

LLU
Lauku inženieru fakultāte
Vides un ūdenssaimniecības katedra

Atļauts aizstāvēt
2012.g. jūnijā
Katedras vad. Prof., Dr.sc.ing. V. Jansons

**Videi draudzīgu bezaizsprosta
hidroelektrostaciju ierīkošanas iespēju
analīze Latvijas upēs**

Maģistra darbs hidroinženierzinātnē

Maģistra darba vadītājs: **Doc., Mg.sc.ing. Kārlis Siļķe**

(paraksts)

Recenzenti: **Prof., Dr.habil.sc.ing. Jānis Valters**

(paraksts)

Dr.sc.ing. Juris Strūbergs

(paraksts)

Hidroinženierzinātnes

Specialitātes studente: **Ilva Vītola**

Stud. apliecības Nr. LI05231

(paraksts)

Jelgava 2012

Anotācija

Vītola I. Videi draudzīgu bezaizsprosta hidroelektrostaciju ierīkošanas iespēju analīze Latvijas upēs: Maģistra darbs – Jelgava, LLU, Lauku inženieru fakultāte, Vides un ūdenssaimniecības katedra; 2012. – 92 lpp.

Maģistra darbs raksturo mazās hidroenerģētikas attīstības vēsturi Latvijā un situāciju pasaulē. Analizēti konstruktīvie un ekoloģiskie risinājumi divās esošajās bezaizsprosta hidroelektrostacijās Latvijā, kuras darbojas kopš 2002.g.

Izvērtēta iespēja ierīkot derivācijas tipa Krēmeru dzirnavu HES uz Bērzaunes upes agrāko Krēmeru dzirnavu vietā un izvērtēta tās potenciālā ietekme uz vidi. Analizētas trīs bijušās dzirnavas ar derivācijas principu. Atlasīti piecpadsmit upju divdesmit posmi, kuri minēti Ministru kabineta noteikumu Nr. 27 pirmajā pielikumā, un pie kuriem ir iespējams ierīkot bezaizsprosta hidroelektrostacijas.

Izstrādāti secinājumi par iespējām palielināt Latvijas enerģētisko neatkarību un ieguvumiem no jaunu mazo HES ierīkošanas uz upēm, kas iekļautas MK noteikumos Nr. 27.

Maģistra darbs satur: paskaidrojuma rakstu uz 92 lappusēm, 12 tabulas, 34 attēlus un 6 pielikumus.

Annotation

Vitola I. The Analysis of Installation Options for Environmentally – Friendly Hydropower Stations Without the Dam on Rivers in Latvia: the Master Paper – Jelgava, LUA, Faculty of Rural Engineering, Department of Environment and Water Management; 2012. – 92 pages.

The Master Paper characterizes the history of small hydropower development in Latvia and the situation in the world. Constructive and ecological solutions have been analysed in two current dumfree hydropower stations in Latvia.

The opportunity to establish bypass type Kremer mill HES located on Berzaune river instead of the former Kremer mill has been evaluated, its potential influence on environment has been estimated. Three former mills working on bypass principle have been analysed. Fifteen river sections were chosen in the Paper, where it is allowed to fix up dumfree hydropower stations according the appendix No. 27.1 of the regulations of the Cabinet of Ministers.

Conclusions have been worked out on the opportunities to enlarge the independance of Latvia energetics and the benefits of building new, small hydropower stations on Latvia rivers that are included in regulations of the Cabinet of Ministers No. 27.

The Master Paper includes: explanatory article on 92 pages, 12 tables, 34 pictures and 6 appendixes.

Аннотация

Витола И. Анализ устройства безвредных для окружающей среды бесплотинных гидроэлектростанций на реках Латвии: Магистерская работа – ЛСХУ, Кафедра по охране среды и водохозяйству, Елгава, 2012 г. 92 стр.

В магистерской работе дана характеристика истории развития малой гидроэнергетики в Латвийской территории и ситуации в мире. Приведен подробный анализ конструктивных и экологических решений двух бесплотинных гидроэлектростанций в Латвии, работающих с 2002 г.

Оценена возможность устройства ГЭС Кремеру деривационного типа у реки Берзауне на месте бывшей водяной мельницы Кремеру и оценена потенциальное влияние ее на окружающую среду. Проведен анализ трех деривационных гидроузлов бывших водяных мельниц.

Выбрано двадцать участков пятнадцати таких рек, которые включены в список первого приложения Правил Кабинета Министров № 27 и на которых имеется возможность устройство бесплотинных гидроэлектростанций.

Разработаны выводы по возможности увеличения энергетической независимости Латвии и выгодность устройства новых малых гидроэлектростанций на тех реках, которые включены в Правилах Кабинета Министров № 27.

Магистерская работа состоит из 92 стр., 12 таблиц, 34 рисунков и 6 приложений.

Saturs

Saīsinājumi un terminu skaidrojums.....	7
Ievads	10
Maģistra darba pamatojums	12
1. Problēmas apskats	13
1.1. Hidoenerģētikas vēsture	13
1.2. Mazās hidroelektrostacijas Eiropas Savienības valstīs un pasaulē	16
1.3. Ūdens enerģijas izmantošanas vēsture Latvijā.....	19
1.4. Latvijas upes, to hidroenerģētiskais potenciāls	22
1.5. Hidroelektrostaciju raksturojums	27
1.5.1. Aizsprosta hidroelektrostacijas.....	27
1.5.2. Derivācijas hidroelektrostacijas.....	29
2. Latvijā ierīkoto bezaizsprosta HES raksturojums	31
2.1. Pie Amatas upes esošās Billes hidroelektrostacijas apskats un ekspluatācijas pieredzes analīze	31
2.1.1. Amatas upes hidroloģiskais raksturojums	31
2.1.2. Akmeņu bēruma sliekšņa konstrukcija.....	34
2.1.3. Uz HES turbīnām novadāmo caurplūdumu analīze	35
2.1.4. Pārplūdes risinājumi lielu palu caurplūdumu pārlaišanai.....	36
2.1.5. Caurplūdumu sadalījumu kontroles sistēma.....	38
2.2. Pie Aiviekstes upes esošās Spridzēnu HES hidromezгла hidrotehnisko būvju apskats	39
2.2.1. Aiviekstes upes hidroloģiskais raksturojums	39
2.2.2. Akmeņu bēruma sliekšņa konstrukcija.....	42
2.2.3. Uz HES turbīnām novadāmo caurplūdumu analīze	43
2.2.4. Pārplūdes risinājumi lielu palu caurplūdumu pārlaišanai.....	44
2.2.5. Caurplūdumu sadalījumu kontroles sistēma.....	45
3. Potenciālās derivācijas HES atjaunošanas un ierīkošanas vietas Latvijā	46
3.1. Krogļu dzirnavas pie Vesetas upes.....	47
3.2. Visendorfa dzirnavas pie Līgatnes upes.....	48
3.3. Putras dzirnavas pie Amatas upes	49
3.3. Amata	50
3.4. Arona.....	51

3.5. Dzelda	52
3.6. Grūba.....	53
3.7. Jāša	54
3.8. Kojā.....	55
3.9. Lētiža.....	56
3.10. Līgatne.....	57
3.11. Pērse	58
3.12. Riežupe.....	59
3.13. Savīte.....	60
3.14. Taleja.....	61
3.15. Vanka	62
3.16. Veseta.....	63
3.17. Zaņa.....	64
4. Iespējamā Krēmeru dzirnavu HES atjaunošana pie Bērzaunes upes	65
4.1. Bērzaunes upes garenprofila analīze	66
4.2. Bērzaunes upes hidroloģiskais raksturojums	66
4.3. Ekoloģiskais caurplūdums apietajā upes posmā	69
4.4. Kritumu un derivācijas kanālu analīze	71
4.5. Turbīnu izvēle, caurplūdumu noteikšana	73
4.6. Elektroenerģijas izstrādes perspektīvie aprēķini.....	76
4.7. Risinājumu ietekmes uz vidi novērtējums	79
5. Mazo HES uzraudzība un ietekme.....	80
5.1. HES ekspluatācijas kontrole un uzraudzība.....	80
5.2. Mazo HES pozitīvā ietekme.....	82
Secinājumi	84
Izmatotā literatūra.....	86
Pielikumi	92

Saīsinājumi un terminu skaidrojums

AUL - (maks.) uzstādinājuma līmenis ir augstākais aprēķinātais ūdens līmenis ūdenskrātuvē, kas iestājas palos ar noteiktu pārsniegšanas varbūtību.

B.S. - apzīmēts Baltijas augstumu sistēmas saīsinājums.

Bjefs - upes posms augšpus (augšbjefs) un leļpus (leļasbjefs) aizsprostam.

Caurplūduma varbūtīgums (nodrošinājums) - matemātiski izskaitļots lielums - caurplūdums ar pārsniegšanas varbūtību, izteiktu procentos: 1, 2, 5, 10 un 25 %. Tas nozīmē, ka izskaitļotais caurplūdums var tikt pārsniegts attiecīgi reizi 100, 50, 20, 10 un 4 gados;

Caurplūdums - ūdens daudzums, kas vienā sekundē izplūst caur upes (ūdensteces) šķērsgriezumu, mērv. m^3/s ; l/s.

Caurvades spēja - caurplūdums, ko spēļ izvadīt ūdensteces gultne vai hidrotehniskā būve, ja ir nepieciešamais ūdens plūsmas dziļums un citi nosacījumi.

Derivācija - ūdens novadīšana no ūdenstilpes uz ūdens izmantošanas vietu; hidroelektrostacijās pa derivācijas kanālu ūdeni pievada turbīnām

Dibena slīpums - ūdensteces gultnes posma dibena augstumu starpības attiecība pret šī posma garumu.

Ekoloģiskais caurplūdums - ūdens pieteces daļļa, kāda jebkuros aizsprosta hidromezgla ekspluatācijas apstākļos jānovada hidromezgla leļas bjefā.

Gruļi - pa ūdens virsmu peldošā draža, kas galvenokārt veidoļas no noteces baseina visai daudzveidīgās veļetācijas - grāvju, upju un citu ūdensteku gultnē un krastos augošajiem hidrofītiem un hirofītiem.

Gultne - dabisks vai mākslīgi veidots iedziļinājums zemes virsmā, pa kuru notiek ūdens plūsma.

GWh - gigavatstunda ir elektroenerģijas mērvienība, kas atbilst vienam miljonam kilovatstundu.

HES (hidroelektrostacija) - būves un iekārtas, ar kuru palīdzību ūdens plūsmas enerģiju pārveido elektroenerģijā;

HES hidrotehniskās būves - hidroelektrostācijas darbībai nepieciešamo būvju komplekss, tai skaitā aizsprosti, dambji, HES ēkas, ūdens novadbūves, kanāli, cauruļvadi, tunēļi, sūkņu stacijas, drenāļa, zivju aizsardzības un pārvades būves, aizsargdambji, krastu nostiprinājumi, atbalstsienas un citas būves, uz kurām iedarboļas ūdens spiediens

Hidroagregāts - hidrauliskā turbīna, pārvads un ģenerators kā vienots savstarpēji saistīts komplekss, izveidots elektroenerģijas ražošanai

Hidroloģiskais aprēķins - aprēķins, kas tiek veikts, lai iegūtu aplēses hidroloģiskos lielumus - vispirms aplēses caurplūdumus. Ja apskatāmajā vietā ir hidrometriskie novērojumi, tad šos aprēķinus veic ar matemātiskās statistikas metodēm. Ja novērojumu nav, tad izmanto iepriekš veiktus vispārinājumus, veic procesu matemātisko modelēšanu vai izmanto empīriskās formulas.

Kanāls - mākslīgi veidota atklāta ūdenstece. HES apstākļos izšķir derivācijas un pievadkanālus augšbjefa pusē un atvadkanālus lejasbjefa pusē.

Kritums - ūdens līmeņa augstuma atzīmju starpība metros pa vertikāli no ūdens līmeņa augšbjefā līdz ūdens līmenim atvadkanālā tā sākumā.

Ledus iešana - īpašs režīms upēs, kas parasti iestājas pavasaros pēc straujas līmeņa celšanās un ledus segas salaušanas. Ledus gabalus transportē spēcīgā ūdens straumē, ienesot tos seklākās vietās, dažkārt uzbīdot krastos. Vietām iespējama ledus sastrēgumu veidošanās ar strauju līmeņu celšanos. Ledus iešana hidromezglos ir ļoti atbildīgs laiks, kad ledus jāizvada caur novadbūvi, piemēram, Gaujas augšgala hidroelektrostacijās, Ogres HES u.c.

MWh - megavatstunda ir elektroenerģijas mērvienība, kas atbilst vienam tūkstošim kilovatstundu.

NUL - normālais uzstādinājuma līmenis ir augstākais pieļaujamais ūdens līmenis ūdenskrātuvē hidrotehniskās būves normālas ekspluatācijas apstākļos.

Pārgāzne - ūdens uzstādinājuma būves daļa, kurā ūdens plūst pāri sliekšnim, veidojot brīvu plūsmas virsu. Masīva, visbiežāk īpaša profila novadbūve, kas veido uzstādinājumu, kur liekās ūdens masas tek pāri augšas sliekšnim un tālāk pa īpaši izveidotu profilu nonāk uz krītulgultnes. Pārgāznes ir piemērotas lieliem hidromezgliem, piemēram, Daugavas HES kaskādē.

Pārsniegšanas varbūtība - hidroloģisko aplēses un pārbaudes lielumu gadījumu skaits procentos no kopējā lielumu gadījumu skaita, kad kāds lielums tiek pārsniegts.

Peldošā draža - virszemes noteces piesārņojums ar augu valsts atliekām, kā arī saimnieciskās darbības un sadzīves atkritumiem. Šī iemesla dēļ HES u.c. hidromezglu ūdens ņemšanas būvēs ir nepieciešamas restes peldošās dražas aizturēšanai, kā arī peldošās barjeras vieglā piegružojuma pārtveršanai. Visvairāk peldošās dražas ir pavasaros un rudenos.

Plūdi un pali - plūdi ir virszemes ūdensobjekta hidroloģiskā režīma fāze, kam raksturīgs straujš caurplūduma pieaugums un ūdens līmeņa celšanās. Raksturo intensīvu, parasti visai īslaicīgu upes noteces režīmu ar paaugstinātu ūdens līmeni un lielākām par vidējām caurplūduma vērtībām. Plūdi var atkārtoties vairākas reizes gadā (vasaras un rudens plūdu periodi). Pali ir virszemes ūdensobjekta hidroloģiskā režīma fāze, kam pavasarī raksturīgs augsts ūdens līmenis sniega un ledus kušanas rezultātā galvenokārt asociējas ar pavasara sākumu, kad ūdensteces un ūdenstilpes atbrīvojušās no ledus un noteci veido ziemā uzkrātā kūstošā sniega sega kopā ar pavasara nokrišņiem. Plūdi un pali pastiprināti noslogo hidromezglus un visbiežāk rada izskalojumus lejas bēfē.

Restes - konstrukcija peldošās drazas pārtveršanai, ko uzstāda ieplūdes kameras galvas daļā. Restes novērš peldošu priekšmetu iekļūšanu hidroagregātu darba ratos un to bojāšanu. Restu piesērēšana savukārt rada hidrauliskus zudumus un iekārtu efektivitātes samazināšanos, tāpēc tās periodiski jātīra

Sateces baseins - teritorija, no kuras satek virszemes un pazemes ūdeņi, kas veido kādas upes vai ezera noteci, izsaka km². Sateces baseinu attiecina arī uz hidromezgliem

Upe - ievērojamu izmēru ūdenstece, kurai pieplūstot sava baseina nokrišņu ūdeņi un kam ir izteikta gultne.

Upes gultne - gultne ir padziļinājums zemes virsā, pa kuru patreizējā laikā tek upe.

Ūdens līmenis - ūdens virsmas augstums virs noteiktas atskaites plaknes (piemēram, jūras līmeņa).

Ūdens ņēmējietaise - hidrotehniskās būves ietaise ūdens ieņemšanai no virszemes vai pazemes ūdensobjekta.

Zivju aizsardzība - pasākumu komplekss pret zivju iekļūšanu hidroturbīnās. Daudzu gadsimtu garumā simtiem dzirnavu hidromezglu uz Latvijas mazajām upēm kaitējumu zivīm un tur mītošajai ihtiofaunai nav nodarījuši. Vienīgā zivs, kas migrācijas gaitā iekļūst turbīnās, ir zutis

ZUL - zemākais (min) uzstādīšanas līmenis ir ūdens līmenis ūdenskrātuvē, pie kura jāpārtrauc ūdens padeve uz turbīnām.

TWh - terevatstunda ir elektroenerģijas mērvienība, kas atbilst vienam miljonam kilovatstundu.

Ievads

Cilvēkiem vienmēr ir bijusi nepieciešama enerģija, lai sasildītu sevi un pagatavotu ēdienu, lai iegūtu gaismu un lai pārvietotos. Pēdējos 50 gadu laikā enerģijas izmantošanas apjoms ir strauji audzis. Tas ir radījis lielas ērtības sabiedrībai, taču reizē arī nopietnu ietekmi uz vidi.

Lai nodrošinātu pasaules iedzīvotājus ar nepieciešamo enerģijas daudzumu, fosilais kurināmais (ogles, dabas gāze, nafta) tiek patērēts tādā apjomā, ka pēc zinātnieku veiktajiem aprēķiniem ogles mums pietiks vēl aptuveni 250 gadus, dabas gāze – 80 gadus, bet nafta tikai 40 gadus. Līdz ar lielo fosilā kurināmā patēriņu ir nopietni saasinājušās arī vides problēmas. Lai tās novērstu, ir vai nu jāsamazina enerģijas patēriņš, kas pie mūsdienu dzīvesveida ir gandrīz neiespējami izdarāms, vai nu jāatrod alternatīvi enerģijas avoti, kuru izmantošana neradītu ekoloģiskas problēmas un izsīkšanas draudus.

Alternatīvā enerģija ir enerģijas resursu veids, kuru izmantošana nerada kaitējumu videi vai rada to tikai nelielā apmērā salīdzinājumā ar fosilā kurināmā izmantošanu. Alternatīvās enerģijas veidi pārsvarā ir atjaunojamie resursi – resursi, kas var atjaunoties dabisku procesu norises rezultātā īsā laikā un neizsīkt to izmantošanas gaitā.

Par atjaunojamajiem energoresursiem uzskata vēju, ūdeni, saules starojumu, biomasu (koksni, biogāzi, biodegvielu), zemes siltumu, viļņus, kā arī paisuma-bēguma procesus. Latvijā atjaunojamie energoresursi aizņem vienu trešo daļu primāro energoresursu bilancē un divi visvairāk izmantotie atjaunojamie energoresursu veidi ir koksne un hidroresursi (Kirstuka, 2004).

LR Vides ministrija ir izstrādājusi „Atjaunojamo energoresursu izmantošanas pamatnostādnes 2006. - 2013. gadam”. Pamatnostādnēs izvirzīti šādi mērķi:

- palielināt atjaunojamo energoresursu īpatsvaru kopējā Latvijas energobilancē;
- veicināt Latvijas energoapgādes drošību;
- ilgtermiņā nodrošināt atjaunojamo energoresursu ieguldījumu siltumnīcas efekta gāzu emisijas samazināšanā.

Ministru kabineta noteikumu Nr. 262 „Noteikumi par elektroenerģijas ražošanu, izmantojot atjaunojamus energoresursus, un cenu noteikšanas kārtību” 1. pielikums paredz, paredz, ka Latvijas elektroenerģijas galalietotāju kopējo patēriņa daļu, kas obligāti nosedzama ar tādu elektroenerģiju, kura ražota, izmantojot atjaunojamus energoresursus. 2010. gadā un nākamos 10 gadus (līdz 2020. gadam) attiecīgā patēriņa

daļa ir 34,31 % no HES, kuru jauda lielāka par 5 MWh, un 1,98 % no HES ar jaudu 5 MWh vai mazāku.

Saskaņā ar LR Ekonomikas ministrijas projektu „Enerģētikas stratēģija 2030” Latvija ir noteikusi mērķi līdz 2020. gadam enerģijas bruto galapatēriņā sasniegt no atjaunojamiem energoresursiem saražotās enerģijas īpatsvaru līdz 40%. Izmantojot valsts atbalstu investīcijām enerģētikā un efektīvā enerģijas izmantošanā, nodrošinot atbilstošu nodokļu un emisiju tirdzniecības politiku, līdz 2030. gadam ir sasniedzams 50% sliksnis enerģijas bruto galapatēriņā.

Tā kā lielāko daļu no atjaunojamajiem energoresursiem iegūtās elektroenerģijas saražo izmantojot hidroresursus, un nav paredzams, ka citu atjaunojamo energoresursu veidi tuvākajā laikā spēs izkonkurēt, tad tas arī turpmāk būs mūsu „zaļās” enerģijas galvenais avots. Lai palielinātu energoresursu izmantošanu elektroenerģijas ražošanā, nepieciešams būvēt jaunas hidroelektrostacijas (Latvijas gadījumā – atjauno agrākās dzirnavas, to vietā ierīkojot HES). Tomēr Latvijā ir praktiski apstājusies jaunu mazo hidroelektrostaciju būvniecība, jo kopš 2002.g. ir spēkā Ministru kabineta noteikumi Nr. 27 „Noteikumi par upēm (upju posmiem), uz kurām zivju resursu aizsardzības nolūkā aizliegts būvēt un atjaunot hidroelektrostaciju aizsprostus un veidot jebkādas mehāniskus šķēršļus”.

Atšķirībā no Latvijas Igaunijā nav šāds „moratorijs” jaunu mazo HES attīstībai. Tur pēdējo gadu laikā vēsturiskajās dzirnavu vietās atjaunoti vairāki ūdensrati, kurus izmanto elektroenerģijas ražošanai. Igaunijā mazo HES būvniecība ir aizliegta *Natura 2000* teritorijās, uz lašveidīgo zivju apdzīvotajām upēm, kā arī stipri ierobežota īpaši aizsargājamās dabas teritorijās (Igaunijas Vides ministrija).

Arī Latvijas Republikas Vides ministrija „Atjaunojamo energoresursu izmantošanas pamatnostādnes 2006. - 2013. gadam” norāda, ka ir iespējas palielināt Latvijas hidroenerģijas potenciālu. Tā norāda, ka teorētiski būtu iespējami šāda mazo HES attīstība:

- mazas jaudas HES izveide vietās, kurās tās jau agrāk ir atradušās vai arī, kur ir atradušās ūdensdzirnavas;
- jaunu HES izveide jaunās vietās;
- esošo mazo HES tehnoloģiska pilnveidošana, palielinot to efektivitāti un samazinot ietekmi uz vidi.

Maģistra darba pamatojums

Ar Ministru kabineta 2002.g. 15. janvāra noteikumiem Nr. 27 „Noteikumi par upēm (upju posmiem), uz kurām zivju resursu aizsardzības nolūkā aizliegts būvēt un atjaunot hidroelektrostaciju aizsprostus un veidot jebkākus mehāniskus šķēršļus” vienas nozares – zivju resursu saglabāšanas un aizsardzības nolūkos, rupji ir tikusi ignorēta cita, ne mazāk svarīga nozare Latvijā, ar gadu simtiem ilgām tradīcijām un savu vietu Latvijas attīstībā un vides ainavu veidošanā. Šo noteikumu pielikumā Nr. 1 ir iekļautas visas tās upes (apmēram deviņdesmit), kuras, ņemot vērā to hidroenerģētisko potenciālu, būtu ideāli piemērotas jaunu mazo HES attīstībai vai vēsturiski esošo agrāko ūdensdzirnavu vietas, vai arī vietās, kuras būtu piemērotas reljefa ziņā. Ar šo noteikumu pieņemšanu faktiski ir bloķēta iespēja uzstādīt vismaz 37 MW jaudas un saražot 108 GWh elektroenerģijas.

Saraksts sastādīts, neievērojot reālo situāciju, jo uz daudzajām upēm vēl ir salīdzinoši daudz veco ūdensdzirnavu vietu (ne mazāk par 500 !) un tādēļ ūdensspēka izmantošanu bija jāvērtē, kā Latvijas tautsaimniecībai ne mazāk nozīmīgu nozari salīdzinājumā ar zivsaimniecību. Daudzi HES aizsprosti un būves pastāv daudzus desmitus un pat simtus gadu, tajos ir izveidojusies un nostabilizējusies stabila ūdeņu ekosistēma.

Maģistra darba mērķis:

Apzināt un novērtēt bezaizsprosta hidroelektrostācijas izbūvei piemērotus upju posmus, kas iekļauti MK not. Nr. 27 1. pielikumā.

Mērķa sasniegšanai izvirzītie uzdevumi:

- 1) analizēt esošo bezaizsprosta hidroelektrostaciju konstruktīvos un ekoloģiskos risinājumus;
- 2) izvērtēt iespēju ierīkot bezaizsprosta HES pie Bērzaunes upes agrāko Krēmeru dzirnavu vietā;
- 3) apsvērt Krēmeru dzirnavu HES potenciālo ietekmi uz vidi;
- 4) atlasīt un analizēt MK not. Nr. 27 1. pielikumā iekļauto upju posmus, kur ir iespējams ierīkot bezaizsprosta hidroelektrostācijas.

1. Problēmas apskats

1.1. Hidoenerģētikas vēsture

Ūdens bija pirmais enerģijas avots, un ticams, ka pirmā mašīna, kura darbināta izmantojot ūdens plūsmas enerģiju, bijis primitīvs rats ar plāksnēm, uz kura slīpi no sāniem virzīta ūdens strūkļa. Jau vairāk nekā 2000 gadu atpakaļ kalnu iedzīvotāji Tuvajos Austrumos izmantojuši ūdens ratu, kas izskatījies kā vārpsta ar lāpstiņām. Šī iekārta būtībā bijusi šāda: upes vai straute tekošais ūdens, iedarbojoties uz lāpstiņām, pārnēsis uz tām savu kinētisko enerģiju, kā rezultātā lāpstiņas sākušas kustēties. Tā kā lāpstiņas bijušas cieši piestiprinātas pie vārpstas, tad arī vārpsta sākusī kustēties – griezties. Pie vārpstas bijis piestiprināts dzirnakmens, kas sastāvējis no diviem apaļiem, viens otram virsū novietotiem akmeņiem ar caurumu vidū. Griežoties, vārpsta iegriežusi augšējo dzirnakmeni, bet apakšējais palicis nekustīgs. Starp akmeņiem iebērtie graudi tādējādi tikuši samalti (saberzti). Šādi darbojušās pirmās „mehанизētās” dzirnavas graudu malšanai. Taču šādas dzirnavas varēja uzstādīt tikai kalnu rajonos, kur ir upes un strauti ar lielu plūsmas kritumu. Līdzenumu upēs ar lēnu plūsmu šādi ūdens rati ar horizontāli novietotām lāpstiņām ir maz efektīvi.

Vēlāk izmantoja Vitrūvija ūdensratu. (Marks Vitrūvijs Pollions (dzīvojis 1.gs. 2.pusē p.m.ē.) – romiešu arhitekts un inženieris, sarakstījis „Desmit grāmatas par arhitektūru”, no kurām vienā sējumā bijuši ūdensrata konstrukcijas rasējumi (Āboliņš, Jērāns, 1987), (Turner, 2000). Tas ir – vertikālu ratu ar lielām lāpstiņām un horizontālu vārpstu. Uz rata vārpstas cieši nostiprināts koka zobrats darbināja koka zobratu uz vertikālas vārpstas, uz kuras augstāk piestiprināts dzirnakmens.

Dažādas konstrukcijas koka ūdensratus izmanto vēl joprojām, piemēram, Nepālā tādu ir vairāk nekā 25 000, bet Indijā ap 200 000 (Nail, 2008).

Vēl gandrīz 1500 gadus pēc Romas impērijas sabrukuma ūdensrati kalpoja par galveno enerģijas ieguves avotu visiem iespējamajiem ražošanas procesiem Eiropā, aizstājot cilvēka fizisko darbu (Тельдеши, Лесны, 1981). Ierīces, kurās ūdens plūsmas enerģija tiek izmantota kāda darba veikšanai, sauc par ūdens vai hidrauliskajiem dzinējiem. Vienkāršākie un senākie no tiem ir iepriekšminētie ūdensrati. Izšķir ūdensratus ar ūdens pievadi no augšās, no apakšas un vidusdaļā.

Šādos ūdensratos vienlaikus tikai viena ūdensrata lāpstiņa var darboties perpendikulāri ūdens tecēšanas vai krišanas virzienam. Citas blakus lāpstiņas ar plūsmas

virzienu veido šaurākus leņķus, tādējādi saņemot mazāk enerģijas un pazeminot kopējo efektivitāti. Nav grūti saprast, kādā veidā to varētu paaugstināt – nepieciešams, lai vienlaikus visas lāpstiņas atrastos perpendikulāri ūdens tecēšanas virzienam. Šāds risinājums panākts mūsdienu hidroturbīnās, kurās lāpstiņu regulēšanai ir tāda sastāvdaļa kā vadaparāts.

Pirmo praktisko hidroturbīnu 1827. gadā izgudroja franču inženieris - mehāniķis Furneirons (*Benoit Fourneyron*, 1802. – 1867.). Izmantojot vienu no viņa bijušo skolotāju priekšlikumiem, Furneirons izveidoja jauna tipa ūdensratu, ko nosauca par „turbīnu” (atvasinājums no latīņu valodas vārda „vilciņš”).

Pēc Furneirona projekta, ūdens strūkļa plūst caur iekšēju kanālu ar radiālām, liektām plāksnēm pret ārēju ratu ar iedobtām lāpstiņām. Ūdens iedarbības rezultātā ārējais rats rotē, attīstot ap 85% no teorētiski iespējamās enerģijas. Furneirona ūdens turbīnas izgudrojums ātri ieguva vispārēju atzinību un to sāka plaši izmantot.

Furneirona turbīnai slēgtam ūdens pievada galam pievienota ūdens plūsmas sadalīšanas un virzītāja konstrukcija - nekustīgs rats ar izliektām plāksnītēm – lāpstiņām. Darba rata lāpstiņas veido radiālus kanālus. Ūdens kustība darba ratā notiek virzienā no centra uz āru, un ūdens strūkļa, nonākot sažņaugumā starp divām blakus lāpstām rada reaktīvu darbību. Furneirona turbīna tāpat ir radiāla turbīna ar reaktīvu ūdens strūkļa darbības principu. Furneirona turbīnā potenciālā enerģija pārveidojas kinētiskajā enerģijā vadaparātā un darba ratā. No darba rata vārpstas iegūto enerģiju ar vārpstas un zobratu starpniecību pārvada tālāk uz darba mašīnām.

Šajā jaunajā ūdensrata konstrukcijā pats rats bija novietots horizontāli, nevis vertikāli kā tradicionālajiem ūdensratiem. Iespējamā iegūstamā jauda sākotnēji bija 6 zirgspēki jeb 4,5 kW. Turpmākos gadus Furneirons strādāja pie turbīnas jaudas palielināšanas, līdz 1837. gadā viņa izgudrotā turbīna jau varēja sasniegt 60 zirgspēku jeb 45 kW lielu jaudu. Tā veica 2300 apgriezienus minūtē, sasniedza 80% efektivitāti un svēra tikai 40 mārciņas (apmēram 18,16 kg) (Craddock, 2008).

Furneirona pirmie sasniegumi lēta ūdens dzinēja izgudrošanā ierosināja arī citus izgudrotājus turpināt attīstīt šo ļoti nepieciešamo nozari.

1848. gadā amerikāņu inženieris – hidrotehniķis Džeimss B. Frensiss (*James Bicheron Francis*, 1815. – 1892.) uzlaboja iepriekš uzkonstruētās hidroturbīnas, līdz tās sasniedza 90% efektivitāti.

Frensiss izgudroja ūdens turbīnu ar divējādi izliektām darba lāpstiņām, kura pēc uzbūves un ūdens darbības veida atgādina apvērstu Furneirona turbīnu. Ūdens plūsma

no vadaparāta, kurās aptver darbratu no ārpusē, nonāk darba rata kanālos. Ūdens darba ratā ieplūst radiāli, bet starplāpstiņu kanālos pamazām (līdz ar lāpstiņu izliekumu) maina kustības virzienu un ātrumu un izplūst no darba rata jau aksiālā virzienā, izplūdē panākot reaktīvu paātrinājumu. Šāda tipa turbīnas tiek dēvētas par radiāli – aksiālām. Ūdens potenciālā enerģija pāriet kinētiskā formā, tālāk pārveidojas turbīnas darba rata griezes mehāniskajā enerģijā.

Jaunizgudrotā Frensisa turbīna nebija regulējama. Šī iemesla dēļ tā ilgāku laiku diemžēl palika bez sevišķas ievērības. Tomēr Amerikā tai cienītāju netrūka, jo prasības pēc lēta dzinējspēka rūpniecībā un lauksaimniecībā bija lielas, bet piemērotu hidraulisko dzinēju trūka. Pozitīva loma bija Finkam, kurš izgudroja regulējamu vadaparātu, kura lāpstiņas varēja grozīt. Vadaparāts sastāv no diviem pamatgredzeniem, starp kuriem iebūvētas plūdlīnijas formas lāpstiņas. Lāpstiņas ir pagriežamas ap savām asīm, līdz ar to regulējot vai noslēdzot ūdens caurplūdumu caur turbīnas darba ratu. Ar vadaparāta lāpstiņām nodrošināja ūdens uzplūdi darba rata lāpstiņām vēlamā virzienā – bez trieciena, un varēja izmainīt laukumu starp blakus lāpstiņām, tādejādi regulējot caurplūdumu un turbīnas jaudu.

Tā ir iekšupvērstas plūsmas reaktīvā turbīna, kas apvieno radiālo un aksiālo plūsmu koncepcijas. Frensiss ir radījis visu laiku visefektīvāko turbīnas konstrukciju, ko izmanto līdz pat mūsdienām. Šī tipa turbīnu, kas nosaukta par Frensisa turbīnu par godu tās izgudrotājam, ir mūsdienās visvairāk lietotā turbīna elektroenerģijas iegūšanai (Layton, 1992; Craddock, 2008).

1889. gadā amerikānis Lesters Alans Peltons (Lester Allan Pelton, 1829. – 1908.) patentēja savu izgudrojumu – jauna veida hidroturbīnu. Līdz šim laikam visas izgudrotās ūdens turbīnas bija reaktīvā tipa, tas ir, darbinātas izmantojot gan ūdens plūsmas kinētisko, gan potenciālo enerģiju. Peltona izgudrotā turbīna darbojās izmantojot tikai ūdens plūsmas kinētisko enerģiju, tāpēc tā ir aktīvā tipa turbīna. Šai turbīnai darba rats ir izveidots kā disks, gar kura apmali izvietoti kausiņi, tāpēc šo turbīnu mēdz dēvēt arī par kausiņu turbīnu. Peltona izgudrotā turbīna visvairāk piemērota lielām hidroelektrostacijām (Stern, 2008)

1912. gadā austriešu inženieris Viktors Kaplāns (*Viktor Kaplan*, 1876. – 1934.) nāca klajā ar savu izgudrojumu – Kaplāna turbīnu. Tā bija revolucionāra hidroturbīna, kas īpaši radīta, lai ražotu elektroenerģiju no lielām ūdens masām ar mērenu ūdens plūsmas kritumu. Tā ir aksiāla turbīna, kuras darba ratam ir no trim līdz sešām lāpstām, kuras var pagriezt pat turbīnas darbības laikā. 1912. un 1913. gadā Kaplāns saņēma 4

patentus šāda veida turbīnām. Visā pasaulē Kaplāna tipa turbīnas tiek izmantotas elektroenerģijas ražošanai (NHMEL, 1980).

Hidroelektrostacijā ūdens masa ar lielu ātrumu virzās uz turbīnas lāpstiņām. Ūdens tecēšanas ceļš ir šāds: no ūdenskrātuves caur aizsargrestēm, regulējamu aizvaru iekārtu un tērauda cauruļvadu uz hidroturbīnu. Pie turbīnas ir uzstādīts hidroģenerators. Ūdens plūsmas radītā mehāniskā enerģija ar turbīnas starpniecību pāriet uz ģeneratoru, kurā tā savukārt pārvēršas elektroenerģijā. Pēc „darba padarīšanas” ūdens caur pakāpeniski paplašinātu sūccauruli, kurā zaudē savu tecēšanas ātrumu, ieplūst atvadkanālā, pēc tam - atpakaļ upē.

Pasaulē pirmā hidroelektrostacija *The Vulcan Street Plant* sāka darboties 1882. gada 30. septembrī uz Foksrīveras upes Viskonsinsinā. Spēkstaciju uzcēla Apletonas papīra ražotājs H. J. Rodžers, kurš iedvesmojās no Tomasa Edisona plāniem par elektroenerģijas ražošanas staciju Ņujorkā. Hidroelektrostacijā uzstādītā ģenerators jauda bija 12,5 kW, ar ko pietika lai izgaismotu Rodžera māju un darbinātu un darbinātu 2 papīrfabrikas ēkas. (Kongresa bibliotēka).

1.2. Mazās hidroelektrostācijas Eiropas Savienības valstīs un pasaulē

Mazās hidroelektrostācijas piedāvā vienu no vispraktiskākajiem un ātri realizējamiem ceļiem atjaunojamo energoresursu izmantošanas izplatīšanai Eiropā, tajā pašā laikā palielinot eksportu un nostiprinot tehniski uzlaboto Eiropas mazo hidroelektrostaciju iekārtu industriju.

21. gadsimts pieredzēs vislielāko enerģijas patēriņa pieaugumu, kas būs cieši saistīts ar lielākas uzmanības pievēršanu vides problēmu risināšanai. Šajā kontekstā mazajām HES ir liels potenciāls nodrošināt enerģijas patēriņu, nelabvēlīgi ietekmējot vidi mazā apmērā. Eiropai ir vadošā pozīcija mazo HES sektorā ar labāko tehnoloģisko nodrošinājumu un tā ir lielākais instalētās jaudas un elektrības devējs pasaulē. Tomēr vēl pastāv tehniskas ekonomiskas problēmas, kas jāatrisina.

Ārpus Eiropas ir jaunas eksporta un tehnoloģiju pārdošanas iespējas, kas piedāvā labas izredzes ES valstu ražotājiem. Āzija, it īpaši Ķīna un Indija, var kļūt par hidroelektroenerģētikas līderi. Šajā reģionā ir labākie resursi un vislielākā nepieciešamība pēc energoresursiem, kā arī tās saņem lielu finansiālo atbalstu lauku

rajonu elektrifikācijai, kuru subsidē pēc valdības iniciatīvas. Jaunākie veicināšanas faktori Austrālijā un Jaunzēlandē fokusējas uz mazajām HES. Kanāda, valsts ar senām hidroelektroenerģijas izmantošanas tradīcijām, attīsta mazās HES kā aizvietotājas dārgajai no dīzeļdegvielas ģenerējošai enerģijas ražošanai tālās, pie tīkla nepieslēgtās apdzīvotās vietās. Tādiem reģioniem, kā Dienvidamerika un Āfrika arī piemīt liels hidroenerģētiskais potenciāls.

ES valstis plaši izvēršušas mazo HES tehnikas un tehnoloģijas eksportu uz jaunattīstības valstīm Āzijā un Āfrikā, kur tās galvenokārt izmanto kā lokālus strāvas avotus. Anglija mazās HES reklamē kā „relatīvi videi draudzīgas” alternatīvās enerģijas avotu. ASV veiktajā analīzē par hidroenerģētikas perspektīvām pasaulē atzīts, ka tā arī tuvākajā nākotnē turpināsies attīstīties, bet palēninātos tempos, jo daudzas lielās upes ir jau apgūtas, un tieši pret lielo upju aizsprostošanu ir vislielākie vides speciālistu un sabiedrības iebildumi. ASV mazās HES tiek celtas vietējai energoapgādei izolētos kalnu rajonos. Tiek izstrādāti HES projekti bez upes aizsprostošanas, izmantojot tā saucamās straumes turbīnas.

Kā redzams 1. tabulā, tad četras pasaules valsts – Kanāda, Brazīlija, Norvēģija un Venecuēla lielāko daļu (vairāk nekā 50%) elektroenerģijas saražo hidroelektrostacijās.

1. tabula

Valstis ar vislielāko saražoto hidroelektrisko jaudu 2009.gadā (Nair, 2010)

Valsts	Saražotā hidroelektroenerģija (TWh gadā)	Uzstādītā jauda (GW)	Procenti no visas saražotās elektroenerģijas
 Kīna	652,05	196,790	22,25
 Kanāda	369,50	88,974	61,12
 Brazīlija	363,80	69,080	85,56
 ASV	250,60	79,511	5,74
 Krievija	167,00	45,000	17,64
 Norvēģija	140,50	27,528	98,25
 Indija	115,60	33,600	15,80
 Venecuēla	85,96	14,622	69,20
 Japāna	69,20	27,229	7,21
 Zviedrija	65,50	16,209	44,34

Daudzas valstis veiksmīgi izmanto savu hidroenerģijas potenciālu. Ņemot vērā uzstādītās jaudas un saražoto elektroenerģijas daudzumu, hidroelektrostācijas ieņem galveno lomu atjaunojamo energoresursu izmantojošo tehnoloģiju vidū gan Eiropā, gan pasaulē. Liela daļa no hidroelektrostacijām ir ar jaudu mazāku par 10 MW. Eiropā ir

vairāk nekā 17 400 mazo HES. 22% no pasaulē saražotās elektroenerģijas iegūst hidroelektrostacijās.

Skatoties uz nākotni, var minēt vairākus nozīmīgus iemeslus, kuru dēļ ir vērts atbalstīt mazās hidroelektrostacijas:

- naftas un dabas gāzes krājumu izsmelšana novedīs termoelektrostacijas pie lielākām ražošanas izmaksām;
- kompensējot termoelektroenerģijas ražošanu, mazās hidroelektrostacijas ir vadošā tehnoloģija ogļskābās gāzes noplūdes samazināšanai - iesākot oglekļa tirdzniecību, termoelektrostacijas kļūs vēl dārgākas;
- liela sprieguma tiešā strāvas transmisija lielos attālumos kļūst lētāka un elektrības tīkli tiek apvienoti un pieaug;
- iedzīvotāju pieaugums pasaulē, it īpaši attīstības valstīs, pieprasīs atbilstošu apūdeņošanas un ūdens apgādes infrastruktūru; hidroelektrostaciju pievienošana šādam projektam ir ekonomiska un tā neatstātu lielu negatīvu ietekmi uz vidi vai sabiedrību;
- tiek uzskatīts, ka daļā no ilgtermiņa izmaiņām enerģijas sektorā, ūdeņradis kļūs par nākotnes kurināmo, hidroelektrostacijas var arī kļūt par vienu no galvenajiem oglekli nesaturošajiem, finansiāli dzīvotspējīgajiem ūdeņraža ražotājiem.

Kopējais ieguldījums no mazajām HES Eiropas Savienības dalībvalstīs varētu sasniegt 60 TWh laika posmā no 2020. līdz 2030. gadam, ja ekonomiskā situācija ražotājiem ilgtermiņā uzlabosies un ietekme uz vidi samazināsies. Tas nozīmē, ka, ja tiek ņemts vērā tehniskais potenciāls un visi iespējamie negatīvie faktori izsvītroti, tad mazo HES ieguldījums Eiropas Savienības dalībvalstīs var dubultoties līdz 9615 MW, bet valstīs kas nav Eiropas Savienībā, tas varētu sasniegt pat 4650MW galvenokārt pateicoties hidroenerģijas potenciālam Norvēģijā un Šveicē (Barnes, 2012).

Ārpus Eiropas jaunas iespējas ir eksportam tehnoloģiju pilnveidošanā, kas piedāvā labas izredzes Eiropas Savienības ražotājiem. Gan ekonomiskā attīstība, gan arī nepārtraukti pieaugošais enerģijas pieprasījums, neapšaubāmi, veicinās hidroenerģijas izmantošanas progresu.

1.3. Ūdens enerģijas izmantošanas vēsture Latvijā

Ūdensdzirnavas ir vieni no pirmajiem mehānismiem tehnikas attīstības vēsturē, kuru darbināšanai cilvēks izmantoja tikai un vienīgi dabas spēkus (ūdeni). Ūdensspēka izmantošana Latvijā attīstījās pakāpeniski, bet pēdējos divos - trijos gadsimtos straujāk - sākumā graudu malšanai, kokapstrādei, vilnas apstrādāšanai, papīra un kartona ražošanai u.c., vēlāk arī hidroenerģijas ražošanai.

Latvijā ūdensdzirnavas ir pazīstamas jau kopš 13. gadsimta sākuma. par to liecina pirmās rakstītās ziņas par ūdensdzirnavām, kas atrodamas 1226. gada dokumentos no Zobenbrāļu ordeņa, Livonijas bīskapa un Rīga pilsētas robežstrīdiem (MHEA, 2008). Šajos dokumentos minētas Daugavgrīvas klostera dzirnavas. Klostera izbūve tika pabeigta 1211. gadā, jādoma, ka arī šīs dzirnavas uzceltas tajā pat laikā. Līdz mūsu dienām tās nav saglabājušās. Latvijā pirmās dzirnavas bija cietokšņa tipa celtnes, lai nodrošinātos pret ienaidnieku uzbrukumiem.

19. gadsimta beigās Latvijā bija vairāk nekā 700 ūdensdzirnavas (MHEA, 2008). Nozīmīgas ir senās ūdensdzirnavas ar dzirnavu dīķiem, kur uzkrāja malšanai nepieciešamo ūdeni. Dzirnavu dīķos bieži audzēja karpas un citas zivis, kā arī ūdensputnus. Lielajās dzirnavās, kurās bija arī gateri, dīķi kalpoja kā zāgējamo baļķu glabātuve, mērcētava (ozoliem) un arī kā transportēšanas ceļš. sākotnēji ūdensdzirnavu mehānismus darbināja ar koka ūdensratu palīdzību, bet kopš 19. gadsimta beigām Latvijā sāka izplatīties Frensis turbīnas. Ar uzlabojumiem Frensis turbīnas izmanto arī mūsdienās.

Elektrības ražošana, izmantojot ūdens enerģiju, Latvijas teritorijā sākās 19. gadsimta pēdējā ceturksnī. 1876. gadā sāka elektroenerģijas ražošana Billes voiloka fabrikā pie Amatas, bet 1878. gadā - Šablovskā papīrfabrikā (Augstpriedēs) pie Mazās Juglas. 1901. gadā pirmais Pauls Līvens - Smiltenes muižas īpašnieks - uzcēla pirmo spēkstaciju izmantojot agrāk uzstādīnātā Tepera ezera ūdeni. Ūdeni turbīnai, kura atradās ēkā Abula upes kreisajā krastā, pievadīja pa 0,8 km garu pievadkanālu. Kritums bija 12 m, 60 kW jaudas turbīna darbināja 40 kW jaudas līdzstrāvas ģeneratoru. Elektrostacija nedeļa gaidītos rezultātus. 1913. gada pavasarī, ar pirma Līvena līdzdalību, sāka un rudenī pabeidza Smiltenes jaunās hidroelektrostacijas būvi, kas bija viena no modernākajām HES tā laika Eiropā. Jaunuzceltajā spēkstacijā, kuras kritums bija 15 m, uzstādīja 80 kW jaudas Frensis turbīnu spirālkamerā un 60 kW jaudas ģeneratoru.

Mazajām hidroelektrostacijām bija īpaša loma Latvijas elektrifikācijas aizsākšanā un vietējo elektrotīklu izveidē. To būvniecība vērsās plašumā un 1926. gada beigās jau darbojās 26 HES ar uzstādīto turbīnu kopjaudu 1,5 MW un ģeneratoru kopjaudu 1,26 MW. Turbīnu rūpnīca *Ferdinand Meyer un Co* savu darbību Rīgā uzsāka 19. gadsimta beigās. 20. gadsimta 30-tajos gados šī rūpnīca saucās *Waldispühl*. Līdzās citiem izstrādājumiem, viens no galvenajiem produkcijas veidiem bija Frensisa turbīnas plašā caurplūdumu, kritumu un jaudas diapazonā. Ražoto turbīnu lietderības koeficients bija robežās no 0,7 līdz 0,79. Caurplūdumu caur turbīnām, un līdz ar to turbīnas attīstīto jaudu, regulēja, pieverot vadaparāta lāpstiņas ar īpašu iekārtu (MHEA, 2008).

Latvijas hidroenerģētisko resursu analīze un potenciālās iespējas pirmoreiz tika izvērtētas 1931. gadā. To veica Nacionālā spēku komiteja. Iespējamā hidroresursu jauda vidējās upēm tika noteikta 52,4 MW, bet mazām upēm - 19,4 MW. Pakāpeniski Latvijā tika apgūtas ar enerģētisko potenciālu bagātākas mazās un vidējās upes - Mazā Jugla, Vaidava, Amata, Brasla, Aiviekste. Tobrīd lielākās bija Dobelnieku HES (215 kW) un Grūbes HES (210 kW). Abas šīs HES ir atjaunotas un turpina izmantot ūdens spēku elektroenerģijas ražošanai ar modernām Kaplāna turbīnām.

Līdz 20. gadsimta trīsdesmito gadu beigām Latvijas ūdensdzirnavās masveidā tika uzstādītas vertikālās vai horizontālās Frensisa (radiāli aksiālās) hidroturbīnas ar visai plaša darba rata diametru diapazonu (no 0,3 līdz 2,4 m). Pie tam viena diametra darba ratam bija trīs modifikācijas – ar dažāda augstuma vadaparātiem, tātad caurplūdumiem un jaudām. Tradicionāli turbīnas uzstādīja atklātā kamerā, kurā ūdens pa pievadkanālu ieplūda no augšbjefa. Pāri teknei visbiežāk bija tilts. Nelieliem kritumiem visbiežāk uzstādīja vertikālās turbīnas ar izteikti īsu vertikālu sūccauruli. Lielākiem kritumiem – turbīnas ar horizontālu vārpstu. Ūdensdzirnavās un mazajās HES visbiežāk uzstādīja divas, retāk trīs hidroturbīnas. Pie kam, uzstādot divas turbīnas, tās dažkārt bija ar dažāda diametra darbratiem un jaudām. Hidroturbīnas uzstādīja atsevišķā betona konstrukcijas kamerā, jo agrāko ūdensratu telpas nebija tam īsti piemērotas. Jo mazāks bija kritums un lielāks upes sateces baseins, jo lielāka diametra turbīnas uzstādīja. Ne mazāk svarīgs bija arī spēka pārvadu jautājums, bieži tika uzstādīti zobratu pārvadi.

Daudzās ūdensdzirnavās ražoja arī elektrību, galvenokārt apgaismošanai. Pēc Latvijas dzirnavu saraksta 1938. gada 1. jūlija datiem, Latvijā darbojās 666 dzirnavas (VZB, 1938). Faktiskai to skaits tomēr bija nedaudz lielāks.

Latvijas hidroenerģētisko resursu analīze un potenciālās iespējas otro reizi tika izvērtētas 1947. - 1949. gadā. Šo apjomīgo darbu veica PSRS Lauksaimniecības

ministrijas Lauksaimniecības elektrifikācijas pārvaldes Latvijas PSR republikāniskā kantora „Latseļelektro” speciālistu grupa. Tika apsekotas mazās hidroelektrostacijas un ūdensdzirnavas visos Latvijas apriņķos un katram apriņķis izstrādāts savs sējums ar datiem par ikvienu objektu. Tās darba rezultāti apkopoti daudzos sējumos zem kopēja virsraksta „Latvijas PSR lauksaimniecības elektrifikācijas shēma izmantojot vietējos energoresursus”. 3. nodaļā „Energoapgādes avoti” apkopoti materiāli par hidroresursiem. Materiālos apkopoti dati par ikvienu apsekoto objektu astoņu upju (Salacas, Gaujas, Daugavas, Lielupes, Ventas, Rīgas līča, Baltijas jūras un Somu jūras līča) baseinos esošajiem objektiem gadiem ar 50 % un 75 % nodrošinājumu.

Pēc kantora „Latseļelektro” ziņām 1949. gadā Latvijā darbojās 60 mazās HES ar kopējo uzstādīto turbīnu jaudu 5,4 MW un ģeneratoru kopjaudu 4,0 MW. Pēckara periodā līdz 1960. gadam tika izbūvētas 20 mazās lauku hidroelektrostacijas ar kopējo uzstādīt jaudu 5,84 MW. Turbīnas tajā laikā ražoja Rīgā, Turbomehāniskajā rūpnīcā (vēlāk - Rīgas ķīmiskās mašīnbūves rūpnīcā) (MHEA, 2008).

60. gadu vidū un 70. gadu sākumā attīstījās lielo elektrostaciju un elektropārvades līniju būvniecība. Mazo HES darbs kļuva nerentabls un laikā no 1963. līdz 1977. gadam visas mazās HES tika likvidētas. Arī tās mazās HES, kuras darbojās efektīvi. Iekārtas tika demontētas, nodotas lūžņos, ēkas un būves nodotas dažādu reizēm neatbilstošu organizāciju aprūpē. Līdzīgs liktenis bija jāpārdzīvo daudzajām ūdensdzirnavām. Tā, līdz minimumam sarūkot galvenajam darba veidam - miltu malšanai, savu darbību nācās pārtraukt arī daudzajām, Latvijas ainavu veidojošajām, skaistajām ūdensdzirnavām. Aizauga ceļi uz dzirnavām, sabruka tilti un slūžas, palu straumes dažviet pārrāva veco dzirnavu aizsprostus, ar krūmiem aizauga skaistie un koptie dzirnavu dīķi un ūdenskrātuves. Padomju laikos aizgāja postā daudzas zinošu meistarību vadībā celtās dzirnavu būves un aizsprosti, kas bija izturējuši un darbojušies vairākus gadsimtus.

Līdz ar Latvijas valstiskās neatkarības atgūšanu un privātīpašuma tiesību atjaunošanu 90. gadu sākumā, mazās HES pārsvarā sāka atjaunot agrāko ūdensdzirnavu vietās, no kurām daudzās to apmeklētājus priecē sakārtotā apkārtējā vide, atjaunotās un arī citiem mērķiem izmantotās dzirnavu ēkas un būves. Tādējādi daļa no agrākajām ūdensdzirnavām, kaut pagaidām skaitā neliela, atkal izmanto Latvijas upju ūdens spēku un palielina pašu zemē saražoto enerģijas daļu, stiprinot valsts neatkarību, nepiesārņojot vidi, izmantojot neizsīkstošus atjaunojamus enerģijas avotus.

Agrākajās ūdensdzirnavās ir ierīkotas 94 mazās HES, atjaunotas 27 bijušās mazās HES, pie agrāk izbūvētiem aizsprostiem - 16, izbūvētas jaunā vietā - 12. 1992. gada beigās darbību uzsāka Brutuļu HES uz Abulas Valkas rajonā, kas bija pirmā no atjaunotajām hidroelektrostacijām (MHEA, 2008).

1998. gada beigās Latvijā darbojās 35 mazās hidroelektrostacijas. Ūdeņiem bagātajā 1998. gadā mazās HES saražoja 14 miljonus kWh elektroenerģijas, kas veidoja 0,23% no valstī patērētās. 1999. gada beigās darbojas jau 55 mazās HES, bet 2001. gada beigās to skaits sasniedza 149 stacijas. 2010. gadā 143 mazās HES saražoja 70 milj. kWh elektroenerģijas, kas ir nedaudz mazāk par 1% no Latvijā kopā patērētās elektroenerģijas.

1999. gadā tika nodibināta Mazās hidroenerģētikas asociācija, kuras mērķis ir sekmēt mazo un vidējo upju ūdens enerģijas izmantošanu Latvijā, lietderīgi izmantojot asociācijas biedru un pieaicināto speciālistu zināšanas, pieredzi un informāciju.

1.4. Latvijas upes, to hidroenerģētiskais potenciāls

Upes - ūdensteces, kas plūst pašu iegrauzās gultnēs un savāc virszemes un pazemes noteces ūdeņus no sava baseina. Upes parasti tek pa ielejām, kuras gultne ir viszemākā daļa; pastāvot augstam ūdens līmenis, applūst arī palienas jeb palu terases.

Pēc oficiāliem datiem Latvijas upju kopskaits ir 12 tūkstoši (Āboliņš, Jērāns, 1981-1988; MHEA, 2008). Lielākā daļa no tām ir nelielas upes. Tikai 17 upes ir garākas par 100 km, 50 upes ir garākas par 50 km, no 20-50 km garas ir 209 upes, 10-20 km garas ir 500 upes un pārējās upes ir īsākas par 10 kilometriem (Avotiņš, Goba, 1993). Pēdējo sīko upīšu precīzu kopskaitu neviens speciālists mūsu republikā nepateiks, jo nav bijusi to inventarizācija, bez tam daļai no tām notece ir tikai slapjajos gadalaikos. Daudzas sīkās ūdensteces ir pārraktas, ievadītas slēgtajā drenāžas sistēmā, pārtapušas par novadgrāvjiem. Ir strauti, kuru gultnes aizpilda dīķi un ūdenskrātuves, un ir tādi, kuru vietā viļņojas auglīgas druvas.

Kopējais upju garums, ieskaitot arī pašas mazākās upes, ir 37 599 km. Kopā ar grāvjiem hidrogrāfiskā tīkla kopgarums pārsniedz 100 tūkstošus kilometru (Kavacs, 1998).

Upi raksturo četri galvenie rādītāji: garums, kritums, sateces baseina lielums un gada noteces apjoms. Daudzas Latvijas upes sākas ārpus Latvijas teritorijas, tāpēc tām

upēm upju garumu sadala: 1) upes kopgarumā un 2) upes garumā Latvijas teritorijā. Kritums ir upes iztekas un ietekas ūdens virsas augstuma starpība (pilns kritums) un arī augstumu starpība starp diviem punktiem kādā upes posmā. Krituma lielums raksturo ūdens plūsmas potenciālo enerģiju.

Upes sateces baseina lielums nosaka upes ūdenīgumu - jo lielāks sateces baseins, jo vairāk ūdeņu upe izvada. Noteces lielums un režīms ir atkarīgs no nokrišņu un iztvaikošanas daudzuma un režīma, reljefa, ģeoloģiskās uzbūves, augsnes un veģetācijas struktūras, ezeru un purvu daudzuma attiecīgajā teritorijā (sateces baseinā). Latvijas upju gada vidējā notece ir aptuveni 35 km^3 , no tiem $15,8 \text{ km}^3$ veidojas Latvijas teritorijā, bet $19,4 \text{ km}^3$ ūdens gadā Latvijas upes saņem no kaimiņvalstīm (Kavacs, 1998). Sateces baseina klimats, reljefs, ģeoloģiskā uzbūve un zemes izmantošana ietekmē upes ūdenīgumu, tā izmaiņas gada griezumā, ledus segas veidošanos, palus un to biežumu. atvijas upēm ir jaukta ūdens pieplūde: sniega kušanas, lietus un pazemes ūdeņu. Latvijas upēm kopumā raksturīgi pavasara pali, kas saistīti ar sniega kušanas ūdeņiem. Vasarā un dažkārt arī ziemā mazūdens periodā upes saņem ūdeni galvenokārt no pazemes ūdeņiem. Ziemas sezonā upes parasti aizsalst. Stabila ledus sega izveidojas Zemgales, Vidzemes un Latgales upēm. Kurzemes upēs var arī stabila ledus sega neizveidoties vai arī veidoties vairakkārt, kas izraisa ziemas sezonā palus.

Atbilstoši nevienmērīgajam relatīvajam kritumam Latvijas upēs ir gan lēnas, gan straujas vietas. Straumes ātrums ir faktors, kas ietekmē dzīvesvietu upē mītošajiem augiem un dzīvniekiem. Gandrīz katrā upē vērojamas pārejas no strauju posmu biocenozēm uz lēni tekošu posmu biocenozēm, tomēr Latvijā dominē lēni tekošas upes un upju posmi. Straujajos posmos straume izskalo organiskās nogulsnes; grunts tajos sastāv no rupjas smilts, grants un akmeņiem. Lēnajos posmos organiskās daļiņas un atmirušie augi nogulsnējas uz gultnes, veidojot detritu un dūņas. Jo daudzveidīgāki ir vides apstākļi upē un atšķirīgākas dzīvesvietas - biotopi, jo daudzveidīgāki ir upē sastopamie organismi.

No aptuveni 70 Latvijas upes sastopamajām zivju sugām upes un strautos kopumā mīt ap 25 zivju un 2 apaļmutnieku (nēģu) sugu (Urtāns, Urtāne, 1997). Tīrās un nepiesārņotās - dabiskās upēs - tādās, kas nav meliorētas un ir pietiekami avotainas, parasti uzturas straute forele, bārdainais akmeņgrauzis, mailīte, alata, vēdzele, retāk straute pavīķe. Nārsta laikā šajās upītēs no jūras var ieceļot arī lasis un vimba. Lielajās, straujajās upes mājā sapals, ālants, baltais sapals, grundulis, vīķe, dažreiz arī vēdzele un ķīsis. Dziļākās vietās, kur straume mazāka, var sastapt līdaku, asari, raudu, plici un ķīsi.

Atsevišķos, ar ūdens augiem bagātos ličos un dzirnavu dīķos sastopams līnis. Sevišķi liela zivju daudzveidība ir upju lejtecēs, it īpaši, ja upe ietek jūrā. Te uzturas daudzas tā saucamās pārceļotājzivis - stagari, salakas, zandarti. Upju lejtecēs tie regulāri ieceļo nārsta laikā, pēc tam atkal atgriežas jūrā. Īstās caurceļotājzivis - laši, taimiņi un vimbas - upē sastopamas tikai īsu brīdi, un pēc tam, kad tās iznārstojušas atgriežas atpakaļ jūrā.

Atbilstoši starptautiskajiem kritērijiem, ņemot vērā ūdeņu biotisko raksturojumu, upes (arī ezeri) tiek iedalītas lašu ūdeņos un karpu ūdeņos. Upju skaits, kurās ir lašu ūdeņiem atbilstoša ūdens kvalitāte, Latvijā ir ap 80, taču, ja tiktu izpildītās noteiktās prasības notekūdeņu ievadīšanai, to skaits varētu būt ap 370 (Kavacs, 1998).

Saskaņā ar Ministru kabineta noteikumiem Nr. 118 „Noteikumi par virszemes un pazemes ūdeņu kvalitāti”, Latvijā noteikti prioritārie lašveidīgo un karpveidīgo zivju ūdeņi. Prioritārie zivju ūdeņi aptver zivju eksistencei un to krājumu dabiskai atražošanai nozīmīgas upes vai upju posmus, ka arī ezerus, kuros nepieciešams veikt ūdens aizsardzības vai ūdens kvalitātes uzlabošanas pasākumus. Kā prioritāri ir noteiktas 123 upes vai atsevišķi to posmi (70 lašveidīgo zivju ūdens objekti, 53 karpveidīgo zivju ūdens objekti). Lašveidīgo zivju ūdeņi ir piemēroti lašu (*Salmo salar*), taimiņu un strauta foreļu (*Salmo trutta*), alatu (*Thymallus thymallus*) un sīgu (*Coregonus*) eksistencei, savukārt karpveidīgo zivju ūdeņi ir piemēroti karpu dzimtas (*Cyprinidae*) zivju, līdaku (*Esox lucius*), asaru (*Perca fluviatilis*) un zušu (*Anguilla anguilla*) eksistencei.

Latvijas upēm ir liela nozīme cilvēku dzīvē. Parasti daudzu upju krastus cilvēki, pateicoties pievilcīgai ainavai, izvēlējušies mājokļu ierīkošanai. Mazās upes ir iecienījuši ūdens tūristi, makšķernieki un citi dabas baudītāji. Tautsaimniecībā upes izmanto galvenokārt hidroenerģijas ražošanai, ūdensapgādei un notekūdeņu novadīšanai. Hidroenergoresursu galvenais trūkums ir to atkarība no hidrometerioloģiskajiem apstākļiem. Ūdeņiem bagātā gadā iegūtās enerģijas daudzums var gandrīz divkārt pārsniegt ikgadējo vidējās iegūtās enerģijas daudzumu, bet sausā gadā tas var būt tikai apmēram puse no ikgadējā vidējā lieluma. Vēl lielākas ir iegūstamās enerģijas sezonālās svārstības.

Aprēķinātā upju vidējā notece ir 15,8 km³ gadā. Caur mūsu valsts teritoriju pa Daugavu, Ventu, Gauju, Mūsu, Mēmeli, Salacu un Bārtu jūrā ieplūst 19,4 km³ ūdens gadā kā tranzītnotece no kaimiņvalstīm. Tātad kopumā caur Latvijas upēm jūrā ieplūst 35,2 km³ ūdens gadā (Silķe, Strūbergs, 1999).

Pārskats par Latvijas upju hidroenerģētisko potenciālu sniegts 2. tabulā.

2. tabula

**Latvijas upju teorētiski iespējamais hidroenerģētiskais potenciāls, TWh
(Silke, Strūbergs, 1999)**

Vidēja gada kopējais noteces tilpums 35,2 km ³			
Vietējās noteces tilpums 15,8 km ³ (44,9%)		Tranzītnoteces tilpums 19,4 km ³ (55,1%)	
Teorētiski iespējamais hidroenerģētiskais potenciāls 3,07		Teorētiski iespējamais hidroenerģētiskais potenciāls 3,89	
Tehniski iespējams apgūt 1,84		Tehniski iespējams apgūt 3,70	
Vidējām un mazām upēm 0,97	Daugavas vidējai notecei 0,87	Daugavas tranzītnotecei 3,51	Vidējām un mazajām upēm 0,19
Kopējais vidējo un mazo upju teorētiski iespējamais hidroenerģētiskais potenciāls 1,16			
Ventas, Lielupes un Gaujas neizmantojamā daļa 0,26		Vidējo un mazo upju izmantojamā daļa 0,90	

Aprēķinot teorētiski iespējamo vietējās upju noteces hidroenerģētisko potenciālu, pieņemts, ka noteces tilpums no katras aprēķina vērtības, krītot līdz jūras līmenim, tiek pārvērsts elektroenerģijā. Hidroagregātu vidējais lietderības koeficients šeit noteikts $\eta_a=0,807$.

Pasaules prakse liecina, ka tehniski iespējams apgūt 60% no vietējās un 95% no tranzītnoteces hidroenerģētiskajiem resursiem un potenciālās ūdensteču jaudas. Tādējādi tehniski apgūstamais hidroenerģētiskais potenciāls sastāda $E_{\text{tehn}}=5,54$ TWh, t.sk. vietējās noteces - 1,84 TWh, tranzītnoteces - 3,70 TWh.

Lielās upes pēc starptautiskiem kritērijiem Latvijā reprezentē tikai viena upe - Daugava, kuras devums mūsu valsts hidroenerģētiskos resursos ir gandrīz 80%. Daugavas hidroenerģētiskais potenciāls $E_{\text{tehn}}=4,28$ TWh.

Tuvākajā laikā hidroenerģētikai netiks izmantota Venta, Lielupe un Gaujas lejtece (no Valmieras līdz ietekai jūrā). līdz ar to vidējo un mazo upju hidroenerģētisko resursu izmantojamā daļa sastāda $E_{\text{tehn}}=0,90$ TWh.

Hidroenerģētisko potenciālu kilovatstundās izdalot ar vidējo gada stundu skaitu (8766), iegūst vidējo jaudu, kādu hidroagregāti attīstītu darbojoties nepārtraukti. Vidējās jaudas rādītāji sniegti 3. tabulā.

3. tabula

Latvijas upju potenciālā vidējā jauda, MW (Silķe, Strūbergs, 1999)

Vidēja gada kopējais noteces tilpums 35,2 km ³			
Vietējās noteces tilpums 15,8 km ³ (44,9%)		Tranzītnoteces tilpums 19,4 km ³ (55,1%)	
Teorētiski iespējamais hidroenerģētiskais potenciāls 350,2		Teorētiski iespējamais hidroenerģētiskais potenciāls 443,8	
Tehniski iespējams apgūt 210,2		Tehniski iespējams apgūt 421,8	
Vidējām un mazām upēm 110,9	Daugavas vidējai notecei 99,3	Daugavas tranzītnotecei 400,4	Vidējām un mazajām upēm 21,4
Kopējais vidējo un mazo upju teorētiski iespējamais hidroenerģētiskais potenciāls 132,3			
Ventas, Lielupes un Gaujas neizmantojamā daļa 29,6		Vidējo un mazo upju izmantojamā daļa 102,7	

Uzskata, ka ekonomiski atmaksājas apgūt aptuveni pusi no tehniski apgūstamajiem hidroenerģētiskajiem resursiem. Savukārt, praktiski apgūstama arī ir tikai aptuveni puse no ekonomiski apgūstamiem resursiem, jo jāņem vērā dažādi ierobežojumi no dabas aizsardzības (rezervāti, dabas parki, liegumi u.tml.), zivsaimniecības (zivju migrācija, nārstošanas vietas) u.c. aspektiem, kas dažkārt neatļauj ūdenskrātuvē pat atjaunot agrāko ūdens līmeni, nemaz nerunājot par iespējām to vēl nedaudz paaugstināt.

Ņemot vērā visu augšminēto, aprēķināts, ka praktiski apgūstamie vidējo un mazo upju hidroenerģētiskie resursi varētu būt robežās $E_{\text{prakt}}=0,25-0,30$ TWh un, atbilstoši, $N_{\text{prakt}}=30-35$ MW. Tā kā elektroenerģijas kopējais patēriņš pēdējos gados Latvijā nostabilizējies 7 līdz 8 TWh robežās, no kura lielajās hidroelektrostacijās vidēji gadā saražo ap 3,0 TWh, tad mazās HES uz mazajām un vidējām upēm varētu saražot ap 3,5% no kopējā elektroenerģijas patēriņa vai ap 8 % no lielajās hidroelektrostacijās saražotās elektroenerģijas daudzuma.

Latvijā 151 mazās HES uzbūvētas vai atjaunotas uz 96 upēm. 2012.g. sākumā saimniecisko darbību veic tikai 144 mazās HES. Hidroelektrostacijām „bagātākā” ir Latvijas garākā upe Gauja - uz tās ir deviņas mazās HES (upes augšgala posmā), pa piecām mazām HES ir uz Abula un Dubnas, bet pa četrām uz Bērzes un Dienvidsusējas.

1.5. Hidroelektrostaciju raksturojums

HES ietilpst to celtnu kopums, kas rada spiedienu, pievada un novada ūdeni no hidroturbīnas, un stacijas ēkas ar elektrisko un tehnisko iekārtu.

Atkarībā no spiediena koncentrēšanas (radīšanas) veida izšķir trīs galvenos hidroelektrostaciju tipus (Paish, 2006):

- 1) aizsprosta HES, kad līmeņu starpību pa vertikāli jeb spiediena augstumu rada, izveidojot aizsprostu;
- 2) derivācijas HES, kad spiediena augstumu iegūst galvenokārt ar derivācijas kanālu, tuneli vai cauruļvadu;
- 3) aizsprosta - derivācijas HES, kad spiedienu rada gan ar aizsprostu, gan arī ar derivācijas iekārtu.

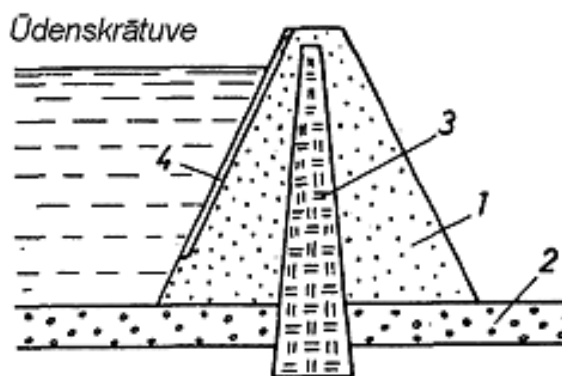
1.5.1. Aizsprosta hidroelektrostacijas

Aizsprosta hidroelektrostacijas galvenokārt būvē līdzenumu upēs. Pirms aizsprosta izveidojas liela ūdenskrātuve, kuras ūdens krājumus izmanto diennakts (ļoti bieži), mēneša vai pat sezonas caurplūdumu regulēšanai.

Spiediena augstums, ko rada aizsprosts, parasti nepārsniedz 40 - 50 m, kaut gan piemērotos topogrāfiskos apstākļos ir uzcelti aizsprosti, kas rada 170 m un pat 310 m lielus spiediena augstumus (Dursun, Gokcol, 2011).

Aizsprosta HES galvenais un arī pats dārgākais mezgls ir aizsprosts. Pēc palu ūdens vai ledus pārlaišanas īpatnībām no augšbjefa uz lejas bjefu izšķir šādus aizsprostus: *ūdeni nepārlaidoši* (ciešie) aizsprosti; *ūdens pārgāznes* aizsprosti — liekais ūdens pārlīst pār aizsprosta virsotni; *aizvaru* aizsprosti — ūdeni var izlaist, atverot aizvarus.

Spiediena augstumiem līdz 100 m aizsprosta ķermeni veido zemes (grunts) uzbērums, kam pa vidu visā aizsprosta garumā ievietots ekrāns filtrācijas ūdens samazināšanai no augšbjefa (ūdenskrātuves) caur aizsprosta ķermeni (skat. 1. att.). Aizsprosta ķermeni var uzbēt no jebkuras grunts, kas nesatur ievērojami daudz organisko piemaisījumu un ūdenī šķīstošu sāļu. Mūsdienās plaši pielieto aizsprosta ķermeņa uzskalošanu ar hidromehānizācijas metodi.



1. att. Zemes aizsprosta šķērsriezuma shēma

1 - aizsprosta ķermenis; 2 - ūdeni caurlaidīgais slānis; 3 - ekrāns; 4 - grantsakmeņu aizsargslānis.

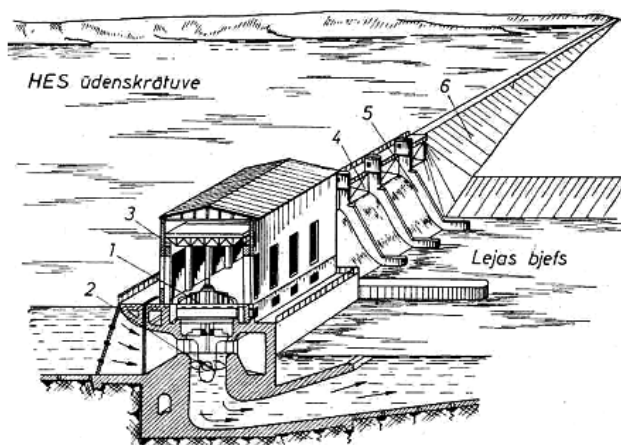
Avots: Meļņikovs, 2006

Ekrānu parasti izveido no plastiska māla, plānas dzelzsbetona diafragmas vai polietilēna plēves. To ievieto visā aizsprosta augstumā līdz pat ūdens caurlaidīgā slāņa beigām. Pa aizsprosta virsotni parasti ierīko braucamo ceļu.

Lielas un vidējas jaudas HES bieži būvē betona un akmeņu bēruma aizsprostus. Arī tajos izveido sistēmas, kas ierobežo ūdens filtrāciju. Betona aizsprosta visā garumā ierīko apskates galerijas aizsprosta stāvokļa kontrolēšanai. Aizsprosta ķermenī izveidotās hidrotehniskās iekārtas vienmēr izbūvē no dzelzsbetona.

Aizsprosta HES celtnēm var būt dažāds izvietojums, tāpēc tās iedala *gultnes (jeb aizsprosta)* HES un *pieaizsprosta* HES.

Gultnes HES ēka ir novietota viena upes krasta tuvumā kā tieša aizsprosta sastāvdaļa, un tā uzņem visu ūdens spiedienu no augšbjefa puses (skat. 2. att.). Kā redzams HES panorāmas attēlā, šķērsām upes gultnei ir izbūvēts zemes aizsprosts un aizvaru betona aizsprosts. Liekā palu ūdens un ledus izlaišanai HES lejas bjefā betona aizsprosta ķermenī ir iebūvēti plakanie aizvari, kas normālā HES ekspluatācijas periodā parasti ir aizvērti. Visizplatītākie ir plakanie un segmenta aizvari. Aizvarus izgatavo no kniedētām metāla plāksņu konstrukcijām.



2. att. Gultnes jeb aizsprosta HES panorāma

1 - hidroģenerators; 2 - hidroturbīna; 3 - HES mašīnu zāles ēka; 4 - plakanie aizvari; 5 - aizvaru betona aizsprosts; 6 - zemes aizsprosts

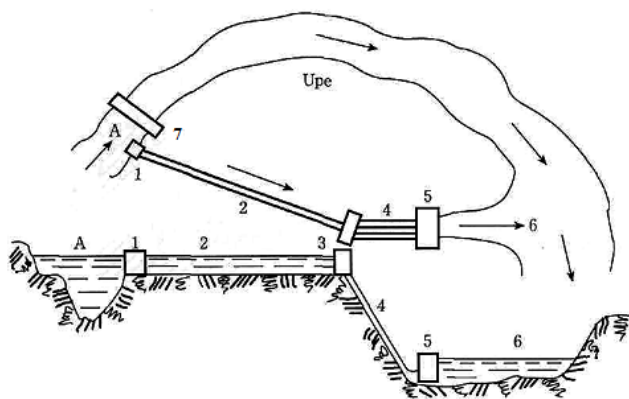
Avots: Meļņikovs, 2006

Pieaizsprosta HES ēka novietota lejasbjefā, un tā ir aizsargāta no augšbjefa ūdens spiediena ar aizsprostu. Ūdeni hidroturbīnām pievada caur aizsprosta ķermeni pa cauruļvadiem vai tuneļiem. Pieaizsprosta HES būvē vidējiem un lieliem spiedienu augstumiem; spiediena augstumu rada (tāpat kā gultnes jeb aizsprosta HES), izveidojot aizsprostu.

1.5.2. Derivācijas hidroelektrostacijas

Nosaukums „derivācija” saistīts ar šo HES raksturīgo īpatnību - ūdens novadīšanu no upes gultnes derivācijas ūdensvados (atklāti kanāli, tuneļi vai cauruļvadi). Kanāli, tuneļi vai cauruļvadi „iztaisno” upes līkumu, un tiem ir ievērojami mazāks slīpums nekā upes gultnei.

Derivācijas HES būvē uz upēm ar lielu kritumu, tādējādi var iegūt pat 1000 m un lielāku spiediena augstumu. Sakarā ar upes un derivācijas kanāla slīpumu atšķirību, izveidojas ūdens līmeņu starpība (spiediena augstums), kuru var izmantot HES turbīnu darbināšanai (Garrido, Zafra, Vazquez 2009). Caur HES turbīnu izgājušo ūdeni ievada upes dabiskajā gultnē caur atvadkanālu, ja HES ēka atrodas tālu no upes gultnes, vai bez tā, būvējot HES ēku tuvu pie upes dabiskās gultnes lejtecēm (skat. 3. att.).



3. att. Derivācijas HES shēma

- 1 - ūdens ņēmējietais; 2 - derivācijas kanāls; 3 - spiedbaseins; 4 – turbīnu spiedvadi;
5 – mašīnzāle jeb HES ēka; 6 - lejasbjefs (atvadkanāls); 7 - sliekšnis upes gultnē

Avots: Meļņikovs, 2006

Ūdens ievadīšanai derivācijas ūdensvadā (gultnē) no upes gultnes pie ūdens ņēmējietais būvē nelielu sliekšni (Singal, Saini, Raghuvanshi, 2010). Derivācijas gultne var būt atklāts kanāls vai slēgti tuneļi un cauruļvadi, kuros savukārt ūdens plūsma var notikt zem spiediena vai ar brīvu līmeni.

Bezspiediena (atklātā) derivācijas iekārta beidzas ar spiedbaseinu, no kura ūdens pa turbīnu spiedvadiem nonāk hidroturbīnās.

Spiediena (slēgtā) derivācijas iekārta beidzas ar spiediena izlīdzināšanas rezervuāru, kura uzdevums ir mazināt hidrauliskos triecienus cauruļvados, kas rodas no krasām ūdens caurplūdumu un plūsmas ātruma izmaiņām HES hidroturbīnās (Colas, Archaimbault, Devin, 2011).

Derivācijas HES izveido galvenokārt kalnainos rajonos. Dažreiz, ja, būvējot aizsprosta HES, tiek applūdinātas ievērojamas lauksaimniecībā izmantojamās zemes platības un apdzīvotās vietas, no tehniski ekonomiskā viedokļa jānovērtē arī derivācijas HES celtniecības iespējas, jo applūdinātās teritorijas lielums šai gadījumā ir minimāls. Derivācijas HES ēku ir iespējams novietot pat vairākus kilometrus tālu no upes derivācijas aizsprosta, bet nepieciešamo HES kritumu iegūst izmantojot dabisko zemes reljefu.

2. Latvijā ierīkoto bezaizsprosta HES raksturojums

2.1. Pie Amatas upes esošās Billes hidroelektrostacijas apskats un ekspluatācijas pieredzes analīze

2.1.1. Amatas upes hidroloģiskais raksturojums

Billes hidroelektrostacija teritoriāli novietota Amatas novada Drabešu pagastā, kurš atrodas Vidzemes Centrālās augstienes ziemeļrietumu nogāzē, kur augstiene saskaras ar Gaujas senleju. Ģeogrāfiski Billes HES un viesu nams atrodas Amatas upes labajā krastā, kas ir Gaujas kreisā pieteka. Amatas garums ir 67 km, kopējais sateces baseins 386 km^2 , gada notece $0,157 \text{ km}^3$, kritums 193 m ($2,84 \text{ m/km}$) (Latvijas ģeogrāfijas atlants, 1999). Amatas upes kritums posmā starp esošo Billes HES ūdens ņēmejietaisi un esošā atvadkanāla pievienojuma vietu Amatai ir 8,50 m

No Amatas sākuma līdz Braslas ietekai (57. km) Amatas krastos purvainas, ieplakas mijas ar augstiem pauguriem un dziļām gravām. Tālākā ceļā līdz Skujenei Amata tek pa kūdrāju, kur tā pirmoreiz taisnota 1933. gadā. Skujenē uz Amatas tās 50. kilometrā no 1945. līdz 1983. gadam darbojies hidrometriskais postenis Amata – Skujene (sateces baseins $72,0 \text{ km}^2$). No Skujenes Amata plūst uz ziemeļiem galvenokārt caur mežiem. Lejtece tā tek pa senleju, kur tai ir stāvi, līdz 45 m augsti smilšakmens un dolomīta krasti (Kavacs, 1994).

Pie Melturiem (100 m leņpus Vidzemes šosejas tilta) uz Amatas no 1920. gada 20. aprīļa darbojas hidrometriskais postenis Amata – Melturi (sateces baseins 298 km^2), kurā hidrometriskie novērojumi turpinās arī pašlaik (Глазачева, 1963). Šis postenis atrodas 15 km attālumā no ietekas Gaujā (tās 81. km), skaitot pa upes gultni. Amatas lejtece ir Gaujas Nacionālā parka teritorijā. No Melnupes ietekas (38. km) līdz Rīgas – Valmieras dzelzceļam Amata atrodas plašākā Vidzemes augstienes pazeminājuma joslā.

Billes HES un viesu nams atrodas mitrā, kontinentālā, mēreni vēsā Latvijas klimatiskajā rajonā. Gada vidējā gaisa temperatūra ir $+5,1$ grādi pēc Celsija, gada visaukstākais mēnesis ir janvāris ar mēneša vidējo gaisa temperatūru $-6,2$ grādi pēc Celsija, vissiltākais ir jūlijs ar mēneša vidējo gaisa temperatūru $+16,7$ grādi pēc Celsija (Latvijas ģeogrāfijas atlants, 1999). Valdošie dienvidu, dienvidrietumu vēji, lielākais

vēja ātrums ir novembrī - janvārī (3-8 m/s), mazākais jūlijā -augustā (2-5 m/s), maksimālās brāzmas sasniedzot oktobrī, novembrī (34 m/s) (Amatas novada dome).

Valdošās mitrās jūras gaisa masas nodrošina lielu nokrišņu daudzumu. Nokrišņi iespējami vidēji katru otro dienu. Gada nokrišņu summa Amatas baseinā ir 820 mm. Gada vidējais summārās iztvaikošanas slānis ir 450 mm (Zīverts, 2004).

Ievērojamais nokrišņu daudzums un mērenās temperatūras visu gadu rada paaugstinātu gaisa mitrumu un mākoņainību. Faktiskais saules spīdēšanas ilgums vidēji gadā nepārsniedz 40% no iespējamā.

Pastāvīga sniega sega parasti izveidojas decembra otrajā dekādē. Vidējais sniega segas biezums ziemā ir 8-10 cm, brīžiem sasniedzot 64 cm. Sniega sega parasti izzūd marta pēdējā dekādē (Zīverts, 2004).

Billes HES vērūmā sateces baseina laukums ir $A = 287,8 \text{ km}^2$ (ūdensteces ūdenssaimnieciskā iecirkņa kods – 52321 (MK not. Nr. 318, 30.03.2010.), meži aizņem 50 % baseina laukuma, purvi – 3 %, bet caurtekošu, palu ūdeņus transformējošu ezeru platība baseinā nav. Noteces norma noteces slāņa veidā ir 370 mm jeb 0,37 m (Zīverts, 2004).

Melturu hidrometriskais postenis atrodas tikai 1,8 km lejpus Billes HES vērūmam.

Hidroloģiskie aprēķini veikti pēc Ministru kabineta noteikumiem Nr. 631 „Noteikumi par Latvijas būvnormatīvu LBN 224 – 05 „Meliorācijas sistēmas un hidrotehniskās būves””. Aprēķinos izmantotas empīriskās formulas (skat. 5. pielikumā) un izolīniju kartes, kas sastādītas, apkopojot Latvijā veiktos hidrometriskos novērojumus (Zīverts, 2004).

Pavasara palu maksimālo caurplūdumu aprēķina pēc 1. formulas, izmantojot 2. un 3. formulu.

$$Q_{1\%} = 101 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Citu pārsniegšanas varbūtības caurplūdumus iegūst ar pārejas koeficientiem:

$$Q_{3\%} = 82,8 \text{ m}^3/\text{s} \quad - \text{ atkārtojas reizi 33 gados;}$$

$$Q_{5\%} = 74,7 \text{ m}^3/\text{s} \quad - \text{ atkārtojas reizi 20 gados;}$$

$$Q_{10\%} = 63,6 \text{ m}^3/\text{s} \quad - \text{ atkārtojas reizi 10 gados;}$$

$$Q_{25\%} = 49,5 \text{ m}^3/\text{s} \quad - \text{ atkārtojas reizi 4 gados.}$$

Ar $Q_{1\%}=101\text{m}^3/\text{s}$ ir jāaprēķinās, nosakot plūdu pārgāznes caurvades spēju un paredzot maksimālo (1%) ūdenslīmeņa atzīmi ūdenskrātuvē. Ar $Q_{5\%}=74,7\text{m}^3/\text{s}$ jāpārbauda esošās pārgāznes caurvades spējas pie normāliem ūdens līmeņa.

Lielākais Melturu posteņī novērotais caurplūdums $Q=111\text{m}^3/\text{s}$ reģistrēts 1956. gada 2. maijā (novērojumu periodā no 1921. līdz 1994. gadam). Pārēķinot uz Billes HES vērumsu, iegūst $107\text{m}^3/\text{s}$, kas ir par 6% vairāk, nekā aprēķinātais $Q_{1\%}=101\text{m}^3/\text{s}$.

Vasaras un ziemas mazūdens perioda minimālo caurplūdumu aprēķina pēc 6 formulas, izmantojot 7. un 8. formulu.

Vasaras mazūdens minimālais caurplūdums ar nodrošinājumu 95%:

$$Q_{\text{min.30d.vas.95\%}} = 0,48\text{ m}^3/\text{s}.$$

Vasaras mazūdens minimālais caurplūdums ar nodrošinājumu 85%:

$$Q_{\text{min.30d.vas.85\%}} = 0,62\text{ m}^3/\text{s}.$$

Ziemas mazūdens minimālais caurplūdums ar nodrošinājumu 95%:

$$Q_{\text{min.30d.ziem.95\%}} = 0,28\text{ m}^3/\text{s}.$$

Ziemas mazūdens minimālais caurplūdums ar nodrošinājumu 85%:

$$Q_{\text{min.30d.ziem.85\%}} = 0,65\text{ m}^3/\text{s}.$$

Matemātiski apstrādājot Melturu posteņa caurplūduma datus iegūst:

$$\text{vasarā } Q_{\text{min.30d.vas.95\%}}=0,444\text{ m}^3/\text{s};$$

$$\text{ziemā } Q_{\text{min.30d.ziem.95\%}}=0,386\text{ m}^3/\text{s}.$$

Melturu hidrometriskā posteņa novērojumu periodā no 1921. līdz 1994. gadam minimālais vasaras 30 dienu caurplūdums bijis $0,44\text{ m}^3/\text{s}$, kas novērots 1940. gada no 2. jūlija līdz 31. jūlijam un 1969. gadā no 28. jūlija līdz 28. augustam, bet ziemas perioda – $0,39\text{ m}^3/\text{s}$ – 1940. gadā no 8. marta līdz 6. aprīlim.

Redzams, ka pēc formulām aprēķinātie minimālie 95% nodrošinātie 30 dienu perioda caurplūdumi vasarā un ziemā labi saskan ar 74 gadu hidrometrisko novērojumu periodā reģistrētajiem caurplūdumiem.

Mazākais diennakts vidējais caurplūdums $0,12 \text{ m}^3/\text{s}$ Melturu postenī novērots 1954. gada 18. janvārī ziemas periodā un $0,27 \text{ m}^3/\text{s}$ – 1938. gada 4. oktobrī vasaras – rudens periodā.

Vidējo caurplūdumu raksturojums

Gada vidējās noteces apjomu aprēķina pēc 9. formulas.

$$W = 106,5 \text{ miljoni m}^3.$$

Gada vidējo caurplūdumu aprēķina pēc 10. formulas.

$$Q_{\text{vid}} = 3,37 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Gada vidējais noteces moduli aprēķina pēc 11. formulas.

$$q = 11,71 \text{ l/s} \times \text{km}^2$$

2.1.2. Akmeņu bēruma sliekšņa konstrukcija

Akmeņu bēruma (ekoloģiskā) sliekšņa (skat. 4. att.) galvenais uzdevums ir nodrošināt migrējošām zivīm iespēju pārvietoties pa Amatu un radīt nelielu uzstādinājumu Amatā tā, lai atjaunotās Billes HES derivācijas kanālā varētu ieplūst ūdens. Ekoloģiskā sliekšņa garums ir 20,00 m. Sliekšnis ir funkcionāli neregulējama ūdens novadbūve (ne pēc šķērsgriezuma laukuma, ne pēc līmeņiem).



4. att. Akmeņu bēruma sliekšnis ar kalibrētu pārgāzni 2010.gada 28. martā.

Amatā caurplūdums ir $7 \text{ m}^3/\text{s}$. Iet ledus.

Avots: autora personīgais arhīvs

Pavasara palu pārvadīšanas laikā augstākais līmenis uzstādinājumā atkarīgs no ledus sastrēgumiem. Savukārt zemākais līmenis atkarīgs no minimālā caurplūduma Amatā. Tieši šo iemeslu dēļ ekoloģiskā sliekšņa būvei jānosaka tikai normālais ūdens uzstādinājuma līmenis. Akmeņu bēruma sliekšņa virsas atzīme ir 105,30 m B.S.

Kalibrētā pārgāzne (padziļinājums ekoloģiskajā sliekšnī) nodrošina ekoloģiskā caurplūduma novadīšanu Amatas dabiskajā gultnē. Pārgāzne jāizbetonē ar vertikālām, palu straumes izturošām sienām un sliekšni. Tās garums ir 4,00 m (statiski plūsmai), sliekšņa virsas atzīme 104,89 m B.S. Hidrauliski tā darbojas kā neappludināta pārgāzne ar platu sliekšni. Aiz betonētās daļas gultnes garenslīpums ir 1:10, līdz tas savienojas ar Amatas pamatgultni.

Garantējamais ekoloģiskais caurplūdums Amatā pie Billes HES ir noteikts 0,63 m³/s (laika posmā no 16. novembra līdz nākamā gada 14.septembrim) un tiks pārvadīts pār pārgāzni pie normālā ūdens uzstādinājuma līmeņa (NŪL) 105,09 m B.S. apstākļos, kad dabiskais caurplūdums upē nebūs mazāks par 0,63 m³/s.

Caurplūdums 2,00 m³/s laika posmā no 15. septembra līdz 15. novembrim tiek pārvadīts pār pārgāzni pie NŪL 105,29 m B.S. apstākļos, kad dabiskais caurplūdums upē nebūs mazāks par 2,00 m³/s.

Ja līmenis uzstādinājumā pazeminās zem noteiktā NŪL attiecīgajā laika posmā, HES turbīnu darbināšana jāpārtrauc. Līmenis uzstādinājumā tad būs pilnībā atkarīgs no Amatas dabīgā caurplūduma.

2.1.3. Uz HES turbīnām novadāmo caurplūdumu analīze

Mēnešu vidējie caurplūdumi Billes HES vērumā aprēķināti pēc Amatas - Melturu hidrometriskā posteņa datiem ($A = 298 \text{ km}^2$, $Q = 3,49 \text{ m}^3/\text{s}$, $R = 370 \text{ mm}$) (Zīverts, Strūbergs, 2000).

No 4. tabulas redzams, ka mēnešu vidējie caurplūdumi gada griezumā ir mainīgi: aprīlī – 10,34 m³/s, jūnijā un jūlijā tikai 1,26 m³/s, tātad 8 reizes mazāk. Tātad mainās arī elektroenerģijas izstrāde.

4. tabula

Vidējo caurplūdumu raksturojums

Mēnesis	Vidējie caurplūdumi Amatas-Melturu hidrometriskajā postenī, m ³ /s	Vidējie caurplūdumi Billes HES vērumā, m ³ /s	Mēneša noteces daudzums % no gada kopējā noteces apjoma W=106,5 milj.m ³
Janvāris	3,00	2,90	7,20
Februāris	2,10	2,03	5,00
Marts	3,40	3,29	8,20
Aprīlis	10,70	10,34	25,80
Maijs	4,10	3,96	9,90
Jūnijs	1,30	1,26	3,10
Jūlijs	1,30	1,26	3,10
Augusts	1,90	1,84	4,60
Septembris	2,80	2,71	6,70
Oktobris	3,50	2,28	8,40
Novembris	4,00	2,87	9,60
Decembris	3,50	2,28	8,40
Gadā	3,47	3,37	100

2.1.4. Pārplūdes risinājumi lielu palu caurplūdumu pārļaišanai

Derivācija kanāla kreisajā krastā 20,00 m pirms pārplūdes kanāla jau sākotnēji ir izveidots 2,00 m pārplūdes sliekšnis ar betonētā dibena atzīmi 105,27 m B.S. (skat. 5. un 6. att.) Kā parādīja 2010.gada pali, esošais pārplūdes sliekšnis un pārplūdes kanāls nespēj novadīt lieko ūdens daudzumu no derivācijas kanāla atpakaļ Amatā, tāpēc pārplūdes sliekšni nācās paplašināt.

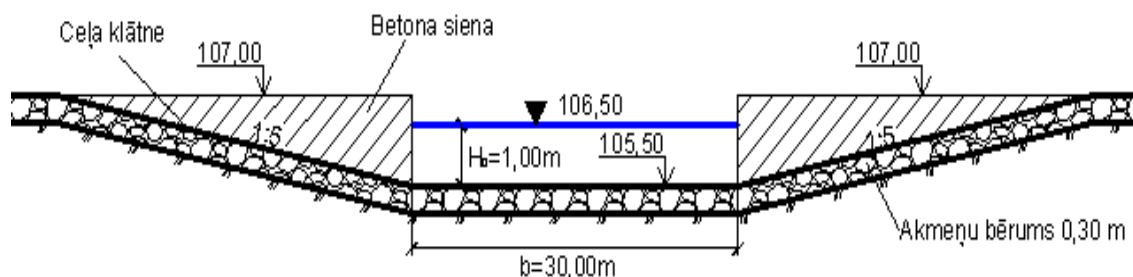


5. att. Esošais pārplūdes sliekšnis (derivācijas kanālā paaugstināts ūdens līmenis)
Avots: autora personīgais arhīvs



6.att. Esošais pārplūdes sliekšnis (derivācijas kanālā normāls ūdens līmenis)
Avots: autora personīgais arhīvs

Paplašinātā pārplūdes sliekšņa atzīme ir 105,50 m B.S., bet paredzamais maksimālais ūdens līmenis palu laikā derivācijas kanālā ir 106,50 m B.S. Lai netiktu izskalots dambis-ceļš gar derivācijas kanāla kreiso krastu pie ļoti lieliem caurplūdumiem Amatā, ūdens slānis 1,00 m biezumā jānovada pa 30,00 m plato pārplūdes sliekšni un tālāk pa apaugušo nogāzi uz Amatu. Pār pārplūdes sliekšni plūstot 1,00 m biežam ūdens slānim, caurplūdums sasniedz 40,67 m³/s (skat. 7. att.).



7. att. Paplašinātā pārplūdes sliekšņa shēma
Avots: autordarbs

Sliekšnis ūdeni pārvada pāri dambim-ceļam ar slīpumu 1:10 Amatas dabīgās gultnes virzienā. Šāds slīpums nerada problēmas pāri pārplūdes sliekšnim pārvietoties ar autotransportu. Tā kā pārplūdes sliekšnis atrodas uz dambja-ceļa klātnes, bet ceļa virsa ir uz atzīmes 107,00 m B.S., ceļa klātne un pārlijas sliekšņa betonētā virsa ir savienota ar uzbrauktuvi-nobrauktuvi, kuras slīpums ir 1:5. Lai pār pārlijas sliekšni plūstošais ūdens neizskalotu uzbrauktuvi-nobrauktuvi, izbūvētas 0,20 m platas betona sienas derivācijas kanāla pusē ar virsas atzīmi 107,00 m B.S. Pārlijas sliekšņa un uzbrauktuves-nobrauktuves daļā visā ceļa platumā ir izveidots akmeņu bērumi 0,30 m biezumā.



8. att. Pārplūdes kanāls ar aizvariem
Avots: autora personīgais arhīvs

120 m attālumā no derivācijas kanāla sākuma tā kreisajā pusē ir izbūvēta avārijas pārplūde ar aizvāriem (skat. 8. att.). Aiz tās virzienā uz Amatu izveidota trapecveida šķērsriezuma gultne, kuras dibenā ir 1,00 m plata betonēta tekne. Gadījumā, kad Amatā ir liels caurplūdums – palu un plūdu laikā un derivācijas kanālā ieplūst pārāk daudz ūdens, tad, lai neapplūstu plaša teritorija līdzās Billes HES, ūdens pa avārijas pārplūdi caur aizvāriem tiek novadīts atpakaļ Amatas gultnē, tādējādi derivācijas kanālā uzturot optimālu ūdens līmeni turbīnu darbībai.

2.1.5. Caurplūdumu sadalījumu kontroles sistēma

Ir izstrādās iespējamais caurplūdumu sadalījums Amatā vidējā ūdens gadā ūdens ņemšanas būvē Billes HES vajadzībām, zivju pārlaišanai un ekoloģiskā caurplūduma saglabāšanai Amatā posmā no ņēmējietais līdz atvadkanāla pievienojumam. Zemkopības ministrija noteikusi ekoloģisko caurplūdumu 50 % apmērā no upes daudzgadīgā divu vasaras mazūdens mēnešu vidējā caurplūduma. Amatai tas ir 0,63 m³/s Billes HES ūdens ņemšanas mezglā.

5. tabulā doti daudzgadu novērojumu vidējie un minimālie mēnešu caurplūdumi Amatā Melturu hidrometriskajā postenī, noteiktais ekoloģiskais caurplūdums $Q_{e.g.}$, m³/s un uz Billes HES aizvadāmais caurplūdums Q_T , m³/s.

5. tabula

Caurplūdumu sadalījums Amatā vidējā ūdens gadā

Mēnesis	Mēnešu caurplūdumi Melturu postenī		Caurplūdumu sadalījums pie Q_{vid} , m ³ /s		$W_{e.g.}$ milj. m ³	Attiecība $\frac{Q_{e.g.}}{Q_{vid}}$, %
	vidējie Q_{vid} m ³ /s	minimālie Q_{min} m ³ /s	uz Billes HES Q_T , m ³ /s	paliek Amatā $Q_{e.g.}$, m ³ /s		
Janvāris	3,00	0,63	2,37	0,63	1,64	21,00
Februāris	2,10	0,46	1,47	0,63	1,64	30,00
Marts	3,40	0,41	2,77	0,63	1,64	18,50
Aprīlis	10,70	2,10	6,00	4,70	12,22	44,00
Maijs	4,10	0,93	3,47	0,63	1,64	15,00
Jūnijs	1,30	0,53	0,67	0,63	1,64	48,00
Jūlijs	1,30	0,44	0,67	0,63	1,64	48,00
Augusts	1,90	0,47	1,27	0,63	1,64	33,00
Septembris	2,80	0,46	0,80	2,00	5,20	71,00
Oktobris	3,50	0,52	1,50	2,00	5,20	57,00
Novembris	4,00	0,60	2,00	2,00	5,20	50,00
Decembris	3,50	0,76	2,87	0,63	1,64	18,00

Caurplūduma sadalījums Amatas upē aprēķināts par pamatu ņemot vidējos caurplūduma Q_{vid} , m^3/s rādītājus pa mēnešiem. Gadījumā, ja caurplūdums Amatā ir mazāks par vidējo vērtību, vispirms tiek nodrošināts ekoloģiskais caurplūdums $Q_{\text{e.g.}}$, m^3/s apietajā upes posmā.

2.2. Pie Aiviekstes upes esošās Spridzēnu HES hidromezgla hidrotehnisko būvju apskats

2.2.1. Aiviekstes upes hidroloģiskais raksturojums

Aiviekste ir lielākā Daugavas pieteka Latvijas teritorijā (ūdenssaimnieciskā iecirkņa kods – 42) (MK not. Nr. 318, 30.03.2010.), kritums 23 m (0,2 m/km).

Aiviekste iztek no Lubāna ezera. Augštecē līdz Lubānai tai ir ļoti mazs kritums. Aiviekstei ir neliels gultnes šķērsgriezums, kas ievērojami kavē palu ūdeņu aizplūšanu no Lubāna. Ūdeņiem bagātos pavasaros Lubāns un applūstošie klāni veidoja kopīgu ūdenstilpi 650 km^2 platībā, kura 6 reizes pārsniedza Lubāna ezera virsmas platību tā dabiskajos krastos.

Ierīkotā Lubānas hidrotehniskā sistēma ietver Meirānu kanālu, Zvidzes kanālu, Īdeņu kanālu, Nagļu zivsaimniecības dīķus, aizsargdambjus ap ezeru, slūžas Aiviekstes iztekā un uz Meirānu kanāla, trīs polderus, sūkņu staciju Zvidzes kanāla sākumā. Ierīkotās būves ļauj Lubāna ezerā uzturēt ūdenslīmeni uz atzīmes 92,00 - 92,50 m B.S.

Caurplūdumus Aiviekstē ļoti iespaido Lubāna ezers, visumā caurplūdumi ir izlīdzināti gada griezumā.

Lai palielinātu Aiviekstes caurvades spējas, laikā no 1926. līdz 1938. gadam tās gultne 78 km garumā no Lubāna ezera līdz Kujas ietekai ir padziļināta un iztaisnota.

Uz Aiviekstes ir vairāki hidrometriskie posteņi. Spridzēnu HES vērūmam tuvākais ir postenis Aiviekste – Aiviekstes HES, kas atrodas 1,2 km lejpus Aiviekstes hidroelektrostacijas un 4,8 km augstāk par paredzamās Spridzēnu HES vērūmu. Postenis atrodas 15 km no Aiviekstes ietekas Daugavā pie Pļaviņām. Aiviekste ietek Pļaviņu HES ūdenskrātuves augšgalā un Aiviekstes līmeņus šajā vietā ietekmē gan HES darbības režīms, gan ledus un vižņu sastrēgumi un to izraisītie līmeņu pacēlumi, taču Spridzēnu HES vērūmu šī ietekme neskar.

Hidrometriskā posteņa Aiviekste – Aiviekstes HES nulles atzīme ir 76,60 m Baltijas augstumu sistēmā. Stabila līmeņu un caurplūdumu rinda ir no 1957. gada, sateces baseins posteņa vērūmā ir 8660 km², mežu platība baseinā ir $A_m = 25 \%$, purvu platība – $A_p = 15 \%$. Aiviekste iztek no Lubāna ezera, pa ceļam tai pietek ūdeņiem bagātās pietekas Iča, Balupe, Pededze, Meirānu kanāls, Kuja, Arona, Veseta un citas mazākas pietekas.

V/u „Meliorprojekts” 1993. gadā izstrādātie „Lubāna ezera un hidrotehnisko būvju ekspluatācijas noteikumi” nosaka: maksimālā ūdenslīmeņa atzīme 95,3 m B.S. (ārkārtējos apstākļos ar varbūtīgumu $p = 1 \%$), normālā līmeņa atzīme 92,0 - 93,0 m B.S., minimālā līmeņa atzīme 91,75 - 91,20 m B.S. Jāpiezīmē, ka tikai tad, ja sagaidāmi ļoti lieli pali ar Rēzeknes un Maltas upju kopējo palu noteces apjomu 200 miljoni un vairāk m³, ir jāveic Lubāna līmeņa pazemināšana līdz atzīmei 91,20 m B.S.

Lubāna ezera – ūdenskrātuves darbība notiek saskaņā ar īpaši izstrādātu instrukciju, kurā ir doti: regulēšanas periods, regulēšanas mērķis, ierobežojumi un slūžu (Aiviekstes iztekā un uz Meirānu kanāla) darbināšanas nosacījumi.

Tieši šīs instrukcijas realizācija ietekmē caurplūdumus gan atjaunotajā Aiviekstes HES, gan paredzētajā Spridzēnu hidroelektrostacijā.

Hidroloģiskie aprēķini veikti pēc Ministru kabineta noteikumiem Nr. 631, „Noteikumi par Latvijas būvnormatīvu LBN 224 – 05 „Meliorācijas sistēmas un hidrotehniskās būves””. Aprēķinos izmantotas empīriskās formulas (skat. 5. pielikumu) un izolīniju kartes, kas sastādītas, apkopojot Latvijā veiktos hidrometriskos novērojumus (Zīverts, 2004).

Pavasara palu maksimālo caurplūdumu aprēķina pēc 1. formulas, izmantojot 2., 3., 4. un 5. formulu.

$$Q_{1\%} = 535 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Citu pārsniegšanas varbūtības caurplūdumus iegūst ar pārejas koeficientiem:

$Q_{3\%} = 439 \text{ m}^3/\text{s}$	- atkārtojas reizi 33 gados;
$Q_{5\%} = 396 \text{ m}^3/\text{s}$	- atkārtojas reizi 20 gados;
$Q_{10\%} = 337 \text{ m}^3/\text{s}$	- atkārtojas reizi 10 gados;
$Q_{25\%} = 262 \text{ m}^3/\text{s}$	- atkārtojas reizi 4 gados.

Ar $Q_{1\%} = 535 \text{ m}^3/\text{s}$ ir jāreķinās, nosakot plūdu pārgāznes caurvades spēju, paredzot maksimālo ūdens līmeņa atzīmi ūdenskrātuvē. Ar $Q_{5\%} = 396 \text{ m}^3/\text{s}$ jāreķinās dimensionējot plūdu pārgāzni.

Pavasara palu maksimālais caurplūdums Aiviekstes – Lubānas hidrometriskajā postenī ($A = 6510 \text{ km}^2$) 1959. – 1987. gada periodā novērots 1962. gada 15. – 17. aprīlī, kad tas ir bijis $202 \text{ m}^3/\text{s}$, bet Aiviekstes – Aiviekstes HES hidrometriskajā postenī bijis $437 \text{ m}^3/\text{s}$ 1960. gada 14. aprīlī.

Hidrometrisko posteņu „Lubāna” un „Aiviekstes HES” sateces baseinu attiecība ir $1 : 1,33$, bet reģistrēto maksimālo caurplūdumu attiecība $1 : 1,78$. Jau minētajos 1960. gada pavasara palos šī attiecība bijusi $1 : 2,38$, tāpēc ir ļoti maza varbūtība, ka tagad, kad pavasara palu maksimālos caurplūdumus izlīdzina atjaunotās Aiviekstes HES ūdenskrātuve, šī attiecība tiks pārsniegta. Transformējot šo 1960. gada maksimālo caurplūdumu uz Spridzēnu HES vērumu, iegūstam $Q_{\max} = 456 \text{ m}^3/\text{s}$. Pieskaitot klāt Vesetas upes $Q_{1\%} = 75 \text{ m}^3/\text{s}$, varam pieņemt, ka Spridzēnu HES vērumā maksimālais pavasara caurplūdums nepārsniegs $459 + 75 = 534 \text{ m}^3/\text{s}$, kas arī atbilst pēc formulas augstāk aprēķinātam $Q_{1\%}$.

Vasaras mazūdens perioda minimālo caurplūdumu aprēķina pēc 6. formulas, izmantojot 7. un 8. formulu.

Vasaras mazūdens minimālais caurplūdums ar nodrošinājumu 95%:

$$Q_{\min.30d.vas.95\%} = 5,50 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Vasaras mazūdens minimālais caurplūdums ar nodrošinājumu 85%:

$$Q_{\min.30d.vas.85\%} = 8,90 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Vidējo caurplūdumu raksturojums

Vidējās noteces apjomu aprēķina pēc 9. formulas:

$$W = 1916,50 \text{ milj. m}^3.$$

Gada vidējo caurplūdumu aprēķina pēc 10. formulas:

$$Q_{\text{vid}} = 60,70 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Gada vidējais noteces moduli aprēķina pēc 11. formulas:

$$q = 6,68 \text{ l/s} \times \text{km}^2.$$

2.2.2. Akmeņu bēruma sliekšņa konstrukcija

Ņēmējietais darbibas nodrošināšanai Aiviekstes gultnē iebūvēts akmeņu bēruma sliekšnis visā gultnes platumā (skat. 9. att.). Pirms sliekšņa Aiviekstes līmeņa atzīme ir 77,00m B.S., pastāvot gultnē caurplūdamam $38,5 \text{ m}^3/\text{s}$ (visu trīs paredzēto turbīnu caurplūdums $Q_T = 33 \text{ m}^3/\text{s}$ un ekoloģiskais caurplūdums $Q_{\text{ekol.}} = 8,9 \text{ m}^3/\text{s}$). Caurplūdums $38,5 \text{ m}^3/\text{s}$ un vairāk Aiviekstē ņēmējietais vērumā ir pusi no gada – 183 diennaktis. Savukārt 182 diennaktis caurplūdums ir mazāks par $38,5 \text{ m}^3/\text{s}$. Šie rādītāji raksturīgi ūdens daudzuma un sadalījuma ziņā vidējam gadam. Ūdenslīmeņa atzīme pirms akmeņu bēruma sliekšņa ir atkarīga no caurplūduma Aiviekstē. Līmeņvirsmas slīpums Aiviekstē ir mainīgs, atkarīgs no caurplūduma 2 km garajā posmā no Vesetas ietekas līdz ņēmējietais vērumam. Aiviekstes līmeņvirsmas slīpums ir 0,000525 pie vidējā caurplūduma $60,7 \text{ m}^3/\text{s}$ un 0,0004 pie caurplūduma $20 \text{ m}^3/\text{s}$. Akmeņu bēruma sliekšņa radītais, vidēji 0,4 m augstais, uzstādīnājums izplatīsies uz augšu ne vairāk kā 1 km attālumā un neietekmē līmeni Aiviekstē Krievciema HES atvadkanāla pievienojuma vietā (tieši 2 km augstāk par akmeņu bēruma sliekšni).



9.att. Akmens bēruma sliekšnis neilgi pēc izbūves. Skats no labā krasta.
Avots: Mazās hidroenerģētikas asociācija

Aprēķinu rezultātā ir noteiktas līmeņu atzīmes Aiviekstē ņēmējietais vērumā bez un ar akmeņu bēruma sliekšni dažādiem caurplūdumiem un līmeņu atzīmes Aiviekstē 1 km zemāk – vietā, kur paredzēta HES ēka. Aprēķinu rezultāti apkopoti 6. tabulā.

6. tabula

Līmeņu atzīmes Aiviekstē HES ņēmējietais vērums ar un bez sliekšņa

Caurplūdums Aiviekstē brīvā gultnē, m ³ /s	Līmeņa atzīmes ņemējietais vērums		Līmeņa atzīme Aiviekstē pie atvadkanāla ietekas	Līmeņu starpība	
	bez akmeņu bēruma sliekšņa	ar akmeņu bēruma sliekšni		bez sliekšņa	ar sliekšni
5,5	76,20	76,65	73,22	2,98	3,43
8	76,25	76,68	73,27	2,98	3,41
16,5	76,38	76,78	73,38	3,00	3,40
27,5	76,46	76,90	73,54	2,92	3,36
38,5	76,53	77,00	73,67	2,85	3,33
50	76,60	77,10	73,85	2,75	3,25
100	76,90	77,30	74,40	2,50	2,90
150	77,18	77,50	74,90	2,28	2,60
200	77,40	77,60	75,36	2,04	2,24
250	77,56	77,70	75,80	1,76	1,90

Kā redzams 6. tabulā, akmeņu bēruma sliekšnis ļaus vidēji par 0,4 m palielināt kritumu, salīdzinot ar kritumu, kādu iespējams sasniegt bez akmeņu bēruma sliekšņa, tādējādi nodrošinot nepieciešamo darba kritumu paredzētajiem diviem hidroagregātiem.

2.2.3. Uz HES turbīnām novadāmo caurplūdumu analīze

Mēnešu vidējie caurplūdumi Spridzēnu HES vērums aprēķināti pēc hidrometriskā posteņa Aiviekste – Aiviekstes HES datiem ($A = 8660 \text{ km}^2$, $Q = 57,9 \text{ m}^3/\text{s}$, $R = 211 \text{ mm}$) (Zīverts, Strūbergs, 2000), ievērojot gada vidējo caurplūdumu attiecības. Rezultāti apkopoti 7. tabulā.

7. tabula

Vidējie caurplūdumi Spridzēnu HES vērums pa mēnešiem

Mēnesis	Vidējie caurplūdumi Aiviekstes hidrometriskajā postenī, m ³ /s	Vidējie caurplūdumi Spridzēnu HES vērums, m ³ /s	Mēneša noteces daudzums % no gada kopējā noteces apjoma $W=1916,50 \text{ milj.m}^3$
Janvāris	42,7	44,9	6,2
Februāris	37,7	39,7	5,5
Marts	56,7	59,7	8,2
Aprīlis	158,4	166,9	22,9
Maija	109,3	115,2	15,8
Jūnijs	51,1	53,8	7,4
Jūlijs	31,8	33,5	4,6
Augusts	26,4	27,8	3,8
Septembris	32,0	33,7	4,6
Oktobris	44,8	47,2	6,5
Novembris	50,6	53,3	7,3
Decembris	50,0	52,7	7,2

2.2.4. Pārplūdes risinājumi lielu palu caurplūdumu pārļaišanai

Plūdu novadbūves kopējais garums 180 m, tā sadalīta sešās sekcijās ar šķērsām izveidotiem dambīšiem. Valnīšu virsas augstumi sakrīt ar ceļa virsas atzīmi, kas ir 78,70 m B.S. Novadbūve sadalīta sekcijās tādēļ, lai pie mazākiem plūdiem tie tiktu pārvadīti pār vienu divām sākuma sekcijām un pēc palu pārvadīšanas būtu mazāki novadbūves rekonstrukcijas darbi.

Vienas sekcijas garums ir 29,0 m, starp sekcijām starpā izveidots virspusē 1,00 m plats dambis ar nogāzēm 1:2,5. Dambis veidots no akmeņu un dolomīta šķembām cementa javā, lai ūdens plūsmas rezultātā tas būtu neizskalojams. Dambja novietojums pret plūsmu ir 60°, tā garums pa virspusi – 5,77 m. Starp diviem dambjiem, kuri atrodas 29,0 m attālumā viens no otra, atrodas smilšu pildījums līdz ceļa virsas atzīmei 78,70 m B.S.

Ceļam, kura virsas atzīme 78,70 m B.S., derivācija kanāla pusē visu sešu sekciju garumā, ir jābūt neliela augstuma un platuma smilšu valnītim tā, lai to viegli sekcijas vidusdaļā ar lāpstu varētu norakt – padziļināt tā, lai ūdens no derivācijas kanāla puses sāktu plūst pār ceļu un šo smilšu pildījumu starp diviem dambīšiem noskalotu. Tad palu ūdeņu straume plūdīs pa gultni ar horizontālu dibenu uz atzīmes 78,20 m B.S. visā sekcijas platumā. Virs gultnes būs lēni mainīgas nevienmērīgas plūsmas krituma līkne. No ceļa Aiviekstes gultnes virzienā ūdens tecēs pa lēzenu nogāzi līdz pievienojumam palu straumei, kura pārplūst akmeņu bēruma sliekšni.

8. tabula

Ūdens līmeņu atzīmes, kad jānorok aizsargvalnīši

Valnīša Nr.	Valnīša augstums	Valnīti norok pie līmeņa atzīmes
	m B.S.	
1	78,70	78,80
2	78,70	78,85
3	78,70	78,90
4	78,70	79,00
5	78,70	79,10
6	78,70	79,20

Kad ūdens līmenis pārsniedz atzīmi 78,80 m B.S., norok nelielu smilšu aizsargvalnīti pirmajā sekcijā (skat. 8. tab.). Ūdens sāk pārplūst smilšu pildījumu un

pakāpeniski sāk to noskalot. Ja ūdens līmenis derivācijas kanālā turpina celties, tad tāpat rīkojas ar otro sekciju, kurā valnīti pārrok pie līmeņa atzīmes 78,85 m B.S. Pēdējais sestais valnītis tiek norakts pie līmeņa atzīmes 79,20 m B.S.

2.2.5. Caurplūdumu sadalījumu kontroles sistēma

Ekoloģiskais caurplūdums, kas jānodrošina Aiviekstes upē aiz pārgāznes $Q_{\text{ekol.}}=8,9 \text{ m}^3/\text{s}$. 9. tabulā aprēķina kritumi noteikti situācijai, kad Aiviekstē gultnē ledus sastrēgumu nav un Daugavā ūdenslīmenis ir robežās no 72,0 līdz 73,0 m B.S.

9. tabula

Caurplūdumu sadalījums Spridzēnu HES ņēmējietaisē un aprēķina kritumi

Caurplūdums Aiviekstē brīvā gultnē		Caurplūdums, m^3/s		Aprēķina kritums $H_{\text{apr.}}$ (m)	
m^3/s	Nodro- šinājums, %	derivācijas kanālā	Aiviekstē	bez akmeņu bēruma sliekšņa	ar akmeņu bēruma sliekšni
5,5	95	0	5,5	-	-
8,9	85	0	8,9	-	-
16,5	80	7,6	8,9	2,80	3,32
27,5	61	18,6	8,9	2,66	3,05
38,5	50	29,6	8,9	2,50	2,98
50,0	40	33,0	17,0	2,43	2,93
75,0	27	33,0	42,0	2,28	2,71
100	19	33,0	67,0	2,15	2,55
150	9	33,0	117,0	1,93	2,25
200	4	33,0	167,0	1,69	1,87
250	2	33,0	217,0	1,51	1,61

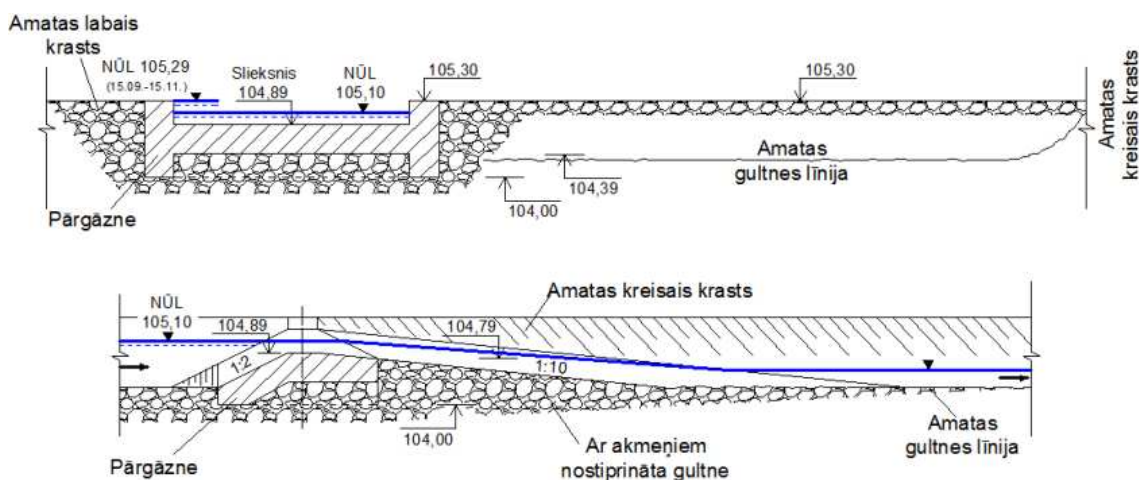
Ja Aiviekstē caurplūdums pārsniedz $250 \text{ m}^3/\text{s}$ (vidēji vienu nedēļu gadā), turbīnas darbu pārtraucniecīgā krituma dēļ. Ja caurplūdums Aiviekstē ir vienāds vai mazāks ar $Q_{\text{ekol.}}$, tad Spridzēnu HES turbīnas nestrādā.

3. Potenciālās derivācijas HES atjaunošanas un ierīkošanas vietas Latvijā

Ministru kabineta noteikumu Nr. 27 „Noteikumi par upēm (upju posmiem), uz kurām zivju resursu aizsardzības nolūkā aizliegts būvēt un atjaunot hidroelektrostaciju aizsprostus un veidot jebkādu mehāniskus šķēršļus” 1. pielikumā (skat 6. pielikumu) ir iekļautas visas tās upes, kuras no hidroenerģētiskā viedokļa būtu labi piemērotas mazo HES ierīkošanai un uz kurām darbojās daudzas agrākās ūdensdzirnavas.

Šajā nodaļā apskatīta esošā situācija trīs agrākajās ūdensdzirnavās ar derivācijas kanālu, kā arī atlasīti 20 upju posmi uz 15 minētajā sarakstā iekļautajām upēm, kur būtu iespējams ierīkot bezaizsprosta (derivācijas) hidroelektrostacijas.

Derivācijas tipa HES izvēlēta, jo MK not. Nr. 27 uz šīm upēm aizliedz ierīkot jebkādu mehāniskus šķēršļus. Kā izklāstīts iepriekšējā nodaļā, derivācijas HES konstrukcija paredz upes gultnē izbūvēt akmeņu bēruma sliekšni ar kalibrētu pārgāzni ekoloģiskā caurplūduma nodrošināšanai apietajā upes gultnē. Kā rāda pieredze Billes un Spridzēnu hidroelektrostacijās, kur ir izbūvēti līdzīgi akmeņu bēruma sliekšņi, tie nav šķērslis ceļotājzivju migrācijai pa upes gultni augšup pret straumi. 10. attēlā ir redzams, ka sliekšņa vidusdaļā ir izbūvēts pazemināts sliekšnis – pārgāzne, kuru zivis viegli pārvar.



10. att. Akmeņu bēruma sliekšnis Billes HES uz Amatas upes

Avots: autordarbs

3.1. Krogļu dzirnavas pie Vesetas upes

Krogļu dzirnavas atradās 3 km uz dienvidaustrumiem no Vietalvas; uz Vesetas - 25 km no ietekas Aiviekstē (skat. 11. att.). Ar ūdens dzinējspēku dzirnavas darbojās līdz 1965.g. Pēdējos gados tās tika izmantota kā vilnas apstrādes fabrika. 1972.g. no dzirnavām bija palikuši tikai pamati, lai gan vēl 1969. gadā dzirnavu dienvidu gals bija nenojaukts (pēc *Latvijas ezeri* datiem). Šobrīd ir daļēji saglabājušās 2 dzirnavu palīgēkas (skat. 12.att.).



11. att. Krogļu dzirnavu atrašanās vieta
Avots: www.balticmaps.eu ar autora piezīmēm

Dzirnavās ar ūdens spēku tika darbināti 2 ūdensrati ar diametru 3,0 m katrs. Ūdens no Vesetas upes tika padots pa 350 m garu derivācijas kanālu ar dibena platumu 3,5 m. Upē bija izbūvēts 0,5 m augsts un 35,0 m garš aizsprosts – sliekšnis, kas veidoja maksimālo uzstādīnājumu līdz 1,0 m. Aizsprosta galvenais uzdevums bija nevis uzkrāt ūdeņus, bet ievadīt tos derivācijas kanālā. Uz derivācijas kanāla vēl izvietotas 1 betona (2,5 m platas) un 1 koka (2,0 m platas) slūžas (skat 2. pielikumu). Aizsprosti ir daļēji saglabājušies. Sliekšnim uz Vesetas upes stipri saplaisājuši betona pārgāzens pamati un gar upes malām izskaloti nostiprinājumi.



12. att. Krogļu dzirnavu palīgēkas drupas
Avots: īpašnieka personīgais arhīvs

Pēc 1949. gadā veiktā novērtējuma, speciālisti atzina, ka šajās dzirnavās iespējams izstādīt 2 turbīnas elektroenerģijas ražošanai, bet, paaugstinot aizsprostu – sliekšni, iespējams iegūt kritumu līdz 5 - 6 m (Борошков, 1949).

3.2. Visendorfa dzirnavas pie Līgatnes upes

Visendorfa dzirnavas atrodas tagadējā Līgatnes novada Līgatnes pagastā (skat.13. att.).



13. att. Visendorfa dzirnavu atrašanās vieta
Avots: www.balticmaps.eu ar autora piezīmēm

Visendorfa dzirnavās sākotnēji bija uzstādīta viena 350 mm diametra Frensis propellerturbīna. Kritums bija 7,0 m. Ūdens turbīnas darbināšanai tika pievadīts pa 3,0 km garu derivācijas kanālu. Uz derivācijas kanāla vēl izvietotas koka konstrukcijas 1,3 m platas slūžas (skat 3. pielikumu). Pirms II Pasaules kara dzirnavās esot bijušas

uzstādītas 2 turbīnas, bet abu darbināšanai nepietika ūdens. Kritumu palielināt nav iespējams (Боронков, 1949).

Uzskatu, ka Visendorfa dzirnavas diemžēl nenonāca mazo HES un ūdensdzirnavu atjaunotāju uzmanības lokā galvenokārt garā, atjaunojamā derivācijas kanāla dēļ un nelielās iegūstamās elektroenerģijas izstrādes dēļ, taču tas nemazina šī objekta nozīmīgumu bezaizsprosta hidroelektrostaciju jomā un arī kā vēsturiskam objektam.

3.3. Putras dzirnavas pie Amatas upes

Putras dzirnavas tika celtas ap 1880. gadu tagadējā Amatas novada Drabešu pagastā (skat. 14. att.). Dzirnavu ēka bija neapmesta laukakmeņu mūra ar puspagrabu, zemes un jumta stāvu. Ēkas vienā galā bija dzirnavnieka dzīvojamās telpas, bet otrā – dzirnavu telpas ar koka piebūvi zāgētavai. Dzirnavas sākumā darbināja ūdensrats, bet 1930. gadā iebūvēta turbīna un uzstādīts ģenerators elektriskās strāvas ražošanai dzirnavu vajadzībām un tuvākajām kaimiņu mājām. Dzirnavas darbojās līdz 1944. gadam (Teivens, 1985).



14. att. Putras dzirnavu atrašanās vieta

Avots: www.balticmaps.eu ar autora piezīmēm

Putras dzirnavās bija uzstādīta vertikāla Frensisa turbīna. Kritums bija 3,5 m. Ūdens turbīnas darbināšanai tika padots pa apmēram 1,0 km garu un 4,0 m platu derivācijas kanālu. Upē bija izbūvēts 0,5 m augsts un 30,0 m garš akmeņu bērumš ar sausās un slapjās nogāzes slīpumu 1:1. Uz derivācijas kanāla vēl izvietotas koka konstrukcijas 2,0 m platas slūžas (skat 4. pielikumu). Ziemā dzirnavas strādājušas ar grūtībām, jo bijis maz ūdens, bet vasarā tā bijis gana, lai turbīnu darbinātu 5 stundas katru dienu (Боронков, 1949).

3.3. Amata

Amata ir Gaujas kreisā krasta pieteka Amatas novadā. Par Amatas sākumu tiek uzskatīta 1) Rezguļu upe, kas iztek no Kūkāļa ezera; 2) izteka pie Rezguļu ezera; 3) izteka no Laizīša ezera; 4) izteka no Rezguļu ezera. Līdz Braslas (labās puses maza pieteka) ietekai Amatas krastos purvainas ieplakas mijas ar augstiem pauguriem. No Braslas ietekas līdz Skujenei upe tek pa kūdrāju, kur tā pirmoreiz taisnota 1933. gadā. Lejtecē Amata tek pa senleju ar stāviem smilšakmens un dolomīta krastiem. Amatas garums ir 67 km. Gultnes pazeminājums ir 193 m, vidējais kritums 2,84 m/km. Sateces baseina platība 386 km² (Kavacs, 1994).

15. attēlā ar sarkano krāsu apzīmētais Amatas upes posms ir 925 m garš, gultnes pazeminājums 7 m. Līdz ar to Amatas upes vidējais kritums izvēlētajā posmā ir 7,6 m/km. Ar zaļo krāsu apzīmētais posms ir 653 m garš un gultnes pazeminājums ir 4 m. vidējais kritums izvēlētajā posmā ir 6,1 m/km.



15. att. Potenciālās HES ierīkošanas vietas uz Amatas upes
Avots: www.balticmaps.eu un www.kurtuesi.lv ar autora piezīmēm

3.4. Arona

Arona ir Aiviekstes labā krasta pieteka Madonas novadā. Iztek no Skujiešu ezera Vidzemes augstienē Vesetas paugurainē. Upes augštece daļēji meliorēta pārpurvotā ūdensšķirtnes rajonā. Arona plūst pa augstiene nogāze, strauji paātrinās tās tecējums. Atsevišķos posmos kritums pārsniedz 6 m/km. Lejtecē (Aronas paugurlīdzenumā) tas ir tikai 0,8 m/km. Daudz līkumu. Hidroloģiski labi izpētīta, jo kopš 1956. gada Aronas lejtecē darbojas hidrometriskais postenis. Aronas garums ir 44 km. Kopējais gultnes pazeminājums ir 118 m. Vidējais kritums 2,7 m/km. Sateces baseina platība 315 km² (Kavacs, 1994).

16. attēlā ar sarkano krāsu apzīmētais Aronas upes posms ir 720 m garš. Upes gultnes pazeminājums ir 7 m. Līdz ar to Aronas upes vidējais kritums izvēlētajā posmā ir 9,7 m/km. Ar zaļo krāsu apzīmētais posms ir 1,0 km garš. Gultnes pazeminājums ir 5 m un vidējais kritums izvēlētajā posmā ir 5 m/km.

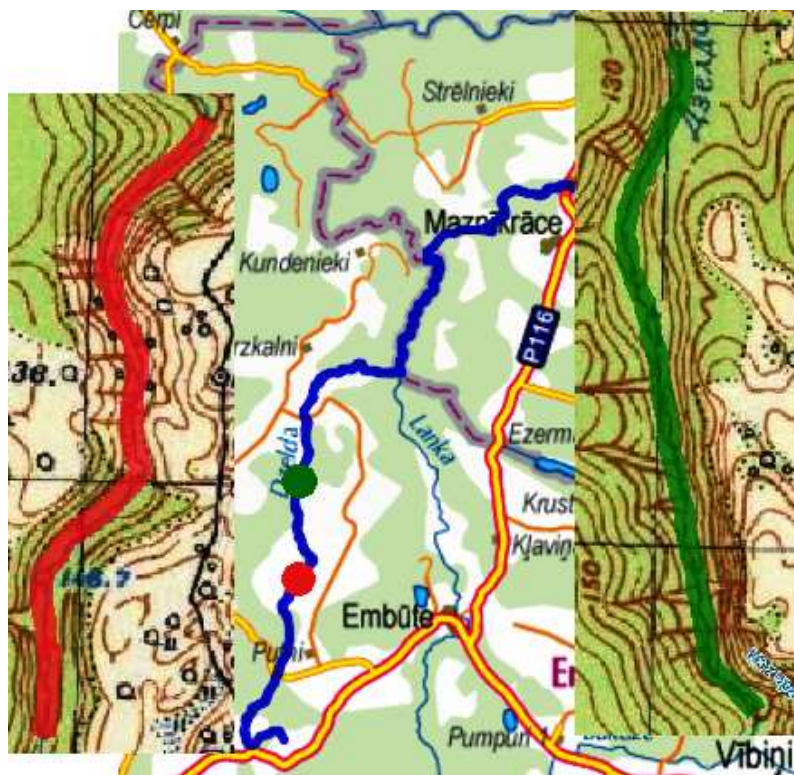


16. att. Potenciālās HES ierīkošanas vietas uz Aronas upes
Avots: www.balticmaps.eu un www.kurtuesi.lv ar autora piezīmēm

3.5. Dzelda

Dzelda ir Šķērveļa kreisā krasta pieteka Vaiņodes un Skrundas novados. Iztek no neliela ezera Embūtes paugurainē. Nelielā posmā to sauc arī par Kazupi. Upe ir līkumaina, ar dziļu ieleju un daudzām sāngrāvām. Palienes nelielas. Augštecē meži, lejtecē tīrumi ar krūmu un mežu puduriem. Dzeldas garums ir 24 km. Kopējais gultnes pazeminājums ir 89 m. Vidējais kritums 3,7 m/km. Sateces baseina platība 70,9 km². Viena no straujākajām Latvijas upēm (krituma augštecē 5,8 m/km, vidustecē 3m/km, pēdējos 2 km pirms ietekas 12,5 m/km (Kavacs, 1995).

17. attēlā ar sarkano krāsu apzīmētais Dzeldas upes posms ir 1,35 km garš. Upes gultnes pazeminājums ir 10 m. Līdz ar to Dzeldas upes vidējais kritums izvēlētajā posmā ir 7,4 m/km. Ar zaļo krāsu apzīmētais posms ir 1,37 km garš. Gultnes pazeminājums ir 10 m, bet vidējais kritums izvēlētajā posmā ir 7,3 m/km.



17. att. Potenciālās HES ierīkošanas vietas uz Dzeldas upes
Avots: www.balticmaps.eu un www.kurtuesi.lv ar autora piezīmēm

3.6. Grūba

Grūba ir Kumadas labā krasta pieteka Amatas novadā. Pie Ieriķiem to sauc par Ieriķupīti, uz leju no bijušajām Ieriku dzirnavām – par Meldrupi (kartēs reizēm visu upi sauc par Meldupi). Grūba tek pa Vidzemes augstienes malas pauguraini. Lejpus Vidzemes šosejas upē ir 2 daļēji mākslīgi veidoti ūdenskritumi, kas kopā ar bijušajām Ieriku dzirnavām ir aizsargājams dabas objekts. Grūbas garums ir 11 km. Kopējais gultnes pazeminājums ir 102 m. Vidējais kritums 9,3 m/km (Kavacs, 1995).

18. attēlā ar sarkano krāsu apzīmētais Grūbas upes posms ir 909 m garš. Upes gultnes pazeminājums ir 10 m. Līdz ar to Grūbas upes vidējais kritums izvēlētajā posmā ir 11 m/km.



18. att. Potenciālā HES ierīkošanas vieta uz Grūbas upes
 Avots: www.balticmaps.eu un www.kurtuesi.lv ar autora piezīmēm

3.7. Jāša

Jāša jeb Jāšupe ir Dubnas labā krasta pieteka Preiļu novadā. Iztek no Jāšezera un uzņem augstāk atrodamos ezeru ūdeņus, dažkārt arī Rušona ūdeņus. Sākumā tek pa starppauguru ieplakām Freimaņu pagurainē. Pie Aizkalnes pagriežas gar pauguraines malu mežainā ielejā, kas lejpus Pelēču dzirnavām paplašinās. Jāšas garums ir 28 km. Kopējais gultnes pazeminājums ir 52 m. Vidējais kritums 1,8 m/km. Sateces baseina platība 191 km² (Kavacs, 1995).

19. attēlā ar sarkano krāsu apzīmētais Jāšas upes posms ir 1,1 km garš. Upes gultnes pazeminājums ir 7 m. Līdz ar to Jāšas upes vidējais kritums izvēlētajā posmā ir 6,3 m/km.

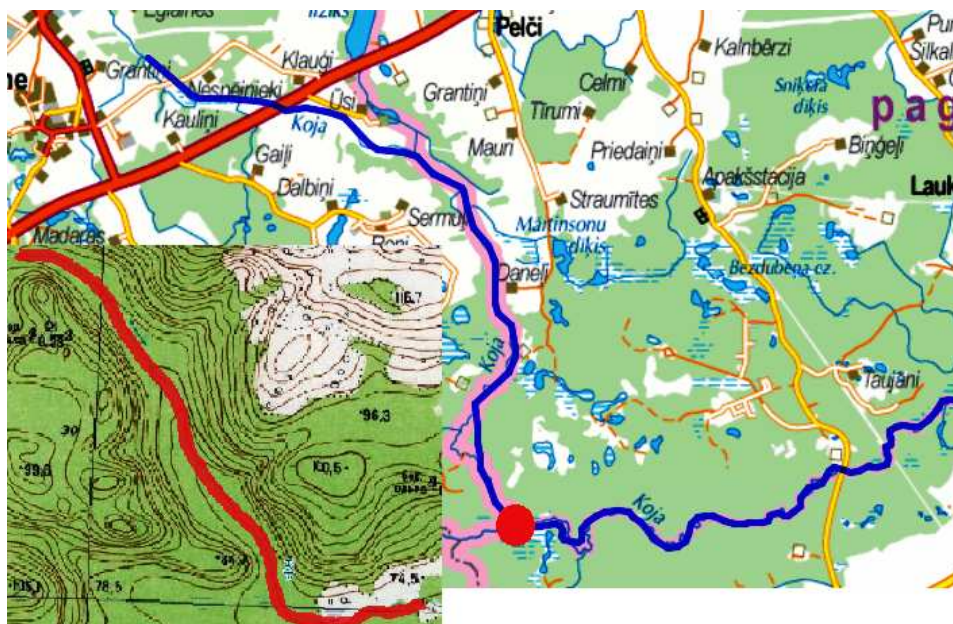


19. att. Potenciālā HES ierīkošanas vieta uz Jāšas upes
 Avots: www.balticmaps.eu un www.kurtuesi.lv ar autora piezīmēm

3.8. Koja

Koja ir lentas kreisā krasta pieteka Skrundas novadā. Iztek no neliela mežezera. Samērā dziļā gravā līkumo pa Rietumkursas augstienes Bandavas pauguraini. Krastos meži un pļavas mijas ar tūriem. Kojas garums ir 25 km. Kopējais gultnes pazeminājums ir 70,2 m. Vidējais kritums 2,8 m/km. Sateces baseina platība 97,7 km² (Kavacs, 1995).

20. attēlā ar sarkano krāsu apzīmētais Kojas upes posms ir 1,0 km garš. Upes gultnes pazeminājums ir 10 m. Līdz ar to Kojas upes vidējais kritums izvēlētajā posmā ir 10 m/km.



20. att. Potenciālā HES ierīkošanas vieta uz Kojas upes
Avots: www.balticmaps.eu un www.kurtuesi.lv ar autora piezīmēm

3.9. Lētīža

Lētīža (Leitiža, Letiža) ir Ventas kreisā krasta pieteka Vaiņodes novadā. Sākas Vaiņodes apkārtnē un tek pa Rietumkursas augstienes Embūtes pauguraini. Augštecē uzņem nelielu ezeru noteci. Vidustecē ir plaša, dziļa ieleja ar stāviem krastiem un daudziem asiem līkumiem. Lētīžas garums ir 32 m. Kopējais gultnes pazeminājums ir 100 m. Vidējais kritums 3,1 m/km. Sateces baseina platība 127 km². Lētīža ir viena no straujākām Latvijas upēm, bet kopējais kritums sadalās diezgan nevienmērīgi: augštecē 2,7 m/km, dažos posmos 0,5-1 m/km, vietām 3-4 m/km, lejtecē pie ietekas Ventā 7 m/km (Kavacs, 1995).

21. attēlā ar sarkano krāsu apzīmētais Lētīžas upes posms ir 1,0 km garš. Upes gultnes pazeminājums ir 4 m. Līdz ar to Lētīžas upes vidējais kritums izvēlētajā posmā ir 4 m/km. Ar zaļo krāsu apzīmētais upes posms ir 1,3 km garš. Upes posma gultnes pazeminājums ir 6 m, bet vidējais kritums ir 4,6 m/km.



21. att. Potenciālās HES ierīkošanas vietas uz Lētīžas upes
Avots: www.balticmaps.eu un www.kurtuesi.lv ar autora piezīmēm

3.10. Līgatne

Līgatne, saukta arī Ligate, ir Gaujas kreisā pieteka Līgatnes un Amatas novados. Sākas Mežoles paugurainē no Mežēku ezeriem Nītaures pagastā. Visstraujākā no Gaujas pietekām. Augštecē lejpus Nītaures - Spāres ceļa tilta tek pa 4 km garo Elles gravu. Sākot no Šķēpeļu dzirnavu ezera upe tek pa 45 - 60 m dziļu ieleju. Krastos smilšakmens atsegumi. Līgatnes garums ir 31 km. Kopējais gultnes pazeminājums ir 177 m. Vidējais kritums 5,7 m/km. Sateces baseina platība 88,9 km² (Kavacs, 1995).

22. attēlā ar sarkano krāsu apzīmētais Līgatnes upes posms ir 788 m garš. Upes gultnes pazeminājums ir 8 m, bet vidējais kritums izvēlētajā posmā ir 10,2 m/km.



22. att. Potenciālā HES ierīkošanas vieta uz Līgatnes upes
Avots: www.balticmaps.eu un www.kurtuesi.lv ar autora piezīmēm

3.11. Pērse

Pērse ir Daugavas labā krasta pieteka, kas tek caur Ērgļu, Pļaviņu un Kokneses novadiem. Sākas Kārdecas mežā Sausnējas pagastā. Augštecē tek pa Vidzemes augstienes dienvidu daļu kā sekls grāvis krūmainās pļavās un jauktos mežos. 10 km garā posmā upes gultnes pazeminājums sasniedz 88 m. Lejpus Iršupītes ietekas gultne 25 km garā posmā regulēta ar gultnes pazeminājumu 33 m. Lejpus Bormaņiem upe veido 3-4 m dziļu ieleju, kas tālāk pakāpeniski padziļinās līdz 30 m. Pērses garums ir 50 km. Kopējais gultnes pazeminājums ir 122 m. Vidējais kritums 2,4 m/km. Sateces baseina platība 311 km² (Kavacs, 1997).

23. attēlā ar sarkano krāsu apzīmētais Pērses upes posms ir 800 m garš. Upes gultnes pazeminājums ir 8 m. Līdz ar to Pērses upes vidējais kritums izvēlētajā posmā ir 10 m/km.



23. att. Potenciālā HES ierīkošanas vieta uz Pērses upes
Avots: www.balticmaps.eu un www.kurtuesi.lv ar autora piezīmēm

3.12. Riežupe

Riežupe (arī Reža un Režupe) ir Ventas labā krasta pieteka Kuldīgas novadā. Augštecē to dēvē par Ēģenieku grāvi, vidustecē par Rimzānupi, bet lejpus Veldzes ietekas par Liekni. Sākas Austrumkursas augstienes rietumu nogāzē. Augštecē tek caur mežiem ar seklu ieleju un plašām palienēm. Vidustecē gultne ir regulēta, jo tek pa lauksaimniecības zemēm. Lejtecē ir stipri līkumota un tek pa dziļu gravu. Riežupes garums ir 42 km. Kopējais gultnes pazeminājums ir 57 m. Vidējais kritums 1,4 m/km. Sateces baseina platība 173 km² (Kavacs, 1997).

24. attēlā ar sarkano krāsu apzīmētais Riežuopes posms ir 746 m garš. Upes gultnes pazeminājums ir 4 m, bet vidējais kritums izvēlētajā posmā ir 5,4 m/km.



24. att. Potenciālā HES ierīkošanas vieta uz Riežuopes
Avots: www.balticmaps.eu un www.kurtuesi.lv ar autora piezīmēm

3.13. Savīte

Savīte ir Vesetas kreisā krasta pieteka Madonas novadā. Iztek no Kaņepēnu (Savītes) ezera. Tek pa Vestienas pauguraini, lejtecē pa Aronas paugurlīdzenumu. Pašā lejtecē 2,5 km garā posmā upes gultne ir regulēta. Savītes garums ir 25 km. Kopējais gultnes pazeminājums ir 123 m. Vidējais kritums 4,9 m/km. Sateces baseina platība 55,8 km² (Kavacs, 1998).

25. attēlā ar sarkano krāsu apzīmētais Savītes upes posms ir 708 m garš. Upes gultnes pazeminājums ir 8 m. Līdz ar to Savītes upes vidējais kritums izvēlētajā posmā ir 11,3 m/km.



25. att. Potenciālā HES ierīkošanas vieta uz Savītes upes
Avots: www.balticmaps.eu un www.kurtuesi.lv ar autora piezīmēm

3.14. Taleja

Taleja ir Bērzaunes labā krasta pieteka Madonas novadā. Tā iztek no Talejas ezera, kas atrodas uz rietumiem no Gaiziņkalna. Talejas sateces baseins ir 34 km² un atrodas Vestienas paugurainē. Talejas garums ir 20 km. Kopējais gultnes pazeminājums ir 145 m. Vidējais kritums 7,2 m/km. Talejas reālais kritums ir viens no lielākajiem Latvijas mazajās upēs (Kavacs, 1998).

26. attēlā ar sarkano krāsu apzīmētais Talejas upes posms ir 752 m garš. Upes gultnes pazeminājums ir 8 m, bet vidējais kritums izvēlētajā posmā ir 10,6 m/km.

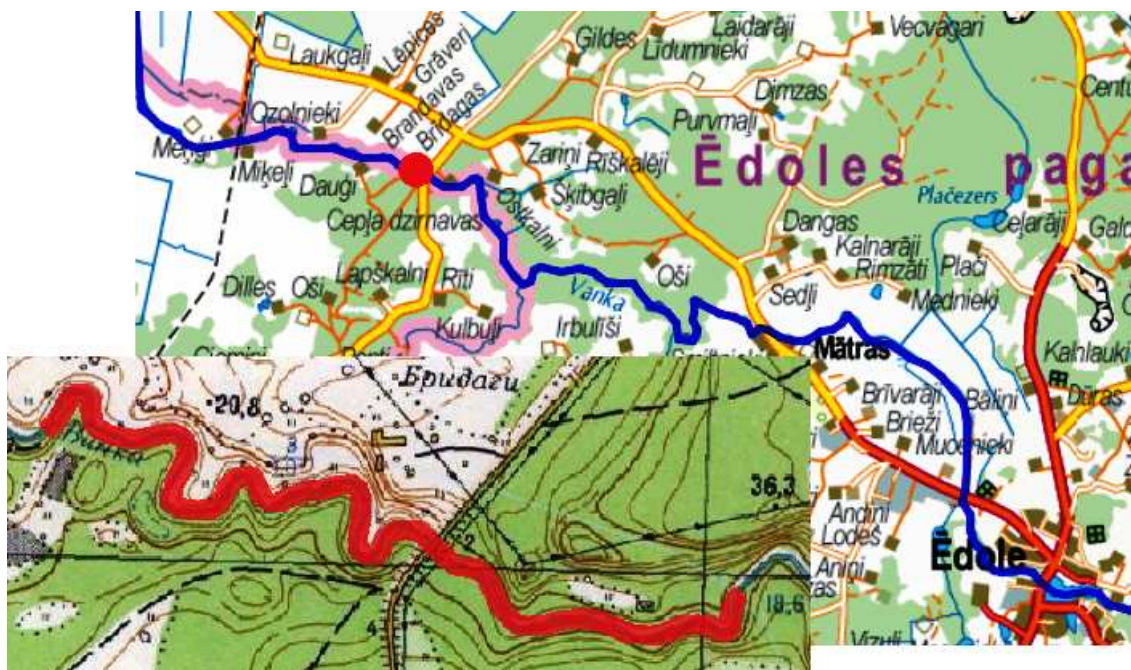


26. att. Potenciālā HES ierīkošanas vieta uz Talejas upes
Avots: www.balticmaps.eu un www.kurtuesi.lv ar autora piezīmēm

3.15. Vanka

Vanka ir Užavas upes labā krasta pieteka Kuldīgas novadā. Augštecē to sauc arī par Planīcas upi, bet vidustecē par Ēdoles upi. Augštecē un vidustecē tek pa Rietumkursas augstienes Kurmāles pauguraini, lejtecē pa Piejūras zemienes Piemares līdzenumu. Lejastece ir regulēta un iztaisnota. Vankas garums ir 30 km. Kopējais gultnes pazeminājums ir 80 m. Vidējais kritums 2,7 m/km. Sateces baseina platība 85,6 km² (Kavacs, 1998).

27. attēlā ar sarkano krāsu apzīmētais Vankas upes posms ir 1,0 km garš. Upes gultnes pazeminājums ir 6 m. Līdz ar to Vankas upes vidējais kritums izvēlētajā posmā ir 6 m/km.



27. att. Potenciālā HES ierīkošanas vieta uz Vankas upes
Avots: www.balticmaps.eu un www.kurtuesi.lv ar autora piezīmēm

3.16. Veseta

Veseta ir Aiviekstes labā krasta pieteka Madonas, Ērgļu un Pļaviņu novados. Iztek no Kālezera Kuilīšu līča Vestienas pagastā. Tek pa Vestienas pauguraini un Aronas paugurlīdzenumu labi izteiktā ielejā, kas daudzviet sašaurinās un veido gravu. Vietalvas apkaimē tek pa senleju. Lejtecē upe tek pa Vesetas - Aronas pazeminājumu. Šajā posmā upe regulēta. Pie Aiviekstes dolomīta karjeriem izveidots 1,2 km garš kanāls (Vesetas kanāls), pa kuru lielākā daļa noteces ievadīta Aiviekstē. Vesetas garums 56 km. Gultnes pazeminājums ir 110 m. Vidējais kritums 2 m/km. Sateces baseina platība 314 km² (Kavacs, 1998).

28. attēlā ar sarkano krāsu apzīmētais Vesetas upes posms ir 580 m garš. Upes gultnes pazeminājums ir 6 m. Līdz ar to Vesetas upes vidējais kritums izvēlētajā posmā ir 10,3 m/km.



28. att. Potenciālā HES ierīkošanas vieta uz Vesetas upes
Avots: www.balticmaps.eu un www.kurtuesi.lv ar autora piezīmēm

3.17. Zaņa

Zaņa ir Ventas labā krasta pieteka Saldus novadā. Sākas kā neliels meža grāvis. Gandrīz visā tecējumā ir Vadakstes līdzenuma un Vārmes nolaidenuma robežupe. Augštecē un daļā vidusteces gultne ir regulēta. Baseina augšdaļā netālu no Zaņas upes atrodas Kūmu kaļķakmens karjeri, no kuriem upē tiek ievadīti karbonātiem bagāti ūdeņi. Zaņas garums ir 53 km. Kopējais gultnes pazeminājums ir 75 m. Vidējais kritums 1,4 m/km. Sateces baseina platība 257 km² (Kavacs, 1998).

29. attēlā ar sarkano krāsu apzīmētais Zaņas upes posms ir 1,25 km garš. Upes gultnes pazeminājums ir 2 m. Līdz ar to Zaņas upes vidējais kritums izvēlētajā posmā ir 1,6 m/km. Ar zaļo krāsu apzīmētais Zaņas upes posms ir 810 m garš. Gultnes pazeminājums ir 4 m, bet vidējais kritums izvēlētajā posmā ir 4,9 m/km.



29. att. Potenciālās HES ierīkošanas vietas uz Zaņas upes
Avots: www.balticmaps.eu un www.kurtuesi.lv ar autora piezīmēm

4. Iespējamā Krēmeru dzirnavu HES atjaunošana pie Bērzaunes upes

Ar LR Ministru kabineta 2002.g. 15.janvāra Noteikumu Nr. 27 „Noteikumi par upēm (upju posmiem), uz kurām zivju resursu aizsardzības nolūkā aizliegts būvēt un atjaunot hidroelektrostaciju aizsprostus un veidot jebkākus mehāniskus šķēršļus” 1. pielikumu noteikts, ka uz Bērzauni attiecas šo noteikumu pamatprasība, tātad Bērzaunē nedrīkst veidot jebkākus mehāniskus šķēršļus.

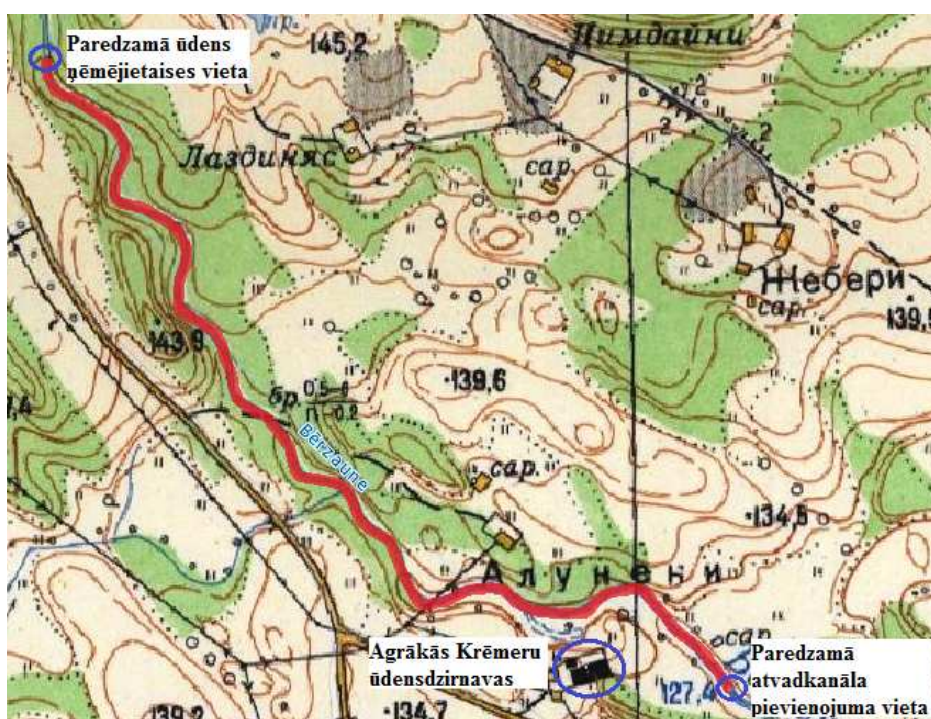
Neskatoties uz MK Noteikumu Nr. 27 prasībām, pastāv iespēja agrākajās Krēmeru ūdensdzirnavās atjaunot ūdens enerģijas izmantošanu, lai ražotu elektroenerģiju, neveidojot ne aizsprostu, ne arī jebkādu mehānisku šķērslī Bērzaunes upē. Tam nepieciešams:

- uzbūvēt Bērzaunē akmeņu bēruma sliekšni ar betonētu, hidrauliski kalibrētu pārgāzni caurplūdumu sadalīšanai;
- paralēli Bērzaunes upes labajam krastam izveidot 12,0 m garu ūdens ieņēmējietaisies pārlijas sienu ar restēm rupju peldošu priekšmetu aizturēšanai;
- izrakt derivācijas kanālu paralēli Bērzaunei, kurš savāc pār pārlijas sliekšni pārtecējušo ūdeni un aizvada to uz derivācijas spiedvadu;
- iebūvēt ūdens ņēmējietaisi ar restēm derivācijas kanāla galā;
- iebūvēt derivācijas spiedvadu;
- uzstādīt konteineru netālu no Krēmeru dzirnavu ēkas;
- ievietot konteinerā horizontālus hidroagregātus ar propellera turbīnām un ģeneratoriem;
- pārtīrīt agrāko Krēmeru dzirnavu atvadkanālu līdz pievienojumam Bērzaunei;
- izrakt atvadkanālu līdz agrākajam atvadkanālam, pa kuru ūdens ietek Bērzaunē.

Krēmeru dzirnavu HES paredzēts uzstādīt vienu ПП-5-Г-20 markas agregātu ar horizontālu propellera turbīnu ar 5,5 kW jaudas ģeneratoru; divas Т-32 markas agregātus ar 15 kW jaudas ģeneratoru katram. Kopējā uzstādītā jauda 35,5 kW.

4.1. Bērzaunes upes garenprofila analīze

Bezaizsprosta hidroelektrostaciju ir perspektīvi ierīkot līdzās Bērzaunes upei posmā pirms agrākajām Krēmeru ūdensdzirnavām. 30. attēlā ar sarkanu iezīmētais upes posms ir 1010 m garš; paredzams, ka tas būs „apietais” upes posms, kurā tiks nodrošināts ekoloģiskais caurplūdums ekosistēmas saglabāšanai. Kā redzams upes gultnes garenprofilā (skat. 1. pielikumu) Bērzaunes upes garenkritums apietajā posmā ir 12,60 m (esošā augstuma atzīme paredzamās ūdens ņēmējietais vietā ir 140,00 m B.S., bet atvadkanāla pievienojuma vietā – 127,40 m B.S.).



30. att. Objekta pārskata plāns

Avots: www.kurtuesi.lv ar autora piezīmēm

4.2. Bērzaunes upes hidroloģiskais raksturojums

Bērzaune (ūdenssaimnieciskā iecirkņa kods - 421623) (MK not. Nr. 318, 30.03.2010.) ietilpst Aiviekstes baseinā Daugavas lielbaseinā, tā ir Aronas labā pieteka Madonas novada Kalsnavas pagastā. Bērzaunes garums ir 29,5 km, kopējais sateces baseina laukums – 126,5 km². Gada noteces tilpums 0,037 km³, kopējais kritums 144 m, vidēji 4,8 m/km. Upe ir vairāki dzirnavezēri, tā sākas Vidzemes augstienes dienvidu daļā, Vestienes paugurainē.

Uz Bērzaunes upes nekad nav bijis hidrometriskais postenis. Tādēļ par posteni – analoģu jāizvēlas Vidzemes augstienes upe ar nelielu sateces baseinu un līdzīgiem klimatiskajiem un baseina morfoloģiskajiem rādītājiem. Veicot baseinu analīzi, par piemērotāko noteikta Aronas upe ar Aronieši hidrometrisko posteni ($A = 309 \text{ km}^2$, vidējais caurplūdums $3,88 \text{ m}^3/\text{s}$) (Zīverts, Strūbergs, 2000). Hidroloģiskajiem aprēķiniem ir izmantoti šī hidrometriskā posteņa novērojumu matemātiskās apstrādes rezultāti.

Krēmeru dzirnavu vērūmā Bērzaunes sateces baseins noteikts, izejot no Ūdens saimniecisko iecirkņu klasifikatora (Vides ministrijas rīk. Nr.126, 30.03.2005.) datiem un ir $A = 44,4 \text{ km}^2$. Mežu platība baseinā $A_m = 30\%$, purvi aizņem $A_p = 5\%$. Bērzaunes baseina augšdaļā ir vairāki mazi ezeri $0,31 \text{ km}^2$ kopplatībā, taču to nozīme palu caurplūdumu transformēšanā nav nozīmīga.

Ilggadīgais vidējais nokrišņu slānis Bērzaunes sateces baseinā ir 810 mm, bet gada vidējais summārās iztvaikošanas slānis ir 460 mm. Noteces norma ir 380 mm noteces slāņa veidā.

Hidroloģiskie aprēķini veikti pēc Ministru kabineta noteikumiem Nr. 631 „Noteikumi par Latvijas būvnormatīvu LBN 224 – 05 „Meliorācijas sistēmas un hidrotehniskās būves””. Aprēķinos izmantotas empīriskās formulas (skat. 5. pielikumā) un izolīniju kartes, kas sastādītas, apkopojot Latvijā veiktos hidrometriskos novērojumus (Zīverts, 2004).

Pavasara palu maksimālo caurplūdumu aprēķina pēc 1. formulas, izmantojot 2. un 3. formulu.

$$Q_{1\%} = 19,3 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Citu pārsniegšanas varbūtības caurplūdumus iegūst ar pārejas koeficientiem:

$$Q_{3\%} = 15,8 \text{ m}^3/\text{s} \quad - \text{ atkārtogas reizi 33 gados;}$$

$$Q_{5\%} = 14,3 \text{ m}^3/\text{s} \quad - \text{ atkārtogas reizi 20 gados;}$$

$$Q_{10\%} = 12,2 \text{ m}^3/\text{s} \quad - \text{ atkārtogas reizi 10 gados;}$$

$$Q_{25\%} = 9,46 \text{ m}^3/\text{s} \quad - \text{ atkārtogas reizi 4 gados.}$$

Ar $Q_{1\%} = 19,3 \text{ m}^3/\text{s}$ ir jāreķinās, nosakot plūdu pārgāznes caurvades spēju, paredzot maksimālo ūdens līmeņa atzīmi ūdenskrātuvē. Ar $Q_{5\%} = 14,3 \text{ m}^3/\text{s}$ jāreķinās dimensionējot plūdu pārgāzni.

Vasaras mazūdens perioda minimālo caurplūdumu aprēķina pēc 6 formulas, izmantojot 7. un 8. formulu.

Vasaras mazūdens minimālais caurplūdums ar nodrošinājumu 95%:

$$Q_{\min.30d.vas.95\%} = 5,50 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Vidējo caurplūdumu raksturojums

Gada vidējās noteces apjomu aprēķina pēc 9. formulas.

$$W = 16,87 \text{ miljoni m}^3.$$

Gada vidējo caurplūdumu aprēķina pēc 10. formulas.

$$Q_{\text{vid}} = 0,535 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Gada vidējais noteces moduli aprēķina pēc 11. formulas.

$$q = 12,05 \text{ l/s} \times \text{km}^2$$

Mēnešu vidējie caurplūdumi Krēmeru dzirnavu HES vērumā aprēķināti pēc Aronas upes Aroniešu hidrometriskā posteņa datiem ($A = 309 \text{ km}^2$, vidējais caurplūdums $3,88 \text{ m}^3/\text{s}$) (Zīverts, Strūbergs 2000), ņemot vērā vidējo caurplūdumu attiecību $0,535/3,88 = 0,138$.

10. tabula

Mēneša vidējie caurplūdumi Krēmeru dzirnavu HES

Mēnesis	Vidējie mēnešu caurplūdumi Krēmeru dzirnavu HES vērumā, m^3/s	Vidējie mēnešu caurplūdumi Aronā – Aroniešu hidrometriskajā postenī, m^3/s
Janvāris	0,54	3,9
Februāris	0,43	3,1
Marts	0,63	4,9
Aprīlis	1,52	11,0
Maijs	0,56	4,1
Jūnijs	0,23	1,7
Jūlijs	0,21	1,5
Augusts	0,29	2,1
Septembris	0,38	2,8
Oktobris	0,50	3,6
Novembris	0,54	3,9
Decembris	0,52	3,8
Gadā	0,535	3,88

No 10. tabulas redzams, ka HES ekspluatācijas laikā mēnešu vidējie caurplūdumi gada griezumā Bērzaunē būs izteikti mainīgi: aprīlī – $1,52 \text{ m}^3/\text{s}$, jūlijā $0,21 \text{ m}^3/\text{s}$, tātad

apmēram 7,2 reizes mazāk. Tas ir raksturīgi upēm ar nelielu sateces baseinu, kā tas ir Bērzaunei Krēmera dzirnavu vērumā.

4.3. Ekoloģiskais caurplūdums apietajā upes posmā

Ekoloģisko caurplūdumu apietajā upes posmā BIOR speciālisti aprēķina kā 25% (1/4 daļu) no divu mazūdens mēnešu caurplūdumu summas. Krēmeru HES vērumā aprēķinātie mazūdens mēneši ir jūnijs un jūlijs, kad vidējais caurplūdums noteikts ir attiecīgi 0,23 un 0,21 m³/s. Līdz ar to ekoloģiskais caurplūdums apietajā Bērzaunes upes posmā

$$Q_{\text{ekol.}} = 0,11 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Šis caurplūdums sastāda 20,6 % no daudzgadu vidējā caurplūduma Bērzaunē dzirnavu HES vērumā. Ekoloģiskais caurplūdums $Q_{\text{ekol}} = 0,11 \text{ m}^3/\text{s}$ jānodrošina 1,10 km garajā apietajā upes posmā nepārtraukti neatkarīgi no caurplūduma Bērzaunes upē vienmēr, ja upē it tāds vai lielāks caurplūdums.

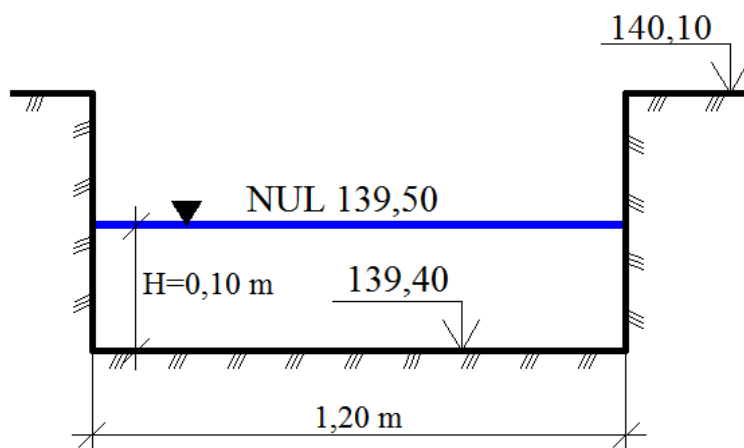
Ekoloģiskā caurplūduma nodrošināšanai Bērzaunes apietajā posmā nepieciešams izbūvēt akmeņu bēruma sliekšni ar kalibrētu pārgāzni. Tā galvenais uzdevums ir nodrošināt migrējošām zivīm iespēju pārvietoties pa Bērzauni un radīt nelielu uzstādīnājumu upē tā, lai Krēmeru dzirnavu derivācijas kanālā varētu ieplūst ūdens. (analogu tam, kāds 2002.g. tika izbūvēts Amatas upē pirms Billes HES).

Pavasara palu pārvadīšanas laikā augstākais līmenis uzstādīnājumā atkarīgs no iespējamajiem ledus sastrēgumiem un caurplūdumiem upē. Savukārt zemākais līmenis atkarīgs no minimālā caurplūduma Bērzaunē.

Ekoloģiskā sliekšņa garums stateniski Bērzaunes upes viduslīnijai ir 11,00 m. Akmeņu bēruma sliekšņa virsas atzīme ir 140,10 m B.S (skat. 31. att.). Pār ekoloģisko sliekšni visā tā platumā pārplūdīs palu un vasaras plūdu caurplūdumi, kuri pārsniedz 1,2 m³/s. Šāds un lielāks caurplūdums Bērzaunē ir vidēji 10 % no laika, kas vidēji gadā ir 36 diennaktis.

Pārgāzne izbūvējama pa vidu ekoloģiskajam sliekšnim. Tās garums ir 1,20 m (stateniski plūsmai), pārgāznes sliekšņa, pār kuru pārlīst ūdens, virsas atzīme būs 139,40 m B.S. Hidrauliski tā darbosies kā neappludināta pārgāzne ar platu sliekšni. Aiz

betonētās daļas gultnes garenslīpums ir 1:20, līdz tas savienojas ar Bērzaunes pamatgultni.



31. att. Ekoloģiskais sliekšnis ar kalibrētu pārgāzni
Avots: autordarbs

Garantējamais ekoloģiskais caurplūdums Bērzaunē pie Krēmeru dzirnavu HES ir noteikts $0,11 \text{ m}^3/\text{s}$ un tiks pārvadīts pār pārgāzni pie normālā ūdens uzstādīnājuma līmeņa (NŪL) 139,50 m B.S. apstākļos, kad dabiskais caurplūdums upē nebūs mazāks par $0,11 \text{ m}^3/\text{s}$.

Ja līmenis uzstādīnājumā pazeminās zem noteiktā NŪL 139,50 m B.S., tad HES turbīnu darbināšana jāpārtrauc. Līmenis uzstādīnājumā tad būs pilnībā atkarīgs no Bērzaunes dabīgā caurplūduma. Bērzaunes labajā krastā jāierīko aka ar līmeņdevēju faktiskā ūdens līmeņa reģistrēšanai un noraidīšanai uz HES vadības skapju monitoru. Vadoties no līmeņiem Bērzaunē, ir jāveic turbīnu darbības vadība.

Ūdens līmenim pārsniedzot atzīmi 139,50, tas sāk pārlīt 12,0 m garo ūdens ņēmējietais pārlijas sliekšni betona konstrukcijā, kurš iebūvēts derivācijas kanāla sākumā paralēli Bērzaunes upes labajam krastam. Pārlījušais ūdens iekļūst derivācijas kanālā un plūst virzienā uz ņēmējietaisi.

Palielinoties caurplūdumam un līdz ar to paaugstinoties līmenim Bērzaunē, palielināsies arī caurplūdums pār kalibrēto pārgāzni.

Lai nodrošinātu visu 3 paredzēto turbīnu darbību Krēmeru dzirnavu HES, derivācijas kanālā nepieciešams nodrošināt caurplūdumu $Q_T=0,99 \text{ m}^3/\text{s}$. Lai nodrošinātu šādu caurplūdumu ūdens līmenim virs pārlijas sliekšņa jābūt $H=0,21 \text{ m}$, kas atbilst līmenim Bērzaunē pirms sliekšņa un ūdens ņēmējietaisē 139,71 m B.S. Tomēr ņemot vērā iespējamus aizsērējumus paredzētajās restēs un hidrauliskos zudumus 0,04 m apmērā, Bērzaunē pirms akmeņu bēruma sliekšņa būs jābūt līmeņa atzīmei 139,75 m

B.S. Restēm rupjo peldošo priekšmetu aizturēšanai būs nepieciešams arī vienkāršs apkalpes tiltiņš.

4.4. Kritumu un derivācijas kanālu analīze

Paredzams, ka tiks izrakts 320 m garš derivācijas kanāls paralēli Bērzaunes upei pa augstuma horizontāli 140,00 m B.S. Līdz ar to derivācijas kanāla krasta līnijas atzīme būs 140,00 m B.S., bet gultnes atzīme 138,00 m B.S. Paredzēts, ka derivācijas kanālā normālais ūdenslīmenis būs uz atzīmes 139,50, zemākais - uz atzīmes 139,10, bet augstākais ūdens līmenis būs uz atzīmes 139,70 m B.S.

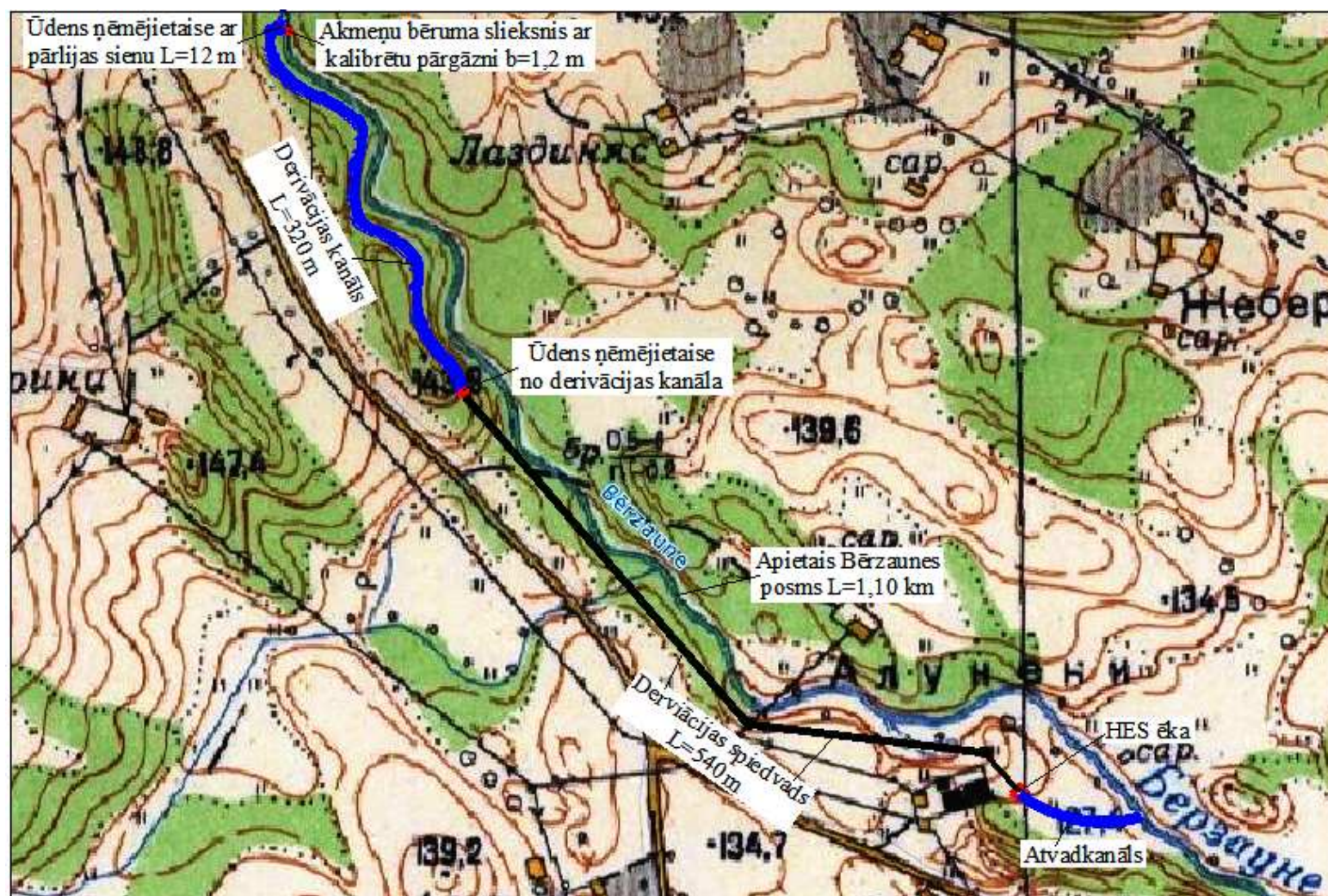
Derivācijas kanāla galā jāiebūvē ūdens ņēmējietais 800 mm diametra derivācijas spiedvadā. Ņēmējietais būs jāuzstāda restes ar spraugu platumu 20 mm un apkalpes tiltiņu. Ieplūde derivācijas spiedvadā jāizveido ar paplašinājumu nolūkā samazināt ieplūdē vietējos hidrauliskos zudumus. Derivācijas spiedvada ass tā sākumā paredzēta uz atzīmes 137,60 m B.S.

Derivācijas spiedvada garums paredzēts 540 m. Tajā būs divas 1,5 m diametra pagrieziņa akas (skat. 32. att.).

Derivācijas spiedvada hidrauliskie aprēķini.

Derivācijas spiedvads paredzēts kā zemspiediena plastmasas cauruļvada. Hidrauliskais aprēķins veikts, izmantojot nomogrammu, no kuras nolasa lielumu $1000i$ katram izvēlētajam caurplūdamam un atbilstoša diametra caurulei ($1000i$ izsaka hidrauliskos zudumus berzes pārvarēšanas dēļ metros uz kilometru garu cauruļvadu). Vietējie hidrauliskie zudumi ievērtēti 10% apmērā.

Šeit L ir derivācijas spiedvada garums $L=540$ m. Derivācijas spiedvada aprēķins ir ietverts hidroenerģētiskajā aprēķinā 12. tabulā.



32. att. Krēmeru dzirnavu HES shēma
 Avots: www.kurtuesi.lv ar autora piezīmēm

4.5. Turbīnu izvēle, caurplūdumu noteikšana

Krēmeru dzirnavu HES paredzēts uzstādīt trīs horizontālus hidroagregātus: divus ПП–7–Г-20 markas hidroagregātus (ražo Ukrainā A/S *Turboatom*) un vienu T-32 markas hidroagregātu (ražo Ukrainā SIA *Minihidro*).

ПП–7–Г-20 markas hidroagregāta propellerturbīnai darba rata diametrs ir 200 mm, caurplūdums $0,22 \text{ m}^3/\text{s}$, ģenerators jauda 15 kW; agregāta ar šo turbīnu kopējais lietderības koeficients $\eta_a = 0,67$, griešanās ātrums 1500 apgr./min; ģenerators lietderības koeficients 0,85. Turbīnas savienojums ar ģeneratoru – tiešs (A/S *Turboatom* dati).

T-32 markas hidroagregāta propellerturbīnai darba rata diametrs 320 mm, caurplūdumu $0,55 \text{ m}^3/\text{s}$, ģenerators jauda būs 40 kW; agregāta ar šo turbīnu kopējais lietderības koeficients $\eta_a = 0,68$ (SIA *Minihidro* dati); griešanās ātrums 1500 apgr./min; ģenerators lietderības koeficients 0,88. Turbīnas savienojums ar ģeneratoru – tiešs.

Kopējais visu trīs agregātu caurplūdums sastāda $0,99 \text{ m}^3/\text{s}$

Caurplūduma ilguma un noteces tilpuma līkņu koordinātas Krēmeru dzirnavu HES ir aprēķinātas pēc Aronas upes Aroniešu hidrometriskā posteņa apstrādātiem daudzgadu perioda katras diennakts vidējā caurplūduma datiem. Līknes dotas 33. un 34. attēlā. Pēc šīm līknēm nosaka galvenos hidroenerģētiskos rādītājus. 11. tabulā sniegtie rādītāji dod ieskatu par turbīnas caurplūdumu Q_T un tam atbilstošo caur turbīnu izvadāmā ūdens tilpumu W_T vidējā (no ūdens daudzuma un sadalījuma viedokļa) gada laikā ar caurplūdumu $0,535 \text{ m}^3/\text{s}$.

11. tabula

Turbīnas caurplūdums un tam atbilstošs caur turbīnu izvadāmā ūdens tilpums

Attiecība	Turbīnu caurplūdums			Caur turbīnām (teorētiski) izvadāmais ūdens tilpums	
	Q_T	ilgums, p		W_T	% no gada
$\frac{Q_T}{Q_{upē}}$	m^3/s	%	dienās	miljonos m^3	noteces tilpuma $W=16,87 \text{ milj. m}^3$
0,41	0,22	62	226	6,2	37
0,82	0,44	34	124	9,5	56
1,02	0,55	26	95	10,8	64
1,44	0,77	18	65	12,3	73
1,85	0,99	13	47	13,7	81

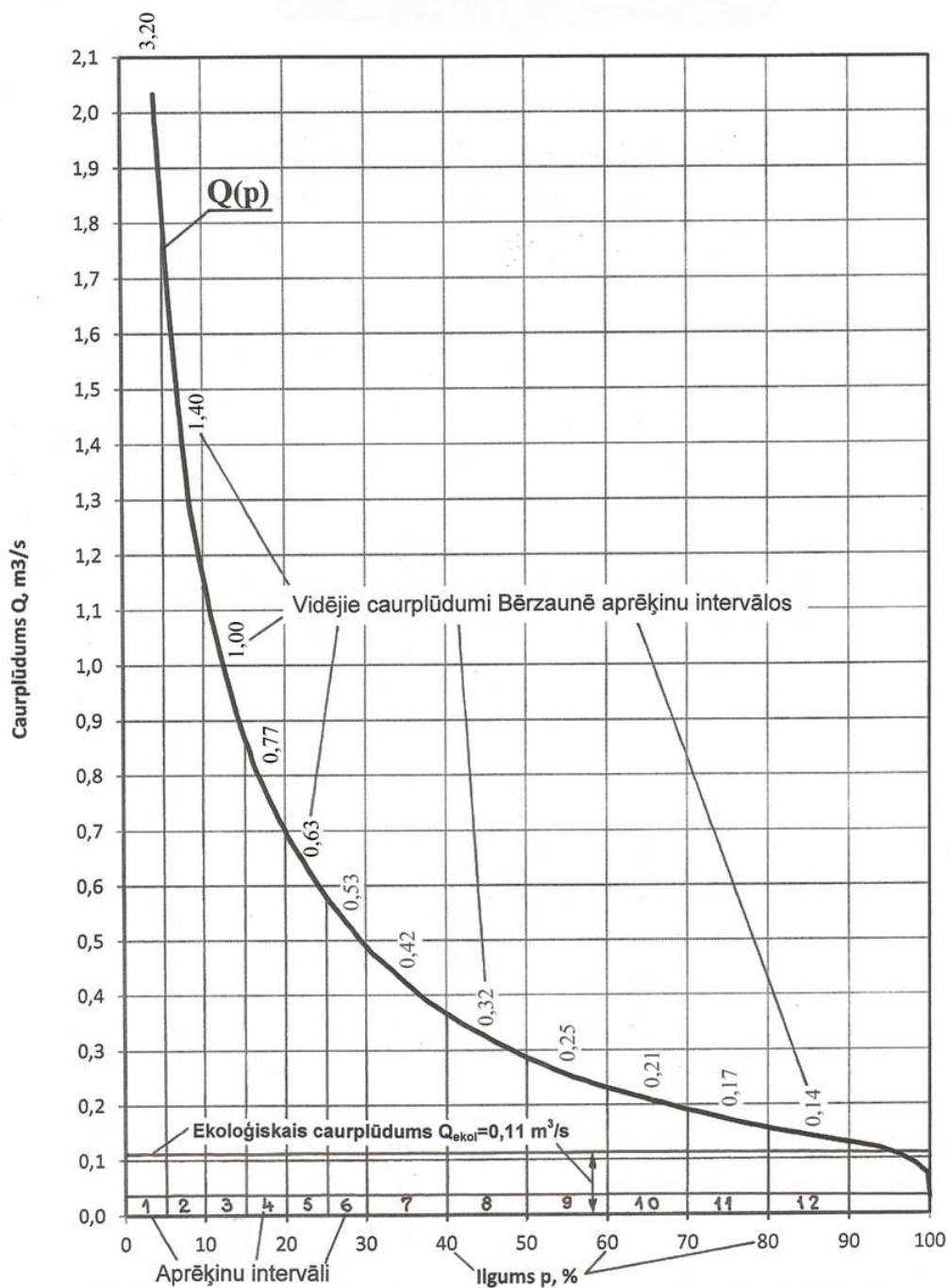
Attiecība 0,41 atbilst turbīnas ПП–7–Г-20 darbībai ar $Q_T=0,22 \text{ m}^3/\text{s}$;

Attiecība 0,82 atbilst turbīnas divu ПП–7–Г-20 darbībai ar $Q_T=0,44 \text{ m}^3/\text{s}$;

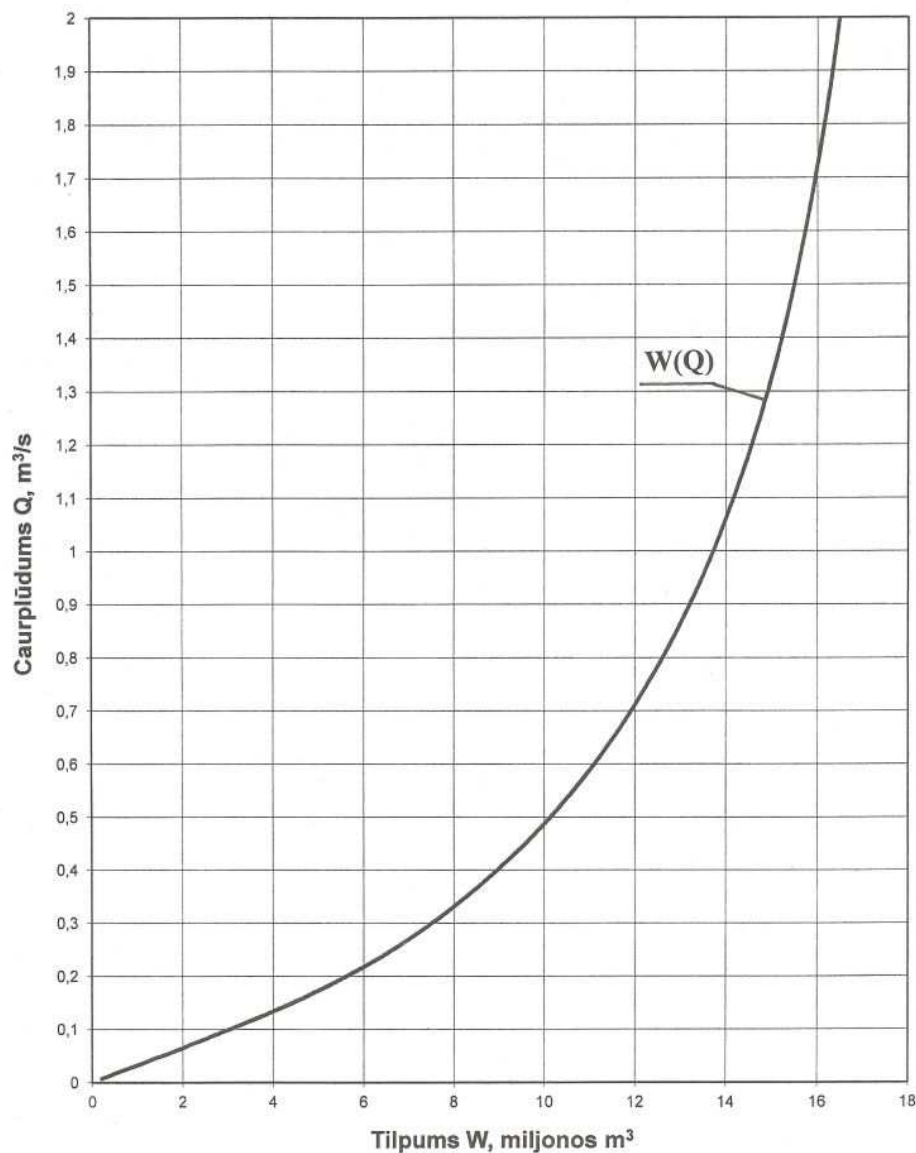
Attiecība 1,02 atbilst turbīnas T-32 darbībai ar $Q_T=0,55 \text{ m}^3/\text{s}$;

Attiecība 1,44 atbilst ПР-7-Г-20 un T-32 darbībai ar $Q_T=0,77 \text{ m}^3/\text{s}$;

Attiecība 1,85 atbilst visu trīs turbīnu darbībai ar $Q_T=0,99 \text{ m}^3/\text{s}$.



33. att. Caurplūduma ilguma līkne, aprēķina intervāli un vidējie caurplūdumi
Avots: autordarbs



34. att. Noteces apjoma līkne
Avots: autordarbs

Līkni $Q(p)$, kas sniegta 133. attēlā, sauc par caurplūduma ilguma līkni. Šajā līknē $p = 100 \%$ un atbilst 365 gada diennaktīm. No līknes izvēlētam caurplūdumam var noteikt ilgumu (izteiktu procentos no gada 365 dienām), kurš parāda to, cik ilgi dotais caurplūdums tiks pārsniegts. Savukārt līkni $W(Q)$, kas dota 34. attēlā, sauc par noteces tilpuma līkni un dotajam caurplūdumam pēc tās nolasa vidējam gadam (noteces tilpuma ziņā) atbilstošu ūdens tilpumu W_T , kuru iespējams izvadīt caur turbīnu, lai ražotu elektroenerģiju. Tilpums W_T ir atkarīgs no attiecības $Q_T/Q_{upē}$. Krēmeru dzirnavu HES attiecība ir $0,99/0,535 = 1,85$. Latvijas mazo HES vidū šis rādītājs ir jāvērtē kā vidēji augsts.

4.6. Elektroenerģijas izstrādes perspektīvie aprēķini

Hidroenerģētiskajiem aprēķiniem ilguma līkne $Q(p)$, kas dota 33. attēlā, sadalīta 12 aprēķina intervālos. Katra intervāla vidusdaļā ir dots upes vidējais caurplūdums. Atskaitot ekoloģisko caurplūdumu $0,11 \text{ m}^3/\text{s}$, iegūts turbīnu darbināšanai izmantojamais caurplūdums Q_T , kurš izmantots hidroenerģētiskajos aprēķinos.

Katram intervālam noteikta atbilstošā līmeņa atzīme. Bērzaunē atvadkanālā pievienojuma vietā pieņemta praktiski nemainīga līmeņa atzīme $127,40 \text{ m B.S.}$, bet atvadkanālā aiz HES ēkas – $127,50 \text{ m B.S.}$ Aprēķina bruto kritums ir H_{br} ir starpība pa vertikāli no ūdenslīmeņa atzīmes derivācijas kanālā $N\bar{U}L$ $139,50$ un ūdens līmeņa atzīmes atvadkanāla sākumā $127,50$, tātad $H_{br} = 12,0 \text{ m}$

Aprēķina kritums H_{apr} ir atkarīgs no hidrauliskajiem zudumiem derivācijas kanālā, spiedvadā, hidroelektrostacijā un atvadkanālā. Hidraulisko zudumu lielums atkarīgs no caurplūduma trasē. Aprēķina kritumu H_{apr} iegūst, ja no H_{br} atskaita visus hidrauliskos zudumus. H_{apr} izmaiņas redzamas 12. tabulā. Savukārt hidrauliskos zudumus tieši elektrostacijā sastāda vietējās hidrauliskās pretestības (cauruļu veidgabalos, pagriežamā diska vārstā), kuri, pie maksimālā hidroagregāta caurplūduma ir pieņemti $0,15 \text{ m}$, pie vidējiem caurplūdumiem – $0,10 \text{ m}$, bet pie maziem caurplūdumiem – $0,05 \text{ m}$.

Paredzēts uzstādīt trīs agregātus ar negrozāmām vadaparāta un darbrata lāpstām. Ģeneratori kopā attīstīs līdz 70 kW jaudu. Agregāta lietderības koeficients noteikts agregātam T-32 $\eta_a = 0,72$, bet agregātiem ПП–7–Г-20 $\eta_a = 0,68$. Caur agregātiem vidējā gadā izplūdis $9,736$ miljoni m^3 ūdens jeb $57,7 \%$ no vidēja gada noteces apjoma ($16,87 \text{ m}^3$). Ekoloģiskā caurplūduma nodrošināšanai vidēji gadā patērēs $0,11 \times 31,56 = 3,48$ milj. m^3 ūdens, kas sastāda $20,6\%$ no vidēja gada noteces apjoma. Pār ekoloģisko sliksni vidēji gadā nāksies pārļaut $16,87 - 9,736 - 3,48 = 3,65$ milj. m^3 ūdens, kas kopā sastāda $21,7\%$ ūdens, kuru nevarēs izmantot elektroenerģijas ražošanai. Kopā elektroenerģijas ražošanai netiks izmantoti $42,3 \%$ noteces tilpuma. Ar trīs agregātiem vidējā gadā teorētiski tiks saražota elektroenerģija $E_t = 203\,209 \text{ kWh}$ apjomā. Ievērojot iespējamās agregāta dīkstāves, ūdens zudumus filtrācijas un iztvaikošanas rezultātā, jāaprēķinās ar faktiski izstrādājamās elektroenerģijas samazinājumu par 5% , tātad realizēt tīklā varēs $E_{fakt} = 193\,000 \text{ kWh}$ vidējā gadā.

Elektroenerģētiskais aprēķins Krēmeru dzirnavu HES pie Bērzaunes upes

Interv. Nr.	Caurplūdums upē $Q_{upē}$	Turbīnu caurplūdums Q_T	1000 i	Zudumi h_{zud}	Kritums H_{br}	Zudumi HESā	Aprēķina kritums H_{apr}	Sekudes	Tilpums W_t	Agregāta lietderības koeficients	Elektroen. izstrāde
	m^3/s	m^3/s		m	m	m	m	milj.	milj. m^3		kWh
1	3,20	0,99	3,20	1,901	12	0,15	9,949	1,57788	1,562	0,72	30493
2	1,40	0,99	3,20	1,901	12	0,15	9,949	1,57788	1,562	0,72	30493
3	1,00	0,89	2,60	1,544	12	0,15	10,306	1,57788	1,404	0,72	28395
4	0,77	0,66	1,40	0,832	12	0,10	11,068	1,57788	1,041	0,72	22615
5	0,63	0,52	0,90	0,535	12	0,10	11,365	1,57788	0,820	0,72	18296
6	0,53	0,42	0,60	0,356	12	0,10	11,544	1,57788	0,663	0,68	14176
7	0,42	0,31	0,35	0,2079	12	0,10	11,692	3,15576	0,978	0,68	21195
8	0,32	0,21	0,17	0,1010	12	0,05	11,849	3,15576	0,663	0,68	14551
9	0,25	0,14	0,08	0,0475	12	0,05	11,902	3,15576	0,442	0,68	9744
10	0,21	0,10	0,05	0,0297	12	0,05	11,920	3,15576	0,316	0,68	6971
11	0,17	0,06	0,03	0,0178	12	0,05	11,932	3,15576	0,189	0,68	4186
12	0,14	0,03	0,01	0,0059	12	0,05	11,944	3,15576	0,095	0,68	2095
Kopā									9,736 milj. m^3		203209 kWh

4.7. Risinājumu ietekmes uz vidi novērtējums

Apkārtējās ūdenstilpes, ietekme uz zivju resursiem, ietekme un gruntsūdeņu līmeni, plūdu iespējamība

Agrākā ūdenstilpe - Krēmeru dzirnavezers, kurš 1,5 ha platībā uz Bērzaunes pastāvēja līdz 1944. gadam, atradās tieši pie agrākā aizsprosta, netiks atjaunota. Aizsprostā atrodas agrāko dzirnavu ēka. Upes gultnē netiks atjaunota agrākā novadbūve un veidoti mehāniski šķēršļi un pavasara palu caurplūdumi tiks sekmīgi caurvadīti pa esošo Bērzaunes upe gultni. Līdz ar to darbība nav pretrunā ar Ministru kabineta noteikumiem Nr. 27 „Noteikumi par upēm (upju posmiem), uz kurām zivju resursu aizsardzības nolūkā aizliegts būvēt un atjaunot hidroelektrostaciju aizsprostus un veidot jebkādas mehāniskus šķēršļus”.

Paredzamā ietekme uz īpaši aizsargājamām dabas teritorijām, īpaši aizsargājamām sugām, īpaši aizsargājamiem biotopiem un mikroliegumiem:

Nav paredzama nekāda negatīva ietekme uz īpaši aizsargājamām dabas teritorijām un apkārtējo vidi, jo netiek atjaunots agrākais dzirnavezers. Nav nepieciešams ne aizsprosts, ne novadbūve. Objekts atrodas līdzās Bērzaunes upei agrāko Krēmera ūdensdzirnavu teritorijā.

Paredzētās darbības ietekmes uz vidi apraksts un plānotie pasākumi nelabvēlīgas ietekmes samazināšanai vai novēršanai

Bērzaunes apietajā 1,10 km garajā posmā no ūdens ņēmējietais līdz atvadkanāla pievienojumam izmainīsies hidroloģiskais režīms tādējādi, ka laikā, kad Bērzaunē caurplūdumi pārsniegs $0,125 \text{ m}^3/\text{s}$, ūdens ar ņēmējietais starpniecību tiks ņemts turbīnu darbināšanai ar caurplūdumu no $0,015$ līdz $0,8 \text{ m}^3/\text{s}$. Bērzaunē apietajā posmā tiks nodrošināts ekoloģiskais caurplūdums $0,11 \text{ m}^3/\text{s}$ vienmēr laikā, kad upē ir tāds vai lielāks caurplūdums. Vidēji gadā tas sastāda 310 diennaktis jeb 85 % no laika.

5. Mazo HES uzraudzība un ietekme

5.1. HES ekspluatācijas kontrole un uzraudzība

Katra saimnieciskā darbība rada kaitējumu dabai, videi. Aizsprostu veidošana uz ūdenstecēm rada dabīgā hidroloģiskā režīma traucējumus, veido tādu ūdens līmeņa režīmu, kas nesakrīt ar to dabiskajām sezonālajām svārstībām. Nav iespējams novērst hidroelektrostaciju negatīvo ietekmi, bet ir iespēja to samazināt līdz minimumam ir pilnīgi reāla (VSIA „Vides projekti”, 2005). Kopš 2002. gada ir pastiprināta kontrole par HES ekspluatācijas atbilstību vides aizsardzības normatīvo aktu prasībām, tajā skaitā ūdenskrātuvju ekspluatācijas noteikumu prasībām.

Par mazo HES būvniecības un ekspluatācijas kontroli atbildīgas ir sekojošas institūcijas:

Valsts vides dienests, kuram saskaņā ar likumu „Vides aizsardzības likums” un Valsts vides dienesta nolikumu viena no galvenajām funkcijām ir vides aizsardzību regulējošajos normatīvajos aktos noteiktajā kārtībā veikt vides aizsardzības un dabas resursu izmantošanas kontroli Latvijas teritorijā, kontinentālajā šelfā un Baltijas jūras Latvijas Republikas ekonomiskajā zonā.

Valsts vides dienesta pakļautībā darbojas:

- Vides kontroles un uzraudzības departamenta Dabas resursu uzraudzības un HES kontroles daļa, kura savas kompetences ietvaros veic resursu izmantošanas un vides aizsardzības normatīvo aktu prasību ieviešanas kontroli HES būvniecības un ekspluatācijas laikā;
- Reģionālās vides pārvaldes, kuru uzdevumos ietilpst vides aizsardzību regulējošajos normatīvajos aktos noteiktajā kārtībā izdot un saskaņot atļaujas (licences), tehniskos noteikumus un citus administratīvos aktus dabas resursu izmantošanai;
- Jūras un iekšējo ūdeņu pārvalde kontrolē zvejniecības normatīvo aktu prasību ievērošanu HES ūdenskrātuvēs un HES ietekmētajos upju posmos lejasbjefā.

Ministru kabineta noteikumi Nr. 261 „Meliorācijas sistēmu un hidrotehnisko būvju būvniecības kārtība”. Atbilstoši šiem noteikumiem novadu būvvaldes reģistrē būvniecības pieteikumus, izsniedz hidromelioratīvās būvniecības tehniskos noteikumus, saskaņo būvprojektu un to akceptē, izsniedz būvatļauju, lauku apvidos organizē

hidromelioratīvo būvju pieņemšanu ekspluatācijā. Pārkāpumu gadījumā var apturēt būvniecību.

Sabiedrisko pakalpojumu regulēšanas komisija (SPRK) saskaņā ar:

- likumu „Par hidroelektrostaciju hidrotehnisko būvju drošumu” pieņem galīgo lēmumu par HES hidrotehniskās būves atbilstību projektēšanas uzdevumā minētajai drošuma klasei un uzrauga HES hidrotehnisko būvju drošuma programmas izpildi;
- MK noteikumiem Nr.424 „Hidroelektrostaciju hidrotehnisko būvju drošuma sertifikātu izsniegšanas un anulēšanas kārtība” izsniedz un anulē hidroelektrostaciju hidrotehnisko būvju drošuma sertifikātus.

Vides pārraudzības valsts birojs izvērtē Reģionālas vides pārvaldes iesniegtos paredzētās darbības sākotnējās ietekmes uz vidi novērtējuma materiālus un pieņem lēmumu par ietekmes uz vidi novērtējuma procedūras nepieciešamību.

Pašvaldības nosaka kārtību, kādā izmantojami publiskā lietošanā esošie meži un ūdeņi un seko līdzi visu saistošo noteikumu ievērošanai.

Ar 2005.gadu HES ekspluatācijas kontrole ir centralizēta un to veic Valsts vides dienests pamatojoties uz Vides ministrijas 2005.gada 8.februāra rīkojumu Nr. 69, piesaistot vairākas dažādas pakļautības valsts institūcijas. Kontroles veikšanai ir izstrādāta mazo HES ekspluatācijas kontroles metodika, kas kalpo kā informatīvs materiāls par vides aizsardzības normatīvo aktu prasību izpildi un pārkāpumu novēršanu mazo hidroelektrostaciju projektēšanā, būvniecībā un ekspluatācijā. Metodiku izmanto:

- izdodot tehniskos noteikumus;
- saskaņojot ūdens objektu ekspluatācijas (apsaimniekošanas) noteikumus un hidrotehnisko būvju drošuma programmu;
- izdodot atzinumu par būves gatavību ekspluatācijai;
- izdodot ūdens resursu lietošanas atļaujas;
- veicot valsts kontroli par hidroelektrostaciju ūdenskrātuvju ekspluatācijas noteikumu ievērošanu un vides prasību ievērošanu būvniecībā.

Šeit ir izmantoti minimālie kritēriji no ES Padomes priekšlikumiem rekomendāciju izstrādāšanā, veicot vides aizsardzības pārbaudes (Recommendation 2001/331/EC), kā arī Latvijas Republikā spēkā esošie normatīvie akti ūdenskrātuvju apsaimniekošanas jomā un mazo HES projektešanā, būvniecībā un ekspluatācijā.

Vides valsts inspektori vismaz divas reizes gadā katrā objektā veic tematiskās jeb kārtējās pārbaudes. Pārbaudes veic mazūdens peridos un zivju nārsta periodos. Pēc

iedzīvotāju sūdzībām, ziņojumiem masu medijos vai negadījumiem tiek veiktas ārkārtas pārbaudes.

Pārbaudes veic atbilstoši izstrādātajai metodikai. Sagatavojoties pārbaudei inspektors iepazīstas ar visu pieejamo informāciju par objektu. Uz vietas objektā tiek pārbaudīta visa nepieciešamā dokumentācija un veikta apskate. Apskatē inspektors pārbauda, kā HES valdītājs pilda pienākumus, kas noteikti ūdenskrātuves ekspluatācijas noteikumos un HES hidrotehnisko būvju drošuma programmā.

2010.gada 9 mēnešos veikta 91 uzraudzības pārbaude par HES ekspluatācijas atbilstību normatīvo aktu prasībām. Salīdzinot ar 2009.gadu ir konstatēts, ka ir palielinājusies HES valdītāju un operatoru atbildība par ūdenskrātuves ūdenslīmeņa regulēšanu un garantētā caurplūduma nodrošināšanu, atbilstoši ūdenskrātuves ekspluatācijas noteikumiem. Biežāk konstatētie pārkāpumi un ekspluatācijas nepilnības pārbaudes laikā ir:

- nesakārtota HES dokumentācija;
- nav iekārtoti vai nepilnīgi tiek aizpildīti hidroloģisko novērojumu žurnāli;
- slikti nolasāma ūdens līmeņu mērlata;
- nav veikts zivju resursiem nodarītā zaudējuma aprēķins;
- atsevišķiem HES nesakārtota aizsprostu drošības aizsargjosla;
- netiek nodrošināts ekoloģiskais caurplūdums dabiskajā upes gultnē;
- dažkārt līmeņi ūdenskrātuvēs (derivācijas kanālos) pārsniedz maksimālos pieļaujamos ūdens līmeņus.

5.2. Mazo HES pozitīvā ietekme

Mazo HES ietekme uz vidi nav viennozīmīga un galvenokārt atkarīga no hidroelektrostaciju īpašnieku godaprāta un hidroelektrostaciju kontrolējošo institūciju darbības. Stingri ievērojot ūdenskrātuvju apsaimniekošanas noteiktās prasības, elektrostaciju negatīvā ietekme uz vidi ir minimāla. Mazo HES pozitīvo ietekmi var iedalīt ekonomiskajā un ekoloģiskajā ietekmē.

Pozitīvā ekonomiskā ietekme:

- pašu saražotā elektroenerģija palielina valsts enerģētisko neatkarību;

- vietēja (izklaidēta Latvijas teritorijā) hidroenerģētiska iekārta samazina elektroenerģijas pārvades izmaksas un zudumus (attāliem patērētājiem tas izpaužas nozīmīgi) un veicina reģionu attīstību;
- hidroenerģētiskās ražotnes nav atkarīgas no fosilā kurināmā cenu svārstībām pasaules tirgū;
- caur Latviju no citām valstīm pa upēm ietekošo ūdeni nevar aplikt ar muitas nodevu;
- ūdens nav jāpērk, daba parūpējas, lai tas tecētu pats;
- hidroenerģētiska ražotne spēj manevrēt ar jaudu īsā laikā un noteiktos apjomos uzkrāt ūdeni (enerģiju) ūdenskrātuvē. Līdz ar to kalpo kā elements, kurš spēj nodrošināt strauji mainīgo elektroenerģijas patēriņu;

Pozitīvā ekoloģiskā ietekme:

- hidroenerģija ir viena no vistīrākajiem zaļās enerģijas veidiem, jo hidroenerģētiskās iekārtas nepapildina planētas globālo piesārņojumu;
- hidroenerģija ir cilvēkiem droša un labai saudzīga (to veicina modernās tehnoloģijas un prasības dažādos normatīvos aktos);
- mazo HES darbības rezultātā ūdens tilpnes tiek bagātinātas ar skābekli un attīrītas no dažāda veida sanesumiem un diemžēl arī sadzīves atkritumiem;
- mazās HES ir videi draudzīgas, nesagrauj ozona slāni;
- mazūdens gados (kādi, piemēram bija 2002. un 2006.g.) ūdenskrātuve ir glābiņš zivīm;
- tiek sakārtoti bijušie dzirnavezēri un dzirnavu vietas ar hidrobūvēm avārijas stāvoklī.

Secinājumi

1. Latvijai pēc iespējas vairāk ir jāklūst neatkarīgai no elektroenerģijas importa, izbūvējot jaunas elektrostacijas, kuras izmanto atjaunīgos energoresursus.
2. Latvijā saražo jūtami mazāk elektroenerģijas nekā patērē. Kopējā elektrostaciju uzstādītā jauda ir 2200 MW, elektrosistēmas slodze svārstās robežās no 1300 MW (vasarā) līdz 1800 MW (ziemā). Elektroenerģijas iepirkšana no kaimiņvalstīm ilgtermiņā ir neracionāla, patērētāji par patērēto elektroenerģiju nodokļus nomaksā eksportētājvalstij.
3. Eiropas Savienības direktīvas attiecībā uz atjaunojamiem energoresursiem nosaka: „Jāsamazina administratīvie šķēršļi elektroenerģijas ražošanai no atjaunojamiem energoresursiem”, taču Latvijā tas netiek darīts attiecībā uz mazajām HES, jo MK noteikumos Nr. 27 (no 15.01. 2002.) minēti 217 liegto upju vai upju posmi uz kurām nedrīkst būvēt HES. Galvenokārt šie noteikumi saistīti ar zivsaimniecības prasībām (lašveidīgajām zivīm), taču šis liegums nav objektīvs, jo atsevišķās upēs vai upju posmos lašveidīgās zivis nav sastopamas, jo ūdens kvalitāte un nepieciešamie ūdens parametri neatbilst prasībām.
4. Līdz šim nav neviena darba, kurš būtu veltīts mazās hidroenerģētikas turpmākajai attīstībai, nepārkāpjot MK noteikumu Nr. 27 prasības: aizliegt būvēt un atjaunot hidroelektrostaciju aizsprostus un veidot mehāniskus šķēršļus upēs zivju resursu aizsardzības nolūkā.
5. Izmantojot upju posmus ar lielu garenkritumu arī Latvijas upēs ir iespējas izveidot mazu hidroelektrostaciju neveidojot aizsprostus. MK noteikumos Nr. 27 nav nolieguma ūdeni no upes izmantot hidroenerģētiskām iekārtām, tad, ja neierīko mehānisku šķērslī (aizsprostu šķērsām upes gultnei izveidojot ūdenskrātuvi).
6. Turbīnu darbināšanai kritumu iespējams izveidot izmantojot derivācijas principu, kad līdztekus gultnei ar lielu garenkritumu vai apejot upes asu līkumu vai cilpu, var tikt ierīkota hidrotehniska būve – vaļējs kanāls vai segts cauruļvads, pa kuru ūdens tiek novadīts uz turbīnām derivācijas trases galā.
7. Latvijā kopš 2002. gada sekmīgi darbojas divas bezaizsprosta derivācijas hidroelektrostacijas:

- pati lielākā no mazajām – Spridzēnu HES pie Aiviekstes ar kritumu $H = 3,1$ m, kurā ar derivācijas kanālā palīdzību panāk 3,0 m kritumu, bet ar atvadkanāla palīdzību nodrošina 0,1 m lielu kritumu;
 - rekonstruētā Billes HES pie Amatas ar kritumu $H = 8,5$ m: ar derivācijas kanāla palīdzību panāk 7,0 m, bet ar atvadkanālu - vēl 1,5 m.
8. Līdzšinējā ekspluatācijas pieredze rāda, ka Billes un Spridzēnu HES nav izvirzīti nekādi nopietni pārmetumi par rupjiem ekspluatācijas noteikumu pārkāpumiem. Līdz ar to var uzskatīt, ka arī turpmāk ir iespējams uz upēm realizēt hidrotehniskā nozīmē līdzīgus bezaizsprosta risinājumus.
 9. Darbā analizētie un izvērtētie divdesmit upju posmi ar perspektīvajiem bezaizsprosta hidromezgliem atrodas galvenokārt Vidzemē un Kurzemē, viens – Latgalē. Tas tomēr nenozīmē, ka Latgalē vai Zemgalē vispār nebūtu šādu piemērotu upju posmu.
 10. Bezaizsprosta HES ar derivācijas kanālu ierīkošanai ieteicams izvēlēties likumainus upju posmus ar vidējo kritumu virs 4,0 m/km. Tomēr nav izslēgts, ka HES var ierīkot arī posmā ar mazāku vidējo kritumu (uz Zaņas upes, piemēram, izvēlēts posms ar vidējo kritumu 1,6 m/km).
 11. Derivācijas princips bijis izmantots daudzās agrākajās ūdensdzirnavās Latvijā, taču pašreiz liela daļa neatjaunoto ūdensdzirnavu ir sagruvušas, par to esamību liecina vien izskalotie akmeņu bēruma sliekšņi, aizauguši derivācijas kanāli un dzirnavu ēku drupas.
 12. Akmeņu bēruma sliekšņus un saglabājušos derivācijas kanālus ir lietderīgi atjaunot mazu hidroelektrostaciju ierīkošanai. Tādējādi tiktu ievērojami samazinātas HES izbūves izmaksas, sakārtota vide un lietderīgi izmantots Latvijas upju hidroenerģētiskais potenciāls. Bez tam akmeņu bērumu sliekšņi nav šķērslis ūdenstūristiem.
 13. Atjaunotās ūdensdzirnavas par mazajām HES daudzviet piesaista tūristus ar savu savdabīgo izskatu un rekreācijas iespējām, šīs vietas parasti ir sakoptas un nerada kaut cik būtiskus draudus apkārtējai videi, cilvēkam un dzīvniekiem, pareizi tos uzraugot un ekspluatējot.

Izmatotā literatūra

- Āboliņš E., Jērāns P. (1984) *Latvijas Padomju Enciklopēdija – 5. sējums 1. daļa*, Galvenā enciklopēdiju redakcija, Rīga, 64. lpp.
- Āboliņš E., Jērāns P. (1987) *Latvijas Padomju Enciklopēdija – 10. sējums 1. daļa*, Galvenā enciklopēdiju redakcija, Rīga, 157. lpp.
- Avotiņš R., Goba Z. (1993) *Latvijas upes; Nosaukumi un ģeogrāfiskais izvietojums (ar kartoshēmām)*. Latvijas Universitāte, Rīga, 128 lpp.
- Colas F., Archaimbault V., Devin S. (2011) *Scale-dependency of macroinvertebrate communities: Responses to contaminated sediments within run-of-river dams*. Science of the Total Environment 409, 1336 - 1343 pp.
- Craddock D. (2008) *Renewable Energy Made Easy: Free energy from solar, Wind, hydropower, and other alternative energy sources*. Atlantic Publishing Group, 288 pp.
- Dursun B., Gokcol C. (2011) *The role of hydroelectric power and contribution of small hydropower plants for sustainable development in Turkey*. Renewable Energy 36, 1227 - 1235 pp.
- Garrido J., Zafra A., Vazquez F. (2009) *Object oriented modelling and simulation of hydropower plants with run-of-river scheme: A new simulation tool*. Simulation Modelling Practice and Theory 17, 1748 - 1767 pp.
- Kavacs G. (1994) *Enciklopēdija Latvija un Latvieši: Latvijas daba - 1. sējums*. Latvijas enciklopēdija, Rīga, 255 lpp.
- Kavacs G. (1995) *Enciklopēdija Latvija un Latvieši: Latvijas daba - 2. sējums*. Latvijas enciklopēdija, Rīga, 255 lpp.
- Kavacs G. (1995) *Enciklopēdija Latvija un Latvieši: Latvijas daba - 3. sējums*. Latvijas enciklopēdija, Rīga, 255 lpp.
- Kavacs G. (1997) *Enciklopēdija Latvija un Latvieši: Latvijas daba - 4. sējums*. Preses nams, Rīga, 256 lpp.
- Kavacs G. (1998) *Enciklopēdija Latvija un Latvieši: Latvijas daba - 5. sējums*. Preses nams, Rīga, 255 lpp.
- Kavacs G. (1998) *Enciklopēdija Latvija un Latvieši: Latvijas daba. - 6. sējums*. Preses nams, Rīga, 598 lpp.
- Kirstuka I. (2004) *Resursu patēriņa novērtējums*. LR Vides ministrija, Latvijas Vides aģentūra, Rīga, 110 lpp.

- Kruše P. un M., Althaus D., Gabriels I. (1995). *Ekoloģiskā būvniecība*. Arkādija un Preses nams, Rīga, 400 lpp.
- Layton E. T. (1992) *From Rule of Thumb to Scientific Engineering: James B. Francis and the Invention of the Francis Turbine*. Research Foundation of State University of New York, 77 pp.
- Lebuss R. (2002). *Mazie HES Latvijā un to ietekme uz vidi 2001-2003*. Pasaules dabas fonds, 33 lpp.
- Mazās hidroenerģētikas asociācija (2008) *Mazā hidroenerģētika Latvijā*. Adverts, 96 lpp. (atsauce tekstā MHEA, 2008)
- Meļņikovs V. (2006) *Elektroapgāde; 1.daļa*. Rīgas valsts tehnikums, 224 lpp
- Nair R. (2010) *Hydro electricity*. Presentation of Natural Resources Canada, 16 slides
- National Historic Mechanical Engineering Landmark (1980) *Kaplan Turbine*. York Haven Hydroelectric Station, Pennsylvania, 6 pp. (atsauce tekstā NHMEL, 1980)
- Paish O. (2006) *Small hydro power: technology and current status*. Renewable and Sustainable Energy Reviews 6(6), 537- 560 pp.
- Sarma B. (1990) *Hidrometrija, hidroloģija un noteces regulēšana*. Zvaigzne, Rīga, 189 lpp.
- Siļķe K., Strūbergs J. (1999) *Mazās hidroenerģētikas attīstība Latvijā*. Latvijas Lauksaimniecības universitāte, Jelgava, 24 lpp.
- Singal S. K., Saini R. P., Raghuvanshi C. S. (2010) *Analysis for cost estimation of low head run-of-river small hydropower schemes*. Energy for Sustainable Development 14 , 117 – 126 pp.
- Teivens A. (1985) *Latvijas dzirnavas*. Daugava, Stokholma, 298 lpp.
- The European Parliament and the European Council Recommendation 2001/331/EC (2001) *Minimum criteria for environmental inspections in the Member States*.
- Turlais J. (2007) *Latvijas ģeogrāfijas atlants*. Karšu izdevniecība Jāņa sēta, Rīga, 139 lpp.
- Urtāns A., Urtāne L. (1997) *Kā noteikt upes tīrības pakāpi?* Bērnu Vides skola, Rīga, 45 lpp.
- Valsts SIA Vides projekti (2005) *Mazo hidroelektrostaciju darbības izvērtējums*. Rīga, 38 lpp.
- Valsts Zemes banka (1938) *Latvijas dzirnavu saraksts 1938.g. 1.jūlijā*, 36 lpp. (atsauce tekstā VZB,1938)

- Zīverts A. (2004) *Hidroloģija (Ievads un hidroloģiskie aprēķini)*. Latvijas Lauksaimniecības universitāte, Jelgava, 103 lpp.
- Zīverts A., Strūbergs J. (2000) *Hidroloģiskie aprēķini Latvijā (ar tekstu, programmām un datu bāzi kompaktdiskā)*. Latvijas lauksaimniecības universitāte, Jelgava, 39 lpp.
- Воронков (1949) *Материалы к составлению общей схемы использования местных ресурсов для электрификации сельского хозяйства Латвийской С.С.Р. Обследование электроустановок и электроисточников – Мадонский уезд. Главное Управление по Электрификации Сельского Хозяйства МСХ.С.С.С.Р., Латвийская Республиканская Кантора Латсельэлектро, Рига, 122 стр.*
- Воронков (1949) *Материалы к составлению общей схемы использования местных ресурсов для электрификации сельского хозяйства Латвийской С.С.Р. Обследование электроустановок и электроисточников – Рижский уезд. Главное Управление по Электрификации Сельского Хозяйства МСХ.С.С.С.Р., Латвийская Республиканская Кантора Латсельэлектро, Рига, 135 стр.*
- Воронков (1949) *Материалы к составлению общей схемы использования местных ресурсов для электрификации сельского хозяйства Латвийской С.С.Р. Обследование электроустановок и электроисточников – Цесисский уезд. Главное Управление по Электрификации Сельского Хозяйства МСХ.С.С.С.Р., Латвийская Республиканская Кантора Латсельэлектро, Рига, 193 стр.*
- Глазачевой Л. И. (1963) *Гидрологический ежегодник 1960.г. Том I Бассейн Балтийского моря Выпуск 4*. Ленинград, Гидрометеиздат, 388 стр.
- Тёльдешы Ю., Лесны Ю. (1981) *Мир ищет энергию*. Мир, Москва, 438 стр.

Izmantotie normatīvie akti

- LR Ekonomikas ministrija (2011) *Enerģētikas startējija 2030*. Projekts.
- LR likums (1995) *Būvniecības likums*.
- LR likums (1998) *Par ietekmes uz vidi novērtējumu*.
- LR likums (2000) *Lauku atbalsta dienesta likums*.
- LR likums (2001) *Par hidroelektrostaciju hidrotehnisko būvju drošumu*.
- LR likums (2006) *Vides aizsardzības likums*.
- LR Vides ministrija (2006) *Atjaunojamo energoresursu izmantošanas pamatnostādenes 2006. – 2013. gadam*.

MK noteikumi Nr. 118 (2002) *Noteikumi par virszemes un pazemes ūdeņu kvalitāti.*

MK noteikumi Nr. 261 (2010) *Meliorācijas sistēmu un hidrotehnisko būvju būvniecības kārtība.*

MK noteikumi Nr. 262 (2010) *Noteikumi par elektroenerģijas ražošanu, izmantojot atjaunojamos energoresursus, un cenu noteikšanas kārtību.*

MK noteikumi Nr. 27 (2002) *Noteikumi par upēm (upju posmiem), uz kurām zivju resursu aizsardzības nolūkā aizliegts būvēt un atjaunot hidroelektrostaciju aizsprostus un veidot jebkādas mehāniskus šķēršļus.*

MK noteikumi Nr. 318 (2010) *Noteikumi par ūdens saimniecisko iecirkņu klasifikatoru.*

MK noteikumi Nr. 631 (2005) *Noteikumi par Latvijas būvnormatīvu LBN 224 – 05 Meliorācijas sistēmas un hidrotehniskās būves.*

MK noteikumi Nr. 962 (2005) *Valsts vides dienesta nolikums.*

MK noteikumi Nr.424 (2006) *Hidroelektrostaciju hidrotehnisko būvju drošuma sertifikātu izsniegšanas un anulēšanas kārtība.*

Vides ministrijas rīkojums Nr. 126 (2005) *Ūdens saimniecisko iecirkņu klasifikators.*

Vides ministrijas rīkojums Nr. 69 (2005) *Par HES ietekmes uz vidi uzraudzības un kontroles nodrošināšanu.*

Izmantotie elektroniskie materiāli

A/S Turboatom mājas lapa <http://www.turboatom.com.ua/en/clients/products/570.html> , skatīta 13.04.2012.

Amatas novada domes mājas lapa <http://amata.lv/?id=27> , skatīta 30.03.2012. (atsauce tekstā Amatas novada dome)

Barnes, M. (2012) *Hydropower in Europe: Current Status, Future Opportunities*. HRW magazine http://www.hydroworld.com/index/article-tools-template/printArticle/articles/hrhrw/damsandcivilstructures/general/hydropower-in_europe.html , skatīts 29.03.2012.

Biedrības Latvijas ezeri datubāze <http://www.ezeri.lv/database/> , skatīts 17.04.2012.

Igaunijas Vides ministrijas mājas lapa <http://www.envir.ee/67250> , skatīts 12.03.2012.

Interaktīvo karšu portāls <http://kurtuesi.lv/maps> , skatīta 30.03.2012.

Interaktīvo karšu portāls <http://www.balticmaps.eu/> , skatīts 17.04.2012.

- Kongresa bibliotēka. *Amerikas stāsti no Amerikas bibliotēkas – Lēciens pagātnē: Apzeltītais laikmets (1878 – 1889)* http://www.americaslibrary.gov/jb/gilded/jb_gilded_hydro_1.html , skatīts 22.04.2012.
- Latvijas Nacionālās bibliotēkas projekta *Zudusī Latvija* mājas lapa <http://zudusilatvija.lndb.lv/objects/object/10074/> , skatīts 18.04.2012.
- Nail B. (2008) *Introduction To Water Wheels*. The Renewable Energy Website <http://www.reuk.co.uk/Introduction-to-Water-Wheels.htm>, skatīts 29.03.2012.
- Stern D. P. (2008) *Planetary Gravity-Assist and the Pelton Turbine*. Educational Web Sites on Astronomy, Physics, Spaceflight and the Earth`s Magnetism <http://www-spf.gsfc.nasa.gov/stargaze/Spelton.htm>, skatīts 29.03.2012.
- Turner T. (2000) *Vitruvius The Ten Books on Architecture*. The garden and landscape guide http://www.gardenvisit.com/history_theory/garden_landscape_design_articles/landscape_theory/vitruvius, skatīts 29.03.2012.

Galvojums

Ar šo es, Ilva Vītola, galvoju, ka maģistra darbs ir izstrādāts patstāvīgi. No svešiem avotiem ņemtie dati un definējumi ir uzrādīti darbā. Darbs nav publicēts un pirmo reizi tiek iesniegts aizstāvēšanai Valsts eksāmenu komisijai.

Datums:

Paraksts:

Pielikumi

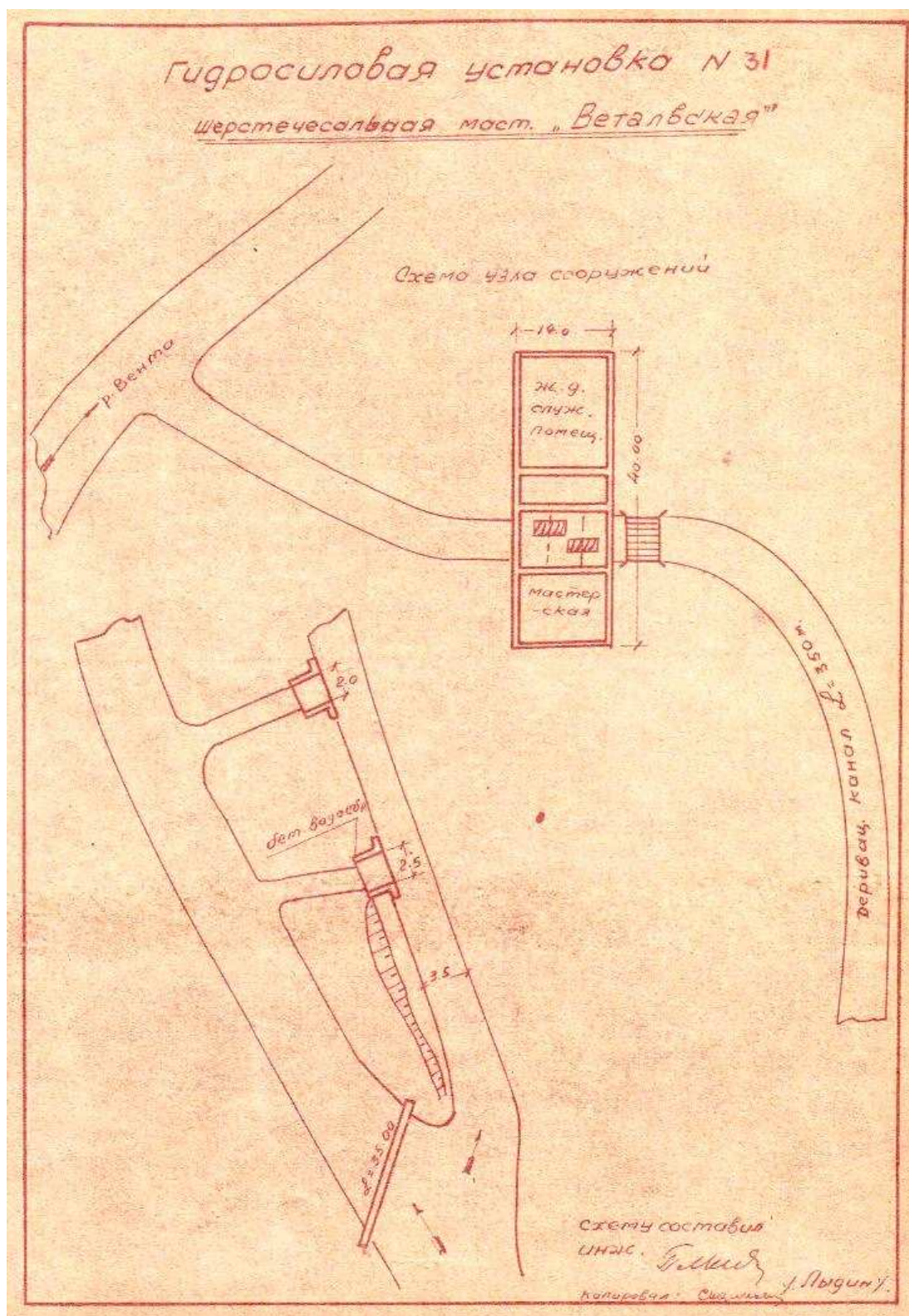
Pielikumu saraksts

1. **pielikums:** Bērzaunes upes apietā posma garenprofils.
2. **pielikums:** Krogļu dzirnavu hidromezgla pie Vesetas upes shēma.
3. **pielikums:** Visendorfa dzirnavu hidromezgla pie Līgatnes upes shēma.
4. **pielikums:** Putras dzirnavu hidromezgla pie Amatas upes shēma.
5. **pielikums:** Hidroloģiskajiem aprēķiniem izmantotās formulas.
6. **pielikums:** MK noteikumi Nr. 27 „Noteikumi par upēm (upju posmiem), uz kurām zivju resursu aizsardzības nolūkā aizliegts būvēt un atjaunot hidroelektrostaciju aizsprostus un veidot jebkādas mehāniskus šķēršļus” (spēkā no 09.02.2002.).

1. pielikums**Bērzaunes upes apietā posma garenprofils**

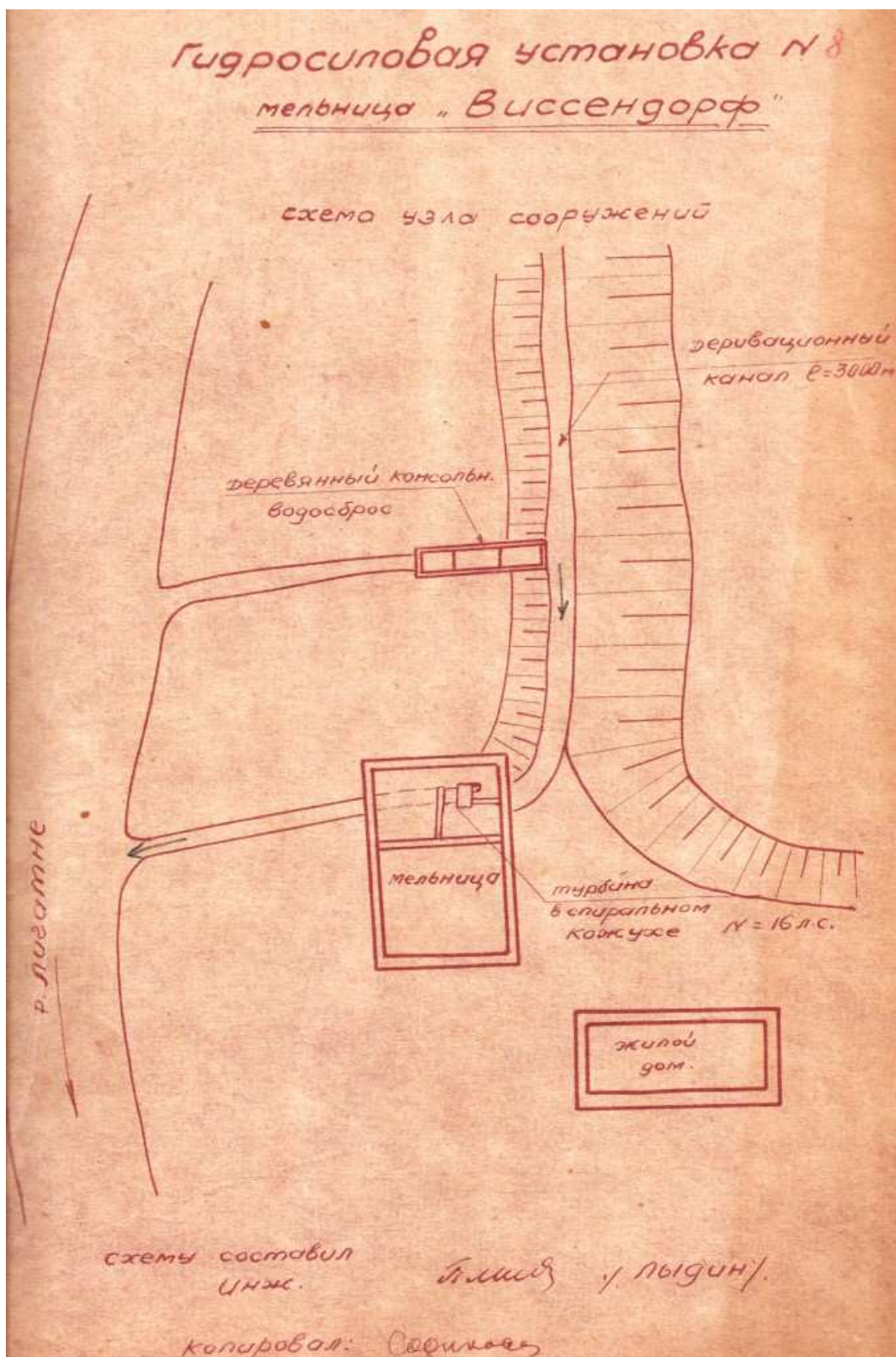
2. pielikums

Krogleju dzirnavu hidromezgla pie Vesetas upes shēma (Воронков, 1949)



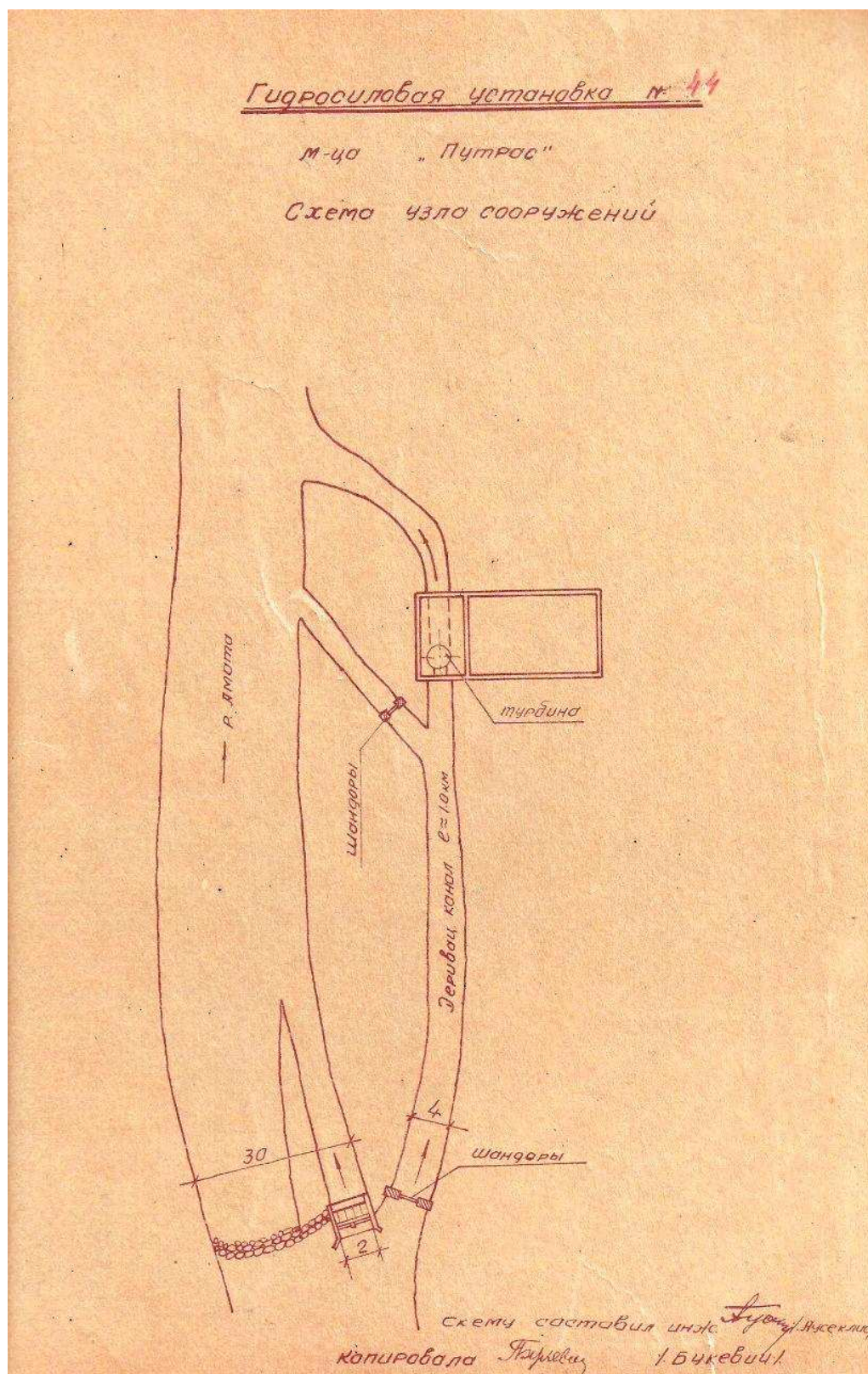
3. pielikums

Visendorfa dzirnavu hidromezgla pie Līgatnes upes shēma (Воронков, 1949)



4. pielikums

Putras dzirnavu hidromezgla pie Amatas upes shēma (Воронков, 1949)



5. pielikums

Hidroloģiskajam aprēķinam izmantotās formulas

- Pavasara palu maksimālo caurplūdumu $Q_{1\%}$ (m^3/s) aprēķina pēc formulas

$$Q_{1\%} = K_{1\%} \times \delta_1 \times \delta_2 \times \delta \times (A + 1)^{-0,14} \times A, \quad (1)$$

kur: $Q_{1\%}$ - pavasara palu maksimālais caurplūdums ar pārsniegšanas varbūtību 1%, m^3/s ;

$K_{1\%}$ - pavasara palu maksimālo caurplūdumu koeficients;

A – sateces baseina laukums, km^2 ;

δ_1 – mežu ietekmes koeficients, ko aprēķina pēc formulas

$$\delta_1 = (A_m + 1)^{-0,22} = (50 + 1)^{-0,22} = 0,421; \quad (2)$$

kur: A_m – relatīvā mežu platība baseinā, %

δ_2 – purvu ietekmes koeficients, ko aprēķina pēc formulas

$$\delta_2 = 1 - 0,7 \times \lg(0,1 \times A_p + 1) = 1 - 0,7 \times \lg(0,1 \times 3 + 1) = 0,920; \quad (3)$$

kur: A_p – relatīvā purvu platība baseinā, %

δ – ezeru ietekmes koeficients, ko aprēķina pēc formulas

$$\delta = r_1 \times r_2 \times \dots \times r_i \times \dots r_{n-1} \times r_n; \quad (4)$$

kur: r_i – i-tās ūdenstilpes (ezera) ietekmes koeficients. r_i katram atsevišķam ezeram aprēķina pēc formulas:

$$r_i = 1 - \frac{14,2 \times S_i^{0,355} \times A_i^{0,73}}{h_{1\%}^{0,5} \times A}; \quad (5)$$

kur: S_i – ūdenstilpes (ezera) spoguļa laukums, km^2 ;

A_1 – ūdenstilpes (ezera) sateces baseins, km^2 ;

A – upes sateces baseina laukums, km^2

$H_{1\%}$ – pavasara palu noteces līmenis ar pārsniegšanas varbūtību $p=1\%$

- Vasaras un ziemas mazūdens perioda minimālā caurplūduma aprēķina pēc formulas

$$Q_{\min,30d.} = 0,001 \times a \times (A - c)^{1,22}, \quad (6)$$

kur: a – parametrs, kas atkarīgs no baseina ģeogrāfiskā novietojuma, kā arī no ģeomorfoloģiskajiem un hidroģeoloģiskajiem apstākļiem, ko aprēķina pēc formulas

$$a = g \times (a_1 \times R_1 + a_2 \times R_2 + a_3 \times R_3 + a_4 \times R_4), \quad (7)$$

c – parametrs, kas atkarīgs no baseina ģeogrāfiskā novietojuma, kā arī no ģeomorfoloģiskajiem un hidroģeoloģiskajiem apstākļiem, ko aprēķina pēc formulas

$$c = 7,6 \times (a_1 \times R_1 + a_2 \times R_2 + a_3 \times R_3 + a_4 \times R_4)^{-1}. \quad (8)$$

Iepriekšminētajās formulās (7. un 8.):

g – minimālās noteces veidošanās klimatiskais koeficients;

R_1, R_2, R_3 un R_4 – ģeomorfoloģisko apstākļu zonas;

a_1, a_2, a_3 un a_4 – vasaras un ziemas 30 dienu minimālās noteces koeficienti.

- Gada vidējās noteces apjomu aprēķina pēc formulas

$$W = R \times A \quad (9)$$

kur r – ilggadējais vidējais gada noteces slānis, m;

A – sateces baseina laukums, km².

- Gada vidējo caurplūdumu aprēķina pēc formulas

$$Q = \frac{W}{31,56 \times 10^6}, \quad (10)$$

kur 31,56 miljoni ir sekunžu skaits gadā.

- Gada vidējais noteces modulis

$$q = \frac{Q_{vid}}{0,001 \times A} \quad (11)$$

kur Q_{vid} – gada vidējais caurplūdums, m³/s;

A – sateces baseina laukums, km².

6. pielikums

Ministru kabineta noteikumi Nr.27

Rīgā 2002.gada 15.janvārī (prot. Nr.3 5.§)

**Noteikumi par upēm (upju posmiem), uz kurām zivju resursu aizsardzības nolūkā
aizliegts būvēt un atjaunot hidroelektrostaciju aizsprostus un veidot jebkādas
mehāniskus šķēršļus***Izdoti saskaņā ar Zvejniecības likuma 26.panta sesto daļu*

1. Noteikumi nosaka upes (upju posmus) (saraksts 1. pielikumā), uz kurām zivju resursu aizsardzības nolūkā aizliegts būvēt un atjaunot hidroelektrostaciju aizsprostus un veidot jebkādas mehāniskus šķēršļus, izņemot šo noteikumu 2. un 3. punktā minētos aizsprostus.

2. Šo noteikumu 1. punktā minētais upju (upju posmu) saraksts neattiecas uz:

2.1. hidroelektrostacijām, kuras līdz šo noteikumu spēkā stāšanās brīdim ir jau uzbūvētas uz šīm upēm (upju posmiem);

2.2. hidroelektrostacijām, kuras līdz šo noteikumu spēkā stāšanās brīdim saņēmušas Ekonomikas ministrijas atļauju uzsākt jaunu elektroenerģijas jaudu ieviešanu un normatīvajos aktos noteiktajā kārtībā ir saņēmušas būvatļauju;

2.3. hidroelektrostacijām, kuru projekti līdz 2001. gada 20. novembrim (2001. gada 18. oktobrī pieņemtā likuma „Grozījumi Zvejniecības likumā” spēkā stāšanās dienai) ir iesniegti noteiktā kārtībā Ekonomikas ministrijā atļaujas saņemšanai un tiem būvniecības uzsākšanai tiek izsniegta būvatļauja normatīvajos aktos noteiktajā kārtībā (2.pielikums).

3. Aizsprostu izmantošana hidroelektrostaciju un citām vajadzībām nav aizliegta augšpus hidroelektrostaciju aizsprostiem, kuri līdz šo noteikumu spēkā stāšanās dienai ir ekspluatācijā, tajās vietās, kur uz šo noteikumu pielikumā minētajām upēm (upju posmiem) ir saglabājušies aizsprosti ar ūdens uzstādinājumu un hidroelektrostaciju darbība vai aizsprostu izmantošana neparedz mainīt dabā esošos normālos ūdens līmeņu uzstādinājumus.

4. Hidroelektrostacijās, kuras uzbūvētas saskaņā ar šo noteikumu 2. un 3. punktu, ir aizliegta elektroenerģijas ražošanas jaudu palielināšana, ja tiek mainīti hidroelektrostaciju ūdenskrātuvju ekspluatācijas noteikumos paredzētie ūdens līmeņu regulēšanas režīmi un garantētie caurplūdumi.

Ministru prezidents A.Bērziņš

Zemkopības ministrs A.Slakteris

1.pielikums
Ministru kabineta

2002.gada 15.janvāra noteikumiem Nr.27

Upes (upju posmi), uz kurām zivju resursu aizsardzības nolūkā aizliegts būvēt un atjaunot hidroelektrostaciju aizsprostus un veidot jebkākus mehāniskus šķēršļus

(Pielikums grozīts ar MK 21.02.2006. noteikumiem Nr.155)

Nr. p.k.	Baseins	Baseina kods	Upe (upes posms)	Upes kods
1.	Baltijas jūras baseins	33		
1.1.			Sventāja Latvijas teritorijā un posmā pa Latvijas-Lietuvas robežu	336
2.	Baltijas jūras baseins	34		
2.1.			Apše	3488
2.2.			Bārta	348
2.3.			Otaņķe posmā no grīvas līdz Grobiņas-Bārtas ceļam	346
2.4.			Ruņa	34884
2.5.			Vārtāja posmā no grīvas līdz Bunkas-Tadaiķu ceļam	3486
2.6.			Vidvide	348842
2.7.			Virga posmā no grīvas līdz Prūšu ūdenskrātuves aizsprostam	34864
3.	Baltijas jūras baseins	35		
3.1.			Alokste	35464
3.2.			Durbe posmā no grīvas līdz Akmenes upes ietekai	3544
3.3.			Kauliņa posmā no grīvas līdz Alsungas HES aizsprostam	3586
3.4.			Rīva	356
3.5.			Saka	354
3.6.			Tebra	3546
3.7.			Tērande	3582
3.8.			Užava	358
4.	Baltijas jūras baseins - Venta	36		
4.1.			Abava	362
4.2.			Amula	3626
4.3.			Bebrupe posmā no grīvas līdz Kandavas-Cēres ceļam	362732
4.4.			Ciecere	364
4.5.			Dzelda	36522
4.6.			Elkšķene posmā no grīvas līdz Rīgas-Ventspils dzelzceļam	36126
4.7.			Ezere	3664
4.8.			Ēda	3634
4.9.			Ēnava	36376
4.10.			Imula	3624
4.11.			Īvande	36214
4.12.			Karone	3622
4.13.			Klūga	36512
4.14.			Koja	36518
4.15.			Kroja	362118
4.16.			Lētīža	3654

4.17.			Līgupe posmā no Līgas dzirnavezera līdz Cūkezeram	36272
4.18.			Losis	36572
4.19.			Lējējupe	3636
4.20.			Mazupe	36494
4.21.			Naba	36196
4.22.			Padure	36314
4.23.			Ponakste	3638
4.24.			Renda	362142
4.25.			Riežupe	3632
4.26.			Robalts	36382
4.27.			Rudupe	36312
4.28.			Sprincupe	36362
4.29.			Šķervelis	3652
4.30.			Šķēde	36344
4.31.			Vadakste posmā no grīvas līdz Vadakstes HES aizsprostam	366
4.32.			Valgale	36216
4.33.			Veldze	36322
4.34.			Venta	36
4.35.			Vēdzele posmā no grīvas līdz Kandavas-Abavnieku ceļam	36276
4.36.			Vēždūka	3616
4.37.			Viesata posmā no grīvas līdz Viesatas HES aizsprostam	3628
4.38.			Zaņa	3656
5.	Baltijas jūras baseins - Kurzeme	37		
5.1.			Dursupe	3766
5.2.			Dzedrupe posmā no grīvas līdz mājām "Upenieki"	3764
5.3.			Grīva	3758
5.4.			Irbe	372
5.5.			Lāčupe	3778
5.6.			Lonaste	3724
5.7.			Melnsilupe	3736
5.8.			Ostupe	372412
5.9.			Pāce	37242
5.10.			Pilsupe	3738
5.11.			Pitragupe	3734
5.12.			Raķupe	37244
5.13.			Rinda	37221
5.14.			Roja	374
5.15.			Slocene posmā no Valguma ezera līdz Kaņiera ezeram	37812
5.16.			Stende	3723, 3725
5.17.			Šķēde posmā no grīvas līdz Vandzenes-Pļavu ceļam	37646
5.18.			Trumpe	37232
6.	Lielupes baseins	38		
6.1.			Bērze	3822
6.2.			Iecava	384
6.3.			Īslīce posmā no grīvas līdz Rundāles HES	3858
6.4.			Dienvidsusēja	3864
6.5.			Lielupe	38

6.6.			Mēmele	386
6.7.			Misa	3842
6.8.			Mūsa	388
6.9.			Sesava	38224
6.10.			Svēte	382
6.11.			Tērvete	3826
6.12.			Zvirgzde	38426
7.	Daugavas baseins – no Daugavas grīvas līdz Aiviekstei	41		
7.1.			Aiviekste	42
7.2.			Ķekava	41324
7.3.			Lauce	4156
7.4.			Lielā Jugla	41252
7.5.			Lobe	4144
7.6.			Līčupe	4146
7.7.			Mazā Jugla	41253
7.8.			Mergupe	412528
7.9.			Ogre	414
7.10.			Pērse	416
7.11.			Suda posmā no grīvas līdz Mālpils HES aizsprostam	412526
7.12.			Tumšupe	412524
7.13.			Vedze	41466
7.14.			Zaube	4125282
8.	Daugavas baseins – Aiviekste	42		
8.1.			Akaviņa	42496
8.2.			Alūksne	4248
8.3.			Arona	4216
8.4.			Balupe	4254
8.5.			Bērzaune	42169
8.6.			Iča	426
8.7.			Ievedne	42472
8.8.			Joša	42312
8.9.			Kuja	422
8.10.			Kurna	42548
8.11.			Malta	4282
8.12.			Paparde	4246
8.13.			Pededze	424
8.14.			Rēzekne	428
8.15.			Savīte	42144
8.16.			Taleja	421624
8.17.			Veseta	4214
8.18.			Virgulīca	42494
9.	Daugavas baseins – no Baltkrievijas robežas līdz Aiviekstei	43		
9.1.			Borne	437332
9.2.			Čaušica	4384
9.3.			Dubna	432
9.4.			Dviete	4342
9.5.			Eglaine	43446

9.6.			Feimanka	4324
9.7.			Ilūkste	4344
9.8.			Indrica	4374
9.9.			Laucesa	436
9.10.			Līksna	4352
9.11.			Nereta	4316
9.12.			Ostupe	43782
9.13.			Oša	4322
9.14.			Poguļanka	4372
9.15.			Preiļupe	43244
9.16.			Rudņa	43732
9.17.			Sarjanka	438
9.18.			Tartaks posmā no Cirīšu ūdenskrātuves aizsprosta līdz ietekai Luknas ezerā	4326
9.19.			Viesīte	43424
9.20.			Ziemeļsuseja	43124
10.	Gaujas baseins	52		
10.1.			Abuls	524
10.2.			Amata	5232
10.3.			Andrupe	52522
10.4.			Brasla	522
10.5.			Dadžupe	523252
10.6.			Divupe	5226
10.7.			Eglupe	5216
10.8.			Gauja	52
10.9.			Gailīšupe	52956
10.10.			Grūba	523222
10.11.			Iesala	5228
10.12.			Jaunpalsa	527421
10.13.			Jugla	5222
10.14.			Jumara	52396
10.15.			Kamalda	525641
10.16.			Kumada	52322
10.17.			Lenčupe	5234
10.18.			Lielupe	5252
10.19.			Līgatne	52316
10.20.			Loja	5214
10.21.			Lorupe	5218
10.22.			Melnupe	52326
10.23.			Mellupīte	52514
10.24.			Miegupe	52394
10.25.			Nabe	5224
10.26.			Palsa	52742
10.27.			Pērļupe	523232
10.28.			Pīļupīte	52794
10.29.			Rakšupe	52334
10.30.			Rauna	5238
10.31.			Raunis	52384
10.32.			Rauza	52729
10.33.			Runtiņš	–
10.34.			Skaļupe	52318
10.35.			Straujupīte	529592
10.36.			Strīkupe	5236
10.37.			Šepka	52728
10.38.			Tulija	5294
10.39.			Tirza	528
10.40.			Tirziņa	5278

10.41.			Uriekste	5292
10.42.			Vaidava	5264
10.43.			Vaive	52382
10.44.			Vecā Palsa	5272
10.45.			Vidaga	5276
10.46.			Vija	5256
10.47.			Vijata posmā no grīvas līdz Ainavu HES aizsprostam	52834
10.48.			Vilaune	52892
10.49.			Vildoga	52312
10.50.			Vilkate	523254
10.51.			Vikmeste	-
10.52.			Vizla	5274
11.	Rīgas jūras līcis - Vidzeme	53		
11.1.			Aģe	534
11.2.			Ārupīte	5382
11.3.			Inčupe	5314
11.4.			Ķīšupe	5332
11.5.			Liepupe	5354
11.6.			Pēterupe	532
11.7.			Puska posmā no grīvas līdz Raganas-Saulkrastu ceļam	531272
11.8.			Svētupe	538
11.9.			Vitrupe	536
11.10.			Zaķupe	5356
12.	Rīgas jūras līcis - Vidzeme	54		
12.1.			Glāžupe	5414
12.2.			Iģe	542
12.3.			Jaunupe	54112
12.4.			Jogla	54154
12.5.			Ķirele	5434
12.6.			Korģe	5412
12.7.			Melnupe	54134
12.8.			Neriņa	54132
12.9.			Piģele	54312
12.10.			Rūja	5452
12.11.			Salaca	54
13.	Veļikajas baseins	68		
13.1.			Liepna	6824
13.2.			Ludza	6842
13.3.			Pilda	684234
13.4.			Rītupe	684
13.5.			Vjada	682

Piezīme. Baseinu un upju nosaukumi un to kodi atbilst Ministru kabineta 1997.gada 22.aprīļa noteikumu Nr.155 „Noteikumi par ūdens lietošanas atļaujām” 5.pielikumam.

Zemkopības ministrs A.Slakteris

2.pielikums
Ministru kabineta

2002.gada 15.janvāranoteikumiem Nr.27

Hidroelektrostacijas, kuru projekti līdz 2001.gada 20.novembrim (2001.gada 18.oktobrī pieņemtā likuma "Grozījumi Zvejniecības likumā" spēkā stāšanās dienai) ir iesniegti noteiktā kārtībā Ekonomikas ministrijā atļaujas saņemšanai

Nr. p.k.	Uzņēmums	Vieta un upe	Jauda kW	Iesniegšanas datums EM
1.	SIA „Patina”	Alsviķu pag. uz Vaidavas upes	420	09.10.01.
2.	SIA „Dinaz Energo”	Šēderes pag. uz Ilūkstes upes	100	12.07.01.
3.	SIA „Braslas HES”	Aiviekstes pag. uz Aiviekstes upes	1200	26.07.01.
4.	SIA „Hidroenerģija”	Lēdmanes pag. uz Lobes upes	150	06.02.01.
5.	SIA „Vanka”	Vilces pag. uz Svētes upes	162	19.11.01.
6.	SIA „Vanka”	Mālpils pag. uz Mergupes	350	19.11.01.
7.	SIA „Vanka”	Padures pag. uz Padures upes	75	19.11.01.
8.	Z/s „Bišpēteri”	Irlavas pag. uz Abavas upes	120	10.11.01.
9.	Z/s „Vecjeci”	Jaunpiebalgas pag. uz Gaujas upes	224	10.09.01.
10.	SIA „Korna dzirnavu HES”	Aizkalnes pag. uz Jašas upes	90	08.06.01.
11.	SIA „Mūsas straume”	Gailīšu pag. uz Mūsas upes	950	06.11.01.
12.	SIA „Pilskalna HES”	Lizuma pag. uz Gaujas upes	800	19.06.01.
13.	SIA „Rats AG”	Rankas pag. uz Gaujas upes	700	15.06.01.
14.	SIA „Tovtra”	Mālpils pag. Sidgundā uz L.Juglas upes	100	31.07.01.
15.	SIA „Billes HES”	Drabešu pag. uz Amatas upes	150	24.08.01.
16.	SIA „Sopru Hidro”	Silmalas pag. un Galēnu pag. uz Maltas upes	320	06.07.01.
17.	SIA „Kraujas HES”	Sausnējas un Ērgļu pag. uz Ogres upes	900	16.11.01.

Zemkopības ministrs A.Slakteris