

RĪGAS TEHNISKĀ UNIVERSITĀTE
Enerģētikas un elektrotehnikas fakultāte
Enerģētikas institūts

Ansis KALNAČS

Doktora studiju programmas „Enerģētika un elektrotehnika” doktorants

**STRAUMJU HIDROKINĒTISKO
IEKĀRTU ENERĢĒTISKĀ
POTENCIĀLA NOVĒRTĒŠANA UN
EFEKTIVITĀTES UZLABOŠANA**

Promocijas darbs

Zinātniskā vadītāja

asoc. profesore *Dr. sc. ing.*

A. Mutule

Rīga 2017

Anotācija

Darbs ir par upju jeb straumju hidrokinētisko iekārtu izmantošanas iespējām un attīstību Latvijā un pasaulē, to izmantošanas potenciāla novērtēšanu un tālāku pilnveidošanu. Darbā ir sistematizēti un analizēti līdzšinējie zinātnes sasniegumi upju hidrokinētisko tehnoloģiju jomā, ka arī apskatīta elektroenerģijas ražošanas specifika. Analizētas dažādas pieejas elektroenerģijas iegūšanai no noteiktas upes, tās posma vai reģiona ar vairākām upēm. Analizētas novērtēšanas metodes, kas līdz šim lietotas elektroenerģijas apjomu, kurus ir iespējams iegūt novērtēšanai. Darbā ir izstrādāta vietējām apstākļiem piemērota novērtēšanas metodika, kas ir balstīta uz izejas datu iegūšanu reālajos apskļos. Izstrādātā metodika aprobēta novērtējot elektroenerģijas ražošanas potenciālu plašā Daugavas lejteces apgabalā – no Līvāniem līdz Jaunjelgavai. Veicot šos novērtējumus, pētīta dažādu mainīgo un ierobežojumu ietekme uz novērtēšanas rezultātiem, kā arī sakarības starp straumes ātrumu upē un tās šķērsgriezumu. Darbā apskatīta arī vadotņu lietošana kopā ar hidrokinētiskajām iekārtām, kā arī izstrādāta metodika vadotņu efektivitātes novērtēšanai, kura arī aprobēta novērtējot vadotņu izmantošanas efektivitāti Daugavā jau minētajos apgabalos. Veikti pētījumi gan pašu hidrokinētisko iekārtu, gan to vadotņu attīstībai. Darba rezultāti ir izmantoti vienpadsmit patentu pieteikumu sagatavošanā, kas pamatā ir jauni hidrokinētisko iekārtu un to sastāvdaļu risinājumi, tajā skaitā jauna veida hidrokinētiskās iekārtas, jauni hidrokinētisko iekārtu turbīnu risinājumi, jaunas vadotnes. Izstrādāts modelēšanas rīks, kurš par ieejas datiem izmanto datus, kas iegūti ar darbā izstrādātajām metodikām un ar kuru iespējams plānot HKI izvietojumu upē un sagaidāmos saimnieciskos ieguvumus. Katrā no veiktajiem darbu blokiem apkopota un analizēta pieredze. Svarīgākie secinājumi apkopoti un analizēti nobeigumā.

Annotation

This work is about the possibilities of use of the in-stream or river hydrokinetic devices and their development in Latvia and the world, as well as evaluation of the potential of their use and their further development. There are previous achievements in river hydrokinetic devices systematized and analysed in the review of literature. Specifics of the use of those devices for electricity generation are reviewed. Analysis performed for the methods that has been used for evaluation of the amount of electricity attainable by hydrokinetic devices from a specific river, a part of a river or a whole region of rivers. A new evaluation methodology is developed in this work that is tailored to the local circumstances and resources and is based on performing measurements in the river. The methodology allows to evaluate potential for electricity production using hydrokinetic devices for any river in which it is possible to travel and stand relatively still with any floating means. Potential for electricity production in using hydrokinetic devices were evaluated for extensive areas of the lower Daugava (from Līvāni to Jaunjelgava) by try out and use of this methodology. Influence of different variables and restrictions to the results of evaluation and relation between flow velocity and cross-section area are researched during those evaluations. Use of the channelling devices together with hydrokinetic devices is analysed as well. A methodology for the evaluation of the efficiency of the channelling devices is developed and results with it obtained for the same areas of the river Daugava. Research is performed regarding development of both hydrokinetic devices and channelling devices together with them. The results of the work are used for preparation of nine patent applications that are mainly new hydrokinetic device and their channelling device constructions or parts of those. A modelling tool is developed which uses data acquired according to the methodologies as input and allows to plan HKD placement in the river and anticipated economical gains. In each chapter experience is analysed and conclusions made regarding corresponding part of the work. Main conclusions are gathered and analysed in the end of the work.

Pateicība

Vēlos pateikties visiem, kas tiešā vai netiešā veidā man ir palīdzējuši promocijas darba izstrādē.

Pateicos kolēģiem no SIA „Vides, bioenerģētikas un biotehnoloģijas kompetences centrs”, sadarbībā ar kuriem tika veikta liela daļa no šī darba. Paldies par pieeju dažāda veida resursiem, kas bija nepieciešami promocijas darba izstrādē un, kurus varēju lietot tieši pateicoties sadarbībai kompetences centra ietvaros. Īpaši vēlos izteikt pateicību Vitālijam Entinam, kura vadībā varēju piedalīties vairāku izgudrojumu tapšanā.

Fizikālās Enerģētikas institūtam pateicos par iespēju piedalīties ar saviem darbiem zinātniskajās konferencēs, kā arī strādāt kopā ar pieredzējušiem zinātniekiem un vienlaicīgi no viņiem mācīties.

Tāpat vēlos pateikties RTU Enerģētikas un Elektrotehnikas fakultātes mācībspēkiem un šīs fakultātes darbiniekiem, kas visu šo četru gadu laikā vienmēr bija atsaucīgi gan ar savu padomu, gan palīdzību. Te īpaši jāizceļ mana zinātniskā darba vadītājas Dr. sc. ing. Annas Mutules ieguldījums - pateicos par ieinteresētību un par veltīto laiku vienmēr, kad man bija kāds jautājums.

Un, protams, liels paldies manai ģimenei un tuviniekiem - par sapratni, kad pie promocijas darba bija jāstrādā ģimenes darbu vietā, par izpalīdzēšanu, laiku un nepārvērtējamo atbalstu, bez kuriem nebūtu iespējama šī darba tapšana.

Saturs

| | |
|---|----|
| IEVADS..... | 10 |
| 1. Literatūras analīze..... | 17 |
| 1.1. Upju jeb straumes hidrokinētisko elektrostaciju tehnoloģijas | 17 |
| 1.2. Hidrokinētisko iekārtu ekspluatācijas specifiskie riski | 22 |
| 1.3. Hidrokinētisko iekārtu ietekme uz elektriskajiem tīkliem | 24 |
| 1.4. Hidrokinētisko iekārtu ietekme uz vidi | 27 |
| 1.5. Upes HKI enerģētiskā potenciāla noteikšanas metožu specifika..... | 32 |
| 1.6. Iesaistītie mainīgie | 33 |
| 1.7. Vispārīgi upes HKI enerģētiskā potenciāla noteikšanas metožu etapi..... | 35 |
| 2. Metodika upes posma enerģijas ražošanas ar HKI potenciāla novērtēšanai | 37 |
| 2.1. Metodika mērījumu veikšanai upē | 38 |
| 2.2. Metodika upē veikto mērījumu datu validācijai..... | 40 |
| 2.3. Datu apstrāde, analīze un rezultātu interpretācija | 43 |
| 3. Metodiku pielietojuma piemērs | 47 |
| 3.1. Mērījumi upē:..... | 50 |
| 3.2. Iegūto mērījumu datu validācija..... | 50 |
| 3.3. Rezultāti un to analīze..... | 52 |
| 3.4. Secinājumi no metodikas aprobācijas Daugavā..... | 59 |
| 4. Vadotņu ietekme uz HKI izmantošanu..... | 63 |
| 4.1. Pamatojums vadotņu lietošanai un to darbības principi..... | 63 |
| 4.2. Metodikas papildinājumi HKI vadotņu ietekmes novērtēšana | 66 |
| 4.3. Secinājumi par vadotnēm..... | 69 |
| 5. Daugavas izpētes rezultāti otrajā posmā..... | 70 |
| 6. Darbi jaunu HKI izstrādē un uzlabošanā | 77 |
| 6.1. Eksperimenti ūdens straumes ātruma palielināšanā..... | 77 |

| | |
|--|-----|
| 6.2. Eksperimenti ūdens straumes enerģijas uztveršanā | 82 |
| 7. Izstrādātās metodikas lietojumi ekonomikā..... | 91 |
| Secinājumi | 101 |
| Literatūra..... | 103 |
| Pielikumi..... | 111 |
| Daugavā starp Jaunjelgavu un Jēkabpili veikto mērījumu dati..... | 112 |
| Daugavā starp Jēkabpili un Līvāniem veikto mērījumu dati | 143 |

Attēlu saraksts

- Attēls 1.1.: SHES vispārināta uzbūves shēma
- Attēls 1.2.: HKI tehnoloģijas un to sadalījums (koks)
- Attēls 1.3.: Dažādi turbīnu veidi
- Attēls 1.4.: TidalSails tehnoloģijas risinājuma shematisks attēlojums
- Attēls 1.5.: Dažādu elektrostaciju videi radītās vizuālās izmaiņas
- Attēls 2.1.: Izstrādātās metodikas vispārīga blokshēma
- Attēls 2.2.: Upes šķērsriezuma shēma aprēķinu paskaidrošanai
- Attēls 3.1.: Mērītie upes šķērsriezumi posmā pēc HES
- Attēls 3.2.: Mērītie upes šķērsriezumi un atsevišķie mērījumu punkti posmā pirms HES
- Attēls 3.3.: Analizēto upes šķērsriezumu ģeogrāfiskais novietojums
- Attēls 4.1.: Vadotņu piemēri (A paņemts no [15]; B paņemts no [9])
- Attēls 5.1.: Atsevišķo mērījumu punktu vietas Līvānu apkaimē
- Attēls 5.2.: Pārējo atsevišķo mērījumu punktu vietas (no Reiņu salas uz Jēkabpils pusi)
- Attēls 5.3.: Pārējo atsevišķo mērījumu punktu vietas (pie Jēkabpils)
- Attēls 5.4.: Pie Jēkabpils (starp Pungas un Ābeļu salām) pētītie Daugavas šķērsriezumi
- Attēls 5.5.: Pie Līvāniem pētītie Daugavas šķērsriezumi
- Attēls 6.1.: Eksperimentālās iekārtas 1 sānskats un virsskats
- Attēls 6.2.: Eksperimentālās iekārtas 2 sānskats un virsskats
- Attēls 6.3.: Viena no sākotnējām pirmās iekārtas konfigurācijām eksperimentu mēģinājumos pie Gaujas tilta
- Attēls 6.4.: Otrā eksperimentu iekārta eksperimentā Rīgas HES drenāžas kanālā
- Attēls 6.5.: Viens no eksperimentiem izstrādātajiem ķermeņiem
- Attēls 6.6.: Konfigurācija eksperimentiem ar straumes enerģiju uztverošiem priekšmetiem
- Attēls 6.7.: Straumes ātrums dažādos ūdens slāņos
- Attēls 6.8.: Patentēta hidrokinētiskā iekārta

Attēls 6.9.: Patentētas hidrokinētiskās iekārtas eksperimentāls modelis darbībā

Attēls 7.1. Izstrādātā rīka algoritma blokshēma

Attēls 7.2. Upes šķērsriezuma modeļa vizualizācija

Attēls 7.3.: Izmantotā upes šķērsriezuma salīdzinājums, lietojot dažādas HKI

Attēls 7.4.: Stundu ieguvums no apskatāmajām HKI konfigurācijām

Attēls 7.5.: Kumulatīvais ieguvums no apskatāmajām HKI konfigurācijām

Attēls 7.6.: Darbā izstrādāto metodiku un rīka turpmākās attīstības iespējas un pielietojumi

Tabulu saraksts

Tabula 1.1.: Teorētiskā un iegūstamā hidrokinētiskās enerģijas daudzuma novērtējums ASV kontinentālajā daļā [65]

Tabula 2.1.: Daugavas šķērsriezuma mērījumu piemērs

Tabula 2.2.: Izpētīto Daugavas posmu potenciāla elektroenerģijas ražošanai ar SHES novērtējums

Tabula 3.1.: Daugavas caurteces statistiskie un no mērījumu datiem aprēķinātie rādītāji (m^3/s) pētītajos upes posmos

Tabula 3.2.: Dati par Daugavas ūdens ķīmiskā sastāva un blīvuma izmaiņām pētītajos posmos

Tabula 3.3.: Mērījumu sērija kļūdas novērtēšanai

Tabula 3.4.: Piemēri upes caurplūdes apjoma un straumes ātruma sakarībām

Tabula 4.1.: Izpētīto Daugavas posmu starp Jaunjelgavu un Jēkabpili potenciāla elektroenerģijas ražošanai ar HKI novērtējums

Tabula 5.1.: Izpētīto Daugavas posmu starp Jēkabpili un Līvāniem potenciāla elektroenerģijas ražošanai ar HKI novērtējums

Tabula 6.1.: Izveidoto straumes ātrumu palielinošo iekārtu veiksmīgāko konfigurāciju darbības rādītāji

Tabula 6.2.: Dažādu straumē ievietotu ķermeņu pretestības koeficienti (paņemts no [90]).

Tabula 6.3.: Eksperimentu ar straumes enerģiju uztverošiem ķermeņiem rezultāti

Saīsinājumi

ES – Eiropas Savienība

GPS – Globālā pozicionēšanas sistēma

LR – Latvijas Republika

HES – Hidroelektrostacija

VES – Vēja elektrostacija

SES – Saules elektrostacija

HKI - (upju) HidroKinētiskā Iekārta – iekārta ūdens kinētiskās enerģijas pārveidošanai; šo iekārtu darbina kustībā esošs ūdens (straumes, viļņi) un atšķirībā no tradicionālajām hidroturbīnām šī iekārta tiek ievietota tieši dabīgajā ūdens straumē vai viļņos un gūst enerģiju tikai no ūdens kinētiskās enerģijas (netiek veidoti mākslīgi dambji un izmantota ūdens līmeņu starpība); tā kā darbs ir par upju hidrokinētiskajām iekārtām, tad, ja nav specifiski minēts hidrokinētiskās iekārtas tips (upju, viļņu, vai paisuma/bēguma), tad ar hidrokinētisko iekārtu darbā ir domāta tieši upju jeb straumju hidrokinētiskā iekārta.

SHES – straumju hidrokinētiskā elektrostacija – elektrostacija kurā elektroenerģija tiek ražota ar vienas vai vairāku upes hidrokinētisko iekārtu palīdzību, kas visas apvienotas masīvā un strādā, kā viena elektrostacija.

ERAF – Eiropas Rekonstrukcijas un Attīstības fonds

LIAA – Latvijas Investīciju un Attīstības aģentūra

IEVADS

Tēmas aktualitāte

Straujā industriālā attīstība pasaulē pēdējos gadsimtos ir notikusi, pamatā izmantojot fosilos enerģijas resursus, tādus kā ogles un nafta. Kā ļoti nelabvēlīgs blakusefekts šo resursu izmantošanā ir piesārņojums un siltumnīcas efekts, ko rada noteiktas gāzes, kas ir šī piesārņojuma daļa. Rezultātā papildus nelabvēlīgajai ietekmei, ko piesārņojums atstāj uz vidi un veselību, rodas izteikti nelabvēlīgā ilgtermiņa ietekme uz visas pasaules klimatu. Klimats kļūst siltāks, un tā rezultātā notiek daudz vairāk dabas katastrofu un mums daudz biežāk jāsasaskaras ar ekstremāliem laika apstākļiem – karstumu, aukstumu, sausumu, plūdiem, vētrām. Būtiskākie un visvairāk izmantotie fosilie kurināmie, tādi kā ogles un nafta, nav atjaunojami, un to krājumi ilgtermiņā izbeigsies.

Ņemot vērā arvien pieaugošās enerģijas vajadzības un minētos izaicinājumus, ko radījuši šo vajadzību nodrošināšana ar fosilajiem kurināmajiem, pasaulē arvien lielāka vērība tiek pievērsta atjaunojamajiem energoresursiem, jo īpaši tādiem, kas nerada būtiskas emisijas, līdz ar to arī piesārņojumu un siltumnīcas efektu radošās gāzes.

Jau 2009. gadā noteiktā Eiropas Savienības enerģijas stratēģija līdz 2020. gadam un uz to balstītā ES atjaunojamās enerģijas direktīva cita starpā nosaka, ka laikā no 2010. līdz 2020. gadam:

- siltumnīcas efektu radošās gāzes jāsamazina vismaz par 20 %;
- atjaunojamo enerģijas resursu daļa vispārējā ES enerģijas kopumā jāpalielina vismaz līdz 20 % no kopējā enerģijas patēriņa.

Ņemot vērā klimata straujo pasliktināšanos pēdējos gados, pasaules valstis 2015. gadā ir vienojušās par šādiem saistošiem papildu mērķiem, kas attiecas uz ES:

- līdz 2030. gadam vismaz par 40 %, salīdzinot ar 1990. gadu, samazināt siltumnīcas efektu radošo gāzu emisijas;
- līdz 2030. gadam atjaunojamo enerģijas resursu daļa vispārējā ES enerģijas kopumā jāpalielina vismaz līdz 27 %.

Visefektīvākais pasākums, kas ir veicams, lai minētos mērķus sasniegtu, ir tādu atjaunojamo enerģijas resursu attīstīšana, kas nerada būtiskas emisijas un līdz ar to arī piesārņojumu un siltumnīcas efektu radošās gāzes.

ES atjaunojamās enerģijas direktīvā katrai ES valstij, balstoties uz tās specifiku un iespējām atjaunojamo enerģijas resursu izmantošanā, ir noteikti individuālie mērķi. Latvijas energoapgādei, it īpaši elektroapgādei, viens no būtiskākajiem potenciāliem ir labi pieejamajos hidroresursos, kas ir gan atjaunojami, gan arī nerada būtiskas emisijas. Līdz ar to Latvijas enerģijas apgādē atjaunojamo enerģijas resursu īpatsvars tradicionāli ir bijis nozīmīgs, un 2008. gadā tas jau bija 29,9 % no kopējā enerģijas gala patēriņa. Tāpēc Latvijai ir uzdots līdz 2020. gadam sasniegt pat 40 % atjaunojamo enerģijas resursu īpatsvaru kopējā enerģijas izlietojumā.

Tas nozīmē, ka Latvijā vispieejamākie atjaunojamo enerģijas resursu, kas nerada būtiskas emisijas – tāpat hidroresursu, izmantošanas attīstībai jāvelta īpaša uzmanība.

Daugavas kaskādes devums valsts ekonomikai ir acīmredzams. Taču pat Daugavas potenciāls pašlaik izmantots tikai daļēji. Jauna aizprosta būve ir tikai lietderības izpētes stāvoklī, tāpēc parādās jaunas iespējas elektroenerģijas ieguvei, izmantojot strauji progresējošās hidrokinētiskās tehnoloģijas. Ūdens (straumju) kinētisko enerģiju kā atjaunojamu, videi draudzīgu, stabilu un ilgtspējīgu energoresursu varētu iegūt arī citās upēs un pat strautos, kuru Latvijā tiešām ir daudz. Jāuzsver šādu enerģijas avotu lokālais, reģionālais raksturs un tās priekšrocības, ko bieži vien dod decentralizēta elektroapgāde sadales elektrotīklos.

Latvija importē ap 30 % no tai nepieciešamās elektroenerģijas, bet tās ūdens (straumju) kinētiskās enerģijas izmantošanas iespējas pagaidām tiek pilnīgi ignorētas. Saistībā ar hidrokinētisko tehnoloģiju attīstību pēdējā laikā šīs iespējas būtiski pieaugušas, tāpēc būtu nepieciešams tās novērtēt un atbilstoši attīstīt, lai realitātē pārbaudītu šādu tehnoloģiju iespējas.

Darba mērķis un uzdevumi

Promocijas darba mērķis ir, izpētot esošo situāciju upju hidrokinētisko iekārtu (HKI) izmantošanā, apzināt un attīstīt Latvijas upju enerģētiskā potenciāla noteikšanu un atrast iespējas HKI efektivitātes paaugstināšanai specifiskajos Latvijas apstākļos.

Lai sasniegtu mērķi, tika izvirzīti šādi uzdevumi:

- veikt literatūras analīzi par upju hidrokinētiskajām tehnoloģijām un to izmantošanas specifiku pasaulē un Latvijā;
- izstrādāt upju HKI enerģētiskā potenciāla novērtēšanas metodiku;
- veikt izstrādātās metodikas validāciju reālos apstākļos;

- izstrādāt un novērtēt HKI un vadotņu elementu prototipu konstrukcijas;
- izdarīt secinājumus un izteikt priekšlikumus par turpmākās upju HKI attīstības virzieniem un iespējām Latvijā.

Darbā izvirzīta hipotēze: energoresursu apjoma apzināšana katram no iespējamiem atjaunojamās enerģijas veidiem ir svarīgs uzdevums tuvākajā laika periodā gan Latvijā, gan visā pasaulē. Upju straumes enerģētiskais potenciāls Latvijā nav novērtēts, un nav arī metodikas, kas ļautu to izdarīt. Šāda metodika kalpotu par instrumentu minētā enerģijas veida izvērtēšanai un parādītu tā izmantošanas iespējas, priekšrocības un trūkumus.

Pētījumu metodes un līdzekļi

Lai apzinātu un izmantotu līdzšinējos sasniegumus, tika veikta zinātniskās literatūras analīze par upju hidrokinētiskajām tehnoloģijām un to izmantošanas specifiku, kā arī to novērtēšanas metodēm.

Darba izpildei nepieciešamo datu iegūšanai tika veikti eksperimenti laboratorijā un dabā, veicot mērījumus ar dažādiem mērlīdzekļiem. Tajā skaitā – vienkāršiem (mērlentes, svāri, teodolīts, dinamometrs, tilpuma mēriekārtas, piknometri), komplicētākiem (graduētas un kalibrētas Pito caurules, straumes ātruma mērīšanas iekārtas ar dažādiem darbības principiem, jaudas noteikšanas iekārta), kā arī ar kompleksu – uz akustiskā Doplera efektu balstītu mērinstrumentu straumes ātrumu mērīšanai dažādos dziļumos un satelītu GPS pozicionēšanas sistēmu.

Tika veikta iegūto datu apstrāde, analīze un interpretācija, ieskaitot datu validāciju. Šim nolūkam tika izmantota uz Doplera efektu balstītā mērinstrumenta iekšējā programmatūra un tā komplektācijā esošā programmatūra lietošanai uz personālā datora, kā arī *Microsoft Excel* programmatūra.

Modelēšana, datu apstrāde, programmēšana un matemātiskie aprēķini HKI izvietojuma un ieņēmumu modelēšanas rīka izveidei tika veikta, lietojot programmatūru *MatLab*.

Promocijas darba zinātniskā novitāte un praktiskais lietojums

Darba zinātnisko novitāti raksturo tā gaitā iegūtā jaunā informācija un radītās jaunās zināšanas, tajā skaitā:

- apkopota un analizēta, ņemot vērā Latvijas specifiku, līdzšinējā pasaules pieredze straumes hidrokinētisko iekārtu izstrādē, izmantošanā un to potenciāla novērtēšanā;
- izstrādātas vietējiem apstākļiem pielāgotas metodikas straumes hidrokinētisko iekārtu enerģētiskā potenciāla novērtēšanai, hidrokinētisko iekārtu vadotņu enerģētiskā potenciāla novērtēšanai, kā arī upju dziļuma un straumes ātruma mērījumu un upju šķērsriezuma laukuma datu validācijai;
- iegūti jauni dati par straumes hidrokinētisko iekārtu un to vadotņu izmantošanas iespējām un enerģētisko potenciālu Daugavas lejtecē;
- izstrādāti jauni straumes hidrokinētisko iekārtu elementi, modeļi un prototipi;
- par veiktajiem izgudrojumiem sagatavoti un LR patentu valdē iesniegti 11 patentu pieteikumi. Par diviem no tiem ir saņemti patenti, par vienu saņemts lēmums patentu reģistrēt; pārējie pieteikumi promocijas darba pabeigšanas brīdī atradās dažādās izskatīšanas stadijās.

Darba gaitā iegūtā informācija un zināšanas veicina enerģētikas nozares attīstību, palielinot un veicinot pieejamo atjaunojamo energoresursu daudzveidību.

Darba rezultātu praktiskais lietojums ir šāds:

- straumes hidrokinētisko iekārtu un to vadotņu enerģētiskā potenciāla novērtēšanai gan Latvijas, gan arī citu valstu upēs, izmantojot izstrādātās metodikas;
- gan individuālu hidrokinētisko iekārtu, gan elektrostaciju, kas sastāv no vairākām hidrokinētiskajām iekārtām, konkrētu optimālu vietu izvēlē izpētītajos posmos Daugavas lejtecē;
- plānojot un projektējot hidrokinētisko elektrostaciju izveidi izpētītajos Daugavas lejteces posmos;
- konkrētajam risinājumam piemērotāko hidrokinētisko tehnoloģiju un vadotņu izvēlē, izmantojot izstrādātās metodikas un kritērijus;
- lai validētu tādus upēs iegūto mērījumu un uz tiem balstītos datus kā straumes ātrums, upes šķērsriezuma laukums, dziļums u. tml., izmantojot darbā izstrādāto metodiku;
- jaunu, efektīvāku straumes hidrokinētisko iekārtu radīšanai, izmantojot darbā iegūtās zināšanas un izstrādātos modeļus;
- jaunu efektīvāku straumes hidrokinētisko iekārtu vadotņu radīšanai, izmantojot darbā iegūtās zināšanas un izstrādātos modeļus;

- darba rezultāti ir izmantoti vairākos izgudrojumos un šim nolūkam var tikt izmantoti arī turpmāk.

Promocijas darba aprobācija

Promocijas darba rezultāti tika prezentēti un apspriesti zinātniskajās konferencēs.

- Methodology for the evaluation of the energy potential of a river for siting hydrokinetic turbines. 8th INTERNATIONAL CONFERENCE “Materials, Environment, Technology” (MET-2013), Latvija, Rīga, 2013. gada 19.–20. jūnijs.
- Hydro Energy Potential Estimation for Hydrokinetic Power Plants. 15th International Scientific Conference “Electric Power Engineering” (EPE-2014), Čehija, Brno, 2014. gada 12.–14. maijs.
- Ways to increase the efficiency of hydrokinetic devices and their evaluation. 11th International Conference of Young Scientists on Energy Issues (CYSENI-2014), Lietuva, Kauņa 2014. gada 29.–30. maijs.
- Specifics of Methods for Estimation of the Hydrokinetic Potential of Rivers. The 8th International Scientific Symposium on Electrical Power Engineering ELEKTROENERGETIKA 2015., Slovākija, Stara Lesna, 2015. gada 16.–18. septembris.

Publikācijas

- A. Kalnačs, J. Kalnačs, A. Mutule, U. Pērsis; Potential of the lower Daugava for siting hydrokinetic turbines; Latvian journal of physics and technical sciences Vol. 50, 2013; pp. 3–14; SCOPUS.
- A. Kalnačs, J. Kalnačs, A. Mutule; Methodology for the evaluation of the energy potential of a river for siting hydrokinetic turbines; Proceedings of the 8th international conference MET-2013 “Materials, Environment, Technology”.
- A. Kalnacs, J. Kalnacs, A. Mutule, U. Pērsis; Methods for estimation of the riverflow potential for hydrokinetic power generation; Latvian journal of physics and technical sciences Vol. 51, 2014, p. 3 – 10, ISSN 0868 – 8257; SCOPUS.

- A. Mutule, A. Kalnacs. Hydro Energy Potential Estimation for Hydrokinetic Power Plants // Proceedings of the conference Electric Power Engineering 2014 (EPE-2014), 2014, p. 297. p. 300, ISBN:978-1-4799-3806-3, IEEE Catalog Number: CFP1473X – USB.
- A. Kalnacs, J. Kalnacs, A. Mutule. Ways to increase the efficiency of hydrokinetic devices and their evaluation // Proceedings of the 11th International Conference of Young Scientists on Energy Issues (CYSENI-2014), 2014, ISSN: 1822-7554.
- A. Kalnacs, J. Kalnacs, A. Mutule, V. Entins, “Effects of using channelling devices to increase efficiency of hydrokinetic devices”, Latvian Journal of Physics and Technical Sciences., 2015/2, Vol. 52, p. 3–12.; SCOPUS.
- A. Kalnacs, A. Mutule. Specifics of Methods for Estimation of the Hydrokinetic Potential of Rivers// Proceedings of ELEKTROENERGETIKA 2015; Konfernce notika 2015. gada septembrī Slovākijā un tās materiāli ir iekļauti SCOPUS datubāze.
- J. Beriņš, J. Beriņš, J. Kalnačs, A. Kalnačs, “Wave Energy Potential in the Latvian EEA”, Latvian Journal of Physics and Technical Sciences., 2016/3, 53, p. 22–33; SCOPUS.

Promocijas darba praktiskās realizācijas

Promocijas darba rezultāti ir iekļauti šādos SIA „Vides, bioenerģētikas un biotehnoloģijas kompetences centrs” projektos (ERAF finansējums LIAA Līguma Nr. L-KC-11-0005 ietvaros):

- „Daugavas lejteces straumju izpēte jaunas HES tehnoloģijas attīstībai”;
- „Hidrokinētisko elektroenerģijas ražošanas iekārtu uzstādīšanas apstākļu un lēno ūdens straumju izmantošanas iespēju palielināšanas izpēte, turbīnas tipa un parametru aprēķinu modeļa izstrāde pie maziem un mainīgiem ūdens plūsmas raksturlielumiem”;
- „Hidrokinētisko spēkstaciju ražošanas jaudu palielināšanas iespēju izpēte mazu ūdens plūsmas ātrumu gadījumos”;
- „Hidrokinētisko iekārtu izmantošanas iespēju izpētes metodikas izstrāde un efektivitātes izpēte”.

Promocijas darba rezultāti ir izmantoti šādos patentos un to pieteikumos:

- V. Entins, R. Vaitkus, A. Kalnačs, patents LV 14830 B, “Ierīce jūras viļņu vai upes straumes enerģijas pārveidošanai”;
- V. Entins, J. Kalnačs, A. Kalnačs, patents LV 14957 B, 20.04.2015., “Upes plūsmas enerģijas pārveidotāja iekārta elektriskajā enerģijā”;
- V. Entins, J. Kalnačs, A. Kalnačs; patenta pieteikums P-14-89; 12.11.2014., “Brīvās plūsmas Šneka ģenerators”;
- V. Entins, J. Kalnačs, A. Kalnačs; patenta pieteikums P-15-02; 07.01.2015., “Upes plūsmas enerģijas pārveidotāja iekārta elektriskajā enerģijā”;
- V. Entins, J. Kalnačs, A. Kalnačs, R. Pihocki, V. Anaņičs, E. Bychkov; patenta pieteikums P-15-51; 08.06.2015., “Paņēmiens un ierīce hidrodinamiskai enerģijas pārveidošanai”;
- V. Entins, J. Kalnačs, A. Kalnačs, R. Pihocki, V. Anaņičs, E. Bychkov; patenta pieteikums P-15-127; 12.11.2015., “Ekonomiskā hidromasāžas duša”;
- V. Entins, V. Anaņičs, R. Pihocki, E. Bychkov, J. Kalnačs, A. Kalnačs.; patenta pieteikums P-16-02; 25.01.2016., “Ierīce hidrodinamiskai enerģijas pārveidošanai”;
- V. Entins, V. Anaņičs, R. Pihocki, E. Bychkov, J. Kalnačs, A. Kalnačs.; patenta pieteikums P-16-03; 28.01.2016., “Entina-Bičkova efekta straumes plūsmas nomierinātājs-paātrinātājs”;
- V. Entins, J. Kalnačs, A. Kalnačs, R. Pihocki, V. Anaņičs, E. Bychkov; patenta pieteikums P-16-20; 18.03.2016., “Hidroģeneratora sprausla”;
- V. Entins, E. Bychkov, A. Kalnačs, J. Kalnačs, A. Novikovs, A. Novikova; patenta pieteikums P-16-60; 05.08.2016., “Hidroelektroģeneratora šķidruma plūsmas paātrināšanas paņēmiens un ierīce”;
- V. Entins, E. Bychkov, J. Kalnačs, A. Kalnačs; patenta pieteikums P-17-15; 24.03.2017., “Plūsmas ātruma palielināšanas iekārta”.

Promocijas darba struktūra un apjoms

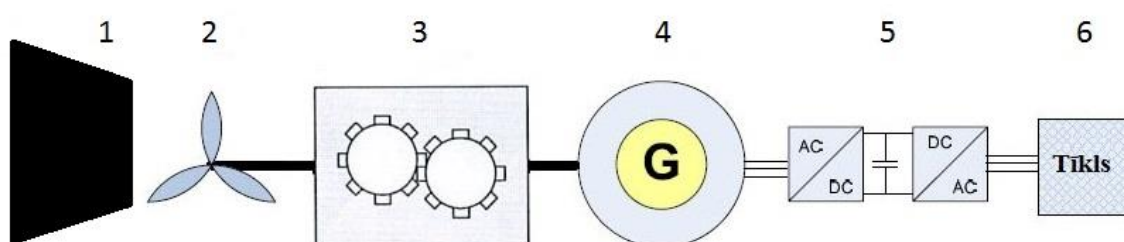
Promocijas darbs sastāv no ievada, 7 nodaļām un secinājumiem. Tas satur atsauces uz 96 literatūras avotiem, 31 attēlu, 12 tabulas, 2 pielikumus un izklāstīts 168 lappusēs.

1. LITERATŪRAS ANALĪZE

1.1. Upju jeb straumes hidrokinētisko elektrostaciju tehnoloģijas

Literatūrā ir atrodami apraksti daudzām dažādās attīstības stadijās esošām tehnoloģijām, kas var tikt izmantotas HKI izveidei, lai straumes kinētisko enerģiju pārveidotu elektriskajā enerģijā [1-14]. Šīs dažādās tehnoloģijas būtībā ir dažādi HKI aktīvo elementu un ģenerators piedziņas risinājumi.

Shematiska upju jeb straumes HKI vispārināta uzbūve redzama Attēlā 1.1. [15].



Attēls 1.1.: Upju jeb straumes HKI vispārināta uzbūves shēma

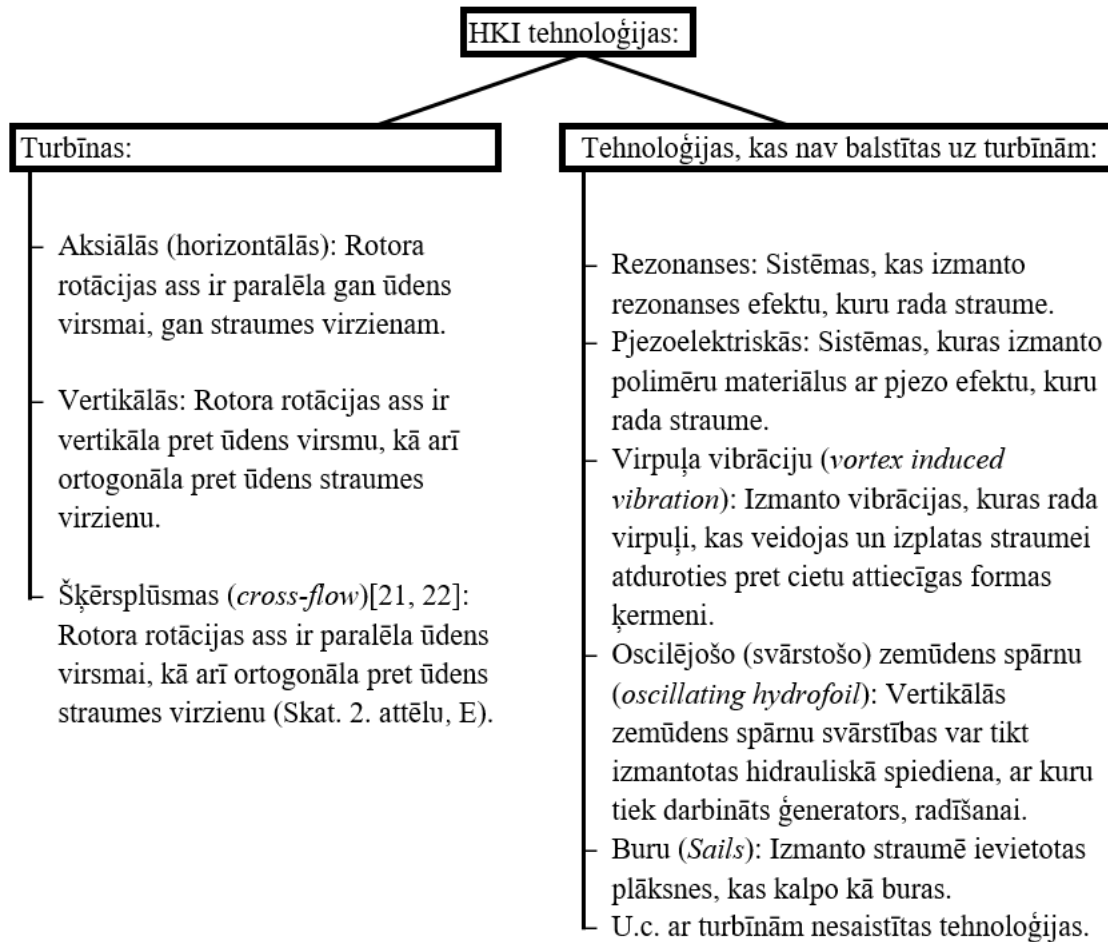
Attēlā 1.1. ar skaitļiem atzīmētas šādas HKI sastāvdaļas:

- 1 – vadotne(s),
- 2 – aktīvais elements (vai aktīvie elementi)
- 3 - ātruma saskaņotājs (ātrumkārbā) un ģenerators piedziņas risinājums;
- 4 - ģenerators;
- 5 – pieslēguma un aizsardzības shēma;
- 6 – elektrotīkls, vai individuālā pieslēguma iekārtas (šī nav HKI sastāvdaļa, bet bez tās HKI zaudē jēgu).

Galvenā sastāvdaļa, kuras esamība nosaka to, ka iekārta ir tieši hidrokinētiskā iekārta (HKI) ir aktīvie elementi. Visbiežāk tā ir turbīna vai dažādu veidu spārnī, kas ūdens straumes iedarbībā kustas un līdz ar to pārvērš straumes kinētisko enerģiju kustībā. Aktīvie elementi (Attēlā 1.1. atzīmēti ar 2) ir vienīgā obligātā sastāvdaļa hidrokinētiskajai iekārtai. Tikai no šī elementa sastāvoša hidrokinētiskā iekārta gan neražos elektrību, bet, piemēram, var kalpot par mehānisku piedziņu sūknim, laistīšanai iekārtai un citur. HKI minimālais sastāvdaļu komplekts būtu Attēlā 1.1. ar skaitļiem 2, 3 un 4 atzīmētās sastāvdaļas.

Konkrētais HKI izmērs un izskats pilnībā atkarīgs no konstrukcijas.

Visas HKI tehnoloģijas [16-20] nosacīti var sagrupēt astoņās tehnoloģiju apakšgrupās, kuras, savukārt, var tikt apvienotas divās grupās, rezultātā iegūstot HKI tehnoloģiju sadalījumu (koku), kas ir parādīts Attēlā 1.2.



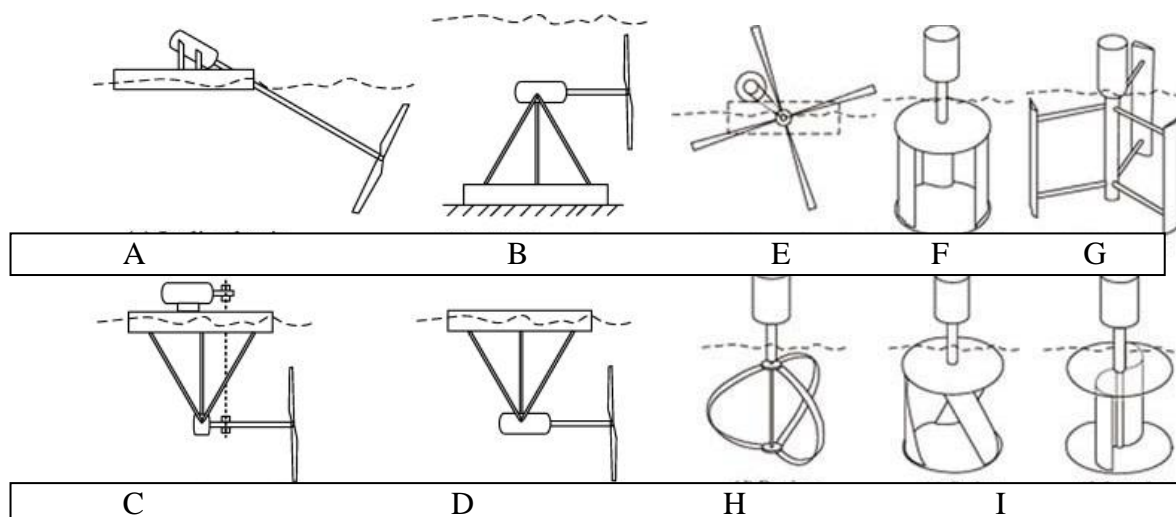
Attēls 1.2.: HKI tehnoloģijas un to sadalījums (koks)

Tālāk detalizējot Attēlā 1.2. parādīto koku, horizontālās ass turbīnas var sīkāk iedalīt turbīnās ar:

- Slīpi novietotu asi (Attēls 1.3.; A),
- Taisni novietotu asi:
 - cieti nostiprinātās (Attēls 1.3.; B),
 - peldošās :
 - ar neiegremdētu ģeneratoru (Attēls 1.3.; C),
 - ar iegremdētu ģeneratoru (Attēls 1.3.; D).

Vertikālās ass turbīnas var sīkāk iedalīt pēc lāpstiņu tipa:

- vāveres riteņa (Squirell Cage Darreus, Attēls 1.3.; F) [22,23,24],
- H-Darreusa (H-Darreus, Attēls 1.3.; G) [22,23,24],
- Darreusa (Darreus, Attēls 1.3.; H) [22,23,24],
- Gorlova (Gorlov, Attēls 1.3.; I) [25],
- Savoniusa (Savonius; Attēls 1.3.; J) [26,27,28].



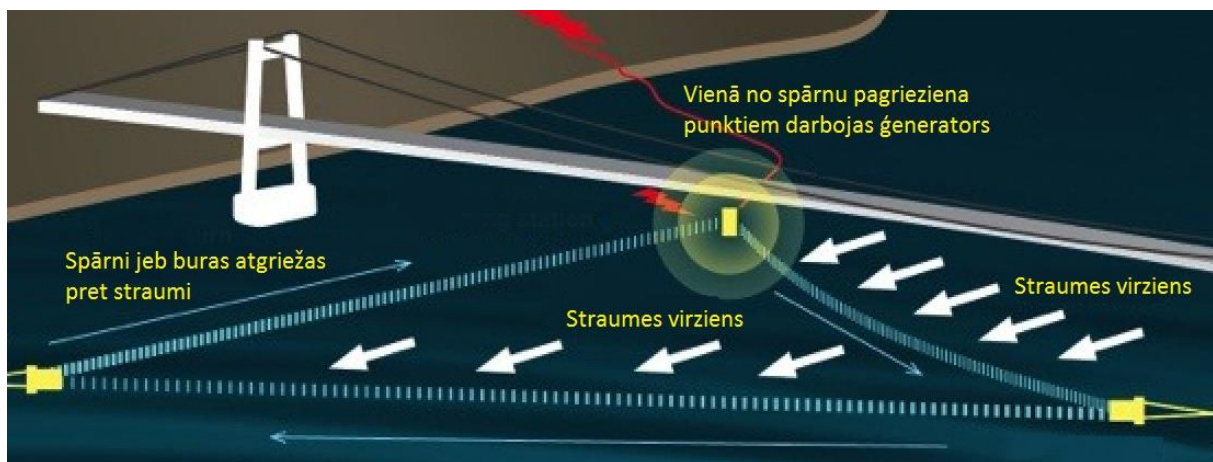
Attēls 1.3.: Dažādi turbīnu veidi

Ļoti svarīgs HKI un sevišķi turbīnu papildelements, kas attīstās arī kā atsevišķa tehnoloģija, ir vadotnes. Attēlā 1.3. vadotne ir apzīmēta ar skaitli 1. Parasti vadotnes tiek uzstādītas pirms (t.i. augšup pa straumi) HKI aktīvajiem elementiem, kā tas parādīts Attēlā 1.3., bet ir un var būt arī risinājumi, kur tās ir uzstādītas aiz aktīvajiem elementiem un kalpo kā difuzori. Parasti jebkura HKI var darboties arī bez vadotnes (ja vien tiek sasniegts minimālais nepieciešamais straumes ātrums), bet vadotne novirza uz HKI lielāku ūdens masu un palielina straumes ātrumu, kas iedarbojas uz HKI aktīvajiem elementiem. Līdz ar to palielinās HKI jauda un efektivitāte. - Vadotnes kā papildus elementi, HKI tehnoloģijās nav tik labi izpētīti un attīstīti kā turbīnas, tomēr arī šajā jomā ir vairāki darbi [29-38] apmēram puse no tirgū piedāvātajām turbīnām jau tiek apskatītas un piedāvātas kopā ar vadotnēm. Veiksmīgi izprojektētas vadotnes var palielināt HKI jaudu un efektivitāti pat vairākas reizes.

Tā kā HKI tehnoloģijas ir sāktas attīstīt salīdzinoši nesen, tad komercializēti līdz šim ir ļoti nedaudzi tikai uz turbīnu tehnoloģijām balstīti SHES risinājumi. 2008. gadā tādi bija seši. Dažādās izstrādes stadijās šajā laikā bija vairāk nekā 70 uz turbīnu tehnoloģijām balstītas HKI.

Arī vēsturiski visilgāk no HKI pielietotajām tehnoloģijām ir attīstījušās turbīnas. Līdz ar to arī SHES vajadzībām tieši turbīnu tehnoloģijas ir pieejamas salīdzinoši daudzos un dažādos variantos (ierīcēs), kamēr tehnoloģijas, kas nav balstītas uz turbīnām [39, 40, 41], pamatā tiek izmantotas unikālās ierīcēs vai unikālās viena ražotāja ierīču sērijās. Katra no HKI tehnoloģijām, kas nav balstīta uz turbīnām, arī ir unikāla un tādēļ tās nav iespējams savā starpā grupēt pēc pazīmēm, līdzīgi kā turbīnu tehnoloģijas. Izņēmums varētu būt uz dažādu spārnu izmantošanu balstītās tehnoloģijas (nemainīgas taisnvirziena kustības, svārstību kustības utml. spārni), kuras pagaidām vēl ir pārāk maz, lai izdalītu atsevišķi, bet šādu perspektīvu virzienu ar kopīgām pazīmēm jau var saziņēt [40, 41].

HKI kurās turbīnas netiek izmantotas, joprojām nav komercializētas un pat nav gatavas komercializācijai. Tomēr tieši šīs iekārtas, kā jau visas jaunākās tehnoloģijas, varētu pavērt jaunas iespējas SHES izmantošanā. Kā piemēru inovatīvai HKI tehnoloģijai, kas balstās uz spārnu izmantošanu un veiksmīgi tiek attīstīta kopš 2004. gada, var minēt TidalSails [41]. Šī tehnoloģija nu jau ir diezgan tālu attīstīta un pašreiz tiek attīstīta arī Eiropas zinātnes 7 ietvarprogrammas realizācijā un kuras pilna izmēra pilotprojektam ar kopējo jaudu 4MW Norvēģijā ir saņemta atļauja. TidalSails tehnoloģija shematiski ir parādīta Attēlā 1.4. – straume iedarbojas uz pie trosēm piestiprinātām plāksnēm, kā burām. Rezultātā troses griežas pa trijstūri, no kura vienas virsotnes tiek darbināts ģenerators.



Attēls 1.4.: TidalSails risinājuma idejas shematisks attēlojums

Neatkarīgi no aprakstītā HKI tehnoloģiju koka visas HKI tehnoloģijas var sadalīt arī pēc citiem kritērijiem, no kuriem starp galveniem ir sadalījums pēc:

- pielietojuma vietas (viļņu, paisuma/bēguma, upju), un
- straumes (vai viļņu) virziena (vienvirziena, divvirzietu, daudzvirzietu).

Šis darbs attiecas uz upju jeb straumju HKI un SHES. Visas Attēlā 1.2. uzskaitītās tehnoloģijas ir izmantojamas upju HKI. Lielākā daļa no Attēlā 1.2. uzskaitītajām tehnoloģijām ir izmantojamas arī kā paisuma/bēguma HKI, jo arī tur tiek izmantota straumju enerģija.. Līdz ar to liela daļa no darbā apskatītā attiecas arī uz paisuma/bēguma HKI, lai gan tas nav darba mērķis.

Viļņu HKI darbā tiek apskatītas tikai tik tālu, cik tas ir nepieciešams salīdzināšanai. Pateicoties lielam viļņu enerģijas šo tehnoloģiju izmantošana ir perspektīva, bet praktisku pielietojumu pagaidām ir sasniegusi tikai eksperimentālās izstrādēs. Līdz ar to tās nav tik daudzskaitlīgas un nav vēl attīstījusies arī to klasifikācija. Praktiski visas viļņu hidrokinētiskās tehnoloģijas ir savā veidā unikālas un Attēlā 1.2. būtu atsevišķi uzskaitāmas pie “Tehnoloģijām, kas nav balstītas uz turbīnām”. Lai gan arī daudzus viļņu HKI risinājumus tiek izmantotas dažādas turbīnas, primārais risinājums šajā gadījumā ir viļņu enerģiju pārveidot straumes enerģijā, un tas notiek pirms turbīnām.

HKI, salīdzinājumā ar lielāko daļu citu enerģijas avotu ir divas būtiskas pozitīvas īpašības:

- HKI izmanto tikai atjaunojamus energoresursus,
- HKI rada tikai nebūtiskas dažāda veida kaitīgas emisijas un nebūtisku kaitējumu dabai.

Līdz ar to upes jeb straumju HKI ir pamats apskatīt salīdzinājumā ar tiem elektroenerģijas ražošanas iekārtu veidiem, kuriem ir līdzīga īpašības. Tie ir :

- Viļņu HKI elektrostacijas,
- Tradicionālās HES (kurām ir dambji, kas veido uzpludinājumu),
- Vēja elektrostacijas (VES),
- Saules elektrostacijas (SES).

Visus piecus šo elektrostaciju veidus kopumā var saukt par atjaunojamo energoresursu elektrostacijām, kuras rada tikai nebūtiskas (kaitīgās) emisijas.

Ir trīs būtiskas jomas, ko enerģijas ražošana ietekmē:

- Drošība (riski),
- Elektriskie tīkli,
- Vide.

Turpmākajās sadaļās analizēta SHES ietekme šajās trīs jomās salīdzinājumā ar citiem atjaunojamās enerģijas ražošanas veidiem, kuriem ir nebūtiskas emisijas. Kur tas ir būtiski, ir apskatīta Latvijai raksturīgā specifika.

1.2. Hidrokinētisko iekārtu ekspluatācijas specifiskie riski

Literatūrā ir maz ziņu par specifiskiem riskiem, apdraudējumiem vai drošības problēmām, kas rastos sakarā ar SHES ierīkošanu un darbināšanu.

Vienīgais risks, kuru specifiski varētu būt apskatīt ir iespēja, ka vienas vai vairāku HKI iegremdējamās daļas ledus iešanas laikā upē var aizturēt ledu tā, ka izveidojas tā sastrēgums vai arī ledus sabojā pašu SHES [15]. Šis risks ir aktuāls Latvijā un citās līdzīga klimata zemēs, kurās ūdenskrātuves mēdz aizsilt. Ledus sastrēgumu rezultātā, ledum un ūdenim izejot un pārvietojoties ārpus ierastās upes gultnes, var tikt bojāta gan vide, gan materiālās vērtības, kā arī apdraudēti cilvēki un dzīvnieki.

No tehnoloģiju viedokļa šī problēma nav specifiska HKI un raksturīgāka tradicionālajām HES. . Tamdēļ ledus iešanas laikā pie HES mēdz rasties ārkārtas situācijas.

Ledus aizdambējumu problēmai kopš tradicionālo HES darbības sākumiem, ir izstrādātas dažādas risināšanas metodes. Šīs metodes (ledus spridzināšana, dažādi tā novadīšanas paņēmieni, utml.) var tikt izmantotas arī HKI gadījumā. Tā kā ar HKI nav jānosedz viss upes šķērsgriezums, kā tas ir ar tradicionālās HES aizsprostu, tad HKI gadījumā šī problēma ir daudz mazāka un arī rada daudz mazākus riskus nekā tradicionālajām HES. Turklāt izstrādājot, uzstādot un darbinot HKI ir pieejami vairāki citi minētās problēmas risināšanas paņēmieni, kas, HKI gadījumā, šo problēmu padara arī par daudz vieglāk risināmu nekā tradicionālo HES gadījumā. Daži no būtiskākajiem iespējamajiem paņēmieniem, kā risināt ledus iešanas problēmu HKI gadījumā, ir uzskaitīti sekojošā sarakstā:

- mazas jaudas HKI ($\sim < 10\text{kW}$) ziemas vai ledus iešanas laikā izņem no upes;

- peldošas HKI, kavitācijas rezultātā, kas veidojas no HKI aktīvo elementu kustības; izveido ap sevi ledus brīvu laukumu;
- daudzas HKI var tikt izveidotas tā, lai ledus iešanas laikā tās tiktu paspiestas zem peldošā ledus;
- pie upes grunts stiprināmās HKI ir jāizvieto tikai tādās vietās, kur ir pietiekošs dziļums, lai ledus masa, ledus iešanas laikā, pārslīdētu tām pāri;

pie tiltu un upes pamatnē stiprinātiem balstiem fiksētas HKI, vietās, kur nav pietiekams dziļums ledus iešanai, tiek ievietotas ar stacionāru celtņa mehānismu, kas ļauj tās ledus iešanas laikā izcelt ārā.

Citi riski (izņemot apskatīto ledus sastrēgumu veidošanos), ko rada HKI, nav specifiski šai tehnoloģijai. Tie ir labi izpētīti un zināmi, kā arī tiek veiksmīgi vadīti ar augstu drošības pakāpi. Līdz ar to ekspluatējot HKI ir atbilstoši jāizmanto jau esošās zināšanas. Sekojošajā sarakstā ir uzskaitīti būtiskākās drošības jomas, kuras ietekmē HKI uzstādīšana un darbība, kā arī esošās zināšanu jomas, kuras pielietojot, šos riskus var veiksmīgi vadīt:

Elektriskā drošība - izmantojami esošie elektrisko sistēmu drošības risinājumi [42., 43., 44]. Drošību nodrošinošo risinājumu pamatā te būtu atbilstoša elektriskā izolācija, stiprinājumi utml., bet lai novērstu avāriju rašanos un minimizētu to radītos zaudējumus, izšķiroša nozīme ir relejaizsardzībai un pretavāriju automātikai. Pietiekamas un pareizi izveidotas relejaizsardzības un pretavāriju automātikas sistēmas spēj nodrošināt augstu drošības pakāpi gan pašā sistēmā, gan ārēji radītu avāriju gadījumos. HKI, kā salīdzinoši jaunam produktam relejaizsardzība un pretavāriju automātika parasti izveidota uz mikroprocesoru bāzes un nodrošina augstākos sasniegtos drošības standartus. Šāda aizsardzība spēj automātiski atslēgt gan individuālu HKI, gan visu SHES, tiklīdz ir parādījušās pirmās avārijas pazīmes, ātri lokalizējot avārijas vietu un neļaujot tās sekām izplatīties. Šādas drošības sistēmas parasti ir integrētas ar HKI vadības sistēmām, kas nodrošina HKI elektroenerģijas kvalitāti (skat. arī sadaļu „1.3. Hidrokinētisko iekārtu ietekme uz elektriskajiem tīkliem”).

Mehāniskā drošība - izmantojamas esošās mehānikas zināšanas.

Vides drošība - izmantojamas esošās zināšanas vides ietekmes izpētē un atbilstošu risinājumu izstrādē (skat. sadaļu „1.4. Hidrokinētisko iekārtu ietekme uz vidi”).

Kuģošanas drošība - izmantojamas esošās zināšanas, nodrošinot peldlīdzekļu izvairīšanos no sadursmēm ar HKI, līdzīgi, kā ar sēkļiem un zemūdens klintīm.

Civilā drošība - pamatā tiek nodrošināta ar atbilstošiem risinājumiem iepriekšminētajās drošības jomās; pēc vajadzības izmantojami specifiskas civilās drošības zināšanas: piemēram,

atbilstoša iezīmēšana un informēšana, ja HKI ir tuvu peldvietai vai viegli sasniedzama cilvēkiem.

Salīdzinājumā ar citām atjaunojamo energoresursu elektrostacijām, kurām ir nebūtiskas emisijas (t.i. saules elektrostacijas (SES), vēja elektrostacijas (VES) un tradicionālās HES ar dambi) SHES ietekmi uz drošību arī var novērtēt kā zemu. SES ietekmi uz drošību varētu vērtēt par aptuveni tikpat zemu kā HKI vai pat zemāku, jo to kustīgās daļas ir lēnākas un netiek radīti riski ne kuģošanai, ne aviācijai. Vēja elektrostaciju radītie riski drošībai ir vērtējami kā lielāki nekā HKI, sakarā ar to, ka vēja elektrostaciju kustīgo daļu izmēri un ātrumi ir lielāki nekā HKI. VES neietekmē kuģošanas drošību, toties rada riskus aviācijai. Visbeidzot, tradicionālo HES ietekmi uz drošību, būtu jāvērtē kā lielāku nekā visiem trijiem pārējiem salīdzinātajiem elektrostaciju veidiem sakarā ar to, ka šīs elektrostacijas ar lielām hidrotehniskām būvēm pilnībā aizsprosto upes un uzkrāj ļoti lielas ūdens masas. Līdz ar to tiek ietekmēti plaši apgabali, uzkrāta ļoti liela enerģija, kuras radītie riski jāvada. Kā rāda pieredze, tas tiek veiksmīgi darīts.

Kā jau minēts ledus un citu peldošu priekšmetu sastrēgumu veidošanās iespējamība ir vienīgais pašreiz identificētais drošības un vides ietekmes risks, kurš ir specifisks SHES. Lai gan HKI ietekmē dažādas drošības sfēras, tomēr nerada tām jaunus, jeb jauna veida riskus. Turklāt HKI radītie riski ir salīdzinoši mazāki, kā citām elektrostacijām. Izpētot atbilstošo literatūru, netika atrastas ziņas par citiem jauniem vai HKI specifiskiem riskiem. Līdz ar to, lai nodrošinātu HKI ekspluatācijas drošību, tās uzstādot un ekspluatējot, pamatā jāvada tikai labi zināmi riski atbilstoši labi zināmiem to vadīšanas paņēmieniem.

1.3. Hidrokinētisko iekārtu ietekme uz elektriskajiem tīkliem

Ģenērātoru pieslēgumu pie tīkla Latvijā nodrošina spēkā esošie normatīvie akti un tajos definētās procedūras [45]. Tā kā publiskajiem elektroenerģijas sadales tīkliem ir atļauts pieslēgt elektrostacijas tikai pie nosacījuma, ka to saražotā elektroenerģija atbilst noteiktiem kvalitātes standartiem, tad nav mērķtiecīgi analizēt gadījumus, kad SHES elektroenerģija neatbilst prasītajiem standartiem. Šādas situācijas, tāpat kā jebkura cita tipa elektrostaciju gadījumā, var izsaukt neskaitāmas iespējamās nepilnības HKI konstrukcijā, kas, savukārt, var novest pie visu elektroenerģijas kvalitātes rādītāju izmaiņas sadales tīklā. Šādas nepilnīgas SHES (vai jebkura cita tipa elektrostacijas) gluži vienkārši nedrīkst pieslēgt publiskajiem sadales tīkliem, bet ja tas kaut kādu iemeslu dēļ ir noticis, tās pēc šāda fakta konstatēšanas jāatslēdz no publiskajiem elektrotīkliem.

Apskatot tādu sadales tīkliem pareizi pieslēgtu HKI darbību, kas nodrošina elektrības kvalitāti, kas atbilst standartiem, iespējamās divas situācijas, kad var tikt ietekmēti elektriskie tīkli vai elektroenerģijas kvalitāte.

Pie HKI ieslēgšanas, lielo palaišanas strāvu dēļ, kā arī izslēdzot HKI neizbēgami mainās elektroenerģijas parametri HKI pieslēguma vietā un, līdz ar to, arī visā sadales tīkla daļā, pie kura HKI ir pieslēgta. Šajā ziņā SHES varētu būt vienas no labvēlīgākajām atjaunojamo energoresursu elektrostacijām, kurām emisijas ir nebūtiskas, jo tehnoloģiski tās parasti pietiek ieslēgt un izslēgt tikai vienu reizi gadā. Latvijas apstākļos izslēgšana parasti sakrīst ar ledus sezonas vai tā iešanas sākšanos un var tikt apvienota ar ikgadēju HKI apkopi. HKI ieslēgšana Latvijā parasti notiktu uzreiz pēc ledus iešanas.

Viļņu HKI var tehnoloģiski tikt ieslēgtas un izslēgtas vēl retāk, pie nosacījuma, ja tās var ilgāk darboties bez apstādināšanas apkopei. Tomēr, dažas reizes mēnesī viļņu HKI varētu būt jāapstādina un atkal jāieslēdz tad, kad nav pietiekama augstuma viļņi, vai arī vētru laikā, kad viļņi ir pārāk augsti. VES un SES, savukārt, jāizslēdz un jāieslēdz vai jāmaina režīmi katru reizi, kad vēja vai saules intensitāte nav pietiekama. SES tas ir vismaz vienreiz diennaktī uz nakti, bet mākoņainā laikā, iespējams, pat biežāk. Arī VES, vēja izmaiņu dēļ, var būt jāmaina režīmi vairākas reizes nedēļā. Tradicionālās HES šajā ziņā ir starp VES un SES no vienas puses un HKI no otras, jo to turbīnām nepieciešams mainīt režīmus, atbilstoši ūdens līmenim HES ūdenskrātuvē.

Otra situācija, kad HKI var ietekmēt tīklu ir brīžos, kad mainās HKI saražotā elektriskā jauda, jo arī tad ir atbilstoši jāpārslēdz (jāmaina) to darbības režīmi. Arī šajā ziņā straumes HKI varētu būt vienas no labvēlīgākajām atjaunojamo energoresursu elektrostacijām, ar nebūtiskām emisijām: To ģeneratorus darbina upju straume, kura nemaina virzienu (kā vējš VES vai saules stari SES) un ļoti pakāpeniski maina ātrumu, pie tam, tikai salīdzinoši nelielā diapazonā. Viļņu HKI mainīsies jauda un, līdz ar to, arī būs jāpārslēdz režīmi pielāgojoties viļņu augstumam un intensitātei, kas mainās pakāpeniski, lēnāk nekā vēja vai saules intensitāte. Vēja un saules elektrostacijām, turpretim, nepārtraukti jāpielāgojas gan vēja un saules staru virzienam, gan intensitātei. Tradicionālie HES arī šajā ziņā ir starp VES un SES no vienas puses un HKI no otras, jo to turbīnām nepieciešams mainīt režīmus, kurus nosaka ūdens līmenis HES ūdenskrātuvē.

HKI iespējamo ietekmi uz sadales tīklu un elektroenerģijas kvalitāti nosaka arī daudzi konkrētā sadales tīkla daļas parametri [46 – 49]. Tādi kā:

- slodžu grafiki katrā slodzes pieslēguma vietā,
- ģenerācijas grafiki katrā elektrostaciju pieslēguma vietā,
- elektropārvades līniju raksturlielumi (garums, šķērsriezums, pretestība, kapacitāte),
- sprieguma un frekvences grafiki katrā pieslēguma vietā,
- tīkla/segmenta konfigurācija

No visa augšminētā secināms, ka katras konkrētās HKI ietekme uz tīklu atšķirsies atkarībā no tā, kurā vietā tā sadales tīklam pieslēgta un kāds ir tās darbības grafiks (kad tā tiek ieslēgta un izslēgta un kādos (jaudas) režīmos darbojas). Līdz ar to, lai prognozētu HKI ietekmi katrā konkrētā gadījumā ir jāveic elektrotīkla modelēšanu ar ģeneratora pieslēgumu. Tāda veida modelēšana tika veikta reāliem Latvijas apstākļiem, ņemot vērā visus uzskaitītos tīkla parametrus, kas nosaka HKI ietekmi uz to. Galvenie secinājumi kas ir iegūti analizējot modelēšanas rezultātus ir sekojoši [46]:

- Mazo elektrostaciju ietekme uz sadales tīklu var būt gan pozitīva, gan negatīva. Neatkarīgo elektrostaciju ietekmi nosaka daudz faktoru: elektrostaciju lielums, to izvietojums tīklā, slodzes utt. (uzskaitīti iepriekš).
- Pamatā mazās elektrostācijas ietekmē elektroenerģijas zudumus tīklā un sprieguma zudumus tā kritiskos mezglos: līniju galos un mazo elektrostaciju pieslēgumu vietās.
- Mazo elektrostaciju negatīvo ietekmi uz tīklu iespējams novērst veicot sekojošus pasākumus:
 - Balstoties uz objekta situācijas modelēšanas rezultātu analīzi, var rekomendēt ierobežot jaunu mazo elektrostaciju pieslēgumu tīkla objektiem ar negatīvu slodzes - ģenerācijas bilanci vai pieprasīt sadales tīkla rekonstrukciju.
 - Mazo elektrostaciju ekspluatācija to režīmos jāsaprot ar tīkla uzņēmuma dispečeriem.
 - Mazo elektrostaciju jauda un enerģija pēc vajadzības ir jārezervē sistēmas elektrostacijās.

Neskatoties uz nelielu atsevišķu HKI jaudu, tās apvienojot, no tām var tikt veidotas arī ievērojama lieluma elektrostācijas. Šajā gadījumā, negatīvo ietekmi uz tīklu būtiski samazinoša HKI elektrostaciju īpatnība ir to modularitāte: ieslēgšanu/izslēgšanu un režīmu maiņu šādās elektrostacijās var veikt katram HKI atsevišķi. Tāda izmantošanas elastība padara ietekmi uz tīklu par mazāk būtisku.

Šādu modulāru, no daudzām HKI sastāvošu elektrostaciju vadīšanai un elektroenerģijas kvalitātes nodrošināšanai (līdz ar to arī negatīvās ietekmes uz tīklu novēršanai) sevišķi svarīgas ir automatizētās sistēmas, kas ietver relejaizsardzību un pretavāriju automātiku (skat. arī sadaļu „1.2. Hidrokinētisko iekārtu ekspluatācijas specifiskie riski”). Tikai automatizētas un automātiskas sistēmas var nodrošināt teicamu vienlaicīgu darbību daudzām saistītām HKI un nodrošināt to ražotajai elektrībai teicamu kvalitāti.. Visvairāk esošo risinājumu HKI izmantošanā šajā ziņā var smelties no vēja parku tehnoloģijām, kas pamatā ir tās pašas tehnoloģijas kā HKI, tikai citā vidē (nevīs ūdenī, bet gaisā) [50, 51].

Kopumā var secināt, ka HKI pieslēgšana un ekspluatācija rada mazākus riskus ietekmei uz tīklu nekā citu atjaunojamo energoresursu elektrostacijas, ar nebūtiskām emisijām. Pie tam, visi HKI minētie riski ir salīdzinoši viegli vadāmi ar jau esošajām tīkla vadības un ekspluatācijas metodēm un tehnoloģisko aprīkojumu, kurus, turklāt, vēl ir reālas iespējas uzlabot.

1.4. Hidrokinētisko iekārtu ietekme uz vidi

Galvenie fakti, kas raksturo hidrokinētisko iekārtu (HKI) potenciālo ietekmi uz vidi ir sekojoši [15, 17, 20, 52, 53, 54]:

- HKI parasti ūdenī ir kustīgi elementi, kas potenciāli var traumēt ūdenī peldošas dzīvas būtnes.
- HKI darbojoties rada troksni un vibrācijas, kas var ietekmēt ūdens dzīvās būtnes.
- HKI straumes vai viļņu enerģiju pārveido elektroenerģijā un aizvada projām patērētājiem. Līdz ar to samazinās straumes enerģija un straume kļūst lēnāka, kā arī HKI darbības rezultātā ierobežotā tilpumā palielinās turbulence. Tātad HKI potenciāli var negatīvi ietekmēt vidi, kurā šādas straumes vai viļņu izmaiņas rada kādu negatīvu iedarbību.

Parasti gan minēto faktu ietekme reālu kaitējumu videi nerada un ir iespējams HKI uzstādīt un aprīkot tā, lai riski tam rasties arī ir minimāli. Saskaņā ar pētījumu rezultātiem, zivis un citi ūdens dzīvnieki izvairās no HKI, jo sajūt ūdens kustību izmaiņas un vibrācijas; ja arī kāda zivs izpeld caur HKI, tad tā netiek savainota, jo HKI aktīvie elementi kustās pietiekami lēni. Turklāt arī straumes ātruma samazināšanai tik pat labi var būt pozitīva, nevis negatīva

ietekme. Piemēram, krasta erozijas samazināšanā. Pie tam straumes HKI radītās aerācijas rezultātā, ūdens bagātinās ar skābekli un attīrās, tādējādi uzlabojot vidi ūdens organismiem.

Salīdzinot ar citiem atjaunojamās elektroenerģijas ieguves veidiem, galvenie kritēriji, kuri raksturo HKI salīdzinoši ļoti mazo negatīvo ietekmi uz vidi ir jau minēti iepriekš, kā galvenās pozitīvās īpašības, kas ir tikai nedaudziem enerģijas avotiem:

- HKI izmanto tikai atjaunojamus energoresursus,
- HKI rada tikai nebūtiskas dažāda veida kaitīgas emisijas un nebūtisku kaitējumu dabai.

Līdz ar to ir skaidrs, ka ietekmes uz vidi sakarā SHES ir pārākas par citiem enerģijas ražošanas veidiem, kuri neatbilst augšminētajiem kritērijiem un ietekmes uz vidi sakarā SHES ir mērķtiecīgi apskatīt salīdzinājumā ar HKI, HES, VES un SES.

Viss par HKI šajā sadaļā rakstītais attiecas gan uz viļņu, gan straumes HKI. Līdz ar to vienīgais, ko ir būtiski piebilst salīdzinot SHES ar viļņu HKI elektrostacijām ir tas, ka ir zināmas ļoti daudzas piekrastes, kurās viļņu ietekmē notiek krasta erozija. Latvijā tāda ir visa Baltijas jūras rietumu piekraste no robežas ar Lietuvu līdz pat Ovišiem un vēl daudzas citas vietas. Šādās vietās ar viļņu HKI samazinot viļņošanos, tiktu samazināta krasta erozija un ir iespējams runāt par reālu un būtisku HKI pozitīvu ietekmi uz vidi.

Tā kā gan tradicionālās HES, gan arī SHES izmanto vienus un tos pašus atjaunojamus energoresursus (t.i. hidroresursus) un alternatīvi jāizvieto vienā un tajā pašā vidē (t.i. šī veida elektrostacijas būvē upēs un vienā un tajā pašā vietā var būvēt tikai vienu no šo abu veidu stacijām), tad visbūtiskākais ir SHES salīdzinājums ar tradicionālajām HES.

Ietekmes uz vidi ziņā SHES un tradicionālajām HES ir viena līdzīga problēma – iespēja rasties ledus sastrēgumiem. Šī problēma un tās iespējamie risinājumi ir sīkāk apskatīti sadaļā „1.2. Hidrokinētisko iekārtu ekspluatācijas specifiskie riski”. SHES, salīdzinot ar tradicionālajām HES, ir daudzas priekšrocības, kas pamatā izriet no sekojošiem diviem tikai tradicionālās HES raksturojošām īpašībām:

- Tradicionālajiem HES obligāti ir dambis un uzpludinājumi, kuru augstums tiek mainīts uzkrājot ūdens resursus lielākas caurplūdes laikā un, tērējot šos uzkrājumus mazākas caurplūdes laikā,
- Tradicionālās HES aizsprosto dabisko ūdens gultni un līdz ar to arī zivju un citu ūdens iemītnieku ceļus.

No divām pieminētajām īpašībām izriet visas galvenās tradicionālo HES negatīvās ietekmes uz vidi. Tajā skaitā, piemēram, sekojošas:

- Veidojot jaunas HES tiek izmainīts ūdenstece dabiskais hidroloģiskais cikls, kas savukārt izmaina piekrastes un ūdens ekosistēmu daudzu gadu laikā izveidojušos līdzsvaru.
- Ūdens līmeņa svārstības var izraisīt koku bojāeju krastos, negatīvu ietekmi uz būvju pamatiem, ūdens kvalitātes izmaiņas ūdens ņemšanas vietās, zivju nārsta vietu izzušanu u.c.
- Ūdenskrātuvju krastos ūdens līmeņa regulēšanas ietekmē veidojas krastu pārstrāde un nogrūvumi gan augšpus, gan leļpus aizsprostam. Tas izskalo upes krastus un neļauj attiecīgajā posmā veidoties dabiskajai bioloģiskajai daudzveidībai.
- Aizsprostam pārtraucot zivju migrācijas ceļus, kā rezultātā mazvērtīgākas zivju sugas izkonkurē migrējošās augstvērtīgākās sugas.
- Notiek zivju traumēšana un bojāeja turbīnās, kā arī to traumēšana krītot pāri novadbūvei vai virzoties caur nelielu atveri, kas izbūvēta garantētā caurplūduma nodrošināšanai.
- Ūdenskrātuvēs veidojas akvatoriji ar lēnu ūdens apmaiņu, kas pasliktina ūdens kvalitāti.
- Tiek appludinātas plašas teritorijas, bieži ar lielām materiālām un kultūrvēsturiskām vērtībām un/vai lauksaimniecībā izmantojamās zemes.

SHES ietekmes uz vidi salīdzinājums ar vēja elektrostaciju ietekmi uz vidi ir visvienkāršākais, jo abās šajās elektroenerģijas ražošanas tehnoloģijās tiek izmantoti līdzīgi risinājumi, kas tiek darbināti dažādās vidēs [50, 51]. Rezultātā VES potenciālā ietekme uz atmosfēru ir līdzīga SHES potenciālajai ietekmei uz hidrosfēru, kas aprakstīta sadaļas sākumā: - t.i. vēja elektrostaciju ietekmi nosaka to radītie vēja ātruma samazinājums un turbulences palielinājums. Līdzīgi kā HKI, minētās izmaiņas reālu kaitējumu videi nerada un ir iespējams vēja stacijas uzstādīt un aprīkot tā lai riski tam rasties arī ir minimāli. Jāpiebilst gan, ka ātrumi (paša vēja un tā elektrostaciju kustīgo daļu), gan vēja elektrostaciju kustīgo daļu izmēri un, līdz ar to, arī turbulences intensitāte un ietekmētie tilpumi, ir lielāki nekā HKI. Līdz ar to arī vides ietekmes riski ir lielāki.

Vēl jāpiemin, ka gan vēja, gan klasiskajām HES, gan arī saules elektrostacijām ir viens kopīgs negatīvas ietekmes uz vidi veids, kura nav HKI. Tas ir vides vizuālā izskata negatīvas izmaiņas. Šajā ziņā HKI pārākumu vislabāk var ilustrēt ar attēliem. Skat. Attēlu 1.5.

Straumes HKI elektrostacija:

Pirms uzstādīšanas:



Pēc uzstādīšanas:



Vēja elektrostacija:

Pirms uzstādīšanas:



Pēc uzstādīšanas:



Saules elektrostacija:

Pirms uzstādīšanas:



Pēc uzstādīšanas:



Attēls 1.5.: Dažādu elektrostaciju videi radītās vizuālās izmaiņas

Attēlā 1.5. nav piemēra tradicionālo HES radītajām vizuālajām vides izmaiņām, jo tās parasti ir tik lielas, ka attēla mērogs tās neļauj uztverami parādīt. Tiek appludinātas milzīgas platības ar ainavām un visām citām materiālajām un nemateriālajām vērtībām, kas tur ir bijušas. Latvijai šajā ziņā bēdīgs piemērs ir Pļaviņu HES appludinātais Staburags. Arī daudzas citas ainaviskās vietas, ir appludinājusi Daugavas HES kaskāde.

Pirms kopsavilkumā ļoti būtiski ir piebilst, ka jebkuras elektrostacijas iespējamo ietekmi uz vidi pirmkārt jau nosaka pati vide, kurā paredzēts elektrostaciju izvietot. Līdz ar to:

Galīgo novērtējumu ietekmei uz vidi, tajā skaitā, salīdzinošu novērtējumu dažādu tipu elektrostacijām konkrētajai vietai var sniegt tikai pēc detalizētas konkrētās vietas izpētes un tieši šo vietu ietekmējošo elektrostaciju darbības faktoru izpētes.

Vienas un tās pašas jaudas un pat vienāda risinājuma elektrostacijas var radīt stipri dažādu ietekmi uz vidi. Piemēram, novietojot HKI zivju intensīvas nārstošanas vietā, negatīvā ietekme uz vidi var būt būtiska, bet novietojot šo pašu staciju tajā pašā reģionā tikai dažus simtus metru attālakā vietā, ietekme uz vidi var pārvērsties pozitīvā.

HKI ir iespējams izkliegti izvietot ļoti plašās teritorijās un izvēlēties tādus novietojumus, kur negatīvā ietekme uz vidi ir nebūtiska. Sadaļā izklāstītajā analīzē arī redzams, ka HKI, vispārīgi ņemot, varētu būt pat vismazākā negatīvā ietekme uz vidi, kā arī viena no lielākajām pozitīvajām ietekmēm uz vidi (krasta erozijas novēršana, ainavas uzlabošana) salīdzinājumā ar citiem elektroenerģijas ieguves veidiem. Tomēr katras jaunas elektrostacijas ietekme uz vidi ir detalizēti jāpēta atsevišķi. HKI elektrostaciju gadījumā, tas sevišķi attiecas uz lielāku elektrostaciju būvniecību, kas parasti sastāv no daudzām HKI iekārtām, kuru summārā ietekme uz vidi var būt jūtama.

No iepriekš dotās informācijas var secināt, ka SHES ir drošs un videi draudzīgs atjaunojamās enerģijas iegūšanas veids, kas ir arī viegli un droši integrējams esošajos elektrotīklos. Izmaksu ziņā tas ir līdzīgs citiem atjaunojamās enerģijas iegūšanas veidiem, kuriem nav būtisku kaitīgo emisiju [15]. Būtiski lētāka elektroenerģija ir vienīgi tradicionālajām HES, bet tās arī visbūtiskāk negatīvi ietekmē vidi.

Tā kā hidrokinētiskās tehnoloģijas attīstās un ar tām iegūtā elektroenerģijas kļūst arvien lētāka, un Latvijā ir daudz upju, kurās tās varētu tikt izmantotas, tautsaimniecībai būtu noderīga informācija par to cik daudz enerģijas dažādās vietās Latvijā iespējams iegūt ar dažādām HKI. Lai iegūtu šo noderīgo informāciju savukārt ir nepieciešamas iekārtas tās iegūšanai. Šiem jautājumiem ir veltīta turpmākā šī darba daļa.

1.5. Upes HKI enerģētiskā potenciāla noteikšanas metožu specifika

Hidrokinētisko tehnoloģiju attīstību Latvijā apgrūtina izejas datu trūkums par upju straumju mērījumiem, kā arī informācijas trūkums par SHES ierīkošanas metodēm un juridiskām prasībām to ierīkošanai un darbībai.

Visapteveroša hidrokinētiskās enerģijas resursu apzināšana ir veikta nedaudzās valstīs [63, 64, 65, 66]. Labs piemērs šajā zinā ir ASV. Tabulā 1.1. [65] ir doti šīs novērtēšanas rezultātu kopsavilkums. Šajā kopsavilkumā ir labi redzams tāds zīmīgs fakts, ka upē esošais enerģijas daudzums par no tās iegūstamo enerģijas daudzumu pasaka maz vai pat neko.

Tabula 1.1.

Teorētiskā un iegūstamā hidrokinētiskās enerģijas daudzuma novērtējums ASV kontinentālajā daļā [65]

| Hydrologic Region | Theoretical Power (Annual Energy ,TWh/yr) | Technically Recoverable Power (Annual Energy, TWh/yr) |
|---------------------|---|---|
| New England | 14.4 | 0.2 |
| Mid Atlantic | 33.5 | 1.0 |
| South Atlantic Gulf | 38.5 | 1.2 |
| Great Lakes | 6.2 | 0.01 |
| Ohio | 79.2 | 6.9 |
| Tennessee | 20.4 | 1.0 |
| Sauris Red-Rainy | 1.8 | 0.03 |
| Upper Mississippi | 47.0 | 5.1 |
| Lower Mississippi | 208.8 | 57.4 |
| Texas Gulf | 8.9 | 0.05 |
| Arkansas Red | 45.1 | 1.3 |
| Lower Missouri | 79.8 | 5.6 |
| Upper Missouri | 74.3 | 2.8 |
| Rio Grande | 29.5 | 0.3 |
| Lower Colorado | 57.6 | 3.9 |
| Upper Colorado | 46.9 | 1.1 |
| Great Basin | 6.9 | 0 |
| California | 50.9 | 0.7 |
| Pacific Northwest | 296.7 | 11.0 |
| Alaska | 235 | 20.5 |
| Total | 1,381 | 119.9 |

Hidrokinētisajām tehnoloģijām attīstoties upēs esošās un no tām iegūstamās enerģijas attiecība var mainīties. Līdz ar to, ekonomiski efektīvai industriālas elektroenerģijas ražošanas ar upes HKI attīstībai ir svarīgi zināt gan cik daudz enerģijas upē ir, gan arī cik daudz elektroenerģijas no tās iespējams iegūt ar noteiktām hidrokinētiskajām tehnoloģijām. Šādas

zināšanas dod iespējas izvēlēties optimālās vietas HKI uzstādīšanai un to risinājumus (konkrētajai vietai piemērotākās HKI tehnoloģijas).

Tātad ir svarīgi spēt novērtēt upēs un/vai tās segmenta enerģētisko potenciālu, kā arī hidrokinētisko potenciālu veselam reģionam, kurš var ietvert vairākas upes.

Lai iegūtu sākotnējos datus, kas ir nepieciešami upju straumes kinētiskās enerģijas novērtēšanai ir izstrādātas un tiek lietotas daudzas metodes. Darbi [55, 56, 57, 58] ir tikai daži no daudziem iespējamiem piemēriem. Savukārt, ir atrodamas tikai nedaudzas metodes, kas dod iespēju novērtēt upi un tās segmentu [59, 60, 61, 62], vai arī veselu upju reģionu [63, 64, 65, 66]. Pie tam šīs nedaudzās metodes ir izstrādātas katra konkrētam gadījumam, nevis vispārīgai lietošanai, bet, lai plānotu un attīstītu hidrokinētiskās enerģijas industriju, ir nepieciešamas abu minēto tipu metodes, kuras būtu lietojamas arī vispārīgos gadījumos jebkur, kur nākotnē tas varētu būt nepieciešams.

Metodes, kuras paredzētas noteiktas upes vai tās segmenta novērtēšanai parasti ir saistītas ar mērījumu veikšanu upēs un šīs metodes dod precīzākus rezultātus par konkrēto upi. Tās ir noderīgas konkrētu hidrokinētisko spēkstaciju attīstīšanai. Savukārt metodes, kas domātas vesela reģiona enerģētiskā potenciāla novērtēšanai, balstās uz ģeogrāfiskās informācijas sistēmām un hidroloģisko novērojumu datiem. Šīs otrā tipa metodes ir ievērojami neprecīzākas, bet dod iespēju novērtēt veselu reģionu ar daudzām upēm lietojot tam mazāk resursu. Ar šīm metodēm iegūtā informācija ir būtiska stratēģiskai hidrokinētiskās elektroenerģijas ražošanas industrijas attīstībai un investīciju plānošanai tajā.

1.6. Iesaistītie mainīgie

Lai noskaidrotu cik daudz kinētiskās enerģijas ir straumē un cik daudz elektroenerģijas iespējams no tās saražot, vispirms ir jānoskaidro kādi mainīgie ietekmē šīs enerģijas daudzumu un kā to izmaiņas ietekmē enerģijas apjomu.

Ūdens straumes kinētiskā enerģija ir aprēķināma saskaņā ar vienādojumu [18, 20]:

$$N = \frac{1}{2} \cdot v^3 \cdot S \cdot \rho, \quad (1.1)$$

kur:

v – straumes ātrums, m/s;

S – straumes šķērsgriezuma laukums perpendikulāri plūsmai m²;

ρ – plūsmas (ūdens) blīvums, kg/m^3 .

$m = v \cdot S \cdot \rho$ ir ūdens masa, kas izplūst caur upes šķērsriezumu sekundē

Kā redzams mērījumos iegūtajos datos (skat. 3.3.1. Ūdens blīvums), ūdens blīvums ρ būtiski nemainās un, līdz ar to, tam nav būtiskas ietekmes. Tomēr hidrokinētiskās enerģijas novērtēšanā ir iesaistīts daudz vairāk mainīgo, nekā redzams vienādojumā (1.1). Tas ir tādēļ, ka straumes ātrums v un šķērsriezuma laukums S ir atkarīgi no daudziem citiem mainīgajiem.

Straumes ātrums var vairākas reizes atšķirties pat divos viena un tā paša upes šķērsriezuma punktos (skat. mērījumu Daugavā datus), nemaz nerunājot par attālākiem vienas upes punktiem vai dažādām upēm (reģiona novērtēšanas gadījumā). Straumes ātrums ir arī mainīgais ar vislielāko ietekmi vienādojumā (1.1), jo tas ir trešajā pakāpē. Visbeidzot, straumes ātruma dati ir vismazāk pieejami un bieži tiek atvasināti (iegūti) no ģeogrāfiskajiem un caurplūduma datiem. Straumes šķērsriezums S ir tāpat ļoti nepastāvīgs lielums, jo tas reljefa, gultnes iezu sastāva, izskalojumu, valdošo vēju, ūdens līmeņa un citu faktoru dēļ ir atšķirīgs jebkurās divās upes vietās.

Aprēķinu sarežģītību palielina ierobežojumi, ko nosaka citi upes izmantošanas veidi, ekoloģija un izvēlētās hidrokinētiskās tehnoloģijas prasības. Visi minētie faktori nosaka to, ka hidrokinētiskā potenciāla novērtēšanā tiek lietoti sekojoši papildus dati:

- ģeogrāfiskie (reljefs),
- hidroloģiskie (caurplūdums),
- proporcija no pieejamā upes šķērsriezuma, kura var tikt izmantota HKI izvietošanai, un tās forma,
- vairāki mainīgie, kas ir atkarīgi no konkrētā tehniskā risinājuma un ir aprakstīti tālāk.

Ar konkrētu HKI iegūstamā jauda konkrētā upes vietā ir aprēķināma saskaņā ar vienādojumu (1.1), kurš ir papildināts ar HKI efektivitātes koeficientu k . Tātad:

$$N = \frac{1}{2} k \cdot v^3 \cdot S \cdot \rho, \quad (1.2)$$

kur:

k – empīrisks koeficients [67, 68], kas raksturo HKI efektivitāti;

v – ūdens plūsmas ātrums pirms HKI, m/s ;

S – HKI efektīvā šķērsriezuma laukums perpendikulāri plūsmai m^2 ;

ρ – plūsmas (ūdens) blīvums, kg/m^3 .

Koeficientu k no (1.2) konkrētai HKI var precīzi noteikt eksperimentāli un tas raksturo, cik lielu daļu no kinētiskās enerģijas straumei, kas iziet caur HKI, šī HKI pārvērš mehāniskajā enerģijā ar kuru var darbināt pie HKI pieslēgtus mehānismus vai elektrisko ģeneratoru.

1.7. Vispārīgi upes HKI enerģētiskā potenciāla noteikšanas metožu etapi

Ņemot vērā veikto literatūras analīzi [59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66] var secināt, ka neatkarīgi no tā, vai metodes novērtē noteiktu upi vai reģionu, tās visas sastāv no sekojošiem vispārīgiem secīgiem etapiem:

1. Mērījumi upē (upes vai tās segmenta novērtēšanas gadījumā) vai datu vākšana (reģiona novērtēšanas gadījumā).

Tajā ir jāsavāc lielas datu kopas vai nu veicot daudzus mērījumus dažādās upes vietās, vai arī iegūstot datus no dažādiem avotiem (ģeogrāfisko-, ģeoloģisko-, hidroloģisko, meteoroloģisko apstākļu un citām datu bāzēm).

2. Iegūto datu validācija:

Jebkura metodika var strādāt arī bez šī soļa, tomēr, tādā gadījumā, uz rezultātiem precizitāti var paļauties daudz mazāk. Līdz ar to, ņemot vērā ievērojamos riskus kļūdu gadījumā norakstīt visu vai lielu daļu turpmāko datu apstrādes darbu, kā arī šāda soļa veikšanas salīdzinošu vienkāršību, validāciju ir ļoti vēlams iekļaut jebkurā novērtējuma metodikā. Šāda soļa iekļaušana ir vienkārša tāpēc, ka validējamie dati ir ļoti savstarpēji saistīti un, parasti, ir arī atskaites dati pret kuriem tos validēt. Piemēram, no veikto mērījumu datiem izrēķinātais caurplūdums laikā, kad tika veikti mērījumi var tikt salīdzināts ar vidējiem statistiskajiem caurplūduma datiem kā aprakstīts sadaļā "3.2. Iegūto mērījumu datu validācija".

3. Datu apstrāde, analīze un rezultātu interpretācija:

Šajā solī parasti balstoties uz izrēķināto upē esošo enerģijas apjomu tiek prognozēts iegūstamās enerģijas apjoms. Piemēram, upes šķērsriezuma laukuma vietā varētu būt jāņem vērā arī tās platums un dziļums. Tādējādi var noteikt cik konkrētā tipa HKI var uzstādīt noteiktā vietā (šķērsgriezumā, upē, reģionā). Piemēram, var izrādīties, ka no upes, kurā ir daudz enerģijas, to tomēr var iegūt ļoti maz, jo ir maz tik dziļu vietu, cik nepieciešams izvēlēto HKI izvietošanai.

2. METODIKA UPES POSMA ENERĢIJAS RAŽOŠANAS AR HKI POTENCIĀLA NOVĒRTĒŠANAI

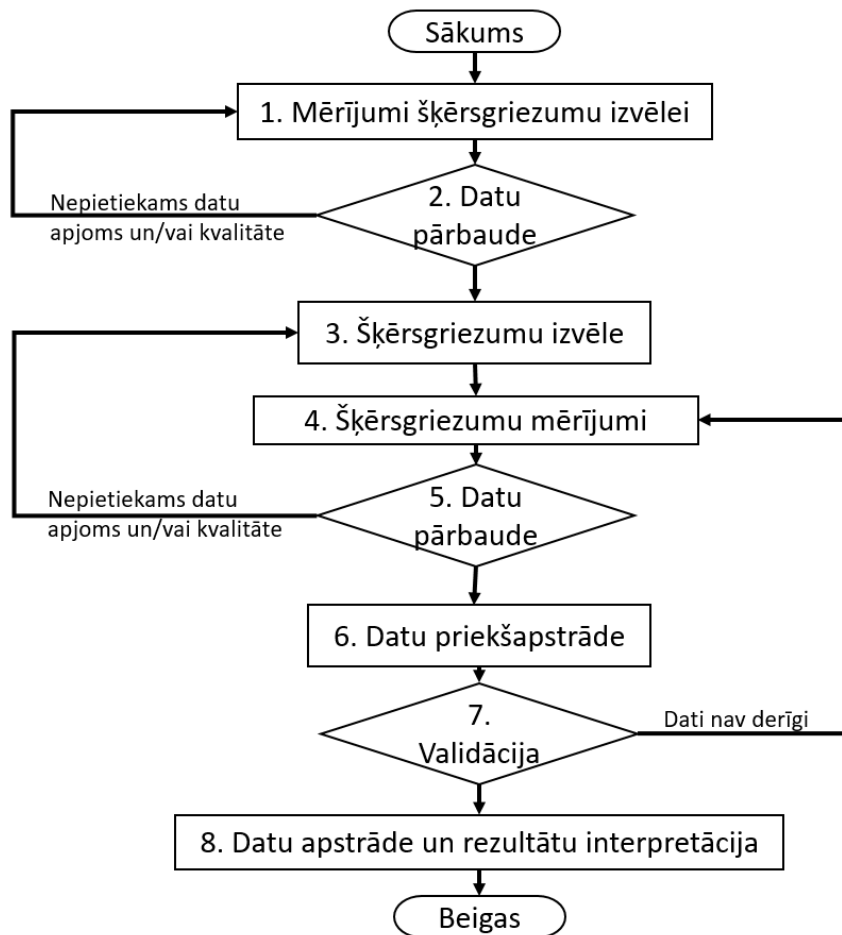
Lai varētu apzināt un izpētīt Latvijā perspektīvākās vietas elektroenerģijas ražošanai ar upju HKI, ir nepieciešama atbilstoša metodika. Līdz šim izstrādātās metodes šim nolūkam nav izmantojamas, jo paredz datu iegūvi no jau esošām datu bāzēm, vai arī ir paredzētas aptuvenai plašu reģionu novērtēšanai. Nepieciešamās datu bāzes var nebūt un par Latvijas upēm šādi dati ir ļoti epizodiski, tāpēc jāizstrādā metodika, kas nodrošina visu nepieciešamo datu iegūvi, veicot mērījumus.

Šāda metodika tika izstrādāta un tā der jebkuras upes izpētei, ja tur iespējams pārvietoties ar laivu vai citu peldlīdzekli un noturēt šo peldlīdzekli nekustīgu attiecībā pret upes krastiem. Metodika precizēta un detalizēta saskaņā ar atziņām un papildus informāciju, kas iegūtas aprobējot šo metodiku Daugavā.

Iegūtā metodika augstākajā detalizācijas līmenī sastāv no jau iepriekš vispārīgi aprakstītajiem trīs secīgiem soļiem, no kuriem katrs ir detalizētāk aprakstīts turpmākajās sadaļās:

1. Straumes ātruma un upes gultnes dziļuma mērījumi vairākos upes šķērsbiezumos atbilstoši šim nolūkam darbā izstrādātai metodikai.
2. Mērījumu datu izvērtējums - validācija ilgstošam laika posmam. Šajā nolūkā jāsalīdzina mērījumu veikšanas laikā iegūto caurplūdumu pētāmajos upes posmos ar gada vidējiem rādītājiem.
3. Datu apstrāde, analīze un rezultātu interpretācija

Attēlā 2.1. ir parādīta izstrādātās metodikas vispārīga blokshēma.



Attēls 2.1.: Izstrādātās metodikas vispārīga blokshēma

2.1. Metodika mērījumu veikšanai upē

Mērījumu kvalitātes nodrošināšanai un konkrētu mērījumu veikšanas vietu noteikšanai izvēlētajos posmos jāvadās no [69] un lietojamo instrumentu lietošanas instrukcijām. Attālumi starp mērījumu punktiem ir doti balstoties uz pieredzi, kas iegūta strādājot Daugavā. Tos palielinot virs maksimālajiem ieteiktajiem, būtiski palielinās risks, ka starp mērījumu punktiem būs nevienmērīgas un būtiskas rādītāju izmaiņas, kas neatspoguļosies mērījumos. Ātrākā un tikpat lielā upē maksimālie ieteicamie attālumi varētu būt vēl mazāki.

Darbību secība mērījumu veikšanai ir sekojoša (Attēla 2.1. blokshēmā tie ir bloki no 1 līdz 5):

1. Lai vērtētu rezultātu atkārtojamību un precizētu mērāmo šķērsriezumu vietas, tiek veikti mērījumi, divas reizes braucot gareniski pa upi atšķirīgās trajektorijās izvēlētajos

posmos. Attālums starp mērījumu punktiem līdz 500m. Katrā punktā straumes ātrums tiek mērīts visos iekārtai tehnoloģiski paredzētajos dziļumos, ar vienādiem intervāliem starp tiem. Metodikas aprobācijā izmantotā iekārta nodrošināja ātruma mērījumus ik pēc 0,5 metriem, kas ļāva iegūt pietiekošu mērījumu skaitu.

2. Mērījumu dati tiek parbaudīti pēc noteiktiem rādītājiem - straumes ātruma un/vai upes dziļuma. Ja mērījumu rezultāti ir zemāki par HK tehnoloģiju minimālām prasībām, attiecīgie upes šķērsgriezumi, kā arī upes posmi netiek turpmāk analizēti. Ja saskaņā ar iegūtajiem datiem aktuālajai tehnoloģijai piemērotas vietas kādā upes posmā ir maz, tad pie šāda upes posma turpināt darbus nebūs mērķtiecīgi un tā vietā izpētē jāiekļauj kādu citu. Ja 1. solī datu apjoms vai kvalitāte nav pietiekami, 1. solis tiek atkārtots vai turpināts.
3. Balstoties uz 1. un 2. soļu iegūtajiem rezultātiem, tiek izvēlētas mērāmo upes šķērsgriezumu vietas.
4. Tiek mērīti straumes ātrumi upes šķērsgriezumos. Aprobējot metodiku tika konstatēts, ka tiek iegūti pietiekami dati, ja mērījumu punkti šiem mērījumiem tiek izvēlēti tā, lai:
 - upes posmos, kuros maksimālais straumes ātrums bijis mazāks par nepieciešamo konkrēto HKI stabilai darbināšanai, attālums starp mērāmajiem šķērsgriezumiem nebūtu lielāks par 1/3 no pētāmā upes posma garuma, kā arī samērīgs ar resursu iespējām (pēc iespējas mazāks).
 - posmos, kuros 1. solī izmērītais maksimālais straumes ātrums bijis virs minimālā, kāds nepieciešams konkrēto HKI stabilai izmantošanai, attālums starp mērāmajiem šķērsgriezumiem nav vēlams lielāks par 1/5 no pētāmā upes posma garuma, kā arī ne lielāks par 1 km (samērīgs ar resursu iespējām - vēlams, pēc iespējas mazāks)).
 - Mērot upes šķērsgriezumus, mērījumu punkti tiek izvēlēti ne retāk kā ik pēc 1/6 no upes platuma (tātad vismaz pieci vienā šķērsgriezumā) un ne tālāk kā 40 m viens no otra platākās upēs.

- Mērījumu punktus jāizvēlas vienādos (aptuveni) attālumos uz līnijas, kura ir perpendikulāra straumei.

Katrā punktā straume tiek mērīta visos tehnoloģiski paredzētajos dziļumos, kā arī tiek izmērīts gultnes dziļums.

5. Ja caurplūdes lielums pētāmajos upes posmos, saskaņā ar statistikas datiem būtiski mainās, nepieciešams izpētīt straumes ātruma izmaiņas atkarībā no caurplūdes lieluma. Šajā nolūkā mērījumi jāatkārto vairākas reizes vienās un tajās pašās vietās pie dažādiem upes caurplūdes rādītājiem.

2.2. Metodika upē veikto mērījumu datu validācijai

Šim etepam atbilst 6. un 7. solis Attēlā 2.1. redzamajā blokshēmā. Tā veikšanai ir nepieciešami statistiskie dati par vērtējamās upes caurplūdi. Par visām būtiskākajām upēm Latvijā šie dati ir atrodami gatavi interneta vietnē [70] pateicoties valsts finansēto novērojumu staciju tīklam. Lai validētu mērījumu datus kādā konkrētā upes vietā, jābūt caurplūdes datiem par to, jo dati par caurplūdi mainās atkarībā no pietekām, strautiem, lietus un sniega kušanas visā upes garumā. Šim nolūkam novērošanas stacijas ir izvietotas tādās vietās, ka kombinējot datus no tām un no izpētē veiktajiem mērījumiem un aprēķiniem, var iegūt datus praktiski par jebkuru interesējošo upes posmu Latvijas teritorijā.

Lai validācija būtu iespējama, nepieciešams par upi iegūtos datus apkopot un apstrādāt tik tālu, lai ar to palīdzību tiktu izrēķināts caurplūdums mērītajos upes šķērsgriezumos. Šādu datu sagatavošanu un validāciju resursu (darbinieku laiks, nolietojums, izejmateriāli) ekonomijas nolūkos varētu būt mērķtiecīgi veikt tikai dažiem raksturīgiem upes šķērsgriezumiem.

Līdz ar to, paralēli statistisko datu ieguvei priekš validācijas, jāsāk arī iegūto datu apstrāde. Šajā nolūkā validējamo šķērsgriezumu mērījumu rezultāti jāapkopo tabulās tā, lai katra no tabulām raksturotu vienu konkrētu upes šķērsgriezumu.

Katras tabulas pamatā ir straumes ātrumu mērījumu rezultātu matrica, kurai apakšā pievienota rinda ar upes gultnes dziļuma mērījumu katrā no šķērsgriezuma punktiem un aprēķinātu vidējo aritmētisko no šiem mērījumiem. Piemēram, Tabula 2.1. attēlo vienu no

Daugavas šķērsgriezumiem. Tajā norādīti autentiski mērinstrumenta dati bez noapaļošanas, lai parādītu mērinstrumenta iespējas.

Tabula 2.1.

Daugavas šķērsriezuma mērījumu piemērs

| Nr. pēc kārtas | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | | | | | |
|---|-----|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------|--|--|--|--|-----------------------------------|--|
| Punkta ģeogrāfiskās koordinātas | | N56°35,430` E025°13,513` | N56°35,419` E025°13,514` | N56°35,397` E025°13,499` | N56°35,387` E025°13,489` | N56°35,359` E025°13,489` | | | | | | | Attālums no pēdējā punkta līdz kreisajam krastam (m) |
| Attālums no labā (Skrīveru) krasta (m) | | 33,0 | 53,0 | 95,0 | 114,0 | 167,0 | | | | | | | 51 |
| Dziļums (m) | 0,8 | 0,85386275 | 1,041152542 | 0,909920635 | 1,047803279 | 0,823045455 | | | | | | | |
| | 1,3 | 0,78815028 | 0,857016949 | 0,883253968 | 0,892409836 | 0,722530303 | | | | | | | |
| | 1,8 | | 0,790648288 | 0,698698413 | 0,908819672 | 0,728753846 | | | | | | | |
| | 2,3 | | | 0,698182821 | 0,678901639 | 0,741384615 | | | | | | | |
| | 2,8 | | | | 0,690819672 | 0,68013852 | | | | | | | |
| | 3,3 | | | | 0,77158201 | | | | | | | | |
| | 3,8 | | | | | | | | | | | | |
| | 4,3 | | | | | | | | | | | | |
| | 4,8 | | | | | | | | | | | | |
| 5,3 | | | | | | | | | | | | | |
| Gultnes dziļums (m) | | 2,1 | 2,2 | 2,9 | 3,7 | 3,2 | | | | | | | 2,82 |
| Šķērsriezuma laukums (m ²) | | 34,65 | 43 | 107,1 | 62,7 | 182,85 | 81,6 | | | | | | 511,9 |
| HKI izmantojamais laukums (m ²) | | 16,9714286 | 43 | 107,1 | 62,7 | 182,85 | 63,67031 | | | | | | 476,2917 |
| Vidējais straumes ātrums (m/s) | | 0,82100651 | 0,866166161 | 0,839839088 | 0,818039195 | 0,789653532 | 0,739171 | | | | | | 0,812313 |
| Caurteces apjoms (m ³ /s) | | 28,4478757 | 37,24514493 | 89,94676633 | 51,2910575 | 144,3881483 | 60,31632 | | | | | | 411,6353 |
| HKI caurteces apjoms (m ³ /s) | | 6,9668267 | 18,62257246 | 44,97338317 | 25,64552875 | 72,19407413 | 23,53161 | | | | | | 191,934 |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | Vidējais svērtais straumes ātrums | 0,804132 |
| | | | | | | | | | | | | Max straumes ātrums | 1,047803 |
| | | | | | | | | | | | | Min straumes ātrums | 0,678902 |
| | | | | | | | | | | | | Starpība starp Min un Max % | 35,20715 |

Lai iegūtu papildus datus izpētei un jaunas informācijas ieguvei validējamām un/vai sīkāk analizētām tabulām tiek pievienotas piecas rindas ar kuru palīdzību tiek aprēķināti:

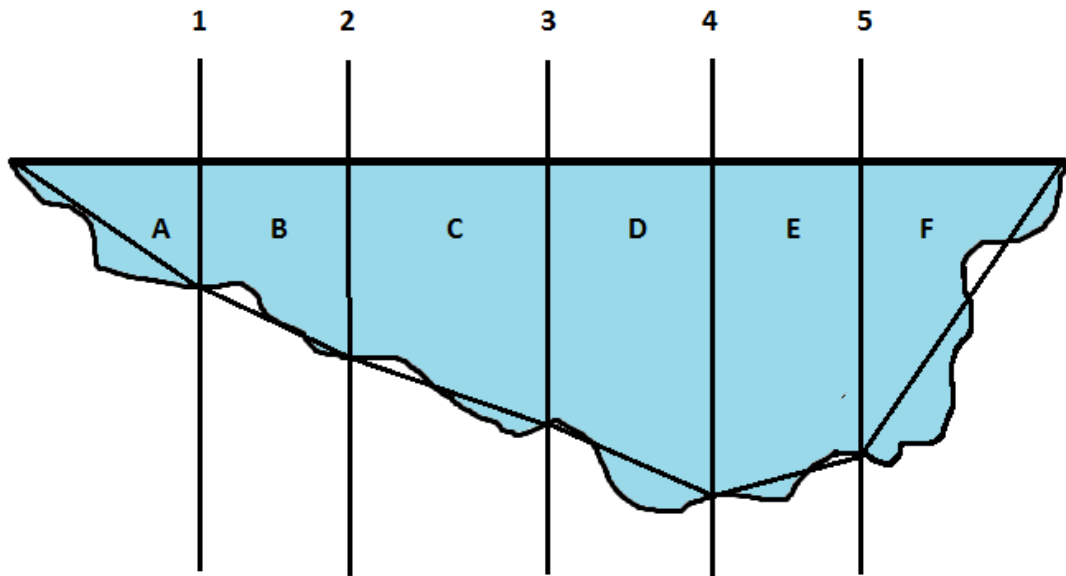
- konkrētā Daugavas šķērsriezuma laukums (katram izmērītajam posmam atsevišķi un kopējais),
- HKI izmantojamais laukums (viss izmērītais šķērsriezuma laukums mīnus laukums tām upes daļām, kuru dziļums bija mazāks par 1,5m; katram izmērītajam posmam atsevišķi un kopējais),
- Vidējais straumes ātrums (katram izmērītajam posmam atsevišķi un vidējais no tiem),
- Caurplūdes apjoms (katram izmērītajam posmam atsevišķi un kopējais),
- HKI izmantojamais caurteces apjoms konkrētajā Daugavas šķērsriezumā (katram izmērītajam posmam atsevišķi un kopējais).

Validācijas veikšanai caurplūdes statistiskie dati jāsalīdzina ar mērījumu veikšanas laikā reģistrēto caurplūdumu pētāmajos upes posmos. Gadījumā, ja straumes ātruma mērījumu veikšanas laikā caurplūdums bijis dotajam upes posmam neparasti mazs vai liels), mērījumi nav derīgi upes posma novērtēšanai. Tie jāveic atkārtoti vai arī jāgūst pietiekami ticams izskaidrojums atšķirībām no statistiskajiem datiem un pamatojums, ka atkārtoti mērījumi dos tādus pašus rezultātus. Papildus informācijai par validāciju var iegūt sadaļā “3.2. Iegūto mērījumu datu validācija”, kur tiek aprakstīts, ka tā tika veikta aprobējot izstrādāto metodiku Daugavā.

2.3. Datu apstrāde, analīze un rezultātu interpretācija

Šim etapam atbilsto 8. solis Attēlā 2.1. redzamajā blokshēmā, kurš detalizētāk sadalāms sekojoši:

1. Jāapkopo dati par katru analizējamo šķērsriezumu, kuru apraksts sākts iepriekšējā sadaļā. Attēlā 2.2. ir shematiski parādītas mērījumu punktu (tie gan Tabulā 2.2., gan Attēlā 2.2. apzīmēti ar cipariem no 1 līdz 5) vietas upes šķērsriezumā.



Attēls 2.2.: Upes šķērsriezuma shēma aprēķinu paskaidrošanai

Upes šķērsriezuma laukums šķērsriezuma datu tabulās (piemērs Tabulā 2.1.) tiek aprēķināts kā trijstūru A un F, un trapeču B, C, D, un E laukumu summa.

Pēc validācijas, analīzes nolūkos šķērsriezumu datu tabulās (piemērs Tabulā 2.1.) var pievienot arī kolonu ar sekojošiem aprēķinātiem parametriem, kas raksturo visu šķērsriezumu kopumā:

- Vidējais svērtais straumes ātrums (par katra posma svaru ir ņemts tā laukums),
- Maksimālais izmērītais straumes ātrums šķērsriezumā,
- Minimālais izmērītais straumes ātrums šķērsriezumā,
- Starpība starp minimālo un maksimālo izmērīto straumes ātrumu šķērsriezumā procentos.

Šādas tabulas izveidojamas par visiem analizējamajiem šķērsriezumiem. Šķērsriezumu daudzums un vietas atkarīgi no upes specifikas un ir aprakstīti sadaļā ”””.

2. No turpmākas analīzes, izslēdz posmus, kuros upes dziļums, vidējais straumes ātrums vai kādi citi raksturojumi, par kuriem iegūta informācija veicot iepriekšējos soļus, nav apmierinoši apskatāmo HKI risinājumu darbībai. Šis solis, resursu taupīšanas nolūkos, par katru posmu, ja tas ir iespējams (t.i. ir pietiekami daudz informācijas), ir veicams pēc iespējas ātrāk. Šī vieta secībā ir pēdējā, līdz kuram tam ir jābūt izdarītam.

3. Jāveic upes posmu sadalīšana vai apvienošana balstoties uz straumes ātrumu u.c. būtiskiem rādītājiem. Izpētītie un turpmākai analīzei atlasītie upes reģioni jāsadala nepārtrauktos upes posmos, kuriem ir vienādi būtiskie raksturlielumi. Veicot izpēti, kādai konkrētai tehnoloģijai šādi parametri var būt vairāki. Piemēram, papildus straumes ātrumiem varētu tikt ņemts vērā arī vidējais dziļums un/vai platums, atsevišķi izdalot posmus, kuros vienā vietā var izvietot vienu vai vairākas HKI.
4. 3. punktā noteiktajiem posmiem saskaņā ar vienādojumu (1.2) jāaprēķina elektroenerģijas ražošanas potenciāls. Pārvēršot ar šo vienādojumu aprēķināto enerģiju elektriskajā enerģijā vēl jāņem vērā ģenerators lietderības koeficients un zudumi elektroenerģijas ražošanas iekārtā. Konkrētā vieta nosaka, cik lielas jaudas agregātu vai to parku tur var uzstādīt. Saražotās enerģijas daudzumu noteiks arī laiks cik ilgi faktiski iekārta tur strādās. Tātad pirms aprēķiniem jānosaka visus nepieciešamos parametrus. Minētie parametri ir:
 - a. HKI izmantotā šķērsriezuma laukuma daļa,
 - b. HKI efektivitātes koeficients [67],
 - c. Ģenerators lietderības koeficients,
 - d. Attālums starp HKI straumes virzienā.
 - e. Dīkstāves dienu skaits gadā.

Iegūtie dati ļauj secināt, ka Latvijas upēs ūdens blīvums ir vienāds ar 1 kg/L, jo blīvuma svārstības ir niecīgas un maz ietekmē novērtējumu. Dati pārbaudīti vairākos Daugavas posmos un pietekās.

Iegūtie rezultāti apkopoti tabulā, kuras piemērs ir redzams Tabulā 2.2. un atbilstoši pētījuma mērķiem nepieciešams veikt analīzi un rezultātu interpretāciju. Kolona 10 Tabulā 2.2 satur interpretācijas piemērus.

Tabula 2.2.

Izpētīto Daugavas posmu potenciāla elektroenerģijas ražošanai ar SHES novērtējums

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-----------|---|--------|--|-----------------------|--|--|---|---------------------------------------|--|
| Nr. p. k. | Atrašanās vieta Daugavā (šķērsriezuma vai punkta Nr.) | | Garums (m) | Straumes ātrums (m/s) | Šķērs-griezuma laukums (m ²) | Straumes enerģijas potenciāls visā upes šķērs-griezumā (W) | Ar HKI iegūstamā elektriskā jauda no šķērs-griezuma (W) | Elektro-enerģijas daudzums gadā (MWh) | Apraksts / Piezīmes / Ieteikumi par HKI izvēli |
| | Sākums | Beigas | | | | | | | |
| 1 | 45 | 41 | 750 | 2,416 | n/d | n/d | n/d | n/d | Visātrākās straumes un līdz ar to vislabāk no izpētītajiem piemērots nedaudzu individuālu HKI darbināšanai. Turbīnu parkiem nav piemērots, jo ir krācains un pietiekami dziļas un maz turbulentas vietas ir īpaši jāizmeklē. |
| 2 | 38 | 30 | 4000 | 0,759 | n/d | n/d | n/d | n/d | Trešā ātrākā straume. Piemērots gan individuālu HKI, gan parku darbināšanai. |
| 3 | 29 | 24 | 4400 | 0,534 | 697,7 | 53041 | 6311,86 | 7442,948 | Vidējais no visu izpētīto posmu straumju ātrumu rādītājiem. Piemeklējot atbilstošas tehnoloģijas, jau tagad varētu būt izmantojams HKI darbināšanai. Tajā skaitā lieliem turbīnu parkiem. |
| 4 | 24 | 21 | 3000 | 0,454 | 1167 | 54671 | 6505,82 | 5230,677 | Trešā lēnākā straume un ierobežots apgabals pirms Aiviekstes ietekas. HKI darbināšanai no izpētītajiem vismazāk piemērotais. |
| 5 | 21 | 10 | Ap Aiviekstes ieteku BPH veidot nav mērķtiecīgi turbulences un citu upēm satekot grūti prognozējamu parametru dēļ. | | | | | | |
| 6 | 10 | n/d | n/d | zem 0,45 | n/d | n/d | n/d | n/d | Otrā lēnākā straume, bet lielā dziļuma un šķērsriezuma dēļ, nākotnē var būt noderīgs HKI ar lielu aktīvo laukumu darbināšanai. |
| 7 | 9 | 5 | 2150 | 0,800 | 536,4 | 137318 | 16340,8 | 9415,569 | Otrā ātrākā straume. Vislabāk no izpētītajiem piemērots HKI parku (arī lielu) darbināšanai, jo nepietiekams dziļums ir tikai nelielā joslā gar krastiem un turbulence ir nebūtiska. |
| 8 | 5 | 3 | 3000 | 0,677 | 772,2 | 119848 | 14261,9 | 11466,593 | Ceturta ātrākā straume. Piemērots gan individuālu HKI, gan parku darbināšanai. |
| 9 | 3 | 1 | 4000 | 0,479 | 1182 | 64987 | 7733,48 | 8290,287 | Ceturta lēnākā straume. HKI darbināšanai var kļūt noderīgs vistuvākajā nākotnē, bet izmantojams tikai pēc perspektīvāku posmu apgūšanas. |
| 10 | 1 | n/d | n/d | zem 0,41 | n/d | n/d | n/d | n/d | Vislēnākā straume sākumā (tālāk nav datu). Var būt interesants nākotnē, tehnoloģijām atbilstoši attīstoties, potenciāli lielo izmēru (garuma) dēļ. |

n/d – nav datu

3. METODIKU PIELIETOJUMA PIEMĒRS

Ņemot vērā ūdens straumes kinētiskās enerģijas formulu (1.1) un turbulences ietekmi, galvenajiem kritērijiem vietas izvēlei Latvijā, lai maksimizētu elektroenerģijas ražošanu ar SHES vajadzētu būt:

1. Straumei ar mazu (pēc iespējas mazāku) turbulenci.
2. Straumei ar pēc iespējas lielāku ātrumu.
3. Straumei ar pēc iespējas lielāku šķērsriezumu, kas ļauj izvēlēties piemērotu HKI tehnoloģiju.
4. Krastu un gultnes ģeoloģiskai uzbūvei, kas pieļauj izvēlētas tehnoloģijas realizāciju.

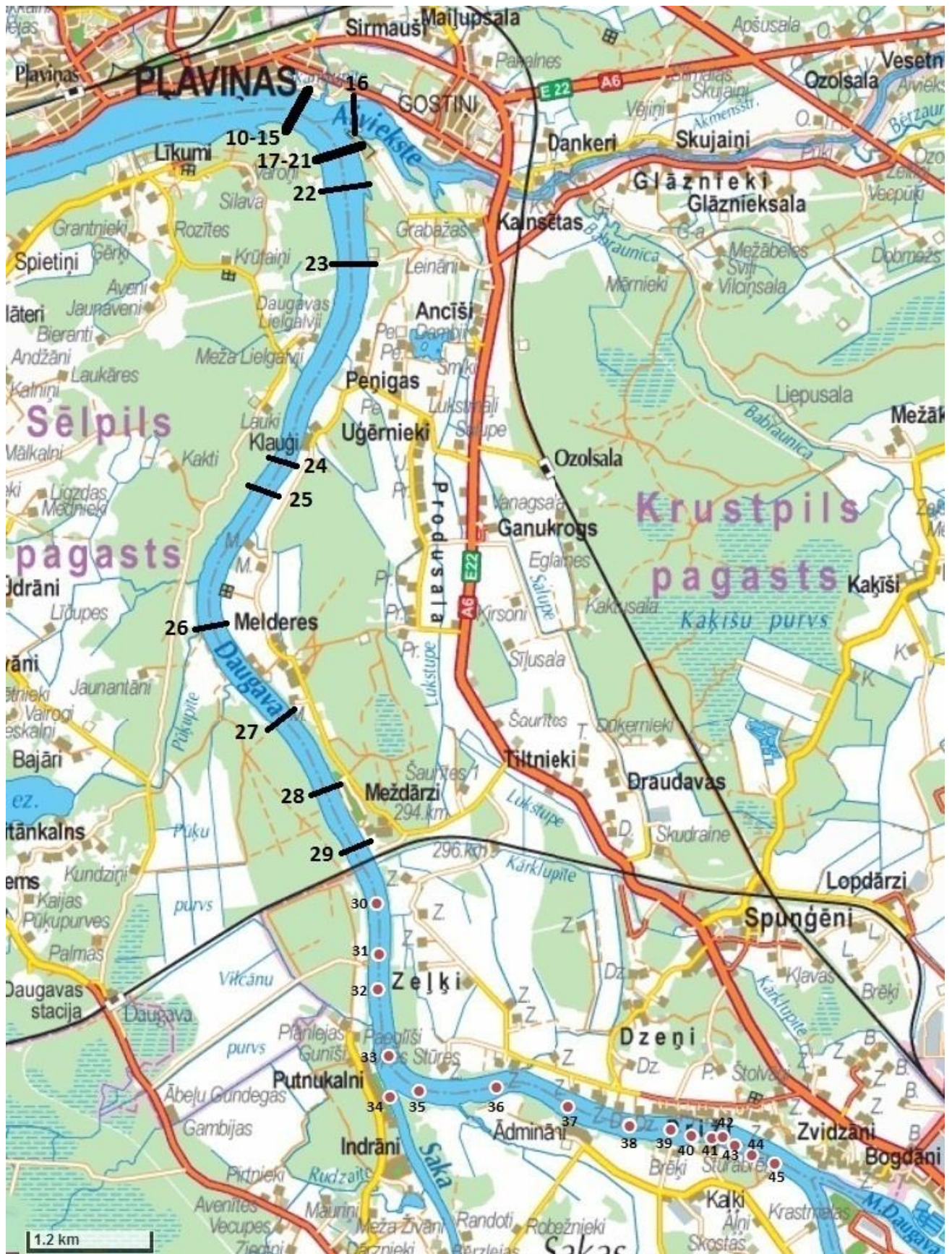
Vadoties no šiem kritērijiem ir skaidrs, ka elektroenerģijas ražošanā ar HKI vislielākais potenciāls ir Daugavai. Tādejādi, caurskatot ūdens caurteces statistikas datus un novērtējumus pēc pārējiem minētajiem kritērijiem, straumes ātrumu mērījumiem un tālākai izpētei tika izvēlēti Daugavas posmi ar lielu paredzamo potenciālu elektroenerģijas ražošanai ar HKI.

Pirmais no posmiem tika izvēlēts no Jaunjelgavas līdz Aizkrauklei – ar koordinātām: N56°37,346' E025°05,888', un N56°35,394' E025°13,829', skat. reģiona karti – Attēls 3.1. – tajā ir parādītas vietas, kur šajā Daugavas posmā notika mērījumi. Turpmāk tekstā šis posms tiek saukts kā „posms pēc HES”.

Otrais no posmiem, , tika izvēlēts no Pļaviņām līdz Jēkabpīlij – ar koordinātām N56°37,034' E025°44,869' un N56°31,341' E025°49,372', skat. reģiona karti – Attēls 3.2. – tajā ir parādītas vietas, kur šajā Daugavas posmā notika mērījumi. Turpmāk tekstā šis posms tiek saukts kā „posms pirms HES”.



Attēls 3.1.: Mērītie upes šķērsgriezumi posmā pēc HES



Attēls 3.2.: Mērītie upes šķērsgriezumi un atsevišķie mērījumu punkti posmā pirms HES

Pielietojot aprakstīto metodiku tika iegūti sekojoši rezultāti:

3.1. Mērījumi upē:

Straumes ātrumu mērījumu rezultāti par apskatītajiem posmiem apkopoti tabulās (skat. 1. pielikumu).

Straumes ātrumu mērījumiem izmantota instrumentālā metode ar akustiskā Doplera instrumenta Aquadopp Profilers palīdzību. Ņemti vērā priekšraksti, kas izteikti Pasaules metroloģiskās organizācijas rokasgrāmatā [69] un pašas iekārtas instrukcijā [71]. Instruments tika nostiprināts uz stabila kutera tā, lai būtu ērta tā ievietošana un izņemšana ar mērīšanas adapteri (galvu) perpendikulāri straumei. Precīziem dziļuma mērījumiem izmantota eholote Echo 100 ar ūdens temperatūras sensoru un iespēju kontrolēt laivas ātrumu mērījumu laikā.

Upes šķērsriezumu mērījumi veikti pārvietojot laivu no labā krasta uz kreiso pa līniju, vadoties no krasta atzīmēm un GPS noteiktām koordinātēm. Katra mērījumu punkta koordinātas fiksētas ar GPS iekārtu Trimble Nomad 900G.

Nosakot ūdens blīvuma izmaiņu iespējamo ietekmi uz upes enerģētisko potenciālu, izzināts ūdens piemaisījumu raksturs un blīvuma izmaiņas dažādos gadalaikos. Ūdens parametri noteikti saskaņā ar starptautisko standartu prasībām atbilstoši: PH noteikšanai ISO 10523, ķīmiskā skābekļa patēriņa noteikšanai LVS ISO 6060, sausajam atlikumam LVS EN 872 un cietībai – ISO 6069. Blīvuma noteikšana veikta vienmēr pie istabas temperatūras 20 °C, pārrēķinot uz blīvumu pie atbilstošās temperatūras saskaņā ar ūdens blīvuma izmaiņu tabulām [72].

3.2. Iegūto mērījumu datu validācija

Valsts SIA "Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centrs" interneta vietnē [70] ir atrodamī sekojoši novērojumu dati par vidējo ūdens pieteci Pļaviņu HES (m³/s), kas ļauj noteikt vidējos Daugavas caurplūdes rezultātus mēnesī sešu gadu periodā. Minētie dati ir apkopoti Tabulā 3.1.

Tabula 3.1.

Daugavas caurteces statistiskie un no mērījumu datiem aprēķinātie rādītāji (m³/s)
pētītajos upes posmos

| | Gads | | | | | | | Vidējais pēc HES | Vidējais pirms HES |
|---------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|-------------------------------|-------------------------------|
| | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | | |
| janvāris | 215 | n/d | 315 | 303 | 546 | 548 | 483 | 401,6667 | 351,4583 |
| februāris | 153 | n/d | 481 | 409 | 298 | 609 | 275 | 370,8333 | 324,4792 |
| marts | 154 | 1335 | 1384 | 539 | 822 | 482 | | 786 | 687,75 |
| aprīlis | 1357 | 796 | 1670 | 1964 | 3200 | 2560 | | 1924,5 | 1683,938 |
| maijs | 564 | 730 | 727 | 620 | 1244 | 1206 | | 848,5 | 742,4375 |
| jūnijs | n/d | 307 | 554 | 543 | 730 | 327 | 592 | 508,8333 | 445,2292 |
| jūlijs | 169 | 182 | 226 | 362 | 363 | 205 | | 251,1667 | 219,7708 |
| augusts | 207 | 159 | 182 | 328 | 226 | 193 | | 215,8333 | 188,8542 |
| septembris | 1106 | 143 | 288 | 228 | 399 | 198 | | 393,6667 | 344,4583 |
| oktobris | 578 | 235 | 350 | 923 | 308 | 207 | | 433,5 | 379,3125 |
| novembris | 858 | 396 | 477 | 1300 | 701 | 203 | | 655,8333 | 573,8542 |
| decembris | 695 | 485 | 680 | 873 | 421 | 442 | | 599,3333 | 524,4167 |
| vidēji gadā | | | | | | | | 615,8056 | 538,8299 |
| vid.dienās, kad veikti mērījumi | | | | | | | | 470,513 848,194 872,864 | 559,006 791,910 462,320 |

n/d – nav datu

- Tā kā Pļaviņu HES Daugavā aizņem vietu starp diviem šajā darbā apskatītiem Daugavas posmiem un Daugavai šajos posmos nav būtisku pieteku un atteku (skat. Attēlus 3.1. un 3.2.), izņemot Aivieksti, pieņemam, ka Tabulā 3.1. esošie dati attiecas uz darbā apskatīto Daugavas posmu aiz Pļaviņu HES un ir uzskatāmi arī par ūdens caurplūdes datiem šajā posmā,
- aptuvenus ūdens plūsmas datus par apskatāmo Daugavas apgabalu, kurš ir pirms Pļaviņu HES, varam iegūt proporcionāli samazinot Tabulas 3.1. priekšpēdējā kolonā esošās vērtības, atbilstoši Daugavas un Aiviekstes caurplūdes attiecībai. Atbilstoši [70] un veikto mērījumu datiem Aiviekste ieplūstot Daugavā palielina tās caurplūdi par

aptuveni 1/8 daļu. Līdz ar to Daugavas caurplūdi posmā pirms HES un Aiviekstes ietekas var iegūt samazinot datus par caurplūdi pēc HES par 1/8 daļu. Šādi iegūtie rezultāti ir attēloti Tabulas 3.1. pēdējā kolonnā.

Salīdzinot Tabulā 3.1. esošos statistiskos datus ar mērījumu laikā esošajiem aprēķinātajiem caurplūdumiem (pēdējās trīs rindas Tabulā 3.1.), secināts, ka mērījumu rezultāti maz atšķiras no atbilstošiem ilgstošo novērojamo datiem (ņemot vērā to, ka mērījumi tika veikti lietainās dienās), - līdz ar to, patiesi atspoguļo situāciju, un tātad ir izmantojami attiecīgo upes posmu elektroenerģijas ražošanas iespēju ar HKI novērtēšanai. Šis ir ekspertu novērtējums. Izdarot šādus secinājumus ekspertiem jāņem vērā arī nokrišņu daudzums un informācija par to, cik nokrišņi ietekmē konkrētās upes caurplūdumu. Šajā gadījumā mērījumi tika veikti lietainās dienās. Izmaiņas caurplūdes apjomos mērījumu laikā var izskaidrot ar to, ka lielāki caurplūdes apjomi ir tajās mērījumu dienās, kad bija lietaināks laiks.

3.3. Rezultāti un to analīze

3.3.1. Ūdens blīvums

Dati par Daugavas ūdens ķīmiskā sastāva un blīvuma izmaiņām apkopoti Tabulā 3.2. A - ūdens ņemšanas vietai pirms Aiviekstes ietekas un Tabulā 3.2. B - pēc Aiviekstes ietekas.

Tabula 3.2.

Dati par Daugavas ūdens ķīmiskā sastāva un blīvuma izmaiņām pētītajos posmos

A - 2 km pirms Aiviekstes ietekas

| Gadalaiks | Parametri | | | | |
|-----------|-----------|-----------|------------------------|---------------|----------------------------|
| | pH | ĶSP, mg/l | Sausais atlikums, mg/l | Cietība, mg/l | ρ , g/cm ³ |
| Ziema | 6,75 | 104 | 195 | 27,5 | 1,00343 |
| Pavasaris | 6,62 | 133 | 210 | 29,0 | 1,00164 |
| Vasara | 6,52 | 215 | 374 | 31,0 | 1,00173 |

B - 2 km pēc Aiviekstes ietekas (Liekalni)

| Gadalaiks | Parametri | | | | |
|-----------|-----------|-----------|------------------------|---------------|----------------------------|
| | pH | ĶSP, mg/l | Sausais atlikums, mg/l | Cietība, mg/l | ρ , g/cm ³ |
| Ziema | 6,68 | 112 | 186 | 25,7 | 1,00330 |
| Pavasaris | 6,54 | 200 | 205 | 28,3 | 1,00212 |
| Vasara | 6,36 | 205 | 278 | 30,5 | 1,00185 |

Ūdens blīvuma izmaiņas nosaka galvenokārt divi faktori – piemaisījumu koncentrācija un temperatūra. Par piemaisījumu koncentrāciju var spriest pēc integrālajiem parametriem PH, ĶSP, sausā atlikuma, ūdeni iztvaicējot, un cietības. Tabula 3.2. rāda, ka ūdens sastāva izmaiņas ir ievērojamas un piemaisījumu koncentrācija pieaug, palielinoties temperatūrai. To var saistīt ar šķīdības pieaugumu, augot temperatūrai un suspendēto daļiņu koncentrācijas pieaugumu. Iegūtie dati par blīvuma izmaiņu uzrāda niecīgas svārstības, kas var būt skaidrojams ar to, ka blīvuma samazinājums, augot temperatūrai, darbojas pret tā pieaugumu lielākas piemaisījumu šķīdības dēļ un suspendēto daļiņu koncentrācijas pieaugumu. Rezultātā blīvuma svārstības nepārsniedz 0,2 % un nav būtiskas salīdzinot ar citiem novērtējuma faktoriem.

3.3.2. Elektroenerģijas ražošanas potenciāla novērtējums

Elektroenerģijas iegūšanai ar HKI pilna upes šķērsriezuma izmantošanu ierobežo sekojoši faktori:

- HKI, investīciju labākas atmaksāšanās, nolūkos vēlams uzstādīt tikai tajā upes šķērsriegzumā, kurā pietiekams ūdens ir visu gadu.
- Vietas, kas ir seklākas par 1,5 metriem nav paredzēts izmantot, jo:
 - tās vieglas piekļuves dēļ, var apdraudēt dzīvniekus un cilvēkus,
 - mazāku izmēru HKI ir lielākas izmaksas uz vienu uzstādīto kWh,
 - seklākās vietās mēdz būt turbulence, kas neļauj darboties HKI vai arī būtiski samazina to efektivitāti. Seklākās vietās turbulence var parādīties vai būtiski palielināties arī pēc HKI uzstādīšanas,
 - izvietojot HKI seklākā vietā ir lielāks risks rasties aizdambējumiem, izskalojumiem un sanesumiem,

- Ja kādā no plūsmas šķērsriezuma vietām ūdens plūsmas ātrumu samazina ar šķēršļiem, tad palielinās turbulences un, citās plūsmas šķērsriezuma vietās plūsmas ātrums palielinās un/vai palielinās ūdens līmenis tādējādi palielinot ūdens plūsmas šķērsriezumu. Ja šīs parādības ir līdz galam izpētītas un precizētas attiecībā uz HKI un to ietekmi uz vidi, tās ietekmi var padarīt par nebūtisku, izmantojot nebūtisku ar HKI aizņemto upes šķērsriezuma daļu
- Upes šķērsriezumā jāparedz vieta visiem HKI konstruktīvajiem un to nostiprinošajiem elementiem.
- upes šķērsriezumā jāatstāj vieta kuģošanai, peldēšanai un citiem iespējamiem ūdenstilpnes izmantošanas veidiem (Jāuzsver, ka iespēja tik vienkārši, bez papildus izmaksām saglabāt upi kuģojamu, ir HKI pluss, nevis ierobežojums).

3.3.3. Pieņēmumi

Veicot aprēķinus Tabulai 2.2. tika veikti divi būtiski pieņēmumi, kuru pamatojums ir sekojošs:

- Literatūrā iztrūkst darbi, kuros būtu noteikti ierobežojumi tam, cik lielu laukumu no upes šķērsriezuma maksimāli var noklāt ar HKI, tomēr tika konstatēti vairāki apsvērumi, kas liecina, ka šādi ierobežojumi pastāv. Tie ir uzskaitīti iepriekš, kā HKI izmantojamā upes šķērsriezuma laukumu ierobežojošie faktori.

Līdz ar to, kā drošs minimums tiek pieņemts ka ar HKI noklātais upes šķērsriezums ir 40% no šķērsriezuma kopējā laukuma un līdz ar to elektroenerģijas ražošanā tiks izmantota 40% no visas straumes enerģijas vienā šķērsriezumā.

- viens Daugavas SHES izmantojamais šķērsriezums, kopā ar joslām, kas atstājamas brīvas starp SHES izmantojamajiem šķērsriezumiem, aizņem 30 metrus Daugavas garuma, kas izvēlēts lai izslēgtu turbulences ietekmi, kuru izraisa augstāk stāvoša kaskāde, novērstu draudus nākošām HKI pēkšņas avārijas gadījumā un nodrošinātu ērtu apkalpošanu.

Līdz ar to ir ievēroti arī vēja turbīnām [50, 51] noteiktie ierobežojumi, kaut gan ūdens vidē šie attālumi ir būtiski mazāki.

3.3.4. Aprēķini

Izpētītie Daugavas posmi pirms un pēc HES tika sadalīti sīkākos posmos, balstoties uz tajos izmērītā straumes vidējā ātruma rādītājiem. Sadalīšanas rezultāti, turpmākie aprēķini un analīze apkopoti Tabulā 2.2. Tas, kā ir aprēķināti tabulā esošie rādītāji, ir aprakstīti sekojošā sarakstā (aprēķina piemērs, kas ir dots katram rādītājam, atbilst Tabulas 2.2. septītajai rindiņai, jeb septītajam Daugavas posmam, kura dati attēloti Tabulā 2.2. Viens no šī posma šķērsgriezumiem ir arī Tabulā 2.1. attēlotais 8. šķērsgriezums. Dati, kas iegūti par visiem citiem šķērsgriezumiem ir apkopoti 1. un 2. pielikumā) :

- (5) - Vidējais ūdens plūsmas ātrums attiecīgajā Daugavas posmā, izrēķināts kā vidējais no visām attiecīgā posma analizētajām šķērsgriezumu mērījumu tabulām. (skat. piemēra Tabulu 2.1.; pēdējo kolonu – šajā gadījumā lietots skaitlis 0,8041) saskaņā ar vienādojumu:

$$\bar{v}_p = \frac{1}{m} \sum_{n=1}^m \bar{v}_{s n} , \quad (3.1)$$

kur: \bar{v}_p – vidējais svērtais ātrums upes posmā p,

m – attiecīgajā upes posmā izmērīto šķērsgriezumu skaits,

\bar{v}_s – vidējais ātrums upes šķērsgriezumā.

Piemēram: $\bar{v}_{p=7} = (0,7715+0,8041+0,7235+0,9421+0,7584)/5=0,800$ m/s

- (6) - vidējais šķērsgriezuma laukums attiecīgajā Daugavas posmā, kas izrēķināts kā vidējais no visām attiecīgā posma analizētajām šķērsgriezumu mērījumu tabulām. (skat. piemēra Tabulu 2.1.; pēdējo kolonu - šajā gadījumā lietots skaitlis 511,9) saskaņā ar vienādojumu:

$$\bar{S}_p = \frac{1}{m} \sum_{n=1}^m \bar{S}_{s n} , \quad (3.2)$$

kur: \bar{S}_p – vidējais šķērsgriezuma laukums upes posmā p,

m – attiecīgajā upes posmā izmērīto šķērsgriezumu skaits,

\bar{S}_s – vidējais ātrums upes šķērsgriezumā.

Piemēram: $\bar{S}_{p=7} = (576,6+511,9+529,3+405,05+659,3)/5=536,4$ m²

- (7) - Ūdens plūsmas jauda N aprēķināta saskaņā ar vienādojumu (1.1) par izejas datiem izmantojot piekto un sesto Tabulas 2.2. kolonas un ūdens blīvuma (ρ) rādītāju 1000 kg/m^3 (noapaļots vidējais rādītājs no Tabulas 3.2.).

$$\text{Piemēram: } N_{p=7} = \frac{1}{2} \cdot \overline{v_{p=7}}^3 \cdot \overline{S_{p=7}} \cdot \rho = \frac{1}{2} \cdot 0,800^3 \cdot 536,4 \cdot 1000 = 137318 \text{ W}$$

- (8) - Vidējā ar SHES iegūstamā elektriskā jauda N_h , kuru iespējams iegūt izvietojot HKI vienā upes šķērsgriezumā, aprēķināta saskaņā ar vienādojumu (1.2) par izejas datiem izmantojot septīto Tabulas 2.2 kolonu un sekojošas konstantes:

- SHES šķērsriezuma laukuma daļa = 40% jeb 0,4,
- HKI efektivitātes koeficients $k = 0,35$ – iegūts no [67],
- Ģenerators lietderības koeficients $\eta = 0,85$.

$$\text{Piemēram: } N_{h; p=7} = N_{p=7} \cdot 0,4 \cdot k \cdot \eta = 137318 \cdot 0,4 \cdot 0,35 \cdot 0,85 = 16340,8 \text{ W}$$

- (9) - Elektroenerģijas daudzums, ko SHES var iegūt dotajā upes posmā gada laikā (E_g), aprēķināts par izejas datiem izmantojot ceturto (G) un astoto (N_h) Tabulas 2.2. kolonu un sekojošas konstantes:

- Attālums starp HKI straumes virzienā $L = 30 \text{ m}$.
- Dīkstāves dienu skaits gadā $T_d = 30 \text{ d}$.
- Kopējais dienu skaits gadā $T_g = 365 \text{ d}$.

$$\text{Piemēram: } E_{g; p=7} = ((N_{h;p=7} \cdot 24T_g) - (N_{h;p=7} \cdot 24T_d)) \cdot \frac{G_7}{L} = (16340,9 \cdot 24 \cdot 365) - (16340,9 \cdot 24 \cdot 30) \frac{2150}{30} = 9415569 \text{ Wh} = 9415,569 \text{ MWh}$$

Tirgū tiek piedāvātas HKI, kas ir piemērotas ļoti dažādiem dziļumiem, kā minimums sākot jau no 1,5m. Līdz ar to visi mūsu apskatītie upes posmi vispārīgā gadījumā (t.i. neskatoties uz konkrētiem HKI risinājumiem) der SHES tehnoloģisko risinājumu realizācijai. Apskatītajos posmos seklāka par 1,5m bija tikai niecīga daļa, no apskatāmā šķērsriezuma.

Tirgū piedāvātās HKI ražo elektroenerģiju pie straumes ātrumiem sākot no aptuveni 0,5 – 0,6 m/s (atkarībā no HKI modeļa un tās aktīvo elementu risinājuma [18]). Līdz ar to 5 no izpētītajiem posmiem der elektroenerģijas ražošanai ar SHES jau uz pētījuma veikšanas brīdi.

Visu izpētīto Daugavas posmu novērtējumi ir apkopoti Tabulā 2.2.

3.3.5. Mērījumos radušos iespējamo kļūdu novērtējums.

Literatūrā [73., 74] ir aprakstīts, ka kļūdu, kuru varētu saturēt mērīšanas rezultāti, var novērtēt aprēķinot atkārtotu viena un tā paša lieluma mērījumu q_x kopas dispersiju $s^2(q)$ saskaņā ar vienādojumu

$$s^2(q) = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (q_j - \bar{q})^2, \quad (3.3)$$

kur:

n – mērījumu skaits kopā,

q_j – mērījumu kopas j -tā vērtība jeb j -tā mērījuma vērtība,

\bar{q} – mērījumu kopas vidējā aritmētiskā vērtība.

Dispersijas (pozitīvo) kvadrātsakni $s(q)$ sauc par standartnovirzi, kas, izteikta procentos no mērījumu vidējā rezultāta \bar{q} raksturo arī mērījumos iespējamo kļūdu.

Ņemot vērā iepriekšminēto, lai novērtētu kļūdu, kāda varētu būt radusies veicot mērījumus Daugavā, izmantojot darbam paredzēto aprīkojumu, vienā un tajā pašā Daugavas vietā (ar to saprotot, gan koordinātas, gan dziļumu) ar iespējami lamināru straumi, tika veikti 10 straumes ātruma mērījumi pēc kārtas. Iegūtie rezultāti ir apkopoti Tabulā 3.3.

Tabula 3.3.: Mērījumu sērija kļūdas novērtēšanai

| Mērījuma nr. p. k. | Nomērītais straumes ātrums v (m/s) |
|--------------------|------------------------------------|
| 1 | 0,4242 |
| 2 | 0,4149 |
| 3 | 0,4288 |
| 4 | 0,4414 |
| 5 | 0,4145 |
| 6 | 0,4291 |
| 7 | 0,4390 |
| 8 | 0,4226 |
| 9 | 0,4144 |
| 10 | 0,4282 |

Saskaņā ar vienādojumu (3.3) izrēķinot dispersiju iegūstam $s^2(q) = 0,0000925$. Līdz ar to standartnovirze ir vienāda ar $s(q) = \sqrt{0,0000925} = 0,009617$. Izrēķinot mērījumu kopas aritmētisko vidējo vērtību iegūstam 0,42571 (m/s) un izsakot standartnovirzi procentos no šīs vidējās vērtības iegūstam 2,2591 %. Tātad, aprēķina rezultāti parāda ka mērījumos esošā kļūda nepārsniedz 3 %.

3.4. Secinājumi no metodikas aprobācijas Daugavā

3.4.1. Caurplūdes ietekme uz straumes ātrumu; SHES kā stabils elektroenerģijas avots

Izanalizējot Daugavas šķērsriezumu mērījumu un tiem atbilstošos aprēķinu rezultātus šķērsriezumos kas izdarīti dažādos laikos un pie dažādiem caurplūdes apjomiem var secināt, ka:

- palielinoties caurplūdimam paaugstinās ūdens līmenis,
- līdz ar to izmainās plūsmas šķērsriezuma laukums,
- šķērsriezuma laukuma izmaiņas nodrošina to, ka straumes ātrums pie dažādiem caurplūdiem mainās nebūtiski un katrai konkrētai vietai specifiski,
- Tātad, ņemot vērā to, ka SHES izmantos tikai tās upes šķērsriezuma daļas, kurās ūdens ir pietiekams visu gadu, sezonāli mainīgo caurplūdimu tur var neņemt vērā.

Šos atzinumus var pamatot ar konkrētiem datiem., Tabulā 3.4. ir apkopti ar caurplūdes lielumu saistītie parametri tiem upes posmiem, kuri mērīti dažādos laikos pie dažādiem caurplūdes rādītājiem, un atrodas vistuvāk viens otram.

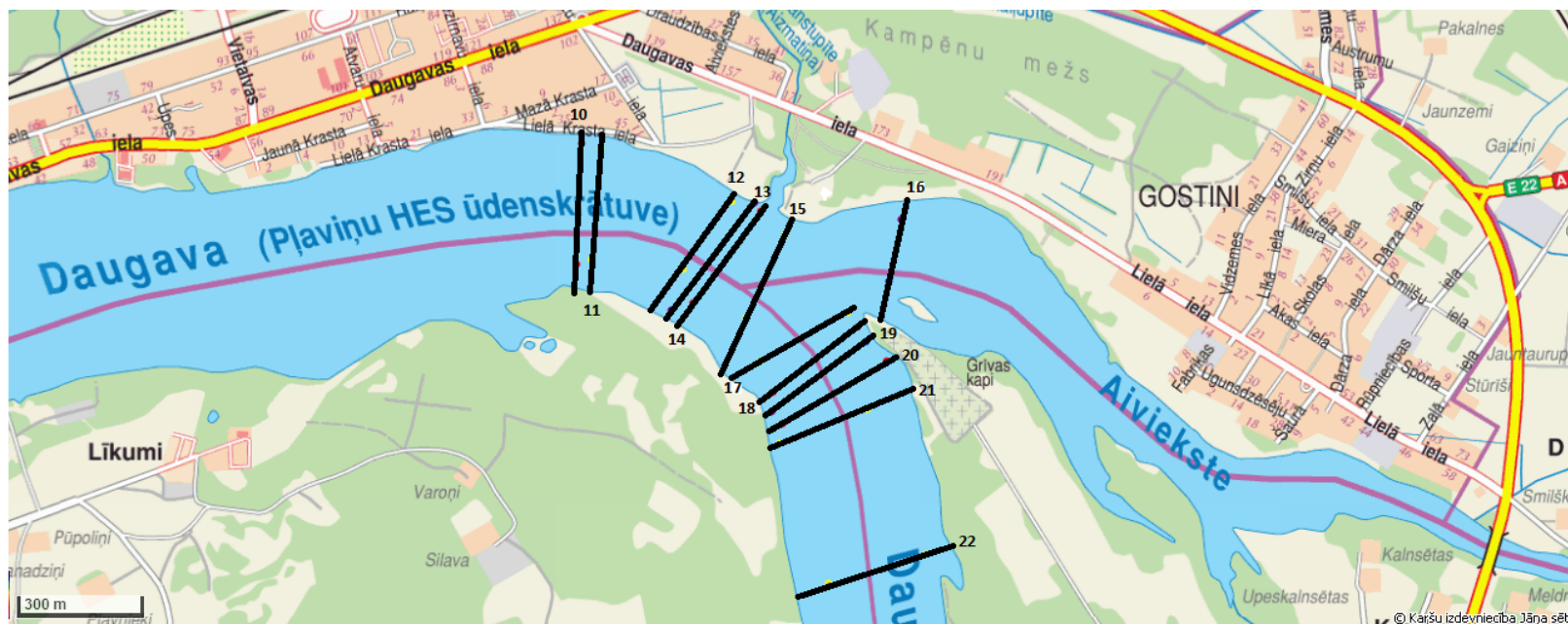
Tuvu esošie šķērsriezumi dati Tabulā 3.3. ir 10, 11; 12, 13, 14; 20, 21, 22; un 24, 25. Ģeogrāfisko novietojumu šiem šķērsriezumiem var redzēt Attēlā 3.3. (tuvināti) un Attēlā 3.2. (attālināti).

Kā redzams Tabulā 3.4., izmaiņas caurplūdimā, var izraisīt ātruma izmaiņas gan uz to pašu, gan arī uz pretējo pusi.. Tas ir - palielinoties caurplūdimam, ātrums var arī samazināties. Redzams arī, ka ātruma izmaiņas proporcionāli ir mazākas nekā caurplūdma izmaiņas. Rezultātā var secināt to, ka izmaiņas upes caurplūdimā visai nebūtiski ietekmēs elektroenerģijas daudzumu, kuru saražos HKI, kas ir novietota tajā upes daļā, kurā ūdens ir visu laiku, jo izmaiņas caurplūdes apjomā maina galvenokārt ūdens līmeni upē un, līdz ar to, tās šķērsriezuma laukumu, nevis straumes ātrumu. Tas ir vēl viens apliecinājums tam, ka SHES ir stabils un viegli prognozējams elektroenerģijas avots gan ilgtermiņā, gan, jo sevišķi, īstermiņā. Upes straumes ātrums noteiktā vietā paliek relatīvi maz mainīgs jebkuros apstākļos visu gadu.

Tabula 3.4.

Piemēri upes caurplūdes apjoma un straumes ātruma sakarībām

| Šķērsriezuma Nr. | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 20 | 21 | 22 | 24 | 25 |
|------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|
| Caurplūdums | 811,04 | 936,19 | 809,54 | 885,35 | 1031,93 | 710,73 | 649,40 | 652,61 | 359,15 | 480,86 |
| Izmaiņa % | 13,37 | | 8,56 | 14,20 | | -9,44 | 0,49 | | 25,31 | |
| Laukums | 1879,35 | 2203,70 | 1884,85 | 2239,30 | 2509,05 | 1894,00 | 1557,00 | 1490,10 | 689,80 | 920,75 |
| Izmaiņa % | 14,72 | | 15,83 | 10,75 | | -21,64 | -4,49 | | 25,08 | |
| Ātrums | 0,43 | 0,42 | 0,43 | 0,40 | 0,41 | 0,38 | 0,42 | 0,44 | 0,52 | 0,52 |
| Izmaiņa % | -1,58 | | -8,63 | 3,87 | | 10,03 | 4,77 | | 0,30 | |
| Vidējais dziļums | 5,94 | 6,58 | 7,56 | 7,10 | 7,01 | 5,42 | 5,32 | 4,30 | 4,90 | 4,16 |
| Izmaiņa % | 9,68 | | -6,48 | -1,30 | | -1,82 | -23,72 | | -17,87 | |



Attēls 3.3.: Analizēto upes šķērsgriezumu ģeogrāfiskais novietojums

3.4.2. Secinājumi no metodikas aprobācijas

Citi secinājumi, kuri radās aprobējot metodiku Daugavā un, kuriem pamatojums ir atrodams aprakstītajā darbā vai mērījumu rezultātos (skat. 1. pielikumu) ir sekojoši:

- Ir izstrādāta metodika pēc kuras vadoties var novērtēt, kuri no upes posmiem un cik lielā mērā enerģētiskā potenciāla ziņā der elektroenerģijas ražošanai ar SHES.
- Izmantojot izstrādāto metodiku var novērtēt jebkuras upes vai upes posma, kurā iespējams pārvietoties ar laivu vai citu peldlīdzekli un noturēt šo peldlīdzekli nekustīgu attiecībā pret upes krastiem.
- Straumju ātruma mērījumu datu validācijai un papildus informācijai priekš upju (posmu) novērtēšanas, ļoti noderīgi ir upju novērojumu staciju statistiskie dati par upju caurteces apjomiem. To izmantošana ir aprakstīta metodikā un tās lietošanas piemērā.
- Daugavā veikto mērījumu analīze rāda, ka straumes ātruma izmaiņas maz atkarīgas no upes caurteces apjoma izmaiņām.
- Iegūti dati par Daugavas lejteces straumes ātrumiem, kas var tikt izmantoti SHES ierīkošanai.
- Izvērtēts SHES enerģētiskais potenciāls Daugavas lejtecē.
- Atrastas iespējamās vietas dažādu atsevišķu HKI un HKI parku uzstādīšanai.
- Konstatēts, ka ūdens blīvuma izmaiņas ar laiku nepārsniedz 0,2 % un nevar būtiski ietekmēt enerģētisko potenciālu.
- Darba rezultāti ļauj aptuveni novērtēt arī citu Daugavas tuvāko posmu potenciālu SHES izmantošanai tuvākā un tālākā nākotnē, kad HKI tehnoloģijas attīstīsies dodot iespēju ražot elektroenerģiju pie zemākiem straumju ātrumiem.
- Konstatēts, ka straumes ātrumi pat mierīga upes plūduma dažādās viena šķērsriezuma vietās atšķiras līdz pat trīs reizēm un vairāk. Līdz ar to pirms HKI izvietošanas, lai būtiski palielinātu to izmantošanas efektivitāti, vienmēr ir vērts veikt detalizētu attiecīgā upes apgabala straumju izpēti.

4. VADOTŅU IETEKME UZ HKI IZMANTOŠANU

4.1. Pamatojums vadotņu lietošanai un to darbības principi

Kā iepriekš minēts, pēc enerģijas avota hidrokinētiskās iekārtas var iedalīt viļņu, paisuma-bēguma un straumes (upes, brīvās plūsmas) iekārtās. Viskoncentrētākā enerģija ir lielajos viļņos [75] un jūras (okeāna) straumēs (parasti paisuma-bēguma). Tas izskaidro kāpēc vairāk uzmanības tiek pievērsts tieši viļņu un paisuma bēguma hidrokinētiskajām iekārtām un šajās jomās ir vairāk pētījumu. Tomēr straumju jeb upju hidrokinētiskajām iekārtām ir arī savas priekšrocības. Būtiskākās no tām ir:

- iegūt elektroenerģiju no vienvirziena straumes ir daudz vienkāršāk nekā no viļņiem vai mainīgajām paisuma-bēguma straumēm;
- enerģijas patēriņam līdz ar cilvēkiem un saimniecisko darbību ir tendence koncentrēties ap upēm, savukārt lieli viļņi un jūras/okeāna straumes parasti ir tālu no saimnieciskās darbības vietām un grūti sasniedzami;
- viļņu, paisuma-bēguma un jūras/okeāna straumju spēkstacijas ir jāizvieto ievērojamā attālumā no krasta - līdz ar to kļūst sarežģītāka un dārgāka gan iekārtu apkalpošana, gan pievienošana elektrotīkliem un elektroenerģijas pārvade
- upju vide ir daudz draudzīgāka hidrokinētiskajām un citām elektroenerģijas ražošanas iekārtām, nekā jūras vai okeāna vide – tas dod iespēju konstruēt mazāk robustas, lētākas un efektīvākas iekārtas;
- paisuma-bēguma (un daudzos gadījumos arī citas) jūras un okeāna straumes būtiski maina gan ātrumu gan virzienu, turpretim upju straumes plūst vienā noteiktā virzienā un to ātrums parasti mainās nebūtiski – arī tas ļauj, pielietojumam upēs konstruēt vienkāršākas, lētākas un efektīvākas iekārtas.

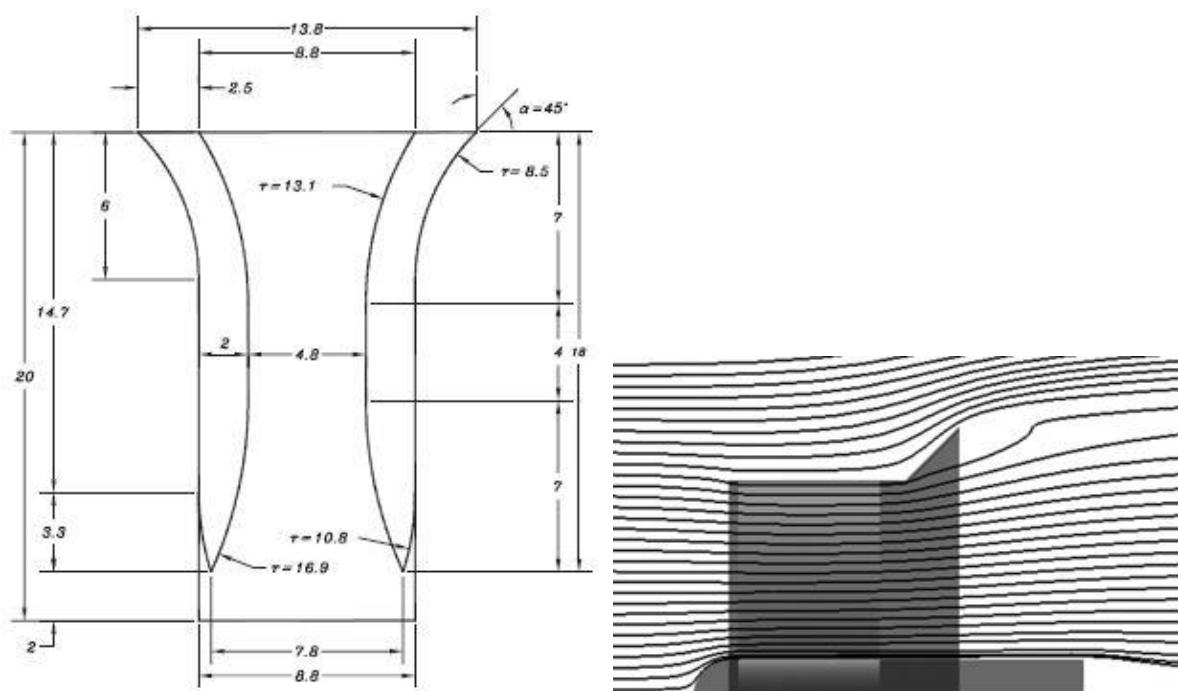
Tātad, galvenais un pat vienīgais upju hidrokinētisko tehnoloģiju izmantošanas trūkums salīdzinot ar citām hidrokinētiskajām tehnoloģijām (okeāna/jūras straumju, paisuma-bēguma, viļņu) ir salīdzinoši mazāka enerģijas koncentrācija.

Kā redzams vienādojumā (1.2), straumes jeb brīvās plūsmas hidrokinētiskās iekārtas jaudu visvairāk ietekmē straumes ātrums. Enerģijas apjoms aug līdz ar straumes ātrumu, trešajā pakāpē. Tas ietekmē spēkstacijas saražotās elektroenerģijas daudzumu ne tikai tieši (skat. (1.2)), bet arī netieši palielinot efektivitātes koeficientu, kurš ir iekļauts konstantē k (1.2).

Straumes ātrums hidrokinētiskajās iekārtās pārvēršas turbīnas griešanās ātrumā un, tāpat, arī ģeneratora griešanās ātrumā. Ģeneratoru efektivitāte pie lielākiem griešanās ātrumiem pieaug. Tas dod iespējas palielināt straumes hidrokinētisko iekārtu efektivitāti. Ņemot vērā Bernulli likumu, iespējas koncentrēt enerģiju un palielināt iekārtu efektivitāti tiek izmantotas lietojot dažādas vadotnes [76,77,78,79,80]. Vadotnes var būt arī HKI sastāvdaļas. Attēlā 1.1. tās ir atzīmētas ar "1". Palielinot straumes ātrumu vadotnes vienlaicīgi arī samazina laukumu, kas ir pieejams hidrokinētisko iekārtu aktīvajām daļām (tādām kā propelleri, spārni un tml.). Šis laukuma samazinājums ir vienāds ar laukumu, kuru aizņem pašas vadotnes un, līdz ar to, nevar aizņemt hidrokinētiskās iekārtas (HKI) aktīvās daļas. Rezultātā samazinās S (skat. (1.2)), kas izsauc lineāru HKI jaudas samazinājumu. Tomēr, tā kā straumes ātruma (v) ieguvumi palielina iegūstamo jaudu proporcionāli trešajai pakāpei, jaudas ieguvumi ir būtiski lielāki, nekā zaudējumi samazinātā laukuma (S) dēļ.

Vadotnes ir vienkāršākas un tām salīdzinājumā ar HKI ir daudz mazākas uzturēšanas izmaksas. Līdz ar to HKI, kas ir aprīkota ar piemērotām vadotnēm izmaksās mazāk gan ražošanā, gan ekspluatācijā, turklāt arī ražos vairāk elektroenerģijas nekā HKI, kas noklāj to pašu šķērsriezumu bez vadotnēm.

Vadotņu lietošana var arī palielināt iekārtu izmaksas, bet ieguvumi būtiski pārspēj šo izmaksu pieaugumus. Tā kā vadotnes ir nekustīgs šķērslis straumes ceļā, uz tām darbojas ievērojami straumes spiediena spēki [80, 81]. Līdz ar to galvenā izmaksu pozīcija, kuras palielinājums un minimizēšana ir jāapsver, ir nostiprināšanas izmaksas. Tas ir jautājums, kas noteikti jāņem vērā izvēloties vadotnes formu un lielumu, kā arī izstrādājot jaunas vadotnes. Vadotņu piemērus skat. Attēlā 4.1.



Attēls 4.1.: Vadotņu piemēri (A paņemts no [15]; B paņemts no [9])

Kā tas ir aprakstīts vairākos darbos [82, 83] vadotnes var būt ļoti dažādas un var nodrošināt ļoti ievērojamu ātruma pieaugumu straumei, kas darbina HKI. Līdz ar to vadotnes var tikt veiksmīgi izmantotas straumes enerģijas koncentrēšanai un HKI efektivitātes palielināšanai. Tā kā enerģijas koncentrācija upju straumēs ir vismazākā, vadoņu lietošanai kopā ar upju HKI ir vislielākās perspektīvas salīdzinājumā ar citām hidrokinētiskajām tehnoloģijām.

Vadotnes sniedz iespēju arī paņemt vairāk enerģijas no tās pašas straumes, pārsniedzot Betsa limitu [80, 84, 85]. Saskaņā ar Betsa limitu maksimālais enerģijas daudzums, kuru ir iespējams paņemt no straumes ir vienāds ar 60% no kopējā kinētiskās enerģijas daudzuma straumē, bet tas ir apgalvots ar pieņēmumu, ka viss straumes šķērsgriezums ir noklāts ar HKI aktīvajām daļām un ignorē vadotņu iespējamību.

Vadotņu enerģijas koncentrēšanas efektivitāte palielinās līdz ar straumes ātruma samazināšanos [86]. Tas sniedz papildus iespējas HKI izmantošanai salīdzinoši līdzena reljefa vietās, kur plūst lēnākas upes, kā piemēram Latvijā, visā Baltijā un daudzās citās pasaules vietās. No straumju ātruma mērījumiem Latvijas upēs redzams, ka vietās, kuras ir vispiemērotākās HKI uzstādīšanai, straumes ātrums ir starp 0.4 un 0.9 m/s. Lai nodrošinātu HKI efektīvu darbību, tās ir vēlams darbināt vismaz divas līdz trīs reizes ātrākās straumēs. Iespējamie vadotņu risinājumi priekš straumēm ar ātrumu zem un ap 1 m/s ir vismazāk izpētīti, ir ar augstāko labu rezultātu iegūšanas potenciālu.

Brīvās plūsmas HKI ir salīdzinoši jauna tehnoloģija, kuras visperspektīvākie risinājumi pašreiz ir tikai sākotnējās izstrādes stadijās. Šādu risinājumu efektivitāte parasti tiek novērtēta tikai teorētiski vai praktiski pārbaudīta tikai ļoti specifiskos, nevis reālos, apstākļos.

Upes un apstākļi, kādos straumē var ievietot HKI ir daudzveidīgi un atšķirīgi. Tāpat ir daudz atšķirīgu HKI un vadotņu no kurām izvēlēties optimālo kombināciju, kuru darbināt izvēlētajā upē. Līdz ar to ir svarīgi spēt novērtēt gan upes vai tās posma potenciālu elektroenerģijas ražošanai ar hidrokinētiskajām iekārtām (lai izvēlētos HKI), gan arī apzināt ar konkrētām tehnoloģijām un to kombinācijām no konkrētās upes iegūstamo elektroenerģijas daudzumu (lai izvēlētos risinājumu konkrētai upei). Minētajām vajadzībām ir šajā darbā ir izstrādātas atbilstošas metodikas, kuras pielietojot, var novērtēt un salīdzināt ar HKI iegūstamos elektroenerģijas daudzumus ar un bez vadotnes.

4.2. Metodikas papildinājumi HKI vadotņu ietekmes novērtēšana

Lai radītu iespējas salīdzināt saražoto elektroenerģijas daudzumu un citus rezultātus gan lietojot, gan nelietojot vadotnes pietiek aprakstīto metodiku papildināt ar diviem parametriem, kas raksturo konkrēto vadotni:

- vadotnes laukuma proporcijas koeficientu (“area ratio” - tas tiek aprēķināts dalot ārējo (lielāko) šķērsriezuma laukumu ar iekšējo (ar HKI aktīvajiem elementiem noklājamo) šķērsriezuma laukumu) [80]: šis parametrs dod iespēju ņemt vērā laukumu, ko aizņem vadotne un, līdz ar to, S samazinājumu (skat. vienādojumu 1.2),
- HKI efektivitātes koeficients, gadījumā, kad tā tiek lietota kopā ar konkrēto vadotni: šis parametrs ļauj ņemt vērā v un N ieguvumus (skat. vienādojumu 1.2)

Lai radītu iespējas salīdzināt rezultātus, nelietojot un lietojot vadotnes, kā arī uzlabotu iespējas salīdzināt izpētītos upes posmus, saskaņā ar iepriekš aprakstīto metodiku veidojamā gala rezultātu tabula ir papildināta ar vairākām kolonām (skat. kolonnas 10 – 15 Tabulā 4.1.).

Tabula 4.1.

Izpētīto Daugavas posmu starp Jaunjelgavu un Jēkabpili potenciāla elektroenerģijas ražošanai ar HKI novērtējums

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | Bez vadotnes | | | | Ar vadotni A [29] | | Ar vadotni B [30] | |
|-----------------|--|--------|---------------|-----------------------------|---|---|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| Nr. P. k. | Atrašanās vieta Daugavā (šķērsriezuma vai punkta Nr.) | | Garums (m) | Straumes ātrums (m/s) | Šķērs- riezuma laukums (m ²) | Straumes enerģijas potenciāls visā upes šķērs- griezumā (W) | Ar HKI iegūstamā elektriskā jauka no šķērs- griezuma (W) | Elektro- enerģijas daudzums gadā (MWh) | Ar HKI iegūstamā elektriskā jauka no 1 km upes (KW) | Elektro- enerģijas daudzums gadā no 1 km upes (GWh) | Ar HKI iegūstamā elektriskā jauka no 1 km upes (KW) | Elektro- enerģijas daudzums gadā no 1 km upes (GWh) | Ar HKI iegūstamā elektriskā jauka no 1 km upes (KW) | Elektro- enerģijas daudzums gadā no 1 km upes (GWh) |
| | Sā- kums | Beigas | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 45 | 41 | 750 | 2,416 | n/d | n/d | n/d | n/d | n/d | n/d | n/d | n/d | n/d | n/d |
| 2 | 38 | 30 | 4000 | 0,759 | n/d | n/d | n/d | n/d | n/d | n/d | n/d | n/d | n/d | n/d |
| 3 | 29 | 24 | 4400 | 0,534 | 697,7 | 53 041 | 6311,86 | 7442,948 | 925,740 | 1,692 | 1363,750 | 2,492 | 1947,824 | 3,559 |
| 4 | 24 | 21 | 3000 | 0,454 | 1167 | 54 671 | 6505,82 | 5230,677 | 650,582 | 1,744 | 958,402 | 2,569 | 1368,871 | 3,669 |
| 5 | 21 | 10 | 850 | n/d | n/d | n/d | n/d | n/d | n/d | n/d | n/d | n/d | n/d | n/d |
| 6 | 10 | n/d | n/d | zem 0,45 | n/d | n/d | n/d | n/d | n/d | n/d | n/d | n/d | n/d | n/d |
| 7 | 9 | 5 | 2150 | 0,800 | 536,4 | 137 318 | 16 340,8 | 9415,569 | 1170,840 | 4,378 | 1724,817 | 6,450 | 2463,530 | 9,212 |
| 8 | 5 | 3 | 3000 | 0,677 | 772,2 | 11 9848 | 14 261,9 | 11 466,593 | 1426,193 | 3,822 | 2100,991 | 5,631 | 3000,814 | 8,042 |
| 9 | 3 | 1 | 4000 | 0,479 | 1182 | 64 987 | 7733,48 | 8290,287 | 1031,130 | 2,073 | 1519,005 | 3,053 | 2169,573 | 4,361 |
| 10 | 1 | n/d | n/d | zem 0,41 | n/d | n/d | n/d | n/d | n/d | n/d | n/d | n/d | n/d | n/d |

n/d – nav datu

Tabula 4.1. ir iegūta papildinot ar kolonām 10 – 15 Tabulu 2.2.

Dati par vadotni A ir paņemti no [86] un dati par vadotni B ir paņemti no [80] (šajā darbā tā ir nosaukta kā “profile E1A6”). Apraksti un cita informācija par vadotnēm A un B ir pieejama attiecīgajos darbos. Vadotnes ir attēlotas Attēlā 4.1.

No informācijas Tabulā 4.1. ir redzams, ka lietojot vadotni A, dotajos apstākļos saražotās elektroenerģijas daudzumu ir iespējams palielināt par 47%, savukārt, lietojot vadotni B to ir iespējams palielināt par 110%. Informācija par vadotnes A efektivitāti ir iegūta empīriskā eksperimentā. Kā liecina interneta izpētes rezultāti, šī ir vadotne, kurai ir labākie praksē apstiprinātie rādītāji. Vadotnei B ir vairāk nekā divas reizes labāki efektivitātes rādītāji, bet tā ir tikai teorētiska ierīce un tās efektivitāte arī ir tikai teorētiska.

Ņemot vērā cik plašā diapazonā atkarībā no vadotnes var mainīties HKI jauda, pastāv iespēja vadotnes vienlaicīgi izmantot arī kā HKI energosistēmu automātikas elementu un/vai risinājumu. Piemēram, atkarībā no straumes (caurplūdes) lieluma iespējams to virzīt uz HKI pa dažādām vadotnēm – jo mazāki caurplūdes rādītāji, jo straumes ātrumu vairāk paātrinoša vadotne tiek lietota. Tāpat iespējams izstrādāt regulējamās vadotnes, kuru parametrus var pamainīt atbilstoši caurplūdes rādītājiem. Piemēram, viens no šādiem maināmiem parametriem varētu būt vadotnes ieplūdes laukums S , kuru ir iespējams mainīt dažādos veidos pagarinot vai saīsinot ieplūdes sienu garumu. Tādā veidā vienlaicīgi var tikt nodrošināta gan efektīvāka, gan arī vienmērīga HKI ģeneratora darbība tam noteiktajā apgriezīgu diapazonā. Tas ļauj neizmantojot citus regulēšanas mehānismus, kas rada papildus izmaksas un samazina efektivitāti.

Rezultāti parāda, ka vadotnes var būtiski palielināt ar HKI saražotās elektroenerģijas daudzumu un, līdz ar to, būtiski palielināt HKI efektivitāti. Kā liecina tās pašas internetā atrodamie dati, iespējamie vadotņu risinājumi priekš straumēm ar ātrumu zem un ap 1 m/s ir vismazāk izpētīti, bet tieši šajā salīdzinoši lēnāku straumju ātrumu diapazonā vadotņu efektivitāte ir visaugstākā. Tas sniedz papildus iespējas lietot HKI tādās salīdzinoši lēnākās upēs, kā Latvijā. Ņemot vērā, ka ir teorētiskas iespējas uzlabot vadotņu efektivitāti vismaz līdz 110%, šādu vadotņu izpēte ir vēl jo perspektīvāks darbs priekš valstīm ar salīdzinoši līdzenu reljefu un daudzām lēnām upēm. Pirmie no šiem darbiem varētu būt dažādu vadotņu modeļu izveide un sīkāka to darbības izpēte teorētiski modelējot to pie straumju ātrumiem ap un zem 1 m/s. Veicama arī daudzsološāko modeļu darbības pārbaude eksperimentos.

4.3. Secinājumi par vadotnēm

Balstoties uz šī darba rezultātiem var izdarīt sekojošus secinājumus par HKI lietošanu kopā ar vadotnēm:

- aprēķini liecina ka vadotnes var palielināt efektivitāti elektroenerģijas ražošanai ar HKI par vismaz 50 līdz 110 procentiem;
- vadotnes ir perspektīvs risinājums upju HKI efektivitātes uzlabošanai;
- ieguvumi no vadotņu lietošanas var tikt novērtēti izmantojot metodiku, kas ir aprakstīta šajā darbā;
- ir perspektīvi un vēlams veikt izpēti un izstrādes darbus lai izveidotu vadotnes straumju ātrumiem ap un zem 1 m/s, jo tās ir vismazāk pētītas un paredzams, ka darbojas visefektīvāk;
- straumes spiediena spēku, kas darbojas uz vadotnēm samazināšana un vadotņu nostiprināšanas risinājumi ir jautājumi, kas noteikti ņemami vērā, izstrādājot jaunas vadotnes;

5. DAUGAVAS IZPĒTES REZULTĀTI OTRAJĀ POSMĀ

Saskaņā ar iepriekš aprakstīto metodiku tika turpināta izpēte Daugavā no Līvānu pārceltuves līdz Jēkabpilij. Atsevišķo mērījumu punktu vietas Līvānu apkaimē ir norādītas Attēlā 5.1. Pārējo atsevišķo mērījumu punktu vietas (no Reiņu salas līdz Jēkabpilij) ir norādītas Attēlos 5.2. un 5.3. Izpētīto šķērsriezumu vietas ir norādītas Attēlos 5.4. un 5.5.



Attēls 5.1: Atsevišķo mērījumu punktu vietas Līvānu apkaimē



Attēls 5.2.: Pārējo atsevišķo mērījumu punktu vietas (no Reiņu salas uz Jēkabpils pusi)



Attēls 5.3.: Pārējo atsevišķo mērījumu punktu vietas (pie Jēkabpils)



Attēls 5.4.: Pie Jēkabpils (starp Pungas un Ābeļu salām) pētītie Daugavas šķērsgriezumi



Attēls 5.5.: Pie Līvāniem pētītie Daugavas šķērs griezumi

Tabulā 5.1. līdzīgā salīdzināmā formātā kā Tabulā 4.1. ir apkopoti rezultāti no veiktās izpētes. Visas konstantes aprēķiniem, pieņēmumi, dati par vadotnēm un tamlīdzīga informācija ir ņemta no iepriekš aprakstītā metodikas pielietojuma piemēra un nodaļas par vadotnēm. Mērījumu dati, kuri ir pamatā Tabulā 5.1. esošajiem rezultātiem ir atrodami 2. pielikumā.

Tabula 5.1.

Izpēģito Daugavas posmu starp Ķēkabpili un Līvāniem potenciāla elektroenerģijas ražošanai ar HKI novērtējums

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | Bez vadotnes | | | | Ar vadotni A [29] | | Ar vadotni B [30] | |
|-----------------|--|-------------|---------------|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| Nr. p. k. | Atrašanās vieta Daugavā (šķērsgrīezu ms vai punkta Nr.) | | Garums (m) | Straumes ātrums (m/s) | Šķērs- grīezuma laukums (m ²) | Straumes enerģijas potenciāls visā upes šķērs- grīezumā (W) | Ar HKI iegūstamā elektriskā jauņa no šķērs- grīezuma (W) | Elektro- enerģijas daudzums gadā (MWh) | Ar HKI iegūstamā elektriskā jauņa no 1 km upes (KW) | Elektro- enerģijas daudzums gadā no 1 km upes (GWh) | Ar HKI iegūstamā elektriskā jauņa no 1 km upes (KW) | Elektro- enerģijas daudzums gadā no 1 km upes (GWh) | Ar HKI iegūstamā elektriskā jauņa no 1 km upes (KW) | Elektro- enerģijas daudzums gadā no 1 km upes (GWh) |
| | Sā- kums | Bei- gas | | | | | | | | | | | | |
| 1 | S6 | S5 | 2000 | 0,503 | 598,4 | 38 101 | 4534,00 | 2430,222 | 302,266 | 1,215 | 445,283 | 1,790 | 635,990 | 2,557 |
| 2 | S5 | S4 | 800 | Upju sateces vietā nav mērķtiecīgi izvietot HKI turbulences un citu mainīgu apstākļu dēļ | | | | | | | | | | |
| 3 | S4 | L27 | 2000 | 0,480 | 768,1 | 42 432 | 5049,38 | 2706,469 | 336,625 | 1,353 | 495,898 | 1,994 | 708,284 | 2,847 |
| 4 | L27 | J16 | 12000 | 0,988 | n/d | n/d | n/d | n/d | n/d | n/d | n/d | n/d | n/d | n/d |
| 5 | J16 | J18 | 1500 | Upju sateces vietā nav mērķtiecīgi izvietot HKI turbulences un citu mainīgu apstākļu dēļ | | | | | | | | | | |
| 6 | J18 | S1 | 1800 | 0,535 | 914,1 | 70 068 | 8338,09 | 4022,297 | 500,286 | 2,235 | 736,994 | 3,292 | 1052,637 | 4,702 |
| 7 | S1 | J27 | 3500 | 0,989 | n/d | n/d | n/d | n/d | n/d | n/d | n/d | n/d | n/d | n/d |
| 8 | J27 | J29 | 800 | Upju sateces vietā nav mērķtiecīgi izvietot HKI turbulences un citu mainīgu apstākļu dēļ | | | | | | | | | | |

n/d – nav datu

Tabulā 5.1. aprakstīto Daugavas posmu sākumu un beigu vietu apzīmējumos esošie burti atšifrējami ir sekojoģi:

- S – aiz burta sekoģošais skaitlis ir šķērsgrīezuma numurs no Attēliem 5.4. vai 5.5.
- L - aiz burta sekoģošais skaitlis ir punkta numurs no Attēla 5.1.
- J - aiz burta sekoģošais skaitlis ir punkta numurs no Attēla 5.3.

Interpretācijas piemēri par Tabulā 5.1. esošajiem datiem no straumes ātruma un HKI izmantošanas iespēju viedokļa, saskaņā ar posmu numuriem Tabulā 5.1., ir apkopoti sekojošā sarakstā:

1. Viens no trijiem atrastajiem posmiem, kuros iespējams izvietot HKI parku. Otrā (vidējā) ātrākā straume un mazākais potenciāli iegūstamās elektroenerģijas apjoms no trijiem. Perspektīvā var noderēt lokālai Līvānu elektroapgādei.
2. Upju sateces vietā nav mērķtiecīgi izvietot HKI turbulences un citu mainīgu apstākļu dēļ.
3. Viens no trijiem atrastajiem posmiem, kuros iespējams izvietot HKI parku. Lēnākā straume un otrais (vidējais) iegūstamās elektroenerģijas apjoms no trijiem. Perspektīvā var noderēt lokālai Līvānu elektroapgādei.
4. Garš krācains upes posms. Visā garumā starp krācēm iespējams atrast labas vietas ar ātru un pietiekami dziļu straumi individuālu HKI ierīkošanai. HKI parku ierīkošanai nav piemērots.
5. Upju sateces vietā nav mērķtiecīgi izvietot HKI turbulences un citu mainīgu apstākļu dēļ. Šeit arī daudz salu, kas ievieš lielāku nenoteiktību un apgrūtina HKI apkalpošanu.
6. No iegūstamā elektroenerģijas daudzuma viedokļa visperspektīvākais no trijiem atrastajiem posmiem, kuros iespējams izvietot HKI parku. Visātrākā straume un vislielākais iegūstamās elektroenerģijas apjoms no trijiem.
7. Krācains upes posms. Starp krācēm iespējams atrast labas vietas ar ātru un pietiekami dziļu straumi individuālu HKI ierīkošanai. HKI parku ierīkošanai nav piemērots.
8. Upju sateces vietā nav mērķtiecīgi izvietot HKI turbulences un citu mainīgu apstākļu dēļ

No darbiem Daugavas potenciāla un vadotņu izpētē var secināt, ka HKI ir vērts attīstīt izmantošanai arī Latvijas apstākļos, jo apstākļi un iespējas tās izmantot ir pietiekami labi un perspektīvi.

6. DARBI JAUNU HKI IZSTRĀDĒ UN UZLABOŠANĀ

Ir zināmi dažādi tehniskie paņēmieni, kas dod iespējas būtiski palielināt hidrokinētisko iekārtu efektivitāti. Šādas iespējas dod vadotnes, tajā skaitā difuzori un citi speciāli plūsmas vadības paņēmieni. Šīs ierīces maina straumes šķērsgriezumu un/vai virzienu, maina spiedienu straumē, minimizē turbulenci, kopumā ievērojami palielinot straumes enerģijas izmantošanas efektivitāti. Lai paplašinātu zināšanas šajā jomā un iegūtu zināšanas, kā efektīvāk izmantot Latvijai raksturīgi lēnas straumes, ar aprēķinu, modeļu un mērījumu palīdzību pētītas iespējas palielināt hidrokinētisko iekārtu efektivitāti, lietojot šādas ierīces, līdz ar to radot iespēju to izstrādei konkrētai vajadzībai.

Pētīts arī kā efektīvāk izmantot lēno ūdens straumju kinētisko enerģiju, mainot straumē ievietotu tās enerģiju uztverošo ķermeņu formu un izvietojumu. Šim nolūkam veikti eksperimenti ar ūdens straumē ievietojamiem dažādas formas ķermeņiem, lai modelētu straumes enerģijas sadalījumu un prognozētu darbojošos spēkus. Mērķis bija atrast tādu ķermeņu formu un savstarpējo izvietojumu, kas nodrošinātu pēc iespējas efektīvāku straumes enerģijas izmantošanu. Rezultāti dod papildus informāciju par spēkiem, kas darbojas hidrokinētisko iekārtu dažādos risinājumos, galvenokārt netradicionālajos, kas ir inovatīvāki un piemērotāki Latvijas lēnajām straumēm.

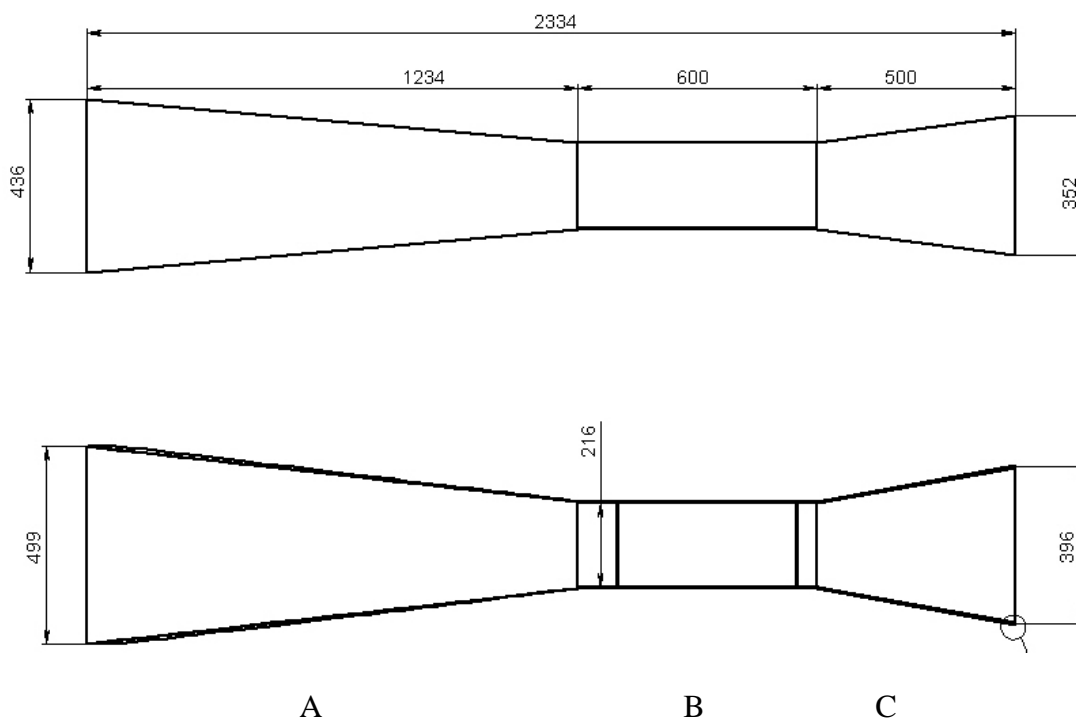
Pētījumos iegūtās zināšanas ir izmantotas jaunu hidrokinētisko iekārtu izstrādē.

6.1. Eksperimenti ūdens straumes ātruma palielināšanā

Lai būtu ērti un ekonomiski izmantot projekta rezultātus ir mērķtiecīgi panākt pēc iespējas lielāku ūdens straumes paātrinājumu pēc iespējas kompaktākā iekārtā. Balstoties uz izpētīto pasaules pieredzi sākotnēji tika izgatavoti trīs sekojoši ūdens straumi mainoši un virzoši modeļi:

- a. koncentrators,
- b. kanāls,
- c. difuzors.

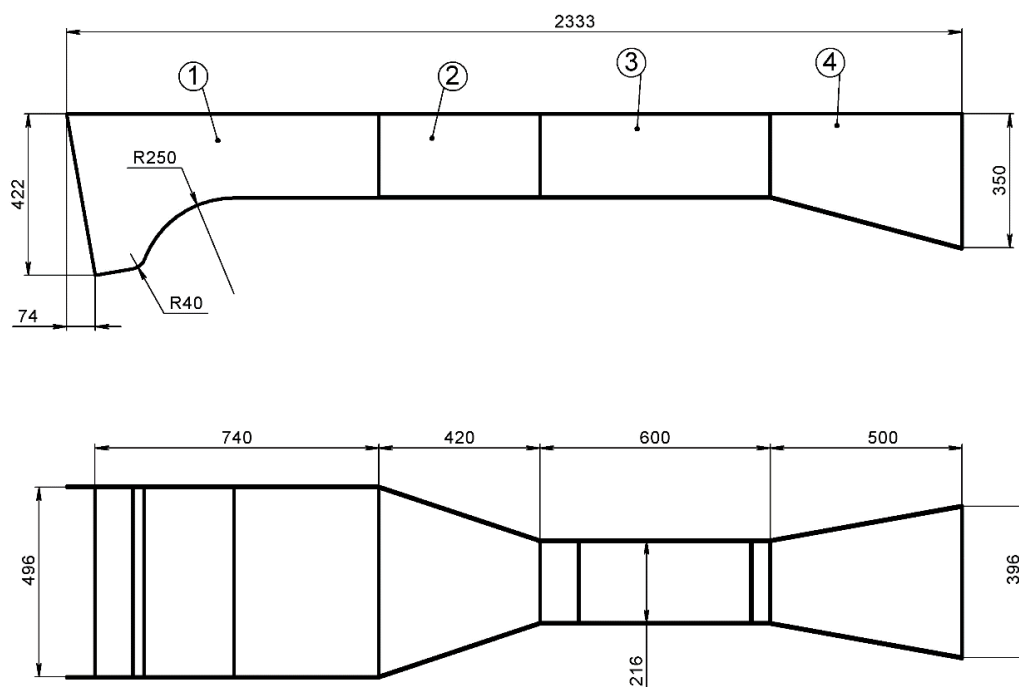
Visi šie modeļi tika veidoti savienojami vienā kopīgā eksperimentālā iekārtā, kura ir redzama Attēlā 6.1.



Attēls 6.1.: Eksperimentālās iekārtas 1 sānskats un virsskats

Iekārta tika veidota maksimāli kompakta, bet pietiekami liela, lai tajā varētu veikt nepieciešamos mērījumus. Līdz ar to šaurākās vietas – kanāla izmērus noteica straumes ātruma mērinstrumenta aktīvās daļas izmēri, bet koncentrators un difuzors tika veidoti maksimāli kompakti, ievērojot fizikālos nosacījumus [87], kas izpildāmi, lai neradītu iekārtā turbulenci, kas maina ūdens tecēšanas režīmu un pasliktina enerģijas transformāciju.

Kad bija pabeigti eksperimenti ar Attēlā 16 redzamās iekārtas visām konfigurācijām, tika turpināts darbs pie tās uzlabošanas, balstoties uz [88] aprakstīto pieredzi. Rezultātā Attēlā 6.1. redzamais koncentrators, kas apzīmēts ar “A”, tika aizstāts ar divām detaļām “1” un “2”, kas ir redzamas Attēlā 6.2. Turpmākie eksperimenti ūdens plūsmas ātruma palielināšanas sakarā tika veikti ar Attēlā 6.2. redzamās iekārtas dažādām konfigurācijām.

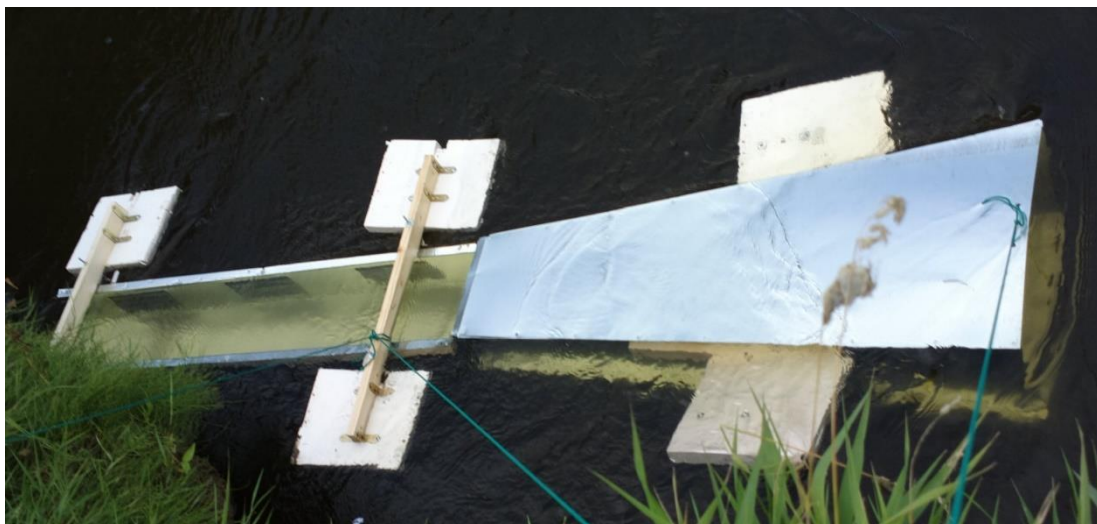


Attēls 6.2.: Eksperimentālās iekārtas 2 sānskats un virsskats

6.1.1. Eksperimentu gaita un iegūtie rezultāti

Lai veiktu eksperimentus ar izgatavotajiem modeļiem vispirms bija jāatrod piemērota ūdens straume, kurā to ievietot un veids, kā modeļus straumē nostiprināt un apkalpot tā, lai būtu iespējams veikt nepieciešamos mērījumus.

Pēc vairāku potenciālo vietu apskates tika nolemts eksperimentus sākt Gaujā pie Ādažiem (skat. Attēlu 6.3.).



Attēls 6.3.: Viena no sākotnējām pirmās iekārtas konfigurācijām eksperimentu mēģinājumos pie Gaujas tilta

Tur vairākos eksperimentos tika izmēģināti dažādi nostiprināšanas un mērījumu veikšanas veidi. Piemēram, pie upes gultnē nostiprinātiem kronšteinim, ar atsaitēm pie tilta vai krasta. Mērījumus tika mēģināts veikt gan no krasta, gan laivas, gan arī stāvot straumē blakus iekārtai. Eksperimentēts tikai ar modeļu sastāvdaļām 1, 2 un 3, veidojot no tām dažādas kombinācijas. Šo eksperimentu rezultātā tika konstatēts, ka eksperimentālā iekārta ir jāpadara izturīgāka un jāmeklē vienkāršāki un drošāki stiprināšanas veidi un jāatrod vieta, kurā iekārtu ir ērtāk nostiprināt un veikt vajadzīgos mērījumus.

Pēc aprakstītās eksperimentu sērijas paralēli tika veikti gan eksperimentālās iekārtas uzlabošanas darbi (lokšņu metāla konstrukcijas nostiprināšana ar koka detaļām un kanāla vāka pielikšana), gan arī turpināta ērtākas eksperimentu vietas izvēle. Rezultātā tika iegūts izturīgāks eksperimentālā iekārta, kā arī atrasta vieta eksperimentu veikšanai - kanāls ar taisnstūrveida profilu un betona sienām, kurš bija tikai apmēram 0,5m dziļš un 2m plats ērtai eksperimentu veikšanai (Skat. attēlu 6.4.).



Attēls 6.4.: Otrā eksperimentu iekārta eksperimentā Rīgas HES drenāžas kanālā

Turpmākie eksperimenti tika veikti piemērotākā kanālā. Eksperimentu objekti tika ievietoti izbetonētā kanāla straumē un, plūsmas ātrumi un to izmaiņas noteiktas visās interesējošās vietās iekārtā un kanālā

Arī visām uzlabotajām konstrukcijām sākotnēji bija nepieciešami vairāki eksperimenti, kuros tika testēti uzlabojumi, galvenokārt paša modeļa stiprības un tā nostiprināšanas ziņā.

6.1.2. Rezultātu analīze

Katrai, no divām izveidotajām straumes paātrināšanas iekārtām, eksperimentos tika atrasta veiksmīgākā konfigurācija. Šo konfigurāciju darbības rezultāti ir apkopoti Tabulā 6.1.:

Tabula 6.1.

Izveidoto straumes ātrumu palielinošo iekārtu veiksmīgāko konfigurāciju darbības rādītāji

| Mērījumu vieta | Straumes ātrums (m/s) | Straumes paātrinājums (reizes) | Šķērs-griezuma laukums (m ²) | Laukuma samazinājums (reizes) | Straumes enerģijas potenciāls šķērs-griezumā (W) |
|------------------------------|-----------------------|--------------------------------|--|-------------------------------|--|
| 1. iekārtai ārpusē - ieplūdē | 0,52 | 1,56 | 0,1627 | 3,49 | 11,44 |
| 1. iekārtai darba zonā | 0,81 | | 0,0467 | | 12,40 |
| 2. iekārtai ārpusē - ieplūdē | 0,44 | 1,64 | 0,2093 | 4,49 | 8,92 |
| 2. iekārtai darba zonā | 0,72 | | 0,0467 | | 8,71 |



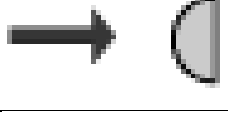



Kā redzams tabulā, paātrinātajai straumei sākotnējās iekārtas darba zonā straumes enerģija ir praktiski tāda pati, kā enerģija nepaātrinātai straumei ārpus iekārtas. Tātad iekārta strādā praktiski bez zudumiem. Straumes paātrinājums un laukuma samazinājums jeb laukuma koeficients (area ratio) ir salīdzināmi ar literatūrā atrodamajiem veiksmīgākajiem risinājumiem. Sagaidāms, ka pārbaudīto iekārtu lietošana var dot hidrokinētisko iekārtu darbības efektivitātes pieaugumu.

6.2. Eksperimenti ūdens straumes enerģijas uztveršanā

Ka redzams šajā un vairākos citos darbos [1,16,17,18,89], ūdens plūsmas enerģiju var uztvert ar dažādiem ķermeņiem, kurus ievieto ūdens straumē tā, lai straume varētu tos kustināt. Jebkādas kustības pārvēršanai elektroģeneratora rotēšanā ir izstrādāti daudzi risinājumi, kuru pamatā ir propelleri un tamlīdzīgas iekārtas, kas pārvērš straumes enerģiju rotācijā, bet tikpat kā nav risinājumu, kas nebalstās uz turbīnām. Līdz ar to vislielākās iespējas inovācijā ir risinājumiem, kas, vismaz sākotnēji pārvērš straumes enerģiju taisnvirziena, nevis riņķveida

kustībā. Balstoties uz to tika nolemts eksperimentāli pētīt iespējas, kā visefektīvāk pārvērst straumes enerģiju taisnvirziena kustībā. Pa cik straumei jau ir taisnvirziena kustība uzreiz tika atrasta literatūra par to kādas formas ķermeņi, ievietoti straumē visefektīvāk uztvers straumes enerģiju. Literatūrā [90] ir atrodama Tabulā 6.2. apkopotā informācija.

Tabula 6.2.
Dažādu straumē ievietotu ķermeņu pretestības koeficienti (paņemts no [90]).

| Nr. | Straumē ievietotais ķermenis | | Pretestības koeficients |
|-----|--|--|-------------------------|
| 1 | Disks (plāksne) |  | 1,11 |
| 2 | sfēras puse (straume no plakanās puses) |  | 1,35...1,40 |
| 3 | sfēras puse (straume no izliektās puses) |  | 0,30...0,40 |
| 4 | sfēra |  | 0,4 |
| 5 | pilienveida (straume no platākās puses) |  | 0,045 |
| 6 | pilienveida (straume no smailākās puses) |  | 0,1 |

Jo lielāks pretestības koeficients, jo labāk konkrētais ķermenis uztver straumes enerģiju un straume to virzīs ar lielāku spēku. Ņemot vērā to, ka vadotņu gadījumā enerģiju uztverošie aktīvie ķermeņi (lāpstiņas, kausi, citas formas) būs izvietoti relatīvi mazos tilpumos, svarīgs ir to novietojums tā, lai tie neietekmē viens otru, turbulences zonas veidošanās dēļ. Eksperimentā tika mērīts un noteikts minimālais attālums, kad divi straumē ievietoti ķermeņi neietekmē viens otru un tiek uzskatīts, ka tas ir tad, kad spēki, kas iedarbojas uz katru no ķermeņiem ir vienādi. Ja, samazinoties savstarpējam attālumam, aizmugurē stāvošais ķermenis sāk izjust priekšā stāvoša turbulenci, tad dinamometru rādītāji kļūst atšķirīgi.

Šis parametrs, kas raksturo konkrētās formas noderīgumu straumes enerģijas uztveršanai, ļauj novērtēt turbulences zonas lielumu arī tad, ja tas attieksies uz turbīnu savstarpējo

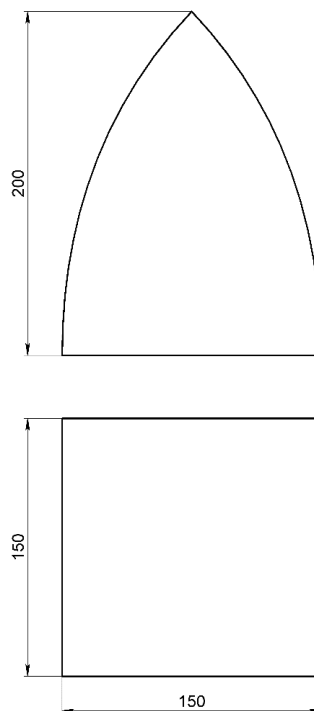
izvietojumu HKI parkos. Jo šī zona garāka, jo garāks posms no straumes nav izmantojams atkārtotai tādas pašas vai citādas formas ķermeņa ievietošanai.

6.2.1. Eksperimentu gaita un iegūtie rezultāti

Lai konstatētu kāds ķermenis varētu būt vispiemērotākais straumes enerģijas uztveršanai tika veikti eksperimenti ar sekojošiem ķermeņiem:

- A. ķermeni, kuram balstoties uz Tabulā 6.2. esošajiem datiem teorētiski varētu būt visoptimālākais pretestības koeficienta un turbulences zonas garums. Šis ķermenis ir parādīts Attēlā 6.5.; kā arī apzīmēts ar A Attēlā 6.6.
- B. vienkāršu plāksni, kā dažādās enerģijas pārveidošanas iekārtās ar vismazākajām izmaksām realizējamu un visvienkāršāko ķermeni (Attēlā 6.6. apzīmēta ar B),
- C. kausu (izliektu plakni (loku) jeb tukšu puscilindru) (pa cik attiecīgi orientētai sfēras pusei ir vislielākais pretestības koeficients – skat. Tabulu 6.2.; Attēlā 6.6. apzīmēts ar C)
- D. puscilindru (pa cik attiecīgi orientētai sfēras pusei ir vislielākais pretestības koeficients – skat. Tabulu 6.2.; Attēlā 6.6. apzīmēts ar D)

Ķermeņi tika veidoti tā, lai tiem būtu vismaz viena taisna skaldne, ērtai nostiprināšanai pie straumes enerģijas pārveidotāja mehānismiem.



Attēls 6.5.: Viens no eksperimentiem izstrādātajiem ķermeņiem

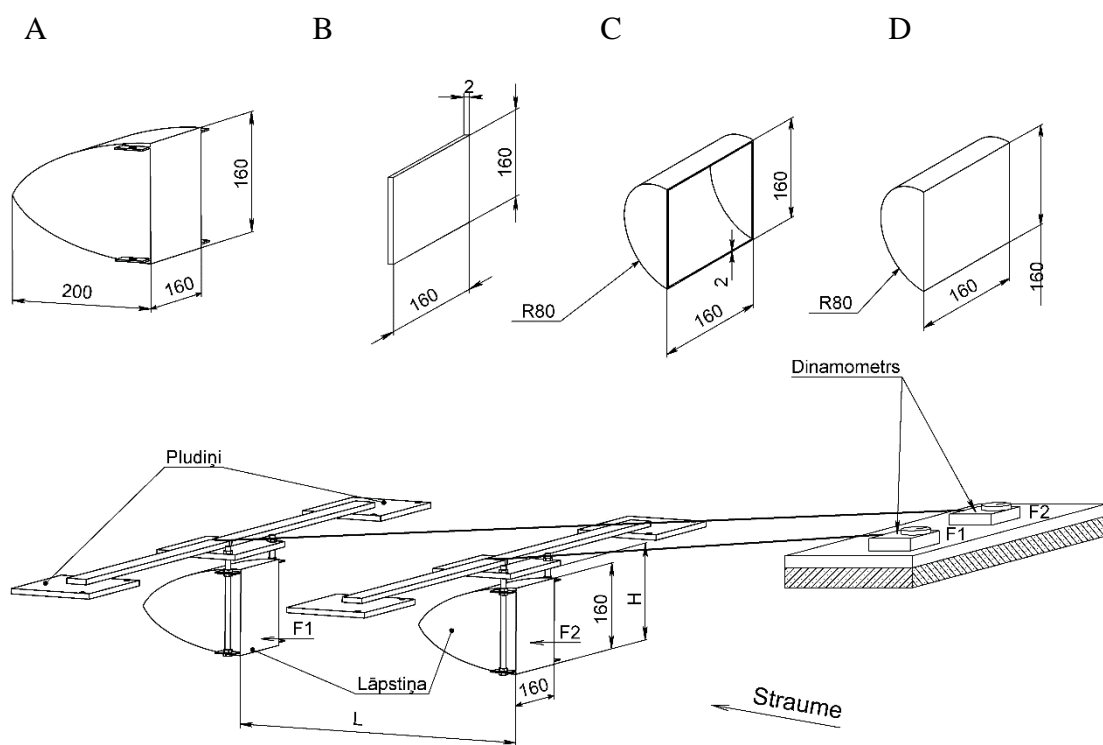
Lai veiktu eksperimentus tiem tika izveidota tāda konfigurācija, kas ļauj novietot ķermeņus straumē vienu aiz otra un mainot starp tiem attālumu mērīt spēku ar kuru straume iedarbojas uz abiem šiem ķermeņiem. Minētā eksperimentu konfigurācija ir parādīta Attēlā 6.6.

A - Nogriezta piliena forma ;

B – Plāksne;

C – Kauss;

D – Pāršķelts cilindrs



Attēls 6.6.: Konfigurācija eksperimentiem ar straumes enerģiju uztverošiem priekšmetiem

Tas pats tika veikts arī novietojot ķermeņus ar nobīdi vienam pret otru – tā, lai skatoties straumes virzienā tie būtu blakus, nevis tieši viens aiz otra vai viens virs otra.

6.2.2. Rezultātu analīze

Eksperimentu ar straumes enerģiju uztverošiem ķermeņiem rezultāti ir apkopoti Tabulā 6.3.

Tabula 6.3.

Eksperimentu ar straumes enerģiju uztverošiem ķermeņiem rezultāti

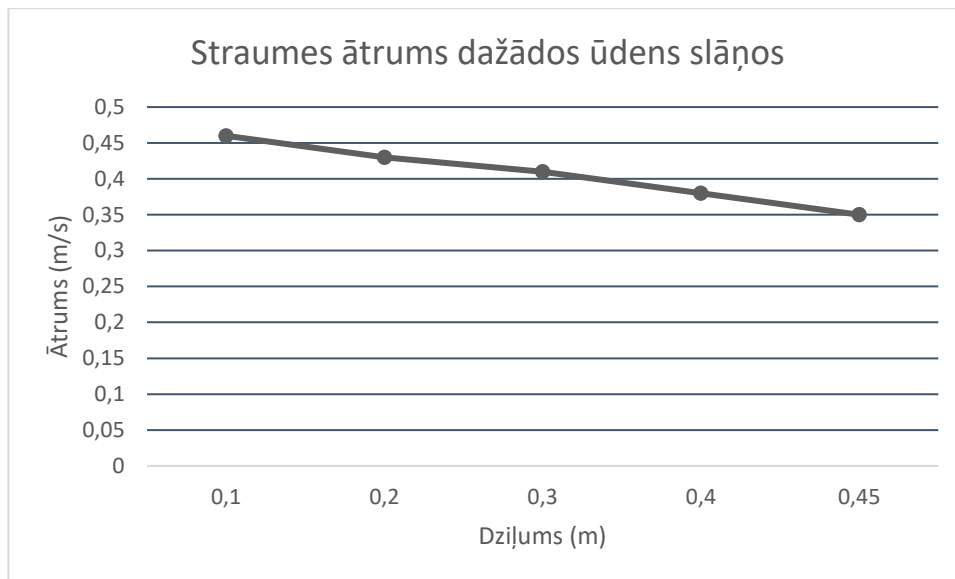
| Ķermenis: | A | B | C | D |
|------------------------------|-----|-----|-----|-----|
| F1 (kg) | 0,6 | 1,0 | 1,3 | 0,9 |
| min L pie kura $F_1=F_2$ (m) | 0,8 | 1,0 | 1,1 | 0,9 |

Ņemot vērā tabulā dotos datus katram specifiskam gadījumam iespējams izvēlēties vispiemērotāko no izpētītajiem ķermeņiem. Vispārīgi no tabulā dotajiem datiem var secināt, ka vairumā gadījumu visizdevīgākais straumes enerģiju uztverošais ķermenis ir plāksne, jo:

- visu citu ķermeņu izgatavošana rada būtiski lielākas izmaksas un resursu patēriņu,
- visi citi ķermeņi aizņem daudz vairāk vietas un, līdz ar to, ir arī grūtāk manipulējami,
- visus citus ķermeņus ir sarežģītāk stiprināt pie dažādiem mehānismiem, kuriem tie kalpo par piedziņu.

Sarežģītāko ķermeņu noderīgās atšķirības (īsākās turbulences zonas un/vai lielākie spēki F), neuzrādīja tik labus rezultātus, lai tos izvēlētos vienkāršas plāksnes vietā.

Ir zināms, ka straumes ātrums upē vai kanālā ir maksimālais pie ūdens virsmas un vismazākais pie gultnes. Skaitliski šī atkarība noteikta arī mērījumiem izmantotajā kanālā un parādīta Attēlā 6.7.

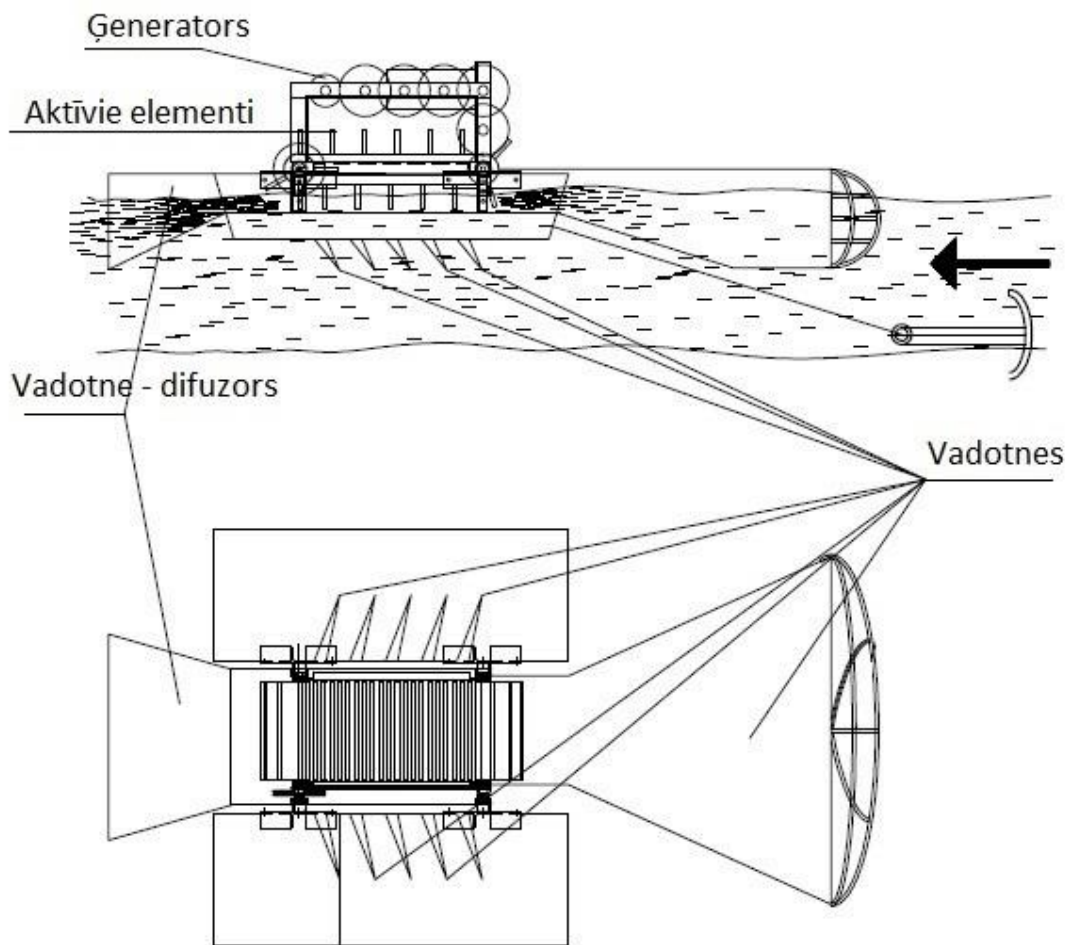


Attēls 6.7.: Straumes ātrums dažādos ūdens slāņos

Šīs relatīvi lielās straumes ātruma izmaiņas ir izmantojamas, lietojot straumes ātruma palielināšanai vadotnes darba kanālā. Tas izpaužas, novietojot vadotni nevis horizontāli, bet zem leņķa pret straumi tādā veidā radot gan lielāku kritumu, kas papildus palielina straumes ātrumu, gan izmaiņas vadotnes efektivitātē, pateicoties ātrumu starpībai dažādos dziļumos. Var izteikt hipotēzi, ka šajā gadījumā maksimāla efekta sasniegšanai būs nepieciešams mainīt koncentratora konstrukciju, par cik ūdens plūsmas raksturlielumi ievērojami mainās.

6.3. HKI un ar tām saistītie izgudrojumi

Pētījumos iegūtās zināšanas ir izmantotas jaunu hidrokinētisko iekārtu un to sastāvdaļu izstrādē. Darba autors, strādādams kolektīvos ar citiem izgudrotājiem, ir piedalījies vairāku hidrokinētisko iekārtu un to sastāvdaļu izstrādē. Rezultātā Latvijas Republikas patentu valdē ir iesniegti 11 patentu pieteikumi, kuros autors ir līdzizgudrotājs. Ir saņemti divi patenti un pozitīvs lēmums reģistrēt vēl vienu patentu. Pārējie patentu pieteikumi uz darba publicēšanas brīdi atradās dažādās izskatīšanas stadijās. Attēlos 6.8. un 6.9. ir parādītas hidrokinētiskās iekārtas, kuru patenti gan apstiprināti, gan arī publicēti [91, 92].



Attēls 6.8.: Patentēta hidrokinētiskā iekārta



Attēls 6.9.: Patentētas hidrokinētiskās iekārtas eksperimentāls modelis darbībā

Attēlā 6.8. redzamās iekārtas pamatā ir uz divām ūdens virsmām paralēlām un ūdens straumei perpendikulārām asīm līdzīgi kāpurķēdei rotējošs mehānisms. Pie šī mehānisma atbilstoši šajā darbā veikto pētījumu rezultātiem, ir piestiprināti straumes enerģiju uztverošie aktīvie elementi. Tāpat ierīce ir aprīkota ar vadotnēm, kuras izstrādātas, lietojot arī šajā darbā iegūtās zināšanas. Arī Attēlā 6.9. redzamā ierīce ir paredzēta lietošanai ar vadotnēm gan tās ieejā, gan izejā (difuzors). Turbīna ir uzstādīta slīpi. Šāda konstrukcija uztver gan plūsmas kinētisko, gan arī statisko enerģiju.

Vēl (bez diviem iepriekš minētajiem – attēlos redzamajiem, ir iesniegti patenti par sekojošiem izgudrojumiem):

- HKI, kas ir balstīta uz iepriekšējās – attēlā redzamās iekārtas risinājumu un kurā jaunums ir divas paralēlas vārpstas, kas izvietotas tā, lai palielinātu viena otras efektivitāti.
- HKI kas ietver uz leju izliektu kanālu, kurā atrodas spirālveida lāpstiņas vertikālās plūsmas sadalei, turbīna ar spirāliskām rievām, kas iziet no centra uz

perifēriju. No turbīnas sprauslas izejošā ūdens plūsma triecas pret nekustīga profilētā zobrata izciļņiem un griež turbīnu.

- HKI kas darbojas sekojošā veidā: hermētiskā kamerā, korpusā ar pārspiediena avota palīdzību tiek iesūkņēts gaiss, radot tajā lielāku spiedienu par atmosfēras. Nepieciešamais šķidrums daudzums ar plūsmas paātrināšanas ierīces palīdzību tiek padots sadales maģistrālē, kuras izejā ir sprauslas, caur kurām izejot šķidrums plūsma paātrinās. Šī plūsma liek griezties pārveidotājam, uz kura vārpstas un ārpus kameras ir uzstādīts mehāniskās enerģijas pārveidotājs elektriskajā.
- Pētot un modelējot sprauslas, kuras varētu izmantot kā vadotnes – ūdens straumes paātrināšanai pirms HKI aktīvajiem elementiem, tika konstatēts, ka viena veida sprausla var tikt izmantota, kā hidromasāžas duša, izmantojot to pat ar mājas ūdensvada spiedienu. Rezultātā tika iesniegts atbilstošs patents.
- Plūsmas nomierinātājs, kurš sastāv no paralēlām plāksnēm. Plūstot caur to tiek samazināta ūdens jeb cita šķidrums turbulence un aug iekārtas efektivitāte.
- HKI, kas balstīta uz iepriekšējo sarakstā minēto, kas uzlabota un papildināta ar iepriekš minēto šķidrums plūsmas nomierinātāju un plūsmas sadales maģistrāli.
- Sprausla, kas izmantojama līdzīgi, kā HKI vadotne – plūsmas enerģijas koncentrēšanai un ātruma palielināšanai.
- Ierīce, kuras risinājumā ir rotējošas sprauslas, kuru rotācija nodrošina lielāku ātrumu ūdens plūsmai, kas darbina elektroģeneratora vai citu piedziņu, tā palielinot ierīces efektivitāti.
- Ierīce, kas balstīta uz iepriekšminēto un kurā, papildus ir iestrādāts risinājums, kas novērš ūdens pārvēršanos miglā un, līdz ar to, arī efektivitātes zudumu pie lieliem rotācijas ātrumiem.

Ir saņemti divi patenti un pozitīvs lēmums reģistrēt vēl vienu patentu. Pārējie patentu pieteikumi uz darba publicēšanas brīdi atrodas dažādās izskatīšanas stadijās.

7. IZSTRĀDĀTĀS METODIKAS LIETOJUMI EKONOMIKĀ

Literatūrā ir atrodami tikai nedaudzi darbi, kuros ir pētīti HKI ekspluatācijas ekonomiskie aspekti. Šie darbi nav tiešā veidā izmantojami HKI izvietojuma un skaita plānošanai konkrētā vietā tāpēc, ka ir vai nu pārāk vispārīgi [15], vai ir veltīti tikai vienam, konkrētam risinājumam [93], vai arī analizē jautājumus, kuros HKI izvietojums upes šķērsgrīzumā netiek ņemts vērā [94]. Arī HKI ražotāju sniegtā informācija aprobežojas ar tipveida tehniskajiem datiem, nepasakot kā ņemt vērā reālos upes šķērsgrīzuma un citus vietējos ierobežojumus [1, 18].

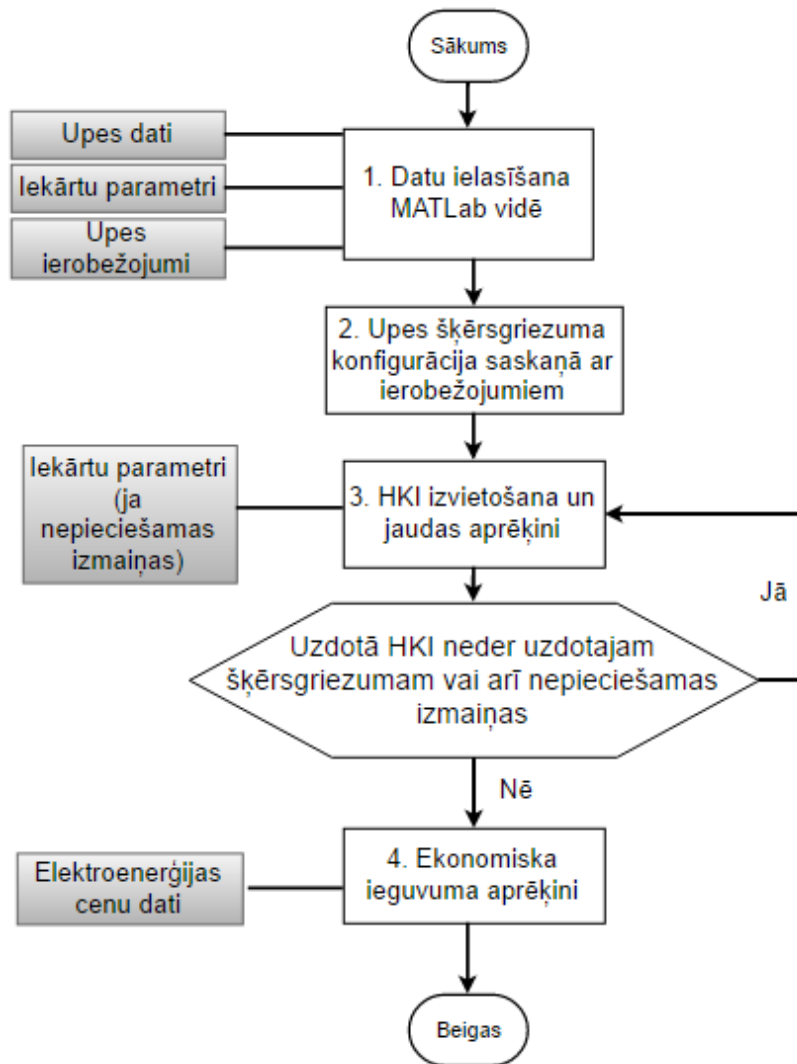
Līdz ar to ir nepieciešams izstrādāt tādu rīku kas varētu apvienot sevī gan HKI tehnoloģiskās prasības, gan arī ar šajā darbā izstrādāto metodoloģiju iegūtos rezultātus, ņemot vērā arī dažādus ierobežojumus, kas aprakstīti šajā darbā. Rīka uzdevums ir, balstoties uz datiem, kas iegūti ar darbā izstrādātās metodikas palīdzību, atrast tādu HKI un to izvietojumu upē, kas nodrošina lielākos prognozējamus ieņēmumus. Rīkam jāsniedz šādas iespējas:

- HKI izvietojuma optimizēšanu ņemot vērā vairākus upi un tās izmantošanu citiem mērķiem raksturojošus ierobežojumus:
 - HKI minimālo attālumu no krasta,
 - minimālo dziļumu HKI izvietošanai,
 - maksimālo HKI skaitu, kādu iespējams novietot vienu virs otras,

kā arī HKI izmērus un, potenciāli (turpmāk attīstot rīku), dažādus citus ierobežojumus.
- Izrēķināt maksimālo pieejamo šķērsgrīzumu un HKI skaitu saskaņā ar ievadītajiem ierobežojumiem;
- Noteikt ik-stundas un summāros ieņēmumus no visām modelī paredzētajām HKI un vienas atsevišķas HKI, balstoties uz modelī ievadītajām elektroenerģijas cenām.
- Ērti dinamiski pievienot un izņemt no modeļa jebkurus upes šķērsgrīzumu datus tādā (Excel) formātā, kā aprakstīts metodikā (skat. Tabulu 2.1);
- Iespējas grafiski attēlot un salīdzināt HKI izmantojamo upes šķērsgrīzuma apgabalu un citu informāciju pie dažādiem ierobežojumiem;
- Iespējas grafiski attēlot un salīdzināt ieņēmumus no dažādiem HKI risinājumiem.

Rīks, kas nodrošina definētās iespējas, ņemot vērā uzskaitītos datus tika izstrādāts programmēšanas valodas MATLAB vidē [95].

Attēlā 7.1. ir parādīta izstrādātā rīka darbības algoritma blokshēma.



Attēls 7.1. Izstrādātā rīka algoritma blokshēma

Attēlā 7.1. parādītais algoritms darbojas sekojoši (numuri tekstā rindkopu sākumā atbilst bloku numuriem Attēlā 7.1.):

1. Sākot darbu, nepieciešams ievadīt vai ielasīt trīs blokus ar informāciju. Šī informācija var tikt ievadīta manuāli, izmantojot MATLAB dialoga logu vai var tikt ielasīta no Excel faila.

Pirmais bloks ir „Upes dati”, kur tiek aprakstīts noteiktas upes šķērsgriezuma parametri:

- Gultnes dziļums $H_g\{H_{g,1}, H_{g,2}..H_{g,N}\}$ (m),
- Attālums no krasta $L_a\{L_{a,1}, L_{a,2}..L_{a,N}\}$ (m),
- Izmērītās straumes ātruma vērtības $V_{iz}\{V_{iz,1.1}, V_{iz,1.2}...V_{iz,n,m}\}$ (m/s),
- Vidējā straumes ātruma vērtība V_v (m/s).

Šos datus paredzēts ielasīt no Excel tabulas, kuras piemērs ir parādīts Tabulā 2.1.

No informācijas bloka „Iekārtu parametri” tiek ievadīta informācija par HKI empīrisko koeficientu k un nepieciešamo šķērsriezuma laukumu S [m²].

Pēdējā blokā „Upes ierobežojumi” tiek manuāli ievadīti četri parametri:

- L_L – neatļautais attālums no upes labā krasta, t.i. – cik metrus platā joslā no upes labā krasta HKI nedrīkst tikt izvietotas,
- L_K – neatļautais attālums no upes kreisā krasta, t.i. – cik metrus platā joslā no kreisā krasta HKI nedrīkst tikt izvietotas,
- H_L – minimālais dziļums no upes labā krasta, t.i. – sasniedzot kādu dziļumu, ejot no labā upes krasta, var sākt izvietot HKI,
- H_K – minimālais dziļums no upes kreisā krasta, t.i. – sasniedzot kādu dziļumu, ejot no kreisā upes krasta, var sākt izvietot HKI.

H_L un H_K var noteikt gan upes izmantošanas ierobežojumi, gan arī minimālais dziļums, kas nepieciešams apskatāmā HKI risinājuma darbināšanai.

2. Balstoties uz iepriekš ievadītajiem ierobežojumiem tiek aprēķināts upes šķērsriezuma laukums, kas ir pieejams HKI izvietojumam. Lai to realizētu, šķērsriezumā tiek meklētas 4 zonas, kurās nedrīkst uzstādīt HKI - pa divām pie katra upes krasta. Tiek izvēlēta lielākā zona no katrām divām (t.i. tā, kas beidzas lielākā attālumā no krasta). Piemēram, ja no labā krasta ir ierobežojums 100m attālumā un 3m dziļumā, var būt tā, ka 100m attālumā no krasta dziļums vēl ir tikai 2,4m. Šādā gadījumā, tiek paņemts nepieciešamais attālums lai sasniegtu 3m dziļumu un HKI neizmantojamo zonu nosaka dziļuma ierobežojums. To var aprakstīt kā:

```
for t=length(Hg):-1:1  
    if abs(Hg(t))>=HL  
        HL_c nosakam dziļumu viena iteracija  
        zona1y nosakam robežu pēc dziļuma  
        zona1x nosakam robežu pēc attaluma  
        break  
    end  
end
```

Kur:

- H_{L_c} – minimalais attālums no laba krasta pie noteikta dziļuma ierobežojuma taja krasta,
- $zona1y$ un $zona1x$ – vektoru dati lai attelotu ierobežojumu pēc dziļuma.

Zonu izmēri (vertība H_{L_c}) tiek aprēķināti izmantojot lineāro interpolāciju saskaņā ar vienādojumu 7.1.

$$f(x) = f(x_0) + \frac{f(x_1) - f(x_0)}{x_1 - x_0} (x - x_0) \quad (7.1)$$

Sakara ar to ka gultnes nelīdzenums var mainīties neparedzami, lineāras interpolācijas izmantošana šajā gadījumā ir pieļaujama.

Kad tas ir izdarīts tiek aprēķināts minimālais dziļums tam pašam krastam no minimālā atļautā attāluma viedokļa:

```
for t=length(La):-1:1
  if abs(La(t))>=LL
    LL_c nosakam attaluma vērtību iterācija i
    zona2y nosakam robežu pēc dziļuma
    zona2x nosakam robežu pēc attaluma
    break
  end
end
```

Robežvērtības no attāluma vai dziļuma viedokļa vienmēr tiks aprēķinātas saskaņā ar vienādojumu 7.1 formulas.

Sakara ar to ka lielākā iegūtā zona no divām aprēķinātajām aptvers abas zonas, izvēlamies to ka galīgo ierobežojumu.

```
if zona1x>zona2x
  zonaLx=zona1x
  zonaLy=zona1y
else
  zonaLx=zona2x
  zonaLy=zona2y
end
```

- Šajā blokā tiek aprēķināts cik HKI iespējams izvietot, tajā upes šķērsriezuma modeļa daļā, kur to atļauj ierobežojumi, un tiek aprēķināta kopējā ar šīm HKI iegūstamā elektriskā jauda no šķērsriezuma. Lai to būtu iespējams veikt, lietotājam ir jāievada informācija par apskatāmo HKI izmēriem. Dotajā brīdī tas ir realizēts tikai, kā diametra ievadīšana, kas tiek uzskatīts arī par diametru riņķim, kuru nosedz aktīvie elementi. Nākotnē to ir iespējams attīstīt tālāk – ņemot vērā HKI platumu un augstumu, kā arī sarežģītākas formas raksturojošus un citus papildus rādītājus, kā piemēram korpusa jeb rāmja biezumu un tml. Kopējā no upes šķērsriezuma iegūstamā elektriskā jauda tiek aprēķināta saskaņā ar vienādojumu (1.2), kas papildināts ar mainīgo n – HKI skaitu upes šķērsgriezumā, iegūstot vienādojumu:

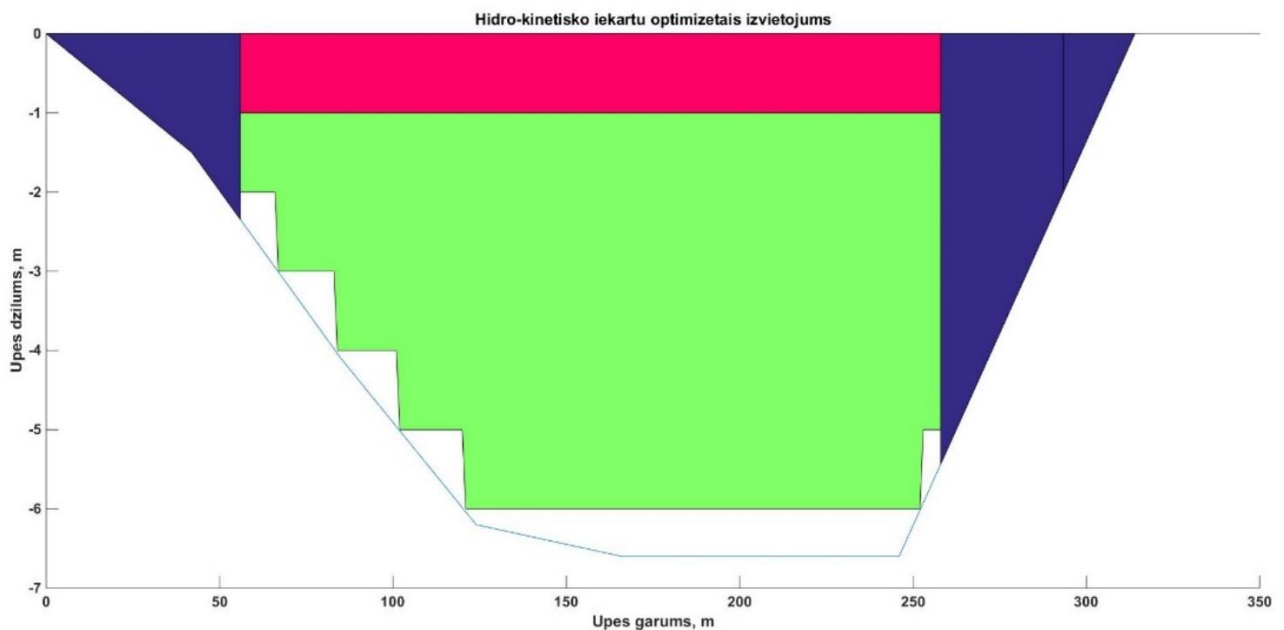
$$N = n \frac{1}{2} k \cdot v^3 \cdot S \cdot \rho \quad (7.2)$$

Pieņemot, ka HKI izvietojamam pieejamais laukums ir S_{atl} , tad lai to maksimāli izmantotu, jācenšas tajā izvietot maksimāli daudz HKI - tātad $n \rightarrow \max$ un $S_{\max} = n \cdot S$. Līdz ar to funkcija kas atbilst optimalam HKI izvietojumam atbilst:

$$F\{S_{atl}, S_{\max}\} \Rightarrow \max \quad (7.3)$$

Vienādojums 7.3 ir izstrādātā rīka optimizācijas mērķa funkcija.

Attēlā 7.2 ir parādīts piemērs upes šķērsriezuma vizualizācijai, kādu iespējams iegūt ar izstrādāto rīku šajā blokā.



Attēls 7.2. Upes šķērsriezuma modeļa vizualizācija

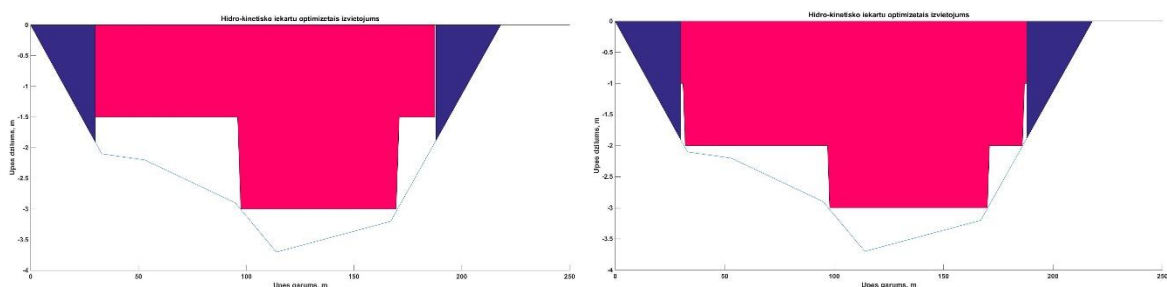
Krāsu nozīme Attēlā 7.2. ir sekojoša:

- Ar zilo krāsu ir parādītas zonas, kuras ir aprēķinātas algoritma 2. solī, saskaņā ar noteiktajiem ierobežojumiem, un kurās nav paredzēta HKI izvietojšana.
- Ar sarkano krāsu tiek parādīts laukums, kurš tiks nosegts ar HKI, ja šķērsgriezumā tiks izmantots lietotāja noteiktais maksimālais HKI kārtu skaits (viena virs otras). Būtisks atsevišķi apskatāms variants, šajā gadījumā ir viena HKI rinda pie upes virsmas – t.i. tur, kur parasti ir vislielākais straumes ātrums un visvieglākā HKI apkalpošana. Tātad šajā laukumā izvietotās HKI varēs darbināt ar vislielāko efektivitāti. Turpmākajā modeļa attīstībā šajā vietā izvietotajām HKI varētu būt mērķtiecīgi izdalīt atsevišķi un rēķināt atsevišķi gan ieguvumus – jo pie upes virsmas straumes ātrums ir vislielākais, gan arī izmaksas, jo ekspluatēt un uzturēt HKI pie

ūdens virsmas ir vienkāršāk un tas ir realizējams ar mazākām izmaksām, nekā ekspluatējot tādas pašas HKI dziļumā zem ūdens virsmas.

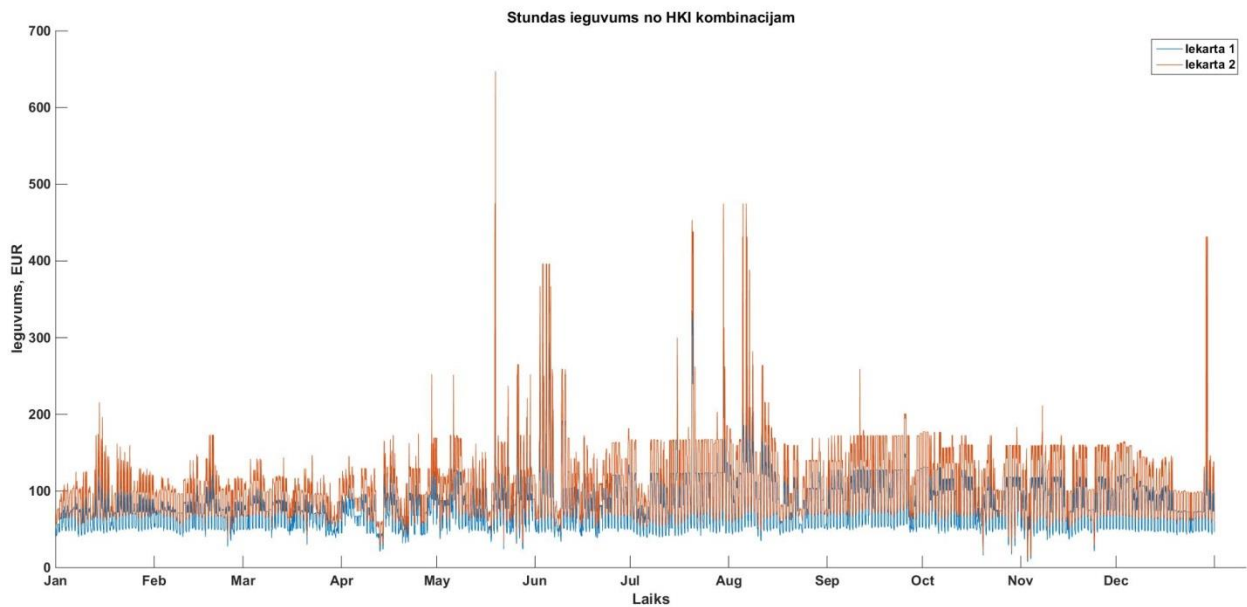
- Ar zaļo un sarkano krāsu kopā tiek parādīts maksimālais laukums ko var nosegt ar HKI, kuras parametri ir ievadīti.
- Baltā krāsā (neiezīmēta) atstātā upes šķērsriezuma daļa ir tā, kuru nevarēs izmantot doto HKI izmēru dēļ.

Ievadot divu dažādu HKI datus šajā algoritma blokā ir iespējams vizuāli salīdzināt kādu upes šķērsriezuma daļu varēs izmantot lietojot vienu vai otru iekārtu. Attēlā 7.3. ir dots šāda salīdzinājuma piemērs.

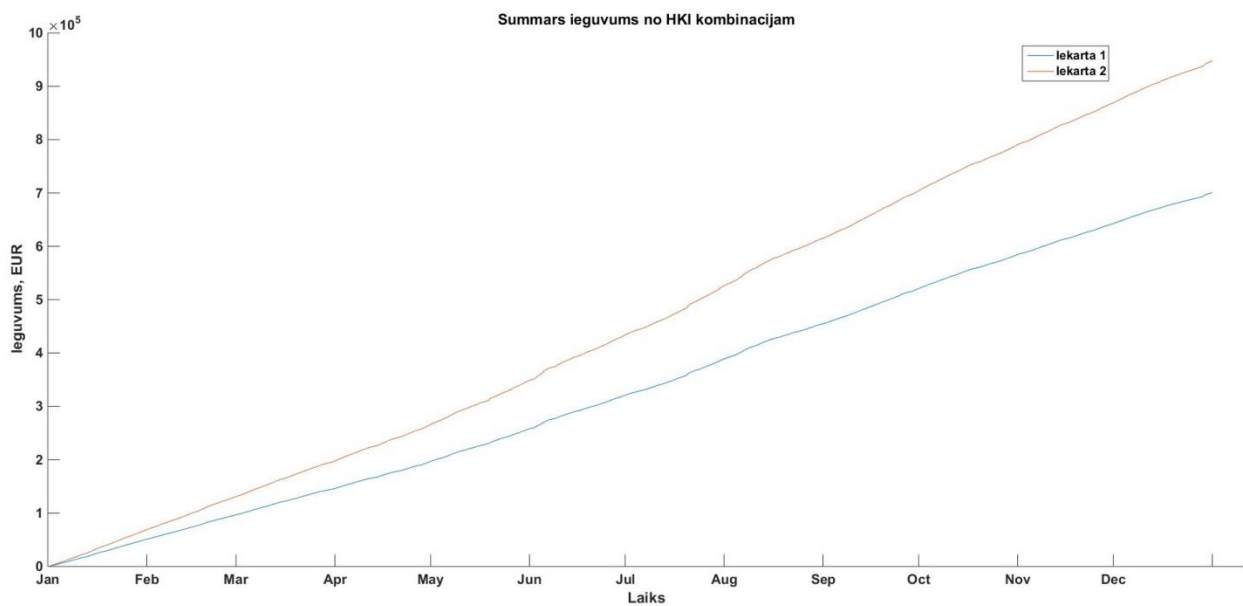


Attēls 7.3.: Izmantotā upes šķērsriezuma salīdzinājums, lietojot dažādas HKI

4. Šajā blokā, ņemot vērā modelim pieejamos elektroenerģijas cenu datus, tiek izrēķināts ekonomiskais ieguvums no elektroenerģijas ražošanas ar iepriekšējos blokos modelētajām salīdzināmajām HKI konfigurācijām uzdotajā upes šķērsriezumā. Modeļa izstrādei un izmēģināšanai šajā gadījumā tiek lietoti NordPool [96] biržas internetā pieejamie stundas cenu vēsturiskie dati LV reģionam par 2014 gadu (iespējams izvēlēties jebkuru pilno pieejamo gadu sākot ar 2014.). Attēlos 7.4. un 7.5. redzams piemērs informācijai, kāda ir iegūstama no modeļa. Katra no divām līkņēm attēlo ekonomisko ieguvumu no vienas no salīdzināmajām HKI konfigurācijām. Līknes Attēlā 7.4. attēlo ieguvumu pa stundām. Savukārt Attēlā 7.5. ir attēlots kumulatīvie ienākumi no gada sākuma.



Attēls 7.4.: Stundu ieguvums no apskatāmajām HKI konfigurācijām



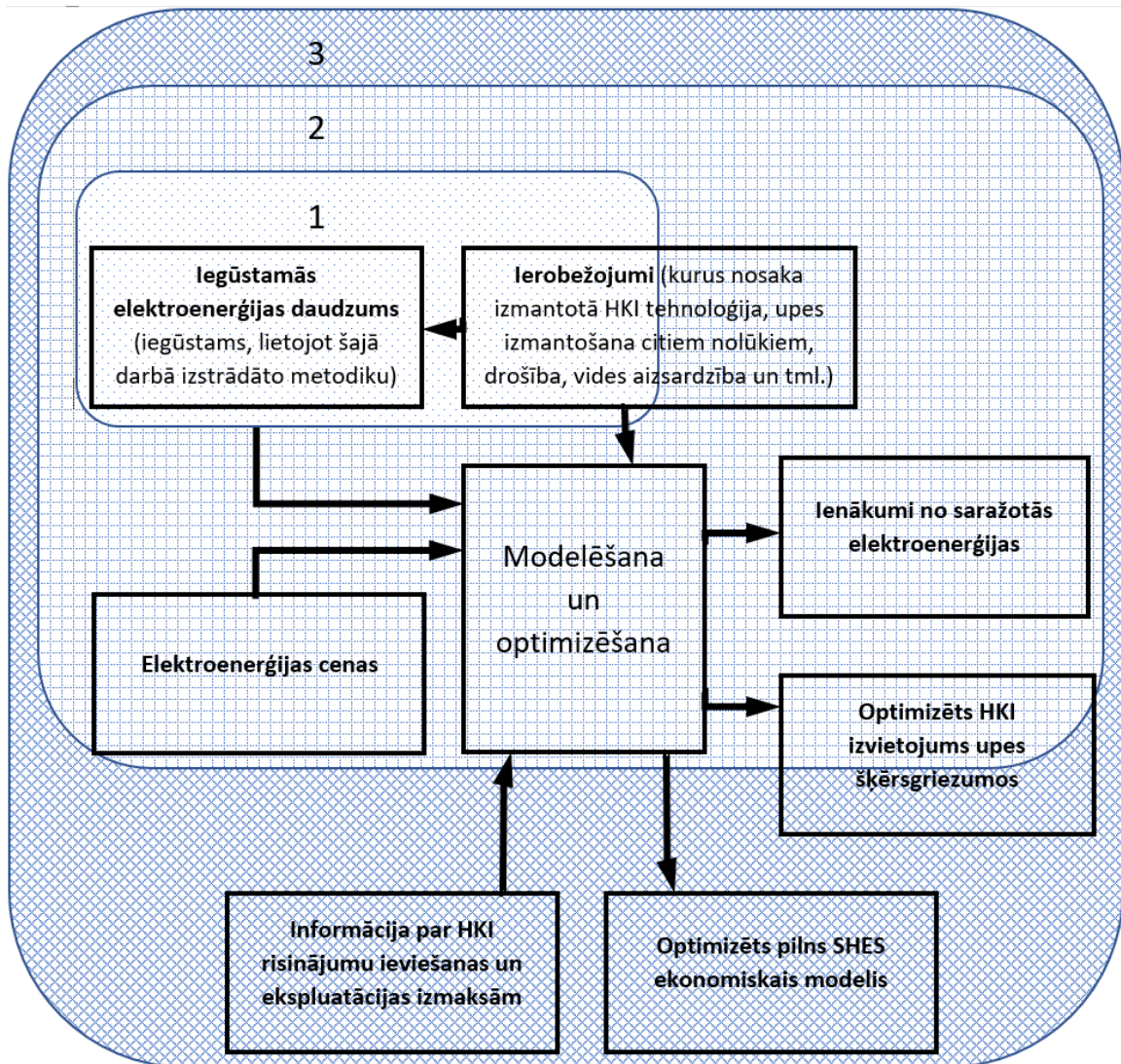
Attēls 7.5.: Kumulatīvais ieguvums no apskatāmajām HKI konfigurācijām

Ar izstrādāto rīku iegūtie modelēšanas dati padara iespējamu precīzu HKI risinājumu salīdzināšanu pēc to radītajiem ieņēmumiem dotajā upes šķērsgrīzumā, ka arī ļauj izvēlēties optimālāko HKI izvietojuma variantu upē. Modelējot vairākus šķērsgrīzumus, iespējams izveidot modeli HKD risinājumam upes posmam.

Papildus pie lielumiem, kuri tika definēti un praktiski noteikti ar darbā aprakstītās metodikas palīdzību, rīka veidotais modelis ņem vērā:

- risinājumā izvēlēto HKI izmērus (Šajā sākotnējā variantā tas ir tikai diametrs, bet turpinot attīstīt rīku, šo funkcionalitāti iespējams attīstīt tālāk – ieviešot iespējas ņemt vērā gan sarežģītākas formas laukumus, kurus aizņem HKI, gan arī laukumus, kurus aizņem tās vadotne, montāžas skelets, utml.),
- citiem lietojumiem (nevis elektroenerģijas ražošanai ar HKI), tajā skaitā vides aizsardzībai izmantojamo upes daļu metros no viena vai abiem upes krastiem,
- citiem lietojumiem atstājamo upes daļu pie viena vai abiem krastiem līdz tiek sasniegts noteikts dziļums,
- laikā mainīgas elektroenerģijas cenas.

Aprakstītā rīka iespējas parāda, kā darbā izstrādātās metodikas var kalpot par pamatu arī ekonomiskiem aprēķiniem un prognozēm. Izstrādāto rīku ir iespējams attīstīt un uzlabot vairākos virzienos, kas parāda arī izstrādāto metodiku turpmākās pielietošanas un attīstības iespējas. Darbā izstrādātās metodikas un rīki, kuri jau realizēti, kā arī turpmākās to attīstības un pielietojumu iespējas uzskatāmi parādītas Attēlā 7.6.



Attēls 7.6: Darbā izstrādātās metodikas un rīki, un to turpmākās attīstības iespējas un pielietojumi

Ar skaitli “1” attēlā 4 ir apzīmēts bloks ar datiem, kas ir iegūstami lietojot darbā izstrādātās metodikas.

Ar skaitli “2” attēlā 4 ir apzīmēts rīks un metodikas lietojuma paplašinājums, kas ir aprakstīts šajā darba nodaļā.

Ar skaitli “3” attēlā 4 ir apzīmēts nākotnē ekonomikas jomā iespējamais metodikas un rīka lietojuma paplašinājums.

Optimizēts HKI izvietojums upes šķērsgrīzumā šajā nodaļā aprakstītajā paplašinājumā (t. i., “2”) ir ietverts tikai daļēji, jo, papildinot modeli ar ekonomisko izmaksu datiem, kļūs

iespējama detalizētāka un precīzāka HKI risinājuma izvēle un optimizācija (t. i., “2” var tikt attīstīts kopā ar “3”, līdz ar to – uzlabots).

Attēlā 4 gan ar “2”, gan ar “3” atzīmētos metodikas lietojuma paplašinājumus iespējams detalizēti attīstīt tālāk, katru no tiem precizējot un papildinot pēc vajadzības.

Īsi apkopojot šajā nodaļā sniegto informāciju var teikt, ka darbā izstrādātajām metodikām un to iespējamiem lietojumiem ir labas attīstības iespējas. Šīs iespējas pakāpeniski realizējot, gan īstermiņā, gan ilgtermiņā ir iegūstami arvien jauni efektīvi lietojumi enerģētikā un ekonomikā.

SECINĀJUMI

Darbā veiktā literatūras analīze ļauj secināt, ka hidrokinētiskās tehnoloģijas strauji attīstās un kļūst izmantojamas arī Latvijā. Savukārt metodikas, ar kurām novērtēt hidrokinētiskās enerģijas potenciālu un plānot elektroenerģijas ražošanu ar HKI, ir ļoti maz, un tās ir nepilnīgas.

Balstoties uz veikto izpēti par upju hidrokinētiskās enerģijas novērtēšanas metodēm, var tikt izdarīti šādi secinājumi:

- upju hidrokinētiskās enerģijas novērtēšanas metodes, balstoties uz apjomiem, ko tās prognozē, var iedalīt divos tipos:
 - metodes vienas upes vai tās segmenta novērtēšanai;
 - metodes reģiona (ar vairākām upēm) novērtēšanai;
- daudzu mainīgo un savstarpēji atkarīgo faktoru dēļ metodes ir darbietilpīgas, kļūdu jutīgas un var būt neprecīzas. Tādēļ ir ieteicama iegūto datu pārbaude un validācija pirms tālākas apstrādes, un tā ir relatīvi viegli realizējama;
- iegūstamās enerģijas daudzumu var ietekmēt mainīgie, kas novērtēšanas brīdī nav zināmi (tādi, kas raksturo nākotnes sasniegumus hidrokinētiskās enerģijas jomā), bet kas jāņem vērā, pilnveidojot metodiku (piemēram, upē esošās un no upes iegūstamās enerģijas apjoma proporcija var mainīties atkarība no tehniskā risinājuma);
- hidrokinētiskās tehnoloģijas attīstās ātri, tāpēc arī hidrokinētiskās enerģijas potenciāla novērtēšanas metodes nepārtraukti jāuzlabo. Iegūtie dati ir jāapkopo un jāglabā veidā, kas ļauj tos izmantot prognozējot nākotnes izmaiņas.

Darbā izstrādātas metodikas, kas ietver ar HKI iegūstamās enerģijas apjoma novērtēšanu, kā arī SHES plānošanu, balstoties uz upē veiktu mērījumu un citiem nepieciešamajiem datiem, kā arī mērījumos iegūto datu validēšanu. Veicot mērījumus dabā un datu apstrādi, saskaņā ar izstrādāto metodiku darbā ir identificētas vairākas vietas Daugavā, kurās tuvākā vai tālākā nākotnē ir iespējama SHES ierīkošana no HKI masīviem. Darba iegūtie rezultāti un mērījumi var kalpot par pamatu vietotas datubāzes izveidošanai, kas dos iespēju izvēlēties potenciālo HKI uzstādīšanas vietu vai – pēc vajadzības – vairākas vietas.

Kā liecina darba veiktā izpēte, perspektīvi risinājumi gan upju HKI, gan arī citu straumes HKI efektivitātes uzlabošanai ir sagaidāmi, uzlabojot vadotnes. To izmantošana HKI risinājumos spēj būtiski palielināt straumes ātrumu HKI tieši lēnās upēs (upēs ar straumes

ātrumu ap un zem 1,5 m/s) ekspluatējamu HKI efektivitāti. Tātad tieši tādu upju HKI efektivitāti, kādas pārsvarā ir Latvijā.

Darbā veiktie HKI uzlabošanas iespēju pētījumi ļauj secināt, ka, izstrādājot jaunas HKI, lielāku vērtību jāpievērš ūdens enerģiju uztverošo jeb aktīvo elementu formai un savstarpējam izvietojumam, panākot konstruktīvo elementu maksimālo atdevi. Pie tam uzmanība ir pievēršama aktīvā elementa trīsdimensiju formai, nevis tikai plūsmu uztverošajai virsmai, kuras izvēli parasti apskata literatūrā. Lai gan sarežģītāko ķermeņu ietekme – īsākās turbulences zonas un/vai palielināti spēki F , kas darbojas uz ķermeni – nav liela, daudzu šādu elementu izmantošana var dot būtisku efektu.

Ar darbā izstrādāto modelēšanas rīku iespējams plānot HKI izvietojumu upē un sagaidāmos saimnieciskos ieguvumus.

Ūdens straumju enerģijas izmantošana ir perspektīvs virziens enerģētikas attīstībai, un promocijas darbs ir solis šajā virzienā.

Iegūtie rezultāti ļauj secināt, ka darbā izvirzītā hipotēze ir apstiprināta, uzdevumi ir izpildīti un definētie mērķi ir sasniegti.

LITERATŪRA

1. Verdant Power. Technology evaluation of existing and emerging technologies water current turbines for river application. Report prepared for Natural Resources Canada; 2006.
2. Johnson J.B., Pride D.J. River, tidal, and ocean current hydrokinetic energy technologies: status and future opportunities in Alaska. Alaska Centre for Energy and Power, 1 November 2010.
3. Boccaletti C., Fabbri G., Marco J., Santini E. An overview on renewable energy technologies for developing countries: the case of Guinea Bissau. In: International Conference on Renewable Energy and PowerQuality (ICREPQ'08), 12–14 March 2008.(Santander,España);2008.
4. Zanette J, Imbault D, Tourabi A. Fluid-structure interaction and design of water current turbines. Scientific Bulletin of the “Politehnica” University of Timisoara; Transactions on Mechanics Tom 2007;52(66).
5. Hermann S., Design of a micro-hydro powered battery charging system for rural village electrification. Carl von Ossietzky University Oldenburg: Postgraduate Programme Renewable Energy;2006.
6. Zhou H. Maximum power point tracking control of hydrokinetic turbine and low-speed high-thrust permanent magnet generator design. Missouri University of Science and Technology; 2012.
7. Kusakana K., Vermaak H.J. Hydrokinetic power generation for rural electricity supply: case of South Africa. Renewable Energy 2013;55:467–73.
8. Gauntlett D., Asmus P., Executive summary: hydrokinetic and ocean energy. Pike Research, Cleantech Market Intelligence 2009.
9. Peterson K.W. Status of renewable energy systems in the United States. ASHRAE Trans 2012;118:58e63.
10. Hydrovolts. “In-stream Hydrokinetic Turbines”. Powertech Labs, 2006. Available from hydrovolts.com: <http://hydrovolts.com/wp-content/uploads/2011/06/In-Stream-Hydrokinetic-White-Paper2.pdf>
11. Water current turbines pump drinking water. Caddet Renewable Energy. <http://www.caddet-re.org/assets/no83.pdf>.
12. Stream—hydrokinetic power generation systems. Seabell International Co., LTD. http://www.seabell-i.com/e/img/guide_pdf.pdf

13. Encurrent hydropower turbines 5kW and 10kW specifications. New Energy Corporation Inc. (<http://www.newenergycorp.ca/Portals/0/documents/datasheets/ENC.005.010.DataSheet.pdf>)
14. Duogen-3 :combined water and wind generator. Eclectic EnergyLtd. (<http://www.duogen.co.uk/page14.html>)
15. U. Pērsis, J. Kalnačs, K. Siļķe, A. Kalniņš, A. Builevics, J. Birzaks. Bezaizsprostu, jeb ūdens brīvās plūsmas hidroelektrostacijas. SIA „BRZA Agro”, 2011.
16. M.J. Khan, M.T. Iqbal and J.E. Quaicoe, River current energy conversion systems: Progress, prospects and challenges, Renewable and Sustainable Energy Reviews, October 2008, Pages 2177-2193
17. M.J. Khan, G. Bhuyan, M.T. Iqbal and J.E. Quaicoe; Hydrokinetic energy conversion systems and assessment of horizontal and vertical axis turbines for river and tidal applications: A technology status review, Applied Energy, October 2009, Pages 1823-1835
18. Kari Sornes. “Small-scale water current turbines for river applications”. Zero Emission Resource Organization, January 2010. (<http://www.zero.no/publikasjoner/small-scale-water-current-turbines-for-river-applications.pdf>)
19. H. J. Vermaak, K. Kusakana, S. P. Koko., Status of micro-hydrokinetic river technology in rural applications: A review of literature. Renewable and Sustainable Energy Reviews 29(2014)625–633.
20. Güney M.S., Kaygusuz K., Hydrokinetic energy conversion systems: a technology status review. Renewable and Sustainable Energy Reviews 2010;14(9):2996–3004.
21. Zanette J, Imbault D, Tourabi A. A design methodology for cross flow water turbines. Renewable Energy 2010;35:997–1009.
22. Takmatsu Y, Furukawa A, Okuma K, Takenouchi K. Experimental studies on a preferable blade profile of Darrieus-type cross flow water turbine. JSME International Journal 1991;34(2):149–56.
23. Kirke BK, Lazauskas L. Limitations of fixed pitch Darrieus hydrokinetic turbines and the challenge of variable pitch. Renewable Energy 2010:1–5.
24. Darrieus turbine. Alternative hydro solutions. <http://www.althydrosolutions.com>.
25. Gorlov, A. M., 1995, “The Helical Turbine: A New Idea for Low-Head Hydropower,” Hydro Rev., 14, No. 5, pp. 44–50

26. M. N. I. Khan, M. Tariq Iqbal, M. Hinchey, and V. Masek, "Performance of savonius rotor as a water current turbine," *Journal of Ocean Technology*, vol. 4, no. 2, pp. 71–83, 2009.
27. M. Nakajima, S. Iio, and T. Ikeda, "Performance of Savonius rotor for environment friendly hydraulic turbine," *Journal of Fluid Science and Technology*, vol. 3, no. 3, pp. 420–429, 2008.
28. M. Nakajima, S. Iio, and T. Ikeda, "Performance of double step Savonius rotor for environmentally friendly hydraulic turbine," *Journal of Fluid Science and Technology*, vol. 3, no. 3, pp. 410–419, 2008.
29. Kirke B., *Developments in ducted water current turbines*. SustainableEnergy Centre, University of South Australia, Mawson Lakes, Australia, April 2006.
30. Kirke B.K., *Tests on ducted and bare Helical and straight blade Darrieus hydrokinetic turbines*. *RenewableEnergy*2011;36(11):3013–22.
31. Golecha K., Eldho T.I., Prabhu S.V., *Influence of the deflector plate on the performance of a modified Savonius water turbine*. *AppliedEnergy*2011;88 (9):3207–17.
32. Golecha K. , Eldho T.I., Prabhu S.V., *Performance study of modified Savonius water turbine with two deflector plates*. *International Journal of Rotating Machinery* 2012;2012(ArticleID679247).
33. Golecha K., Eldho T.I., Prabhu S.V., *Investigation on the performance of a modified Savonius water turbine with single and two deflector plates.*, The 11th Asian International Conference on Fluid Machinery and the 3rd Fluid Power Technology Exhibition, Chennai, India, 21–23 November2011.
34. Garrett C, Cummins P. *The efficiency of a turbine in a tidal channel*. *Journal of Fluid Mechanics* 2007; 588:243e51.
35. David Gaden, Eric Bibeau, *Increasing the power density of kinetic turbines for cost-effective distributed power generation*. In: *Power-gen*, April 10–12, 2006, Mandalay Bay, Las Vegas, NV.
36. Batten W.M.J., Batte G.U., *Potential for using the floating body structure to increase the efficiency of a freestream energy converter*. In: *Proceedings of the 34th World Congress of the International Association for Hydro-Environment Research and Engineering: 33rd Hydrology and Water Symposium and 10thConference on Hydraulics in Water Engineering*, Barton, A.C.T.:Engineers Australia;2011.p.2364–2371

37. Thorpe T. The advantages of ducted over unducted turbines. In: 6th European wave and tidal energy conference; 2005. p. 523–8.
38. Ponta F., Dutt GS., An improved vertical-axis water current turbine incorporating a channelling device. *Renewable Energy* 2000;20:223–41.
39. Bernitsas, M. M., et al. 2008. VIVACE (vortex induced vibration for aquatic clean energy): A new concept in generation of clean and renewable energy from fluid flow, *Journal of Offshore Mechanics and Arctic Engineering*, 130(4): 15
40. BioPower Systems Pty. Ltd. <http://www.biopowersystems.com/biostream.html>
41. Tidal Sails AS (<http://tidalsails.com/>)
42. A. Sauhats, A. Dolģicers. Aizsardzības un automātikas iekārtu sintēze. RTU, Rīga, 2003.
43. J. Barkāns. Enerģētisko sistēmu ekspluatācija. RTU, Rīga, 2008.
44. A. Vanags. Elektriskie tīkli un sistēmas. Pētergailis, Rīga, 1995.
45. AS „Latvenergo”. Sistēmas pieslēguma noteikumi elektroenerģijas ražotājiem. AS „Latvenergo”
46. Z.Krišāns, A.Mutule, V.Račinskis. Neatkarīgo elektrostaciju iespaids uz sadales tīkliem. *Latvian Journal of Physics and Technical Sciences*, 2003, No 2, P. 39-50.
47. Z.Krishans, I.Oleinikova, A.Mutule. The Mathematical Model of Private Electric Power Plant in regard to Structural Analysis of Distribution Electrical Power Networks. Proceedings of the XIIth International Scientific Conference on Present-Day Problems of Power Engineering “APE’05”. Gdansk University of Technology, Gdansk - Jurata, Poland, June 8-10, 2005, P. 27-33.
48. Z.Krishans, A.Mutule, A.Kutjuns. Integration of distributed generation in the networks of Latvian power system. “2005 IEEE St. Petersburg Power Tech”, St. Petersburg, Russia, June 27-30, 2005. - Conference Proceedings (on CD 5 pp.).
49. Paish O., Small hydropower: technology and current status. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2002;6(6):537–56.
50. PREDAC Spatial planning of Wind Turbines Guidelines & Comparisons of European Experiences France.
51. <http://www.environ.ie/en/Publications/DevelopmentandHousing/Planning/FileDownload,1633,en.pdf>
52. Cada G., Ahlgrimm J., Bahleda M., Bigford T., Stavrakas S.D., Hall D. et al. Potential impacts of hydrokinetic and wave energy conversion technologies on aquatic environments. *Fisheries* 2007;32(4):174–81

53. Kusakana K., Munda J.L., Jimoh A.A., Economic and environmental analysis of micro hydropower system for rural power supply. In: PECon 2008, the 2nd IEEE power and energy conference, Johor Bahru, Malaysia; 1e3 December 2008. p. 41e4.
54. Copeman V. The impact of micro-hydropower on the aquatic environment. *Journal of the Chartered Institution of Water and Environmental Management* 1997;11(6):431–6.
55. M. Adler and, U. Nicodemus, “A New Computer Model for the Evaluation of Data from Acoustic Doppler Current Profilers (ADCP)”, *Phys. Chem. Earth (C)*, Vol. 26, No. 1&12, pp. 71 I-715, 2001.
56. Thomas H. Yorke, Kevin A. Oberg, “Measuring river velocity and discharge with acoustic Doppler profilers”, *Flow Measurement and Instrumentation* 13 (2002) 191–195.
57. Dongsu Kim, Marian Muste, “Multi-dimensional representation of river hydrodynamics using ADCP data processing software”, *Environmental Modelling & Software* 38 (2012) 158e166.
58. M. Muste, K. Yu, M. Spasojevic, “Practical aspects of ADCP data use for quantification of mean river flow characteristics; Parts I and II: moving-vessel measurements”, *Flow Measurement and Instrumentation* 15 (2004) 1–16.
59. Toniolo, H., Duvoy, P, Anlesberg, S.V., Johnson, J., “Modelling and field measurements in support of the hydrokinetic resource assessment for the Tanana river at Nenana, Alaska”, *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part A: Journal of Power and Energy*, Volume 224, Issue 8, December 2010, Pages 1127-1139
60. Paul Duvoy, Horacio Toniolo, “HYDROKAL: A module for in-stream hydrokinetic resource assessment”, *Computers & Geosciences*, 39(2012), 171–181
61. Gauntlett D. Resource assessment and feasibility study for use of hydrokinetic turbines in the tailwaters of the Priest Rapids Project., University of Washington: Department of Mechanical Engineering; 2011.
62. Briand M, Ng K. Kinetic energy recovery turbine technology: resource assessment and site development strategy. *World Energy Conference*, Issue 2.1: Energy resources and technologies, today and tomorrow, 13–17 September 2010. Available from: <http://www.worldenergy.org/documents/congresspapers/441.pdf> [accessed 10.06.12].

63. Assessment of Canada's hydrokinetic power potential: Phase I Report – Methodology and data review, 2010., Canadian Hydraulics Centre, National Research Council of Canada, 72 pp.
64. Hall DG, Reeves KS, Brizzee J, Lee RD, Carroll GR, Sommers GL. Feasibility assessment of the water energy resources of the United States for new low power and small hydro classes of hydroelectric plants. U.S. Department of Energy, Energy Efficiency and Renewable Energy – Wind and Hydropower Technologies, January 2006.
65. Assessment and mapping of the riverine hydrokinetic energy resource in the Continental United States, 2012., Electric Power Research Institute, Palo Alto, CA, USA, 80 pp.
66. D. Jakimavičius, B. Gailiusis, D. Šarauskienė, A. Jurgelėnaitė, D. Meilutytė-Lukauskienė, “Assessment of the riverine hydrokinetic energy resources in Lithuania”, *Baltica*, 27 (2), 141-150. D., 2014., Vilnius.
67. A. N. Gorban, A. M. Gorlov, V. M. Silantjev; Limits of the Turbine Efficiency for Free Fluid Flow; *Journal of Energy Resources Technology*, DECEMBER 2001, Vol. 123
68. Khan M.J., Iqbal M.T., Quaicoe J.E. A technology review and simulation based performance analysis of river current turbine systems., *IEEE CCECE/CCGEI, Ottawa, Canada, May 2006*; p.2288–2293.
69. Manual on stream gauging Vol 1- Fieldwork WMO-No. 1004 ; 2010 Chapter 6
70. www.meteo.lv Valsts sabiedrības ar ierobežotu atbildību "Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centrs" interneta vietne.
71. Aquadopp straumju profilērs; Lietotāja rokasgrāmata; Janvāris 2008; Nortek AS; www.nortek.no
72. Handbook of Chemistry and Physics 2010. 53rd Edition, p. f4.
73. E. Jansons, J.Meija “Kļūdas kvantitatīvajās noteikšanās” Rīga 2002.
74. Evaluation of the Uncertainty of Measurement in Calibration, EA European cooperation for Accreditation, EA – 4/02, 2013.
75. J. Beriņš, J. Beriņš, J. Kalnačs, A. Kalnačs, “Wave Energy Potential in the Latvian EEA”, *Latvian Journal of Physics and Technical Sciences.*, 2016/3, 53, p. 22-33; SCOPUS
76. MUKRIMIN S.G.; Evaluation and measures to increase performance coefficient of hydrokinetic turbines; *Renewable and Sustainable Energy Reviews*; 15 (2011) 3669–3675

77. SHUJIE WANG, CHAO XU, PENG YUAN, YINGYING WANG; Hydrodynamic optimization of channelling device for hydroturbine based on lattice Boltzmann method; *Computers and Mathematics with Applications*, 61 (2011) 3722–3729
78. A.R. MALIPEDDI, D. CHATTERJEE; Influence of duct geometry on the performance of Darrieus hydroturbine; *Renewable Energy*, 43 (2012) 292e300
79. N. SHIOMI, T. SETOGUCHI, Y. KINOUE, K. KANEKO, Y. OHYA; Development of Two-Way Diffuser for Tidal Energy Conversion System; *Proceedings of The Thirteenth (2003) International Offshore and Polar Engineering Conference*; Honolulu, Hawaii, USA, May 25–30, 2003
80. DAVID L.F. GADEN, ERIC L. BIBEAU; A numerical investigation in to the effect of diffusers on the performance of hydrokinetic turbines using a validated momentum source turbine model; *Renewable Energy*, 35 (2010) 1152–1158
81. SETOGUCHI T, SHIOMO N, KANEKO K.; Development of two-way diffuser for fluid energy conversion system; *Renewable Energy*, 2004;29:1757–71 [technicalnote].
82. LAWN CJ. Optimization of the power output from ducted turbines. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part A (Journal of Power and Energy)* 2003;217:107–17.
83. PHILLIPS DG, NASH TA, OAKLEY A, FLAY RGJ, RICHARDS PJ. Computational fluid dynamic and wind tunnel modelling of a diffuser augmented wind turbine. *Wind Engineering*, 1999;23:7–13.
84. BETZ A. *Wind-Energie und ihre Ausnutzung durch Windmuehlen*. Goettingen: Bandenhoeck&Ruprect; 1926.
85. JAMIESON P. Generalized limits for energy extraction in a linear constant velocity flow field. *Wind Energy*, 2008;11:445–57
86. F. PONTA, P. JACOVKIS, Marine-current power generation by diffuser-augmented floating hydro-turbines, *Renewable Energy* 33(2008) 665–673.
87. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. — Теоретическая физика (Том 6. Гидродинамика). Глава II. Вязкая жидкость. § 23. Точные решения уравнений движения вязкой жидкости. Течения в диффузоре и конфузоре.
88. M.A. Volpe; Development of Measurement Methods for Testing of Hydrokinetic Devices to Evaluate the Environmental Effect on Local Substrate; *Bucknell Digital Commons*; Bucknell University, 1-1-2011

89. L.I. LAGO, F.L. PONTA, L. CHEN; Advances and trends in hydrokinetic turbine systems; Energy for Sustainable Development, Vol. 14, Issue 4, December 2010, pp. 287–296
90. В.А.Алешкевич, Л.Г.Деденко, В.А.Караваяев; Издательство Физического факультета МГУ, 1998
91. V. Entins, R. Vaitkus, A. Kalnačs, patents LV 14830, “Ierīce jūras viļņu vai straumes enerģijas pārveidošanai”.
92. V. Entins, J. Kalnačs, A. Kalnačs, patents LV 14957 B, 20.04.2015., “Upes plūsmas enerģijas pārveidotāja iekārta elektriskajā enerģijā”.
93. R.D. Montoya Ramírez et al., Technical and financial valuation of hydrokinetic power in the discharge channels of large hydropower plants in Colombia: A case study, Renewable Energy 99 (2016) 136e147
94. K. Kusakana., Energy management of a grid-connected hydrokinetic system under Time of Use tariff, Renewable Energy, Accepted Manuscript
95. <https://se.mathworks.com/products>
96. <http://www.nordpoolspot.com>

PIELIKUMI

Daugavā starp Jaunjelgavu un Jēkabpili veikto mērījumu dati

Mērījumu vietas attēlotas:

- a. Attēlā 3.1.
- b. Attēlā 3.2.

Šķēsgriezuma Nr.: 1

| | Nr. pēc kārtas | 1 | 5 | 2 | 3 | 4 | Attālums no pēdējā punkta līdz kreisajam krastam (m) | |
|--|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------|---|--|
| Punkta ģeogrāfiskās koordinātas | N56°37,346` E025°05,888` | N56°37,321` E025°05,908` | N56°37,300` E025°05,907` | N56°37,279` E025°05,883` | N56°37,236` E025°05,875` | | 68 | |
| Attālums no labā (Skriveru) krasta (m) | 42,0 | 85,0 | 124,0 | 166,0 | 246,0 | | | |
| Dziļums (m) | 0,8 | 0,385665625 | 0,496181818 | 0,42775 | 0,425947368 | 0,426114754 | | |
| | 1,3 | 0,435266667 | 0,490757576 | 0,4155 | 0,412280702 | 0,396491803 | | |
| | 1,8 | | 0,449523077 | 0,412949153 | 0,346842105 | 0,443557377 | | |
| | 2,3 | | 0,420757576 | 0,416344828 | 0,401070175 | 0,388819672 | | |
| | 2,8 | | 0,439734375 | 0,377172414 | 0,346315789 | 0,401278689 | | |
| | 3,3 | | 0,4975 | 0,438280702 | 0,408122807 | 0,535311475 | | |
| | 3,8 | | 0,418311475 | 0,416894737 | 0,411245614 | 0,402344262 | | |
| | 4,3 | | | 0,343017544 | 0,40854386 | 0,362655172 | | |
| | 4,8 | | | 0,34712963 | 0,444912281 | 0,397275862 | | |
| | 5,3 | | | 0,330320755 | 0,379857143 | 0,357087719 | | |
| | 5,8 | | | 0,400566038 | 0,395821429 | 0,377831433 | | |
| | 6,3 | | | | 0,446022319 | | | |
| | 6,8 | | | | | | | |
| | 7,3 | | | | | | | |
| 7,8 | | | | | | | | |
| 8,3 | | | | | | | | |
| 8,8 | | | | | | | | |
| 9,3 | | | | | | | | |
| 9,8 | | | | | | | | |
| 10,3 | | | | | | | | |
| Gultnes dziļums (m) | 1,5 | 4,1 | 6,2 | 6,6 | 6,6 | | | |
| Šķēsgriezuma laukums (m2) | 31,5 | 120,4 | 200,85 | 268,8 | 528 | 224,4 | 1373,95 | |
| BPH izmantojamais laukums (m2) | 0 | 120,4 | 200,85 | 268,8 | 528 | 212,8090909 | 1330,859091 | |
| Vidējais straumes ātrums (m/s) | 0,410461458 | 0,448187646 | 0,418816205 | 0,397952495 | 0,405033601 | 0,408069838 | 0,414753374 | |
| Caurteces apjoms (m3/s) | 12,92953594 | 53,96179257 | 84,11923484 | 106,9696307 | 213,8572131 | 91,57087168 | 563,4082788 | |
| BPH caurteces apjoms (m3/s) | 0 | 26,98089629 | 42,05961742 | 53,48481536 | 106,9286065 | 43,42048564 | 272,8744212 | |
| Vidējais svērtais straumes ātrums | | | | | | | 0,410064616 | |
| Max straumes ātrums | | | | | | | 0,535311475 | |
| Min straumes ātrums | | | | | | | 0,330320755 | |
| Starpība starp Min un Max % | | | | | | | 38,29372806 | |

Mērījumu veikšanas laiks 9:46 - 9:56 01.08.2012.

Šķēsgriezuma Nr.: 3

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | Attālums no pēdējā punkta līdz kreisajam krastam (m) |
|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|----------|--|
| Nr. pēc kārtas | | | | | | | |
| Punkta ģeogrāfiskās koordinātas | N56°36,637' E025°09,529' | N56°36,624' E025°09,500' | N56°36,614' E025°09,463' | N56°36,585' E025°09,440' | N56°36,566' E025°09,408' | | 55 |
| Attālums no labā (Skrīveru) krasta (m) | 23,0 | 60,0 | 100,0 | 156,0 | 204,0 | | |
| | 0,526596154 | 0,533683333 | 0,834548387 | 0,691619048 | 0,474584615 | | |
| | 0,509058824 | 0,538983333 | 0,790822581 | 0,644365079 | 0,468738462 | | |
| | 0,428784314 | 0,607116667 | 0,829403226 | 0,584777778 | 0,475692308 | | |
| | 0,48185103 | 0,571266667 | 0,737451613 | 0,62447619 | 0,458596491 | | |
| | | 0,609233333 | 0,742725806 | 0,63857377 | 0,3888985 | | |
| | | 0,60879661 | 0,800966667 | 0,639229508 | | | |
| | | 0,57603932 | 0,80905 | 0,637 | | | |
| | | | 0,758966667 | 0,471023 | | | |
| | | | 0,76194924 | | | | |
| Dzīlums (m) | | | | | | | |
| | 4,8 | | | | | | |
| | 5,3 | | | | | | |
| | 5,8 | | | | | | |
| | 6,3 | | | | | | |
| | 6,8 | | | | | | |
| | 7,3 | | | | | | |
| | 7,8 | | | | | | |
| | 8,3 | | | | | | |
| | 8,8 | | | | | | |
| | 9,3 | | | | | | |
| | 9,8 | | | | | | |
| | 10,3 | | | | | | |
| | | 4,8 | 5,4 | 5,1 | 3,2 | | |
| Gultnes dziļums (m) | 2,5 | 4,8 | 5,4 | 5,1 | 3,2 | | 4,2 |
| Šķēsgriezuma laukums (m ²) | 28,75 | 135,05 | 204 | 294 | 199,2 | 88 | 949 |
| BPH izmantojamais laukums (m ²) | 18,4 | 135,05 | 204 | 294 | 199,2 | 68,66406 | 919,3140625 |
| Vidējais straumes ātrums (m/s) | 0,48657258 | 0,544673599 | 0,694437716 | 0,705702856 | 0,553659596 | 0,453302 | 0,57305807 |
| Caurteces apjoms (m ³ /s) | 13,98896168 | 73,55816949 | 141,665294 | 207,4766398 | 110,2889916 | 39,89058 | 586,8686391 |
| BPH caurteces apjoms (m ³ /s) | 4,476467739 | 36,77908475 | 70,83264699 | 103,7383199 | 55,14449578 | 15,56278 | 286,5337962 |
| | | | | | | | |
| Vidējais svērtais straumes ātrums | | | | | | | 0,618407417 |
| Max straumes ātrums | | | | | | | 0,834548387 |
| Min straumes ātrums | | | | | | | 0,3888985 |
| Starpība starp Min un Max % | | | | | | | 53,40012562 |

Mērījumu veikšanas laiks

10:19 - 10:29

01.08.2012.

Šķērsgriezuma Nr.: 4

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Attālums no pedeja punkta līdz kreisajam krastam (m) |
|--|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---|
| Nr. pēc kārtas | | | | | | |
| Punkta ģeogrāfiskās koordinātas | N56°35,772` E025°10,959` | N56°35,760` E025°10,949` | N56°35,741` E025°10,904` | N56°35,717` E025°10,823` | N56°35,699` E025°10,798` | |
| Attālums no labā (Skrīveru) krasta (m) | 41,0 | 64,0 | 117,0 | 210,0 | 255,0 | 43 |
| | 0,439916667 | 0,668790323 | 0,676666667 | 0,740215385 | 0,777986301 | |
| | 0,405927273 | 0,30550292 | 0,724380952 | 0,687923077 | 0,753383562 | |
| | 1,8 | 0,499395532 | 0,777587302 | 0,562561029 | 0,699876712 | |
| | 2,3 | | 0,729603175 | | 0,7 | |
| | 2,8 | | 0,627222222 | | | |
| | 3,3 | | | | | |
| | 3,8 | | | | | |
| | 4,3 | | | | | |
| | 4,8 | | | | | |
| | 5,3 | | | | | |
| | 5,8 | | | | | |
| | 6,3 | | | | | |
| | 6,8 | | | | | |
| | 7,3 | | | | | |
| | 7,8 | | | | | |
| | 8,3 | | | | | |
| | 8,8 | | | | | |
| | 9,3 | | | | | |
| | 9,8 | | | | | |
| | 10,3 | | | | | |
| Dziļums (m) | | | | | | |
| Gultnes dziļums (m) | 1,6 | 2,4 | 3,6 | 2,8 | 2,5 | 2,58 |
| Šķērsgriezuma laukums (m2) | 32,8 | 46 | 159 | 297,6 | 119,25 | 708,4 |
| BPH izmantojamais laukums (m2) | 3,971875 | 46 | 159 | 297,6 | 119,25 | 660,221875 |
| Vidējais straumes ātrums (m/s) | 0,42292197 | 0,463906543 | 0,626143637 | 0,690769976 | 0,703135152 | 0,60661482 |
| Caurteces apjoms (m3/s) | 13,87184061 | 21,33970097 | 99,5568382 | 205,5731449 | 83,84886691 | 463,5790174 |
| BPH caurteces apjoms (m3/s) | 0,839896599 | 10,66985048 | 49,7784191 | 102,7865724 | 41,92443346 | 218,6035324 |
| Vidējais svērtais straumes ātrums | 0,654402904 | | | | | |
| Max straumes ātrums | 0,777986301 | | | | | |
| Min straumes ātrums | 0,30550292 | | | | | |
| Starpība starp Min un Max % | 60,73158108 | | | | | |

Mērījumu veikšanas laiks

10:35 - 10:46

01.08.2012.

Šķērsgriezuma Nr.: 5

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Attālums no pēdējā punkta līdz kreisajam krastam (m) |
|--|--|-------------|-------------|-------------|-------------|---|
| Nr. pēc kārtas | | | | | | 70 |
| Punkta ģeogrāfiskās koordinātas | N56°35,548' E025°11,649' N56°35,525' E025°11,643' N56°35,498' E025°11,621' N56°35,472' E025°11,600' N56°35,444' E025°11,582' | | | | | |
| Attālums no labā (Skrīveru) krasta (m) | 58,0 | 106,0 | 161,0 | 207,0 | 261,0 | |
| Dziļums (m) | 0,8 | 0,745566667 | 0,684903226 | 0,811606557 | 0,869203125 | 0,871403226 |
| | 1,3 | 0,65643256 | 0,650435484 | 0,775934426 | 0,799234375 | 0,830483871 |
| | 1,8 | | | 0,721842831 | 0,794484375 | 0,82575 |
| | 2,3 | | | | 0,745984375 | |
| | 2,8 | | | | 0,577629521 | |
| | 3,3 | | | | | |
| | 3,8 | | | | | |
| | 4,3 | | | | | |
| | 4,8 | | | | | |
| | 5,3 | | | | | |
| | 5,8 | | | | | |
| | 6,3 | | | | | |
| | 6,8 | | | | | |
| 7,3 | | | | | | |
| 7,8 | | | | | | |
| 8,3 | | | | | | |
| 8,8 | | | | | | |
| 9,3 | | | | | | |
| 9,8 | | | | | | |
| 10,3 | | | | | | |
| Gultnes dziļums (m) | 1,7 | 1,9 | 2,7 | 3,6 | 2,5 | 2,48 |
| Šķērsgriezuma laukums (m2) | 49,3 | 86,4 | 126,5 | 144,9 | 164,7 | 659,3 |
| BPH izmantojamais laukums (m2) | 10,91764706 | 86,4 | 126,5 | 144,9 | 164,7 | 589,4176471 |
| Vidējais straumes ātrums (m/s) | 0,700999613 | 0,684334484 | 0,728944505 | 0,761989948 | 0,789271608 | 0,751347643 |
| Caurteces apjoms (m3/s) | 34,55928094 | 59,12649943 | 92,21147987 | 110,4123435 | 129,9930339 | 500,0253863 |
| BPH caurteces apjoms (m3/s) | 3,826633184 | 29,56324971 | 46,10573994 | 55,20617175 | 64,99651696 | 223,2895911 |
| Vidējais svērtais straumes ātrums | | | | | | |
| Max straumes ātrums | | | | | | |
| Min straumes ātrums | | | | | | |
| Starpība starp Min un Max % | | | | | | |
| Mērījumu veikšanas laiks | 10:48 - 10:59 | | | | | 01.08.2012. |

Šķersgriezuma Nr.: 6

| | Nr. pēc kārtas | 1 | 2 | 3 | 4 | Attālums no pēdējā punkta līdz kreisajam krastam (m) | | | |
|-----------------------------------|---|--------------------------|-------------|--------------------------|-------------|--|--|--------------------------|-------------|
| | Punkta ģeogrāfiskās koordinātas | N56°35,528' E025°12,479' | | N56°35,512' E025°12,460' | | N56°35,486' E025°12,434' | | N56°35,465' E025°12,407' | |
| | Attālums no labā (Skriveru) krasta (m) | 67,0 | 98,0 | 149,0 | 191,0 | | | | 59 |
| Dzīlums (m) | 0,8 | 1,072305085 | 0,998802632 | 1,04384375 | 0,878719298 | | | | |
| | 1,3 | 1,03310582 | 0,996986842 | 1,0596875 | 0,74018375 | | | | |
| | 1,8 | | 0,917079365 | 0,8885625 | | | | | |
| | 2,3 | | | 0,758688273 | | | | | |
| | 2,8 | | | | | | | | |
| | 3,3 | | | | | | | | |
| | 3,8 | | | | | | | | |
| | 4,3 | | | | | | | | |
| | 4,8 | | | | | | | | |
| | 5,3 | | | | | | | | |
| | 5,8 | | | | | | | | |
| | 6,3 | | | | | | | | |
| | 6,8 | | | | | | | | |
| 7,3 | | | | | | | | | |
| 7,8 | | | | | | | | | |
| 8,3 | | | | | | | | | |
| 8,8 | | | | | | | | | |
| 9,3 | | | | | | | | | |
| 9,8 | | | | | | | | | |
| 10,3 | | | | | | | | | |
| | Gultnes dziļums (m) | 1,5 | 2,6 | 3,1 | 1,6 | | | | 2,2 |
| | Šķersgriezuma laukums (m ²) | 50,25 | 63,55 | 145,35 | 98,7 | 47,2 | | | 405,05 |
| | BPH izmantojamais laukums (m ²) | 0 | 63,55 | 145,35 | 98,7 | 5,715625 | | | 313,315625 |
| | Vidējais straumes ātrums (m/s) | 1,052705452 | 1,003655949 | 0,951950123 | 0,894947512 | 0,809452 | | | 0,942542112 |
| | Caurteces apjoms (m ³ /s) | 52,89844898 | 63,78233554 | 138,3659504 | 88,33131943 | 38,20611 | | | 381,5841663 |
| | BPH caurteces apjoms (m ³ /s) | 0 | 31,89116777 | 69,1829752 | 44,16565971 | 2,313261 | | | 147,5530634 |
| Vidējais svērtais straumes ātrums | | | | | | | | | |
| Max straumes ātrums | | | | | | | | | |
| Min straumes ātrums | | | | | | | | | |
| Starpība starp Min un Max % | | | | | | | | | |

Mērījumu veikšanas laiks

11:06 - 11:18

01.08.2012.

Šķersgriezuma Nr.: 7

| Nr. pēc kārtas | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Attālums no pēdējā punkta līdz kreisajam krastam (m) |
|--|--|-------------|-------------|-------------|-------------|--|
| Punkta ģeogrāfiskās koordinātas | N56°35,474` N56°35,460` N56°35,445` N56°35,435` N56°35,405` E025°13,054` E025°13,054` E025°13,035` E025°12,994` E025°12,956` | | | | | |
| Attālums no labā (Skriveru) krasta (m) | 40,0 | 64,0 | 97,0 | 122,0 | 185,0 | 52 |
| Dziļums (m) | 0,8 | 0,719571429 | 0,793473684 | 0,819966667 | 0,792612903 | |
| | 1,3 | 0,802047619 | 0,743035088 | 0,68565 | 0,856209677 | |
| | 1,8 | 0,737650794 | 0,693877193 | 0,760183333 | 0,772910382 | |
| | 2,3 | 0,680698413 | 0,731385965 | 0,571350877 | | |
| | 2,8 | | 0,686666667 | 0,472032839 | | |
| | 3,3 | | 0,770283018 | | | |
| | 3,8 | | | | | |
| | 4,3 | | | | | |
| | 4,8 | | | | | |
| | 5,3 | | | | | |
| | 5,8 | | | | | |
| | 6,3 | | | | | |
| | 6,8 | | | | | |
| | 7,3 | | | | | |
| | 7,8 | | | | | |
| | 8,3 | | | | | |
| 8,8 | | | | | | |
| 9,3 | | | | | | |
| 9,8 | | | | | | |
| 10,3 | | | | | | |
| Gultnes dziļums (m) | 1,7 | 2,4 | 4,1 | 3,4 | 2,4 | 2,8 |
| Šķersgriezuma laukums (m ²) | 34 | 49,2 | 107,25 | 93,75 | 182,7 | 62,4 |
| BPH izmantojamais laukums (m ²) | 7,529411765 | 49,2 | 107,25 | 93,75 | 182,7 | 38,025 |
| Vidējais straumes ātrums (m/s) | 0,651155973 | 0,7070467 | 0,735868987 | 0,702536848 | 0,716364585 | 0,807244 |
| Caurteces apjoms (m ³ /s) | 22,13930307 | 34,78669763 | 78,92194884 | 65,86282953 | 130,8798097 | 50,37205 |
| BPH caurteces apjoms (m ³ /s) | 2,45141072 | 17,39334882 | 39,46097442 | 32,93141476 | 65,43990483 | 15,34773 |
| Vidējais svērtais straumes ātrums Max straumes ātrums Min straumes ātrums Starpība starp Min un Max % | | | | | | |
| 0,723526609 | | | | | | |
| 0,856209677 | | | | | | |
| 0,472032839 | | | | | | |
| 44,86948094 | | | | | | |

Mērījumu veikšanas laiks 11:25 - 11:36 01.08.2012.
 Līdz nākamajam šķersgriezumam (m): 555

Šķērsgriezuma Nr.: 8

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Attālums no pedeja punkta līdz kreisajam krastam (m) |
|--|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---|
| Nr. pēc kārtas | | | | | | 51 |
| Punkta ģeogrāfiskās koordinātas | N56°35,430` E025°13,513` | N56°35,419` E025°13,514` | N56°35,397` E025°13,499` | N56°35,387` E025°13,489` | N56°35,359` E025°13,489` | |
| Attālums no labā (Skriveru) krasta (m) | 33,0 | 53,0 | 95,0 | 114,0 | 167,0 | |
| Dziļums (m) | 0,8 | 1,04115254 | 0,909920635 | 1,04780328 | 0,82304545 | |
| | 1,3 | 0,788150281 | 0,85701695 | 0,883253968 | 0,89240984 | 0,7225303 |
| | 1,8 | | 0,79064829 | 0,698698413 | 0,90881967 | 0,72875385 |
| | 2,3 | | | 0,698182821 | 0,67890164 | 0,74138462 |
| | 2,8 | | | | 0,69081967 | 0,68013852 |
| | 3,3 | | | | 0,77158201 | |
| | 3,8 | | | | | |
| | 4,3 | | | | | |
| | 4,8 | | | | | |
| | 5,3 | | | | | |
| | 5,8 | | | | | |
| | 6,3 | | | | | |
| | 6,8 | | | | | |
| | 7,3 | | | | | |
| 7,8 | | | | | | |
| 8,3 | | | | | | |
| 8,8 | | | | | | |
| 9,3 | | | | | | |
| 9,8 | | | | | | |
| 10,3 | | | | | | |
| Gultnes dziļums (m) | 2,1 | 2,2 | 2,9 | 3,7 | 3,2 | 2,82 |
| Šķērsgriezuma laukums (m2) | 34,65 | 43 | 107,1 | 62,7 | 182,85 | 81,6 |
| BPH izmantojamais laukums (m2) | 16,97142857 | 43 | 107,1 | 62,7 | 182,85 | 63,67031 |
| Vidējais straumes ātrums (m/s) | 0,821006513 | 0,86616616 | 0,839839088 | 0,81803919 | 0,78965353 | 0,739171 |
| Caurteces apjoms (m3/s) | 28,44787568 | 37,2451449 | 89,94676633 | 51,2910575 | 144,388148 | 60,31632 |
| BPH caurteces apjoms (m3/s) | 6,966826696 | 18,6225725 | 44,97338317 | 25,6455287 | 72,1940741 | 23,53161 |
| Vidējais svērtais straumes ātrums | | | | | | |
| Max straumes ātrums | | | | | | |
| Min straumes ātrums | | | | | | |
| Starpība starp Min un Max % | | | | | | |
| 0,804132271 | | | | | | |
| 1,047803279 | | | | | | |
| 0,678901639 | | | | | | |
| 35,20714688 | | | | | | |

Mērījumu veikšanas laiks 11:43 - 11:57 01.08.2012.

Līdz nākamajam šķērsgriezumam (m): 250

Šķērsgriezuma Nr.: 9

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | Attālums no pēdējā punkta līdz kreisajam krastam (m) |
|--|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---|
| Nr. pēc kārtas | | | | | | | 61 |
| Punkta ģeogrāfiskās koordinātas | N56°35,394' E025°13,829' | N56°35,383' E025°13,822' | N56°35,369' E025°13,805' | N56°35,354' E025°13,785' | N56°35,343' E025°13,753' | N56°35,326' E025°13,727' | |
| Attālums no labā (Skrīveru) krasta (m) | 48,0 | 72,0 | 109,0 | 134,0 | 165,0 | 205,0 | |
| Dziļums (m) | 0,8 | 0,759473684 | 0,694309524 | 0,748803571 | 0,837451613 | 0,935277778 | |
| | 1,3 | 0,879316667 | 0,751052632 | 0,5181116 | 0,59269103 | 0,902851852 | |
| | 1,8 | 0,81515 | 0,849912281 | | 0,80993 | 0,66012963 | |
| | 2,3 | 0,776160714 | 0,734666667 | | | 0,79559123 | |
| | 2,8 | | 0,710392857 | | | | |
| | 3,3 | | 0,713375 | | | | |
| | 3,8 | | | | | | |
| | 4,3 | | | | | | |
| | 4,8 | | | | | | |
| | 5,3 | | | | | | |
| | 5,8 | | | | | | |
| | 6,3 | | | | | | |
| | 6,8 | | | | | | |
| | 7,3 | | | | | | |
| | 7,8 | | | | | | |
| | 8,3 | | | | | | |
| 8,8 | | | | | | | |
| 9,3 | | | | | | | |
| 9,8 | | | | | | | |
| 10,3 | | | | | | | |
| Gultnes dziļums (m) | 3,1 | 4,1 | 2,2 | 1,9 | 2,6 | 2,5 | 2,733333333 |
| Šķērsgriezuma laukums (m2) | 74,4 | 86,4 | 116,55 | 51,25 | 69,75 | 102 | 576,6 |
| BPH izmantojamais laukums (m2) | 56,98064516 | 86,4 | 116,55 | 51,25 | 69,75 | 102 | 531,7306452 |
| Vidējais straumes ātrums (m/s) | 0,825190179 | 0,781963383 | 0,716412331 | 0,638480031 | 0,760313953 | 0,821989379 | 0,766830268 |
| Caurteces apjoms (m3/s) | 61,39414929 | 67,56163633 | 83,49785712 | 32,7221016 | 53,03189819 | 83,84291662 | 444,8395841 |
| BPH caurteces apjoms (m3/s) | 23,50993438 | 33,78081817 | 41,74892856 | 16,3610508 | 26,51594909 | 41,92145831 | 203,9306273 |
| Vidējais svērtais straumes ātrums | | | | | | | 0,771487312 |
| Max straumes ātrums | | | | | | | 0,935277778 |
| Min straumes ātrums | | | | | | | 0,5181116 |
| Starpība starp Min un Max % | | | | | | | 44,60298188 |
| Mērījumu veikšanas laiks | 12:07:00 - 12:19 | | | | | | 01.08.2012. |
| | | | | | | | 0,776 |
| | | | | | | | 441 |

Šķērsriezuma Nr.: 10

| Nr. pēc kārtas | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | Attālums no pēdējā punkta līdz kreisajam krastam (m) | |
|--|-----------------------------|-----------------------------|--|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--|-------------|
| Punkta ģeogrāfiskās koordinātas | N56°37,034' E025°44,869' | N56°37,019' E025°44,854' | N56°36,990' E025°44,852' | N56°36,952' E025°44,856' | N56°36,911' E025°44,851' | N56°36,892' E025°44,843' | N56°36,869' E025°44,849' | 38 | |
| Attālums no labā (Skrīveru) krasta (m) | 25,0 | 57,0 | 109,0 | 180,0 | 257,0 | 294,0 | 335 | | |
| Dziļums (m) | 0,414953125 | 0,458701493 | 0,397 | 0,377220588 | 0,50231148 | 0,935277778 | 0,379529412 | | |
| | 0,455453125 | 0,437060606 | 0,468671233 | 0,36175 | 0,30103636 | 0,902851852 | 0,335897959 | | |
| | 0,438703125 | 0,442257576 | 0,371561644 | 0,3825 | 0,33446809 | 0,79559123 | 0,4025 | | |
| | 0,481163934 | 0,355878788 | 0,420211268 | 0,340681818 | 0,3945 | 0,66012963 | | | |
| | 0,428101695 | 0,401424242 | 0,371623188 | 0,370318182 | | | | | |
| | 0,400066667 | 0,374893939 | 0,408671642 | | | | | | |
| | 0,452266667 | 0,412651515 | 0,433850746 | | | | | | |
| | 0,392758621 | 0,386939394 | 0,390030769 | | | | | | |
| | 0,478333333 | 0,418292308 | 0,403107692 | | | | | | |
| | 0,381425926 | 0,420015152 | 0,36140625 | | | | | | |
| | 0,428490196 | 0,451242424 | 0,382095238 | | | | | | |
| | 0,378595745 | 0,403292308 | 0,419809524 | | | | | | |
| | 0,464714286 | 0,383203125 | | | | | | | |
| | 0,457052632 | 0,333923077 | | | | | | | |
| | 0,404470588 | 0,413296875 | | | | | | | |
| | 0,420444444 | 0,407031746 | | | | | | | |
| | 0,54685 | 0,448035088 | | | | | | | |
| 0,6155 | 0,357530612 | | | | | | | | |
| 0,6766 | 0,431448276 | | | | | | | | |
| 0,497266667 | 0,383275862 | | | | | | | | |
| | 11,5 | 10,9 | 7,2 | 3,6 | 3,1 | 2,9 | 2,4 | 5,942857143 | |
| Gultnes dziļums (m) | 143,75 | 358,4 | 470,6 | 383,4 | 257,95 | 111 | 108,65 | 1879,35 | |
| Šķērsriezuma laukums (m2) | 141,3043478 | 358,4 | 470,6 | 383,4 | 257,95 | 111 | 108,65 | 1859,091848 | |
| BPH izmantojamais laukums (m2) | 0,460660539 | 0,43334013 | 0,40463855 | 0,391794693 | 0,37386517 | 0,603270802 | 0,63025398 | 0,45880829 | |
| Vidējais straumes ātrums (m/s) | 66,21995245 | 155,3091024 | 190,4229016 | 150,2140853 | 96,4385201 | 66,96305899 | 68,47709493 | 811,0372119 | |
| Caurtecetes apjoms (m3/s) | 32,5466685 | 77,65455121 | 95,21145081 | 75,10704266 | 48,21926 | 33,48152949 | 34,23854747 | 401,6364513 | |
| | | | | | | | | Vidējais svērtais straumes ātrums | 0,431551979 |
| | | | | | | | | Max straumes ātrums | 0,935277778 |
| | | | | | | | | Min straumes ātrums | 0,301036364 |
| Mērījumu veikšanas laiks | 16:30:00 - 16:43 | 20.09.2012. | Mērījums pēc AViekstes ietekas Daugavā | | | Starpība starp Min un Max % | | 67,81315981 | |

Šķērsriezuma Nr.: 11

| Nr. pēc kārtas | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Attālums no labā (Skriveru) krasta (m) | pēdējā punkta līdz kreisajam krastam (m) |
|---|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--|--|
| Punkta ģeogrāfiskās koordinātas | N56°37,030' E025°44,925' | N56°36,985' E025°44,916' | N56°36,942' E025°44,909' | N56°36,912' E025°44,910' | N56°36,884' E025°44,891' | | |
| Attālums no labā (Skriveru) krasta (m) | 27 | 109 | 187 | 242 | 300 | | 78 |
| | 0,8 | 0,47211111 | 0,36280645 | 0,44006061 | 0,42330159 | 0,48186567 | |
| | 1,3 | 0,434447619 | 0,43883607 | 0,41526154 | 0,42631148 | 0,46288571 | |
| | 1,8 | 0,44550794 | 0,38041667 | 0,425125 | 0,38627586 | | |
| | 2,3 | 0,40439344 | 0,4362 | 0,4303125 | 0,496375 | | |
| | 2,8 | 0,34754237 | 0,369 | 0,44245313 | | | |
| | 3,3 | 0,44558621 | 0,43962069 | 0,4961 | | | |
| | 3,8 | 0,35972727 | 0,39760345 | 0,45566667 | | | |
| | 4,3 | 0,46489286 | 0,42361404 | 0,41333333 | | | |
| | 4,8 | 0,43580357 | 0,37382456 | 0,406 | | | |
| | 5,3 | 0,46298113 | 0,41641818 | | | | |
| | 5,8 | 0,46998113 | 0,44948148 | | | | |
| | 6,3 | 0,42503774 | 0,35549057 | | | | |
| | 6,8 | 0,42569811 | 0,38813208 | | | | |
| | 7,3 | 0,44013208 | 0,32828846 | | | | |
| | 7,8 | 0,48621569 | 0,42517647 | | | | |
| | 8,3 | 0,5394 | 0,36652 | | | | |
| | 8,8 | 0,42626829 | 0,41908 | | | | |
| | 9,3 | 0,4945 | 0,39462 | | | | |
| | 9,8 | | 0,40702 | | | | |
| | 10,3 | | 0,468575 | | | | |
| Gultnes dziļums (m) | 10 | 12 | 6,1 | 2,9 | 1,9 | | |
| Šķērsriezuma laukums (m ²) | 135 | 902 | 705,9 | 247,5 | 139,2 | 74,1 | 2203,7 |
| BPH izmantojamais laukums (m ²) | 131,9625 | 902 | 705,9 | 247,5 | 139,2 | 27,9157895 | 2154,478 |
| Vidējais straumes ātrums (m/s) | 0,44334751 | 0,42160472 | 0,41258748 | 0,43512128 | 0,44616922 | 0,47237569 | 0,438534 |
| Caurteces apjoms (m ³ /s) | 59,8519135 | 380,287456 | 291,245502 | 107,692518 | 62,1067552 | 35,0030388 | 936,1872 |
| BPH caurteces apjoms (m ³ /s) | 29,2526227 | 190,143728 | 145,622751 | 53,8462589 | 31,0533776 | 6,5933702 | 456,5121 |
| Vidējais svērtais straumes ātrums | | | | | | | 0,424825 |
| Max straumes ātrums | | | | | | | 0,5394 |
| Min straumes ātrums | | | | | | | 0,328288 |
| Starpība starp Min un Max % | | | | | | | 39,13822 |

Mērījumu veikšanas laiks

12:04 - 12:13

22.08.2012.

Šķērsriezuma Nr.: 12

| Nr. pēc kārtas | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Attālums no pēdējā punkta līdz kreisajam krastam (m) |
|--|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--|
| Punkta ģeogrāfiskās koordinātas | N56°36,955' E025°45,220' | N56°36,944' E025°45,194' | N56°36,923' E025°45,173' | N56°36,899' E025°45,132' | N56°36,867' E025°45,100' | 122 |
| Attālums no labā (Skrīveru) krasta (m) | 22 | 56 | 101 | 162 | 230 | |
| | 0,8 | 0,42911864 | 0,44248438 | 0,52117188 | 0,44875 | 0,42465591 |
| | 1,3 | 0,42377586 | 0,40459375 | 0,45414286 | 0,43282258 | 0,35124286 |
| | 1,8 | 0,47155172 | 0,36991935 | 0,39385714 | 0,38513115 | 0,38010714 |
| | 2,3 | 0,47780357 | 0,38772131 | 0,46855738 | 0,39739344 | 0,48581081 |
| | 2,8 | 0,34155769 | 0,35631034 | 0,45083607 | 0,41956667 | |
| | 3,3 | 0,47088462 | 0,39662069 | 0,54447541 | 0,4417541 | |
| | 3,8 | 0,40360784 | 0,3932931 | 0,4434918 | 0,40175862 | |
| | 4,3 | 0,43556863 | 0,44132759 | 0,51044828 | 0,41066667 | |
| | 4,8 | 0,46022917 | 0,36501724 | 0,43567241 | 0,31672727 | |
| | 5,3 | 0,40530435 | 0,31301724 | 0,42544828 | 0,36829091 | |
| | 5,8 | 0,46251724 | 0,41727586 | 0,48496552 | 0,39098182 | |
| | 6,3 | 0,52805 | 0,46989286 | 0,42073684 | 0,35129091 | |
| | 6,8 | | 0,40094545 | 0,41763158 | | |
| | 7,3 | | 0,43594444 | 0,51158929 | | |
| | 7,8 | | 0,46261111 | 0,49077778 | | |
| | 8,3 | | 0,52996078 | 0,59207547 | | |
| | 8,8 | | 0,49060377 | | | |
| | 9,3 | | 0,4277551 | | | |
| | 9,8 | | 0,50344681 | | | |
| | 10,3 | | | | | |
| Dzījums (m) | | | | | | |
| Gultnes dziļums (m) | 7,2 | 11 | 9,3 | 7,3 | 3 | |
| Šķērsriezuma laukums (m2) | 79,2 | 309,4 | 456,75 | 506,3 | 350,2 | 183 |
| BPH izmantojamais laukums (m2) | 75,7625 | 309,4 | 456,75 | 506,3 | 350,2 | 137,25 |
| Vidējais straumes ātrums (m/s) | 0,44249744 | 0,42963582 | 0,44498912 | 0,44039329 | 0,40043443 | 0,41045418 |
| Caurteces apjoms (m3/s) | 35,0457976 | 132,929324 | 203,24878 | 222,971122 | 140,232137 | 75,1131152 |
| BPH caurteces apjoms (m3/s) | 16,7623563 | 66,4646619 | 101,62439 | 111,485561 | 70,1160684 | 28,1674182 |
| Vidējais svērtais straumes ātrums | | | | | | 0,429499 |
| Max straumes ātrums | | | | | | 0,592075 |
| Min straumes ātrums | | | | | | 0,313017 |
| Starpība starp Min un Max % | | | | | | 47,13221 |

Mērījumu veikšanas laiks

11:55 - 12:04

22.08.2012.

Šķērsgriezuma Nr.: 13

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | Attālums no pēdējā punkta līdz kreisajam krastam (m) |
|--|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|---|
| Nr. pēc kārtas | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 53 |
| Punkta ģeogrāfiskās koordinātas | N56°36,945` E025°45,286` | N56°36,936` E025°45,285` | N56°36,927` E025°45,277` | N56°36,907` E025°45,255` | N56°36,879` E025°45,244` | N56°36,860` E025°45,200` | N56°36,836` E025°45,161` | N56°36,816` E025°45,129` | |
| Attālums no labā (Skrīveru) krasta (m) | 11,0 | 29,0 | 48,0 | 91,0 | 143,0 | 192,0 | 249 | 299 | |
| | 0,587369231 | 0,54368254 | 0,414442623 | 0,401804878 | 0,550016129 | 0,444096774 | 0,418968254 | 0,4323 | |
| | 0,421153846 | 0,425209677 | 0,34895082 | 0,329109756 | 0,393360656 | 0,382870968 | 0,400920635 | 0,593033333 | |
| | 0,56065625 | 0,396745098 | 0,471140351 | 0,39002439 | 0,353803279 | 0,388096774 | 0,360673913 | | |
| | 0,422377049 | 0,318102041 | 0,414314815 | 0,379148148 | 0,431448276 | 0,439467742 | 0,434444444 | | |
| | 0,541254545 | 0,276869565 | 0,329566038 | 0,356432099 | 0,43515 | 0,311540984 | 0,35825 | | |
| | 0,498923077 | 0,383159091 | 0,38556 | 0,338378049 | 0,402770492 | 0,34166129 | | | |
| | 0,562627451 | 0,41204878 | 0,439367347 | 0,4888125 | 0,487327869 | 0,400081967 | | | |
| | 0,594413043 | 0,377789474 | 0,377306122 | 0,353012346 | 0,3900032787 | 0,323693548 | | | |
| | 0,467125 | 0,380027027 | 0,284791667 | 0,305725 | 0,38785 | 0,389540984 | | | |
| | 0,431057143 | 0,338702703 | 0,34212766 | 0,3466 | 0,347881356 | 0,384887097 | | | |
| | 0,44583871 | 0,392611111 | 0,386227273 | 0,3145 | 0,362830508 | 0,360081967 | | | |
| Dzīlums (m) | 6,3 | 0,491388889 | 0,336564103 | 0,308533333 | 0,422 | 0,418070175 | | | |
| | 6,8 | 0,384206897 | 0,402151515 | 0,30677027 | 0,338051724 | 0,336639344 | | | |
| | 7,3 | | 0,343857143 | | 0,349932203 | 0,313274194 | | | |
| | 7,8 | | | | 0,333315789 | 0,334892857 | | | |
| | 8,3 | | | | 0,428230769 | 0,32695 | | | |
| | 8,8 | | | | 0,354347826 | 0,332868852 | | | |
| | 9,3 | | | | 0,577568182 | | | | |
| | 9,8 | | | | 0,532068182 | | | | |
| | 10,3 | | | | 0,478977273 | | | | |
| Gultnes dziļums (m) | 6,6 | 7,8 | 8 | 7,7 | 11,3 | 9,6 | 3,7 | 2,1 | 7,1 |
| Šķērsgriezuma laukums (m2) | 36,3 | 129,6 | 150,1 | 337,55 | 494 | 512,05 | 379,05 | 145 | 2239,3 |
| BPH izmantotajam laukums (m2) | 34,425 | 129,6 | 150,1 | 337,55 | 494 | 512,05 | 379,05 | 145 | 2209,032143 |
| Vidējais strāumes ātrums (m/s) | 0,502981395 | 0,443889093 | 0,385070754 | 0,366489565 | 0,393206487 | 0,394207536 | 0,372816944 | 0,428370083 | 0,422188725 |
| Caurteces apjoms (m3/s) | 18,25822464 | 57,52802649 | 57,79912023 | 123,7085525 | 194,2440046 | 201,8539986 | 141,3162626 | 62,11366201 | 885,3517216 |
| BPH caurteces apjoms (m3/s) | 8,657567262 | 28,76401324 | 28,89956011 | 61,85427627 | 97,12200228 | 100,9269843 | 70,65813128 | 31,056831 | 434,92628 |
| | Mērtījumu veikšanas laiks | | | Mērtījums pēc Aiviekstes ietekas Daugavā | | | Vidējais svērtais strāumes ātrums | | |
| | 16.12.00 - 16.26 | | | 20.09.2012. | | | Max strāumes ātrums | | |
| | | | | | | | Min strāumes ātrums | | |
| | | | | | | | Starpība starp Min un Max % | | |

Šķērsgriezuma Nr.: 14

| Nr. pēc kārtas | N56°36'939" E025°45,281" N56°36,912' E025°45,234' N56°36,894' E025°45,211" N56°36,878' E025°45,164' N56°36,858' E025°45,188' N56°36,832' E025°45,145' N56°36,812' E025°45,142' | | | | | | | | | | | Atrilums no Piedējis punkta līdz krēslajam krastam (m) |
|---|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | |
| Punkta ģeogrāfiskās koordinātas | | | | | | | | | | | | 38 |
| Atrilums no labā (Skrīveru) krasta (m) | 2,0 | 25,0 | 34,0 | 48,0 | 82,0 | 120,0 | 156,0 | 201,0 | 254,0 | 298,0 | 315,0 | |
| 0,52253425 | 0,459242424 | 0,53333871 | 0,417590164 | 0,465825397 | 0,419174603 | 0,502983871 | 0,532507937 | 0,508066667 | 0,545857143 | 0,503170732 | 0,377115385 | |
| 1,3 | 0,47643056 | 0,381924242 | 0,372032258 | 0,395819672 | 0,421587302 | 0,310603175 | 0,376532258 | 0,334066667 | 0,3093 | 0,377115385 | 0,351666667 | |
| 1,8 | 0,33765152 | 0,375738462 | 0,317540984 | 0,370360656 | 0,428793651 | 0,35787302 | 0,332435484 | 0,382645161 | 0,466037736 | 0,436967742 | | |
| 2,3 | 0,46607937 | 0,359777778 | 0,394898305 | 0,427448276 | 0,404354839 | 0,380741935 | 0,38733871 | 0,356460317 | | | | |
| 2,8 | 0,47474545 | 0,4135 | 0,361859649 | 0,420983051 | 0,390222222 | 0,376444444 | 0,381225806 | 0,448725806 | | | | |
| 3,3 | 0,41209302 | 0,547075472 | 0,425071429 | 0,407559322 | 0,393393443 | 0,386428571 | 0,419193548 | 0,426409836 | | | | |
| 3,8 | 0,5074878 | 0,45446 | 0,430314815 | 0,385810345 | 0,454730159 | 0,352968254 | 0,396245902 | 0,344079365 | | | | |
| 4,3 | 0,49541176 | 0,382065217 | 0,442333333 | 0,375152542 | 0,376306452 | 0,327935484 | 0,382540984 | 0,377269841 | | | | |
| 4,8 | 0,40017857 | 0,452116279 | 0,40556 | 0,46475 | 0,381901639 | 0,375885246 | 0,344725806 | 0,390803279 | | | | |
| 5,3 | 0,53868182 | 0,456292683 | 0,36118 | 0,40555 | 0,369190476 | 0,384806452 | 0,330080645 | 0,38883871 | | | | |
| 5,8 | | 0,482560976 | 0,436458333 | 0,334733333 | 0,385693548 | 0,363 | 0,390193548 | 0,388349206 | | | | |
| 6,3 | | 0,611435897 | 0,419787234 | 0,446637931 | 0,38247619 | 0,332145161 | 0,340967742 | 0,369825397 | | | | |
| 6,8 | | 0,602666667 | 0,436625 | 0,475775862 | 0,385693548 | 0,415096774 | 0,380919355 | 0,39647619 | | | | |
| 7,3 | | | | | 0,397064516 | 0,384822581 | 0,31033871 | 0,333206349 | | | | |
| 7,8 | | | | | 0,469316667 | 0,402737705 | 0,429403226 | 0,442380952 | | | | |
| 8,3 | | | | | 0,473152542 | 0,491145161 | 0,453612903 | 0,437587302 | | | | |
| 8,8 | | | | | 0,502451613 | 0,56347619 | 0,465851852 | 0,442238095 | | | | |
| 9,3 | | | | | 0,407967213 | 0,560721311 | | 0,347873016 | | | | |
| 9,8 | | | | | 0,420409836 | | | | | | | |
| 10,3 | | | | | 0,481209677 | | | | | | | |
| Gultnes dziļums (m) | 6,6 | 7,5 | 7,9 | 7,5 | 12,5 | 9,5 | 9,3 | 9,8 | 2,7 | 1,7 | 2,1 | 7,009091 |
| Šķērsgriezuma laukums (m ²) | 6,6 | 162,15 | 69,3 | 107,8 | 340 | 418 | 338,4 | 429,75 | 331,25 | 96,8 | 176,7 | 2509,05 |
| BPH izmantojamais laukums (m ²) | 6,25909091 | 162,15 | 69,3 | 107,8 | 340 | 418 | 338,4 | 429,75 | 331,25 | 96,8 | 176,7 | 2488,352 |
| Vidējais straumes ātrums (m/s) | 0,46312941 | 0,461310879 | 0,435302159 | 0,410275816 | 0,415754912 | 0,409933192 | 0,394580306 | 0,396051623 | 0,433382659 | 0,417421985 | 0,410651 | 0,42134 |
| Caurteces apjoms (m ³ /s) | 3,05665412 | 74,80155902 | 30,16643965 | 44,22773291 | 141,35667 | 171,3520741 | 133,5259755 | 170,2031848 | 135,2456899 | 41,95144139 | 13,48273012 | 1031,932 |
| BPH caurteces apjoms (m ³ /s) | 1,44938455 | 37,40077951 | 15,08321983 | 22,11386646 | 70,67833498 | 85,67603705 | 66,76298773 | 85,10159242 | 67,62284495 | 20,9757207 | 6,74136506 | 511,7073 |
| Vidējais svērtais straumes ātrums | | | | | | | | | | | | 0,411284 |
| Max straumes ātrums | | | | | | | | | | | | 0,611436 |
| Min straumes ātrums | | | | | | | | | | | | 0,3093 |
| Starpība starp Min un Max % | | | | | | | | | | | | 49,41416 |

Mērījumu veikšanas laiks

11:31 - 11:49

15.09.2012.

Pēc Alviesties ietekas Daugavā

Šķērsriezuma Nr.: 15

| Nr. pēc kārtas | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Attālums no pēdējā punkta līdz kreisajam krastam (m) |
|--|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--|
| Punkta ģeogrāfiskās koordinātas | N56°36,907' E025°45,362' | N56°36,869' E025°45,320' | N56°36,833' E025°45,283' | N56°36,833' E025°45,267' | N56°36,799' E025°45,262' | |
| Attālums no labā (Skrīveru) krasta (m) | 41 | 123 | 199 | 207 | 269 | |
| | 0,8 | 0,43644444 | 0,41412121 | 0,42176786 | 0,46911594 | 0,54177049 |
| | 1,3 | 0,44652381 | 0,42472308 | 0,40510714 | 0,46044928 | 0,42545 |
| | 1,8 | 0,41785484 | 0,39455556 | 0,37666071 | 0,38950725 | 0,4875 |
| | 2,3 | 0,46803509 | 0,37496825 | 0,42748214 | 0,37033333 | 0,42464912 |
| | 2,8 | 0,37758824 | 0,39212903 | 0,45847273 | 0,36485294 | 0,4312807 |
| | 3,3 | 0,44866667 | 0,47323729 | 0,40903704 | 0,43410294 | 0,52242593 |
| | 3,8 | 0,40060417 | 0,43789831 | 0,38579245 | 0,3699403 | 0,40316667 |
| | 4,3 | 0,32925 | 0,3847193 | 0,40555769 | 0,33587879 | 0,40954717 |
| | 4,8 | 0,44467391 | 0,39070175 | 0,37648077 | 0,35324242 | 0,38090566 |
| | 5,3 | | 0,40290741 | 0,41982692 | 0,29642424 | 0,38477551 |
| | 5,8 | | | 0,39490385 | 0,38085714 | 0,31913636 |
| | 6,3 | | | 0,40655769 | 0,50827273 | |
| | 6,8 | | | 0,41718 | 0,38251622 | |
| | 7,3 | | | 0,37516216 | 0,40516216 | |
| | 7,8 | | | | 0,38516216 | |
| | 8,3 | | | | | |
| | 8,8 | | | | | |
| | 9,3 | | | | | |
| | 9,8 | | | | | |
| | 10,3 | | | | | |
| Gultnes dziļums (m) | 5,9 | 6,2 | 8,2 | 8,6 | 6,9 | |

123

Dziļums (m)

Šķērsriezuma Nr.: 16

| | 1 | 2 | 3 | | | | | | |
|--|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--|--|--|--|--|--|
| Nr. pēc kārtas | | | | | | | | | |
| Punkta ģeogrāfiskās koordinātas | N56°36,844' E025°45,596' | N56°36,871' E025°45,616' | N56°36,926' E025°45,627' | | | | | | |
| Attālums no labā (Skrīveru) krasta (m) | 196 | 151 | 49 | | | | | | |
| | 0,413517241 | 0,381761905 | 0,4318 | | | | | | |
| | 0,369 | 0,370654545 | 0,4296 | | | | | | |
| | 0,378315789 | 0,327098039 | 0,3131 | | | | | | |
| | 0,397022727 | 0,316489796 | | | | | | | |
| | 0,272470588 | 0,33112 | | | | | | | |
| | 0,396 | 0,4135 | | | | | | | |
| | 3,8 | 0,338162791 | | | | | | | |
| | 4,3 | 0,361657895 | | | | | | | |
| | 4,8 | | | | | | | | |
| | 5,3 | | | | | | | | |
| | 5,8 | | | | | | | | |
| | 6,3 | | | | | | | | |
| | 6,8 | | | | | | | | |
| | 7,3 | | | | | | | | |
| | 7,8 | | | | | | | | |
| | 8,3 | | | | | | | | |
| | 8,8 | | | | | | | | |
| | 9,3 | | | | | | | | |
| | 9,8 | | | | | | | | |
| | 10,3 | | | | | | | | |
| Gultnes dziļums (m) | 3,7 | 5,1 | 2,8 | | | | | | |

Dziļums (m)

Mērījumu veikšanas laiks

13:23:00 - 13:29

15.09.2012.

Aiviekstes upē pirms ietekas Daugavā

Šķērsriezuma Nr.: 17

| Nr. pēc kārtas | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | Attālums no pēdējā punkta līdz kreisajam krastam (m) |
|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------|---|--|---|--|--|
| | N56°36,797' E025°45,491' | N56°36,795' E025°45,470' | N56°36,785' E025°45,397' | N56°36,772' E025°45,327' | N56°36,747' E025°45,286' | | | | | | |
| Attālums no labā (Skrīveru) krasta (m) | 45 | 68 | 142 | 216 | 269 | | | | | | 103 |
| Dziļums (m) | 0,8 | 0,55057353 | 0,590242424 | 0,482965517 | 0,369546875 | 0,656634921 | | | | | |
| | 1,3 | 0,44846774 | 0,361578125 | 0,393758621 | 0,376140625 | 0,403354839 | | | | | |
| | 1,8 | 0,45632759 | 0,379704918 | 0,345637931 | 0,395109375 | 0,433910714 | | | | | |
| | 2,3 | 0,37671739 | 0,341740741 | 0,388436364 | 0,358 | 0,407296296 | | | | | |
| | 2,8 | | 0,381846154 | 0,439641509 | 0,339758065 | 0,384625 | | | | | |
| | 3,3 | | 0,438108696 | 0,407692308 | 0,399816667 | 0,488422222 | | | | | |
| | 3,8 | | 0,5170625 | 0,385041667 | 0,355847458 | 0,421909091 | | | | | |
| | 4,3 | | | 0,362369565 | 0,416290909 | 0,442023256 | | | | | |
| | 4,8 | | | 0,406682927 | 0,370074074 | 0,372926829 | | | | | |
| | 5,3 | | | | 0,382313725 | 0,420588235 | | | | | |
| | 5,8 | | | | 0,36227451 | | | | | | |
| | 6,3 | | | | 0,364108108 | | | | | | |
| | 6,8 | | | | 0,333357143 | | | | | | |
| | 7,3 | | | | | | | | | | |
| | 7,8 | | | | | | | | | | |
| | 8,3 | | | | | | | | | | |
| 8,8 | | | | | | | | | | | |
| 9,3 | | | | | | | | | | | |
| 9,8 | | | | | | | | | | | |
| 10,3 | | | | | | | | | | | |
| Gultnes dziļums (m) | 3,9 | 4,6 | 5,8 | 8,3 | 6,6 | | | | | | |

Mērījumu veikšanas laiks

12:18:00 - 12:26

22.08.2012.

Šķērsriezuma Nr.: 19

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | Attālums no pēdējā punkta līdz kreisajam krastam (m) |
|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---|
| Nr. pēc kārtas | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 13 |
| Punkta ģeogrāfiskās koordinātas | N56°36,768' E025°45,532' | N56°36,763' E025°45,491' | N56°36,749' E025°45,438' | N56°36,736' E025°45,393' | N56°36,723' E025°45,344' | N56°36,708' E025°45,308' | N56°36,697' E025°45,289' | |
| Attālums no labā (Skrēru) krasta (m) | 19,0 | 62,0 | 122,0 | 173,0 | 229,0 | 280,0 | 300,0 | |
| Dziļums (m) | 0,8 | 0,394796875 | 0,469 | 0,460375 | 0,524046154 | 0,592 | 0,638959459 | 0,6222928571 |
| | 1,3 | 0,349254545 | 0,40266129 | 0,370126761 | 0,359584615 | 0,465184615 | 0,395486111 | 0,366971014 |
| | 1,8 | 0,396121951 | 0,364431034 | 0,405742857 | 0,390492063 | 0,403375 | 0,4086 | 0,344258065 |
| | 2,3 | 0,37496875 | 0,370854545 | 0,406637681 | 0,474126984 | 0,466359375 | 0,444571429 | 0,374705882 |
| | 2,8 | 0,478655172 | 0,362038462 | 0,336855072 | 0,434145161 | 0,386171875 | 0,400772727 | 0,270666667 |
| | 3,3 | | 0,330098039 | 0,381313433 | 0,441741935 | 0,468296875 | 0,482046875 | 0,378934783 |
| | 3,8 | | 0,372695652 | 0,4034 | 0,447557377 | 0,355031746 | 0,39084375 | 0,310651163 |
| | 4,3 | | 0,48673913 | 0,418655738 | 0,372766667 | 0,422142857 | 0,4598125 | 0,395609756 |
| | 4,8 | | | 0,461314815 | 0,456086207 | 0,41004918 | 0,451451613 | 0,37545 |
| | 5,3 | | | 0,32475 | 0,474844828 | 0,513355932 | 0,381580645 | 0,399 |
| | 5,8 | | | 0,4215625 | 0,359892857 | 0,405068966 | 0,397459016 | 0,418 |
| | 6,3 | | | 0,472880952 | 0,373538462 | 0,44062069 | 0,454766667 | |
| | 6,8 | | | | | 0,447183673 | 0,419553191 | |
| 7,3 | | | | | | | | |
| 7,8 | | | | | | | | |
| 8,3 | | | | | | | | |
| 8,8 | | | | | | | | |
| 9,3 | | | | | | | | |
| 9,8 | | | | | | | | |
| 10,3 | | | | | | | | |
| Gultnes dziļums (m) | 2,9 | 5,1 | 7,1 | 7,2 | 7,4 | 7,6 | 6,7 | 6,285714 |
| Šķērsriezuma laukums (m ²) | 27,55 | 172 | 366 | 364,65 | 408,8 | 382,5 | 43,55 | 1908,05 |
| BPH izmantojamais laukums (m ²) | 20,17931034 | 172 | 366 | 364,65 | 408,8 | 382,5 | 43,55 | 1898,496 |
| Vidējais straumes ātrums (m/s) | 0,398759459 | 0,396331958 | 0,401106648 | 0,415518255 | 0,435346564 | 0,442336337 | 0,415961662 | 0,411547 |
| Caurteces apjoms (m ³ /s) | 10,98582309 | 68,16909669 | 146,8050332 | 151,5187317 | 177,9696753 | 169,193649 | 59,48251765 | 800,9791 |
| BPH caurteces apjoms (m ³ /s) | 4,023345436 | 34,08454835 | 73,40251661 | 75,75936584 | 88,98483764 | 84,5968245 | 29,74125882 | 398,5976 |
| <p>Vidējais svērtais straumes ātrums Max straumes ātrums Min straumes ātrums Starpība starp Min un Max %</p> | | | | | | | | <p>0,419789 0,638959 0,270667 57,63946</p> |
| <p>Pirms Aiviekstes ietekas Daugavā</p> | | | | | | | | <p>Vidējais svērtais straumes ātrums Max straumes ātrums Min straumes ātrums Starpība starp Min un Max %</p> |
| <p>Mērījumu veikšanas laiks</p> | | | | | | | | <p>11:55 - 12:06</p> |
| <p>15.09.2012.</p> | | | | | | | | |

Šķērsriezuma Nr.: 20

| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | Attālums no pēdējā punkta līdz kreisajam krastam (m) | | |
|---|--|-----------------------------|-----------------------------|---|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---|-------------|--|
| Nr. pēc kārtas | | | | | | | | | | |
| Punkta ģeogrāfiskās koordinātas | | N56°36,733' E025°45,601' | N56°36,723' E025°45,564' | N56°36,708' E025°45,510' | N56°36,684' E025°45,431' | N56°36,663' E025°45,378' | N56°36,645' E025°45,345' | 49,0 | | |
| Attālums no labā (Skrieveru) krasta (m) | | 23,0 | 66,0 | 131,0 | 218,0 | 272,0 | 317,0 | | | |
| Dzīļums (m) | | 0,8 | 0,436831169 | 0,443083333 | 0,475933333 | 0,450484375 | 0,473878788 | | | |
| | | 1,3 | | 0,37220339 | 0,351988095 | 0,323866667 | 0,373390625 | 0,372428571 | | |
| | | 1,8 | | 0,331709677 | 0,351481928 | 0,363633333 | 0,401809524 | 0,391936508 | | |
| | | 2,3 | | | 0,34262963 | 0,336627119 | 0,398666667 | 0,383931034 | | |
| | | 2,8 | | | 0,343858974 | 0,310542373 | 0,398903226 | 0,364226415 | | |
| | | 3,3 | | | 0,352287671 | 0,382071429 | 0,360918033 | 0,396796296 | | |
| | | 3,8 | | | 0,339277778 | 0,447107143 | 0,460721311 | 0,383283019 | | |
| | | 4,3 | | | 0,346927536 | 0,302296296 | 0,381433333 | 0,437269231 | | |
| | | 4,8 | | | 0,369555556 | 0,366843137 | 0,375525424 | 0,3579 | | |
| | | 5,3 | | | 0,373444444 | 0,32627451 | 0,377068966 | 0,332369565 | | |
| | | 5,8 | | | | 0,329229167 | 0,38177193 | 0,324695652 | | |
| | | 6,3 | | | | 0,3283125 | 0,405890909 | | | |
| | | 6,8 | | | | | 0,372576923 | | | |
| | | 7,3 | | | | | 0,420829268 | | | |
| 7,8 | | | | | 0,471142857 | | | | | |
| 8,3 | | | | | | | | | | |
| 8,8 | | | | | | | | | | |
| 9,3 | | | | | | | | | | |
| 9,8 | | | | | | | | | | |
| 10,3 | | | | | | | | | | |
| Gultnes dziļums (m) | | 1,3 | 3 | 6,2 | 6,9 | 8,7 | 6,4 | | | |
| Šķērsriezuma laukums (m2) | | 14,95 | 92,45 | 299 | 569,85 | 421,2 | 339,75 | 156,8 | 1894 | |
| BPH izmantojamais laukums (m2) | | | 92,45 | 299 | 569,85 | 421,2 | 339,75 | 148,1867 | 1870,436719 | |
| Vidējais straumes ātrums (m/s) | | 0,436831169 | 0,385821652 | 0,363153107 | 0,359421452 | 0,38236557 | 0,39422494 | 0,38352 | 0,386476778 | |
| Caurteces apjoms (m3/s) | | 6,530625974 | 35,66921175 | 108,5827789 | 204,8163146 | 161,0523779 | 133,9379235 | 60,13587 | 710,7250985 | |
| BPH caurteces apjoms (m3/s) | | 0 | 17,834460587 | 54,29138943 | 102,4081573 | 80,52618894 | 66,96896175 | 28,41625 | 350,4455554 | |
| Vidējais svērtais straumes ātrums | | 6,530625974 | 35,66921175 | 108,5827789 | 204,8163146 | 161,0523779 | 133,9379235 | 60,13587 | | |
| Max straumes ātrums | | | | | | | | | 0,375250844 | |
| Min straumes ātrums | | | | | | | | | 0,475933333 | |
| Starpība starp Min un Max % | | | | | | | | | 0,302296296 | |
| Mērījumu veikšanas laiks | | 17:11:00 - 17:23 | 20.09.2012. | Mērījums pirms Aiviekstes ietekas Daugavā | | | | | 36,48347886 | |

Šķērsriezuma Nr.: 23

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | Attālums no pēdējā punkta līdz kreisajam krastam (m) |
|---|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---|
| Nr. pēc kārtas | 64 | 67 | 93 | 151 | 221 | 295 | 10 |
| Punkta ģeogrāfiskās koordinātas | N56°36,097' E025°45,680' | N56°36,095' E025°45,677' | N56°36,093' E025°45,651' | N56°36,088' E025°45,596' | N56°36,078' E025°45,525' | N56°36,068' E025°45,447' | |
| Attālums no labā (Skrierveru) krasta (m) | 0,46495082 | 0,441901639 | 0,49565 | 0,491629032 | 0,435377049 | 0,440118644 | 10 |
| | 0,499934426 | 0,473491803 | 0,401583333 | 0,435532258 | 0,404180328 | 0,32520339 | |
| | 0,480945455 | 0,461316667 | 0,45775 | 0,46347541 | 0,4145 | 0,494130435 | |
| | 2,3 | | | 0,553481481 | 0,34785 | | |
| | 2,8 | | | | 0,406166667 | | |
| | 3,3 | | | | 0,423033333 | | |
| | 3,8 | | | | 0,431762712 | | |
| | 4,3 | | | | | | |
| | 4,8 | | | | | | |
| | 5,3 | | | | | | |
| | 5,8 | | | | | | |
| | 6,3 | | | | | | |
| | 6,8 | | | | | | |
| | 7,3 | | | | | | |
| | 7,8 | | | | | | |
| | 8,3 | | | | | | |
| | 8,8 | | | | | | |
| | 9,3 | | | | | | |
| | 9,8 | | | | | | |
| | 10,3 | | | | | | |
| Dziļums (m) | 2,7 | 2,7 | 2,7 | 3 | 5,4 | 2,6 | |
| Gultnes dziļums (m) | 86,4 | 8,1 | 70,2 | 165,3 | 294 | 296 | 933 |
| Šķērsriezuma laukums (m ²) | 59,73333333 | 8,1 | 70,2 | 165,3 | 294 | 296 | 902,00641 |
| BPH izmantojamais laukums (m ²) | 0,481943567 | 0,470423468 | 0,45528224 | 0,471300216 | 0,436998934 | 0,412232256 | 0,449714 |
| Vidējais straumes ātrums (m/s) | 41,63992417 | 3,810430093 | 31,96081328 | 77,90592578 | 128,4776865 | 122,0207477 | 411,27315 |
| Caurteces apjoms (m ³ /s) | 14,39404786 | 1,905215047 | 15,98040664 | 38,95296289 | 64,23884325 | 61,01037385 | 198,3024 |
| BPH caurteces apjoms (m ³ /s) | | | | | | | |
| Vidējais svērtais straumes ātrums | | | | | | | 0,4408072 |
| Max straumes ātrums | | | | | | | 0,5534815 |
| Min straumes ātrums | | | | | | | 0,3252034 |
| Starpība starp Min un Max % | | | | | | | 41,244034 |

Mērījumu veikšanas laiks

13:01 - 13:12

22.08.2012,

Šķērsriezuma Nr.: 25

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | |
|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------|
| Nr. pēc kārtas | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | |
| Punkta ģeogrāfiskās koordinātas | N56°34,917' E025°44,793' | N56°34,921' E025°44,780' | N56°34,935' E025°44,758' | N56°34,944' E025°44,728' | N56°34,961' E025°44,701' | N56°34,962' E025°44,667' | N56°34,976' E025°44,644' | |
| Attālums no labā (Skrēveru) krasta (m) | 3,0 | 20,0 | 52,0 | 86,0 | 130,0 | 158,0 | 191,0 | |
| Dzīlums (m) | 0,8 | 0,433753425 | 0,410348485 | 0,5 | 0,568032787 | 0,542126984 | 0,458640625 | 0,373542857 |
| | 1,3 | 0,368714286 | 0,438730159 | 0,459924242 | 0,548639344 | 0,554809524 | 0,469609375 | 0,388015873 |
| | 1,8 | 0,308578947 | 0,419435484 | 0,42340625 | 0,635278689 | 0,663063492 | 0,463015625 | |
| | 2,3 | | 0,41044 | 0,451 | 0,587305085 | 0,545555556 | 0,51131746 | |
| | 2,8 | | | 0,465507937 | 0,538206897 | 0,560619048 | 0,611 | |
| | 3,3 | | | 0,465980769 | 0,568534483 | 0,577548387 | | |
| | 3,8 | | | 0,5705 | 0,648155172 | 0,654540984 | | |
| | 4,3 | | | | 0,520192982 | 0,589583333 | | |
| | 4,8 | | | | 0,598473684 | 0,489912281 | | |
| | 5,3 | | | | 0,6345 | 0,482958333 | | |
| | 5,8 | | | | 0,599818182 | | | |
| | 6,3 | | | | 0,526972973 | | | |
| 6,8 | | | | | | | | |
| 7,3 | | | | | | | | |
| 7,8 | | | | | | | | |
| 8,3 | | | | | | | | |
| 8,8 | | | | | | | | |
| 9,3 | | | | | | | | |
| 9,8 | | | | | | | | |
| 10,3 | | | | | | | | |
| Gultnes dziļums (m) | 2,6 | 2,9 | 4,7 | 7,3 | 6,2 | 3,4 | 2 | |
| Šķērsriezuma laukums (m ²) | 3,9 | 46,75 | 121,6 | 204 | 297 | 134,4 | 89,1 | |
| BPH izmantojamais laukums (m ²) | 2,601923077 | 46,75 | 121,6 | 204 | 297 | 134,4 | 89,1 | |
| Vidējais straumes ātrums (m/s) | 0,370348886 | 0,398571541 | 0,455933939 | 0,542654183 | 0,574310373 | 0,5449534 | 0,467877402 | |
| Caurteces apjoms (m ³ /s) | 1,444360655 | 18,63321953 | 55,44156694 | 110,7014533 | 170,5701807 | 73,24173702 | 41,68787654 | |
| BPH caurteces apjoms (m ³ /s) | 0,481809656 | 9,316609765 | 27,72078347 | 55,35072666 | 85,28509034 | 36,62086851 | 20,84393827 | |
| Pusceļā no Aiviekstes uz dzelzceļa tiltu Vidējais svērtais straumes ātrums 0,522247 Max straumes ātrums 0,6630663 Min straumes ātrums 0,308579 Starpība starp Min un Max % 53,46163 | | | | | | | | |
| Mērījumu veikšanas laiks | 12:18 - 12:28 | | | 15.09.2012. | | | | |

Šķērsriezuma Nr.: 26

| | Nr. pēc kārtas | 1 | 2 | 3 | 4 | Attālums no pēdējā punkta līdz kreisajam krastam (m) |
|--|----------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---|
| Punkta ģeogrāfiskās koordinātas | | N56°34,250` E025°44,243` | N56°34,245` E025°44,207` | N56°34,244` E025°44,175` | N56°34,240` E025°44,103` | |
| Attālums no labā (Skrīveru) krasta (m) | | 39 | 78 | 105 | 181 | |
| | 0,8 | 0,483558442 | 0,498583333 | 0,388698413 | 0,475435484 | |
| | 1,3 | 0,514057143 | 0,439415094 | 0,418435484 | 0,3441 | |
| | 1,8 | 0,536615385 | 0,3544375 | 0,38695082 | 0,345677966 | |
| | 2,3 | | | 0,433051724 | 0,395642857 | |
| | 2,8 | | | | 0,405814815 | |
| | 3,3 | | | | 0,407288462 | |
| | 3,8 | | | | 0,473195122 | |
| | 4,3 | | | | 0,329285714 | |
| | 4,8 | | | | | |
| | 5,3 | | | | | |
| | 5,8 | | | | | |
| | 6,3 | | | | | |
| | 6,8 | | | | | |
| | 7,3 | | | | | |
| | 7,8 | | | | | |
| | 8,3 | | | | | |
| | 8,8 | | | | | |
| | 9,3 | | | | | |
| | 9,8 | | | | | |
| | 10,3 | | | | | |
| Dziļums (m) | | | | | | |
| Gultnes dziļums (m) | | 2,2 | 3 | 3,6 | 5,3 | |

60

Šķērsriezuma Nr.: 28

| Nr. pēc kārtas | 1 | | | | | 2 | | | | | 3 | | | | | 4 | | | | | 5 | | | | | Attālums no pēdējā punkta līdz kreisajam krastam (m) | 91 | | |
|---|---------------------------------|-------------|--|--|--|--------------------------|-------------|--|--|--|--------------------------|-------------|--|--|--|--------------------------|-------------|--|--|--|--------------------------|-------------|--|--|--|--|----|--------------------------|--|
| | Punkta ģeogrāfiskās koordinātas | | | | | N56°33,363' E025°45,266' | | | | | N56°33,357' E025°45,249' | | | | | N56°33,351' E025°45,222' | | | | | N56°33,345' E025°45,205' | | | | | | | N56°33,339' E025°45,188' | |
| Attālums no labā (Skriveru) krasta (m) | 34 | | | | | 53 | | | | | 82 | | | | | 104 | | | | | 126 | | | | | | | | |
| Dziļums (m) | 0,8 | 0,507145161 | | | | | 0,58320339 | | | | | 0,613551724 | | | | | 0,581693548 | | | | | 0,586482759 | | | | | | | |
| | 1,3 | 0,55383871 | | | | | 0,609982759 | | | | | 0,554758621 | | | | | 0,533467742 | | | | | 0,558421053 | | | | | | | |
| | 1,8 | 0,612533333 | | | | | 0,457206897 | | | | | 0,600724138 | | | | | 0,605114754 | | | | | 0,642564103 | | | | | | | |
| | 2,3 | | | | | | 0,519913793 | | | | | 0,494632653 | | | | | 0,552983333 | | | | | | | | | | | | |
| | 2,8 | | | | | | 0,667068966 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3,3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3,8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 4,3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 4,8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 5,3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5,8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6,3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6,8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7,3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7,8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8,3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8,8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9,3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9,8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10,3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Gultnes dziļums (m) | 2,3 | | | | | 3,4 | | | | | 3,1 | | | | | 3,2 | | | | | 2,2 | | | | | | | | |
| Šķērsriezuma laukums (m ²) | 39,1 | | | | | 54,15 | | | | | 94,25 | | | | | 69,3 | | | | | 100,1 | | | | | | | | |
| BPH izmantojamais laukums (m ²) | 22,46956522 | | | | | 54,15 | | | | | 94,25 | | | | | 69,3 | | | | | 53,56591 | | | | | | | | |
| Vidējais straumes ātrums (m/s) | 0,557839068 | | | | | 0,563861626 | | | | | 0,566782549 | | | | | 0,567115814 | | | | | 0,580103899 | | | | | | | | |
| Caurteces apjoms (m ³ /s) | 21,81150756 | | | | | 30,53310705 | | | | | 53,41925523 | | | | | 39,30112592 | | | | | 34,45817159 | | | | | | | | |
| BPH caurteces apjoms (m ³ /s) | 6,267200661 | | | | | 15,26655352 | | | | | 26,70962761 | | | | | 19,65056296 | | | | | 17,22908579 | | | | | | | | |
| Vidējais svērtais straumes ātrums | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0,574502 | | | | | | | | |
| Max straumes ātrums | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0,667069 | | | | | | | | |
| Min straumes ātrums | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0,457207 | | | | | | | | |
| Starpība starp Min un Max % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 31,46033 | | | | | | | | |

Mērījumu veikšanas laiks

13:15 - 13:04

22.08.2012.

Šķērsgriezuma Nr.: 29

| | Nr. pēc kārtas | | | | | | | | | | | | |
|--|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | | |
| Punkta ģeogrāfiskās koordinātas | N56°33,107' N56°33,103' N56°33,101' N56°33,102' N56°33,090' N56°33,085' N56°33,076' N56°33,072' N56°33,076' N56°33,076' N56°33,067' E025°45,511' E025°45,508' E025°45,493' E025°45,488' E025°45,478' E025°45,470' E025°45,463' E025°45,443' E025°45,398' E025°45,370' E025°45,341' | | | | | | | | | | | | |
| Attālums no labā (Skrīveru) krasta (m) | 12,0 | 18,0 | 33,0 | 36,8 | 56,0 | 70,0 | 90,0 | 111,0 | 145,0 | 167,0 | 200,0 | | |
| Dziļums (m) | 0,8 | 0,54069863 | 0,372838235 | 0,727918919 | 0,516417722 | 0,52038806 | 0,450292308 | 0,529173913 | 0,600196721 | 0,449174603 | 0,409650794 | 0,467878378 | |
| | 1,3 | 0,5576 | 0,446716667 | 0,62027027 | 0,558481013 | 0,513015152 | 0,43946875 | 0,582942029 | 0,634196721 | 0,39983871 | 0,476793651 | 0,518972603 | |
| | 1,8 | | 0,664823529 | 0,572676056 | 0,529453125 | 0,514327869 | 0,517405797 | 0,718245902 | 0,451032787 | 0,543721311 | 0,519208955 | | |
| | 2,3 | | | 0,554155172 | 0,608101695 | 0,453315789 | 0,544850746 | 0,563098361 | 0,4236 | 0,503033333 | 0,517809524 | | |
| | 2,8 | | | 0,612904762 | | 0,4694 | 0,501965517 | 0,544151515 | 0,497344828 | 0,382272727 | 0,47759322 | | |
| | 3,3 | | | | | | 0,6555 | 0,568568182 | 0,546266667 | 0,394482759 | 0,562982456 | | |
| | 3,8 | | | | | | | | | 0,442578947 | | | |
| | 4,3 | | | | | | | | | 0,500673469 | | | |
| | 4,8 | | | | | | | | | 0,510795455 | | | |
| | 5,3 | | | | | | | | | 0,566923077 | | | |
| | 5,8 | | | | | | | | | | | | |
| | 6,3 | | | | | | | | | | | | |
| | 6,8 | | | | | | | | | | | | |
| | 7,3 | | | | | | | | | | | | |
| | 7,8 | | | | | | | | | | | | |
| | 8,3 | | | | | | | | | | | | |
| | 8,8 | | | | | | | | | | | | |
| | 9,3 | | | | | | | | | | | | |
| | 9,8 | | | | | | | | | | | | |
| | 10,3 | | | | | | | | | | | | |
| | 3,572727 | | | | | | | | | | | | |
| Šķērsgriezuma laukums (m2) | 12,6 | 12,3 | 2 | 3,6 | 3,8 | 3,6 | 3,8 | 3,6 | 3,8 | 4,1 | 6 | 6 | 2,9 |
| BPH izmantojamais laukums (m2) | 6,17142857 | 12,3 | 42 | 14,21578947 | 70,88421053 | 51,8 | 74 | 77,7 | 134,3 | 111,1 | 146,85 | 16,2 | 763,95 |
| Vidējais straumes ātrums (m/s) | 0,54914932 | 0,479463383 | 0,566513524 | 0,60345593 | 0,545499276 | 0,51411166 | 0,525163535 | 0,570536782 | 0,504979232 | 0,468446706 | 0,501329655 | 0,505967 | 754,03 |
| Caurteces apjoms (m3/s) | 6,91928137 | 5,897399611 | 23,79356801 | 8,578602464 | 38,66728549 | 26,63098401 | 38,86210156 | 44,33070795 | 67,81871087 | 52,04442906 | 73,62025988 | 8,196671 | 395,36 |
| BPH caurteces apjoms (m3/s) | 1,69451789 | 2,948699806 | 11,89678401 | 4,289301232 | 19,33364275 | 13,315492 | 19,43105078 | 22,16535397 | 33,90935543 | 26,02221453 | 36,81012994 | 3,215074 | 195,0316 |
| | Vidējais svērtais straumes ātrums | | | | | | | | | | | | |
| | Max straumes ātrums | | | | | | | | | | | | |
| | Min straumes ātrums | | | | | | | | | | | | |
| | Starpība starp Min un Max % | | | | | | | | | | | | |

Pie dzelzceļa tilta

Mērījumu veikšanas laiks 12:41:00 - 12:59

15.09.2012.

Šķērsgriezuma Nr.: Atsevišķie punkti Nr. 30-46

| Dzīlums: | 0,8 | 1,3 | 1,8 | 2,3 | 2,8 | 3,3 | 3,8 | 4,3 | 4,8 | 5,3 | 5,8 | 6,3 | Vid. ātrums | Koordinātas |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------|-------------------------|
| Punkta nr. | | | | | | | | | | | | | | |
| 30 | 0,625 | 0,670 | 0,746 | 0,738 | 0,763 | 0,713 | | | | | | | 0,7090 | N56°32,756'E025°45,674' |
| 31 | 0,760 | 0,718 | 0,787 | 0,727 | 0,736 | 0,838 | 0,676 | 0,740 | 0,691 | 0,618 | 0,586 | 0,687 | 0,7136 | N56°32,485'E025°45,676' |
| 32 | 0,791 | 0,771 | 0,720 | 0,767 | 0,741 | 0,745 | 0,720 | 0,698 | 0,734 | 0,715 | 0,718 | 0,533 | 0,7209 | N56°32,304'E025°45,665' |
| 33 | 0,819 | 0,819 | 0,788 | 0,820 | 0,828 | 0,694 | 0,698 | 0,639 | | | | | 0,7632 | N56°31,957'E025°45,749' |
| 34 | 0,535 | 0,461 | | | | | | | | | | | 0,4981 | N56°31,740'E025°45,748' |
| 35 | 0,762 | 0,754 | 0,801 | 0,711 | 0,794 | 0,734 | 0,687 | 0,612 | | | | | 0,7319 | N56°31,764'E025°46,031' |
| 36 | 0,894 | 0,795 | 0,838 | 0,786 | | | | | | | | | 0,8281 | N56°31,776'E025°46,759' |
| 37 | 0,827 | 0,790 | 0,732 | 0,775 | | | | | | | | | 0,7810 | N56°31,666'E025°47,435' |
| 38 | 0,884 | 0,770 | | | | | | | | | | | 0,8272 | N56°31,558'E025°48,010' |
| 39 | 0,646 | | | | | | | | | | | | 0,6458 | N56°31,532'E025°48,398' |
| 40 | 0,798 | 0,682 | 0,418 | | | | | | | | | | 0,6327 | N56°31,493'E025°48,597' |
| 41 | 2,882 | 2,697 | | | | | | | | | | | 2,7895 | N56°31,484'E025°48,780' |
| 42 | 2,526 | | | | | | | | | | | | 2,5261 | N56°31,483'E025°48,885' |
| 43 | 3,079 | | | | | | | | | | | | 3,0788 | N56°31,439'E025°48,997' |
| 44 | 1,832 | | | | | | | | | | | | 1,8321 | N56°31,385'E025°49,153' |
| 45 | 1,745 | 1,769 | 1,800 | 1,947 | 2,004 | | | | | | | | 1,8530 | N56°31,341'E025°49,372' |

Daugavā starp Jēkabpili un Līvāniem veikto mērījumu dati

Mērījumu vietas attēlotas:

- c. Attēlā 5.1.
- d. Attēlā 5.2.
- e. Attēlā 5.3.
- f. Attēlā 5.4.
- g. Attēlā 5.5.

Šķērsriezums Nr. 1 oktobrī

| Nr. pēc kārtas | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | Līdz kreisajam krastam (m) |
|-----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------------------------|
| | | | | | | |
| Attālums no labā krasta (m) | 28 | 70 | 115 | 176 | 213 | |
| 0,8 | 0,516018868 | 0,625918033 | 0,626053571 | 0,670215385 | 0,787178571 | |
| 1,3 | 0,469 | 0,371147541 | 0,385964286 | 0,361415385 | 0,490464286 | |
| 1,8 | | 0,3586 | 0,3692 | 0,372061538 | 0,48325 | |
| 2,3 | | 0,371864407 | | 0,380646154 | 0,508982143 | |
| 2,8 | | 0,399655172 | | 0,337031746 | 0,498125 | |
| 3,3 | | 0,390948276 | | | | |
| 3,8 | | 0,483612245 | | | | |
| 4,3 | | | | | | |
| 4,8 | | | | | | |
| 5,3 | | | | | | |
| 5,8 | | | | | | |

Dziļums (m)

Šķersgriezums Nr. 1 aprīlī

| | Nr. pēc kārtas | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | Līdz kreisajam krastam (m) |
|--|--------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------------------------------|
| | Attālums no labā krasta (m) | 34 | 93 | 157 | 192 | 222 | 33 |
| | 0,8 | 0,461822654 | 0,64518 | 0,688102782 | 0,71524274 | 0,679106722 | |
| | 1,3 | 0,4719042 | 0,379012875 | 0,557719002 | 0,555082052 | 0,561789652 | |
| | 1,8 | 0,479992274 | 0,316805283 | 0,56445192 | 0,426791799 | 0,46891094 | |
| | 2,3 | | 0,628606523 | 0,471056263 | 0,561604208 | 0,636895203 | |
| | 2,8 | | 0,565189065 | 0,476681924 | 0,371864662 | 0,586016252 | |
| | 3,3 | | 0,46190642 | 0,4884223 | 0,446189652 | | |
| | 3,8 | | 0,51689262 | | | | |
| | 4,3 | | 0,37905253 | | | | |
| | 4,8 | | | | | | |
| | 5,3 | | | | | | |
| | 5,8 | | | | | | |
| | Gultnes dziļums(m) | 2,9 | 5,1 | 4,2 | 3,9 | 3,4 | |
| | Šķersgriezuma laukums (m2) | 49,3 | 236 | 297,6 | 141,75 | 109,5 | 890,25 |
| | Vidējais straumes ātrums (m/s) | 0,471239709 | 0,482396768 | 0,50993425 | 0,526934109 | 0,546317626 | 0,520561036 |
| | Caurteces apjoms (m3/s) | 23,23211767 | 113,8456372 | 151,7564329 | 74,6929099 | 59,82178001 | 456,2539823 |
| | | | | | | | Vidējais svērtais straumes ātrums |
| | | | | | | | Max straumes ātrums |
| | | | | | | | Min straumes ātrums |
| | | | | | | | Starpība starp Min un Max % |
| | | | | | | | 0,512500963 |
| | | | | | | | 0,71524274 |
| | | | | | | | 0,316805283 |
| | | | | | | | 55,70660626 |

Šķersgriezums Nr. 1 maijā

| Dziļums (m) | Nr. pēc kārtas | Nr. pēc kārtas | | | | | Līdz kreisajam krastam (m) |
|-------------|--------------------------------|----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------------------------|
| | | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | |
| | Attālums no labā krasta (m) | 31 | 96 | 163 | 206 | 229 | 29 |
| 0,8 | | 0,5690547 | 0,5983514 | 0,6720964 | 0,6902541 | 0,596102 | |
| 1,3 | | 0,493521447 | 0,49628005 | 0,54208954 | 0,61086901 | 0,59632551 | |
| 1,8 | | 0,49365228 | 0,49652214 | 0,55860128 | 0,41094304 | 0,5702544 | |
| 2,3 | | | 0,59366014 | 0,5801625 | 0,5908447 | 0,6402108 | |
| 2,8 | | | 0,6652801 | 0,4905294 | 0,4980263 | 0,59024701 | |
| 3,3 | | | 0,45802145 | 0,49967021 | 0,4902683 | | |
| 3,8 | | | 0,5096314 | | | | |
| 4,3 | | | 0,3995015 | | | | |
| 4,8 | | | | | | | |
| 5,3 | | | | | | | |
| 5,8 | | | | | | | |
| | Gultnes dziļums(m) | 2,6 | 5 | 4,1 | 4 | 3,3 | |
| | Šķersgriezuma laukums (m2) | 40,3 | 247 | 304,85 | 174,15 | 83,95 | 898,1 |
| | Vidējais straumes ātrums (m/s) | 0,518742809 | 0,52486151 | 0,540028394 | 0,552862898 | 0,571304106 | 0,551071277 |
| | Caurteces apjoms (m3/s) | 20,9053352 | 129,6407929 | 164,6276558 | 96,28107374 | 47,96097973 | 488,0601845 |
| | | | | | | | 0,543436348 |
| | | | | | | | 0,6902541 |
| | | | | | | | 0,3995015 |
| | | | | | | | 42,12254589 |

Vidējais svērtais straumes ātrums
 Max straumes ātrums
 Min straumes ātrums
 Starpība starp Min un Max %

Šķersgriezums Nr. 1 jūlijā

| Dziļums (m) | Nr. pēc kārtas | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | Līdz kreisajam krastam (m) |
|-------------|----------------------------------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|----------------------------|
| | | 38 | 90 | 161 | 211 | 230 | |
| | Attālums no labā krasta (m) | | | | | | 21 |
| | 0,8 | 0,6093735 | 0,4901534 | 0,611478 | 0,5189819 | 0,476529 | |
| | 1,3 | 0,5086021 | 0,5023063 | 0,6798218 | 0,5886893 | 0,6054291 | |
| | 1,8 | | 0,5538838 | 0,6674858 | 0,4863854 | 0,5673468 | |
| | 2,3 | | 0,471254 | 0,6224838 | 0,5826736 | 0,626306 | |
| | 2,8 | | 0,656715 | 0,5208549 | 0,6497587 | 0,4669091 | |
| | 3,3 | | 0,5040724 | 0,4993685 | 0,5446897 | | |
| | 3,8 | | 0,6574851 | | | | |
| | 4,3 | | 0,5994605 | | | | |
| | 4,8 | | | | | | |
| | 5,3 | | | | | | |
| | 5,8 | | | | | | |
| | Gultnes dziļums(m) | 2,3 | 5,2 | 4,2 | 3,7 | 3,4 | |
| | Šķersgriezuma laukums (m2) | 43,7 | 195 | 333,7 | 197,5 | 67,45 | 873,05 |
| | Vidējais straumes ātrums (m/s) | 0,5589878 | 0,55533061 | 0,574058807 | 0,58105595 | 0,555790782 | 0,562287991 |
| | Caurteces apjoms (m3/s) | 24,42776686 | 108,289469 | 191,5634239 | 114,7585501 | 37,48808823 | 496,1088909 |
| | Vidējais svētais straumes ātrums | | | | | | |
| | Max straumes ātrums | | | | | | |
| | Min straumes ātrums | | | | | | |
| | Starpība starp Min un Max % | | | | | | |

Šķērsgriezums Nr. 2 oktobrī

| Nr. pēc kārtas | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | Attālums līdz kreisajam krastam(m) no tuvākā punkta |
|----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---|
| | | | | | | |
| 0,8 | 0,61279661 | 0,752754098 | 0,95496875 | 0,793754098 | 0,826931034 | |
| 1,3 | 0,389627907 | 0,440416667 | 0,3985 | 0,348967213 | 0,416689655 | |
| 1,8 | | 0,382694915 | 0,38409375 | 0,323033333 | 0,441586207 | |
| 2,3 | | 0,461035714 | 0,347193548 | 0,370068966 | 0,404526316 | |
| 2,8 | | 0,398943396 | 0,388435484 | 0,387052632 | 0,478642857 | |
| 3,3 | | 0,458254902 | 0,343032787 | 0,344964912 | 0,426218182 | |
| 3,8 | | 0,45172 | 0,385883333 | 0,435421053 | 0,471377358 | |
| 4,3 | | 0,4274 | 0,356525424 | 0,351017857 | 0,472803922 | |
| 4,8 | | 0,352428571 | 0,386706897 | 0,400603774 | | |
| 5,3 | | | 0,428018182 | | | |
| 5,8 | | | 0,472921569 | | | |

Dziļums (m)

Šķersgriezums Nr. 2 aprīlī

| Nr. pēc kārtas | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | Līdz kreisajam krastam (m) |
|--------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------------------------|
| | | | | | | |
| Atiāļums no labā krasta (m) | 55 | 99 | 133 | 165 | 187 | |
| 0,8 | 0,591012685 | 0,612785901 | 0,56189659 | 0,416894513 | 0,647189642 | |
| 1,3 | 0,46416496 | 0,561260502 | 0,456510865 | 0,561897655 | 0,467801653 | |
| 1,8 | 0,681952422 | 0,476106523 | 0,41680659 | 0,362855775 | 0,512685063 | |
| 2,3 | 0,571329771 | 0,51 | 0,468056129 | 0,518952 | 0,645196522 | |
| 2,8 | | 0,566180752 | 0,52555629 | 0,566618752 | 0,579759016 | |
| 3,3 | | 0,511002562 | 0,566122 | 0,526610023 | 0,426621238 | |
| 3,8 | | 0,613209865 | 0,365801625 | 0,568237579 | 0,375792759 | |
| 4,3 | | 0,671205683 | 0,46120655 | 0,318606522 | 0,51990625 | |
| 4,8 | | 0,461275987 | 0,39279525 | 0,57668052 | | |
| 5,3 | | 0,477716 | 0,48892658 | 0,379727725 | | |
| 5,8 | | | 0,38900125 | | | |
| Gultnes dziļums(m) | 3,3 | 6 | 6,4 | 5,7 | 5,2 | |
| Šķersgriezuma laukums (m2) | 90,75 | 204,6 | 210,8 | 193,6 | 119,9 | 876,85 |
| Vidējais straumes ātrums (m/s) | 0,577114959 | 0,554943115 | 0,502543976 | 0,47094099 | 0,498446289 | 0,520976391 |
| Caurteces apjoms (m3/s) | 52,37318257 | 113,5413614 | 105,9362701 | 91,17417561 | 59,76371009 | 452,6396076 |
| | | | | | | 0,516210991 |
| | | | | | | 0,681952422 |
| | | | | | | 0,318606522 |
| | | | | | | 53,28024189 |

Vidējais svērtais straumes ātrums
 Max straumes ātrums
 Min straumes ātrums
 Starpība starp Min un Max %

Šķersgriezums Nr. 2 maijā

| Nr. pēc kārtas | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | Līdz kreisajam krastam (m) | 21 |
|--------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------------------------|-----------------------------------|
| | | | | | | | |
| 0,8 | 0,59208854 | 0,6208654 | 0,5802154 | 0,5029354 | 0,65283301 | | |
| 1,3 | 0,55218654 | 0,5593148 | 0,44029547 | 0,59601832 | 0,4593204 | | |
| 1,8 | 0,62856647 | 0,4905632 | 0,409584 | 0,4932502 | 0,5029364 | | |
| 2,3 | 0,596322581 | 0,50936574 | 0,44836528 | 0,52095285 | 0,569302841 | | |
| 2,8 | | 0,5583654 | 0,5120965 | 0,52086694 | 0,4960251 | | |
| 3,3 | | 0,5021867 | 0,59638241 | 0,51085657 | 0,490258301 | | |
| 3,8 | | 0,59035874 | 0,496328 | 0,53095743 | 0,52019025 | | |
| 4,3 | | 0,62908654 | 0,5902476 | 0,390584 | | | |
| 4,8 | | 0,55932865 | 0,4580658 | 0,5902856 | | | |
| 5,3 | | 0,5702665 | 0,52019635 | 0,4085964 | | | |
| 5,8 | | | | | | | |
| Gultnes dziļums(m) | 3,2 | 6,2 | 6,5 | 5,6 | 5 | | |
| Šķersgriezuma laukums (m2) | 57,6 | 249,1 | 228,6 | 248,05 | 106 | | 941,85 |
| Vidējais straumes ātrums (m/s) | 0,592291033 | 0,568490414 | 0,532077644 | 0,505857746 | 0,515068824 | 0,527267 | 0,540175379 |
| Caurteces apjoms (m3/s) | 34,11596349 | 141,6109622 | 121,6329494 | 125,4780139 | 54,59779537 | 27,6815 | 505,1166817 |
| | | | | | | | Vidējais svērtais straumes ātrums |
| | | | | | | | Max straumes ātrums |
| | | | | | | | Min straumes ātrums |
| | | | | | | | Starpība starp Min un Max % |
| | | | | | | | 0,536302683 |
| | | | | | | | 0,65283301 |
| | | | | | | | 0,390584 |
| | | | | | | | 40,17091752 |

Šķersgriezums Nr. 2 jūlijā

| Nr. pēc kārtas | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | Līdz kreisajam krastam (m) |
|--------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------------------------|
| | | | | | | |
| Attālums no labā krasta (m) | 25 | 72 | 111 | 161 | 193 | 19 |
| 0,8 | 0,4527849 | 0,5696568 | 0,5363982 | 0,4992875 | 0,5581409 | |
| 1,3 | 0,545444 | 0,5552033 | 0,5948525 | 0,6017272 | 0,4460129 | |
| 1,8 | 0,4353729 | 0,5250541 | 0,4831806 | 0,51564 | 0,5064679 | |
| 2,3 | 0,5831136 | 0,4725028 | 0,5414129 | 0,494763 | 0,4862149 | |
| 2,8 | | 0,4684713 | 0,5395462 | 0,4878733 | 0,536186 | |
| 3,3 | | 0,5978518 | 0,6542127 | 0,6150825 | 0,5375032 | |
| 3,8 | | 0,4426346 | 0,5737501 | 0,4593065 | 0,4624251 | |
| 4,3 | | 0,5469836 | 0,6675185 | 0,4462126 | | |
| 4,8 | | 0,6231059 | 0,4218396 | 0,6246697 | | |
| 5,3 | | 0,5657341 | 0,518762 | 0,6254372 | | |
| 5,8 | | | | | | |
| Gultnes dziļums(m) | 2,9 | 6,1 | 6,3 | 5,8 | 4,7 | |
| Šķersgriezuma laukums (m2) | 36,25 | 211,5 | 241,8 | 302,5 | 168 | 1004,7 |
| Vidējais straumes ātrums (m/s) | 0,50417885 | 0,527422407 | 0,54493358 | 0,54507364 | 0,523702965 | 0,525003119 |
| Caurteces apjoms (m3/s) | 18,27648331 | 111,5498391 | 131,7649396 | 164,8847761 | 87,98209807 | 536,9933159 |
| | | | | | | 0,534481254 |
| | | | | | | 0,6675185 |
| | | | | | | 0,4218396 |
| | | | | | | 36,80480766 |

Vidējais svērtais straumes ātrums
 Max straumes ātrums
 Min straumes ātrums
 Starpība starp Min un Max %

Šķērsriezums Nr. 3 oktobrī

| | Nr. pēc kārtas | | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | 6 | | 7 | | kreisajam krastam(m) no | |
|-------------|---------------------------------|-------------|-----------------------------|-------------|-----------------------------|-------------|-----------------------------|-------------|-----------------------------|--|-----------------------------|--|-----------------------------|--|-----------------------------|--|-------------------------|--|
| | Punkta ģeogrāfiskās koordinātas | | N56°21,085` E026°09,736` | | N56°21,086` E026°09,720` | | N56°21,082` E026°09,710` | | N56°21,083` E026°09,692` | | N56°21,086` E026°09,656` | | N56°21,088` E026°09,632` | | N56°21,085` E026°09,608` | | | |
| | Attālums no labā krasta (m) | | 18 | | 36 | | 46 | | 64 | | 103 | | 123 | | 148 | | 44 | |
| Dziļums (m) | 0,8 | 0,493015873 | 0,606298246 | 0,810534483 | 0,669090909 | 0,629271186 | 1,000672131 | 0,628254237 | | | | | | | | | | |
| | 1,3 | 0,453868852 | 0,401210526 | 0,529280702 | 0,414654545 | 0,369542373 | 0,46447541 | 0,323644068 | | | | | | | | | | |
| | 1,8 | | 0,370192982 | 0,507631579 | 0,377407407 | 0,392576271 | 0,342034483 | 0,411169492 | | | | | | | | | | |
| | 2,3 | | 0,448981818 | 0,459929825 | 0,376 | 0,385465517 | 0,440655172 | 0,432517857 | | | | | | | | | | |
| | 2,8 | | | 0,469535714 | 0,408886364 | 0,361070175 | 0,420553571 | 0,313375 | | | | | | | | | | |
| | 3,3 | | | 0,537977273 | 0,388162791 | 0,381654545 | 0,462415094 | | | | | | | | | | | |
| | 3,8 | | | | 0,439236842 | 0,397692308 | 0,456846154 | | | | | | | | | | | |
| | 4,3 | | | | 0,377617647 | | 0,471530612 | | | | | | | | | | | |
| | 4,8 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 5,3 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5,8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Šķersgriezums Nr. 3 aprīlī

| Nr. pēc kārtas | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | Līdz kreisajam krastam (m) |
|--------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------------------------------|
| Attālums no labā krasta (m) | 18 | 35 | 56 | 79 | 97 | 120 | 147 | 172 | 19 |
| 0,8 | 0,4143518 | 0,5715174 | 0,5620633 | 0,5023283 | 0,4051896 | 0,4565508 | 0,5020597 | 0,5200324 | |
| 1,3 | 0,4346541 | 0,4971994 | 0,5728027 | 0,4001538 | 0,4212281 | 0,4803867 | 0,4921415 | 0,4282822 | |
| 1,8 | 0,3833961 | 0,5281027 | 0,3869715 | 0,4379919 | 0,4004311 | 0,4608302 | 0,4181738 | 0,3860535 | |
| 2,3 | | 0,5358407 | 0,4491733 | 0,4305668 | 0,5385801 | 0,4150355 | 0,5209804 | 0,3873254 | |
| 2,8 | | | 0,5700147 | 0,551474 | 0,4468012 | 0,4534671 | 0,5639578 | 0,5495317 | |
| 3,3 | | | 0,4848599 | 0,5759193 | 0,3903544 | 0,4295051 | 0,5416516 | | |
| 3,8 | | | 0,5384902 | 0,4950127 | 0,5466649 | 0,4675578 | 0,5281374 | | |
| 4,3 | | | | 0,4801673 | 0,4995546 | 0,4976906 | | | |
| 4,8 | | | | | 0,5284872 | 0,4931926 | | | |
| 5,3 | | | | | | | | | |
| 5,8 | | | | | | | | | |
| Gultnes dziļums(m) | 2,6 | 3,4 | 4,6 | 5,6 | 6,1 | 5,8 | 4,3 | 3,4 | |
| Šķersgriezuma laukums (m2) | 23,4 | 51 | 84 | 117,3 | 105,3 | 136,85 | 136,35 | 96,25 | 32,3 |
| Vidējais straumes ātrums (m/s) | 0,410800667 | 0,480723171 | 0,517912345 | 0,49586598 | 0,473582665 | 0,462861533 | 0,482582413 | 0,486527283 | 0,454245 |
| Caurteces apjoms (m3/s) | 9,6127356 | 24,51688174 | 43,50463702 | 58,16507945 | 49,86825459 | 63,34260084 | 65,80011194 | 46,82825102 | 14,67211 |
| | | | | | | | | | Vidējais svētais straumes ātrums |
| | | | | | | | | | Max straumes ātrums |
| | | | | | | | | | Min straumes ātrums |
| | | | | | | | | | Starpība starp Min un Max % |
| | | | | | | | | | 0,480754605 |
| | | | | | | | | | 0,5759193 |
| | | | | | | | | | 0,3833961 |
| | | | | | | | | | 33,42885019 |
| | | | | | | | | | 782,75 |
| | | | | | | | | | 0,473900122 |
| | | | | | | | | | 376,310667 |

Šķērsgriezums Nr. 3 maijā

| Nr. pēc kārtas | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | Līdz kreisajam krastam (m) |
|-----------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------------------------|
| Attālums no labā krasta (m) | 20 | 41 | 66 | 97 | 130 | 158 | 178 | 19 |
| 0,8 | 0,421920402 | 0,58201024 | 0,610920542 | 0,61619923 | 0,57192052 | 0,661992942 | 0,512896511 | |
| 1,3 | 0,51822849 | 0,51729592 | 0,591295225 | 0,630192 | 0,48102952 | 0,615178249 | 0,587907835 | |
| 1,8 | 0,47201282 | 0,55929159 | 0,55192053 | 0,561101 | 0,5019572 | 0,571912852 | 0,5668181 | |
| 2,3 | | 0,491028842 | 0,430105488 | 0,4697721 | 0,46199295 | 0,510298421 | 0,4215371 | |
| 2,8 | | | 0,491029577 | 0,47192005 | 0,520577154 | 0,571902571 | 0,371896418 | |
| 3,3 | | | 0,419295028 | 0,4419204 | 0,491288502 | 0,48130572 | | |
| 3,8 | | | 0,4491022 | 0,4880172 | 0,37102524 | 0,471807411 | | |
| 4,3 | | | | 0,391772905 | 0,420182162 | 0,481028502 | | |
| 4,8 | | | | 0,4162172 | | | | |
| 5,3 | | | | | | | | |
| 5,8 | | | | | | | | |
| Gultnes dziļums(m) | 2,6 | 3,9 | 4,6 | 6 | 5,2 | 5,4 | 3,4 | |
| Šķērsgriezuma laukums (m2) | 26 | 68,25 | 106,25 | 164,3 | 184,8 | 148,4 | 88 | 818,3 |
| Vidējais straumes ātrums (m/s) | 0,470720571 | 0,508826901 | 0,517572289 | 0,501923825 | 0,488652109 | 0,511587495 | 0,525218887 | 0,502123231 |
| Caurtecetes apjoms (m3/s) | 12,23873484 | 34,72743596 | 54,99205573 | 82,46608439 | 90,30290974 | 75,91958422 | 46,21926206 | 412,7732928 |
| Vidējais svērtais straumes ātrums | 15,90723 | | | | | | | |
| Max straumes ātrums | 0,504427829 | | | | | | | |
| Min straumes ātrums | 0,661992942 | | | | | | | |
| Starpība starp Min un Max % | 0,37102524 | | | | | | | |
| | 43,95329369 | | | | | | | |

Šķersgriezums Nr. 3 jūlijā

| Nr. pēc kārtas | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | Līdz kreisajam krastam (m) |
|--------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------------------------------|
| Attālums no labā krasta (m) | 21 | 38 | 62 | 87 | 84 | 125 | 156 | 179 | 18 |
| 0,8 | 0,4102584 | 0,5748569 | 0,6028541 | 0,6302854 | 0,4205854 | 0,65892574 | 0,5028541 | 0,4962584 | |
| 1,3 | 0,4985684 | 0,5201584 | 0,59632854 | 0,6015248 | 0,4695848 | 0,6485721 | 0,59858742 | 0,5284574 | |
| 1,8 | 0,48521745 | 0,56859654 | 0,56935214 | 0,58695741 | 0,49258458 | 0,56985217 | 0,5286957 | 0,50852147 | |
| 2,3 | | 0,5012845 | 0,459658478 | 0,4725845 | 0,53996847 | 0,496385285 | 0,4185274 | 0,4108458 | |
| 2,8 | | | 0,58659823 | 0,56935844 | 0,56938542 | 0,5689587 | 0,55896571 | 0,5201584 | |
| 3,3 | | | 0,402858547 | 0,42854785 | 0,3852898 | 0,49587584 | 0,5285695 | | |
| 3,8 | | | 0,442588521 | 0,496967745 | 0,50859855 | 0,4858748 | 0,4958274 | | |
| 4,3 | | | | 0,402552541 | 0,410286961 | 0,50825471 | | | |
| 4,8 | | | | 0,496854725 | | | | | |
| 5,3 | | | | | | | | | |
| 5,8 | | | | | | | | | |
| Gultnes dziļums(m) | 2,5 | 3,6 | 4,5 | 5,8 | 5,9 | 5,5 | 4,1 | 3,2 | |
| Šķersgriezuma laukums (m2) | 26,25 | 51,85 | 97,2 | 128,75 | 17,55 | 233,7 | 148,8 | 83,95 | 816,85 |
| Vidējais straumes ātrums (m/s) | 0,464681417 | 0,508420084 | 0,529557718 | 0,523267816 | 0,498936317 | 0,513284591 | 0,537648438 | 0,508022392 | 0,508518563 |
| Caurteces apjoms (m3/s) | 12,19788719 | 26,36158137 | 51,47301017 | 67,37073133 | 8,756332366 | 119,954609 | 80,00208762 | 42,64847978 | 422,9587497 |
| | | | | | | | | | Vidējais svērtais straumes ātrums |
| | | | | | | | | | 0,517792434 |
| | | | | | | | | | Max straumes ātrums |
| | | | | | | | | | 0,65892574 |
| | | | | | | | | | Min straumes ātrums |
| | | | | | | | | | 0,3852898 |
| | | | | | | | | | Starpība starp Min un Max % |
| | | | | | | | | | 41,52758397 |

Šķersgriezums Nr. 4 oktobrī

| Nr. pēc kārtas | Attālums līdz kreisajam krastam(m) no tuvākā punkta | | | | | | | | | |
|-----------------------------|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----|--|--|--|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 99 | | | |
| Attālums no labā krasta (m) | 54 | 66 | 95 | 124 | 157 | 189 | | | | |
| 0,8 | 0,514868852 | 0,496627119 | 0,5248 | 0,601295082 | 0,6294124 | 0,495105263 | | | | |
| 1,3 | 0,387262295 | 0,443423729 | 0,430333333 | 0,497754098 | 0,641922409 | 0,484727273 | | | | |
| 1,8 | 0,430183333 | 0,436508475 | 0,3976 | 0,575918033 | | | | | | |
| 2,3 | | 0,377898305 | 0,505258621 | 0,494245902 | | | | | | |
| 2,8 | | | 0,671868421 | | | | | | | |
| 3,3 | | | | | | | | | | |
| 3,8 | | | | | | | | | | |
| 4,3 | | | | | | | | | | |
| 4,8 | | | | | | | | | | |
| 5,3 | | | | | | | | | | |
| 5,8 | | | | | | | | | | |
| Gultnes dziļums(m) | 2,2 | 2,8 | 3,2 | 2,9 | 2 | 1,8 | | | | |

Šķērsgriezums Nr. 4 aprīlī

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | Līdz kreisajam krastam (m) | |
|--------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------------------------------|-------------|
| Nr. pēc kārtas | 32 | 49 | 76 | 118 | 168 | 206 | 63 | |
| Attālums no labā krasta (m) | 0,45451249 | 0,41261175 | 0,576810652 | 0,46874779 | 0,46216546 | 0,39565734 | | |
| 0,8 | 0,40898864 | 0,34744052 | 0,46102865 | 0,45190816 | 0,52968355 | 0,34654109 | | |
| 1,3 | 0,44331268 | 0,33859013 | 0,4999172 | 0,40666689 | 0,51295089 | 0,42587593 | | |
| 1,8 | 0,4857166 | 0,47491717 | 0,4517459 | 0,33703613 | | | | |
| 2,3 | 0,45498367 | 0,39233837 | 0,417295235 | 0,42114696 | | | | |
| 2,8 | | 0,47767303 | 0,44616412 | | | | | |
| 3,3 | | | | | | | | |
| 3,8 | | | | | | | | |
| 4,3 | | | | | | | | |
| 4,8 | | | | | | | | |
| 5,3 | | | | | | | | |
| 5,8 | | | | | | | | |
| Dziļums (m) | | | | | | | | |
| Gultnes dziļums(m) | 3,4 | 3,7 | 4,3 | 3,7 | 2,4 | 2,1 | | |
| Šķērsgriezuma laukums (m2) | 54,4 | 60,35 | 108 | 168 | 152,5 | 85,5 | 66,15 | |
| Vidējais straumes ātrums (m/s) | 0,449502816 | 0,426462277 | 0,441377727 | 0,44895179 | 0,448788479 | 0,445479043 | 0,389358 | |
| Caurteces apjoms (m3/s) | 24,45295319 | 25,73699843 | 47,66879455 | 75,42390068 | 68,44024301 | 38,08845821 | 25,75604 | |
| | | | | | | | Vidējais svērtais straumes ātrums | 0,439728576 |
| | | | | | | | Max straumes ātrums | 0,576810652 |
| | | | | | | | Min straumes ātrums | 0,33703613 |
| | | | | | | | Starpība starp Min un Max % | 41,5690177 |

Šķērsgriezums Nr. 4 maijā

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | Līdz kreisajam krastam (m) |
|-----------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------------------------|
| Nr. pēc kārtas | 37 | 62 | 90 | 132 | 177 | 211 | 49 |
| Ahtāļums no labā krasta (m) | | | | | | | |
| 0,8 | 0,419072542 | 0,409018275 | 0,45343134 | 0,512859721 | 0,51265773 | 0,488192752 | |
| 1,3 | 0,51290753 | 0,56162993 | 0,44732887 | 0,5001742 | 0,489127 | 0,46199 | |
| 1,8 | 0,471380237 | 0,48188 | 0,35422381 | 0,47186 | 0,46186662 | 0,50012 | |
| 2,3 | 0,481902752 | 0,462894517 | 0,48123665 | 0,510927565 | 0,479802675 | | |
| 2,8 | 0,51027566 | 0,41802666 | 0,37190829 | 0,461296533 | | | |
| 3,3 | | | 0,38910637 | | | | |
| 3,8 | | | | | | | |
| 4,3 | | | | | | | |
| 4,8 | | | | | | | |
| 5,3 | | | | | | | |
| 5,8 | | | | | | | |
| Gultnes dziļums(m) | 3,5 | 3,6 | 4,1 | 3,9 | 2,8 | 2,4 | |
| Šķērsgriezuma laukums (m2) | 64,75 | 88,75 | 107,8 | 168 | 150,75 | 88,4 | 58,8 |
| Vidējais straumes ātrums (m/s) | 0,479107744 | 0,47289881 | 0,439153156 | 0,450395759 | 0,488952449 | 0,484822397 | 0,483434 |
| Caurteces apjoms (m3/s) | 31,02222644 | 41,96976941 | 47,34071017 | 75,66648752 | 73,70958174 | 42,85829987 | 28,42593 |
| Vidējais svērtais straumes ātrums | | | | | | | |
| Max straumes ātrums | | | | | | | |
| Min straumes ātrums | | | | | | | |
| Starpība starp Min un Max % | | | | | | | |
| | | | | | | | 727,25 |
| | | | | | | | 0,471252081 |
| | | | | | | | 340,9930091 |
| | | | | | | | 0,46888004 |
| | | | | | | | 0,56162993 |
| | | | | | | | 0,35422381 |
| | | | | | | | 36,92932106 |

Šķērsgriezums Nr. 4 jūlijā

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | Līdz kreisajam krastam (m) |
|--------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------------------------------|
| Nr. pēc kārtas | 34 | 51 | 89 | 121 | 170 | 208 | 58 |
| Ahtālumš no labā krasta (m) | | | | | | | |
| 0,8 | 0,468524899 | 0,402185444 | 0,52885456 | 0,48552842 | 0,51008521 | 0,47552562 | |
| 1,3 | 0,428856945 | 0,49025441 | 0,45288524 | 0,49852216 | 0,518852145 | 0,45866962 | |
| 1,8 | 0,42988523 | 0,39552174 | 0,40855248 | 0,472258412 | 0,441853965 | 0,51225035 | |
| 2,3 | 0,495285224 | 0,458221475 | 0,46855295 | 0,51885262 | | | |
| 2,8 | 0,512085225 | 0,40558236 | 0,39552852 | 0,41885201 | | | |
| 3,3 | | 0,49665842 | 0,44085529 | | | | |
| 3,8 | | | | | | | |
| 4,3 | | | | | | | |
| 4,8 | | | | | | | |
| 5,3 | | | | | | | |
| 5,8 | | | | | | | |
| Gultnes dziļums(m) | 3,2 | 3,9 | 5,1 | 4,2 | 3,1 | 2 | |
| Šķērsgriezuma laukums (m2) | 54,4 | 60,35 | 171 | 148,8 | 178,85 | 96,9 | 768,3 |
| Vidējais straumes ātrums (m/s) | 0,466927504 | 0,453005579 | 0,445304407 | 0,462658424 | 0,483100618 | 0,486206152 | 0,468478745 |
| Caurteces apjoms (m3/s) | 25,40085624 | 27,3388867 | 76,14705367 | 68,84357346 | 86,40254548 | 47,1133761 | 359,2109064 |
| | | | | | | | 0,467539902 |
| | | | | | | | 0,52885456 |
| | | | | | | | 0,39552174 |
| | | | | | | | 25,2116234 |
| | | | | | | | Vidējais svērtais straumes ātrums |
| | | | | | | | Max straumes ātrums |
| | | | | | | | Min straumes ātrums |
| | | | | | | | Starpība starp Min un Max % |

Šķērsriezums Nr. 5 oktobrī

| | Nr. pēc kārtas | | | | | | | Attālums līdz kreisajam krastam (m) |
|-------------|----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | 40 | |
| | 29 | 54 | 76 | 115 | 170 | | | |
| Dziļums (m) | 0,8 | 0,766126984 | 0,6688 | 0,707016393 | 0,610254237 | 0,950609375 | | |
| | 1,3 | 0,413854839 | 0,400316667 | 0,430916667 | 0,401305085 | 0,41234375 | | |
| | 1,8 | | 0,508783333 | 0,410583333 | 0,365169492 | 0,57946875 | | |
| | 2,3 | | 0,380627119 | 0,45775 | 0,418508475 | 0,42425 | | |
| | 2,8 | | 0,470780488 | 0,425133333 | 0,411627119 | | | |
| | 3,3 | | | | | | | |
| | 3,8 | | | | | | | |
| | 4,3 | | | | | | | |
| | 4,8 | | | | | | | |
| | 5,3 | | | | | | | |
| | 5,8 | | | | | | | |

Šķersgriezums Nr. 5 aprīlī

| Nr. pēc kārtas | Dziļums (m) | | | | | | | | Līdz kreisajam krastam (m) |
|-----------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---|---|----------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | |
| Attālums no labā krasta (m) | 26 | 54 | 77 | 118 | 164 | | | | 41 |
| 0,8 | 0,5120226 | 0,4832921 | 0,567542 | 0,5693365 | 0,5810673 | | | | |
| 1,3 | 0,3934094 | 0,5060657 | 0,4116852 | 0,5526533 | 0,4031154 | | | | |
| 1,8 | 0,5628834 | 0,4016447 | 0,4105834 | 0,5731897 | 0,408131 | | | | |
| 2,3 | | 0,5531823 | 0,5153064 | 0,6040719 | 0,407128641 | | | | |
| 2,8 | | 0,5353001 | | 0,5615224 | | | | | |
| 3,3 | | 0,4776768 | | | | | | | |
| 3,8 | | 0,5884995 | | | | | | | |
| 4,3 | | | | | | | | | |
| 4,8 | | | | | | | | | |
| 5,3 | | | | | | | | | |
| 5,8 | | | | | | | | | |
| Gultnes dziļums(m) | 2,4 | 4,6 | 3,2 | 3,5 | 3,6 | | | | |
| Šķersgriezuma laukums (m2) | 31,2 | 98 | 89,7 | 137,35 | 163,3 | 73,8 | | | 593,35 |
| Vidējais straumes ātrums (m/s) | 0,489438467 | 0,50139766 | 0,495525291 | 0,529543422 | 0,517801793 | 0,449860585 | | | 0,497261203 |
| Caurteces apjoms (m3/s) | 15,27048016 | 49,13697068 | 44,44861859 | 72,73278904 | 84,55703287 | 33,19971119 | | | 299,3456025 |
| Vidējais svērtais straumes ātrums | | | | | | | | | |
| Max straumes ātrums | | | | | | | | | |
| Min straumes ātrums | | | | | | | | | |
| Starpība starp Min un Max % | | | | | | | | | |
| 0,504500889 | | | | | | | | | |
| 0,6040719 | | | | | | | | | |
| 0,3934094 | | | | | | | | | |
| 34,87374599 | | | | | | | | | |

Šķersgriezums Nr. 5 maijā

| Nr. pēc kārtas | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Līdz kreisajam krastam (m) |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------------------------------|
| | | | | | | |
| Attālums no labā krasta (m) | 0,8 | 0,579279501 | 0,679102675 | 0,61250032 | 0,63771922 | 0,655105525 |
| | 1,3 | 0,600185972 | 0,587192908 | 0,571717722 | 0,499012752 | 0,56700243 |
| | 1,8 | 0,530275902 | 0,578107522 | 0,476810673 | 0,447933333 | 0,513578902 |
| | 2,3 | | 0,571072 | 0,451792452 | 0,471278052 | 0,66428052 |
| | 2,8 | | 0,515729723 | 0,447927593 | 0,47011702 | 0,44471092 |
| | 3,3 | | 0,4122759 | 0,4479279 | | |
| | 3,8 | | 0,317586442 | | | |
| | 4,3 | | | | | |
| | 4,8 | | | | | |
| | 5,3 | | | | | |
| | 5,8 | | | | | |
| Dziļums (m) | | | | | | |
| Gultnes dziļums (m) | 2,5 | 4,6 | 3,9 | 3,4 | 3,2 | |
| Šķersgriezuma laukums (m ²) | 41,25 | 92,3 | 140,25 | 149,65 | 184,8 | 33,6 |
| Vidējais straumes ātrums (m/s) | 0,569913792 | 0,537080855 | 0,513057218 | 0,503157913 | 0,537073867 | 0,568935659 |
| Caurteces apjoms (m ³ /s) | 23,50894391 | 49,57256287 | 71,95627478 | 75,29758161 | 99,25125069 | 19,11623815 |
| | | | | | | Vidējais svērtais straumes ātrums |
| | | | | | | Max straumes ātrums |
| | | | | | | Min straumes ātrums |
| | | | | | | Starpība starp Min un Max % |
| | | | | | | 641,85 |
| | | | | | | 0,538203217 |
| | | | | | | 338,702852 |
| | | | | | | 0,52769783 |
| | | | | | | 0,679102675 |
| | | | | | | 0,317586442 |
| | | | | | | 53,23439981 |

Šķersgriezums Nr. 5 jūlijā

| Nr. pēc kārtas | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | Līdz kreisajam krastam (m) |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--|---|--|----------------------------|
| | 31 | 54 | 76 | 125 | 178 | 39 | | | | | |
| Attālums no labā krasta (m) | 0,8 | 0,56892544 | 0,596328548 | 0,602521854 | 0,59869654 | 0,6285501 | | | | | |
| | 1,3 | 0,59658214 | 0,595874536 | 0,59858473 | 0,49696745 | 0,5580141 | | | | | |
| | 1,8 | 0,520195477 | 0,56969658 | 0,4025545 | 0,56985622 | 0,4968663 | | | | | |
| | 2,3 | | 0,56985985 | 0,45221796 | 0,469855784 | 0,6488544 | | | | | |
| | 2,8 | | 0,502148544 | 0,496983354 | 0,45201057 | 0,4960224 | | | | | |
| | 3,3 | | 0,402089658 | | | | | | | | |
| | 3,8 | | 0,39664785 | | | | | | | | |
| | 4,3 | | | | | | | | | | |
| | 4,8 | | | | | | | | | | |
| | 5,3 | | | | | | | | | | |
| | 5,8 | | | | | | | | | | |
| Dziļums (m) | | | | | | | | | | | |
| Gultnes dziļums (m) | 2,6 | 4,5 | 3,6 | 3,6 | 3,6 | 3,5 | | | | | |
| Šķersgriezuma laukums (m ²) | 40,3 | 81,65 | 89,1 | 89,1 | 176,4 | 188,15 | 68,25 | | | | 643,85 |
| Vidējais straumes ātrums (m/s) | 0,561901019 | 0,531834862 | 0,515458997 | 0,514024896 | 0,541569386 | 0,565666146 | 0,565666146 | | | | 0,538408437 |
| Caurteces apjoms (m ³ /s) | 22,64461107 | 43,42431651 | 45,92739663 | 90,67399169 | 101,8962801 | 38,60639465 | | | | | 343,1729906 |
| | | | | | | | | | | | 0,533001461 |
| | | | | | | | | | | | 0,6488544 |
| | | | | | | | | | | | 0,39664785 |
| | | | | | | | | | | | 38,86951372 |

Vidējais svērtais straumes ātrums
 Max straumes ātrums
 Min straumes ātrums
 Starpība starp Min un Max %

Šķērsriezums Nr. 6 oktobrī

| Nr. pēc kārtas | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | Attālums līdz kreisajam krastam(m) |
|----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------------------------------|
| | | | | | | |
| 0,8 | 0,533276923 | 0,369508475 | 0,476033898 | 0,453783333 | 0,696291667 | |
| 1,3 | 0,491784615 | 0,426949153 | 0,388813559 | 0,340616667 | 0,4315 | |
| 1,8 | | 0,37062069 | 0,350033898 | 0,391983333 | 0,475871429 | |
| 2,3 | | 0,398931034 | 0,369813559 | 0,37035 | 0,475914286 | |
| 2,8 | | 0,419396552 | 0,448661017 | 0,356813559 | 0,43742029 | |
| 3,3 | | | 0,397245614 | 0,4405625 | | |
| 3,8 | | | 0,348618182 | | | |
| 4,3 | | | | | | |
| 4,8 | | | | | | |
| 5,3 | | | | | | |
| 5,8 | | | | | | |
| Dziļums (m) | | | | | | 38 |

Šķersgriezums Nr. 6 aprīlī

| Nr. pēc kārtas | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | Līdz kreisajam krastam (m) |
|-----------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------------------------|
| Attālums no labā krasta (m) | 45 | 69 | 96 | 112 | 159 | 38 |
| 0,8 | 0,56895241 | 0,51208542 | 0,5218554 | 0,47852695 | 0,58425655 | |
| 1,3 | 0,48596221 | 0,41028554 | 0,52485221 | 0,40285665 | 0,48527446 | |
| 1,8 | | 0,39528552 | 0,568214855 | 0,5208544 | 0,52482245 | |
| 2,3 | | 0,55774958 | 0,458214855 | 0,4859553 | 0,602854722 | |
| 2,8 | | | 0,395685517 | 0,50285444 | | |
| 3,3 | | | 0,369856574 | 0,39528552 | | |
| 3,8 | | | 0,428565855 | 0,44852369 | | |
| 4,3 | | | | | | |
| 4,8 | | | | | | |
| 5,3 | | | | | | |
| 5,8 | | | | | | |
| Gultnes dziļums(m) | 2,3 | 3,5 | 4,6 | 4,2 | 2,8 | |
| Šķersgriezuma laukums (m2) | 51,75 | 69,6 | 109,35 | 70,4 | 164,5 | 518,8 |
| Vidējais straumes ātrums (m/s) | 0,52745731 | 0,48838678 | 0,467513757 | 0,464435873 | 0,462122421 | 0,493203031 |
| Caurteces apjoms (m3/s) | 27,29591579 | 33,99171989 | 51,12262932 | 32,69628543 | 76,01913833 | 250,3485576 |
| Vidējais svērtais straumes ātrums | | | | | | 0,482553118 |
| Max straumes ātrums | | | | | | 0,602854722 |
| Min straumes ātrums | | | | | | 0,369856574 |
| Starpība starp Min un Max % | | | | | | 38,6491371 |

Šķersgriezums Nr. 6 maijā

| Nr. pēc kārtas | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Līdz kreisajam krastam (m) |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------------------------|
| Attālums no labā krasta (m) | 33 | 59 | 89 | 121 | 155 | 44 |
| 0,8 | 0,561823618 | 0,481910726 | 0,491207562 | 0,501825629 | 0,577128965 | |
| 1,3 | 0,471902752 | 0,416208898 | 0,54189265 | 0,41289056 | 0,496128965 | |
| 1,8 | 0,400012497 | 0,41082653 | 0,56124 | 0,46129865 | | |
| 2,3 | 0,631086 | 0,491551266 | 0,401628497 | 0,564795917 | | |
| 2,8 | 0,361982568 | 0,49816514 | 0,31826319 | 0,471902675 | | |
| 3,3 | | 0,367105862 | 0,319865124 | | | |
| 3,8 | | 0,391072086 | 0,41489613 | | | |
| 4,3 | | | 0,400123742 | | | |
| 4,8 | | | | | | |
| 5,3 | | | | | | |
| 5,8 | | | | | | |
| Gultnes dziļums(m) | 3,5 | 4,5 | 4,9 | 3,4 | 2,3 | |
| Šķersgriezuma laukums (m ²) | 57,75 | 104 | 141 | 132,8 | 96,9 | 583,05 |
| Vidējais straumes ātrums (m/s) | 0,485361487 | 0,456970662 | 0,433730493 | 0,450910025 | 0,497995909 | 0,476932924 |
| Caurteces apjoms (m ³ /s) | 28,02962587 | 47,52494884 | 61,15599957 | 59,88085132 | 48,25580356 | 272,0006548 |
| Vidējais svērtais straumes ātrums | | | | | | |
| Max straumes ātrums | | | | | | |
| Min straumes ātrums | | | | | | |
| Starpība starp Min un Max % | | | | | | |

Šķersgriezums Nr. 6 jūlijā

| Nr. pēc kārtas | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | Līdz kreisajam krastam (m) |
|---|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------------------------|
| Attālums no labā krasta (m) | 16 | 57 | 104 | 148 | 176 | 22 |
| 0,8 | 0,5588482 | 0,4510727 | 0,515892 | 0,5317713 | 0,5145304 | |
| 1,3 | 0,4306256 | 0,4630062 | 0,5024283 | 0,4746358 | 0,5094931 | |
| 1,8 | | 0,4398189 | 0,5324384 | 0,5317761 | 0,512732 | |
| 2,3 | | 0,5502907 | 0,5445912 | 0,5444906 | | |
| 2,8 | | | 0,5565176 | 0,5001995 | | |
| 3,3 | | | 0,5193977 | 0,4519466 | | |
| 3,8 | | | | 0,4663122 | | |
| 4,3 | | | | | | |
| 4,8 | | | | | | |
| 5,3 | | | | | | |
| 5,8 | | | | | | |
| Gultnes dziļums(m) | 1,9 | 3,1 | 4,3 | 4,6 | 2,3 | |
| Šķersgriezuma laukums (m ²) | 15,2 | 102,5 | 173,9 | 195,8 | 96,6 | 609,3 |
| Vidējais straumes ātrums (m/s) | 0,4947369 | 0,48227705 | 0,50754537 | 0,513261331 | 0,50378876 | 0,502310207 |
| Caurteces apjoms (m ³ /s) | 7,52000088 | 49,43339763 | 88,26213984 | 100,4965686 | 48,66599422 | 307,33880725 |
| Vidējais svērtais straumes ātrums | | | | | | |
| Max straumes ātrums | | | | | | |
| Min straumes ātrums | | | | | | |
| Starpība starp Min un Max % | | | | | | |

Šķērsgrēzums Nr. Punkti pie Līvāniem

| Nr. pēc kārtas | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | |
|---------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--|
| Punkta ģeogrāfiskās koordinātas | N56°20'728" E026°09'783" | N56°20'927" E026°09'707" | N56°21'104" E026°09'662" | N56°21'288" E026°09'635" | N56°21'735" E026°09'566" | N56°22'079" E026°09'400" | N56°22'641" E026°09'207" | N56°22'944" E026°09'949" | N56°23'271" E026°08'437" | N56°23'700" E026°07'581" | N56°23'780" E026°07'189" | N56°23'875" E026°06'952" | N56°24'059" E026°06'479" | N56°24'209" E026°05'847" | N56°24'285" E026°05'607" | N56°24'318" E026°05'408" | N56°24'227" E026°05'802" | |
| 0,8 | 0,429622951 | 0,407352941 | 0,640061538 | 0,5382 | 0,381970588 | 0,503261538 | 0,47947761 | 0,616227273 | 0,580257576 | 0,591823 | 0,45769231 | 0,440753846 | 0,448907937 | 0,49328814 | 0,41511111 | | | |
| 1,3 | 0,390316687 | 0,381970588 | 0,5382 | 0,438231884 | 0,47947761 | 0,616227273 | 0,580257576 | 0,591823 | 0,45769231 | 0,440753846 | 0,448907937 | 0,49328814 | 0,41511111 | | | | | |
| 1,8 | 0,79454545 | 0,445686567 | 0,503261538 | 0,47947761 | 0,616227273 | 0,580257576 | 0,591823 | 0,45769231 | 0,440753846 | 0,448907937 | 0,49328814 | 0,41511111 | | | | | | |
| 2,3 | 0,399192308 | 0,422456882 | 0,590390625 | 0,420830769 | 0,580257576 | 0,591823 | 0,45769231 | 0,440753846 | 0,448907937 | 0,49328814 | 0,41511111 | | | | | | | |
| 2,8 | 0,354568 | 0,444738463 | 0,61731746 | 0,45769231 | 0,582206897 | 0,591823 | 0,45769231 | 0,440753846 | 0,448907937 | 0,49328814 | 0,41511111 | | | | | | | |
| 3,3 | 0,357836735 | 0,41428125 | 0,52647619 | 0,440753846 | 0,582206897 | 0,591823 | 0,45769231 | 0,440753846 | 0,448907937 | 0,49328814 | 0,41511111 | | | | | | | |
| 3,8 | 0,3676 | 0,442714286 | 0,540563333 | 0,448907937 | 0,582206897 | 0,591823 | 0,45769231 | 0,440753846 | 0,448907937 | 0,49328814 | 0,41511111 | | | | | | | |
| 4,3 | 0,436365854 | 0,453395 | 0,514677986 | 0,49328814 | 0,582206897 | 0,591823 | 0,45769231 | 0,440753846 | 0,448907937 | 0,49328814 | 0,41511111 | | | | | | | |
| 4,8 | | 0,441983333 | | 0,49328814 | 0,582206897 | 0,591823 | 0,45769231 | 0,440753846 | 0,448907937 | 0,49328814 | 0,41511111 | | | | | | | |
| 5,3 | 0,466916667 | | 0,41511111 | | 0,582206897 | 0,591823 | 0,45769231 | 0,440753846 | 0,448907937 | 0,49328814 | 0,41511111 | | | | | | | |
| 5,8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6,3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6,8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7,3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7,8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8,3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8,8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9,3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9,8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10,3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| Nr. pēc kārtas | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | |
|---------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--|
| Punkta ģeogrāfiskās koordinātas | N56°20'728" E026°09'783" | N56°20'927" E026°09'707" | N56°21'104" E026°09'662" | N56°21'288" E026°09'635" | N56°21'735" E026°09'566" | N56°22'079" E026°09'400" | N56°22'641" E026°09'207" | N56°22'944" E026°09'949" | N56°23'271" E026°08'437" | N56°23'700" E026°07'581" | N56°23'780" E026°07'189" | N56°23'875" E026°06'952" | N56°24'059" E026°06'479" | N56°24'209" E026°05'847" | N56°24'285" E026°05'607" | N56°24'318" E026°05'408" | |
| 0,8 | 0,8821882 | 0,8218223 | 0,499318231 | 0,501218713 | 0,54231823 | 0,49698321 | 0,47153218 | 0,518716317 | 0,53181321 | 0,518803 | 0,486181322 | 0,548161531 | 0,615461231 | 0,632319 | 0,4817283 | 0,418327 | |
| 1,3 | 0,8728132 | 0,8861222 | 0,5188317 | 0,4921381 | 0,55186312 | 0,55381 | 0,481382318 | 0,581516321 | 0,55461615 | 0,5018137 | 0,505186153 | 0,59481651 | 0,65164231 | 0,571823 | 0,4401923 | 0,3963391 | |
| 1,8 | 0,78142 | 0,85144832 | 0,518133 | 0,522718312 | 0,58466421 | 0,51813 | 0,498531 | 0,553183123 | 0,547718 | 0,4994812 | 0,48621681 | 0,48168135 | 0,548612313 | 0,569283 | 0,4629304 | 0,390132 | |
| 2,3 | 0,75513 | 0,828815 | 0,54312 | 0,54523182 | 0,5477621 | 0,555138112 | 0,511812 | 0,531886631 | 0,57741832 | 0,5204812 | 0,49929945 | 0,61813157 | 0,512318623 | 0,5814021 | 0,4329103 | 0,372923 | |
| 2,8 | 0,761222 | 0,781222 | 0,4995221 | 0,518333 | 0,5386122 | 0,512778521 | 0,4832289 | 0,4916632 | 0,55984 | 0,45608352 | 0,4042466 | 0,564816621 | 0,5546232 | 0,5720001 | 0,46291032 | 0,366291 | |
| 3,3 | | | | 0,54465218 | 0,51832321 | | 0,4668321 | | | 0,4865128 | 0,50181623 | 0,594468423 | 0,54623121 | 0,5720001 | 0,46291032 | 0,366291 | |
| 3,8 | | | | | | | | | 0,47186152 | 0,46812318 | 0,46812318 | 0,546196 | 0,546152132 | 0,4348132 | 0,4582913 | 0,340182 | |
| 4,3 | | | | | | | | | | 0,4348132 | | | | | 0,47102035 | 0,4381103 | |
| 4,8 | | | | | | | | | | | | | | | 0,42858231 | | |
| 5,3 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5,8 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6,3 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6,8 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7,3 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7,8 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8,3 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8,8 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9,3 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9,8 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10,3 | | | | | | | | | | | | | | | | | |

0,82288785 0,834285684 0,515785006 0,520626156 0,547295512 0,527347969 0,488885415 0,535433918 0,554281536 0,492690991 0,473235618 0,556323429 0,567863003 0,58536544 0,457263158 0,385705389

Meģiņumi šķērslīnijā veikti 28.08./Sarkanās krāsā punkti,tur braucot, dzeltenās apšēķēti

Šķersgriezums Nr. Pārējie punkti

| Nr. pēc kārtas | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|---------------------------------|---|-------------------------------------|---|---|---|--|-------------------------------------|--|-------------------------------------|--|-------------------------------------|--|--|--|---|
| Punkta ģeogrāfiskās koordinātas | N56 24,815 E026 04,625 | N56 24,972 E026 04,556 | N56 25,023 E026 04,385 | N56 25,136 E026 04,310 | N56 25,150 E026 04,304 | N56 25,289 E026 04,166 | N56 25,618 E026 04,172 | N56 25,693 E026 04,175 | N56 25,668 E026 04,171 | N56 26,343 E026 03,995 | N56 26,309 E026 03,909 | N56 26,883 E026 03,271 | N56 27,067 E026 02,901 | N56 27,250 E026 02,348 | N56 27,336 E026 02,043 |
| Dziļums (m) | 0,8 1,3 1,2861957 | 1,1478926 1,3352427 1,1945235 | 1,2287285 1,4823333 | 1,7141589 1,8729467 | 1,8893966 1,5781125 | 1,1336250 1,0032857 1,1820332 1,2119921 | 0,8778000 1,2610200 1,1200030 | 1,2586667 1,4822941 1,3392811 | 1,0249434 1,1099245 0,9054151 | 1,5483091 1,4785273 | 1,9361523 1,7178444 | 0,9950741 0,8381111 0,6312839 0,7919400 | 0,6155000 0,7062917 0,490167 0,5704787 | 0,9829667 0,8504236 0,8182994 0,7192048 | 1,0277500 0,9229318 0,8173908 0,7192048 |
| | 1,2412065 | 1,2257863 | 1,3555294 | 1,7934018 | 1,7337545 | 1,1327340 | 1,1196077 | 1,3600806 | 1,0134277 | 1,5134182 | 1,8269984 | 0,8141023 | 0,5957968 | 0,8452236 | 0,8697682 |
| Nr. pēc kārtas | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| Punkta ģeogrāfiskās koordinātas | N56 27,342 E026 01,408 | N56 27,728 E026 01,103 | N56 28,007 E026 00,305 | N56 28,058 E026 59,648 | N56 28,107 E026 58,615 | N56 28,201 E026 57,825 | N56 28,223 E026 57,191 | N56 28,214 E026 56,314 | N56 28,367 E026 55,862 | N56 28,598 E026 55,651 | N56 28,698 E026 55,553 | N56 28,766 E026 55,463 | N56 28,947 E026 55,231 | N56 29,086 E026 55,059 | N56 29,320 E026 54,799 |
| Dziļums (m) | 0,8 1,3 1,8 2,3 3,3 4,3 4,8 | 0,6179848 0,5908242 0,5668136 | 0,5645493 0,4716479 0,4746143 0,5287571 0,5410735 | 0,5918169 0,6540845 0,6309296 0,6441408 0,6562817 | 0,6793036 0,6563571 0,6380000 0,8446607 0,8013095 | 0,8172992 0,7192000 0,9100294 0,8712903 | 0,7865185 0,7603333 0,6431111 | 0,8858621 0,9346897 0,7172679 0,7274074 | 1,6218289 1,4198239 1,3128396 | 1,6637895 1,9448947 1,9665088 1,8743333 | 1,4340545 1,3209099 1,2364364 | 1,1190741 1,1720370 1,4494074 | 0,9061356 0,8406760 0,6474305 0,6441695 | 0,7210727 0,7237091 0,7594727 0,6923094 | 0,5008125 0,4686533 0,5188750 0,5807708 0,5667708 |
| | 0,7809558 | 0,5919076 | 0,4934655 | 0,6212447 | 0,7292436 | 0,8294547 | 0,7299877 | 0,8163067 | 1,4514975 | 1,8623816 | 1,3301939 | 1,2468395 | 0,7596034 | 0,6782132 | 0,5392500 |

Mērfilumi tikai veikti 13.09

