

KALA- JA RIISTARAPORTTEJA nro 333

*Pekka K. Korhonen*  
*Pekka Hyvärinen*

Taimenistukkaiden alttius haukien saalistukselle  
Istutuspaikkojen vertailu Oulujärvellä

Paltamo 2004

Pekka K. Korhonen ja Pekka Hyvärinen

**Taimenistukkaiden alttius haukien saalistukselle – istutuspaikkojen vertailu Oulujärvellä**

Tutkimusraportti

Kainuun TE-keskus

282291

Tutkimuksessa tarkasteltiin teoreettisesti taimenistukkaisiin kohdistuvaa haukien saalistusta ensimmäisen viikon aikana istutuksesta. Muuna ajankohtana hauen taimenpredaatio oli eri vuodenaikoina ja eri puolilta Oulujärveä vuosina 2001-03 kerättyjen haukien ravintonäytteiden perusteella vähäistä. Saalistusriskiä arvioitiin eri istutuspaikkojen vaihtelevien haukitiheyksien, eri kokoisten taimenistukkaiden sekä istutustavan suhteen. Suojaisten runsaskasvustoisten lahtivesien ja avoimien, selkävesiin rajoittuvien ranta-alueiden haukitiheyksissä ja siten istukkaiden alttiudessa petokalojen saalistukselle arvioitiin olevan moninkertainen ero. Runsaasti kookkaita haukia olevilla istutusalueilla taimenen istutuskoon kasvattaminen 26 cm:stä 32:cm:iin vähentäisi olennaisesti predaatoriskiä. Myös istutuserän suurentamisella, ts. istutusten alueellisella ja ajallisella keskittämällä arvioitiin olevan kokonaissäilyvyyttä ja siten myös istutusten kannattavuutta parantava vaikutus. Tämä korostuisi etenkin pienemmillä (20-26 cm) taimenilla tehdyissä istutuksissa.

taimen, hauki, predaatio, istutus, Oulujärvi

Kala- ja riistaraportteja 333

951-776-470-7

1238-3325

16 s.

suomi

julkinen

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos  
Kainuun kalantutkimus ja vesiviljely  
Manamansalontie 90  
88300 Paltamo  
Puh. 0205 751 640 Fax. 0205 751 649  
<http://www.rktl.fi/tutkimuslaitos/julkaisut> (pdf)

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos  
Pukinmäenaukio 4  
PL 6  
00721 Helsinki  
Puh. 0205 7511 Fax. 0205 751 201

# Sisällys

JOHDANTO .....	1
AINEISTO JA MENETELMÄT .....	2
Hauen ravinnonkulutus ja istukkaiden alttius tulla syödyksi .....	3
TULOKSET .....	5
Istukkaat alttiina hauen saalistukselle heti istutusten jälkeen .....	5
Haukitiheydet vaihtelevat eri istutusalueilla .....	6
Hauki taimenistukkaiden verottajana .....	6
TULOSTEN TARKASTELU .....	11
SUOSITUKSET .....	13
KIITOKSET .....	14
KIRJALLISUUS .....	15

# Johdanto

Petokalojen ja kalaa syövien lintujen saalistusta on pidetty yhtenä merkittävimmistä istutuksen jälkeisen kuolleisuuden aiheuttajista lohikaloilla. Useissa tutkimuksissa on selvitetty etenkin merilohen ja –taimenen smolttivaelluksen aikana poikasiin kohdistuvaa saalistusta. Arvioiden mukaan petojen aiheuttama kuolevuus on vaihdellut 30-90 % istukasmäärästä joki- ja jokisuun alueella (esim. Larsson ja Larsson 1975, Larsson 1985, Jepsen et al. 1998). Saalistuksen määrään vaikuttavat useat eri tekijät kuten petojen ja saaliskalojen suhteellinen runsaus (Mann 1982, Petersen ja DeAngelis 2000), niiden kokosuhteet (Hambright et al. 1991) ja elinympäristö (Savino ja Stein 1989).

Myös sisävesialueilla petokalojen, erityisesti hauen saalistuksella on havaittu olevan suuri merkitys mm. istutettujen järvitaimenten kuolevuuteen (Hyvärinen 2004). Esimerkiksi Kajaaninjoella haukien saalistuksen on todettu olleen merkittävintä taimenten istutuksen jälkeisinä ensimmäisinä päivinä lähellä istutuspaikkaa (Hyvärinen & Vehanen 2004). Istukkaan koolla on myös havaittu olleen suuri vaikutus haukien saalistuksen välttämiseksi (Hyvärinen & Vehanen 2004).

Usein sisävesien istutuskalat mm. taimenet levitetään pienissä erissä eri puolille istutusjärveä. Istutusten tavoitteena on mm. saalimenetysten kompensointi ja siten istukkaiden levittämällä pyritään tuottamaan saaliita useiden alueiden kalastajille. Pienessä istutuserässä istutuskalat voivat kuitenkin olla alttiimpia petojen saalistukselle kuin suuressa erässä. Jos petojen määrä istutusalueella on rajallinen eikä istutus houkuttele alueelle lisää petoja, on suuressa istutuserässä yhdellä istukkaalla pienempi todennäköisyys kohdata nälkäinen saalistava peto kuin pienessä istutuserässä (vrt. esim. DeAngelis & Petersen 2001). Jos istukkaat vaeltavat suhteellisen nopeasti alueille, missä petoja on vähemmän, voi suuren istutuserän keskittäminen pienelle alueelle olla tuloksellisempaa kuin istukkaiden levittäminen laajalle alueelle.

Oulujärvi on yksi Suomen merkittävimpiä sisävesien kalastusalueita, jossa taimenten kalastusta on ylläpidetty istutusten avulla. Oulujärvellä merkittävimpana taimenistukkaiden saalistajana voidaan pitää haukea (Hyvärinen 2004). Verkkoyksikkösaaliisiin perustuen laji on Oulujärven petokaloista (hauki, made, kuha) runsaslukuisin (PSV Maa- ja Vesi 2003). Muihin Pohjois-Suomen järviin verrattuna Oulujärven pinta-alaan suhteutettu haukisaalis on ollut keskimääräinen tai hieman korkeampi (Vehanen 1995).

Tämän työn tarkoituksena oli arvioida eri kokoisten taimenten alttiutta haukien saalistukselle Oulujärvellä käytössä olleilla istutuspaikoilla, joiden haukitiheys on erilainen. Vertailussa oli myös istukkaiden jakaminen pienissä erissä useisiin istutuspaikkoihin tai taimenistutusten keskittäminen yhteen paikkaan. Lisäksi arvioitiin haukien saalistusriskiä taimenille, jotka ovat vaeltaneet syönnösalueilleen ulappa-alueille. Tulosten perusteella esitettiin suosituksia siitä, kuinka Oulujärven vahva haukikanta tulisi ottaa huomioon taimenen istutuksissa.

# Aineisto ja menetelmät

Tarkastelussa vertailtiin teoreettisesti taimenistukkaisiin kohdistuvaa haukien saalistusta kuudella mahdollisella istutuspaikalla, jotka sijoittuvat eri puolille Oulujärveä (kuva 1). Lisäksi haukien taimenille aiheuttamaa kuolevuutta arvioitiin Oulujärven selkävesillä, jotka ovat taimenten tärkeintä syönnösaluetta. Hauen ravintoaineistoja kerättiin eri puolilta Oulujärveä sekä arvioitiin haukipopulaation tiheyksiä ja ravinnonkulutusta mahdollisilla istutuspaikoilla sekä Oulujärven ulappa-alueilla.

Istutuspaikkojen valinnan perusteena oli tiedossa olevat verkkojen haukiyksikkösaaliit (tiheysindeksi) kyseisiltä alueilta. Tarkasteluun valittiin tarkoituksella alueita, joiden haukitiheyksissä oli suuria eroja. Näille alueille on myös tehty taimenistutuksia. Eri istutuspaikkojen morfologiset, hydrologiset ja biologiset erot jätettiin huomioimatta ja oletettiin, että istukastaimenten ajallinen alttius hauen saalistukselle ja istukkaiden käyttäytyminen, kuten levittäytyminen ja poistuminen tarkastelualueelta on samanlaista kaikilla istutuspaikoilla.



**Kuva 1. Tarkastelussa olleet istutusalueet Oulujärvellä**

Oulujärveen on istutettu vuosittain 30 000-36 000 keskipituudeltaan 20-30 cm taimenta. Istutuspaikkojen ja -määrien lisäksi myös istutusajankohta on vaihdellut eri vuosina. Tässä selvityksessä istutusajankohdaksi valittiin kesäkuun alku, jolloin Oulujärvellä tehdään kesän ensimmäisiä taimenistutuksia. Tarkastelun kokonaisistutusmääränä käytettiin 18 000 kalaa (noin puolet Oulujärven vuotuisesta istutusmäärästä), jotka joko levitettiin kuuteen eri istutuspaikkaan käyttäen 3000 kalan istukaseriä (tyypillinen

istukaserän koko) tai vaihtoehtoisesti koko istutusmäärä keskitettiin pelkästään yhdelle istutusalueista. Vertailtavina istukaskokoina käytettiin 20 cm (80 g), 26 cm (200 g) ja 32 cm (350 g) pituisia taimenistukkaita.

Haukitiheys istutuspaikoilla sekä Oulujärven ulappa-alueilla arvioitiin yksikkösaaliiden ja populaatioanalyysin (VPA) avulla lasketun Oulujärven keskimääräisen haukitiheyden perusteella seuraavasti

$$\text{Haukitiheys alueella } i = \frac{\text{yksikkösaalis}_i}{\text{yksikkösaalis}_{\text{Oulujärvi}}} * \left( \frac{\text{kpl}}{\text{ha}} \right)_{\text{koko Oulujärvi}}$$

Potentiaalinen saalistusalue vakioitiin eli istutuksen jälkeisen saalistuksen oletettiin tapahtuvan viikon aikana istutuksesta 7 km<sup>2</sup>:n kokoisella alueella. Alueen koko on vastaava, jolla taimenistukkaiden havaittiin joutuneen haukien saalistamiksi Kajaaninjoella tehdyssä telemetriatutkimuksessa (Hyvärinen ym. 2003). Viikko valittiin tarkasteluajanjaksoksi sillä perusteella, että suurin osa radiolähettimillä merkityistä Kajaaninjokeen istutetuista taimenista oli ko. ajanjaksona joko vaeltanut pois istutusalueelta Oulujärven ulappa-alueelle tai jäänyt hauen saaliiksi (Hyvärinen ym. 2003).

Ulapalle levittäytyneiden taimenten altistumisesta haukien saalistukselle arvioitiin istutuksen jälkeisen vuoden aikana. Oulujärvellä taimenen tärkeimmät syönnösalueet sijaitsevat Ärjän- ja Niskanselän yleisvesialueella, jonka pinta-ala on 300 km<sup>2</sup>. Taimenten kuolevuus laskettiin tällä alueella arvioitun haukipopulaation ravinnonkulutuksen perusteella.

Laskennassa tietyn istutusalueen haukiyksikkösaaliina (yksikkösaalis<sub>i</sub>) käytettiin kirjanpitokalastajien yli 40 mm verkkojen toukokuun yksikkösaaliita, jotka kuvastavat parhaiten käytettävissä olevasta aineistosta tarkastelussa olleen istutusajankohdan haukitiheyksiä eri istutuspaikoilla. Ulappa-alueen haukiyksikkösaaliina (yksikkösaalis<sub>i</sub>) käytettiin kesä-marraskuun keskimääräistä arvoa. Oulujärvellä hauki rekrytoituu kalastukseen 4-vuotiaana. Siten koko järven haukipopulaation keskimääräinen tiheys (kpl/ha) arvioitiin 4-vuotiaille ja tätä vanhemmille hauille populaatioanalyysin avulla (VPA). Luonnollisen kuolevuuden arvona käytettiin analyysissä 0,2:ta (ks. Salojärvi ym. 1985). Saalisnäytteitä 3-vuotiaista hauista ei ollut käytettävissä. Niiden runsaus arvioitiin 4-vuotiaiden haukien määrästä olettamalla luonnollisen kuolevuuden arvoksi 0,2 ja kalastuskuolevuuden arvoksi 0. Kalojen keskipituudeksi oletettiin 45 cm ja hajonnaksi saman kuin 4-vuotiailla hauilla.

## Hauen ravinnonkulutus ja istukkaiden alttius tulla syödyksi

Haukien ravintönäytteitä kerättiin vuosina 2001-03 taimenistukkaisiin kohdistuvan saalistuksen selvittämiseksi (taulukko 1). Näytteet kerättiin kalastajien toimesta normaalista kalastuksesta (verkko, rysä, trooli, uistelu) eri vuodenaikoina eri puolilta Oulujärveä. Pakastettu maha-aineisto käsiteltiin laboratoriossa, missä ravintokohteet tunnistettiin ja eri saalislajien osuudet punnittiin.

Osa vuoden 2002 haukiaineistosta kerättiin Kajaaninjoelta taimenten istutusalueen läheisyydestä istutuksen jälkeisinä päivinä. Tämän aineiston perusteella arvioitiin taimenistukkaiden osuutta istutuspaikoilla olevien haukien ravinnossa istutuksen jälkeisen viikon aikana.

**Taulukko 1. Oulujärveltä vuosina 2001-03 ja Kajaaninjoelta vuonna 2002 (suluissa) kerätyt haukien ravintönäytteet.**

vuosi	haukinäytteet (kpl)
2001	266
2002	630 (155)
2003	146
yht.	1197

Taimenistukkaiden alttiutta tulla syödyksi eri istutusalueiden läheisyydessä arvioitiin yhden viikon aikana taimenistutuksesta (istutuserässä 3000 tai 18 000 kalaa). Kunkin istutusalueen haukipopulaation saalistuskapasiteetti eli niiden haukien määrä, jotka kykenisivät nielemään istukkaan, arvioitiin hauen kidan koon perusteella. Se, kuinka monta istukasta kukin näistä hauista pystyisi lyhyen ajan sisään nielemään, arvioitiin mahalaukun volyymin perusteella (ravinnonottokapasiteetti; ks. Mittelbach ja Persson 1998). Bioenergeettisellä mallilla (Hewett ja Johnson 1992) laskettiin ravinnonkulutuspotentiaali eli kuinka paljon haukiyksilö kykenisi kuluttamaan istukkaita viikon aikana, kun ne ovat hauen ainoana ravintokohteena (100 %).

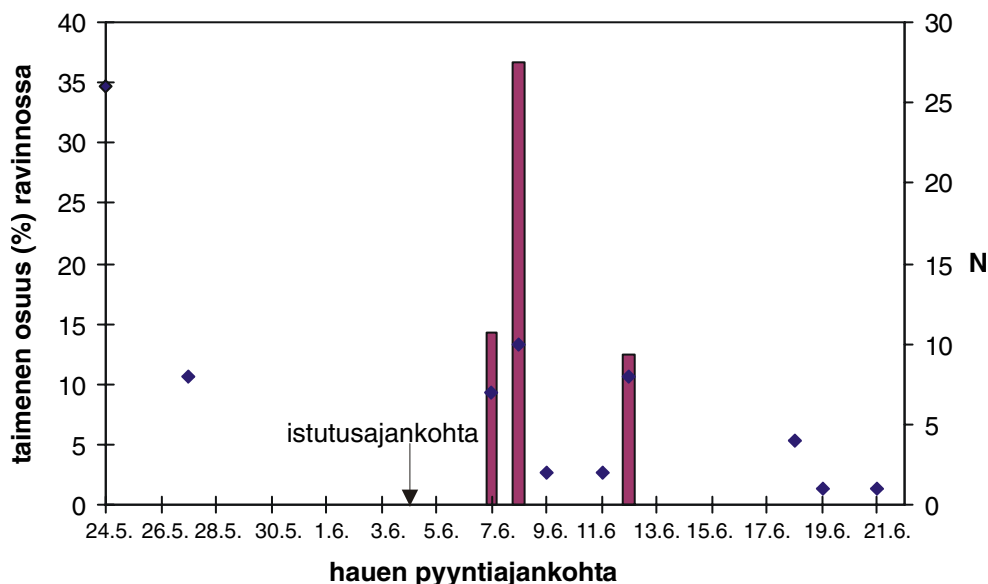
Ulappa-alueen haukipopulaation ravinnonkulutus arvioitiin yhden vuoden aikana istutuksesta bioenergeettisen mallin avulla. Kaikki haukien mahoista löydetty taimenet olivat kokonsa perusteella olleet järvessä enintään yhden vuoden. Taimenen osuus haukien ravinnossa arvioitiin Oulujärven ulappa-alueilta kerättyjen mahanäytteiden perusteella. Tavoitteena oli kuvata haukien aiheuttaman predaation suuruutta Oulujärven ulappa-alueilla niille taimenille, jotka ovat selviytyneet istutuspaikan läheisyydessä tapahtuneelta saalistukselta.

Lämpötilatietoina analyyseissä käytettiin Oulujärven laskevan läheisen Kivesjärven pintaveden päivittäistä keskilämpötilaa, jonka katsottiin aiempien vuosien vertailun perusteella vastaavan avovesikaudelta Oulujärven Manamansalosta mitattuja arvoja. Hauen energiasisältönä käytettiin  $3600 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1}$  (Kitchell et al. 1977) ja istukastaimenilla  $6908 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1}$  (Elliott 1976). Käytettyjä hauen parametriarvoja ovat kuvanneet Heikinheimo ja Korhonen (1996).

# Tulokset

## Istukkaat alttiina hauen saalistukselle heti istutusten jälkeen

Kajaaninjoelta vuonna 2002 kerätyissä hauen ravintonäytteissä taimenia esiintyi haukien ravinnossa vain runsaan viikon ajan 4.6. tehdyn istutuksen jälkeen (kuva 2). Alueelta 7.6.-12.6.2002 kerätyissä näytteissä yleisin ravintokohde oli särki (40 %). Taimenen osuus oli 22 % kaikesta käytetystä ravinnosta (märkäpaino). Taimen oli pääasiallinen ravintokohde ko. hauilla. Muita tunnistettuja kalaravintokohteita olivat kiiski (11 %), ahven (11 %) ja kuore (4 %). Taimenia syöneiden haukien (N=6) keskipaino oli 1 400 g ja ikä 4-7 vuotta. Kajaaninjokeen istutetut taimenet olivat 3-vuotiaita ja istutushetkellä keskipituudeltaan 28,7 cm mittaisia. Syötyjen taimenten (N=8) pituus vaihteli 24,5-32,0 cm välillä.



**Kuva 2. Taimenen osuus hauen ravinnossa (% painosta;pylväs) ja ravintoa sisältäneiden näytehaukien määrä (N; ♦) Kajaaninjoella 24.5.-21.6.2002.**

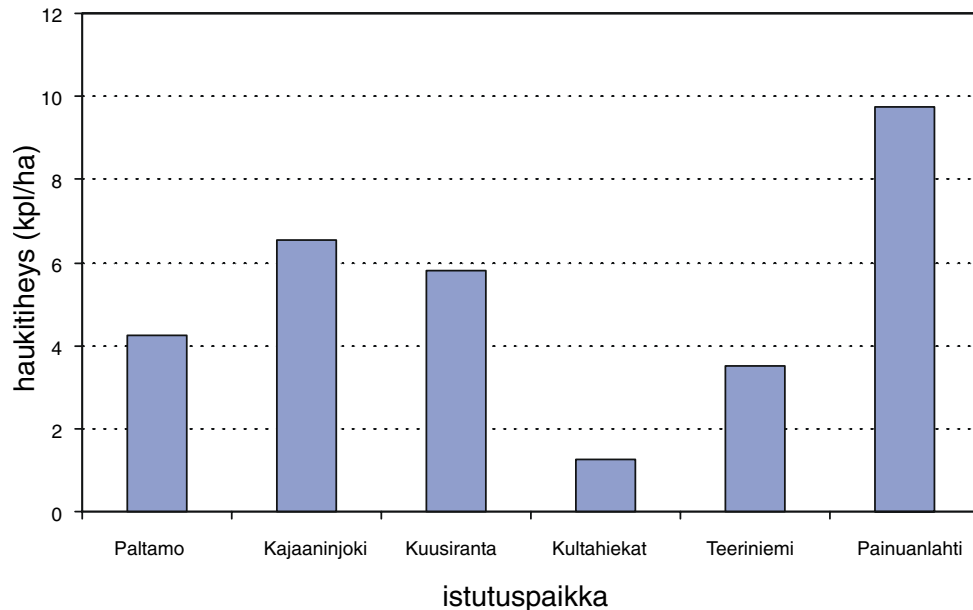
Muuna ajankohtana kuin heti istutuksen jälkeen hauen taimeneen kohdistuva saalistus oli tutkitun aineiston perusteella vähäistä. Ravintoaineistossa Oulujärven ulappa-alueen haukien pääasialliset ravintokohteet olivat muikku (50 %) ja kuore (15 %). Taimenen osuus ulappa-alueilta (300 km<sup>2</sup>) pyydystettyjen haukien (N=713) ravinnosta oli vain 0,2 %. Bioenergeettisen analyysin perusteella niiden ulappa-alueen haukien (0,6 kpl/ha), jotka kokonsa puolesta pystyivät käyttämään ravintonaan istutustaimenia, ravinnonkulutus vuoden aikana oli noin 2.6 kg/ha. Siten ulapalla haukien yhden vuoden aikana syömiä taimentia määräksi saatiin yhteensä 156 kg. Tämä vastaa 780:tä 200 g:n painoista taimenistukasta.

Muiden kalalajien kuin hauen taimenistukkaisiin kohdistuvasta saalistuksesta ei saatu havaintoja. Taimenia ei esiintynyt Oulujärveltä vuosina 2001–03 kerätyissä kuhien ja taimenten ravintoaineistossa (ravintoa sis. mahat, N=2742 ja 275).



## Haukitiheydet vaihtelevat eri istutusalueilla

Istutusalueiden arvioidut haukitiheydet vaihtelivat paljon eri osissa Oulujärveä (kuva 3). Suurimmat haukitiheydet olivat Niskanselän länsiosassa runsaasti vesikasvillisuutta käsittävällä Painuanlahdella (9,8 yks./ha) ja vastaavasti pienimmät Ärjänselän länsiosassa Kultahiekköjen edustalla (1,3 yks./ha), missä vesikasvillisuuden määrä oli vähäistä ja pohja koostui pääosin haukien vähemmän suosimasta hiekasta. Kyseiset alueet edustanevatkin haukitiheyksien suhteen molempia ääripäitä Oulujärvellä. Koko Oulujärven keskimääräiseksi haukitiheydeksi arvioitiin 3 yks./ha (vaihteluväli 2,4-3,8 yks./ha, kun M- arvoina VPA-laskennassa käytettiin 0,1-0,3).

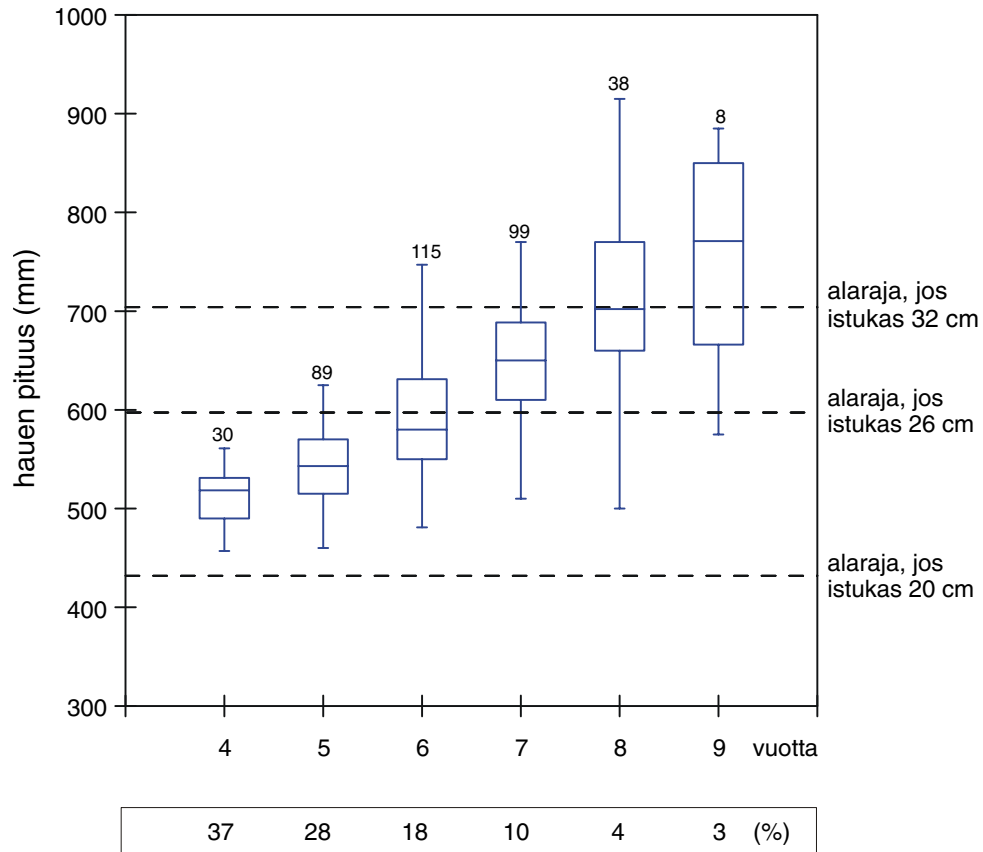


**Kuva 3. Haukien (4 v. ja vanhemmat) arvioitu tiheys (kpl/ha) tämän tarkastelun istutuspaikoilla.**

## Hauki taimenistukkaiden verottajana

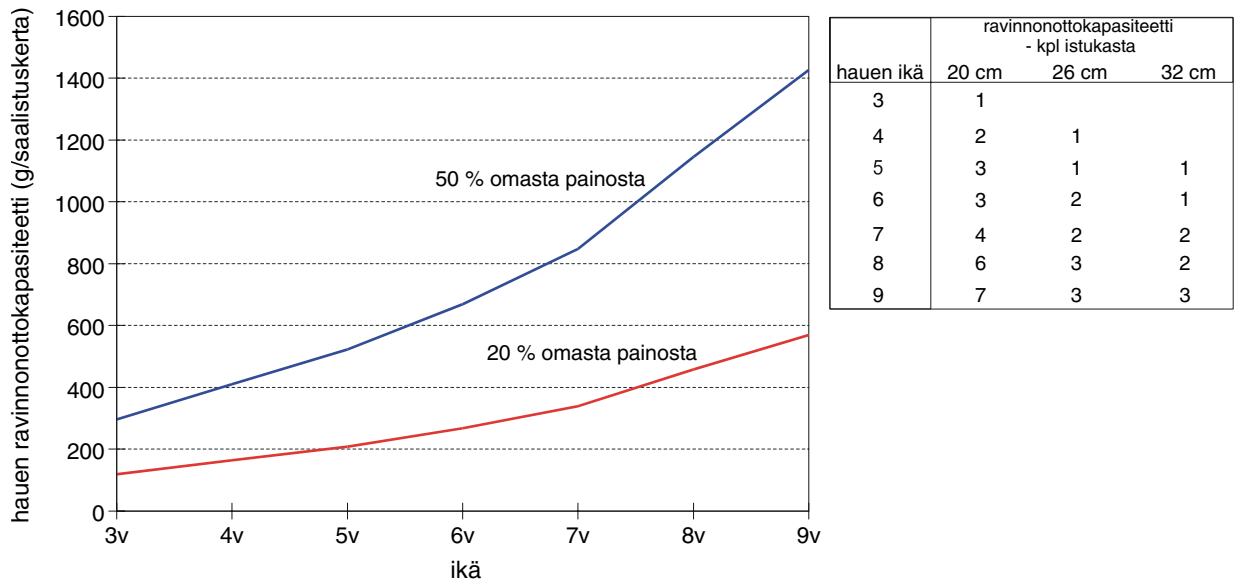
Hauki kykenee saalistamaan varsin suurikokoisiakin ravintokohteita. Tämän mahdollistaa suhteellisen suuri kita ja nielua seuraava suora ruoansulatuskanava. Petokalojen, kuten hauen nielemien saaliskalojen koon ylärajaa säätelee kidan koko, joka on suorassa suhteessa ko. yksilön pituuteen (Hambright et al. 1991, Nilsson & Brönmark 2000, Hyvärinen & Vehanen 2004). Niinpä hauen ikäryhmittäisen pituusjakauman perusteella voidaan arvioida sitä haukipopulaation osan kokoa, joka kykenee syömään eri kokoisia taimenistukkaita sekä istukkaiden alttiutta hauen saalistukselle (kuva 4).

Saalishaukien kokojakauman perusteella lähes kaikki 4-vuotiaista tai vanhemmista hauista kykenevät syömään 20 cm pituisia taimenia (kuva 4). Lisäksi arvioitiin, että noin puolet 3-vuotiaista kykenisi syömään ko. kokoisia taimenia. Vastaavasti 26 cm istutuskoko rajaa 3- ja 4-vuotiaat, suurimman osan 5-vuotiaista ja huomattavan osan 6-vuotiaista hauista istukkaisiin kohdistuvan saalistuksen ulkopuolelle. Jos istutuksissa käytetään 32 cm pituisia taimenia, istutuskoko antaa suojan myös 5-vuotiaiden sekä suurimman osan 6- ja 7-vuotiaiden haukien saalistukselta (kuva 4).



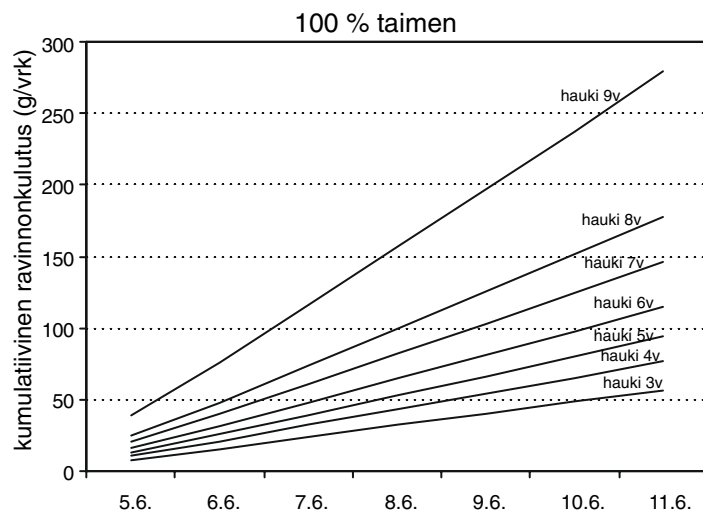
**Kuva 4. Oulujärven hauen ikäryhmittäinen pituusjakauma ja näytemäärä (N). Laatikko kuvaa havaintojakauman keskimmäisiä kvartiileja (25 ja 75 %) ja poikkiviiva mediaania. Haukiaineisto käsittää vuosina 2001-03 tammi-toukokuun aikana kerätyt näytteet. Katkoviivat kuvaavat hauen alarajia, jotka kykenevät syömään 20, 26 tai 32 cm pituisen taimenen (ks. Hyvärinen ja Vehanen 2004). Kuvan alla on kunkin ikäryhmän osuus (%) haukipopulaatiossa (4-9 v).**

Tyypillinen hauen ravintoannos on noin 10-20 % kalan omasta painosta, maksimissaan noin 50 % (ks. Mittelbach ja Persson 1998). Sen mukaisesti eri ikästen haukien keskimääräisenä ravinnonottokapasiteetin arvona käytettiin istukasmäärää, jonka ko. ikäinen yksilö kykenisi syömään kerralla (kuva 5).



**Kuva 5. Oulujärven haukien ikäryhmittäisen keskipainon (tammi-toukokuu 2001-03) perusteella arvioitu ravinnonottokapasiteetti (g/saalistuskerta ja kpl istukasta), kun raja-arvoina on käytetty 20 % ja 50 % keskimääräisen haukiyksilön painosta.**

Bioenergeettisellä mallilla arvioituna hauki kuluttaisi 100 % taimenta sisältävää ravintoa viikon aikana hauen koosta riippuen 77-279 g eli esimerkiksi 9-vuotiaalta haulelta kuluisi yhden 200 gramman (26 cm) painoisen istukkaan sulattamiseen noin 5 päivää (vrt. Popova 1978; kuva 6). Tämän perusteella tehtiin oletus, että kunkin haukiyksilön istukkaisiin kohdistama saalistus on viikon aikana istutuksista kertaluonteinen ja maksimumissaan ravinnonottokapasiteetin suuruinen.



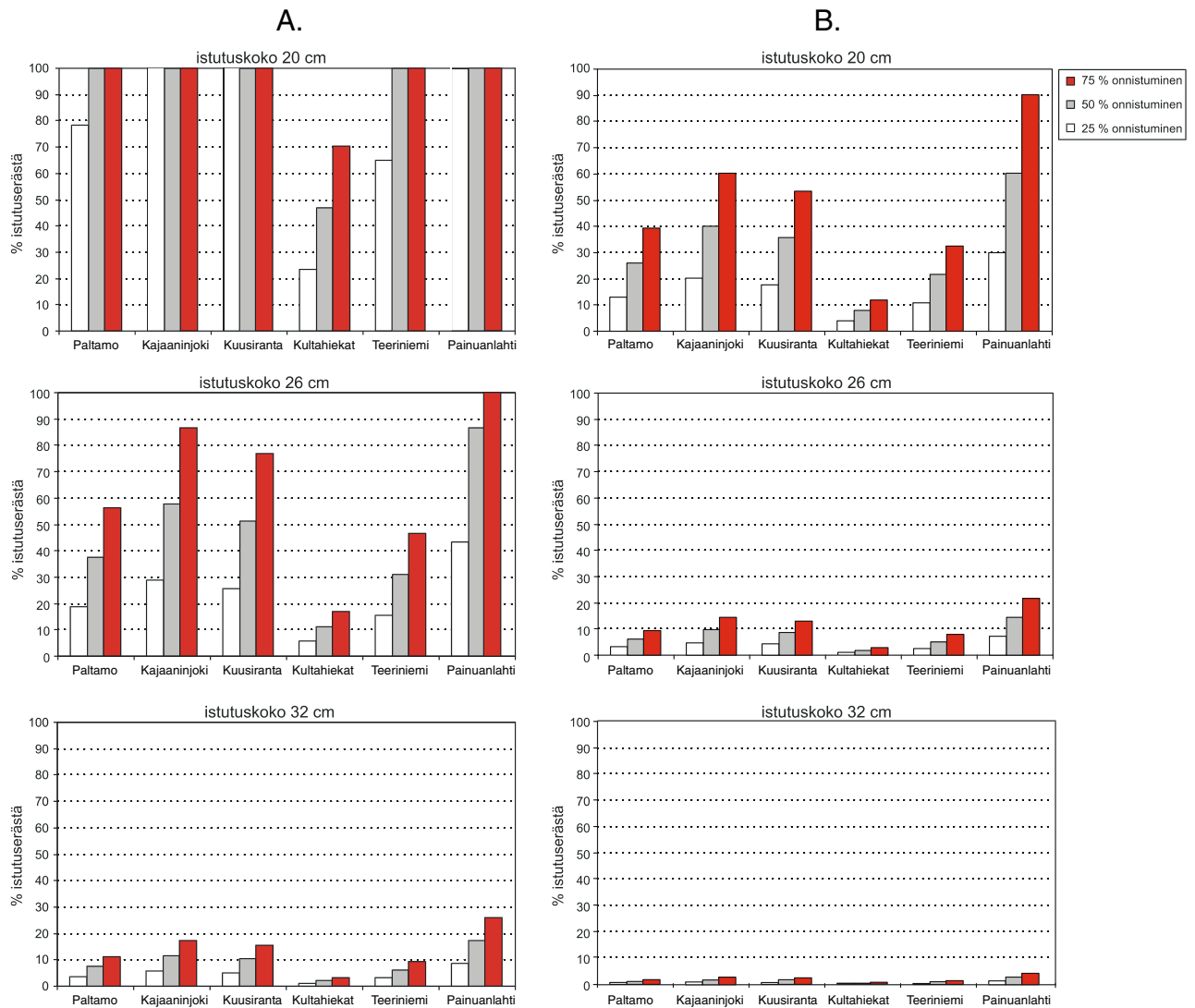
**Kuva 6. Istutuspaikalla olevan haukiyksilön (3-9-vuotiaat) kuluttama taimenmäärä 5.-11.6. (g/vrk, kumulatiivinen), kun taimenen osuus käytetyssä ravinnossa on 100 %.**

Taimenistukkaiden (18 000 kalaa) keskittäminen yhdelle istutusalueelle (kuva 7b) sen sijaan, että sama istutusmäärä jaetaan 3 000 kalan erissä kuudelle eri istutuspaikalle (kuva 7a) näyttäisi vaikuttavan saman suuntaisesti eli istukkaiden eloonjääntiä lisäävästi kuin istukkaiden koon nostaminen (kuvat 7a ja b).

Kun 18 000 taimenistukasta levitetään kuuteen istutuspaikkaan (kuva 7a), pienimpien 20 cm pituisten taimenten 3 000 kalan istukaseristä taimenia jäisi eloon ainoastaan Kultahiekköjen istutuspaikalla viikon haukipredaatiolle altistumisen jälkeen, jos vähintään puolet 20 cm pituisten taimenten saalistukseen kykenevistä hauista onnistuisi saalistamaan taimenia. Jos vain 25 % hauista onnistuisi saalistuksessaan, myös Paltamon ja Teeriniemen istutusalueilla taimenia jäisi eloon (kuva 7a). Jos 18 000 20 cm pituista taimenta istutetaan samalle istutusalueelle (kuva 7b) yhtenä istutuseränä (yhdessä päivän aikana), jäisi jokaisella tarkastellulla istutuspaikalla osa istutuksen (18 000 kalaa) kaloista eloon. Haukien saalistamaksi jäisi 4-90 % istukkaista alueesta ja haukien saalistuksessa onnistumisesta riippuen. Istutuspaikkojen välinen ero olisi edelleen erittäin suuri (kuva 7b). Kultahiekköjen edustalle istutettuna 18 000 taimenen erästä vain 4-12 % jäisi haukien saalistamaksi, kun taas Painuanlahdella saaliiksi jääneiden osuus olisi 30-90 % taimenten saalistamisessa onnistuneiden haukien määrästä riippuen.

Keskikokoisten, 26 cm pituisten taimenten tarkastelussa, jossa kalat istutetaan 3 000 kalan erissä (kuva 7a) kaikilla istutusalueilla osa taimenista jäisi eloon, jos enintään puolet alueen hauista onnistuisi saalistamaan taimenen. Alueiden väliset erot ovat kuitenkin huomattavia. Esimerkiksi Painuanlahdelle istutetuista 3 000 taimenesta 87 % jäisi haukien saaliiksi, mutta Kultahiekköjen edustalle istutetuista vain 11 % (kuva 7). Painuanlahdella haukitiheys riittäisi koko 3 000 istukaserän syömiseen, jos noin 60 % alueen arvioiduista hauista onnistuisi saalistuksessaan. Kaiken kaikkiaan koko 18 000 kalan erästä jäisi haukien saalistamaksi yhteensä 23-64 % silloin, kun kalat levitetään 3 000 istukkaana erissä kuuteen istutuspaikkaan (kuva 7a). Jos kaikki 18 000 26 cm pituista taimenta istutettaisiin yhdelle kuudesta istutuspaikasta haukien saalistamaksi jäisi vain 1-22 % istukkaista alueesta ja haukien saalistuksessa onnistumisesta riippuen.

Istukaskoon kasvattaminen 32 cm:iin pienentää olennaisesti taimenten alttiutta haukien predaatiolle riskialttiilla alueilla (kuva 7a). Vaikka 18 000 taimenen istutus jaettaisiin 3 000 kalan erissä kuudelle eri istutusalueelle, haukien saalistamaksi jäisi yhteensä vain 5-14 % istukkaista. Istutuksen (18 000 kalaa) keskittäminen yhdelle kuudesta istutusalueesta pienentäisi edelleen haukien saaliiksi jääneiden määrää 0,1-4 %:iin istutuspaikasta ja haukien saalistuksessa onnistumisesta riippuen (kuva 7b).



**Kuva 7. Haukien syömien taimenten (istutuskoko 20, 26 tai 32 cm) osuus (%) istutuserästä, kun 18 000 taimenen istutus on jaettu kuudelle eri istutuspaikalle (à 3 000 kpl; A) tai kun koko taimenmäärä on istutettu pelkästään yhdelle istutuspaikalle (à 18 000 kpl; B). Rinnakkaiset kolme pylvästä osoittavat syötyjen taimenten osuuden, kun niiden saalistuksessa onnistuneiden haukien määrä on 25, 50 ja 75 %.**

# Tulosten tarkastelu

Oulujärveltä kerätyn haukien ravintoaineiston perusteella haukien taimenistukkaisiin kohdistama saalistus on tehokasta istutusalueiden läheisyydessä istutuksen jälkeisinä ensimmäisinä päivinä. Kajaaninjoen istutusalueelta kerätyssä aineistossa puolet kokonsa puolesta taimenten saalistukseen kykenevistä hauista oli syönyt taimenen, mutta Oulujärven ulappa-alueen haukien (haukitiheys 0,6 kpl/ha) ravinnosta vain 0,2 % oli taimenta, mikä vastaa noin 780 kpl:ta 200 g painoista istukasta. Tämä on vain noin 3 % Oulujärven vuositaisesta taimenten istutusmäärästä. Aiemmin on raportoitu, että Kajaaninjokeen istutetuista 26-32 cm pituisista radiolähettimillä merkityistä taimenista puolet jäi haukien saaliiksi viikon aikana istutuksesta (Hyvärinen & Vehanen 2004). Myös Valtonen ja Vaittinen (1993) ovat arvioineet, että Armisvedellä, missä alueen haukikannan kooksi oli arvioitu 4,7 kpl/ha, noin puolet istukkaista joutuisi haukien syömäksi.

Istutusalueita verrattaessa taimenten alttius haukien saalistukselle vaihteli huomattavasti eri istutuspaikkojen (eri haukitiheyksien) ja istutuskokojen välillä. Tässä esitetyn teoreettisen tarkastelun perusteella pahimmillaan koko 3 000 taimenen istutuserä voi tulla haukien saalistamaksi yhden viikon aikana istutuksesta. Istutustuloksen kannalta selvästi parhaimmaksi alueeksi etenkin pieniä 20 cm pituisia istukkaita käytettäessä osoittautui tässä tarkastelussa mukana ollut kasvillisuudeltaan niukka Kultahiekköjen edusta Ärjänselällä. Keskikokoisia 26 cm pituisia istukkaita käytettäessä myös hiekkapohjaisen Teeriniemen (Niskanselkä) edustalla selvästi yli puolet istutetuista kaloista selviäisi haukien saalistukselta viikon ajan istutuksesta. Tulokset 26 cm pituisilla taimenilla olisivat kuitenkin heikkoja haukien suosimilla runsaasti vesikasveja kasvavilla Painuanlahdella ja Kajaaninjoella. Vuosina 2001-03 kerätyn aineiston perusteella Oulujärven hauista vain pieni osa on riittävän suuria kyetäkseen syömään 32 cm pituisia taimenia. Siten tämän kokoisilla istukkailla olisi suhteellisen hyvät edellytykset selviytyä haukien saalistukselta useimmilla tarkastelluilla alueilla.

Haukitiheyksien on osoitettu vaihtelevan mm. vesikasvillisuuden (ja vesisyvyyden) mukaan. Kasvittomilla alueilla haukitiheydet ovat olleet 3-10 kertaa pienemmät kuin eri tyyppisillä kasvillisuus pohjilla (Holland ja Huston 1984). Casselmanin ja Lewisin (1996) aineistossa suurimmat hauen yksikkösaaliit olivat vesikasvillisuustiheydeltään keskinkertaisilla (35-80 %) alueilla ja hyvin kasvillisuustiheillä alueilla saaliit olivat avoimien pohjien tavoin alhaiset. Syinä eri tyyppisten kasvillisuusalueiden suosimiseen on arvioitu liittyvän enemmän suojaan kuin ravintoon (myös Chapman ja Mackay 1990). Kookkaampien haukien on havaittu olevan monipuolisempia elinympäristönsä valinnan suhteen ja hakeutuvan avoimen veden ja kasvillisuusalueen tai muun suojaa tarjoavan rakenteen vaihettumisvyöhykkeelle (Chapman ja Mackay 1984a, Eklöv 1997) sekä ulapalle (Grimm 1981, Chapman ja Mackay 1984b). On siis mahdollista, että Oulujärven eri osa-alueilla haukien ikä- ja kokojakaumat poikkeavat elinympäristön mukaan vaikuttaen osaltaan saalistusalttiuden vaihteluun. Tässä tarkastelussa aineisto ei kuitenkaan antanut mahdollisuuksia arvioida eroja haukikannan ikä- ja kokojakaumissa eri istutusalueilla, vaan tarkastelussa käytettiin samaa ikäjakaumaa kaikille alueille ainoastaan haukitiheyden muuttuessa eri alueiden välillä.

Haukien kokojakauman alueellisen tasaisuuden lisäksi tarkastelun oletuksista keskeisimpiä on se, että alueen haukitiheys ei oleellisesti muutu viikon aikana. Oletusta tukevat aiemmat tutkimukset, joissa haukea on kuvattu paikallisena saalistajana, joka viettää 80 % ajastaan leväten ja liikkuu vuorokaudessa yleensä alle 1000 m (Dianan 1980, Cook ja Bergersen 1988, Hyvärinen ym. 2003). Lajin saalistuskäyttäytymiselle on luonteenomaista, että syödään sitä, mitä on saatavilla ja helpoiten saadaan kiinni (esim. Mann 1982). Esiintyminen ravintokohteena on siis osoitus saaliin kuten taimenistukkaan alttiudesta jäädä saalistajan hampaisiin. Alttius syntyy etenkin silloin, kun saalistukselle tottumaton istukas joutuu "haukivyöhykkeelle" eli alueelle, missä hauki on runsaslukuinen ja kykenee parhaiten toteuttamaan saalistusstrategiaansa. Istutuspaikan valinnalla voidaan siten välttää istukkaiden altistuminen haukien parhaimmille saalistusalueille.

Tämän tarkastelun perusteella taimenistutusten (18 000 kalaa) keskittäminen yhdelle hyvälle istutusalueelle lyhyen ajanjakson aikana sen sijaan, että sama istutusmäärä jaetaan useissa pienissä erissä (3 000 kalaa) useille eri istutusalueille (6 aluetta) näyttäisi vaikuttavan istukkaiden eloonjääntiä selvästi lisäävästi. Tämä perustuu yksinkertaisesti siihen, että haukien saalistus yhtä istukasta kohtaan on epätodennäköisempää, jos saalistajat ovat kyläisiä. Arviomme mukaan haulta menee taimenen syötyään noin viikko ennen kuin se aloittaa uuden saalistuksen. Vastaavasti eloonjääneiden taimenten on todettu vaeltavan pois istutusalueelta noin viikon kuluessa (Hyvärinen & Vehanen 2004). Aiemmin DeAngelis ja Petersen (2001) ovat olettaneet saalistusta käsittelevässä mallinnuksessaan, että jos saalistajan mahantäyteisyys oli alle 20 % ravinnonottokapasiteetistaan, hyökkäsi se aina, mutta yli 70 % täyteisyyden omaavat yksilöt pidättäytyivät hyökkäyksiltä. Oulujärvellä istutusten keskittäminen tietyille hyvälle istutusalueille näyttäisi lisäävän istutusten onnistumismahdollisuuksia oleellisesti etenkin pienillä 20 cm ja keskisuurilla 26 cm pituisilla istukkailla. Suurilla 32 cm pituisilla istukkailla istutusten keskittämisellä saavutettu suhteellinen hyöty oli selvästi vähäisempi kuin pienillä istukkailla.

# Suosituksset

- Taimenistukkaisiin kohdistuva haukien saalistuspaine vaihtelee merkittävästi Oulujärven istutusalueiden välillä. Suojaisten runsaskasvustoisten lahtivesien ja avoimien, pääosin hiekkapohjaisten ranta-alueiden haukitiheyksien ero voi olla moninkertainen. Tämän tarkastelun perusteella taimenten istutuspaikkoina tulisi suosia Kultahiekkojen ja Teeriniemen edustan kaltaisia lähellä selkävesiä olevia niukkakasvustoisia alueita, joilla on vähän kookkaita haukia.
- Taimenten alttius haukien saalistukselle pienenee istukkaan koon kasvaessa ja istutuspaikan valinnan merkitys korostuu käytettäessä pienempiä istukkaita. Jos Oulujärvellä käytetään istutuksiin alle 32 cm pituisia taimenia, tulisi kalat vapauttaa alueille, joilla on vähän haukia. Suuremmat taimenet voivat selviytyä haukien saalistukselta myös alueilla, joilla on suhteellisen runsaasti haukia.
- Koska istukkaan tuotantokustannukset lisääntyvät nopeasti istukkaiden kokoa nostettaessa, voi istutusten ajallinen ja alueellinen keskittäminen johtaa taloudellisesti kannattavampaan lopputulokseen kuin istukaskoon nostaminen. Istukkaan alttius hauen saalistukselle on suurin heti istutusten jälkeisinä ensimmäisinä päivinä ja istutusalueen läheisyydessä. Istutukset tulisikin keskittää tietyille parhaille istutusalueille lyhyen jakson aikana. Tällöin suhteellisesti pienempi osa istukkaista ennättää altistua kyseisen istutusalueen haukien predaatiolle.



# Kiitokset

Tämä tutkimus on toteutettu Kainuun TE-keskuksen myöntämällä KOR-rahoituksella. Tutkimusaineiston kokoamisen mahdollisti lukuisa joukko Oulujärven kalastajia. Aineiston jatkokäsittelystä vastasivat Mikko Ahonen, Tapio Laaksonen ja Eliisa Rantanen. Käsikirjoitusta kommentoivat Ari Huusko ja Teppo Vehanen. Kaikille tutkimuksessa mukana olleille suurimmat kiitokset.

# Kirjallisuus

- Casselman, J.M. & Lewis, C.A. 1996. Habitat requirements of northern pike (*Esox lucius*). Can. J. Fish. Aquat. Sci 53 (Suppl.1): 161-174.
- Chapman, C.A. & Mackay, W.C. 1984a. Direct observation of habitat utilization by northern pike. Copeia 1984(1): 255-258.
- Chapman, C.A. & Mackay, W.C. 1984b. Versality in habitat use by a top aquatic predator, *Esox lucius* L. J. Fish. Biol. 25: 109-115.
- Chapman, C.A. & Mackay, W.C. 1990. Ecological correlates of feeding flexibility in northern pike (*Esox lucius*). J. Freshwater. Ecol. 5:313-322.
- Cook, M.F. & Bergersen, E.P. 1988. Movements, habitat selection, and activity periods of northern pike in Eleven Mile Reservoir, Colorado. Trans. Am. Fish. Soc. 117(5): 495-502.
- DeAngelis, D.L. & Petersen, J.H. 2001. Importance of the predator's ecological neighborhood in modelling predation on migrating prey. Oikos 94: 315-325.
- Diana, J.S. 1980. Diel activity patterns and swimming speeds of northern pike (*Esox lucius*) in Lac St. Anne, Alberta. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 37: 1454-1458.
- Eklöv, P. 1997. Effects of habitat complexity and prey abundance on the spatial and temporal distributions of perch (*Perca fluviatilis*) and pike (*Esox lucius*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 54: 1520-1531.
- Elliott, J.M. 1976. Body composition of brown trout (*Salmo trutta* L.) in relation to temperature and ration size. J. Anim. Ecol. 45: 273-289.
- Grimm, M.P. 1981. The composition of northern pike (*Esox lucius* L.) populations in four shallow waters in the Netherlands, with special reference to factors limiting 0+ pike biomass. Fish Mgmt 14: 61-76.
- Hambright, K.D., Drenner, R.W., McComas, S.R. & Hairston, N.G.Jr. 1991. Gape-limited piscivores: planktivore size refuges, and the trophic cascade hypothesis. Arch. Hydrobiol. 121: 389-404.
- Heikinheimo, O. & Korhonen, P. 1996. Food consumption of northern pike (*Esox lucius* L.) estimated with a bioenergetics model. Ecology of Freshwater Fish 1996 (5): 37-47.
- Hewett, S.W. & Johnson, B.L. 1992. Fish bioenergetics model 2: a generalized bioenergetics model for fish growth for microcomputers. University of Wisconsin Sea Grant Technical Report WIS-SG-92-250.
- Holland, L.E. & Huston, M.L. 1984. Relationship of young-of-the-year northern pike to aquatic vegetation types in backwaters of the upper Mississippi River. North. Am. J. Fish. Mgmt. 4: 514-522.
- Hyvärinen, P. 2004. Determining the optimal release window for lake-stocked brown trout- Interactions between release size, prey availability, predation risks and fishing mortality. <http://ethesis.helsinki.fi/>. 31 p.
- Hyvärinen, P. & Vehanen, T. 2004. Effect of brown trout body size on post-stocking survival and pike predation. Ecology of Freshwater Fish 2004 (13): 1-8.
- Hyvärinen, P., Vehanen, T., Laaksonen, T. & Johansson, K. 2003. Hauen saalistus ja taimenen istutuskoko. Radiolähetimellä merkittyjen kalojen seurantatulokset. Kala- ja riistaraportteja 267. 11 s.

- Jepsen, N., Aarestrup, K., Økland, F. & Rasmussen, G. 1998. Survival of radio-tagged Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and trout (*Salmo trutta* L.) smolts passing a reservoir during seaward migration. *Hydrobiologia* 371/372: 347-353.
- Kitchell, J.F., Stewart, D.J. & Weininger, D. 1977. Applications of a bioenergetics model to yellow perch (*Perca flavescens*) and walleye (*Stizostedion vitreum vitreum*). *J. Fish. Res. Board. Can.* 34: 1922-1935.
- Larsson, P.O. 1985. Predation on migrating smolt as a regulating factor in Baltic salmon, *Salmo salar* L., populations. *J. Fish. Biol.* 26: 315-325.
- Larsson, H-O. & Larsson, P-O. 1975. Predation på nyutsatt odlad smolt i Luleälven 1974. (English summary: Predation on hatchery reared smolts after release in River Lule 1974). *Swedish Salmon Res. Inst. Rep. No 9.*
- Mann, R.H.K. 1982. The annual food consumption and prey preferences of pike (*Esox lucius*) in the River Frome, Dorset. *J. Anim. Ecol.* 51: 81-95.
- Mittelbach, G.G. & Persson, L. 1998. The ontogeny of piscivory and its ecological consequences. *Can. J. Fish. Aquat. Sci* 55: 1454-1465.
- Nilsson, P.A. & Brönmark, C. 2000. Prey vulnerability to a gape-size limited predator: behavioural and morphological impacts on northern pike piscivory. *Oikos* 88: 539-546.
- Petersen, J.H. & DeAngelis, D.L. 2000. Dynamics of prey moving a predator field: a model of migrating juvenile salmon. *Mathematical Biosciences* 165: 97-114.
- Popova, O.A. 1978. The role of predaceous fish in ecosystems. In: Gerking, S.D. (ed.) *Ecology of freshwater fish production*, pp. 215-249. Oxford. Blackwell Scientific Publications.
- PSV- Maa ja Vesi 2003. Oulujärven kalataloustarkkailu v. 2003. Moniste, 16 s. + liitteet.
- Savino, J.F. & Stein, R.A. 1989. Behavioural interactions between fish predators and their prey: effects of plant density. *Anim. Behav.* 37: 11-321.
- Valtonen, T. & Vaittinen, S. 1993. Miten kuolivat tiheään istutetut järvitaimenet?. *Suomen kalatalous* 59: 73-83.
- Vehanen, T. 1995. Oulujärven kalanhoitovelvoitteiden tuloksellisuus ja kalatalouden tarkkailun kehittäminen. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Kalaraportteja 20, 34 s.