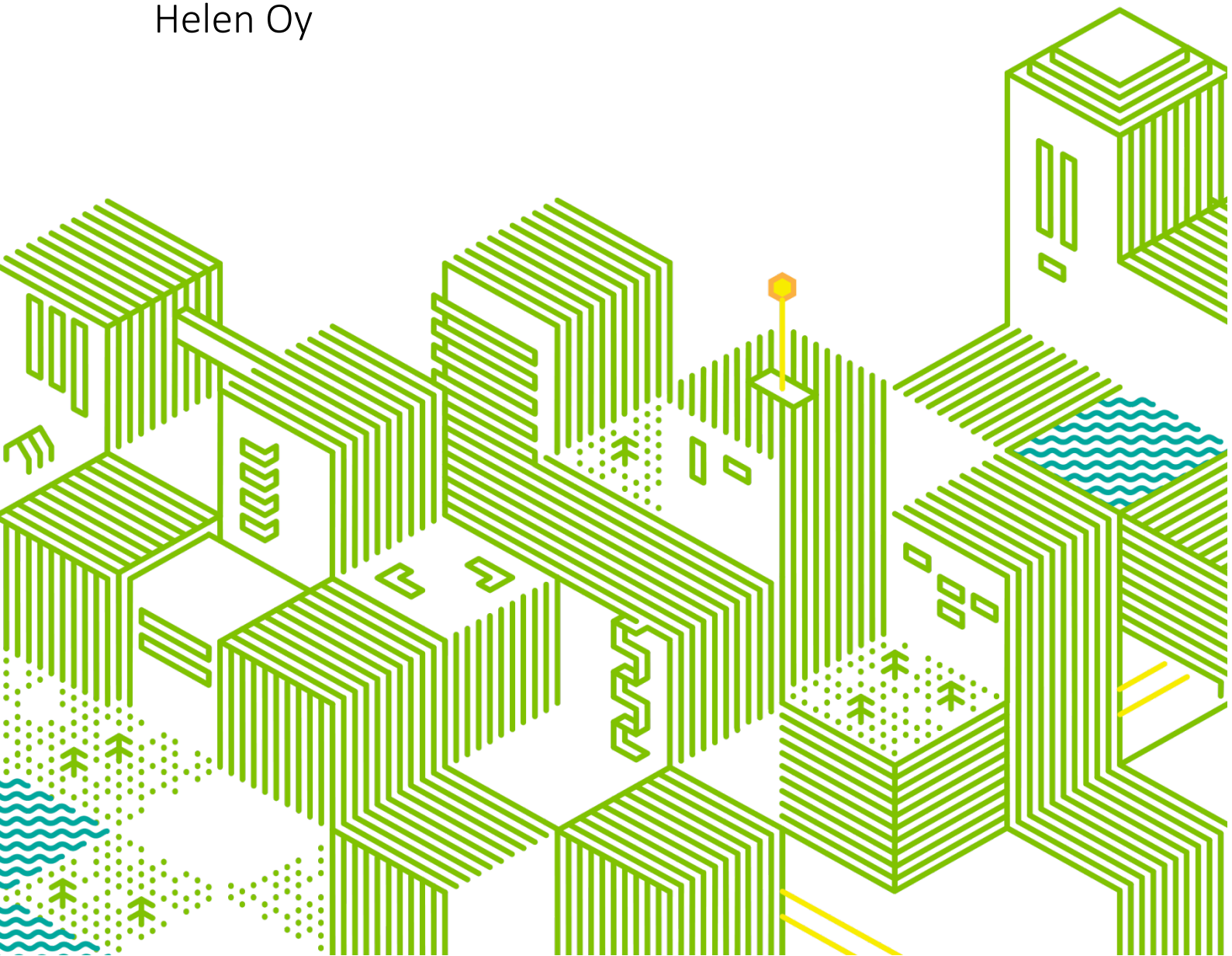


Selvitys kalankulkuvaihtoehdoista Ahvenkosken ja Klåsarön voimalaitosten ohi

28.5.2018

Helen Oy



Sisällys

Liitteet	2
1 Johdanto	3
2 Aineisto ja menetelmät	3
2.1 Kirjallisuus, selvitykset ja kohdekäynnit.....	3
2.2 Aiemmat suunnitelmat	3
2.3 Työpaja.....	4
3 Kohteiden kuvaus ja suunnittelun reunaehdot.....	4
3.1 Ahvenkosken voimalaitos	4
3.2 Klåsarön voimalaitos	5
3.3 Suunnittelun reunaehdot.....	6
4 Vesistön kuvaus	6
4.1 Hydrologia	7
4.2 Kalasto ja kalatalous.....	8
4.3 Vesivoimalaitokset ja säännöstely	9
4.4 Vaellusesteet.....	10
5 Työpajan tulokset	10
6 Alustavasti tarkastellut vaihtoehdot	12
6.1 Ahvenkoski	12
6.1.1 Tekninen pystyrakokalatie	12
6.1.2 Spiraalikalatie	12
6.1.3 Borland-kalatie	13
6.1.4 Luonnonmukainen kalatie padon länsipäästä	14
6.2 Klåsarö.....	14
6.2.1 Tekninen kalatie voimalaitosten välistä	14
6.2.2 Tekninen tai luonnonmukainen kalatie voimalaitoksen itäpuolelta.....	15
6.2.3 Tekninen kalatie vanhan voimalaitoksen alta.....	15
6.2.4 Kalatie neulapadon kautta	15
7 Jatkotarkasteluun valitut vaihtoehdot	16
7.1 Ahvenkoski: Kalatien sisäänkäynti ja alaosa alakanavan puolella	16
7.2 Ahvenkoski: Tekninen spiraali.....	17
7.3 Ahvenkoski: Luonnonmukainen.....	21
7.4 Klåsarö: Tekninen laitosten välistä	25
7.5 Klåsarö: Tekninen itärannalta	27
8 Kustannukset	29
8.1 Investointikustannukset.....	29
8.1.1 Ahvenkoski: Tekninen spiraali.....	30
8.1.2 Ahvenkoski: Luonnonmukainen.....	30

8.1.3	Klåsarö: Tekninen laitosten välistä.....	31
8.1.4	Klåsarö: Tekninen itärannalta	31
8.2	Käyttökustannukset	31
9	Vaihtoehtojen vertailu.....	32
9.1	Ahvenkoski	32
9.1.1	Alakanavan puoleinen sisäänkäynti ja alaosa	32
9.1.2	Spiraali.....	32
9.1.3	Luonnonmukainen	33
9.2	Klåsarö.....	35
9.2.1	Kalateiden perusrakenne	35
9.2.2	Tekninen laitosten välistä	35
9.2.3	Tekninen itärannalta	35
10	Suosituksukset ja jatkotoimenpiteet	35
10.1	Suosittelvat vaihtoehdot.....	35
10.2	Tutkimukset ja lisäselvitykset	36
10.2.1	Kalojen käyttäytyminen Ahvenkosken alakanavassa.....	36
10.2.2	Kalojen käyttäytyminen välillä Ahvenkoski–Klåsarö	38
10.2.3	Kalojen ylisiirrot Ahvenkosken yläpuolelle	38
10.2.4	Alasvaellus.....	39
11	Yhteenveto	39

Liitteet

Liite 1	Voimalaitosten virtaamien hydrologiset kuvaajat
Liite 2	Ahvenkosken alakanavan virtauskuva ja hahmotelma sisääntulorakenteesta
Liite 3	Ahvenkoski: Tekninen spiraali, suunnitelmat
Liite 4	Klåsarö: Tekninen laitosten välistä, suunnitelmat
Liite 5	Klåsarö: Tekninen itärannalta, suunnitelmat
Liite 6	Yleistä tietoa kalatietyypeistä
Liite 7	Kalatien jatke Ahvenkosken tulvauomassa

1 Johdanto

Työn tarkoituksena oli selvittää kalannousuvaihtoehtoja Helen Oy:n Ahvenkosken ja Klåsarön vesi-voimalaitosten ohi. Lisäksi selvitystyössä otettiin huomioon mahdollisesti myöhemmin suunnittelutavat kalojen alasvaellusratkaisut.

Selvityksen tavoitteena oli löytää kustannustehokkaimmat ja toteuttamiskelpoiset vaihtoehdot, joilla voitaisiin saavuttaa kalan nousu voimalaitosten ohi. Selvityksessä pyrittiin hakemaan myös uusia, innovatiivisia ratkaisuja. Työssä tarkasteltiin erityisesti lohen nousumahdollisuuksia.

Työn alkuvaiheessa Helen Oy järjesti työpajan, jossa pohdittiin tavoitteita Kymijoen länsihaaran kalankululle. Työpajassa käytiin läpi ja priorisoitiin kalatievaihtoehtoja Luonnonvarakeskuksen laatiman esiselvitysluonnoksen pohjalta.

Työssä tarkasteltiin mahdollisia kalatievaihtoehtoja nykytilatiedon, kirjallisuuden sekä kohteista tehtyjen selvitysten ja suunnitelmien pohjalta. Perinteisten vaihtoehtojen rinnalla pohdittiin uusia, innovatiivisia ratkaisuja. Alustavista mahdollisista vaihtoehdoista valittiin jatkotarkasteluun kalankulun, toteuttamisen ja kustannusten kannalta kaksi parasta päävaihtoehtoa molempien voimalaitosten osalta. Selvitys on tyypiltään esisuunnitelmatasoinen työ. Tarkempi suunnittelu, mitoitus ja kustannusten arviointi tehdään myöhemmin tarvittaessa erikseen.

Raportin laati konsultin työryhmä, johon kuuluivat MMM Merilin Vartia (projektipäällikkö) ja FM Petri Karppinen (kalabiologinen asiantuntija ja suunnittelu) Kala- ja vesitutkimus Oy:stä, DI Jami Aho (tekninen suunnittelu ja käyttökustannukset) Insinööritoimisto Jami Aho Oy:stä ja ins. AMK Tomi Puustinen (kustannukset) Sitowise Oy:stä.

Helen Oy:ltä työryhmään kuuluivat Krista Jaatinen, Tea Erätuuli, Maiju Westergren ja Jari Kottonen. Ohjausryhmään kuuluivat Jouni Tammi Maa- ja metsätalousministeriöstä sekä Mikko Koivurinta, Visa Niittyneemi ja Jukka Tuohino Ely-keskuksesta.

2 Aineisto ja menetelmät

2.1 Kirjallisuus, selvitykset ja kohdekäynnit

Selvityksessä käytiin laajasti läpi kotimaista ja ulkomaista kirjallisuutta sekä selvityksiä. Voimalaitoksilla käytiin yhteensä kolmena eri kertana tutustumassa voimalaitoksen toimintoihin ja niiden ympäristöön. Vierailuiden yhteydessä otettiin runsaasti valokuvia, jotka toimivat selvityksen lähtötietoina. Virtausolosuhteita tarkasteltiin kohteissa näköhavainnoin ja videokuvauksen avulla, sekä kummankin voimalaitoksen alakanavassa tehtyjen syvyysluotausten ja virtaamamallinnusten perusteella. Luotaus- ja mallinnustiedot saatiin Luonnonvarakeskuksesta.

2.2 Aiemmat suunnitelmat

Ahvenkosken voimalaitokselle on aiemmin tehty Ely-keskuksen toimeksiantona yleissuunnitelma neljästä eri kalatievaihtoehdosta (Maveplan Oy, 2012a). Voimalaitoksen länsiseinustalle sijoittuvina vaihtoehtoina esitettiin suunnitelmat Denil- ja Borland-tyyppisistä kalateistä sekä linjausluonnos tulvauoman kautta voimalaitospadon länsipäätä kohti nousevasta luonnonmukaisesta/teknisestä kalatiestä. Näistä Borland-kalatieitä pidettiin suunnitelmassa Ahvenkoskelle parhaiten soveltuvana vaihtoehtona. Näiden kolmen vaihtoehdon sisäänkäynti sijoittui voimalaitoksen alakana-

vassa vanhan kalahissin sisäänkäynnin kohdalle. Neljäs vaihtoehto sijoittui voimalaitoksen itäpuolelle. Pystyrakomallisen kalatien sisäänkäynti sijoittui alavirran suunnasta katsottuna voimalaitoksen oikeaan alanurkkaan, mistä kalatie nousi kohti padon itäpäätä voimalaitoksen piha-alueen jyrkässä rinteessä.

Klåsarön voimalaitokselle esitettiin kaksi versiota vanhan ja uuden voimalaitoksen välissä kulkevalle Denil- ja pystyrako-osuuksia yhdistelevälle kalatielle, sekä suunnitelma voimalaitoksen itäpuolella nousevasta pystyrakokalatiestä (Maveplan Oy, 2012b).

2.3 Työpaja

Helen Oy järjesti Kymijoen länsihaaran kalankulun järjestämiseen liittyvän työpajan Vuosaaren voimalaitoksen tiloissa 23.11.2017. Tilaisuuteen osallistui yhteensä 23 henkilöä Helen Oy:stä, ympäristöministeriöstä, elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksista, Luonnonvarakeskuksesta (LUKE), eri sidosryhmistä sekä konsultin työryhmästä (Sitowise Oy, Kala- ja vesitutkimus Oy ja Insinööritoimisto Jami Aho Oy. Työpajan fasilitoi Innotiimi-ICG.

Työpajassa esitettiin Luonnonvarakeskuksen laatima Kymijoen länsihaaran kalankulun järjestämistä koskeva esiselvitysluonnos (Artell ym. 2017), jonka pohjalta työstettiin perimmäisiä tavoitteita sekä prosessi- ja keinotavoitteita Kymijoen länsihaaran kalankulun järjestämiseksi. Tämän jälkeen käytiin läpi Luonnonvarakeskuksen laatimassa esiselvitysluonnoksessa esitetyt kalatievaihtoehdot ja pohdittiin niiden hyvät ja huonot puolet. Työpajan yhtenä tuloksena oli vaihtoehtojen priorisointi. Työpajan jäsenet saivat valita omasta mielestään parhaat vaihtoehdot jatkokäsittelyyn.

Konsulttina toiminut Kala- ja vesitutkimus Oy esitteli uuden kalatievaihtoehdon Kalasydämen.

3 Kohteiden kuvaus ja suunnittelun reunaehdot

3.1 Ahvenkosken voimalaitos

Ahvenkosken voimalaitos sijaitsee Kymijoen läntisimmän mereen laskevan haaran alaosassa. Voimalaitos on alin vaelluseste kyseisessä joen haarassa. Voimalaitoksessa on kaksi pystyakselista Kaplan-turbiinia, joiden yhteenlaskettu teho on noin 26 MW. Laitoksen putouskorkeus on noin 9,1–12,1 metriä riippuen meriveden ja laitoksen yläpuolisen vedenpinnan korkeuksista.

Voimalaitokseen kuuluu turbiinit sisältävän voimalaitosrakennuksen lisäksi voimalaitospato, joka ulottuu laitokselta länteen noin 250 metrin päässä sijaitsevaan kallioon saakka (Kuva 1). Padossa on kaksi ohijuokutusluukkuja. Ahvenkosken voimalaitoksen rakennevirtaama on 250 m³/s.

Voimalaitoksen alakanava on kaivettu ja louhittu luonnonuoman itäpuolelle ja vanha luonnonuoma toimii ohijuokutusväylänä. Alakanava ja vanha luonnonuoma yhtyvät noin 330 metriä voimalaitoksen alapuolella (Kuva 1).

Voimalaitoksessa on ollut käytössä kalahissi, jonka tukirakenteet sijaitsevat laitoksen länsipuolella.

Voimalaitoksen alue on laitoksen omistajan Oy Mankala Ab:n omistuksessa ja voimalaitospadon eteläpuolella on omistusta A. Ahlström Kiinteistöt Oy:llä (kiinteistö 1-432).



Kuva 1. Ahvenkosken voimalaitos ja sen lähiympäristö (Ilmakuva © MML 02/2018)

3.2 Klåsarön voimalaitos

Klåsarön voimalaitos sijaitsee noin 8 km Ahvenkosken voimalaitoksesta ylävirtaan. Klåsarön voimalaitoksen rakennevirtaama on $180 \text{ m}^3/\text{s}$. Hieman lännempänä toisessa jokiharassa sijaitsevalla Paaskosken säännöstelypadolla ohjaillaan virtaaman jakautumista voimalaitoksen ja Paaskosken välillä (Kuva 4). Voimalaitoksessa on kaksi vaaka-akselista Kaplan-turbiinia, joiden yhteenlaskettu teho on 4,6 MW. Laitoksen putouskorkeus on noin 3,1 metriä. Voimalaitos on rakennettu vuonna 1983. Vanhempi käytöstä poistettu voimalaitos on edelleen paikallaan uuden voimalaitoksen länsipuolella (Kuva 2). Vanhan laitoksen kaksi virtaussuunnassa vasenta turbiinia on poistettu ja niiden kanavia käytetään tarvittaessa ohjuoksutukseen. Muut aukot on pysyvästi suljettu.

Voimalaitoksen pohjoispuolella, joen toisessa haarassa on vanha pato, jonka aukot on suljettu neulaparruilla (Kuva 2). Patoa voidaan tarvittaessa käyttää juoksutuksiin.

Voimalaitoksen maa- ja vesialueet ovat Oy Mankala Ab:n omistuksessa (kiinteistöt 10-0, 1-152 ja 2-4) sekä osittain Tornator Oyj:n omistuksessa (2-15). Tornator Oyj:n alueelle sijoittuu noin puolet neulapadosta. Välittömästi vanhan voimalaitoksen itäpuolella on yksityisessä omistuksessa oleva kiinteistö (1-175).



Kuva 2. Klåsarön voimalaitos ja sen lähiympäristö (Ilmakuva © MML 02/2018)

3.3 Suunnittelun reunaehdot

Suunnittelutoimeksiannon reunaehdoiksi määritettiin työn tilauksessa seuraavia kohtia.

- Työ on selvitys kalannousumahdollisuuksien järjestämisestä Ahvenkoskella ja Klåsarössä
- Tavoitteena on löytää kustannustehokkaimmat tavat, joilla voitaisiin saavuttaa kalan nousu voimalaitosten ohi.
- Selvitystyössä tulee arvioida nykytilannetta sekä 2–3 eri kalannousuvaihtoehtoa.
- Perinteisten vaihtoehtojen lisäksi halutaan uusia, innovatiivisia ratkaisuja.

Lisäksi suunnitteluhankkeen alussa järjestetyn työpajan tulokset ohjasivat suunnittelua. Työpajan tuloksia on esitelty kappaleessa 5.

4 Vesistön kuvaus

Vesistöä ja sen käyttöä sekä kalastoa on käsitelty Luonnonvarakeskuksen esiselvityksessä (Artell ym. 2017). Seuraava vesistön kuvaus pohjautuu osittain kyseisen selvityksen sisältöön.

4.1 Hydrologia

Kymijoki alkaa Päijänteestä ja laskee viitenä haarana Suomenlahteen. Pernoon kohdalla joki jakautuu itäiseen ja läntiseen päähaaraan. Kymijoen keskimääräinen virtaama Pernoon tasalla ennen jakautumista itä- ja länsihaaroihin on noin 283 m³/s.

Läntinen päähaara jakautuu Klåsarön ja Paaskosken patojen alapuolella Ahvenkosken ja Pyhtään haaroihin (Kuva 4). Pääosa länsihaaran virtaamasta kulkee Ahvenkosken kautta.

Seuraavassa on esitetty taulukkomuodossa kohteiden vedenkorkeuksien ja virtaaminen tunnusluvut Ahvenkosken ja Klåsarön voimalaitoksilla. Virtaamien graafiset esitykset ovat liitteessä 1.

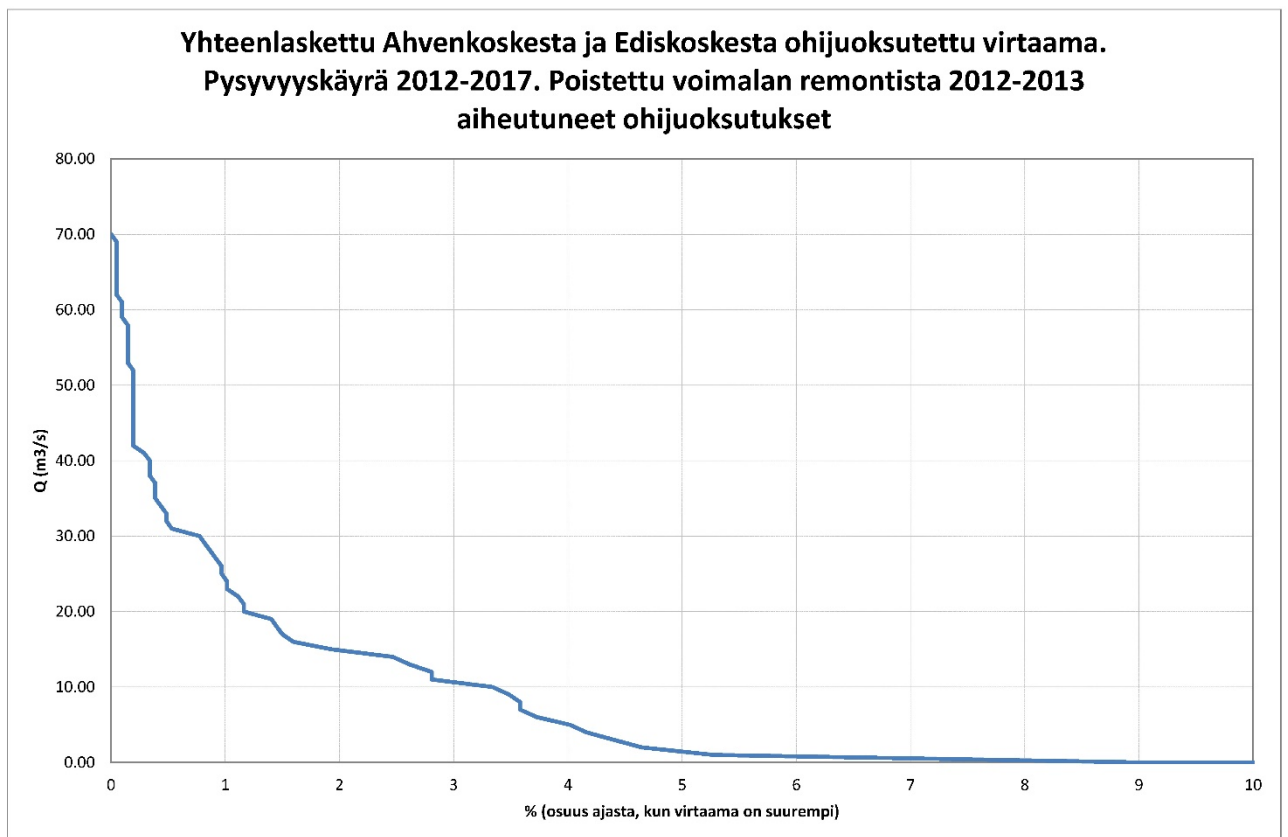
Taulukko 1. Suunnittelukohteiden vedenkorkeuksien ja virtaamien tunnusluvut 2001–2017 (Avoin tieto / Hertta tietokanta 01/2018)

Vedenkorkeus (NN+m)	Ahvenkoski ylavesi	Ahvenkoski alavesi	Klåsarö ylavesi	Klåsarö alavesi
Ylivesi (HW)	11.49	1.24	14.86	11.79
Keskiylivesi (MHW)	11.38	0.72	14.80	11.70
Keskivesi (MW)	11.14	0.06	14.58	11.49
Keskialivesi (MNW)	10.81	-0.40	14.24	11.29
Alivedenkorkeus (NW)	10.41	-0.65	14.15	11.22
Virtaama (m³/s)				
	Ahvenkoski	Klåsarö	Paaskoski	Ediskoski
Ylivirtaama (HQ)	351	276	169	59.40
Keskiylivirtaama (MHQ)	265	228	109	28.08
Keskivirtaama (MQ)	157	157	11	9.57
Keskialivirtaama (MNQ)	80	70	0	3.52
Alivedenkorkeus (NQ)	43	0	0	0.00
Rakennevirtaama	250	180		6.0

Tunnuslukujen selitteet ovat seuraavat:

Ylivesi (HW)	Suurin havaintojaksolla esiintynyt vedenpinnan korkeus.
Keskiylivesi (MHW)	Tietyn ajanjakson vuotuisten ylivedenkorkeuksien keskiarvo.
Keskivesi (MW)	Tietyn ajanjakson päivittäin mitattujen vedenkorkeuksien keskiarvo.
Keskialivesi (MNW)	Tietyn ajanjakson vuotuisten alivedenkorkeuksien keskiarvo.
Alivedenkorkeus (NW)	Tietyn ajanjakson alin vedenkorkeus.
Ylivirtaama (HQ)	Suurin havaintojaksolla esiintynyt virtaama.
Keskiylivirtaama (MHQ)	Tietyn ajanjakson vuotuisten ylivirtaamien keskiarvo.
Keskivirtaama (MQ)	Tietyn ajanjakson päivittäin mitattujen virtaamien keskiarvo.
Keskialivirtaama (MNQ)	Tietyn ajanjakson vuotuisten alivirtaamien keskiarvo.
Alivedenkorkeus (NQ)	Tietyn ajanjakson alin virtaama.
Rakennevirtaama	Suurin virtaama, joka voidaan laitoksesta juoksentaa ilman rakenteellisia vaurioita.

Ohijuoksumvirtaamien hyödyntäminen on mahdollista ja suositeltavaa kalateissä. Tämän vuoksi tarkasteltiin erikseen ohijuoksumvirtaamien ja Pyhtään haaraan johdettavan veden määriä Ahvenkoskella. Kuvassa 3 on esitetty Ahvenkosken ja Ediskosken yhteenlasketun ohijuoksumvirtaamien pysyvyyskäyrä. Tarkastelun mukaan Ahvenkosken ohijuoksumvirtaamia on ollut vuosina 2012–2017 keskimäärin noin 4 % ajasta, ja mikäli Ediskosken ohijuoksumvirtaamien ohjaukset ohjattaisiin Ahvenkoskelle, niin ohijuoksumvirtaamia olisi ollut noin 7 % ajasta. Klåsaröstä ohijuoksumvirtaamien virtausta on huomattavasti enemmän, mutta ohijuoksumvirtausta ei voida hyödyntää Klåsarön kalateissä, koska ohijuoksumvirtausta tapahtuu miltei täysin Paaskosken kautta.



Kuva 3. Ohijuoksumvirtaamien pysyvyyskäyrä

4.2 Kalasto ja kalatalous

Lohi on Kymijoen vaelluskalalajeista tärkein. Muita merkittäviä vaelluskalalajeja ovat meritaimen, vaellussiika ja toutain sekä nahkiainen. Kymijoen alkuperäiset vaelluskalakannat katosivat kokonaan tai taantuivat pahoin joen patoamisen ja puunjalostusteollisuuden jätevesien takia 1930-luvulta alkaen. Vedenlaadun parantumisen myötä jokeen on kotiutunut istutusten avulla Nevan kantaa oleva lohi 1970-luvulta alkaen ja Isojoen kantaa oleva meritaimen 1980-luvulta alkaen sekä Kokemäenjoen kantaa oleva toutain 1990-luvulla. Myös Kymijoen alkuperäinen vaellussiikakanta taantui joen alennustilan aikana ja nykyinen kanta on todennäköisesti peräisin ainakin osittain muualta Suomenlahteen tuoduista vaellussiikoista. Nykyisin vaellussiika lisääntyy jonkin verran Kymijoen alajuoksulla, mutta kalastettavaa kantaa ylläpidetään istukkailla, jotka ovat peräisin Kymijokeen nousevien emokalojen mädistä. Kymijokeen on istutettu kotiuttamistarkoituksessa myös Vuoksen, lijoen ja Isojoen kantaa olevaa harjusta. Kotiutusistutukset tehtiin pääosin 1990-luvulla.

Harjus ei kuulu Kymijoen alkuperäiseen kalastoon. Sekä toutain että harjus ovat muodostaneet heikon luonnonvaraisen kannan Kymijokeen. Kalastuksen tarpeisiin on istutettu myös pyyntikoista kirjolohta, joka on vieraslaji. Kirjolohi ei nykytietämyksen perusteella lisääntynyt Kymijoen alueella. Nahkiainen on säilynyt Kymijoen alajuoksulla ja sen pyynnillä on vähäistä kaupallista merkitystä. (Artell ym. 2017).

Nykyisin Kymijoen alaosalla on kartoitettu olevan lohikalajien poikastuotantoon soveltuvia virta- ja koskipaikkoja 244 ha. Näistä vain 22,3 hehtaaria sijaitsee noususteiden alapuolella, itäisessä haarassa Langinkosken alapuolella. Varsinaisten virta- ja koskialueiden lisäksi Anjalankosken alapuolisella alueella on runsaasti syvempää ja vähintäänkin hitaasti virtaavaa jokialuetta, jolla todennäköisesti on merkitystä myös lohikalajien poikastuotantoalueena. Kokonaisuudessaan virta- ja koskialueita sekä hitaasti virtaavia syvempiä alueita on Anjalankosken alapuolisessa Kymijoen alueella arvioitu olevan noin 1000 hehtaaria.

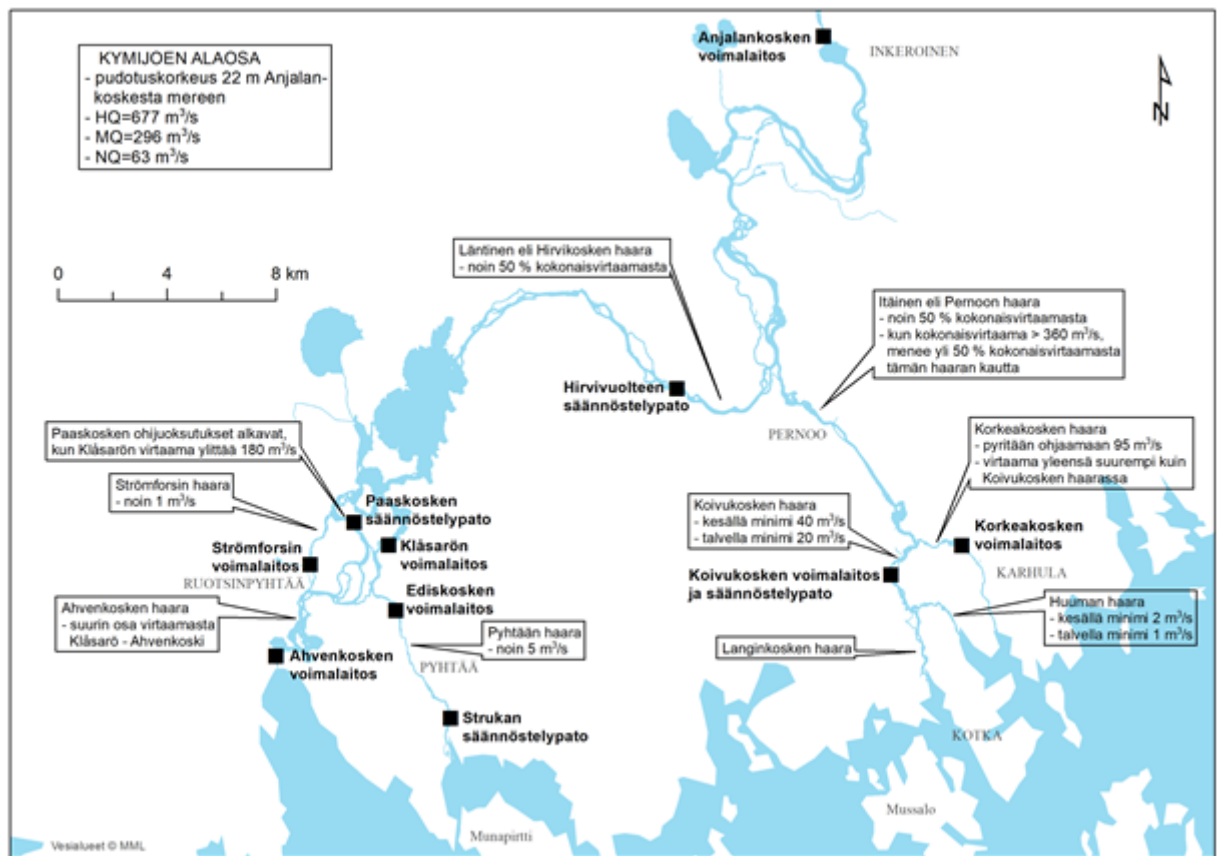
Kymijoen lohien populaatiomallinnuksessa Kymijoen lohienpoikasten tuotantopotentiaaliksi on arvioitu ilman länsihaaran nousuyhteyttä 150 000 poikasta. Länsihaaran vaellusyhteyksien ollessa auki, on länsihaaran poikastuotantopotentiaaliksi arvioitu 50 000 poikasta, jolloin koko tutkimusalueen potentiaali olisi noin 200 000 poikasta.

Tarkemmat tiedot ja viitteet on esitetty Luonnonvarakeskuksen raportissa (Artell ym. 2017).

4.3 Vesivoimalaitokset ja säännöstely

Kymijoen vesistöalueella on Suomen vesistöistä eniten vesivoimalaitoksia. Neljästäkymmenestä vesivoimalasta valtaosa on pieniä, alle 2 MW tehoisia voimalaitoksia. Voimatuotannon lisäksi tulvasuojelu ja vesien virkistyskäyttö ovat olleet motivoimassa säännöstelyä. Anjalankosken voimalan alapuolisessa vesistöalueella on viisi voimalaitosta (Kuva 4). Länsihaaran voimalaitoksista lähinnä merta ovat Ahvenkosken voimala (teho 24 MW, rakennusvirtaama 250 m³/s) ja Ediskosken voimala (teho 0,4 MW, rakennusvirtaama 5 m³/s). Näiden jälkeen yläjuoksulle päin on Klåsarön voimala (teho 4,6 MW, rakennusvirtaama 180 m³/s). Itähaarassa on kaksi voimalaa, Korkeakosken (teho 10 MW) ja Koivukosken (teho 1,5 MW) voimalat. (Artell ym. 2017).

Virtaamaan ei kohdistu lyhytaikaisäännöstelyä, mikä osaltaan hyödyttää vaelluskaloja. Pääuoman virtaamaa ohjataan automaattisesti itä- ja länsihaaroihin Hirvivuolteen säännöstelypadon avulla. Tavanomaisilla virtaamilla länsihaaraan johdetaan hieman itäistä haaraa enemmän vettä, kun taas 360 m³/s suuremmilla virtaamilla itähaaraan johdetaan suhteessa enemmän vettä. Länsihaarassa säännöstelypatoja on Paaskoskella ja Strömforsissa. Ahvenkoskelle tulevan virtaaman ylittäessä tason 250 m³/s, ohjataan ylimenevä virtaama 58:een m³/s asti Ediskosken kautta mereen. Ediskosken virtaama on tyypillisesti 5,3–6 m³/s. Itähaarassa Koivukosken säännöstelypadon avulla vettä voidaan tarvittaessa siirtää Korkeakosken haaraan. (Artell ym. 2017).



Kuva 4. Anjalankosken voimalaitoksen alapuolinen Kymijoki, alueen vesivoimalaitokset ja säännöstelypadot sekä jokiuomien virtaamajaot (Lähde: Artell ym. 2017)

4.4 Vaellusesteet

Kalojen nousuvaellus Kymijoen läntiseen päähaaraan on nykyisellään estynyt Ahvenkosken ja Pyhtään haarassa sijaitsevan Ediskosken voimalaitosten takia (Kuva 4). Läntisen haaran moniuomaisella alaosalla virtaama on ohjattu lähes kokonaan Klåsarön ja Ahvenkosken voimaloiden kautta, ja nämä voimalaitokset ovat kalankulun kannalta tärkeimmät vaellusesteet länsihaarassa. Vain pieni osa vedestä johdetaan Ediskoskelle Pyhtään haaraan (noin 5 m³/s) ja Strömforsin haaraan (noin 1 m³/s), joissa molemmissa on lisäksi useita vaellusesteitä. Näiden pienempien haarojen merkitys on siten varsin vähäinen kalojen vaelluksen kannalta nykytilanteessa.

5 Työpajan tulokset

Kymijoen länsihaaran kalankulun järjestämiseen liittyvän työpajan tuloksena keskusteluissa saatiin perimmäisiä tavoitteita (3 kpl) ja prosessitavoitteita (2 kpl) sekä keinotavoitteita (4 kpl) (Kuva 5 ja Kuva 6).

Hyvät vaikutukset ekosysteemiin koko Kymijoessa	Kotimainen vapaa kala tärkeää	Vesivoimantuotannon edellytykset säilyvät	Prosessitavoite: Sitova ja tulokellinen toimintapolku	Prosessitavoite: Rahoitus onnistuu
<ul style="list-style-type: none"> Katkeamaton luonnonkierto Patojen yläpuolinen poikastuotanto kuntoon länsihaarassa ja koko Kymijoella Kymijoella istutuksiin perustuvasta kalakantojen hoidosta luonnontuotantoon perustuvaan Kalankulun mahdollistaminen länsihaaran kautta 	<ul style="list-style-type: none"> Ammattikalastukselle, vapaa-ajankalastukselle ja matkailulle 		<ul style="list-style-type: none"> Aito tahtotila vesivoiman ja kalatalouden yhteensovittamisessa Yhteistyö – kompromissi Valittujen ratkaisujen hallinnollinen järjestäminen yhteistyössä intressiryhmien kanssa Aineettomien hyötyjen huomioonottaminen 	<ul style="list-style-type: none"> Hyötyjen arvottaminen euroiksi => yhteisrahoitteisiin ratkaisuihin

Kuva 5. Kymijoen länsihaaran kalankulun järjestämiseen liittyvän työpajan keskustelussa esiin tulleet perimmäiset tavoitteet ja prosessitavoitteet (Lähde: Innotiimi-ICG 2017)



Kuva 6. Kymijoen länsihaaran kalankulun järjestämiseen liittyvän työpajan keskustelussa esiin tulleet keinotavoitteet (Lähde: Innotiimi-ICG 2017)

Työpajassa kerättiin näkemyksiä Luonnonvarakeskuksen esiselvityksen vaihtoehtojen hyvistä ja huonoista puolista ja äänestettiin jatkosuunnitteluun menevät vaihtoehdot. Vaihtoehdot saivat ääniä seuraavasti:

- VE1 Kutukalojen ylisiirrot -> 3 ääntä
- VE2 Tekniset kalatiet -> 19 ääntä
- VE2+ Luonnonmukaiset kalatiet -> 9 ääntä
- VE2++ Kalatiet ja lisätoimenpiteenä kalojen ylisiirtoja -> 12 ääntä
- VE3 Kalatiet ja alasvaellusreitit -> 17 ääntä

Työpajassa esitelty Kalasydän-vaihtoehto päätettiin jättää pois tarkasteltavista vaihtoehtoista, koska käyttökokemuksia ei ole, eikä lisätietoa ole toistaiseksi saatavissa.

6 Alustavasti tarkastellut vaihtoehdot

6.1 Ahvenkoski

6.1.1 Tekninen pystyrakokalatie

Yhtenä vaihtoehtona tarkasteltiin alustavasti voimalaitoksen länsiseinustalle sijoituvaa suorista osuiksista koostuvaa pystyrakokalatietä (Kuva 7). Tilanahtauden takia kalatie jouduttaisiin rakentamaan kerroksittain ja siihen tulisi useita käännöksiä. Pystyrakotyyppinen kalatie olisi mahdollista rakentaa kyseiseen paikkaan niin, että toimivalle kalatielle asetettavat vaatimukset täyttyvät, mutta se veisi kerroksittaisesta rakenteesta huolimatta paljon tilaa. Siksi kokonaan voimalaitosalu- eelle sijoittuvista kalatievaihtoehtoista lähdettiin tarkastelemaan mahdollisuuksia toteuttaa kalatien runkorakenne ensisijaisesti vähemmän tilaa vaativana spiraalimuotona (ks. Luku 6.1.2).



Kuva 7. Hahmotelma Ahvenkoskelle alustavasti tarkastellusta teknisestä kalatievaihtoehdosta

6.1.2 Spiraalikalatie

Ahvenkosken voimalaitosalueen rajallisen tilan vuoksi otettiin tarkasteltavaksi yhtenä vaihtoehtona pienempään tilaan mahtuva spiraalirakenteinen kalatie. Tällainen rakenne on harvinainen, mutta esimerkkejä löytyy ainakin USA:sta, Skotlannista ja Japanista. Spiraalikalatie rakentuu päällekkäin asetetuista kaarevista altaista, joista muodostuu tornimainen, kierreporrasta muistuttava rakenne. Spiraalirakenteen etuna voidaan pitää etenkin tehokasta tilankäyttöä. Rakenne voidaan

toteuttaa myös niin sanottuna moduulirakentamisena, mikä oletettavasti vähentää rakennuskustannuksia. Spiraalikalatiessä voidaan myös soveltaa tavanomaisia teknisen kalatien allasrakenteita.

Japanissa ja USA:ssa erilaisilla allasrakenteilla varustetuissa spiraalikalateissa tehdyissä tutkimuksissa pienikokoiset lohikalat ja eräät muut lajit etenivät sujuvasti (Tredger 1982; Mabuchi ym. 2012; Hiramatsu, K., tiedonanto). Spiraalikalatien kierteinen rakenne ei näytä olevan esteenä kalojen nousulle kalatiessä. Esimerkiksi Skotlannissa Doon-joen yläosalla olevaan spiraalikalatiehen on kalatiestä noussut parhaimpina vuosina satoja lohikaloja (Carling & Dobson 1992). Spiraalikalatiessä on lohikaloille soveltuvat allastyypiset väliseinät ilman pohja-aukkoa (vrt. Liite 6). Joen yläosalla sijaitsevan padon alle nousee korkeintaan satoja kaloja ja lohikanta kalatien yläpuolisella vesistöalueella on hyvin pieni. Viime vuosina kalatiestä on noussut 15–30 isompaa lohta (>50 cm) ja 50–400 kappaletta pienempikokoista taimenta ja muita kaloja vuosittain (Glendinning, M., tiedonanto). Spiraalimallista kalatietä päätettiin tarkastella tarkemmin yhtenä Ahvenkosken voimalaitokselle suunniteltavana vaihtoehtona. Tarkempi suunnitelma spiraalikalatiestä esitellään luvussa 7.2.

6.1.3 Borland-kalatie

Ahvenkoskelle soveltuvista teknisistä kalatievaihtoehdoista tarkasteltiin alustavasti myös sulutusperiaatteella toimivaa niin sanottua Borland-kalatietä (Kuva 8, ks. myös Liite 6). Vaihtoehtoa esiteltäessä esillä oli esimerkkitapauksia Skotlannista, Irlannista, Saksasta ja Suomesta. Esimerkkien perusteella Borland-kalateiden toimivuus on ollut hyvä kohteissa, joissa kalatie on rakennettu samanaikaisesti voimalaitoksen kanssa. Myöhemmin padon rakentamisen jälkeen tehtyjen Borland-kalateiden toimivuus on sen sijaan ollut heikompaa, usein myös virheellisen suunnittelun takia. Monin paikoin muun muassa USA:ssa ja Ranskassa on luovuttu Borland-kalateistä ja rakennettu tilalle tavanomaisempia kalateitä (Travade & Larinier 2002). Borland-kalatien heikkouksista nousivat esille mm. niiden toiminnan jaksottaisuus, vaihteleva läpäisytehokkuus, huolto- ja käyttökustannukset sekä oletettu huonompi toimivuus tavanomaisiin kalateihin verrattuna. Lisäksi tulee ottaa huomioon, että Ahvenkosken voimalaitoksella aiemmin toiminnassa ollut kalahissi ei toiminut tyydyttävällä tavalla. Borland-kalatien toimintaperiaate on hyvin samantapainen kuin kalahisseissä, ja esimerkiksi kalojen houkuttelu ja kerääminen ala-altaaseen tapahtuu samalla tavalla. Näistä syistä johtuen Borland-kalatien soveltuvuus Ahvenkoskelle vaikutti epävarmalta ja se päätettiin jättää pois tarkemmin tarkasteltavista vaihtoehdoista.



Kuva 8. Hahmotelma Ahvenkoskelle alustavasti tarkastellusta Borland-kalatievaihtoehdosta

6.1.4 Luonnonmukainen kalatie padon länsipäästä

Vähiten tilaa voimalaitosalueella vievänä vaihtoehtona tarkasteltiin ohjuoksutusuomasta padon länsipäähän nousevaa kalatietä. Tässä vaihtoehdossa kalatie alkaa vanhasta kalahissin alakana-vasta edeten tulvauoman puolelle, jossa kalatie jatkuu uoman pohjalle kaivettua väylää pitkin ja lähtee nousemaan luonnonmukaisena padon länsipäähän. Myös vanhaa luonnonuomaa pitkin pääsee nousemaan kalatien yläosalle tulvauoman pohjalle kaivettua nousu-uraa pitkin. Meriveden noustessa ja padolta tulevien ohjuoksutusten yhteydessä kalat pääsevät uimaan padolle leveämpää uomaa pitkin. Vastaavanlainen tulvauoman pohjalla kulkeva nousu-ura on myös Oulujoen Merikosken kalatiessä sekä Kymijoen Koivukosken säännöstelypadon kalatien alapuolella. Luonnonmukainen kalatieratkaisu päätettiin ottaa lähempään tarkasteluun yhdessä spiraalivaihtoehdon kanssa. Tarkempi suunnitelma luonnonmukaisesta kalatiestä esitellään luvussa 7.3.

6.2 Klåsarö

6.2.1 Tekninen kalatie voimalaitosten välistä

Vähäisen nousukorkeuden ansiosta teknisen kalatien rakentaminen Klåsarön vanhan ja uuden voimalaitoksen väliseen ahtaaseen tilaan katsottiin onnistuvan hyvin. Kalatien sisäänkäynti sijoitettiin tässä vaihtoehdossa luontevasti parhaaseen paikkaan jokiuoman keskelle turbiinivirran laitaan. Maanpinnan alla mahdollisesti olevien rakenteiden ja kallioperän arveltiin vaikeuttavan kalatien rakentamista laitosten välisellä alueella. Lisäksi laitosten välissä kulkeva huoltotie vaatisi uudelleenjärjestelyjä, jos kalatie rakennettaisiin tälle paikalle. Laitosten rakennepiirustusten ja laitosten välisen poikkileikkauspiirustuksen perusteella todettiin kuitenkin, että kalatien rakentamiselle ei pitäisi olla estettä. Asian varmistamiseksi ehdotetulle maaperäkairaukselle ei nähty tarvetta tässä

vaiheessa. Kalatien tarkemmassa suunnittelussa voidaan ottaa huomioon se, että kalatien yläosan rakenteita ei tarvitse kaivaa kovin syvälle maahan. Voimalaitoksen huoltotoimet voitaneen järjestää toista kautta rakennuksen toisesta päästä, ja huoltoyhteys laitosten välissä säilyttää kattamalla kalatie ajoneuvot kestävillä rutilöillä. Voimalaitosten välissä kulkevan kalatien suunnittelua päätettiin näin ollen jatkaa. Tarkempi suunnitelma teknisestä kalatiestä esitellään luvussa 7.4.

6.2.2 Tekninen tai luonnonmukainen kalatie voimalaitoksen itäpuolelta

Luonnonmukaisen kalatien toteuttaminen voimalaitoksen itäpuolelle katsottiin olevan hankalaa, koska maanomistuksellisista syistä ja alueella kulkevan tiestön takia luonnonmukaiselle kalatielle ei olisi riittävästi tilaa. Teknisen kalatien rakentamiselle sen sijaan olisi hyvät edellytykset ja voimalaitoksen itäpuolella kulkevan teknisen vaihtoehdon suunnittelua päätettiin jatkaa. Maan alla kulkee kuitenkin sähkönsiirtokaapeleita (Kottonen, J., suull. tiedonanto), jotka jouduttaisiin siirtämään pois kalatien rakentamisen tieltä. Tarkempi suunnitelma voimalaitoksen itäpuolitse kulkevasta kalatiestä esitellään luvussa 7.5.

6.2.3 Tekninen kalatie vanhan voimalaitoksen alta

Alustavassa tarkastelussa mietittiin myös kalatien rakentamista vanhan voimalaitoksen alitse. Voimalaitoksessa on ollut aikanaan toiminnassa viisi turbiinia, joista kaikkien generaattorit ovat edelleen paikoillaan voimalaitoksen sisällä. Vanhat turbiinikanavat on suljettu luukuilla, ja kaksi lähimpänä uutta voimalaitosta olevaa turbiinia on poistettu. Nämä kaksi entistä turbiinikanavaa toimivat nykyisin padon ohijuoksutuskanavina, eikä niiden kohdalle voi rakentaa. Kalatie olisi rakennettava lähempänä rantaa olevien turbiinikanavien kautta, jolloin kalatien sisäänkäynti sijoittuisi liian kauas turbiinivirrasta. Toinen vaihtoehto olisi siirtää ohijuoksutuskanavat rannan puoleisiin turbiinikanaviin ja tehdä kalatie nykyisten ohijuoksutuskanavien kohdalle. Rakentaminen edellyttäisi joka tapauksessa voimalaitoksen rakenteiden muokkaamista ja 1–2 vanhan turbiinin poistamista. Tarvittavien kalatierakenteiden saaminen voimalan alle toimivan ratkaisun aikaansaamiseksi olisi vaikeaa, ja rakentaminen tulisi hankalien olosuhteiden takia todennäköisesti kalliiksi. Kalojen nousu pimeään tilaan voimalaitoksen alle olisi epävarmaa ja vähintäänkin hidastaisi kalojen hakeutumista kalatiehen. Vanhan voimalaitoksen alta kulkeva kalatie päätettiin jättää pois tarkemmin suunniteltavien vaihtoehtojen joukosta.

6.2.4 Kalatie neulapadon kautta

Klåsarön voimalaitoksen alapuolella noin 300 metrin päässä jokiuomasta erkanee toinen jokihaara (Kuva 2). Tämän Klåsarön itäpuolella sijaitsevan noin 400 metriä pitkän uoman yläpäässä on niin sanottu neulapato, jonka kautta voidaan poikkeustilanteissa juoksuttaa vettä voimalaitoksen ohitse. Alustavissa tarkasteluissa todettiin, että neulapadolle olisi mahdollista tehdä joko tekninen tai luonnonmukainen kalatie. Neulapadolle johtava uoma haarautuu päävirrasta kuitenkin kaukana Klåsarön voimalaitokselta, ja kalojen hakeutuminen neulapadolle olisi epävarmaa. Kalatien läpi kulkeva pieni virtaama ei riittäisi houkuttelemaan kaloja neulapadolle. Juoksutusten huomattava kasvattaminen neulapadolla houkutusvirtaaman lisäämiseksi ei käytännössä onnistuisi kuin ajoittain ja se vaatisi automaattisten juoksutusluukkujen rakentamisen neulapadolle sekä juoksutuskäytäntöjen muuttamisen Paaskosken säännöstelypadolla. Neulapadon kautta kulkevan kalatien suunnittelu päätettiin jättää pois jatkotarkastelusta. Myöhemmin toteutettavan kalojen läheteinseurannan tulosten perusteella voidaan kuitenkin neulapadon mahdollisuuksia kalatien sijoituspaikkana tarkastella tarvittaessa uudelleen.

7 Jatkotarkasteluun valitut vaihtoehdot

Jatkotarkasteluun valittujen vaihtoehtojen suunnitelmapiirroksat ovat liitteinä 2–5 .

7.1 Ahvenkoski: Kalatien sisäänkäynti ja alaosa alakanavan puolella

Ahvenkosken voimalaitoksen läntisellä seinustalla on ollut vuonna 1933 rakennettu kalahissi. Kalahissi ei kuitenkaan toiminut toivotulla tavalla ja se on aikoinaan poistettu käytöstä. Vanhan kalahissin sisäänkäynti, alaosa ja niin sanottu keruuallas ovat edelleen olemassa voimalaitoksen lännenpuoleisessa alanurkassa (Kuva 9).



Kuva 9. Ahvenkosken vanhan kalahissin alakanava ja sisäänkäynti ylävirran suunnasta katsottuna

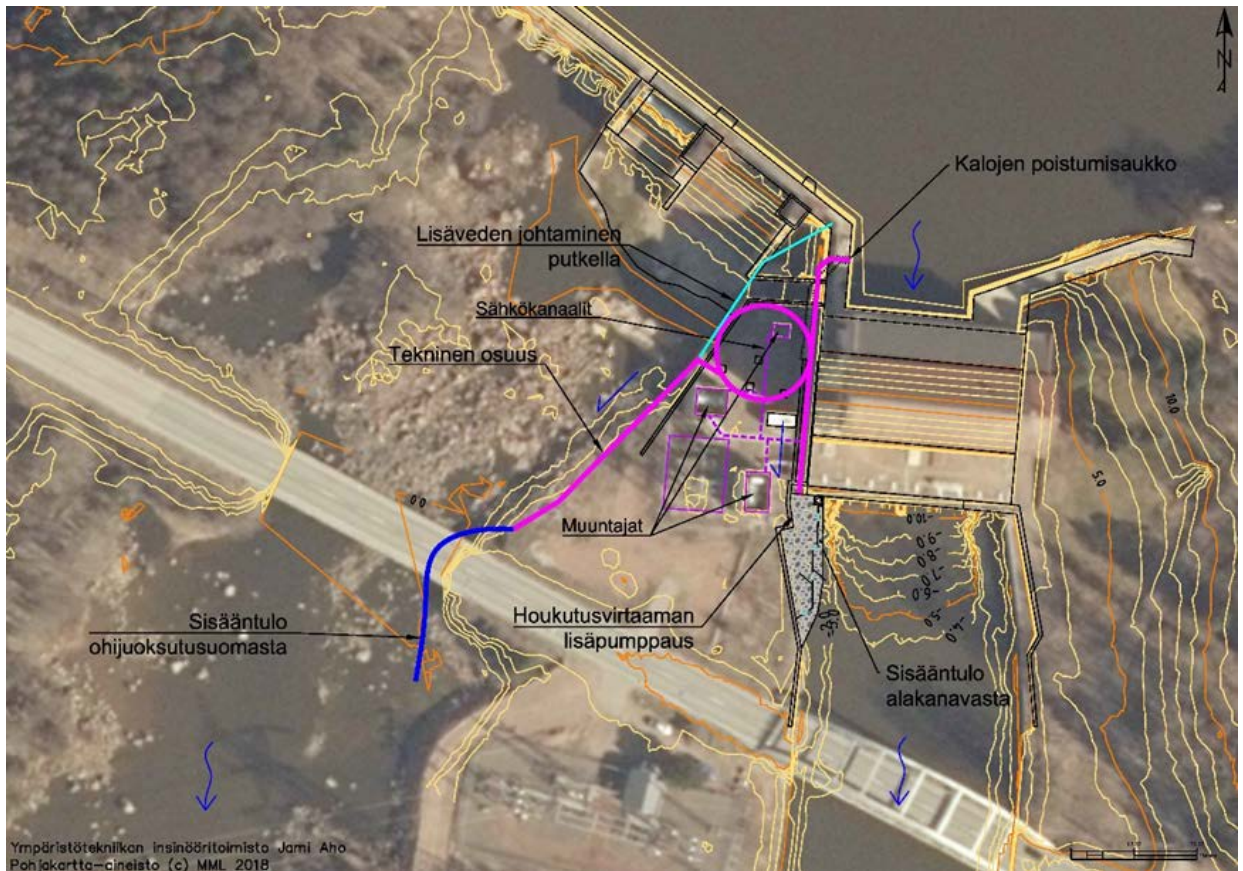
Voimalaitoksen alakanavan topografian ja virtausolosuhteiden perusteella vanhan sisäänkäynnin sijainti on optimaalinen kalojen kulkua ajatellen ja sitä voidaan hyödyntää uuden kalatien rakentamisessa. Olemassa olevia betonirakenteita joudutaan kuitenkin todennäköisesti muokkaamaan. Vanha sisäänkäynti toimii molempien jäljempänä esiteltävien kalatievaihtoehtojen alakanavan puoleisena sisäänkäyntinä. Kalatien alaosa voidaan rakentaa pystyrakotyyppisenä tai luonnonmuokaisena, pohjaltaan kivettyinä uomana vanhaan kalahissin alakanavaan. Kalatien sisäänkäynti on mahdollista toteuttaa tavanomaisena pystyrakorakenteena ja siihen voidaan tehdä tarvittavat ja muokattavissa olevat virtaamansäätörakenteet. Molemmissa kalatievaihtoehdoissa on sisäänkäyntimahdollisuus myös vanhan luonnonuoman puolelta.

Alakanavan syvyys kalatien sisäänkäynnin kohdalla on 1–2 metriä. Noin 1–3 metrin syvyinen rantapenger jatkuu noin 5–7 metrin levyisenä noin 30 metrin päähän kalatien suuaukosta. Tämä matala, hidavirtainen rantavyöhyke tarjoaa luontevan, turbiinivirran reunaa myötäilevän lähestymisreitit kohti kalatien sisäänkäyntiä, johon kalat voivat uida suoraan myös pohjaa pitkin. Virtausmallinnuksen ja paikan päällä tehtyjen havaintojen perusteella suunnitellun kalatien suuaukon edustalle muodostuu hidavirtainen turbiinivirtaukseen nähden käänteinen virtaus eli niin sanottu akanvirta (Liite 2). Käänteinen virtaus kalatien suulla häiritsee kalojen orientoitumista ja heikentää kalatiestä purkautuvaa houkutusvirtausta. Vaikka kalatiestä purkautuva virtaus erottuu tästä huolimatta alakanavan hidavirtaisessa nurkkauksessa todennäköisesti kuitenkin hyvin, voidaan virtauskuviota tarvittaessa selkiyttää ja kalatiestä tulevaa virtausta vahvistaa esimerkiksi asentamalla kanavan pohjalle virtausta ohjaavia väliseiniä. Kalatiestä tulevan virtaaman käyttäytymistä alakanavassa, sekä väliseinien tarvetta ja optimaalista sijoittelua voidaan arvioida mallintamalla. Rakenteista on suositeltavaa myös tehdä sellaiset, että mahdolliset muokkaukset ovat helposti toteutettavissa. Esimerkiksi väliseinien kiinnitykset tulisivat olla lukittavia ja avattavia niin, että seinä voidaan tarvittaessa siirrellä.

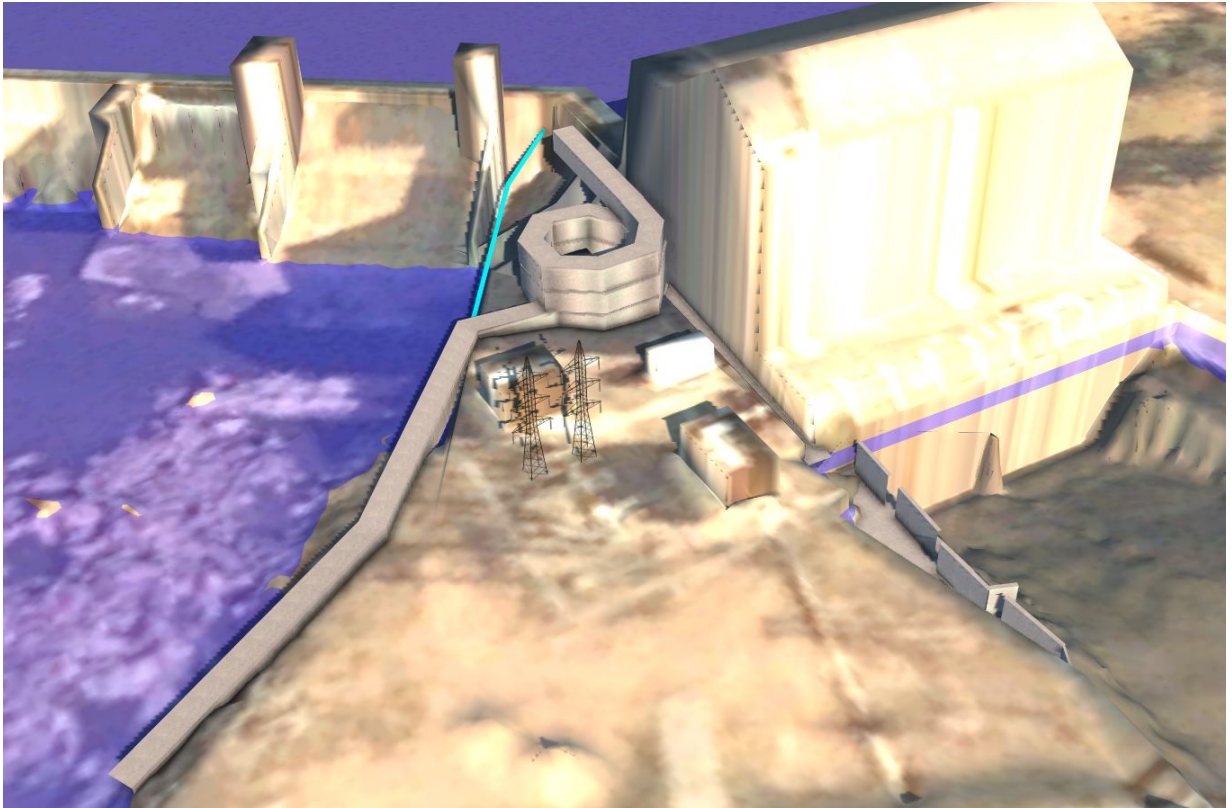
Kalatiestä purkautuvan houkutusvirtauksen määrää voidaan myös lisätä joko laskemalla lisävetettä kalatien alaosalta alasvaellusrakenteen kautta tai alakanavasta pumppaamalla. Kalatien sisäänkäynti ja alaosan pystyrako-osuus tulee suunnitella huolellisesti siten, että houkutusvirtaama ja virtausnopeudet pysyvät pinnankorkeuden- ja virtaamanvaihteluista huolimatta kalojen nousun kannalta sopivina.

7.2 Ahvenkoski: Tekninen spiraali

Spiraalikalatie koostuu teknisistä suorista ala- ja yläosista ja kierteisenä nousevasta spiraaliosuudesta. Kalat pääsevät nousemaan kalatiehen sekä voimalaitoksen alakanavasta että tulvauoman puolelta (Kuva 10 ja Kuva 12). Tulvauoman puolella kalojen kulkua kalatiehen helpottaa uoman pohjalle kaivettu ura, josta kalatie jatkuu pystyrakotyyppisenä spiraaliosuuden alkupäähän. Tähän kohtaan johdetaan tulvauoman puoleiselle kalatien alaosalta tuleva vesitys (noin 0,7–1,0 m³/s) padolta johdettavan putken kautta (Kuva 10 ja Kuva 11). Padossa valmiina olevaa entisen kalahissin lisävesityspotken aukkoa voidaan hyödyntää putken asentamiseksi. Kalatien kokonaispituus on alakanavan kautta 210 m ja tulvauoman kautta 250 m.

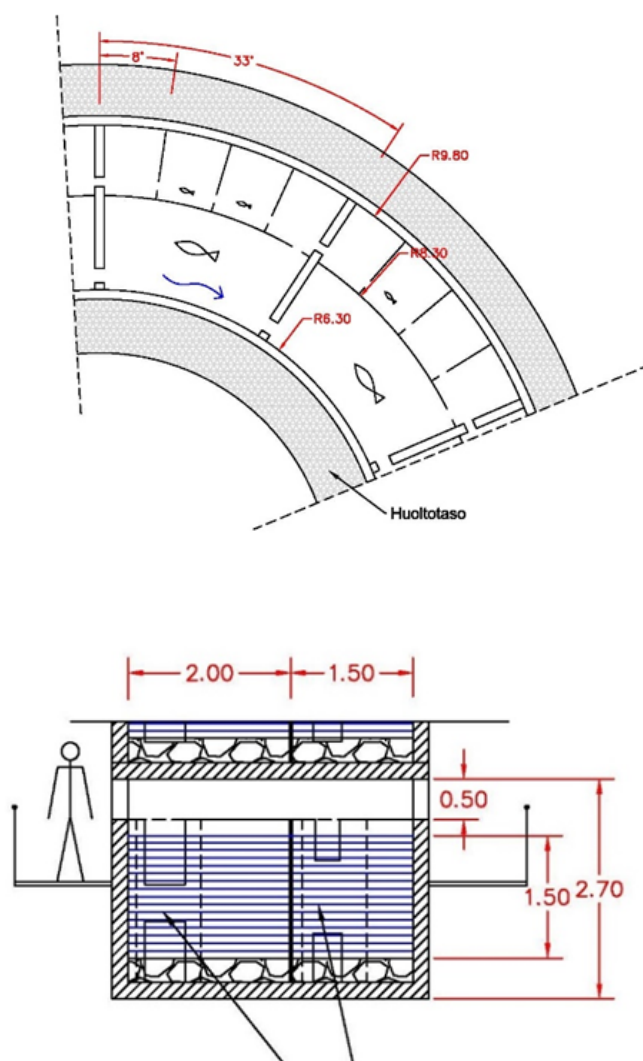


Kuva 10. Suunnitellun spiraalikalatien sijoittuminen Ahvenkosken voimalaitoksella



Kuva 11. Havainnekuva spiraalikalatiestä alavirran suunnasta katsottuna

Kalatiessä voi olla on kaksi kaistaa normaalin yhden kaistan sijasta. Spiraalin sisäkaarteessa kulkee mitoitukseltaan avarampi kaista isommille ja uintikyvyltään vahvemmille kalalajeille, ja ulkokaarteessa kapeampi, hidasvirtaisempi kaista heikommille uimareille (Kuva 12).



Kuva 12. Kaksikaistaisen spiraalikalatien rakenneperiaate (ks. myös liite 3)

Kaloilla on myös mahdollisuus vaihtaa kaistalta toiselle. Sisäkaarteiden puoleisen kaistan pituudeksi tulee noin 195 m, ja ulkokaarteiden kaistan vastaavasti noin 235 m. Kumpikin kaista koostuu altaista, joiden välissä on osittaisella pystyraolla varustetut väliseinät (Kuva 12). Kynnyskorkeus altaiden välillä on sisäkaarteessa 20–25 cm, ulkokaarteessa 7 cm. Virtausnopeus on sisäkaarteessa enintään 2,0–2,2 m/s ja ulkokaarteessa enintään 1,25 m/s. Molemmille kaistoille voidaan tehdä muutamia hitaampivirtaisia levähdysaltaita. Kalatien suora yläosa jatkuu rakenteeltaan samanlaisena poistumisaukolla saakka. Koko kalatien pohjalle tulee luonnonkivimateriaali, mikä osaltaan parantaa myös pohjalla liikkuvien kalalajien etenemistä kalatiessä.

Suunnittelun kaltainen rakenne on uusi, eikä vastaavanlaista kalatietä ole tietääksemme toteutettu missään aiemmin. Virtausolosuhteet tämän tyyppisessä rakenteessa tuleekin selvittää tarkemmilla laskelmilla ja mallintamalla. Alustavien arvioiden ja laskelmien perusteella kalatiessä on

hyvät nousuolosuhteet kaikille lajeille ja myös pienikokoisille kaloille. Sekä kalatietä että lisävesityspotkea voidaan hyödyntää kalojen alasvaellusreittinä. Tämä edellyttää kuitenkin kaloja ohjavia lisärakenteita voimalaitoksen yläkanavaan.

Spiraalikalatie on mahdollista toteuttaa vaihtoehtoisesti myös ilman tulvauoman puolelle tulevaa osuutta. Tällöin mahdollinen lisävesitys tulee johtaa kalatien alaosalta spiraaliosuuden alapuolelle.

7.3 Ahvenkoski: Luonnonmukainen

Padon länsipäähän nouseva kalatievaihtoehto alkaa voimalaitoksen alakanavasta muuntajakentän lävitse tulvauoman puolelle jatkuvalla pystyrako-osuudella. Tulvauoman puolella kalatie jatkuu pohjalle kaivettua nousu-uraa pitkin kalatien luonnonmukaiselle yläosalle, jonka pituuskaltevuus on 3,3 % (Kuva 13 ja Kuva 14). Kalatien yläosa on mahdollista toteuttaa myös loivempaan (kaltevuus 2 %) ja enemmän mutkittelevana versiona (Kuva 15). Luonnonmukaiseen kalatiehen on suositeltavaa sijoittaa myös laajempia, suvantomaisia levähdysaltaita. Sisäänkäynti tulvauomasta kalatien yläosalle sijoittuu padon juurelle ensisijaisesti käytössä olevan ohijuokutusluukun viereen. Ohijuokutuslaitteissa juokutusvedet syöksyvät nousu-uran ylitse, mutta kalojen eteneminen on kuitenkin mahdollista uran pohjalla ja tulvauoman pohjakivikon suojassa.

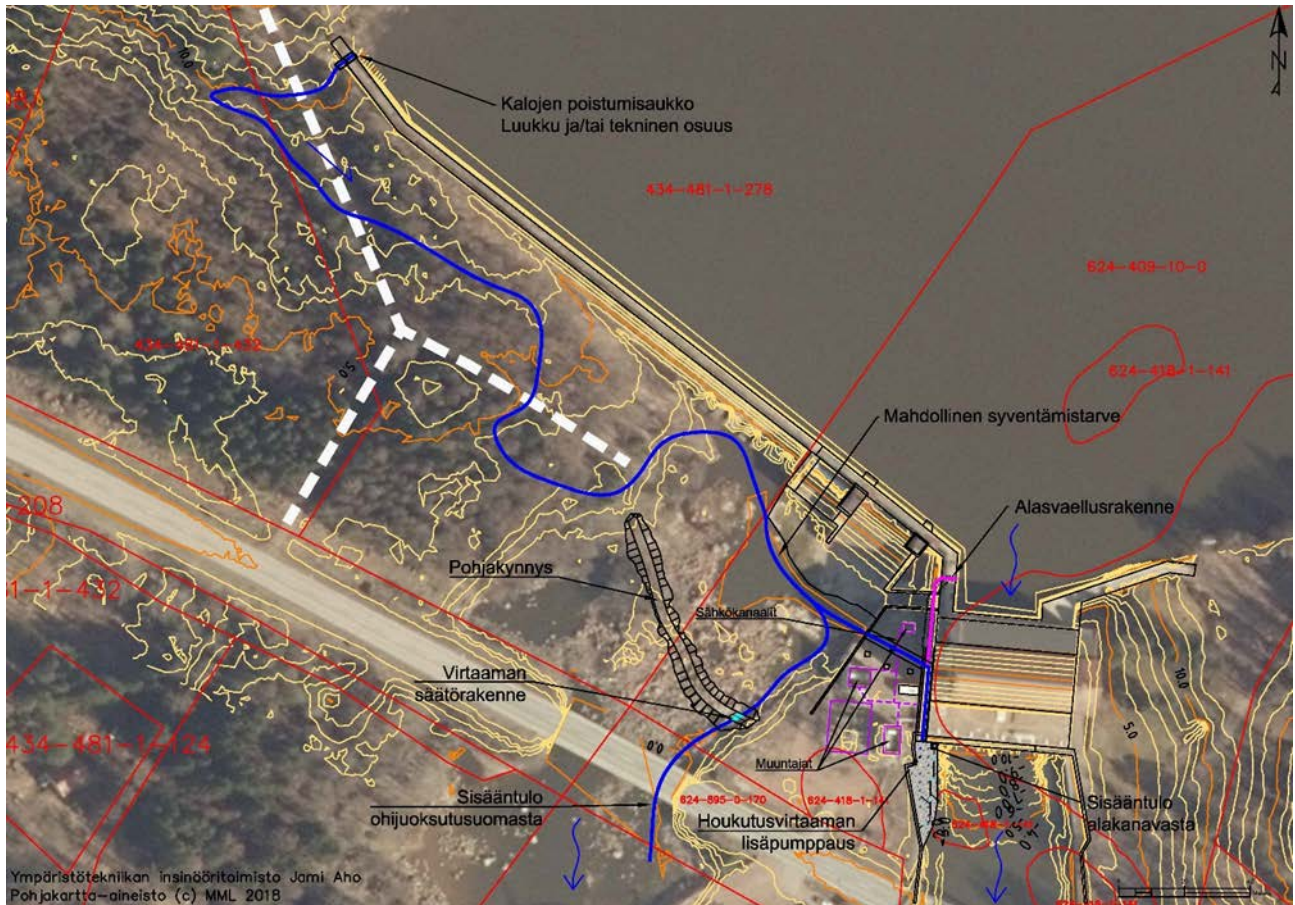
Kaloilla on mahdollisuus nousta jokisuulta kalatiehen myös vanhaa luonnonuomaa pitkin. Tulvauoman pohjalle kaivettu ura avaa kaikille kalalajeille soveltuvan luonnonmukaisen nousureitin kalatien yläosalle. Tätä vaihtoehtoista reittiä tulevat todennäköisesti käyttämään erityisesti pienikokoiset kalalajit ja nahkiainen. Kalatiestä purkautuva ja uraa pitkin hitaasti etenevä perusvirtaama takaa, että nousu on mahdollista kaikissa olosuhteissa. Nousumahdollisuudet tulvauomassa paranevat edelleen vedenpinnan noustessa ja virtaaman lisääntyessä kalatien lisäjuoksutusten ja/tai padolta tulevien ohijuoksutusten seurauksena, jolloin kalatien yläosaa kohti pääsee uimaan myös tulvauomaan tehdyn pohjakynnyksen ylitse (Kuva 13).

Vastaavanlaisista olosuhteista on kokemuksia esimerkiksi Oulujoen Merikosken ja Kymijoen Koivukosken voimalaitoksilla, missä ohijuokutusluukkujen avaaminen padolla lisää tehokkaasti kalatien hakeutuvien kalojen määrää. Näissä edellä mainituissa kohteissa kalat etenevät tulvauomaa pitkin kalatiehen myös ainoastaan kalatiestä purkautuvan pienen perusvirtaaman (noin 1 m³/s) ohjaamina.

Kalatien yläosa on myös mahdollista toteuttaa tavanomaisena perusuomana tai leveämpänä kaksitasouomana (Kuva 16). Kapeammassa yksitasoisessa versiossa kalatien yläosassa virtaa ainoastaan vakiovirtaama (suositeltava virtaama 2 m³/s). Yläosalta purkautuva houkutusvirtaus on tulvauoman laajuuteen nähden pieni, mutta ainoana virtaavan veden lähteenä se erottuu tulvauomassa normaalitilanteessa kuitenkin selvästi. Kalatien yläosan kaksitasouomaisessa vaihtoehdossa pienet ohijuokutukset voidaan ohjata ensisijaisesti kalatien kautta kuuteen kuutiometriin (6 m³/s) saakka, jolloin yläosan virtaama on jopa 8 m³/s.

Kalatiestä purkautuvan veden määrä on yksi keskeisimmistä kalatien toimivuuteen vaikuttavista tekijöistä. Kalatien virtaaman ajoittainenkin lisääminen aktivoi kalatien alapuolella liikkuvia kaloja ja lisää kalatien nousevien kalojen määrää. Suurempi virtaama edistää myös suurikokoisten kalojen nousua kalatiessä. Kalatien lisäjuokutus helpottaa yläosan löytymistä myös padon kautta tapahtuvien ohijuokutusten aikana. Ohijuokutuslaitteissa kalatien yläosalta tuleva virtaus jää patoluukusta vyöryvän vesimassan taakse ja osittain myös alle, mutta muualta (em. Merikoski, Koivukoski) saatujen kokemusten perusteella tämä ei estä kaloja löytämästä reittiä kalatiehen, ja

lisäjuoksutusten on havaittu lisäävän kalateihin nousevien kalojen määrää vielä pitkään juoksutuksen päätyttyä. Kalatien yläosan sisäänkäynnin sijoittuminen, suuntaus ja mahdolliset virtauksen säätely- ja ohjausrakenteet tulee kuitenkin suunnitella huolellisesti kalannousun optimoimiseksi.

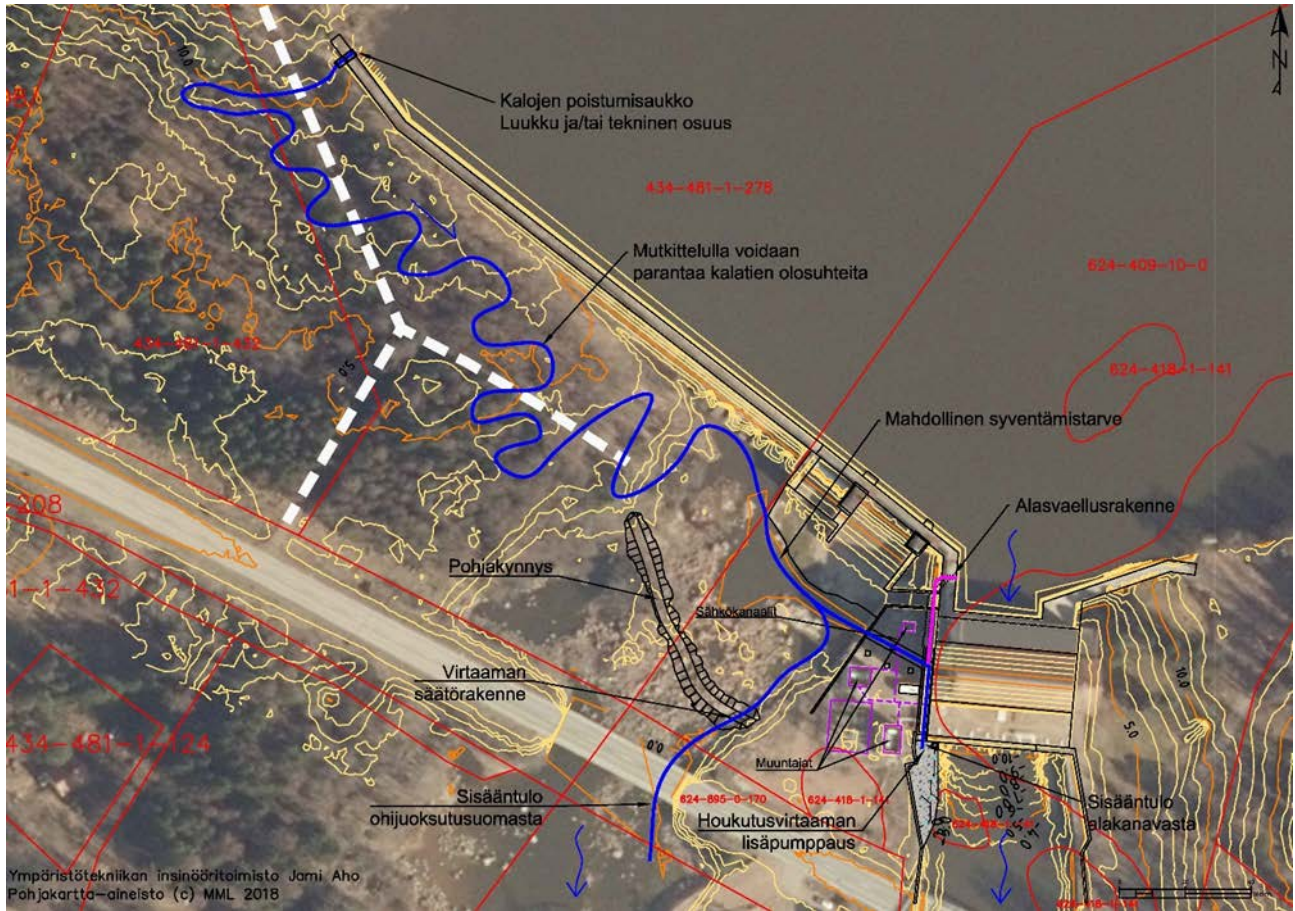


Kuva 13. Luonnonmukaisen kalatien sijoittuminen Ahvenkosken voimalaitoksella

28.5.2018



Kuva 14. Hahmotelma Ahvenkosken voimalaitoksen länsipuolelle sijoittuvasta luonnonmukaisesta kalatievaihtoehdosta

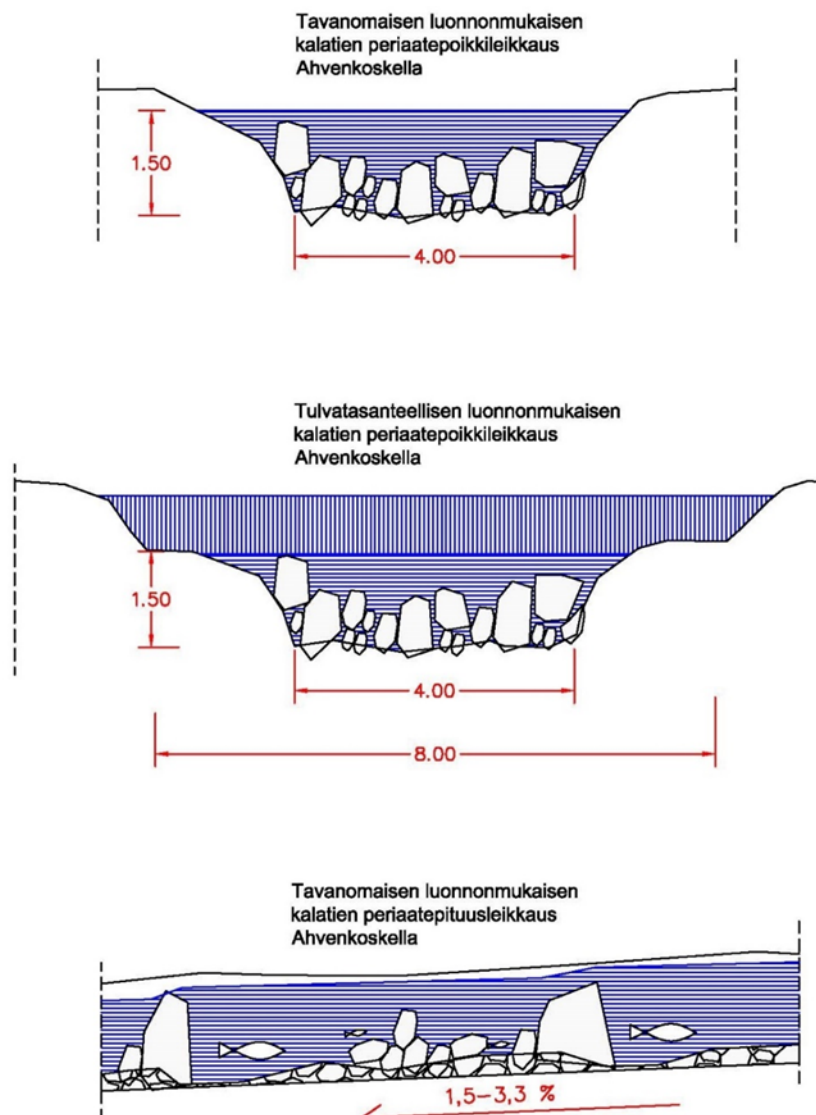


Kuva 15. Loivempi luonnonmukainen kalatievaihto

Kalatievirtaaman lisäämisen ajoittain moninkertaiseksi mahdollistava kaksitasouoma kalatien yläosalla on uudentyypinen ratkaisu, jollaista ei tiedäksemme ole toteutettu aiemmin ainakaan Suomessa. Tulvauomasta kohti padon länsipäätä nouseva osuus on varsin loiva ja alustavien laskeelmien mukaan virtausolosuhteet pysyvät suotuisina kaikille kalalajeille niin vakiovirtaamalla kuin lisävirtaamatilanteissakin. Kaksitasouoman yläpää ja kalatievirtaamaa säätelevät rakenteet vaativat kuitenkin erityissuunnittelua kalojen nousulle suotuisten olosuhteiden takaamiseksi.

Ohjuoksutusten yhteydessä virtaama lisääntyy myös alakanavaan johtavalla kalatien osalla. Houkutusvirtaamaa alakanavan puoleisessa sisäänkäynnissä voidaan lisätä myös johtamalla lisävesitystä kalatien alaosalle joko vanhan kalahissin yläkourua tai lisävesityspotkea pitkin, tai vaihtoehtoisesti pumpaamalla voimalaitoksen alakanavasta. Lisävesitysrakenne voi toimia myös kalojen alasvaellusreitteinä. Jos alasvaellusreitteinä hyödynnetään vanhan kalatien yläkourua, on sen jatkoksi tehtävä laskeutumiskouru kalatien alaosalle tai alakanavan puolelle. Molemmissa vaihtoehdoissa tarvitaan lisäksi kaloja ohjaavia lisärakenteita voimalaitoksen yläkanavaan.

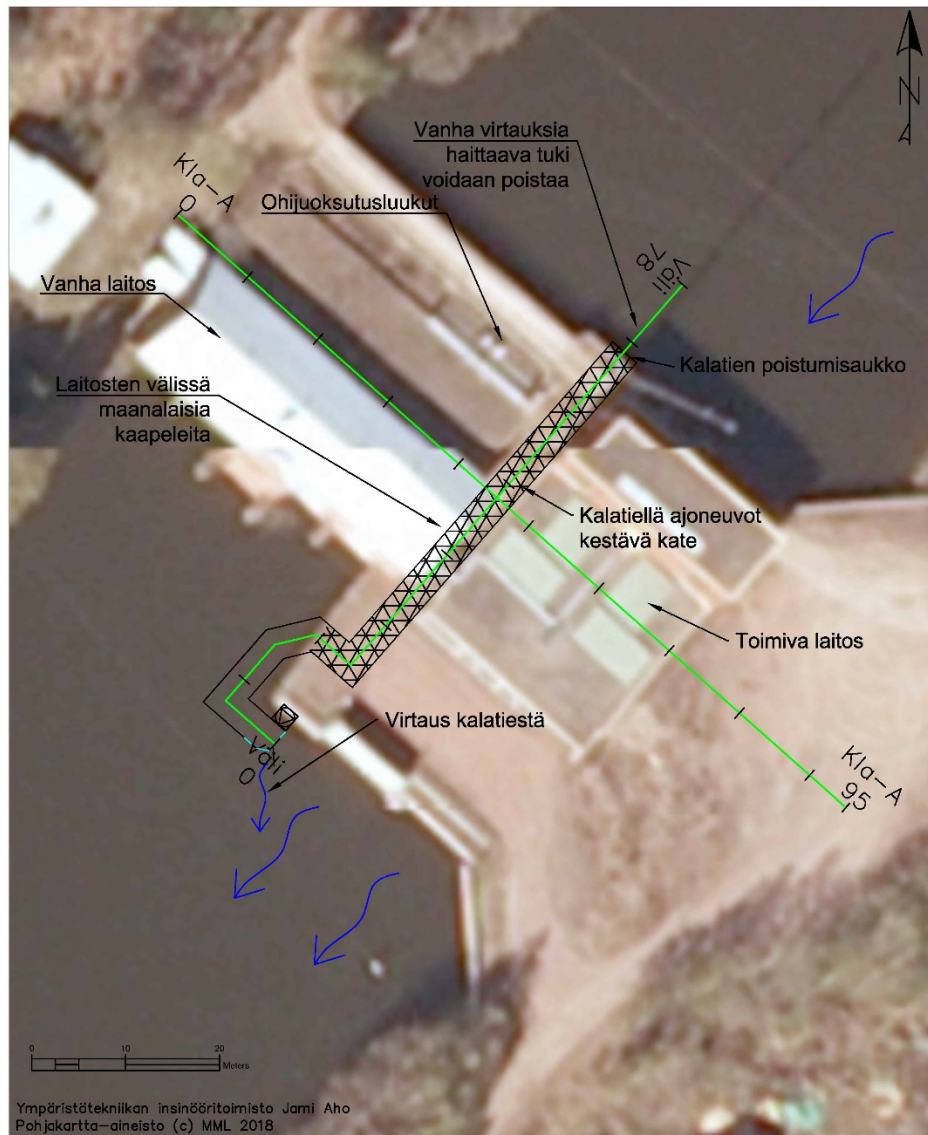
28.5.2018



Kuva 16. Kalatien luonnonmukaisen yläosan perusuoman ja tulvasanteellisen kaksitasouoman leikkauspiirustukset

7.4 Klåsarö: Tekninen laitosten välistä

Pystyrakomallinen kalatie kulkee vanhan, käytöstä poistetun voimalaitoksen ja uuden voimalaitosrakennuksen välissä (Kuva 17). Voimalaitoksen alakanavassa tehtyjen virtausmallinnusten perusteella voidaan olettaa, että kalat hakeutuvat kohti Klåsarön patoa pääasiassa jokiuoman keskellä turbiinivirran reunaa myötäillen. Suunnittelun kalatien sisäänkäynti sijoittuu näin ollen optimaaliseen paikkaan turbiinivirran reunassa (Kuva 17 ja Kuva 18).



Kuva 17. Voimalaitosten välistä kulkevan kalatien sijoittuminen Klåsarön voimalaitosalueella



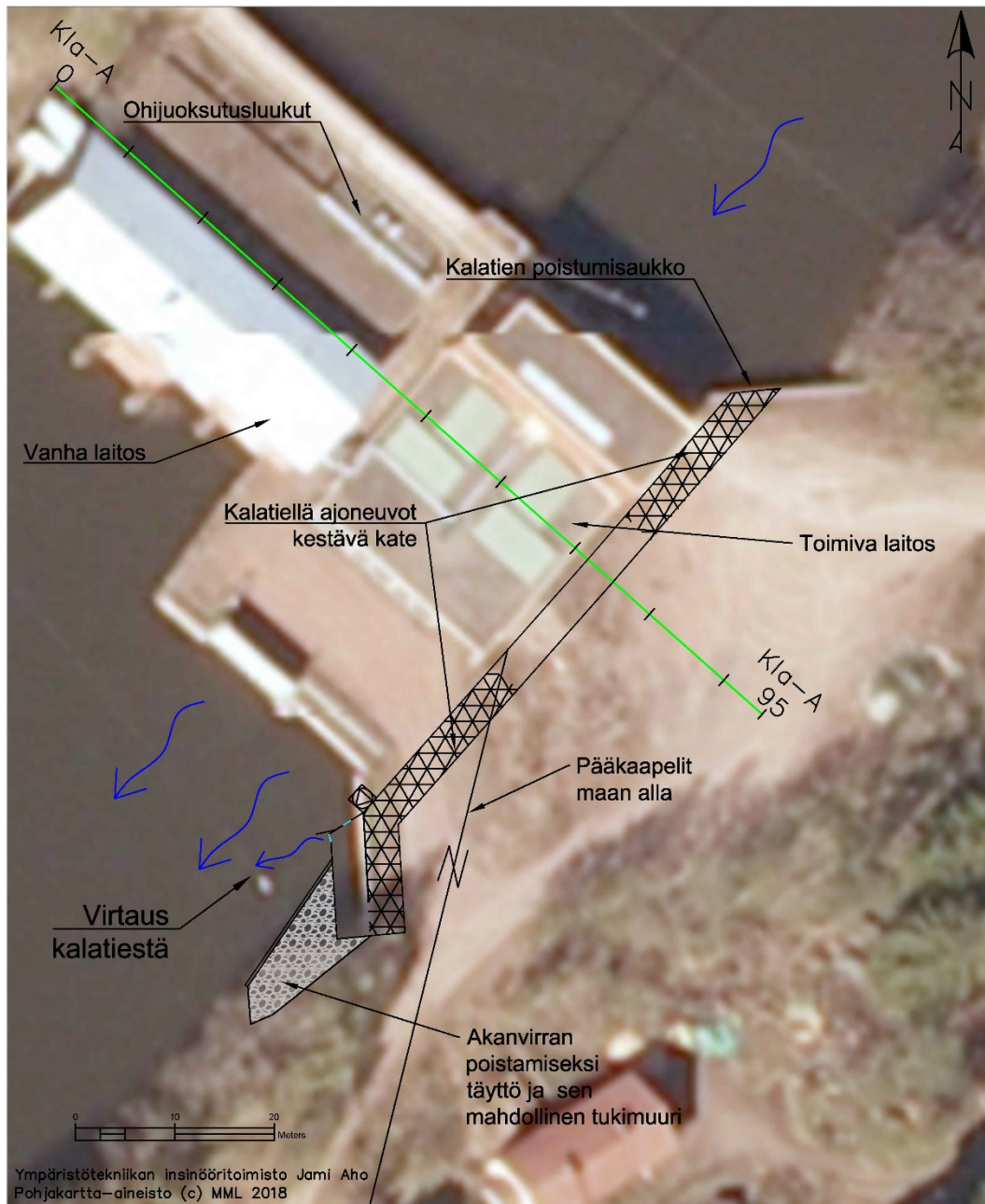
Kuva 18. Hahmotelma laitosten välistä kulkevasta kalatiestä

Hidasvirtaisen matalamman vyöhykkeen (2–3 m) kohdalle purkautuva kalatien houkutusvirtaus erottuu paikassa hyvin ja kalojen on helppo edetä kalatien suulle ja edelleen kalatiehen. Pystyrakomallinen kalatie on loiva, virtausnopeudet varsin maltillisia, ja pohja verhoiltu luonnonkivimateriaalilla, joten kalatiessä eteneminen on mahdollista myös pienikokoisille ja pohjalla liikkuville kaloille. Kalatien ulostulo sijoittuu voimalaitoksen yläkanavan keskelle ja alasvaeltavien kalojen ohjaamiselle kalatiehen on hyvät edellytykset. Padolla tehtyjen virtaushavaintojen perusteella kalatien yläpään sijainti on optimaalinen kalojen alasvaellusta ajatellen, ja kaloja ohjautuu kalatiehen todennäköisesti myös ilman ohjaavia rakenteita.

7.5 Klåsarö: Tekninen itärannalta

Suunnitellun pystyrakomallisen kalatievaihtoehdon suuaukko sijoittuu alavirran suunnasta katsotuna alakanavan oikeaan reunaan nopeasti syvenevään rantavyöhykkeeseen (Kuva 19). Virtausmallinnusten ja paikan päällä tehtyjen havaintojen perusteella voimalaitoksen nurkalle, suunnitellun kalatien edustalle muodostuu voimakas turbulenssi ja kalatiestä tuleva virtaus hukkuu turbiinivirtauksen sekaan. Lisäksi kalatien suuaukon edustalle muodostuu rantaa pitkin vastakkaiseen suuntaan etenevä nopeahko käänteinen virtaus. Käänteinen virtaus sekoittaa ja heikentää kalatien houkutusvirtausta ja vaikeuttaa kalojen suuntautumista kalatiehen. Käänteistä virtausta voidaan estää rantavyöhykkeen pengerryksellä (Kuva 19 ja Kuva 20). Kalojen hakeutuminen kalatien suulle uoman keskeltä turbiinivirtausten lävitse tai alakanavan itäistä, jyrkkää ja kapeaa rantavyöhykettä pitkin on kovan virtausnopeuden ja turbulenssin vuoksi todennäköisesti vain satunnaista.

Loivasti nousevassa pystyrakokalatiessä virtausnopeudet pysyvät alhaisina ja luonnonkivimateriaali altaiden pohjalla helpottaa myös uintikyvyltään heikompien kalojen etenemistä kalatiessä. Kalatien ulostulo sijoittuu yläkanavan virtausolosuhteisiin nähden siten, että alasvaeltavien kalojen ohjaaminen kalatiehen on vaikeasti toteutettavissa. Kaloja saattaa ohjautua kalatiehen jossakin määrin myös ilman ohjaavia rakenteita.



Kuva 19. Voimalaitoksen itäpuolella kulkevan kalatien sijoittuminen Klåsarön voimalaitosalueella



Kuva 20. Hahmotelma voimalaitoksen itäpuolelta kulkevasta pystyrakokalatiestä

8 Kustannukset

8.1 Investointikustannukset

Kustannusarvioinnissa esitetyt hinnat ovat arvonlisäverottomia (alv. 0%). Kustannusarvioissa on huomioitu varsinaisten materiaali- ja rakennuskustannukset, yleiskustannukset sekä urakoitsijan ja tilaajan työmaatehtävien kustannukset. Arvion pohjana olevat eri rakennusosien yksikkökustannukset perustuvat maa- ja pohjarakennustöiden osalta Fore-portaalin rakennusosalaskentaosion (Rola) kustannustietoihin. Betonirakenteiden osalta arvioinnit perustuvat Sitowise Oy:n tiedossa olevien Etelä-Suomessa toteutettujen vesi- ja siltarakennuskohteiden keskimääriisiin toteutuneisiin yksikkökustannuksiin.

Kustannusarvioinnissa on tehty seuraavat oletukset ja rajaukset:

- Kaikki suunnitellut rakenteet ovat perustettavissa maanvaraisesti eli mahdollisten paalutusten tai pohjanvahvistusten kustannuksia ei ole huomioitu.
- Mahdollisia kaapeleiden siirtoja ja purkutöitä ei ole huomioitu.
- Olevien rakenteiden purkua ei ole huomioitu (pois lukien Ahvenkosken vanhan kalahissin purkutyöt tarvittavassa laajuudessa).
- Ahvenkosken muuntamokentän muuntamoiden siirto ja/tai suojauksia ei ole huomioitu.

8.1.1 Ahvenkoski: Tekninen spiraali

Ahvenkosken teknisen spiraali -kalatien investointikustannukset ovat noin 1,35 M€. Kustannus sisältää sekä voimalaitoksen alapuolisen että tulvauoman puolelle toteutettavat suuaukot. Kustannuksiin sisältyy nykyisen kalahissin purkutyöt tarvittavassa laajuudessa. Ilman tulvauoman puolelle tulevaa kalatien suuaukkoa ja lisävesiputkea investointikustannukset ovat noin 1,2 M€.

Ahvenkosken teknisen spiraali -kalatien kustannusarviointi perustuu seuraaviin määriin:

- Spiraalikalatie (sis. poistumisaukon ja alakanavan tuloaukon osuudet) 202 mtr
- Kevyet säätöseinät 350 mtr
- Suora tekninen osuus tulvauomaan 62 mtr
- Lisäveden johtaminen putkella 50 mtr
- Alakanavan virtaamansäätöseinät 10 mtr
- Kiviverhoilu kalatien pohjalle 924 m²tr

8.1.2 Ahvenkoski: Luonnonmukainen

Ahvenkosken länsirannan kautta toteutettavan luonnonmukaisen -kalatien, jossa luonnonmukainen uoma toteutetaan tavanomaisena uomana, investointikustannukset ovat noin 0,85 M€ sisältäen alasvaelluksen järjestämisen. Ilman alasvaellusta investointikustannukset ovat noin 0,7 M€. Mikäli luonnonmukainen osuus toteutetaan tulvatasanteellisena uomana, investointikustannukset ovat noin 0,9 M€ ja ilman alasvaelluksen järjestämistä 0,75 M€. Molemmissa vaihtoehdoissa kustannukset sisältävät sekä voimalaitoksen alapuolisen että tulvauoman puolelle toteutettavat suuaukot.

Ahvenkosken länsirannan tavanomaisen uoman toteutettavan loivemman vaihtoehdon (pituuskaltevuus 2 %) investointikustannukset ovat 1,0 M€ sisältäen alasvaelluksen järjestämisen. Ilman alasvaellusta kustannukset ovat 0,85 M€. Kustannukset sisältävät sekä voimalaitoksen alapuolisen että tulvauoman puolelle toteutettavat suuaukot.

Ahvenkosken luonnonmukaisen -kalatien kustannusarviointi perustuu seuraaviin määriin:

- Kaivu- ja louhintamassat 3600 m³tr
- Tulvauoman kivikynnys 400 m³tr
- Kalatien kivikynnykset 110 mtr
- Kalatien uoman ja luiskien kiviverhoilut 1000 m³tr
- Kalatien yli kulkevat huoltotien sillat: 3 kpl teräskaarirakenteista siltaa
- Alasvaellusrakenne 160 mtr
- Tekninen osuus alaosalla 85 mtr
- Alakanavan virtaamansäätöseinät 10 mtr

8.1.3 Klåsarö: Tekninen laitosten välistä

Klåsarön laitosten välistä toteutettavan teknisen kalatien investointikustannukset ovat noin 0,45 M€. Klåsarön laitosten välisen vaihtoehdon kustannusarviointi perustuu seuraaviin määriin:

- Tekninen kalatie 72 mtr
- Maaleikkaus 650 m³ktr
- Ympärystytöt 325 m³ktr
- Kalatien yli tulevat ajoneuvojen kestävät katteet 52 mtr
- Kiviverhoilu kalatien pohjalle 144 m²tr

8.1.4 Klåsarö: Tekninen itärannalta

Klåsarön itärannalle toteutettavan teknisen kalatien investointikustannukset ovat noin 0,5 M€. Klåsarön itärannan kustannusarviointi perustuu seuraaviin määriin:

- Tekninen kalatie 90 mtr
- Maaleikkaus 950 m³ktr
- Ympärystytöt 480 m³ktr
- Vesialueen täyttö 300 m³ktr
- Rantatukimuuri 10 mtr
- Kalatien yli tulevat ajoneuvojen kestävät katteet 48 mtr
- Kiviverhoilu kalatien pohjalle 180 m²tr

8.2 Käyttökustannukset

Käyttökustannukset koostuvat varsinaisista käytön, hoidon ja huollon kustannuksista sekä energiatappiosta.

Käytön, hoidon ja huollon kustannukset riippuvat merkittävästi käytettävän tekniikan tasosta ja määrästä. Kustannuksia aiheuttavat rakenteiden kunnossapito, tarkastukset, sihtien puhdistukset, kalateiden sulkemiset ja avaamiset, laitteiden huollot, laitteiden sähkötarve sekä rakenteiden ja laitteiden peruskorjaukset.

Tyypillisesti paljon tekniikkaa ja automaatiota sisältävät tekniset kalatiet vaativat enemmän hoitoa ja huoltoa kuin vähän tekniikka sisältävät kalatiet. Esimerkiksi luonnonmukaiseen uomaan kertyvän puuaineksen poisto ei käytännössä ole tarpeellista, kun taas teknisessä kalatiessä vähäinenkin puuaineksa saattaa estää kalatien toiminnan. Tällöin luonnonmukaisen uoman osalta kustannussäästöä tulee vähäisemmästä tarkkailutarpeesta ja vähäisemmästä puhdistustarpeesta.

Tyypillisesti kalateiden käyttö-, hoito- ja huoltokustannuksiksi on arvioitu noin 10 000–16 000 € vuodessa. Kustannukset vaihtelevat kuitenkin vuosittain ja tapauskohtaisesti, ja luonnonmukaisien kalateiden kustannukset saattavat jäädä edellä mainituista syistä johtuen pienemmiksi kuin teknisissä kalateissä.

Energiatappio voidaan laskea karkealla tasolla kalatiehen johdettavasta virtaamasta, voimalaitoksen putouskorkeudesta ja sähkön hinnasta. Kukin kalatiehen johdettava 1 m³/s virtaama aiheuttaa Ahvenkoskella noin 93 €, ja Klåsarössä 25 € päivittäisen energiatappion sähkön hinnalla 40 €/MWh silloin, kun ohijuoksutusta ei ole. Patoaltaan ollessa yli ohijuoksutustason energiatappiota ei käytännössä synny.

Energiatappiot arvioidaan seuraaviksi yllä olevilla oletuksilla:

	Energia- tappio
Ahvenkoski tekninen spiraali (virtaama 1 m ³ /s, 250 vrk/v)	23250
Ahvenkoski tekninen spiraali (virtaama 2 m ³ /s, 250 vrk/v)	46500
Ahvenkoski luonnonmukainen (virtaama 2 m ³ /s, 250 vrk/v)	46500
Klåsarö molemmat vaihtoehdot (virtaama 1 m ³ /s, 250 vrk/v)	6250

9 Vaihtoehtojen vertailu

9.1 Ahvenkoski

9.1.1 Alakanavan puoleinen sisäänkäynti ja alaosa

Molemmissa vaihtoehdoissa sisäänkäynti kalatiehen voimalaitoksen alakanavasta on sijainniltaan ja rakenteeltaan sama. Sisäänkäyntirakenne on virtaamansäätöluukulla varustettu pystyrako ja pienempi pohja-aukko. Sisäänkäynnin sijainti on alakanavan topografia ja virtausolosuhteet huomioon ottaen todennäköisesti paras mahdollinen. Kalat pääsevät uimaan alakanavasta kalatiehen myös pohjaa pitkin. Mahdollisimman hyvän houkutusvirtaaman luomiselle kalatien suulle on huolellisen suunnittelun kautta hyvät edellytykset. Molemmissa vaihtoehdoissa voidaan lisätä houkutusvirtaamaa kalatien alaosalta johdettavalla tai pumpattavalla lisävesityksellä.

Kalatien alaosa voidaan toteuttaa molemmissa vaihtoehdoissa joko pystyrako + pohja-aukko - tyyppisenä tai luonnonmukaisemmalla pohjakivetyksellä ilman väliseiniä. Kumpikin toteutus mahdollistaa otolliset virtausolosuhteet alaosalta etenemiselle kaikenlaisille kaloille.

9.1.2 Spiraali

Kahdella sisäänkäynnillä toteutettuna spiraalikalatien vaihtoehtoinen sisäänkäynti mahdollistaa kalojen pääsyn spiraaliosuudelle myös tulvakanavan puolelta. Tämä edellyttää kuitenkin lisävesityksen johtamista tulvakanavan puoleiselle osuudelle joko patoaltaalta tai pumpaamalla alakanavasta. Kohteen topografian takia tulvakanavan puoleinen kalatien osuus pitää toteuttaa ainakin osittain teknisenä, ja sisäänkäynti sijoittuu melko kauas padolta. Tämän seurauksena kalojen päätyminen tulvauomasta kalatiehen on epävarmaa etenkin silloin, kun käynnissä olevat ohijuoksutukset houkuttelevat kaloja etenemään tulvauomassa ylemmäs padon alle. Toisaalta esimerkiksi Oulujoen Merikosken kalatieltä saatujen havaintojen perusteella vaelluskalat löytävät tiensä alempana sijaitsevaan kalatiehen suurtenkin ohijuoksutusten aikana.

Kaloja hakeutuu todennäköisesti kuitenkin jossakin määrin jokisuulta kalatiehen myös silloin, kun ainoa tulvauomassa liikkuva vesi on kalatiestä tuleva noin yhden kuution perusvirtaama. Virtaama

erottuu tulvauomassa hyvin ja kalatie on helppo löytää. Vähäisen virtaaman houkuttelevuus on kuitenkin heikko, ja kalatiehen nousee todennäköisesti lohia vasta kutuajan kynnyksellä lokakuun loppupuolella (vrt. Kymijoen Koivukosken kalatie; Karppinen 2014). **Yhdellä sisäänkäynnillä** toteutettuna kaloilla ei ole mahdollisuutta päästä kalatiehen tulvauoman puolelta. Tulvauoman puolelle ei toisaalta tarvita tällöin vesitystä ja lisävesitys voidaan johtaa sen sijaan alakanavan puolelta kalatien alaosalta houkutusvirran lisäämiseksi.

Kaksikaistaisessa spiraalikalatiessä (vaihtoehto Spiraali 1; Taulukko 2) kalat voivat valita joko nopeammin virtaavan leveämmän kaistan tai hitaammin virtaavan kapeamman kaistan ja myös halutessaan vaihtaa kaistaa matkan varrella. Spiraaliosuus on verrattain loiva ja kahden kaistan ansiosta kalatiessä on hyvät nousuolosuhteet kaikille kalalajeille ja myös pienempikokoisille yksilöille. **Yksikaistaisessa** versiossa (Spiraali 2; Taulukko 2) on tavanomainen pohja-aukolla varustettu pystyrakorakenne. Tässä mallissa veden virtausnopeudet ovat keskimäärin suurempia kuin kaksikaistaisessa versiossa, mutta nopeudet pysyvät kuitenkin kohtuullisina myös uintikyvyltään heikompien kalojen etenemistä ajatellen.

Spiraalikalatien **poistumisaukko** avautuu voimalaitoksen yläkanavassa kohtaan, jossa paikalla tehtyjen havaintojen perusteella on yleensä voimakas turbiinikanavaa kohti etenevä virtaus. Tämä virtaus saattaa aiheuttaa uintikyvyltään heikompien ja etenkin normaalisti pohjalla liikkuvien kalojen ajautumisen voimalaitoksen läpi takaisin alakanavaan. Toisaalta kalojen **alaskaelluksen** kannalta kalatien yläpään sijainti on hyvä, ja tyyppillisesti lähellä pintaa kohti alavirtaa pyrkivien vaelluspoikasten ohjaamiselle yläkanavasta kalatiehen ohjausrakenteiden avulla on hyvät mahdollisuudet.

9.1.3 Luonnonmukainen

Luonnonmukaisessa vaihtoehdossa olosuhteet kalojen etenemiselle tulvauomassa kohti kalatien yläosaa vaihtelevat kalatien virtaaman ja ohijuoksuolosuhteiden mukaisesti. Kalatien yläosan **kaksitasoisessa** toteutuksessa (Luonnonmukainen 1; Taulukko 2) yläosalla virtaa $2 \text{ m}^3/\text{s}$ vakiovirtaama ja padon ohijuoksuvirtaamat ohjataan ensisijaisesti kalatien yläosalle. Kalatiestä tulvauomaan syöksyvä useiden kuutioiden virtaama (jopa $8 \text{ m}^3/\text{s}$) houkuttelee kaloja padolle ja edelleen kalatiehen todennäköisesti hyvin tehokkaasti. Tällaisissa tilanteissa tulvauoman kautta kalatiehen nousevien kalojen määrä on oletettavasti jopa suurempi kuin alakanavan puolelta tulevien kalojen määrä. Kalatien yläosan **yksitasoisessa** versiossa (Luonnonmukainen 2; Taulukko 2) kalatien yläosalta tulee aina vain $2 \text{ m}^3/\text{s}$ vakiovirtaama, ja kalatien houkuttelevuus ja löydettävyyys ovat olennaisesti huonommat ohijuoksuolosuhteissa.

Luonnonmukaisen kalatien loivalla yläosalla on hyvät nousuolosuhteet kaikenlaisille kaloille. Virtausnopeudet ovat keskimäärin varsin maltillisia ja kalojen etenemiselle suotuisia virtausnopeuksia löytyy yläosalta myös kaksitasovaihtoehdossa suuremmillakin virtaamilla.

Luonnonmukaisen kalatien **poistumisaukko** sijoittuu matalaan rantavyöhykkeeseen padon länsipäässä kaukana voimalaitoksesta, ja kalatiestä poistuminen on turvallista kaikille kalalajeille. Luonnonmukainen kalatie **ei toimi alaskaellusreitillä**, koska päävirtauksen mukana kulkevien lohikalajien vaelluspoikasten ohjaaminen kauas padon länsipäähän (etäisyys noin 200 m) ei ole mahdollista. Alaskaellaville kaloille onkin järjestettävä erillinen alaskaellusrakenne voimalaitoksen yläkanavasta kalatien alaosalta tai suoraan alakanavaan.

Taulukko 2. Tietoja Ahvenkosken ja Klåsarön kalatievaihtoehdoista

Ahvenkoski	Rakenne	Sisäänkäynti	Virtaama	Lisävesitys	Pituus	Pituuskaltevuus	Virtausnopeus	Alasvaellus kalatien kautta	Kustannusarvio
Spiraali 1	kaksikaistainen, osittainen pystyrako	yksi tai kaksi teknis-luonnonmukaista	yhdellä sisäänkäynnillä 0,7–1 m ³ /s, kahdella 1,4–2 m ³ /s	lisävesitys tulvauoman puoleiselle alaosalle 0,7–1,0 m ³ /s	sisäkaistaa noin 195 m, ulkokaistaa 235 m	sisäkaista noin 6 %, ulkokaista noin 5 %	sisäkaista 0,2–2 m/s, ulkokaista 0,1–1,2 m/s	kyllä, mutta vaatii lisäksi ohjauksrakenteet ylakanavaan	yhdellä sisäänkäynnillä 1,2 M€, kahdella 1,35 M€
Spiraali 2	yksikaistainen, pystyrako	yksi tai kaksi teknis-luonnonmukaista	yhdellä sisäänkäynnillä 0,7–1 m ³ /s, kahdella 1,4–2 m ³ /s	lisävesitys tulvauoman puoleiselle alaosalle 0,7–1,0 m ³ /s	noin 200 m	noin 5,5 %	0,2–2 m/s	kyllä, mutta vaatii lisäksi ohjauksrakenteet ylakanavaan	yhdellä sisäänkäynnillä 1,2 M€, kahdella 1,35 M€
Luonnonmukainen 1	kaksitasouoma, luonnonmukainen kivetyskynnystys	kaksi teknis-luonnonmukaista	yläosa 2 m ³ /s + lisäjuoksutus maks. 6 m ³ /s, alakanavan sisäänkäynti 1–2 m ³ /s	lisävesitys alakanavan puoleiselle alaosalle	alakanava alaosa 50 m, yläosa 320–520 m	alaosa 2 %, yläosa 2–3 %	0,3–1 m/s	ei, tarvitaan erillinen rakenne + ohjauksrakenteet voimalaitokselle	lyhin versio 0,75 M€ tai 0,9 M€ (sis. alasvaellusrakenne)
Luonnonmukainen 2	yksitasouoma, luonnonmukainen kivetyskynnystys	kaksi teknis-luonnonmukaista	yläosa 2 m ³ /s, (tulvauoma 1 m ³ /s, alakanava 1 m ³ /s)	lisävesitys alakanavan puoleiselle alaosalle	alakanava alaosa 50 m, yläosa 320–520 m	alaosa 2 %, yläosa 2–3 %	0,3–1 m/s	ei, tarvitaan erillinen rakenne + ohjauksrakenteet voimalaitokselle	lyhin versio 0,7 M€ tai 0,85 M€ (sis. alasvaellusrakenne)

Klåsarö	Rakenne	Sisäänkäynti	Virtaama	Lisävesitys	Pituus	Pituuskaltevuus	Virtausnopeus	Alasvaellus kalatien kautta	Kustannusarvio
Tekninen laitosten välistä	pystyrako + pohja-aukko	tekninen, pystyrako	0,7–1 m ³ /s	mahdollinen pumppaus alaosalle	noin 69 m	noin 4,8 %	0,2–2 m/s	kyllä, mutta vaatii lisäksi ohjauksrakenteet ylakanavaan	0,5–0,7 M€
Tekninen laitosten itäpuolelta	pystyrako + pohja-aukko	tekninen, pystyrako	0,7–1 m ³ /s	mahdollinen pumppaus alaosalle	noin 78 m	noin 5,2 %	0,2–2 m/s	kyllä, mutta vaatii lisäksi ohjauksrakenteet ylakanavaan	0,5–0,7 M€

9.2 Klåsarö

9.2.1 Kalateiden perusrakenne

Klåsarön voimalaitokselle suunnitelluissa vaihtoehdoissa on molemmissa sama pystyrakomallinen pohja-aukolla varustettu rakenne. Kumpikin kalatie on verrattain loiva ja virtausnopeudet pysyvät maltillisina (Taulukko 2). Pohjakivetys hillitsee virtausnopeuksia altaiden pohjalla ja kalatiessä on suotuisat olosuhteet kaikenlaisten kalojen etenemiselle.

9.2.2 Tekninen laitosten välistä

Voimalaitosten välistä kulkevan kalatievaihtoehdon **sisäänkäynti** sijoittuu varsin otolliseen paikkaan voimalaitoksen alakanavan ja turbiinivirtauksen reunaan. Kalatien houkutusvirtaama erottuu paikassa hyvin, ja kalat pääsevät etenemään kohti kalatien sisäänkäyntiä matalassa vyöhykkeessä jokiuoman keskellä. Kalatien **poistumisaukko** sijoittuu yläaltaan keskivaiheille hieman sivuun turbiinikanavaan johtavasta päävirtauksesta. Uintikyvyltään heikompien kalojen turvallinen poistuminen kalatiestä voidaan varmistaa huomioimalla asia uloskäynnin tarkemmassa suunnittelussa. Kalojen **alasmaelluksen** kannalta poistumisaukon sijainti on hyvä ja kalojen ohjaaminen kalatiehen on toteutettavissa ohjausrakenteiden avulla.

9.2.3 Tekninen itärannalta

Voimalaitoksen itäpuolitse kulkevan kalatien **sisäänkäynti** sijoittuu nopeasti syvenevään rantavyöhykkeeseen turbiinivirran ja rannan väliin. Turbiineilta tuleva virtaus kulkee vauhdilla jokiuoman eteläreunaa pitkin noin 200 metrin matkan ja rantavyöhykkeeseen jää vain erittäin kapea hidasvirtaisempi kaistale. Kalojen eteneminen kohti kalatien sisäänkäyntiä etelärantaa pitkin vaikuttaa epätodennäköiseltä, ja kalat liikkuvatkin todennäköisemmin jokiuoman keskellä. Kalatievirtaaman havaitseminen ja kalojen hakeutuminen kalatien suulle turbiinivirtausten lävitse on epävarmaa. Kalatien **poistumisaukko** sijoittuu hieman sivuun turbiineille johtavasta päävirtauksesta, mutta uintikyvyltään heikompien kalojen turvallinen poistuminen kalatiestä tulee huomioida kalatien rakennesuunnittelussa. Kalojen **alasmaelluksen** ohjaamisen kannalta poistumisaukon sijainti on huono ja ohjausrakenteiden toteuttaminen hankalaa yläkanavan topografian ja virtausolosuhteiden takia.

10 Suositukset ja jatkotoimenpiteet

10.1 Suositeltavat vaihtoehdot

Kalatiessä virtaavan veden määrä on keskeisin kalatien toimivuuteen vaikuttava tekijä. Suurempi vesimäärä houkuttelee paremmin etenkin vaelluskaloja, ja nousu on helpompaa suuremmissa vesimäärässä sekä -tilavuudessa. Kalatievirtaaman määräksi suositellaan vähintään 2–5 % kohteen keskivirtaamasta (esim. Larinier ym. 2002). Tämän määritelmän mukaisesti kalatievirtaaman tulisi olla välillä 3,1–7,9 m³/s sekä Ahvenkosken alakanavassa että Klåsarössä. Kalatien alaosalle olisi siten suositeltavaa johtaa kalatien perusvirtaaman lisäksi lisävesitystä molemmilla voimalaitoksilla. Lisävesitys on mahdollista järjestää kaikissa esitellyissä vaihtoehdoissa joko pumppaamalla alakanavasta tai johtamalla vettä kalatien alaosalle yläkanavasta. Myös mahdollisuuksia ohijuokutettavien virtaamien hyödyntämiseksi tähän tarkoitukseen tulisi selvittää. Lisäksi juokutettavaa vettä voidaan jaksoittaa siten, että juokutuksen määrää vaihdellaan tietyllä päivä- tai viikkorytmillä tai luonnonvirtaaman perusteella.

Ahvenkosken kaksitasoinen luonnonmukainen kalatievaihtoehdot mahdollistaisi ohijuokutettavien vesien päästämisen kalatien yläosaa pitkin aina kahdeksaan kuutioon saakka. Tällä olisi todennä-

köisesti voimakas, jokisuulle saakka ulottuva houkutusvaikutus kaloihin ja se lisäisi kalatiehen hakeutuvien kalojen määrää olennaisesti. Satunnaisetkin, myös määrältään ja kestoltaan vähäisemmät juoksutukset vaelluskalojen nousuaikana lisäisivät niin ikään kalatiehen nousevien kalojen määrää. Ohijuoksutusvirtaaman lisääntyminen tulvauomassa lisäisi myös kalatien alakanavan puoleiselle alaosalle virtaavan veden määrää. Kaksitasoinen kalatie mahdollistaa myös juoksutuksen jaksottamisen parhaiten kaikista esitetyistä vaihtoehdoista, kun taas mahdollisuudet virtaaman lisäämiseksi ovat teknisessä kalatiessä hyvin rajalliset. Luonnonmukainen kalatie toimii todennäköisesti myös kalatien perusvirtaamalla ja myös yksitasouomaisena versiona. Tällöin kuitenkin kalojen hakeutuminen kalatiehen tulvauoman kautta on epätodennäköisempää, ja pääosa kaloista hakeutuu kalatiehen alakanavan puolelta. Reitti jokisuulta ja alakanavasta luonnonmukaiseen kalatiehen ja yläosaa pitkin edelleen patoaltaalle olisi helposti noustavissa kaikenlaisille kaloille erilaisissa virtaamaolosuhteissa.

Klåsarön voimalaitosten välistä kulkeva vaihtoehto on sekä sisäänkäynnin että poistumisaukon sijainnin kannalta parempi vaihtoehto kuin itärannan puoleinen vaihtoehto. Itäpuolen kalatien sisäänkäynti sijoittuu kalojen liikkumista ja kalatien löytymistä haittaavien turbiinivirtausten taakse. Myös alasvaeltavien kalojen ohjaaminen kalatiehen voimalaitoksen yläkanavassa on helpommin järjestettävissä voimalaitosten välistä kulkevassa vaihtoehdossa.

10.2 Tutkimukset ja lisäselvitykset

10.2.1 Kalojen käyttäytyminen Ahvenkosken alakanavassa

Vaelluskalojen tai muidenkaan kalalajien käyttäytymisestä Ahvenkosken alakanavassa ja jokisuistossa ei ole olemassa tutkittua tietoa. Myöskään alakanavaan nousevista kalamääristä ei ole tarkempaa käsitystä. Ahvenkoskelle hakeutuvia lohia, taimenia ja siikoja saadaan kuitenkin saaliiksi jokisuulta ja alakanavasta, ja kaloja havaitaan toisinaan myös vanhassa jokiuomassa padon alla ohijuoksutusten yhteydessä (Alvari, J. ja Tuohiluoma, M., suull. tiedonanto). Voimalaitoksen alakanavassa on myös tehty koepyyntiä erilaisin pyyntivälinein 1990-luvun alkuvuosina. Tuolloin tavoitteena oli pyydystä kaloja siirrettäväksi voimalaitoksen yläpuoliselle jokialueelle. Saalismäärät jäivät kuitenkin verrattain pieniksi, ja esimerkiksi vuonna 1991 alakanavasta saatiin kesä-lokakuun välisenä aikana 18 lohta, 10 taimenta, 182 siikaa, ja noin 500 kg muita lajeja, pääasiassa lahnoja (Koskenala ym. 1992a). Pyynnin katsottiin olevan tehotonta alakanavaan nousevaan kalamäärään nähden, ja kalojen ylisiirroista velvoitehoitona luovuttiin muutaman vuoden kokeilun jälkeen.

Kymijoen itähaaran puolella vuosina 2012 ja 2013 toteutettujen lähetinseurantojen yhteydessä saatiin satunnaisia havaintoja myös Ahvenkosken voimalaitoksen lähistöllä liikkuneista lohista (Karppinen & Haikonen 2013; Karppinen 2014). Yksi kala havaittiin ohijuoksutusvirrassa padon alapuolella vuonna 2012 ja kaksi kalaa voimalaitoksen alakanavan alapäässä ja keskivaiheilla vuonna 2013. Näistä kolmesta kalasta kaksi tuli ylävirran suunnasta Kymijoen itäisen haaran puolelta ja ne laskeutuivat alas Ahvenkosken padosta todennäköisesti avoinna olleen ohijuoksutusluukun kautta. Yksi kala tuli Ahvenkoskelle itähaarasta meren kautta.

Kymijoen itähaarassa Koivukosken voimalaitoksella on kalatie sekä säännöstelypadolla että voimalaitoksella. Koivukoskella tehtyjen lähetinseurantojen perusteella lohien liikkeet keskittyvät vanhan jokiuoman ja alakanavan risteysalueelle (Karppinen 2014). Risteysalueelta kalat lähtevät nousemaan vanhaan jokiuomaan ja edelleen säännöstelypadon kalatiehen silloin, kun vanhassa jokiuomassa virtaa ohijuoksutuksen seurauksena runsaammin vettä. Vähäinenkin virtaaman lisäys säännöstelypadolla saa lohien hakeutumaan vanhaan jokiuomaan ja säännöstelypadon kalatiehen.

Kaloja hakeutuu säännöstelypadolle jossakin määrin myös pelkästään kalatiestä tulevan pienen virtaaman ($1 \text{ m}^3/\text{s}$) houkuttelemana. Ohijuoksutusluukkujen ollessa suljettuna kalat hakeutuvat pääasiassa voimalaitoksen alakanavaan ja voimalan kalatiehen. Ohijuoksutusten kalojen nousua aktivoiva vaikutus näkyy lisääntyneinä kalamäärinä säännöstelypadon kalatiessä jopa vuorokauden ajan patoluukkujen sulkemisen jälkeen (Karppinen 2014).

Näköhavaintojen perusteella myös Ahvenkoskella ohijuoksutettavat vedet houkuttelevat kaloja nousemaan vanhaan uomaan padon alle. Tämä kalojen todennäköinen käyttäytyminen onkin ollut yhtenä lähtökohtana tässä esitettyjen kalatievaihtoehtojen suunnittelussa. Molemmissa vaihtoehtoissa kalatiehen pääsee nousemaan sekä voimalaitoksen alakanavasta että tulvauomasta. Luonnonmukaisessa vaihtoehdossa kalat pääsevät nousemaan kalatiehen tulvauoman puolelta kaikissa olosuhteissa. Kalatien yläosan lisävirtaus tai padolta ohijuoksutettava vesi parantaa kalojen kulkua tulvauomassa ja lisää kalatien houkuttelevuutta olennaisesti. Spiraalivaihtoehdossa kalojen sisäänkäynti tulvauoman puolelta edellyttää houkutusvirtaaman lisäämistä kalatien tulvauoman puoleiselle alaosalle ja sisäänkäynnin sijoittuminen ei ole paras mahdollinen kalatiehen hakeutumisen kannalta. Ohijuoksutustilanteissa kalojen hakeutuminen jokisuulta tulvauomaan kuitenkin voimistuu ja kalojen päätyminen spiraalikalatien alaosalle on todennäköisempää.

Ahvenkoskella ohijuoksutuksia tapahtuu kuitenkin harvoin ja ne ovat yleensä lyhytkestoisia. Ohijuoksutuksia on kuitenkin tapahtunut esimerkiksi vuosina 2012–2017 lähes vuosittain vaelluskalojen pääasiallisena nousuaikana (kesä-lokakuu). Voimalaitosten huolto- ja korjausseisokkien aikana ohijuoksutukset ovat yleensä määrältään suuria ja joskus myös pitempiaikaisia. Myös ilmastonmuutoksen myötä äärevöityvät sääolosuhteet saattavat tulevaisuudessa lisätä tarvetta ohijuoksutuksille.

Voimassa olevan vesioikeuden päätöksen mukaisesti Ahvenkosken ohijuoksutukset ohjataan ensisijaisesti Pyhtään haaraan. Ahvenkosken haaran virtaaman noustessa tasolle $250 \text{ m}^3/\text{s}$, johdetaan tämän yli menevät vesimäärät Pyhtään haaraan aina 58 :aan m^3/s saakka. Vasta tämän tason ylittävät vesimäärät päästetään Ahvenkosken padolla ohijuoksutusluukkujen kautta. Pyhtään haaraassa olevan Ediskosken voimalaitoksen rakennevirtaama on $5 \text{ m}^3/\text{s}$, joten ylimääräisestä vedestä ei ole hyötyä sähköntuotannolle. Ohijuoksutusvirtaamien ohjaaminen ensisijaisesti Ahvenkosken padon kautta mahdollistaisi ylimääräisen houkutusvirtaaman käytön useammin ja säännöllisemmin nousukalojen eduksi Ahvenkosken kalatiessä. Luontainen jokivirtaaman vaihtelu siirtyisi näin osittain myös kalatiehen lisäten kalojen vaellusolosuhteiden luontaista vaihtelua. Ohijuoksutukset mahdollistavat myös alasvaeltavien kalojen pääsyn padon alapuolelle patoluukkujen kautta. Ohijuoksutusvirtaamien osittainenkin kääntäminen Pyhtään haarasta Ahvenkoskelle nostaisi vuosittaista ohijuoksutuksen määrää. Juoksutuskäytännön muuttamiseksi tarvitaan kuitenkin vesilain mukaisen lupaviranomaisen päätös.

Kalojen hakeutumista voimalaitoksen alakanavaan ja tulvauomaan sekä erisuuruisten ohijuoksutusten vaikutusta kalojen käyttäytymiseen jokisuulla tulisi selvittää esimerkiksi lähetinseuran- noilla. Myös alakanavaan ja tulvauomaan nousevien kalojen määristä olisi hyvä saada tarkempaa tietoa. Seurantatutkimuksen tulosten perusteella voidaan arvioida tarvetta ulottaa tulvauoman puoleinen nousu-uoma jokisuulle saakka (ks. Liite 7). Jos seuranta osoittaa, että kalat liikkuvat pääasiassa jokisuulla alakanavan ja tulvauoman risteysalueella, tulee tätä vaihtoehtoa tarkastella ja suunnitella huolellisesti niin kalankulun kuin rakenteellisten ratkaisujen osalta.

10.2.2 Kalojen käyttäytyminen välillä Ahvenkoski–Klåsarö

Ahvenkosken ja Klåsarön välillä ylävirtaa kohti pääsee nousemaan useita vaihtoehtoisia reittejä pitkin. Esimerkiksi Klåsarön voimalaitoksen alakanavaan pääsee nousemaan kahta eri reittiä (Kuva 2 ja 4). Vaikka Paaskosken säännöstelypadolta (ks. Kuva 4) juoksetetaan ajoittain suuriakin vesimääriä, kulkee pääosa länsihaaran virtaamasta kuitenkin Klåsarön voimalaitoksen kautta (rakennevirtaama 180 m³/s). Paaskosken säännöstelypadon keskivirtaama on ollut 7,4 m³/s ja keskiylivirtaama 66 m³/s kalojen nousuvaelluksen aikana (kesä-lokakuu 2001–2017). Kaloja saattaa etenkin suurten ohijuoksetusten aikana harhautua myös Paaskosken haaraan, mutta todennäköisesti ne kuitenkin vaeltavat pääsääntöisesti Klåsarön voimalaitokselle. Kalojen hakeutumisesta ja niiden houkuttelemisesta Paaskosken haaraan keskusteltiin työpajassa, ohjausryhmässä sekä konsultin ja ohjausryhmän välisissä palaverissa. Kalojen hakeutuminen Paaskoskelle on kuitenkin edellä mainituista syistä epävarmaa. Paaskosken pato on myös vaelluseste, jonka ohittamiseksi olisi niin ikään rakennettava kalatie.

Kalojen käyttäytymisestä ja reitinvalinnasta Ahvenkosken ja Klåsarön välisellä jokiosuudella ei ole olemassa juurikaan tutkittua tietoa. Vuonna 1992 tehdyssä pienimuotoisessa lähetinseurannassa Ahvenkosken yläpuolelle Hellinkoskeen siirretyistä kuudesta taimenesta kaksi nousi vapautuspaikalta noin neljän kilometrin päähän Klåsarön voimalaitokselle, muut laskeutuivat alavirtaan ja jäivät uiskentelemaan Ahvenkosken patoaltaaseen (Koskenala ym. 1992b). Mikäli kalojen käyttäytymisestä ja reitinvalinnasta Ahvenkosken ja Klåsarön välisellä jokiosuudella halutaan lisää tietoa, voidaan uutta ja täsmällistä tietoa hankkia nopeasti kalojen lähetinseurannan avulla. Kalojen käyttäytyminen ja reitinvalinta Klåsarön voimalaitoksen alakanavassa suhteessa turbiinivirtaamiin on syytä selvittää ennen kalatievaihtoehdon valintaa.

10.2.3 Kalojen ylisiirrot Ahvenkosken yläpuolelle

Kymijoen länsihaaran kalankulun järjestämiseen liittyvässä työpajassa nousi päävaihtoehtojen ohella esille myös aikuisten kalojen ylisiirrot kalateiden toimintaa ja kalakannan elvyttämistä tukevana toimenpiteenä (ks. kappale 5). Ylisiirtojen tarkoituksena on saada poikastuotanto käyntiin ja tuottaa länsihaaraan leimautuneita kaloja luontaisen lisääntymisen kautta. Alueelle leimautuneet poikaset palaavat suurella todennäköisyydellä synnyinsijoilleen merivaelluksen jälkeen. Ylisiirrot voidaan aloittaa jo ennen kalateiden valmistumista ja niitä voidaan jatkaa myöhemminkin kalakannan vahvistamiseksi ja kalateiden nousijamäärien lisäämiseksi. Kymijoen länsihaaraassa on kaikkiaan parikymmentä virta- tai koskipaikkaa, joista seitsemän sijaitsee Ahvenkosken ja Klåsarön välisellä jokialueella (ks. Rinne ym. 2009). Ennen kalateiden rakentamista Ahvenkosken yläpuolelle siirrettävät kalat jäävät lisääntymään Klåsarön alapuolisille koskialueille, mutta osa kaloista saattaa palata takaisin jokisuulle voimalaitoksen tai ohijuoksetusluukkujen kautta. Vastaavasti myös Klåsarön yläpuolelle siirrettävät kalat saattavat palata alavirtaan tai jatkaa matkaa ylävirtaan aina Kymijoen päähaaraan saakka, jossa pääosa lisääntymisalueista sijaitsee (Rinne ym. 2007). Molempiin suuntiin tapahtuvasta liikehinnästä länsihaaraassa on saatu havaintoja sekä ylisiirrettyjen että päähaaran kautta tulleiden kalojen osalta vuosina 2012 ja 2013 tehdyissä lähetinseurannoissa (Karppinen ja Haikonen 2013; Karppinen 2014).

Vaikka luonnossa syntyneiden poikasten määrät ovat olleet nousussa, on suurin osa Kymijoella tavattavista lohista edelleen istutuksista peräisin olevaa laitoskantaa. Kun otetaan huomioon aiemmat ylisiirrettävien kalojen pyyntiin liittyvät hankaluudet ja heikko pyyntitulo Ahvenkoskella (ks. kappale 10.2.1.), saattavat Ahvenkosken ja Klåsarön yläpuolisille koskialueille suunnatut poi-

kas- tai mäti-istutukset olla ylisiirtoihin verrattuna kustannustehokkaampi tapa lohikannan elvyttämiseksi ja poikastuotannon käynnistämiseksi. Kalojen ylisiirtoihin liittyvistä menetelmistä, ongelmista ja saavutetuista tuloksista kerrotaan laajasti Luonnonvarakeskuksen tekemässä kirjallisuusselvityksessä (Marttila ym. 2017). Selvityksen mukaan ylisiirroista saadut kokemukset ovat olleet vaihtelevia ja niiden avulla saavutetut hyödyt monin paikoin epävarmoja.

Ylisiirrettyjen kalojen käyttäytymistä ja pysymistä Kymijoen länsihaaran kohdealueilla voidaan tutkia lähetinseurannan avulla. Klåsarön voimalaitoksen alapuolella mahdollisesti toteutettavan kalatiesuunnittelua tukevan käyttäytymistutkimuksen yhteydessä saadaan samalla tietoa myös kalojen liikkeistä Ahvenkosken ja Klåsarön välisellä jokialueella. Seurannan yhteydessä saatavien pyyntikokemusten ja käyttäytymishavaintojen perusteella on helpompi arvioida ylisiirtojen toteuttamismahdollisuuksia ja niistä saavutettavia hyötyjä.

10.2.4 Alasvaellus

Lohen vaelluspoikasten selviytymistä ja reitinvalintaa Kymijoen jokihaarojen välillä selvitettiin lähetinseurannoilla vuonna 2010 (Mikkola ym. 2010). Ahvenkosken yläpuoliselle jokiosuudelle vapautettiin kaikkiaan 62 lähettimellä varustettua vaelluspoikasta. Näistä 76 % havaittiin myöhemmin Ahvenkosken voimalaitoksen alakanavassa, ja vaelluspoikasten kuolleisuuden määräksi voimalaitoksen läpiuinnin yhteydessä arvioitiin noin 13 %. Arviota voidaan kuitenkin pitää varsin epävarmana seurantamenetelmiin ja raportointiin liittyvien puutteiden takia. Suuri osa vaelluspoikasta näytti viipyvän patoaltaassa Ahvenkosken voimalaitoksen yläpuolella useita päiviä ennen voimalaitoksen läpiuintia, ja kalojen kuolleisuus patoaltaalla ennen voimalaitoksen läpiuintia on ollut mahdollisesti noin 20 %.

Vaelluspoikasten käyttäytymistä ja kuolleisuutta voimalaitoksilla tulisi selvittää lähetinseurannalla. Seurannasta saatujen tulosten perusteella voidaan arvioida tarvetta alasvaellus- ja ohjausrakenteille ja parantaa olennaisesti mahdollisesti toteutettavien ratkaisujen suunnittelua.

11 Yhteenveto

Tässä työssä selvitettiin vaihtoehtoja kalankulun järjestämiseksi Kymijoen läntisen haaran alaosalla sijaitseville Ahvenkosken ja Klåsarön voimalaitoksille. Selvitystyössä pyrittiin huomioimaan myös mahdollisesti myöhemmin suunniteltavat alasvaellusratkaisut. Tavoitteena oli löytää sekä voimalaitostoimintojen että kalojen kannalta toteuttamiskelpoiset, kustannustehokkaimmat ja toimivimmat ratkaisut vaellusyhteyksien avaamiseksi.

Yhtenä teemana suunnittelussa oli myös innovatiivisten ratkaisujen hakeminen. Laaja-alaisen pohdinnan ja tarkastelun myötä löydettiin useita uudenlaisia mahdollisuuksia kalateiden houkuttelevuuden parantamiseksi, kalojen nousun edistämiseksi kalateissä sekä tilan säästämiseksi voimalaitosalueella. Harvinaisia tai aiemmin kalateissä käyttämättömiä ratkaisuja ovat tässä esitetyt ohijuoksusvesien hyödyntäminen kalateiden houkutusvirtaamaan lisäämiseksi, kaksitasuomainen luonnonmukainen kalatie, spiraalimallinen tekninen kalatie, kaksikaistainen kalatierakenne, ja kalatie kahdella sisäänkäynnillä.

Kummallekin voimalaitokselle laadittiin esisuunnitelmatasoiset luonnokset kahdesta päätärkäsusta. Ahvenkoskella molempiin päätärkäsuihin sisältyi lisäksi vaihtoehtoisia toteutusmalleja. Molemmissa päätärkäsuisissa kalatien sisäänkäyntinä hyödynnetään vanhan kalahissin sisäänkäyntiä ja molempiin sisältyy myös sisäänkäynti tulvauoman puolelta.

Spiraalikalatie alkaa Ahvenkosken voimalaitoksen alakanavasta ja lähtee nousemaan kalatien alaosalta kierreportaan kaltaisena rakenteena kohti voimalaitoksen yläkanavaa. Spiraalikalatiessä on kaksi kaistaa, toinen pienemmille ja uintikyvyltään heikommille lajeille ja toinen lohille ja taimeille. Kaloilla on myös mahdollisuus vaihtaa kaistalta toiselle. Spiraalikalatie on mahdollista toteuttaa myös yksikaistaisena ja ilman sisäänkäyntiä tulvauoman puolelta. Spiraalikalatien rakentamiskustannukset olisivat noin 1,2–1,35 miljoonaa euroa ja vuosittainen kustannus energian menetyksenä sisäänkäyntien määrästä riippuen joko 23 000 tai 47 000 euroa. Käyttökustannukset ovat noin 10 000–16 000 € vuodessa.

Luonnonmukainen kalatie alkaa Ahvenkosken voimalaitoksen alakanavasta ja jatkuu tulvauoman puolelle padon alle. Padon alapuolelle pääsee nousemaan jokisuulta myös vanhan jokiuoman pohjalle kaivettua uraa pitkin. Padon alta kalat etenevät ohijuoksutusluukkujen länsipuolelta alkanavalle luonnonmukaiselle kalatien yläosalle. Kalatien yläosa voidaan toteuttaa tavanomaisena yksitasouomana tai leveämpänä kaksitasouomana. Molemmissa vaihtoehdoissa kalatien yläosalla kulkee kahden kuution (2 m³/s) perusvirtaama. Kaksitasouoman virtaamaa voidaan kuitenkin lisätä kahdeksaan kuution (8 m³/s) saakka, mikä lisää kalatien houkuttelevuutta ja löydettävyyttä olennaisesti. Kalatiestä ja padolta tapahtuvat ohijuoksutukset lisäävät padon alle ja edelleen kalatien hakeutuvien kalojen määrää. Ohijuoksutusten yhteydessä virtaama lisääntyy myös alakanavaan johtavalla kalatien osalla. Alakanavan puolelta nousevien kalojen määrää voidaan lisätä myös johtamalla lisävesitystä kalatien alaosalta padolta tai pumpaamalla alakanavasta. Luonnonmukaisen kalatien rakentamiskustannukset olisivat vaihtoehdosta riippuen noin 0,75–0,9 miljoonaa euroa ja vuosittaiset kustannukset energian menetyksenä ovat noin 47 000 euroa. Käyttökustannukset ovat noin 10 000–16 000 € vuodessa.

Klåsarön voimalaitokselle suunnitelluissa kalatievaihtoehdoissa on molemmissa pystyrakomallisilla väliseinillä varustettu allasrakenne, ja molemmissa on hyvät olosuhteet kalojen sujuvalle etenemiselle. **Voimalaitosten välistä** kulkevan kalatien sisäänkäynti sijoittuu kalojen kulkua ajatellen hyvään paikkaan jokiuoman keskelle turbiinivirran reunaan. **Voimalaitoksen itärannalta** kulkevan kalatien sisäänkäynti sijoittuu alakanavan topografian ja virtaamaolosuhteiden perusteella siten, että kalojen hakeutuminen kalatiehen on epävarmaa. Klåsarön kalatievaihtoehtojen rakentamiskustannukset ovat noin 0,5–0,7 miljoonaa euroa ja vuosittaiset kustannukset energian menetyksestä ovat noin 6300 euroa. Käyttökustannukset ovat noin 10 000–16 000 € vuodessa.

Ahvenkosken ja Klåsarön kalatiesuunnittelua tehtäessä ei ole ollut käytettävissä tutkittua tietoa kalojen käyttäytymisestä voimalaitosten alakanavissa, voimalaitospatojen alla tai patoaltailla. Kalojen reitinvalinnasta ja käyttäytymisestä on tehty oletuksia perustuen aiemmin muualla tehtyihin tutkimuksiin ja havaintoihin. Suunnittelussa pyrittiin hakemaan kalojen kulun kannalta parhaat, soveltamiskelpoiset ratkaisut olemassa oleviin tietoihin perustuen. Lisäksi perusratkaisuille haettiin myös vaihtoehtoisia toteuttamistapoja, jotka kaikki ovat kalojen kulun kannalta toteuttamiskelpoisia.

Lähdeluettelo

Alvari, J., Maintpartner Oy, suullinen tiedonanto.

Artell, J., Orell, P., Saura, A., Vehanen, T., van der Meer, O. & Mäki-Petäys, A. 2017. Kymijoen länsihaaran kalankulun järjestäminen: esiselvitys. Luonnos 10.11.2017. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus X/2017. Luonnonvarakeskus, Helsinki.

Carling, P. A. & Dobson, J. H. 1992. Fish pass design and evaluation. Phase 1. Institute of Freshwater Ecology. National Rivers Authority, Bristol.

Glendinning, M., Fisheries Biologist, Ayrshire Rivers Trust, Scotland. Suullinen tiedonanto + sähköposti 14.3.2018.

Hiramatsu, K., Associate Professor, Department of Environmental Science, Gifu University, Japan. Sähköpostiviesti 21.2.2018.

Innotiimi-ICG 2017. Kymijoen länsihaaran kalankulun järjestämiseen liittyvä työpaja 23.11.2017. Työpajan keskustelut.

Karppinen, P. & Haikonen, A. 2013. Lohen nousuvaellus Kymijoessa vuonna 2012. Kala- ja vesitutkimuksia 98. Kala- ja vesitutkimus Oy.

Karppinen, P. 2014. Lohen nousuvaellus Kymijoessa vuosina 2012 ja 2013 – virtaamaolosuhteiden ja säännöstelyn vaikutus kalojen liikkeisiin. Kala- ja vesijulkaisuja 132. Kala- ja vesitutkimus Oy.

Koskenala, T., Päivärinta, P. & Mäkelä, T. 1992a. Kalaportaiden ja vaelluskalojen ylisiirron toimivuuden seuranta Kymijoella vuonna 1991. Kymen kalastuspiiri.

Koskenala, T., Päivärinta, P., Taimisto, K. & Mäkelä, T. 1992b. Kymijoen Koivukosken kalaportaiden toimivuus ja länsihaaraan ylisiirrettyjen vaelluskalojen käyttäytymisen seuranta vuonna 1992. Kymen kalastuspiiri.

Kottonen, J., vesivoimapäällikkö, Helen Oy, suullinen tiedonanto 20.11.2017.

Larinier, M., Travade, F. & Porcher, J. P. 2002. Fishways: biological basis, design criteria and monitoring. - Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture 364. 208 s.

Mabuchi, K., Itagaki, H., Hiramatsu, K., Shimizu, H. & Oonishi, T. 2012. Development of Steel Folding Type Fishway and its Characteristics. - Journal of Rainwater Catchment Systems 17/No.1/pp. 25 - 32.

Marttila, M., Orell, P., van der Meer, O., Jaukkuri, M., Mäki-Petäys, A. & Erkinaro, J. 2017. Lohikalojen ylisiirrot vaelluskalakantojen hoitotoimena : Kirjallisuuskatsaus. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 10/2017. Luonnonvarakeskus, Helsinki.

Maveplan Oy 2012a. Ahvenkosken voimalaitoksen kalatien yleissuunnitelma. Kaakkois-Suomen Ely-keskus.

Maveplan Oy 2012b. Klåsarön voimalaitoksen kalatien yleissuunnitelma. Kaakkois-Suomen Ely-keskus.

Mikkola, J., Salminen, M. & Ikonen, E. 2010. Kymijoen lohen vaelluspoikasten alasvaellusreitit ja voimalaitostappiot. Selvityksiä 20/2010. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Helsinki.

Päivärinta, P. 1992. Kymijoen Koivukosken kalaportaiden säätö- ja seurantatutkimus sekä Ahvenkosken ylisiirron seurantatutkimus 1990–1991. Erikoistumistyö. VKOL opistolinja.

Rinne, J., Tapaninen, M. & Vähänäkki, P. 2007. Kymijoen alaosan koski- ja virtapaikkojen pohjanlaadut sekä lohen ja meritaimenen lisääntymisalueet. Maa- ja metsätalousministeriö 83/2007.

28.5.2018

Rinne, J., Tapaninen, M. & Malin, M. 2009. Kymijoen läntisen haaran koski- ja virtapaikkojen pohjanlaadut sekä lohen ja meritaimenen lisääntymisalueet. Maa- ja metsätalousministeriö 86/2009.

Travade, F. & Larinier, M. 2002. Fish locks and fish lifts. - Bull. Fr. Pêche Piscic. 364 suppl.: 102–118.

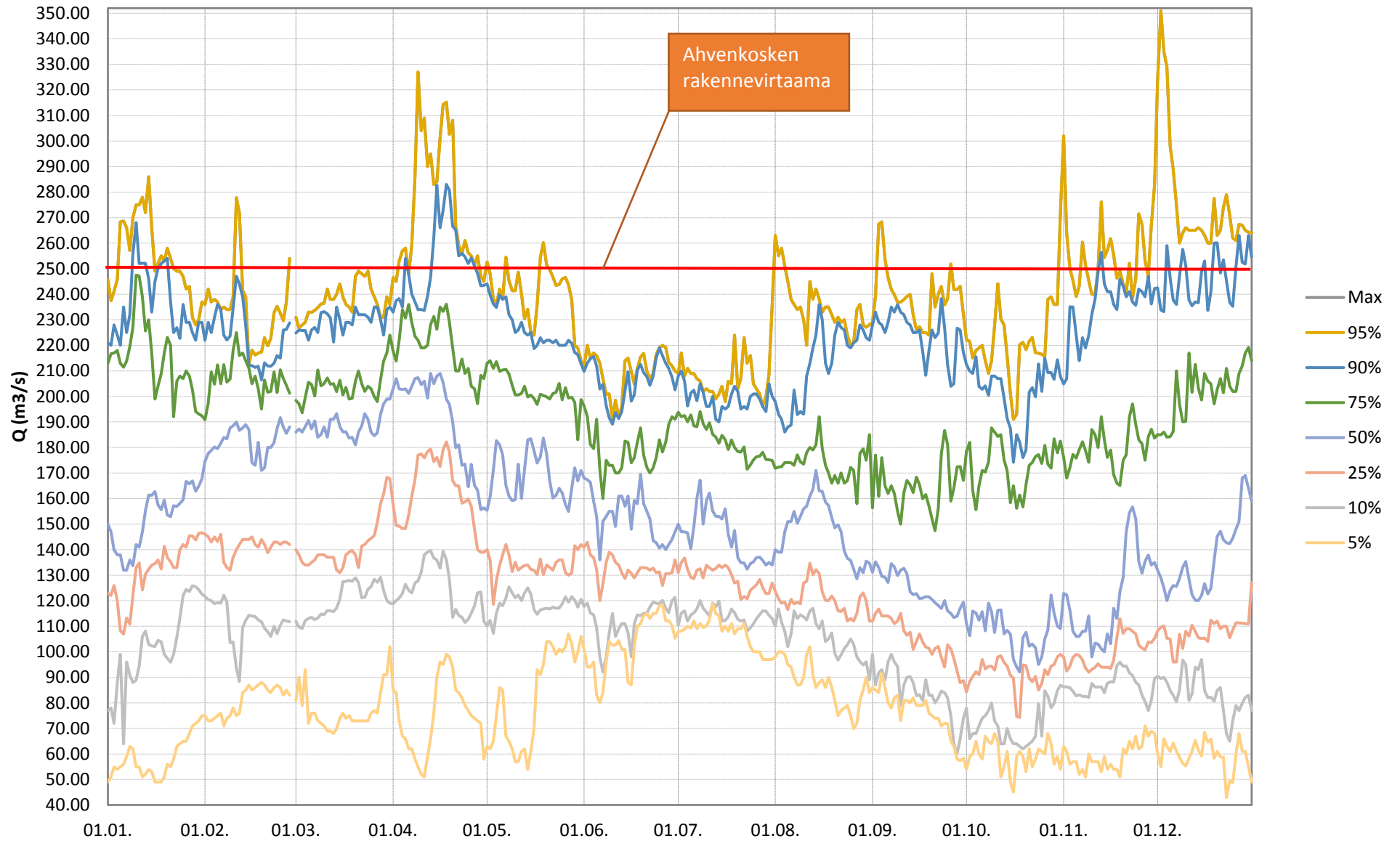
Tredger, C. D. 1982. Experimental testing of kokanee (*Oncorhynchus nerka*) passage in an Aeroceanics fishway in Meadow Creek, British Columbia. Fish and Wildlife Branch. Ministry of Environment, Victoria, B. C.

Tuohiluoma, M., Maintparter Oy, suullinen tiedonanto.

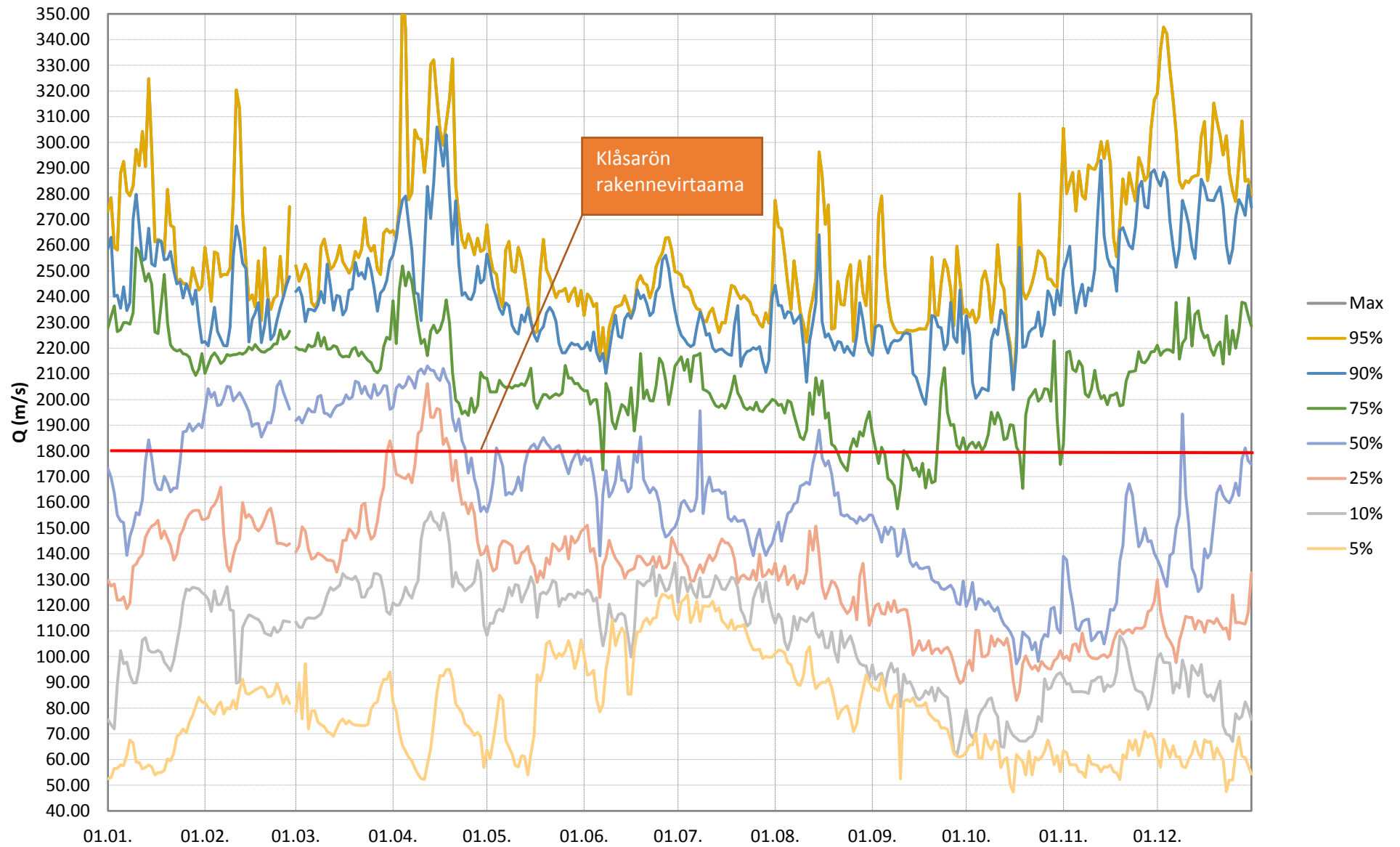
Liite 1

Voimalaitosten virtaamien hydrologiset kuvaajat

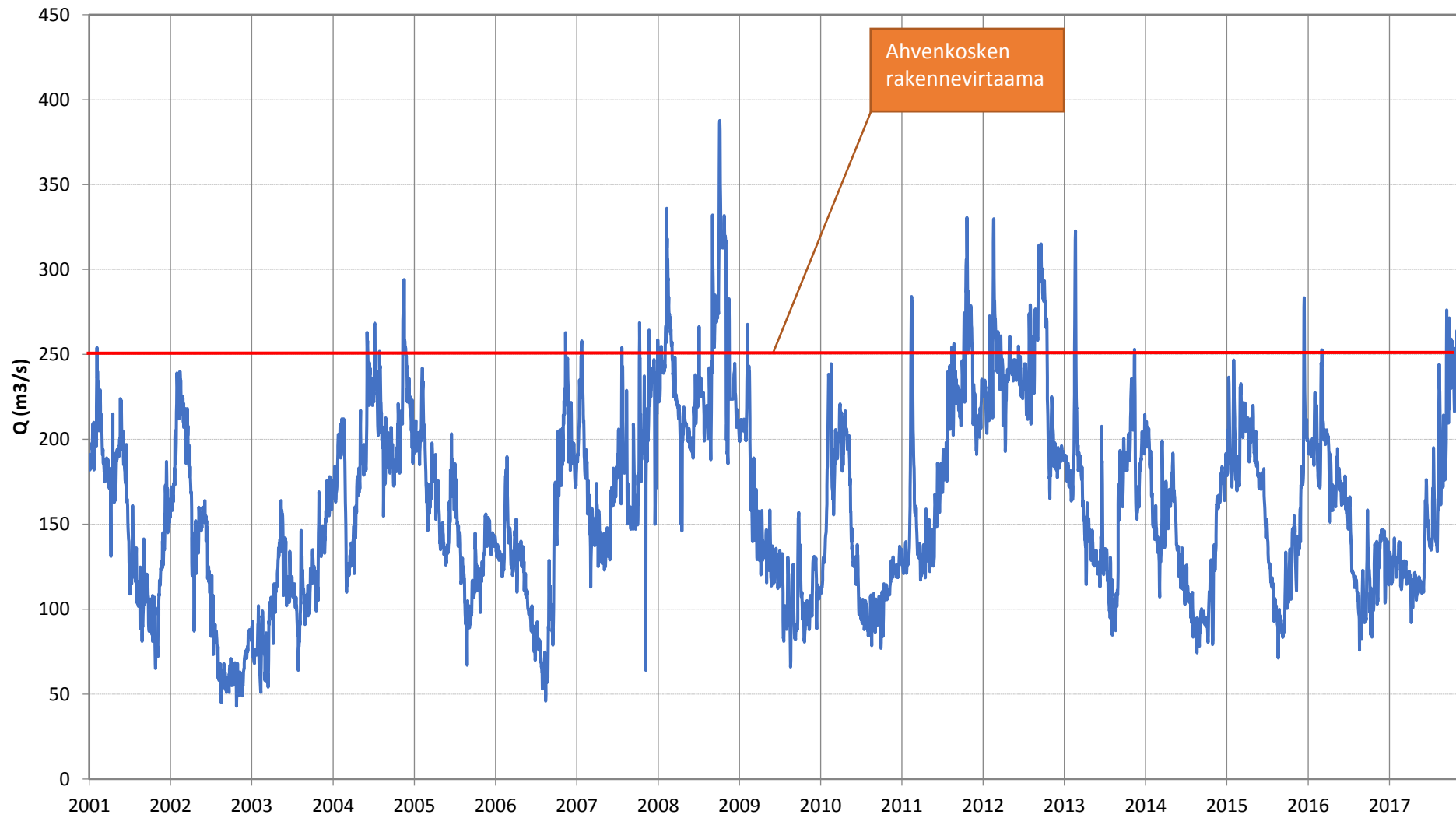
Ahvenkosken virtaamien verhoikäyrät 2001-2017



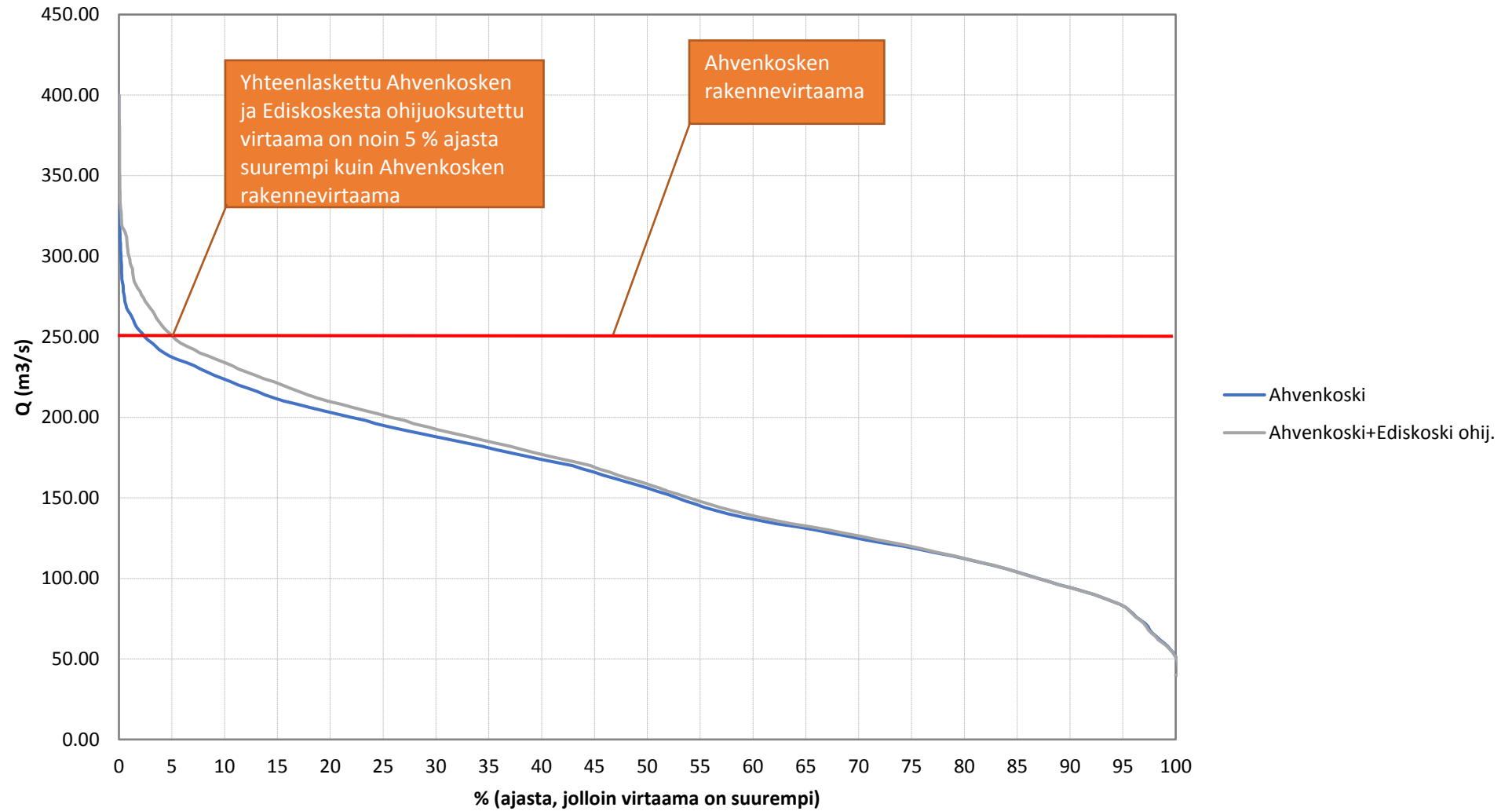
Klåsarön ja Paaskosken yhteenlasketun virtaaman verhoikäyrät 2001-2017



**Yhteenlaskettu Ahvenkosken ja Ediskoskesta ohjuoksutettu virtaama.
Aikasarja 2001-2017**

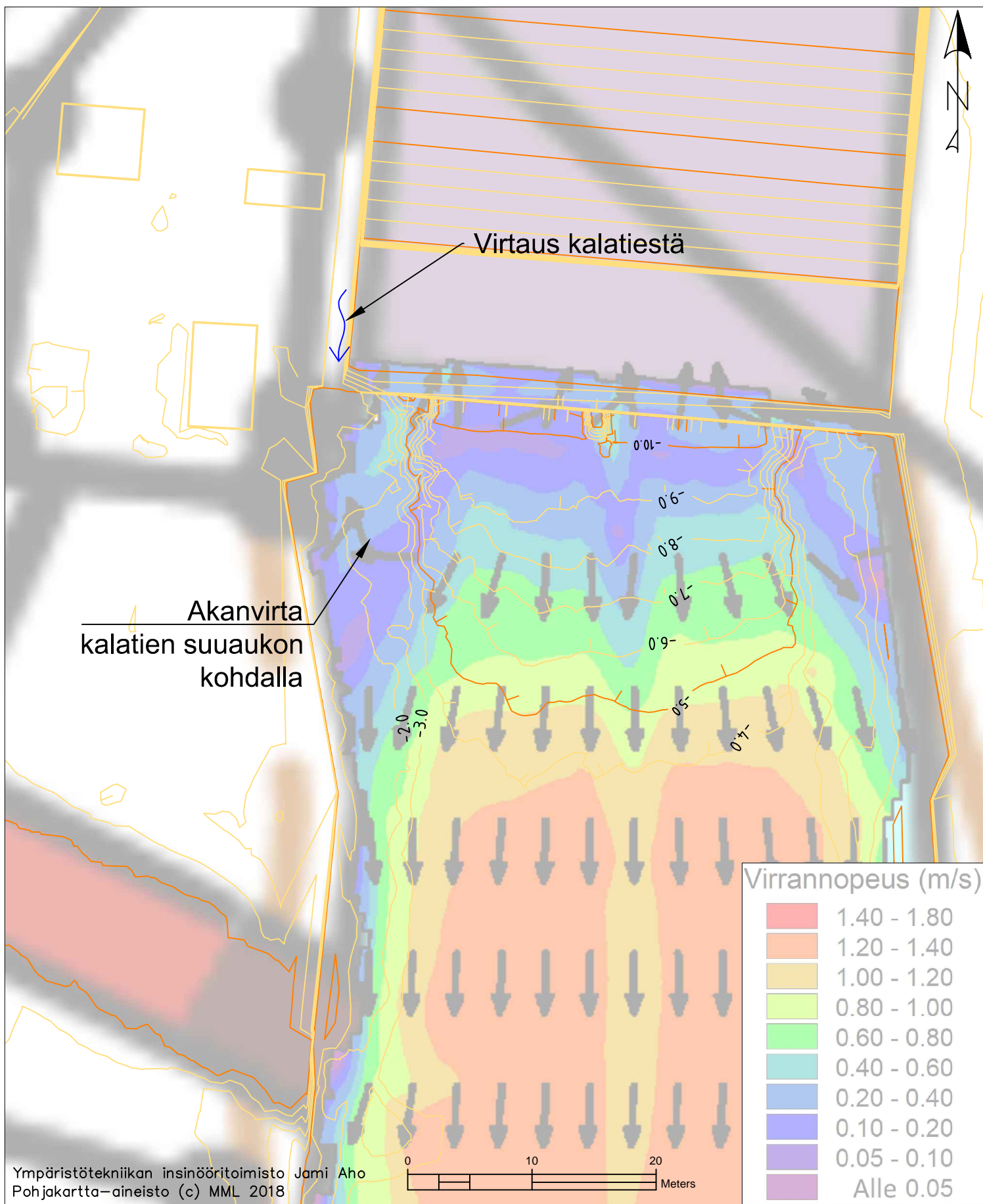


Pysyvyyskäyrät. Ahvenkoski sekä Ahvenkosken ja Ediskosken yhteenlaskettu virtaama vähennettynä Ediskosken rakennevirtaamalla.

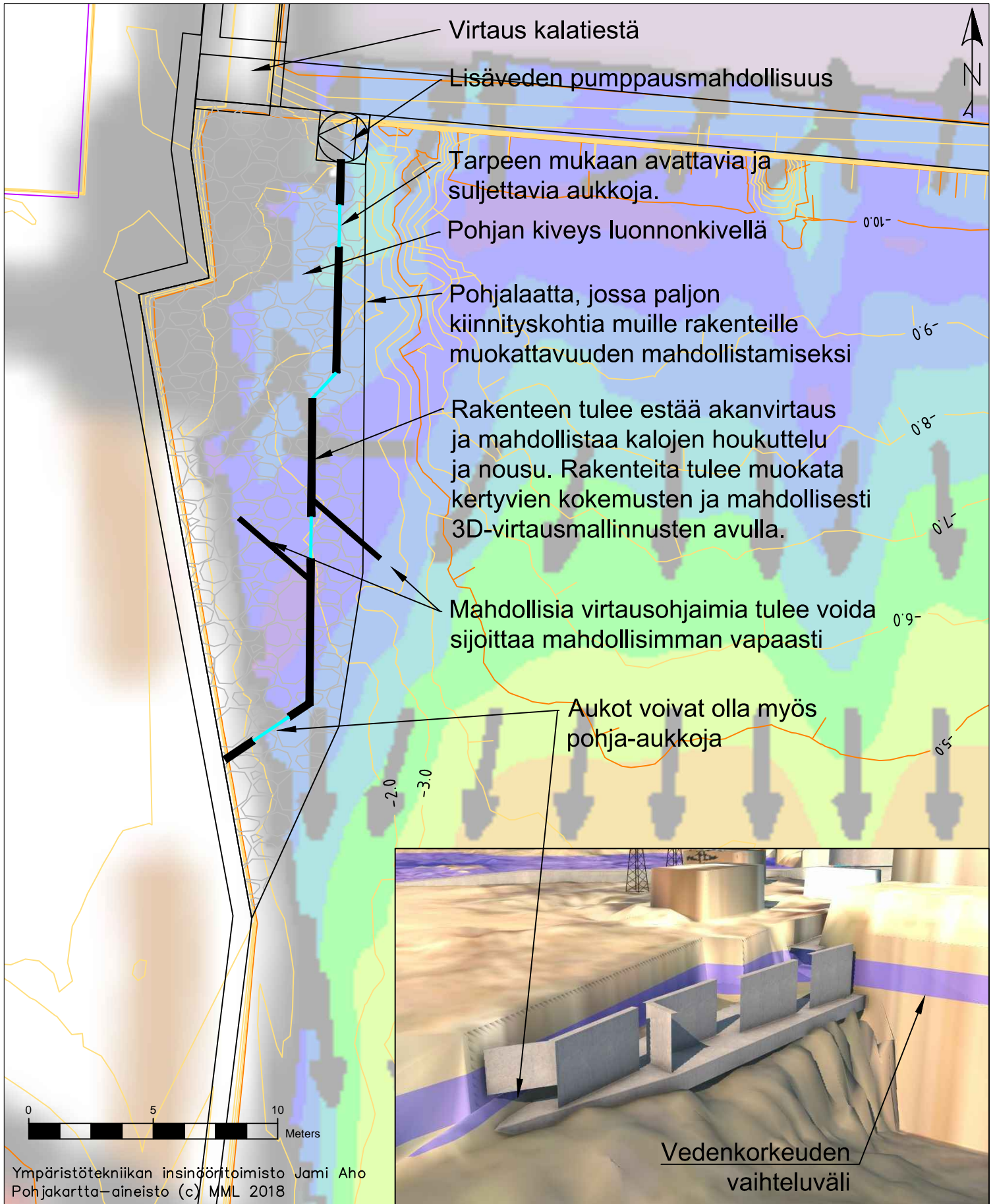


Liite 2

Ahvenkosken alakanavan virtauskuva ja hahmotelma sisäntulorakenteesta



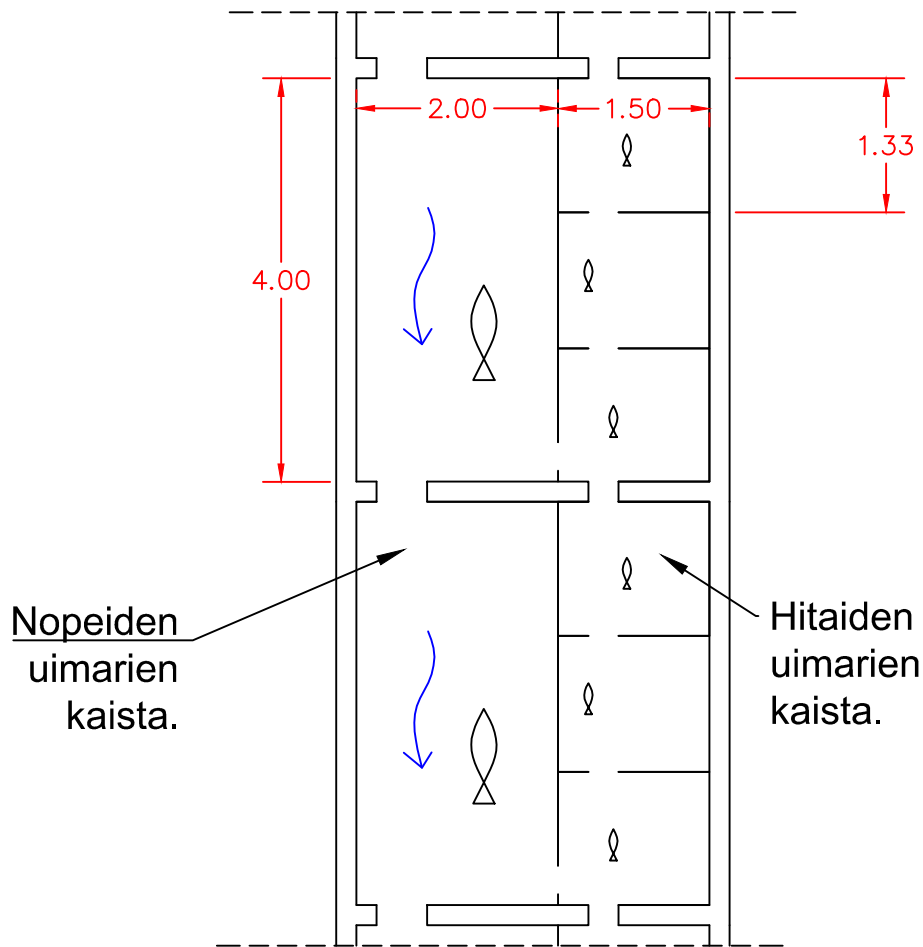
Ahvenkosken kalatien sisäänvalo alakanavassa, kaikki vaihtoehdot
Nykyinen virtauskuvio (Luonnonvarakeskus)



Ahvenkosken kalatien sisäänvalo alakanavassa, kaikki vaihtoehdot
Periaatepiirustus rakenteesta

Liite 3

Ahvenkoski: Tekninen spiraali, suunnitelmat

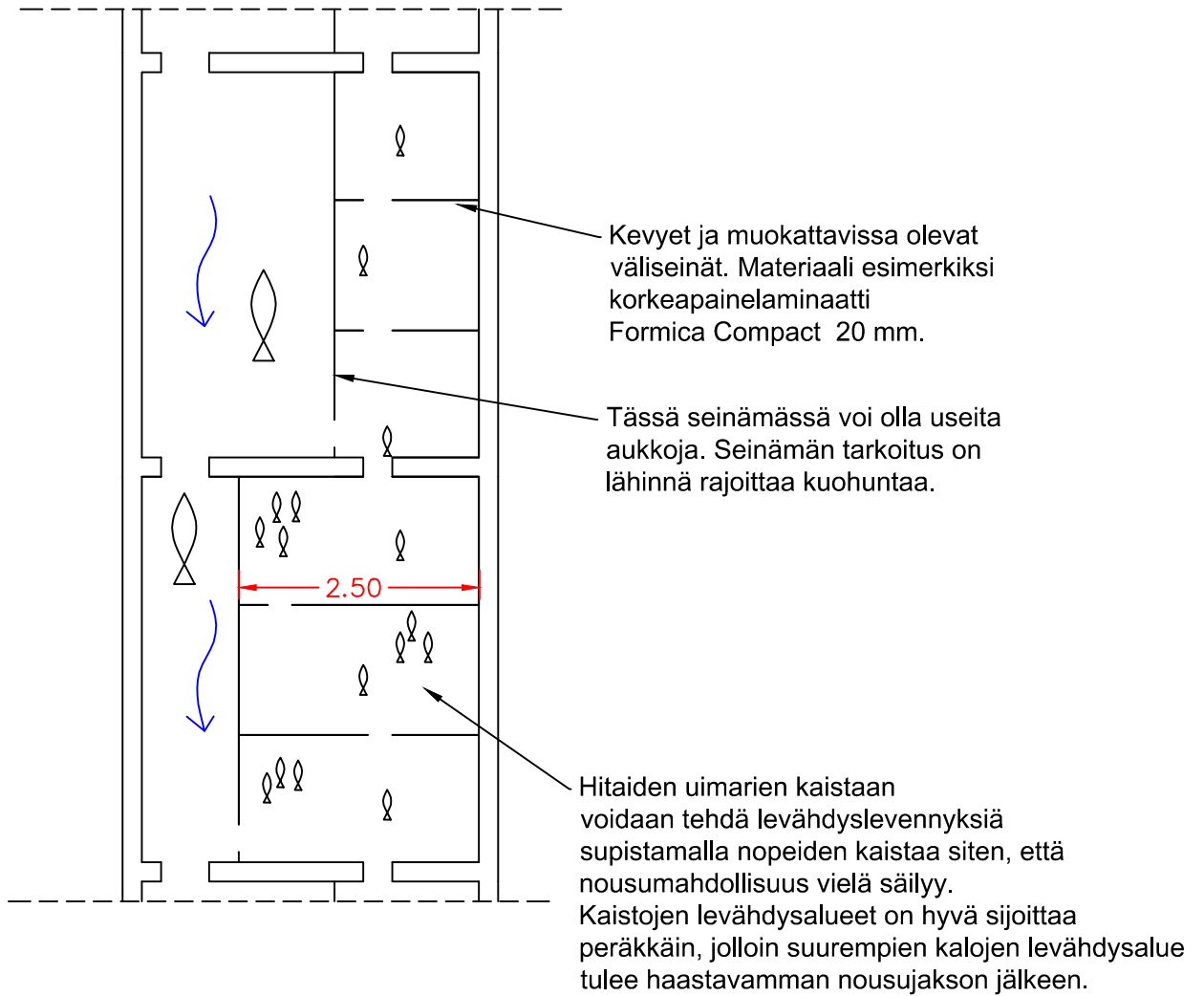


Allasporras -tyyppisessä kalatiessä olisivat rinnakkain väylät paremmille uimareille (lohi, taimen) sekä heikommille uimareille (siika, nahkiainen, särkikalat, ym.)

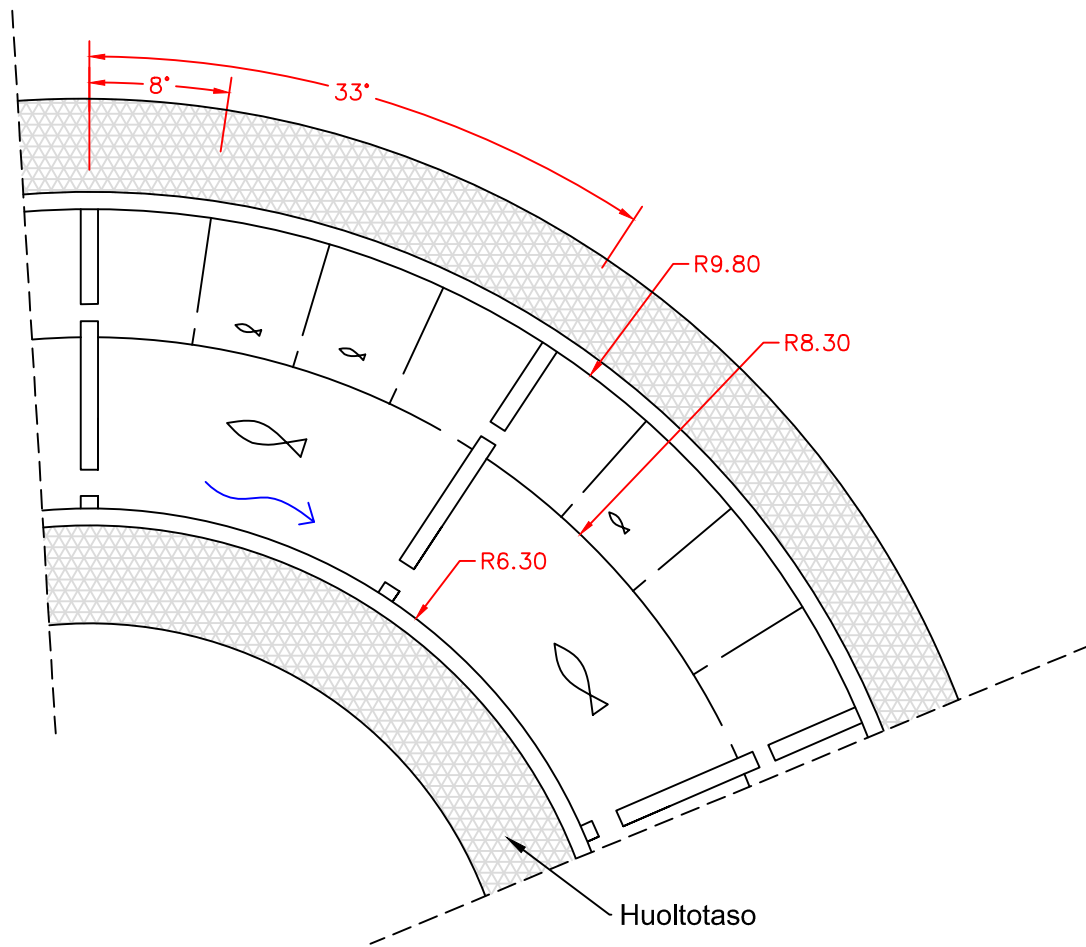
Lohelle ja taimenelle kynnyksiä olisi noin 48 - 54 kpl (nousupituus 195 m, kynnyks 20-25 cm, virtaama 550-700 l/s, virtausnopeus maksimi 2,0-2,2 m/s ja virtausteho 125-170 W/m³).

Muilla kynnyksiä olisi noin 150 kpl (nousupituus 235 m, kynnyks 7 cm, virtaama 180-300 l/s, virtausnopeus maksimi 1,25 m/s ja virtausteho 50 W/m³).

Jatkosuunnittelussa 2-kaistaisen rakenteen virtausolosuhteet on tarpeen tarkistaa ja optimoida 2D- tai mieluummin 3D-virtausmallilla ja/tai pilottiluokan fyysisellä mallilla.



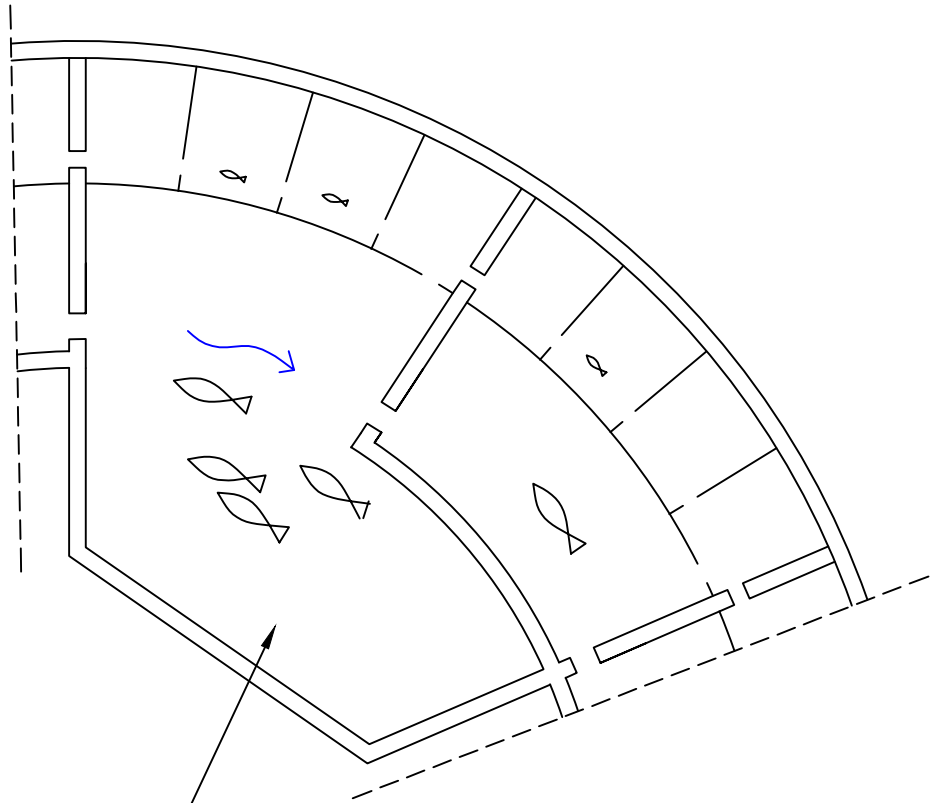
Lohelle tai taimenelle levähdysalueita tulisi olla 3-4 kpl ja muille 3-6 kpl.



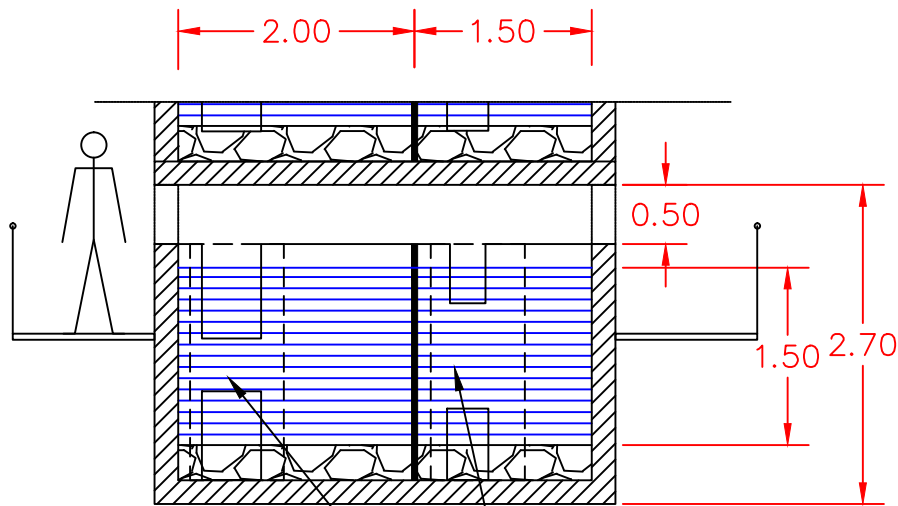
+

Spiraalimaisen ja 2-kaistaisen kalatien rakenneperiaate.

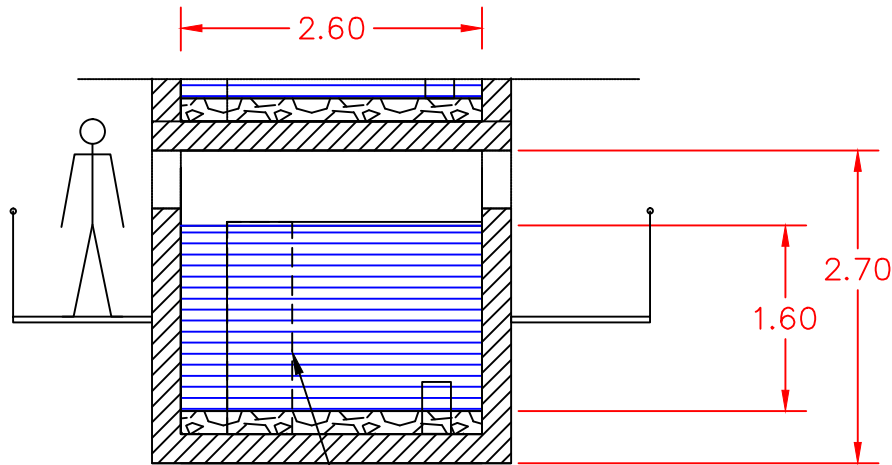
Jatkosuunnittelussa rakenteen virtausolosuhteet on tarpeen tarkistaa ja optimoida 2D- tai mieluummin 3D-virtausmallilla ja/tai pilottiluokan fyysisellä mallilla.



Isompien kalojen levähdysalue
spiraalin sisäpuolella.



Aukot voidaan tehdä ylileveiksi ja muotoilla varsinainen virtausaukko esimerkiksi 20 mm korkeapainelaminaatista, jolloin rakenteen säätäminen jälkikäteen on helppoa. Aukosta voidaan tehdä myös helposti avattava, jolloin aukkoa voi käyttää huolto-ovena. Pohja-aukon sijaintia voidaan muuttaa.

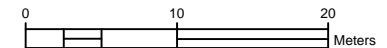
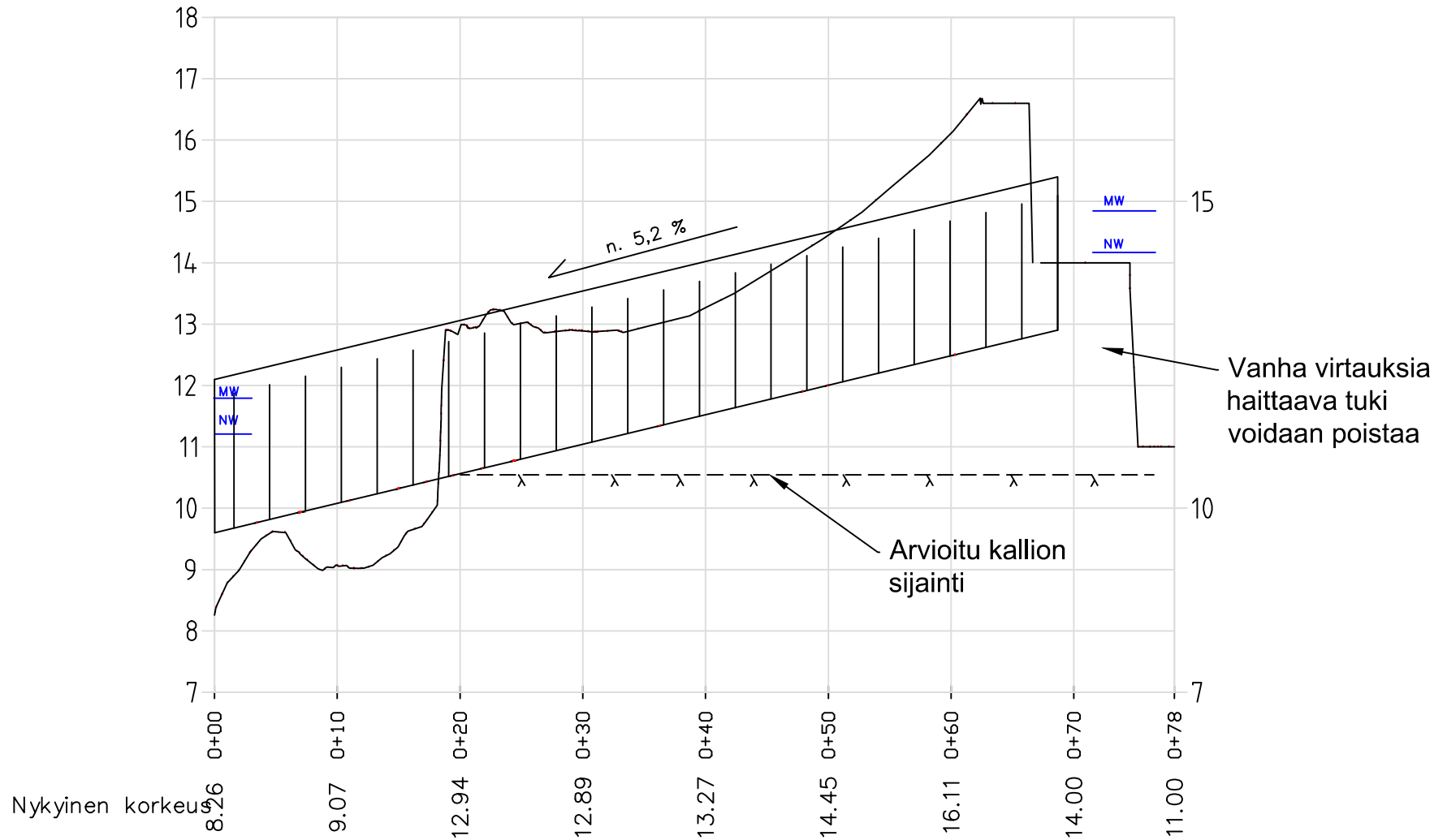
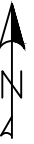


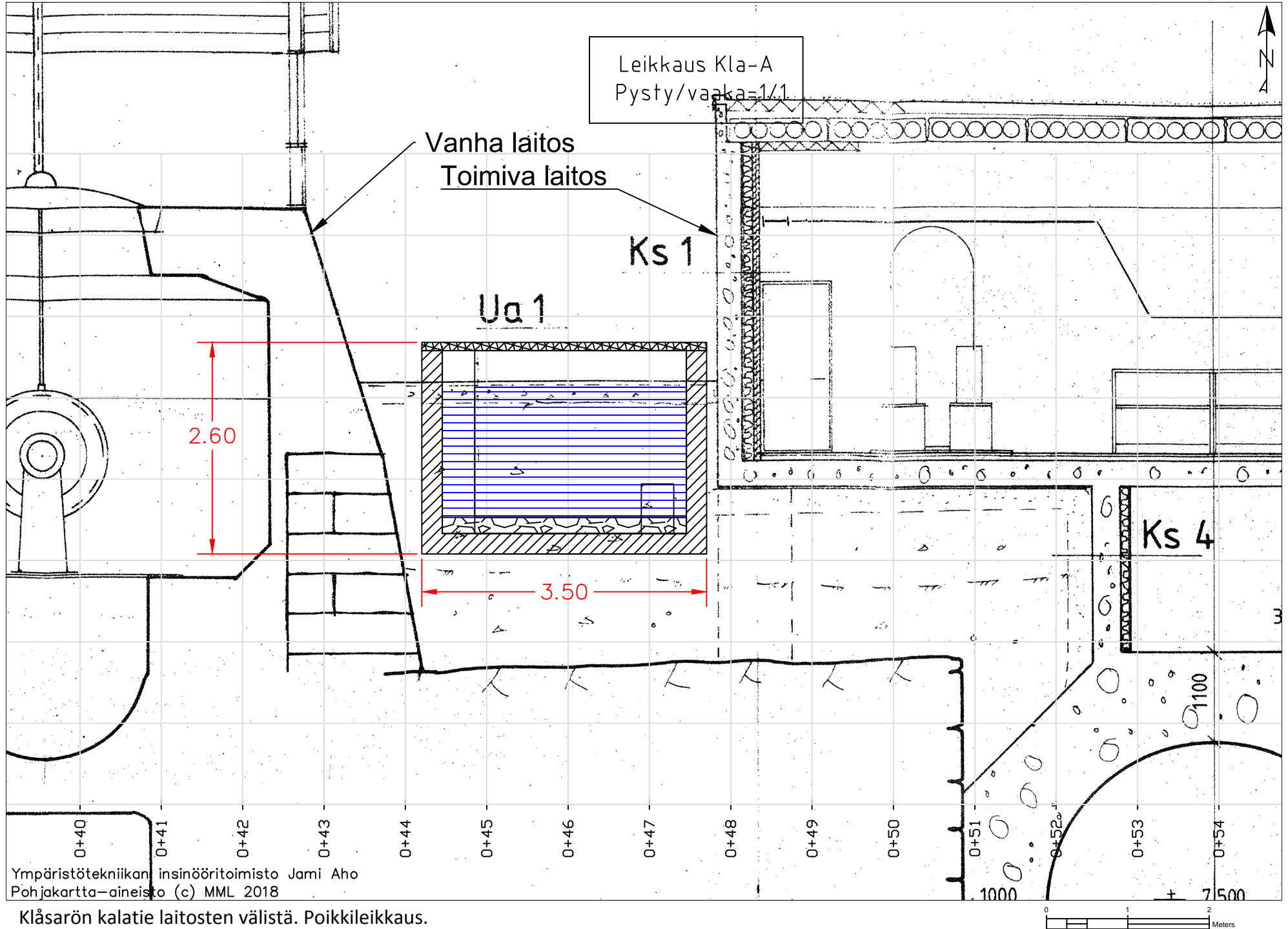
Aukot voidaan tehdä ylileveiksi ja muotoilla varsinainen virtausaukko esimerkiksi 40 mm korkeapainelaminaatista, jolloin rakenteen säätäminen jälkikäteen on helppoa. Aukosta voidaan tehdä myös helposti avettava, jolloin aukkoa voi käyttää huolto-ovena. Pohja-aukon sijaintia voidaan muuttaa.

Liite 4

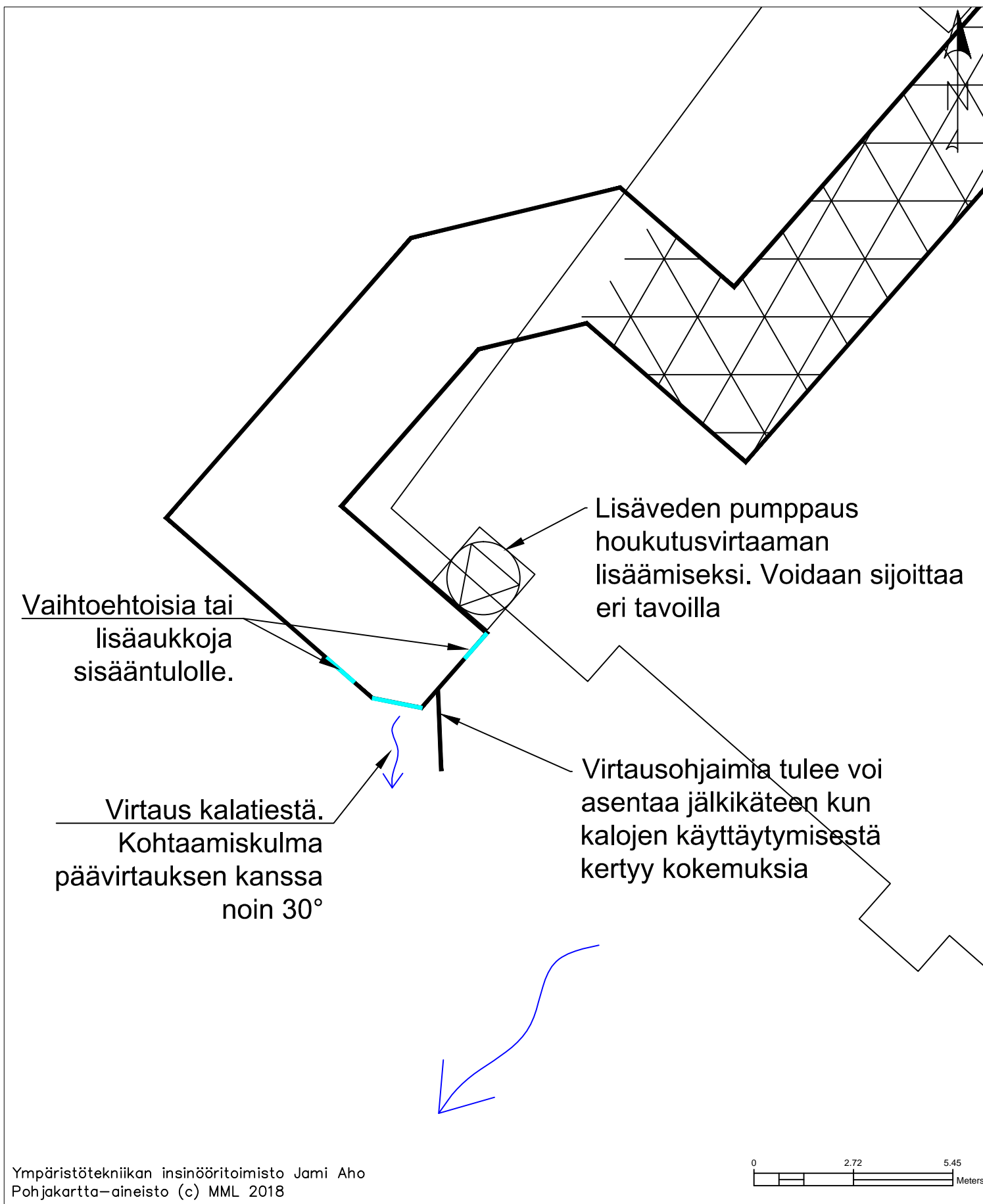
Klåsarö: Tekninen laitosten välistä, suunnitelmat

Leikkaus Väli
Pysty/vaaka=1/5





Kläsarön kalatie laitosten välistä. Poikkileikkaus.

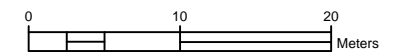
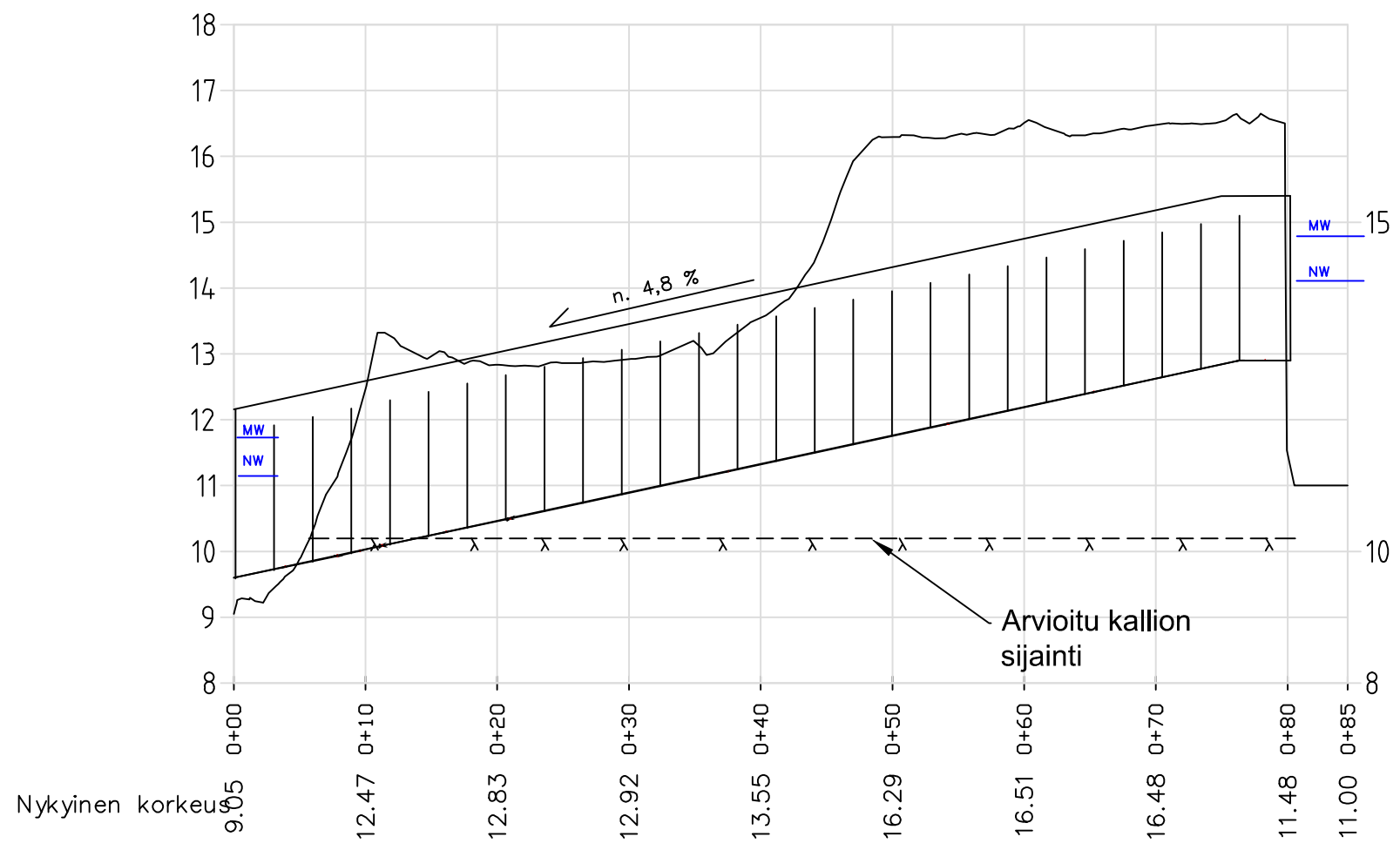


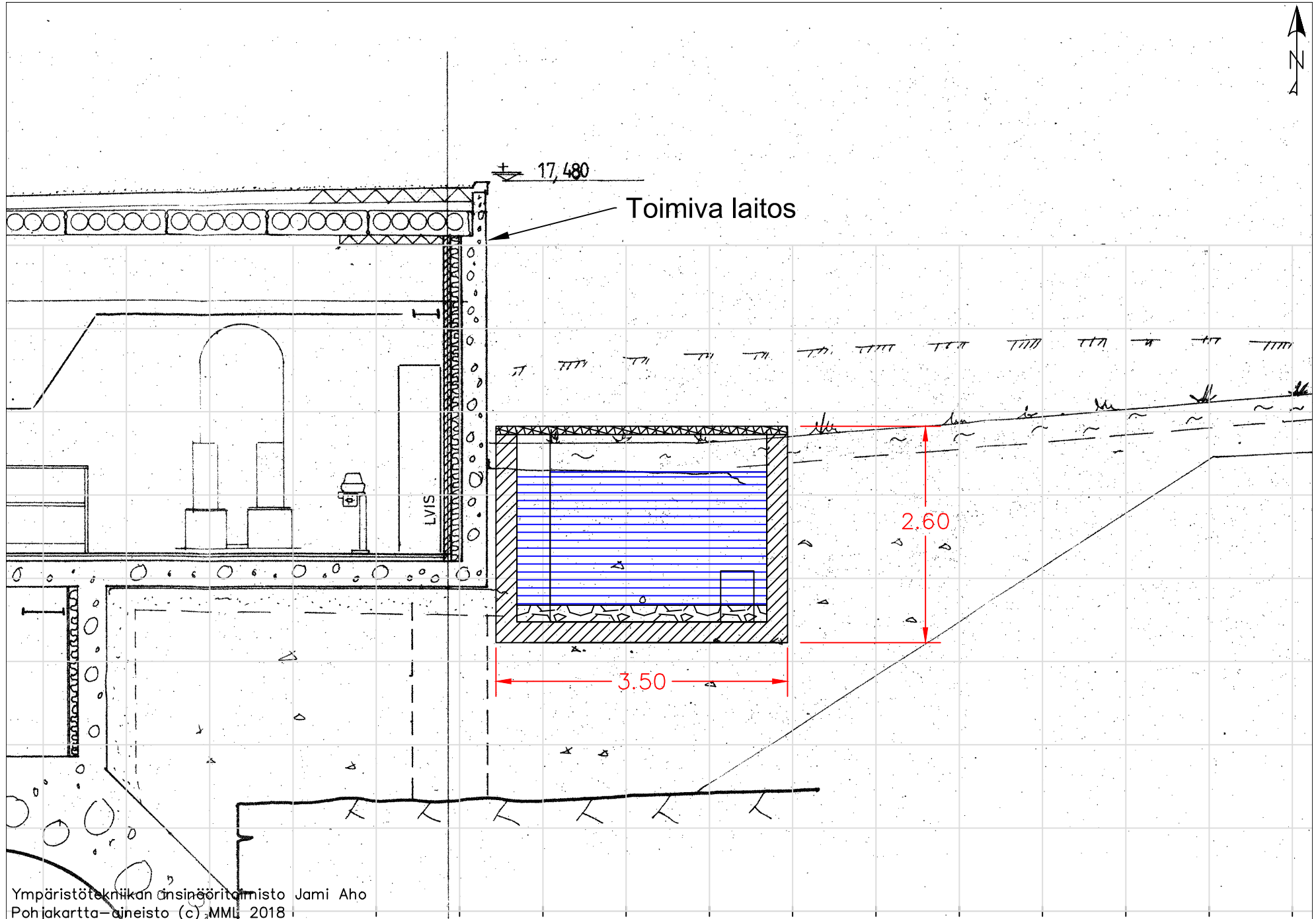
Liite 5

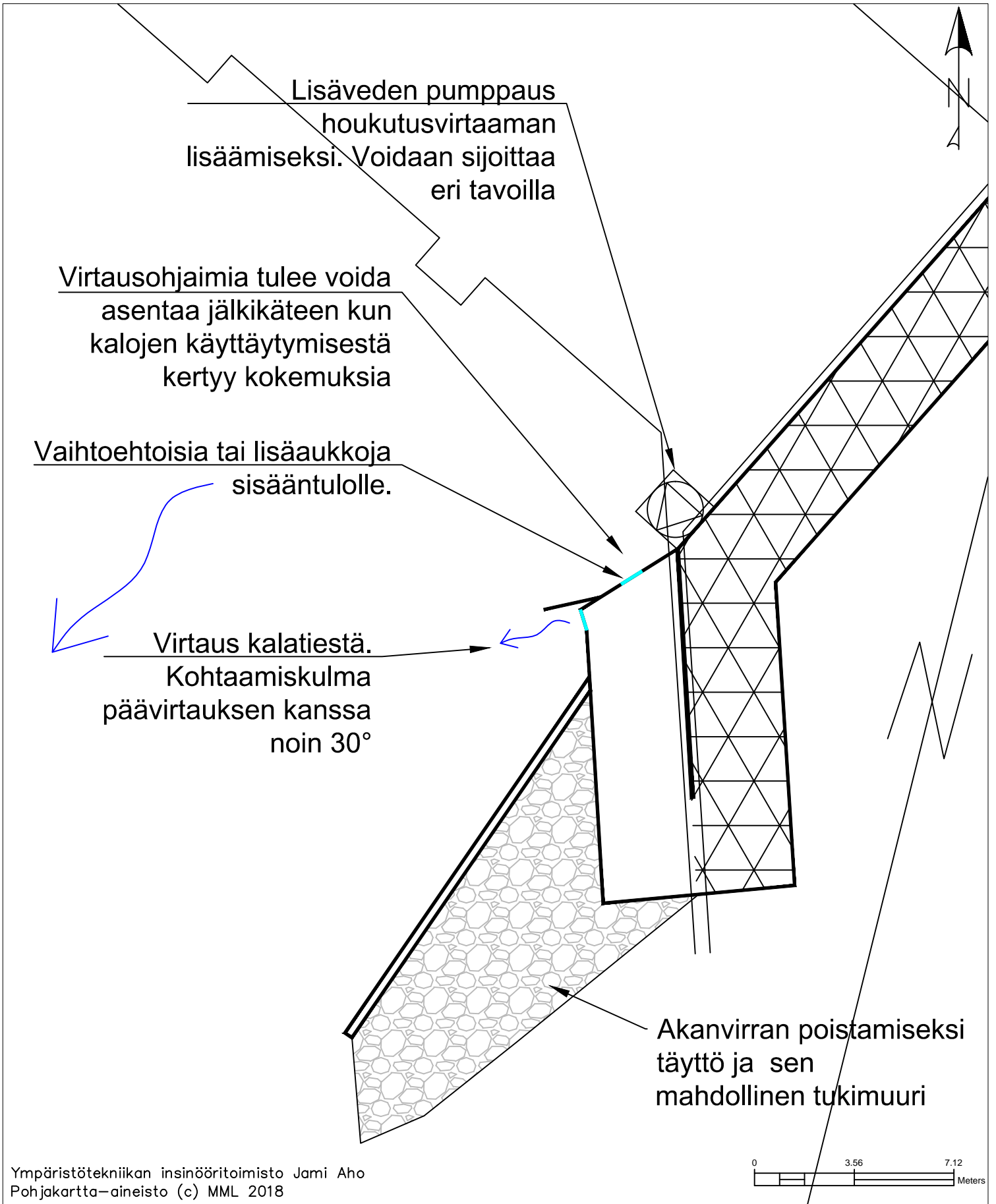
Klåsarö: Tekninen itärannalta, suunnitelmat



Leikkaus Itä
Pysty/vaaka=1/5







Liite 6

Yleistä tietoa kalatietyypeistä

Infoliite kalatietyypeistä

Teksti mukailtu teoksesta: Kalateiden suunnittelu- ja mitoitusohjeet. Ympäristöopas 62. Suomen ympäristökeskus 1999.

Luonnonmukainen kalatie

Luonnonmukainen kalatie jäljittelee nimensä mukaisesti luonnollista, suhteellisen nopeasti virtaavaa puroa tai koskea. Luonnonmukaisessa kalatiessä on loiva pituuskaltevuus, enintään noin 1:15 (7 %) ja loivimmillaan alle 1/100 (1 %). Kalatiessä voi olla myös suvantoja, kivikynnyksiä ja kalojen lisääntymisalueita. Rakenteiden päällimmäisenä kiviaineksena ovat luonnonkiviainekset. Luonnonmukaisessa kalatiessä voidaan käyttää myös teknisiä rakenteita ja materiaaleja esimerkiksi tukirakenteina tai virtaamansäätörakenteina. Luonnonmukainen kalatie tarjoaa nouseville kaloille erilaisia virtausolosuhteita, joihin voidaan vaikuttaa kalatien mitoituksella ja kivien sijoittelulla. Kalatie voidaan mitoittaa laskentakaavojen tai virtaamamallinnuksen avulla. Luonnonmukainen kalatie voidaan mitoittaa hyvin erilaisille virtaamille ja samaan kalatiehen voidaan myös johtaa vaihtelevia virtaamia. Luonnonmukaiset kalatiet toimivat yleensä hyvin kaiken tyyppisille kaloille. Luonnonmukainen kalatie on esimerkiksi Hirvensalmen Kissakoskella.



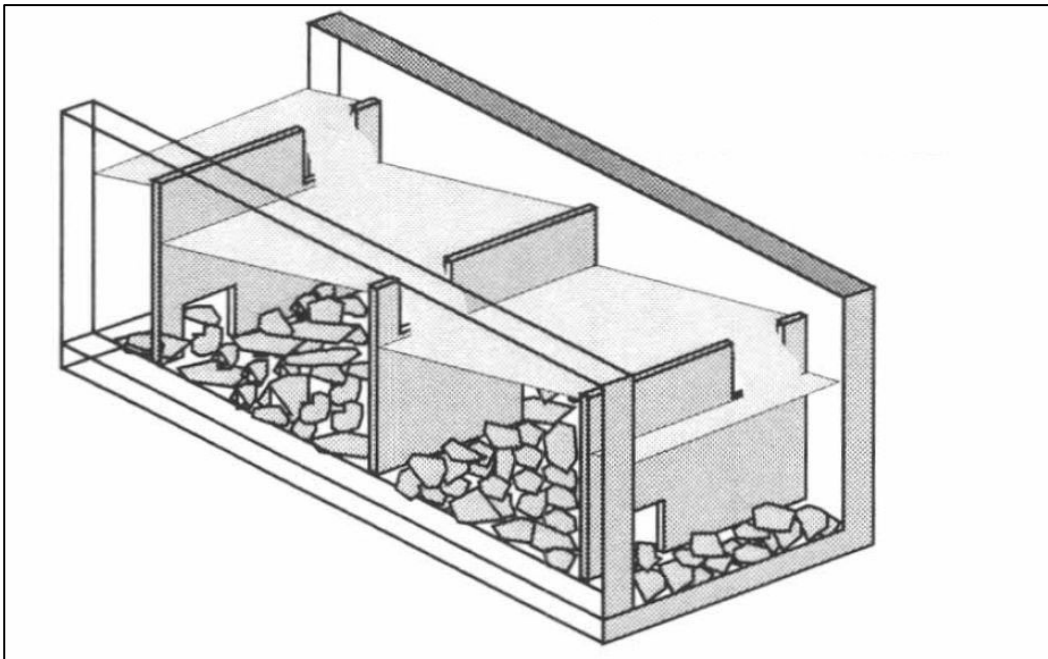
Kuva 1. Kiskosken luonnonmukainen kalatie. Kuva Jukka Jormola.

Tekniset kalatiet

Teknisissä kalateissa käytetään rakenteita, joiden virtausolosuhteet pystytään melko tarkasti laskemaan ja hallitsemaan. Tekniset kalatiet soveltuvat erityisesti kohteisiin, joissa korkeusero tai tila rajoittaa muiden ratkaisujen käyttöä. Myös teknisiin kalateihin voidaan tehdä luonnonmukaisia osuuksia tai sijoittaa niihin luonnonmukaisia elementtejä kuten pohjakiveyksiä.

Allasporras

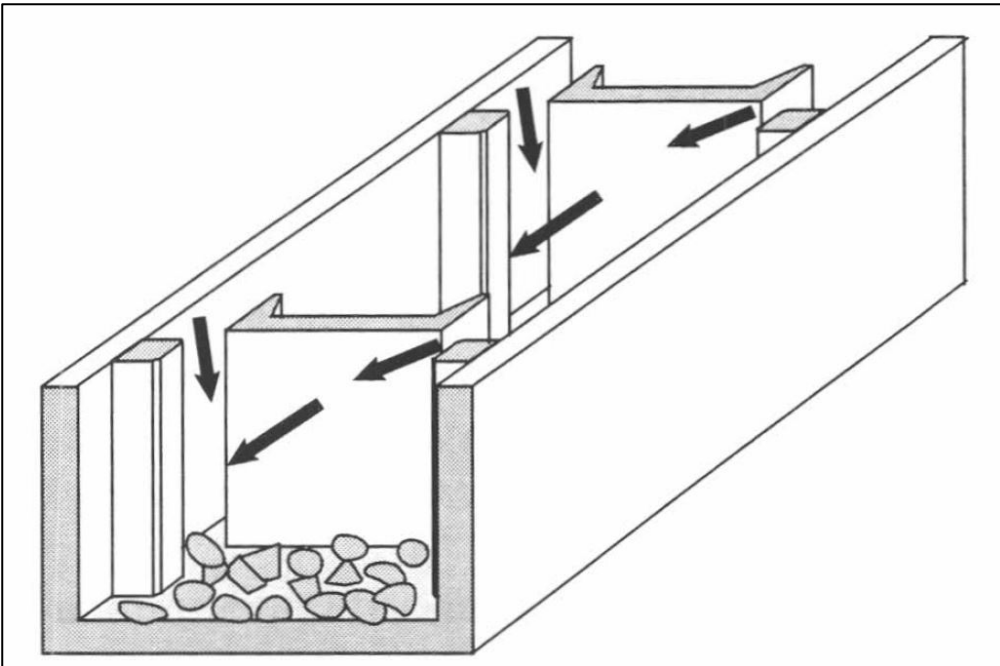
Allasportaan periaatteena on, että nousuväylä jaetaan väliseinillä peräkkäisiksi, porrasmaisesti toisiinsa liittyviksi altaiksi, joihin vesi johdetaan pääasiassa väliseinissä olevien pinta- ja pohja-aukkojen kautta. Erilaisia väliseinien sijoitus- ja muotoiluratkaisuja on useita. Kalat nousevat altaasta toiseen väliseinässä olevan pohja-aukon taikka yläreunan tehdyn pinta-aukon kautta. Kalan on voitettava suuri vedennopeus vain kulkiessaan väliseinän läpi, kun taas altaissa virtausnopeudet ovat pienet ja kaloilla on mahdollisuus levähtää. Altaiden välinen vedenpintojen korkeusero saa olla enintään 20 cm, jotta virtausnopeus aukossa ei nouse liian suureksi. Luonnonkiviaineksella peitetty pohja mahdollistaa suojaisen, hitaan pohjavirtauksen ja edelleen pohjaeläimistön ja heikompien kalalajien kulun kalatiestä. Altaiden koolla, pinta- ja pohja-aukkojen koolla, juoksutettavalla vesimäärällä, ja pituuskaltevuutta säätämällä rakennetta voidaan optimoida eri kokoisille kaloille ja kalalajeille. Pohja-aukoilla varustettu allaskalatiet toimii yleensä hyvin kaiken tyyppisille kaloille.



Kuva 2. Allasportaan periaatekuva (Ympäristöopas 62).

Pystyrako

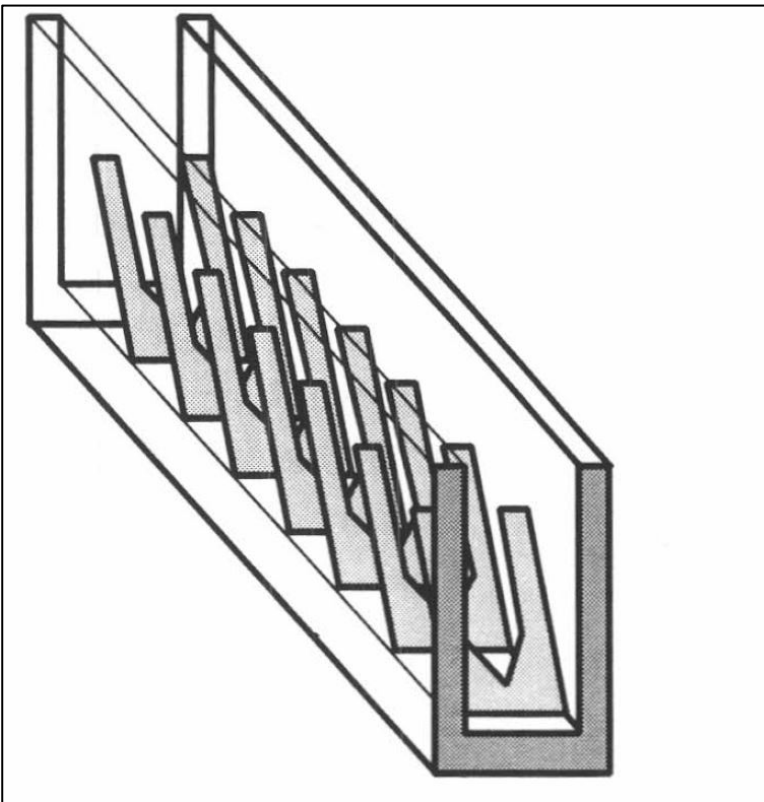
Pystyrakokalatien väliseinissä on pinta- ja pohja-aukkojen sijasta koko seinän korkuiset raot. Rakoja voi olla yksi tai kaksi riippuen halutusta mitoituksesta ja juoksettavasta vesimäärästä. Lisäksi voidaan tehdä pohja-aukkoja. Väliseinien muodon on oltava sellainen, ettei altaisiin synny suoraa oikovirtausta raosta toiseen, vaan että mutkitteleva päävirtaus käyttää suuren osan altaan tilavuutta energian kuluttamiseen ilman liikaa pyörteisyyttä. Pystyrakojen muotoilu ja mitoitusta on mallinnettu ja testattu runsaasti. Tutkimusten perusteella on määritetty varsin tarkat rakennemitat, joilla saavutetaan halutut virtausolosuhteet. Pituuskaltevuudeltaan kohtuulliseksi rakennettu (6 %) pystyrakokalatie soveltuu yleensä hyvin useimmille kalalajeille. Pystyrako on tällä hetkellä käytetyin tekninen kalatietyyppi. Pystyrakokalatie on esimerkiksi Kymijoen Koivukosken voimalaitoksella ja säännöstelypadolla.



Kuva 3. Pystyrakokalatien periaatekuva, kaksirakoinen versio (Ympäristöopas 62).

Denil

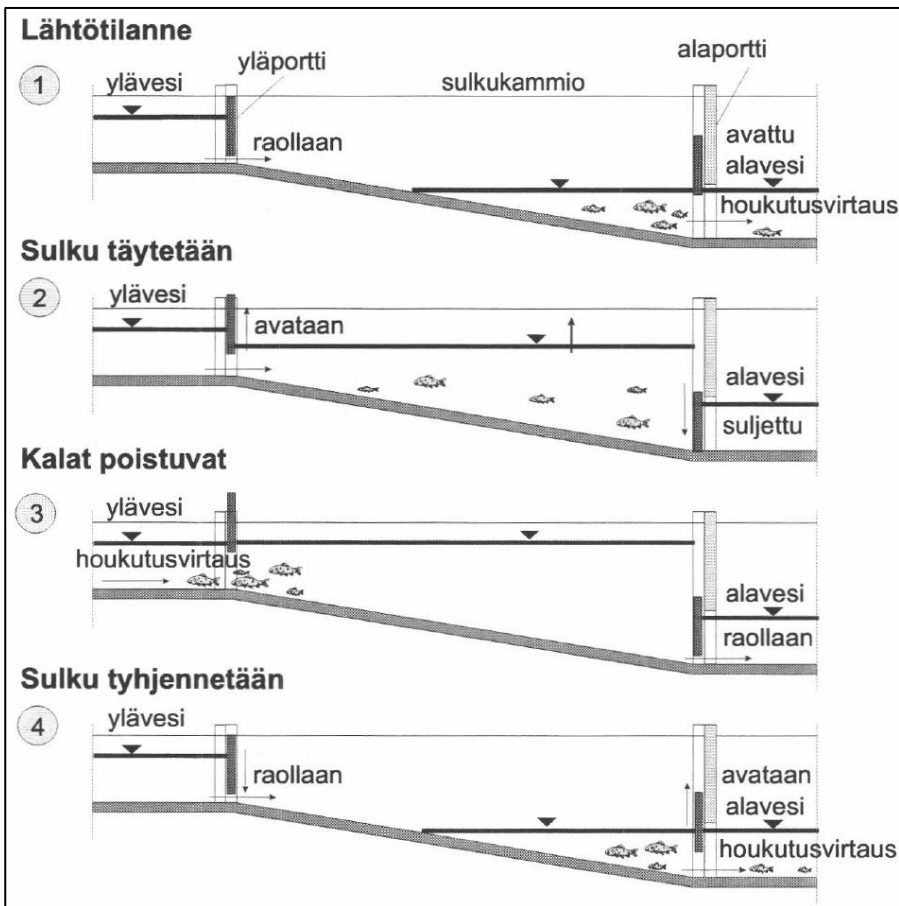
Denil-kalatien kehitti belgialainen insinööri G. Denil 1900-luvun alussa. Kalatien muodostavat yksi tai useampi suora, pituudeltaan 6–12 metriä kouru sekä tarvittaessa kourujen väliset levähdysaltaat. Kouruun on asetettu tasaisin, suhteellisen lyhyin välein virtaussuuntaa vastaan kallistettuja lamelleja (kuva 4). Lamellien väliin muodostuvat pyörteet aiheuttavat suuren tehohäviön ja niiden keskinäisen vaikutuksen vuoksi on lamelleissa olevan leikkauksen alaosassa varsin pieni virtausnopeus. Denil-kalatien kouru on mitoiltaan pieni ja se voidaan rakentaa kuivilla ja siirtää kokonaisuutena paikalleen. Se on käyttökelpoinen tyyppi varsinkin silloin, kun olemassa olevaan patoon tehdään jälkeinpäin kalatie, tai kun se on rakennettava hyvin ahtaaseen paikkaan. Kalatien pituuskaltevuus on kalalajista riippuen tavallisesti välillä $1 = 1:5$ (20 %) ja $1:10$ (10%). Denil-kalatieta käytetään yleensä vain silloin, kun esimerkiksi tilan puutteen vuoksi ei voida tehdä muita rakenteita. Denil-kalatie soveltuvat yleensä kohtuullisen hyvin uintikyvyltään vahvoille kaloille kuten esimerkiksi lohikaloille. Esimerkiksi Kemijoen Isohaaran vanhemmassa kalatiessä on Denil-tyyppisiä osuuksia.



Kuva 4. Denil-tyyppisen kalatien periaatekuva (Ympäristöopas 62).

Kalasulku

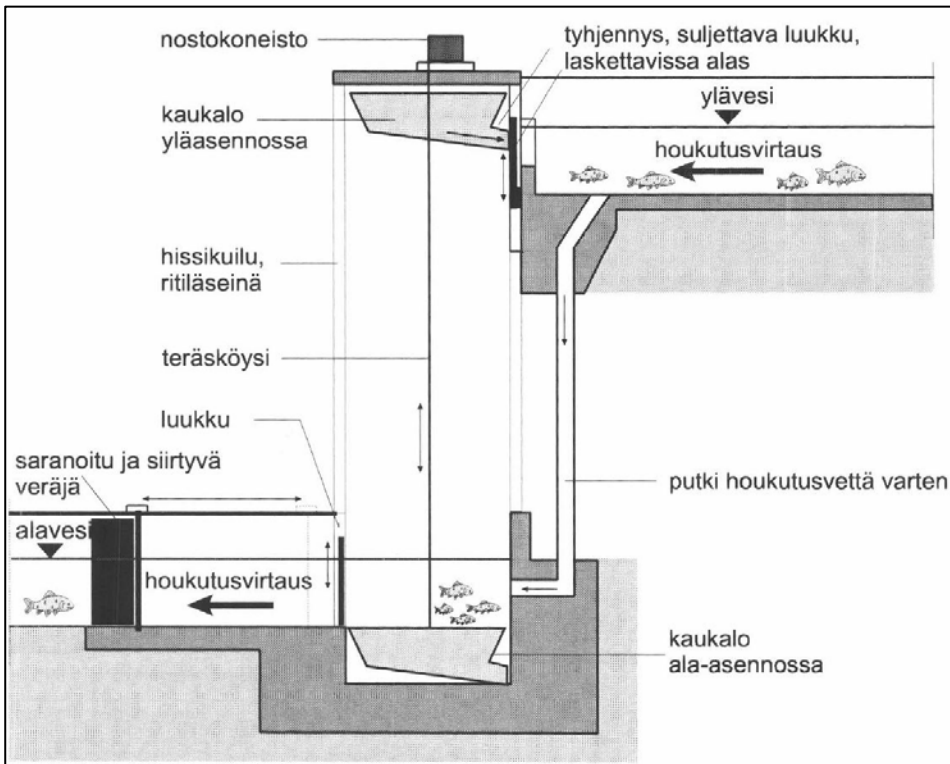
Kalasulku eli Borland-kalatie toimii sulutusperiaatteella samoin kuin venesulut. Kalasulku muodostuu kahdesta altaasta ja niitä yhdistävästä nousuputkesta tai -kammioista. Kalat houkutellaan alimpaan altaaseen joko suoraan tai erillisen kalatien kautta. Suuaukko suljetaan tietyin väliajoin, tai kun kaloja on kertynyt riittävästi. Tällöin painekammio ja nousuputki alkavat täyttyä vedellä. Kalat nousevat veden mukana yläaltaaseen ja joko suoraan tai erityyppisen kalatien kautta edelleen yläpuoliseen vesistöön. Kalasulku vaatii toimiakseen jatkuvan houkutusvirtaaman, jolla kalat houkutellaan ala-altaaseen. Kalasulku on käytössä esimerkiksi Kuusinkijoen Myllykosken voimalaitoksella.



Kuva 5. Kalasulun toimintaperiaate (Ympäristöopas 62).

Kalahissi

Kalahissi toimii nimensä mukaisesti hissien periaatteella. Alaosassa kalat houkutellaan hissien koriin, jonka luukku suljetaan. Kori nostetaan ylös yläpuolisen vedenpinnan tasoon ja kalat vapautetaan. Hissi tarvitsee vettä lähinnä kalojen houkutteluun, jolloin käytettävät vesimäärät ovat pienehköt. Kalahissin etuna on erityisesti sen vaatima pieni tilatarve. Suomessa on ollut kalahissi mm. Kymijoen Ahvenkosken voimalaitoksen yhteydessä.



Kuva 6. Kalahissin periaatekuva (Ympäristöopas 62).

Liite 7

Kalatien jatke Ahvenkosken tulvauomassa

Selvitys kalankulkuvaihtoehdoista Ahvenkosken ja Klåsarön voimalaitosten ohi

Liite 7. Kalatien jatke

