio (Pagal Taisykles)
	Pagal Taisykles	Pagal 2026 01 Nr. 5.58-10-B8 LHMT pažymą	
$Q_{vid.}$	156	138	170
$Q_{80\%}$	132	114	132
$Q_{95\%}$	114	102	112

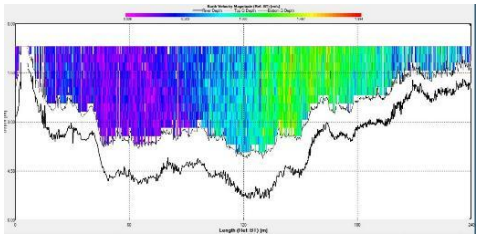
3.7. Nemuno upės vandens greičiai matuoti KHE žemutiniame bjefe

Matavimai atlikti_2014-12-17 d., su Stream Pro ADCP, 300 m. nuo užtvankos, dirbant vienai turbinai. VL=23.57m. Debitas 139.5 m^3/s, maksimalūs tėkmės greičiai siekia 0.73-1.54 m/s. Vandens greičių pasiskirstymas matavimo profilyje (3.7 pav.).



3.7 pav. *KHE ŽB vandens greičiai matavimo profilyje (300 m nuo užtvankos). 2014-12-17 d*

Matavimai atlikti 2017-09-07 d., su Rio Grande ADCP, apie 300 m. nuo užtvankos, VL= 24.65 m., dirbant dviem turbinoms. Debitas Q=335.8 m^3/s, maksimalūs tėkmės greičiai vagoje siekia 1.0 - 2.0 m/s, Vandens greičių pasiskirstymas matavimo profilyje (3.8 pav.).



***3.8 pav**. KHE ŽB vandens greičiai matavimo profilyje (300 m nuo užtvankos). 2017-09-07 , tėkmės plotas A=790.8 m^2, vagos plotis B=218.5 m.*

Didesnių vandens greičių zona yra stebima arčiau dešinio upės kranto, turbinų vandens išleidimo kanalo dalyje. Maksimalus momentinis vandens greitis 1958 m. balandžio 28 d. ekstremalaus potvynio metu (Q_{max}=3350 m^3/s) Kauno VMS, siekė 2.8 m/s (vidut. tėkmės greitis 2.12 m/s). Panašios vandens greičio vertės gali būti priimtos Kauno HE ŽB.

3.8. Žemutinio bjefo vandens lygių režimas

Pagal Taisykles nustatyti ribiniai žemutinio bjefo (ŽB) vandens lygiai:

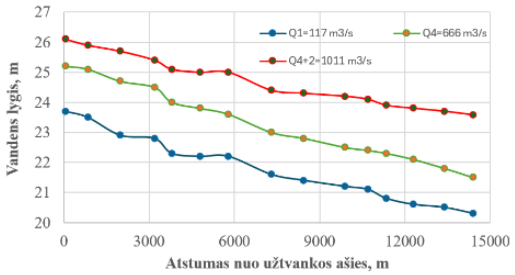
- VL tekant maksimaliam potvynio debitui – 30.80 m;
- VL tekant gamtosauginiam debitui (120 m^3/s) – **23.59 m (BAS77);** 23.59+0.13=**23.72 m (LAS07).** Jo reikšmės vertinimui kyla esminiai neapibrėžtumai, kurie čia neanalizuojami (pvz., vagos šiurkštumas, kuris skirtingas švariai vagai ir su augalija). Tai rodo KHE vandens matavimo stoties duomenys. Nesenai (2025 09 02), kontrolinio matavimo metu, kai upėje tekėjo debitas artimas gamtosauginiam (123.74 m^3/s) išmatuotas vandens lygis buvo **24.13 m** (BAS77) arba **24.26** (LAS07) (2025 09 26 LHMT pažyma). Tad deklaruojamo ir faktinio lygio skirtumas yra apie 0.5 m.
- Stichinis VL Nemune ties Kaunu (Vytauto bažnyčia) – 26.44 m;
- Katastrofinis VL Nemune ties Kaunu – 29.24 m.
- VL tekant gamtosauginiam debitui (120 m^3/s) – 23.59 m, išskyrus Taisyklių 3.1.4 poskyryje numatytus atvejus.

Kauno HE ŽB priimtas projektinis navigacijos vandens lygis yra 23.60 m. (3.6 lent.).

***3.6 lentelė**. Projektiniai laivybos vandens lygiai ŽB (VVKD, 2021)*

Nuolatinė ar laikina vandens matavimo stotis (VMS)	**VMS nulinės padalos altitudė m (LAS07)**	**P95% vandens lygiai paskaičiuoti pagal 1987-2019 atramines VMS (LAS07)**	**Priimtas projektinis vandens lygis**	
			cm virš VMS nulio	**altitudė m (LAS07)**
Lampėdžiai	20.00	18.30	-160	18.40
Kauno žiemos uostas		***		18.80
Kaunas	20.86	**	-170	19.11
Kauno HE		*****		**23.60**

Vandens paviršiaus išilginiai profiliai laisvoje Nemuno upės vagoje nuo KHE VMS iki Kauno VMS dirbant vienai ir keturioms turbinoms, bei atidarytai vandens pertekliaus pralaidoms 3.9 pav. (pagal 1987-1988 niveliacijos duomenis).



***3.9 pav**. Išilginiai vandens paviršiaus profiliai laisvoje vagoje pagal 1987-1988 niveliacijos duomenis. Šaltinis: Gidroprojekt, 1988.*

Atstumai: Pradžia – KHE VMS (66 m nuo užtvankos ašies). Pabaiga – Kauno VMS (14400 m). Q_1=117 m^3/s – viena turbina; Q_4=666 m^3/s – keturios turbinos; Q_{4+2}=1011 m^3/s – keturios turbinos ir atidarytos dvi potvynių pralaidos (Q_{4+2}=666+345 m^3/s).

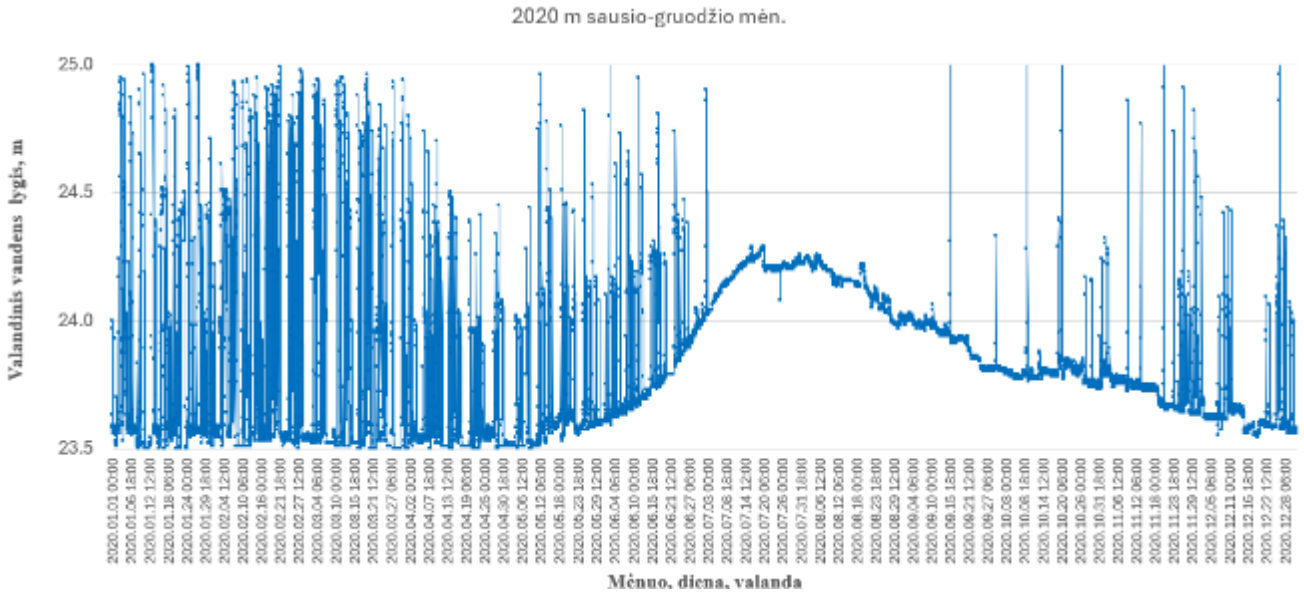
Vandens paviršiaus vidutiniai nuolydžiai 14, 4 km ruože, kai vandens debitas Q_1=117 m^3/s (viena turbina); Q_4=666 m^3/s (keturios turbinos); Q_{4+2}=1011 m^3/s (keturios turbinos plius atidarytos 2 vandens pertekliaus pralaidos) atitinkamai yra: S_1=0.00023: S_4=0.00029; S_{4+2}=0.00017.

3.8.1. Valandiniai vandens lygių svyravimai

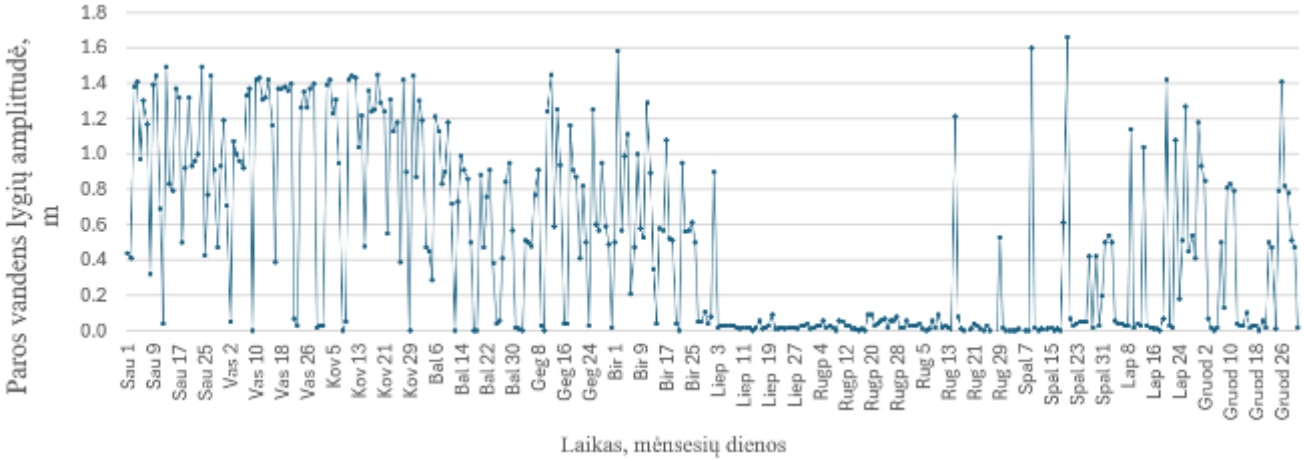
Kauno HE darbo režimas skirtas pikinės elektros energijos gamybai ir elektros sistemos reguliavimui. Turbinų įjungimo/išjungimo skaičius per savaitę gali siekti šimtus kartų ir tai stipriai atsiliepia ŽB VL svyravimas. Tai vadinamas „hidropikingas“ (Ždankus, Sabas ir kt., 2008, Šilinis ir kt. 2019, 2020). Tai greitas ir pasikartojantis upės debito ir vandens lygio svyravimas žemiau HE, sukeltas HE elektros energijos gamybos režimo pokyčių, paprastai reaguojant į elektros sistemos paklausą. Šis reiškinys yra problematiškas upės ekologinei būklei ir galimai laivybai. Pirmiausiai laivų patekimui ir išplaukimui šliuzo zonoje. Šioje laivų priartėjimo zonoje turi būti užtikrintos geros tėkmės hidraulinės sąlygos.

KHE ŽB VL svyravimo kaitos, kai turbinos įjungiamos arba išjungiamos Taisyklės nereglamentuoja. T. y. paros amplitudės (cm) arba valandinio intensyvumo – kilimo ir slūgio fazės (cm/val.). Paleidžiant vieną turbiną, vandens debitas upėje per keletą minučių padidėja apytiksliai iki 150 m^3/s. Antrą, trečią ir ketvirtą turbiną debitas analogiškai dauginasi, vandens lygis kyla, tačiau neproporcingai. Atvirkštinis procesas vyksta turbinas stabdant. KHE sukeliami vandens svyravimai Nemuno vandens keliui pasireiškia gana toli nuo jos užtvankos (45 km ir daugiau) ir priklauso nuo turbinų debito bei vagos užpildymo vandeniu laipsnio.

KHE ŽB 2020 m. (sausi metai) valandiniai vandens lygių svyravimai (3.10 pav.) ir jų amplitudės parodytos (3.11 pav.).

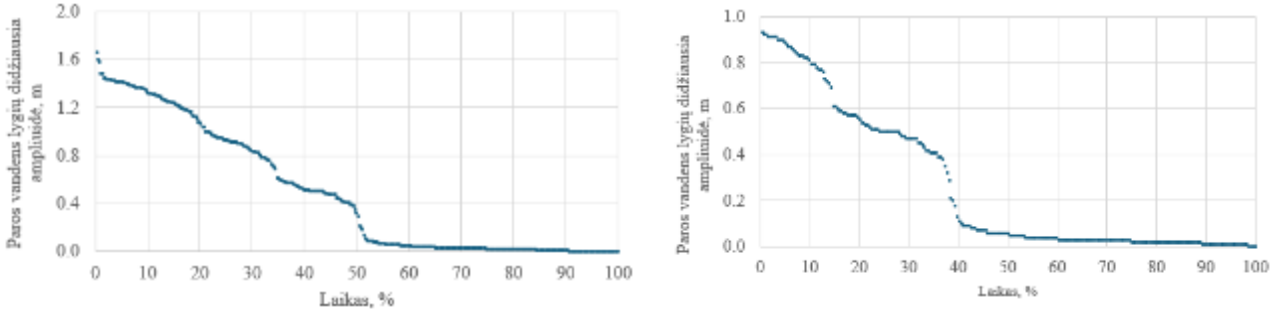


***3.10 pav**. 2020 m. valandiniai vandens lygių svyravimai (m) KHE ŽB. Sudaryta pagal KHE matavimų duomenis*



***3.11 pav.** Paros vandens lygių didžiausios amplitudės (m) KHE ŽB 2020 m. Sudaryta pagal KHE matavimų duomenis*

2020 m. paros vandens lygių didžiausių amplitudžių trukmės procentais nuo dienų skaičiaus, parodytos (3.12 pav.). Priklausomai nuo turbinų darbo režimo bei hidrologinių sąlygų maksimali paros amplitudė KHE VMS gali siekti 1.80 m (maksimalių VL vidurkis apie 1.5 m).

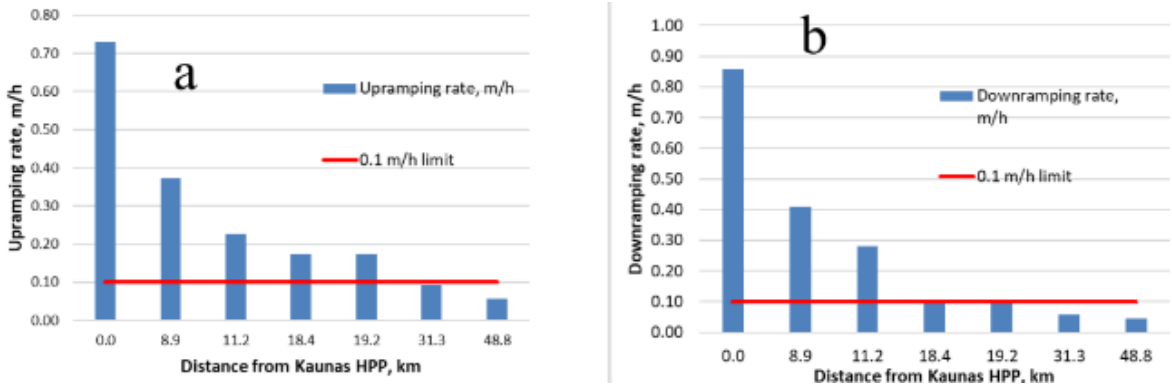


***3.12 pav**. 2020 m. paros vandens lygių didžiausių amplitudžių (m) trukmės, Metų (kairė) ir navigacijos laikotarpio: balandis – lapkritis (dešinė). Sudaryta pagal KHE matavimų duomenis*

Apie penktadalį visų metų dienų skaičiaus, didžiausios paros VL amplitudės viršija 1.0 m. Tuo tarpu navigacijos sezono metu VL amplitudė yra mažesnė, penktadalį sezono dienų ji viršija 0.6 m. Vandens lygių svyravimai upės vagoje praktiškai išnyksta esant mažai vandens prietakai į tvenkinį. Tai dažniausia įvyksta sausmetį, vasarą, kuomet veikia viena turbina, praleidžianti gamtosauginį debitą.

3.8.2. KHE turbinų paleidimo ir stabdymo metu sukeliamas vandens bangos aukštis ir greitis

Laivų judėjimui – patekimui ir išplaukimui į/iš šliuzo yra ypač svarbus KHE turbinų paleidimo/stabdymo metu upės vagoje sukeliamas vandens bangos aukštis. T.y. vandens bangos kilimo ir slūgio fazės intensyvumas, išreiškiamas m/val. Kuo šis rodiklis didesnės, tuo yra sudėtingesnės laivo manevravimo sąlygos. Jų reikšmės pagal upės ilgį parodytos 3.13 paveiksle.



3.13 pav. *Vandens bangos kilimo ir slūgio intensyvumas (greitis, m/val.) pagal Nemuno upės ilgį nuo KHE užtvankos esant vidutiniam debitui. (a) bangos kilimo intensyvumas; (b) bangos slūgio intensyvumas. Raudona linija – upė be KHE įtakos. Šaltinis: Šilinis ir kt, 2020.*

Kaip matyti KHE ŽB didžiausias momentinis vandens bangos kilimo ir slūgio intensyvumai (greitis) viršija 1.1 m/val. (3.7 lent.). Taisyklės ar kiti šalies aplinkosaugos teisės aktai šio hidropikingo reiškinio kiekybinių parametrų nereglamentuoja.

3.7 lentelė*. KHE ŽB vandens bangos kilimo ir slūgio intensyvumas (m/val.), priklausomai nuo vagos užpildymo vandeniu laipsnio*

Rodiklis	**Max VL (bangos) kilimo intensyvumas (m/val.), kai vagos užpildymo vandeniu laipsnis**			**Max VL (bangos) slūgio intensyvumas (m/val.), kai vagos užpildymo vandeniu laipsnis**		
	Žemas	Vidutinis	Aukštas	Žemas	Vidutinis	Aukštas
Vidurkis	0.55	0.4	0.7	0.49	0.52	0.68
Max	1.06	1.02	1.18	1.04	1.13	1.02
Min	0.21	0.55	0.10	0.06	0.05	0.40

3.8.3. Hidraulinės sąlygos laivybos šliuzo žemutinėje dalyje

Kaip parodyta 4.1.1 skyrelyje, laivybos šliuzo išleidžiamas debitas į ŽB sieks apie 42 m^3/s (pateiktas šio darbo užsakovo). Šliuzo užpildymo laikas siekia 10-12 min., jo ištuštinimas yra panaši trukmė. T. y. preliminarios vertės, kurios bus patikslintos tolimesniame etape. Laivų

hidrodinamikai/laivavedžiai gali vertinti poveikį įplaukiantiems ar išplaukiantiems laivams į šliuzą (pvz., priklausomai nuo laivo galios, jo greičio etc.), kai ŽB vyksta vandens lygio ar debito pasikeitimai dėl KHE turbinų darbo. Tolimesniame etape jiems bus numatytos hidrotechninės apsaugos priemonės, jei būtina.

Kaip aukščiau nagrinėtam KHE turbinų atvejui, taip pat ir šiuo atveju susidarys vandens bangos šuolis upės vagoje išleidus vandenį iš šliuzo (apie 42 m^3/s). Tačiau jos aukštis bus mažiausiai 3-4 kartus mažesnis negu paleidžiant ar stabdant turbinas. Vienos turbinos atveju praleidžiamas debitas siekia 100 -150 m^3/s, kuris per keletą minučių pasiekia maksimumą. Čia galima turbinų ir laivybos šliuzo sukeliamų vandens bangų susidūrimas, jų dempingas. T. y., vandens bangų aukščių mažėjimas.

3.9. Vandens lygių ir tėkmės greičių režimas aukštutiniame bjefe (AB)

3.9.1. KHE tvenkinio taisyklės

Pagal Taisykles nustatyti ribiniai vandens lygiai AB:

Altitudės:

- normalusis patvankos lygis (toliau – NPL) – 44.0 m;
- maksimalusis patvankos lygis (toliau – AVL) – 45.6 m;
- minimalusis patvankos lygis (toliau – ŽVL) – 40.0 m;

Tvenkinio naudojimo režimas

Naudojant Tvenkinio vandens išteklius skiriami penki darbo režimai:

- normalus darbo režimas, kai aukštutinio bjefo lygis yra tarp 43.5 ir 44.4 m;
- darbo režimas, kai aukštutinio bjefo lygis yra aukštesnis nei 44.4 m;
- režimas žuvų neršto metu;
- darbas už skaičiuotinos garantijos ribų;
- pasiruošimas praleisti pavasario potvynį.

Tvenkinio normalus darbo režimas toks, kai:

- lygis Tvenkinyje svyruoja tarp 43.5 ir 44.4 m;
- KHE praleidžia į žemutinį bjefą ne mažesnį kaip 120 m /s debitą;
- KHE naudoja turbinų galią tiek, kiek turi sukaupusi vandens išteklių Tvenkinyje, nepažeisdama lygių svyravimo ribų 43.5 ir 44.4 m, bei neviršydama Tvenkinio vandens lygio pokyčio (aukščiausio ir žemiausio lygių skirtumo) per parą 0.4 m;
- prietaka į Tvenkinį pagal Nemajūnų vandens matavimo stoties (toliau VMS) duomenis per 3 dienas didesnė nei 112 m3/s.

Tvenkinio patvankos lygis 44,4 m gali būti viršytas:

- kai Tvenkinio prietaka yra didesnė nei KHE ir jos statinių pralaidumas (3030 m3/s prie NPL 44.0 m);
- pavasario potvynio laikotarpiu, Kauno miesto savivaldybės ekstremalių situacijų komisijai priėmus privalomą sprendimą. Sprendimas pateikiamas „Lietuvos energijos gamyba“, AB;

- baigiantis pavasario potvyniui, „Lietuvos energijos gamyba“, AB Tvenkinio patvankos lygis gali būti pakeltas iki 44.7 m (ne ilgiau kaip 10 parų);
- vandens lygis potvynio metu gali pakilti daugiau 44.4 m, tačiau vandens lygis gali pasiekti AVL (pagrindinį arba kontrolinį) arba jį viršyti tik tuo atveju, kai prietaka į Tvenkinį yra didesnė už pagrindinio arba kontrolinio skaičiavimo atvejį atitinkantį debitą;

Žuvų neršto metu „Lietuvos energijos gamyba“, AB, sudaro tokį KHE ir KHAE apkrovimo grafiką, kad bendras jų sukeltas lygių svyravimas per parą neviršytų šių Taisyklių 4.4 punkte išdėstytų reikalavimų. KHE tvenkinio vandens lygis matuojamas automatinėmis vandens lygio registravimo priemonėmis realiu laiku prie KHE užtvankos.

KHE veikiant už skaičiuojamosios garantijos ribų, hidroelektrinės turbinų galia nustatoma pagal sauso laikotarpio prietakos debitą. Šio laikotarpio pradžia ir pabaiga nustatoma:

Žuvų neršto metu vandens lygio pokytis (paros aukščiausio ir žemiausio vandens lygio skirtumas) neturi viršyti 0,2 m per parą su sąlyga, kad „Lietuvos energijos gamyba“, AB vykdo aplinkos būklės tyrimus pagal Aplinkos tyrimų programą (Taisyklių 23 priedas) ir kompensuoja aplinkai daromą žalą. Jei nevykdoma Aplinkos tyrimų programa (*iki šiol yra vykdoma*), žuvų neršto metu vandens lygio pokytis (paros aukščiausio ir žemiausio vandens lygio skirtumas) neturi viršyti 0.1 m per parą.

- kai „Lietuvos energijos gamyba“, AB gauna informaciją iš LHMT apie tai, kad Nemajūnų VMS debitas 3 parų laike yra mažesnis nei 112 m3/s;
- kai lygis KHE tvenkinyje yra žemesnis nei 43.5 m;

KHE darbas už skaičiuotinos garantijos ribų vykdomas, kai vandens prietaka į Kauno HE tvenkinį nukrenta žemiau gamtosauginio debito. Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2025 m. balandžio 16 d. įsakymu Nr. D1-47 „Dėl Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 1995 m. kovo 7 d. įsakymo Nr. 33 „Dėl Tvenkinių ir patvenktų ežerų naudojimo ir priežiūros tvarkos aprašo patvirtinimo“ pakeitimo“, Kauno HE tvenkinio vandens svyravimo lygis yra padidintas iki 2027 metų sausio 1 dienos. Tokios sąlygos gali išlikti ir po minimos datos.

3.9.2. Projektiniai laivybos vandens lygiai

Tvenkinyje projektiniai vandens lygiai užtikrina garantinius gylius vandens kelio farvateryje (3.8 lent.).

3.8 lentelė. *Projektiniai laivybos vandens lygiai aukštutiniame bjefe - tvenkinyje ir už jo (VKD, 2021)*

Nuolatinė ar laikina vandens matavimo stotis (VMS)	**VMS nulinės padalos altitudė m (LAS07)**	**P95% vandens lygiai paskaičiuoti pagal 1987-2019 atramines VMS (LAS07)**	**Priimtas projektinis vandens lygis**	
			cm virš VMS nulio	**altitudė m (LAS07)**
Darsūniškis	39,12	42,80	370	42,82
Birštonas	39,12	43,00	390	43,02
Nemajūnai	50,68	50,40	-20	50,48

3.9.3. Matuoti aukštutinio bjefo (tvenkinio) vandens lygiai

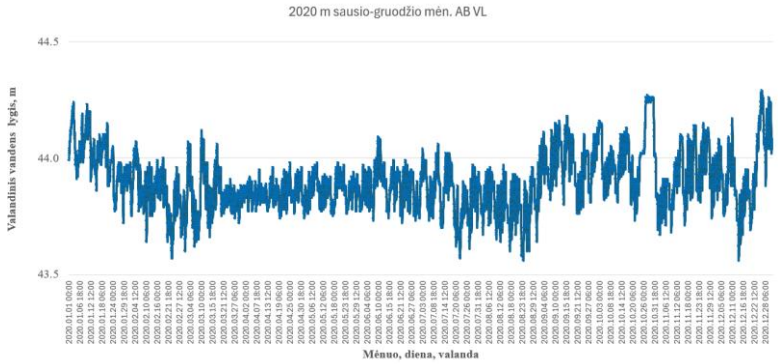
Pateikti būdingi vandens lygiai vandens matavimo stotyse 1961-2023 (3.9 lent.). Jie priklauso nuo Nemuno prietakos bei KHE ir KHAE darbo režimo ypatumų.

3.9 lentelė. *Kauno HE tvenkinio būdingi vandens lygiai vandens matavimo stotyse. Šaltinis: LHMT*

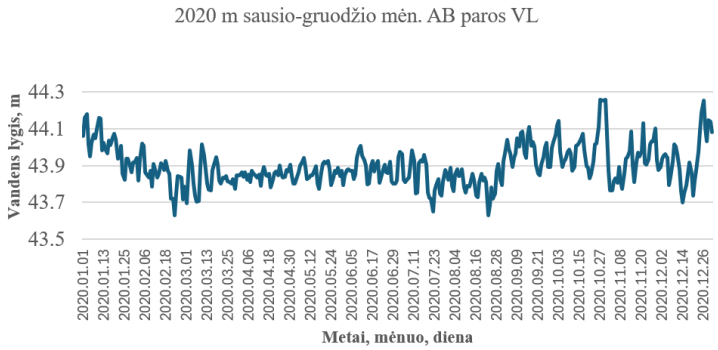
Nr	VMS pavadinimas	Atstumas nuo žiočių/KHE, km	VMS nulio altitudė, m	VL m		VL m		VL m	
				Vidutinis	Data	MIN	Data	MAX	Data
1.	Kauno HE	223.4/0	39.12	43.97	1961-2023	44.93	25-12-1980	39.49	06-04-1994
2.	Darsūniškis	265/41.6	39.12	43.93	1961-1999, 2004-2023	45.46	18-03-1994	39.66	01-04-1994
3.	Birštonas	289.8/66.4	39.12	44.13	1961-2023	48.85*	09-03-1999	40.59	01-04-1994

* Ledų sangrūda. * * Kruonio HAE reversinio kanalo duomenys oficialiai neskelbiami.

2020 m. (sausi metai) valandiniai ir paros vandens lygių svyravimai (3.14 ir 3.15 pav.).



3.14 pav. *2020 m. Valandiniai VL ties KHE VMP. Sudaryta pagal KHE matavimų duomenis.*



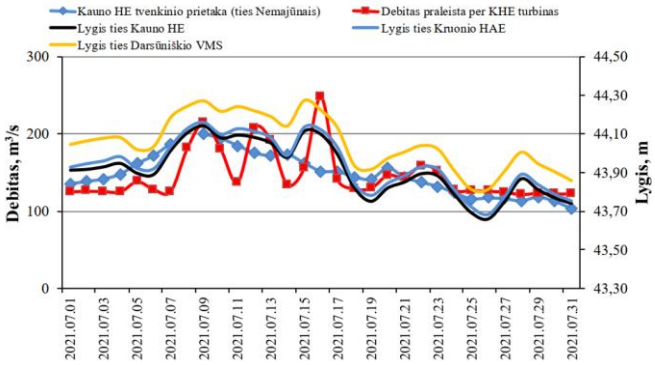
3.15 pav. *2020 m. paros VL ties KHE VMP. Sudaryta pagal KHE matavimų duomenis.*

Didžiausia paros VL svyravimų amplitudė ties KHE VMS neviršija 35 cm, ir du trečdalius metų laiko ji yra mažesnė už 20 cm. Pastaroji yra toleruotina, nes čia gali įtakoti vėjas, bangavimas, Kruonio HAE veikla, etc.

3.9.4. Hidroelektrinių poveikis tvenkinio vandens lygiams

Pagal GTC duomenis 2021 m. esant normaliam elektrinių režimui KHE, KHAE ir Darsūniškio VL vidutinės amplitudės kovo - liepos mėn. apie 1/3 dienų buvo mažesnės už 10 cm ir apie 2/3 dienų svyravo tarp 10-20 cm. VL svyravimų amplitudės šiek tiek mažėja sausmečiu metu.

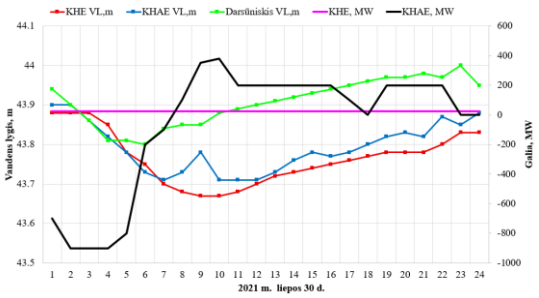
Yra aiški VL lygių svyravimo sinchronizacija tarp šių stočių pagal tvenkinio vandens paviršiaus nuolydį (3.16 pav.).



3.16 pav. *Vandens lygiai ir prietakos debitai KHE tvenkinyje 2021 m. liepos mėn. Šaltinis: GTC ir LEI, 2021*

Ties KHE VL yra šiek tiek žemesni už VL registruojamus KHAE reversiniame kanale. Yra nežymus trendas tarp KHE praleidžiamo debito per turbinas ir VL lygio matavimo vietose. Tačiau jų ryšys nėra glaudus. Tai dėl KHAE netolygaus darbo – paimamų iš tvenkinio ir gražinamų debitų. Dėl jėgainių darbo režimo specifikos tai yra sudėtingi reiškiniai. Atkreipiame dėmesį į vandens debitų dydžius 120/632 ir 226/904 m3/s. KHAE maksimalus debitas padidės pastačius 5-tą agregatą. Pagal dydį jie yra nepalyginami su būsimo laivybos šliuzo debitu.

Staigių vandens lygių Kauno HE tvenkinyje ir hidroelektrinių galios kaita parodyta 3.17 pav. KHAE veikiant siurbimo režime, vandens lygiai mažėja, o elektros generacijos režime jie beveik atsistato.



3.17 pav. *Vandens lygių Kauno HE tvenkinyje ir hidroelektrinių (KHE ir KHAE) praleidžiamų debitų kaita 2021 m. liepos 30 d. Prietaka į tvenkinį: Nemajūnai Q=110 m3/s. KHAE debitai yra apytiksli. Sudaryta pagal GTC ir LEI (2021) duomenis.*

Pagal tyrimų duomenis (Šikšnys ir kt.), pagrindinėje tvenkinio dalyje normaliomis sąlygomis vandens tėkmės greičiai tesiekia 0.03-0.04 m/s. Žemutinėj tvenkinio dalyje, prie KHE, plačiausioje ir giliausioje tvenkinio dalyje jie dar labiau sumažėja, iki 0.01-0.03 m/s (išskyrus lokalią akvatoriją ties

turbinomis). Ekstremalus bangų aukštis gali siekti 0.8–1.4 m. Vėjo sukeltų bangų skaičiavimams buvo naudojama metodika, nurodyta STR 2.05.15:2004. „Hidrotechnikos statinių poveikiai ir apkrovos“. Kruonio rezervuaro griuvimas gali sukelti staigų ik 0.8 m vandens lygio augimą prie užtvankos (Kriaučiūnienė et al., 2024).

3.9.5. Laivų patekimo į šliuzą ir išplaukimo iš jo hidraulinės sąlygos.

Jos yra nepalyginamai geresnės negu žemutiniame bjefe, išskyrus retų audrų vėjo (CC2 klasei – 4 % arba 1 kartą per 25 metus) bangų sampūtų aukščius bei galimo ledo poveikio.

3.10. Hidromorfologinis vertinimas, nešmenys, vagos dugno erozija

3.10.1. Žemutinis bjefas

3.10.1.1. Nešmenys, vagos dugno erozija

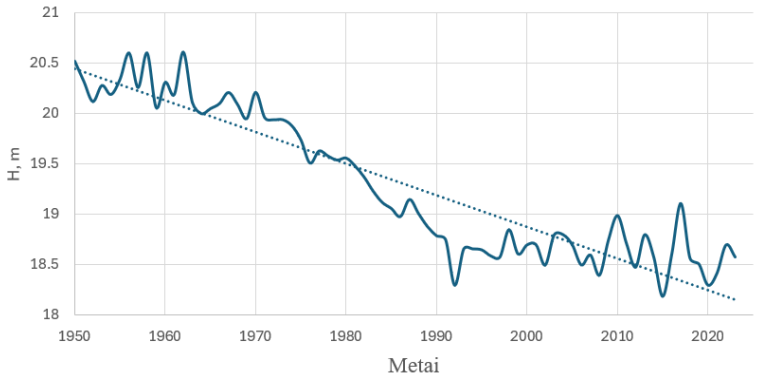
Dėl antropogeninių veiksnių (KHE užtvankos pastatymo, laivybos kelio naudojimo bei statybų reikmių naudojant upės žvyrą) Nemuno upės dugno vaga stipriai pažemėjo žemutiniame bjefe. Kauno HE poveikis upės vagai žemiau jos užtvankos yra žinomas ir būdingas visoms didesnėms pasaulio HE, kai upės vagos dugnas pažemėja ir kartu nukrinta upės vandens lygiai. Kauno marios, veikdamas gaudyklės principu, akumuliuoja visus dugninius ir didelę dalį skendinčių nešmenų, kurie toliau nebemaitina upės ruožo žemiau HE. Praeityje buvo įrengti karjerai žemiau Neries ir Nemuno santakos siekiant tiekti žvyrą ir smėlį statyboms. Ruože žemiau Neries žiočių ir Jurbarko per 1970-1990 metu, laikmetį Nemunas neteko apie 11 mln. m^3 grunto, o iš nemažos ruožo dalies buvo nuimtas savigrindos sluoksnis. Dabartiniu metu žvyro kasimas Nemune miesto ribose yra draudžiamas. Šioje ataskaitoje nėra vertinama, kurie veiksniai buvo ir/ar yra lemiami vagos deformacijoms ar dugno erozijai. Vandens kelio palaikymui būtinas pastovus suneštų nešmenų laivybos kelyje pašalinimas. LHMT paskutinius dešimtmečius nebematuoja nešmenų upėse, kurie realiai apibūdina vagos deformacijas, jos eroziją arba išplovimus Yra istoriniai nešmenų matavimo duomenys iki 9 dešimtmečio Nemune ties Smalininkais. Laikoma, kad Kauno HE tvenkinys sumažina apie 30 % skendinčių nešmenys ir 100 % dugninių nešmenų (Ždankus, Darbutas, Šikšnys ir kt.). Tačiau, jie dalinai atsistato įtekėjus į Nemuną didesniems intakams.

Gamtiniai, dideli potvyniai taip pat įtakoja vagos deformacijas. Nemuno vagos dugno savigrindos matavimais nustatyta, kad po 1958 m. potvynio Nemuno dugnas pagilėjęs daugiau du metrus. Daugiausia grunto išplauta 2-3 km ruože žemiau užtvankos ir po Aleksoto tiltu (Milius ir Darbutas, 2011). Šiuo metu čia susiformavusi savigrinda iš stambaus žvyro ir gargždo su 10....15 cm skersmens rieduliais.

Per 1979 metų potvynį, kurio metu debitas Kaune siekė 2060 m^3/s, įvyko paskutinis ryškus vagos pagilėjimas – apie vieną metrą. Potvynis pralaužė ruože iki Neries buvusią ankstesnių nedidelių potvynių suformuotą silpną savigrindą ir ją formavo iš naujo. Ankstesni natūrinių tyrimų bei dugno atsparumo išplovimui hidraulinių skaičiavimų rezultatai parodė, kad dėl Kauno HE įtakos prasidėjusios Nemuno

vagos dugno deformacijos dar nesibaigė. Išplovimo procesas ateityje gali tęstis dar ilgai, o dugno gilėjimo intensyvumas priklausys nuo potvynių dydžio.

Lampėdžių VMS duomenys rodo, kad KHE ŽB mažiausių vandens lygių kritimas stabilizavosi po 1990 metų (3.18 pav.). Nuo 1990 nėra reikšmingo vandens lygių žemėjimo trendo (Kendall'o stacionariškumo testas). K =1.305, p=0.1920, reikšmingumo lygmuo H_{0min}=5%.



3.18 pav. *Mažiausių vandens lygių kaita Nemuno Lampėdžių VMS. Duomenyse yra trūkių, jie buvo atstatyti pagal Kauno VMS.*

Šis grafikas netiesiogiai, tačiau objektyviai apibūdina upės dugno žemėjimo tendenciją. Panašų grafiką pateikia ir kiti autoriai (Dumbrauskas, 2023). Šių minimalių VL stabilizacija po 1990 m. paaiškinama dėl nebuvusių aukštų potvynių bei reikšmingai sumažėjusių grunto kiekių pašalinimo iš upės vagos. Be abejo, šis grafikas turi neapibrėžtumų. Pvz., kritulių kiekis turi didelę reikšmę sezonų ar trumpesnių laikotarpių minimalių debitų reikšmėms. Šio dugno kitimo kiekybinis vertinimas laike ir erdvėje gali būti nustatytas pagal batimetrinius duomenis.

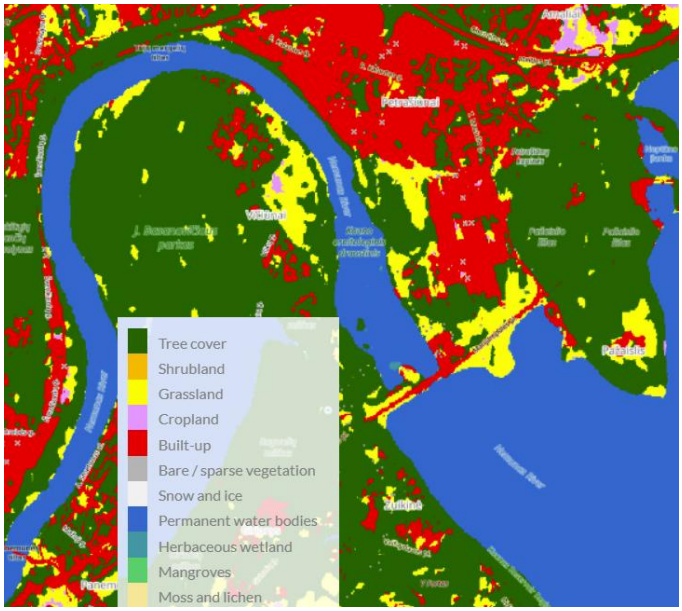
Pagal VVKD duomenis, vidutiniškai kasmet atliekant seklumų šalinimą Neries žiotyse, ties Kauno keleivine prieplauka (Combo) ir Marvelės krovinine prieplauka iš Nemuno vagos pašalinama po 20-50 tūkst. m^3 grunto. Norint pasiekti 1.20 m garantinį vandens kelio gylį (plotis –30 m, posūkio spindulys – 250 m), nuo KHE iki Kauno krovinių prieplaukos reikia pašalinti 32,11 tūkts. m^3 grunto (UAB Projektų gama, 2010). Grunto šalinimo darbai vykdomi laikantis aplinkosaugos reikalavimų – iki projektinio gylio su leistina 0.5 m paklaida.

Nemune ties Smalininkais, po KHE pastatymo skendintys nešmenys: vidutinis metų („kietas“) debitas 13 kg/s arba 400 tūkst. tonų per metus, arba daugiau 600 tūkst. m^3 per metus (Milius ir Darbutas, 2011). Pagal apytikslį vertinimą šie skaičiai ties Kaunu (žemiau Neries) turėtų būti mažiausiai 2 kartus mažesni (300 tūkst. m^3 per metus). Tad VVKD vienkartinės vagos kasimo apimtys sudaro apie 7-17% nešmenų metų tūrio. Dabartiniai kasimų kiekiai nėra žymūs lyginant su 8 ar 9 dešimtmečio. Jie neįtakoja žymesnio vandens lygio kritimo (dugno žemėjimo), poveikio KHE turbinoms. Prieš dešimtmetį vagos dugno erozijos prevencijai buvo siūloma vagoje įrengti slenkstį (ar keletą jų) sukeliantį Nemune ties Kaunu vandens lygį.

3.10.1.2.Upės ruožo hidromorfologinis vertinimas (dabartinė situacija).

Vertinimas atliktas pagal „Paviršinių vandens telkinių būklės nustatymo metodiką“. Upės hidromorfologinis indeksas (toliau – UHMI) – rodiklis, kuriuo parodoma upių kategorijos vandens telkinio ekologinė būklė pagal hidrologinius ir morfologinius duomenis. Vertinta KHE ŽB 5 km ruožas – „nulinis“ variantas, kol dar nėra pastatyto laivybos šliuzo.

Kauno HE ŽB žemės dangos (rezoliucija 10x10 m) pateiktos 3.19 paveiksle. Vidutinės tikimybės potvynio zonoje upės pakrantė yra beveik natūrali, užstatytų teritorijų nėra daug, išskyrus užtvankos papėdę ir arčiau Petrašiūnų.



3.19 pav. Kauno HE ŽB žemės dangos: Žalia – medžiai (miškai), rusva – krūmai; geltona – žolinė danga; violetinė – ariama žemė; raudona- užstatyta (kieti paviršiai, nelaidūs vandeniui), mėlynai – vanduo. Šaltinis: WorldCover V2 2021.

Hidromorfologinių rodikliai vertinami 5 balų skalėje (1- gerai, 5- blogai). Hidrologinis režimas (nuotėkio dydis ir pobūdis) –5; Upės vientisumas -5; Morfologinės sąlygos (upės vagos pobūdis - 3, pakrančių augmenijos būklė -2; grunto sudėtis - 1). Hidromorfologinių rodiklių balų suma = 16**.** Pagal pateiktą formulę: UHMI=0.45. Iš tikro, šių rodiklių suma turi subjektyvumo elementų, tačiau pagal ją nustatytas UHMI leidžia padaryti pagrįstą išvadą.

Pagal pateiktą 3.10 lentelę Nemuno upės (KHE ŽB) ekologinis potencialas yra blogesnis nei geras (0,45<0,63). Priežastis: esama užtvanka ir veikianti Kauno HE. Šiuo metu šiame upės ruože deklaruojami laivakelio klasės techniniai parametrai nėra užtikrinti.

***3.10 lentelė**. Upių, kurios priskiriamos prie labai pakeistų vandens telkinių, ir kanalų ekologinio potencialo klasių kriterijai pagal hidrologinį režimą, upių vientisumą ir morfologines sąlygas*

<table>
<tr><td rowspan="2">Eil. Nr.</td><td colspan="3" rowspan="2">Kokybės elementas</td><td rowspan="2">Rodiklis</td><td rowspan="2">Upės tipas</td><td rowspan="2">Hidromor-fologinio poveikio grupė</td><td colspan="3">Ekologinio potencialo klasių kriterijai pagal hidromorfologinio rodiklio vertes</td></tr>
<tr><td>Labai geras</td><td>Geras</td><td>Blogesnis nei geras</td></tr>
<tr><td rowspan="2">1.</td><td rowspan="2">Hidrologinis režimas</td><td rowspan="2">Vandens nuotėkio tūris ir jo dinamika</td><td rowspan="2">Nuotėkio dydis ir pobūdis</td><td rowspan="7">UHMI</td><td rowspan="7">1–5</td><td rowspan="7">8</td><td rowspan="7">>0.74</td><td rowspan="7">0.74–0,63</td><td rowspan="7"><0.63</td></tr>
<tr></tr>
<tr><td>2.</td><td colspan="3">Upės vientisumas</td></tr>
<tr><td>3.</td><td rowspan="3">Morfologinės sąlygos</td><td rowspan="3">Krantų ir vagos struktūra</td><td>Upės vagos pobūdis</td></tr>
<tr><td>4.</td><td>Pakrančių augmenijos būklė</td></tr>
<tr><td>5.</td><td>Grunto sudėtis</td></tr>
</table>

Pastaba: 8 grupė – upių ruožai, kurių vagos modifikuotos laivybos tikslais ir yra paveikti hidroelektrinių, sukeliančių staigius debitų ir vandens lygio svyravimus žemiau hidrotechnikos statinių.

3.10.1.3. Upės ruožo hidromorfologinis vertinimas (kai yra laivybos šliuzas).

Laivybos šliuzas bus naujas KHE tvenkinio vandens naudotojas. Tad KHE turbinų vandens naudojimas turėtų sumažėti (žr. 4.1.1 sk.). Tačiau vyraujant aukščiau minėtiems KHE antropogeniniams veiksniams laivybos šliuzo eksploatacija hidromorfologinių sąlygų žymiai nepablogins, lyginant jau su esamomis. Nors čia taip pat bus greitas ir trumpalaikis vandens išleidimas į KHE ŽB. Tačiau pagal išleidžiamą vandens debitą (Q= 42 m^3/s) mažiausiai 3-4 kartus mažesnis. Šis naujas „hidropikingas“ (staigūs debitų ir vandens lygio svyravimai) nepadidėtų, jei nesutaptų su KHE turbinų paleidimo režimu. Naujai parengtos tvenkinio naudojimo ir priežiūros Taisyklės į tai privalo atsižvelgti.

Nėra prasmės vertinti UHMI pagal aukščiau pateiktą metodiką veikiant tik laivybos šliuzui. Atskirai išskirti jį iš bendro konteksto negalima. Teoriškai veikiant KHE ir laivybos šliuzui bendra UHMI vertė turėtų būti mažesnė negu prieš tai apskaičiuota.

Vertintas hidrologinio režimo pokytis veikiant laivybos šliuzui. Nepalankiausias atvejis – upės sausmečio debitas: Vasaros -rudens 30 sausiausių parų Q_{vid}=138 m^3/s. Kai šliuzo debitas yra 42 m^3/s šis santykis sudaro 30 %. Jei analizuojamas visas navigacijos sezonas, tai jo vidutinis debitas yra gerokai didesnis =226 m^3/s ir santykis siekia 19 %. Bet kokiu atveju, pagal nuotėkio dydį **hidrologinio režimo pokytis yra vidutinis, rodo pastebimą antropogeninį poveikį** (3.11 lent.). Priešingai, KHE atveju hidrologinio režimo pokytis yra didelis.

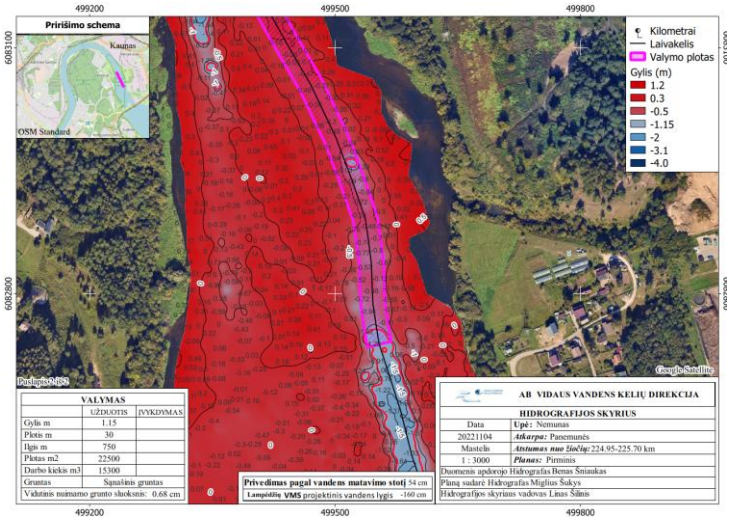
3.11 lentelė. Hidrologinio režimo reikšmingumo vertinimas

Hidrologinio režimo pokytis	Vertinimas
< 10 %	Reikšmingo poveikio nėra / labai geras režimas
10–30 %	Vidutinis / pastebimas antropogeninis poveikis
> 30 %	Didelis hidrologinio režimo pakeitimas

Pagal „Paviršinių vandens telkinių būklės nustatymo metodiką“ vagos dugno grunto sudėtis yra nustatoma vizualiai. Detalesnis hidromorfologinis poveikio vertinimas šiame tyrimų etape yra negalimas, nes nėra Kauno HE žemutinio bjefo (Nemune) vagos dugno detalių grunto (geotechninių) tyrimų. Pirmiausia: a) dabartinė savigrindos granuliometrinė sudėtis; b) po ja esančio grunto granuliometrija ir erozijai atsparaus sluoksnio storis. Tik tuomet būtų galima įvertinti naują išplovimo etapą, ar Nemuno vaga žemiau Kauno HE dar gali pradėti intensyviai gilėti, jei būtų pažeistas (pirmiausia, dėl galimo didelio potvynio) arba dirbtinai pašalintas dabartinis armuotas vagos paviršius.

Literatūroje nurodoma, kad Kauno HE ŽB yra susiformavusi savigrinda iš stambaus žvyro ir gargždo, vietomis su maždaug 10–15 cm skersmens rieduliais. Žemiau ir aukščiau geležinkelio (MK Čiurlionio) tilto buvo tirta dugno nešmenų sandara (Dysarz et al, 2023). Konstatuota stipri vagos dugno savigrinda („armuotas sluoksnis), labai stambiagrūdės frakcijos ir dugnas negali būti laikomas aliuvio. Vagos dugne yra nusistovėjusi grunto pusiausvyra esant intensyviame KHE hidropikingui.

Dabar planuojamas vandens kelio dugno valymas (3.20 pav.) iki projektinio (garantinio) gylio KHE ŽB vagoje gali sukelti vagos dugno vietinį išplovimą. Jo prevencijai, būtinas upės dugno lokalus stiprinimas stambesne žvyro/gargždo/skaldos frakcija. Tas pats galioja ir vandenkelio privedimui prie laivybos šliuzo (žr. 5.3.2 sk.).



3.20 pav. Laivybos vandenkelio valymas KHE ŽB. Šaltinis: VVKD, 2021.

3.10.2. Aukštutinis bjefas (tvenkinys)

Nėra išsamių tyrimų apie Kauno HE AB nešmenų susikaupimą, ypač prieužtvankinėje zonoje, kurioje numatyta laivybos šliuzo vieta. Yra tik vizualūs, ekspertiniai vertinimai. Jie rodo, kad tvenkinio užnešimas nešmenimis gali būti apie 5 % viso tvenkinio tūrio. Pagal atliktus tyrimus, Kruonio HAE įtaka dugno nešmenų išplovimui yra nežymi (Šikšnys ir kt.). Dėl esamų didelių gylių prie užtvankos, laivybos šliuzo vietoje nešmenų poveikis nėra reikšmingas.

3.11. Ledo režimas

Vieni iš pagrindinių skaičiuotinų rodiklių HTS konstrukcijoms upėse yra ledo režimo poveikiai. Yra žinoma, kad tam pačiam debitui, kai upės vaga padengta ledu vandens lygis yra aukštesnis (>20-25%), padidėja šlapias perimetras. Ledonešio metu ledo gabalai yra panirę daugiau 90%.

Pagal istorinius matavimus (1960-2015 m.), didžiausi ledo dangos storiai Nemune ir KHE tvenkinyje susidarė 1963, 1969, ir 1979 m. Dėl akivaizdaus klimato šiltėjimo, t. y. ilgų bei šaltų žiemų sumažėjimo ledo danga upėse susidaro vis rečiau ir yra nepastovi. Dabartiniai šalto periodo potvyniai Nemune yra sąlyginai maži ir nepastovūs besitęsiantį nuo gruodžio iki balandžio mėnesio, daug daugiau trumpų atšalimų ir atšilimų. Tačiau niekas nėra garantuotas, kad šaltos žiemos ateityje nesugrįš.

3.11.1. Žemutinis bjefas

Pagal LHMT, didžiausias ledo storis Nemune ties Smalininkais po 1960 metų siekė 58 cm (1970 m.). Paskutinio didesnio 1979 m. potvynio metu vasario mėn. ledo storis buvo 38-51 cm.

Žemiau Kauno HE, dėl šiltesnio vandens ištekančio iš KHE tvenkinio ištisinė ledo danga ŽB (10 km ruože ir toliau iki santakos su Nerimi) beveik nesusidaro. Išimtiniu atveju, 1960-1980 m. laikotarpiu ištisinis ledo storis upėje ties Kauno VMS buvo 21 cm 1963 m. Taip pat nesusidaro ir žymesnių ledo sangrūdų (patvankų), kurių sulaužytos lytis yra praleidžiamos per KHE vandens pertekliaus pralaidas. Tačiau tai gali kelti problemų šliuzo bei jo laivų priartėjimo konstrukcijoms.

Paskutinių metų ledo reiškinių meto foto fiksacijos Kauno m. parodytos 3.21 ir 3.22 paveiksluose.







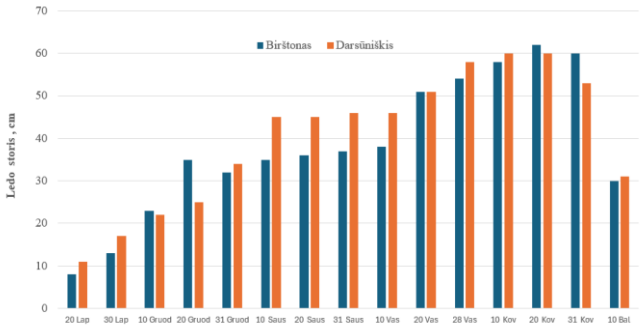
***3.21 pav**. 2014 vasario 2 ledas Nemune ties Kaunu. Šaltinis: https://kauno.diena.lt/naujienos/kaunas/miesto-pulsas/nemuna-kausto-ledas-`*



3.22 pav. *KHE ŽB ir tvenkinio vaizdas 2018 m balandžio 8 d. (šaltinis: Google Earth).*

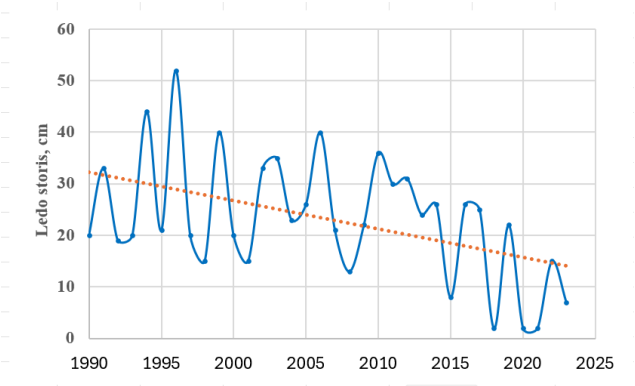
3.11.2. Aukštutinis bjefas – tvenkinys

Remiantis istoriniais duomenimis (1960-2015), didžiausias ledo storis KHE tvenkinyje gali siekti iki 62 cm (3.23 pav.).



3.23 pav. *Didžiausias ledo storis KHE tvenkinyje – Birštone ir Darsūniškyje 1960-2015 metais. Šaltinis: LHMT duomenys.*

Per paskutinius 3 dešimtmečius, ypač paskutinį ištisinio ledo danga susidaro vis rečiau. Čia yra žemėjantis trendas, nors jis statistiškai dar nėra reikšmingas – arti ribos (3.24 pav.). Kendall's tau =-0.236, p=0.055, Alpha=0.05



3.24 pav. *Kasmetinis ledo storis (cm) 1990-2023 m. KHE tvenkinyje (Birštono VMS). Šaltinis: LHMT duomenys*



***3.25 pav**. KHE tvenkinio vaizdas ankstyvą pavasarį - padengta ledu. 2013 m kovo 23 d. (šaltinis: Google Earth).*

4. KHE elektros energijos gamybos praradimo dėl laivybos šliuzo veiklos modeliavimas

Laivybos šliuzas yra skirtas laivų praplaukimui per KHE užtvanką, užtikrinant ištisinę laivybą Nemunu. Netiesioginė laivybos šliuzo funkcija yra žuvų migracijos atvėrimas per KHE užtvanką, kuri čia nedetalizuojama. Abiem atvejams KHE praranda elektros gamybos kiekius, kurie vertinami toliau. Taip pat apytiksliai įvertinami elektros gamybos praradimai atskirtame nuo laivybos šliuzo žuvų pralaidoje (žuvitakyje). Įvardijami keli variantai, tačiau jų veikla nėra susijusi su laivybos šliuzu.

4.1. Metodika

4.1.1. Laivybos šliuzo vandens poreikis

Dviejų pakopų šliuzo sekcija talpina 24500 m^3 vandens, turi būti užpildytas per 10-12 min. T. y. nuo 2000 iki 2500 m^3/min arba apie 42 m^3/s. Dviem sekcijoms – šie skaičiai padvigubėja. Šie duomenys yra pateikti šio darbo užsakovo.

Šiame tyrimų etape nėra aiškus laivų skaičius praleidžiamų per būsimą šliuzą. Todėl jis priimtas laisvai – nuo minimalaus iki maksimalaus (4.1 lent.). Pažymėsime, kad Olandijos Eefde laivybos šliuzas per metus aptarnauja daugiau 14 tūkst. laivų (Legesse ir kt., 2024). T. y., apie 40 laivų per dieną. Panašūs skaičiai yra fiksuojami Freudenau HE (Austrija, Viena) ant Dunojau laivybos šliuze: 13 tūkst. „didelių“ ir 1 tūkst. „mažų/pramoginių“ laivų. Šiame vertinime daryta prielaida, kad vieno šliuzavimo metu praplaukia vienas laivas. Praktiškai šliuzavimo ciklas trunka apie valandą - dvi, todėl maksimalus jų skaičius 50 gali būti laikomas tik teorinis.

4.1 lentelė. *Vandens sunaudojimas priklausomai nuo praleidžiamų laivų skaičius per būsimą šliuzą*

		Šliuzavimų skaičius per dieną				
		1	5	10	20	50
Laivų skaičius per metus		365	1825	3650	7300	18520
Laivų skaičius per laivybos sezoną (balandis –lapkritis)		244	1220	2440	4880	12200
Vandens sunaudojimas per dieną ir debitas	V, m^3	49 000	245 000	490 000	980 000	2 450 000
	Q, m^3/s	0.57	2.84	5.67	11.34	28.36

4.1.2. Modeliavimo pradiniai duomenys

Nepagamintos elektros energijos vertinimui dėl laivybos šliuzo veiklos naudota atvira RETScreen Expert programa (NRC, 2025). Modeliuoti vidutinio vandeningumo metai, kai fiksuota vidutinė elektros energijos gamyba – 2011 m. ir sausi, mažo vandeningumo (P<95%), mažos elektros energijos gamybos metai – 2015 m. (4.2 lent.).

4.2 lentelė. *2011 ir 2015 m. KHE elektros gamyba ir vidutinis mėnesio debitas*

Metai	Metų elektros gamyba, GWh	Vid. metų debitas Q_{vid}, m^3/s	Vidutinis mėnesio debitas m^3/s											
			01	02	03	**04**	**05**	**06**	**07**	**08**	**09**	**10**	**11**	12
			Laivybos sezonas											
2011 (Vidut.)	387 (vidut.)	263	342	378	402	416	263	175	215	218	176	173	176	217
2015 (sausi)	276 (maža)	187	250	255	279	259	206	170	123	98.8	86.9	129	171	216

Abejais atvejais nebuvo atidarytos KHE užtvankos vandens pertekliaus (potvynių) pralaidos. Tad visas upės nuotėkis, kuris buvo išmatuotas ŽB buvo skirtas elektros gamybai ir žinoma tų metų elektros gamyba. Pagal daugiamečius KHE elektros gamybos duomenis (nuo 1960 m.) buvo sudaryta priklausomybė tarp metų elektros gamybos ir upės vidutinio metų debito. Ryšys yra patenkinamas (determinacijos koeficientas r^2=0.78). Skaičiavimuose tai nenaudota. Pagal 2011 ir 2015 metų KHE VMS duomenis sudarytos paros debitų trukmių kreivės.

Modeliuota KHE galia (MW) ir elektros gamyba (MWh).

a) be laivybos šliuzo (modelio derinimas),

b) su laivybos šliuzu, kai dalis vandens nepatenka į turbinas.

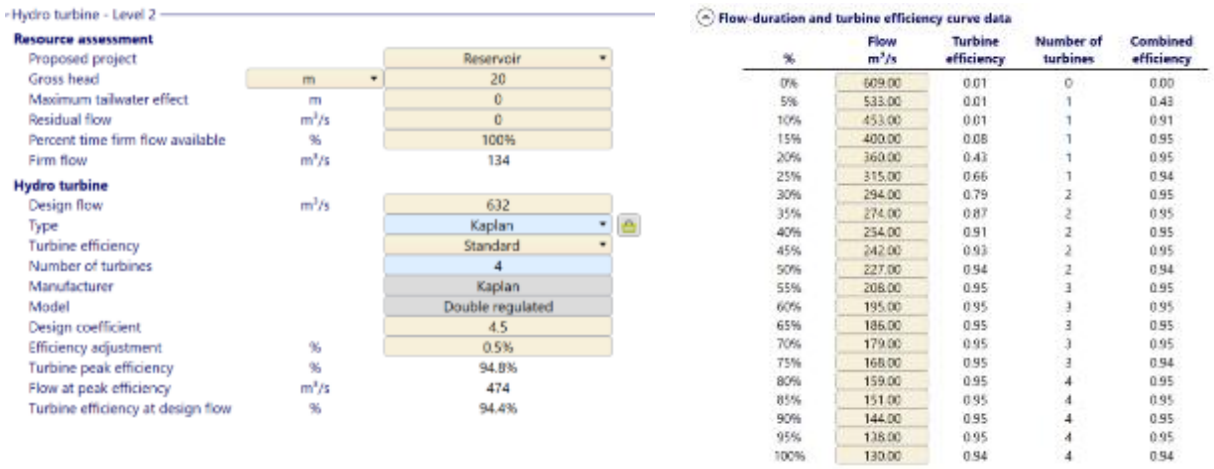
Modeliuota apskritiems metams ir formaliam laivybos sezonui (balandžio 1 – lapkričio 30 d.). Pagal jų skirtumą įvertinta elektros gamybos netektis, priklausomai nuo laivybos šliuzo veiklos intensyvumo (praleidžiamų laivų skaičiaus per dieną).

Naudoti KHE tvenkinio taisyklių duomenys. Modelis derintas pagal KHE įrengtą galią ir realią metų elektros gamybą. Gamtosauginis debitas – praleidžiamas per turbinas, nėra elektros gamybos nuostolių. Be aiškių modelio pradinių parametrų (pvz. turbinų tipas ir skaičius, jų naudingumo koeficientas, projektinis debitas, suminė galia etc.), buvo suderinti KHE hidrauliniai nuostoliai ir kiti parametrai. Skaičiavimų laiko žingsnis yra 5% metų dienų skaičius (18.25 dienos metams). Tokia metų paros debitų trukmių kreivės aproksimacijos tikslumas yra pakankamas. Skaičiavimai yra neatliekami

esant upės vandens prietakai už skaičiuotinos garantijos ribų, nes laivybos šliuzo darbas bus stabdomas, prioritetą skiriant energetikai.

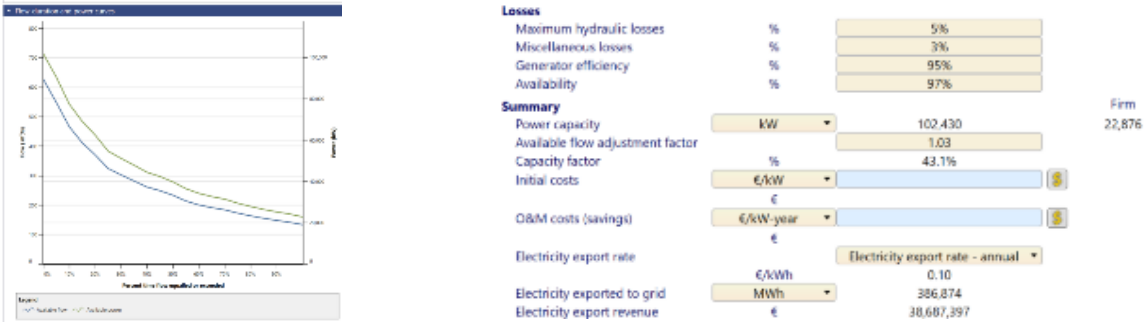
4.1.3. Modelio derinimas (2011 metai – vidutinio vandeningumo)

Derinimas atliktas ištisiems metams (sausio 1- gruodžio 31). Parodyta tik 2011m. skaičiavimų pagrindinės ištraukos (4.1 pav.).



4.1 pav. *Kauno HE vandens ištekliai, turbina (kairė), debitų trukmių kreivė (DTK) ir turbinos naudingumo kreivė (dešinė).*

Naudoti duomenys iš KHE tvenkinio naudojimo ir priežiūros taisyklių. Slėgio aukštis buvo laikomas pastovus (20 m), AB ir ŽB vandens lygių svyravimai nevertinti. Suderinti parametrai buvo naudojami galios ir elektros energijos modeliavimui laivybos sezono metu (balandžio– lapkričio), o taip pat energijos netekties dėl laivybos šliuzo darbo ciklų įvertimui. Derinimo rezultatai yra geri. Apskaičiuota galia yra 102.4 MW (reali 100.8 MW), elektros gamyba – 386 874 MWh (pagal 2011 m. realią apskaitą 387 GWh (4.2 pav.). Priklausomybė tarp praleidžiamo per turbinas vandens debito ir energijos gamybos buvo laikoma tiesine.



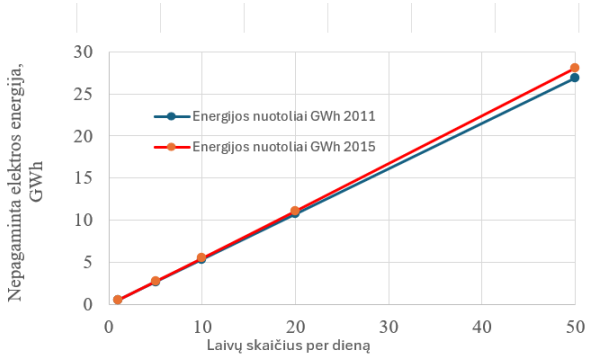
4.2 pav. *Debitų ir galių trukmių kreivės (k). Nuostolių (hidraulinių ir kitų) vertinimas ir suvestiniai duomenys (d).*

4.2. Elektros energijos praradimas laivybos sezono metu (Balandžio 1 – Lapkričio 30) vidutinio vandeningumo ir sausais metais

Kaip matyti iš 4.3 lentelės ir 4.3 pav. elektros energijos nuostoliai laivybos sezono metu vidutinio vandeningumo (2011) ir labai sausais metai (2015) skiriasi nežymiai. Didesnis atotrūkis išryškėja praleidžiant per šliuzą didesnį laivų skaičių (t. y., nuo 20 iki 50 laivų per dieną).

4.3 lentelė. *Laivybos sezono elektros gamybos nuostoliai priklausomai nuo šliuzavimų ciklų skaičiaus vidutinio (2011) vandeningumo ir labai sausais (2015) metais*

Metai	Metų vandeningumas	04-11 mėn. elektros gamyba (E GWh)	Laivybos sezono elektros gamyba (E_L, MWh) ir jos nuostoliai ($E-E_L$), kai laivų skaičius n ir debitas Q														
			n=1 ir Q=0.57 m^3/s			n=5 ir Q=2.84 m^3/s			n=10 ir Q=5.67 m^3/s			n=20 ir Q=11.34 m^3/s			n=50 ir Q=28.36 m^3/s		
			E_L	$E-E_L$	%	E_L	$E-E_L$	%	E_L	$E-E_L$	%	E_L	$E-E_L$	%	E_L	$E-E_L$	%
2011	Vidutiniai	225.18	224. 64	0.54	99,8	222.48	2.698	98.81	219.804	5.371	97.61	214.431	10.744	95.23	198.284	26.89	88.06
2015	Sausi	155.805	155.25	0.55	99.6	153.05	2.752	98.23	150.307	5.5	96.47	144.80	11.09	92.9	127.74	28.06	81.99



4.3 pav*. Elektros energijos nuostoliai priklausomai nuo laivų skaičiaus*

4.3. Elektros energijos praradimas žuvų pralaidoje

Planuojant laivybos šliuzą KHE užtvankoje žuvų pralaidos (žuvitakio) įrengimo ir jos eksploatacijos klausimai žuvų migracijai nėra šio tyrimo objektas. Šie klausimai detaliau nagrinėjami laivybos šliuzo PAV stadijose (*Žuvų pralaidos įrengimo galimybių ir naudos analizė, 2025).* Nesigilinant į žuvų pralaidų konstrukcinius sprendinius, jų sugretinimo ar integravimo prie laivų šliuzo ypatybes, čia vertinami elektros energijos nuostoliai dėl galimos žuvų migracijos atvėrimo per KHE užtvanką. Žuvų migracija per užtvanką galima:

a) Per laivybos šliuzą. Pasaulio patirtis rodo, kad tai nėra efektyvus sprendinys žuvų migracijai ir nėra tinkamas jų migracijai. Laivybos šliuzas skirtas laivams, o ne žuvims ar kitiems vandens gyviams. Apibendrinto laivybos šliuzo ir žuvų pralaidos savybės pateiktos 4.4 lentelėje.

4.4 lentelė. *Apibendrintos laivybos šliuzo ir žuvų pralaidos savybės*

Kriterijus	**Laivybos šliuzas**	**Žuvų pralaida (žuvitakis)**
Pagrindinis tikslas	Laivai	Žuvų migracija
Tėkmės pastovumas	Nepastovi	Pastovi
Tinkamumas žuvims	Prastas	Tinkamas
Ekologinis pritaikymas	Retas	Visada

Vandens nuostoliai elektros gamybai išliktų panašūs, jei žuvų migracija būtų derinama su laivų operacijomis. Problema kyla, kai šliuzo naudojimo ir žuvų migracijos ciklai nesutampa arba žuvų

migracijos laikas yra ilgas, lyginant su laivų šliuzo operacijomis. Tai eksploataciniai klausimai, užtikrinant žuvų migraciją, kurie čia nepaliečiami.

b) Per techninio tipo žuvų pralaidas (VDU ir GTC, 2020). Jų pagrindiniai tipai būtų: a) pertvarinio (baseininio) tipo arba mechaninis - hidraulinis keltuvas (liftas). Alternatyva joms yra gamtinio tipo žuvų pralaida, tiesiogiai nesusijusi su užtvanka ir laivybos šliuzu. T. y., KHE užtvankos apylanka – kanalas arba gamtai artimas variantas – upelis (kairiuoju tvenkinio šlaitu arba per Nerį ir jos intakus. Šiuo atveju taip pat yra elektros gamybos netektys.

Pagal literatūrą, **pertvarinio (baseininio) žuvitakio** viliojimo debitas yra 1%–5% upės debito (2.5 -12.5 m^3/s). Žuvitakio eksploatacinis debitas gali siekti 1-2 m^3/s ir daugiau. Tad apytikslis bendras debitas siektų 5 m^3/s.

Žuvų keltuvo (lifto) eksploatacinis debitas sąlyginai mažas (0.1-0.5 m^3/s). Pridedant viliojimo tėkmės debitą, apytikslis bendras debitas siektų 3 m^3/s.

c) KHE užtvankos **apylankinis varianto** (kairiu arba dešiniu tvenkinio krantu) – kanalo ar upelio debitas siektų mažiausiai 3-5 m^3/s.

Priimta, kad žuvų pralaida veikia apskritus metus, debitas yra pastovus ir vertinama nepagaminta KHE elektros energija esant realistiniam (žuvitakio debitas iki 5 m^3/s) ir pesimistiniam (debitas 10 m^3/s) scenarijui (4.5 lent.).

4.5 lentelė. *KHE elektros energijos praradimas (GWh) priklausomai nuo žuvų pralaidos debito*

Metai	**Metų vandeningumas**	**Metų elektros gamyba (E GWh)**	**Q=5 m^3/s**			**Q=10 m^3/s**		
			$E_ž$	E-$E_ž$ (nuostoliai)	%	$E_ž$	E-$E_ž$ (nuostoliai)	%
2011	Vidutiniai	386.874	379.869	7.005	1.81	372.873	14.001	3.62
2015	Labai sausi	278.342	271.157	7.185	2.58	263.978	14.364	5.16

Beje, yra siūlomos hidroenergijos technologijos, kartu užtikrinat viliojimo tėkmę šioms elektros gamybos netektims HE atgauti. Jos čia neanalizuojamos.

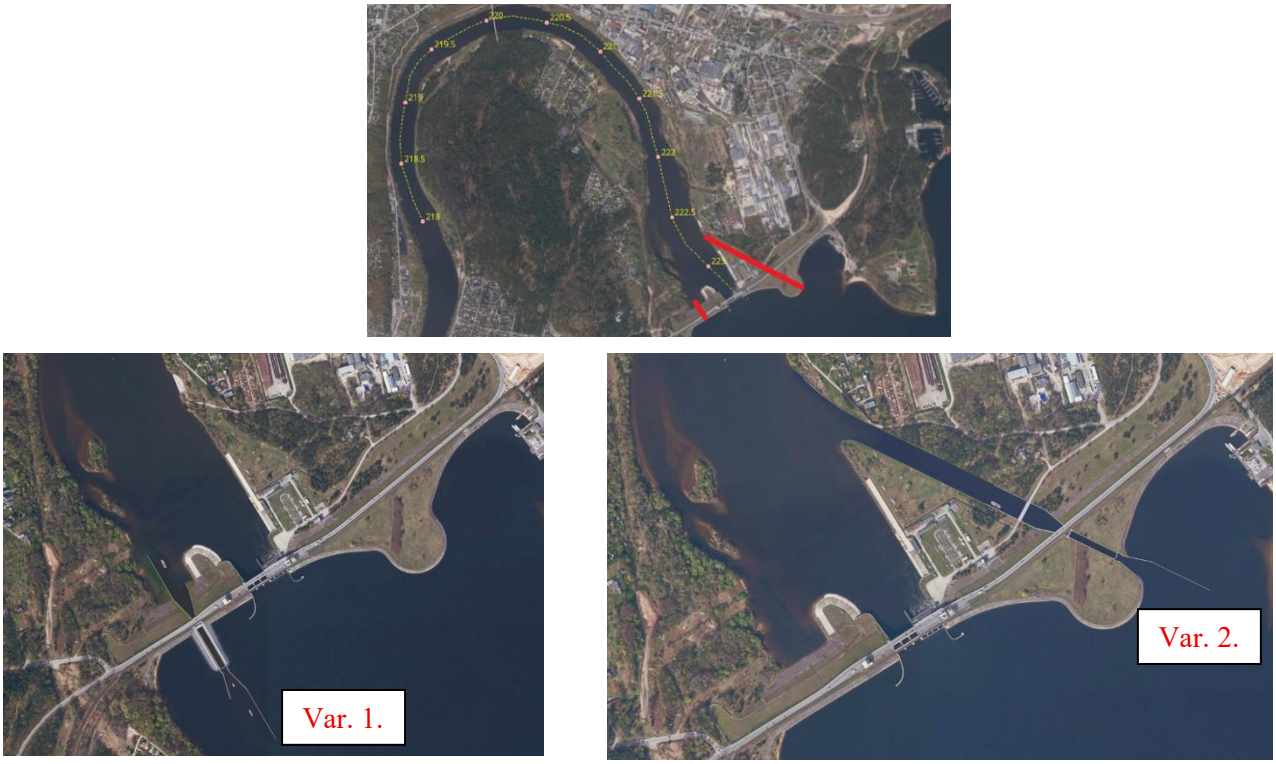
5. KHE ŽB hidrodinaminis (skaitmeninis) modeliavimas

Modeliavimas neatliekamas, kai KHE darbo režimas yra už skaičiuotinos garantijos ribų (ribota vandens prietaka į tvenkinį), nes laivybos šliuzo darbas bus stabdomas, prioritetą skiriant energetikai.

Upės ruožui, kuriame planuojamas laivybos šliuzas, hidraulinėms sąlygoms apibūdinti naudotas viešas skaitmeninis 1D hidrodinamikos (hidraulinis) modelis HEC-RAS 6.6 – Upių Analizės Sistema (HEC-RAS, 2025). Modeliavimo algoritmas (formulės, skaičiavimų procedūros ir kt.) šioje ataskaitoje nepateikiamas. Pateikiama pradinė informacija ir galutiniai rezultatai. Upės vagos ir slėnių batimetrijai apibūdinti naudotas AAA 2014 m. skaitmeninis upių ir slėnių reljefo modelis (SRM) atnaujintas LAS aukščių sistemoje ir VVKD vagos SRM (2022, 2024 -2025 m., pateiktas užsakovo). Jų SRM sutampa

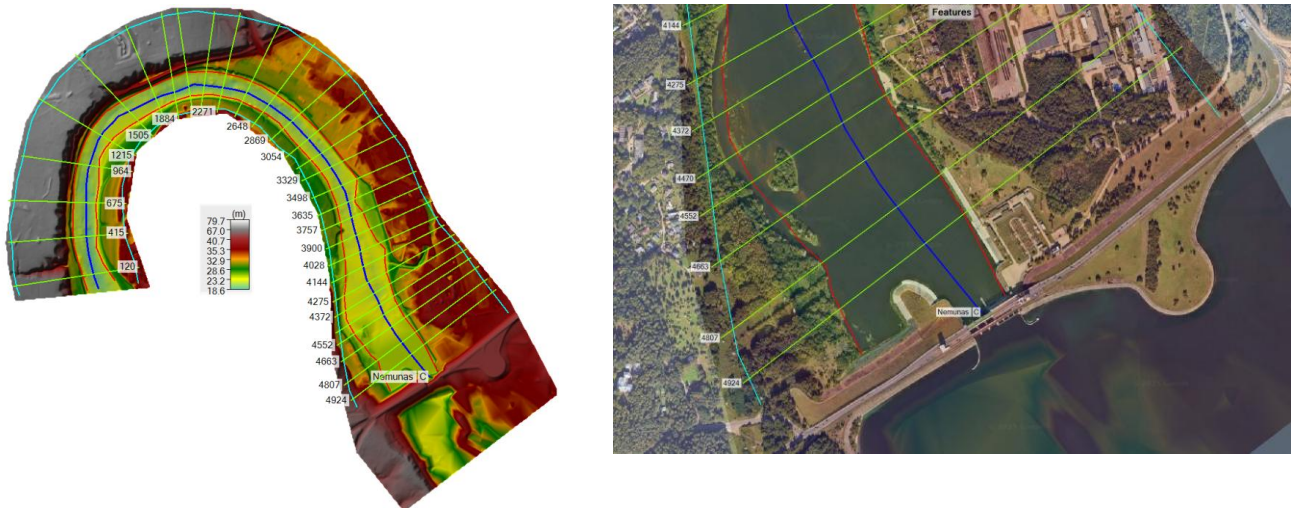
patenkinamai, išskyrus trumpą prieužtvankinį upės vagos ruožą. AAA SRM neteisinga atvaizduoja vagos dugną nuo Pk 223 km link užtvankos. Atsižvelgus į VVKD SRM atlikta korekcija.

Modelis sukurtas ruožui nuo 218 km (LKS 94, 497479.48, 6082627.42) iki 223 km (LKS 94, 499790.51, 6082266.50) pagal atstumą nuo žiočių (5.1 pav.). Projekte yra numatyti keturi laivybos šliuzo variantai (vienpakopis ir dvipakopis). Neatsižvelgiant į šliuzo pakopų skaičių, bei šliuzo konstrukcijų nežymius išplanavimo skirtumus, galima išskirti esmingai skirtingus du variantus: a) kairys krantas (Var. 1) ir b) dešinys krantas (Var. 2).



5.1 pav. *Hidraulinio modeliavimo ruožas (piketai, km nuo Nemuno upės žiočių) su siūlomais laivybos šliuzo komponavimo variantais (viršuje pažymėta raudonai). Brėžinio apačioje, pagal vizualizacijas parodytos Nemuno kairio ir dešinio kranto (su laivybos kanalu) variantai*

SRM duomenų rinkinys GeoTif formate HEC RAS Mapper pagalba importuotas į HEC-RAS 6.6, parinkti skaičiavimų profiliai – upės stotys (5.2 pav.).

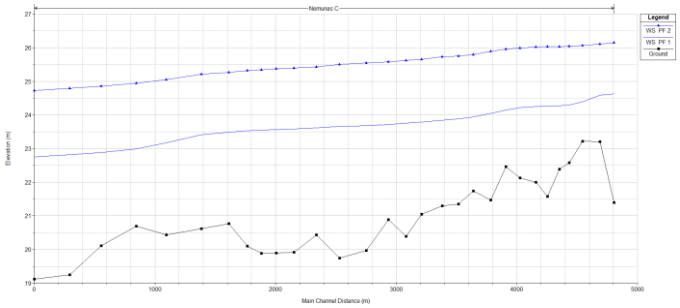


5.2 pav. *Modeliuojamas ruožas su numeruotais skaičiavimo profiliais („River stations“– atstumai metrais nuo žemutinio ruožo link užtvankos)*

Kaip matyti iš 5.2 pav. prieužtvankinėje upės ruožo dalyje (upė stotys/profiliai 4275–4924), ten kur numatyti laivybos šliuzo variantai (žemutinė dalis – laivų priplaukimas prieš tėkmę) vaga yra gerokai platesnė negu esanti žemiau pasroviui. Stotis 4924 yra žemiau apie 230 m nuo turbinų vandens išleidimo. Esant pastoviam turbinų darbo režimui čia greičiai bus mažesni lyginant su žemiau esančia upės dalimi (profiliai 3653-120). Be abejo, turbinų vandens išleidimo zonoje vandens režimas yra turbulentinis, kuris atsiliepia žemiau esantiems profiliams (stoti 4663, dešinys krantas).

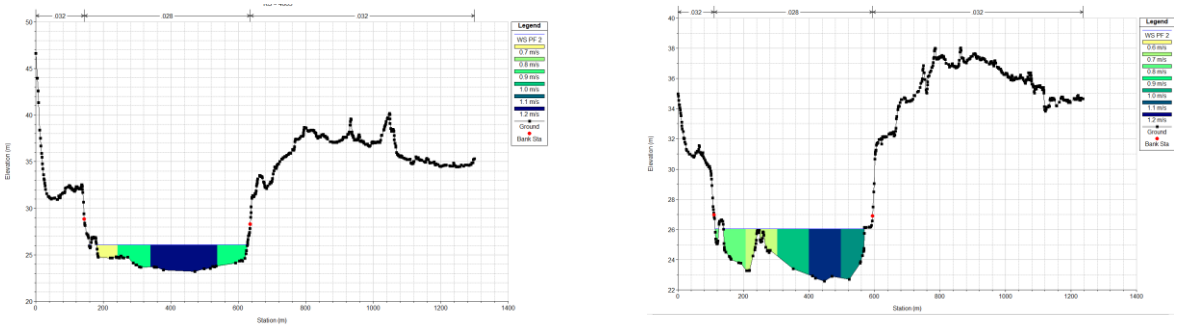
5.1. Modelio derinimas

Modelis buvo derintas, pagal išmatuotus istorinius debitus Q =335.8 m^3/s, ir Q=1011 m^3/s nustatytus vandens lygius (3.6 sk.). Vandens ištekėjimas iš tvenkinio (per turbinas ir papildomai per potvynio pralaidą) buvo laikomas pastovus. Turint omenyje neapibrėžtumus dėl vandens lygio nustatymo (pvz., dėl LAS korekcijos, intensyvių VL svyravimų dėl turbinų režimo) modeliavimo rezultatai yra geri. Modeliuoti vandens lygiai yra 24.62 ir 26.15 m. Išmatuoti, atitinkamai 24.65 m ir 26.10 m. T.y. parinkti Manningo šiurkštumo koeficientai salpai ir vagai (n=0.032; 0.028; 0.032), prie kurių derėjo istoriniai vandens lygiai. Šių išmatuotų vandens debitų modeliuoti išilginiai vandens paviršiaus nuolydžiai parodyti 5.3 pav.



5.3 pav. *Modeliuojamo ruožo upės vagos dugnas (apačia), vandens lygių (PF1 – Q =335.8 m^3/s, ir PF2 – Q=1011 m^3/s) išilginiai profiliai. Juodi taškai atitinka profilių numerius.*

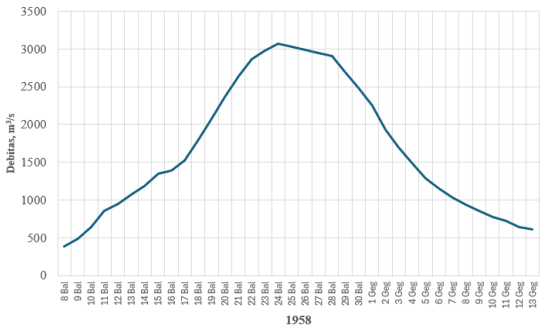
Modeliuojame ruože didžiausi vidutiniai vagos greičiai siekia 1.33 -1.52 m/s. Jie mažėja artėjant link užtvankos dėl upės vagos išplatėjimo. Artėjant link užtvankos didžiausia srovės koncentracija yra prie dešinio vagos kranto. T. y. logiška, nes turbinos, potvynių vandens pralaidos yra išdėstytos arčiau šio kranto. Vandens greičių pasiskirstymas vagos skerspjūviuose parodytas 5.4 pav.



5.4 pav. Vandens greičių pasiskirstymas 4663 ir 4552 stotyse/profiliuose.

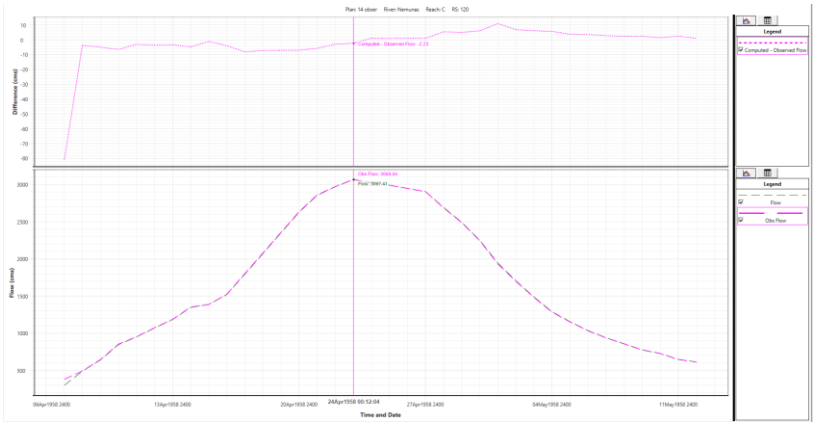
5.2. Didžiausio upės potvynio modeliavimo rezultatai

Modeliuota didžiausiam galimam šimtmetiniam debitui ($Q_{1\%}$= 3069 m^3/s) per užtvanką (vidutinės tikimybės potvynis). Maksimalus, tūkstantmetinis pavasario potvynio debitas $Q_{0,1\%}$ = 4440 m^3/s (retos tikimybės potvynis). Pagal stebėtą Nemune ties Kaunu 1958 m. potvynio hidrografą sudarytas 1% tikimybės potvynio projektinis hidrografas ties Kauno HE (5.5 pav.).



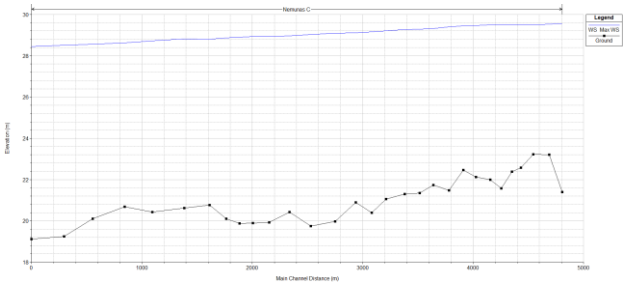
5.5 pav. *1% tikimybės potvynio projektinis hidrografas ties Kauno HE.*

Modeliuotas nenustovėjusios tėkmės režimas (skaičiavimo intervalas 1 valanda). Sumodeliuotas hidrografas (5.6 pav. apačia) gerai dera su projektiniu hidrografu parodytu 5.5 pav. Hidrografų kasdieninių debitų skirtumai yra minimalūs nuo -8 iki +11 m^3/s (5.6 pav. viršuje), išskyrus trumpą potvynio pradžios laiką.



5.6 pav. Modeliuoto ir stebėto(projektinio) hidrografo skirtumai (viršuje).

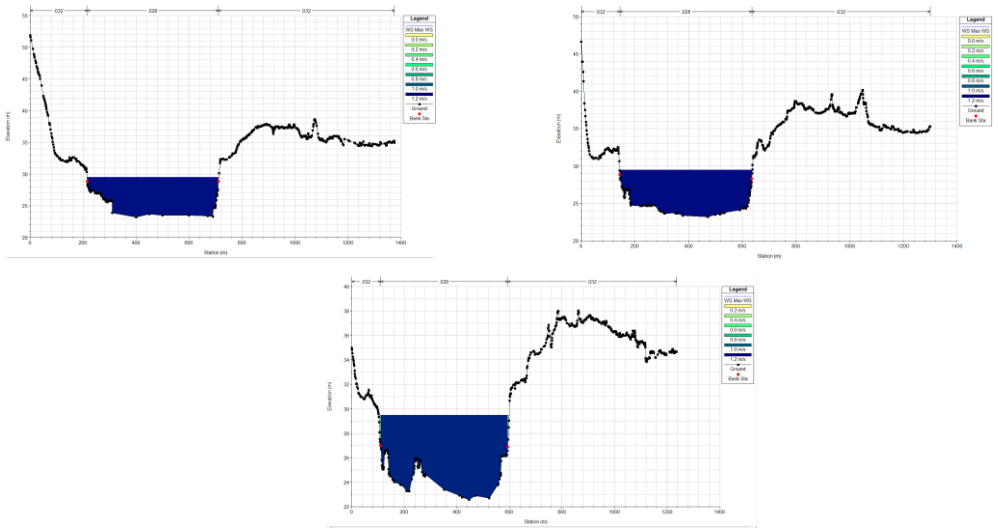
Šio potvynio hidrografo modeliuoti išilginiai vandens paviršiaus nuolydžiai parodyti 5.7 pav.



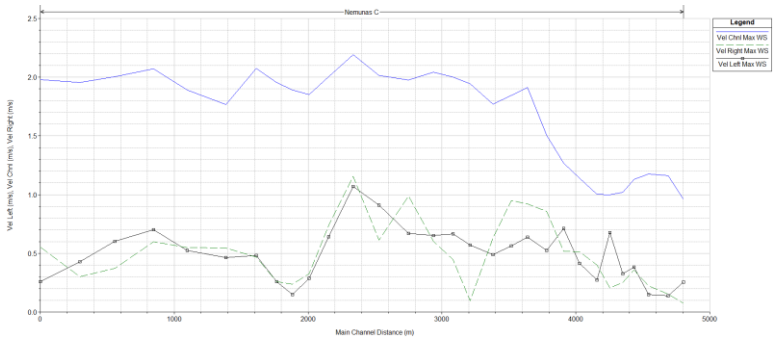
5.7 pav. *Modeliuojamo upės ruožo vagos dugno (apačia) ir vandens lygių (Q=3070 m^3/s) išilginiai profiliai*

Ties profiliu 4924 modeliuotas vandens lygis $VL_{1\%}$=29.56 m. Pagal AAA potvynių grėsmės žemėlapius VL1%=29.42 m ir beveik atitinka modeliuotą reikšmę. Pagal ekstrapoliuotą KHE ŽB debitų kreivę vandens lygis yra aukštesnis $VL_{1\%}$=30.7m. Pastaroji ekstrapoliuota grafiškai, neatsižvelgus į 1958 m. potvynį, todėl laikoma netiksli (viršutinė dalis).

Vandens greičių pasiskirstymas vagos skerspjūviuose parodytas 5.8 pav., o pagal upės ilgį 5.9 paveiksle.



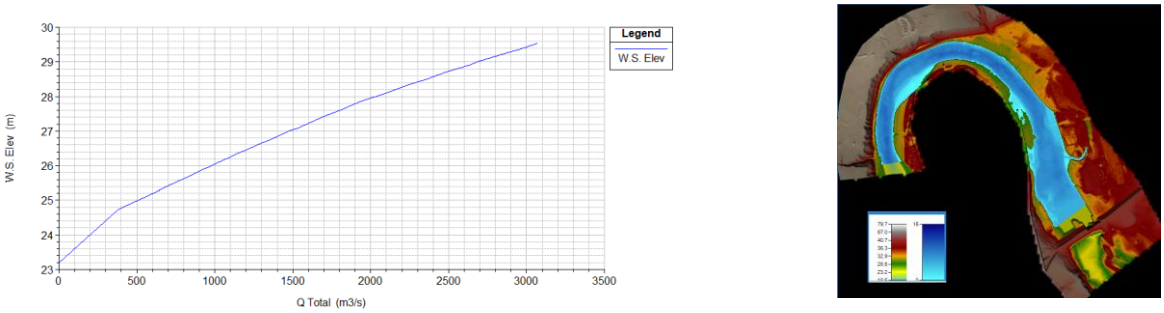
5.8 pav. *Vandens greičių pasiskirstymas 4807, 4663 ir 4552 profiliuose.*



5.9 pav. Vandens greičių pasiskirstymas pagal upės ilgį. Mėlyna linija – vaga, žemiau dešinys ir kairys krantas.

Kaip matyti, dėl vagos išplatėjimo ir didesnio gylio (kartu didesnio skerspjūvio) vandens greičiai yra mažesni, po to jie labai greitai padidėja (nuo 4028 profilio, kur upės vaga pradeda siaurėti). Didžiausi vandens greičiai vagoje siekia 1.0 -2.1 m.

5.10 pav. parodyta modeliuota debitų kreivė (profilis 4924) ir užliejimo plotas.



5.10 pav. *Modeliuota debitų kreivė (profilis 4924) ir užliejimo plotas*

Modeliavimo pagrindiniai hidrauliniai parametrai pateikti 5.11 pav.

HEC-RAS Plan: 8_Unsteady River: Nemunas Reach: C Profile: Max WS

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl	Shear Chan (N/m2)
C	4924	Max WS	3068.21	21.39	29.56		29.60	0.000059	0.96	3210.38	497.32	0.12	3.78
C	4807	Max WS	3068.20	23.20	29.52		29.59	0.000115	1.16	2641.24	497.83	0.16	5.96
C	4663	Max WS	3068.20	23.22	29.51		29.58	0.000117	1.17	2612.69	494.93	0.16	6.09
C	4552	Max WS	3068.20	22.58	29.50		29.56	0.000102	1.13	2726.24	497.48	0.15	5.54
C	4470	Max WS	3068.20	22.39	29.50		29.56	0.000075	1.02	3025.84	519.12	0.13	4.39
C	4372	Max WS	3068.20	21.58	29.50		29.55	0.000059	1.00	3203.77	521.53	0.12	4.02
C	4275	Max WS	3068.19	22.00	29.50		29.55	0.000064	1.00	3272.59	618.87	0.12	4.12
C	4144	Max WS	3068.19	22.13	29.47		29.54	0.000089	1.14	2800.13	517.78	0.15	5.44
C	4028	Max WS	3068.18	22.46	29.45		29.53	0.000111	1.27	2615.69	496.80	0.16	6.74
C	3900	Max WS	3068.18	21.47	29.40		29.51	0.000155	1.51	2184.51	425.35	0.19	9.47
C	3757	Max WS	3068.18	21.74	29.31		29.49	0.000239	1.91	1766.71	347.36	0.24	15.11
C	3635	Max WS	3068.17	21.35	29.29		29.46	0.000223	1.84	1797.35	335.28	0.23	14.06
C	3498	Max WS	3068.17	21.30	29.27		29.43	0.000199	1.77	1766.66	323.83	0.22	12.86
C	3329	Max WS	3068.16	21.05	29.21		29.39	0.000237	1.94	1701.46	361.92	0.24	15.44
C	3201	Max WS	3068.16	20.39	29.17		29.36	0.000235	2.00	1665.89	331.43	0.24	16.12
C	3054	Max WS	3068.16	20.89	29.11		29.32	0.000247	2.04	1522.98	234.38	0.25	16.82
C	2869	Max WS	3068.15	19.97	29.09		29.28	0.000211	1.98	1619.81	242.65	0.23	15.36
C	2648	Max WS	3068.15	19.74	29.03		29.24	0.000217	2.02	1575.49	232.03	0.23	15.97
C	2456	Max WS	3068.14	20.43	28.96		29.19	0.000257	2.19	1500.18	232.84	0.26	18.90
C	2271	Max WS	3068.14	19.92	28.94		29.14	0.000230	2.00	1551.30	228.65	0.24	16.06
C	2125	Max WS	3068.13	19.90	28.93		29.11	0.000204	1.85	1658.65	241.43	0.22	13.84
C	2002	Max WS	3068.13	19.88	28.90		29.08	0.000209	1.89	1623.59	232.28	0.23	14.37
C	1884	Max WS	3068.13	20.10	28.86		29.06	0.000220	1.95	1572.43	223.64	0.23	15.28
C	1733	Max WS	3068.12	20.77	28.81		29.02	0.000252	2.08	1526.33	272.01	0.25	17.32
C	1505	Max WS	3068.11	20.62	28.81		28.97	0.000197	1.77	1828.45	368.84	0.22	12.77
C	1215	Max WS	3068.09	20.43	28.73		28.91	0.000248	1.89	1734.90	394.02	0.24	14.98
C	964	Max WS	3068.07	20.69	28.63		28.84	0.000264	2.07	1590.88	313.24	0.25	17.48
C	675	Max WS	3068.05	20.11	28.56		28.77	0.000235	2.00	1545.58	231.37	0.24	16.15
C	415	Max WS	3068.05	19.25	28.51		28.71	0.000225	1.95	1574.36	229.01	0.24	15.37
C	120	Max WS	3068.03	19.12	28.44	23.75	28.64	0.000230	1.98	1581.80	278.33	0.24	15.74

5.11 pav. *Modeliavimo hidrauliniai parametrai*

Čia pateikiamos ne tik vandens lygių altitudės (Min Ch El), bet ir vandens paviršiaus nuolydžiai, greičiai, tėkmės skersploščiai ir viršaus pločiai (Top Width), Frudo (Fr) skaičius, bei vagos šlyties įtempis (Shear Chan) - τ, N/m² (Pa). Čia Fr nusako tėkmės pobūdį vagoje. Jos reikšmė varijuoja nuo 0.12 iki 0.26. Kai Fr<1 yra lėta / ramioji tėkmė (subkritinė). T. y., didelis gylis ir santykinai mažas greitis. Didėjant Frudo skaičiui, dugno šlyties įtempis didėja maždaug proporcingai (kvadratu), jei kitos sąlygos nekinta.

Šlyties įtempis τ yra hidraulinė jėga, kuria tekantis vanduo veikia vagos dugną ir krantus. Kuo jis didesnis, tuo didesnė vandens geba išplauti vagą. Apytiksliai: 1–5 N/m² - gali judinti smulkų smėlį, 5–20 N/m² intensyvesnis smėlio ir žvyro judėjimas.

Šlyties įtempio τ reikšmė turi būti lyginama su kritine reikšme - Shields šlyties įtempiu τ_c. Apytikslės kritinio šlyties įtempio τ_c vertės **(**N/m² (Pa)**:**

- Žvyras 5 mm ~3–7
- Stambus žvyras 10 mm ~7–15
- Gargždas 20 mm ~15–30
- Akmenys 50 mm ~40–80

Kaip matyti iš 5.11 pav. lentelės, vagos šlyties įtempis τ skersiniuose profiliuose siekia 15-18 N/m² ir tai rodo aiškų vagoje esančio stambaus žvyro net ir gargždo išplovimą. Tačiau, kaip minėta 3.10.1 sk. tikslesnei išvadai būtina įvertinti Nemuno vagos dugno grunto faktinę granuliometriją.

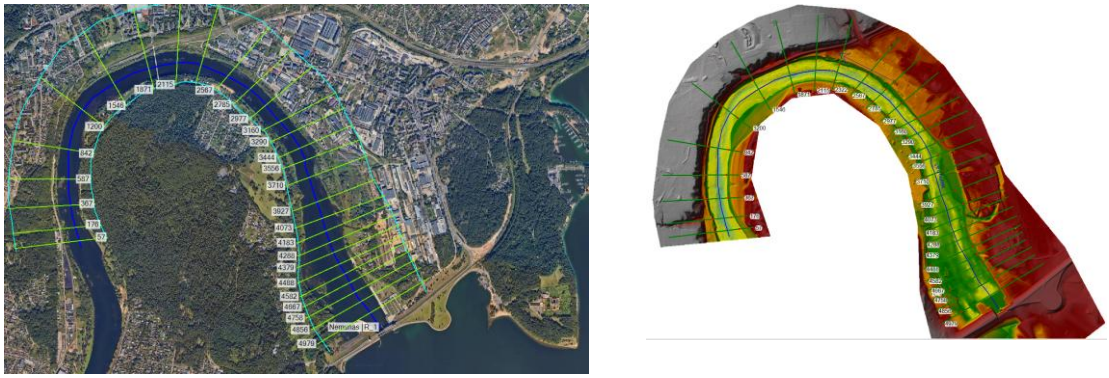
Šitie modeliavimo rezultatai neprieštarauja istoriniams vagos deformacijų matavimams (žr. sk. 3.10.1). Net prie mažesnio negu šis debitas (2060 m^3/s), 1979 m. fiksuotos vagos deformacijos – dugno grunto išplovimai.

5.3. Laivybos šliuzo variantų modeliavimas (KHE ŽB)

Numatyti du laivybos šliuzo variantai (vienpakopis ir dvipakopis). Neatsižvelgiant į jų pakopų skaičių, bei šliuzo variantų beveik nesiskiriantį išplanavimą galima išskirti esmingai skirtingus du variantus: a) Nemuno kairys krantas (Var. 1) ir b) dešinys krantas (Var. 2) (5.1 pav.). Jiems buvo atliktas KHE ŽB hidraulinis modeliavimas, atsižvelgiant į upės vagos modifikacijas – planuojamus vagos valymus ar lokalius gilinimus. Vagoje numatyti laivakeliai - priplaukimui prie šliuzo ir įrengiant kanalą sausumoje. Priešingai nei laivybos šliuzo konstrukcijų patikimumo ir jų saugos atveju, upės ekosistemoms bei jos platesnei aplinkai hidrologiniu-hidrauliniu požiūriu kritinis yra sausmečio laikotarpis. Jį apibūdina KHE ŽB gamtosauginis debitas (Q_{gamt}=120 m^3/s). Tačiau kaip aptarta 3.8 poskyryje jam atitinkantis vandens lygis nėra vienareikšmiškas, kinta ribose nuo VL=23.72 m iki VL=24.26 m. Palyginimui, kartu modeliuotas vidutinis metų debitas Q_{vid} =335.8 m^3/s, kai dirba dvi turbinos (VL= 24.65 m). Dėl sąlyginai mažų upės debitų modeliuotas nusistovėjęs tėkmės režimas.

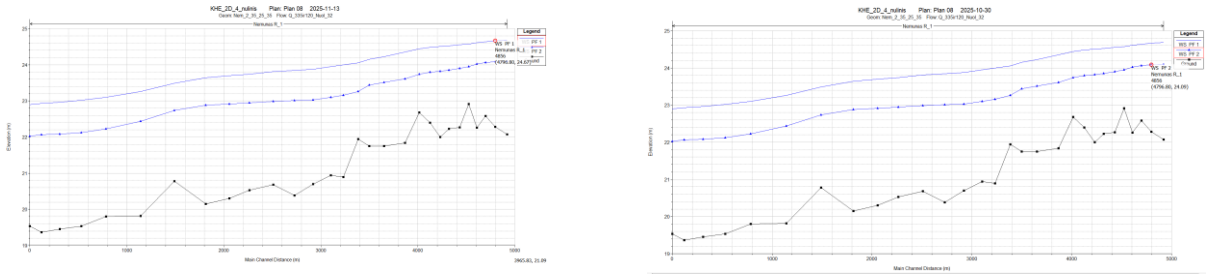
5.3.1. Modelio derinimas („nulinis variantas“ - esamos sąlygos)

Taikyta ta pati metodika aprašyta 5 skyriuje. Modeliuojamo ruožo iškarpos pateiktos 5.12 pav.



5.12 pav. *Modeliuojamas ruožas su numeruotais skaičiavimo profiliais (Upės stotys/profiliai („River stations“) – atstumai metrais nuo žemutinio ruožo link užtvankos)*

Modelis geriausiai derėjo esant Manningo šiurkštumo koeficientams salpai ir vagai (n=0.035; 0.025; 0.035). Vandens lygių paviršiaus išilginiai profiliai gerai atitinka išmatuotus vandens lygius, tekant upėje vidutiniam metų ir gamtosauginiam debitui (5.13 pav.). Stotis Nr. 4856 – prie užtvankos (VL=24.67 m ir 24.09 m).



5.13 pav. *Vandens lygių paviršiaus išilginiai profiliai, kai teka* Q_{vid} *=335.8* m^3*/s (PF1), jam atitinkantis VL= 24.67 m ir* Q_{gamt}*=120* m^3*/s (PF2). jam atitinkantis VL=24.09 m*

Modeliavimo pagrindiniai hidrauliniai parametrai pateikti 5.14 pav. Kaip matyti iš šio paveikslo šlyties įtempio (Shear Chan) reikšmės yra žymiai mažesnės, lyginant su pateiktomis 5.11 pav. Tai reiškia, kad upės dugno išplovimai prie šių debitų praktiškai nevyksta (išskyrus keletą kritinių skersinių pjūvių ir prie didesnio debito).

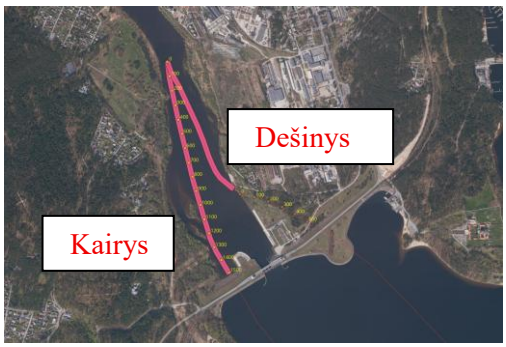
HEC-RAS Plan: 08 River: Nemunas Reach: R_1

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl	Shear Chan
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)		(N/m2)
_1	4979	PF 1	335.80	22.07	24.68		24.70	0.000074	0.50	667.43	389.13	0.12	1.28
_1	4979	PF 2	120.00	22.07	24.09		24.10	0.000027	0.26	466.12	335.25	0.07	0.37
_1	4856	PF 1	335.80	22.28	24.67		24.68	0.000135	0.60	557.97	376.97	0.16	1.95
_1	4856	PF 2	120.00	22.28	24.09		24.09	0.000090	0.35	339.14	376.24	0.12	0.79
_1	4758	PF 1	335.80	22.58	24.64		24.67	0.000284	0.75	455.35	390.90	0.22	3.27
_1	4758	PF 2	120.00	22.58	24.06		24.08	0.000332	0.53	231.84	386.81	0.21	1.99
_1	4667	PF 1	335.80	22.26	24.61		24.64	0.000315	0.73	457.76	436.47	0.23	3.25
_1	4667	PF 2	120.00	22.26	24.02		24.04	0.000586	0.60	201.62	418.31	0.27	2.77
_1	4582	PF 1	335.80	22.91	24.57		24.61	0.000403	0.83	404.71	383.82	0.26	4.15
_1	4582	PF 2	120.00	22.91	23.95		23.98	0.000857	0.71	169.05	357.96	0.33	3.97
_1	4488	PF 1	335.80	22.27	24.55		24.58	0.000219	0.66	514.44	441.69	0.19	2.53
_1	4488	PF 2	120.00	22.27	23.90		23.92	0.000404	0.53	228.01	440.66	0.23	2.11
_1	4379	PF 1	335.80	22.23	24.52		24.55	0.000252	0.71	481.09	417.03	0.21	2.90
_1	4379	PF 2	120.00	22.23	23.85		23.87	0.000552	0.60	201.69	412.24	0.27	2.74
_1	4288	PF 1	335.80	22.00	24.51		24.53	0.000176	0.64	530.76	402.15	0.18	2.31
_1	4288	PF 2	120.00	22.00	23.82		23.83	0.000233	0.47	259.57	387.58	0.18	1.53
_1	4183	PF 1	335.80	22.40	24.48		24.51	0.000214	0.71	470.82	349.71	0.20	2.83
_1	4183	PF 2	120.00	22.40	23.79		23.81	0.000264	0.51	234.62	335.60	0.20	1.81
_1	4073	PF 1	335.80	22.68	24.44		24.48	0.000322	0.83	413.58	338.97	0.24	3.91
_1	4073	PF 2	120.00	22.68	23.74		23.76	0.000582	0.67	181.96	318.90	0.28	3.30
_1	3927	PF 1	335.80	21.84	24.35		24.41	0.000569	1.12	298.59	233.14	0.32	7.14
_1	3927	PF 2	120.00	21.84	23.61		23.65	0.001064	0.92	129.92	217.68	0.38	6.21
_1	3710	PF 1	335.80	21.75	24.22		24.31	0.000438	1.27	272.00	154.47	0.30	8.01
_1	3710	PF 2	120.00	21.75	23.51		23.54	0.000278	0.74	163.62	150.21	0.22	3.19
_1	3556	PF 1	335.80	21.75	24.15		24.23	0.000562	1.27	280.78	198.74	0.33	8.54
_1	3556	PF 2	120.00	21.75	23.44		23.48	0.000603	0.87	141.40	193.32	0.30	4.96
_1	3444	PF 1	335.80	21.94	24.06		24.15	0.000838	1.38	254.50	208.27	0.39	10.64
_1	3444	PF 2	120.00	21.94	23.26		23.35	0.002785	1.32	92.13	194.78	0.60	13.57
_1	3290	PF 1	335.80	20.89	24.00		24.06	0.000386	1.10	307.48	193.17	0.27	6.28
_1	3290	PF 2	120.00	20.89	23.15		23.19	0.000465	0.80	150.73	169.95	0.27	4.04
_1	3160	PF 1	335.80	20.94	23.95		24.01	0.000358	1.08	319.78	200.74	0.26	5.94
_1	3160	PF 2	120.00	20.94	23.10		23.13	0.000377	0.77	155.96	162.60	0.25	3.65
_1	2977	PF 1	335.80	20.70	23.87		23.94	0.000387	1.13	297.91	176.18	0.28	6.56
_1	2977	PF 2	120.00	20.70	23.03		23.06	0.000392	0.78	153.18	155.52	0.25	3.78
_1	2785	PF 1	335.80	20.38	23.85		23.88	0.000161	0.88	386.93	179.26	0.19	3.60
_1	2785	PF 2	120.00	20.38	23.01		23.02	0.000093	0.50	242.15	165.84	0.13	1.33
_1	2567	PF 1	335.80	20.68	23.81		23.85	0.000176	0.89	381.87	181.56	0.19	3.77
_1	2567	PF 2	120.00	20.68	22.99		23.00	0.000106	0.51	234.31	177.04	0.14	1.45
_1	2322	PF 1	335.80	20.53	23.74		23.79	0.000263	1.02	334.61	172.65	0.23	5.08
_1	2322	PF 2	120.00	20.53	22.95		22.97	0.000179	0.61	198.90	164.96	0.18	2.13
_1	2115	PF 1	335.80	20.30	23.70		23.74	0.000231	0.93	364.73	196.22	0.22	4.31
_1	2115	PF 2	120.00	20.30	22.92		22.93	0.000154	0.56	214.91	184.15	0.16	1.82

5.14 pav. *Modeliavimo hidrauliniai parametrai*

5.3.2. Variantų modeliavimo rezultatai

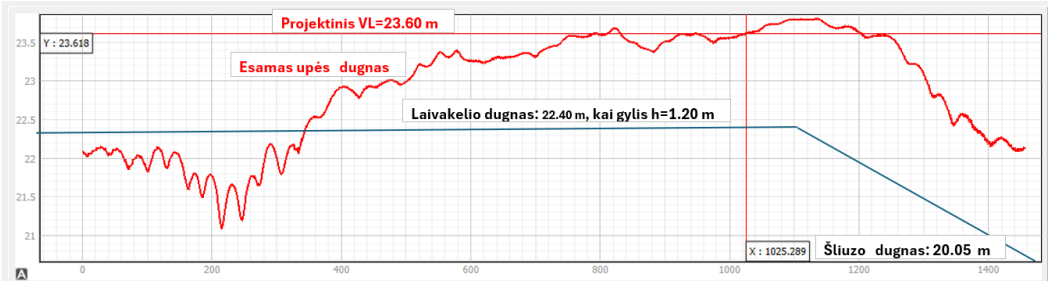
Abiem variantams KHE ŽB yra pasiūlytos laivybos trajektorijos ir naujai įrengiami laivakeliai Nemuno vagoje (minimaliu atveju garantinis gylis h=1.15 m, plotis b=37.5 m) vedantys link abiejų laivybos šliuzų prieigų (5.15 pav.). Dešinys laivakelis jungiasi su sausumoje iškastu kanalu (stačiakampio formos) iki laivybos šliuzo. Laivakelių kanalo išplanavimas bei jų matmenys yra nustatyti pagal projekto vizualizacijų brėžinius.



***5.15 pav**. KHE ŽB laivybos trajektorijos ir laivakelių (kairys ir dešinys) jungtys su laivybos šliuzais. Dešinė pusė – laivų priplaukimo kanalas iki šliuzo.*

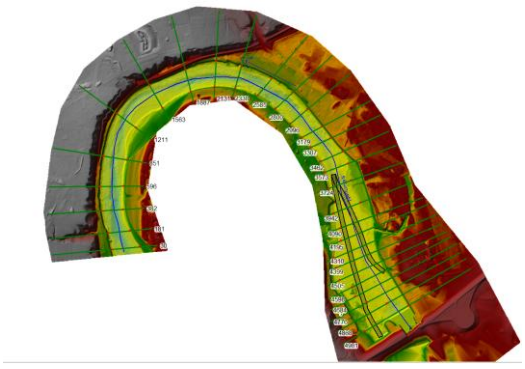
5.3.2.1. Variantas Nr. 1 (kairys krantas)

Laivakelis turi užtikrinti 1.15 m garantinį gylį (modeliuota 1.20 m). Jo išilginis profilis yra parodytas (5.16 pav.).

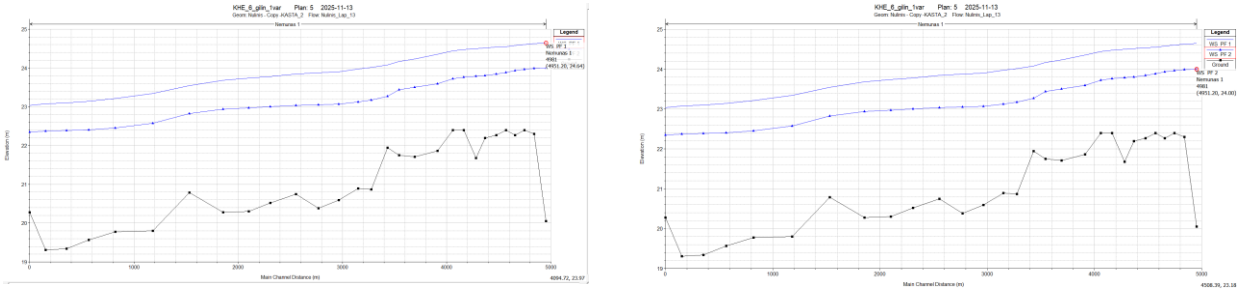


***5.16 pav.** Kairio kranto laivakelio (L=1500 m) išilginis profilis (laivybos šliuzas yra brėžinio dešinėje - neparodytas).*

Modeliuojamas ruožas su numeruotais skaičiavimo profiliais, bei vandens lygių paviršiaus išilginiai profiliais parodyti 5.17 ir 5.18 pav.

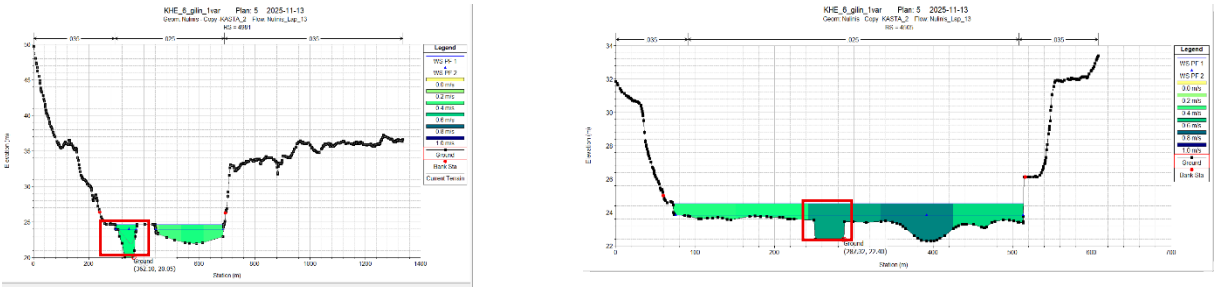


***5.17 pav.** Modeliuojamas ruožas su numeruotais skaičiavimo profiliais („River stations“– atstumai metrais nuo žemutinio ruožo link užtvankos) ir laivakeliais (kairėje ir dešinėje)*



5.18 pav. *Vandens lygių paviršiaus išilginiai profiliai, kai teka Q_{vid} =335.8 m^3/s (PF1), jam atitinkantis VL= 24.64 m ir Q_{gamt}=120 m^3/s (PF2). jam atitinkantis VL=24.00 m. Prie pat užtvankos, kairėje pusėje, laivybos šliuzo apatinėje dalyje yra didelė iškasa (upės dugno altitudė yra 20.05 m).*

Jei palyginame abu variantus („nulinį“ ir Var. 1, su planuojamu laivakeliu iki laivybos šliuzo) vandens lygių skirtumai (jų žemėjimas) nėra reikšmingi. ΔVL=3 cm ir ΔVL=9 cm, tekant atitinkamai metų vidutiniam ir gamtosauginiam debitui. Keletas būdingų vagos skersinių profilių parodyta 5.19 pav.



5.19 pav. *Vandens greičių pasiskirstymas (Q_{vid} =335.8 m^3/s – PF1 ir Q_{gamt}=120 m^3/s – PF2) upės vagos skersiniuose profiliuose su iškastu laivakeliu kairiame vagos krante. Raudoni stačiakampiai – iškastas/ pravalytas laivakelis. Upės stotys (skersiniai profiliai) Nr. 4981 ir 4505.*

Modeliavimo pagrindiniai hidrauliniai parametrai pateikti 5.20 pav.

Profile Output Table - Standard Table 1

File Options Std. Tables Locations Help

HEC-RAS Plan: 5 River: Nemunas Reach: 1

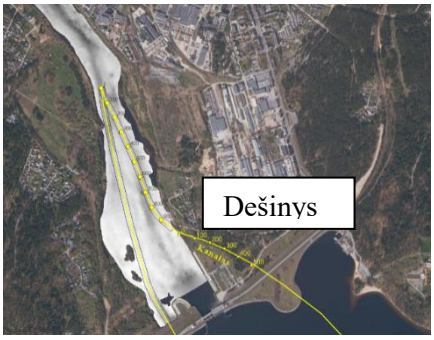
Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl	Shear Chan
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)		(N/m2)
1	4981	PF 1	335.85	20.05	24.64		24.65	0.000040	0.43	774.32	336.30	0.09	0.89
1	4981	PF 2	120.00	20.05	24.00		24.00	0.000013	0.21	566.14	319.60	0.05	0.23
1	4868	PF 1	335.85	22.30	24.62		24.64	0.000134	0.59	564.62	376.61	0.16	1.96
1	4868	PF 2	120.00	22.30	23.99		24.00	0.000106	0.37	325.30	375.22	0.13	0.90
1	4776	PF 1	335.85	22.40	24.60		24.63	0.000229	0.68	491.21	389.97	0.19	2.81
1	4776	PF 2	120.00	22.40	23.97		23.98	0.000292	0.49	244.68	385.67	0.20	1.81
1	4684	PF 1	335.85	22.27	24.58		24.60	0.000245	0.68	496.38	435.39	0.20	2.72
1	4684	PF 2	120.00	22.27	23.93		23.95	0.000440	0.55	216.97	400.52	0.24	2.33
1	4598	PF 1	335.85	22.40	24.55		24.58	0.000318	0.76	441.79	385.49	0.23	3.56
1	4598	PF 2	120.00	22.40	23.88		23.90	0.000580	0.63	188.99	341.07	0.27	3.14
1	4505	PF 1	335.85	22.27	24.54		24.55	0.000189	0.62	545.40	442.27	0.18	2.28
1	4505	PF 2	120.00	22.27	23.85		23.86	0.000359	0.50	241.10	438.05	0.21	1.93
1	4399	PF 1	335.85	22.19	24.51		24.53	0.000198	0.66	511.53	409.79	0.19	2.41
1	4399	PF 2	120.00	22.19	23.81		23.82	0.000368	0.53	226.86	394.88	0.22	2.06
1	4310	PF 1	335.85	21.67	24.50		24.52	0.000146	0.60	561.15	402.20	0.16	1.99
1	4310	PF 2	120.00	21.67	23.79		23.80	0.000184	0.43	279.43	387.69	0.16	1.30
1	4195	PF 1	335.85	22.40	24.47		24.50	0.000181	0.68	491.62	345.41	0.18	2.51
1	4195	PF 2	120.00	22.40	23.76		23.77	0.000210	0.48	249.81	331.37	0.18	1.55
1	4090	PF 1	335.85	22.40	24.44		24.48	0.000262	0.77	436.35	339.06	0.22	3.30
1	4090	PF 2	120.00	22.40	23.72		23.74	0.000434	0.60	198.49	317.95	0.24	2.65
1	3942	PF 1	335.85	21.86	24.35		24.42	0.000573	1.12	298.87	233.49	0.32	7.18
1	3942	PF 2	120.00	21.86	23.60		23.64	0.001150	0.94	127.06	217.43	0.39	6.58
1	3724	PF 1	335.85	21.71	24.23		24.31	0.000414	1.22	275.81	154.30	0.29	7.23
1	3724	PF 2	120.00	21.71	23.50		23.53	0.000259	0.73	164.60	150.45	0.22	2.77
1	3573	PF 1	335.85	21.75	24.17		24.24	0.000533	1.17	286.03	199.50	0.31	7.47
1	3573	PF 2	120.00	21.75	23.44		23.47	0.000585	0.84	142.14	194.10	0.32	4.20
1	3462	PF 1	335.85	21.94	24.08		24.16	0.000789	1.29	259.41	208.25	0.37	9.63
1	3462	PF 2	120.00	21.94	23.27		23.35	0.002491	1.27	94.37	195.37	0.58	11.79
1	3307	PF 1	335.85	20.87	24.02		24.08	0.000375	1.08	310.81	193.65	0.27	5.88
1	3307	PF 2	120.00	20.87	23.17		23.21	0.000418	0.78	153.75	171.48	0.26	3.67
1	3179	PF 1	335.85	20.89	23.97		24.03	0.000340	1.04	323.90	199.90	0.26	5.38
1	3179	PF 2	120.00	20.89	23.13		23.16	0.000348	0.75	159.64	163.23	0.24	3.33
1	2996	PF 1	335.85	20.59	23.90		23.96	0.000350	1.11	303.86	174.88	0.27	5.94
1	2996	PF 2	120.00	20.59	23.07		23.09	0.000320	0.75	160.62	159.39	0.24	3.16

5.20 pav. *Modeliavimo hidrauliniai parametrai (dalis).*

Kaip matyti iš šio paveikslo lentelės, vagos šlyties įtempių reikmės yra gerokai mažesnės negu tekant 1% tikimybės maksimaliam debitui. Jo reikšmė kinta pagal upės ilgį – skersiniuose pjūviuose. Priklauso nuo tėkmės suspaudimo laipsnio (vagos geometrijos), greičio ir nuolydžio. Yra ruožų, pvz. 3942-3307, kur tėkmės hidraulinė galia yra gana stipri. Dugne esantis smėlis ir žvyras čia turi būti judinamas. Grunto granuliometrijos tyrimai tiksliau pagrįstų šią hipotezę.

5.3.2.2. Variantas Nr. 2 (dešinys krantas)

Dešinio laivakelio ilgis iki šliuzo priplaukimo kanalo ilgis yra apie 1 km, o kanalo (laivų priplaukimo prie šliuzo) apie 580 m (5.21 pav.). Kanalas yra stačiakampis, jo šonai metalo konstrukcijos, o dugnas – gelžbetonis. Todėl modeliavime buvo naudoti skirtingos Manningo šiurkštumo reikšmės negu prieš tai modeliuotai natūraliai vagai (0.012, 0.02, 0.012). Modeliuota nepalankiausiam atvejui: per turbinas praleidžiamas gamtosauginis debitas, o laivybos šliuzas nedirba – vanduo į kanalą nepraleidžiamas.

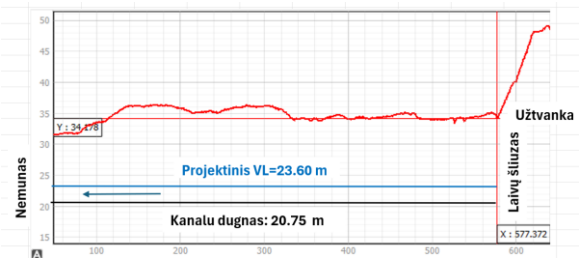


5.21 pav. *Dešinio kranto laivakelis, kanalo ir laivybos trajektorija*

Dešiniam laivakeliui tai pat modeliuotas 1.20 m gylis. Parodyti laivakelio ir kanalo išilginiai profiliai (5.22 ir 5.23 pav.).

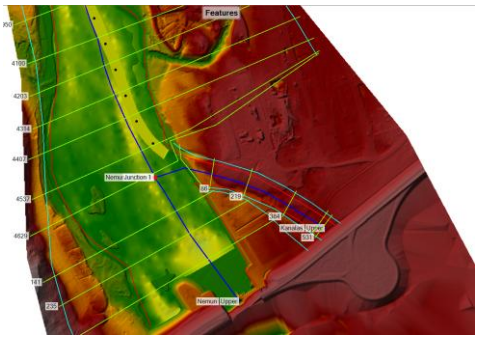


5.22 pav. *Dešinio kranto laivakelio (L=1000 m) išilginis profilis. Kanalas yra brėžinio dešinėje (neparodytas).*

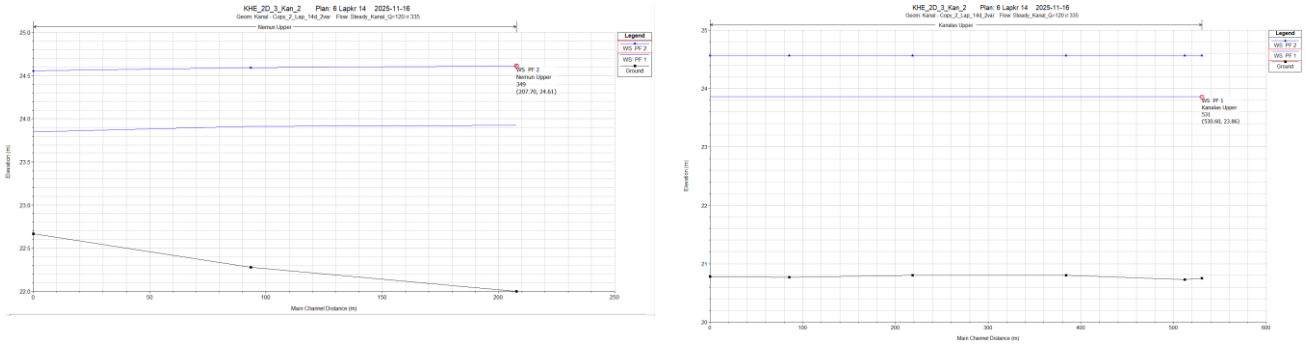


5.23 pav. *Laivų priplaukimo/išplaukimo iki šliuzo kanalo (L~580 m) išilginis profilis. Kanalo dugno altitudė lygi laivybos šliuzo dugno altitudei*

Modeliuojamas ruožas su numeruotais skaičiavimo profiliais, bei vandens lygių paviršiaus išilginiai profiliai parodyti 5.24 ir 5.25 pav.



5.24 pav. *Modeliuojamas ruožas su skaičiavimo profiliais, laivakeliu ir kanalu dešinėje (viršutinė dalis)*

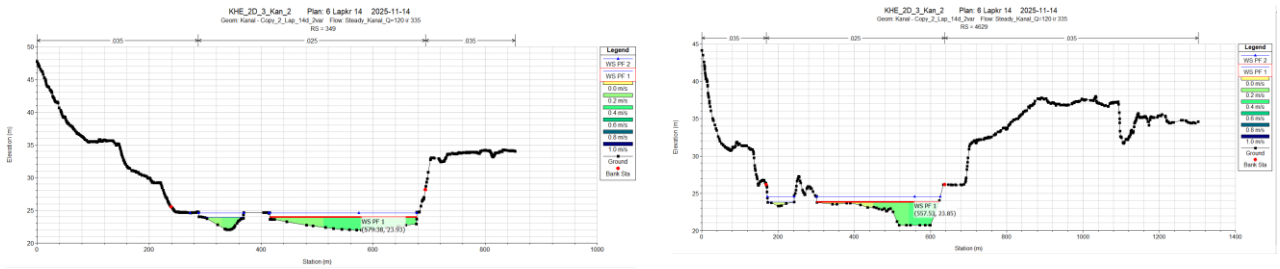


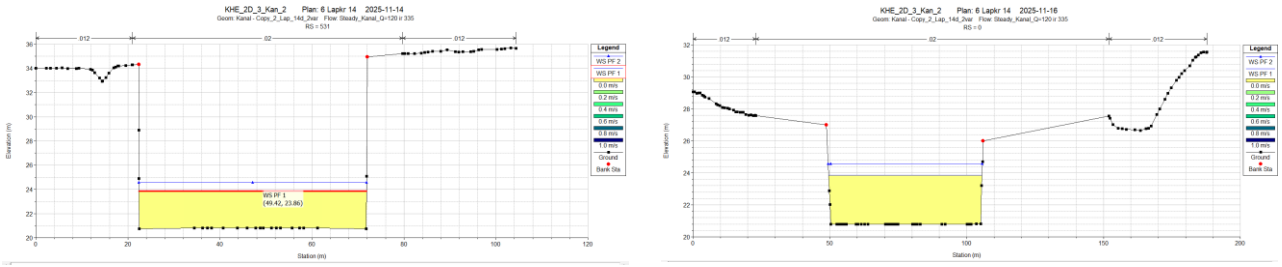
5.25 pav. *Vandens lygių paviršiaus išilginiai profiliai: a) Nemune prie užtvankos (stotis 349) kai teka Q_{vid} =335.8 m^3/s (PF1), jam atitinkantis VL= 24.61 m ir Q_{gamt}=120 m^3/s (PF2). jam atitinkantis VL=23.93 m.* ***b).*** *Kanale, kai teka Q_{vid} =335.8 m^3/s (PF1), jam atitinkantis VL= 24.57 m ir Q_{gamt}=120 m^3/s (PF2), jam atitinkantis VL=23.86 m.*

Nemunas: jei palyginame abu variantus („nulinį“ ir Var. 2, su planuojamu laivakeliu ir kanalu iki laivybos šliuzo) vandens lygių skirtumai (jų žemėjimas) šiek tiek padidėja. ΔVL=6 cm ir ΔVL=16 cm, tekant atitinkamai metų vidutiniam ir gamtosauginiam debitui.

Kanalas: Jei palyginame abu variantus („nulinį“ ir Var. 2, su planuojamu laivakeliu ir kanalu iki laivybos šliuzo) vandens lygių skirtumai (jų žemėjimas) padidėja daugiau. Kanale: ΔVL=10 cm ir ΔVL=23 cm, tekant atitinkamai metų vidutiniam ir gamtosauginiam debitui.

Būdingi vagos skersiniai profiliai su vandens lygiais parodyti 5.26 pav.





5.26 pav. *Vandens greičių pasiskirstymas (Q_{vid} =335.8 m^3/s – PF1 ir Q_{gamt}=120 m^3/s – PF2) upės vagos skersiniuose profiliuose. Viršuje: Nemune prie užtvankos (Stotis 349) ir prieš kanalą (Stotis 4629). Apačioje: kanale, kai laivybos šliuzas nedirba (Stotis 531, kanalo viršūnė, prie šliuzo) ir Stotis 0, santaka su Nemunu)*

5.4. Apibendrinimas

Abejų laivybos šliuzo variantų (kairio ir dešinio kranto komponavimas) ŽB tėkmės hidraulinės sąlygos laivams prie šliuzo priplaukti ar išplaukti yra sudėtingos. Kairys laivybos šliuzo variantas yra saugesnis, praleidžiant ledus per atidarytas potvynio pralaidas. Bet kurio atveju, būtina numatyti apsaugines sienutes upės vagoje laivų laukimo, priplaukimo/išplaukimo saugos sąlygoms užtikrinti. Būtina detalizuoti šliuzo darbo režimo sąveiką su KHE turbinų darbu. 2D modeliavimas parodytų statinių optimalų komponavimą bei išsamesnį upės tėkmės hidrodinaminį režimą.

Įrengiant neilgą laivakelį ŽB (garantinis gylis iki 1.2 m), bei jį sujungiant su laivybos šliuzu upės dugnas turi būti valomas, vietomis gilinamas (prie šliuzo). Dėl to nežymiai pažemėja upės vandens lygis (nuo 3 iki 9 cm, tekant metų vidutiniam ir gamtosauginiam debitui), lyginant su dabartine upės vagos vandens lygio būkle. Šiek tiek žymesnis vandens lygių pažemėjimas (nuo 6 iki 16 cm, tekant metų vidutiniam ir gamtosauginiam debitui), yra stebimas įrengiant laivybos kanalą sausumoje, kuris jungiasi su laivybos šliuzu.

Gauti rezultatai neprieštarauja Marvelės krovininės prieplaukos poveikio Nemuno upės hidrauliniam-hidrologiniam režimui modeliniams tyrimų rezultatams (UAB „Infraplanas“, 2023). Čia laivakelio garantinis gylis buvo žymiai didesnis, turėjo pasiekti 2.0 m (krantinės ilgis apie 0.6 km). Šis pagilinimas Nemuno vandens kelio projektinį vandens lygį lokaliai sumažino 15 cm, o potvynių metu šis skirtumas išnyksta. Yra akivaizdu, kad didėjant debitui šie lokalūs VL kritimai leidžiantis žemyn upe turi mažėti ir išnykti.

Šio vandens lygio kritimo reikšmingumui nustatyti buvo įvertintas vagos vandens tėkmės viršaus pločio sumažėjimas ties skaičiavimo pjūviais. Lygintas „nulinis“ variantas, tekant gamtosauginiam debitui (Q_{gamt}=120 m^3/s) ir kai KHE ŽB kairiame krante įrengiamas laivakelis. Naudoti aukščiau pateikti modeliavimo suvestinių hidraulinių parametrų duomenys. Vandens tėkmės (vagos) viršaus plotis vidutiniškai sumažėja apie 4 m (abiejose krantuose) ir tai sudaro apie 2% visos vagos vandens tėkmės vidutinio pločio 1 km ruože. „Paviršinių vandens telkinių būklės nustatymo metodika“ nenurodo vandens lygio (VL) kiekybinio pasikeitimo vertinimo (tik vandens nuotėkio tūris ir jo dinamika). Pagal

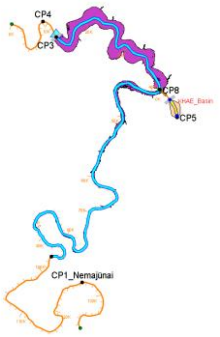
3.11 lentelės įverčius nurodytas VL pažemėjimas nėra laikomas reikšmingo hidrologinio režimo pokyčiu.

6. KHE tvenkinio vandens išteklių naudojimo analizė skaitmeniniu modeliu HEC-ResSim

6.1. Metodika

JAV armijos inžinierių korpuso, Vandens išteklių instituto, Hidrologijos inžinerijos centro sukurta rezervuarų (tvenkinių/vandens saugyklų) sistemos modeliavimo (HEC-ResSim) programinė įranga taikoma sukaupto vandens rezervuaruose naudojimui modeliuoti, atsižvelgiant į įvairius eksploatavimo tikslus ir apribojimus (USACE CEIWR-HEC, 2025).

Prieš tai, programa RetSceen Expert buvo kiekybiškai įvertinta laivų šliuzo operacijų (pagal praleidžiamą debitą) poveikis KHE elektros gamybai (GWh per metus). Naudojant vandens prietaką į tvenkinį, HEC-ResSim leidžia nustatyti tvenkinio vandens lygio pokyčius (ypač aktualų VL pažemėjimą) bei HE galią. Bendra modeliavimo schema parodyta 6.1. pav.



***6.1 pav**. Tvenkinio, vandens j*

Modeliavimui naudotas kritinis, sauso laikotarpio upės minimalus vandeningumas. Pagal Taisykles sauso laikotarpio prietakos debitas ir vandens lygis tvenkinyje:

3.1.4. KHE veikiant už skaičiuojamosios garantijos ribų, HE turbinų galia nustatoma pagal sauso laikotarpio prietakos debitą. Šio laikotarpio pradžia ir pabaiga nustatoma:

- *kai „Lietuvos energijos gamyba“, AB gauna informaciją iš LHMT apie tai, kad Nemajūnų VMS debitas 3 parų laike yra mažesnis nei 112 m^3/s.*
- *kai lygis KHE tvenkinyje yra žemesnis nei 43.5 m;*

Pagal Taisykles minimalūs vasaros-rudens 30 sausiausių parų laikotarpio debitai:

- $Q_{95\%}^{MIN}$ *=114 m^3/s (atitinka minimalaus arba mažo vandeningumo mėnesį). Ši reikšmė stebima ne mažiau, kaip vieną kartą per 20 metų (ekstremalus scenarijus vandens išteklių naudojimui).*
- Q_{Vid}^{MIN} *= 156 m^3/s (atitinka vidutinį minimalaus vandeningumo mėnesį). Ši reikšmė pasikartoja kas antrus metus (nuosaikus scenarijus).*

Kauno HE tvenkinio vandens lygio svyravimo leistinas diapazonas yra 0.4 m per parą bendrame Kauno HE lygių svyravimo diapazone nuo 43.5 m iki 44.4 m, išskyrus ekstremalias sąlygas bei gamtosauginius apribojimus.

Modeliavimui naudotos vieno mėnesio (liepa – nereali) nurodytų debitų pastovios reikšmės kiekvienai dienai, kurios pagal algoritmo reikalavimus transformuotos į valandines. T. y. „sintetinė“ prietaka į tvenkinį, KHE veiklos kritiniam laikotarpiui (už skaičiuojamosios garantijos ribų). Modeliavimo pradinis vandens lygis – NPL=44.0 m.

- Laivybos šliuzo reikalingas dienos debitas: Q=5.7 m^3/s (n=10 laivų). Optimalus scenarijus
- Laivybos šliuzo reikalingas dienos debitas: Q=28.4 m^3/s (n=50 laivų). Ypač optimistinis scenarijus.

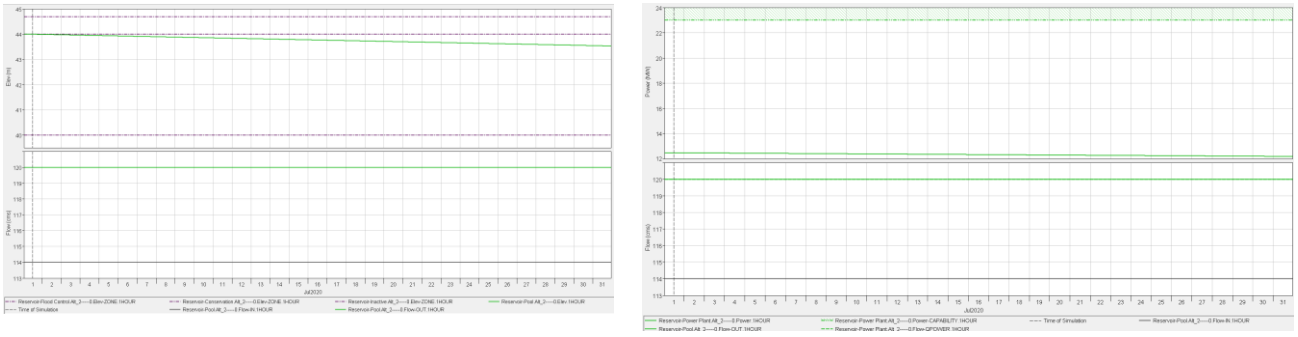
Modelis derintas kai tvenkinio vandenis naudoja KHE. KHAE taip pat naudoja tvenkinio vandenis. Vandens perskirstymas tvenkinyje yra atliekamas paros laikotarpiu, vandens balanso nesąryšis yra arti nulio, išskyrus nežymius vandens nuostolius. Pastarieji yra sąlyginai maži, jie čia nevertinami.

KHE tvenkinio (Kauno marių) arba rezervuaro modelio fizinėms savybėms apibūdinti naudoti KHE Taisyklių duomenys. Debitams, vandens lygiams, galiai apibūdinti imtos dienos (paros) reikšmės. Tačiau modeliavimo algoritmas naudojo valandos laiko žingsnį. Iš tikro, KHE tvenkinio vandens naudojimo kaita yra intensyvi, ji registruojama mažiausiai valandos intervalu. Tačiau šiam tyrimų etapui, laivybos šliuzo darbo veiklos analizei - projektiniams pasiūlymams realizuoti, modeliavimo dienos laiko žingsnio naudojimas pagrįstam sprendimui priimti yra pakankamas.

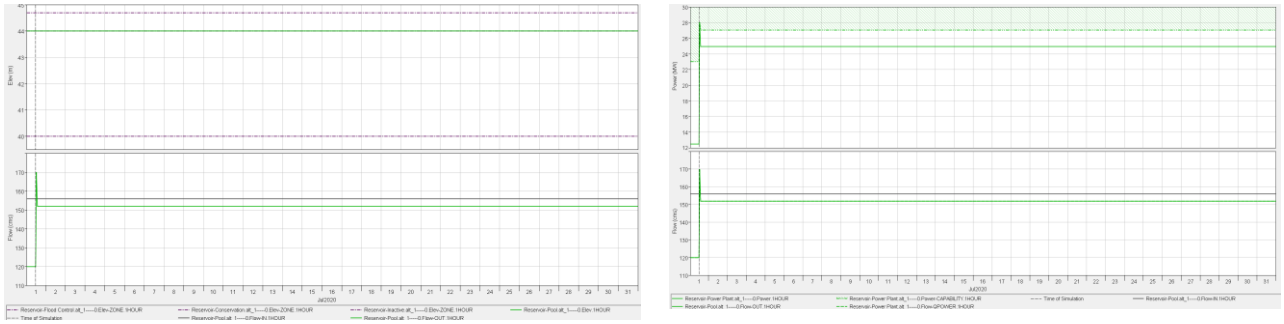
Modeliavimas nėra atliekamas, kai KHE dirba už skaičiuotinos garantijos ribų, nes tuomet laivybos šliuzo veikla yra stabdoma.

6.2. Modelio derinimas

Modelio derinimas (kalibravimas), kai veikia tik KHE parodytas 6.2 ir 6.3 paveiksluose.



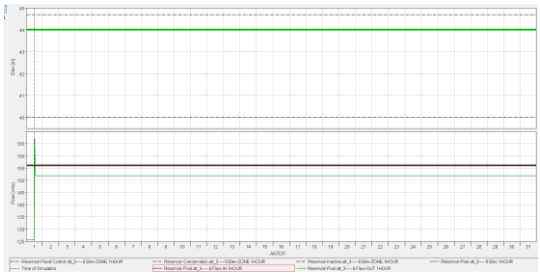
6.2 pav. *Bazinis atvejis (sausas mėnuo), veikia KHE. Prietaka į tvenkinį: $Q_{95\%}$=114 m^3/s. Veikia viena KHE turbina, praleidžiamas Q_{gamt}=120 m^3/s. Per mėnesį tvenkinio VL pažemėja nuo 44.00 iki 43.54 m. Dėl to KHE galia mažėja nuo12.47 iki 12.18 MW.*



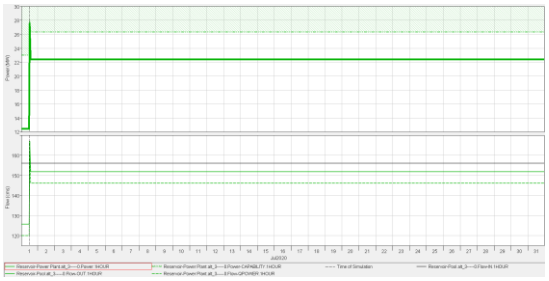
6.3 pav. *Bazinis atvejis (vidutinis sauso vandeningumo mėnuo), veikia KHE. Prietaka į tvenkinį: Q_{Vid}^{MIN} = 156 m^3/s. Veikia viena KHE turbina, praleidžiamas debitas didesnis už gamtosauginį (Q=151.9 m^3/s). Per mėnesį tvenkinio VL lieka nepakitęs. KHE galia P=24.94 MW.*

6.3. Modelio rezultatai

Modeliavimo rezultatai, vidutinio minimalaus vandeningumo mėnesį, kai prietaka į tvenkinį $Q_{Vid}^{MIN} = 156$ m^3/s, kai vandenį naudoja KHE ir laivybos šliuzas 10 ir 50 laivų per dieną pateikti 6.4 ir 6.5 pav.



a) Tvenkinio VL lieka nepakitęs (NPL=44.0 m). Iš tvenkinio išteka 151.86 m^3/s

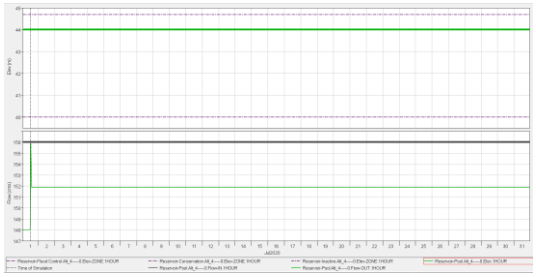


b) Galių grafikas. KHE vidutinė galia P=22.38 MW.

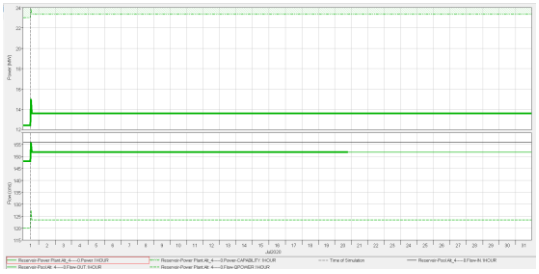


c) Praleidžiami vandens debitai į ŽB per turbiną (žalia linija) ir laivybos šliuzą – Q=5.7 m^3/s (raudona linija)

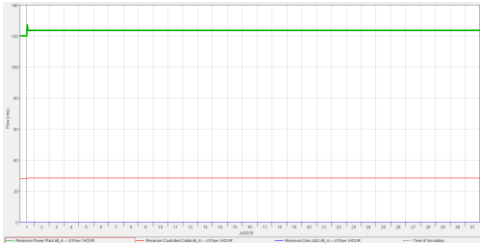
6.4 pav. *HEC- ResSim modelio rezultatai. Vidutinis minimalaus vandeningumo mėnuo. Prietaka į tvenkinį: Q_{vid}=156 m^3/s. Vandenį naudoja KHE ir laivybos šliuzas.* ***10 laivų per dieną****: suminis debitas Q=5.7 m^3/s*



a) Tvenkinio vandens lygiai (NPL=44.0 m, žalia spalva) ir debitai (prietaka 156 m3/s ir ištaka 151.86). Tvenkinio VL nekinta.



b) Galių grafikas (viršuje žalia linija). KHE vidutinė galia P=13.59 MW.



c) Praleidžiami vandens debitai į ŽB per turbiną Q=123.46 m^3/s (žalia linija) ir laivybos šliuzą Q= 28.4 m^3/s (raudona linija)

6.5 pav*. HEC- ResSim modelio rezultatai. Vidutinis minimalaus vandeningumo mėnuo. Prietaka į tvenkinį: Q_{vid}=156 m^3/s. Vandenį naudoja KHE ir laivybos šliuzas.* ***50 laivų per dieną****: suminis debitas Q=28.36 m^3/s*

6.4. Modeliavimo suvestiniai duomenys

Modeliuota nepalankus atvejis – mažai vandeningo mėnesio laikotarpis, atitenkantis vasaros-rudens 30 sausiausių parų laikotarpio vidutinį debitą $Q_{Vid}^{MIN} = 156$ m^3/s (6.1 lent.).

***6.1 lentelė**. Vidutinio minimalaus vandeningumo mėnesio suvestiniai duomenys*

Prietakos debitas į tvenkinį	**Laivybos šliuzo operacijoms reikalingas paros debitas**	**Poveikis KHE ir tvenkiniui**
$Q_{Vid}^{MIN} = 156$ m^3/s	Q=5.7 m^3/s	Dirba viena KHE turbina, per parą 10 šliuzavimų. Tvenkinio lygis mėnesio laikotarpyje išlieka pastovus. KHE praranda 2.56 MW.
	Q=28.4 m^3/s.	Dirba viena KHE turbina, per parą 50 šliuzavimų. Tvenkinio lygis mėnesio laikotarpyje išlieka pastovus. KHE praranda 11.35 MW.

Laivų šliuzo operacijos neįtakos žuvų neršto meto, pasižyminčio didesnė prietaka į tvenkinį, vandens lygių svyravimus, t.y. suvaržymus taikomus KHE.

7. KHE, Kruonio HAE, šliuzo ir žuvų pralaidos (jei įrengta) bendro veikimo analizė numatant tarpusavio darbo derinimo, atsakomybių ribas

Skaitmeninis modeliavimas HEC-ResSim rodo, kad laivybos šliuzas nedaro jokio reikšmingo poveikio Kruonio HAE. T. y vandens kiekis, prognozuojamam maksimaliam laivų skaičiui praleisti neįtakoja vandens režimo, pirmiausiai VL žemėjimui KHE tvenkinyje. Tai pagrindžia vandens debitų reikšmių žymūs skirtumai skirti naudojimui, kurie atsiliepia KHE tvenkinio vandens režimui (7.1 lent. ir 3.17 pav.).

***7.1 lentelė.** KHE tvenkinio vandens naudotojų minimalūs ir maksimalūs debitai*

Kauno HE debitai praleidžiami į ŽB	**Kruonio HAE naudojami debitai. Paros ciklo režimas. Vanduo paimamas ir gražinamas į KHE tvenkinį per 24 val.**	**Laivybos šliuzas**
Q_{min}=120 m^3/s, Q_{max} = 632 m^3/s	Kruonio HAE: (189-226 m^3/s) x 4 agregatų (siurbimo/generacijos režimas). Q_{min}=189 m^3/s, Q_{max}=904 m^3/s	5.6 -28.4*

** Ypač optimistinis naudojamo vandens debito scenarijus.*

3.17 pav. parodo vandens lygių Kauno HE tvenkinyje ir vandens jėgainių praleidžiamų debitų kaitą 2021 m. liepos 30 d. T. y, kritinis, sausas laikotarpis. Prietaka į tvenkinį yra minimali: Nemajūnai Q=110 m3/s. Kauno HE debitas – minimalus Q=120 m^3/s. Kruonio HAE debitas nuo Q =-756 (siurblių režimas) iki 380 m^3/s (turbinų režimas). Tai yra nepalyginamai didesni, negu laivybos šliuzo debitai. Tvenkinio vandens lygiai šiuo kritiniu laikotarpiu yra leistinose ribose.

7.1. Tarpusavio derinimas ir veiklos suderinimo tikslai

Atsižvelgiant į KHE ir KHAE reikšmę nacionaliniam saugumui laivybos šliuzo, taip pat ir kitų objektų darbas kartu naudojant KHE tvenkinio vandens išteklius neturi būti įtakojamas vienas kito atžvilgiu. Tai turi atsispindėti atnaujintose tvenkinio naudojimo ir priežiūros Taisyklėse.

7.2 lentelė. Tarpusavio derinimas ir veiklos suderinimo tikslai

Tikslas	Sprendimas / priemonė
Vengti vandens lygio šuolių Kauno mariose	Derinti Kruonio HAE ciklus su HE ir laivybos šliuzo vandens išleidimais
Užtikrinti ŽB gamtosauginį debitą	Kauno HE per turbinas reguliuoja išleidžiamą kiekį. Būsimas laivybos šliuzas ir žuvų pralaida užtvankoje taip pat gali jį reguliuoti. Būtinas tarpusavio derinimas
Laivybos užtikrinimas per šliuzą	Derinti momentinius debito ir vandens lygio pokyčius, ypač ŽB.
Žuvų migracijos sąlygos	Vengti staigių tėkmės debito ir vandens lygio kitimų
Atgauti prarastą KHE elektros gamybą	Pastatyti papildomas turbinas išnaudojant slėgio aukštį ir debitą laivybos šliuze ir žuvų pralaidoje užtvankoje.

7.2. Valdymo principas

- **Kauno HE** – reguliuoja tvenkinio vandens debitą žemyn nuo Kauno HE užtvankos, turi užtikrinti gamtosauginį debitą. Jo dydžio derinimas ir perskirstymas veikiant laivybos šliuzui ir/ar žuvų pralaidai turės atsispindėti atnaujintose tvenkinio Taisyklėse
- **Vandens kelio projektinių vandens lygių (gylių) palaikymas** atliekant valymo (gilinimo, tik esant teigiamam PAV) darbus Kauno HE poveikio zonoje. Jie bus derinami su KHE, ir nebus vykdomas pergilinimas ar kitokie veiksmai kurie gali lemti reikšmingą dugno pažemėjimą žemiau KHE.
- **Laivybos šliuzas** – veikia epizodiškai, sezoniškai, poveikis tvenkinio vandens režimui yra nereikšmingas (priklauso nuo šliuzavimo ciklų skaičiaus). KHE praleidžiant gamtosauginį debitą ir dirbant už skaičiuotinos garantijos ribų, laivyba per KHE užtvanką šliuzu arba nevyks, arba bus ribojama tik gavus KHE sąlygas. Laivų šliuzo darbas bus organizuotas tik tokiu atveju, jeigu dėl jo reikšmingai nepasikeis leistinas vandens lygis KHE tvenkinyje ir jo žemutiniame bjefe. Turi būti parengta laivų šliuzo darbo instrukcija, siekiant užtikrinti laivų šliuzo darbo suderinamumą su KHE ir kitomis tvenkinio naudojimo interesų grupėmis.
- **Kruonio HAE** – veikia pagal sistemos dispečerio nurodymus (reaguoja į elektros rinką), bet jo siurbimo/generacijos laikas turi būti suderintas (ciklų sinchronizacija) su Kauno HE tam, kad nepažeistų aplinkosaugos reikalavimų.
- **Žuvų pralaida** užtvankoje (jei įrengta) turi būti pastoviai maitinama žuvų viliojimo debitu.

Rekomenduojama parengti integruotą tvenkinio vandens išteklių valdymo skaitmeninį modelį, kuris sudarytų KHE tvenkinio naudojimo ir priežiūros Taisyklių pagrindą.

7.3. Atsakomybių ribos

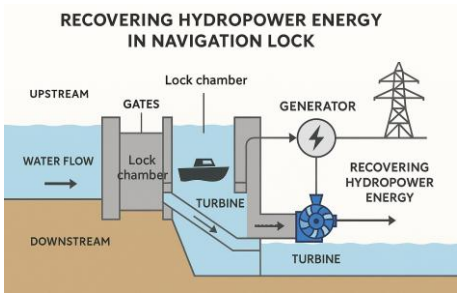
7.3 lentelė. Atsakomybių ribos

Funkcija	Atsakingas subjektas	Pastabos
Energijos gamyba ir kaupimas	AB „Ignitis gamyba“	Kruonio HAE ir Kauno HE
Hidrologinis režimas	AB „Ignitis gamyba“, LE dispečeriai	Derinti ciklus
Gamtosauginiai debitai, vandens lygiai, vandens kelio valymas (ar gilinimas)	Aplinkos ministerija / AAA	Kontrolė ir monitoringas
Žuvų apsauga / pralaidos	Aplinkos apsaugos departamentas	Projektavimas, priežiūra
Laivyba per šliuzą	Vidaus vandens kelių direkcija	Operatyvinė kontrolė

Dabartinės KHE Taisyklės privalės būti papildytos laivybos šliuzo naudojimui. Peržiūrėti gamtosauginio debito praleidimą (dabar praleidžiamas per turbinas) ir per žuvų pralaidą KHE užtvankoje (jei ji bus statoma). Taip pat atsižvelgti į KHAE būsimo 5-ojo agregato veiklą, poveikį tvenkinio vandens režimui.

8. KHE elektros energijos atgavimo laivybos šliuze galimybės

Elektros energijos praradimai laivybos šliuzo operacijų metu, priklausomai nuo praleidžiamų laivų kiekių pateikti 4.2 ir 4.3 skyreliuose. Bendra hidroenergijos atgavimo laivybos šliuze schema parodyta 8.1 pav. Taip pat yra galimybės atgauti prarastą energiją žuvų pralaidose.



8.1 pav. *Energijos atgavimas laivybos šliuze įrengiant turbinas. Aukštutinis bjefas, šliuzo kamera, žemutinis bjefas. Turbina/generatorius.*

Įrengiant laivybos šliuze vandens turbinas, geriausiu atveju jos būtų galima atgauti iki 50 proc. Freudenau HE (Austrija, Viena), Dunojau laivybos šliuze, kuriame įrengtos „matricos“ formoje išdėstytos turbinos atgaunama 3.7 GWh/metus. Tuo tarpu metų HE generacija yra 1052 GWh/metus. Lyginant šiuos skaičius elektros generacija laivybos šliuze nėra įspūdinga.

Pagrindinė schema:

- Klasikinės turbinos vandens tunelyje arba apėjimo vandentakyje užpildant/ištuštinant šliuzo kameras.
- Žemo slėgio turbina vandentakyje elektros generavimui.
- Veika tik šliuzo operacijų metu, navigacijos nekomplikuoja
- Turbinos galima įrengti Miter uždoriuose matricos (stačiakampio tinklo) formoje (8.2 pav.).



8.2 pav. *„Matricos“ technologija (turbinų montavimas). Gamykloje sumontuotos Miter tipo uždoryje 25 mažos propelerio tipo turbinos. Šaltinis: Freudenau HE.*

Yra užpatentuotos HYDROMATRIX® ir panašaus tipo StrafloMatrixTM hidroenergijos atgavimo technologijos įvairiems HTS atvejams.

Energijos potencialas yra gana žemas ar vidutinis dėl:

- Žemo slėgio
- Nepastovus/ nutrūkstantis debitas (šliuzo operacijų metu)
- Nedideli vandens kiekiai lyginant su HE darbu

Privalumai:

- Vietiniam energijos naudojimui (pvz., apšvietimui, automatika)
- Sumažina laivybos šliuzo operacijų energijos sąnaudas
- Mažas poveikis aplinkai, naudojama esama infrastruktūra.

Iššūkiai:

- Žemas efektyvumas dėl pertraukiamo/ nepastovaus debito
- Reikalauja papildomos vietos turbinų montavimui ir debito suvaržymai
- Derinamas su šliuzo operacijomis
- Kaštų naudos santykis ne visada teigiamas (CAPEX - Energijos atgavimas)

9. Išvados

1. Kauno HE žemutinio bjefo (ŽB, nuo HE iki Nemuno-Neries santakos/Žalgirio arenos) E41 vandens kelio deklaruojama klasė yra IV. Tačiau jos pagrindinis parametras vandens gylis 1.20 m nėra išlaikomas. Projektiniai (garantiniai) vandens gyliai 214.2-222.5 km ruože yra mažesni už 1.15 m, todėl yra numatyti vagos valymo darbai. Nepaisant planuojamo laivybos šliuzo, šiame projektavimo etape šio vidaus vandens kelio ruožo modernizacija nėra numatyta, tik eksploataciniai vandens kelio gylio palaikymai.
2. Dėl spartėjančios klimato kaitos Nemuno upės bei KHE tvenkinio hidrologinės-hidraulinės charakteristikos yra gerokai pakitusios (nuo 1960 m). T. y., ekstremalios hidrologinės vertės (maksimalūs debitai, vandens lygiai, ledo reiškiniai ir kt.) gerokai sumažėjo.
3. Hidrologiniai duomenys rodo, kad pastaruosius kelis dešimtmečius vandens lygis KHE ŽB (nuo Lampėdžių VM) nežemėja, upės dugno altitudė šiame ruože stabilizavosi, susidarė vagos savigrinda. Tai vyksta dėl ryškiai sumažėjusių Nemuno upės potvynių aukščio, kurie išplaudavo vagos dugną bei minimalių upės vagos dugno valymo/kasimo apimčių.
4. Kauno HE ŽB ir tvenkinys yra labai pakeisti vandens telkiniai. Upės hidromorfologinis indeksas (UHMI) yra mažas, pagal jį nustatytas ekologinis potencialas yra blogesnis nei geras (0,45<0,63).
5. Naudojant ir prižiūrint pastatytą laivybos šliuzą, UHMI vertė dar labiau sumažėtų. Laivybos šliuzo eksploatacija, visų pirma vandens išleidimas į žemutinį bjefą (ŽB), kai Q = 42 m³/s, paveiktų hidrologinį režimą – upės nuotėkio trumpalaikis pokytis siektų 19–30 %. Toks pokytis pagal UHMI vertinimą laikomas vidutiniu, t. y. rodančiu pastebimą antropogeninį poveikį. Be abejo, tai būtų papildomas poveikis jau esant pakitusiam hidrologiniam režimui, kurį lemia Kauno HE eksploatacija. Kita vertus, vandens išleidimas per laivybos šliuzą padidintų Nemuno debitą Kauno HE žemutiniame bjefe, ypač sausmečio metu.
6. ŽB tėkmės hidraulinės sąlygos laivams prie šliuzo priplaukti ar išplaukti yra sudėtingos dėl KHE staigaus turbinų paleidimo ir jų stabdymo (hidropikingo reiškinys). Didžiausias momentinis vandens bangos kilimo ir slūgio intensyvumai (greitis) viršija 1.1 m/val. Būtina numatyti

apsaugines sienutes upės vagoje laivų laukimo, priplaukimo/išplaukimo saugos sąlygoms užtikrinti. Be to, reikia detalizuoti šliuzo darbo režimo sąveiką su KHE turbinų darbu. 2D modeliavimas parodytų jų optimalų komponavimą.

7. Išleidžiant vandenį iš laivybos šliuzo, žemiau KHE užtvankos Nemuno vagoje bus sukeliamas vandens bangos šuolis. Tačiau šios bangos aukštis bus mažiausiai 3-4 kartus mažesnis negu paleidžiant ar stabdant KHE turbinas. Tikslesnį atsakymą suteiktų hidrodinaminis modeliavimas.
8. Laivų išplaukimo/įplaukimo sąlygos į šliuzą aukštutiniame bjefe (KHE tvenkinyje) yra nepalyginamai geresnės negu žemutiniame bjefe. Poveikiai ir apkrovos (pvz., ledo režimas, vėjo sukeltos vandens bangos) šliuzo statiniams kaip ir ŽB privalo būti įvertintos.
9. KHE prarasta elektros energija priklauso nuo šliuzavimo ciklų skaičiaus (laivų skaičiaus praleidimo). Esant optimaliam scenarijui (10 šliuzo ciklų per dieną) būtų prarandama iki 5.5 GWh laivybos sezono metu (apie 3% elektros gamybos). Jai dalinai atgauti siūloma į laivybos šliuzą integruoti mikroturbinas.
10. Laivybos šliuzas neužtikrina efektyvios žuvų migracijos per KHE užtvanką. Pasiūlytos alternatyvos žuvų pralaidai įrengti. Bet kokiu atveju, tai taip pat susiję su elektros energijos gamybos nuostoliais. Jie būtų žymesni negu laivybos šliuzo atveju (žuvų pralaida turi veikti ištisus metus).
11. Skaitmenimis modeliavimas rodo, kad laivybos šliuzo operacijos visiškai nežymiai įtakoja KHE tvenkinio vandens lygio režimą, neatsiliepia KHAE darbo režimui. Pirmiausiai, vandens lygių (VL) svyravimams. T. y. VL žemėjimui tvenkinyje. Šiuo atveju KHE ir KHAE darbo režimo įtaka yra žymiai didesnė. Tačiau tai nepažeidžia dabartinėse Taisyklėse nurodytų reikalavimų.
12. 1D modeliu įvertintos ŽB hidraulinės sąlygos (didžiausi vandens debitai, lygiai, vandens greičiai), kur siūlomi laivybos šliuzo variantai.
13. Įrengiant neilgą laivakelį ŽB (garantinis gylis iki 1.2 m), priplaukimui prie laivybos šliuzo upės dugnas turi būti valomas, vietomis gilinamas (ypač prie šliuzo). Dėl to nežymiai pažemėja upės vandens lygis (nuo 3 iki 9 cm, tekant metų vidutiniam ir kritiniu laikotarpiu - gamtosauginiam debitui), lyginant su dabartine upės vagos vandens lygio būkle. Šiek tiek žymesnis vandens lygių pažemėjimas (nuo 6 iki 16 cm, tekant metų vidutiniam ir gamtosauginiam debitui), būtų stebimas įrengiant laivybos kanalą sausumoje, kai laivybos šliuzas neveikia. Bet kokiu atveju, hidrologinis-hidraulinis režimas nėra reikšmingai pakitęs.
14. Įrengiant laivakelį, bus pralaužta susidariusi vagos dugno savigrinda, todėl jai atstatyti reikalingas jos tvirtinimas.
15. Rengiant naujas Taisyklės būtina optimaliai suderinti KHE ir KHAE darbo režimo ir laivybos šliuzo veiklą. Laivybos šliuzas neturi įtakoti šios energetinės sistemos funkcionalumo (išskyrus KHE prarastą elektros energiją, dėl sumažėjusio vandens kiekio praleidžiamo per turbinas). Esant KHE darbo režimui už skaičiuotinos garantijos ribų, laivybos šliuzo veikla bus ribojama

(dėl vandens prietakos stokos), prioritetą paliekant energetikai ar kitoms tvenkinio naudojimo interesų grupėms.

10. Literatūra

1. AAA. Potvynių grėsmės ir rizikos žemėlapiai. 2025. https://experience.arcgis.com/experience/7f2d4ca0c74c4857a0620967e530fa4d/page/Pagrindinis-puslapis/
2. Aplinkos ministro įsakymas „Dėl paviršinių vandens telkinių būklės nustatymo metodikos patvirtinimo“. 2007 m. balandžio 12 d. Nr. D1-210
3. Dysarz, T.; Kałuża, T.; Mickevičius, K.; Veigneris et al. Application of Physical and Numerical Modeling for Determination of Waterway Safety under the Bridge in Kaunas City, Lithuania. *Water* **2023**, *15*, 731. https://doi.org/10.3390/w15040731
4. Gailiušis B, Jablonskis J., Kovalenkovienė M. Lietuvos upės. Hidrografija ir nuotėkis. Kaunas. LEI, 2001.
5. Gidroprojekt. Inzinierno gidrologiceskie izizkanie na rekie Neman v nizniem bjefe Kaunas GES; Moscow, Russia, 1988.
6. HEC-RAS ir aktuali dokumentacija. US Army Corps of Engineers (USACE). Hydrologic Engineering Center (HEC), 2025. https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/
7. HEC-ResSim ir aktuali dokumentacija. USACE CEIWR-HEC. 2025. https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ressim/
8. Kauno hidroelektrinės tvenkinio naudojimo ir priežiūros taisyklės. LEI, 2016.
9. Įsakymas dėl Lietuvos respublikos aplinkos ministro 1995 m. Kovo 7 d. Įsakymo nr. 33 „Dėl tvenkinių naudojimo ir priežiūros tipinių taisyklių (LAND 2-95) patvirtinimo“ pakeitimo 2023 m. Birželio 23 d. Nr. D1-213 Vilnius
10. Gamtosauginio vandens debito apskaičiavimo tvarkos aprašas. AM ministro 2023 m. gruodžio 11 d. įsakymas Nr. D1-403,Vilnius.
11. Legesse, S.A. Shrestha A., Marence, M. Franca, M.J. Unlocking low head hydro potential from existing water infrastructure in the Netherlands. Hydropower & Dams, Issue Five, 2024, p. 100-109.
12. Lietuvos energija, AB, Filialas „Kauno hidroelektrinė“. Kauno HE žemutinio bjefo debitų kreivės patikslinimo ataskaita. 2012.
13. Milius P., Darbutas A. Nemuno vagos dugno ties Kaunu pokyčių dinamika, jų priežastys ir tendencijos. Vandens ūkio inžinerija. , Nr. 38(58)(2011).
14. NRC. RETScreen Expert Expert. https://natural-resources.canada.ca/maps-tools-publications/tools-applications/retscreen
15. Šikšnys, A., Ždankus, N. T., Sabas, G., & Barvidienė, O. (2014). Numerical and Field Investigations of Local Bridge Abutment Scour and Unsteady Downstream River Flow From a Nearby Hydropower Plant. *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering*, *9*(3), 215-224. https://doi.org/10.3846/bjrbe.2014.27
16. Šilinis, L.; Punys, P.; Radzevičius, A.; Kasiulis, E.; Dumbrauskas, A.; Jurevičius, L. An Assessment of Hydropeaking Metrics of a Large-Sized Hydropower Plant Operating in a Lowland River, Lithuania. Water 2020, 12, 1404. https://doi.org/10.3390/w12051404
17. Šilinis, L; Kasiulis, E; Punys, P. 2D hydrodynamic modelling for identification of dewatered or flooded stream channel areas downstream large hydropower plant // Journal of water security / VMU. Agriculture academy; Riga Technical University. , 2019, vol. 5, t. 5, p. 1 - 6, ISSN 2345-0363. doi:10.15544/jws.2019.004
18. VDU, GTC. Tinkamų sąlygų žuvims migruoti per kliūtis sudarymo studija. Ataskaita. 2020, Kaunas, Vilnius
19. UAB „Projektų gama“. Galimybių studija: „Vandens kelio Nemune nuo Kauno HE iki Kauno krovinių prieplaukos panaudojimo laivybai įvertinimo. Kaunas, 2010.
20. UAB „Infraplanas“. Mokslinio tiriamojo darbo „Projektuojamos Marvelės krovininės prieplaukos poveikio Nemuno upės hidrauliniam-hidrologiniam režimui modeliniai tyrimai ataskaita“. Autorius Arvydas Šikšnys. 2023
21. Ždankus N, Vaikasas S, Sabas G. Impact of a hydropower plant on the downstream reach of a river. Journal of environmental engineering and landscape management 2008;16:128–134.

11. Priedas: LHMT pažyma apie hidrometeorologines sąlygas

Elektroninio dokumento nuorašas

LIETUVOS HIDROMETEOROLOGIJOS TARNYBOS
PRIE APLINKOS MINISTERIJOS
HIDROLOGINIŲ STEBĖJIMŲ SKYRIUS

UAB „Aplan“ | 2026-01-07 Nr. 2026/1

El. p. petras.punys@gmail.com,
edita.salne@aplan.lt

PAŽYMA APIE HIDROMETEOROLOGINES SĄLYGAS

2026 m. sausio d. Nr. (5.58-10)-B8-

Informuojame, kad Nemuno upės (vandentakio kodas 10010001) ties Nemajūnų vandens matavimo stotimi minimalus vasaros-rudens 80 % tikimybės 30 sausiausių parų iš eilės vidutinis vandens debitas yra 107 m^3/s, 95 % tikimybės vandens debitas yra 95,1 m^3/s. Kauno marių ties Kauno HE minimalus vasaros-rudens 80 % tikimybės 30 sausiausių parų iš eilės vidutinis vandens debitas yra 114 m^3/s, 95 % 102 m^3/s.

Prieduose pateikti kiti hidrologiniai duomenys:

1 PRIEDAS: Metų vidutiniai ir maksimalūs vandens debitai (Nemunas KHE: 1990-2015 m).

2 PRIEDAS: Paros ir vidutiniai mėnesių vandens debitai Nemune ties KHE (2011 ir 2015 m).

3 PRIEDAS: Daugiamečiai vandens lygiai Kauno HE, Darsūniškio ir Birštono vandens matavimo stotyse (vidutinis, žemiausias, aukščiausias per stebėjimo laikotarpį).

Duomenų apie ledo storį pateikti negalime (nebuvo vykdomi nuolatiniai matavimai).

Vedėjas Gediminas Sližys

Raimundas Baublys, mob. +370 648 05 476, el. p. raimundas.baublys@meteo.lt
Rima Sajienė, mob. +370 684 98 821, el. p. rima.sajiene@meteo.lt
Ramutė Bataitienė, mob. +370 648 06 256, el. p. ramute.bataitiene@meteo.lt

LIETUVOS HIDROMETEOROLOGIJOS TARNYBA PRIE APLINKOS MINISTERIJOS
Biudžetinė įstaiga, Oršos g. 8, LT-09300 Vilnius, tel. 8 648 06 572, el. p. lhmt@meteo.lt
Duomenys kaupiami ir saugomi Juridinių asmenų registre, kodas 290743240
www.meteo.lt
ISO 9001:2015