

Iijoen vaelluskalakärkihanke
Esiselvitys smolttien ohjausrakenteesta Iijoen Haapakoskella
29.12.2017 Oulu



Kuva 1. Haapakosken voimalaitos (kuva: PVO-Vesivoima Oy)

Sisällysluettelo

Sisällysluettelo	2
1. Lähtökohdat ja suunnittelukohde	3
2. Ohjausrakenteiden vaihtoehdot	4
2.1 Rakenteelliset ohjausmenetelmät	5
2.2 Käyttäytymiseen perustuvat ohjausmenetelmät	6
3. Ohjausrakenteen valinta ja hankinta	13
3.1 Valmiit kaupalliset ratkaisut	14
3.2 Ohjausrakenteiden teettäminen kotimaisilla toimijoilla	15
4. Kelluvan ohjausrakenteen suunnittelua määräävät tekijät	15
4.1 Vuotuinen käyttöaika	15
4.2 Virtausolosuhteet	16
4.3 Roskaantuminen	16
4.4 Jääolosuhteet	17
4.5 Lupakäytännöt	17
4.6 Käyttöikä	17
4.7 Kustannukset	17
5. Kelluvan ohjausrakenteen vaihtoehtoiset linjaukset	17
6. Kelluvan ohjausrakenteen asentaminen, poistaminen ja säilytys	19
7. Kelluvan ohjausrakenteen alustava kustannusarvio	21
8. Alustava suunnitelma alaslaskeutumISRakenteesta ja smolttien keräilylaitteesta	21
Lähdeluettelo	22

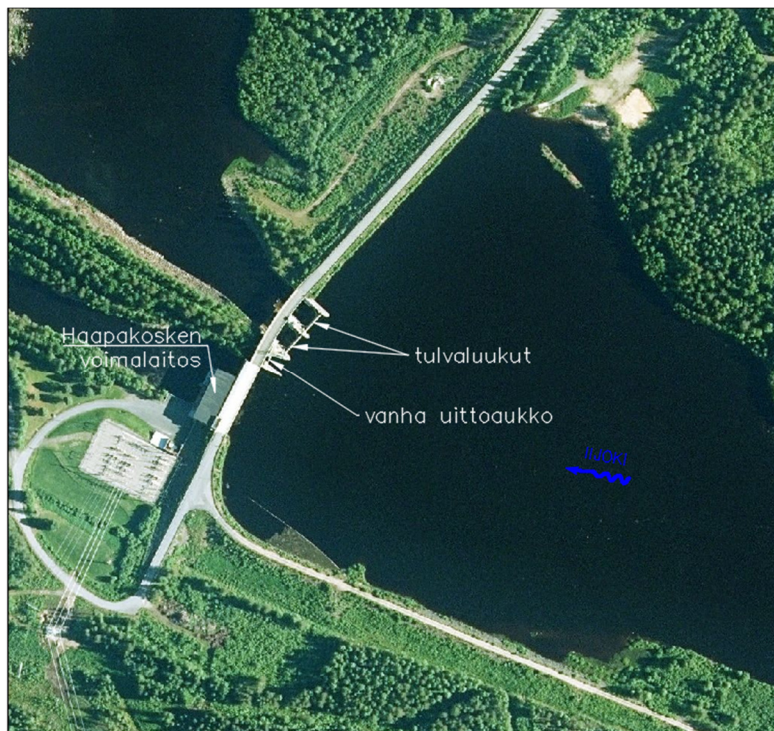
1. Lähtökohdat ja suunnittelukohde

Iijoen ylimmälle voimalaitokselle, Haapakoskelle, on suunniteltu rakennettavaksi smolttien ohjausrakenne. Vastaavaa rakennetta ei ole Suomessa aiemmin kokeiltu. Voimalaitoksista aiheutuva kuolleisuus aiheuttaa ongelmia erityisesti, mikäli vaellus kohdistuu usean padon ohi. Smolttien matala uintisyvyys voi lisäksi vaikeuttaa padon ohitusta tapauksissa joissa virtaamat ovat pienet ja turbiinien ottoaukot syvässä vedessä. Muun muassa Saksassa, Ruotsissa ja Yhdysvalloissa on toteutettu monenlaisia teknisiä alasvaellusrakenteita erikokoisissa joissa.

Maveplan Oy on saanut toimeksiannon (osana Iijoen vaelluskalakärkihanketta) esiselvityksen laatimiseksi koskien smolttien ohjausrakenteen suunnittelua Iijoen Haapakosken voimalaitokselle. Selvitykseen ovat lisäksi osallistuneet Ponvia Oy:stä Kari Kuusela sekä Juha Valkola. Haapakosken ohjausrakenne on pilottihanke, josta saatuja kokemuksia ja hyväksi havaittuja toimintatapoja tullaan käyttämään tulevaisuudessa myös muiden vesivoimalaitosten alasvaellusratkaisuissa. Iijoelta saatavat kokemukset ovat hyvin sovellettavissa erityisesti Kemijoelle jokien samankaltaisuuksien takia. Iijoen istutus- ja ylisiirtohankkeet tuottavat alasvaeltavia poikasia, joita voidaan hyödyntää alasvaellustutkimuksissa (POPELY 2017a).

Kesällä 2017 toteutettiin osana Iijoen otva -hanketta Haapakosken yläaltaassa smolttien telemetriaseuranta kalojen liikkeiden ja mahdollisen alasvaellusrakenteen selvittämiseksi. Tutkimuksen tulosten perusteella smolttien alasvaellus ilman ohjausrakenteita onnistui huonosti (POPELY 2017b). Alasvaellustutkimuksia on suunniteltu jatkettavan ohjausrakenteen kanssa, jotta saadaan tietoa rakenteen toimivuudesta puutteista ja parannusmahdollisuuksista.

Tässä esiselvityksessä on keskitytty rakenneratkaisuiden osalta kelluviin ohjausverkkoihin ja -puomeihin, joille löytyy myös valmiita tuotteita valmistavia yrityksiä. Tarkoituksena on ohjata kalat vanhaan uittoaukkoon, josta kalat johdetaan voimalaitoksen alapuolelle tätä varten suunnitellulla kourulla tai putkella riittävän virtaaman avulla. Vaihtoehtoisesti uittoaukkoon sijoitetaan kalojen keruulaite, johon kalat ohjataan ja sen jälkeen siirretään (voimalaitoksen alapuolelle tai) jokisuulle asti.



Kuva 2. Haapakosken voimalaitoksen yläallas, ilmakeku (Maanmittauslaitos 2017)

2. Ohjausrakenteiden vaihtoehdot

Yleisesti kalojen alasvaelluksen ohjausrakenteet voidaan luokitella seuraaviin päätyyppeihin:

- Fyysiset ohjausrakenteet estävät rakenteen ohituksen kokonaan, esimerkiksi turbiinikanavan suulla pääsyn turbiinikammioon.
- Mekaaniset ohjausrakenteet pyrkivät vaikuttamaan kalojen etenemissuuntaan mutta eivät muodosta täydellistä estettä
- Käyttäytymiseen perustuvat ohjausrakenteet pyrkivät vaikuttamaan kalojen liikkumiseen erilaisin ärsykkein

Taulukko 1. Ohjausmenetelmien vertailu

Tyyppi	Rakenne	Käyttö
Rakenteelliset ohjausmenetelmät	välppä	Oikein toteutettuina varmatoimisia mutta kalliita, käyttökelpoisia lähinnä pienissä voimalaitoksissa
	levy	
	rumpuvälppä	
Käyttäytymiseen perustuvat ohjausmenetelmät	säleikkösuuntaaja	Toimivia ja kustannustehokkaita. Useita huomioitavia parametreja. Voidaan rakentaa kelpuvina rakenteina
	ohjausaita	
	verkko	
Ärsykkeisiin perustuvat ohjausrakenteet	Valo ja ääni	soveltuvuus lähinnä pieniin kohteisiin ja tilapäisasennuksiin
	Sähkö	
	Kuplaseinä	

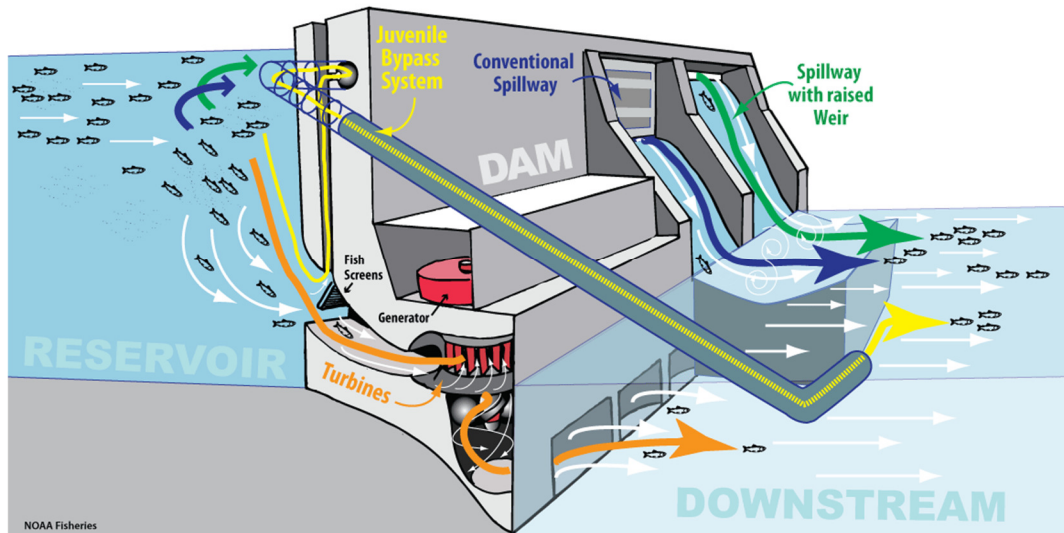
2.1 Rakenteelliset ohjausmenetelmät

Rakenteelliset ohjausmenetelmät ovat pääsääntöisesti erilaisia välppiä ja seiniä (kuva 2 ja 3). Näiden ratkaisuiden etuna on niiden varmatoimisuus ja niistä on paljon dokumentoitua tietoa. Rakoväli valitaan halutusta kalalajista ja kehitysasteesta riippuen. Muun muassa saksalaisissa ratkaisussa on esitetty, että kohtisuora virtauskomponentti välppää vasten ei saisi ylittää arvoa 0,5 m/s. USA:ssa on vastaavasti käytetty arvoa 0,33 m/s (Peters 2017). Käytännössä isoihin voimalaitoksiin ja jälkiasennuksina nämä ratkaisut ovat kalliita. Lisäksi rakenteellisiin ohjausmenetelmiin voidaan lukea täysimittaiset tiheäsilmäiset verkot, joita on käytetty ainakin Yhdysvalloissa. Tämä johtunee siitä, että kaikki laskeutuvat kalat halutaan ohjata muuta kautta kuin Francis-turpiinien kautta,

Ruotsissa kalavälppiä on asennettu vuosien 2007–2012 välillä 7 eri kohteeseen. Ätraforsin voimalaitoksella vaakasuuntainen välpän kuolleisuus on ollut 58 % ja ohjaustehokkuus 28 % kun kohtisuora virtausnopeus välppää vasten on ollut 0,83 m/s. Välpän rakennetta muutettiin mm. pienentämällä kulmaa 63,4 asteesta 35 asteeseen. Muutosten myötä kohtisuora virtausnopeuskomponentti välppää vasten laski arvoon 0,53 m/s, jolloin kuolleisuus katosi täysin ja ohjaustehokkuus kasvoi yli 90 %: in, ja myös välpän padottava vaikutus pienentyi jonkin verran. (Greenberg 2013)



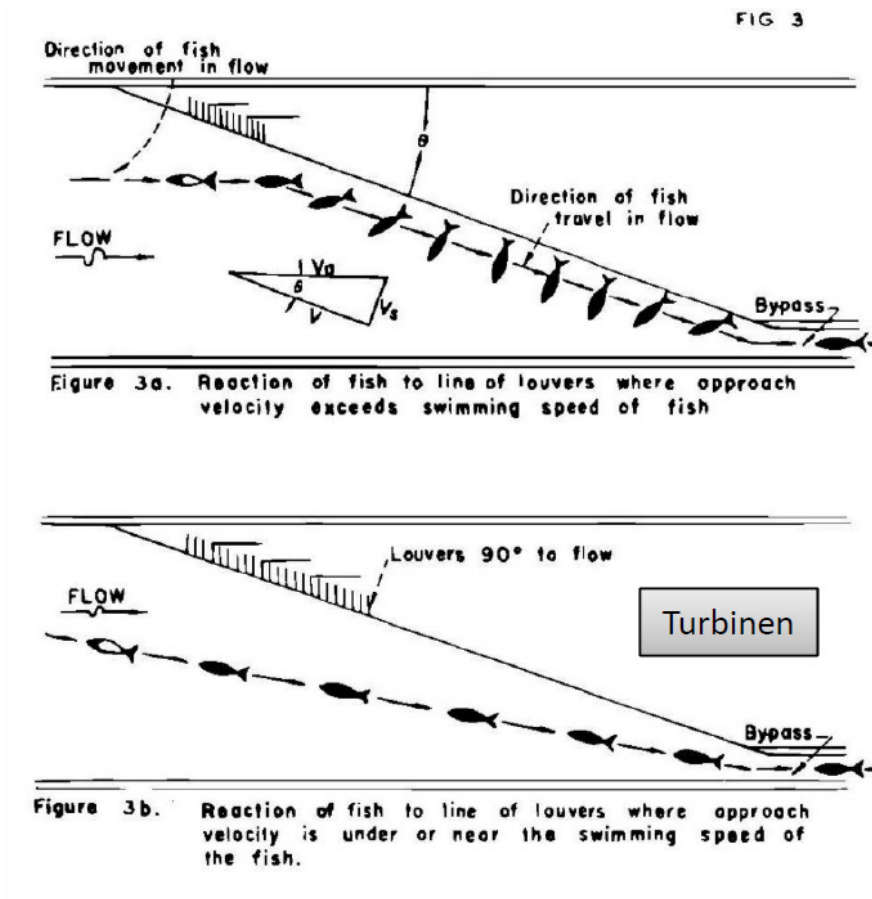
Kuva 3. Roermundin voimalaitos. 10 mm rakovälillä oleva pystysuuntainen välppi smolttien ohjaukseen. Leveys 12,5 m, pituus 7,5 m, kulma suuruus 40 astetta. Virtaama 16 m³/s ja laskennallinen $v_{\max}$ 0,33 m/s.



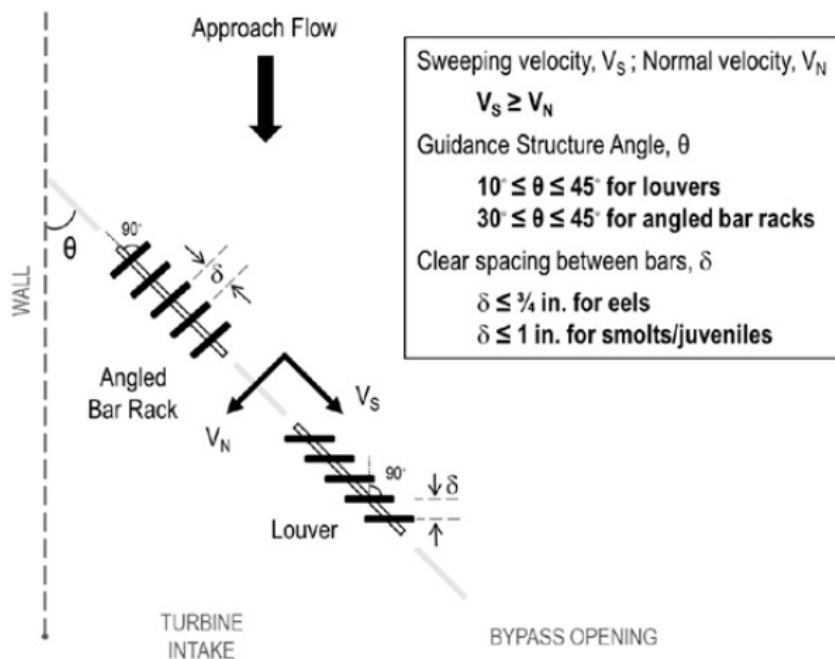
Kuva 4. Tiheä välppä tai levy turbiinikanavan suulla ohjaa smoltit erilliseen ohitusrakenteeseen. (NOAA Fisheries 2017)

2.2 Käyttäytymiseen perustuvat ohjausmenetelmät

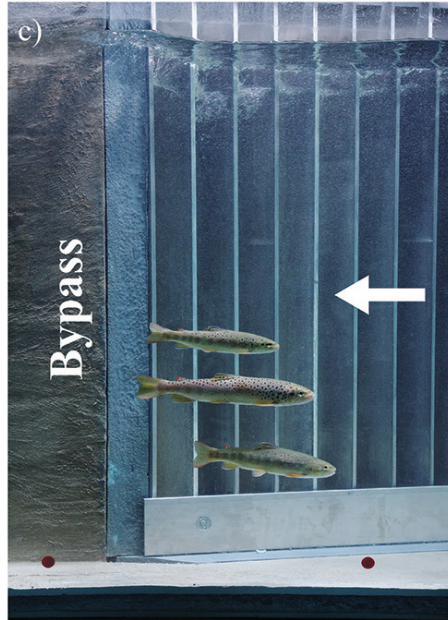
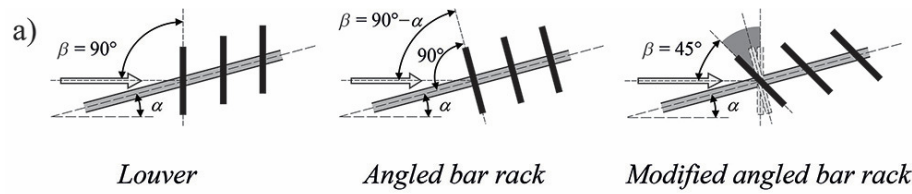
Myös erilaisista säleikkösuuntaajista, jotka muistuttavat tankovälppiä, on useita esimerkkejä. Säleet mallista riippuen asennetaan erilaisiin kulmiin. Nämä rakenteet perustuvat kalojen virtauskäyttäytymiseen, siten, että kalojen uskotaan aistivan päävirtauksen muuttuvan suunnan ja seuraavan sitä. (kuva 4) Säleikkösuuntain voidaan rakentaa ns. α -mallisena, jolloin säleet ovat poikkisuuntaisesti virtauskanavassa, ja β -mallisena, jolloin säleikkö on vastaavasti pystysuuntaisesti virtauskanavaan nähden. Louver-mallissa säleet ovat virtaukseen nähden 90 asteen kulmassa. Yleisesti käytetyt muunnelmat tästä rakenteesta ovat ”angled bar rack”, jossa säleet ovat kohtisuoraan rakenteen kehikkoa vasten, sekä ”modified angled bar rack”, jossa säleet ovat 45 asteen kulmassa kehikkoon nähden (kuva 5). Ohjaus- tehokkuus riippuu rakenteiden valinnasta ja hydraulisista olosuhteista suhteessa ohjattaviin kalalajeihin ja niiden fyysisiin mittoihin. Säleiden välinen etäisyys on suositeltu olevan 2,5–5 cm. Pienempi säleväli vähentää riskiä kalojen osumisesta tai juuttumisesta säleikköön.



Kuva 5. Säleikön toimintaperiaate. Ylemmässä kuvassa tilanne kun virtausnopeus ylittää kalojen uintikyvyn, ja alemmassa kun nopeus on sama tai pienempi.

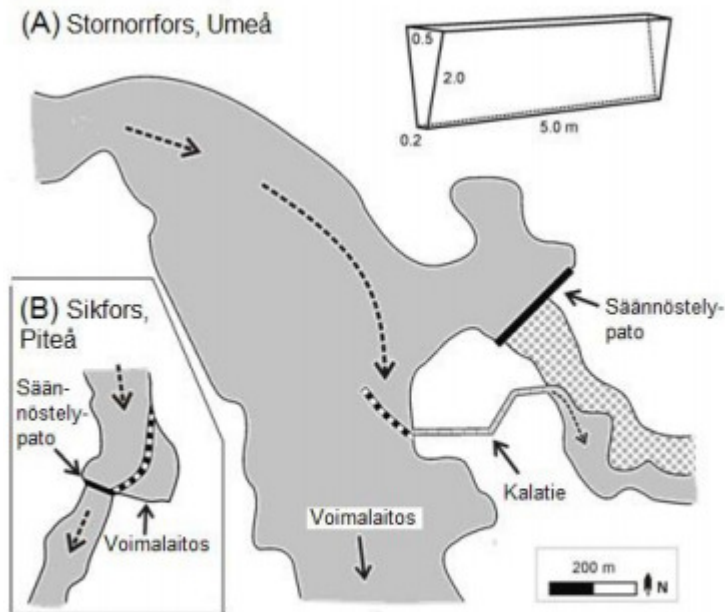


Kuva 6. Louver ja angled bar rack, periaatekuva rakenteiden mitoituksessa huomioitavista tekijöistä (LUKE 2017)



Kuva 7. Periaatekuvat a) louver, angled bar rack, modified angled bar rack b) pystysuuntainen (β -malli) louver, c) kuva sivusta (ETHzürich 2017)

Ruotsissa on kokeiltu kelluvaksi rakennettua, umpinaista ohjainaitaa β -mallisena Umeå- ja Piteå-joilla smolttien ohjaukseen (kuva 7 ja 8). Rakenne koostuu 5 m pitkistä ja 2 m syvistä, painekyllästetystä lankusta valmistetuista elementeistä teräsvahvikkein. Stornorrforssilla Umeå-joella rakenteen pituus on 130 m ja ohjaustehokkuus on Luonnonvarakeskuksen tutkimuksien perusteella 3,4 %. Sikforsilla Piteå-joella rakenteen pituus on myös 130 m ja ohjaustehokkuus 85 %. Molemmissa tapauksissa on esiintynyt ongelmia: Stornorrforssilla ohjausraitaa katkesi ja sitä jouduttiin lyhentämään, ja Piteå-joella ohjausaita upposi (Erkinaro et al 2016). Riittämätön pituus nykyisellään on ainakin yksi selittävä tekijä heikkoon ohjaustehokkuuteen Stornorrforssin tapauksessa.



Kuva: Calles, O., Rivinoja, P. & Greenberg, L. 2013. A historical perspective on downstream passage at hydroelectric plants in Swedish rivers.

Kuva 8. Kelluvat ohjainaidat Umeå- ja Piteå-joilla, periaatekuva

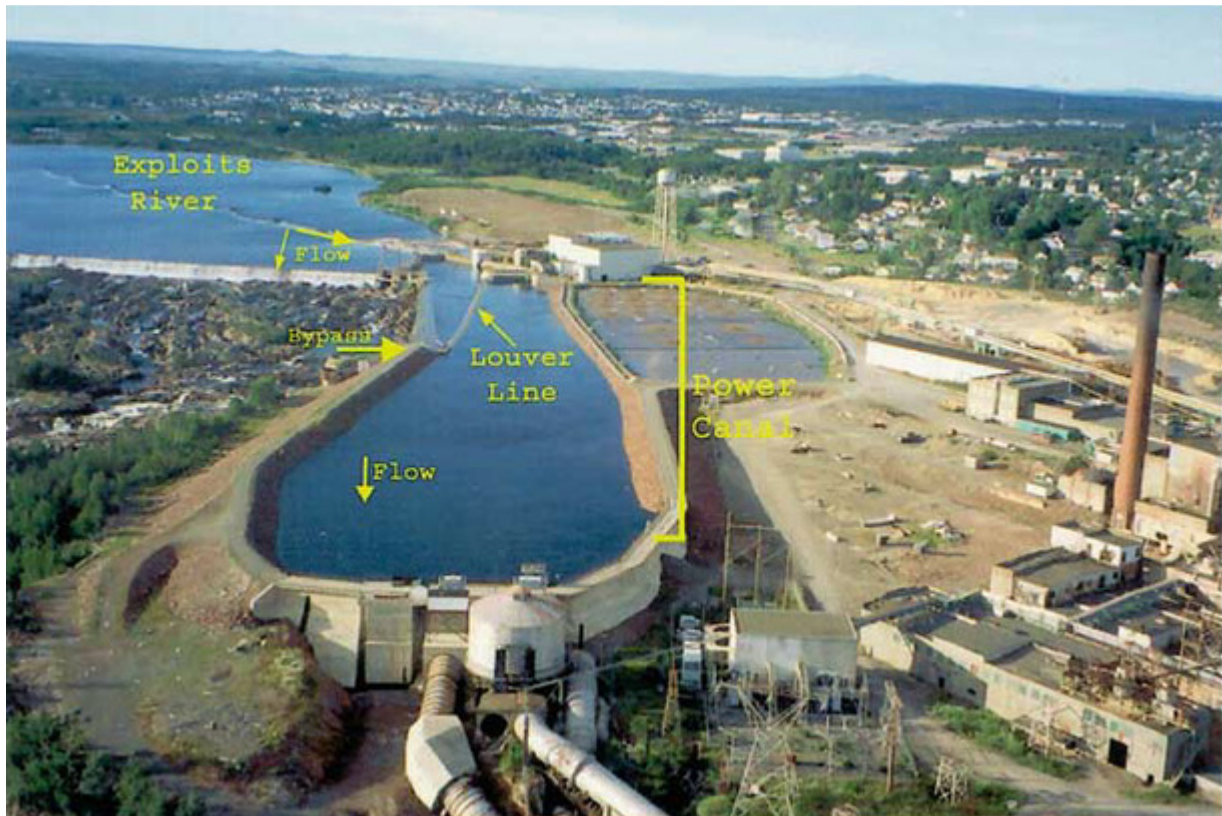


Kuva 9. Kelluva ohjainaita

Sikforsin ratkaisuun on syytä kiinnittää huomiota, sillä olosuhteet ovat hyvin yhteneväiset Haapakosken kanssa: 2D uomageometria ja ohjainaidan sijainti on hyvin samankaltainen kuin Haapakoskelle on tässä esiselvityksessä myöhemmin esitetty. Myös rakennusvirtaamat ovat samaa luokkaa: Sikforsin voimalaitoksen rakennusvirtaama on $200 \text{ m}^3/\text{s}$ Haapakoskella $250 \text{ m}^3/\text{s}$ ja molemmissa on käytössä Kaplan-turbiini. Tutkimuksissa on osoittautunut, että ohjaustehokkuus on ollut smolttien ohjauksessa jopa 98 % (Egriell 2016).

Sikforsin kahden metrin syvyisellä umpinaisella seinämällä saavutetaan varsin hyvä ohjaustehokkuus. Ohjaustehokkuuden optimoinnin kannalta olisi mielenkiintoista tietää, tapahtuuko smolttien osalta aidan alitusta milteenkin kohtaa.

Kelluvaksi toteutettu säleikkösuuntaja on käytössä Exploits-joella Grand Fallsissa, Yhdysvalloissa (kuvat 10, 11, 12). Voimalaitoksen rakennusvirtaama on 310 m³/s. Säleikkösuuntain on noin 205 m pitkä, säleiden korkeus 2,4 m, leveys 6,5 cm ja säleväli 10 cm. Ohjuri asennetaan vuosittain ennen alasvaelluksen alkua ja poistetaan alasvaelluksen lopuksi, tyypillisesti heinäkuun puolivälin jälkeen.



Kuva 10. Grand Fallsin voimalaitos, ilmakekuva (Scruton et al. 2007)



Kuva 11. Grand Fallsin voimalaitoskanava ylävirtaan päin kuvattuna. Kelluva säleikkösuuntaaja kävelytasolla varustettuna.



Kuva 12. Säleikkö (kuva: Kemijoki Oy)

Ohjaustehokkuus oli rakentamisen jälkeen 24–25 %, jonka jälkeen virtausmallinnuksen avulla virtausolosuhteita pyrittiin parantamaan säleikön läheisyydessä ja alasvaellusväylän sisäänkäynnillä mm. muuttamalla säleikön kulmaa, jolloin ohjaustehokkuus parani 54–73 %: iin. (Luonnonvarakeskus 2016).

Käyttökokemusten perusteella kelluvat ohjausrakenteet voivat olla hyvä ja kustannustehokas vaihtoehto etenkin isoilla voimalaitoksilla. Kuitenkin näiden rakenneratkaisuiden osalta voi olla parempi suosia kevyempiä ja joustavampia rakenneratkaisuja kuin raskaita, kiinteitä seiniä. Jäykät seinärakenteet

ovat alttiimpia rikkoontumiselle, ovat työlämpiä asentaa ja poistaa sekä muodostavat suuremman virtausvastuksen.

2.3 Ärsykkeisiin perustuvat ohjausmenetelmät

Lopuksi voidaan eri ohjausrakenteista mainita vielä erilaiset ärsykkeisiin perustuvat ohjausmenetelmät valolla, äänellä tai muodostamalla paineilmalla muodostettava kuplaseinä karkottamaan kaloja halutusta virtauskanavasta. Nämä menetelmät ovat käytännössä tarpeettoman teknisiä ja monimutkaisia ja soveltuvat lähinnä tapauksiin, joissa muut ohjausrakenteet eivät tule kyseeseen. Esimerkiksi Yhdysvalloissa Sullivan Creekillä Washingtonissa estettiin sähköistetyllä vaijerilla tilapäisesti taimenen nousua ylävirran patotyömaan ajaksi (Smith-Root 2017).



Kuva 13. Sähköinen ohjausrakenne (Smith-Root 2017)

3. Ohjausrakenteen valinta ja hankinta

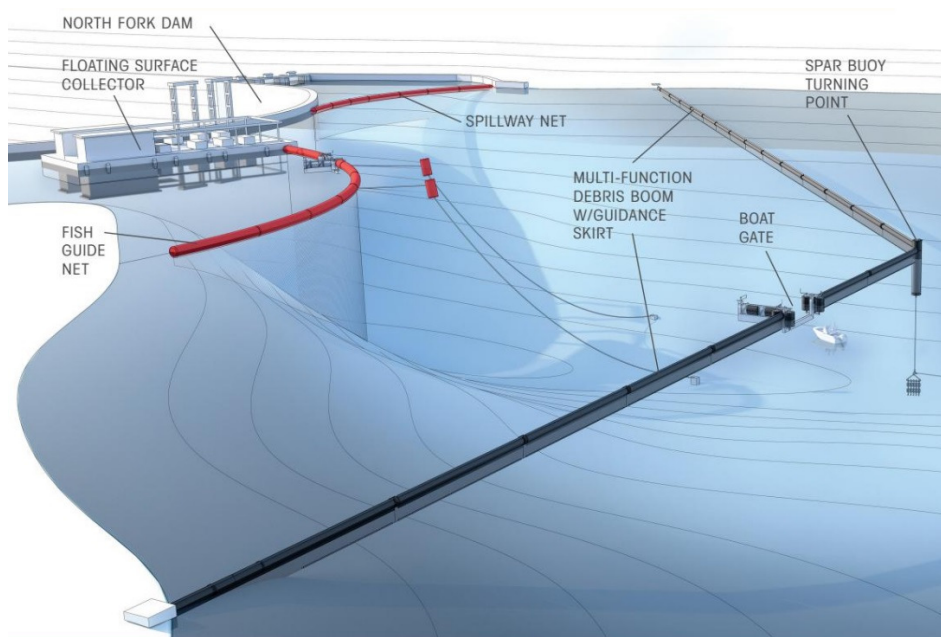
Olemassa olevista vaihtoehdoista kelluva ohjausrakenne on Haapakoskelle soveltuvin ratkaisu. Tämän vaihtoehdon merkittävin etu on rakenteen kustannustehokkuus suhteessa muihin vaihtoehtoihin ja sen helpoin toteutettavuus jälkiasennuksena. Kelluvan ohjausrakenteen toimivuus on kohdekohtaista, joten rakenne tulee suunnitella huolellisesti sekä miettiä etukäteen parannusvaihtoehdot, mikäli ohjaustehokkuus jää haluttujen lukemien alle. Haapakoskelta saatavat kokemukset ovat hyvin sovellettavissa myös muihin Suomen jokivoimalaitoksiin.

Mikäli päädytään valmiiseen kaupalliseen ratkaisuun, myös suunnittelupalvelut kuuluvat kauppaan. Ohjausrakenne voidaan myös suunnitella kotimaisilla konsulteilla ja teettää konepajalla tai muoviputkitehtaalla tai ”kelluva laituri” -tehtaalla. Tarkemmin ohjausrakenteen suunnittelua on käsitelty tämän selvityksen kappaleessa 4.

Koska kyseessä on pilottihanke ja hankkeella on tutkimuksellista painoarvoa, rakenteiden valinnassa voisi olla hyödyllistä lähteä liikkeelle ensin maltillisella ja yksinkertaisella rakenteella. Telemetriaseurantojen tulosten perusteella ohjausrakennetta voidaan tämän jälkeen parannella. Esimerkiksi yksi varteenotettava lähestymistapa olisi ensin kokeilla alahelmasta painotettua, noin kolmen metrin syvyistä verkkoa lyhimällä mahdollisella linjauksella, joka olisi kokonaiskustannuksiltaan kaikkein alhaisin ja myös helpoiten asennettava/poistettava rakenne (linjauksista tarkemmin kappaleessa 5).

Koekäytöstä saatavien kokemusten perusteella verkon linjausta voidaan tarvittaessa muuttaa ja pidentää, tai halutessa lisätä kokeiluun mukaan puomi. Pohjaan asti ulottuvat ohjausrakenteet, jotka voidaan toteuttaa esimerkiksi verkoilla, tulevat kyseeseen Francis-turbiinilla varustetuilla voimalaitoksilla, joilla turbiinikuolleisuus on hyvin suurta.

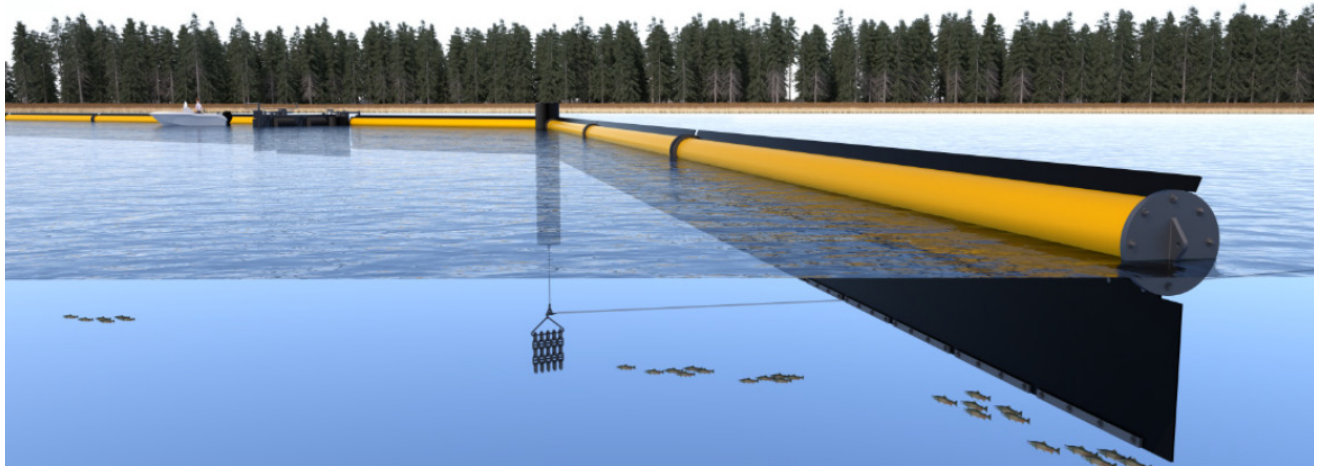
Esimerkiksi North Forkin padolla Yhdysvalloissa käytetään sekä puomia että täyspitkää verkkoa, Pacific Netting Productsin suunnittelemana (kuva 14). Tässä tapauksessa noin puolet smolteista sekä kelluvat roskat ohjautuvat puomin avulla alasvaelluskanavaan ja puolet uivat puomin alta (puomin syvyys 1,25 m) ja ohjautuvat voimalaitoksen edustan verkkojen avulla kelluvaan keruulaitteeseen. Puomin ensisijainen tarkoitus oli roskien ohjaus, mutta se ohjaa myös smoltteja (Peters 2017).



Kuva 14. North Fork dam. Ohjaus puomilla ja täyspitkillä verkoilla. (©Pacific Netting Products 2017)

3.1 Valmiit kaupalliset ratkaisut

Yhdysvalloissa vesivoimalaitoksilla on velvoite kalojen ylösvaelluksen sekä alasvaelluksen turvaamiseksi. Tämä on osaltaan luonut kaupallista toimintaa aiheen ympärille. Kelluvien ohjausrakenteiden osalta on saatavilla myös varta vasten kalojen ja smolttien ohjausta varten suunniteltuja kaupallisia tuotteita, esimerkkeinä puomit (kuva 15 ja 16). Worthingtonin kalojen ohjauspuomeja on asennettu useisiin kohteisiin Yhdysvalloissa ja ohjaustehokkuus kohteesta ja kalalajeista riippuen on luokkaa 70–90 %.

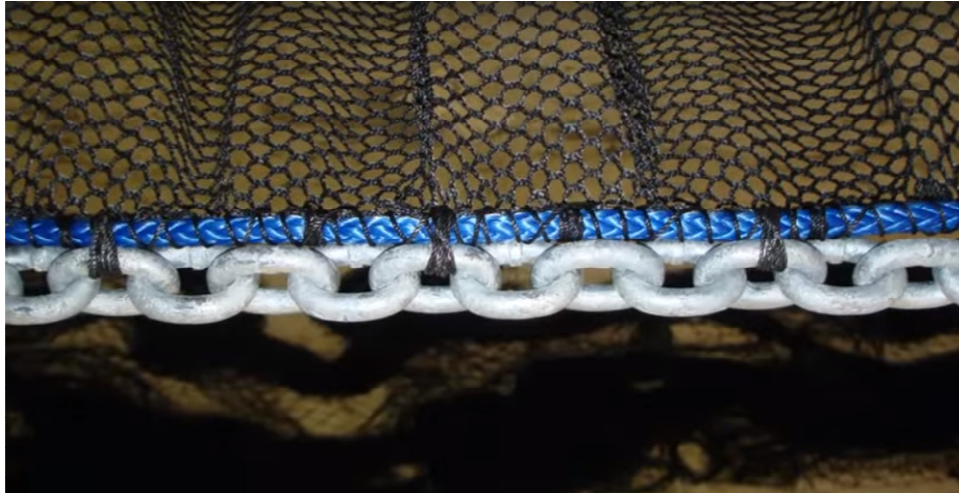


Kuva 15. Yhdysvaltalaisen Pacific Netting Products -yrityksen kehittämä Multi-Function Boom™ -puomi (Pacific Netting Products 2017)



Kuva 16. Yhdysvaltalaisen Worthington products -yrityksen valmistama Fish Guidance Barrier™ -puomin elementti

Lisäksi voidaan vielä mainita Pacific Netting Productsin valmistamat kalanohjausverkot, jotka valmistetaan Dyneemasta® (Kuva 17). Verkkojen silmäkoko voidaan mitoittaa riittävän pieneksi myös smolteille.



Kuva 17. Pacific Netting Products -yrityksen valmistama kalanohjausverkko, ketju toimii painona

Verkkorakenteiden etuna on niiden keveys, edullisuus ja siirreltävyys. Lisäksi ainakin dyneemasta valmistetut verkot ovat biologisesti inerttejä ja eivät kerää niin paljoa vesikasvustoa.

3.2 Ohjausrakenteiden teettäminen kotimaisilla toimijoilla

Teräspuutkirakenteisen kelluvan rakenteen pystynee käytännössä rakentamaan mikä tahansa suomalainen konepaja. Suomessa on paljon hyvää konepajaosaamista ja rakenne on kohtuullisen yksinkertainen.

Muoviputkesta valmistetaan Suomessakin kelluvia laiturirakenteita yms. eli tällaisen puomin valmistaminen onnistuu muovistakin.

4. Kelluvan ohjausrakenteen suunnittelua määräävät tekijät

4.1 Vuotuinen käyttöaika

Vuotuiseksi käyttöajaksi on Haapakoskella arvioitu muutamasta viikosta muutamaa kuukauteen ajoittuen alasvaellukseen kesän alussa, tai vaihtoehtoisesti ympäri vuoden. Sesonkikäytössä voitaisiin käyttää helposti asennettavia ja poistettavia rakenteita, kuten verkkoa. Mahdollisen biologisen kasvun ei arvella olevan ongelma Suomen olosuhteissa etenkin sesonkikäytössä. (Peters 2017).

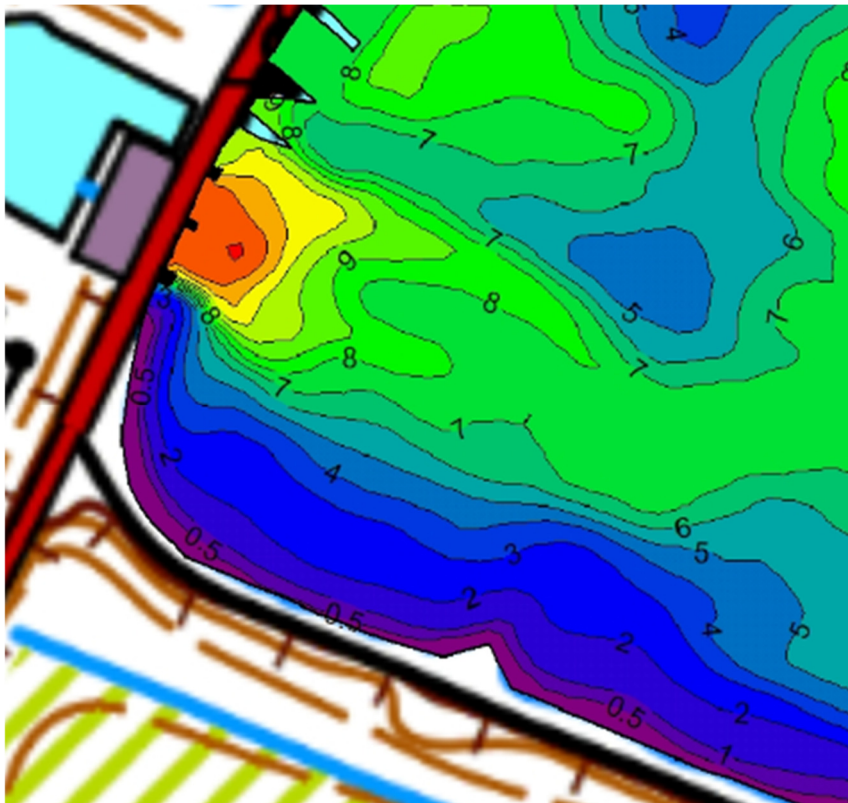
Mikäli halutaan ympärivuotisesti toimiva ratkaisu, tulisi harkita jäänkestävää uittopuomia tai jääpuomia, jotka varustettaisiin riittävän syvään ulottuvalla jäänkestävällä HDPE-seinällä tai alasvaellusaikaan laskettavalla, painotetulla verkolla. Teräsrakenteiset uittopuomit ovat kestäneet Suomen jääoloissa kokemusten mukaan hyvin. Ympärivuotisia rakenneratkaisut voivat olla varteenotettavia, jos

niillä voidaan saada vesivoimalaitosten tapauksessa muita etuja, kuten esimerkiksi jääpatojen ehkäiseminen tai voimalaitoksen väljän puhdistustarpeen pienentyminen.

4.2 Virtausolosuhteet

Etenkin kelluvien säleikkösuuntaajien ja verkkojen tapauksessa kohtisuoran virtausnopeuden tulisi olla riittävän alhainen, jotta kalat eivät jää rakenteisiin kiinni. Yhdysvalloissa on yleisesti käytetty raja-arvoa 0,33 m/s, mutta smolttien osalta tämän tulisi olla vieläkin pienempi, korkeintaan 0,15 m/s. Lisäksi osa smolteista voi päätyä alittamaan matalan ohjausrakenteen, jos voimalaitoksen lähellä on syvemmällä riittävän houkutteleva virtaus. (Peters 2017).

Virtausnopeudet riippuvat laitoksen käyttövirtaamasta, joka on maksimissaan 250 m³/s, sekä yläkanavan geometriasta (kuva 18). Mahdollisella tulva-aukkojen kautta tapahtuvalla juoksutuksella ei tässä tapauksessa ole vaikutusta. Koska alasvaellusaikana lijoella on suuriakin virtaamia, mitoituksen perusteena tulisi käyttää edellä mainittua arvoa 250 m³/s.



Kuva 18. Haapakosken yläaltaan syvyyskartta (Luonnonvarakeskus 2017)

4.3 Roskaantuminen

Mikäli roskaantuminen on ohjausrakenteen käyttöaikana merkittävää, on roskien ohjaukseen ja poiskeräämiseen panostettava enemmän. Tällöin puomirakenteet voivat olla parempi ratkaisu. Umpinaisen seinän, kuten HDPE-helman tapauksessa rakenne on itsestäänpuhdistuva, kun se asennetaan virtaukseen nähden riittävän loivaan kulmaan. Sen sijaan säleikkö-, reikälevy-, tai verkkorakenteen tukkiintuminen ja ajoittaisen puhdistuksen tarve lienee todennäköinen.

Koska Haapakosken voimalaitos on ylin lijoen alaosan voimalaitoksesta, kertyy sen yläpuolelle kokemusperäisesti huomattavia määriä kelluvaa roskaa tulva-aikana. Tämä on huomioitava jatkosuunnittelussa. Roskat on pääsääntöisesti kerättävä pois, jotta ne eivät ole samanlainen ongelma seuraavalla voimalaitoksella.

Jos Haapakosken ohjausseinän päälle tulee tutkimustarkoituksia varten kävelytaso, puhdistus voidaan hoitaa sen päältä. Muutoin mahdollinen puhdistus on tehtävä veneestä.

4.4 Jääolosuhteet

Mikäli ohjausrakennetta käytetään tai säilytetään ympärivuotisesti, on jäänkestävyys varmistettava. Suomessa käytetyt teräsrakenteiset uittopuomit ovat kestäneet jäissä.

4.5 Lupakäytännöt

AlaslaskeutumISRakenteet tarvitsevat vesialueen omistajan ja voimayhtiön suostumuksen. Vesilain valvojan alustavan lausunnon mukaan vesitalouslupaa ei tarvita.

Patentti- ja rekisterihallitukselta kerrottiin, että ainakin toimintavapausselvitys (freedom to operate) kannattaa tehdä. Jos aikomus on hyödyntää tuotetta tai menetelmää kaupallisesti, tai valmistaa tai maahantuoda tuotetta, on hyvä etukäteen selvittää, ettei loukkaa kenenkään muun voimassaolevaa patenttia tai hyödyllisyysmallia. Tutkimus on hyvä tehdä ennen valmistuksen, myynnin, markkinoinnin tai maahantuonnin aloittamista. Sen kustannus 1000...1500 e+alv

4.6 Käyttöikä

Kausittain käytettävien verkkojen käyttöikä on vähintään 10 vuotta (Peters 2017) ja kaupallisilla puomirakenteilla ilman jääoloja materiaalipaksuudesta riippuen valmistajat lupaavat yleensä vähintään 50 vuotta. Suomessa jääoloissa ympärivuotisesti käytetyt teräksiset uittopuomit ovat kestäneet kymmeniä vuosia.

4.7 Kustannukset

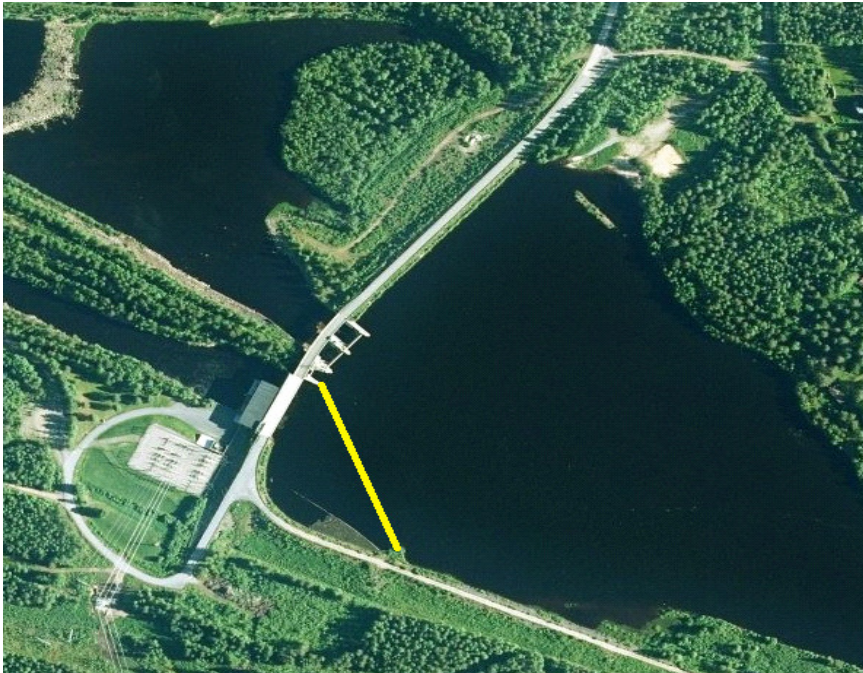
Koska Haapakoski on pilottihanke ja tutkimuskohde, tulee suunnittelussa tarkastella, tarvitaanko tutkimuskäyttöä varten puomin päälle kävelytaso? Puhdistusta varten ei todennäköisesti tarvita.

Kustannukset riippuvat valitusta ohjausrakenteesta, sen linjauksesta sekä käyttötavoista: mikäli käyttö on vain alasvaelluskauden ajan, niin huomioidaan vain kalanohjaus ja mahdollisesti roskaantuminen. Mikäli käyttö on ympärivuotista, tulee huomioida myös jääolot, jolloin kustannukset kasvavat. Toisaalta tällöin vastapainoksi on huomioitava voimalaitoksen mahdollisesti saamat hyödyt.

5. Kelluvan ohjausrakenteen vaihtoehtoiset linjaukset

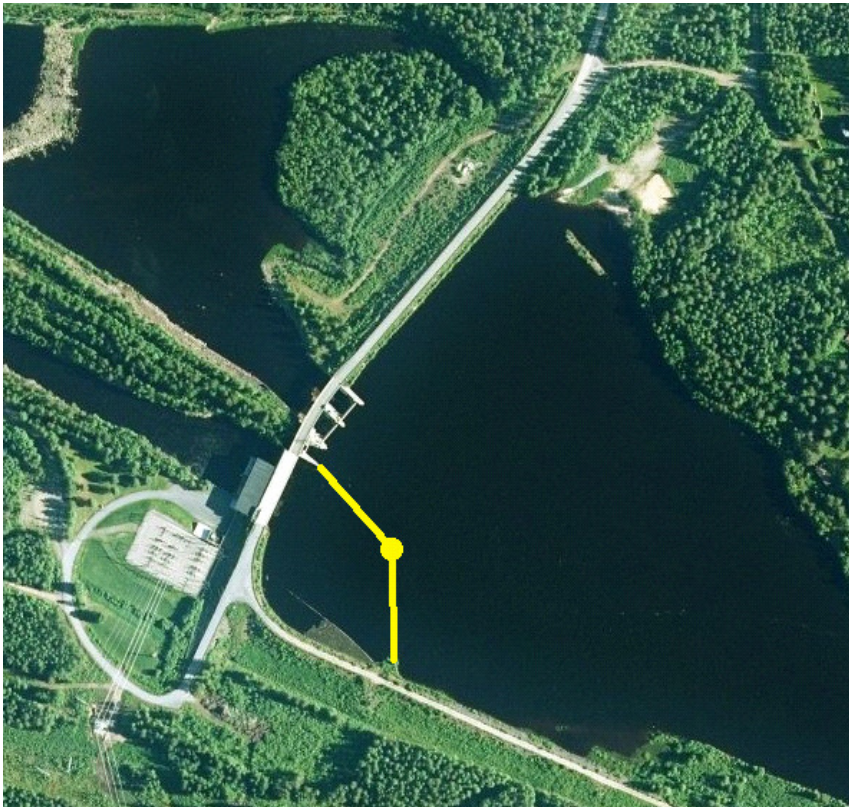
Kelluva ohjausaita, -verkko -tai puomi voidaan sijoittaa eri pituisina rakenteina Haapakosken yläkanavaan. Lyhin linjaus (VE1) on noin 130 metriä pitkä, ja sijoittuu vanhan uittopuomin paikalle (kuva 19). Linjaus ei liene verkkoratkaisulle vartenotettava, sillä virtausnopeus voimalaitoksen suulla voi olla

liian voimakas, jolloin smoltit voivat juuttua verkkoon kiinni. Lisäksi voimakas turbiinikanvan virtaus voi houkutella smoltteja alittamaan rakenteen (Peters 2017).



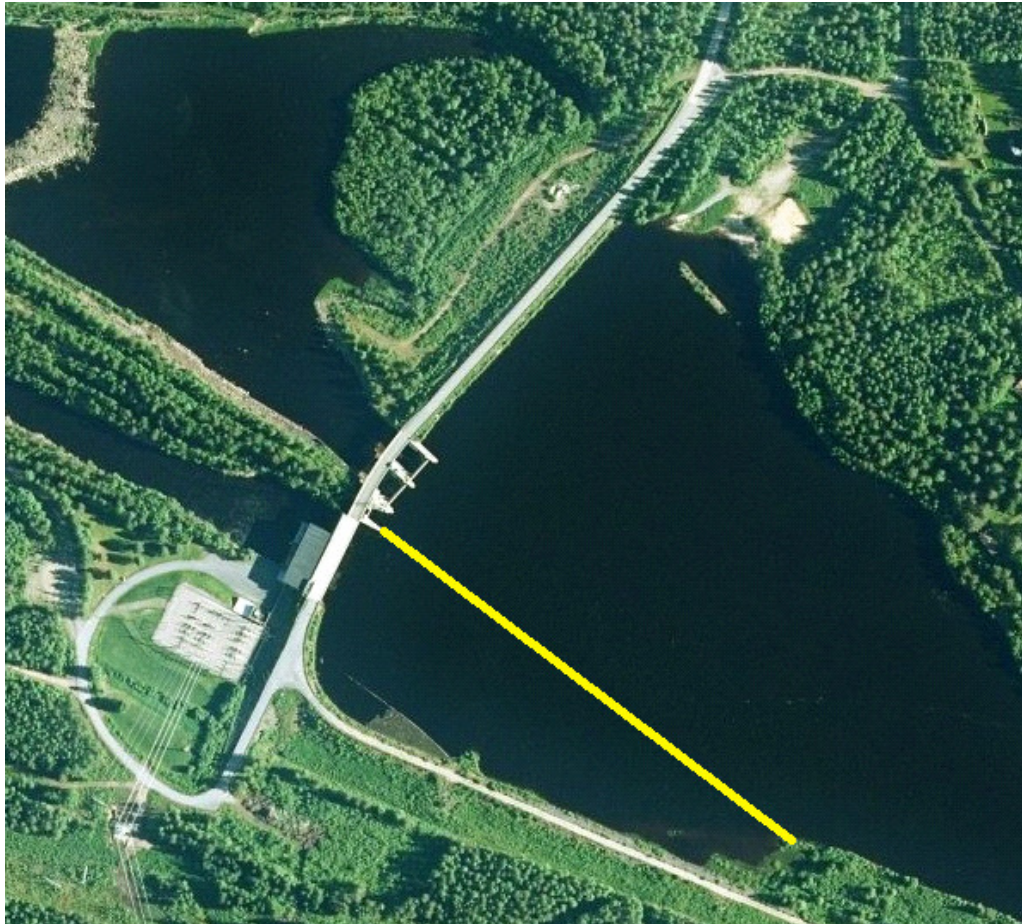
Kuva 19. Haapakosken smolttien ohjausrakenteen linjaus VE1, pituus noin 130 m.

Toisena vaihtoehtona (VE2) on tuoda ohjausrakenne ensin rannalta kauemmaksi paremman kulman saamiseksi virtaussuuntaan nähden voimalaitoksen lähellä (kuva 20). Rakenteelle tuo jonkin verran lisähintaa kulmapalan pituus ja ankkurointi/painotus, mutta kohtisuorainen virtausnopeus rakennetta vasten voimalaitoksen suulla saadaan pienemmäksi.



Kuva 20. Haapakosken smolttien ohjausrakenteen linjaus VE2, pituus noin 200 m.

Kolmas vaihtoehto (VE3) on pisin, noin 300 metriä pitkä. Etuna VE2:een on että kulmapalaa ei ole, jolloin ohjausrakennetta on helpompi käsitellä. Lisäksi smolttien ja roskien ohjaustehokkuus voi olla parempi, kun rannan lähelle ei muodostu varsin kohtisuoraa osuutta virtausta vasten. Rakennettava uusi ankkurointipiste rannalle.



Kuva 20. Haapakosken smolttien ohjausrakenteen linjaus VE3, pituus noin 300 m.

Vaihtoehtoisesti pitkä linjaus, jos kulman teko vaikeaa tai kalliimpaa kuin pitkä linjaus. Nämä ratkaisut pätevät sekä verkolle että puomille.

6. Kelluvan ohjausrakenteen asentaminen, poistaminen ja säilytys

Ohjainrakenteen asentamisen ja poistamisen työmäärä ja kesto riippuvat valitusta rakenneratkaisusta:

- verkon asentaminen noin 2–3 henkilöä, vene, työn kesto noin kaksi päivää
- puomin asennus 2–3 henkilöä, vene, nostin, työn kesto 2–3 päivää

Haapakosken yläaltaan etelärannalla on vanha betonikiinnike (kuva 3), jota voidaan todennäköisesti hyödyntää ohjainrakenteen kiinnityksessä rantapäähän. Kiinnike on uiton aikaista ohjainpuomia varten rakennettu ja on ilmeisesti upotettu varsin syvälle maahan, jolloin se on käyttökelpoinen kiinnike myös ohjainrakenteelle. Mikäli päädytään pidempään ohjainrakenteeseen, tulee rantakiinnityspiste erikseen rakentaa kauemmas ylävirtaan. Ohjainrakenteen toinen padon puoleinen kiinnitys voidaan tehdä vanhan uittoaukon viereiseen virtapilariin (kuva 4).



Kuva 19. Etelärannan vanhan uittopuomin betonikiinnike (Alatalo 2017)



Kuva 20. Haapakosken voimalaitospadon uittoaukon viereinen virtapilari (Alatalo 2017)

Ohjauspuomin tapauksessa sitä voitaisiin säilyttää vedessä silloinkin, kun se ei ole varsinaisessa käytössä. Tällä säilytysmenetelmällä säästytettäisiin puomin ylös nostoilta ja laskuilta joka tapahtuisi kaksi kertaa vuodessa ja lisäksi tarvittaisiin erilliset säilytystilat maalla, johon elementit siirrettäisiin talvisäilytykseen. Yhdysvalloissa puomielementtejä on säilytetty talven yli pressun alla ilman ongelmia.

Mikäli puomia halutaan säilyttää vedessä, se on suunniteltava siten, että johde sijaitsee riittävän syvässä vedessä ja riittävän etäällä rannasta, koska vesipinnan vaihtelu yhdessä jääpeitteen kanssa voi vaurioittaa johdetta. Ensimmäisenä talvena kokeilu vedessä säilytyksestä voidaan toteuttaa kokeiluna yhdellä elementillä.

Teräsrakenteiset uittojohteet ovat aina paikoillaan vedessä ympäri vuoden ja ne ovat menestyneet erittäin hyvin jääolosuhteissakin. Pisimmät yhtenäiset uittojohteet virtaavassa vedessä ovat olleet yli 800 m pitkiä. Esimerkiksi Pielisjoessa on käytössä teräsrakenteisia uittojohteita paljon ja niistä on hyviä kokemuksia soveltuvuudesta myös jääolosuhteisiin. Uittojohteissa on myös teräsrakenteinen kölirakenne, joka ulottuu noin 800 mm vedenpinnan alapuolelle.

Uittojohteissa on käytetty yhtenä kiinnikevaihtoehtona kettinkiankkurointia, jossa johde kiinnittyy pohjaan betonisilla ankkuripainoilla ja kettingeillä. Tätä kiinnitystä on käytetty yleisesti johteen toisen pää kiinnityksessä jonkin muun kiinnitystavan ollessa lisänä. Tätä uittojohteissa käytettyä ankkurointikiinnitystä voitaisiin käyttää myös smolttipuomijohteen kiinnitykseen vedessä talvisäilytyksen aikana. Pelkän johteen säilyttämiseen riittäisi yksistään tämä kiinnitystapa poiketen uiton vaatimista lisäkiinnitystavoista.

Silloin kun puomijohde siirretään talvisäilytyspaikasta paikoilleen ohjaamaan lohenpoikasia, niin kettingit irrotettaisiin johteesta ja kiinnitettäisiin kelluviin poijuihin siksi ajaksi, kun puomijohde on paikoillaan ohjaamassa lohenpoikasia. Kettingejä ei kannataisi pudottaa pohjaan koska silloin jouduttaisiin käyttämään sukeltajaa apuna uudelleen kiinnityksessä. Poijut varustettaisiin lisäksi asianmukaisin merkein ja varoituksin vesiliikenteen säännösten ja ohjeiden mukaisesti, jottei niistä ole vaaraa muille vesilläliikkuville.

Jos ohjausrakenne nostetaan kuiville talveksi ja kuljetetaan talvisäilytykseen, niin se tulee voida helposti hajottaa seinään ja kellukkeisiin, jolloin kuljetus on helpompaa. Haapakoskella ei sisäsäilytystiloja, jolloin on valittava joko ulkosäilytys sään ja ilkvallan armoilla tai rakennettava voimalaitosalueelle uusi säilytysshalli, jonka tilantarve on noin 200...300 m²?

7. Kelluvan ohjausrakenteen alustava kustannusarvio

Selvästi edullisin ratkaisu on tiheäksi kudottu dyneemaverkko osittaisella syvyydellä alaosaan painotettuna. Verkon hinnaksi pituudesta riippuen muodostuisi Pacific Netting Products -yritykseltä ostettuna noin 70 000–160 000 euroa+alv kellukkeineen ja suunnittelukuluineen. Asennuskulut yhdessä työvuorossa noin 2 hlö + koneet ja laitteet ovat noin 5000 euroa+alv. Vastaavasti kelluvan säleikkösuuntaajan teettämisen hinta Suomessa olisi noin 2000 €/m, jolloin rakenteen hinnaksi tulisi pituudesta riippuen noin 250 000–600 000 euroa+alv kävelytasoinen, sekä asennuskulut vähintään kahdessa työvuorossa 2–3 hlö + koneet ja laitteet olisivat yli 10 000 euroa+alv.

Worthington products -yritykseltä saaman tarjouksen mukaan kustannukset ohjauspuomille lyhimälle vaihtoehdolle olisivat noin 530 000 euroa+alv suunnittelukustannuksineen ja toimitettuna Kokkolan satamaan. Vastaavasti Pacific Netting Products -yrityksen puomi olisi lyhimmästä pisimpään vaihtoehtoon noin 110 000–520 000 euroa+alv suunnittelukustannuksineen.

8. Alustava suunnitelma alaslaskeutumISRakenteesta ja smolttien keräilylaitteesta

Padon ohittavana reittinä voi toimia putki tai päältä avonainen kouru (vrt. kuva 4), joka lähtee suljetun uittorännin sulkuseinän vasemmasta reunasta. Tuleva kalatie tulee oikeaan reunaan. Ne erotetaan toisistaan esim. kelluvalla seinällä. Virtaama putkessa/kourussa tulee olla riittävä imuvaikutuksen aikaansaamiseksi. Suuresta vedenkorkeuden vaihteluvälistä johtuen ottopää tulee olla korkea, mutta kaipa ja muotoiltu siten, että virtaus kiihtyy yläpään nielussa nopeasti, mikä estää smoltteja palaamasta takaisin. Putki/kouru tuetaan entisen uittorännin tukiin ja purkupää viedään voimalaitoksen alapuolen virtauskuohujen alavirran puolelle.

Keräilylaite on kelluva ja tarpeeksi iso ”katiska” alaslaskeutumisputken/kourun ylävirran puolella. Siitä nostetaan smoltit riittävän usein, koska keräilylaite on tiheäsilmainen ja roskaantumisherkkä,

pohja-altaallisella keräilylaitteella ja valutetaan putkella kuljetusaltaaseen/säiliöautoon. Jos keräilylaite on pitkään paikoillaan, roskien poisotto on hoidettava riittävän tiheästi.

Oulussa 29.12.2017

Maveplan Oy
Kiilakiventie 1
90250 OULU



DI Hannu Alatalo
040-5161504



DI Lauri Keskitalo
040-5469409

Lähdeluettelo

Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus 2017a. Alasvaellusrakenteiden pilottihankkeen valmistelu, kokousmuistio 3.2.2017. Julkaisematon raportti.

Luonnonvarakeskus 2017. Alasvaelluksen ohjausmenetelmiä. Julkaisematon esitys.

Luonnonvarakeskus 2016. Rakennetut joet ja poikasten alasvaellus: ratkaisuja USA:sta. Julkaisematon esitys.

Peters A. 2016. Technical Developments in Fish Exclusion, Guidance, and Collection Materials. Saatavilla: <https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=https://www.google.fi/&httpsredir=1&article=1057&context=ishs>

Greenberg L. 2013. Fish traffic is not a one-way street: what goes up must come down!. Pohjolan vaelluskala- ja kalatiesymposio 8.-9.10.2013. Esitys. Saatavilla: <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7BEF4BC366-F308-4A44-B99D-0F942961EFF8%7D/93201>

Erkinaro J, Huusko R, Mäki-Petäys A, Orell P. 2016. Poikasten alasvaelluksen problematiikka rakennetuissa joissa. Vaelluskalafoorumi 14-15.6.2016. Esitys. Saatavilla: <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B4CF7B231-194D-454D-A57A-16F1F207A409%7D/120644>

Egriell N. 2016. Yttrande gällande fiskpassage och vattenhushållning vid Sikfors vattenkraftverk. Havs och Vatten myndigheten 2016. Lausunto. Saatavilla: <https://www.havochvatten.se/download/18.6d9c45e9158fa37fe9f68ec/1481806599936/sikfors-yttrande-m-108-99.pdf>

Peters A. 2017. Pacific Netting Products. Puhelinkeskustelu.

ETH Zurich 2017. Internet-sivusto. Saatavilla: <https://www.ethz.ch/content/specialinterest/baug/laboratory-vaw/lab-vaw/en/forschung/konstruktiver-wasserbau/ethohydraulik.html>