

5/2004

Veijo Heikkilä

Pohjapadon vaikutus Suomijärven
vedenkorkeuksiin ja menovirtaamiin



SATAKUNNAN AMMATTIKORKEAKOULU

5/2004

Veijo Heikkilä

**POHJAPADON VAIKUTUS SUOMIJÄRVEN VEDENKORKEUKSIIN
JA MENOVRTAAMIIN**

RAKENNUSTEKNIIKAN KOULUTUSOHJELMA

Rakentamisen suuntautumisvaihtoehto

2004

ISBN 951-614-028-9

ISBN 951-614-029-7 (PDF)

ISSN 1238-3201

POHJAPADON VAIKUTUS SUOMIJÄRVEN VEDENKORKEUKSIIN JA MENOVRTAAMIIN

Heikkilä Veijo
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Rakentamisen suuntautumisvaihtoehto
Tekniikka Pori, Tekniikantie 2, 28600 PORI
Tammikuu 2004
Ohjaajat: Sirpa Sandelin, DI ja Kari Hjulgren, DI
Sivumäärä 53
UDK 504.06 ; 556.5 ; 627.1 ; 627.514

Avainsanat: vesistösuunnittelu, vedenkorkeus, pohjapato, Suomijärvi

Tiivistelmä

Tämä opinnäytetyö käsittelee suunnitellun pohjapadon vaikutusta Suomijärven vedenkorkeuksiin ja menovirtaamiin. Vedenpinnan nostolla pyritään järven tilan ja käyttökelpoisuuden parantamiseen tai säilyttämiseen. Järven vedenkorkeuksien muuttamisesta seuraa vaikutuksia rantakiinteistöille ja lisäksi alapuolisen uoman virtaamisissa tapahtuu muutoksia. Pohjapadolla toteutettavalle vedenpinnan nostolle on haettava ympäristölupaviraston lupa. Lupahakemukseen liitettävässä suunnitelmassa on oltava mm. laskelmat vedenpinnan noston vaikutuksista järven vedenkorkeuksiin ja sen menovirtaamiin.

Suomijärvellä vedenkorkeuksien ja virtaamien nykytilanteen selvittäminen oli vaikeaa, koska vedenkorkeus- ja virtaamahavaintoja ei ollut riittävästi. Lähtötietojen vähäisyyden vuoksi päädyttiin suunnittelussa vertailuvesistön käyttöön. Vedenkorkeus- ja virtaamalaskelmien lähtökohtana oli vertailuvesistöstä saatu menovirtaamien aikasarja, joka muutettiin Suomijärven nettotulovirtaamiksi. Samoja nettotulovirtaamia käytettiin nykyisen ja suunnitellun tilanteen laskennassa.

Kalan kulun turvaamiseksi pohjapadon alapuoleinen luiska suunniteltiin ns. kynnysrakenteena. Luiskaan suunniteltiin perättäisiä altaita mahdollistamaan kalojen kulku molempiin suuntiin.

Suomijärven tapauksessa ylivedenkorkeudet nousivat ja keskiylivirtaama kasvoi n. kahdeksan prosenttia. Tulvan kestossa ja alivirtaamisissa ei tapahtunut oleellisia muutoksia. Keskiylivedenkorkeus nousi 0,29 m.

Vertailuvesistön avulla lasketut tulokset vastasivat hyvin järvestä aikaisemmin havaittuja vedenkorkeuksia. Pohjapadon aiheuttamat vedenkorkeus- ja virtaamamuutokset saatiin myös luotettavasti selvitettyä. Suunnitellulla vedenpinnan nostolla on hyvät edellytykset parantaa Suomijärveä linnuston kannalta merkittävänä alueena ja lisätä sen virkistyskäyttöarvoa.

Tutkimukset todellisten vaikutusten selvittämiseksi on aloitettava jo ennen pohjapadon rakentamista ja niitä on jatkettava myös padon valmistumisen jälkeen. Tutkittavia asioita ovat mm. linnuston yksilörunsauden ja monipuolisuuden seuranta, vedenkorkeus-, virtaama-, veden laatu- ja kasvillisuusmuutokset.

EFFECT OF SUBMERGED DAM ON WATER LEVELS AND DISCHARGES OF LAKE SUOMIJÄRVI

Heikkilä Veijo
Satakunta Polytechnic
BSc Degree Programme in Construction Engineering
Field of Specialisation Construction
Technology Pori, Tekniikantie 2, FIN-28600 PORI
January 2004
Supervisors: Sirpa Sandelin, MSc and Kari Hjulgren, MSc
Number of pages 53
UDC 504.06 ; 556.5 ; 627.1 ; 627.514

Key words: water system planning, water level, submerged dam, lake Suomijärvi

Abstract

This Bachelor's thesis deals with the planned submerged dam in lake Suomijärvi and its effects on the water level and discharges. By raising the water level, the aim is to improve or restore the condition and usability of the lake. Changes in the water level of the lake affect the riparian real estates, and there are also flow changes in the downward river bed. A permission granted by the Environmental Licence Office is required to raise the water level by a submerged dam. The plan attached to the licence application must include calculations of the effects of the raising of water level on the water levels and discharges of the lake.

It was clarified to find out about the present situation of water levels and discharges at Suomijärvi, because there were not sufficient observations of water levels and discharge. Due to the scarce basic information, a decision was made to use a comparative water system for the planning. The water level and discharge calculations were based on the time series of the discharges from the reference water system that was converted into net entries of the lake Suomijärvi. The same net entries were used for calculating the present and the planned situation.

In order to secure the passage for fish, the ramp below the submerged dam was designed as a so called threshold structure. A number of successive basins were designed for the ramp to enable the fish to travel in both directions.

In the case of Suomijärvi, the high water levels rose and the average flood discharge increased by approximately eight per cent. No essential changes were observed in the flood duration and low discharge. The average low water level rose by 0.29 metres.

The results calculated from the reference water system corresponded well to the previous observations of water levels in the lake. The changes in water level and discharge caused by the submerged dam could also be settled reliably. The planned raising of water level may well improve lake Suomijärvi's status as a significant bird area and enhance its value as a recreation area.

Studies to discover the real effects must be commenced before building a submerged dam and continued after the dam has been completed. The issues to be examined include eg the follow-up of the number of individuals and species of birds, changes of water level, discharge, water quality and vegetation.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	8
2	POHJAPADON SUUNNITTELU	10
	2.1 Mikä on pohjapato	10
	2.2 Nykyisten vedenkorkeuksien ja virtaamien määrittäminen	11
	2.3 Pohjapadon mitoitus	14
	2.4 Laskentaohjelmat	16
3	SUUNNITTELUKOHTEENA SUOMIJÄRVI	18
	3.1 Aikaisemmat suunnitteluvaiheet	19
	3.2 Valuma-alue	21
	3.3 Vesistöalueen maan käyttö	22
	3.4 Suomijärven veden laatu	23
4	SUUNNITTELUN KUVAUS	25
	4.1 Kartat ja korkeustasot	25
	4.2 Tutkimukset ja mittaukset	25
	4.3 Havaitut virtaamat ja vedenkorkeudet	27
	4.4 Nykyisen purkaantumiskäyrän määrittäminen	30
	4.5 Vertailuvesistö	31
	4.6 Toistuvuusanalyysi	32
	4.7 Nettotulovirtaamat ja nykyiset vedenkorkeudet	33
	4.8 Penkereen ja pohjapadon suunnittelu	33
	4.9 Suunniteltu purkaantumiskäyrä	38
	4.10 Vedenkorkeus- ja virtaamamuutokset	39
5	TULOSTEN TARKASTELU JA JOHTOPÄÄTÖKSET	45
	5.1 Vertailuvesistö, vedenkorkeus- ja virtaamalaskennat	46
	5.2 Kynnysrakenteen mitoitus	46
	5.3 Muut pohjapatohankkeet	47
	5.4 Jatkotutkimustarpeet	47
	5.5 Vedenpinnan noston vaikutukset	48
	5.6 Johtopäätökset	50
6	LÄHDELUETTELO	52

Kiitokset

Lounais-Suomen ympäristökeskuksen Porin toimipisteessä asiantuntija-apua antoivat mm. Teija Kirkkala veden laatuun liittyvissä kysymyksissä ja Pauli Myllymäki vedenkorkeushavainnoinnin järjestämisessä. Maastotöihin osallistuivat mm. Reino Moisio Karviasta ja Juha Aaltonen Lounais-Suomen ympäristökeskuksen Porin toimipisteestä. Työn valmistumista edistivät myös lähimmät esimieheni Juha-Pekka Triipponen ja Olli Madekivi sekä opinnäytetyön valvojat Sirpa Sandelin ja Kari Hjulgren. Kiitokset edellä mainituille ja myös muille tämän työn toteuttamisessa mukana olleille henkilöille.

Veijo Heikkilä

SYMBOLI- JA TERMI LUETTELO

A	altaan pinta-ala	[km ²]
b	kivikynnyksen leveys	[m]
C	Chžyn kerroin	[-]
d	kiven halkaisija	[m]
F	valuma-alueen ala	[km ²]
g	painovoiman kiihtyvyys	[m/s ²]
H	välittömästi padon yläpuolella olevan energiaviivan tason ja padon harjan välinen korkeusero	[m]
h	painekorkeus padon harjasta	[m]
ha	vinon osan suurempi vesisyvyys	[m]
hy	vinon osan pienempi vesisyvyys	[m]
L	järvisyys	[%]
l	padon harjan tehollinen pituus	[m]
M	Manningin kerroin	[-]
m	virtaaman järjestysluku	
n	havaintovuosien lukumäärä	
Q	virtaama	[m ³ /s]
q	valuma	[l/s km ²]
Qp	menovirtaama	[m ³ /s]
T	laskentajakson pituus	[s]
Tr	toistumisaika	[a]
v	veden nopeus padon yläpuolella	[m/s]
W	vedenkorkeus	[m]
ΔW	altaan vedenkorkeuden muutos jakson aikana	[m]
δ	alaveden vaikutuskerroin	[-]
μ	purkautumiskerroin	[-]

Vedenkorkeuden tunnusluvut:

MW	keskivedenkorkeus = koko havaintojakson päivärvojen keskiarvo
HW	ysin vedenkorkeus = vuoden tai havaintojakson ylin vedenkorkeus
MHW	havaintojakson vuotuisten HW-arvojen keskiarvo
NW	alin vedenkorkeus = vuoden tai havaintojakson alin vedenkorkeus
MNW	havaintojakson vuotuisten NW-arvojen keskiarvo
MW _{weg}	kasvukauden (15.5...15.9) keskiveden korkeus
HW _{1/20}	keskimäärin kerran kahdessakymmenessä vuodessa sattuva ylivedenkorkeus

Virtaaman tunnusluvut:

MQ	keskivirtaama = koko havaintojakson päivärvojen keskiarvo
HQ	ysin virtaama = vuoden tai havaintojakson suurin virtaama
MHQ	havaintojakson vuotuisten HQ- arvojen keskiarvo
NQ	alin virtaama = vuoden tai havaintojakson alin virtaama
MNQ	havaintojakson vuotuisten NQ- arvojen keskiarvo
HQ _{1/20}	keskimäärin kerran kahdessakymmenessä vuodessa sattuva ylivirtaama

Valunnan tunnusluvut:

Mq	keskivaluma = koko havaintojakson päivärvojen keskiarvo
Hq	ysin valuma = vuoden tai havaintojakson suurin valuma
MHq	havaintojakson vuotuisten Hq- arvojen keskiarvo
Nq	alin valuma = vuoden tai havaintojakson alin valuma
MNq	havaintojakson vuotuisten Nq- arvojen keskiarvo
WE(max)	lumen vesiarvon keskimääräinen vuosimaksimi [mm]

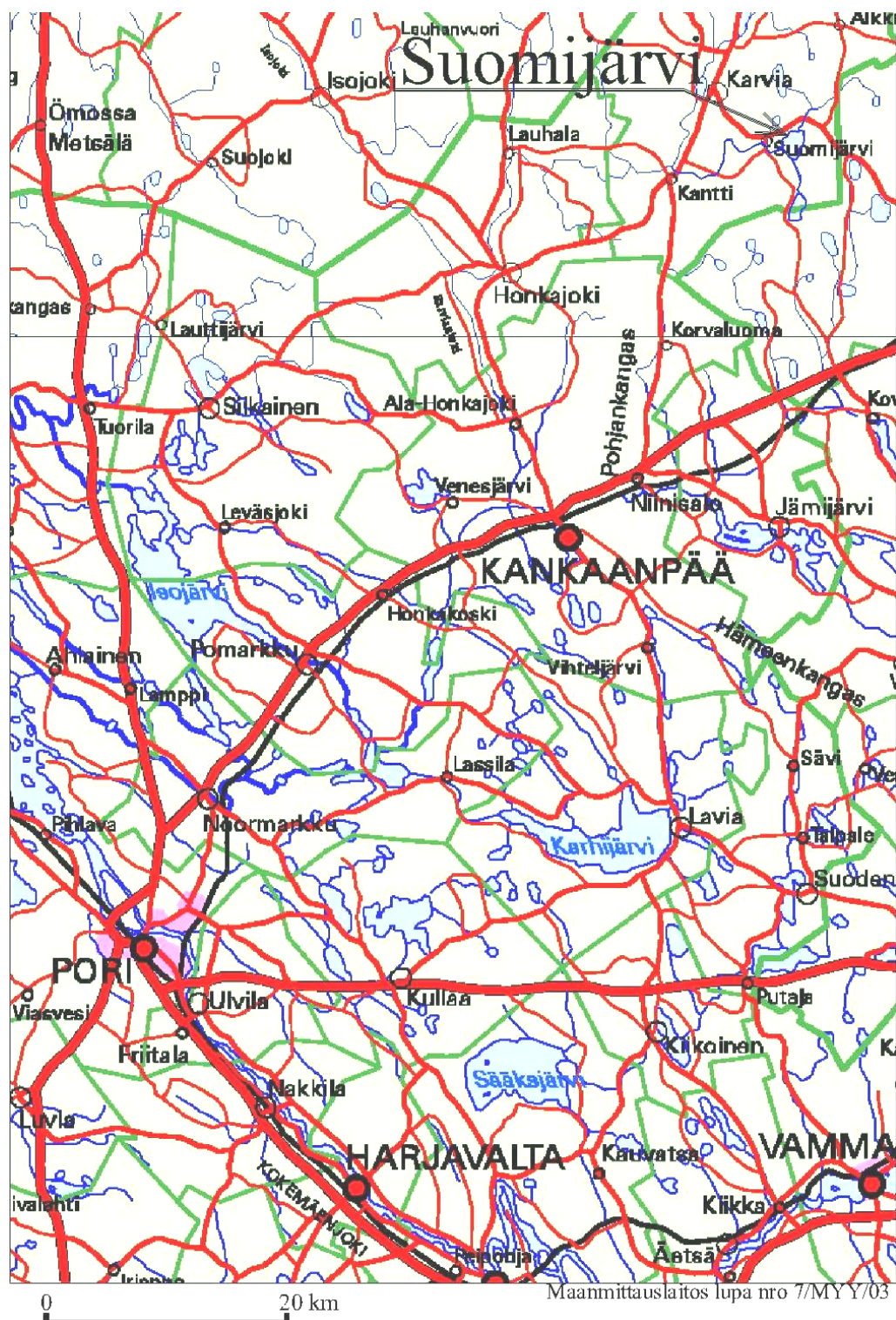
1 JOHDANTO

Vedenpinnan nostolla pyritään järven tilan ja käyttökelpoisuuden parantamiseen tai säilyttämiseen. Järven vedenkorkeuksien muuttamisesta seuraa vaikutuksia rantakiinteistöille ja lisäksi alapuolisen uoman virtaamissa tapahtuu muutoksia. Pohjapadolla toteutettavalle vedenpinnan nostolle on haettava ympäristölupaviraston lupa. Lupahakemukseen liitettävässä suunnitelmassa on oltava mm. laskelmat vedenpinnan noston vaikutuksista järven vedenkorkeuksiin ja sen menovirtaamiin.

Vallitsevat vedenkorkeudet on selvitettävä sellaisessa laajuudessa joka on tarpeen vesistöön rakentamisen aiheuttamien muutosten toteamiseksi, tehtävien rakennelmien mitoittamiseksi, ja saatavan hyödyn ja aiheutuvan haitan ja vahingon arvioimiseksi.

Vedenpinnan nostosuunnitelman laatiminen on monivaiheinen tehtävä, joka sisältää useita selvitettäviä asioita. Tämän työn pääasiallinen sisältö on pohjapadon aiheuttamien hydrologisten vaikutusten arviointi. Työn keskeisiä kysymyksiä ovat, miten pohjapadon rakentaminen vaikuttaa järven vedenkorkeuksiin ja menovirtaamiin. Lisäksi Kalojen kulun turvaamiseksi pohjapadon alapuoleinen luiska suunniteltiin ns. kynnysrakenteena. Luiskaan suunniteltiin perättäisiä altaita mahdollistamaan kalojen kulku molempiin suuntiin.

Esimerkkikohteena on Satakunnan pohjoisosassa sijaitseva Karvian Suomijärvi (Kuva 1), joka kuuluu Natura-2000 verkostoon lintudirektiivin mukaisena linnuston kannalta merkittävänä alueena. Järvi on mataloitunut alueella aikaisemmin tehdyn vesistöjärjestelyn ja voimakkaan sedimentaation myötä. Järven umpeenkasvu on voimakasta, ja linnuille tärkeät avovesialueet ovat vähenemässä. Kesäisin valtaosa järvestä on vesikasvillisuuden peitossa. Umpeenkasvu ja kasvustojen muuttuminen ovat heikentäneet järven lintuvesiarvoa. Suomijärven aliveden pinnan nostotavoitteeksi on valittu n. 30 cm.



Kuva 1 Sijaintikartta

2 POHJAPADON SUUNNITTELU

2.1 Mikä on pohjapato

Pohjapato aiheuttaa veden virtauksessa epätäydellisen ylisyöksyn, jossa alavedenpinta on korkeammalla kuin padon harja. Ylisyöksypadossa padon harja on ylempänä kuin alaveden korkeus. Sama pato voi siis toimia vedenkorkeudesta riippuen joko pohjapatona tai ylisyöksypatona. Tässä työssä käytetään nimitystä pohjapato riippumatta siitä kummasta tyylistä on kysymys.

Pohjapadon avulla nostetaan yläpuolisen vesistönosan vedenkorkeutta. Tavoitteena on yleensä vain kesäaikaisen alivedenpinnan nosto. Vedenpinnan nostoon johtavia syitä ovat mm. virkistyskäytön parantaminen, mataluudesta johtuvan umpeenkasvun hidastaminen, maiseman parantaminen, kalataloudellisen arvon parantaminen, alusveden happivaraston lisääminen ja järven avoimen vesipinta-alan lisääminen (Äystö 1997 s. 61).

Pohjapadon rakentaminen muuttaa lähes aina myös järven keskivedenkorkeutta. Tällöin muutetaan maa-aluetta pysyvästi vesialueeksi. Vesialueen rajana maata vastaan pidetään keskivedenkorkeuden mukaista rantaviivaa. Jos vedenkorkeus muuttuu pysyvästi, määrätään vesialueen raja maata vastaan uuden keskivedenkorkeuden mukaan (VL 1:6.1). Alapuolisen uoman perkauksella voidaan päästä tilanteeseen, jossa keskivedenkorkeus ei muutu. Asia on osoitettava laskelmin.

Pohjapadon rakentaminen on vesilain mukaan vesistöön rakentamista, jota koskee vesilain toisen luvun säädökset. Mikäli kunnostuksella nostetaan järven vedenkorkeutta ja muutetaan maa-aluetta pysyvästi vesialueeksi, on ympäristölupaviraston lupaa aina haettava (VL 2:2.4). Sellaiset hankkeet, jotka vaikuttavat merkittävästi vesioloihin tai loukkaavat yleistä tai yksityistä etua ovat kiellettyjä ilman ympäristölupaviraston lupaa.

2.2 Nykyisten vedenkorkeuksien ja virtaamien määrittäminen

Järven vedenkorkeuden nykytilan määrittäminen on usein ongelmallista, koska käytännössä läheskään kaikista järivistä ei ole vedenkorkeushavaintoja. Siksi joudutaan usein turvautumaan vertailuvesistön käyttöön tarkennettuna suunnittelutyön aikaisilla virtaama- ja vedenkorkeusmittauksilla.

Järveen tulisi asentaa vedenkorkeusasteikko mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, koska lyhyetkin havaintosarjat parantavat oleellisesti nykytilanteen arviointitarkkuutta. Paikalliset asukkaat merkitsevät usein ainakin ylimmät ja alimmat vedenkorkeudet maastoon, ja havaintojen perusteella voidaan arvioida millä korkeusvälillä vedenpinta ko. järvessä vaihtelee.

Suunniteltavan hankkeen koko, toimenpiteet ja alueen luonne vaikuttavat siihen, kuinka laajoja hydrologisia kenttätutkimuksia on tarpeen tehdä. Tärkeää on kerätä aluksi olemassa oleva aineisto, jota saattaa löytyä mm. ympäristöhallinnon tietojärjestelmistä. Paras tilanne on silloin kun käytettävissä on pitkä yhtenäinen havaintosarja, jota jatketaan koko suunnittelutyön ajan. (Vesistöhankeiden vaikutusten arviointi, 1986 s. 92).

Suomen ympäristökeskus (SYKE) vastaa Suomessa valtakunnallisesta hydrologisesta seurannasta. Alueelliset ympäristökeskukset hoitavat seurantoihin liittyvät kenttätutkimukset. Havaintotulokset toimitetaan Suomen ympäristökeskukseen ja tallennetaan hydrologisiin tietojärjestelmiin. Hydrologian ja vesivarojen käytön tietojärjestelmä (HYDRO) sisältää nimensä mukaisesti tietoa Suomen vesistöjen hydrologiasta ja vesivarojen käytöstä. Virtaaman aikasarjoja määritetään vedenkorkeushavaintojen perusteella ns. purkaantumiskäyrien avulla. Purkaantumiskäyrä piirretään virtaamamittausten perusteella. Uomasta valitaan kohta, jossa alavedenkorkeus ei vaikuta purkaantumiseen. Mittauksia tarvitaan 5-10 kpl ja lisäksi käyrän oikeellisuutta tarkistetaan aika ajoin tehtävillä kontrollimittauksilla. Kontrollimittauksia tarvitaan koska purkaantumisolosuhteet saattavat muuttua. Virtausolosuhteiden muutoksia aiheuttavat mm. vesistötyöt, eroosio ja kasvillisuusmuutokset uomassa. [<http://www.ymparisto.fi/tila/vesi/verkot/kuvausqu.htm>].

Vesistömallilla tarkoitetaan mallia, joka kuvaa luonnossa tapahtuvaa hydrologista kiertoa. Vesistömallit käyttävät lähtötietoinaan havaintoja lämpötilasta, sadannasta ja haihdunnasta sekä vedenkorkeuksista ja virtaamista. Automaattisilta havainto- asemilta saadaan vedenkorkeus- ja virtaamatiedot joiden avulla vesistömallin tietoja korjataan. [<http://www.ymparisto.fi/tila/vesi/ennuste/yleista.html>].

Virtaama saadaan virtaamamittausten avulla määritetystä vedenkorkeuden ja virtaaman välistä riippuvuutta kuvaavasta purkaantumiskäyrästä. Suunnittelun aikaiset virtaamamittaukset on vaikea ajoittaa hetkellisen ylimmän virtaaman ajankohtaan koska tulvahuiput ovat usein varsin lyhytaikaisia. Alivaluma (N_q) on yleensä pitkäaikaisempi kuin ylivaluma ja kuivina kausina voidaan siten tehdä helpommin yksittäisiä virtaamamittauksia ja löytää ajankohta, jolloin virtaama on ko. vuoden pienin.

Ylivirtaaman arvioinnissa voidaan käyttää hyväksi erilaisia nomogrammeja, joista ehkä tunnetuin on Kaiteran nomogrammi. Nomogrammista saadaan keskiylivaluma tarkasteltavassa kohdassa, kun tiedetään yläpuolisen valuma-alueen pinta-ala, järvisyys ja alueen lumen vesiarvon keskimääräinen vuosimaksimi (Maankuivatuksen suunnittelu 1986 s. 80 - 81).

Järven nettotulovirtaamien laskenta perustuu varastoyhtälöön (Kaava 1). Lähtötietoina tarvitaan vähintään kahdenkymmenen vuoden ajalta olevat vedenkorkeus- ja virtaamatiedot sekä järven pinta-alakäyrä.

Varastoyhtälön mukaan järveen aikayksikössä virrannut vesimäärä on yhtä suuri kuin järvestä virrannut vesimäärä lisättynä varastotilavuuden muutoksella (RIL 141 1982 s. 268).

$$Q_t = Q_p + A \cdot \frac{\Delta W}{T} \quad (1)$$

Q_t = (netto)tulovirtaama [m^3/s]

Q_p = menovirtaama [m^3/s]

A = altaan pinta-ala [m^2]

ΔW = altaan vedenkorkeuden
muutos jakson aikana [m]

T = laskentajakson pituus [s]

Nettotulovirtaamat voidaan laskea myös vertailuvesistön avulla. Järven tulovirtaamien laskemiseksi valitaan vertailuvesistö, joka ei sijaitse kovin kaukana suunniteltavana olevasta vesistöstä. Vertailuvesistön avulla tapahtuva suunniteltavana olevan järven menovirtaamien laskenta tehdään yleensä valuma-alueiden pinta-alojen suhteessa. Lisäksi otetaan tarvittaessa huomioon järvien valuma-alueiden pinta-alat ja järvisyydet. Tässä voidaan käyttää hyväksi esimerkiksi Kaiteran nomogrammia. Vertailuvesistön avulla saadut menovirtaamat muutetaan suunniteltavana olevan järven vedenkorkeuksiksi sen nykyisen purkaantumiskäyrän mukaan.

Ylivirtaaman toistuvuus on oleellinen lähtökohta vesirakenteiden suunnittelussa. Ylivirtaamien toistuvuusanalyysissä käytetään yleisimmin Gumbelin jakaumaa. Toistumisaika T_r ilmaisee, kuinka pitkän ajan kuluttua tietynsuuruinen ylivirtaama keskimäärin toistuu. Virtaamat sijoitetaan todennäköisyyspaperille kaavan 2 mukaisesti. Näin saadun pistejoukon kautta piirretään mahdollisimman hyvin sitä kuvaava suora.

$$Tr = \frac{n+1}{m} \quad (2)$$

n = havaintovuosien lukumäärä

m = virtaaman järjestysluku laskevassa suuruusjärjestyksessä (ylivirtaamalla)
ja nousevassa suuruusjärjestyksessä (alivirtaamalla)

Alivirtaaman toistuvuuden määrittelyssä lähtökohtana ovat vuosittaiset alivirtaamien aikasarjat tai erikseen talvi- ja kesäajan alivirtaamien aikasarjat. Alivirtaamien toistuvuusanalyysissä käytetään yleisimmin Weibullin tai Kumbelin jakaumaa.

Pysyvyyskäyrällä ilmoitetaan, montako prosenttia kokonaisajasta vedenkorkeus on tietyn rajan yläpuolella (RIL 141 1982 s. 67). Vedenkorkeuden pysyvyyskäyrän molemmat akselit piirretään yleensä lineaarista asteikkoa käyttäen. Virtaaman pysyvyyskäyrän virtaama-asteikko suositellaan kuitenkin piirtämään logaritmisella asteikolla.

Vedenkorkeuksien vuosittainen kulku voidaan esittää ns. fraktiilikäyrillä. Esim. 90 %:n fraktiili tarkoittaa, että 90 % havaintojen päiväarvoista jää tämän käyrän alapuolelle (RIL 141 1982 s. 51). Analyysissä voidaan määrittää virtaaman tai vedenkorkeuden keskiarvo, mediaani, ääriarvot ja valitut prosenttipisteet vuoden jokaiselle päivälle. Mediaani on 50 %:n fraktiili, joka on eräs havaintojen keskiluvuista. Kun havainnot asetetaan suuruusjärjestykseen niin mediaani on se arvo, jota pienempiä ja suurempia arvoja on yhtä paljon. Se poikkeaa jonkin verran havaintojen keskiarvosta.

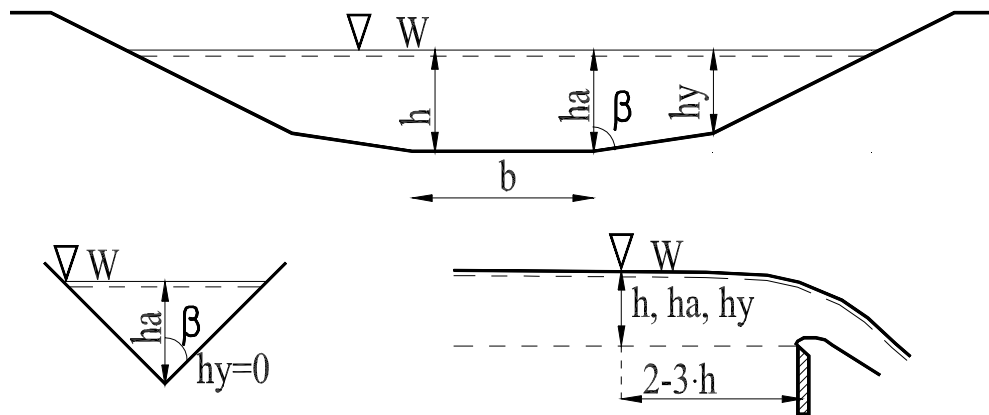
2.3 Pohjapadon mitoitus

Kun veden nopeus padon yläpuolella on pieni voidaan purkaantumisen ylisyoösy-padosta laskea Polenin kaavoilla (Kaavat 3 ja 4). Alaveden vaikutus purkaantumiseen otetaan huomioon korjauskertoimella δ . Kun alaveden ja ylaveden korkeuksien suhde padon kynnyksen harjalta mitattuna on pienempi kuin 0,7 niin alavesi ei vaikuta purkaantumiseen (Kalateiden suunnittelu- ja mitoitushjeet 1999, s. 96). Kuvassa 2 on esitetty kaavojen 3 ja 4 merkinnät.

$$Q = \delta \cdot 3/2 \cdot \mu \cdot b \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \cdot h^{3/2} \quad (\text{vaakasuora kynnys}) \quad (3)$$

$$Q = \delta \cdot 4/15 \cdot \mu \cdot \tan \beta \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot (h a^{5/2} - h y^{5/2}) \quad (\text{vino kynnys}) \quad (4)$$

- Q = virtaama [m³/s]
 δ = alaveden vaikutuskerroin [-]
 μ = purkautumiskerroin [-]
 b = padon harjan pituus [m]
 h = painekorkeus padon harjasta [m]
 g = maan vetovoiman kiihtyvyys [m/s²]
 ha = vinon osan suurempi vesisyvyys [m]
 hy = vinon osan pienempi vesisyvyys [m]



Kuva 2. Kaavojen 3 ja 4 merkinnät (Maijala 1985)

Ympäristöhallinnossa on käytössä ylisyoösyypadon purkaantumisohjelma, joka perustuu Polenin kaavaan. Ohjelma vaatii erillisen koordinaattitiedoston, johon on syötetty padon harjan taitepisteiden lukumäärä, etäisyys alkupisteestä ja sitä vastaava taitepisteen korkeus. Ohjelma kysyy myös vaikuttaako alavesi purkaantumiseen ja pyytää tarvittaessa antamaan alaveden korkeuden.

Kiviheitokkeesta tehtyjen patojen ja tekokoskien kestävyys voidaan laskea kaavalla 5. Kaava on laadittu siten, että kiven tiheys 2700 kg/m³ on otettu

huomioon. Kaava sisältää 20 %:n varmuuslisän. (Kalateiden suunnittelu- ja mitoitusohjeet 1999, s.101).

$$Q_{\text{sall}} = 0.307 \cdot \sqrt{g} \cdot I^{-7/6} \cdot d^{3/2} \quad (5)$$

- g = maan vetovoiman kiihtyvyys
- Q_{sall} = sallittu virtaama
- I = pituuskaltevuus
- d = kiven halkaisija

Suurin vedennopeus määräytyy vedenpinnan korkeuseron mukaan kaavalla 6. (Kalateiden suunnittelu- ja mitoitusohjeet 1999 s. 97).

$$v_{\text{max}} = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \quad (6)$$

- h = painekorkeus padon harjasta [m]
- g = maan vetovoiman kiihtyvyys 9,81 [m/s²]

2.4 Laskentaohjelmat

Vedenkorkeus- ja virtaamamuutosten selvittämiseksi joudutaan käsittelemään useiden vuosien mittaisia vedenkorkeus- ja virtaamatietoja. Lähtöaineiston määrä on suuri ja siksi tarvitaan laskentoja varten tehtyjä tietokoneohjelmia. Yleisimmät vesistösuunnittelussa käytetyt ohjelmat ovat veden epätasaisen liikkeen ja nettotulovirtaamien laskenta. Lisäksi on kehitetty erilaisia virtausmalleja, joiden avulla voidaan käsitellä laajempia kokonaisuuksia. Seuraavassa on esitetty tässä työssä käytettyjä ohjelmia:

VESLA- ohjelma

Järvien palautus- ja säännöstelylaskentaohjelma VESLA käsittelee yhtä järveä kerrallaan. Ohjelmassa on monipuoliset laskentamahdollisuudet. Sillä voidaan laskea halutulta aikaväliltä:

- menovirtaamat kun tiedetään vastaavien ajankohtien vedenkorkeudet sekä vedenkorkeudet kun tiedetään vastaavien ajankohtien menovirtaamat. Laskenta tapahtuu purkaantumiskäyrän mukaan
- nettotulovirtaamat, jotka kuvaavat järven menovirtaaman ja järveen varastoituneen vesimäärän summaa tietyllä aikavälillä
- luonnonmukaiset vedenkorkeudet ja virtaamat, jotka kuvaavat tilannetta, jolloin järveä ei olisikaan säännöstelty
- purkaantumiskäyrän mukaiset vedenkorkeudet ja virtaamat kun juoksutusohjeen sijasta käytetään esim. pohjapadon purkaantumiskäyrää

Ohjelmaan liittyy myös tulosten käsittelymakrot, jotka toimivat Excel 97- versiossa. Makroilla voidaan piirtää laskennan tuloksista vedenkorkeus- ja virtaamakuvaajat sekä pysyvyys- ja verhokäyrät (Hietala 1998).

HEC- RAS ohjelma

Epätasaisen virtauksen (Steady Flow) laskennassa voidaan käyttää HEC- RAS ohjelmaa. Ohjelma on amerikkalainen tuote ja se on saatavana internetistä ilmaisversiona tai maksullisena lisenssiversiona. Laskennoissa on käytetty ilmaisversiota n:o 3.0.1 maaliskuulta 2001. Ohjelma on saatavissa osoitteesta <http://www.hec.usace.army.mil/>. Ohjelmalla voidaan luoda yhdelle tai useammalle luonnonuomalle hydraulinen malli. Mallin luominen aloitetaan geometriatietojen syöttämisellä. Poikkileikkaustietoja voidaan syöttää suoraan ohjelmassa olevaan taulukkoon tai siirtää erilaisista tiedostomuodoista. Ympäristöhallinnossa on paljon poikkileikkaustiedostoja, jotka ovat aikaisemman epätasaohjelman vaatimassa tiedostomuodossa. Näiden tiedostojen siirtäminen HEC- RAS- muotoon onnistuu erillisellä siirto- ohjelmalla.

Purkaantumisen ylisyoxyypadosta voidaan laskea HEC- RAS ohjelmalla. Ohjelma laskee padon yli tapahtuvan virtauksen kaavalla 7 (Jaakonaho 2001).

$$Q = C \cdot L \cdot H^{3/2} \quad (7)$$

Q =	virtaama [m ³ /s]
C =	patokerroin [-]
L =	padon harjan tehollinen pituus [m]
H =	energiaviivan tason ja padon harjan välinen korkeusero välittömästi padon yläpuolella [m]

3 SUUNNITTELUKOHTENA SUOMIJÄRVI

Suomijärvi sijaitsee Karviassa Satakunnan pohjoisosassa. Suomijoki alkaa Suomijärven luusuasta ja laskee Karvianjokeen Karvian keskustaajaman alapuolella. Suomijärveen laskee vesiä kahdesta pääsuunnasta, jotka ovat Kattilajoki ja Ojajoki.

Suomijärven pinta-ala on 2,5 km² ja rantaviivan pituus on 12,8 km. Järven keskisyvyys on n. 0,5 m, keskimääräinen vesitilavuus on 1,25 milj. m³ ja keskimääräinen viipymä on n. 14 vrk. Suomijärven luusuassa vesistöalueen järvisyys on 6,9 % ja valuma-alueen pinta-ala on 87 km², josta n. 15 % on peltoa.

Suomijärvi kuuluu Natura-2000 verkostoon (koodi FI0200029) lintudirektiivin mukaisena linnuston kannalta merkittävänä alueena. Alue sisältyy lähes kokonaan valtakunnalliseen lintuvesien suojeluohjelmaan ja seutukaavan luonnonsuojelualueeseen. Alue on suojeltu luonnonsuojelulailla.

Järvi on mataloitunut alueella aikaisemmin tehdyn vesistöjärjestelyn ja voimakkaan sedimentaation myötä. Järven umpeenkasvu on voimakasta, ja linnuille tärkeät avovesialueet ovat vähenemässä. Kesäisin valtaosa järvestä on vesikasvillisuuden peitossa. Umppeen kasvu ja kasvustojen muuttuminen ovat heikentäneet järven lintuvesiarvoa. Suomijärven kunnostuksen tavoitteeksi on asetettu 0.30 m:n aliveden nosto.

3.1 Aikaisemmat suunnitteluvaiheet

Suomijärven vedenpintaa on laskettu v. 1934 laaditun suunnitelman mukaisesti. Yhtiösopimus on allekirjoitettu 7. joulukuuta 1934. Katselmustoimitus päättyi 9. heinäkuuta 1938. Vesistötoimikunta antoi asiassa päätöksen 27. helmikuuta 1940. Päätöksessä vesistötoimikunta antoi järvenlasku- ja perkausyhtiölle luvan Suomijärven, Suomilammen ja Ojajärven laskemiseen sekä Nivusluoman perkaamisen v. 1934 laaditun suunnitelman mukaisesti. Ehtona oli mm. että Kattilajoen paalulle 22+20 rakennetaan puinen pato, jonka harja on 8 m:n leveydellä korkeudessa 143,70 ja keskellä kolmen metrin leveydellä korkeudessa 143,60 (suunnitelman taso). Päätökseen sisältyy kunnossapitovelvoite, joka on edelleen voimassa. Työ tehtiin valtion työnä ja luovutettiin järjestely-yhtiölle v. 1954. Yhtiössä olivat osakkaina perkaushankkeesta hyötyä saavat maanomistajat. Suunnitelman mukaan Suomijärven keskivedenpinta laskee 0,58 m. Viimeinen asiakirjoissa mainittu kunnossapitoperkaus on tehty v. 1964-1965.

Suomijärven yläpuolella sijaitsevan Rastiaisjärven vedenpinta on laskettu Rastiaisluoman perkauksen yhteydessä vuonna 1959. Tampereen vesi- ja ympäristöpiiri (nykyinen Pirkanmaan ympäristökeskus) laati suunnitelman Rastiaisjärven vedenpinnan nostamiseksi. Lupa Rastiaisjärven pohjapadon rakentamiseen on annettu vesioikeuden päätöksellä 7.3.1975. Pato on rakennettu kesällä 1975 vesipontista. Patorakenteet on uusittu lupapäätöksen mukaisiksi v. 2001. Padon harjan korkeus on $N_{60}+148,73$.

Suomijärven yläpuolella sijaitsevan Ojajärven luusuassa on pohjapato (Kuva 3), joka on suunnitelman mukaan 4,5 m leveydeltä korkeudessa $N_{60}+141,85$. Padon ylempi osa korkeudessa 142,20. Pato on rakennettu 80-luvulla rannanomistajien yhteisellä sopimuksella. Patorakenteet ovat huonossa kunnossa.



Kuva 3. Ojajärven pohjapato keväällä 2003

Marraskuussa v. 1993 valmistui Tampereen vesi- ja ympäristöpiirissä (nykyinen Pirkanmaan ympäristökeskus) Suomijärven kunnostussuunnitelma. Suunnitelma sisältää mm. Kattilajoen ja Ojajoen kääntauomat ja penkereet, Kattilajoen ylisyöksypadon, Suomijärven ja Ojajoen padot. Suunnitelman kustannusarvio oli 370 000 €. Suunnitelmaa ei toteutettu, koska katsottiin että Suomijärven luonteeseen eivät sovi laajat pengerrykset, ohitusuomat tai muut luontoa merkittävästi muuttavat vesistöjärjestelyt. Lounais-Suomen ympäristökeskuksessa on käynnistetty Suomijärven kunnostuksen suunnittelu uudelleen.

Suomijärvi-tilaisuudessa 24.5.2002 Karvian kunnantalolla oli paikalla edustajat Lounais-Suomen ympäristökeskuksesta, metsähallituksesta, Karvian kunnasta, Suomijärven kalastuskunnasta ja Suomijärven metsästysseurasta. Tilaisuuden aiheena oli Suomijärven vedenpinnan nosto. Maastokatselmuksessa todettiin, että järven syvyys oli n. 0,5 m. Saraa ja kortetta kasvoi järvellä runsaasti. Loppukeskustelussa päädyttiin siihen, että alimpien vedenkorkeuksien nosto n. 30-40 cm:llä on sopiva tavoite uudelle kunnostussuunnittelulle.

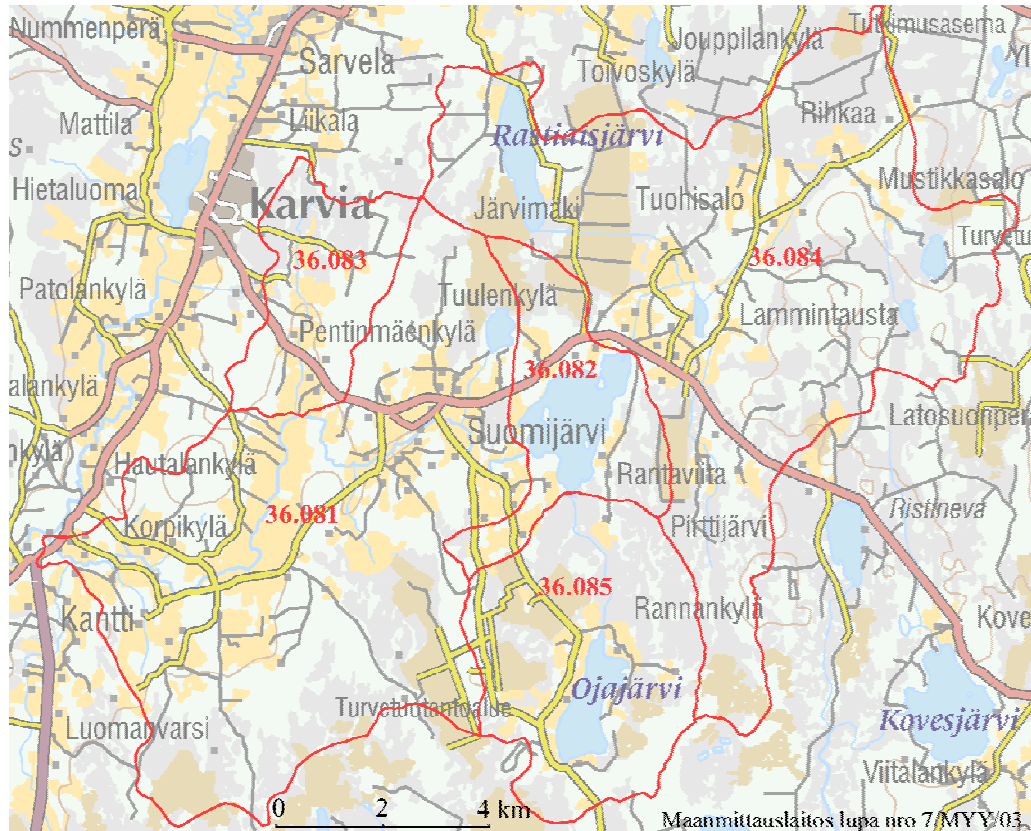
Alustava suunnitelmaehdotus esiteltiin Karvian kunnantalolla 18.3.2003. Ehdotuksen mukaan Suomijärven luusuaan rakennetaan pohjapato, jonka vaikutuksesta alimmat vedenkorkeudet Suomijärvessä nousevat n. 0,30 m. Vedenpinnan nostosta aiheutuvien haittojen vähentämiseksi suunnitelmassa ehdotettiin rakennettavaksi padon molemmille puolille n. 500 m:n penger. Ehdotusta kannatettiin ja päätettiin, että suunnittelua jatketaan esitetyllä tavalla.

3.2 Valuma-alue

Suomijoen vesistöalue kuuluu Karvianjoen vesistöalueessa Suomijoen osavaluma-alueeseen 36.08 (Kuva 4). Vesistöalueen jakaantuminen osa-alueisiin ja osavaluma-alueisiin on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Suomijoen osavaluma- alueet ja niiden järvisyydet (Ekholm 1993)

Nro	Nimi	sijainti	F km ²	L %
36.081	Suomijoen alaosan a	Karvianjoki	171,86	3,81
36.082	Suomijärven a	Suomijärven luusua	89,76	6,90
36.083	Neulaluoman va	Suomijoki	9,69	0,00
36.084	Kattilajoen va	Suomijärvi	58,19	2,82
36.085	Ojajoen va	Suomijärvi	20,21	7,42
36.086	Huhtaluoman va	Suomijoki	18,37	0,11



Kuva 4 Valuma-aluekartta

3.3 Vesistöalueen maan käyttö

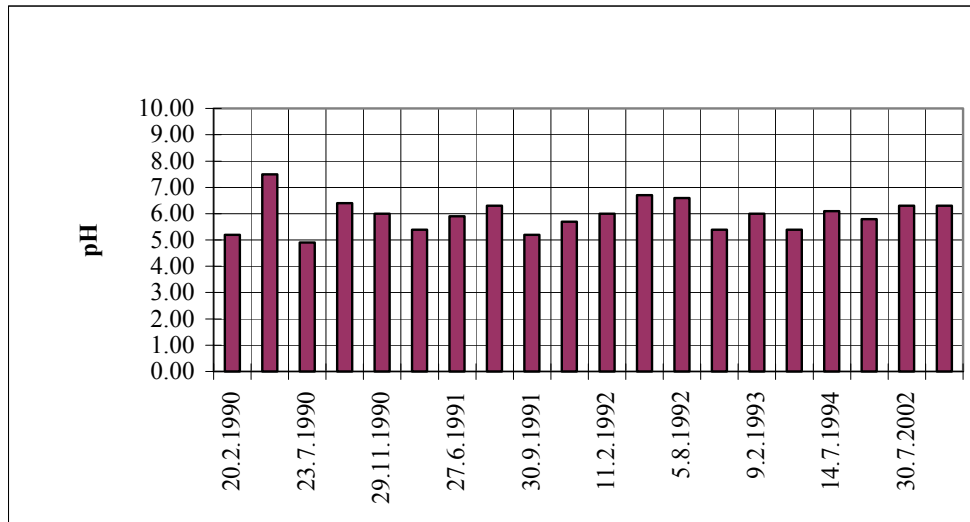
Suomijoen valuma-alueesta on peltoa n. 8 %, metsää n. 43 % suota n. 32 % ja turvetuotantoaluetta n. 9 %. (Schults & Ruokonen 1993). Suurin yhtenäinen peltoalue sijaitsee Kattilajoen sillan yläpuolella. Suurimmat turvetuotantoalueet sijaitsevat Ojajoen ja Kattilajoen valuma-alueilla. Vahvistetussa seutukaava 1:ssä Suomijärvi on merkitty suojelualueeksi (SU1-9), joka on luonnonsuojelulainsäädännön nojalla muodostettu tai muodostetuksi tarkoitettu alue. Suomijärvellä ei ole vahvistettua yleiskaavaa. Suomijärven rannoilla ei ole vapaa-ajan asutusta eikä yksityisten rannanomistajien vapaa-ajan virkistyskäyttöä. Vedenpinnan nostohankkeiden johdosta joudutaan lähes aina maksamaan vettymishaitan lisäksi korvausta vesialueeksi muuttuvasta maasta. Koska valtio on ostanut Suomijärven rantamaat lähes kokonaan tullaan Suomijärvellä selviämään kohtuullisilla vahingonkorvauksilla. Tässä suhteessa Suomijärvi on hyvä kunnostuskohde.

3.4 Suomijärven veden laatu

Suomijärven veden laatua ei ole tutkittu säännöllisesti. Mittaustuloksia on ajanjaksolta 1969-2003 hajanaisesti. Suurin osa vesinäytteistä on otettu avovesikaudella, kesällä tai syksyllä.

Suomijärven vesi on erittäin ruskeaa ja humuspitoista. Humusleimaisuutta kuvaava väriluku on yhtä mittauskertaa (1969) lukuun ottamatta ollut vähintään 200 mgPt/l. Jos väriluku ylittää 100 mgPt/l, voidaan vettä luonnehtia erittäin humuspitoiseksi. Veden humuspitoisuudesta kertoo myös korkea kemiallisen hapenkulutuksen arvo (19-66 mgO₂/l).

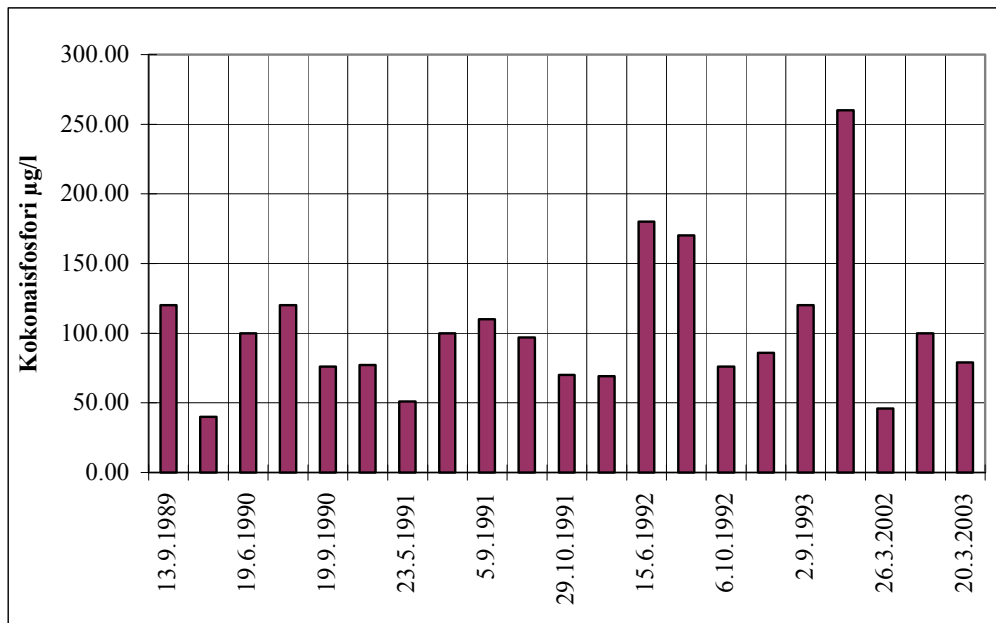
Suomijärven vesi on ajoittain myös hapanta. Suomalaisten vesien pH on yleensä lievästi happamalla puolella, ja vesiemme eliöstö on sopeutunut elämään pH-alueella 6,0-8,0. Suomijärven veden pH-arvo on kuitenkin useilla mittauskerroilla ollut alle 6 (Kuva 5), alimmillaan jopa 4,9. Särjen ja lohikalojen lisääntyminen häiriintyy pH-arvon ollessa alle 5,5.



Kuva 5. Suomijärven happamuus v. 1990 - 2003

Happitilanne on useimmilla mittauskerroilla ollut suhteellisen hyvä, mutta toisaalta myös selvää hapenvajasta on ajoittain esiintynyt.

Ravinnepitoisuuksien perusteella (fosfori) Suomijärveä voidaan luonnehtia reheväksi (Kuva 6). Suuri osa ravinteista näyttää niinkään olevan vedessä liukoisessa muodossa, jolloin levät pystyvät ne välittömästi käyttämään hyväkseen. Levän määrää kuvaava a-klorofyllipitoisuus onkin joillakin mittauskerroilla ollut suhteellisen korkea. Toisaalta veden tummuus ja happamuus todennäköisesti jonkin verran rajoittavat levätuotantoa.



Kuva 6. Suomijärven kokonaisfosfori 1989 - 2003

Olemassa oleva vedenlaatuaineisto on niin vähäinen ja ajallisesti hajanainen, että sen perusteella ei pysty arvioimaan mahdollista muutossuuntaa. Vesien yleisen käyttökelpoisuusluokituksen perusteella Suomijärven vettä voidaan luonnehtia käyttökelpoisuudeltaan välttäväksi.

4 SUUNNITTELUN KUVAUS

4.1 Kartat ja korkeustasot

Tämän työn kartta-aineisto on tehty kartastokoordinaattijärjestelmässä (KKJ 2). Suunnitelman korkeustaso on N_{60+} . Vanhan 1934 laaditun suunnitelman korkeustaso on 1,58 m ylempänä kuin N_{60+} taso.

Suunnittelussa on käytetty apuna Maanmittauslaitokselta hankittuja ortokuvia.

Ortokuvien kuvauspäivät ovat seuraavat:

Lehdet 2211 06 a ja b kuvauspäivä 7.5.2001

Lehdet 2212 04 a - d kuvauspäivä 16.5.1998

Kiinteistörajat, valtion omistamien maa-alueiden rajaukset ja Natura-alueet on siirretty ympäristöhallinnon paikkatietojärjestelmästä ACADmap:iin. Siirrossa on tehty koordinaattimuunnos yhtenäiskoordinaattijärjestelmästä (YKJ) kartastokoordinaattijärjestelmään (KKJ 2). Korkeuskäyrät on digitoitu vanhasta vuodelta 1934 skannatusta suunnitelmakartasta. Tämä kartta on siirretty ACADmap:iin mahdollisimman lähelle KKJ 2- järjestelmää. Sovittamisessa on käytetty yhteensopivia vanhoja ja nykyisiä kiinteistörajoja. Vuonna 1934 on tehty tarkkaa työtä sillä suunnitelmakartta sopii nykyisen kartta-aineiston kanssa erittäin hyvin yhteen.

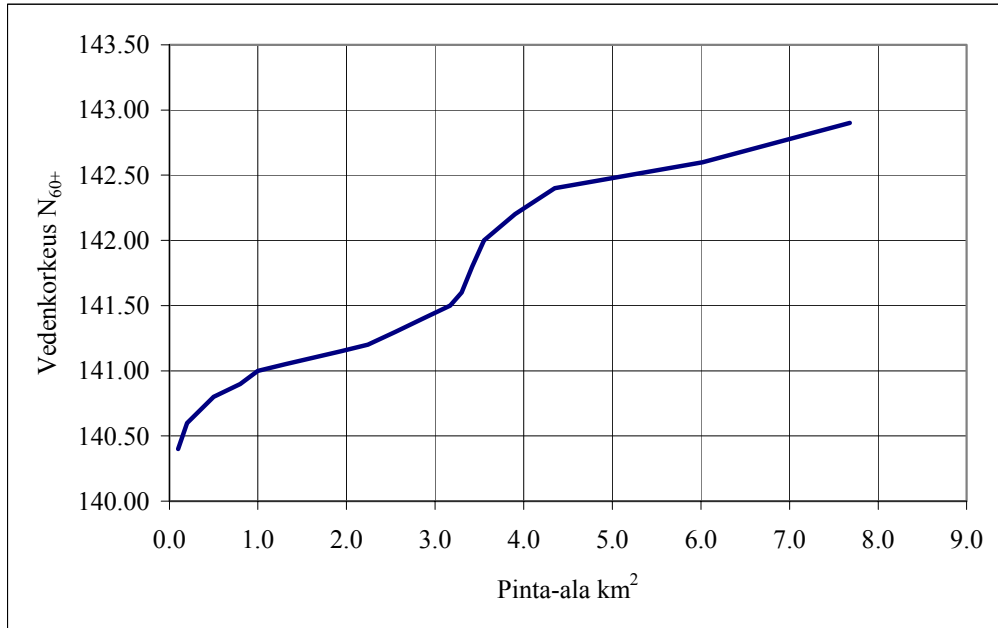
4.2 Tutkimukset ja mittaukset

Tampereen vesi- ja ympäristöpiirissä (nykyinen Pirkanmaan ympäristökeskus) on tehty 1980- luvulla poikkileikkausmittauksia Suomi- Kattila- ja Ojajoesta. Poikkileikkaustietoja täydennettiin v. 2003 tehdyillä mittauksilla. Nämä poikkileikkaukset on tallennettu vedenkorkeus- ja virtaamalaskentoja varten HEC-RAS-ohjelmaan.

Tampereen vesi- ja ympäristöpiirin (nykyinen Pirkanmaan ympäristökeskus) tekemässä vuonna 1993 valmistuneessa suunnitelmakartassa on Suomijärven ranta-alueiden peltojen korkeudet. Peltoalueiden korkeusmittauksia täydennettiin keväällä 2003 tehdyillä mittauksilla.

Niillä alueilla, joista ei muuta mittaustietoa ollut on pinta- alakäyrän määrittämiseksi käytetty vanhasta 1934 valmistuneesta suunnitelmasta digitoituja korkeuskäyriä. Käyrät on muutettu N_{60+} -tasoon vähentämällä niiden korkeuksista 1,58 m. Maastossa on tehty muutamia tarkistusmittauksia ja verrattu vanhan suunnitelman käyriä N_{60+} -tasoon. Mittauksissa havaittiin, että käyrät ovat suunnittelun tässä vaiheessa riittävän tarkkoja.

Ortokuvien kuvauspäivinä vedenkorkeus on ollut melko korkealla. Kuvauspäivältä ei ole vedenkorkeushavaintoa, joten vedenkorkeus on arvioitu maastossa tehtyjen mittausten perusteella. Maastossa on otettu ilmakuvan perusteella maanpinnan korkeus viidestä eri kohdasta. Näissä kohdissa maanpinnan korkeus on haettu mahdollisimman tarkasti vastaamaan kuvauspäivien vedenkorkeutta. Saaduista korkeuksista on otettu keskiarvo. Mittauspisteiden perusteella on arvioitu kuvauspäivien vedenkorkeuksiksi karttalehdillä 211101A ja 211101B N_{60+} 141,50. Ortokuvan vedenkorkeuden perusteella saatu korkeuskäyrä 141,50 on digitoitu ortokuvissa olevaa vesirajaa hyväksi käyttäen. Edellä kerrottujen korkeustietojen avulla on piirretty Suomijärven pinta-alakäyrä (Kuva 7).



Kuva 7. Suomijärven pinta-alakäyrä

4.3 Havaitut virtaamat ja vedenkorkeudet

Suomijärvestä on vedenkorkeushavaintoja melko vähän. Ylin tiedossa oleva havaittu vedenkorkeus Suomijärvellä on N_{60+} 142,49. Korkeushavainnolle ei ole tarkkaa päivämäärää. Toiseksi ylin tulvakorkeus on havaittu 7.5.1988. Silloin tulvakorkeus oli 142,36 (Schults & Ruokonen, 1993). Kattilajoen sillalla on asteikko, josta vedenkorkeushavaintoja on vuosilta 2001 ja 2002. Havaintoja ei ole talviajalta. Syksyllä 2002 havaittu alin vedenkorkeus Kattilajoen sillan asteikossa oli 141,06. Pohjapadon vaikutusten selvittämiseksi asennettiin Suomijärveen 27.3.2003 automaattinen Telog vedenkorkeuden tiedonkeruuyksikkö (Kuva 8) ja lisäksi asennettiin vesiasteikko Ojajärveen.



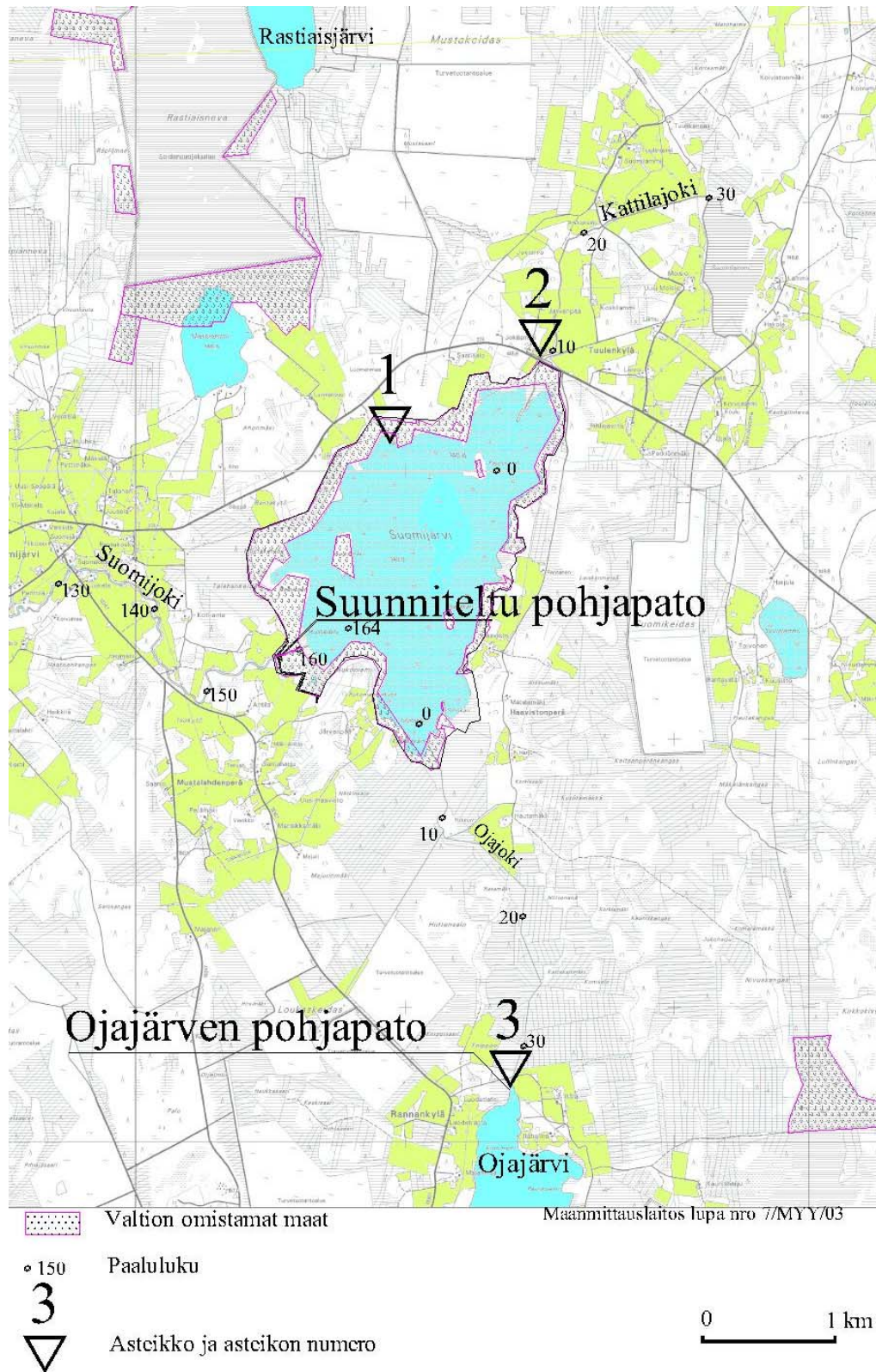
Kuva 8 Telog ja vesiasteikko Suomijärnessä

Taulukossa 2 on esitetty asteikkojen 0- pisteiden korkeudet.

Taulukko 2. Vedenkorkeusasteikot ja niiden 0- pisteiden korkeudet

Asteikko n:o	Vedenkorkeusasteikon sijainti	0- pisteen korkeus
1	Suomijärvi	140,83
2	Kattilajoki	140,47
3	Ojajärvi	141,16

Yleiskartassa (Kuva 9) on esitetty suunniteltu pohjapadon paikka, vesiasteikkojen paikat sekä valtion omistamat maa-alueet.



Kuva 9 Yleiskartta

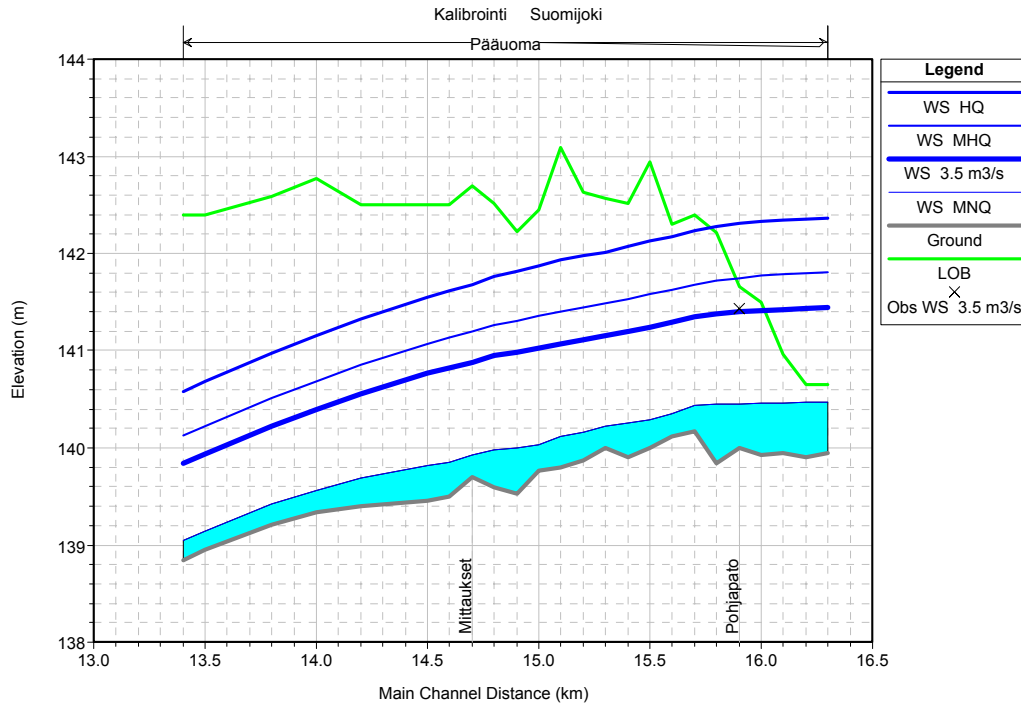
Virtaamamittaukset on tehty Suomijoen paalulla 147+50. Mittauksia vastaavat vedenkorkeudet on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3. Samanaikaisesti mitatut virtaamat ja vedenkorkeudet

Pvm	Qm ³ /s	Pato paikka	(Telog)	Kattila joen silta silta	Arkku-kosken silta	Ojajärvi padon alapuoli	Ojajärvi padon yläpuoli
1.10.2002	0,13	140,44	141,06	141,09			141,57
23.4.2003	3,50	141,43	141,54	141,61	141,86	141,91	142,03
27.5.2003	2,03	141,23	141,38	141,44	141,54		
11.6.2003	2,97	141,36	141,41	141,64	142,08	141,86	142,03
17.6.2003	2,16	141,20	141,35	141,41			
27.6.2003	0,50	140,67	141,20	141,22			
1.7.2003	0,30	140,58	141,17	141,18			

4.4 Nykyisen purkaantumiskäyrän määrittäminen

Purkaantumiskäyrän alapää on piirretty virtaamamittausten ja niitä vastaavien vedenkorkeuksien mukaan. HEC-RAS ohjelmaa on käytetty purkaantumiskäyrän yläpään selvittämiseksi. Ohjelmaan on syötetty Suomijoen poikkileikkaukset paalulta 134+00 paalulle 163+00. Suomijoen poikkileikkaustiedoston ja 23.4.2003 havaittujen vedenkorkeus- ja virtaamahavaintojen perusteella on tehty kalibrointi-laskenta. Tällöin mitattu virtaama Suomijoen luusuassa oli 3,5 m³/s ja sitä vastaava vedenkorkeus suunnitellulla patopaikalla oli 141,43. Kuvassa 10 on esitetty HEC-RAS ohjelmasta tulostettu pituusleikkaus. Kuvassa virtaamamittausta vastaava vedenkorkeuden mittauspiste on merkitty ristillä. Manningin kertoimella 0,035 on päästy lähelle havaittua arvoa. HEC-RAS ohjelmalla on laskettu tätä Manningin kerrointa käyttäen nykyiset ja tulevat purkaantumiskäyrät.



Kuva 10 Kalibrointi

4.5 Vertailuvesistö

Suomijärvelle sopivaa vertailuvesistöä oli vaikea löytää. Lopulta päädyttiin käyttämään vertailuvesistöä Jämijärveä, josta on virtaamahavaintojen aikasarja vuosilta 1931 – 1954. Tämä aikasarja on täysin yhtenäinen ja sisältää valunnaltaan erilaisia vuosia. Vaikka aikasarja on vanha, soveltuu se kuitenkin pohjapadon aiheuttamien hydrologisten muutosten laskentaan ja se oli tässä tapauksessa paras mitä voitiin käyttää. Vesioikeudellisessa lupahakemuksessa on oleellista selvittää hydrologiset muutokset, joka aiheutuvat pohjapadon rakentamisen seurauksena. Käytettyä vertailuvesistöä saatua 23 vuoden aikasarjaa voidaan pitää tähän tarkoitukseen riittävänä.

Taulukossa 4 on esitetty vertailun vuoksi Jämijärven ja Suomijärven morfologisia tietoja.

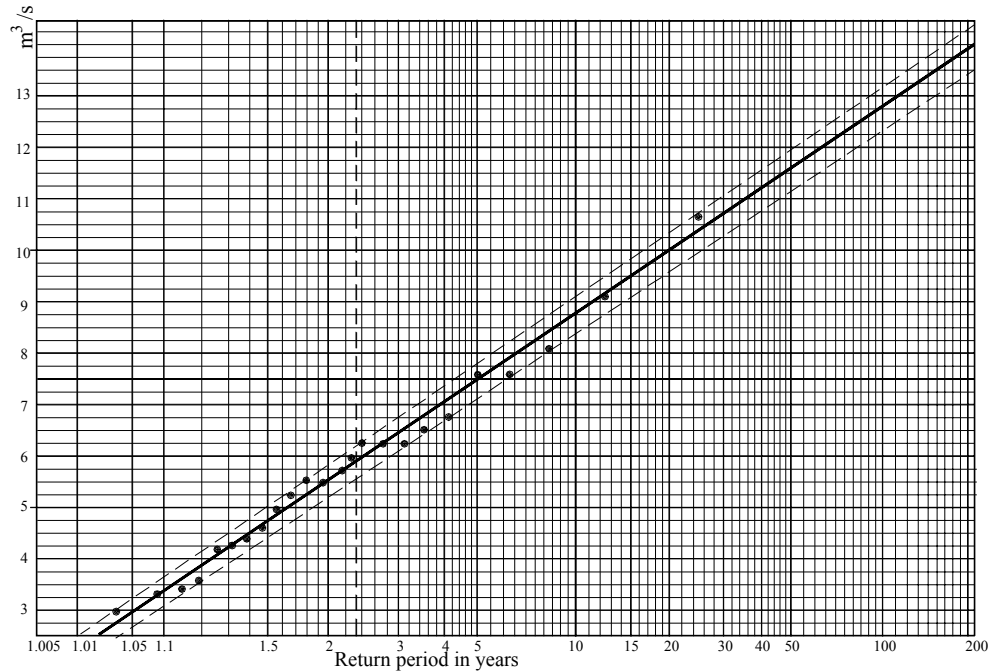
Taulukko 4. Jämijärven ja Suomijärven morfologisia tietoja

	Jämijärvi	Suomijärvi
Järvinumero	35.542.1.001	36.082.1.001
Vesistöalueen numero	35.542	36.082
Vesistöalueen nimi	Jämijärven a	Suomijärven a
Valuma-alue km ²	348,43	89,76
Järvisyys %	3,45	6,90
Vesiala km ²	8,80	2,68
Kokonaisrantaviiva km	91,4	12,3
Tilavuus milj m ³	38,0	1,34
Keskisyvyys m	4,32	0,50
Suurin syvyys m	25,96	1,50

Valuma-alueiden suhteessa saadaan kertoimeksi 0,26. Tällä kertoimella muutetut arvot vastaavat suhteellisen hyvin Suomijärvestä aikaisemmin havaittuja arvoja.

4.6 Toistuvuusanalyysi

Toistuvuusanalyysin mukaan saadaan kerran kahdessakymmenessä vuodessa sattuva ylivirtaama $HQ_{1/20} = 10,0 \text{ m}^3/\text{s}$ ja keskiylivirtaama $MHQ = 5,9 \text{ m}^3/\text{s}$ (Kuva 11). Vertailun vuoksi on käytetty Kaiteran nomogrammia (Maankuivatuksen suunnittelu s. 80 - 81), jonka mukaan saadaan Suomijärvelle keskiylivalumaksi 63 l/s km^2 ja keskiylivirtaamaksi $5,7 \text{ m}^3/\text{s}$ kun $WE(\text{max}) = 120 \text{ mm}$.



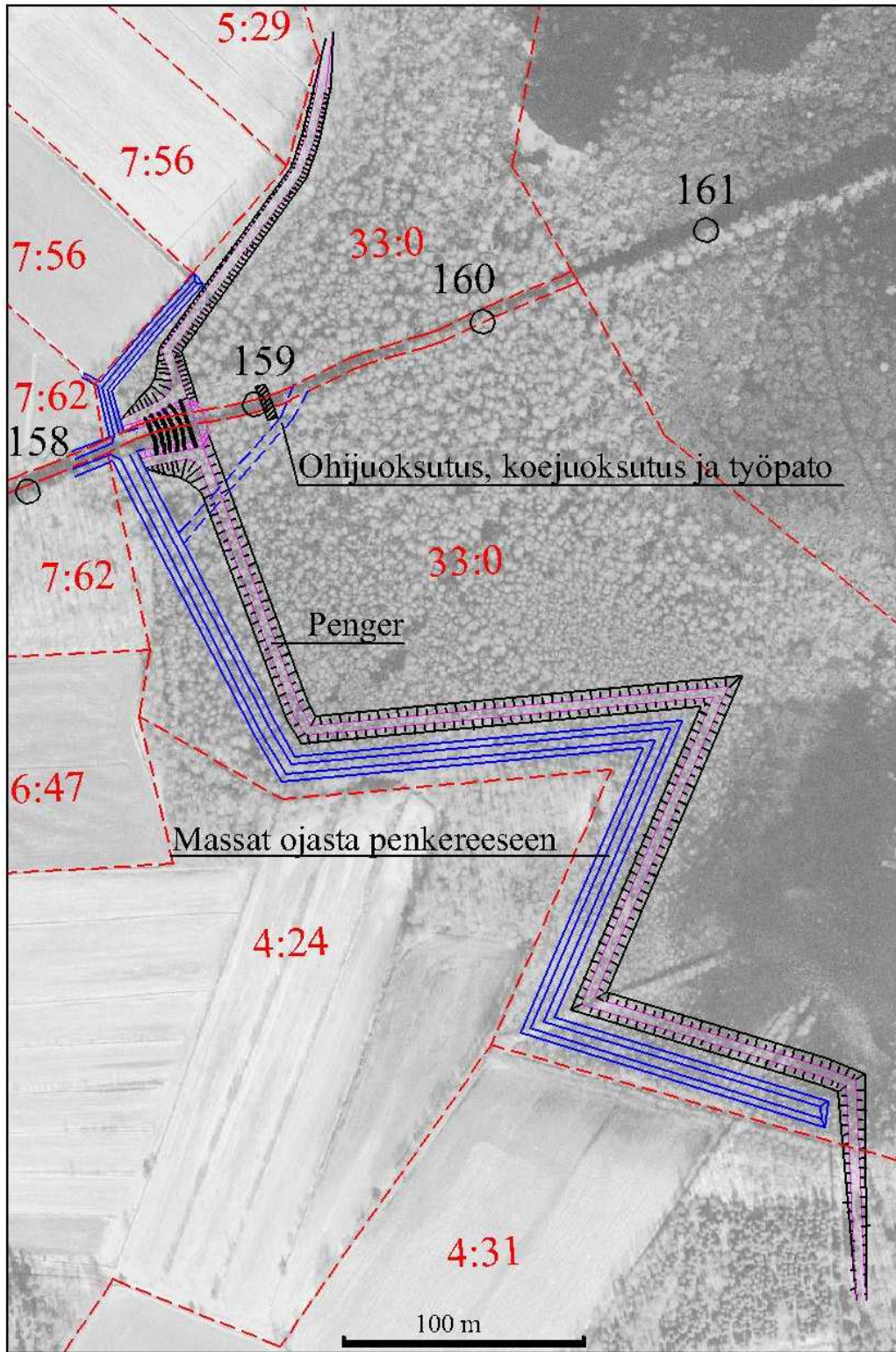
Kuva 11 Suomijärvi, ylivirtaaman toistuvuus

4.7 Nettotulovirtaamat ja nykyiset vedenkorkeudet

Nettotulovirtaamien laskennassa lähtötietoina oli vertailuvesistöstä saadut menovirtaamat (ajanjakso 1931 – 1954), Suomijärven nykyinen purkaantumiskäyrä ja pinta-alakäyrä. VESLA- ohjelmalla on laskettu vertailuvesistön avulla saaduista menovirtaamista Suomijärven nykyisen purkaantumiskäyrän mukaiset vedenkorkeudet ja nettotulovirtaamat.

4.8 Penkereen ja pohjapadon suunnittelu

Suomijärven luusuaan paalulle 158+60 rakennetaan pohjapato ja sen molemmille puolille pengeri (Kuva 12). Penkereen harjan leveys on 4,0 m, luiskien kaltevuudet 1:2 ja harjan korkeus 142,80. Pengeri rakennetaan sen viereen kaivettavan ojan kaivumassoista.

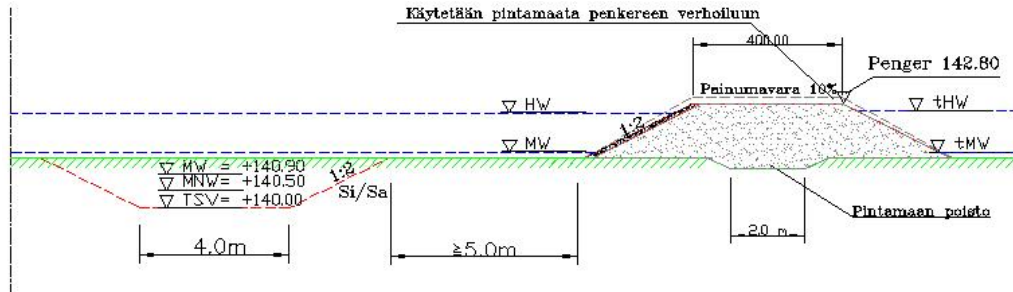


Kuva 12 Asemapiirros

Maanmittauslaitos lupa nro 7/MYY/03

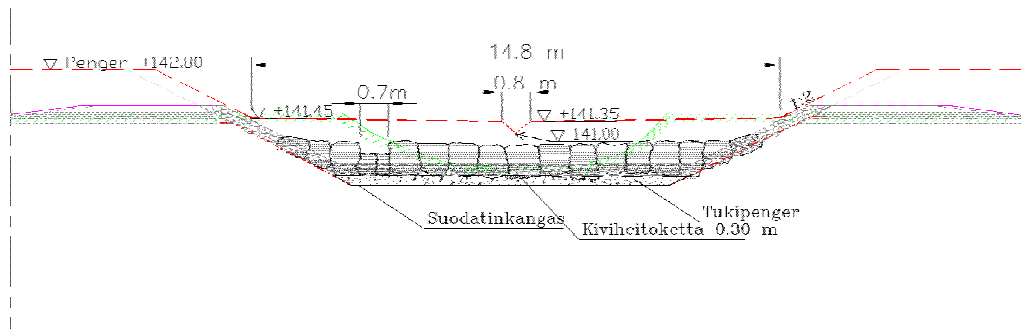
Penkereen pinta verhoillaan sen alta ja ojasta saatavalla pintamaalla, jossa on kasvillisuus jäljellä (Kuva 13). Työ tehdään siten, että 100 m²:n pinta-alalle

verhoillaan tasaisin välein viisi n. neliömetrin kokoista aluetta. Toimenpiteellä saadaan paikallinen kasvillisuus nopeammin takaisin penkereeseen.



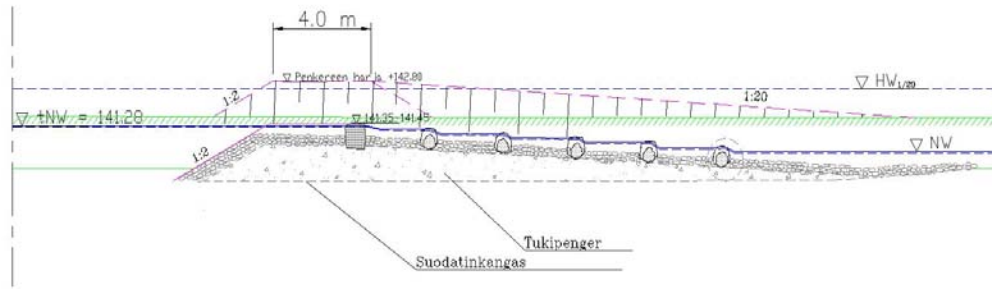
Kuva 13 Penkereen poikkileikkaus

Pohjapadon keskelle tehdään alivirtausmuutosten pienentämiseksi alivirtaussyvennyks, jonka leveys on 0,80 m. Pohjapadon harjan pituus on 14,8 m ja korkeus alivirtaussyvennyksen reunassa 141,35. Reunaluiskan juuressa padon harjan korkeus on 141,45. Reunaluiskat tehdään kaltevuuteen 1:2 (Kuva 14).



Kuva 14 Pohjapadon pituusleikkaus

Pato rakennetaan maarakenteisena pohjapatona ja siihen tulee tiivistyssydän. Padon ylävirran puoleinen kaltevuus on 1:2 ja alavirran puoleinen 1:20 (Kuva 15).



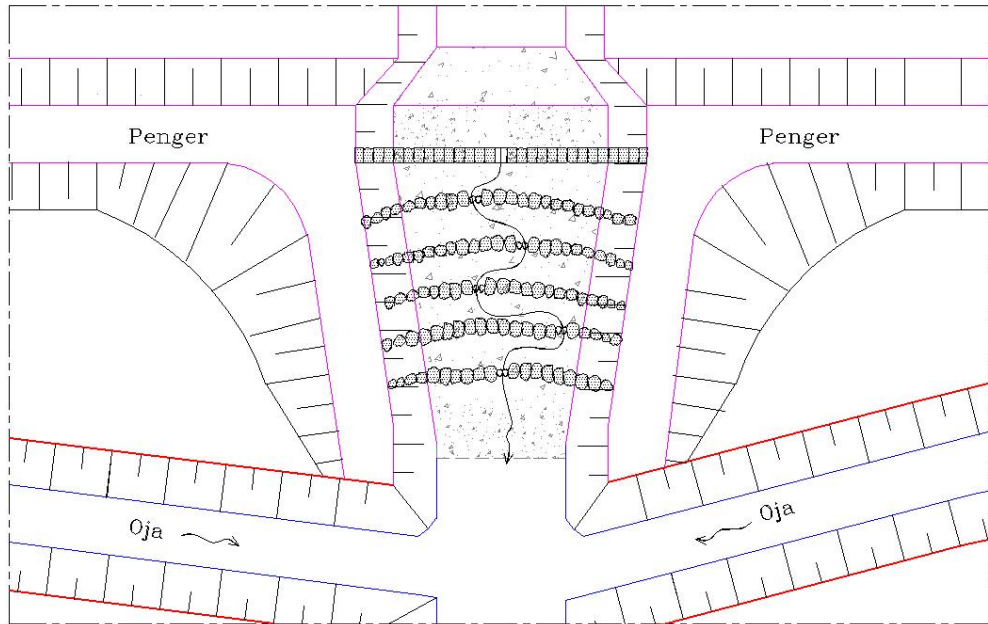
Kuva 15 Pohjapadon poikkileikkaus

Pohjapadon rakentamisen seurauksena ylä- ja alavedenkorkeuksien ero on mitoitusvirtaamalla $0,06 \text{ m}^3/\text{s}$ $0,92 \text{ m}$. Korkeusero on niin suuri, että kalojen kulku vaikeutuu ilman erityistoimenpiteitä. Kalojen kulun turvaamiseksi padon alapuoleinen luiska tehdään ns. kynnysrakenteena. Kivikynnykset tehdään halkaisijaltaan $0,7 - 1,2 \text{ m}$:n kivistä, jotka juntataan aluskerroksena olevaan läpimitaltaan vähintään $0,30 \text{ m}$ olevaan kiviheitokkeeseen. Kivien aiheuttama padotus muodostaa perättäisiä altaita. Kiviheitokkeeseen sekoitetaan täyttövaiheessa soraa ja hiekkaa siten, että kivien välit saadaan täytettyä. Tällöin kynnyks ei jää kuivaksi alivesiaikana (Kalateiden suunnittelu- ja mitoitusohjeet 1999 s. 58 - 62).

Joen alivirtaama on $0,06 \text{ m}^3/\text{s}$ ja keskialivirtaama $0,20 \text{ m}^3/\text{s}$. Laskelmat on tehty $0,06 \text{ m}^3/\text{s}$:n mitoitusvirtaamalle. Koska vedenpintojen ero on $0,92 \text{ m}$, on luiska jaettu kuuteen kivikynnykseen. Kuudes sisältää edellä mainitun alivirtaussyvennyksen. Tällöin yhden kivikynnyksen vedenpinnan porrastukseksi tulee $0,15 \text{ m}$. Tässä tapauksessa pyritään siihen, että alavesi on kynnyksen tasolla, joten alavesi ei vaikuta purkaantumiseen. Kivikynnyksen leveydeksi, kun $\mu = 0,53$, tulee Polenin kaavan mukaan $0,70 \text{ m}$. Suurin veden nopeus kalatien kapeimmassa aukossa ei saa ylittää arvoa $2,0 \text{ m/s}$ (Kalateiden suunnittelu- ja mitoitusohjeet 1999 s. 51). Kun vedenpinnan porrastus on $0,15 \text{ m}$ saadaan veden nopeuden maksimiarvoksi kaavan 5 mukaan $1,72 \text{ m/s}$, joka on pienempi kuin suurin sallittu veden nopeus 2 m/s .

Kivikynnysten väliksi, kun kaltevuus on $1:20$, saadaan $3,0 \text{ m}$ ja pituuskaltevuus on 5% . Tavoitteena on, että veden syvyys kivikynnysten välillä on vähintään $0,30 \text{ m}$ ja kivien upotus kiviheitokkeeseen vähintään $0,20 \text{ m}$. Alivirtaussyvennys

kivikynnysten kohdissa tehdään siten, että veden virtaus ei ole suoraviivaista (Kuva 16).



Kuva 16 Pohjapadon tasokuva

Kun kiven tiheydeksi otetaan 2700 kg/m^3 voidaan sallittu virtaama laskea kaavalla 6 (Kalateiden suunnittelu- ja mitoitusohjeet 1999, s.101). Kaava sisältää 20 %:n varmuuslisän. Kaavassa sallittuna virtaamana on käytetty $12 \text{ m}^3/\text{s}$, joka vastaa toistuvuusanalyysin mukaan keskimäärin kerran kuudessakymmenessä vuodessa sattuvaa tulvaa. Kaavalla 6 saadaan kiven pienimmäksi sallituksi halkaisijaksi $d = 0,52 \text{ m}$. Jotta kivikynnykset voidaan tehdä suunnitellun mukaiseksi on vaadittava kivikoko oltava vähintään $0,7 \text{ m}$.

Alavedenkorkeus virtaamalla $0,06 \text{ m}^3/\text{s}$ on $140,40$. Alimman kivikynnyksen harjan korkeus on $140,40$ ja kynnysten ja vedenpinnan porrastus $0,15 \text{ m/kynnys}$. Taulukossa 5 on esitetty kynnysten korkeudet ja kunkin kynnyksen yläpuolella oleva vedenkorkeus (hy) kun virtaama on $0,06 \text{ m}^3/\text{s}$.

Taulukko 5. Kivikynnysten korkeudet ja vedenkorkeudet kivikynnysten yläpuolella.

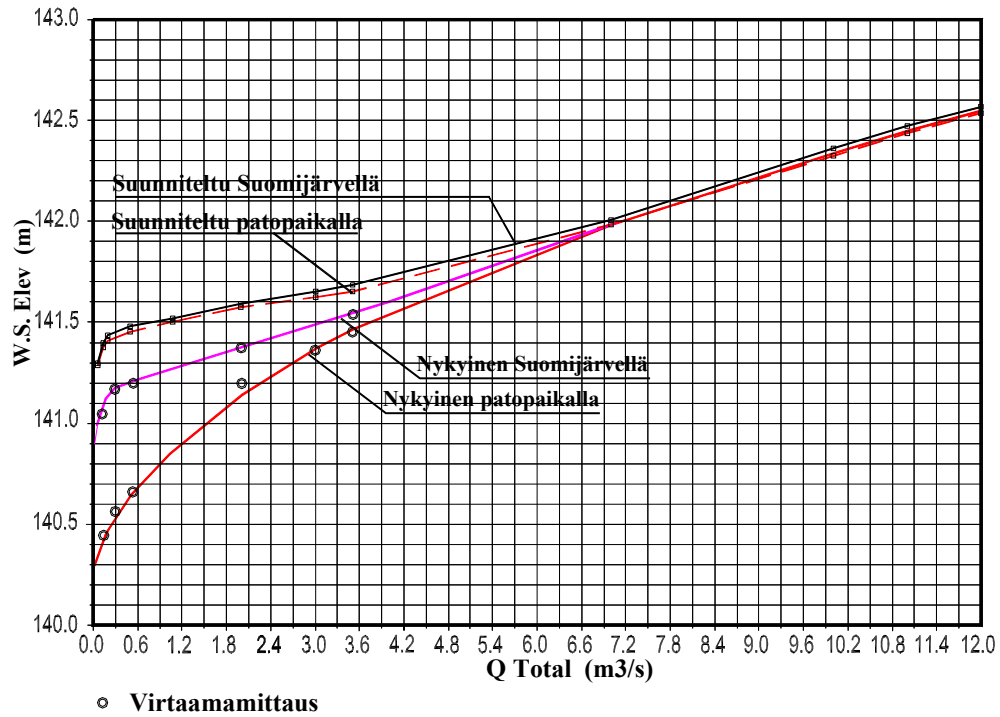
Kynnys n:o	Kynnyksen korkeus	hy, kun $Q=0,06 \text{ m}^3/\text{s}$
1	140,40	140,55
2	140,55	140,70
3	140,70	140,85
4	140,85	141,00
5	141,00	141,15
Alivirtausyvennys	141,00	141,28

Alavesi ei vaikuta purkaantumiseen koska alaveden ja yläveden korkeuksien suhde padon kynnyksen harjalta mitattuna on pienempi kuin 0,7.

Kun kynnysrakenne on valmis on ohitusuomasta tehtävä koejuoksutus, jolla varmistetaan rakenteen toimivuus. Jos havaitaan, että jonkin kynnysrakenteen yläpuoli jää kuivaksi lopetetaan koejuoksutus ja tehdään tarvittavat korjaustoimenpiteet.

4.9 Suunniteltu purkaantumiskäyrä

Purkaantuminen ylisyöksypadosta on laskettu HEC- RAS ohjelmalla. Ohjelmassa on käytetty samoja poikkileikkauksia kuin aikaisemmin mainitussa kalibrintajossa lisättynä pohjapadon poikkileikkauksella. Manningin kertoimena on käytetty $M=0,035$ ja patokertoimena 1,66. HEC-RAS ohjelmalla lasketut purkaantumiskäyrät on esitetty kuvassa 17.



Kuva 17 Suomijärven purkaantumiskäyrät

4.10 Vedenkorkeus- ja virtaamamuutokset

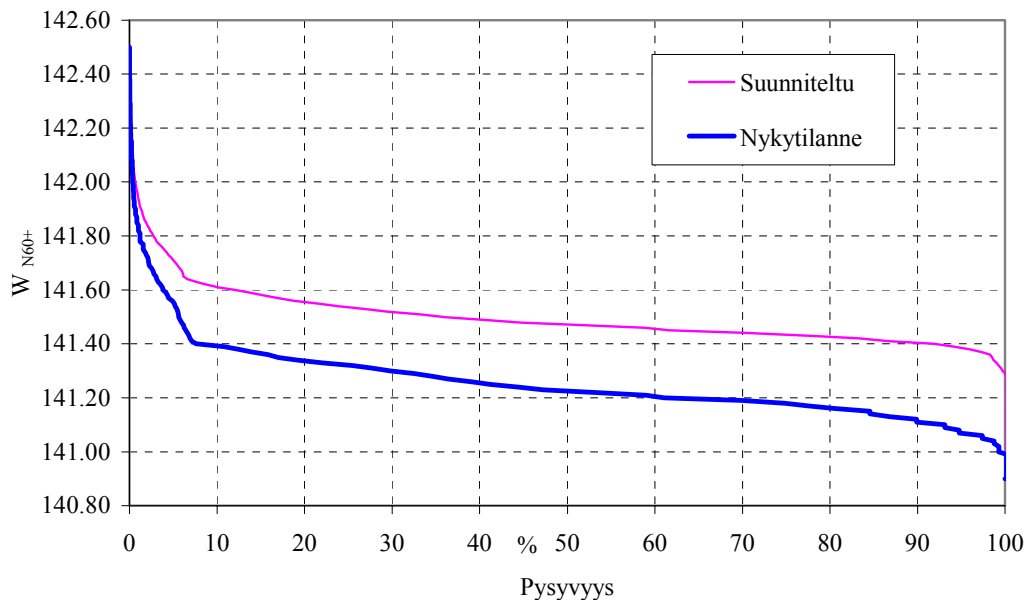
Laskelmien lähtökohtana on vertailuvesistöstä saatu menovirtaamien aikasarja. Koska järven tulevia hydrologisia olosuhteita ei tunneta, joudutaan suunnittelussa oletamaan, että hydrologiset olosuhteet toistuvat tulevaisuudessa samankaltaisina. Laskelmat on tehty olettaen, että suunniteltu pohjapato olisi kyseisen aikasarjan aikana ollut rakennettuna, ja verrattu sitä rakentamattomaan tilanteeseen.

Laskelmien perusteella saadut vedenkorkeuksien keski- ja ääriarvot sekä niiden muutokset ajanjaksolla 1931 - 1954 on esitetty taulukossa 6.

Taulukko 6. Vedenkorkeuksien keski- ja ääriarvot sekä niiden muutokset

Tunnusluku	Nykyinen	Tuleva	Muutos
HW	142,38	142,48	+0,10
MHW	141,80	141,94	+0,14
MW	141,25	141,49	+0,24
MWweg (15.5 – 15.9)	141,21	141,46	+0,25
MNW	141,10	141,39	+0,29
NW	140,99	141,28	+0,29

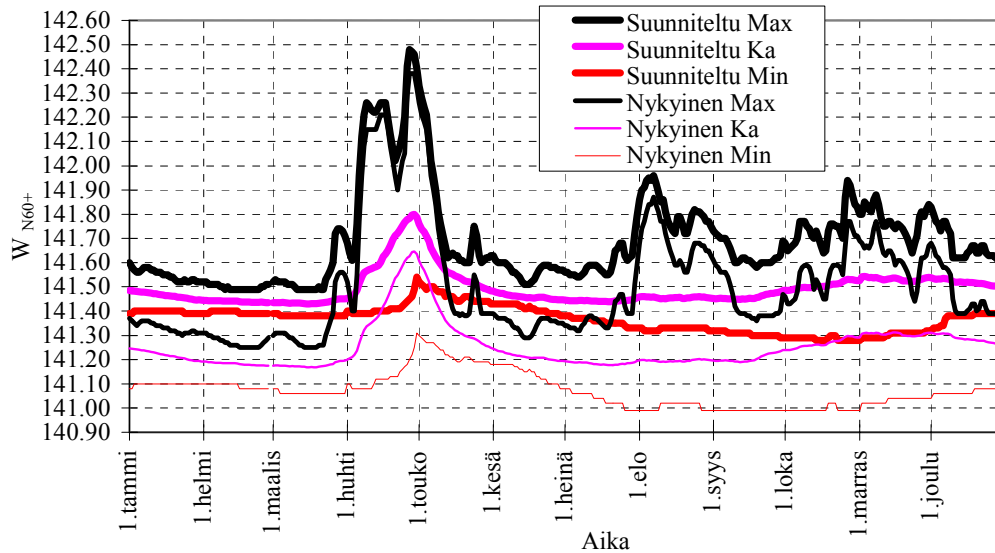
Vedenkorkeuden pysyvyyskäyrästä (Kuva 18) on havaittavissa että suunniteltu vedenkorkeus (lasketulla ajanjaksolla) tulee olemaan n. 90 % ajasta korkeuden 141,40 yläpuolella. Tulvahuiput, jotka nousevat korkeutta 142.00 ylemmäksi ovat vain muutaman päivien pituisia.



Kuva 18 Vedenkorkeuden pysyvydet

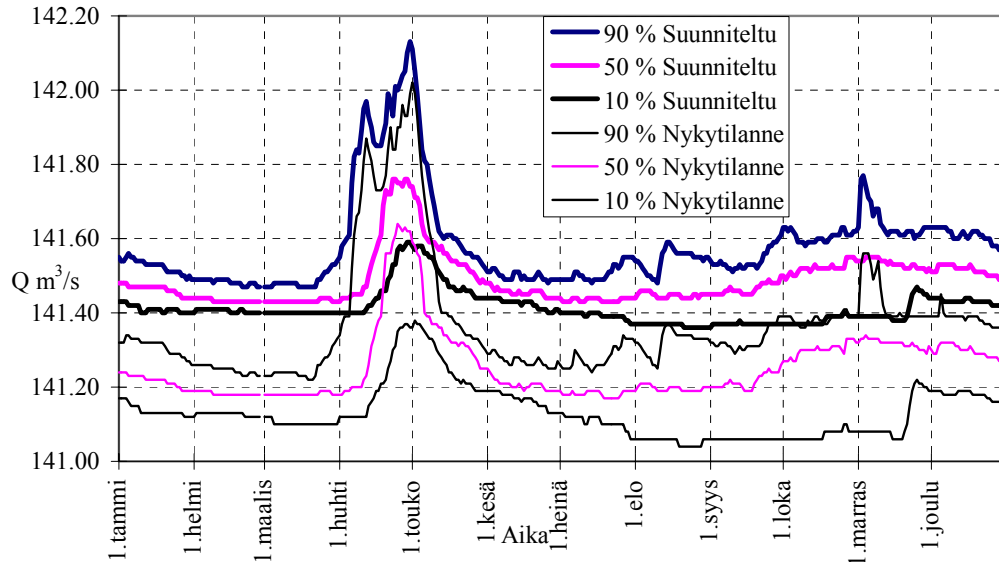
Seuraavassa esitetyt kuvaajat esittävät vedenkorkeuden keskimääräistä vuosittaista kulkua lasketulla ajanjaksolla 1931 – 1954. Kuvassa 19 on esitetty vedenkorkeuksien keski- ja ääriarvot. Kuvasta voidaan havaita, että suurimmat tulvahuiput ovat laskentajakson aikana ajoittuneet huhtikuun ja toukokuun väliin. Suurin tulvahuippu on ennen toukokuun loppua ja sen kesto on vain muutamia päiviä. Tulvan kestossa ei tapahdu havaittavia muutoksia. Suunnitellut alimmat

vedenkorkeuksien päiväarvot ovat loka-marraskuun välisenä aikana korkeuden 141,30 alapuolella. Korkeusero nykytilanteeseen verrattuna on n. 0,30 m.



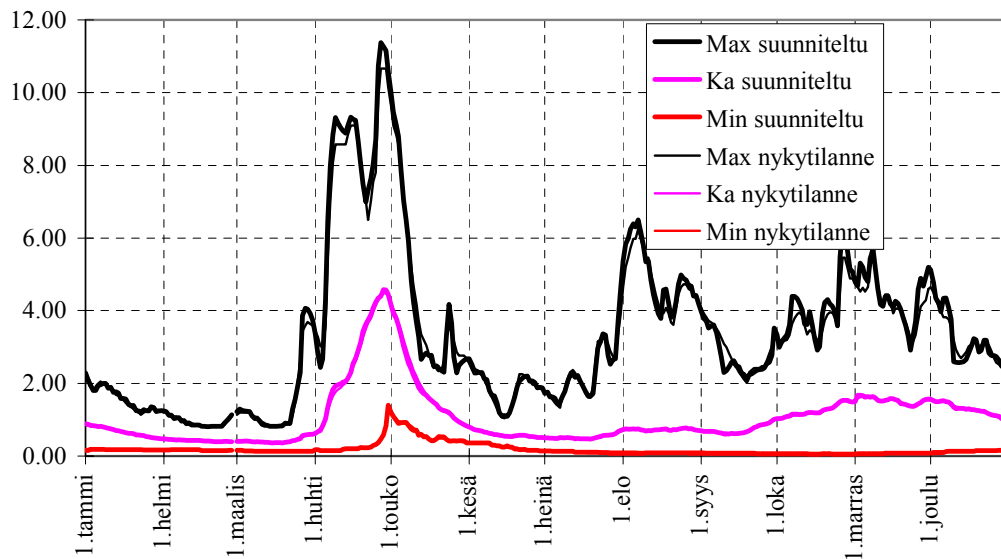
Kuva 19. Suomijärven nykyiset ja suunnitellut vuosittaiset vedenkorkeuksien keski- ja ääriarvot.

Vedenkorkeuksien vuosittainen kulku voidaan esittää ns. fraktiilikäyrillä. Suunnitellussa tilanteessa Suomijärvellä 90 % havaintojen päivärvoista jää kuvassa 20 esitetyn ylimmän käyrän alapuolelle. Ero ääriarvoon on tulvahuipun kohdalla ennen toukokuun alkua n. 0,35 m. Fraktiilikäyristä havaitaan, että 10 % laskentajakson vedenkorkeuksien päivärvoista on elokuun ja marraskuun välisenä aikana alle korkeuden 141,40. Mediaanikäyrästä, jonka mukaan sitä pienempiä ja suurempia arvoja on yhtä paljon havaitaan, että vedenkorkeus on alimmillaan heinäkuun ja elokuun välisenä aikana.



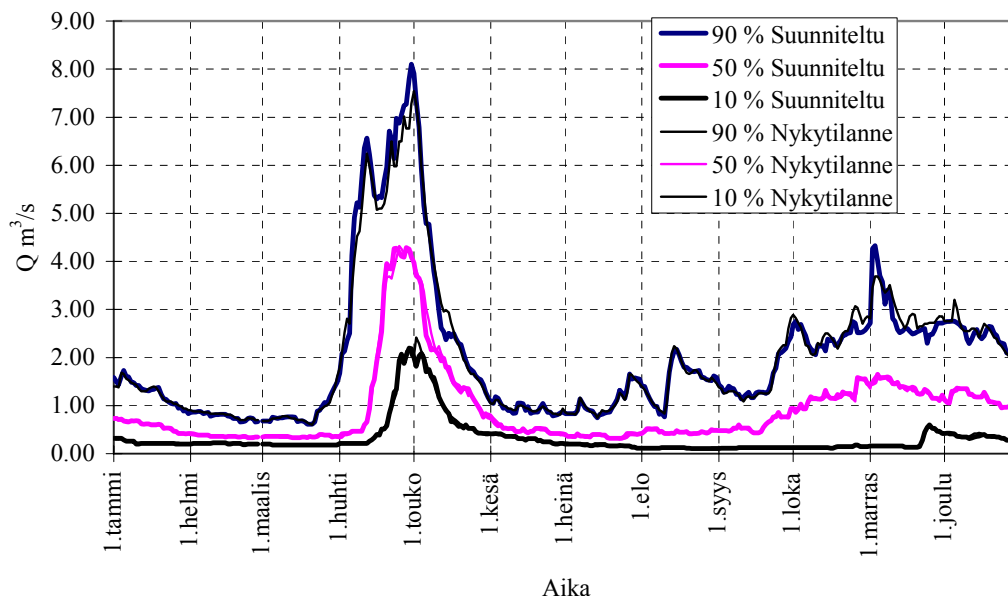
Kuva 20. Suomijärven nykyiset ja suunnitellut vedenkorkeuksien fraktiilikäyrät.

Virtaamien keski- ja ääriarvoissa laskentajakson aikana tapahtuva muutos on nähtävissä kuvassa 21. Laskentajakson ylimmässä virtaamassa tapahtuu lisäystä, ja tulva nousee huippuunsa nykyistä aikaisemmin



Kuva 21. Suomijärven nykyiset ja suunnitellut vuosittaiset virtaamien keski- ja ääriarvot.

Virtaamien fraktiilikäyrät osoittavat saman suuntaisen tuloksen, kuin ääriarvotkin. Tulva nousee huippuarvoonsa nykyistä aikaisemmin ja loppuu myös hieman aikaisemmin. Tulvan kokonaiskestossa ei tapahdu oleellisia muutoksia. (Kuva 22).



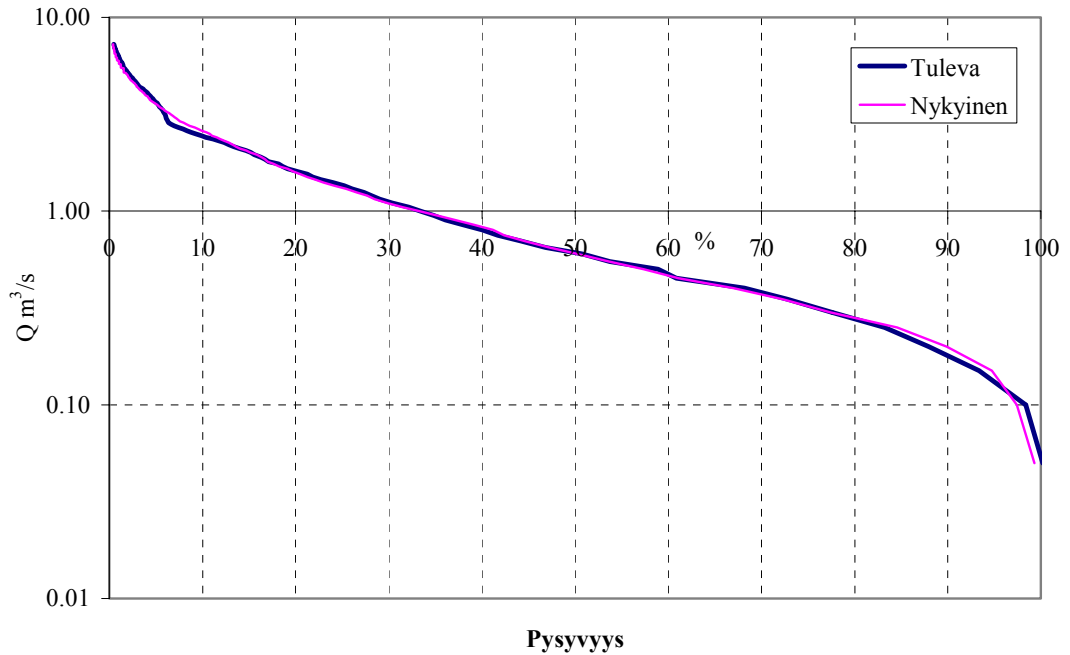
Kuva 22. Suomijärven nykyiset ja suunnitellut virtaamien fraktiilikäyrät.

Laskelmien perusteella saadut virtaamien keski- ja ääriarvot sekä niiden muutokset ajanjaksolla 1931 - 1954 on esitetty taulukossa 7. Ylivirtaamisissa tapahtuu lisäystä, mutta alivirtaamat pysyvät lähes nykyisellä tasolla. Alin virtaama jopa hieman kasvaa.

Taulukko 7. Virtaamien keski- ja ääriarvot sekä niiden muutokset

Tunnusluku	Nykyinen	Tuleva	Muutos
HQ	10,66	11,37	+0,71
MHQ	5,76	6,19	+0,43
MQ	1,07	1,07	±0,00
MNQ	0,20	0,19	-0,01
NQ	0,05	0,06	+0,01

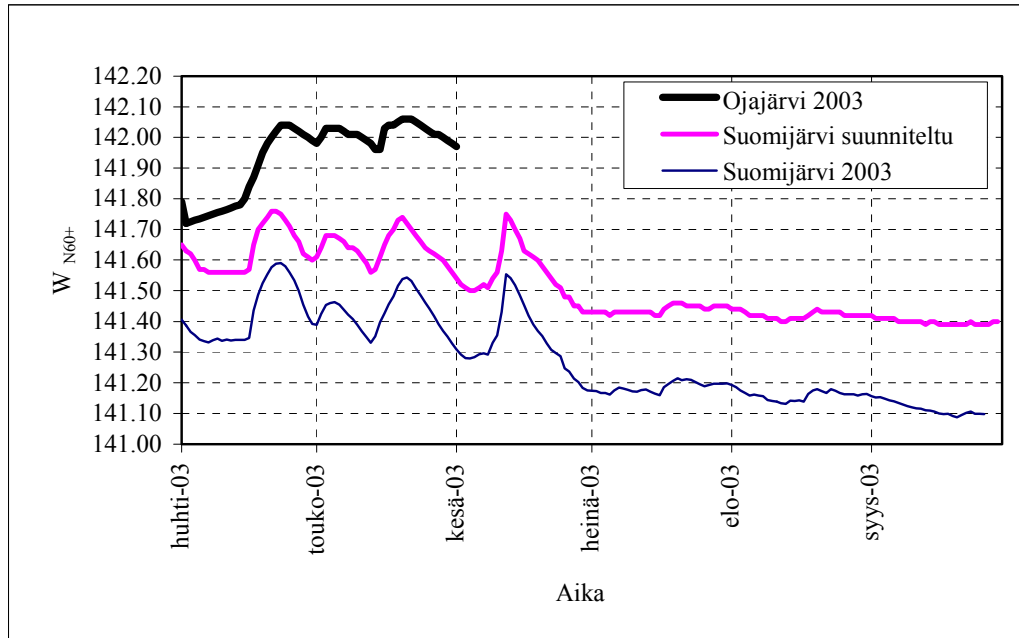
Kun virtaama laskee alle $0,10 \text{ m}^3/\text{s}$ tapahtuu pysyvyydessä muutos parempaan päin (Kuva 23). Virtaamavälillä $0,1 - 0,3 \text{ m}^3/\text{s}$ suunniteltu pysyvyys ei ole aivan nykyisellä tasolla. Muuten virtaaman pysyvyydessä ei tapahdu oleellisia muutoksia.



Kuva 23. Virtaaman pysyvyydet

Kuvassa 24 on esitetty Suomijärvelle asennetusta automaattisesta TELOG-tiedonkeruulaitteesta saadut vedenkorkeudet ja Ojajärvestä havaitut asteikkolukemat.

Havaituista vedenkorkeuksista on VESLA- ohjelmalla laskettu nykyisen purkaantumiskäyrän mukaiset Suomijärven menovirtaamat. Järven nettotulovirtaamat on laskettu käyttäen lähtötietoina laskettuja menovirtaamia, havaittuja vedenkorkeuksia ja pinta-alakäyrää. Suunnitellut vedenkorkeudet on laskettu käyttäen samoja nettotulovirtaamia, pohjapadon purkaantumiskäyrää ja pinta-alakäyrää.



Kuva 24. Suomijärven ja Ojajärven vedenkorkeudet 2003

5 TULOSTEN TARKASTELU JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Järven nykyisen purkaantumiskäyrän määrittäminen oli ongelmallista. Virtaamamittaus tulokset pitävät paikkansa mittaushetkellä mittaustarkkuuden rajoissa. Vuosittainen kasvillisuuden vaihtelu vaikuttaa järven kynnyskohdan purkaantumiseen. Virtaamamittaus tuloksista voi havaita, että pisteet purkaantumiskäyrällä vaihtelevat jonkin verran vuodenaikojen mukaan. Talvella, kun järvi on jäässä, purkaantumisolosuhteet ovat erilaiset kuin kesällä.

Virtaamamittauksia ei ole tehty riittävästi eri vuodenaikoina, ja lisäksi suurin mitattu virtaama oli $3,5 \text{ m}^3/\text{s}$ kun lasketulla ajanjaksolla suurin virtaama on $10,66 \text{ m}^3/\text{s}$. HEC-RAS ohjelmalla lasketussa purkaantumiskäyrässä on käytetty vain yhtä Manningin kerrointa koko käyrän laskemiseen. Kerroin saattaa kuitenkin vaihdella erilaisilla vedenkorkeuksilla.

Suunniteltu purkaantumiskäyrä laskettiin käyttäen HEC-RAS ohjelmaa. Patokertomiksi voidaan antaa erilaisia arvoja. Arvot vaihtelevat välillä 1,38 - 1,71 ja käytettävä kerroin riippuu padon harjan leveydestä virtauksen suunnassa,

virtaamasta ja energiaviivan korkeudesta padon yläpuolella (Jaakonaho 2001). Tässä työssä käytettiin kerrointa $C = 1,66$. Se, miten kivikynnykset vaikuttavat purkaantumiseen, olisi voitu ottaa huomioon syöttämällä kynnysten poikkileikkaukset HEC-RAS ohjelmaan. Määrääväksi poikkileikkaukseksi katsottiin kuitenkin ylin kynnys, joka sisälsi alivirtausvennyksen.

5.1 Vertailuvesistö, vedenkorkeus- ja virtaamalaskennat

Vertailuvesistönä käytetty Jämijärvi on valuma-alueeltaan huomattavasti suurempi ja järvisyydeltään pienempi kuin Suomijärvi. Jämijärvestä saadut menovirtaamat muutettiin Suomijärven menovirtaamiksi valuma-alueiden suhteessa. Tällä tavoin päästiin lähelle Suomijärvellä havaittuja arvoja. Lisäksi Kaiteran nomogrammi antoi keskiylivirtaamaksi lähes saman tuloksen.

Vedenkorkeus- ja virtaamalaskelmien lähtökohtana oli vertailuvesistöstä saatu menovirtaamien aikasarja, joka muutettiin Suomijärven nettotulovirtaamiksi. Samoja nettotulovirtaamia käytettiin nykyisen ja suunnitellun tilanteen laskennassa. Varastoyhtälöä käyttäen saadaan huomioitua pohjapadon rakentamisen seurauksena tapahtuva varastotilavuuden muutos ja sen vaikutus järven vedenkorkeuksiin ja menovirtaamiin. Vertailuvesistöstä saatu aikasarja oli tässä tapauksessa paras mitä voitiin käyttää.

Vesioikeudellisessa lupahakemuksessa on oleellista selvittää muutos, joka aiheutuu pohjapadon rakentamisen seurauksena. Hydrologisten muutosten laskentaa voidaan pitää tähän tarkoitukseen riittävänä. Laskelmien perusteella voidaan tehdä vedenpinnan nostosta aiheutuvan vahingon arvio, joka on liitettävä lupahakemukseen.

5.2 Kynnysrakenteen mitoitus

Padon alaluiskan rakentaminen suunnitelman mukaisella kynnysrakenteella on vaativa, aikaa vievä ja kallis toimenpide. Virtauslaskelmilla saadaan vain alustava mitoitus. Käytettävät rakennusaineet, poikkileikkausten epäsäännöllisyys ja työn huolellisuus vaikuttavat lopputulokseen.

Oikean karkeuskertoimen määrittäminen on epävarmaa. Koska kaikkia tekijöitä ei pystytä laskemaan tarkasti on tehtävä koejuoksutuksia, joilla voidaan varmistaa pysyvätkö virtaama, veden nopeudet, altainen syvyys ja vedenkorkeuserot altainen välillä säädetyissä rajoissa (Kalateiden suunnittelu- ja mitoitusohjeet 1999 s. 102). Koejuoksutus voidaan tehdä työmaan ohittavasta uomasta. Lisäksi on syytä tarkistaa kynnysrakenteen toimivuus vähintään kerran vuodessa kevättulvan jälkeen. Kunnossapitovelvoite on luvan saajalla.

5.3 Muut pohjapatohankkeet

Satakunnassa on vireillä mm. Sääksjärven Jämijärven ja Siikaisjärven pohjapatohankkeet. Näiden järvien laskennalliset hydrologiset muutokset ovat saman suuntaisia kuin Suomijärvellä. Taulukossa 8 on esitetty pohjapadon vaikutus neljän Satakunnassa sijaitsevan järven laskennallisiin keskiylivirtaamiin. On muistettava, että kyseessä ovat laskennalliset virtaamat, joiden tarkkuuteen on suhtauduttava riittävällä kriittisyydellä. Suunta kuitenkin on kaikilla hankkeilla sama.

Taulukko 8. Pohjapatojen laskennalliset vaikutukset vedenkorkeuksiin ja virtaamiin

Järvi	F [km ²]	L [%]	A [km ²]	MHQ [m ³ /s]	MW:n nosto [m]	MNW:n nosto [m]	MHQ:n muutos [m ³ /s]	MHQ:n muutos [%]
Suomijärvi	89,80	6,90	2,80	5,76	0,24	0,29	0,43	7,5
Jämijärvi	348,40	3,45	8,80	22,15	0,30	0,47	1,01	4,6
Sääksjärvi	687,95	9,03	32,80	23,10	0,19	0,33	0,80	3,5
Siikaisjärvi	96,00	5,95	4,80	16,30	0,31	0,37	1,20	7,4

5.4 Jatkotutkimustarpeet

Ympäristölupaviraston päätöksissä on lähes aina määräys työn aikaisesta velvoitetarkkailusta, joka on tehtävä Lounais-Suomen ympäristökeskuksen määräämällä tavalla. Velvoitetarkkailu sisältää vedenkorkeuden ja veden laadun seurannan. Lintujärven kyseessä ollen velvoitetarkkailuun edellytetään yleensä sisällytettäväksi myös kasvillisuuden ja linnuston seurannan. Vedenkorkeuden seuranta on jo aloitettu ja sitä on syytä jatkaa.

Velvoitetarkkailu on usein työn aikaista ja sen jälkeen tapahtuvaa. Tutkimus siitä, miten pohjapato vaikuttaa Suomijärven virtaamiin, vedenkorkeuksiin, linnustoon, kasvillisuuteen, ja veden laatuun on aloitettava jo ennen padon rakentamista, jotta voidaan selvittää rakentamisen aiheuttamat todelliset muutokset.

5.5 Vedenpinnan noston vaikutukset

Suomijärvi on matala ja osittain pahasti umpeen kasvanut järvi. Suunnitelman mukaisen vedenpinnan noston vaikutukset järven tilaan ovat suuria. Suomijärven keskisyvyudessa keskimääräisessä viipymässä ja vesitilavuudessa tapahtuu merkittäviä muutoksia (Taulukko 9).

Taulukko 9. Vedenpinnan noston seurauksena tapahtuvia muutoksia

	Suomijärvi nykyinen	Suomijärvi suunniteltu	Muutos
Järvisyys %	6,90	7,50	0,60
Vesiala km ²	2,68	3,22	0,54
Kokonaisrantaviivan pituus km	12,3	13,5	1,20
Tilavuus milj m ³	1,34	2,38	1,04
Keskisyvyys m	0,50	0,74	0,24
Suurin syvyys m	1,50	1,74	0,24
Keskimääräinen viipymä vrk	14,5	25,7	11,2

Vesitilavuuden lisäämisellä on yleensä positiivinen vaikutus järven tilaan, veden laatuun ja lintujen elinolosuhteisiin. Laajojen maa-alueiden jääminen veden alle saattaa heikentää happitilannetta kun veden alle jäävä kasvillisuus kuolee ja kuluttaa hajotessaan happea. Yleensä vedenpinnan noston seurauksena happitalous paranee. Järven tilan kehitys riippuu kuitenkin monesta seikasta, eikä Suomijärven vedenpinnan noston vaikutuksia järven biologiaan ja veden laatuun voida luotettavasti ennustaa. Suunnitellulla vedenpinnan nostolla on kuitenkin hyvät edellytykset parantaa Suomijärven virkistyskäyttöarvoa ja lisätä sen arvoa lintuvetenä. Vedenpinnan noston ohella on tarpeen vähentää vesistökuormitusta koko yläpuolisella valuma-alueella.

Keskiveden korkeuden muutos on 0,24 m. Pysyvästi suunnitellun keskiveden veden alle jäävä maa-alue on lähes kokonaan valtion omistuksessa. Vedenpinnan nostosta aiheutuvat korvattavat haitat jäävät siksi tavallista pienemmiksi. Tässä suhteessa Suomijärvi on hyvä kunnostuskohde.

Hankkeesta aiheutuu alavilla alueilla maatalousmaan, metsämaan ja muun ranta-alueen vettymisestä johtuva maan arvon muutos. Peltoalueilla vettyvän alueen rajana voidaan pitää korkeutta $N_{60}+142,40$. Tämän korkeuden yläpuolelle nousevat tulvat ovat lyhytaikaisia ja ne toistuvat keskimäärin n. kerran kahdessakymmenessä vuodessa. Metsäalueilla vettymishaitta-alueen rajana voidaan pitää suunniteltua kasvukauden keskivedenkorketta $MW_{weg}+0,80$ m (RIL 141 1982 s.323). Suunniteltu kasvukauden keskivedenkorkuus MW_{weg} on $N_{60}+ 141,46$.

Järven luusuasta n. 500 m ylävirtaan päin on kynnys (Kuva 25), joka vaikuttaa alivedenkorkeuksilla siten, että patopaikalla vedenkorkeus on huomattavasti alempana kuin järven avovesialueilla.



Kuva 25. Suomijärven ilmakuva 1998 (Lentokuva Vallas Oy)

Alivirtaamalla (NQ) padon alaveden ja yläveden erotus välittömästi padon yläpuolella tulee olemaan 0,92 m. Kuvassa 26 on metsämaisemaa suunnitellun padon yläpuolella. Suunniteltu vedenpinnan nosto tulee aiheuttamaan padon

yläpuolella metsämaan vettymistä siten, että runsaasti puustoa tulee kuolemaan pystyyn jos sitä ei korjata pois.



Kuva 26. Suomijoki suunnitellun pohjapadon yläpuolelta 3.4.2003 (vedenkorkeus $N_{60}+141,26$)

5.6 Johtopäätökset

Vedenkorkeuksiin ja virtaamiin kohdistuvien muutosten arviointi on melko luotettavasti tehtävissä. Hydrologisen nykytilanteen määrittäminen on vaikeampaa, koska vedenkorkeus- ja virtaamahavainnot ei ole aina riittävästi. Vertailuvesistöä käytettäessä tärkeimmät tuloksiin vaikuttavat tekijät ovat nykyinen purkaantumis-, ja pinta-alakäyrä (tai tilavuuskäyrä) sekä käytettävän aikasarjan pituus ja sen sopivuus ko. vesistöön.

Pohjapadon suunnitteluprosessi on jokaisella järvellä erilainen. Suomijärvi on matala umpeenkasvanut järvi ja vedenpinnan nosto suunniteltiin lähinnä lintujen elinolosuhteiden parantamiseksi. Suunnittelussa päästiin siihen vedenpinnan nostotavoitteeseen, joka oli asetettukin. Suomijärveä ei voida pitää tyypillisenä

suunnittelukohteena, koska järven alaosassa on pituuskaltevuutta, joka oli otettava suunnittelussa huomioon.

Vedenpinnan noston vaikutus Suomijärven ylivirtaamiin oli yllättävän suuri, kun taas alivirtaamat eivät juuri muuttuneet. Pohjapadon rakentamisen seurauksena osa järven varastotilavuudesta jää pois, ja se aiheuttaa aina muutoksia myös menovirtaamissa. Ylivirtaamien muutoksiin voidaan vaikuttaa jonkin verran pohjapadon leveydellä. Alivirtaamamuutosten pienentämiseksi tulisi padon harjalle suunnitella aina alivirtaussyvennys.

Jos samalla vesistöalueella on vireillä useita pohjapatohankkeita tulisi nämä suunnitella yhtenä kokonaisuutena. Tällöin saadaan selville hankkeiden yhteisvaikutus alapuolisen valuma-alueen hydrologisiaan.

6 LÄHDELUETTELO

Ekholm M. (1993). Suomen vesistöalueet. Helsinki. Painatuskeskus Oy. Vesi- ja ympäristöhallituksen julkaisuja sarja A. ISBN 951-37-1087-4 (kustantaja), ISBN 951-47-6860-4 (julkaisija).

Hietala M. (1998). Järvien palautus- ja säännöstelylaskentaohjelma. Helsinki: Suomen ympäristökeskuksen moniste. 37 s. ISBN:952-11-0318-3.

Jaakonaho O. (2001). HEC-RAS River Analysis System käyttöohje versio 3.0. Suomen ympäristökeskus, vesivarayksikkö.

Maijala T. (1985). Pohjapatojen suunnittelu. Vesihallituksen monistesarja n:o 336. ISBN 951-46-8424-9, ISSN 0358-7169.

Schults T & Ruokonen P. (1993).

Suomijärven kunnostussuunnitelma. 45 s. Tampere: Tampereen vesi- ja ympäristöpiiri. Toimitusnumero 424 Tavy 1.

RIL141. Yleinen vesitekniikka. Suomen rakennusinsinöörien liitto (1982). 433 s. ISBN 951-758024-x.

Suomen ympäristökeskus. Ympäristöpalvelut (2003). Hydrologian ja vesivarojen käytön tietojärjestelmä (hydro) [verkkodokumentti]. Suomen ympäristökeskus, Helsinki [Viitattu 28.9.2003]. Saatavissa:

[<http://www.ymparisto.fi/tila/vesi/verkot/kuvausqu.htm>].

Suomen ympäristökeskus. (2003). Vesistömallijärjestelmä ennusteet ja vesitilannekartat [verkkodokumentti]. Suomen ympäristökeskus Helsinki [viitattu 28.9.2003]. Saatavissa: [<http://www.ymparisto.fi/tila/vesi/ennuste/yleista.html>].

Suomen ympäristökeskus. (1999). Kalateiden suunnittelu- ja mitoitusohjeet. Suomen ympäristökeskus. Ympäristöopas 62. 164 s. Helsinki: Edita. ISBN 952-11-0513-5.

Vesihallitus. (1986). Maankuivatuksen suunnittelu, Osa1. Vesihallitus julkaisu 278. Helsinki: Valtion painatuskeskus. 241 s. ISBN 951-46-9844-4 , ISSN 0355-0745.

Vesistöhankeiden vaikutusten arviointi. Vesi- ja ympäristöhallitus. (1986). Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja 4. 281 s. Helsinki: Valtion painatuskeskus. ISBN 951-47-0071-6.

Äystö V. 1997. Rehevien järvien kunnostuksen arviointi. Suomen ympäristökeskuksen julkaisuja. 167 s. Helsinki: Edita. ISBN 952-11-0586-0.