



Töö nr: 2021108

Töö tellija:

Keskkonnaamet
Reg. nr. 70008658
Roheline tn 64
Pärnu linn
Pärnu maakond

Objekti asukoht:

Tartu maakond,
Elva vald
Hellenurme küla
Veski kinnistu (17101:001:0649)

Inseneribüroo Urmas Nugin OÜ

Reg. nr. 10696600

Tähe 106, 50107 Tartu

Tel. 7 303 735; 50 78 277

e-post: ibun@ibun.ee

www.ibun.ee

EEG000453 11.02.2018

EO10696600-0001 05.02.2003

EP10696600-0001 05.02.2003

EK10696600-0001 05.02.2003

MATER: MK, MU, 03.11.2003

MO, MP 0019-00

Muinsuskaitseameti
tegevusluba 09.08.2010/

E518/2010 18.07.2011

HINNANG HELLENURME PAISULE KALAPÄÄSU RAJAMISE VÕIMALIKKUSE KOHTA

Osa 4: Hüdrotehniline osa

Juhataja: Lauri Lokko

Koostajad: Meelis Viirma
(kutsetunnistus nr 166406)
Taavi Lulla
(kutsetunnistus 129505)

Tellija: Keskkonnaamet
Objekt: Hellenurme pais
Aadress: Tartu maakond, Elva vald, Hellenurme küla,
Veski kinnistu (17101:001:0649)

Töö nr: 2021108
Stadium: eksperthinnang
Välja antud: november 2021

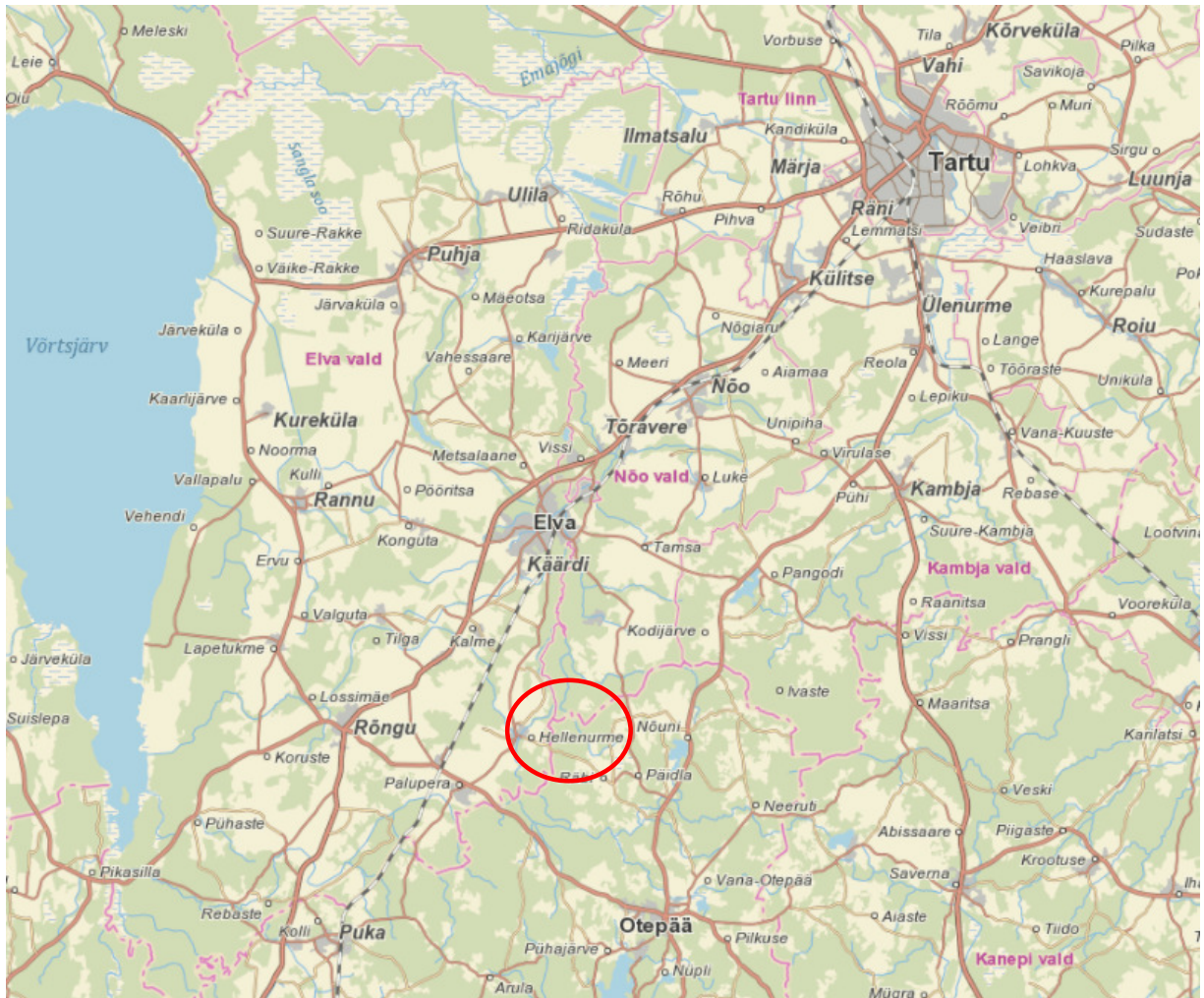
SISUKORD

ASUKOHA SKEEM	3
SELETUSKIRI	4
1 Üldist.....	4
2 Praegune olukord	4
2.1 Paisjärve veetase	4
2.2 Olemasoleva liigveelaskme läbilaskevõime.....	5
2.3 Veskihoones asuvad turbiinid ja nende käitamine	5
2.4 Hinnang olemasolevate hüdrotehniliste rajatise seisukorrale	6
3 Ülevaade kalapääsu lahendustest.....	6
3.1 Variant 1. Mõödaviikpääs vasakkaldal	6
3.1.1 Tehniline lahendus	6
3.1.2 Kalapääsu veevajadus (vooluhulgad kalapääsus)	8
3.1.3 Piiravad asjaolud.....	9
3.2 Variant 2. Mõödaviikpääs paremkaldal	9
3.2.1 Tehniline lahendus	9
3.2.2 Kalapääsu veevajadus (vooluhulgad kalapääsus)	10
3.2.3 Piiravad asjaolud.....	12
4 Vooluhulkade jaotumine	12
4.1 Üldist	12
4.2 Vooluhulgad mõödaviikpääsus	14
4.3 Vooluhulgad veskikanalis	14
4.4 Vooluhulk liigveelaskmes	16
5 Ettepanekud olemasolevate hüdrotehniliste rajatiste remondiks ja täiustamiseks.....	16

Tellija: Keskkonnaamet
Objekt: Hellenurme pais
Address: Tartu maakond, Elva vald, Hellenurme küla,
Veski kinnistu (17101:001:0649)

Töö nr: 2021108
Stadium: ekspert hinnang
Välja antud: november 2021

ASUKOHA SKEEM



Joonis 1. Asukoha skeem. (Allikas: Maa-amet).

TÖÖ KOOSSEIS:

OSA 1: ÜLDOSA

OSA 2: KESKKONNAOSA

OSA 3: EKSPERTHINNANG HELLENURME MÕISA SAEVESKI SEISUKORRA KOHTA

OSA 4: HÜDROTEHNILINE OSA

OSA 5: ÜLEVAADE EHTISTE MUINSUSKAITSELISEST VÄÄRTUSEST

Tellija: Keskkonnaamet
Objekt: Hellenurme pais
Aadress: Tartu maakond, Elva vald, Hellenurme küla,
Veski kinnistu (17101:001:0649)

Töö nr: 2021108
Stadium: eksperthinnang
Välja antud: november 2021

SELETUSKIRI

1 Üldist

Kõik kõrgusarvud on esitatud EH2000 süsteemis. BK77 kõrgussüsteemist ümber arvutamisel on arvestatud, et $BK77+0.17=EH2000$. Veskihoones paiknevate turbiinide parameetrite ja opereerimise praktika osas on lähtunud veski omanikult saadud vastustest (e-kiri 4.10.2021). Osa koostamise aluseks olnud ehitusuuringud on tehtud käesoleva töö raames ja esitatud üldosa (osa 1) lisadena. Samuti on koostatud kalapääsulahenduste 3D visualiseeringud esitatud üldosa lisana.

2 Praegune olukord

2.1 Paisjärve veetase

Käesoleva töö mahust tehtud topogeodeetiliste uuringute ajal 30.08.2021 mõõdeti veetaseme kõrguseks 74.24. OÜ Hellenurme Veski poolt esitatud vee erikasutusloa taotluses (01.11.2016) on märgitud normaalpaisutustasemeks 74.47 ± 10 cm, maksimumtasemeks 74.87 ja miinimumtasemeks 74.17. Võrdluseks on esitatud varasemad andmed veetaseme kõrguse kohta paisjärves:

- Tõkestusrajatiste inventariseerimisel (21.06.2021, Eesti Veeprojekt OÜ) mõõdeti veetaseme kõrguseks 74.37.
- Aastal 2004 koostatud Elva jõel Hellenurme vesiveski veekasutusloa keskkonnamõjude hindamise aruandes (koostaja Arvo Järvet) on märgitud paisjärve mõõdetud (13.10.2001) veetasemeks 74.65 ja 12.09.2002 mõõdetud veetasemeks 74.67.
- Maa-ameti ajalooliste kaartide portaalis olevatel kaartidel (1937-1961, 1946-1988, 1966-1987) on märgitud veetaseme kõrguseks 74.37.

Tellija: Keskkonnaamet
Objekt: Hellenurme pais
Aadress: Tartu maakond, Elva vald, Hellenurme küla,
Veski kinnistu (17101:001:0649)

Töö nr: 2021108
Stadium: ekspert hinnang
Välja antud: november 2021

2.2 Olemasoleva liigveelaskme läbilaskevõime

Liigveelase on trapetsprofiiliga ning selle äärmiseid, kolmnurkseid avasid eeldatavasti reguleerimiseks ei kasutata, mistõttu neid avasid ei ole läbilaskevõimekuse hinnangul arvestatud. Maksimaalse läbilaskevõime leidmiseks vaadeldi olukorda, kus kõik riskülikukujulised varjaavad on kuni põhjani avatud ja varjapostid jäävad avasse. Sellisel juhul, kui kõik avad on põhjani avatud ja veetase on paisjärves maksimaalsel tasemel 74,87 m abs (KVT), on liigveelaskme arvutuslik läbilaskevõime ca 40,4 m³/s. Seega on olemasoleva liigveelaskme ava suurus enam kui piisav, et tagada veetaseme püsimine 1.11.2016 esitatud veeloatatluses näidatud piirides (74.17...74.87).

2.3 Veskihoones asuvad turbiinid ja nende käitamine

Alljärgnevalt on esitatud ülevaade omanikult saadud andmetest. Osa andmeid on koondatud tabelisse Tabel 1.

Turbiinid on eraldi reguleeritavad ja need saavad koos töötada, aga mitte täisvõimsusel. Turbiine on võimalik käitada ka maksimaalsest vooluhulgast väiksema vooluhulgaga, kuid veskiturbiini võimuse vähenemisega kaob võimalus jahvatamiseks. Turbiine ei ole tehniliselt täiustatud, kuid neid on remonditud ja restaureeritud.

Tabel 1. Veskihoones paiknevate turbiinide kirjeldus

Jrk nr	Parameetri nimetus, protsessi olemus vms	Veskit käitav turbiin	Elektrigeneraatorit käitav turbiin
1	Turbiini tüüp	Francis	Francis
2	Läbimõõt (mm)	800	870
3	Valmistamise aeg	19. saj lõpp	1950-ndad
4	Maksimaalne vooluhulk (m ³ /s)	1,0	1,5
5	Pöörlemissagedus (p/min)	0-150	0-150
	Avamine, sulgemine, reguleerimine	käsitsi	käsitsi

Läbivool turbiinikambri olukorras, kus kumbki turbiin ei tööta, on hinnanguliselt 100 l/s. Läbivoolu saab vähendada sulgedes pealevoolu nii, et läbivool toimub vaid varjade ja

Tellija: Keskkonnaamet
Objekt: Hellenurme pais
Aadress: Tartu maakond, Elva vald, Hellenurme küla,
Veski kinnistu (17101:001:0649)

Töö nr: 2021108
Stadium: eksperthinnang
Välja antud: november 2021

konstruktsioonide lekete arvel. Turbiinikambri põhjaava avamisel on võimalik vee taset turbiinikambri alandada turbiinide remondiks ja hoolduseks vajalikus ulatuses (lekked ei ole nii suured, et hooldus oleks takistatud).

Veskiturbiini käitatakse vastavalt ekskursioonide toimumise sagedusele, kuid vähemalt üks kord nädalas süsteemi korrashoiu eesmärgil. Elektrigeneraatorit käitav turbiin töötab siis kui on tagatud pidev piisav looduslik juurdevool. Veskiturbiini töötamise aeg on mõõdetav tundides, elektrigeneraatori töötamise perioodide pikkus on mõõdetav nädalates ja kuudes.

2.4 Hinnang olemasolevate hüdrotehniliste rajatise seisukorrale

Liigveelaskme kaldasammaste betoonpindadel esineb kahjustusi. Liigveelaskme külgmised varjad lekid tugevalt. Sellest tulenevalt esineb kaldasammaste betoonpinnal enim kahjustusi just varjade piirkonnas. Varjasid toetavad profiilterasest konstruktsioonid on korrodeerunud.

Veskikanali sissevoolu otsakud/tugimüürid on tugevalt mõranenud. Kanali prahivõre toetavad profiilterasest konstruktsioonid on korrodeerunud. Samuti on korrodeerunud veskikanali varjasid toetav varjapost. Veskikanali väljavoolul on hoonealuste, vees ja veepiiril olevate maakivimüüride alt täielikult kadunud kividevaheline segu. Tellistest võlv on tugevate kahjustustega. Turbiinikambri betoonseinad on nähtavate kahjustustega. Teraskonstruktsioonid on korrodeerunud. Üldiselt võib hüdrotehniliste rajatiste seisukorra hinnata rahuldavaks. Sama hinnang anti rajatistele ka 2012 aastal läbiviidud inventariseerimisel. Paisjärve uuritud osas on kogunenud settekihi paksus 10...20 cm.

3 Ülevaade kalapääsu lahendustest

3.1 Variant 1. Mõödaviikpääs vasakkaldal

3.1.1 Tehniline lahendus

Esimeseks võimalikuks lahendusvariandiks on mõödaviikpääsu rajamine jõe vasakkaldale (AS-4-01). Lahendusena toodud mõödaviikpääs matkib looduslikku kärestikulist oja. Kalapääsu sissevool on ette nähtud rajada Hellenurme oja suudme lähedale. Kalapääsu säng on suures osas planeeritud Veski kinnistu (17101:001:0649) loodenurga lähedale seni aktiivse kasutuseta olnud

Tellija: Keskkonnaamet
Objekt: Hellenurme pais
Aadress: Tartu maakond, Elva vald, Hellenurme küla,
Veski kinnistu (17101:001:0649)

Töö nr: 2021108
Staadium: eksperthinnang
Välja antud: november 2021

aladele. Kalapääsu väljavool (suue) on planeeritud kohta, kus veskikanal ja liigveelaskmest tulev jõeharu kokku saavad. Mõödaviikpääsu pikkus on planeeritud ca 155 m ning keskmine lang ca 2%. Kalapääsu säng kindlustatakse veerise ja munakatega (kivid $d= 5...20$ cm) geotekstiilil. Kalapääsu sängi paigaldatakse voolurahustuskivid ($d= 0,5...0,8$ m), et vähendada voolukiirust ja luua mitmekesisem voolumuster. Kalapääsu sisse- ja väljavoolul on nõlvad planeeritud kindlustada kivikindlustisega (kivid $d= 0,3...0,4$ m) geotekstiilil.

Ehitusgeoloogilise uuringu andmetel (osa 1 lisa 3) lõikub kalapääsu säng liivpinnastega, mis on veeküllastunult tundlikud struktuuri rikkumise suhtes ning hoiavad halvasti nõlva. Sellest tulenevalt on vajalik projekteerimise käigus ette näha asjakohased meetmed (nt deformeerunud kaeviku tagasitäide dreniva kivimaterjaliga). Kalapääsu sängi nõlvade need osad, mida ei kindlustata kividega, tuleb kindlustada mätastusega või kasutada muid sobilikke kindlustisi.

Kinnistusesise sõidutee tõttu on vaja kalapääsust ülesaamiseks rajada sild, milleks antud lahenduses on välja pakutud raudbetoonist raamsild. Silla kaldasambad on planeeritud vähemalt nähtavates osades lahendada maakivimüüridena ning varjatud (ja kandvas) osas betoonkonstruktsioonidena. Raudbetoonist sillaplaadi nähtavad küljed on ette nähtud katta maakividest plaatidega. Müürid kaitstakse pealt katteplaatidega (nt graniidist) ning katteplaatide peale on ette nähtud rajada hõõvelpuidust piirded.

Planeeritud kalapääsu sängiga ristub olemasolev 110 mm kanalisatsioonitoru, mis on käesolevas lahenduses ette nähtud sängiga lõikuv osas toetada, soojustada ning ümbritseda nähtavas osas laudisega. Tulenevalt olemasoleva kanalisatsioonitoru kõrgusest, võib soojustatud torulahenduse puhul kõrgvesi kalapääsus ulatuda ka toruni. Veega kokkupuutuv osa on aga sedavõrd väikese ulatusega, et see ei põhjusta kalapääsule probleeme. Alternatiivina on võimalik rajada veski juurde väike reoveepumpla ning asendada isevoolne torustik survetorustikuga. Seeläbi on võimalik kanalisatsioonitoru viia ka kalapääsu sängiga ristuv osas lõikus maa alla.

Kalapääsuga ristuv joogiveetoru tuleb sängiga lõikuv osas pikkuses ümber ehitada. Torustik tuleb viia sügavamale ning maakraani asukohta muuta.

Veskikanalile, kalapääsu suudmest vahetult ülesvoolu, tuleb rajada kalatõkkevõre ja selle hooldamiseks vajalik teenindussild. Olemasolev liigveelase tuleb remontida ning paigaldada tuleb vähemalt üks automaatselt toimiv vari.

Tellija: Keskkonnaamet
 Objekt: Hellenurme pais
 Address: Tartu maakond, Elva vald, Hellenurme küla,
 Veski kinnistu (17101:001:0649)

Töö nr: 2021108
 Staadium: eksperthinnang
 Välja antud: november 2021

3.1.2 Kalapääsu veevajadus (vooluhulgad kalapääsus)

Arvutuslik vooluhulk kalapääsu sängis, sõltuvalt paisjärve veetasemest, on näidatud järgnevas tabelis Tabel 2. Põhjalaiuse 1,0 m puhul on tegemist minimaalsete rändetee avamiseks vajalike tingimustega, mille puhul NVT taseme puhul paisjärves oleks arvutuslik vooluhulk kalapääsus 0.16 m³/s. Põhjalaiuse 1,5 m puhul on tegemist hüdrauliliste tingimustega, mis tagavad rändetee toimimise oluliselt paremini ja mille puhul NVT taseme puhul paisjärves oleks arvutuslik vooluhulk kalapääsus 0.30 m³/s.

Tabel 2. Arvutuslikud vooluhulgad ja voolukiirused kalapääsu sängis

h abs	h	A	C	R	n	y	C	Q	v	märkused
(m)	(m)	(m ²)	(m)	(m)			(m/s)	(m ³ /s)	(m/s)	
Põhja laius 1.0 m										
74,10	0,00									
74,17	0,07	0,024	0,714	0,03	0,08	0,552	1,92	0,001	0,05	MVT
74,20	0,10	0,050	1,020	0,05	0,08	0,547	2,40	0,004	0,08	
74,30	0,20	0,165	1,380	0,12	0,08	0,530	4,06	0,033	0,20	
74,37	0,27	0,263	1,633	0,16	0,08	0,522	4,82	0,072	0,27	NVT-0,1m
74,40	0,30	0,310	1,741	0,18	0,08	0,519	5,10	0,094	0,30	
74,47	0,37	0,429	1,993	0,22	0,08	0,513	5,68	0,160	0,37	NVT
74,50	0,40	0,485	2,101	0,23	0,08	0,511	5,91	0,195	0,40	
74,57	0,47	0,625	2,354	0,27	0,08	0,506	6,39	0,291	0,47	NVT+0,1m
74,60	0,50	0,690	2,462	0,28	0,08	0,505	6,58	0,340	0,49	
74,70	0,60	0,925	2,823	0,33	0,08	0,499	7,17	0,537	0,58	
74,80	0,70	1,190	3,183	0,37	0,08	0,493	7,69	0,792	0,67	
74,87	0,77	1,393	3,436	0,41	0,08	0,490	8,03	1,008	0,72	KVT
Põhja laius 1.5 m										
74.10	0.00									
74.17	0.07	0.053	0.714	0.07	0.08	0.540	3.05	0.006	0.12	MVT
74.20	0.10	0.075	1.020	0.07	0.08	0.540	3.05	0.009	0.12	
74.30	0.20	0.240	1.380	0.17	0.08	0.520	5.03	0.071	0.30	
74.37	0.27	0.373	1.633	0.23	0.08	0.512	5.88	0.148	0.40	NVT-0,1m
74.40	0.30	0.435	1.741	0.25	0.08	0.509	6.17	0.190	0.44	
74.47	0.37	0.589	1.993	0.30	0.08	0.503	6.78	0.307	0.52	NVT
74.50	0.40	0.660	2.101	0.31	0.08	0.500	7.00	0.366	0.56	
74.57	0.47	0.835	2.354	0.35	0.08	0.495	7.48	0.527	0.63	NVT+0,1m
74.60	0.50	0.915	2.462	0.37	0.08	0.494	7.67	0.605	0.66	
74.70	0.60	1.200	2.823	0.43	0.08	0.488	8.24	0.911	0.76	
74.80	0.70	1.515	3.183	0.48	0.08	0.483	8.74	1.291	0.85	
74.87	0.77	1.753	3.436	0.51	0.08	0.479	9.06	1.604	0.91	KVT

Tellija: Keskkonnaamet
Objekt: Hellenurme pais
Aadress: Tartu maakond, Elva vald, Hellenurme küla,
Veski kinnistu (17101:001:0649)

Töö nr: 2021108
Stadium: eksperthinnang
Välja antud: november 2021

h abs – veepinna absoluutkõrgus paisjärves; h – vee sügavus kalapääsu sängis; A – vee ristlõikepindala kalapääsu sängis; C – vee märgpiire kalapääsu sängis; $R = A/C$; n – karedustegur; y - abiastendaja C – Chézy moodul; Q – arvutuslik vooluhulk kalapääsu sängis; v – arvutuslik voolukiirus kalapääsu sängis; MVT – minimaalne paisutustase; NVT – normaalne paisutustase; KVT – maksimaalne paisutustase.

3.1.3 Piiravad asjaolud

Toodud lahenduse plaaniline asukoht on valitud kinnistu piiri lähedale. Osaliselt ulatub lahendus ka naaberkinnistutele (Vana-Koidu, Väike-Koidu ja 5820011 Hellenurme-Palu-Räbi tee). Väärtuslikumast kõrghaljastusest on püütud mööda minna. Ehitusele võib ette jääda kinnistul asuv kuur (EHR kood 111029622).

3.2 Variant 2. Möödaviikpääs paremkaldal

3.2.1 Tehniline lahendus

Teiseks võimalikuks lahendusvariandiks on möödaviikpääsu rajamine jõe paremkaldale (AS-4-02). Möödaviikpääs matkib sarnaselt esimesele lahendusvariandile looduslikku kärestikulist oja. Kalapääsu sissevool on ette nähtud rajada paisjärve paremal kaldal oleva kraavi suudme asemele. Kalapääs lookleb vajaliku pikkuse saavutamiseks järve paremkalda haljasalal ning säng viiakse selle alumises osas, Hellenurme-Palu-Räbi tee alla jäävas ning saeveski ning liigveelaskme vahele jäävas lõigus, vertikaalsete tugimüüridega kanalis. Kalapääsu väljavool (suue) on planeeritud liigveelaskme alavee lähedale. Möödaviikpääsu pikkus on planeeritud ca 160 m ning keskmine lang ca 2%. Kalapääsu säng kindlustatakse muldesse jäävas osas veerise ja munakatega (kivid $d=5...20$ cm) geotekstiilil. Kanalisse jääva sängi põhi kaetakse samasuguste veeriste ja munakatega. Kalapääsu sängi paigaldatakse voolurahustuskivid ($d=0,5...0,8$ m), et vähendada voolukiirust ja luua mitmekesisem voolumuster. Kalapääsu sisse- ja väljavoolul on nõlvad planeeritud kindlustada kivi- ja kivikindlustisega (kivid $d=0,3...0,4$ m) geotekstiilil.

Tellija: Keskkonnaamet
Objekt: Hellenurme pais
Aadress: Tartu maakond, Elva vald, Hellenurme küla,
Veski kinnistu (17101:001:0649)

Töö nr: 2021108
Stadium: eksperthinnang
Välja antud: november 2021

Ehitusgeoloogilise uuringu andmetel (vt osa 1 lisa 3) lõikub kalapääsu säng liivpinnastega, mis on veeküllastunud tundlikud struktuuri rikkumise suhtes ning hoiavad halvasti nõlva. Sellest tulenevalt on vajalik projekteerimise käigus ette näha asjakohased meetmed (nt deformeerunud kaeviku tagasitäide dreniva kivimaterjaliga). Kalapääsu sängi nõlvade need osad, mida ei kindlustada kividega, tuleb kindlustada mätastusega või kasutada muid meetmeid.

Kuna kalapääs tuleb läbi viia liigveelaskme ning saeveski varemete vahele jäävalt kitsalt alalt, siis on selles piirkonnas ette nähtud rajada vertikaalsete seintega kanal. Kanali rajamiseks on esmalt vaja ehitada tugiseinad, mis käesolevas variandis on lahendatud lõikuvatest puurvaiadest tugiseinadena. Lõikuvate puurvaiade paigaldusega ei kaasne taolist vibratsooni, mis võiks mõjutada saeveski varemete püsivust (eeldusel, et on tehtud kõik vajalikud tööd, mis on märgitud osas 3). Kahe tugiseina vahelt eemaldatakse vajalikul määral pinnast ning puhastatud avasse rajatakse raudbetoonist kanal. Kanali seinad ja otsakud on nähtavas osas planeeritud maakividest müüridena. Kinnistusisesest sõiduteest ülessaamiseks tuleb üle kanali rajada ka sild, milleks antud lahenduses on välja pakutud raudbetoonist raamsild. Raudbetoonist sillaplaadi nähtavad küljed on ette nähtud katta maakividest plaatidega. Maapinnast välja ulatuvad müürid kaitstakse pealt kateplaatidega (nt graniidist) ning kateplaatide peale on ette nähtud rajada hõõvelpuidust piirded.

Veskikanali lõppu tuleb rajada kalatõkkevõre ja selle hooldamiseks vajalik teenindussild.

Olemasolev liigveelase tuleb remontida ning paigaldada tuleb vähemalt üks automaatselt toimiv vari.

3.2.2 Kalapääsu veevajadus (vooluhulgad kalapääsus)

Kuna valitud sängiprofiil on möödaviikpääsul sama esimeses variandis tooduga, siis on arvutuslikud vooluhulgad pinnasest nõlvadega sängiosas täpselt samad nagu esimesel lahendusvariandil. Vertikaalsete tugiseintega kanali hüdraulilised arvutused on esitatud järgnevas tabelis Tabel 3.

Tellija: Keskkonnaamet
 Objekt: Hellenurme pais
 Address: Tartu maakond, Elva vald, Hellenurme küla,
 Veski kinnistu (17101:001:0649)

Töö nr: 2021108
 Staadium: eksperthinnang
 Välja antud: november 2021

Tabel 3. Arvutuslikud vooluhulgad ja voolukiirused kalapääsu kanalis.

h	A	C	R	n	y	C	Q	v	märkused
(m)	(m ²)	(m)	(m)			(m/s)	(m ³ /s)	(m/s)	
Ülesvoolu põhja laius 1.0 m									
0,05	0,019	0,757	0,02	0,08	0,556	1,60	0,001	0,04	MIN
0,10	0,075	1,513	0,05	0,08	0,547	2,42	0,006	0,08	
0,20	0,225	1,713	0,13	0,08	0,527	4,28	0,049	0,22	
0,23	0,270	1,773	0,15	0,08	0,524	4,67	0,070	0,26	NVT-0,1
0,30	0,375	1,913	0,20	0,08	0,516	5,39	0,127	0,34	
0,34	0,435	1,993	0,22	0,08	0,513	5,72	0,165	0,38	NVT
0,40	0,525	2,113	0,25	0,08	0,509	6,15	0,228	0,43	
0,45	0,600	2,213	0,27	0,08	0,506	6,46	0,285	0,48	NVT+0,1
0,50	0,675	2,313	0,29	0,08	0,503	6,73	0,347	0,51	
0,60	0,825	2,513	0,33	0,08	0,499	7,17	0,480	0,58	
0,70	0,975	2,713	0,36	0,08	0,495	7,53	0,623	0,64	
0,95	1,350	3,213	0,42	0,08	0,488	8,19	1,013	0,75	MAX
Ülesvoolu põhja laius 1.5 m									
0.05	0.019	0.757	0.02	0.08	0.556	1.60	0.001	0.04	MIN
0.10	0.075	1.513	0.05	0.08	0.547	2.42	0.006	0.08	
0.20	0.225	1.713	0.13	0.08	0.527	4.28	0.049	0.22	
0.34	0.435	1.993	0.22	0.08	0.513	5.72	0.165	0.38	NVT-0,1
0.40	0.525	2.113	0.25	0.08	0.509	6.15	0.228	0.43	
0.47	0.630	2.253	0.28	0.08	0.505	6.57	0.310	0.49	NVT
0.55	0.750	2.413	0.31	0.08	0.501	6.96	0.412	0.55	
0.66	0.915	2.633	0.35	0.08	0.496	7.40	0.564	0.62	NVT+0,1
0.80	1.125	2.913	0.39	0.08	0.492	7.83	0.774	0.69	
1.00	1.425	3.313	0.43	0.08	0.487	8.29	1.095	0.77	
1.20	1.725	3.713	0.46	0.08	0.484	8.63	1.434	0.83	
1.30	1.875	3.913	0.48	0.08	0.482	8.77	1.609	0.86	MAX

h abs – veepinna absoluutkõrgus paisjärves; h – vee sügavus kalapääsu sängis; A – vee ristlõikepindala kalapääsu sängis; C – vee märgpiire kalapääsu sängis; $R = A/C$; n – karedustegur; y - abiaastendaja C – Chézy moodul; Q – arvutuslik vooluhulk kalapääsu sängis; v – arvutuslik voolukiirus kalapääsu sängis; MVT – minimaalne paisutustase; NVT – normaalne paisutustase; KVT – maksimaalne paisutustase.

Tellija: Keskkonnaamet
Objekt: Hellenurme pais
Aadress: Tartu maakond, Elva vald, Hellenurme küla,
Veski kinnistu (17101:001:0649)

Töö nr: 2021108
Stadium: eksperthinnang
Välja antud: november 2021

3.2.3 Piiravad asjaolud

Ehitus on toimub osaliselt väga kitsal alal liigveelaskme ja saeveski vahel, mistõttu on antud lahendus ehitustehniliselt keeruline. Variant 2 rajamise vältimatuks eelduseks on osas 3 ette nähtud tööde tegemine enne kalapääsu rajamist.

4 Vooluhulkade jaotumine

4.1 Üldist

Vooluhulkade jaotumine turbiinide, liigveelaskme ja kalapääsu vahel sõltub sellest, kuidas neid kasutatakse ning kalapääsu puhul sellest, milline on veetase paisjärves ning kas kalapääsu sissevoolul on täiendavaid voolutakistusi või mitte. Kui kalapääsu sissevool ei ole takistatud (eeldab sissevoolule paigaldatava prahitõkkepoomi poolt kogutava materjali eemaldamist), siis sõltub vooluhulk kalapääsus ainult paisjärve veetasemest. Seega on oluline, et veetase paisjärves oleks reguleeritud sellisel, et saaks täidetud kalapääsu rajamisega püstitatud eesmärgid.

Paisjärve veetaseme lubatud piirides hoidmine saab toimuda kolmel moel: turbiinide veetarvet reguleerides, liigveelaskme (varjade) abil või nende kahe koostööna. Lisaks on võimalik veetaset reguleerida ka veski turbiiniga, aga kuna see turbiin pole mõeldud pikalt töötama (veski turbiini kasutatakse tavaliselt lühiajaliselt, omaniku info kohaselt maksimaalselt mõned tunnid ööpäevas), siis ei ole seda võimalust antud juhul arvestatud.

Keskkonnaagentuuri hüdroloogiliste andmete järgi on ökoloogiline miinimumvooluhulk Elva jões Hellenurme veski juures 0,19 m³/s. Seega on kõige veevaesemal ajal võimalik, et veetase langeb paisjärves sellisele tasemele, et voolamine kalapääsus on minimaalne või puudub sootuks (kogu vee vool toimub läbi liigveelaskme ja turbiinikambri). Veetase paisjärves jääks allapoole NVT-0.1m, olles ca 74.20...74.30 (võrdluseks: topogeodeetiliste uuringute ajal 30.08.2021 oli veetaseme kõrgus 74.24). Samas ei ole erakordselt veevaesel ajal kalapääsu kasutatavus ilmselt ka oluline, kuna veetase on siis erakordselt madal ka jõe looduslikus sängis. Sellisel ajal on soovitatav veskiturbiini mitte käivitada, kuigi lühiajaline käivitamine mõjutab veetaset vaid vähesel määral. Olukorras, kus paisjärve veepeegli pindala on ca 5,1 ha ning veski turbiini kasutatakse maksimaalse vooluhulgaga 1 m³/s, muutub veetase voolulga 0,19 m³/s juures

Tellija: Keskkonnaamet
Objekt: Hellenurme pais
Aadress: Tartu maakond, Elva vald, Hellenurme küla,
Veski kinnistu (17101:001:0649)

Töö nr: 2021108
Staadium: ekspert hinnang
Välja antud: november 2021

paisjärves arvutuslikult kuni 1 mm minutis. Veetaseme NVT – 0,1m juures püsimiseks vajalik vooluhulk jões on suvise 30-päevase miinimumvooluhulga graafiku põhjal tagatud umbes 88% tõenäosusega. NVT juures püsimiseks vaja minev vooluhulk on sama graafiku põhjal tagatud ca 55% tõenäosusega.

Täpse (teoreetilise) reguleerimise puhul ei erineks paisust allapoole jõudev vooluhulk jõesängis olulisel määral sellest, mis seal ka paisuta olukorras eksisteeriks. Praktikas toimivad paisjärved analoogselt looduslike järvedega (vooluhulka ei reguleerita) mõningase veevoolu puherdajana/ühtlustajana. Antud paisu puhul on peamisteks ebaloomulike olukordade tekitajateks turbiinide käivitamise ja sulgemise hetked, kui vooluhulk alavees muutub kiiremini kui see looduslikult juhtuda saaks.

Kõige suurema muutusega olukord tekib siis, kui alavee poolses jõesängis toimub minimaalne voolamine (jões voolab ökoloogiline miinimumvooluhulk) ja sellisel ajal käivitatakse veski turbiin vooluhulgal 1 m³/s (veskiturbiini vooluhulk lisandub paisjärve veetaseme alanemise arvel). Niisugusel juhul võib veetase jõesängis arvutuslikult tõusta kuni ~0,26 m ja keskmine voolukiirus suurenda kuni 1,9 korda. Olukorras, kus looduslik vooluhulk jões on 0,5 m³/s, on veetaseme arvutuslik tõus 0,20 m ja keskmine voolukiirus suureneb 1,4 korda. Olukorras, kus looduslik vooluhulk jões on 1,0 m³/s, on veetaseme arvutuslik tõus 0,15 m ja keskmine voolukiirus suureneb 1,3 korda.

Maksimaalne voolukiirus selles olukorras kindlasti nii palju ei suurene, kuna jõe ristlõikes on alati olemas kiirema ja aeglasema vooluga tsoone ning voolukiiruse suurenemine ristlõike ulatuses ei ole lineaarne protsess. Suhteliselt rohkem suureneb voolu kiirus ristlõike osas, milles voolu kiirus on väiksem (sängi sisekurvid, madalikud) ja suhteliselt vähem voolu ristlõike osas, milles voolu kiirus on suurem (sängi väliskurvid, kivide jms takistuste ümbrus). Kuna ökoloogilise miinimumvooluhulga korral on veetase jões oma madalaimal tasemel, siis on ka jões eksisteerivad looduslikud takistused suurima tõkestava mõjuga.

Veerohkel ajal kui on tagatud pidev piisav looduslik juurdevool, on valdavaks olukord, kus elektrigeneraatorit käitav turbiin töötab. Omanikult saadud info kohaselt saavad nii veskiseadmeid käitav turbiin kui elektrigeneraatorit käitav turbiin tehniliselt samaaegselt töötada, aga mitte täisvõimsusel. Turbiinid on iseseisvalt reguleeritavad. Olukorras, kus vooluhulk Elva

Tellija: Keskkonnaamet
Objekt: Hellenurme pais
Aadress: Tartu maakond, Elva vald, Hellenurme küla,
Veski kinnistu (17101:001:0649)

Töö nr: 2021108
Stadium: eksperthinnang
Välja antud: november 2021

jões on väiksem kui on vajalik veskiseadmete ja elektrigeneraatori koos käitamiseks, tuleks samaaegse töötamise vajaduse tekkimisel elektrigeneraatorit käitavat turbiini läbivat vooluhulka vähendada või see veskiseadmete kasutuselevõtu ajaks üldse välja lülitada.

4.2 Vooluhulgad möödaviikpääsus

Kalapääsu kavandamisel on arvestatud paisjärve tasemeks 2016. aasta vee erikasutusloa taotluses esitatud veetasemed ja normaaltasemeks 74.47. Kalapääsu läbiva vooluhulga suurst mõjutab suurel määral see, kuidas toimib kalapääsu sissevool (ülavee poolne ots) ning see millisel kõrgusel on veetase paisjärves. Kalapääsude projekteerimise juhendmaterjalides on püstitatud eesmärk, et kalapääs peaks olema kaladele läbitav vähemalt ligikaudu 300 päeva jooksul aastast ((DWA-M 509: *Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke – Gestaltung, Bemessung, Qualitätssicherung*. 2014). Käesolevas töös toodud lahendustega püüti saavutada olukorda, kus looduslähedane möödaviikpääs oleks ehitamiseks kasutatava ruumi piiratuse tõttu võimalikult väikeste mõõtmetega, kuid pakuks samal ajal võimalikult suurel perioodil aastast kaladele sobilikke rändetingimusi nii üles- kui allavoolu rändeks.

Tabel 2 on kasutatud konstantset karedustegurit n aga kõrgemate veetasemete puhul muutub karedustegur tõenäoliselt väiksemaks, mille tulemusel vooluhulgad ja voolukiirused mõnevõrra suurenevad. Muutus on tulemuse seisukohalt väheoluline ja oluliselt rohkem avaldab mõju sängis olevate suurte kivide kuju ja paigutus.

Kalapääsu minimaalseks toimimiseks on vaja vett vähemalt $0,15 \text{ m}^3/\text{s}$. Veetaseme $NVT \pm 0,1\text{m}$ puhul vooluhulk vastavalt väheneb või suureneb ($0,07 \dots 0,53 \text{ m}^3/\text{s}$), olles seotud sängile valitava põhjalaiusega. Kalapääsu suunatava vooluhulga võrra väheneb elektrigeneraatori turbiini käitamiseks saadaolev vooluhulk ning elektrienergia tootmiseks sobiv periood lüheneb.

4.3 Vooluhulgad veskikanalis

Veski turbiini veetarbeks on ette antud kuni $1 \text{ m}^3/\text{s}$. HEJ turbiini veetarbeks on ette antud kuni $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$. Kui kumbki turbiin pole kasutuses, siis on veskikanalis vooluhulk lekete tõttu

Tellija: Keskkonnaamet
Objekt: Hellenurme pais
Aadress: Tartu maakond, Elva vald, Hellenurme küla,
Veski kinnistu (17101:001:0649)

Töö nr: 2021108
Stadium: eksperthinnang
Välja antud: november 2021

hinnanguliselt ca 0,1 m³/s. Kontrollimatu lekkevoolu vähendamiseks tuleks olemasolevad varjad asendada uutega ja vajadusel (remondi ulatust on võimalik selgitada peale veskikanali tühjendamist) teha varjabaaside ning kanali remont. Eesmärgiks tuleks seada, et veevaesel ajal ei ületaks läbivool turbiinikambri (olukorras, kus veskiturbiin ei tööta) 50 l/s. Talvisel ajal vähendab läbivool oluliselt kütmata turbiinikambri külmumise riski. Läbivoolu kontrollimiseks kaasaegsel tasemel on võimalik asendada kogu veskikanali varjasüsteemi (käsitsi liigutatavad puitkilbid) kaasaegsete, mehhanismidega liigutatavate varjade ja neile sobivate varjabaasidega. Veski turbiini kasutatakse ekskursioonide ajal või vähemalt korra nädalas lühiajaliselt, süsteemide töökorras hoidmise eesmärgil. Lülitused tehakse sõltumata loodusliku juurdevoolu suurusest ning seetõttu on veevaesel ajal soovitatav veskit käitada võimalikult lühiajaliselt (vt. mõju kirjeldus p.4.1).

Juhul kui võetakse taas kasutusele ka HEJ turbiin, siis selle sisselülitusele järgnev tööperiood saab olema pikem. Turbiini on võimalik kasutada kui juurdevool paisjärve katab ära turbiini veevajaduse (st toimub vee vool läbi kalapääsu vähemalt NVT tasemel ja liigveelaskmes vähemalt 0,05 m³/s). Veetase paisjärves ei tohi turbiini kasutamisel kiiresti (st loodusliku juurdevoolu poolt kaetavast kiiremini) alaneda ning hea praktika on hoida veetase normaalse paisutusasteme piirkonnas. Kasutades Keskkonnaagentuurilt saadud hüdrooloogilisi andmeid, on võimalik prognoosida HEJ turbiini kasutamise perioodide kestust erineva veerohkusega aastate lõikes, vastavalt HEJ turbiini hinnangulisele maksimaalsele veetarbele. Maksimaalse veetarbe puhul saaks prognoosi kohaselt HEJ turbiini kasutada veerohkel aastal ~15 dekaadi, keskmisel aastal ~6 dekaadi ning veevaesel aastal ~4 dekaadi kestel. Kuna praktikas on HEJ turbiini võimalik kasutada ka maksimaalsest väiksema vooluhulgaga (turbiini veetarve on reguleeritav), siis on tegelikud potentsiaalsed kasutusperioodid oluliselt pikemad.

Käesoleva töö käigus ei saadud vastust küsimusele, kui väikese vooluhulgaga õnnestub turbiine käitada. Lähtudes omaniku kinnitusest, et HEJ turbiini käitatakse ainult piisava loodusliku juurdevoolu korral (st turbiini ei käitata kasutades vee kogumist paisjärve ning selle regulaarset juhtimist läbi turbiini) ja analüüsidest aastatel 2010...2014 taastuenergia toetuste maksmise kaudu tootmisperioodi pikkust, saab järeldada, et vooluhulk HEJ turbiini käitamiseks oli neil aastatel piisav 8...12 kuud aastas. Näiteks 2012 aastal maksti taastuenergia toetust iga kuu eest,

Tellija: Keskkonnaamet
Objekt: Hellenurme pais
Aadress: Tartu maakond, Elva vald, Hellenurme küla,
Veski kinnistu (17101:001:0649)

Töö nr: 2021108
Stadium: eksperthinnang
Välja antud: november 2021

samas ületas jõe vooluhulk 1,5 m³/s (HEJ turbiini suurim vooluhulk) ainult kuuel dekaadil ning poolel aastast oli vooluhulk väiksem kui 1 m³/s (vt osa 1 lisa 2 graafikult Lisa_2-5-21_58_Hellenurme 4.xlsx keskmise aasta hüdrograaf).

Seejuures ei saa teha järeldust HEJ turbiini mittetöötamise kohta perioodil kui taastuvenergia toetust ei makstud, sest HEJ toodangut kasutatakse ka veskihoone omatarbeks.

4.4 Vooluhulk liigveelaskmes

Vähemalt 50 l/s peaks jääma läbi liigveelaskme pidevalt voolama ka siis, kui veelase on suletud olekus ja enamuse vee voolust toimub kalapääsu ja veskikanali kaudu. Eelistatud on vee vool veesamba keskelt nii nagu see toimub praegu st soojal ajal ei juhita ära vett paisjärve ülemisest, soojemast kihist. Osa vooluhulgast annab ka leke varjade vahelt, mis mingil määral säilib ka peale olemasolevate varjade asendamist uute, analoogsete puitvarjadega. Liigveelaset läbiv vooluhulk muutub lähtuvalt looduslikust juurdevoolust ja olenevalt sellest, kas veskihoones rakendatakse tööle turbiine. Liigveelaskme avamise ja sulgemise viimiseks kaasaegsele tasemele tuleks asendada kogu liigveelaskme varjasüsteemi (käsitsi liigutatavad puitkilbid) kaasaegsete, mehhanismidega liigutatavate varjade ja neile sobivate varjabaasidega.

5 Ettepanekud olemasolevate hüdrotehniliste rajatiste remondiks ja täiustamiseks

Kalapääsu rajamisega võetavate eesmärkide täitmiseks on oluline, et paisjärve veetasel saaks võimalikult täpselt NVT juures hoida. See eeldab, et liigveelase ja veskikanal oleks praegusest paremas seisukorras (st väiksema kontrollimatu lekkevooluga) ning et veetaseme reguleerimine oleks automatiseeritud.

Olemasolev liigveelase tuleb remontida: betoonpinnad taastada, metallkonstruktsioonid remontida või asendada, puitvarjad asendada uutega.

Liigveelaskmes peaks olema vähemalt ühes postivahe automaatselt toimiv vari. Automaatika peaks lisaks varja juhtimisele olema suuteline saatma välja ka teavitusi ohumärkidega situatsioonidest, mis paisu juures ette võivad tulla.

Tellija: Keskkonnaamet
Objekt: Hellenurme pais
Aadress: Tartu maakond, Elva vald, Hellenurme küla,
Veski kinnistu (17101:001:0649)

Töö nr: 2021108
Stadium: eksperthinnang
Välja antud: november 2021

Sellised situatsioonid on näiteks:

- paisutustase langeb alla mingi lubatud piiri (veeloaga seatud piir pluss varu muutustele reageerimiseks): selline teavitus annab paisu haldajale märku meetmete rakendamiseks, et veetase rohkem allapoole ei langeks (nt HEJ turbiini kasutamise lõpetamine);
- paisutustase tõuseb kõrgemale mingist lubatud piirist: selline teavitus annab paisu haldajale märku, et on aeg täiendavate varjade avamiseks, lisaks automaatvarjale;
- lisaks eelnevatele situatsioonidele võib kaaluda ka sellise teavituse loomist, mis annaks märku kui paisutustase muutub kiiremini, kui see tavaliselt toimub – selline teavitus tekitab võimaluse paisu haldajal probleemiga tegeleda juba enne, kui veetase ettenähtud (sh ohutust) piiridest välja jõuab. Teavituse loomine eeldab veetaseme andmete pidevat salvestamist, analüüsi ja analüüsi alusel tehtavat regulaarset algoritmi korrigeerimist.

Turbiinikamber ja veskikanal tuleks remontida selliselt, et lekkeid ei esineks läbi betoonpindade või muude konstruktsioonide. Säilitada tuleks kontrollitud (sh suletav) läbivool. Soovitav on ka veskikanali väljavoolu hoonealuste maakivimüüride remont. Kuigi nende konstruktsioonide seisund ei oma praeguses olukorras mõju võimaliku kalapääsu toimivusele, siis on veskikanali ja turbiinikambri stabiilsus siiski oluline, et tulevikus ei tekiks uusi lekkekohti, mis võiksid kogu hüdroölme (sh kalapääsu) toimivust mõjutama hakata.