



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
VASA YRKESHÖGSKOLA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Jukka Ojala

PIENVESIVOIMAN TEKNISET RAT- KAISUT

Tapauskohde Närviäjoki

Tekniikka ja liikenne
2014

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Jukka Ojala
Opinnäytetyön nimi	Pienvesivoiman tekniset ratkaisut
Vuosi	2014
Kieli	suomi
Sivumäärä	37 + 4 liitettä
Ohjaaja	Marko Rantasalo + Raija Koivisto

Opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia pienvesivoiman merkitystä ja sen mahdollisuuksia Suomessa. Tapauskohteena on Närviujoella sijaitseva Riihikosken vanha vesivoimala. Vesivoimala on tarkoitus kunnostaa ja laittaa uudelleen toimintaan tuottamaan energiaa lähialueelle. Alueelle on suunniteltu myös muita energiantuotantomuotoja sekä vapaa-ajan virkistystoimintaa.

Työtä lähdettiin tutkimaan yleisesti vesivoimatekniikan kannalta, sillä pienvesivoima on yleistä vesivoimatekniikkaa pienemmässä mittakaavassa. Vesivoimaan liittyvät ilmiöt ja ongelmat ovat suurelta osin samat pienvesivoimassa kuin isomman mittaluokan vesivoimassa. Tutustumalla vanhaan voimalarakennukseen ja sen ympäristöön paikan päällä sekä haastatteleamalla hankkeen edustajan sain kattavan kokonaiskuvan työstä.

Kiinnostus pienvesivoimaan on nousussa, sillä ilmastopoliittikka on kiristynyt ja fossiilisten polttoaineiden tilalle halutaan korvaavia energialähteitä. Pienvesivoima tuottaa puhtaasti kotimaista energiaa lähialueelle ja energian siirtokustannuksissa aiheutuva siirtohävikki on pienempi. Vaihtoehtoisesti energiaa voidaan ostaa ulkomailta, jolloin myyjä määrää hinnan. Hinta vaihtelee käsi kädessä kulutuksen mukaan. Energian saatavuuteen ja hintaan vaikuttaa myös sen hetken poliittinen tilanne kotimaassa kuin myös ulkomailla.

Työn tuloksena tapauskohde Närviujoelle saatiin ympäristön huomioonottava turbiinityyppiratkaisu ja siihen soveltuva tekniikka.

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
Mechanical and Production Engineering

ABSTRACT

Author	Jukka Ojala
Title	Small Hydropower Technical Solutions
Year	2014
Language	Finnish
Pages	37 + 4 Appendices
Name of Supervisor	Marko Rantasalo + Raija Koivisto

The purpose of this thesis was to investigate the importance of small-scale hydropower and opportunities in Finland. The subject of this case was an the old hydroelectric power plant located in Närviöjoki. The hydroelectric power station needs to be repaired before it can produce energy for the local area.

The applicant of this thesis is Vaasa Energy Institute. The function of VEI is to offer energy research, consultancy and supplementary training services to energy actors at local, domestic and international levels.

The work was started by investigating the general hydro-electric power engineering, since small-scale hydropower is general hydro-electric power in a smaller scale. The phenomena and problems of hydro-power are pretty much the same for small-scale hydropower. I got the overall picture of the project by getting to know the old power plant building and its surroundings and by interviewing the representative of the project.

The result of the thesis is a suggested turbine type that would be suitable for the river when taking in consideration the environment and the appropriate technical characteristics.

Keywords Small hydropower, energy, turbine technology, Närviöjoki

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

SYMBOLILUETTELO	5
KUVIOLUETTELO	7
LIITELUETTELO	8
1 JOHDANTO	9
2 VESIVOIMALAITOS	10
2.1 Vesivoimalaitoksen teho	11
2.2 Vesiturbiinityypit	12
2.2.1 Pelton-turbiini	13
2.2.2 Francis-turbiini	14
2.2.3 Kaplan-turbiini	16
2.2.4 Putkiturbiinit	18
2.2.5 Crossflow-turbiini	19
2.3 Hyyde	20
2.4 Kavitaatio	21
3 PIENVESIVOIMA	25
3.1 Pienvesivoiman historia	25
3.2 Pienvesivoima Suomessa	26
3.3 Pienvesivoimatekniikka	27
3.4 Pienvesivoiman hyödyt ja haitat	28
4 CASE NÄRVIJOKI	29
4.1 Yleistä	29
4.2 Riihikosken ympäristö	30
4.3 Tekniikka ja talous	31
4.4 Vesilaki liittyen tapaukseen	34
4.5 Yhteenveto vesivoiman potentiaalista ja ongelmista hankkeessa	36
LÄHTEET	37
LIITTEET	

SYMBOLILUETTELO

P	Teho	(W)
Q	Turbiinin läpi virtaavan veden määrä	(m ³ /s)
H	Kokonaisputouskorkeus	(m)
ρ	Veden tiheys	(kg/ m ³)
g	Maan vetovoiman aiheuttama kiihtyvyys	(m/s ²)
η	Turbiinin hyötysuhde	(%)
H ₁	Ylä- ja alaveden pinnan korkeuden ero metreinä	(m)
v ₁	Veden virtausnopeus turbiiniin	(m/s)
v ₂	Turbiinista poistuvan veden virtausnopeus	(m/s)
n _s	Ominaispyörimisnopeus	(r/min)
n	Synkroninen kierrosnopeus	(r/min)
Q _v	Turbiinitilavuus	(r/min)
Δp	Paine-ero	(Pa)
λ	Kitkakerroin	(%)
w ₁	Veden suhteellinen nopeus ennen juoksupyörää	(m/s)
w ₂	Veden suhteellinen nopeus juoksupyörän jälkeen	(m/s)
h _d	Dynaaminen imukorkeus	(m)

c_1	Veden todellinen nopeus ennen juoksupyörää	(m/s)
c_2	Veden todellinen nopeus juoksupyörän jälkeen	(m/s)
h_s	Staattinen imukorkeus	(m)
Δh	Dynaaminen paineen aleneminen	(Pa)
σ_T	Thoman kavitaatiokerroin	(-)
h_v	Veden höyrystymispaine	(Pa)
$\Delta h'$	Dynaaminen paineen aleneminen	(Pa)
h_b	Barometrinen ilmanpaine	(Pa)
σ_L	Laitoksen kavitaatiokerroin	(-)
P_1	Teho wattitunteina	(Wh)

KUVIOLUETTELO

Kuvio 1.	Vesivoimalaitoksen toimintaperiaate.	s. 10
Kuvio 2.	Havaintokuva veden pinnankorkeuden eroista ja sen virtauksesta.	s. 11
Kuvio 3.	Hyötysuhdekäyrät eri turbiinityypeillä ja ominaispyörimisnopeuksilla virtaaman funktiona.	s. 12
Kuvio 4.	Pelton-turbiini kiinnitettynä vaaka-akseliin.	s. 13
Kuvio 5.	Francis-turbiini.	s. 14
Kuvio 6.	Vesikanavan muoto ja virtauksien suunta.	s. 15
Kuvio 7.	Kaplan-turbiini kiinni pystyakselissaan.	s. 16
Kuvio 8.	Kotelotyypinen putkiturbiini.	s. 17
Kuvio 9.	Kuilutyypinen putkiturbiini.	s. 17
Kuvio 10.	Putkityypinen putkiturbiini.	s. 18
Kuvio 11.	Crossflow-turbiinin rakenne.	s. 19
Kuvio 12.	Havaintokuva voimakkaasta kavitaatio ilmiöstä.	s. 20
Kuvio 13.	Staattisen imukorkeuden h_s mitoitus.	s. 21
Kuvio 14.	Vesiturbiinien optimaaliset toiminta-alueet pienvesivoimassa.	s. 26
Kuvio 15.	Närvijoen kylän rajat.	s. 30

LIITELUETTELO

- LIITE 1.** Pienvesivoimalan vesiluvan hankintaprosessin kulkukaavio.
Viitattu 17.4.2014
<http://server3.softstart.fi/vesivoima/images/Pienvesivoimaopas.pdf>
- LIITE 2.** Vesivoimalaitokset Suomessa.
Viitattu 17.4.2014
<http://www.motiva.fi/files/700/vesivoimatuotannon-maara-ja-lisaamismahdollisuudet-suomessa.pdf>
- LIITE 3.** Närviöjoen koskipuisto kartta.
Viitattu 1.1.2014
Ei saatavilla
- LIITE 4.** Närviöjoen energiankulutus kartoitus.

1 JOHDANTO

Kurikan kaupungin, Närvihoen kylässä on Riihikoski, jonka kyljessä on käytöstä poistettu vesivoimala. Alueen kehittämissuunnitelman tavoitteena on kunnostaa vanha voimala-alue rakentamalla pienvesivoimala, joka tuottaa energiaa lähialueelle. Opinnäytetyöni aihe keskittyy pienvesivoiman käyttömahdollisuuteen kyseiselle energiatuotantomuodolle ja siihen soveltuvaa tekniikkaan.

Vesivoima on uusiutuva ja luontoystävällinen energiantuotantomuoto. Pienvesivoimalla oli suuri rooli Suomen teollistumisessa. Metsäteollisuus sai 1900-luvun alussa 60 % energiaa vesivoimasta. Suomen vesivoimalaitosten rakentamisen pääkausi sijoittuu 50- ja 60-luvuille, tällöin rakennettiin yli 60 laitosta, joista suurin osa sijaitsee Pohjois-Suomessa. /1/ /2/

Sähköverkon täytyy jatkuvasti pystyä reagoimaan kulutuksen ja tuotannon vaihteluihin sekä pitkällä että lyhyellä aikavälillä. Sähkönkäytön ja tuotannon nopeat muutokset hoidetaan pääosin vesivoimalla. Vesistöjä säännöstelemällä sähköntuotantoa voidaan siirtää kulutusta vastaaviin aikoihin, mikä yhdessä vesivoiman nopean ja helpon säädettävyyden ansiosta tekee vesivoimasta teknisesti parasta ja edullisinta säätövoimaa. /6/

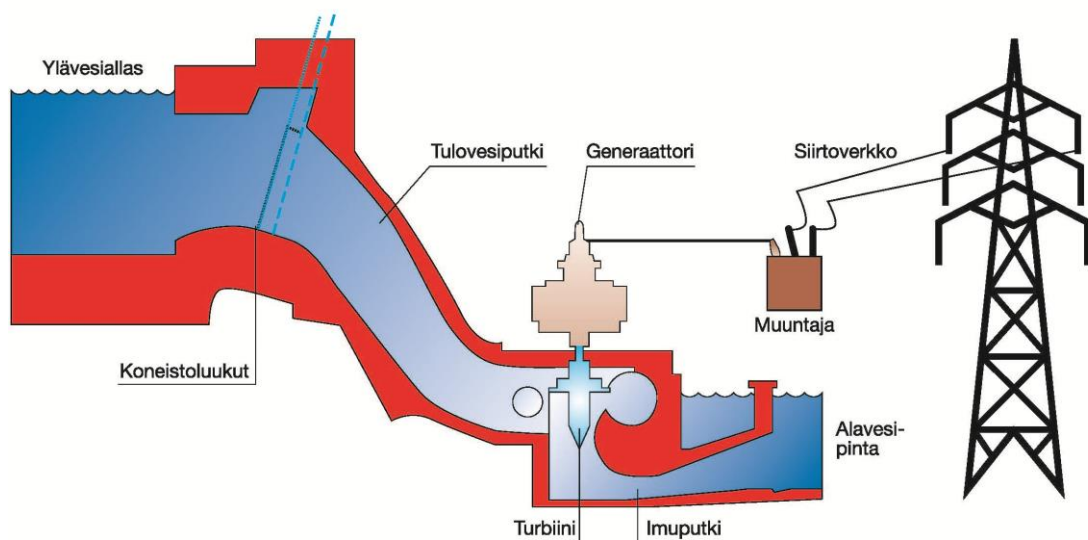
Erään tutkimuksen mukaan pienvesivoima on kustannustehokkain ja energiaystävällisin energian tuotantomuoto Pohjois-Euroopan olosuhteissa. /1/

2 VESIVOIMALAITOS

Vesivoimalaitoksen toimintaperiaate on muuttaa virtaavan veden liike-energiaa turbiinin, rotaatioenergian ja generaattorin avulla sähköksi. **(Kuvio 1.)** Suomessa vesistöjen korkeuserot ovat matalia ja isoja putouksia ei luonnostaan ole. Tämän vuoksi on rakennettu patoja ja ruopattu vesistöjä jotta pystytään keskittämään veden virtaus tehokkaasti tiettyyn putoukseen. Euroopan unionin määrittelyn mukaisesti vesivoimalaitokset jaotellaan koon mukaan:

- suurvesivoimalaitos yli 10 MW
- pienvesivoimalaitos 1-10 MW
- minivesivoimalaitos alle 1 MW
- mikrovoimalaitos alle 0,1 MW eli 100kW. /2/ /4/

Vesivoimalan käyttökustannukset ovat pienet ja voimalaitokseen sijoitettu pääoma saattaa tulla parhaimmassa tapauksessa maksetuksi jo viiden vuoden tuotolla. Tämän jälkeen sähkö on periaatteessa ilmaista. Vesiturbiinien käyttöikä on tapauksesta riippuen jopa yli 50 vuotta. /5/ /99/



Kuvio 1. Vesivoimalaitoksen toimintaperiaate. /6/

2.1 Vesivoimalaitoksen teho

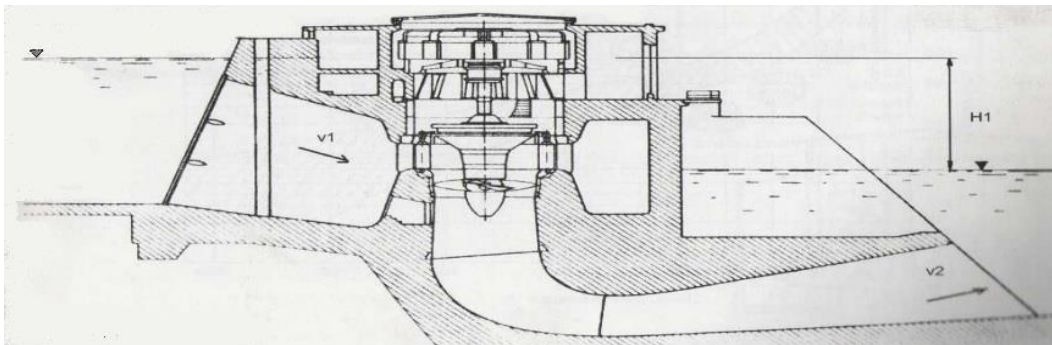
Vesivoimalaitoksen teho watteina lasketaan kaavasta

$$P = Q H \rho g \eta \quad (1)$$

jossa Q on putouksessa virtaavan veden määrä turbiinin läpi kuutiometreinä sekunnissa (m^3/s), H on kokonaisputoukorkuus metreinä, ρ on veden tiheys kg/m^3 , g on painovoiman kiihtyvyys m/s^2 ja η on turbiinin hyötysuhde. Kokonaisputoukorkuus lasketaan kaavasta:

$$H = H_1 + (v_1^2 / 2g) - (v_2^2 / 2g) \quad (2)$$

jossa H_1 on yläveden ja alaveden pinnan korkeuden ero metreinä, v_1 on turbiiniin virtaavan veden nopeus metreinä sekunnissa (m/s) ja v_2 on turbiinista poistuvan veden virtausnopeus metreinä sekunnissa (m/s) (**kuvio 2.**). /3, 265/



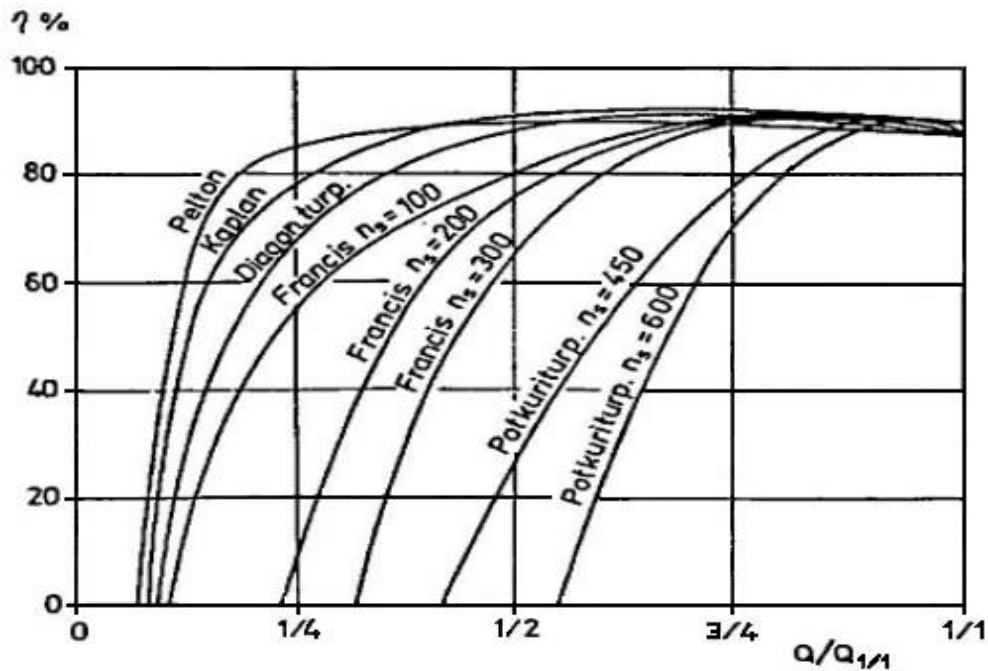
Kuvio 2. Havaintokuva veden pinnankorkeuden eroista ja sen virtauksesta. /3/

2.2 Vesiturbiinityypit

Voimalaitoksissa yleisemmin käytettyjä turbiineja ovat Kaplan-turbiinit, Francis-turbiinit tai Pelton-turbiinit. On olemassa myös muitakin vesiturbiinityyppejä, mm. potkuriturbiinit, putkiturbiinit ja cross-flowturbiini, jotka ovat ensimmäisen kolmen mainitun erilaisia sovelluksia. Turbiinityyppejä on useita, koska käyttökohteita on monenlaisia ja eri mallin turbiinit toimivat optimaalisesti erilaisessa ympäristössä, riippuen putoamiskorkeudesta ja virtausmäärästä. Jokaisella turbiinityypillä on ominaispyörimisluku, joka määrää turbiinin soveltuvuuden tiettyyn paikkaan. **(Kuvio 3.)** Ominaispyörimisnopeuden vaikutus turbiinin kokoon on merkittävä siksi, että mitä pienempi nopeus on, sitä suurempi turbiinin juoksupyörä täytyy olla ja päinvastoin. Turbiinin ominaispyörimisnopeudelle on laskukaava:

$$n_s = n (\sqrt{Q_v} / H^{0,75}) \quad (3)$$

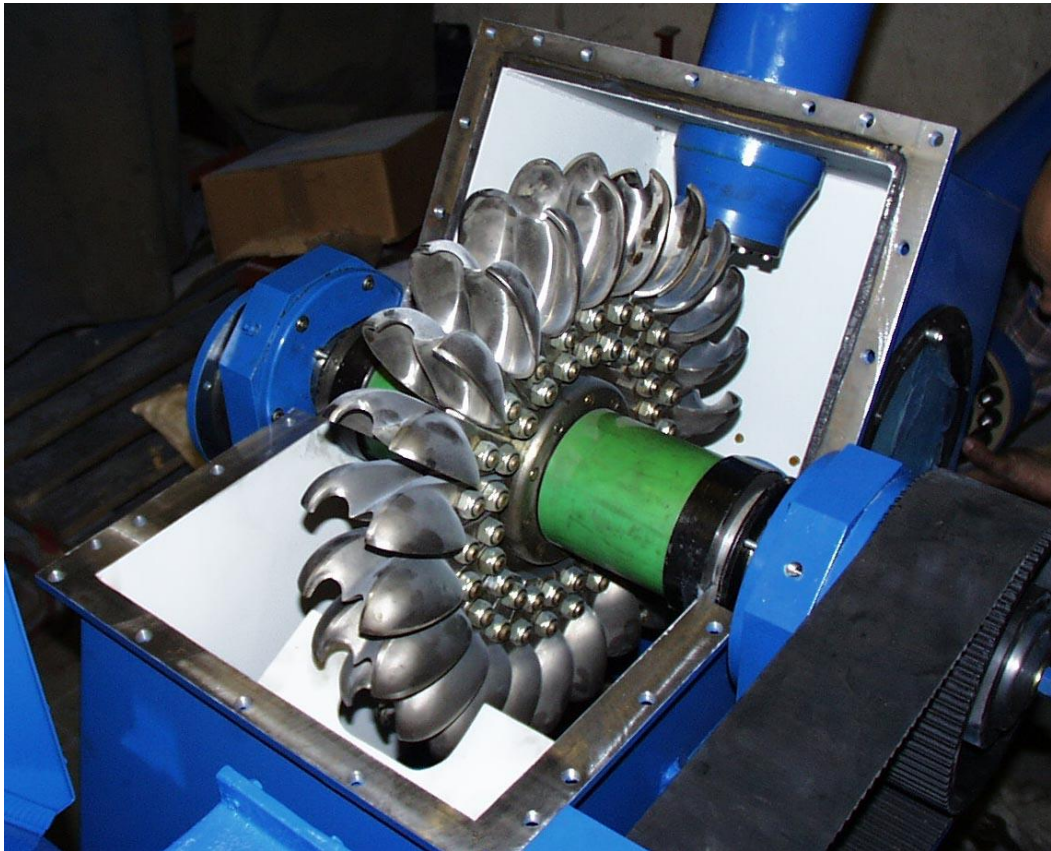
josta n_s on ominaispyörimisnopeus (r/min), n on synkroninen kierrosnopeus (r/min), Q_v on vesimäärä (m^3/s) ja H on nimellinen putoamiskorkeus metreinä.
/3;4/



Kuvio 3. Hyötysuhdekäyrät eri turbiinityypeillä ja ominaispyörimisnopeuksilla virtaaman funktiona. /5/

2.2.1 Pelton-turbiini

Pelton-turbiinit ovat aktio- eli tasapaineturbiineja, ja ne ovat vaaka-akselisia. Pelton-turbiinit soveltuvat kohteisiin, joissa on suuria vesiputouksia. (15–2 000 m korkeita) Turbiiniin vaikuttaa pääasiallisesti veden liike-energia paineen sijasta, joka muutetaan suuttimen muotoisessa johtolaitteessa. Vesi ohjataan suihkuna turbiinin kuppeihin ja veden kineettinen energia saa turbiinin pyörimään. Pelton-turbiinit ovat tavallisesti osittaissyötettyjä, joissa vettä johdetaan suuttimista vain osalle juoksupyörän kehää. (**Kuvio 4.**) Suomen oloihin Pelton-turbiini ei sovellu hyvin, sillä täällä ei ole luonnostaan tarpeeksi korkeita putouksia. /2/ /3/ /4/

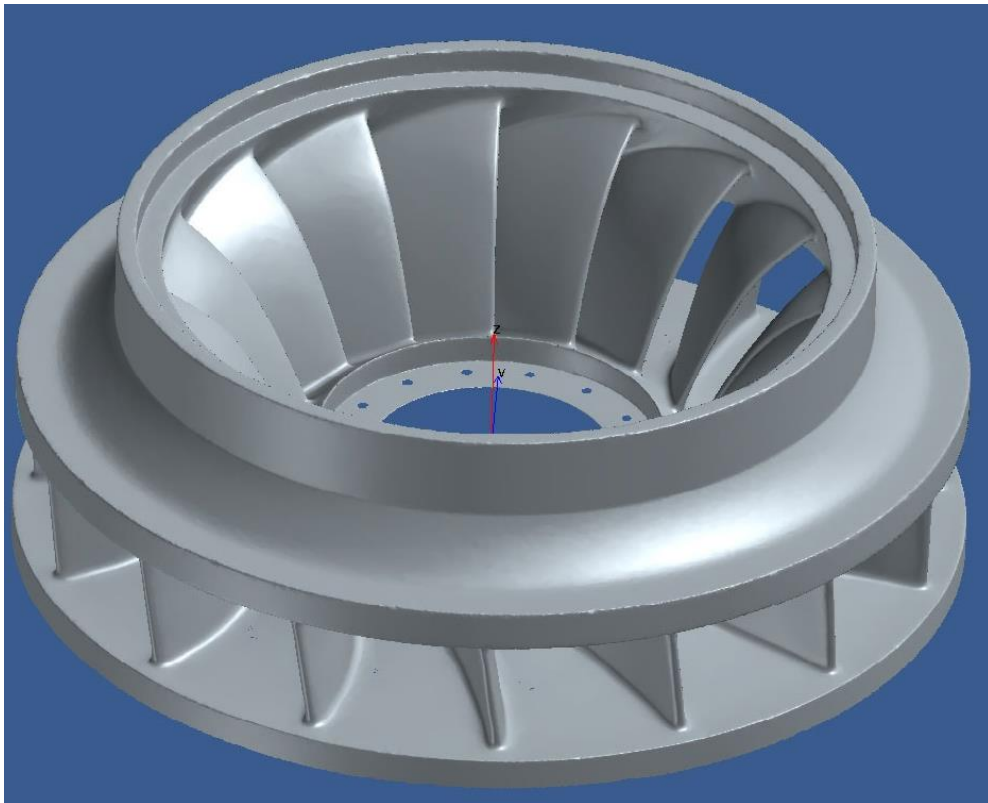


Kuvio 4. Pelton-turbiini kiinnitettynä vaaka-akseliin.

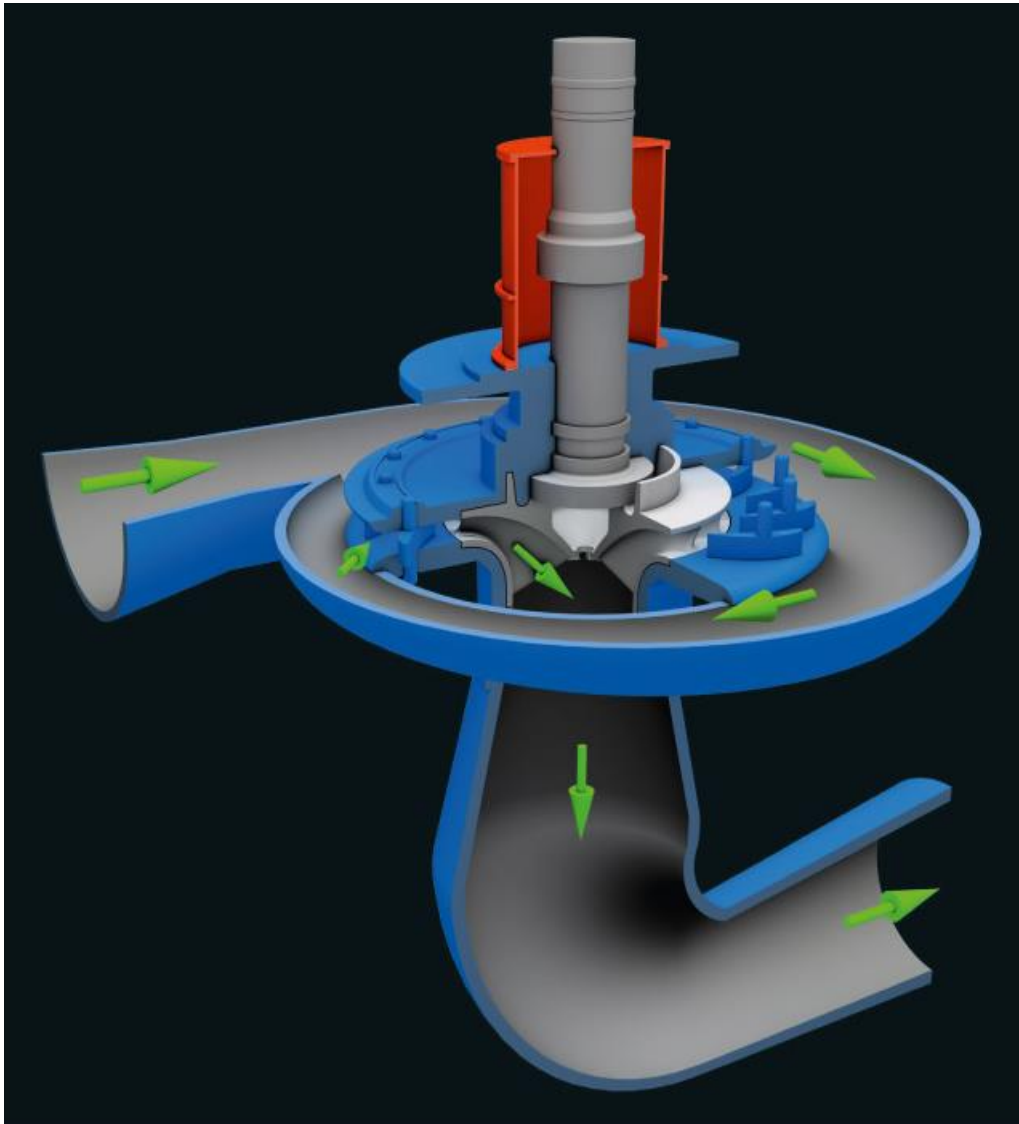
2.2.2 Francis-turbiini

Francis-turbiineja voidaan käyttää putouksissa, joiden korkeus on 5–700 m. Turbiinit tehdään usein pystyakselisiksi ja ne ovat kiinteälapaisia. Lapojen lukumäärä on yleensä 16 - 21 kpl. (**Kuvio 5.**) Turbiinin erikoisominaisuus muihin verrattuna on, että se pystyy toimimaan pumppuna. Se on ikään kuin keskipakopumppu väärinpäin. Keskipakopumpussa nopeasti pyörivät siivet panevat nesteen pyörimisliikkeeseen. Keskeiskiihtyvyyden vaikutuksesta neste syöksyy ulos pumpun kehällä olevasta aukosta jolloin pyörän navan tienoilla syntyy imu.

Vesikanava on rakennettu spiraalimaiseen muotoon, joka kiertää turbiinin ohjaten veden juoksupyörän ulkokehältä sisäkehälle ja poistuu juoksupyörän keskeltä. Tehoa voidaan säädellä turbiinin ulkokehän läheisyydessä sijaitsevilla johtolavoilla. **(Kuvio 6.)** Tällä tavoin turbiinin hyötysuhde on noin 90 % . /2/ /3/ /4/



Kuvio 5. Francis-turbiini

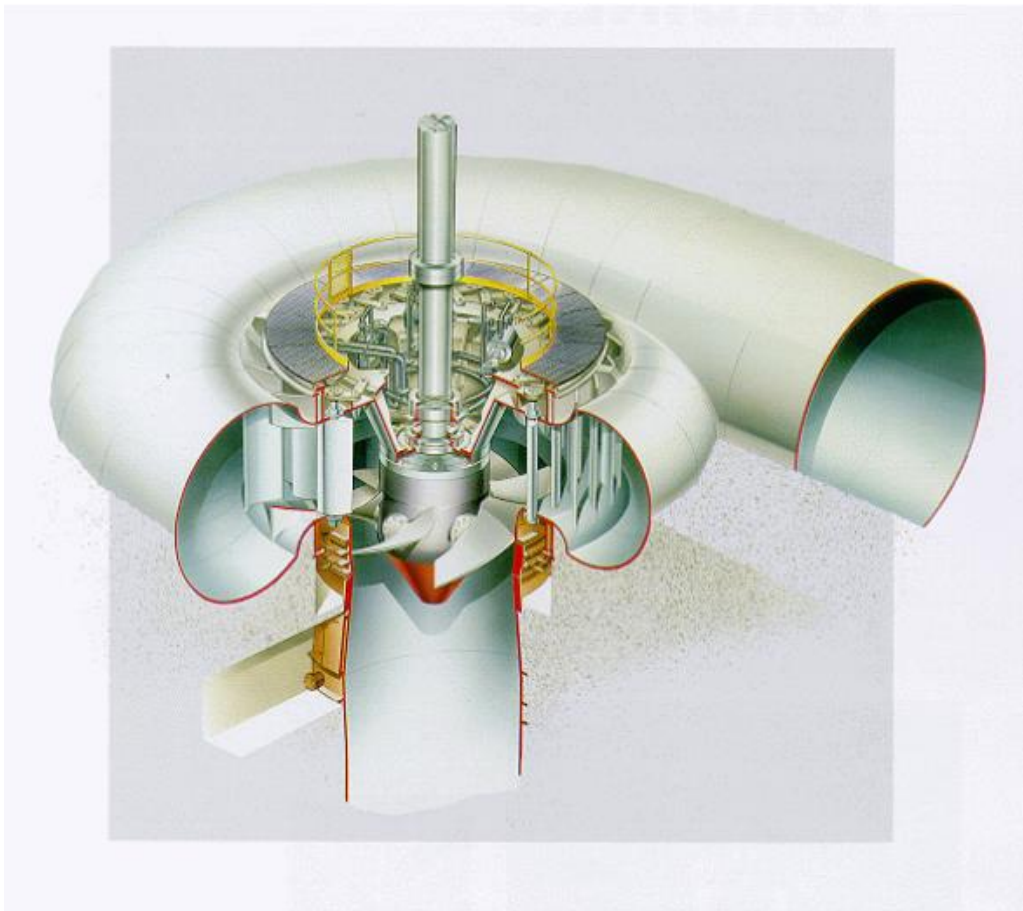


Kuvio 6. Vesikanavan muoto ja virtauksien suunta.

2.2.3 Kaplan-turbiini

Kaplan-turbiineja käytetään paljon, sillä niiden soveltuvuusalue on laaja. Veden putouskorkeus voi vaihdella 2–70 metriä. Se soveltuu hyvin Suomen oloihin ja onkin maamme yleisin vesiturbiinityyppi. Se on potkurityyppinen turbiini, jossa on säädeltävät lavat. Lajoja on yleensä neljä tai viisi ja niiden kulmaa säätelemällä voidaan turbiinin tehoa säädellä käynnin aikana. **(Kuvio 7.)** Siksi sen hyötysuhde on 91–95 %. Turbiinin vahvuus on siinä, että hyötysuhde saadaan pysymään korkeana vaikka putoamiskorkeus muuttuisi merkittävästi.

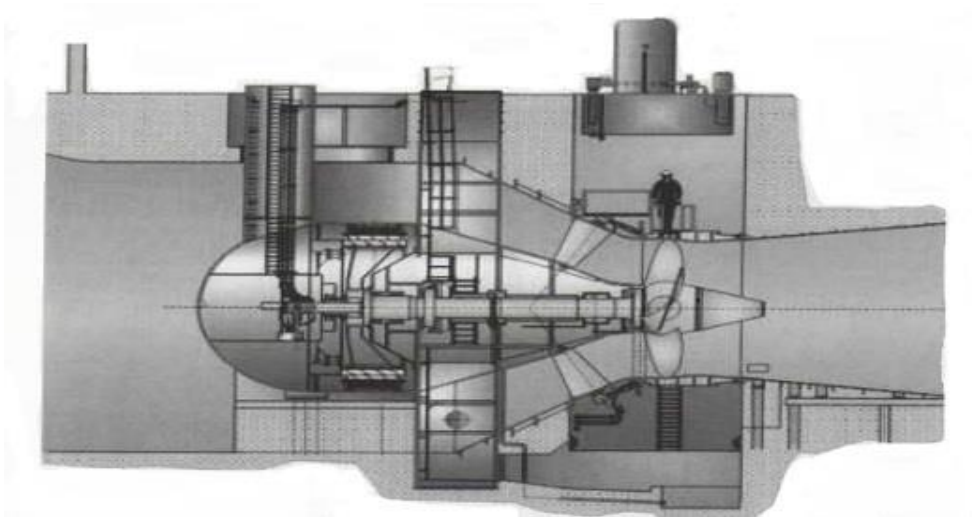
Kaplan-turbiinin juoksupyörän kammion muotoilu on erittäin tärkeä koneen toiminnan ja hyötysuhteen kannalta. Myös kammio on alttiina varsin suurille raskuuksille. Rakohäviöiden vähentämiseksi kammio muotoillaan yleensä pallomaiseksi juoksupyörän keskiökorkeuden alapuolella. Vesikanava tehdään spiraalimaiseksi kuten Francis-turbiinissa, mutta eroavaisuus tulee siitä, että Kaplan-turbiinin juoksupyörässä veden virtaus on aksiaalinen. /2/ /3/ /4/



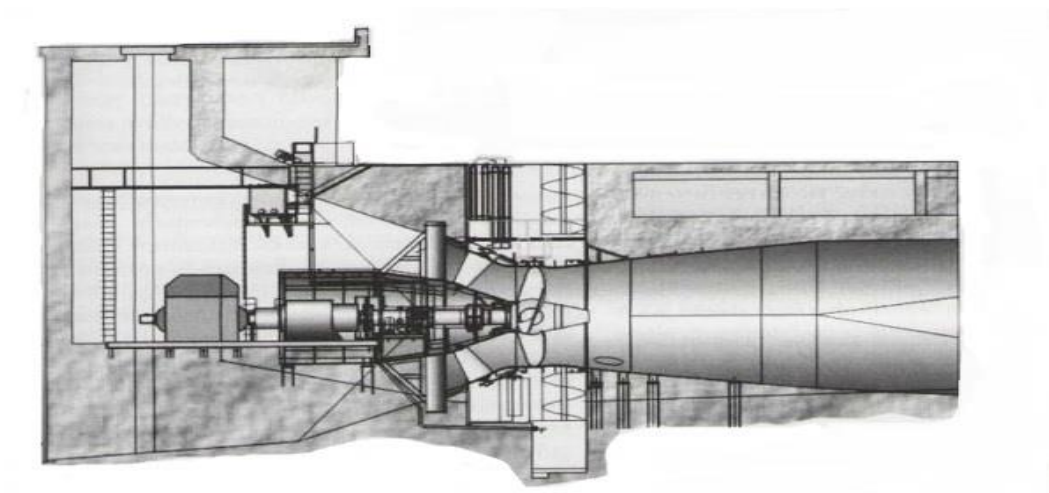
Kuvio7. Kaplan-turbiini kiinni pysty akselissaan.

2.2.4 Putkiturbiinit

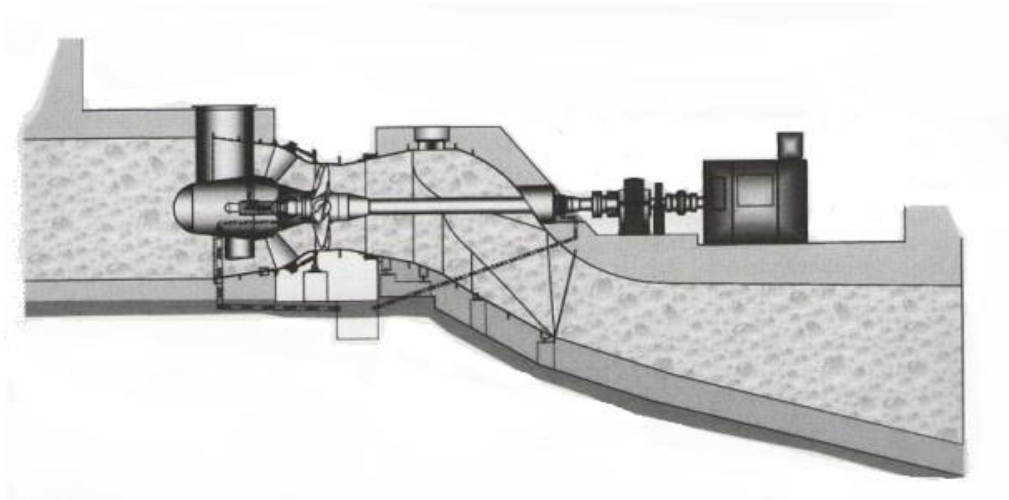
Putkiturbiini soveltuu mataliin putouksiin ja vesistöihin joissa on pieni virtaama. Sen juoksupyöränä käytetään Kaplan- tai potkurityyppistä turbiinia. Putkiturbiinimalleja on useita, ja ne soveltuvat eri käyttökohteisiin tapauksesta riippuen. **(Kuvio 8.9.10.)** Juoksupyörä sijoitetaan yleensä vaakasuoraan putkeen. Johtosii- vet sijaitsevat kartiopinnalla ja ovat muodoltaan kiilamaiset. Generaattori sijaitsee putken ulkopuolella tai putken sisällä olevassa kapselissa. Potkuriturbiineissa on säädettävät johtopyörän siivet ja juoksupyörä on kiinteä. /3, 272/ /6, 111/



Kuvio 8. Kotelotyypinen putkiturbiini. /3/



Kuvio 9. Kuilityypinen putkiturbiini. /3/

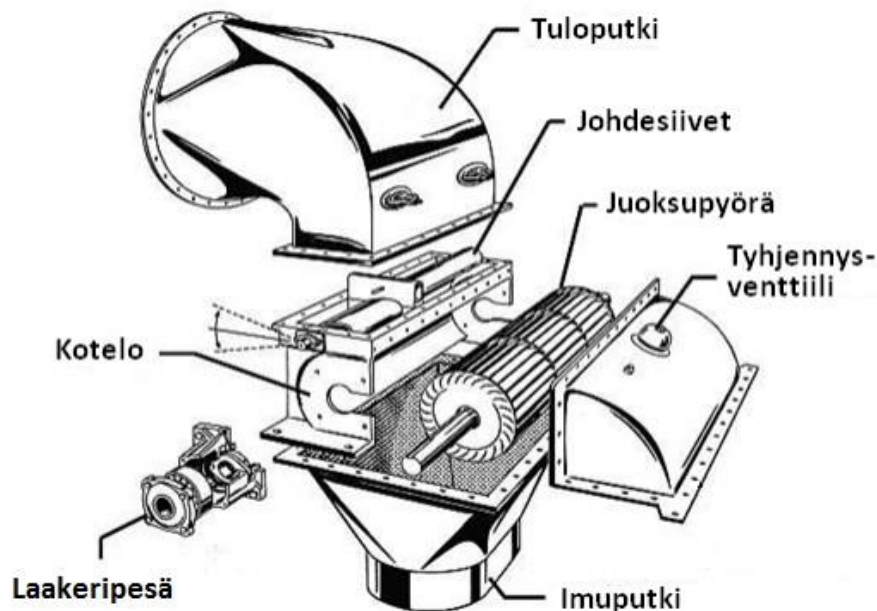


Kuvio 10. Putkityyppinen putkiturbiini. /3/

2.2.5 Crossflow-turbiini

Crossflow-turbiini on vaaka-akselinen (**Kuvio 11.**), se soveltuu 3 – 200 m korkuisiin putouksiin ja vesistöihin jonka virtausnopeus on 0,03 – 13 m³/s välillä. Turbiini on osittaissyötetty kuten Pelton-turbiinit, eli kavitaatiota ei ilmaannu. Crossflow-turbiinissa veden virtausta voidaan säädellä niin että, joko 1/3, 2/3 tai 3/3 koko juoksupyörän pinta-alasta on käytössä. Täten saadaan tasaisempi hyötysuhde, riippuen virtaaman määrästä. Turbiinin hyötysuhde ei kuitenkaan ole missään olosuhteissa yli 87 % ja keskimäärin se on 80 %.

Vesikanava voidaan rakentaa niin, että vesivirtaus kohti juoksupyörää on joko vaakasuoraan tai pystysuoraan. Johtosiipien kulmaa säätelemällä saadaan muutettua veden virtaus optimaaliseksi ennen juoksupyörää. Turbiini on suunniteltu kestämään pidemmän aikaa ilman erityisen huollon tarvetta ja myös niin, että ammattitaidoton pystyy asentamaan ja laittamaan sen toimintakuntoon. /8/



Kuvio 11. Crossflow-turbiinin rakenne. /8/

2.3 Hyyde

Lämpimiin maihin verrattuna Suomessa on kylmät talvet ja useimmat vesistömmme jäätyvät. Tämä aiheuttaa ongelmia erityisesti hitaasti ja pieni virtaamissa vesistöissä. Seuraamuksena voi olla voimalan tehon heikkeneminen tai pahimmassa tapauksessa voimalan alas ajaminen. Hyyde eli suppo, sillä tarkoitetaan virtaavassa alilämpöisessä vedessä muodostuvia jääkiteitä. Jääkiteet voivat tarttua joen pohjaan tai patorakenteisiin haitaten veden kulkua. Supon syntymistä voidaan ehkäistä muun muassa lämmittämällä metallisia välppä rakenteita vesikanavan alkupäässä tai vähentämällä virtausta vesistöjen jäätyessä, jolloin ylävirran puoleiselle patoaltaalle muodostuisi jääkerros. Jääkerros vähentäisi suppon syntymistä. /7/

2.4 Kavitaatio

Yksi suurimmista ongelmista vesivoimatekniikassa on kavitaatio. Sitä ilmenee kun vedenpaine laskee alle veden höyrystymispisteen, ja vesi alkaa höyrystyä ja kuplimaan. Kuplien osuessa juoksupyörän lapoihin kuluttaa se ajan kanssa kovempaa metallipintaa. **(Kuvio 12.)** Tämä ilmiö vähentää myös turbiinin tehoa.

Kavitaatiota esiintyy ns. reaktiiturbiineissa, joissa vesi kulkee turbiinin ohi antaen rotaatiovoimaa juoksupyörän lapojen avulla, eli turbiinit jotka ovat käytännössä melkein kokonaan veden ympäröimänä (esim. Francis- ja Kaplan-turbiinit). Kavitaation voi kuulla terävinä iskuina tai ritinä turbiinissa. Ääni aiheutuu liian suuresta vesimäärästä joka virtaa turbiiniin tai liian suuresta imukorkeudesta.



Kuvio 12. Havaintokuva voimakkaasta kavitaatio ilmiöstä.

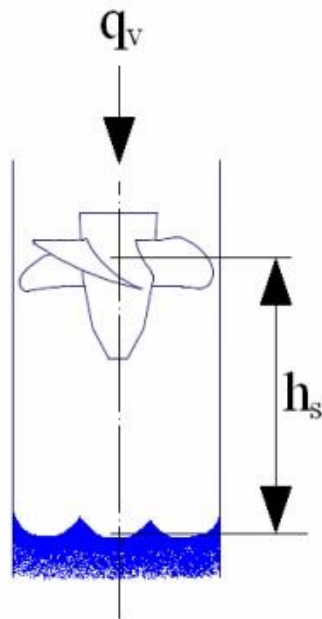
Kavitaatiota aiheuttava paine johtuu juoksupyörän lapojen paine-erosta (Δp) ja relatiivisen nopeuden (w) epätasaisesta jakautumisesta. Paineen alenemiselle on kaava.

$$\Delta p = \lambda (w_2)^2 / 2g \quad (4)$$

Dynaamisesta imukorkeudesta h_d .

$$h_d = (\eta_s c_2^2) / 2g \quad (5)$$

Staattisesta imukorkeudesta h_s , joka on juoksupyörän korkeus alavedestä. (**Kuvio 13.**)



Kuvio 13. Staattisen imukorkeuden h_s mitoitus.

Juoksupyörän lavoissa tapahtuva paine-ero, relatiivisen nopeuden epätasainen jakautuminen ja dynaaminen imukorkeus ovat turbiinista johtuvia seikkoja jotka aiheuttavat dynaamisen paineen alenemisen. (Δh). Edellä mainitut kaksi kaava yhdistäessä saamme kaavan dynaamiselle paineen alenemiselle. /7,75/

$$\Delta h = (\eta_s c_2^2) / 2g + \lambda (w_2)^2 / 2g \quad (6)$$

Turbiinin ominaisuuksia kuvaamaan on Thoman kavitaatio kerroin.

$$\sigma_T = \Delta h / H \quad (7)$$

Turbiinin toimiessa kavitaatio rajoilla, voidaan höyrystymispaine laskea seuraavasti:

$$P_{min} = \rho g h_v \quad (8)$$

$$P_{min} / \rho g = h_s - h_b - \Delta h = h_v \quad (9)$$

Tästä voidaan johtaa lauseke $\Delta h'$ joka kuvaa dynaamista paineenalennemista.

$$\Delta h' = h_b - h_s - h_v \quad (10)$$

Tämä kertoo staattisen imukorkeuden h_s vaikutuksen. Tämä riippuu taas siitä, kuinka turbiinin on sijoitettu laitteen sisällä. Tästä saamme laitoksen kavitaatiokertoimen:

$$\sigma_L = \Delta h' / H = (h_b - h_s - h_v) / H \quad (11)$$

Kavitaation voi poistaa turbiinin oikealla sijoittamisella alavesipintaan ja poistovesiputkeen nähden. Tarkoituksena tehdä olosuhteet tarpeeksi korkealle paineelle kavitaation kitkemiseksi. Turbiinin sijoituspaikka voidaan määrittellä seuraavin ehdoin:

$$\sigma_L = \sigma_T \quad (12)$$

Vapaatoiminnan ehtona on:

$$\sigma_L > \sigma_T \quad \text{eli} \quad h_s - h_v - \sigma_T * H \quad (13)$$

Jotta kavitaatiota ei ilmenisi, täytyy turbiinin etäisyys alaveden pinnasta olla tämän ehdon mukainen. /7/

Kavitaatio on käytännössä haastava laskea, koska siihen vaikuttaa kaikki turbiinin seikat, muun muassa turbiinin koko, lapakulmien asteisuus, lapojen koko, pyörimisnopeus, veden virtaus ennen ja jälkeen turbiini, turbiinin sijoitus rakenteessa, jne. Turbiinien mittojen saaminen on haastavaa, sillä valmistajat haluavat pitää ne yleensä liikesalaisuutena. Kuten Perttula Jarmo toteaa Energiatekniikan kirjassa: ”Todellisuudessa osavirtaamia rajoittavat virtauspinnat vääristyvät, ja 3-ulotteiset virtauksen laskenta on hyvin vaativa ongelma.” /5, 103/

3 PIENVESIVOIMA

Euroopan unionin määrittelee pienvesivoimaloiksi kaikki laitokset, joiden nimellisteho on alle 10 MW:n. Minivesivoima (alle 1 MW) ja mikrovesivoima (alle 100 kW) voidaan luokitella kuuluvaksi pienvesivoimaan alasektoriin.

3.1 Pienvesivoiman historia

Suomessa rakennettiin vesivoimalla toimivia myllyjä 1200-luvulla. Muualla maailmassa sitä harjoitettiin jo ennen ajanlaskun alkua. Ensimmäiset myllyt olivat puurakenteisia ja niitä käytettiin jauhekivien ja sahojen pyörittämiseen. 1850-luvulla Suomessa oli noin 4 000 vesimyllyä ja 200 vesisahaa.

Metallirakenteisen vesiturbiinin kehitys alkoi Ranskassa 1830-luvulla, se oli vesivoiman kannalta ratkaiseva edistysaskel. Francis-, Pelton- ja Kaplan-turbiinit perustuvat vuoden 1850 –1900 luvun keksintöihin. Sähkön keksiminen ja sen hyötyjen ymmärtäminen käynnisti vesivoimalle nykyaikaan johtava kehityksen.

Vuonna 1926 valmistui Suomen ensimmäinen suurvesivoimalaitos Imatrankoski. Tähän asti kaikki Suomen vesivoimalat kuuluivat nimellisteholtaan pienvesivoimaloihin. Vielä 1950-luvulla perustettiin pienvesivoimaloita, koska sodan jälkeen Suomi tarvitsi energiaa. Pian tämän jälkeen sähkölain vaatimus jatkuvasta voimalaitoksen miehittämisestä, nousevat palkat, sähkön hinnan tippuminen muodistivat yhtälön, joka teki pienvesivoimalaitoksen ylläpidon kannattomaksi ja johti useiden laitosten lakkauttamiseen. /1/

3.2 Pienvesivoima Suomessa

Vuonna 2009 Suomessa oli 152 pienvesivoimalaitosta, joiden keskimääräinen yhteenlaskettu sähköntuotanto oli vuodessa 1 100 gigawattituntia. 79 laitosta oli teholtaan 1–10 MW:n kokoisia ja 73 laitosta teholtaan alle 1 MW. Pienvesivoimasektorilla on olemassa vielä vapaata, eli ei suojeltua energiapotentiaalia 1 400 GWh/a. Suomessa pienvesivoimalaitoksen keskikoko on 2 MW ja vuosituotanto on keskimäärin 8 GWh/a. Tilastot eivät sisällä kuin muutaman alle 100 kW kokoisia laitoksia, joita Suomesta löytyy lähes 100 rekisteröityä, jotka tuottavat omistajilleen kotitaloussähköä.

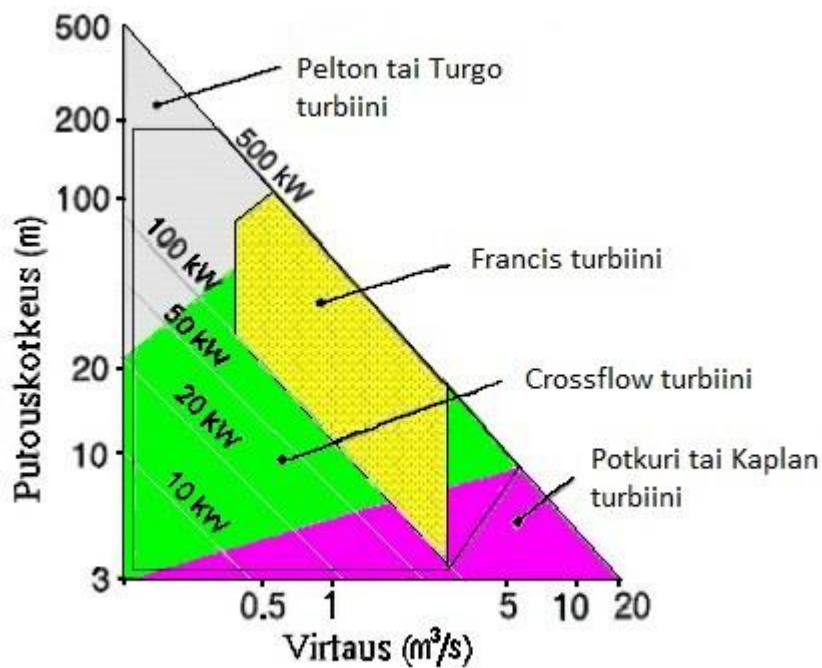
Monessa Suomen pienvesikohteessa voitaisiin lisätä kannattavuutta nostamalla rakenne virtoja ja lisäämällä turbiinien lukumääriä. Automatisointi ja peruskunnostuksen tarve olisi tarpeellinen. Noin puolet laitoksista on yli 50 vuotta vanhoja ja 25 % on alle 25 vuoden ikäisiä. Kunnostus- ja kehittelytoimenpiteet ovat lähes suotavaa.

Suomi on sitoutunut vähentämään kasvihuonepäästöjä ja lisäämään uusiutuvan energian tuotantoa yhdessä muiden EU-maiden kanssa. Tavoitteena on nostaa uusiutuvan energian käyttö 38 prosenttiin kokonaisenergian tuotannosta vuoteen 2020 mennessä. Pienvesivoiman lisääminen auttaisi tavoitteiden saavuttamisessa, sillä tuotettu sähkö olisi mahdollista lähes kaksinkertaistaa vuoteen 2020 mennessä. Lisäys vastaisi noin 300 000 suomalaisen pientalouden sähköntarvetta. /1/

3.3 Pienvesivoimatekniikka

Pienvesivoimalle ei ole täysin omaa tuotetta, sen tekniikka on käytännössä yleistä vesivoimatekniikkaa sovellettuna pienemmässä mittakaavassa. Yritykset jotka valmistavat pienvesivoimaan tarkoitettuja komponentteja pitävät tuotteiden tekniset tiedot liikesalaisuutena ja laskevat itse sopivat mitat turbiineille, jos virtauksen ja voimalan rakenteisiin liittyvät tiedot ovat annettu.

Pienvesivoimaan soveltuvaa turbiinitekniikkaan on karkea kaavio (**Kuvio 14**).



Kuvio 14. Vesiturbiinien optimaaliset toiminta-alueet pienvesivoimassa. /10/

3.4 Pienvesivoiman hyödyt ja haitat

Pienvesivoima, kuten muutkin energian tuotantomuodot aiheuttavat eriäviä mielipiteitä, erityisesti sen kannattavuudesta ja ympäristöystävällisyydestä. Absoluuttista totuutta tästäkään aiheesta ei ole.

Listaus yleisellä tasolla pienvesivoiman hyödyistä ja haitoista:

Hyödyt

- uusiutuva luonnonvara
- hyvä hyötysuhde
- käyttöikä pitkä
- vähäiset käyttö- ja huoltokustannukset
- nopea käynnistys ja kuormitus
- tuotannon säätö mahdollisuus tarpeen mukaan
- ilmainen kotimainen polttoaine (vesi)
- ei ilmansaasteita

Haitat

- maisemalliset haitat
- pato-onnettomuuksien uhka
- vesistöjen ekologisen tasapainon häiriintyminen
- haittaa kalakantojen selviytymistä
- investointikustannukset korkeat
- suotuisia laitospaikkoja vähän ja epätasaisesti
- hyvät laitospaikat kaukana asutuskeskuksista
- vesipintavaihtelut altaissa

4 CASE NÄRVIJOKI

4.1 Yleistä

Närviijoki on Kurikan läntisin kylä. Kurikan keskustaan on matkaa 42 km, Seinäjoelle 72 km ja Vaasaan 57 km. Kylän läpi virtaa Närpiönjoki, jossa on useita koskia. Vesi laskee Säläisjärvestä ja Kivi- ja Levälammen tekojärvestä, ne yhdistyvät yhdeksi joeksi ennen Riihikoskea. Joen korkeusero kylän eripuolilta on 20 m. Närviijoen on noin 350 asukasta. Yritystoimintaa on muun muassa huonekalu, linja-autoliikenne-, metsäkone-, kaivinkoneyritykset, sekä sahaus- ja rakennustoimintaa, nettikauppaa, maatilamatkailua ja karjan kasvatusta. Energian tarvetta on siis muuallakin kuin kotitalouksissa.

Kyseiselle alueelle on kaavoitettu energiakylä-hanketta, *Riihikoskipuisto*. Jormä Närvi laittoi hankkeen jaloilleen ja nyt siitä ovat kiinnostuneet myös Vaasan Energia Instituutti, sekä Pienvesivoimayhdistys. Riihikoskella on aiemmin toiminut vesivoimala, jonka putouskorkeus oli 5 m, mutta tällä hetkellä pato on raunioitunut ja vesivoimala ei ole enää käytössä.

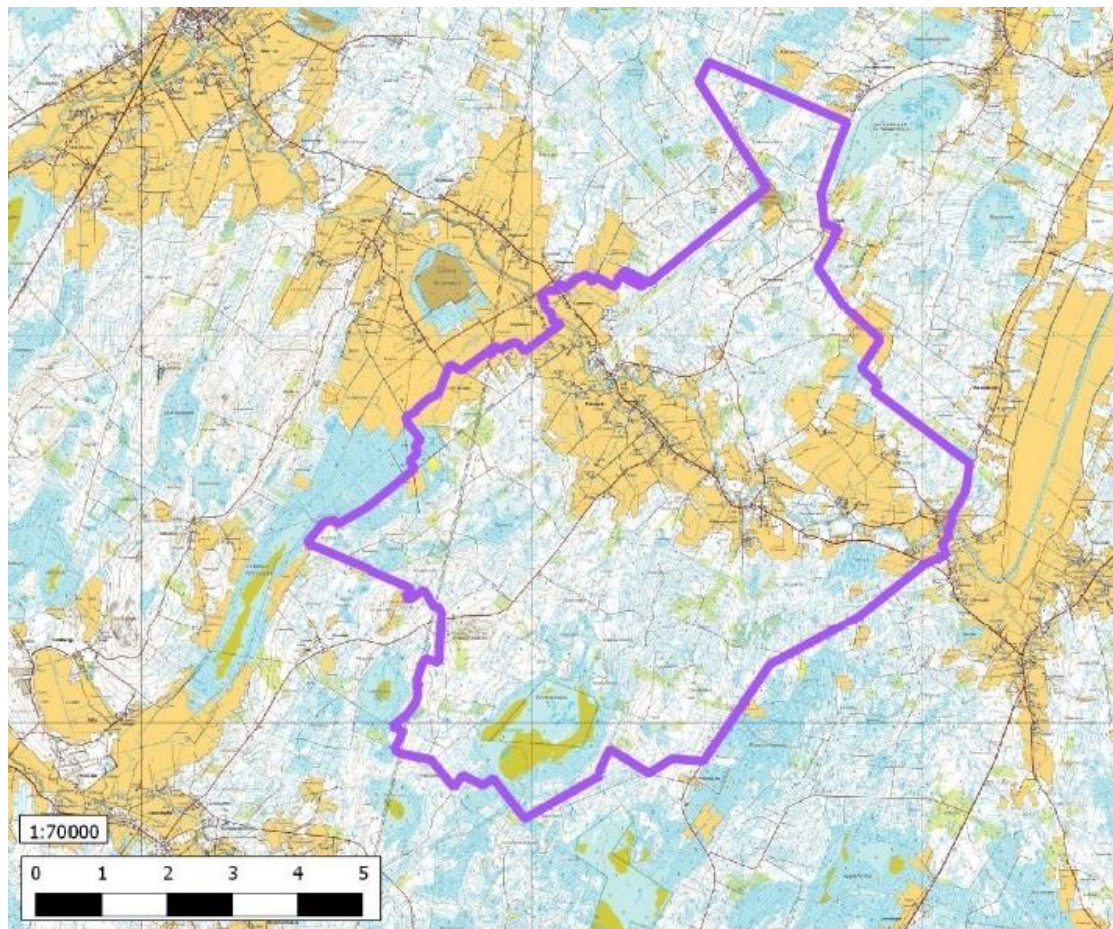
Hankkeen tarkoitus olisi selvittää 100 kW ja 250 kW vesivoimalan merkitys kylälle, sekä pien-CHP:n käyttömahdollisuuksia. Alueella tuotetaan hajautetusti aurinkolämpöä, maalämpöä ja ilmalämpöpumppulämpöä. Kylällä on myös vanha tuulivoimala (30 m), johon on selvitetty tuulivoimaturbiinin asentamista, mutta se osoittautui taloudellisesti kannattamattomaksi. Ihannetavoite on saavuttaa energiaomavaraisuus lähialueella. /10/

4.2 Riihikosken ympäristö

Närviijoki on maalaiskylä, jossa harjoitetaan maataloutta paljon. Pellot sijaitsevat joen varrella ja peltoon levitettävät lannoitteet pääsevät liukenemaan sateiden mukana ojia pitkin isompiin vesistöihin. Riihikoski kuuluu Närpionjokeen ja se on suurimmaksi osaksi kalaton, sillä veden happamuus on korkea ja veden korkeus kuivilla ajanjaksoilla on matala. Kalatien tarpeellisuus tilanteen huomioiden ei tule olemaan tarpeellinen, sitä ei tähänkään asti ole ollut.

Riihikosken pohja on kivikkoista, osittain kalliota ja veden syvyys on matala. Nämä ovat positiivisesti vaikuttavia tekijöitä voimalaitoksen turbiinia koskien, sillä kivikkoisessa pohjassa ei ole irtohiekkaa tai vastaavia epäpuhtauksia jotka kuluttavat turbiinia. Myös matala vesi ei kuljeta niin helpolla kaatuneita puita tai irtotukkeja, jotka saattavat tukkia vesivoimalan väljän. /10/

Kyläläisten suhtautuminen vesivoimalaan on myönteinen seuraavien väitteiden perusteella: Alueelle on ollut aikaisemmin vesivoimala joka on tuottanut lähialueelle energiaa. Joessa on jo valmis pato, jota ei tarvitse muuttaa. Näin ollen vedenkorkeus ei tule nousemaan, eikä keväisen tulvaveden aiheuttamia vahinkoja suurempia ongelmia ole. Kalastusta joessa on turha harrastaa, sillä arvokaloja ei Riihikosken alueella elä. Kotimainen energiaomavaraisuus on tavoite, mitä monet pienet kylät tavoittelevat, sillä halvempi asuminen tuo asukkaita ja asukkaat tuovat rahaa ja eloa kylälle.



Kuvio 15. Närviöen kylän rajat. /10/

4.3 Tekniikka ja talous

Eri turbiiniratkaisuja vaihtoehtoja pohtiessa pitää ottaa huomioon Riihikosken ympäristö ja sen mahdollisuudet tuottaa energiaa niin, että hintalaatusuhde pysyy hyväksyttävissä rajoissa. Riihikosken kohdalla vedenvirtausnopeus on keskimäärin $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$ ja veden putouskorkeus on 5 m. Patorakennusta on korotettu 1920-luvulla noin 1,5 m. Patorakenteita ei itsessään muokata, mutta mahdollisia vesikanavia ja luukkuja tulee lisätä, sekä rikkoutuneen padon peruskorjaus pitää suorittaa. Joen leveys padon kohdalla on noin 20 metriä. /10/ Alueelle sopii vain yksi kappale turbiineja, muutoin joudutaan tekemään rakenteellisesti suuria muutoksia,

joka vaatisi uudet luvat sekä nostaisi kustannuksia ja vaikeuttavat hankkeen etenemistä.

Putouskorkeutta H_{\max} ei voi laskea, sillä veden virtausnopeuden ennen ja jälkeen turbiiniin tiedetään vasta kun turbiinin asennus on tehty, joten vain karkea arvio tarvittavasta vesivoimalaitoksen tehosta on mahdollista laskea:

$$H_{\max} = 5 \text{ m}$$

$$Q = 2,5 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$\eta = 85 \%$$

$$P = Q H \rho g \eta$$

$$P = 2,5 \text{ m}^3/\text{s} * 5 \text{ m} * 9,81 \text{ m/s}^2 * 1000 \text{ kg/m}^3 * 0,85$$

$$P = 104231 \text{ W} \quad \rightarrow \quad 104 \text{ kW}$$

Turbiinin teho annetuilla tiedoilla laskettuna pitäisi olla 100 kW luokkaa. Kaplan-turbiini soveltuu hyvin näihin putouskorkeuksiin sekä virtauksiin ja sitä on käytetty muissakin pienvesivoimaloissa. Hyvää Kaplan-turbiinissa on myös se, että vedenvirtauksen määrän muuttuessa jopa neljännekseen normaalista, säilyttää se noin 80 % hyötysuhteet säädettävien johtosiipiensä ansiosta. **(Kuvio 3.)** Virtausmäärän pudotessa alle neljänneksen on voimalaitos syytä ajaa alas mahdollisten vaurioiden välttämiseksi.

Vesivoimala on rakenteeltaan putkiturbiinimallinen. Turbiinissa on kiinteäjohtolaitte säädettyjä komponentteja varten. Juoksupyörä on vaak akselinen ja generaattori on asennettu suoraan juoksupyörän akseliin. Kaikki veden kanssa kosketuksessa olevat osat ovat ruostumatonta terästä (ASTM 304), pois lukien siivet ja napa jotka ovat ruostumatonta valuterästä, se suojaa korroosiolta ja paineelta paremmin (ASTM 316).

Vaihtoehtoinen turbiiniratkaisu voimalaan on crossflow-turbiini. Se soveltuu myös kyseisiin virtausmääriin ja putouskorkeuteen. Turbiinin vahvuutena on säädettävyys eri virtausmäärille, se pystyy toimimaan pienellä virtauksella ilman että sitä tarvitsee välttämättä ajaa alas. Crossflow-turbiini ei kavitoi, sen käyttöönotto ja huolto on helposti hoidettavissa. Heikkoutena on että hyötysuhde ei missään olosuhteissa ole yli 80 % ja Suomessa ei ole yhtään kyseisen turbiinin valmistajaa, joten sen joutuu tekemään tilaustyönä tai tilaamaan ulkomailta. Nämä lisäävät kokonaiskustannuksia.

Närvijoen kylässä (**Kuvio 15.**) on 222 lämmitettävää rakennusta ja käyttösähkön kulutus on 952 038 kWh ja hintaa kulutetulle sähkölle 5.3.2013 hintatason mukaan (sisältää sähkön siirtomaksun) on tullut 119 214 €. /10/ /Liite 4/ Voimme laskea 100 kW vesivoimalan tuottaman sähkön määrän puolessa vuodessa olettaen että turbiinin nimellisteho on minimissään 100 kW ja se on toiminnassa ympärivuorokauden puolen vuoden ajan:

Vuodessa on 8 760 tuntia, joten puolessa vuodessa on 4 380 tuntia.

$$P_1 = 100 \text{ kW} * 4380 \text{ h}$$

$$P_1 = 438 000 \text{ kWh}$$

Vesivoimalaitoksella pystyisi tässä tapauksessa kattamaan vajaa puolet Närvijoen kylän sähkön kulutuksesta vuodessa.

4.4 Vesilaki liittyen tapaukseen

Suomessa noudatetaan tällä hetkellä vesilakia, jota on säädetty 1961-luvulla ja uudistettu 1.1.2012. Vesilaki käsittelee seuraavia aiheita: vesistöihin rakentamisen, vesivarojen- ja vesialueiden käyttöä, veden ottamista, ojitusta, säännöstelyä, puutavaran uitto, jne. Vesilait ja lupien edellytyksenä on että vesivoimala hankkeesta saadaan suurempi hyöty irti, mitä se aiheuttaa haittaa. Huomioiden kalakantojen mahdollisuudet, ympäristömuutokset, voimalan tuottama teho suhteessa alueelliseen tarpeeseen, voimalan rakennus ja huoltokustannukset suhteessa tuotetun sähkön määrään. Vesivoimalalaitoksen aiheuttamista vahingoista on hankkeen toteuttaja vastuussa korvauksista. Suomessa oikeuskäytäntö on että vesivoimalaitoksen lupa ei vanhene, vaikka voimalaitos olisi käyttämättömänä pitkiäkin aikoja. Vanhalla luvalla voidaan laitosta käyttää ja uudistaa, mikäli veden virtaukseen vaikuttavia rakenteellisia muutoksia ei tehdä. /1;9/

Närvijoen hanketta huomioiden muun muassa seuraavat vesilain säädösten kohdat liittyvät aiheeseen:

Vesilaki, 3 luku 4§

Luvan myöntämisen yleiset edellytykset

Lupa vesitaloushankkeelle myönnetään, jos:

1) hanke ei sanottavasti loukkaa yleistä tai yksityistä etua; tai

2) hankkeesta yleisille tai yksityisille eduille saatava hyöty on huomattava verrattuna siitä yleisille tai yksityisille eduille koituviin menetyksiin.

Lupaa ei kuitenkaan saa myöntää, jos vesitaloushanke vaarantaa yleistä terveydentilaa tai turvallisuutta, aiheuttaa huomattavia vahingollisia muutoksia ympäristön luonnonsuhteissa tai vesiluonnossa ja sen toiminnassa taikka suuresti huonontaa paikkakunnan asutus- tai elinkeino-oloja.

Hakijalla on oltava oikeus hankkeen edellyttämiin alueisiin. Jos hakija ei omista aluetta tai hallitse sitä pysyvällä käyttöoikeudella, luvan myöntämisen edellytyksenä on, että hakijalle myönnetään oikeus alueen käyttämiseen siten kuin 2 luvussa säädetään tai että hakija esittää luotettavan selvityksen siitä, miten oikeus alueeseen järjestetään. /9/

Vesilaki, 8 luku 5§

Yhteisen vesivoiman käyttäminen

Aloitteen vesivoiman käyttöön ottamista varten tarvittavan voimalaitoksen rakentamiseksi voi tehdä se, jolle omistusoikeuden, vesialueen osuuden luovutuksen tai vesivoiman pysyvän käyttöoikeuden perusteella kuuluu vähintään viidesosa sellaisesta vesistön osan vesivoimasta, jota tarkoituksenmukaisesti voidaan käyttää samassa voimalaitoksessa. Aloitteen voivat tehdä myös sellaiset vesivoiman osakkaat yhdessä, jolle kuuluu vähintään viidesosa käyttöön otettavasta vesivoimasta. /9/

Närvijoen tapauksessa on vanha 1925-luvulta voimassa oleva lupa, joka on edelleen pätevä vesivoimalan ylläpitämiseen. Voimassa oleva lupa kuitenkin edellyttää, että se täyttää nykypäivän kriteerit koskien ympäristösuojelua ja mahdollisia joen läheisyydessä asuville asukkaille aiheutuvien haittojen huomioimista. Maa-alueet ja vanha voimalarakennus on yksityisellä omistuksella, se ei ole tässä tapauksessa este hankkeen etenemiselle.

Huomioitavaa vesivoimalan kunnostamisessa on, että patorakenteen sisääntuloaltaan seinämä on sortunut ja se vaatii korjausta entiselleen. Kysymys onkin, että tulkitseeko laki tämän veden virtaukseen vaikuttavana muutoksena ja tarvitaanko erillinen lupa kunnostustöihin. Muualta patorakenne on hyvässä kunnossa ja sitä ei tarvitse kunnostaa. Uusi rakennus tai lisäsiipi vanhaan on tarpeellinen turbiinin asennusta huomioiden. Vanha voimalarakennus ei välttämättä täytä kaikkea tur-

vallisuuskriteereitä ja turbiini tarvitsee kestäväen rakenteen, sekä nykyaikaisen sähköistyksen. Nämä vaativat erillisen rakennusluvan. /9/

4.5 Yhteenveto vesivoiman potentiaalista ja ongelmista hankkeessa

Vesivoimalaitoksen perustaminen on mahdollista toteuttaa, sillä vanhan myllyn voimassa olevat luvat edes auttavat hanketta. Myös useamman yksityisten, sekä järjestön henkilöiden kiinnostus ja panostus vievät hanketta kohti toteutusta. Kurikan kaupunginjohtaja on antanut oman lausuntonsa hankkeesta, muun muassa suunnitellut että kummalle puolelle museorakennusta tulee kahvilan terassi. Energiapolitiikka puhuu uusiutuvien energiatuotantomuotojen puolesta, sillä ilmaston lämpeneminen ja EU:n tuomat velvoitteet koskettavat koko maata ja Suomi on sitoutunut noudattamaan EU:n antamia säädöksiä.

Kompastuskivenä projektille saattaa olla rahoituksen saaminen. Yleisesti pien-vesivoimaa pidetään ehkä hieman kannattamattomana, sillä se vaatii muutoksia alueen ympäristöltä ja laissa on määritelty, että hankkeen on oltava huomattavasti yleisille tahoille hyödyllisempi mitä siihen koituihin menetyksiin. Joen virtausmäärä vaihtelee vuoden ajasta riippuen merkittävästi ja täten voimalaa joudutaan ajamaan pahimmassa tapauksessa alas pidemmäksi aikaa. Paikallisten asukkaiden mielipidettä vesivoimalaitokselle ei vielä tiedä, sillä hanketta ei ole täysin julkaistu, vain suunnittelu vaiheeseen liittyviä tutkimuksia on tehty.

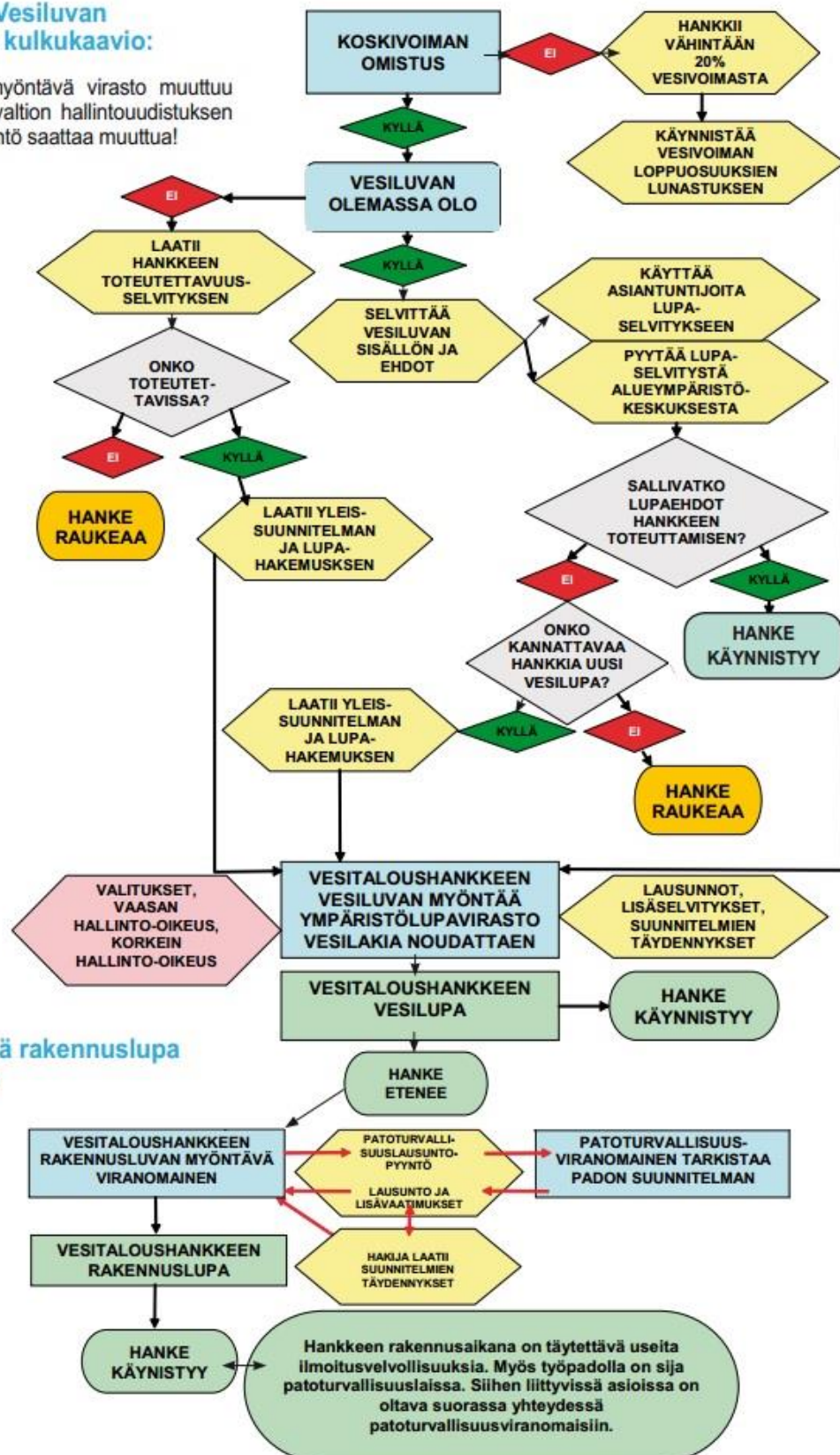
LÄHTEET

- /1/ Pienvesivoimayhdistys. Viitattu 24.3.2014
<http://www.pienvesivoimayhdistys.fi/>
- /2/ Saari P, Keikko T & Korpinen L. 2001. Sähkön tuotanto ja sen ympäristövaikutukset. Opintomoniste TTKK. Tampere
- /3/ Huhtinen M, Korhonen R, Pimiä T & Urpalainen S. 2013. Voimalaitostekniikka. 2. tarkistettu painos. Opetushallitus. Helsinki
- /4/ Suvanto T, Autio S, Huovari N. 2010. Hajautettu energiantuotanto. Seinäjoki. Viitattu 2.4.2014
<http://www.thermopolis.fi/UserData/doc/Hankkeet/Eetuuma.pdf>
- /5/ Perttula J. Energiatekniikka. 2000. Energiatekniikka. 1.painos. WSOY. Helsinki
- /6/ Energiateollisuus, Energia ja ympäristö. Viitattu 3.4.2014
<http://energia.fi/energia-ja-ymparisto/energialahteet/vesivoima>
- /7/ Määttänen M, Koskinen M, Pulkkinen P, Soini M & Silvan H. 1981. Vesivoimalaitokset. 2 painos. INSKO julkaisu. Helsinki
- /8/ CINK, Hydro Energy. Viitattu 16.4.2014
<http://www.freeflowhydro.co.uk/13/24/CINK/CINK.html>
- /9/ FINLEX, vesilaki. Viitattu 28.4.2014
<http://www.finlex.fi/fi>
- /10/ Dropbox tiedostot, hankkeen jäsenten kesken. Viitattu 28.4.2014
Ei saatavilla

LIITE 1.

Pienvesivoimalan Vesiluvan hankintaprosessin kulkukaavio:

Huomioon: vesiluvan myöntävä virasto muuttuu vuodesta 2010 alkaen valtion hallintouudistuksen yhteydessä. Myös käytäntö saattaa muuttua!

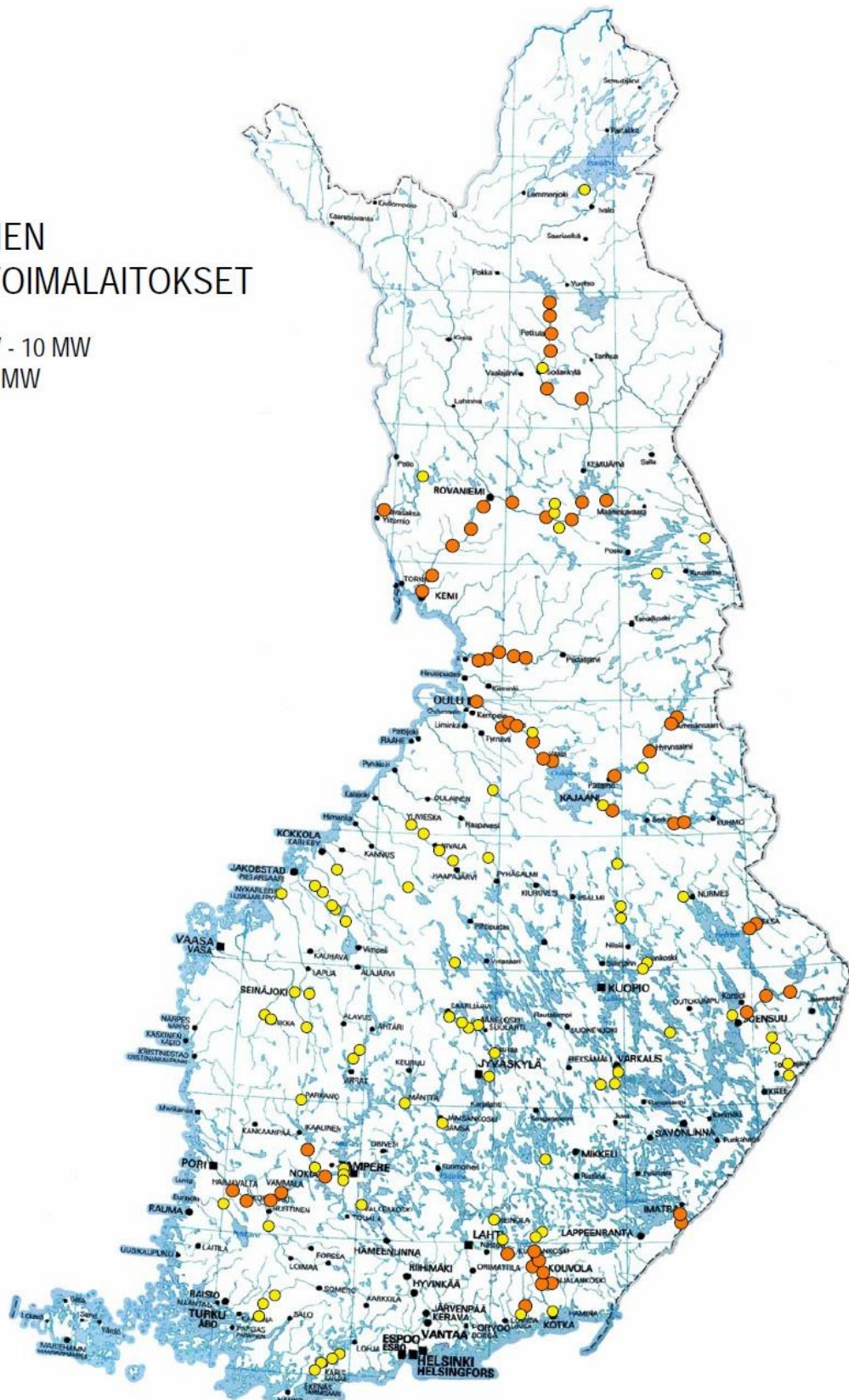


Vesiluvan sisältämä rakennuslupa ja patoturvallisuus

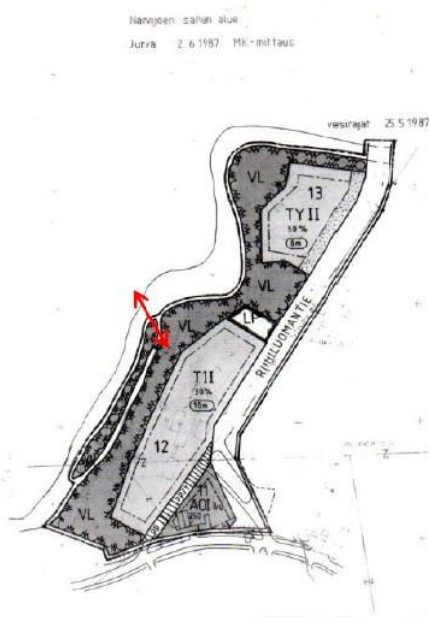
LIITE 2.

SUOMEN
VESIVOIMALAITOKSET

- 1 MW - 10 MW
- yli 10 MW



LIITE 3.



Riihikosken alueen osayleiskaava,
padon kohta on merkitty punaisella nuolella



Närviöen Riihiluomanpää, vihreällä rajattu alue kuuluu Koskipuistoon

Palvelutuote, jota kehitetään

Energialtaan ja maisemaltaan **Luomu** -omavarainen

Närviöen Koskipuisto

NÄRVIJOKI

Kartan alueella on lämmitettäviä rakennuksia 222 joista asuntoja 207 kpl

Talouksia rajatulla alueella

Keskimääräinen asunnonkoko

Asuntokuntia alueella

Asukasta / asuntokunta

Sekapuu pinokuitiometrin hinta;

Sekahakkeen hinta:

Polttoöljylitran hinta:

Polttoaineen hinta keskimäärin 7.3.2013 (95 ja diesel)

Sähkön keskimääräinen hinta / kWh sis. Siirtomaksun:

Turpeen hinta / MWh

Talouksia koko kunnassa

Kunnan / yhdistysten alueen kiinteistöjen sähkön kulutus:

Kunnan / yhdistysten alueen kiinteistöjen polttoöljyn kulutus:

Kunnan / yhdistysten alueen kiinteistöjen hakkeen kulutus:

Kunnan / yhdistysten alueen kiinteistöjen turpeen kulutus:

Kunnan / yhdistysten energiankulutus YHTEENSÄ:

Teollisuuden, yritysten ja maatalouden sähkön kulutus

Teollisuuden (ym) lämmönkulutus MWh (kaikki polttoaineet yhteensä)

Teollisuuden, yritysten ja maatalouden Energian kulutus YHTEENSÄ:

222	kpl
113	m ²
207	
2,26	
40	€/m ³
19,3	€/MWh
1,18	€/kg
1,575	€/l
0,12522	€/kWh
19,1	€/MWh
6422	kpl
22,5	MWh
	MWh
	MWh
	MWh
	MWh
23	MWh
170	MWh
	MWh
170	MWh

Kurikan kaupunki

Väestökeskusrekisteristä eli Kurikan kaupungilta saatua tietoa

http://www.kunnat.net/fi/tietopankkit/tilastot/yleistilastoja_kunnittain/Sivut/default.aspx

www.nalkoliiteri.com

Lähde: Tilastokeskus

VIIDEN 2012 HINTA, WWW.ENERGIAKATSASTUS.FI (DIGILEHTI 1-2012)

LÄHDE: <http://www.polttoaine.net/>

Laskettu Vaasan sähkön 5.3.13 hintatason mukaan

Hinta käyttöpaikalla, palaturve, 1 kuutio turveta vastaa 1279,3kWh, hinta Tilastokeskuksen taulukosta:

Kotimaisten polttoaineiden käyttäjähinnat lämmöntuotannossa

<http://tilastokeskus.fi/tup/kunnat/kuntatiedot/584.html>

Kunnan osuus rivitalon yläpidosta, lähde Kurikan kaupunki = Fortum

	Sekapuu, Pilke	Hake	Halki	kevytpö	maakaasu	Lämpöpumput	kaukolämpö sähkö
	Pinokuitiom.	irtokuitiom.	tuurve	1 kpl	m ³	kpl	kpl
Talouksia	46	46	1	31	23	76	76
Energiantarve per neliometri per talous	20	29	21	2700	10386	24860	24860
Käyttöveden veden lämmitys per talous	4288	4288	4288	4288	4288	2144	2144
Käyttölaitteet per talou							
ENERGIAN KÄYTTÖ KYLÄSSÄ YHTEENSÄ:							2366803
KWh	Hinta kulutetulle sähkölle						
KÄYTTÖSÄHKÖN KULUTUS YHTEENSÄ:	952038	119214	119214	1838			
SÄHKÖN KULUTUS KAIKENKAIKKIAAN	989429	123896	123896	3113			
EDELINEN TAULUKKO MUUTETTUNA KUSTANNUKSIKSI	YHTEENSÄ	Pilke	Hake	tuurve	kevytpö	ut	kaukolämpö sähkö
Lämmitykseen käytettävän energian kustannus €	812	521	314	3186	1838		3113
Käyttöveden lämmitys, mikäli ei sis. Edelliseen kustannukseen €	638	638	638	638	638		269
Käyttölaitteiden sähkönkulutus €	1450	1159	953	3825	2476		638
ENERGIAN KÄYTÖN KUSTANNUKSET TALOUDESSA YHTEENSÄ (€):	598394	66976	53540	654	116720	56472	304031
ENERGIAN KÄYTÖN KUSTANNUKSET KYLÄSSÄ YHTEENSÄ (€):							