

KALA- JA RIISTARAPORTTEJA nro 224

*Teppo Vehanen
Markku Lahti*

Aikuisen kuhan liikkeit ja elinympäristönvalinta
Oulujoen Pyhäkosken patoaltaassa

Paltamo 2001

Teppo Vehanen ja Markku Lahti

Aikuisen kuhan liikkeet ja elinympäristönvalinta Oulujoen Pyhäkosken patoaltaassa

Tutkimusraportti

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos

Kalakantojen elvyttäminen rakennetuissa vesistöissä kalojen elinympäristövaatimuksiin perustuvan kunnostuksen avulla 202 217, 292 217

Vielä 1960-luvun alussa kuha oli yksi tärkeimmistä kalastettavista lajeista Oulujärvellä ja sitä esiintyi myös Oulujoessa. Kuhakanta kuitenkin taantui nopeasti 1960-luvulla. Kuha on kuitenkin palannut Oulujoen vesistöalueelle 1980-luvulla aloitettujen kesänvanhojen poikasten istutusten myötä. Kuhaa on esitetty yhdeksi potentiaalisiksi hoitolajiksi myös suurten rakennettujen jokien kalanhoitoon, kuten Oulujärven alapuoliseen Oulujokeen. Tämän työn tarkoituksena oli selvittää aikuisen kuhan liikkeitä ja elinympäristönvalintaa Oulujoen Pyhäkosken patoaltaassa. Yhteensä 20 aikuista kuhaa merkittiin radiolähettimillä ja niiden liikkeitä seurattiin vuoden ajan. Vuoden seurannan jälkeen Pyhäkosken patoaltaassa liikkui neljä 20:stä vapautetusta kuhasta, kuusi kuhaa liikkui alapuolisissa patoaltaissa ja neljä oli todennäköisesti laskeutunut tarkkailualueen alapuolelle kohti merialuetta. Kaksi kuhasta kalastettiin tutkimusjakson aikana ja kolme kuoli laskeutuessaan Pyhäkosken voimalaitoksesta alavirtaan. Yhden kuhan kohtalo jäi epäselväksi. Kuhat liikkuivat kesällä aktiivisesti eri puolilla Pyhäkosken patoallasta, mutta talvella liikkeet vähenivät selvästi ja keskittyivät pääosin suppealle alueelle altaan järvimäiseen osaan. Kuhat suosivat pääasiassa alhaisia virrannopeuksia ja suhteellisen syvää vettä. Talvella preferenssi siirtyi alhaisempiin virrannopeuksiin ja syvempään veteen muihin vuodenaikoihin verrattuna.

Kuha, Oulujoki, radiotelemetria

Kala- ja riistaraportteja 224

951-776-332-8

1238-3325

19 s.

Suomi

Julkinen

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos
Kainuun kalantutkimus ja vesiviljely
Manamansalontie 90
88300 Paltamo

Puh. 0205 751640 Fax 0205 751649

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos
PL 6
00721 Helsinki

Puh. 0205 7511 Fax 0205 751201

Sisällys

1. JOHDANTO	1
2. AINEISTO JA MENETELMÄT	2
2.1. Tutkimusalue	2
2.2. Kuhat.....	3
2.3. Fysikaaliset mittaukset ja virtausmallinnus	3
2.4. Kuhien seuranta	4
2.5. Aineiston käsittely	4
3. TULOKSET JA TARKASTELU.....	6
3.1. Alaslaskeutuminen.....	6
3.2. Kuhien päivittäiset liikkeet kesällä.....	7
3.3. Liikkeet eri vuodenaikoina	10
3.4. Elinympäristönvalinta.....	11
KIRJALLISUUS:	18

1. Johdanto

Vesivoiman rakentaminen Oulujoen vesistöalueella alkoi 1940-luvulla, jolloin Oulujokeen valmistuivat Merikosken ja Pyhäkosken voimalaitokset. Nykyisin lähes koko Oulujoen vesistöaluetta säännöstellään vesivoiman tuotantoa varten. Oulujoki on vesistön keskusjärven, Oulujärven, alapuolelta mereen porrastettu seitsemällä voimalaitoksella. Voimalaitosten väliin jäävien patoaltaiden virtausolosuhteisiin vaikuttaa lyhytaikasaatto. Lyhytaikasaadolla sopeutetaan sähköntuotanto vuorokausi- ja viikkotasolla tapahtuvaan sähkönkulutuksen vaihteluun muuttamalla voimalaitosten juoksu- ja pysäytystaajuuksia. Lyhytaikasaatto aiheuttaa nopeita muutoksia patoaltaiden virtaamisissa ja vedenkorkeuksissa. Pääosa Suomessa tarvittavasta säätöenergiasta tuotetaan kolmessa suuressa padotussa joessa: Kemi-, Ii- ja Oulujoessa.

Vesivoiman tuotannosta aiheutuvia ympäristöhaittoja voidaan lievittää kunnostus- ja hoitotoimenpitein. Suomessa on rakennetuissa jokivesistöissä toteutettu useita erilaisia hoito- ja kunnostushankkeita (esim. Soimakallio 1995, Sinisalmi ym. 1997, Yrjänä ym. 1999). Pääpaino suurten rakennettujen jokien hoidossa on kuitenkin ollut kalaisuuksissa ja rantojen suojaamisessa eroosiolta (Soimakallio & Savolainen 1998). Nykyisin uusia mahdollisuuksia kehittää elinympäristökunnostuksia ja kalakantojen hoitoa on tuonut fyysisen elinympäristön mittaustekniikan kehittyminen (esim. Kylmänen ym. 2001), sekä suomalaisiin olosuhteisiin kehitetty virtavesien elinympäristömalli (Lahti 1999). Elinympäristömallilla voidaan arvioida elinympäristön soveltuvuutta tarkasteltavan kalalajin kannalta yhdistämällä biologinen tietämys (preferenssit) lajin elinympäristövaatimuksista sen eri elämänvaiheissa fysikaalisiin mittaustietoihin (esim. virrannopeus, vesisyvyys, pohjan raekoko). Suomalaisiin olosuhteisiin soveltuva preferenssitietoutta eri kalalajien elinympäristövaatimuksista on tähän mennessä saatavilla vain muutamasta lajista.

Kuha kuuluu luontaisesti Oulujoen vesistön kalastoon. Vielä 1960-luvun alussa kuha oli yksi tärkeimmistä kalastettavista lajeista Oulujärvellä ja sitä esiintyi myös Oulujoessa (Sutela ym. 1995). Kuhakanta kuitenkin taantui nopeasti 1960-luvulla, syiksi on esitetty ilmaston viilenemistä, liikakalastusta tai muutoksia vedenlaadussa (Vesiteknikka Oy 1963, Colby & Lehtonen 1994). Kuha on kuitenkin palannut Oulujoen vesistöalueelle 1980-luvulla aloitettujen kesänvanhojen poikasten istutusten myötä. Kuhaistukkaiden lisäksi Oulujärvestä tavataan nykyisin myös luonnonkudusta syntyneitä kuhanpoikasia (esim. Sutela ym. 1999). Kuhakannan elpymisen myötä kuhan merkitys Oulujärven virkistys- ja ammattikalastajien on koko ajan kasvamassa. Kuhaa on esitetty yhdeksi potentiaalisiksi hoitolajiksi myös suurten rakennettujen jokien kalanhoidon, kuten myös Oulujärven alapuoliseen Oulujokeen.

Kuhan yleisistä elinympäristövaatimuksista esimerkiksi vedenlaadun tai lämpötilan suhteen tiedetään suhteellisen paljon (esim. Hokanson 1977, Leach ym. 1977, Sonesten 1991, Sandström 1999). Kuha viihtyy sameissa ja suhteellisen lämpimissä vesissä, ja elää Oulujoen vesistöalueella lähellä levinneisyytensä äärialueita. Kuhan on merkintätutkimuksissa todettu vaeltavan syönnös-, kutu-, ja talvehtimisalueiden välillä (esim. Lehtonen & Toivonen 1987, Lehtonen ym. 1996, Nyberg ym. 1996). Yksityiskohtaisempaa tietoutta aikuisen kuhan liikkeistä jokiympäristössä on viime vuosina saatu merkitsemällä kuhia radiolähtimillä (Jepsen ym. 1999, Koed ym. 2000). Mittakaavaltaan Oulujoen kokoisessa lyhytaikasaadellyssä joessa ei ole aiemmin selvitetty kuhan liikkeitä tai elinympäristönvalintaa (esim. suositut vesisyvyydet ja virrannopeudet).

Tämän työn tarkoituksena on selvittää aikuisen kuhan liikkeitä ja elinympäristönvalintaa Oulujoen Pyhäkosken patoaltaassa. Työ on osa laajempaa tutkimusta: ”Kalakantojen elvyttäminen rakennetuissa vesistöissä kalojen elinympäristövaatimuksiin perustuen.”

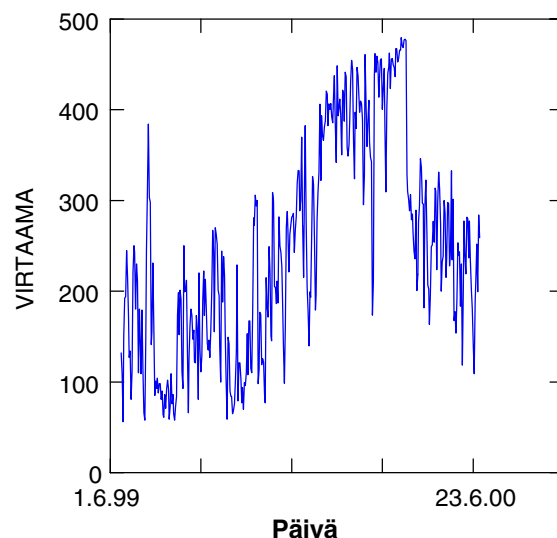
2. Aineisto ja menetelmät

2.1. Tutkimusalue

Kuhien liikkeitä seurattiin Oulujoen Pyhäkosken patoaltaassa, Pyhäkosken ja Pällin voimalaitoksen välisellä alueella. Pyhäkosken patoaltaan pituus on 8680 m. Allas on yläosastaan Pällin voimalaitoksen alapuolelta suhteellisen kapea (<100 m) jokimainen allas leventyen vähitellen alavirtaan Pyhäkosken voimalaitoksen yläpuoliseksi järvi-mäiseksi laajentumaksi (leveys yli 300 m) (ks., kuva 8). Vesisyvyys on altaan yläosan jokimaisessa osassa yleisesti alle 10 metriä (maksimi 12,3 m) ja allas syvenee alavirtaan Pyhäkosken voimalaitokselle (keskisyvyys yli 15 metriä, maksimi 34,8 m). Pyhäkosken patoaltaan lisäksi tutkimusalue ulottui myös kahteen alempaan patoaltaaseen, Montan ja Pyhäkosken voimalaitoksen väliselle alueelle sekä 500 metriä Montan voimalaitoksen alapuolelle. Näillä Pyhäkosken voimalaitoksen alapuolisilla alueilla kuhia tarkkailtiin harvemmin kuin itse Pyhäkosken altaassa.

Pyhäkosken patoaltaan virtaamaa säädelään vesivoimantuotantoa varten. Vuorokauden keskivirtaamat altaan yläosassa, Pällin voimalaitoksella, vaihtelivat tutkimusjaksolla (10.6.1999-20.6.2000) välillä $58\text{--}479\text{ m}^3\text{ s}^{-1}$ (keskiarvo $250\text{ m}^3\text{ s}^{-1}$, kuva 1). Lyhytaikasaätö aiheuttaa nopeita muutoksia virtaamiin myös vuorokauden sisällä. Vuorokauden aikana ylimmän ja alimman virtaaman välinen ero Pyhäkosken altaassa voi olla moninkertainen.

Pyhäkosken patoaltaan kalastossa yleisimpiä lajeja ovat särki *Rutilus rutilus* (L.), ahven *Perca fluviatilis* L., kiiski *Gymnocephalus cernuus* (L.), hauki *Esox lucius* L., made *Lota lota* L. ja muikku *Coregonus albula* L.



Kuva 1. Vuorokauden keskivirtaamat ($\text{m}^3\text{ s}^{-1}$) Oulujoen Pällin voimalaitoksella 1.6. 1999-30.6. 2000.

2.2. Kuhat

Tutkimusta varten pyydystettiin 20 kuhaa rysällä Oulujärvestä. Kuhien keskipituus oli 51,5 cm (vaihteluväli 44,5-59,4 cm) ja keskipaino 1640 g (1005-2619 g). Kuhat kuljetettiin hapetetussa kalankuljetukseen tarkoitetussa pasassa Pyhäkosken altaaseen rakennettuun sumppuun. Kuhien annettiin toipua kuljetuksesta muutaman tunnin, jonka jälkeen ne merkittiin radiolähettimillä. Merkinnäissä kalat nukutettiin (MS-222). Merkintä tehtiin pitämällä kalan kiduksia koko toimenpiteen ajan laimeassa nukutusliuoksessa. Radiolähetin sijoitettiin kuhan ruumiinonteloon. Lähettiminä käytettiin ATS:n (Advanced Telemetry Systems) sylinterinmuotoisia lähettämiä (malli 5955), joiden paino on 20 grammaa, pituus 46 mm ja leveys 17 mm. Lähetin on varustettu joustavalla antennilla ja lähettimen pariston kestoksi valmistaja lupaa 375 päivää. Kullakin lähettimellä oli oma taajuutensa väliltä 42-43.9 MHz. Lähetin sijoitettiin kalan ruumiinonteloon seuraavasti: ensin tehtiin viilto kalan rintaevän taakse, tämän jälkeen työnnettiin ontto neula kalan ruumiinontelon takaosasta viiltokohtaan. Neulan avulla vedettiin antenni viiltokohdasta ruumiinonteloon ja edelleen ulos neulan tekemästä reiästä. Samalla lähetin painettiin ruumiinonteloon. Viiltohaavaan laitettiin tikki haavan sulkeutumisen parantamiseksi ja sen suojaksi laitettiin kalan omaa limaa. Antenni lyhennettiin kalan pyrstön tasolle. Kalan merkintä kesti muutamia minutteja. Heti kun kuhat toipuivat ne vapautettiin merkintäpaikalleen, noin 3,5 kilometriä Pyhäkosken voimalaitoksesta ylävirtaan 8.6.1999. Veden lämpötila oli 12-13 °C.

2.3. Fysikaaliset mittaukset ja virtausmallinnus

Pyhäkosken patoaltaan virrannopeudet, vesisyvyydet ja pohjan topografia mitattiin kumiveneeseen sijoitetulla mittauslaitteistolla (esim. Kylmänen ym. 2001). Kemijoki Oy:n mittausryhmä mittasi pohjan topografian kaikuluotaimella, jonka anturi on painekammion avulla nostettu kuva vedenpinnan yläpuolelle mahdollistaen mittaukset myös matalassa vedessä (kuva 2). Paikkatieto määritettiin differentiaali GPS-laitteistolla (Trimble 4000 SSI). Kaikki mittaustieto yhdistettiin paikkatietoon reaaliajassa ja tallennettiin laitteiston kannettaviin tietokoneisiin. Vedenkorkeudet mitattiin GPS-laitteistolla. Virtauslinjat virtausmallin soveltamista varten mitattiin veneeseen asennetulla ADCP™ (Acoustic Doppler Current Profiler, Rd Instruments, www.adcp.com) virrannopeusmittarilla.

Mittaustietojen perusteella mallinnettiin Pyhäkosken altaan virrannopeudet eri virtaamatilanteissa. Virtausmallinnus tehtiin SMS-(Surface-Water Modeling System) graafisessa käyttöliittymässä kaksidimensionaalisella RMA2 (US Army Corps of Engineers) virtausmallilla. Mallilla laskettiin virtaustilanteet 30, 70, 120, 200, 300, 400, 500 ja 700 m³ s⁻¹. Mallinnuksen lähtöaineistona käytettiin Pällin voimalaitoksen juoksu-tustietoja tuntiarvoina sekä Pyhäkosken voimalaitoksen yläveden korkeustietoja.



Kuva 2. Kemijoki Oy:n mittaustekniikalla varustettu kumivene mittaamassa patoaltaan pohjan topografiaa (kuva Kemijoki Oy).

2.4. Kuhien seuranta

Kuhien seuranta aloitettiin 9.6.1999 ja lopetettiin 20.6.2000. Kuunteluun käytettiin ATS-R2000 vastaanotinta. Paikannus tapahtui veneestä. Aluksi paikannus tehtiin silmukka-antennilla, jonka jälkeen kuhan tarkka paikka määritettiin vedenalaisella antennilla. Sijaintipaikka merkittiin mahdollisimman tarkasti peruskartan suurennoksille. Kuhan sijaintipaikalta mitattiin maastossa vesisyvyys ja pintavirrannopeus (1 m), jotta tuloksia voitiin verrata virtausmallista saatuihin tuloksiin. Havaitut vesisyvyydet ja virrannopeudet vastasivat melko hyvin mallinnuksen antamia arvoja (korrelaatiokertoimet 0,8, $p < 0,001$). Talvella jäät estivät veneellä liikkumisen (15.11.1999-10.4.2000). Tällöin paikannus tehtiin silmukka-antennilla peilaamalla kuhan sijainti useammasta paikasta rannalta ja jäältä.

Kuhat paikannettiin kesällä (9.6.1999-7.9.1999) joka arkipäivä. Tästä eteenpäin paikannus tehtiin viikon välein.

Pyhäkosken altaan alapuolelle laskeutuneiden kuhien sijaintia ja liikkumista seurattiin koko tutkimuksen ajan 1-2 viikon välein paikantamalla kuhien sijainti silmukka-antennilla rannalta. Tarkkailu alue ulottui noin 500 metriä Montan voimalaitoksen alapuolelle.

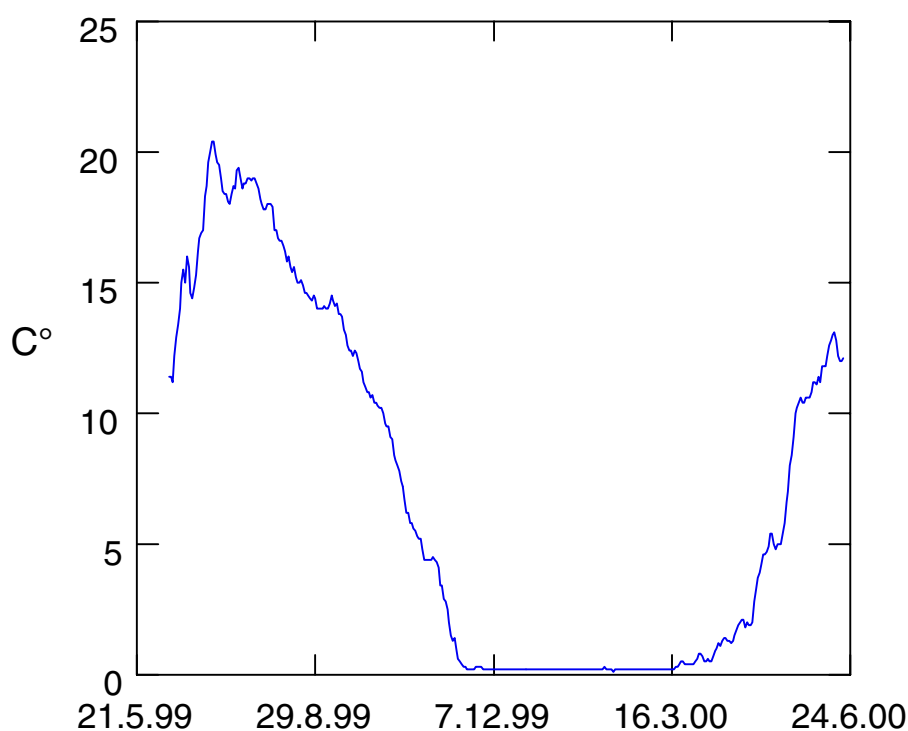
2.5. Aineiston käsittely

Kuhien sijaintipaikat digitoitiin Arch View-ohjelmassa peruskartoille, josta saatiin sijaintipaikkojen koordinaatit. Kuhien liikkumat etäisyydet laskettiin samassa ohjelmassa sijaintipaikkojen välisenä lyhimpänä etäisyytenä joki uomaa pitkin.

Kuhien sijaintipaikkojen vesisyvyys ja virrannopeustietojen hakemiseksi käytettiin erillistä ohjelmaa (Lahti 2000). Ohjelmaan syötettiin havaintopaikan koordinaatit sekä kalan havaintohetken virtaamat (10-15 minuutin arvoista) eri osissa Pyhäkosken alasta.

Virrannopeuksien ja vesisyvyyksien saatavilla olevuudet laskettiin painottamalla eri virtaamatilanteiden (30, 70, 120, 200, 300, 400, 500 ja 700 m³ s⁻¹) saatavilla olevuuksia kalan havaintohetkien virtaamilla. Saatavilla olevuudet laskettiin erikseen kesälle (28.5-7.9), syksyille (7.9-1.11), talvelle (1.11-12.4) ja keväälle (12.4-28.5). Vuodenajat jaettiin termisten vuodenaikojen mukaan ilmatieteen laitoksen tietojen perusteella. Elinympäristön soveltuvuutta kuhalle havainnollistettiin preferenssikäyrillä. Käyrien laskennassa vesisyvytydet jaettiin 2 metrin luokkiin (1, 3, 5, jne.) ja virrannopeudet 5 cm s⁻¹ (0,5, 0,10, 0,15 jne.) luokkiin. Tämän jälkeen kuhien käyttämä suhteellinen osuus jaettiin sitä vastaavan luokan saatavilla olevuuden suhteellisella osuudella. Käyrä muotoilussa käytettiin DWLS-tekniikkaa (esim. Systat Inc. 1992) ja arvot standardoitiin välille 0 (huonoin) ja 1 (paras).

Oulujoen veden päivittäiset lämpötilatiedot saatiin Montan voimalaitokselta (kuva 3).



Kuva 3. Päivittäiset vedenlämpötilat Oulujoella tutkimuksen aikana. Lämpötila on mitattu Montan kalanviljelylaitoksen tulovedestä.

3. Tulokset ja tarkastelu

3.1. Alaslaskeutuminen

Vuoden seurannan jälkeen 20:stä kuhasta neljä liikkui istutusalueellaan Pyhäkosken ja Pällin voimalaitosten välillä (taulukko 2). Kaksi kuhista kalastettiin tutkimusjakson aikana ja yksi tutkimusjakson jälkeen (12.3.2001). Kolmesta saaliiksi joutuneesta kuhasta kaksi pyydettiin talviverkoilla Montan voimalaitoksen alapuolelta eli ne olivat laskeutuneet alas kahdesta voimalaitoksesta. Tutkimusjakson jälkeen pyydetty kuha oli viettänyt Oulujoessa noin 21 kuukautta merkinnän jälkeen ja palautustietojen mukaan sen paino oli lisääntynyt 1 kilolla ja pituus 6 cm. Kolmas kuha saatiin suullisen tiedon mukaan kesällä Pyhäkosken altaasta. Saaliiksi saadut kuhat olivat hyväkuntoisia, eivätkä vaikuttaneet kärsineen merkinnästä tai laskeutumisesta alas voimalaitoksesta.

Vuoden seurannan jälkeen kolme radiolähtettimestä oli liikkumattomina heti Pyhäkosken voimalaitoksen alapuolella, eli todennäköisesti nämä kuhat olivat kuolleet laskeutuessaan alas Pyhäkosken voimalaitoksesta. Kuusi kuhista liikkui aktiivisesti Pyhäkosken voimalaitoksen alapuolisella tarkkailualueella, näistä neljä Pyhäkosken ja Montan voimalaitosten välillä ja kaksi Montan voimalan alapuolella. Neljä kuhista katosi seurannasta sen jälkeen, kun niitä oli tarkkailtu Pyhäkosken voimalaitoksen alapuolella. Todennäköisesti kuhat jatkoivat laskeutuivat tarkkailualueen alapuolelle kohti Merikosken voimalaitosta ja mahdollisesti merialuetta. Juuri näistä kuhista yksi saatiin saaliiksi talvella 2001 Montan voimalaitoksen alapuolelta tarkkailualueelta, eli se oli myöhemmin palannut tutkimusalueelle takaisin. Yksi kuha katosi Pyhäkosken altaasta kesken tarkkailun lokakuun alussa 1999. Sitä ei havaittu Pyhäkosken voimalaitoksen alapuolella, eikä sen kohtalosta ole tietoa.

Aikuisista kuhista vuoden jälkeen Pyhäkosken altaaseen oli jäänyt vain 4 kuhaa (20 % istutetuista), jota ei kalanhoidon kannalta voida pitää hyvänä tuloksena. Jos tarkastellaan koko seuranta aluetta, joka käsitti patoallasalueen aina Montan voimalaitoksen alapuolelle, on tilanne huomattavasti parempi. Puolet Pyhäkosken altaaseen istutetuista aikuisista kuhista liikkui tällä alueella vuoden kuluttua istutuksesta.

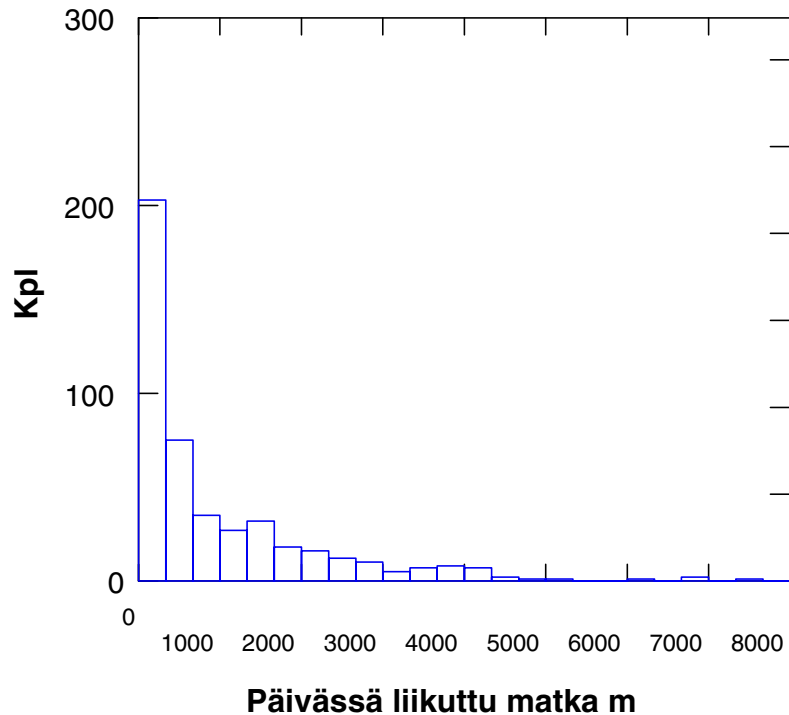
Taulukko 2. Radiolähettimin merkittyjen kuhien tilanne noin vuoden kestäneen seurannan päättyessä 20.6.2000.

Kuhien tilanne:	Kpl
Seurannassa Pyhäkosken altaassa	4
Kalastettu (vain toinen merkki palautettu)	2
Liikkumattomana Pyhäkosken voimalaitoksen alla	3
Liikkuu aktiivisesti Pyhäkoski-Montta välillä	4
Liikkuu aktiivisesti Montan voimalaitoksen alapuolen tarkkailualueella	2
Kadonnut seurannan jäkeen Pyhäkosken alapuolen jokialueelta, eli todennäköisesti laskeutunut seurantaalueen alapuolelle	4
Kadonnut, syytä ei tiedetä	1
Yhteensä	20

Kuhien alaslaskeutuminen ajoittui pääasiassa kahteen ajankohtaan. Kahdeksan kuhaa laskeutui Pyhäkosken voimalaitoksen alapuolelle melko nopeasti vapauttamisen jälkeen (12-23.6, 3-14 päivää seurannassa). Kuusi kuhaa laskeutui loppukesästä ja syksyllä (16.8.-19.10, 68-132 päivää seurannassa). Pyhäkosken altaaseen jääneet viisi kuhaa viettivät koko talven altaassa, yksi kuhista laskeutui alavirtaan alkukesästä (31.5, 357 päivää seurannassa).

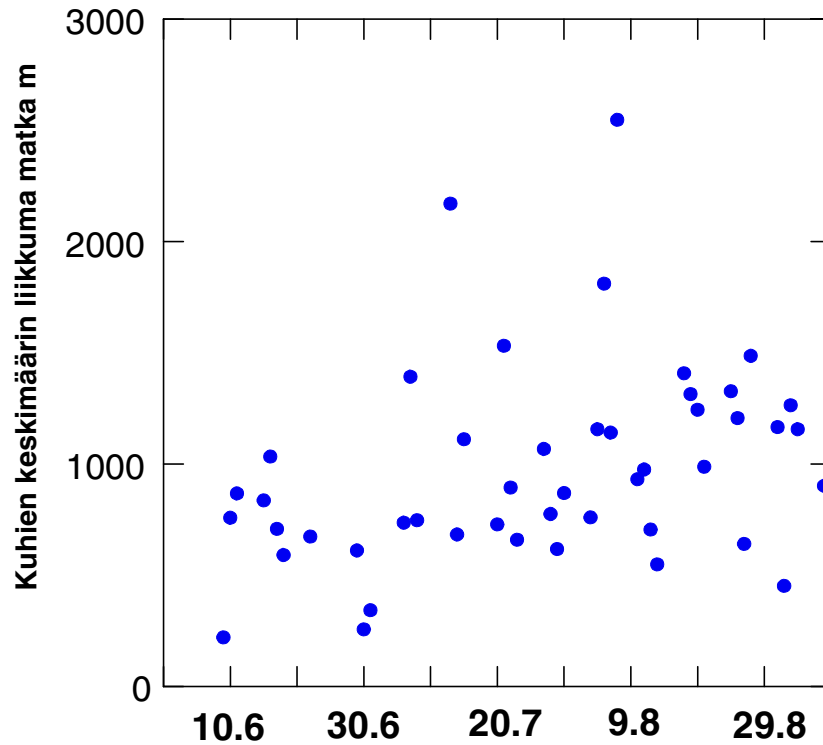
3.2. Kuhien päivittäiset liikkeet kesällä

Kuhien vuorokaudessa liikkumat matkat Pyhäkosken altaassa vaihtelivat paikallaan pysymisestä lähes koko voimalaitosaltaan päästä päähän uimiseen vuorokauden aikana (maksimi hieman yli 7600 metriä, kuva 4). Päivässä liikuttujen matkojen mediaani oli 448 metriä (keskiarvo 947 metriä, keskihajonta 1217). Kuhat liikkuivat kesällä siis melko vilkkaasti Pyhäkosken altaassa. Aiemmissä töissä joissa on seurattu kuhien liikkeitä tulokset kuhien liikkumisaktiivisuudesta ovat vaihdelleet eri olosuhteiden ja eri populaatioiden välillä. Nybergin ym (1996) ryhmämerkkitutkimuksen mukaan kuhat liikkuivat kasvukaudella Ruotsalaisessa Hjälmaren järven alueella. Ficklingin & Leen (1985) mukaan kuhapopulaatio englantilaisessa kanavassa muodostui kahdesta osasta: suppealla alueella pysyttelevistä yksilöistä ja liikkuvista yksilöistä. Koedin ym (2000) mukaan radiolähettimin merkittyjen kuhien vuoden aikana liikkuma matka tanskalaisessa joessa vaihteli välillä 47-226 km. Jepsenin ym. (1999) radiolähettintutkimuksen perusteella kuhan maksimissaan liikkuma matka pienessä tanskalaisessa patoaltaassa oli 11,9 km 72 tunnin aikana. Kelson (1978) mukaan valkosilmäkuhan (*Stizostedin vitreum* (Mitchill)) vuorokaudessa liikkuma matka vaihteli välillä 1,6-7,9 km ja Ferguson & Derhsenin mukaan lajin vuorokaudessa liikkuma matka oli maksimissaan 9,1 km. Tässä työssä kuhat liikkuivat kesällä aktiivisesti eri puolilla Pyhäkosken patoallasta. Kesän osalta voimme yhtyä Jepsenin ym. (1999) johtopäätökseen, jonka mukaan aikuinen kuha on aktiivisesti liikkuva kala.



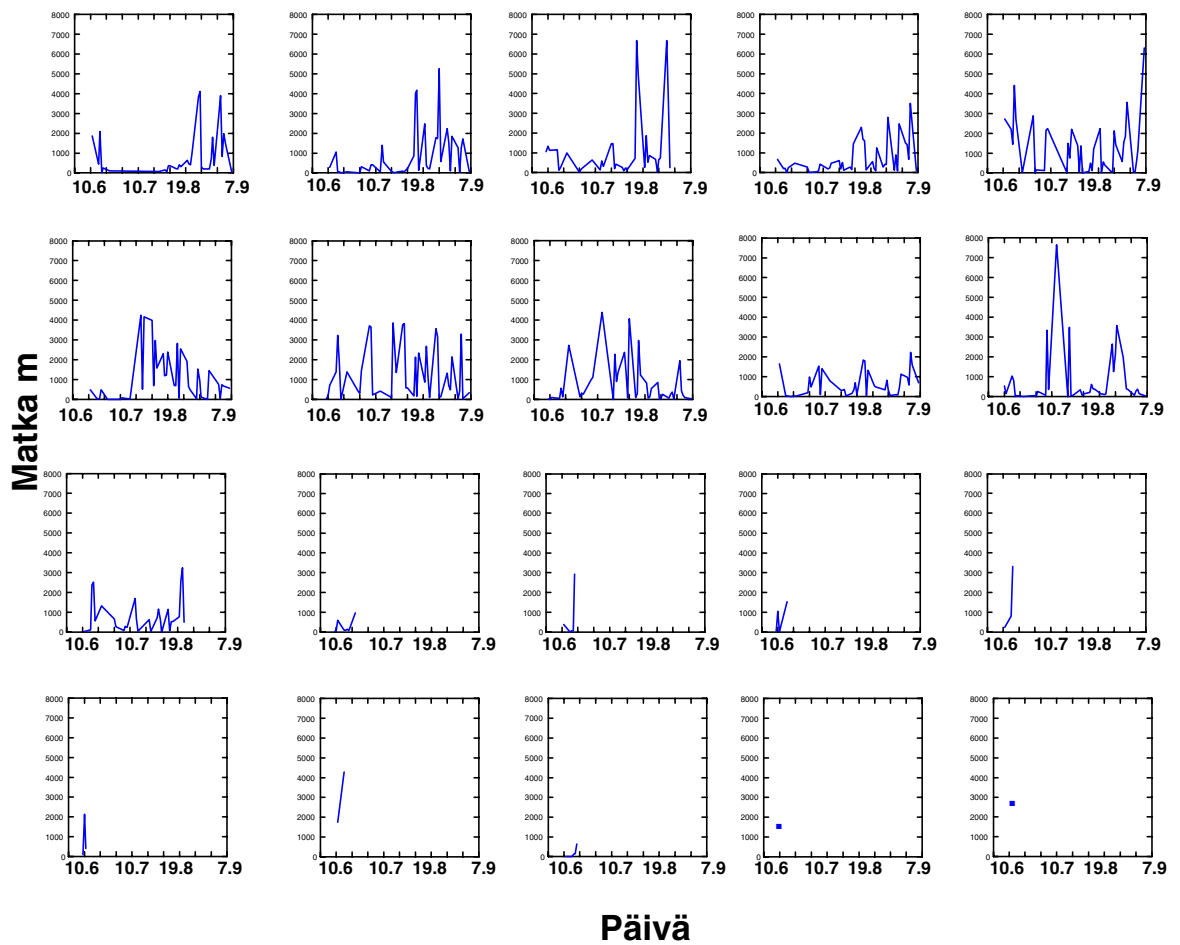
Kuva 4. Kuhien vuorokaudessa liikkumien matkojen jakautuminen.

Kesäkuun alussa kuhia merkittäessä ne eivät havaintojen mukaan olleet täysin kutuvalmiita, mutta olivat selvästi valmistautumassa kutuun. Pyhäkosken altaassa osa kuhista muutti käyttäytymistään kesäkuun puolestavälistä aina heinäkuun alkuun asti liikkumalla hyvin suppealla alueella. Tämä näkyy kuhien keskimäärin vuorokaudessa liikkumissa välimatkoissa, jotka ovat alhaisia erityisesti kesäkuun lopussa (kuva 5). Todennäköisesti tämä tapahtui juuri kututapahtuman vuoksi. Oulujärvessä, josta kuhat pyydettiin, kutuaika ajoittuu juuri kesäkuun lopulle tai heinäkuun alkuun (Sutela ym. 1999). Kuhista koiras jää kudun jälkeen vartioimaan kutupesää (Sonesten 1991). Kuha suosii kutupaikoillaan juuria, kiviä ja muita rakenteita (Craig 1987). Kudun onnistumisesta Pyhäkosken altaassa ei seurattu, mutta periaatteessa Pyhäkosken altaasta löytyy soveltuvia kutupaikkoja. Pullonkaulaksi kuhapopulaation luonnollisessa lisääntymisessä voi muodostua poikasten selviytyminen ensimmäisestä talvesta. Kuhanpoikasten kuolleisuuden ensimmäisenä talvena on todettu riippuvan poikasten koosta, suuremmilla poikasilla on paremmat mahdollisuudet selvitä talvesta kuin pienikasvuilla (Huusko & Eironen 1995, Lappalainen ym. 2000). Jos koosta riippuvan kuolleisuuden aiheuttajana on energiavarastojen riittävyys talven aikana, tämä vaikutus voi korostua patoaltaassa, koska patoaltaan vesi on talvella järvivettä kylmempää (kuva 3). Virtaavin osa Pyhäkosken altaasta säilyy talvella yleensä avoimena, jolloin vesi paikoin jopa alijäähtyy. Oulujokeen on vuosittain istutettu pieni määrä kesänvanhoja kuhia, joiden selviytymistä ei kuitenkaan ole tutkittu.



Kuva 5. Kaikkien merkittyjen kuhien liikkeistä laskettu keskimäärin vuorokaudessa liikuttu matka Pyhäkosken altaassa 9.6.-7.9.2000.

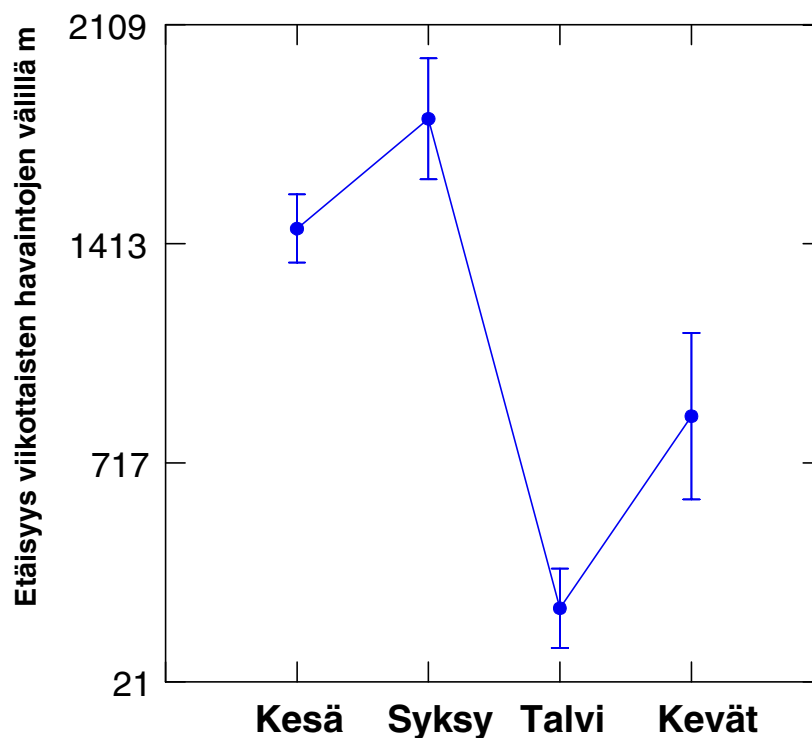
Kuvassa kuusi on esitetty eri 20 kuhayksilön päivittäiset liikkeet Pyhäkosken altaalla. Päivittäin liikuttu matka ovat varsin vaihtelevia. Joillakin yksilöillä liikkeen määrä lisääntyy loppukesää kohden. Selkeää selittävää tekijää päivittäisten liikkeiden pituudelle ei löydetty; korrelaatiokertoimet havaintopäivän keskimääräisen virtaaman, edellisen päivän virtaamamuutosten (maksimi ja minimivirtaamien vaihteluväli) tai kesäajan veden lämpötilan (vaihteluväli 11,2- 20,4 C°, keskiarvo 16,5 C°) kanssa olivat pieniä ja eivätkä tilastollisesti merkitseviä. Myöskään kalan koko ei vaikuttanut päivittäisten liikkeiden pituuteen. Mahdollisesti kuhan liikkeet kutuajan ulkopuolella kesällä liittyivät enemmän sopivan ravinnon hankintaan kuin fysikaalisiin muuttujiin (ks. myös Fickling & Lee 1985, Koed ym. 2000). Aiemmissä töissä Fickling & Lee eivät havainneet yhteyttä kuhan liikkeiden ja koon välillä. Koedin ym. (2000) mukaan kuhan koolla ei ollut vaikutusta tutkimuksen aikana liikuttu matkan pituuteen eikä joen virtaama selittänyt kuhien liikkeiden vaihtelua. Sen sijaan Jepsen ym. (1999) havaitsivat positiivisen korrelaation kuhan koon ja sen tutkimuksen aikana liikkuman matkan välillä.



Kuva 6. Etäisyydet päivittäin joka arkipäivä havainnoitujen kuhien (20 kpl) sijaintipaikkojen välillä 9.6-7.9.2000.

3.3. Liikkeet eri vuodenaikoina

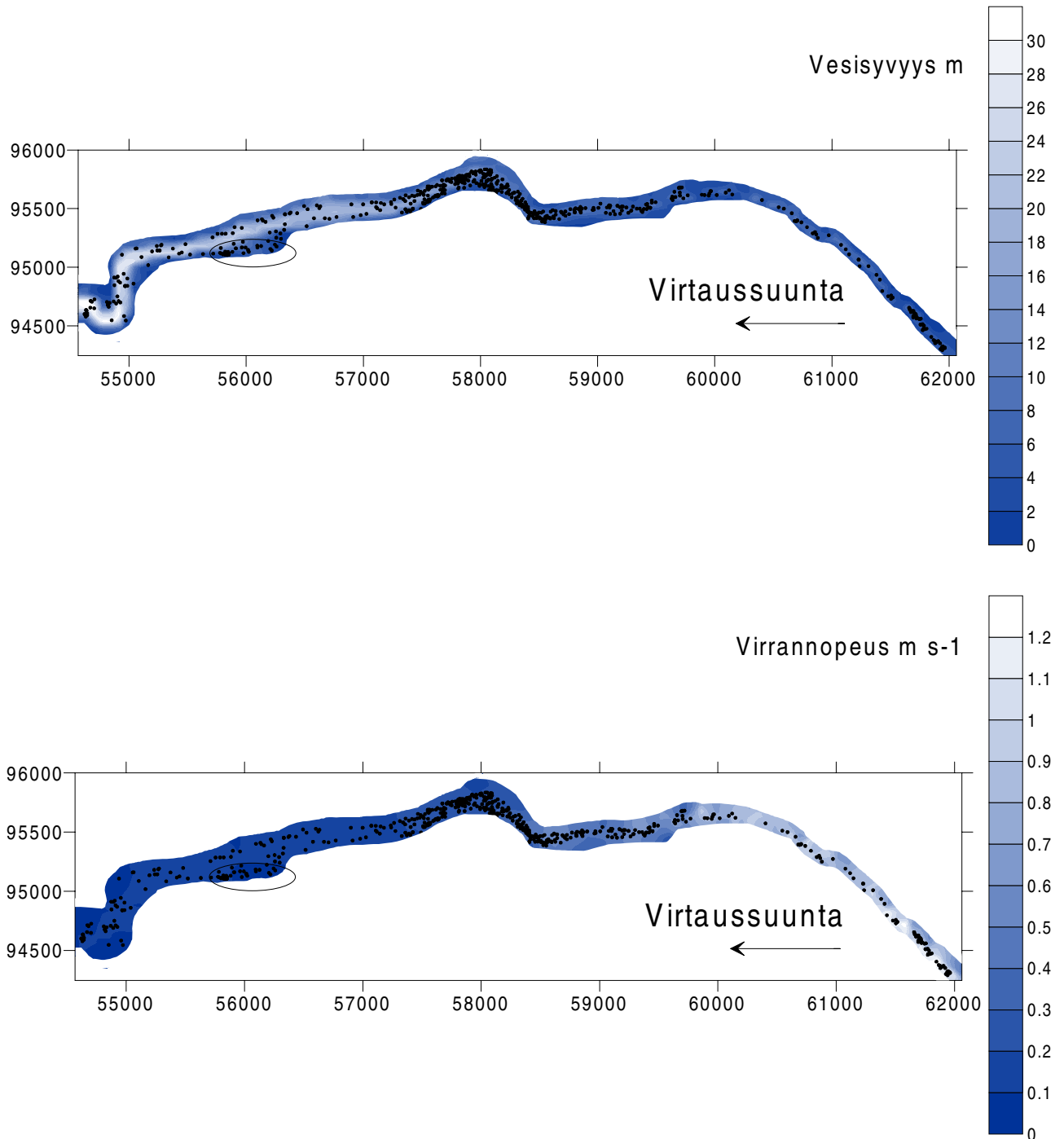
Kuhien liikkumista Pyhäkosken altaassa vertailtiin viikoittaisten havaintojen perusteella. Etäisyydet viikoittaisten havaintopaikkojen välillä lisääntyivät kesästä syksyyn (kuva 7). Todennäköisesti kuhat alkoivat hakeutua talvehtimiseen soveltuville alueille, kuten on havaittu myös aiemmissa töissä (esim. Deelder & Willemsen 1964, Leh-tonen & Toivonen 1988, Sonesten 1991). Talvella kuhan liikkeet vähenivät selvästi, mutta lisääntyivät jälleen keväällä (kuva 7).



Kuva 7. Etäisyydet viikoittain havainnoitujen kuhien sijaintipaikkojen välillä eri vuodenaikoina Pyhäkosken altaassa.

3.4. Elinympäristönvalinta

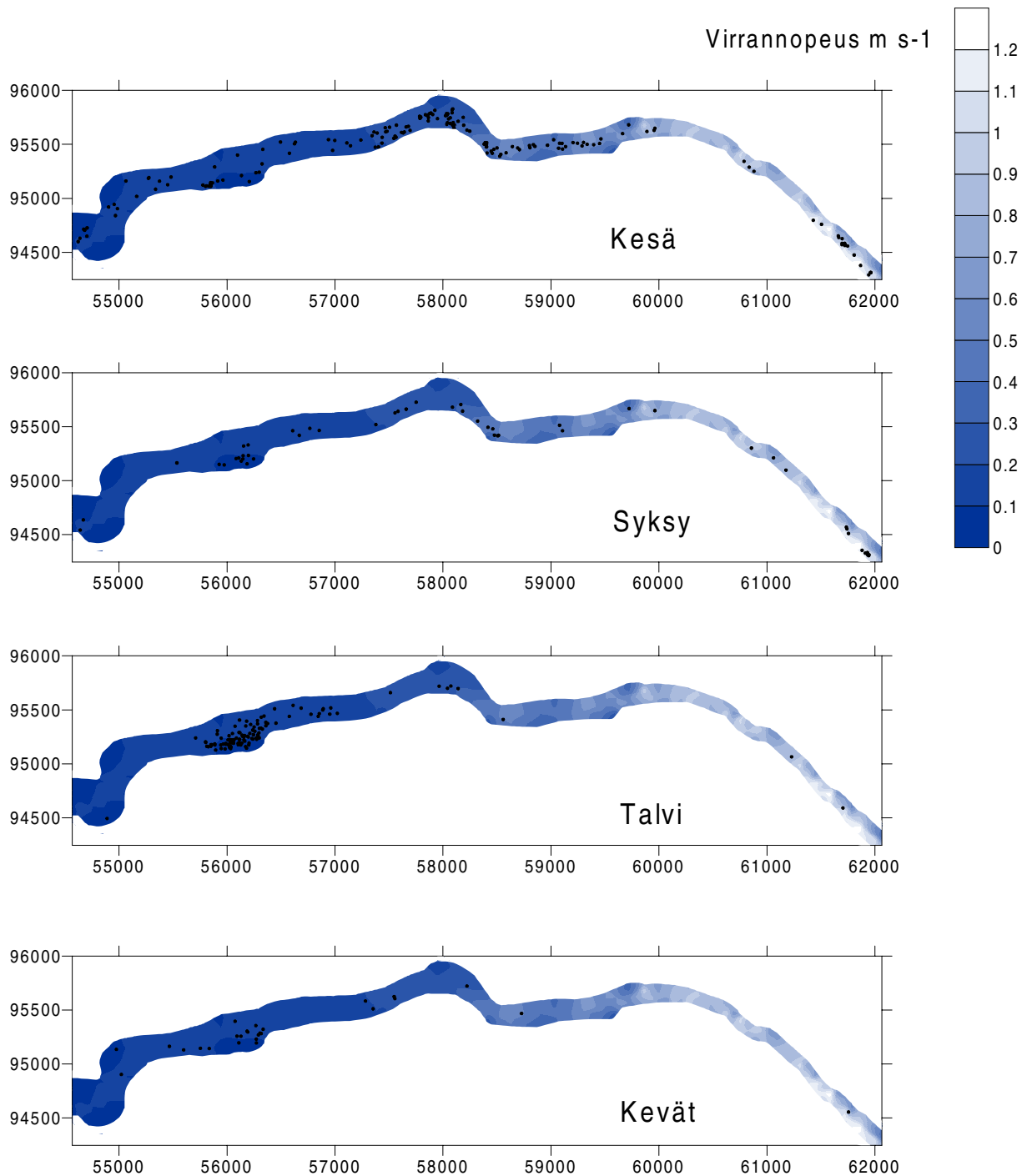
Kesällä kuhat liikkuvat koko patoaltaan alueella (kuva 6). Pääosa havainnoista paikannettiin kuitenkin altaan keskivaiheille, jossa allas jokimaisen yläosan jälkeen on laajentunut leveämmäksi ja vesisyvyys kasvaa verrattuna altaan yläosan virtaavimpaan jaksoon. Alue, jossa havaittiin kuhien kutukäyttäytymistä sijoittui altaan alaosaan suhteellisen matalaan alueeseen jossa myös virrannopeudet ovat pieniä (kuva 8).



Kuva 8. Kuhien sijaintipaikat Pyhäkosken voimalaitosaltaassa 9.6.1999-7.9.1999. Ylemmässä kuvassa asteikko kuvaa vesisyvyyttä ja alemmassa virrannopeuden vaihtelua. Kuvaan piirretty ellipsi osoittaa oletetun kutupaikan sijainnin.

Viikoittaisten havaintojen perusteella kuhien käyttämä elinalue Pyhäkosken altaassa muuttui vuodenaikojen välillä. Kesällä kuhat käyttivät koko patoallasta elinalueenaan, mutta pääosa havainnoista keskittyi altaan keskiosaan (kuva 9). Syksyllä kuhahavain-

not alkoivat siirtyä kohti altaan alaosaan ja keskittyivät talvella pääosin suppealle alueelle altaan alaosaan. Keväällä havainnot näyttivät jälleen hajoavan talvehtimisalueelta altaan eri osiin. Aiemmissä töissä järvissä ja merialueella kuhan on havaittu vaeltavan talvehtimaan pois sen normaalista kesähabitaatista (esim. Lind 1977, Lehtonen 1983, Lehtonen ja Toivonen 1988, Sonesten 1991). Koed ym (2000) liittivät kuhan vaellukset syksyllä alavirtaan kuhan ravintotilanteeseen: kuhat siirtyivät pois alueilta joissa ei ollut sopivaa ravintokalaa. Tässä työssä muutos kuhan elinympäristön valinnassa liittyy myös fyysisen elinympäristön vaihtoon: kuhat siirtyivät talvehtimaan alueelle jossa on alhaisemmat virrannopeudet ja riittävän syvää vettä. Kuhien liikkumien matkojen perusteella ne olivat aktiivisia syksyllä, jolloin myös osa kuhista laskeutui Pyhäkosken altaasta alavirtaan, mutta talvella kylmässä vedessä liikuttu matkat olivat hyvin suppealla alueella.

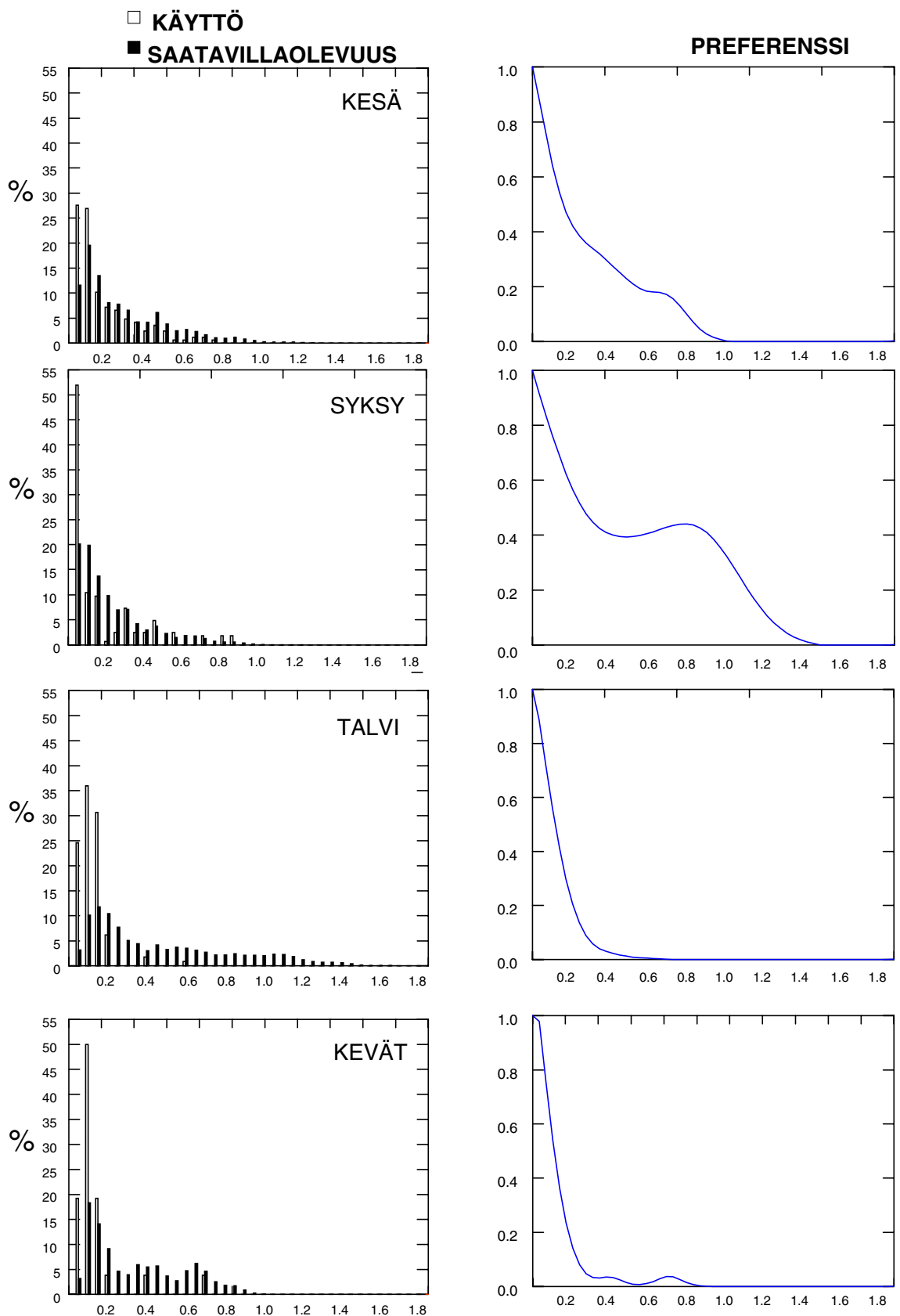


Kuva 9. Kuhien sijainnit Pyhäkosken voimalaitosaltaassa eri vuodenaikoina 9.6.1999-20.6.2000 viikottaisiin havaintoihin perustuen.

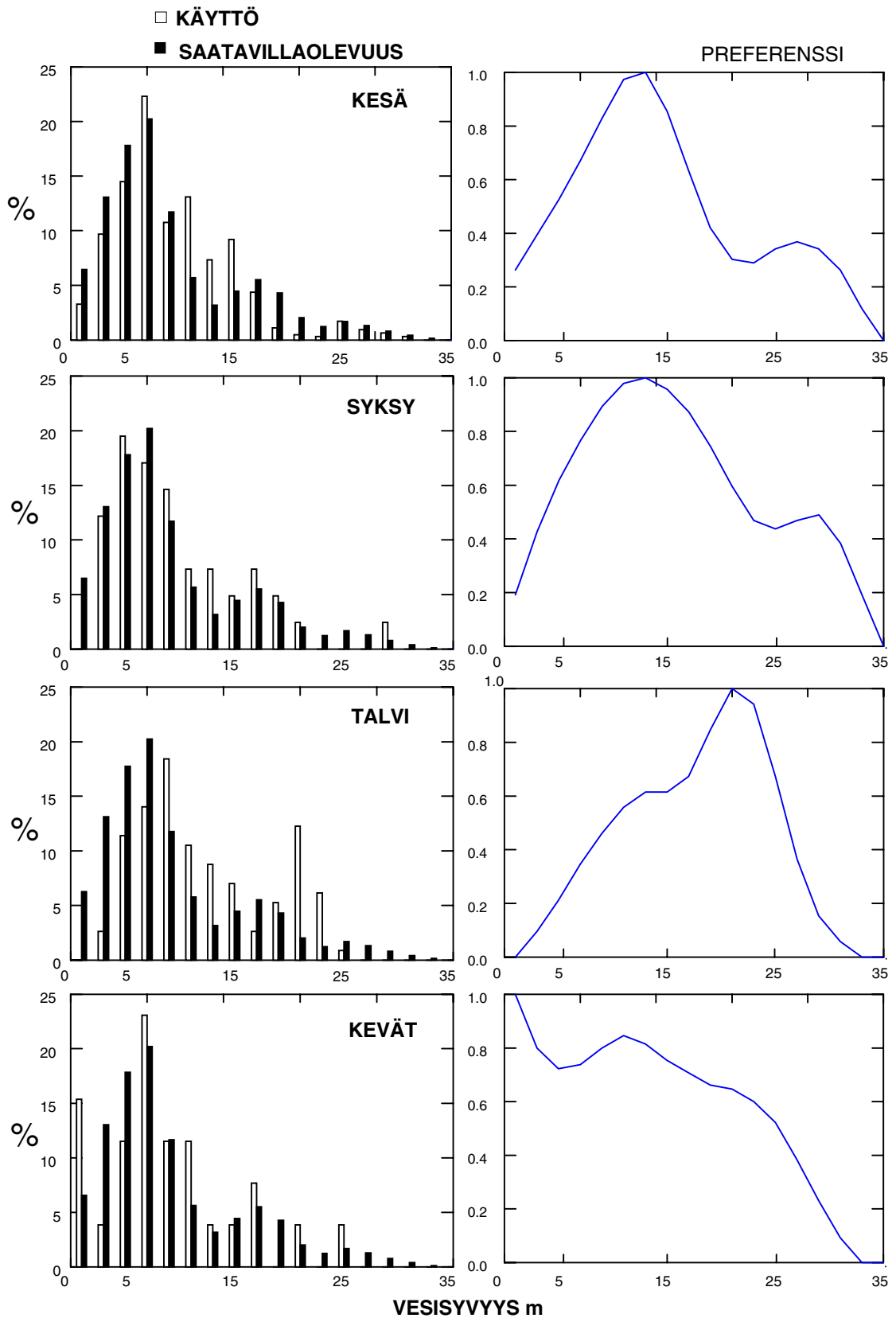
Kuhan fyysisen elinympäristön (virrannopeudet, vesisyvyydet) valinnasta tiedetään kutualueen olosuhteita lukuun ottamatta hyvin vähän, kuhan tiedetään siirtyvän syväteisiin talvehtimaan (ks. Craig 1987, Sonesten 1991). Tässä työssä kuhat suosivat alhaisia virrannopeuksia kaikkina vuodenaikoina (kuva 10). Kesällä preferoidut virrannopeudet (preferenssiarvo yli 0,5) sijoittuivat alle 20 cm s^{-1} virrannopeuksiin. Syksyllä, jolloin myös kuhien liikkuminen näytti lisääntyvän, käytettyjen ja suosittujen vir-

rannopeuksien alue laajeni (kuva 10). Talvella suosittujen virrannopeuksien alue oli kapeimmillaan ($0-15 \text{ cm s}^{-1}$), mutta näytti keväällä jälleen hieman laajenevan (kuva 10).

Kesällä kuhat käyttivät vesisyvyyksiä aina syvimpiin syvyysluokkiin saakka, mutta preferoiduimmat syvyysluokat sijoituivat 5-17 metrin välille (kuva 11). Syksyllä preferoidut syvyysluokat levenivät laajemmalle alueelle ja siirtyivät talvella selvästi syvemmälle, hieman yli 20 metriin. Keväällä syvyyspreferenssi näytti hajoavan lähes koko syvyysalueelle. Kuhalle ei ole aiemmin esitetty preferenssikäyriä. Sen on kuitenkin havaittu siirtyvän talvehtimaan syvään veteen (Sonesten 1991).



Kuva 10. Virrannopeuksien saatavilla olevuudet ja kuhien käyttämät virrannopeudet Pyhäkosken voimalaitosaltaassa sekä preferenssikäyrät eri vuodenaikoina.



Kuva 11. Vesisyvyyksien saatavilla olevuudet ja kuhien käyttämät virrannopeudet Pyhäkosken voimalaitosaltaassa sekä preferenssikäyrät eri vuodenaikoina.

Kirjallisuus

- Colby, J. & Lehtonen, H., 1994: Suggested causes for the collapse of zander, *Stizostedion lucioperca* (L.), populations in northern and central Finland through comparisons with North American walleye, *Stizostedion vitreum*, (Mitchill). *Aqua Fennica* 24., 9-20.
- Craig, J.F. 1987. The biology of perch and related fish. London: Croom Helm.
- Ferguson, R.G. & Derksen, A.J. 1971. Migrations of adult and juvenile walleyes in the Great Lakes. *Journal of Fishery Research Board of Canada* 28, 17-21.
- Fickling, N.J. & Lee, R.L.G. 1985. A study of the movements of the zander, *Lucioperca lucioperca* L., population of two lowland fisheries. *Aquaculture and Fisheries Management* 16, 377-393.
- Hokanson, K.E.F., 1977: Temperature requirements of some percids and adaptations to the seasonal temperature cycle. *Journal of Fishery Research Board of Canada* 34, 1524-1550.
- Deelder, C.L., Willemsen, J. 1964: Synopsis of biological data on the pike-perch *Lucioperca lucioperca* (Linnaeus) 1958. *FAO Fish. Synopsis*, 28, 60 pp
- Hokanson, K.E.F. 1977: Temperature requirements of some percids and adaptations to the seasonal temperature cycle. *Journal of Fisheries Research Board of Canada* 34, 1524-1550.
- Huusko, A. & Eironen, K. 1995. Survival of pike-perch (*Stizostedion lucioperca*) during their first winter: laboratory studies. Percis II, Second International Percid Fish Symposium, Vaasa, Finland, August 21-25, 1995. Symposium program, Abstracts. Riistan ja kalantutkimus, Kala- ja riistaraportteja 34, 46. Finnish Game and Fisheries Research Institute, Helsinki, Finland.
- Jepsen, N., Koed, A., & Økland, F. 1999. The movements of pikeperch in a shallow reservoir. *J. Fish Biol.* 54, 1083-1093.
- Koed, A., Mejlhede, P., Balleby, K. & Aarestrup, K. 2000. Annual movement and migration of adult pikeperch in a lowland river. *Journal of Fish Biology* 57, 1266-1279.
- Kylmänen, I, Huusko, A. Vehanen, T. & Sirniö, V.-P. 2001. Physical habitat mapping by the ground penetrating radar. Proceedings of the First International Symposium on GIS in Fishery Sciences, March 2-4, 1999, Seattle Washington, USA. (painossa)
- Lahti, M. 1999. Elinympäristömalli vesistöjen kunnostusten suunnittelussa. Diplomityö. Helsingin Teknillinen Korkeakoulu, vesitalouden laboratorio.
- Lahti, M. 2000. Pälli-Pyhäkoski virtauslaskennat. Fortum, Ympäristö ja kemia. Moniste.
- Lappalainen, J., Erm, V., Kjellman, J. & Lehtonen, H. 2000. Size-dependent winter mortality of age-0 pikeperch, *Stizostedion lucioperca*, in Pärnu Bay, the Baltic sea. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 57, 451-458.
- Leach, J.H., Johnson, M.G., Kelso, J.R.M., Hartman, J. Numann, W. & Entz, B. 1977. Responses of percid fishes and their habitats to eutrophication. *J. Fish. Res. Bd. Can.* 34, 1964-1971.
- Lehtonen, H. 1983. Stocks of pike-perch (*Stizostedion lucioperca*) and their management in the Archipelago Sea and Gulf of Finland. *Finnish Fisheries Research* 5, 1-16.
- Lehtonen, H. & Toivonen, J. 1988. Migration of pike-perch, *Stizostedion lucioperca* (L.), in different coastal waters in the Baltic sea. *Finnish Fisheries Research* 7, 24-30.

- Lehtonen, H. Hansson, S. & Winkler, H.A.F 1996. Biology and exploitation of pikeperch, *Stizostedion lucioperca* (L.), in the Baltic Sea area. *Annales Zoologici Fennici* 33, 525-535.
- Lind, E.A. 1977. A review of pikeperch (*Stizostedion lucioperca*), and riff (*Gymnocephalus cernua*) in Finland. *Journal of Fisheries Research Board of Canada* 34, 1684-1695.
- Nyberg, P. Degerman, E. & Sers, B. 1996. Survival after catch in trap-nets, movements and growth of the pikeperch (*Stizostedion lucioperca*) in Lake Hjälmaren, central Sweden. *Annales Zoologici Fennici* 33, 569-575.
- Sandström, A. 1999. Visual ecology of fish – a review with special reference to percids. *Fiskeriverket Rapport 2*, 45-80.
- Sinisalmi, T. (ed.), Forsius, T., Muotka J., Riihimäki J., Soimakallio, H., Vehanen, T. & Yrjänä, T. 1997. Short-term regulation of hydro powerplants - Studies on the environmental effects. *Research Reports - IVO Group IVO-A-07/97*.
- Soimakallio, H. 1995. Rakennetun jokiympäristön hoitomenetelmät. *Tutkimusraportteja – IVO-yhtiöt. IVO-A09/95*.
- Soimakallio, H. & Savolainen, M. 1998. Rakennettujen jokien monitavoitteinen ympäristöhoito. *Tutkimusraportteja – IVO-yhtiöt. IVO-A-06/98*.
- Sonesten, L., 1991: Gösens biologi - en litteratursammanställning. *Information från Sötvattenslaboratoriet Drottningholm 1*.
- Sutela, T., Huusko, A., Hyvärinen, P. & Pursiainen, M. 1995. Kuha Oulujoen vesistöalueella. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Kala- ja riistaraportteja nro 36.
- Sutela, T., Hyvärinen, P., Härkönen, A. & Huusko, A. 1999. Istutettujen ja luonnonvaraisten kuhanpoikasten (0+) ravinnonkäyttö ja kasvu Oulujärvessä. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Kala- ja riistaraportteja nro 154.
- Systat Inc. 1992. *Systat for Windows:Graphics, Version 5*. Evanston, Illinois.
- Vesitekniikka Oy 1963. Lausunto säännöstelyn aiheuttamista haitoista Oulujärven kalastolle ja yksityisoikeudelliselle kalastukselle. *Moniste*.
- Yrjänä, T., Lahti, M. & Kamula, R. 1999. Kunnostustoimien vaikutus virtakalojen elinalueeseen ja saaliiseen Oulujoen Laukassa. *Oulun yliopiston vesi- ja ympäristötekniikan laboratorion julkaisu A5*.