

Kristiina Kastman

Vesistöpadon kuntoarvio ehkäisevän kunnossapidon välineenä

Opinnäytetyö

Syksy 2020

SeAMK Tekniikka

Teknologiaosaamisen johtaminen, YAMK



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Tutkinto-ohjelma: Teknologiaosaamisen johtamisen koulutusohjelma (YAMK)

Tekijä: Kristiina Kastman

Työn nimi: Vesistöpadon kuntoarvio ehkäisevän kunnossapidon välineenä

Ohjaaja: Martti Perälä (SeAMK)

Vuosi: 2020

Sivumäärä: 125

Liitteiden lukumäärä: -

Etelä-Pohjanmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen (EPO ELY) vastuualueella on vahingonvaaran perusteella luokiteltuja valtion vesitaloushankkeisiin liittyviä patoja 22 kpl. Ne ovat vesistöpatoja, joista useimmat on rakennettu 1960–70-luvuilla pääasiassa tulvasuojelutarkoituksiin. Lisäksi alueella on liki samansuuruinen määrä luokittelemattomia patoja. Padot voivat olla maapatoja tai säännöstelypatoja, niiden yhdistelmiä sekä niihin liittyviä muita rakenteita, pois lukien joidenkin patojen yhteydessä olevat voimalaitokset, joiden luvanhaltijoina ovat yleensä energiayhtiöt.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää padon omistajan näkökulmasta, olisiko nykyisen padon tarkkailu- ja tarkastusjärjestelmän lisäksi ikääntyneille vesistöpadoille tarpeellista tehdä säännöllisesti kuntoarvio tukemaan niiden ehkäisevää kunnossapitoa ja ottaa kantaa siihen, tulisiko tämän olla Suomessa määrätty patoturvallisuuslainsäädännössä tai suositeltu ohjeistuksessa.

Työssä analysoitiin kuntoarvion käsitettä vesistöpatojen kontekstissa ja tarkasteltiin, millaisia kuntoarvioita tai osakuntoarvioita on tehty Etelä-Pohjanmaa elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen (EPO ELY) padoille aiemmin. Myös kiinteistöalan, Väyläviraston, Ruotsin sekä Norjan patojen kunnontarkastussysteemejä tarkasteltiin.

Keskeinen osa tätä tutkimusta oli patoturvallisuuden asiantuntijahaastattelut ja kyselyt tutkimukselliseen osioon. Niiden pohjalta muodostettiin lopuksi oma näkemys asiasta ja pohditaan kuntoarvion konseptia.

Asiasanat: vesistöpato, patoturvallisuus, kuntoarvio, kunnossapito

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Technology Competence Management

Author: Kristiina Kastman

Title of thesis: Watercourse dam condition evaluation as a tool for preventive maintenance

Supervisors: Martti Perälä

Year: 2020

Number of pages: 125 Number of appendices: -

Southern Ostrobothnia Center for Economic Development, Transport and the Environment (EPO ELY) owns 22 classified dams related to state water management projects. The classification is based on the risk of damage. They are watercourse dams, most of which were built in the 1960s and 70s primarily for flood protection purposes. In addition, there are almost the same number of unclassified dams in the area. Dams can be earthfill dams or regulating dams, combinations of them, and other associated structures. There are also power plants associated with some dams. Because license-holders of power plants are usually energy companies, those are excluded in the thesis.

The purpose of the thesis was to establish from the dam owner's point of view whether, in addition to the current dam monitoring and inspection system, it were necessary for elderly water dams to carry out regular condition evaluations to support their preventive maintenance. Taking a position on whether this should be prescribed in the Finnish dam safety legislation or recommended in guidelines was also attempted.

The work analysed the concept of condition evaluation in the context of watercourse dams and examined what kind of condition evaluations or partial condition evaluations were made for the dams of EPO ELY in the past. The condition inspection systems of the real estate industry, Finnish Transport Infrastructure Agency among the dam safety systems in Sweden and Norway were also studied.

A key part of the study was the dam safety expert interviews and surveys in the research section. On the basis of these, a view of the matter was formed and the concept of the condition evaluation was considered.

Keywords: watercourse dam, dam safety, condition evaluation, maintenance

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ	4
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluettelo	7
Käytetyt termit ja lyhenteet	9
1 JOHDANTO	11
1.1 Tutkimuksen tausta ja lähtökohdat.....	11
1.2 Työn tavoite, tarkoitus ja hyöty.....	13
1.3 Rajaukset	13
1.4 Työn rakenne	14
1.5 Tutkimuskysymykset.....	15
2 TUTKIMUSMENETELMÄT JA -AINEISTOT	17
2.1 Tiedonhankintamenetelmät.....	18
2.2 Keskeiset kirjallisuuslähteet	18
2.3 Asiantuntijahaastattelut	19
2.4 Haastattelujen toteutus	21
2.5 Muu tiedon hankinta.....	22
2.6 Kohderyhmä.....	22
2.7 Aineistojen analysointimenetelmät.....	22
2.8 Luotettavuus	23
3 NYKYTILA	24
3.1 Organisaatioesittely.....	24
3.2 Valtion vastuulla olevat patorakenteet ja niiden luokat.....	26
3.3 Valtion vesistö rakenneomaisuuden kunnossapito ja perusparannus	29
3.4 Patojen kunnossapito- ja perusparannustoiminta.....	31
3.5 Patoturvallisuustoiminta	31
3.6 Ilmastomuutoksen haasteet padoille	32
3.7 Patojen vaurioitumismekanismeista	33
3.8 Patojen häiriötilanteiden syyt ja niiden seuraukset Suomessa.....	33
3.9 Pato-onnettomuuksien syyt maailmalla.....	35

3.10	Muutama esimerkki maailmalla tapahtuneista vesistöpatojen häiriötilanteista ja niiden seurauksista.....	35
3.11	Häiriötilanteista ja kuntoarvioista.....	37
3.12	Patoturvallisuuslain yleiset velvoitteet padon omistajille	38
3.13	Eri aikojen määräykset.....	39
3.14	Muuttuvat padon omistajaorganisaatiot	40
3.15	Maanteiden hoitourakat.....	40
3.16	Vesistörakenteiden kunnossapito maanteiden hoitourakoissa	41
4	VESISTÖPATO - TAUSTAA	44
4.1	Padon määritelmä	44
4.2	Patotyytit	44
4.3	Maapadon rakenne	46
4.4	Patokokonaisuus.....	50
4.5	Padon tarkkailuohjelma	50
4.5.1	Käyttöönottotarkastus	51
4.5.2	Jatkuva tarkkailu	51
4.5.3	Vuositarkastus	52
4.5.4	Määräaikaistarkastus	52
4.5.5	Tarkkailun dokumentointi	52
4.6	Patojen tarkkailu- ja tutkimusmenetelmät.....	53
4.6.1	Patojen tarkkailumenetelmät.....	53
4.6.2	Patojen tutkimusmenetelmät.....	55
5	KUNTOARVIOSTA KUNNOSSAPITOON	60
5.1	Kunnossapidon määritelmät.....	60
5.2	Kunnossapitolajit.....	62
5.3	Ehkäisevä kunnossapito padoilla	65
5.4	Padon kuntoarvion käsite.....	66
5.5	Käsitteistä yleisesti.....	67
5.6	Kunnossapidon ulkoistaminen	68
6	KIINTEISTÖJEN, PATOJEN JA MUIDEN TAITORAKENTEIDEN KUNNON ARVIOINNISTA MUUALLA.....	70
6.1	Kiinteistöjen kuntoarviointi ja kuntotutkimus.....	70
6.2	Ruotsin patoturvallisuusohjeisto RIDAS.....	72

6.3	RIDAS 2012 mukainen padon kunnonvalvonta- ja tarkastustoiminta.....	74
6.4	RIDASin syvennetty patoturvallisuusarviointi eli kuntoarvio (FDU)	76
6.5	RIDAS 2019 mukainen padon kunnonvalvonta- tai tarkastustoiminta.....	80
6.6	Mitä FDU:n tilalle?	82
6.7	Norjan patoturvallisuuskäytännöistä.....	83
6.8	Patojen kunnonvalvonta- ja tarkastustoiminta Norjassa.....	84
6.9	Väyläviraston taitorakenteiden tarkastusjärjestelmä	86
6.10	Pekka Vuolan kuntoarviomalli	90
6.11	Uljuan Arkkusaaren ja Tulisaaren patojen kuntoarvioiden tuloksista	
	92	
7	TUTKIMUSTULOKSET	94
7.1	EPO ELY -keskuksen vesistöpatojen kuntoarviot ja osakuntoarviot	94
7.2	Haastattelujen tuloksista	102
8	JOHTOPÄÄTÖKSET	106
8.1	Termeistä	106
8.2	Yleistä	106
8.3	Kuntoarvion teon ajankohdasta.....	107
8.4	Muiden organisaatioiden tarkkailujärjestelmistä ja kunnon tutkimisista...	108
8.5	Mitä patoja kannattaisi kuntoarvioida	110
8.6	EPO ELY:n patojen tulevista kuntoarvioinneista	110
8.7	Haastatteluista	110
8.8	Kuntoarvion konseptoinnista	111
8.9	Kuntoarvion sisältöehdotus ja siihen valmistautuminen:	111
8.10	Kuntoarvion sisällöstä	112
9	YHTEENVETO.....	114
	LÄHTEET	115

Kuva-, kuvio- ja taulukkoluettelo

Kuva 1. Kaitforsin patoa, Kruunupyy 5.5.2017	30
Kuva 2. Venetjoen tekojärven maapatoa Halsualla 11.6.2014.....	43
Kuva 3. Sääkskosken säännöstelypato ja sen kuivaksi otettu vaimennusallas Kruunupyyssä 21.11.2013.	46
Kuvio 1. Opinnäytetyön osat	15
Kuvio 2. ELY-keskusten keskeiset vesistöhankeisiin liittyvät rakenteet	25
Kuvio 3. Etelä-Pohjanmaan ELY-keskuksen padot kolmen pohjalaismaakunnan alueella	28
Kuvio 4. Esimerkki maapadon poikkileikkauksesta ja sen rakenteellisista osista..	47
Kuvio 5. Homogeenisen padon rakenne	49
Kuvio 6. Vyöhykepadon rakenne	49
Kuvio 7. Esimerkkikuva Geo-Work Oy:n vuonna 2016 suorittaman Kivi- ja Levalammen maatulokauksen tuloksista	56
Kuvio 8. Esimerkkikuva Patanan tekojärven maapadon monikeilainkaikuluotauksella ja laserkeilauksella tehdystä maastomallista. Työn suoritti VRT Finland Oy 2017	57
Kuvio 9. Esimerkkikuva Kätjänjärven padon sähköisen luotauksen tuloksista. Työn suoritti GTK 2019	58
Kuvio 10. Esimerkkikuvankaappaus droonilla kuvatun pistepilviaineiston avulla tehdystä maastomallista	59
Kuvio 11. Kunnossapidon lajit standardin SFS-EN 13306:2010 mukaan.....	64

Kuvio 12. Ennakoivan kunnossapidon vaikutus kokonaiskustannuksiin.	66
Kuvio 13. RIDAS 2019: Patoturvallisuusarviointi – askeleet ja kysymyksen asettelu	83
Kuvio 14. Väyläviraston taitorakenteiden tarkastusjärjestelmä	88
Kuvio 15. Etelä-Pohjanmaan ELY-keskuksen patojen (osa)kuntoarvioiden lukumäärät.	97
Kuvio 16. Etelä-Pohjanmaan ELY-keskuksen patojen (osa)kuntoarviot patoluokittain.....	98
Taulukko 1. Etelä-Pohjanmaan ELY-keskuksen luokitellut padot	26
Taulukko 2. EPO ELY-keskuksen luokitelluille vesistöpaduille tehdyt kuntoarviot tai osakuntoarviot tyypeittäin 31.3.2020 mennessä	95
Taulukko 3. Eniten tutkitut padot ja niiden syyt	99

Käytetyt termit ja lyhenteet

EPO ELY	Etelä-Pohjanmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus
FINCOLD	Finnish National Committee on Large Dams eli ICOLD-järjestöön kuuluva Suurpadot – Suomen osasto ry eli kansallinen suurpatoyhdistys, joka toimii yhteistyöfoorumina padonomistajille, viranomaisille, suunnittelijoille, rakentajille ja tutkimus-, kehittämis- sekä opetustehtävissä toimiville. ICOLD-jäsenyhdistys.
ICOLD	International Commission Of Large Dams eli kansainvälinen suurpatojärjestö
KAI ELY	Kainuun elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus, joka hoitaa mm. valtakunnallisesti patoturvallisuuden viranomais- ja kehittämistehtäviä Suomessa.
Kunnossapito	Rakenteiden jatkuvaluonteista kunnossapitoa ja käyttöä rakenteen pitämiseksi toimintakunnossa ja ennalta estämään rakenteen kunnon heikkenemistä. Vaikutukseltaan suhteellisen lyhytkestoisia ja säännöllisesti uusittavia toimia.
MMM	Maa- ja metsätalousministeriö
NNCOLD	Norwegian National Committee on Large Dams eli Norjan kansallinen suurpatoyhdistys, joka on ICOLD-jäsenyhdistys.
Patojen luokittelu	Padot voidaan luokitella usealla tavalla ja yksi tapa on luokitella ne vahingonvaaran mukaan.
Perusparannus	Ts. peruskorjaus. Olemassa olevan rakenteen tai järjestelmän korjaaminen, missä huonontunut kunto tai toimivuus

palautetaan ennalleen. Tämä tapahtuu vaihtamalla keskeisiä osia uusiksi tai rakentamalla uusiksi vaurioituneet kohdat. Perusparannuksen tai -korjauksen yhteydessä osa tuotteesta tai rakenteesta pysyy ennallaan. Liikennevastuualueella peruskorjaukset kuuluvat ylläpito-termin alle.

PSK	Prosessiteollisuuden Standardoimiskeskus
SFS	Suomen standardisoimisliitto SFS ry
SWEDCOLD	Swedish National Committee on Large Dams eli Ruotsin kansallinen suurpatoyhdistys, joka on ICOLD-jäsenyhdistys.
Taitorakenne	Rakenne, jonka rakentamiseksi on laadittava lujuuslaskelmiin perustuvat suunnitelmat, ja jonka rakenteellinen vaurioituminen suunnittelu- tai rakennusvirheen seurauksena saattaa aiheuttaa vaaraa ihmisille tai liikennejärjestelmälle ja/tai merkittäviä korjauskustannuksia rakenteelle tai sen välittömälle ympäristölle.

1 JOHDANTO

1.1 Tutkimuksen tausta ja lähtökohdat

Tämä opinnäytetyö on jatkumoa patoaiheisille graduille ja opinnäytetöille, joita viime vuosina on laadittu Etelä-Pohjanmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen (EPO ELY -keskus) Ympäristö ja luonnonvarat -vastualueen vesistöyksikköön. Vuonna 2016 Anna Hovila tarkasteli maaperägeologian gradussaan Oulun yliopistolle maapadon eroosiosuojan mitoitus osana padon kuntoarviota. Vuonna 2019 Petri Issakoff laati Seinäjoen ammattikorkeakoulussa konetekniikan insinööritutkimnon (AMK) opinnäytetyön, joka käsitteli säännöstelypatojen (betoni- ja metallirakenteet) kuntoarvioita ja ohjeistuksen laadintaa säännöstelypadon kuntoarvion suorittamista varten. Tässä opinnäytetyössä pyritään muodostamaan käsitys siitä, tulisiko määrääjoin tehtävä padon kuntoarvion tekeminen patokokonaisuudelle patoluokkaan perustuvien määrääjoin olla lakisääteinen toimenpide. Patokokonaisuuden kuntoarviolla tarkoitetaan tässä kokonaisvaltaista, laajaa ja syvällistä, säännöllisesti tehtävää kuntoarviota tai kuntotutkimusta, joka käsittäisi sekä maapadon, säännöstelyrakenteet, vaimennusaltaan, mahdollisen täyttökanavan että ojaston kunnon lisäksi kokonaisuuden toimivuuden ja turvallisuuden arviointia. Tämän tyyppistä säännöllistä ja laajaa, padon ikään perustuvaa kuntoarviointisuositusta ei Suomen patoturvallisuuskäytännöissä ole. Voimalaitosrakenteet on rajattu työn ulkopuolelle eikä niitä tässä käsitellä, koska ne ovat oma kokonaisuutensa, vaikka energiayhtiöiden voimalaitoksia EPO ELY -keskuksen patojen yhteydessä sijaitseekin.

Nykyisen patoturvallisuuslain perusteella voi patoturvallisuusviranomainen määrätä kuntoarvion tehtäväksi padosta tai sen osasta, mikäli esimerkiksi määräaikaistarkastuksen yhteydessä jää epäilystä padon tai jonkin sen osan toimivuudesta oikealla ja turvallisella tavalla (L 26.6.2009/494, 19 §). Näin myös tapahtuu, ja kuntoarvioita tai yleensä jotakin padon osaa koskevia kuntoarvioita määrätään tehtäväksi Suomessa vuosittain (Regina 2020). Työssä käsitellään ajatusta, tulisiko Suomesakin tehdä ikään kuin padon ikään perustuvia säännöllisin väliajoin toistettavia kuntoarvioita samaan tapaan kuin miten Ruotsissa toimitaan (Hovila 2016, 79), tai kuten

ainakin siellä on tähän asti toimittu. Työssä käsitellään siten ikään kuin kahta erilaista kuntoarvion käsitettä eli tätä Suomen patoturvallisuuslaissa olevaa kuntoarviota, jonka patoviranomainen voi määrätä tehtäväksi tarvittaessa ja kohdennetusti, mutta toisaalta Ruotsin patoturvallisuuskäytäntöjen mukaisen kaltaista, säännöllisin väliajoin toistettavaa, laajaa ja aika syvällistäkin kokonaisvaltaista koko patosysteemin kuntoarviota, joka tehdään ilman epäilystä jostakin viasta.

Padon omistajan tehtävissä työskenteleviä kuntoarvion tarpeellisuus nykyisen lakisääteisen tarkastustoiminnan lisänä on mietityttänyt ainakin Etelä-Pohjanmaan ELY-keskuksessa. Padon omistaja saattaa miettiä, millaisia tutkimustoimia kannattaisi tehdä, jotta ne palvelisivat ennakoivan tai ehkäisevän kunnossapidon päämäärää, ja kuinka padot pidettäisiin mahdollisimman hyvässä kunnossa ja turvallisena kustannustehokkaasti. Kokonaisvaltainen kuntoarvio saattaisi tätä näkemystä selkeyttää ja olla pohjana kunnossapitosuunnitelman ja erityisesti perusparannusten ohjelmoinnin suunnittelussa.

Tämä työ on tehty padon omistajan näkökulmasta käsin miettien sitä, että Etelä-Pohjanmaan ELY-keskuksen toiminta-alueen valtion vesistöhankeisiin liittyvä patokanta on rakennettu pääsääntöisesti 1960–70 -luvulla alkaen siten olla jo jossain määrin ikääntynyttä, pitäisikö niille tehdä systemaattisesti kuntoarvioita, jotta saataisiin kiinni ne viat, jotka muuten ehkä pääsisivät yllättämään. Pitäisikö kuntoarviosta olla kenties patoturvallisuuslaissa tai -asetuksessa määräys?

Yhtenä ajatuksena on jopa se, että voisiko padon kuntoarviosta tehdä mahdollisimman moneen kohteeseen soveltuvan konseptin tai mallin, jonka avulla kuntoarvion teettämisen voisi helposti kilpailuttaa. Kuntoarvio voisi kattaa sekä betoni- että maapadot "maailmaa syleilevällä tavalla". Olisiko kuntoarvion tekemiselle mahdollista laatia ohjeistusta? Kokonaisvaltaisen kuntoarvion tekeminen vaatii monipuolista materiaaliteknistä osaamista. Lisäksi jokainen pato on enemmän tai vähemmän yksilöllinen kokonaisuutensa. Onko mahdollista laatia yleistä pohjaa padon kuntoarviointiin? Voidaanko laatia jonkinlainen sapluuna tai konsepti, jonka perusteella kuntoarviointityö voitaisiin kilpailuttaa? Millainen olisi "perusterveen", mutta ikääntyneen padon hinta-laatusuhteeltaan järkevä kuntotutkimus?

1.2 Työn tavoite, tarkoitus ja hyöty

Yhtenä tavoitteena on selvittää mielipideilmastoa haastattelemalla patoasiantuntijoita siitä, pitäisikö Suomen patoturvallisuuslainsäädännössä olla määrättyä Ruotsin käytäntöjen kaltainen padon kuntoarvion tekeminen. Jos kuntoarvio pitäisi tehdä, niin mitä sen tulisi sisältää.

- Jotta tehtäisiin oikeita asioita vähenevillä resursseilla ikääntyville padoille. Henkilöstön ammattitaidon varmistaminen muutostilanteissa, kun organisaatiot muuttuvat, henkilöstö vaihtuu tai töitä ulkoistetaan.
- Selvittää (uusia) soveltuvia teknologioita padon tarkkailuun, kunnonvalvontaan ja kuntotutkimuksiin.
- Muodostaa käsitys siitä, mitä pitäisi sisällään kustannustehokas padon kuntoarvio osana ehkäisevää kunnossapitoa.
- Tutkia, miten joillain muilla aloilla tai organisaatioissa rakenteen kunnon säännöllinen arviointi on järjestetty.
- Konseptoida kuntoarvio esim. tarjouspyyntöä varten.
- Hyödyttää muitakin padon omistajatahoja näillä pohdinnoilla.

Tavoitteena on siis patoturvallisuuden parantaminen ennakoivalla kustannustehokkaalla tavalla

1.3 Rajaukset

Työssä ei ole käsitelty patokokonaisuuksien yhteydessä olevia voimalaitosrakenteita, koska Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus ei omista sellaisia itse. Koska sääntelypatojen metalli- ja betoniosien kuntotarkastuksista on tehty oma opinnäytetyönsä 2018, niin näitä rakenteita ei tässä käsitellä. Kaiken kaikkiaan työssä käsitellään aihetta padon omistajan näkökulmasta laajasti, mutta ei liian syväluotavasti.

Tutkimusosiossa käsiteltyjen tehtyjen kuntoarvioiden tai osakuntoarvioiden osuus on rajattu koskemaan Etelä-Pohjanmaan ELY-keskuksen alueen luokiteltuja vesistöpatoja, jotka on rakennettu valtion vesistöhankkeiden yhteydessä. Tämä siksi, että nämä materiaalit oli yksinkertaisinta saada käyttöön ja materiaalia on silti riittävästi.

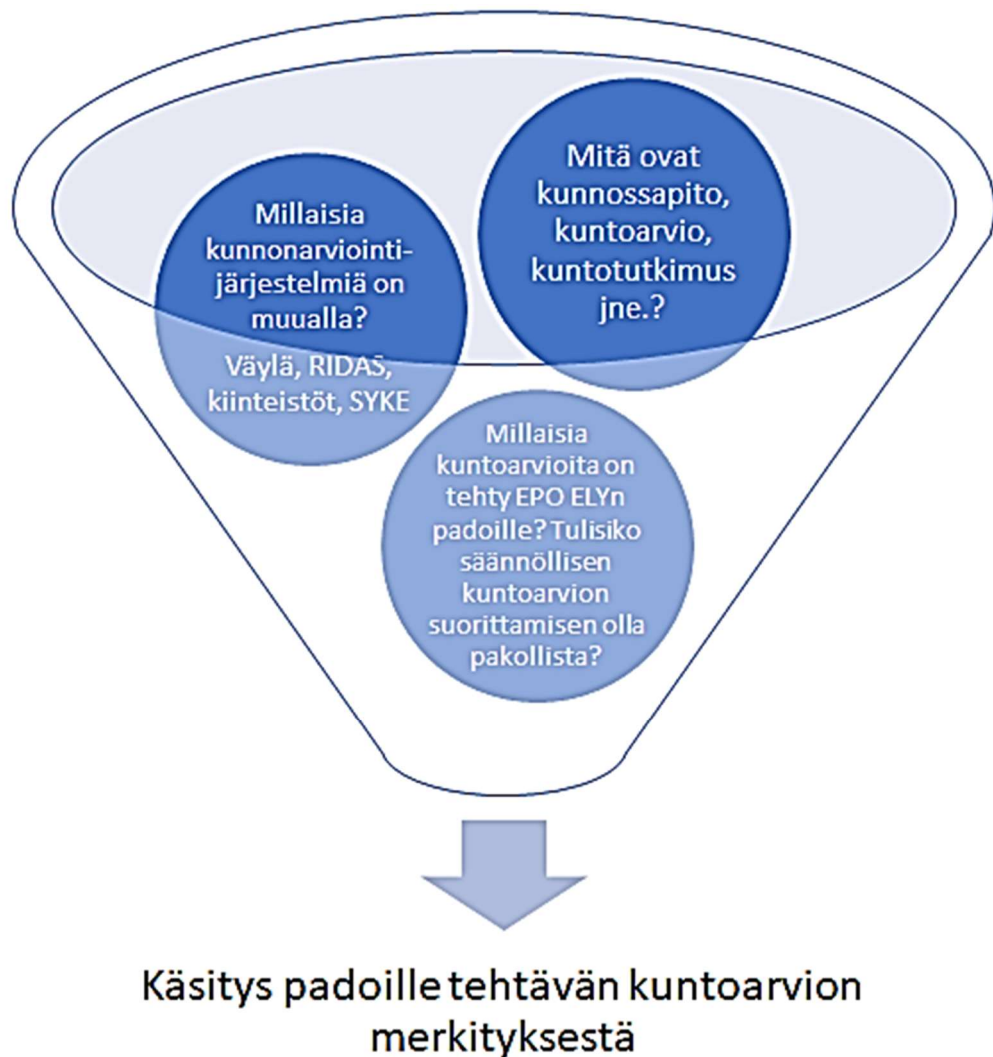
1.4 Työn rakenne

Johdantoluvun jälkeen esitellään työn **toisessa** luvussa työssä käytettyjä tutkimusmenetelmiä ja aineistoja. **Kolmannessa** luvussa esitellään patojen ja niiden kunnossapidon nykytilannetta Etelä-Pohjanmaan ELY-keskuksessa. **Neljännessä** luvussa käsitellään vesistöpatoja, patojen tarkkailua, tarkkailu- sekä tutkimusmenetelmiä. **Viidennen luvun** kirjallisuuskatsaus käsittelee kunnossapidon määritelmää sekä kuntoarvion ja kunnossapidon viitekehystä, jota voi soveltaa patojen kuntoarvioihin ja niiden käyttöön kunnossapidon suunnittelussa samaan tapaan, kuin toimitaan esim. teollisuudessa tai kiinteistöjen hallinnassa.

Kuudennen luvun kirjallisuuskatsauksessa käydään läpi kiinteistöjen, patojen ja muiden taitorakenteiden kunnan arviointijärjestelmiä. **Seitsemännessä** luvussa esitellään tutkimustulokset ja **kahdeksannessa** johtopäätökset. Yhteenveto on **yhdeksännessä** luvussa.

Tutkimuksellisessa osiossa verrataan Suomen, Ruotsin ja Norjan patotarkastuskäytäntöjä, tarkastellaan Etelä-Pohjanmaan ELY-keskuksen padoille vuosien varrella tehtyjä kuntoarvioita sekä asiantuntijahaastatteluja, joiden perusteella pohdittiin kuntoarvioasiaa.

Teoreettisen viitekehysten tutkimuksessa muodostavat suomenkielisen standardeihin pohjautuvan kunnossapitokirjallisuuden lisäksi aiemmat aiheita sivuavat tutkimukset, Suomen patoturvallisuuslainsäädäntö ja -ohjeistus, Väyläviraston tarkastuskäytännöt sekä Ruotsin ja Norjan patoturvallisuuskäytännöt.



Kuvio 1. Opinnäytetyön osat

1.5 Tutkimuskysymykset

Tutkimuskysymyksiä pyöriteltiin jo kohdassa 1.1, mutta tässä ne ovat tiivistetympinä:

Tulisiko ikääntyville patorakenteille tehdä lakisääteisen patoturvallisuuslakiin ja -asetukseen perustuvan tarkkailu- ja tarkastustoiminnan lisäksi kokonaisvaltaisempia kuntotarkastuksia tietyin väliajoin säännöllisesti palvelemaan ennakoivaa kunnossapitoa?

Pitäisikö säännöllisen kuntoarvion teon olla patoturvallisuuslaissa määrätty?

Mistä osista ja millaisista toimenpiteistä tällaisen kuntoarvion tulisi koostua, jotta se olisi mahdollisimman kustannustehokas?

Millaisia kuntoarvioita on Etelä-Pohjanmaan ELY-keskuksen padoille vuosien varrella tehty? Mitä tutkimusmenetelmiä niissä on käytetty?

Olisiko mahdollista laatia kuntoarvion konsepti, jolla esimerkiksi kuntoarvion teettämisen konsultilla voisi kilpailuttaa?

Mitä tarkoittaa kuntotutkimus verrattuna kuntoarvioon?

Miten padon omistajan tulisi valmistautua kuntoarvion tekoon?

2 TUTKIMUSMENETELMÄT JA -AINEISTOT

Tutkimuksen tarkoitus ja tehtävä ohjaavat tutkimusstrategisia valintoja (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2016, 137). Tutkimuksen tarkoitus voi olla kartoittava, selittävä, kuvaileva ja/tai ennustava eli tutkimuksella voi olla useampikin kuin yksi tarkoitus, jonka lisäksi tarkoitus voi työn edetessä muuttuakin alkuperäisestä (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2016, 138). Tämä tutkimus pyrkii olemaan lähinnä kartoittava, joka yhdistyy tavallisimmin kvalitatiiviseen eli laadulliseen tutkimusstrategiaan eli tutkimusotteeseen. Kartoittavan tutkimuksen piirteitä ovat esimerkiksi tapahtuvan asian seuraaminen, uusien ilmiöiden löytäminen ja näkökulmien etsiminen, vähemmän tunnettujen ilmiöiden selvittäminen sekä hypoteesien kehittäminen (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2016, 138.)

Laadullinen tutkimus on oikea valinta silloin, jos ilmiöstä ei ole tietoa, teorioita ja tutkimusta. Silloin laadullisin tutkimusmenetelmin selvitetään, mistä ilmiössä on kyse, mistä osista se koostuu ja millaiset vaikutussuhteet osatekijöillä on. (Kananen 2017, 33.) Tässä on siten selvitetty, mitä on kunnossapito, mitä on kunnon arviointi ja mikä on vesistöpato. Sen jälkeen on tarkasteltu, millaisia kunnon tarkkailun ja arvioinnin järjestelmiä on muissa organisaatioissa. Haastattelututkimuksessa on kartoitettu asiantuntijamielipiteitä siitä, pitäisikö vesistöpatojen kuntoarvioinnin olla laissa määrätty säännöllinen suoritus. EPO ELY -keskuksen vesistöpatojen kuntoarvioita on tarkasteltu, jotta nähdään millaisia ja missä tilanteissa kuntoarviointeja on padoille tehty. Lopuksi on yhteenveto tästä kaikesta.

Teoksessa *Tutki ja kirjoita* Hirsjärvi, Remes ja Sajavaara (2016, 161) toteavat laadullisesta tutkimuksesta, että sen lähtökohtana on todellisen elämän kuvaaminen ja että kohdetta pyritään tutkimaan mahdollisimman kokonaisvaltaisesti pyrkien löytämään tai paljastamaan tosiasioita ennemmin kuin todentamaan jo olemassa olevia väittämiä. Edelleen teoksessa kerrotaan, kuinka laadullisen tutkimuksen eri alalajeja on valtavasti edustaen erilaisia tutkimussuuntauksia. (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2016, 162–163.) Yhteisiä laadullisen tutkimuksen piirteitä kuitenkin on se, että tutkimus on kokonaisvaltaista tiedon hankintaa, jossa aineisto kootaan todellisissa tilanteissa. Muita yhteisiä piirteitä ovat ihmisen käyttö tiedon keruun välineenä, induktiivisen analyysin käyttö, laadullisten menetelmien käyttö aineiston hankinnassa,

kohdejoukon valinta tarkoituksenmukaisesti enemmän kuin satunnaisesti, joustava tutkimussuunnitelma sekä tapausten ainutlaatuisena pitäminen. (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2016, 164.)

Triangulaatio eli kolmiomittaus on Yhdysvalloissa syntynyt laadullisen tutkimuksen tradition yhteydessä, jossa se on eräs validiteetin tarkastelun väline (Tuomi & Sarajärvi 2018, 171). Triangulaatiolla tarkoitetaan tutkimuksessa erilaisten metodien, tutkijoiden, tiedonlähteiden tai teorioiden yhdistämistä (Tuomi & Sarajärvi 2018, 167). Tuomen ja Sarajärven (2018, 168) teoksessa *Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi* kerrotaan myös, että Denzig on vuonna 1978 erotellut triangulaation neljä päätyyppiä, joita ovat tutkimusaineistoon liittyvä, tutkijaan liittyvä, teoriaan liittyvä ja metodinen triangulaatio. Tässä opinnäytetyössä aineistotriangulaatiota on käytetty, kun tietoa on kerätty monelta eri tiedonantajaryhmältä eli padon omistajilta, konsulteilta, viranomaiselta. Triangulaation katsotaan myös lisäävän tutkimuksen luotettavuutta antamalla paremman ja monipuolisemman kokonaiskuvan tutkittavasta ilmiöstä (Kananen 2012, 181).

2.1 Tiedonhankintamenetelmät

Tyypillisiä laadullisen tutkimuksen aineistonkeruumenetelmiä ovat haastattelu, kysely, havainnointi sekä dokumenteista koottu tieto, ja näitä voidaan käyttää vaihtoehtoisesti, rinnakkain tai yhdisteltynä riippuen tutkittavasta ongelmasta ja resursseista (Tuomi & Sarajärvi 2018, 83). Tässä työssä käytettyjä tiedonhankintamenetelmiä olivat alan kirjallisuuteen ja aiempiin tutkimuksiin ja muihin dokumentteihin perehtyminen, asiantuntijahaastattelut, Tampereen yliopiston patoturvallisuuskurssin luennoille osallistuminen, Etelä-Pohjanmaan ELY-keskuksen sähköisiin patokansioiden sekä verkossa oleviin aineistoihin perehtyminen.

2.2 Keskeiset kirjallisuuslähteet

Kirjallisuuskatsausosuuden keskeisiä kirjallisuuslähteitä olivat alan kirjallisuus, raportit, artikkelit, aiemmat aiheetta sivuavat tutkimukset, internetlähteet, standardit, ohjeet, esitteet, Tampereen yliopiston patoturvallisuuskurssin luentomateriaali,

Ruotsin patoturvallisuuskäytäntöjen ohjeisto *RIDAS*, Norjan patoturvallisuusohjeet ja lainsäädäntö sekä mm. Väyläviraston eli entisen Liikenneviraston erikoistarkastusohjeet. Ruotsin-, norjan- ja englanninkielisen materiaalin käännökset ovat omia.

Tutkimusosiossa on lähteinä ollut Etelä-Pohjanmaan ELY-keskuksen sähköinen patokansioiden kuntoarviomateriaali eli padoille tehtyjen kuntoarvioiden, osakuntoarvioiden tai sellaisiksi väljästi tulkittavat tutkimusraportit, joissa on tarkasteltu padon tai sen osan kuntoa.

2.3 Asiantuntijahaastattelut

Tavoitteena oli haastatella kymmenkunta henkilöä, jotka edustavat monipuolisesti patojen parissa työskenteleviä tai työskennelleitä henkilöitä eli ei pelkästään konsultteja. Haastattelujen päätavoitteena oli tunnustella mielipideilmastoa patojen kuntoarvioinnin osalta. Kaikki haastateltavat tiesivät jollain tasolla Ruotsin kuntoarvointikäytännön, joten siitä oli hyvä aloittaa teemahaastattelu. Tutkimuksellisissa kysymyksissä on kysytty asiantuntijan henkilökohtaista mielipidettä, mikä ei välttämättä edusta sen organisaation mielipidettä, jossa asiantuntija parhaillaan vaikuttaa. Lopullinen haastateltavien määrä oli kahdeksan henkilöä. Tämä katsottiin riittäväksi määräksi kylläisyyden saavuttamiseksi, kun pääkysymys oli kuitenkin joko tai -tyyppinen.

Haastatteluaineiston kylläisyydestä eli saturaatiosta puhutaan laadullisen tutkimuksen aineiston keruuta koskien, kun tutkija ei etukäteen tarkkaan tiedä sitä, montako tapausta tutkii. Aineiston voi todeta riittäväksi silloin, kun samat asiat alkavat keräantua esimerkiksi haastatteluissa. (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2016, 182.)

Alkuun oli harkinnassa haastattelujen toteuttaminen kirjallisena kyselynä joko sähköpostitse tai Webropol-kyselynä. Silloin olisi ollut kyseessä strukturoitu haastattelu eli lomakehaastattelu (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2016, 137–139.). Tällöin olisi pitänyt erittäin tarkkaan suunnitella kysymysten sisältö, niiden muotoilu ja lomakkeen laadinta, millaisia monivalintakysymyksiä ja avoimia kysymyksiä esittää. Silloin vastaukset olisi saatu valmiiksi jo kirjallisessa muodossa ja vastaaja olisi voinut haluamanaan ajankohtana määräpäivään mennessä vastata kysymyksiin.

Lopulta päädyttiin suulliseen yksilöhaastatteluun puhelimitse tai Teams-sovelluksen kautta, koska arveltiin sen olevan vaivattomin tapa haastateltavalle osallistua. Haastatteluista sovittiin etukäteen sähköpostiviestillä, joka oli kaikille haastatteluun kutsutuille suurin piirtein saman sisältöinen. Viestissä esiteltiin lyhyesti kyselyn tausta ja aihe sekä pyydettiin esittämään sopiva haastatteluajankohta, jolloin haastattelija voi soittaa joko puhelimella tai ottamalla Teams-yhteys etukäteen lähetetyn Teams-linkin kautta. Viestissä kerrottiin myös, että mielipiteenomaisiin kysymyksiin vastaaminen on anonyymiä eli mielipidekysymyksien vastauksia pyritään käsittelemään siten, ettei vastaajaa voi niistä päätellä. Sen vuoksi myös suoria sitaatteja ei tuloksissa esitetä, eikä se olisi mahdollistakaan, koska niitä ei tallennettu eikä litteroitu alkuperäisessä muodossa. Haastateltavien vastauksista tehtiin muistiinpanot. Kaikki haastatteluun pyydettyt olivat yhteistyöhaluisia ja haastattelulle löytyi aikaa. Kyseessä oli teemahaastattelun ja avoimen haastattelun välimuoto, Teemahaastattelussa haastattelun aihepiirit ovat tiedossa, mutta kysymyksillä ei ole tarkkaa muotoa ja järjestystä (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2016, 208–209). Mukana oli kuitenkin avoimen haastattelun piirteitä osittain vapaassa keskustelunomaisuudessaan (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2016, 209–210).

Haastattelu on menetelmänä joustava esimerkiksi sen vuoksi, koska kysymyksen voi toistaa, väärinkäsitykset oikaista ja voi käydä keskustelua (Tuomi & Sarajärvi 2018, 85), joka esim. Webropol-kyselyssä on konstikkaampaa. Haastattelussa kysymykset voi esittää tilanteeseen sopivassa järjestyksessä ja spontaaneja tarkentavia kysymyksiä voi esittää.

Tutkimuksellisen osion keskeiset kysymykset olivat kaikille sisällöltään suunnilleen samat. Valmiiksi mietityissä kysymyksissä oli ns. pääkysymyksiä ja tarkentavia kysymyksiä. Jonkin verran kysymyksissä ja niiden määrässä oli eroa riippuen siitä, kenelle niitä esitti ja millainen erityisosaamisalue kullakin haastateltavalla alaan on. Lisäksi esim. kielteinen vastaus pääkysymykseen karsi pois ison joukon alakysymyksiä. Kun kysymykset oli mietitty valmiiksi, sovittiin sähköpostitse tai puhelimitse ajankohdan haastattelulle. Haastatteluun pyydettiin varaamaan 30–60 minuuttia aikaa.

2.4 Haastattelujen toteutus

Puheluita ei tallennettu, vaan muistiinpanot tehtiin puhelun aikana. Tähän päädyttiin sen takia, että se oli tutkimuksen tekijälle luontevin tapa. Tämä sinänsä saattaa heikentää reliabiliteettia, koska ei ole mahdollista palata ja tarkistaa käydyn haastattelun kulkua, vaan ollaan pelkästään muistiinpanojen varassa. Tosin muistiinpanot kirjoitettiin heti puhelun jälkeen puhtaaksi ja haastateltavien kanssa sovittiin, että asiaan saa palata tarvittaessa soittamalla tai sähköpostitse, jos ilmenee lisä- tai tarkentavia kysymyksiä. Kuitenkin tärkeimmät kysymykset ja niihin saadut vastaukset olivat sellaisia, ettei niistä jäänyt epäselvyyttä vaan selkeä mielikuva.

Haastateltavien vastauksista on kirjattu pääkohdat ylös kirjoittaen tärkeimmiltä vaikuttavat kommentit sanasta sanaan. Haastatteluaineisto tallennettiin käsin kirjoitetuilla muistiinpanoilla, jotka kirjoitettiin vielä puhtaaksi, ei litteroimalla vaan tehden päätelmiä ja koodaten teemoja suoraan.

Hyvään tutkimustapaan kuuluu haastatteluiden osalta se, että keskustelut tallennetaan (Hirsjärvi & Hurme 2008, 75, 92) ja sen jälkeen litteroidaan, jotta niihin voidaan tarvittaessa palata ja tarkistaa oikeellisuus. Yksityiskohtaisintaan muistiinpanot eivät korvaa nauhuria tai videokameran ylivoimaisen tarkkaa tallennetta (Alasuutari 2011, 85). Toisaalta tässä tutkimushaastattelussa esitetyt kysymykset ja niiden tarkoitusperä oli sellainen, joiden analysointiin ei esimerkiksi puheen tauoilla, äänenpainoilla tai muulla nonverbaalisella viestinnällä ollut vaikutusta. Lisäksi pääkysymys oli selkeä, eikä vastauksen muistaminen siihen ollut vaikeaa ilman muistiinpanojakaan.

Tyypillistä oli, että usealla haastateltavalla oli taustaa myös jostakin toisesta roolista kuin nykyisestä. Sektorin asiantuntijoilla on erilaista taustaa työhistoriassa. Haastatteluilla pyrittiin hankkimaan tietoa työn teoriaosuutta varten, mutta myös saamaan mielipiteitä tutkimukselliseen osioon kuntoarviointiin liittyen.

2.5 Muu tiedon hankinta

Kirjallisuuden ja haastattelujen lisäksi luennot, luentomateriaali, *RIDAS* eli Ruotsin patoturvallisuuskäytännöt sekä internetlähteet olivat merkittäviä. Kuntoarvioraportit kerättiin Etelä-Pohjanmaan ELY-keskuksen sähköisistä patokansioista.

2.6 Kohderyhmä

Tutkimuksen kohderyhmä on patojen omistajat ja omistajan tehtäviä hoitavat henkilöt. Tiedon keräämisen kohderyhmä puolestaan on patojen kanssa töitä tekevät henkilöt eli konsultit, patoviranomainen, padon omistajat, ja sektorin yhdistyksen edustaja.

2.7 Aineistojen analysointimenetelmät

Laadulliseen analyysiin on erilaisia keinoja. Näitä ovat laskeminen, asteikointi, teemoittelu, yhteyksien tarkastelu, kehityskulun tarkastelu sekä metaforien käyttö. (Hirsjärvi & Hurme 2008, 172-180.) Tässä tutkimuksessa on käytetty ainakin laskemista, vaikka se kuulostaakin kvantitatiiviselta menetelmältä. Laskemista on käytetty sekä haastatteluaineiston että kuntoarvioaineiston analysoinnissa tyyliin ”luokkaan x kuului y kpl tapausta”. Laadullisen ja määrällisen tutkimuksen eriytyminen ei ole niin jyrkkää (Hirsjärvi & Hurme 2008, 172).

Eskolan ja Suorannan (2008, 160) mukaan laadullisen aineiston analyysimenetelmiä ovat kvantitatiiviset analyysitekniikat, teemoittelu, tyypittely, sisällönerittely, diskursiiviset analyysitavat ja keskusteluanalyysi. Näistä menetelmistä kvantifioinnin lisäksi on käytetty teemoittelua ja tyypittelyä sekä haastattelujen että kuntoarvioiden analysoinnissa.

Laadullisen tutkimuksen aineiston analysoinnissa on kaksi vaihetta eli havaintojen tuottaminen ja selittäminen. Havaintojen tuottamisella tarkoitetaan niiden pelkistämistä yhdistämällä raakahavaintoja ja keskittymistä niissä olennaiseen sisältöön. Havaintojen selittäminen puolestaan tarkoittaa arvoituksen ratkaisua ja ymmärtävää

selittämistä, viittaamista muuhun tutkimukseen ja teoreettisiin viitekehyksiin. (Alasuutari 2011, 50–51.)

2.8 Luotettavuus

Sekä määrällistä että laadullista tutkimusta arvioidaan reliaabeliuden eli luotettavuuden ja validiuden eli pätevyyden kautta. Näistä on olemassa erilaisia tulkintoja. Käsitteet ovat syntyneet alun perin määrällisen tutkimuksen piirissä. Esimerkiksi tarkka selostus tutkimuksen toteuttamisesta parantaa laadullisen tutkimuksen luotettavuutta. (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2009, 231–232.)

3 NYKYTILA

3.1 Organisaatioesittely

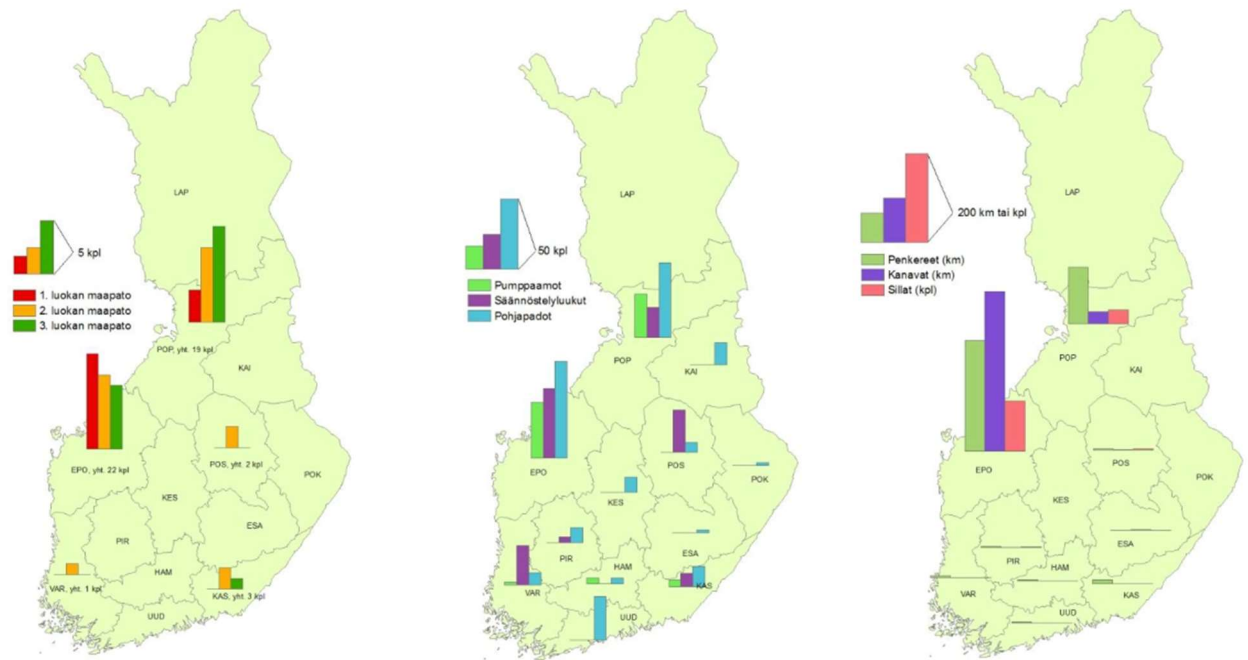
Etelä-Pohjanmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus (ELY-keskus) on yksi kaikkiaan viidestätoista ELY-keskuksesta Suomessa, joka hoitavat valtionhallinnon toimeenpano- ja kehittämistehtäviä toiminta-alueellaan edistään sitä kautta alueellista kehitystä kolmella eri vastuualueella. Näitä vastuualueita ovat elinkeinot, työvoima ja osaaminen (E), liikenne ja infrastruktuuri (L) sekä ympäristö ja luonnonvarat (Y). ELY-keskukset perustettiin 1.1.2010 ja niihin koottiin entisten TE-keskusten, alueellisten ympäristökeskusten, tiepiirien, lääninhallitusten liikenne- ja sivistysosastojen sekä Merenkululaitoksen tehtäviä osan tehtävistä siirtyessä samanaikaisesti perustettuihin aluehallintovirastoihin (AVI). (Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus 2020a.)

Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus (EPO ELY) on ns. kolmen vastuualueen ELY-keskus. Se toimii ympäristö ja luonnonvarat (Y) -vastuualueen osalta kolmen pohjalaismaakunnan eli Etelä-Pohjanmaan, Pohjanmaan sekä Keski-Pohjanmaan alueilla. Y-vastuualue jakautuu ympäristönsuojelu-, alueidenkäyttö- ja vesihuolto-, vesistö- sekä luonnonsuojeluyksiköihin. (Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus 2020b.)

Erilaisten toteutettujen vesistöhankeiden vesioikeudellisten lupien luvanhaltijana Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus toimii vesirakenteiden omistajana ja kunnossapitäjänä (Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus 2020c, 9). Näitä vesirakenteita ovat esimerkiksi penkereet, padot, pumppaamot ja kuivatusojat. Y-vastuualueen työjärjestyksessä mainitaan mm., että ”Vesistöyksikkö huolehtii ja vastaa valtion vesitaloudellisista luvista ja sopimuksista sekä niihin liittyvästä säännöstelystä, patoturvallisuudesta, kunnossapidosta, tarkkailusta ja muista lupavelvoitteista.” Lisäksi EPO ELY -keskukselle on määrätty valtakunnallinen erikoistumistehtävä valtion vesirakenteiden kunnossapidon ja luvanhaltijana toimimisen asiantuntijana. (Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus 2020c, 9, 11).

Johtuen valtion keskeisestä roolista useiden laajojen vesitaloushankkeiden toteuttamisessa, on sillä hankkeisiin liittyviä tarkkailu-, hoito- ja kunnossapitovelvoitteita.

Vesitaloushankkeilla hoidetaan yhteiskunnan turvallisuuteen ja toimintaan liittyviä tärkeitä tehtäviä, kuten vesistöjen säännöstelyä, tulvariskien hallintaa sekä virkistyskäytön ja vesieliöstön olosuhteiden parantamista. Lukumäärällisesti valtion vesistöhankkeita on noin 430 kappaletta ja niihin liittyy noin 950 kpl vesioikeudellista lupaa sekä yhteensä noin 3800 vesistörakennetta. (Valtion vesistörakenneomaisuuden hallinta 2020.)



Kuvio 2. ELY-keskusten keskeiset vesistöhankeisiin liittyvät rakenteet (Sierla ym. 2017, 5).

Valtion vesistörakenteiden kirjanpitoarvo on ollut vuonna 2018 poistojen jälkeen noin 60 miljoonaa euroa (Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskusten sekä työ- ja elinkeinotoimistojen kehittämis- ja hallintokeskus (KEHA-keskus) 2018, 142). Valtaosa eli noin 90 % valtion mm. tulvasuojeluun, säännöstelyyn ja moninaiskäyttöön liittyvästä vesistörakenneomaisuudesta sijoittuu Etelä-Pohjanmaan sekä Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskusten toimialueille. Kuitenkin myös Kaakkois-Suomen, Pirkanmaan, Pohjois-Savon, Uudenmaan sekä Varsinais-Suomen ELY-keskusten toiminta-alueilla on jonkin verran valtion kunnossapidettäviä vesistörakenteita. Tämä vesistörakenneomaisuus pitää sisällään tekojärvien, patojen ja säännöstelyrakenteiden lisäksi mm. penkereitä, pumppaamoja, rumpuja, siltoja, oja, perkauksia sekä muita niihin liittyviä rakenteita. (Suomen ympäristökeskus 2020.)

3.2 Valtion vastuulla olevat patorakenteet ja niiden luokat

Valtion vesistöhankeisiin liittyviä luokiteltuja patoja on yhteensä Suomessa 46 kpl ja näistä lähes puolet on Etelä-Pohjanmaan ELY-keskuksen vastuualueella (Sierla ym. 2017, 4). Suomessa padot luokitellaan patoturvallisuuslain mukaan vahingonvaaraltaan kolmeen luokkaan, joista 1-luokan padot onnettomuuden sattuessa aiheuttavat vaaran ihmishengelle ja terveydelle taikka huomattavan vaaran ympäristölle tai omaisuudelle. 2-luokan padot saattavat aiheuttaa onnettomuuden sattuessa vaaraa terveydelle taikka vähäistä suurempaa vaaraa ympäristölle tai omaisuudelle. 3-luokan padot saattavat aiheuttaa vain vähäistä vaaraa edellä mainituille. Luokitte-
lua ei tarvitse tehdä, mikäli patoturvallisuusviranomainen Kainuun ELY-keskus katsoo, ettei padosta aiheudu vaaraa. Silloinkin patoa koskevat kuitenkin patoturvallisuuslain yleiset velvoitteet koskien mm. padon kunnossapitoa, käyttöä ja onnettomuuksien ehkäisemistä. (Isomäki ym. 2018, 18–20.)

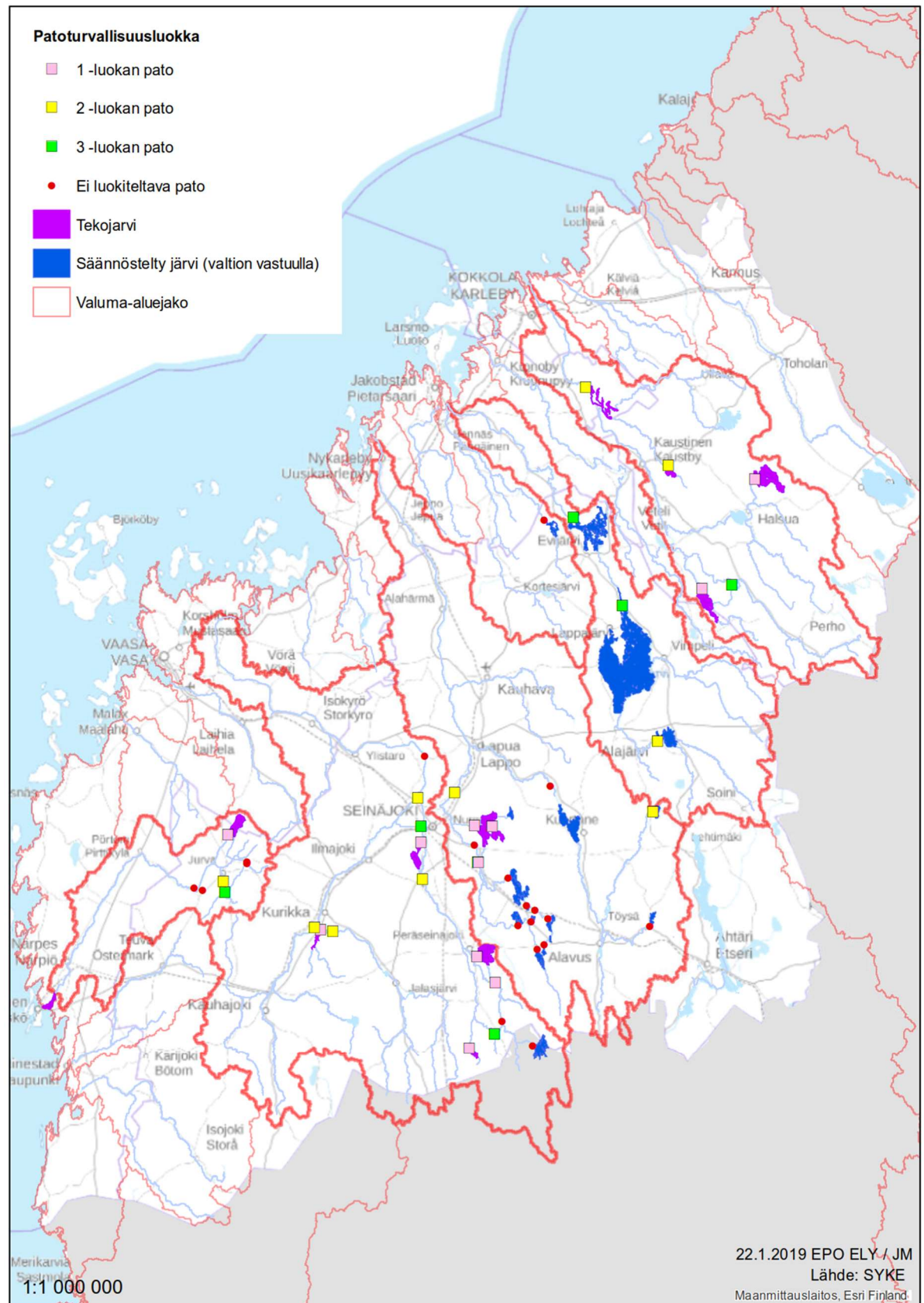
Etelä-Pohjanmaan ELY-keskuksen alueella suurimman vahingonvaarariskin aiheuttavia/mahdollistavia 1-luokan patoja on 9 kpl, 2-luokan patoja 7 kpl ja 3-luokan patoja 6 kpl. Nämä valtion omistamat padot ovat vesistöpatoja ja ne sijaitsevat tavallisesti tekojärvien yhteydessä kolmen pohjalaismaakunnan eli Etelä-Pohjanmaan, Pohjanmaan sekä Keski-Pohjanmaan maakuntien alueilla. (Patoturvallisuuskansiot EPO ELY 2020.) Vesistöpatoja omistavat Suomessa myös mm. voimayhtiöt. Lisäksi on olemassa jätepatoja ja niihin lukeutuvia kaivospatoja, joiden omistajia ovat mm. kaivannaisteollisuuden yritykset.

Taulukko 1. Etelä-Pohjanmaan ELY-keskuksen luokitellut padot (Patoturvallisuuskansiot EPO ELY 2020).

1-luokan padot:	Kalajärvi, Kyrkösjärvi, Liikapuro, Pitkämä, Kivi- ja Levalampi, Hirvijärvi, Varpula, Venetjärvi, Patana
2-luokan padot:	Alajärvi, Hipinkoski, Kätjänjärvi, Jalasjoki, Säläisjärvi, Kaitfors, Vissavesi

3-luokan padot:	Kylmälänkoski, Kiikku, Seinäjoen säännöstelypato, Niska, Kaarenhaara, Patanan täyttökanavan säännöstelypato
Lisäksi alueella on parikymmentä EPO ELY -keskuksen vesistöhankeisiin liittyviä <i>luokittelemattomia</i> patoa (ei sisällä pohjapatoja).	

Vesistöpatojen omistajuus pohjautuu vesioikeudellisten lupien haltijuuteen. Koska vesilupa ovat voimassa toistaiseksi (L 27.5.2011/587), on rakenteet pidettävä luvan mukaisessa kunnossa niin kauan kuin lupa on voimassa, mikä käytännössä tarkoittaa toistaiseksi hamaan tulevaisuuteen.



Kuvio 3. Etelä-Pohjanmaan ELY-keskuksen padot kolmen pohjalaismaakunnan alueella (EPO ELY-keskus 2019. Lähde Suomen ympäristökeskus. Maanmittauslaitos, ESRI Finland).

3.3 Valtion vesistörakenneomaisuuden kunnossapito ja perusparannus

2010-luvulla ELY-keskusten perustamisen jälkeen valtion vesistörakenteiden kunnossapidossa alkoi tapahtua muutoksia. Synergiaetuja ja yhteistyötä ryhdyttiin hakemaan mm. yhdistämällä ympäristövastuualueen vesirakenteiden kunnossapitoa liikennevastuualueen tienpidon kunnossapitoon ELY-keskuksissa (Sierla ym. 2017, 21). Laatutyön tueksi perustettiin toimintamalliryhmiä, joissa pohdittiin esim. vesistöhankkeiden ylläpidon toimintamallia (Ympäristöministeriö 2012). Toimintamallityön päätteeksi perustettiin Kunnossapitoverkosto vuonna 2013, johon kuului jokaisesta ELY-keskuksesta yhdyshenkilö. Verkosto perustettiin yhteistyön lisäämiseksi, tiedonkulun ja osaamisen varmistamiseksi sekä ELY-keskuksiin keskittyneen erikoisosaamisen hyödyntämiseksi. (EPO ELY -keskus 2014.) Selvityksiä ja kartoituksia tehtiin ELY-keskusten vesistörakenneomaisuudesta. Vesistörakenteita inventoitiin tierakenteiden tapaan ja tiedot tallennettiin rekisteriin.

Maa- ja metsätalousministeriö siirsi vuonna 2016 vesivaratehtäviin liittyvien valtion vesistörakenteiden ja -laitteiden hallinnan keskitetyksi Etelä-Pohjanmaan ELY-keskuksen hoidettavaksi. Tehtäviin kuuluu koordinoita valtion vesistörakenteiden kunnossapitoa ja perusparannusta, kehittää vesistörakenteiden ylläpitoa ja käytettävyyttä sekä laatia erillisselvityksiä valtion vesistörakenteista. (Valtion vesistörakenneomaisuuden hallinta 2020.)

Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus valmistelee ja päivittää valtion vesistörakenteisiin liittyvän valtakunnallisen kunnossapito- ja perusparannusohjelman aina syyskuun alussa ja kaikki ELY-keskukset voivat kommentoida ohjelmaa syyskuun aikana. Maa- ja metsätalousministeriö hyväksyy ohjelman. (Valtion vesirakenteisiin kohdistuvan perusparannushankkeen eteneminen ELY-keskuksissa 2020.)

Alueellinen ELY-keskus voi esittää hanketta valtakunnalliseen kunnossapito- ja perusparannusohjelmaan elokuussa tai kiireellisessä tapauksessa muulloinkin. ELY-keskukset laativat lyhyen kuvauksen perusparannushankkeesta kustannusarvioineen. ELY-keskukset voivat ennakoida seuraavien vuosien perusparannushankkeita ja huomioida tulevien perusparannushankkeiden suunnittelun kunnossapidon rahoitusesityksessä. Lisäksi ELY-keskukset voivat pienten perusparannushankkeiden osalta halutessaan esittää, että hanke hoidetaan suoraan paikallisesta ELY-

keskuksesta kunnossapitohankkeiden tapaan. Kunnossapitohankkeisiin myönnettyt rahat siirretään ao. ELY-keskuksille, mutta perusparannushankkeiden rahat jäävät Etelä-Pohjanmaan ELY-keskuksen hallintaan. Alueellinen ELY-keskus ja Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus tekevät yhteistyötä perusparannushankkeen toteutuksen kaikissa eri vaiheissa, jotta rakenteen kunnossapidon ja käytön tarpeet voidaan varmistaa. Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus hoitaa tarvittaessa projektin perustamisen, auttaa hankkeen tarkemmassa suunnittelussa, on mukana hankkeen kilpailutuksen vaiheissa, allekirjoittaa urakkasopimuksen ja hoitaa laskujen koodauksen ja hankkeen päätyttyä huolehtii lopullisten kustannusten kirjatuksi tulemisesta omaisuuskirjanpitoon. (Valtion vesirakenteisiin kohdistuvan perusparannushankkeen eteneminen ELY-keskuksissa 2020.)

Valtion vesistörakenneomaisuuden kunnossapidon ja perusparannuksen vuosikustannus on ollut valtakunnallisesti viime vuosina 4–5 miljoonaa euroa. Kunnossapito- ja perusparannuskustannusten määrä ja jako vaihtelee vuosittain. Osa kustannuksista suuntautuu patojen perusparannuksiin ja kunnossapitoon, osa muihin vesistö-rakenteisiin. (Klemola 2020.)



Kuva 1. Kaitforsin patoa, Kruunupyö 5.5.2017 (Mäenpää 2017).

3.4 Patojen kunnossapito- ja perusparannustoiminta

Maapatojen kunnossapitotöitä ovat padon silmämääräistä tarkkailua, padon toimintaa sekä padolla kulkemista edistävät toimet, kuten kasvillisuuden raivaaminen padon luiskasta, harjalta ja ojista, padon harjan ja huoltotien kulkukelpoisena pitäminen esim. lanaamalla ja sorastamalla sekä painumien ja ajourien korjaukset. Padon määrän luiskan louheverhous on pidettävä kunnossa ja padon kuivatusjärjestelmä on pidettävä toimintakuntoisena säännöllisellä salaojien, salaojakaivojen, mittapatojen ja pohjavesiputkien huuhtelulla sekä avo-ojien aukipitamisellä. Betonipadoilla on välillä paikkailtava betonin syöpyymiä ja poistettava sammalta sekä muuta vettä sitovaa ja tarkkailua haittaavaa roskaa. Säännöstelyrakenteet, kuten luukut ja niiden nostokoneistot, tulee huoltaa ja koekäyttää säännöllisesti sekä vedenkorkeuden ja virtaaman automaattimittaukset kalibroida. (Isomäki ym. 2012, 34.)

Etelä-Pohjanmaan ELY-keskuksella ei ole käytössään tuotannonohjausjärjestelmää patojen kunnossapidon hallintaan. Vuosi- ja määräaikaistarkastusraporttien ja mahdollisten kuntoarvioiden pohjalta tai muuten esille nousseet asiat poimitaan ja priorisoidaan kunnossapito-ohjelmassa. Patojen ylläpitoa koskevia järjestelmiä on tällä hetkellä useita. Patotarkkailutulokset tallennetaan yhteen järjestelmään, patojen monikeilainkaikuluotausten pistepilviaineisto on toisessa. Patoturvallisuuskansiot ovat sähköisessä muodossa verkkolevyllä ja paperimuodossa toimistolla. Omana työnä tehtävä patojen huoltotyö kirjataan neljanteen järjestelmään.

3.5 Patoturvallisuustoiminta

Patoturvallisuustoiminnan tavoite ja tarkoitus on estää patojen onnettomuustilanteet ja sortumiset. Patoturvallisuuslain ”tavoitteena on varmistaa turvallisuus padon rakentamisessa, kunnossapidossa ja käytössä sekä vähentää padosta aiheutuvaa vahingonvaaraa” (L 26.6.2009/494, 1 §). Luokiteltuja patoja on Suomessa 448 kpl, joista vesistöpatoja on yhteensä 325 kpl (Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu 2019b). Nykyään rakennettavat uudet padot ovat lähinnä jäte- tai kaivospatoja. Uusia vesistöpatoja ei enää oikeastaan rakenneta. Patoja Suomessa omistavat valtion lisäksi mm. kunnat, energiayhtiöt, kaivosyhtiöt ja yksityiset henkilöt.

Patoturvallisuuslainsäädännön mukaan padon turvallisuudesta ovat vastuussa padon omistajat. Patoturvallisuusasioiden viranomaisvalvonta on Kainuun elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksella pelastustointa lukuun ottamatta. KAI ELY -keskuksen vastuulle kuuluvat viranomaisvalvonnan lisäksi vesistö-, kaivos- ja jätepatojen muut asiantuntija- ja kehittämistehtävät. Sekä padon omistajan vastuita ja velvoitteita että viranomaistoimintaa määrittelee patoturvallisuuslaki ja -asetus. (Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu 2020.) Toiminnan yleinen ohjaus, seuranta ja kehittäminen on maa- ja metsätalousministeriön tehtävä.

Patokannan ikääntyminen ja ilmastonmuutos haastavat patoturvallisuutta tulevaisuudessa. Patorakentamisen vähentyessä ja patoasiantuntijoiden ikääntyessä alan asiantuntijuuskin on vaarassa kadota (Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu 2020).

3.6 Ilmastonmuutoksen haasteet padoille

Ilmastonmuutoksen arvioidaan lisäävän rankkasateiden esiintymistä Suomessa. Erityisesti syksyyn ja talveen ajoittuvat sateet voivat lisätä tulvia ja haastaa patoturvallisuutta. Toisaalta keskilämpötilojen nousu ja kasvukauden pidentyminen voivat lisätä haihduntaa, mikä puolestaan voi johtaa jokien ja altainen vesimäärän vähenemiseen kesällä ja aiheuttaa kuivuutta. (Ilmasto-opas.fi, [viitattu 20.7.2020].)

Sääolosuhteiden äärevöityminen voi tarkoittaa patojen osalta toisaalta tarvetta kuivuuden aiheuttamalle kasteluveden tarpeelle, mutta toisaalta tulvavesien hallinnalle (Veijalainen & Vehviläinen 2008, 57).

Noora Veijalainen ja Bertel Vehviläinen ovat vuonna 2008 julkaistussa tutkimuksessa tarkastelleet ilmastonmuutoksen vaikutusta Suomen korkeimman riskiluokan eli 1-luokan patojen mitoitustulviin jaksolle 2070–2100. Valtaosalla näistä padoista on riittävä tulva-aukkojen kapasiteetti nykyisellään selviytyäkseen kunnialla ilmastonmuutostilanteesta lasketusta mitoitustulvasta. Kuitenkin Etelä-Pohjanmaallakin on mitoitustulvaskenaariosta riippuen pari sellaista valtion patoa, joiden juoksutus-kapasiteetin kasvattaminen tai padon korottaminen saattaa tulla ajankohtaiseksi,

mikäli mitoitustulvien arvioidut muutokset toteutuvat eikä patojen riskinsietokyvyn haluta pienenevän liiaksi. (Veijalainen & Vehviläinen 2008, 53–54, 57.)

3.7 Patojen vaurioitumismekanismeista

Maapatojen sortumien yleisimpiä syitä ovat ylivirtaus ja sen seurauksena padon luiskien syöpyminen, vuodot patorakenteessa tai padon perustuksessa, vuodot padon läpi menevien putkien tai muiden rakenteiden pintaa pitkin, virheet padon mitoituksessa ja/tai rakennustyössä (RIL 123 1979, 108). Betonipadoilla ja muuratuilla padoilla yleisimmät sortumasyyt ovat padon perustuksen murtuminen pohjan leikkauslujuuden ylittymisen, liukumisen tai painumisen seurauksena, virheet padon mitoituksessa ja rakennustyössä, ylivirtaus ja sen seurauksena perustuksen syöpyminen padon kannassa (RIL 123 1979, 108).

Maapadon vauriotyyppejä ovat liukupintasortuma padon luiskassa, vedenpinnan nousu padon yli, vuotovirtaus padon läpi eli eroosiokäytävä (piping), josta voi syntyä vajoama (sinkhole), vajoama padon harjalla (sinkhole) ja liukupintasortuma padon alla (Kylmänen 2020.)

Mahdollisista ongelmista kertoo, jos talvella lumipeitteen aikana padon luiskassa tai taustalla on sula-alue, samea vesi kuivatusojassa, lähde tai vettymä padon taustalla, kohonneet pohjavesipinnat, kohonneet suotovesimäärät tai padon harjalle tai luiskalle ilmestynyt eroosiokuoppa (Kylmänen 2020).

3.8 Patojen häiriötilanteiden syyt ja niiden seuraukset Suomessa

Suomessa vakavia patovaurioita on tapahtunut vain harvoin, mutta erilaisia häiriötilanteita sattuu vuosittain useita. ”Padon häiriötilanteessa padon toimintakyky vaarantuu joko ulkoisen tai sisäisen uhkan vuoksi” (Laasonen 2020a). Mikäli häiriötilanteeseen ei puututtaisi, se voisi monessa tapauksessa johtaa padon vakavaan vaurioitumiseen ja jopa sortumiseen. Padon omistajan on ilmoitettava padolla tapahtu-

neesta turvallisuuden kannalta poikkeavasta tilanteesta välittömästi patoturvallisuusviranomaiselle (L 26.6.2009/494, 27 §) sekä ryhdyttävä häiriötilanteen korjaus- ja selvittämistoimenpiteisiin.

Risto Kirves (2010) on laatinut raportin padon omistajille suunnatun kyselytutkimuksen perusteella. Suomessa sattuneista patojen häiriötilanteiden syistä yhteensä 41 prosenttia kuuluu kategoriaan ”ei tiedossa” tai ”muut häiriöt”, mikä tarkoittaa sitä, ettei yksittäistä syytä häiriötilanteen syntyyn voitu osoittaa. 21 prosenttia häiriötilanteista johtui sähköhäiriöistä, 17 prosenttia liittyi talviolosuhteisiin ja 16 prosenttia rakennevikoihin. Ilkivallan osuus häiriötilanteen syynä oli 5 prosenttia. (Kirves 2010, 29.)

Häiriötilanne voi johtaa pato-onnettomuuteen. Sähkökatkoista on tullut merkittävä tekijä etenkin sellaisilla jokijaksoilla, missä vesi tulee nopeasti (Laasonen 2020a). Mikäli padolla tapahtuu esim. sähköön liittyvä häiriötilanne ja juoksutusrakenne ei avaudukaan silloin, kun sen tulisi avautua, voi padon yläpuolinen allas tai uoma täyttyä liiaksi vedellä ja korkealle noussut vesipinta virrata padon harjan yli, josta voi seurata rakenteiden vahingoittumista. Padotun altaan vedenpinnan poikkeuksellisen korkea nousu voi johtua myös muusta juoksutuskapasiteetin ylittämisestä, kovasta tuulesta, pintavesien valumisesta altaaseen, inhimillisestä tekijästä, tai vaikkapa patoaltaan vedenkorkeusanturin rikkoutumisesta tai muuten virheellisestä anturista (Rantala 2019).

Suurpadot Suomen osasto ry on julkaissut vuonna 2019 raportin *Patojen häiriötilanteiden hallinta*. Raportissa on esitetty häiriötilanteiden luokittelua avuksi patoturvallisuuden valvontaan ja kehittämiseen. Häiriötilanteet luokiteltaisiin kahteen luokkaan eli vaurioihin (V1–V3) ja toimintahäiriöihin (T1–T3). Kummassakin luokassa häiriötilanteet jaoteltaisiin kolmeen luokkaan häiriön vakavuuden mukaan (Suurpadot Suomen osasto ry 2019, 14). Luokituksen lähtökohtana on Porin kaupungin käyttämä patovaurioiden kolmeasteinen luokitus (Suurpadot Suomen osasto ry 2019, 7). Suomessa patoturvallisuusviranomaisen kokoa vuosittain tiedot patojen häiriötilanteista. Vuonna 2018 ilmoitettuja häiriötilanteita ilmoitettiin 20 kappaletta, joista 30 prosenttia koski luokkujen toimintahäiriöitä, 15 prosenttia sisäistä eroosiota ja 10 prosenttia ilkivaltaa (Suurpadot Suomen osasto ry 2019, 12).

3.9 Pato-onnettomuuksien syyt maailmalla

ICOLDin *Bulletin 99* -julkaisussa aiheena *Dam failures, Statistical analysis* vuodelta 1995 tarkasteltiin ns. ICOLD-patojen eli vähintään 15 metriä korkeiden tai vähintään varastotilavuudeltaan 1 miljoonan kuution kokoisten patojen onnettomuustilastoja. Tosin nykyään ICOLDin suurpatokriteerit täyttävä pato on joko vähintään 15 metriä korkea tai 5-15 metriä korkea mutta vähintään 3 miljoonan kuution tilavuutta padottava pato (ICOLD, [viitattu 20.8.2020]). Julkaisussa on analysoitu 179 vuosina 1799–1991 rakennetun padon sortumatapausta maailmalla. Erityisen paljon sortuneiden patojen joukossa oli vuosina 1910–1920 rakennettuja patoja. (ICOLD 1995, 27.)

Enin osa patosortumista on tapahtunut uudehkoille padoille: 70 prosenttia tarkastelluista pato-onnettomuuksista tapahtui kymmenen ensimmäisen toimintavuoden aikana ja merkittävä osa näistä vieläpä padon käyttöönottoa seuranneen ensimmäisen vuoden aikana, toisin sanoen padon elinkaaren alkutaipaleella. Maapatojen sortumien yleisin syy on aineiston mukaan ylivirtaus. Toiseksi tavallisin patosortuman syy on sisäinen eroosio joko patorakenteessa tai padon perustuksissa. (ICOLD 1995, 17.)

Vaikka huomattava osa pato-onnettomuuksista tilastollisesti tapahtuukin padon toiminnan alkuvuosina, ei padon omistaja voi kuitenkaan luottaa siihen, että ensimmäisen kymmenen vuoden jälkeen ei enää mitään ikävää satu: patorakenteet vaativat säännöllistä kunnossapitoa, tarkkailua ja valvontaa sekä välillä peruskorjaustoimenpiteitä pysyäkseen turvallisina ja toimintakuntoisina.

3.10 Muutama esimerkki maailmalla tapahtuneista vesistöpatojen häiriötilanteista ja niiden seurauksista

Pohjois-Kaliforniassa sijaitseva Orovillen pato on Yhdysvaltojen korkein maapato. Pato valmistui vuonna 1968 ja sen pääasiallinen käyttötarkoitus on tulvasuojelu, vesivoimantuotto ja vedenhankinta. (Lessons Learned: From Dam Incidents and Failures [viitattu 9.11.2020a].) Maapadon korkeus on 235 metriä ja pituus 2100 metriä (Encyclopaedia Britannica 2019). Padon juoksutusrakenteita ovat tulvaluukut ja sen

alapuolella noin 915 metriä pitkä betoninen jokeen laskeva juoksutuskanava eli syöksypohja (Laasonen 2019a) sekä betoninen ylisyöksykynnys, jonka alapuolella oli maa-ainesta ilman eroosiosuojausta (Laasonen 2019a). (Lessons Learned: From Dam Incidents and Failures [viitattu 9.11.2020a].) Sateisen talven seurauksena vuonna 2017 padon yläpuolinen tekojärvi oli täyttynyt (Yle 2017). Tulva-aukoista oli juoksutettu vettä jo pitkään ja poikkeukselliset sääolosuhteet olivat heikentäneet 50-vuotiaan padon rakenteita. Sateiden jatkuessa edelleen betonisessa syöksypohjassa huomattiin aukko, jonka jälkeen kanavan seinät pettivät ja vesi pääsi purkautumaan kanavan vierestä. Tämän jälkeen hätäjuoksutuksia tehtiin sitä varten rakennetuista ylivuotokohdista, joista yhteen repeytyi 90 metrinen (The Atlantic 2017) reikä. Ylivuotokohtien kautta tehtyä juoksutusta jouduttiin pienentämään, mutta vesi jatkoi nousuaan altaassa ja alkoi virrata betonisen ylisyöksykynnyksen yli. Tämä aiheutti eroosiota sen alapuolisessa rinteessä. (Lessons Learned: From Dam Incidents and Failures [viitattu 9.11.2020a].)

Tulvimisen seurauksena 188 000 asukasta evakuoitiin. Varsinainen maapato ei kuitenkaan ollut sortumisvaarassa (Phillips ym. 2017). Syitä häiriötilanteen syntymiseen oli useita: suunnittelu- ja rakennusvaiheen, koekäytön ja kunnossapidon laiminlyöntejä koskien syöksypohjaa ja ylivuotokynnystä. Ylivuotorakenteita ei oltu testattu tai käytetty kertaakaan valmistumisen jälkeen ja ylisyöksypadon alapuolen eroosiosuojaus oli puutteellinen suunnitteluvirheen eli puuttuvan verhoilun vuoksi. (Lessons Learned: From Dam Incidents and Failures [viitattu 9.11.2020a].) Patoa on vahvistettu ja kunnostettu nykypäivän vaatimuksia vastaavaksi onnettomuuden jälkeen (Serna 2020).

Esimerkki padon ensitäytön yhteydessä tapahtuneesta pato-onnettomuudesta on Tetonin maapadon sortuma 1976 Yhdysvaltain Idahossa (Laasonen 2019a). Pato valmistui 1975 ja sen pääkäyttötarkoituksia olivat tulvasuojelu ja vesivoimantuotanto (Lessons Learned: From Dam Incidents and Failures [viitattu 9.11.2020b]). Kaksi päivää ennen sortumaa oli havaittu kaksi lähdeä maapadon oikeassa reunassa (Laasonen 2019a). Vuotovesi muuttui mutaiseksi ja muodostui vajoama, jota yritettiin paikata (Lessons Learned: From Dam Incidents and Failures [viitattu 9.11.2020b]). 93 metriä korkea maapato sortui aiheuttaen 14 ihmishengen ja noin

miljardin dollarin vahingot (Laasonen 2019a). Onnettomuuden aiheutti padon suunnittelu- ja rakennusvaiheessa tehdyt virheet, jotka johtivat eroosiosuonen syntyyn eli padon sisäiseen eroosioon (Lessons Learned: From Dam Incidents and Failures [viitattu 9.11.2020b]). Patoa ei uudelleenrakennettu.

Vuonna 1954 valmistunut Malpassetin pato Etelä-Ranskan Frejusissa oli kastelu- ja juomavesihankintaa varten rakennettu betoninen holvipato (Lessons Learned: From Dam Incidents and Failures, [viitattu 9.11.2020c]). Pato oli 66 metriä korkea ja 222 metriä leveä. Pato oli muotoiltu mahdollisimman ohueksi ja sen paksuus oli alapäässä 6,78 metriä ja yläpäässä 1,5 metriä. (Ricketts 2012.) Joulukuussa 1959 pato murtui useita päiviä kestäneen sadejakson jälkeen aiheuttaen 421 henkilön kuoleman ja useita loukkaantumisia (Lessons Learned: From Dam Incidents and Failures [viitattu 9.11.2020c]), koska evakuointia ei ehditty tekemään eikä väestöä varoittamaan ajoissa murtumista seuranneesta tulva-aallosta. 155 rakennusta tuhoutui totaalisesti ja 796 rakennusta kärsi vahinkoja (Ricketts 2012). Nykyrahassa arvioituna vahinkoja aiheutui 425 miljoonan euron arvosta (Luino 2010). Padon murtumiseen johtaneita syitä oli useita: juoksutusporttien avaamista lykättiin liian pitkälle padon alapuolella olevan moottoritietyömaan vuoksi, joten pato täyttyi korkeammalle kuin koskaan aiemmin. Padon alaosassa oli havaittu halkeamia ja vuotoa hieman aiemmin. Padon käyttöönottotarkastusta ei koskaan suoritettu eikä koetäyttöä oltu tehty. Padon tarkkailumittaustuloksia ei kukaan analysoinut. Pato myös rakennettiin eri paikkaan, mitä alun perin oli suunniteltu, ja kiviaines paikalla oli huonoa. Tarkemmat rakennuspaikan ja maaperän tutkimukset olisi pitänyt suorittaa, vaikka pato rakennettiin silloisten määräysten ja käytäntöjen mukaisesti. Havaittuihin vuotoihin olisi pitänyt reagoida. (Duffaut 2013.) Patoa ei uudelleenrakennettu (Laasonen 2019b).

3.11 Häiriötilanteista ja kuntoarvioista

Häiriötilannetilastojen sekä pato-onnettomuuksien yleisimpien syiden perusteella padon kuntoarvio voisi kohdistua erityisesti maapato-osuuksiin ja käyttölaitteisiin, säännöstelykäytäntöihin sekä luukkujen ja sähköjen toimivuuteen. Häiriötilanne padolla voi usein johtaa kuntoarvion laatimiseen, mutta muuten kovin äkillisiä kuntoarvioita ei yleensä ole tarpeen tehdä. Häiriötilanteessa arvioidaan välitön korjauksen

tarve ja tarvittaessa ensin tehdään hätäkorjaus. Joskus häiriötilanteesta ei aiheudu vakavaa välitöntä vaaraa, joten häiriötilannetta voidaan seurata ja tutkia, kenties teettää kohdennettu kuntoarvio ja sen perusteella kunnostussuunnitelma kohteesta. Padon omistajan on muodostettava käsitys siitä, tarvitaanko patokohteessa välitöntä korjausta vai voidaanko sitä siirtää.

Padon tarkkailulla on merkittävä rooli padon muutosten havaitsemisessa, mutta häiriötilanne saattaa kehittyä hitaasti, eikä sitä välttämättä havaita jatkuvassa tarkkailussa (Laasonen 2020a).

3.12 Patoturvallisuuslain yleiset velvoitteet padon omistajille

Padon omistajalle on määritelty laissa erilaisia tehtäviä, jotka ovat patoluokasta riippuen eri laajuisia. Ensinnäkin pato on patoturvallisuuslain mukaan suunniteltava ja rakennettava siten, ettei sen käytöstä aiheudu vaaraa (L 26.6.2009/494, 7 §). Suunnitteluaineiston, rakentamistyön ja laadunvalvonnan dokumentointi on tärkeää (Isomäki ym. 2012, 71, 75–76).

Luokitellulle padolle on laadittava tarkkailuohjelma (L 26.6.2009/494, 13 §), jota on noudatettava. Luokkaa voidaan tarvittaessa muuttaa viranomaisen päätöksellä (L 26.6.2009/494, 21 §). Padon omistaja on velvollinen tarkkailemaan padon kuntoa viranomaisen hyväksymän tarkkailuohjelman mukaisesti. Jatkuvan tarkkailun lisäksi padon omistajan on tarkastettava 1- ja 2-luokan patojen kunto, toimivuus ja turvallisuus vähintään kerran vuodessa pidettävän vuositarkastuksen yhteydessä. (Isomäki ym. 2018, 90.) Kaikille luokitelluille padoille on suoritettava vähintään viiden vuoden välein määräaikaistarkastus, johon patoturvallisuusviranomaisella ja pelastusviranomaisella on oikeus osallistua (L 26.6.2009/494, 19 §). Määräaikaistarkastuksen suorittaa yleensä ulkopuolinen riittävän tasoisen asiantuntemuksen patoturvallisuudesta omaava asiantuntija.

Lisäksi on 1-luokan padoille tehtävä vahingonvaaraselvitys sekä turvallisuussuunnitelma (L 26.6.2009/494, 12 §). Padon omistajalla on velvollisuus pitää pato sellaisessa kunnossa, että se toimii suunnitellusti ja on turvallinen (L 26.6.2009/494, 15 §). Padon muutos- ja korjaustyöt on tehtävä hallitusti dokumentoinnista huolehtien.

1- ja 2-luokan padoilla on oltava riittävät turvajärjestelyt (L 26.6.2009/494, 16 §). Padon omistaja ylläpitää padon dokumenteista koostuvaa patoturvallisuuskansiota, josta löytyy kyseessä olevan padon patoturvallisuuden kannalta oleellinen aineisto (Isomäki ym. 2018, 90).

Mikäli patovaurio kuitenkin pääsee syntymään, on 1-luokan padoille laadittu vahingonvaaraselvitykset sekä turvallisuussuunnitelmat padon onnettomuus- ja häiriötilanteita varten. Tämä on määrätty patoturvallisuuslaissa. Padon omistaja on suunnitellut vahingonvaaraltaan merkittävimpien patojen kohdalla, kuinka toimitaan häiriö- tai onnettomuustilanteessa. Pato-onnettomuudesta ilmoittaminen, häiriötilanteessa onnettomuuden ehkäiseminen ja rajoittaminen, toimenpiteet ihmisten, omaisuuden ja ympäristön suojaamiseksi onnettomuudelta on käsitelty turvallisuussuunnitelmassa (L 26.6.2009/494, 7 §). Turvallisuussuunnitelmassa on esitetty padon omistajan omatoiminen varautuminen ja toiminta häiriö- tai onnettomuustilanteessa (Isomäki ym. 2018, 90). Valmiiksi on mietitty eri tilanteissa toimivat kulkuyhteydet padolle, korjausmateriaalien ottopaikat, lähistön koneurakoitsijat yhteystietoineen sekä tulvaorganisaation yhteystiedot. Esimerkiksi 1-luokan patojen läheisyydessä on aina louhevarasto, josta saadaan nopeasti korjausmateriaalia. (Patoturvallisuuskansiot EPO ELY 2020.) Pato-onnettomuustilanteisiin varaudutaan myös eri puolilla maata tulvariskialueilla järjestettävillä valmiusharjoituksilla, joihin osallistuu padon omistaja, pelastus- ja patoturvallisuusviranomaiset sekä muiden sidosryhmien edustajat (Kurkela & Alaraudanjoki 2020).

3.13 Eri aikojen määräykset

Kun patorakenteet on suunniteltu ja rakennettu, ne on tehty sen aikaisten mitoitusohjeiden, määräysten ja lakisäädösten mukaan. Aikojen myötä nämä määräykset ja mitoitukset ja suositukset ovat voineet muuttua ja patoturvallisuuslakikin uudistui 2009. Lain lisäksi patoturvallisuusasetus on muuttunut, alan normit, suositukset ja standardit ovat muuttuneet vuosikymmenten aikana, tosin muutokset eivät ole välttämättä olleet kovin suuria.

Esimerkiksi Anna Hovilan gradussa (2016) padon eroosiosuojan mitoituksesta osana padon kuntoarviota laskettiin Kivi- ja Levalammen padon eroosiosuojauksen

mitoitus rakennusaikaisten ohjeistusten mukaan ja verrattiin nykypäivän ohjeistukseen sekä Ruotsin patoturvallisuuskäytäntöjen ohjeistusten mukaisiin laskelmiin. Kun kolmea eri laskentatapaa vertailtiin, niin huomattiin niissä olevan eroa (Hovila 2016, 77–78). Padon kuntoarvioinnissa olisi hyvä tarkistaa, vastaako padon ominaisuudet nykyajan vaatimuksia. Tällöin voitaisiin ottaa ne huomioon peruskorjauksen tullessa ajankohtaiseksi. Mikäli esim. hydrologisen mitoituksen osalta huomataan padon mitoituksessa riittämättömyyttä ilmaston muutoksesta johtuen, on ryhdyttävä toimenpiteisiin.

3.14 Muuttuvat padon omistajaorganisaatiot

Erilaiset organisaatio- ja nimimuutokset ovat valtiolla pysyvä ilmiö. Ympäristöhallinnossa vesistöhankkeiden luvanhaltijan organisaatiot ovat vuosikymmenten saatossa muuttuneet useaan otteeseen. Maanviljelysinsinööripiireistä on kuljettu vesipiirien, vesi- ja ympäristöpiirien, alueellisten ympäristökeskusten kautta ELY-keskuksiin (Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu 2019a). Myös tehtäväkokonaisuuksia on siirretty virastojen välillä ja keskittämistä on tapahtunut (Suomen ympäristökeskus 2017). Vielä pari vuotta sitten Sipilän hallituksen maakuntaudistukseen valmistauduttaessa oltiin vesistörakenteiden kunnossapitoa siirtämässä Maakuntien tilakeskukselle maakunnan jäädessä hankkeiden luvanhaltijaksi (Westerholm 2017). Tämä jäi toteutumatta maakunta- ja sote-uudistuksen kariuduttua 2019.

Vesistörakenteiden, mukaan lukien patojen kunnossapidon osa-alueita on ulkoistettu. Tärkeintä muutoksissa, niin omistusorganisaation kuin kunnossapitoa hoitavan tahon puolella, on saada säilytettyä ja siirrettyä patojen ylläpitämisessä vaadittava osaaminen. Padon omistajan ja luvanhaltijan vastuu on suuri patoturvallisuusvaatimusten täyttämisessä.

3.15 Maanteiden hoitourakat

Maanteiden hoito on jaettu Suomessa noin 80 urakka-alueeseen, joiden hoito kilpailutetaan viiden vuoden välein. Kilpailutuksen avulla ELY-keskus tilaa maanteiden

ja niihin liittyvien alueiden ja varusteiden hoidon urakoitsijoilta määriteltään urakkaan sisältyvät työt ja hoidon laatutason Väyläviraston toimintalinjojen ja laatuvaatimusten perusteella. Linjauksilla varmistetaan saman tieluokan teiden samantasoinen hoito kautta maan. Urakoitsija toteuttaa työt, hankkii koneet ja materiaalit sekä vastaa työn laadusta ja raportoinnista ELY-keskukselle. ELY-keskus valvoo sopimuksen toteutumista työmaakokouksissa, pistokoetarkastuksin sekä katselmuksissa. (Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus 2020d.)

Alueurakoihin sisältyy teiden talvihoitoa, sorateiden, levähdys- ja P-alueiden, pysäkkien ja viheralueiden hoitoa, päällysteiden paikkausta, liikennemerkkien pystytystä ja huoltoa, pientareiden niittoa ja vesakonraivausta. Alueurakkaan ei sisälly isompia tienparannustoimenpiteitä, kuten esimerkiksi tierungon vahvistamisia, mutkien oikaisua, teiden uudelleen päällystämistä tai siltojen kunnostamista, vaan nämä kilpailutetaan erikseen rahoituksen puitteissa kohdistuen toimenpiteet kiireellisimpiin kohteisiin. (Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus 2020d.)

3.16 Vesistörakenteiden kunnossapito maanteiden hoitourakoissa

Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskusten muodostamisesta 2010 lähtien pyrittiin hakemaan synergiaetuja rakenteiden kunnossapitotoiminnassa. Ympäristövastuualueen vesirakenteiden kunnossapitoa alettiin yhdistämään liikennevastuualueen tienpidon kunnossapitoon. Ensimmäisenä tähän lähdettiin Pohjois-Pohjanmaan ja Lapin ELY-keskuksissa. Etelä-Pohjanmaan ELY-keskuksen vesistörakenteiden kunnossapitoa lähdettiin viemään alueurakoihin vuonna 2017 alkaen Alavuden alueurakasta.

Samantapaisten työsuoritteiden takia on voitu siirtää tiettyjä ympäristövastuualueen töitä liikenne- ja infrastruktuuriyksikön hallinnoimiin teiden ylläpidon alueurakoihin. Yhteneväisiä työsuoritteita tiealueilla ja padoilla ovat esim. niitto, raivaus, ojien pohjaaminen, teiden sorastus ja lanaus, siltojen pesu ja tarkastus. Osalla padoista on viety salaojien huuhtelu alueurakkaan, joissakin kohteissa tämä on pidetty vielä omana työnä, koska omaa henkilökuntaa on vielä sen tekemiseen. Alueurakoitsijalla on myös valmius suorittaa ennakoimattomia töitä lisätöinä, kuten esimerkiksi jääpadon avaamisen kaivinkoneella.

Palvelusopimusten sisällöt vaihtelevat alueittain riippuen mm. siitä, millaisia vesistö rakenteita kullakin alueella sijaitsee. Palvelutuotteet, jotka ostetaan alueurakan sisällä, määritellään hyvin tarkkaan tarjouspyyntöasiakirjoissa. Maastokatselmuksessa käydään valitun urakoitsijan edustajan kanssa läpi työt ja niiden sisältö. Lisäksi urakoitsijan edustaja kutsutaan mukaan padon vuosi- ja määräaikaistarkastuksiin. Alueurakoiden töiden toteutumisen seurannassa on valvonta ja palautteen anto tärkeää.

Urakoitsijan yhteyshenkilö pyritään perehdyttämään padon erityispiirteisiin kunnossapitokohteena. Urakoitsijan edustajat kutsutaan mukaan padon vuosi- ja määräaikaistarkastuksiin. Alueurakoihin vietyjen vesistö rakenteisiin ja erityisesti patoihin liittyvien töiden osalta korostetaan urakoitsijan perehtymistä patoturvallisuuteen ja erityispiirteisiin patoalueella työskennellessä. Myös esim. poikkeavista havainnoista tulisi ulkopuolisen urakoitsijankin osata ilmoittaa matalalla kynnyksellä padon kunnossapidosta vastaavalle.

EPO ELY -keskuksen patoihin liittyviä L-vastuualueen alueurakoihin liitettyjä töitä on Alavuden, Kauhajoen, Kokkolan, Lapuan ja Seinäjoen alueurakoissa. Viimeisenä liitetään 1.10.2021 alkavaan Vetelin alueurakkaan Perhonjoen vesistöalueen patoihin liittyviä töitä. Patojen jatkuva tarkkailu on säilytetty Etelä-Pohjanmaan ELY-keskuksessa omana työnä.

Muissa ELY-keskuksissa on ulkoistettu vesistö rakenteiden kunnossapitoa alueurakoiden lisäksi solmimalla säännöstelypatojen huolto- ja vikatilanteiden hoitosopimuksia ulkoisen toimijan kanssa. Näin on toimittu ainakin Pohjois-Pohjanmaalla, Pohjois-Savossa sekä Varsinais-Suomessa.

Omana työnä patojen peruskorjauksia ei enää ole mahdollista tehdä, mutta niitä ei myöskään hoideta alueurakassa, vaan kilpailutetaan erikseen.



Kuva 2. Venetjoen tekojärven maapatoa Halsualla 11.6.2014.

4 VESISTÖPATO - TAUSTAA

4.1 Padon määritelmä

Patoturvallisuuslaissa pato on määritelty seinämäiseksi tai vallimaiseksi rakenteeksi, jonka tehtävä on joko pysyvästi taikka tilapäisesti estää rakenteen takana olevan nesteen tai nestemäisesti käyttäytyvän aineen leviäminen tai sitten säädellä padotun aineen pinnan korkeutta (L 26.6.2009/494, 4 §). Vesistöpato on siten edellä määritellyn kaltainen rakenne, joka sijaitsee vesistössä ja patoaa vettä. Jätepadolla puolestaan padotaan terveydelle tai ympäristölle haitallisia tai vaarallisia aineita (L 26.6.2009/494, 4 §).

Tässä opinnäytetyössä käsitellään nimenomaan vesistöpatoja erotuksena jätepadosta, jotka poikkeavat rakenteeltaan, käytöltään ja lainsäädännöltään paljonkin vesistöpadosta ja niitä koskee myös hieman toisenlainen lainsäädäntö. Valtion omistamat vesistöpadot on rakennettu pääsääntöisesti 1960–70 -luvulla pohjalaismaakunnissa peltojen tulvasuojelua ja maaperän vesiolojen säätelyä varten (Westerholm 2019). Padoilla voi olla muitakin käyttötarkoituksia, kuten vesivoiman tuotto tai virkistyskäyttö. Lisäksi on tulvapenkereitä eli suojapatoja, joiden erityispiirre on mitoittava padotuksen lyhytaikaisuus (Isomäki ym. 2018, 13).

4.2 Patotyypit

Patoja voidaan luokitella monella tavalla, esim. käyttötarkoituksen, padotusajan, rakennetyypin, padottavan aineen, hydraulisten ominaisuuksien tai vaikkapa patoturvallisuuslain perusteella vahingonvaaran mukaan. Vesistöpadon käyttötarkoituksena on säädellä vesiluvan mukaisesti vedenkorkeutta ja virtaamaa esimerkiksi tulvasuojelun, vesivoimantuotannon, vedenhankinnan, kalanviljelyn tai virkistyskäytön tarpeisiin. Tässä opinnäytetyössä on käsitelty Etelä-Pohjanmaan ELY-keskuksen vesistöpatoja, jotka ovat maa- tai betonipatoja. Patojen rakennusaineena on käytetty maata, louhetta tai betonia. Maa- ja louhepadot ovat staattisen toiminnan perusteella ns. gravitaatiopatoja (RIL 123 1979, 55).

Maapato on *RIL-ohjeen 123 1979* määritelmän mukaan homogeeninen tai vyöhykkeellinen tiivistetystä maasta rakennettu pato, jonka tilavuudesta vähintään 50 % on maata (RIL 123 1979, 55). **Homogeeninen maapato** on tehty suurimmaksi osaksi samasta maa-aineksesta, joka voi olla esim. savea, silttiä, hiekkaa tai moreenia (RIL 123 1979, 72). **Vyöhykepato** koostuu useasta vedenläpäisevyydeltään erilaisesta materiaalista rakennetusta vyöhykkeestä, jossa erityisen tiivistysosan avulla ehkäistään veden virtausta padon läpi. Tiivistysosa voidaan tehdä vaikkapa moreenista tai jostakin tekoaineesta, kuten betonista. (RIL 123 1979, 72.) Maapadon rakenteellisia osia ovat tiivistysosa, suodattimet, tukipenger, etupenger, padon harja, märän luiskan verhous, kuivan luiskan verhous, kuivatusjärjestelmä, katkaisuseinä, injektointi (RIL 123 1979, 73.). Maapatoja ovat myös louhepato, työpato ja tulvapenger eli tulvapato (Laasonen 2019c).

Betonipadot voidaan luokitella muodon ja rakenteellisen toimintatavan mukaan massiivisiin gravitaatiopatoihin, lamelli-, laatta- ja holvipatoihin. Betonipato rakennetaan tavallisesti paikkaan, jossa veden pitää päästä juoksemaan läpi, eli osana voimalaitosta, jokiuomassa, säännöstelypatona tai maapadon juoksutusaukkona. Betonipatojen osia ovat voimalaitoksen koneasema, ylisyöksypato, ohijuoksutusrakenteet, tavanomainen pato ja muut juoksutusrakenteet. (Niemi 2019.)



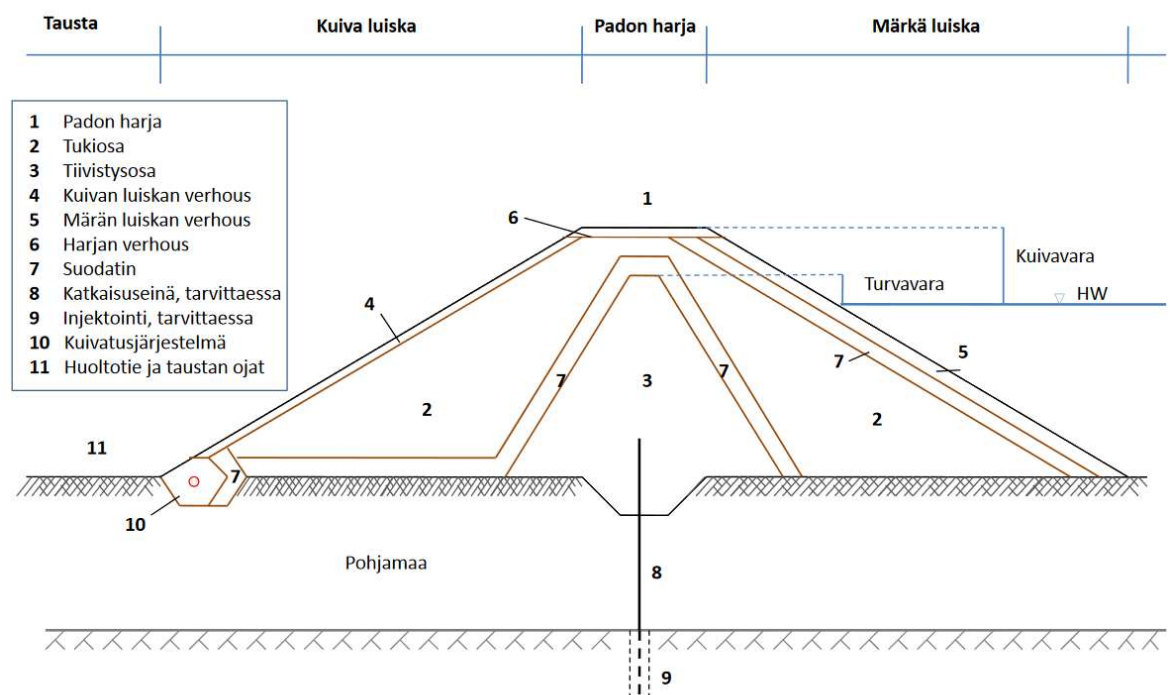
Kuva 3. Sääkskosken säännöstelypato ja sen kuivaksi otettu vaimennusallas Kruunupyssä 21.11.2013.

Padon juoksutusaukkoja ovat ylisyöksykynnykset, luukulliset tulva-aukot, pohja-aukot sekä hätätulva-aukot. Juoksutusrakenteita ovat virtausaukko, syöksypohja- tai kanava, vaimennusallas. Säännöstelypatojen sulkulaitteita ovat setit, neulat, tasoluukut, segmenttiluukut, valssiluukut, sektoriluukut, läppäluukut, kaksoisluukut ja sylinteriluukut. (Laasonen 2019c.) Hätäjuoksutusaukkona joissakin Etelä-Pohjanmaan ELY-keskuksen padoissa on maapadon aukaisu etukäteen määritellyllä patojaksolla (Patoturvallisuuskansiot EPO ELY 2020).

4.3 Maapadon rakenne

Normitettua padon tyyppipoikkileikkausta ei ole olemassa, koska padot suunnitellaan paikallisten olosuhteiden ja käytettävissä olevien kiviainesten mukaisesti (Vuola 2019). Maa- ja louhepatojen rakenne riippuu paitsi rakennuspaikasta, myös

padon koosta, käyttötarkoituksesta, saatavilla olevista materiaaleista, rakennusajasta ja rakentamiseen käytettävästä kalustosta (RIL 123 1979, 71). Padon rakentamishanke on taloudellinen vain, jos kiviaines saadaan läheltä. Patojen suunnittelussa on haasteena vesi sekä padon pitkäaikaispysyvyyden tavoittelu. Padon elinkaariodotusta ei ole suunnitteluvaiheessa tarkasti määritetty, mutta tavoite on pitkä, jopa 500–1000 vuotta. Tavoite ei toteudu ilman padon säännöllisesti toteutettua kunnossapitoa ja peruskorjauksia. Edellytyksenä on myös se, että pato on suunniteltu ja rakennettu hyvin ja oikein. (Vuola 2019.)



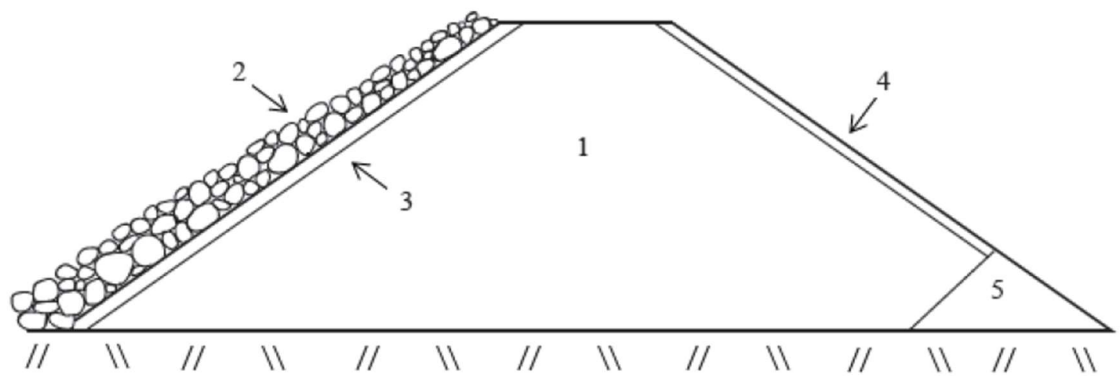
Kuvio 4. Esimerkki maapadon poikkileikkauksesta ja sen rakenteellisista osista (Isomäki ym. 2018, 66).

Kuviossa 4 on esitetty maapadon tärkeimmät rakenteelliset osat (Isomäki ym. 2018, 66). Kaikkia osia ei välttämättä ole kaikissa maapadoissa, mutta kaikissa stabiileissa maasta tehdyissä ja vettä padottavissa penkereissä on vähintäänkin tiiviste, tukipenger ja suodatin (Kohonen 2020). Padon ytimessä olevan *tiivistysosan* tehtävä on veden virtauksen pidättäminen rakenteen läpi riittävässä määrin. Sen tehtävänä on kestää suotovirtausta ja estää sisäistä eroosiota (Kohonen 2020). *Suodatin* suoja mm. tiivistysosaa ja patopohjaa (Kohonen 2020) eroosiota vastaan sekä johtaa tiivistekerroksen ja patopohjan läpi suotautuneen veden pois patorakenteesta. Suodattimen materiaalin vedenläpäisevyyden tulisi olla vähintään sata kertaa suurempi,

mitä tiivistysosan materiaalin (Kohonen 2020). Kuivatusjärjestelmä eli suotovesien keräilyjärjestelmä on vesien poisjohtamista varten ja on hyvä suotovesimäärien tarkkailua varten. *Tukiosa* pitää padon pystyssä ja tukee tiivistysosaa varmistaen padon kokonaisvakauden. Sen tulee kestää ympäristön kuormat ja erilaiset säära-
situkset ja materiaalilla on oltava suurehko vedenläpäisevyys ja hyvät lujuusominais-
suudet (Kohonen 2020). *Verhoukset* suojaavat padon tukiosaa ja sen tulee kestää
märän puolen luiskalla veden virtaus-, aaltoilu- ja jäävoimat. Kuivan puolen luiskaa
verhoilu suojaa eroosiolta. Padon harjalla verhoilu suojaa eroosiolta ja mahdollistaa
liikennöinnin (Kohonen 2020). Padon kuivatusjärjestelmä yhdessä suodattimen
kanssa varmistaa padon toiminnan. Patopohjaa (maaperä tai kallio) parannetaan
tarvittaessa tiivistysosilla (Kohonen 2020). Katkaisuseinä estää liian suurten vesi-
määrien virtaamisen padon alitse (RIL 123 1979, 71). Patopenkereen tiivisteosa tai
tiivistekerros tulee liittää patopohjan suotovirtausta pidättävään kerrokseen, joten
patopohja on sitä kautta osa patorakennetta (Kohonen 2020).

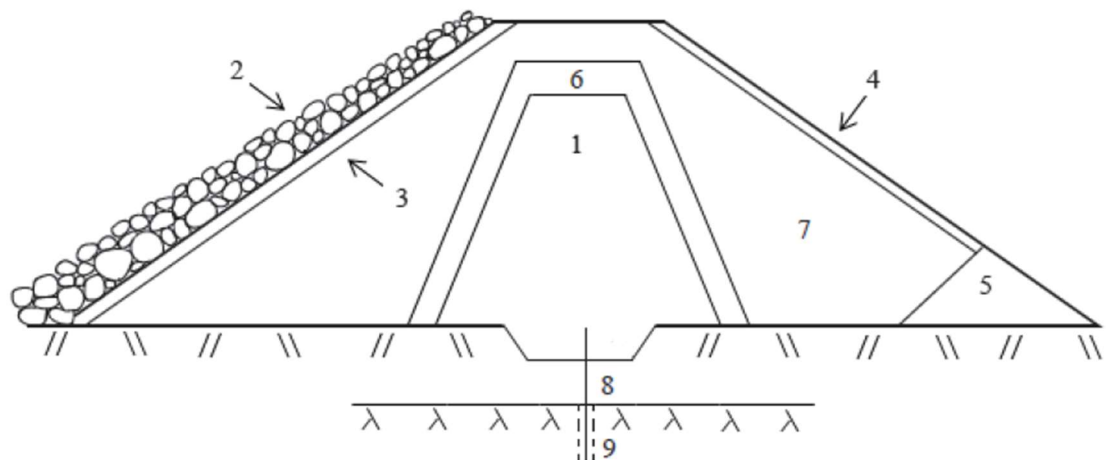
Maa-aineksesta tehty maapato on suotava rakenne, jossa suotovirtaus tapahtuu
maaraakeiden välisessä huokostilassa. Tämän vuoksi patorakenteen koko suunnit-
telua ohjaa suotovirtauksen ja suotopaineen hallinta rakenteessa. (Kohonen 2020.)

Veden ylivirtaus padolla pyritään estämään padon korkeuden oikealla mitoituksella.
Padon kuivavaran eli padon harjan ja altaan ylimmän sallitun vedenpinnan korkeu-
den (Isomäki ym. 2018) tulee olla riittävä, jotta ylivirtausta ei tapahdu. Mitoitustulva
on virtaama, joka aiheuttaa padolla suurimman juoksutustarpeen (A 29.4.2010/319
2 §). Sitä vastaava tulvan toistuvuus tai todennäköisyys on ns. mitoitustulva: "Vesis-
töpato mitoitetaan siten, että mitoitustulvan aikana padotusaltaan vedenkorkeus ei
ylitä padon turvallista vedenkorkeutta, kun padon juoksutuskapasiteetti ilman voi-
malaitoksen koneistovirtaamaa on käytössä" (Isomäki ym. 2018, 9). Eri patoluokkia
koskevat erilaiset mitoitustulvan todennäköisyydet (A 29.4.2010/319, 2 §).



1. Patorunko
2. Märän luiskan eroosiosuoja
3. Suodatinkerros
4. Kuivan luiskan eroosiosuoja
5. Kuivatusjärjestelmä

Kuvio 5. Homogeenisen padon rakenne (Hovila 2016, 16).



- | | |
|--------------------------------|-------------------|
| 1. Tiivistysosa | 6. Suodatinkerros |
| 2. Märän luiskan eroosiosuoja | 7. Patorunko |
| 3. Suodatinkerros | 8. Katkaisuseinä |
| 4. Kuivan luiskan eroosiosuoja | 9. Injektointi |
| 5. Kuivatusjärjestelmä | |

Kuvio 6. Vyöhykepadon rakenne (Hovila 2016, 18).

4.4 Patokokonaisuus

Maapatojaksojen ja betonipatorakenteiden lisäksi patokokonaisuudessa voi olla juoksutusrakenteita, luukkujen nostokoneistoja, vaimennusaltaita, täyttökanava, purku-uoma, ylisyöksykynnys, hätäpurkuaukko, ohijuoksutusuoma, kuivatusjärjestelmä, kuivatusojat, taustaojat, voimalaitoksen koneasema, kalatie ja huoltotie (Patoturvallisuuskansiot EPO ELY 2020).

Patoturvallisuuslainsäädännön mukaisesti patojen omistajat vastaavat rakenteiden turvallisuudesta. Padon omistajan velvollisuus on pitää pato sellaisessa kunnossa, että pato toimii suunnitellulla tavalla (L 26.6.2009/494, 15 §) ja patoa tulee käyttää siten, ettei se aiheuta vaaraa ihmishengelle tai terveydelle (L 26.6.2009/494, 16 §).

4.5 Padon tarkkailuohjelma

Padon omistajan on järjestettävä luokitellun padon kunnon ja toimivuuden tarkkailu tarkkailuohjelman mukaisesti (L 26.6.2009/494, 17 §). Padoilla suoritetaan ns. jatkuva tarkkailua tai sitten niille voidaan tehdä tutkimuksia esim. kuntoarviota varten. Luokiteltujen patojen tarkkailu perustuu patoviranomaisen hyväksymään padon tarkkailuohjelmaan, joka on juridisesti sitova asiakirja. Tarkkailuohjelman laatii tavallisesti asiantuntijakonsultti ja sen hyväksyy patoviranomainen. Tarkkailuohjelmassa on määritelty toimenpiteet sille, mitä patoturvallisuuteen vaikuttavia asioita kyseisellä padolla tarkkaillaan ja kuinka usein.

Luokitellun padon tarkastuksissa noudatetaan kyseiselle padolle laadittua patoviranomaisen hyväksymää tarkkailuohjelmaa, jossa on määritelty niin jatkuvan tarkkailun kuin vuosi- ja määräaikaistarkastuksen taajuus ja sisältö (Isomäki ym. 2018, 22). Lisäksi tarkkailuohjelmassa ohjeistetaan yleensä padon tarkkailusta erityistilanteissa, joita ovat esim. altaan vesipinnan alhaalla tai ylhäällä olo, myrskyt, tuulet, tulvat, yms. olosuhteet, jotka altistavat patoa erityiselle rasitukselle.

Patorakenteita voidaan tarkastaa ja tarkkailla useamminkin, kuin mitä tarkkailuohjelmassa on määrätty. Esimerkiksi Suomessa sijaitsevilla ulkomaalaisomisteisilla kaivospadoilla voidaan Suomen patoturvallisuuslain mukaisten tarkkailujen lisäksi

tehdä omistajamaan patoturvallisuuskäytäntöjen mukaisia tarkastuksia. Esimerkiksi kanadalaisomisteisella kaivospadolla Suomessa suoritetaan viiden vuoden välein kanadalaisiin patoturvallisuuskäytäntöihin perustuvia ns. dam safety review -tarkastuksia sekä vuosittain ns. site review -tarkastuksia (Nousiainen 2020).

4.5.1 Käyttöönottotarkastus

Käyttöönottotarkastus suoritetaan uudelle padolle ennen täytön aloittamista tai vanhalle padolle, jos sille on tehty merkittävä muutos- tai korjaustyö. Tarkastuksessa selvitetään, onko pato turvallista ottaa käyttöön. (Isomäki ym. 2018, 91.)

4.5.2 Jatkuva tarkkailu

Jatkovaa tarkkailua tehdään vuoden aikana eri tiheyksillä. Jatkovaa patotarkkailua ovat silmämääräinen havainnointi ja tarkkailumittausten teko joko manuaalisesti tai automaattisesti. Tyypillistä on, että esim. kevättulva-aikana, kun tekojärvi täyttyy sulamisvesillä huhti-toukokuussa, on tarkkailu jokaviikkoista ainakin 1-luokan padoilla. Muuhun vuoden aikaan tarkkailua tehdään 1–2 kertaa kuukaudessa (Patoturvallisuuskansiot EPO ELY 2020). Tarkkailu on sekä silmämääräistä havainnointia paikan päällä että mittaamista. Tarkkailu käsittää yleensä näkyvien patorakenteiden ja padon taustan silmämääräisen tarkkailun, patorakenteeseen asennettujen pohjavesiputkien sekä salaojien ja laskuojien virtaamien mittauksia. EPO ELY -keskuksen padoilla tarkkailuohjelmaan sisältyy myös altaan vedenpinnan mittaus säännöstelypadoilla (Patoturvallisuuskansiot EPO ELY 2020). Tarkkailuista ja havainnoista pidetään havaintopäiväkirjaa ja tiedot tallennetaan niitä varten laadittuun tietokantaan, josta saa tehtyä raportteja ja tulosteita esim. määräaikaistarkastusta varten. Tarvittaessa tarkkailua tehostetaan.

4.5.3 Vuositarkastus

1- ja 2-luokan padoille on suoritettava vuositarkastus kerran vuodessa. Silloin tarkastetaan padon kunto ja turvallisuus ja selvitetään rakenteiden ja laitteiden kunto ja toiminta. Tarkastuksesta laaditaan raportti, joka lähetetään patoturvallisuusviranomaiselle tiedoksi. (Isomäki ym. 2018, 91.)

4.5.4 Määräaikaistarkastus

1-, 2- ja 3-luokan padoille on tehtävä määräaikaistarkastus vähintään kerran viidessä vuodessa. Siinä selvitetään padon kunto ja turvallisuus. Mukana on oltava patoturvallisuuslaissa asetettuja pätevyysvaatimusten mukainen asiantuntija. Patoturvallisuus- ja pelastusviranomaisella on oikeus osallistua määräaikaistarkastukseen. Tarkastuksesta laaditaan raportti. 1- ja 2-luokan padoista laadittu raportti lähetetään patoturvallisuusviranomaiselle tiedoksi. (Isomäki ym. 2018, 91.)

4.5.5 Tarkkailun dokumentointi

Vuosi- ja määräaikaistarkastuksista tehdään pöytäkirjat. EPO ELY -keskuksen patotarkkailijat tallentavat tarkastuskierroksen jälkeen mittaustulokset ja muut havainnot Rambollin ylläpitämään patotarkkailutulosten karttapalveluun. Tiedot tallennetaan pilveen ja internetiselainpohjaisesta käyttöliittymästä on mahdollista ottaa tarvittavat mittaustietoraportit halutusta kohteesta halutulta ajanjaksolta. Järjestelmään on mahdollista tallentaa myös kuvia. Käytössä oleva patotarkkailutulosten hallintajärjestelmä on kehitetty yhteistyössä Ramboll Finland Oy:n kanssa ja kehitystyö jatkuu tarpeiden mukaan.

Suuri osa mittauksista ja tarkkailutuloksista on patotarkkailijan manuaalisesti mittaamaa ja tallentamaa tietoa, mutta mittauskohteita on myöskin automatisoitu. Suotovesimittauksia on automatisoitu tähän mennessä Kivi- ja Levalammen, Hirvijärven, Kyrkösjärven sekä Patanan tekojärven padoilla. Pohjavesiputkimittauksia on tähän mennessä automatisoitu Venetjoen tekojärvellä sekä Patanassa (Mäki 2020).

4.6 Patojen tarkkailu- ja tutkimusmenetelmät

Padon tarkkailu eli monitorointi viittaa jatkuvaan tarkkailuun ja tutkimus kertaluonteiseen suoritukseen, joka voi sisältää näytteenottojakin. Tarkkailu ja tutkimus voi kohdistua näkyvään tai näkymättömään osaan (Patoturvallisuuskansiot EPO ELY 2020). Seuraavassa käydään läpi yleisimpiä ja erityisesti EPO ELY -keskuksen vesistöpadoille tehtävän tarkkailun menetelmiä ja käytettyjä tutkimusmenetelmiä.

Patojen tutkimusmenetelmiä käsitteleviä diplomi- ja opinnäytetöitä on laadittu (Hollappa 2007, Anttila 2015), joten tässä ei mennä niihin kovin syvällisesti. RPAS-laitteiden käyttömahdollisuuksista vesistörakenteiden tarkkailussa ja muissa vesivarahtävissä on laadittu diplomityö 2020 (Keto 2020) ja VTT:ltä on julkaistu yhteenvektoraportti droonien käytöstä rakennetarkastuksissa (Niemelä 2018). Patorakenteiden tarkastusmenetelmistä (VRT Finland Oy 2015), geoteknisen mittaamisen ja monitoroinnin olennaisista käsitteistä ja periaatteista (Suomen Geoteknillinen yhdistys 2017), siirtymä- ja huokospainemittausten sekä paalujen koekuormituksen menetelmäkuvauksista (Liikennevirasto 2011) löytyy suomenkielistä syventävää tietoa.

4.6.1 Patojen tarkkailumenetelmät

Padon tarkkailumenetelmät ovat asennusvaihetta lukuun ottamatta ainetta rikkomattomia. Menetelmät liittyvät yleensä padon jatkuvaan tarkkailuun. Tarkkailumenetelmät voivat olla manuaalisia tai automatisoituja. Padon vesimittauksiin liittyy paitsi patoaltaan ylävesipinnan ja mahdollinen alapuolinen vesipinnan mittaus sekä padon juoksutusaukkojen läpi juoksutettavan virtaaman mittaus, mutta myös padon läpi suotautuvan veden määrän ja joskus laadunkin mittaaminen.

Padon yläpuolisen altaan tai alapuolen vedenkorkeutta voidaan mitata lukemalla veden pinnankorkeus sopivaan paikkaan asennetulta kiinteältä **asteikolta**. Vedenkorkeusmittaukset on yleensä myös **automatisoitu** eli korkeustieto saadaan painanturilta ja tieto lähetetään automaattisesti tietokantaan. Virtaamatieto saadaan tavallisimmin vedenkorkeustietojen avulla muuntamalla purkautumiskäyrää ja lukuun avaustietoa hyväksikäyttäen virtaamaksi.

Kameravalvonta on asennettuna melkein kaikilla Etelä-Pohjanmaan ELY-keskuksen 1-luokan padoilla. Osaa kameroista voidaan suunnata tarkastelemaan haluttua kohtaa. Esimerkiksi vedenkorkeusasteikkoa voidaan tarkastella ja verrata, pitääkö automaattimittaus paikkansa. Tallentavaa kameravalvontaa ei ole.

Padon läpi suotautuvan veden määrää mitataan padon kuivatusjärjestelmän kokoojoihin, putkiin tai kaivoihin asennetuilla **mittapadoilla**. Vesimäärä litraa sekunnissa saadaan joko manuaalisella patotarkkailijan suorittamalla mittauksella tai automaattisesti. Joskus kaivoon voidaan sijoittaa veden laadun seurantaan esim. **sameusmittari** tai **lämpötila-anturi** suotautuvan veden lämpötilan muutosten seuraamiseen. Vesipinnan korkeutta padossa voidaan seurata patoon asennettujen **pohjavesiputkien** vesipintaa mittaamalla. Putkia voi olla asennettu padon harjalle padon runkoon, luiskassa suodattimeen ja padon taustalla pohjamaahan. (Mäki 2020).

Huokospainemittauksilla voidaan mitata padon rakenneainesten suotovesipitoisuutta (Holappa 2007, 47–48). **Routasyvyyden** mittaamiseen voidaan käyttää routamittaria eli ns. Ganhdahlin putkea tai resistiivistä roudan syvyysmittaria (Holappa 2007, 51.)

Padon muodonmuutoksia eli painumia ja siirtymiä voidaan yksinkertaisimmillaan mitata **vaaitsemalla** padon harjaa tai kuivaa luiskaa ja vertaamalla tietyin vuosivälein tehtäviä mittauksia keskenään. Painumamittauksia voidaan toteuttaa myös erilaisilla mittausantureilla, kuten inklinometrillä (Holappa 2007, 50).

Valokaapelilla mitattava lämpötila tai painuma. Optisen kuidun käyttöä padoilla on käytetty pitkään tällä vuosituhanella lämpötilan ja venymien tai painaumien mittaamiseen. EPO ELY -keskuksen padoille on asennettu valokuitua valittuihin osiin Hirvijärvellä, Kyrkösjärvellä sekä Patanassa. Mittalaitekin on hankittu, mutta mitaustoiminta on vielä pilottivaiheessa eli se ei ole vielä päässyt tuotantovaiheeseen. Toimintaperiaate on kuitenkin sellainen, että mittauslaite lähettää lyhyen valopulssin optiseen kuituun ja mittaa valon takaisinsironnan, johon vaikuttaa optisen kuidun lämpötila. Valopulssin kulkuajan perusteella voidaan määrittää tarkka sirontapaikka 0,25 metrin tarkkuudella (Englund 2004, 14; Holappa 2007, 54).

Valokaapelia käytetään anturina, jolla mitataan lämpötilaa eli suotautuvan veden vaikutusta tai venymiä (Englund 2004, 14–15). Valokuidulla on toteutettu esim. lämpötilamittaukseen perustuva vuodonvalvontajärjestelmä (Kylmänen 2020).

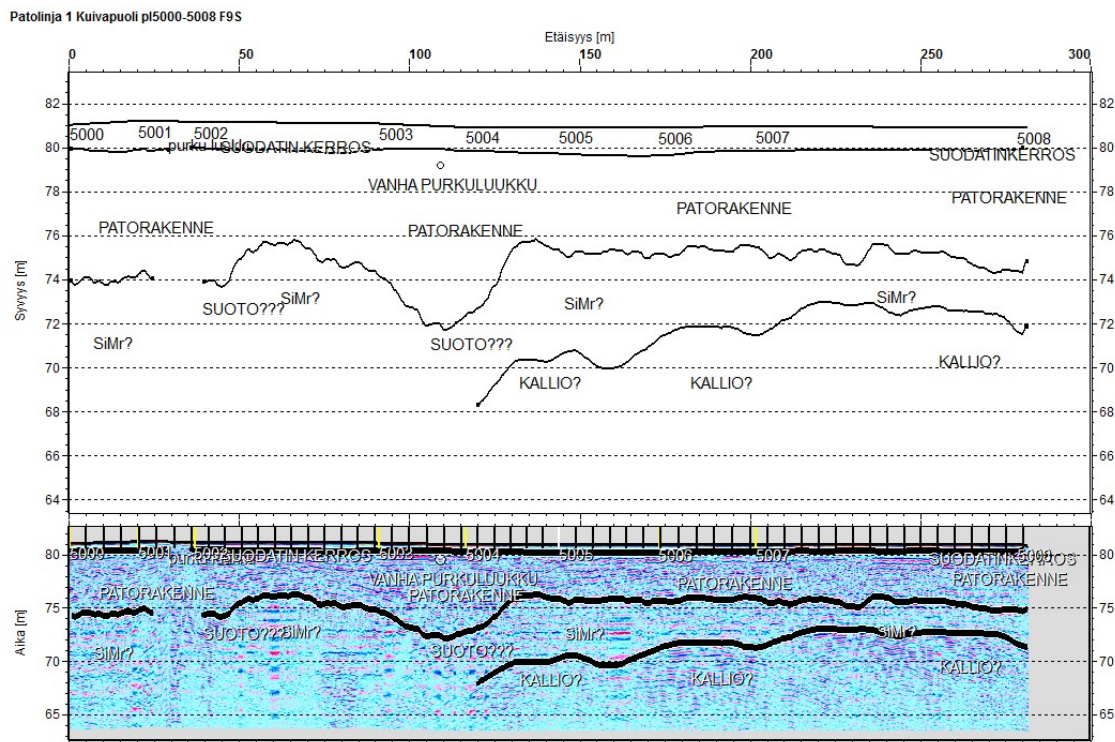
Valokaapeli - akustinen menetelmä. Ruotsissa on useita patokohteita, joihin on asennettu valokaapeli mittausten suorittamista varten. Siellä on innostuttu hiljattain valokaapelien hyödyntämisestä hajautettuihin akustisiin mittaumenetelmiin eli DAS:iin (Distributed Acoustic Sensing). Tätä pidetään yhtenä tulevaisuudessa yleistyvänä menetelmänä ainakin kohteissa, joihin valokuitu on jo asennettu. (Sjödahl & Johansson 2019.)

Silmämääräinen tarkkailu. Vaikka teknisiä tutkimusmenetelmiä voidaankin käyttää padon tarkkailuun ja kunnon tarkistamiseen, ei silmämääräistä tarkkailua voida niillä korvata esim. useiden padon häiriötilanteiden havainnoinnissa. Työhönsä perehtynyt ammattilainen on erittäin tärkeä tekijä patotarkkailun suorittajana. Kokenut patotarkkailija tuntee kohteen hyvin ja osaa kiinnittää huomiota mahdollisiin epätavallisuuksiin padon toiminnassa tai rakenteessa. Tarkkailija osaa suhtautua havaintoonsa oikealla vakavuudella, dokumentoida sen ja ilmoittaa havainnosta matalalla kynnyksellä padon kunnossapidosta vastaavalle. Silmämääräistä tarkkailua on vaikea korvata.

4.6.2 Patojen tutkimusmenetelmät

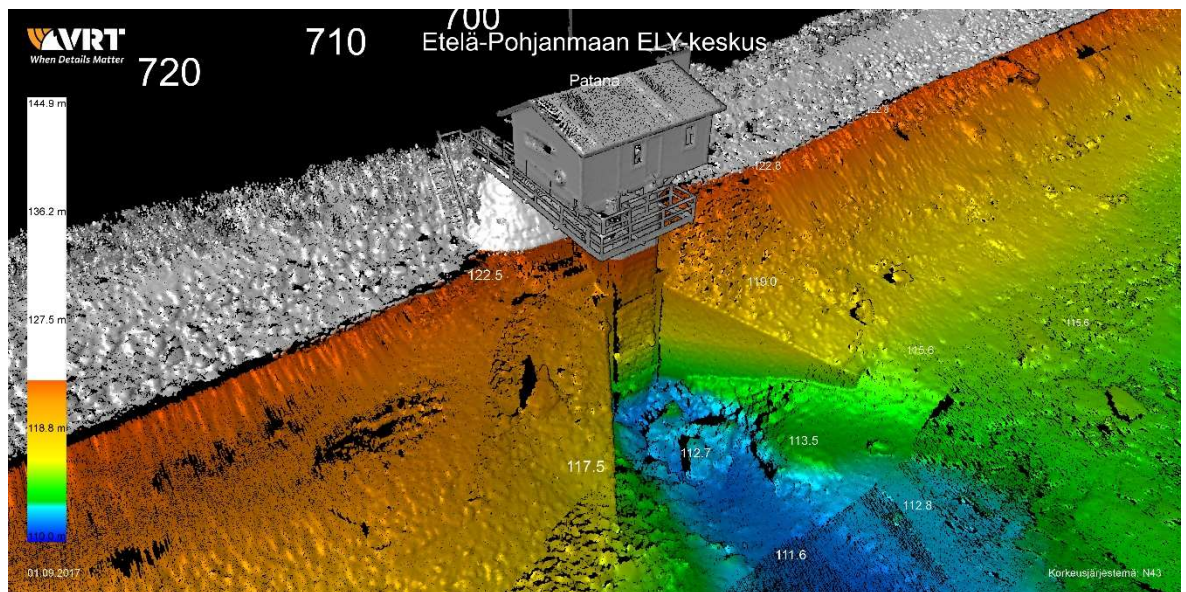
Padon tutkimusmenetelmät voidaan luokitella esim. ainetta rikkomattomiin menetelmiin ja näytteenottoihin. Tutkimusmenetelmien valintaan vaikuttavat esim. vuodenaika, sää- ja vesiolosuhteet. Mikäli padotettava vesipinta on liian matalalla kuivana vuodenaikana, voi olla hankalaa suorittaa monikeilainkaikuluotausta veneestä käsin. Tutkimukset voidaan jakaa vedenpäällisten ja vedenalaisten rakenteiden tarkastuksiin, näkyvien osien ja näkymättömissä olevien osien tarkastuksiin tai ainetta rikkomattomiin tai rikkoviin (näytteenotto) tutkimuksiin.

Maatutka lähettää antenniyksikön kautta lyhyitä sähkömagneettisia pulsseja maaperään. Pulssit etenevät kohteessa noin valonnopeudella palautuen takaisin osittain riippuen väliaineen sähköisesti muuttuvasta rajapinnasta. Palautuneen aaltoenergian voimakkuudesta ja edestakaiseen matkaan kuluneesta ajasta rekisteröidään tieto maatutkan tallentimelle. Tutkan antennia vedetään maata pitkin. Saadun informaation perusteella muodostetaan maaperän kerrosjärjestyksestä kuva. (Geo-Work Oy 2016, 3.) Tämä sopii erityisesti maaperän kerrosrajapintojen tutkimiseen (Mäki 2020).



Kuvio 7. Esimerkkikuva Geo-Work Oy:n vuonna 2016 suorittaman Kivi- ja Levalammen maatutkauksen tuloksista (Patoturvallisuuskansiot EPO ELY 2020).

Monikeilainkaikuluotaus on vedenpinnan alapuolisten patorakenteiden tutkimiseen käytetty menetelmä, joka suoritetaan yleensä liikkuvasta veneestä. Tuloksena 3D-pistepilviaineisto. Laitteisto lähettää äänipulssin, jonka paluukaikua vastaanotetaan viuhkamaisesti. Signaalien perusteella muodostetaan topografiakartta. (Hänninen & Auer 2015, 6.)

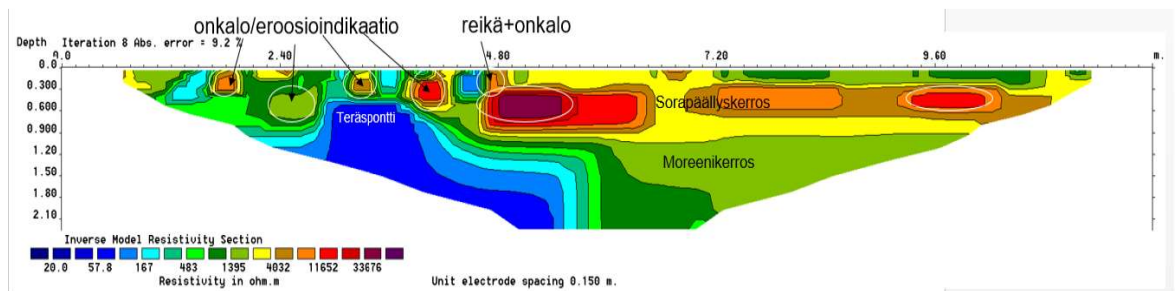


Kuvio 8. Esimerkkikuva Patanan tekojärven maapadon monikeilainkaikuluotauksella ja laserkeilauksella tehdystä maastomallista. Työn suoritti VRT Finland Oy 2017. (Patoturvallisuuskansiot EPO ELY 2020.)

Laserkeilaus on noin 15 vuotta vanha tutkimusala eli aika nuori (Laserkeilauksen huippuyksikkö 2020). Laserkeilausta käytetään rakenteen muodon ja pysyvien muodonmuutosten mittaamiseen. Keilain lähettää laserpulsseja, jotka heijastuvat takaisin vastaanottimeen. Keilauksesta saadaan pistepilvi. (Monitorointitoimikunta (SGY) 2017, 23.) Menetelmä soveltuu vedenpinnan yläpuolisten rakenteiden tarkastuksiin.

ROV on kauko-ohjattava vedenalainen robotti, jossa kamera ja jolla voidaan käydä tarkistamassa vaikkapa vesirakenteen ongelmallinen kohta. EPO ELY-keskuksessa tätä käytetty pumppaamoiden purkuputkien tarkastamiseen (Mäki 2020).

Sähköinen luotaus (ERT = Electric Resistivity Tomography). Sähköisellä resistiivisyystomografiomittauksella voidaan kartoittaa padon sisällä olevia mahdollisia rakenteellisia jatkuvuus- ja epäjatkuvuuskohtia sekä sisäiseen eroosioon viittaavia rakenteiden resistiivisyyden muutoksia, jotka ovat voineet aiheutua suotovirtauksesta ja hienoaineksen huuhtoutumisesta. Maahan muodostetaan mittauslinja asettamalla elektrodeja linjaan.



4a: Linja 1.

Kuvio 9. Esimerkkikuva Kätkänjärven padon sähköisen luotauksen tuloksista. Työn suoritti GTK 2019. (Patoturvallisuuskansiot EPO ELY 2020.)

Lämpökamerakuvaus sopii esim. säännöstelypadon luokkurakenteen tutkimiseen.

Drooni-kuvaus. Kauko-ohjattavien ilma-alusjärjestelmien eli dronien käyttö ympäristön tutkimuksessa ja seurannassa on lisääntynyt 2010-luvulla laitteiden ja sensoriteknologian kehittyessä sekä saatavuuden parantuessa. Patojen tarkkailussa dronien avulla voidaan saada lintuperspektiivin tarkastelukulmaa ja niitä voidaan käyttää ilmavalokuvauksessa, monikaistakuvaus, laserkeilauksessa ja lämpökuvauksessa. Digitaalisia korkeusmalleja voidaan tuottaa mittaus- ja kuvausaineistoja hyödyntäen. (Keto 2020.)

Etelä-Pohjanmaan ELY-keskuksella on käytössään multikopteri, johon kiinnitetyllä järjestelmäkameralla on tarkoitus kuvata patoja ja valokuvien perusteella laatia niistä maastomallit. Kuvausmenetelmää on kokeiltu muutamassa kohteessa ja aineisto viety GISPRO-palveluun, jossa maastomallia voidaan pyöritellä. Tällä fotogrammetrisella menetelmällä voidaan päästä senttien tarkkuuksiin. Tarkoituksena olisi saada kaikki padot kuvattua ja tehtyä niistä maastomalli. Kun kuvaus suoritetaan uudelleen esim. viiden vuoden päästä, voidaan verrata näitä maastomallia ja löytää mahdollisia pintamuutoksia padossa. Tähän maastomalliin pyritään tulevaisuudessa lisäämään padon rakennekerrokset sekä pohjavesiputket, jolloin saataisiin havainnollinen esitys suotovesipinnasta padon sisällä. (Mäki 2020.)



Kuvio 10. Esimerkkikuvankaappaus droonilla kuvatun pistepilviaineiston avulla tehdystä maastomallista (EPO ELY 2020).

Sukellustarkastus on klassinen rakenteiden tarkastustapa. EPO ELY -keskuksen padoilla on sukellustarkastuksissa tutkittu vedenalaisten säännöstelypatorakenteiden kuntoa.

Näytteenotto. Betonirakenteista voidaan ottaa näytteitä ja tehdä niistä laboratoriossa määryksiä, mm. vetokoemittaukset, puristuslujuusmittaukset, karbonatisoitusmissyvyys sekä ohuthietutkimukset (Patoturvallisuuskansiot EPO ELY 2020). Maapadoista voidaan ottaa kairausnäytteitä tai tehdä koekuoppa. Esimerkiksi padon suodattimen sekä runkoaineen rakeisuuskäyrät voidaan määritellä (Mäki 2020).

Tekoälyn hyödyntäminen ja muut tulevaisuuden näkymät. Tekoälyn sovellutukset tulevat saamaan jalansijaa vielä patoturvallisuudessakin. Esimerkiksi pistepilviaineistojen avulla tehtyjen patojen maastomallinnusten vertaamisessa ja muodonmuutosten havainnoinnissa sitä tullaan käyttämään (Ruotsalainen 2020).

Yleisesti anturit muuttuvat kooltaan pienemmiksi ja hinnat edullisemmiksi, jolloin esimerkiksi suurtenkin pohjavesiputkimäärien mittausten automatisointi tulee kannattavaksi. Toisaalta automaation lisääntyessä myös sen ylläpitotyö lisää kustannuksia. (Mäki 2020).

5 KUNTOARVIOSTA KUNNOSSAPITOON

Kuntoarvion tavoitteena on kunnossapitosuunnittelun lähtötietojen hankinta (Rakennustieto 2014, 5). Tämä pätee kiinteistöjen lisäksi yhtä hyvin muunkin rakennetun järjestelmän, kuten vaikkapa vesistöpadon tai muun taitorakenteen kuntoarvion ja kunnossapidon suhteen kuvaamiseen.

Kunnossapitokirjallisuudessa kunnossapito vertautuu usein ihmisen terveydenhoitoon. Rakennelman kuntoarvio vastaa ihmisterveydessä lääkärintarkastusta ja mikäli lääkärintarkastukseen liittyy myös laboratoriokokeita, se vastaisi rakennelman kuntotutkimusta (Suomela 2019). Kunnossapito on ikään kuin laitteiden, järjestelmien tai rakenteiden terveydenhoitoa. Huoltokorjauksilla vanhenemista hidastetaan, mutta jossain vaiheessa on varauduttava isompiin korjauksiin (Suomela 2019).

Tässä luvussa käsitellään kunnossapidon käsitteitä sekä kuntoarvioinnin merkitystä yleisesti. Kunnossapitokirjallisuuden ja standardien soveltamisala on lähinnä teollisuus eli koneet ja laitteet, mutta keskeiset käsitteet ja lainalaisuudet yleispätevinä soveltuvat myös muiden rakenteiden eli käyttöomaisuuden ja julkishallinnollisen organisaationkin toimintaan. Kuntoarviointikäytäntöjä on jalostettu pitkälle esim. kiinteistöalalla, mutta peruskäsitteitä voinee soveltaa myös muualle.

5.1 Kunnossapidon määritelmät

Kunnossapidon käsitteitä on pyritty vakioimaan kunnossapitoa koskevissa standardeissa. Kansallisessa ja samalla eurooppalaisessa standardissa *SFS-EN 13306:2017* on nimetty kunnossapidon yleistason termit ja määritelty ne teknistä ja hallinnollista toimintaa sekä sen johtamista varten (SFS-EN 13306:2017, 5). Kunnossapidon määritelmä siinä kuuluu:

...kaikki kohteen elinjakson aikaiset tekniset, hallinnolliset ja liikkeenjohdolliset toimenpiteet, joiden tarkoituksena on ylläpitää tai palauttaa kohteen toimintakyky sellaiseksi, että kohde pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon (SFS-EN 13306:2017, 5).

Toisen kansallisen standardin *PSK 6201* soveltamisala on teollisuuden kunnossapito. Tässä standardissa kunnossapito on määritelty:

Kunnossapito on kaikkien niiden teknisten, hallinnollisten ja johtamiseen liittyvien toimenpiteiden kokonaisuus, joiden tarkoituksena on säilyttää kohde tilassa tai palauttaa se tilaan, jossa se pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon sen koko elinjakson aikana (PSK 6201 2011, 2).

Kunnossapitotoimintaan kuuluu niin hallinnollisia, taloudellisia kuin teknisiä toimintoja (Opetushallituksen oppimateriaali kunnossapidosta, [viitattu 10.6.2020]). Kunnossapitoa kuvataan *tuotanto-omaisuuden* hallinnaksi. Joskus tuotanto-omaisuudesta käytetään termiä *käyttöomaisuus*. Kunnossapito voidaan jakaa kahteen pääalueeseen: *ennakoivaan eli proaktiiviseen* kunnossapitoon ja korjaavaan eli *reagoivaan* kunnossapitoon. Ennakoivaa kunnossapitoa voidaan tehdä suunnitellusti ja aikataulutetusti, kun taas korjaavaa kunnossapitoa on tehtävä välittömästi vikaantumisen tapahduttua tai tilanteen salliessa viivästetysti. (Järviö & Lehtiö 2017, 15.)

Väitetään, että korjaava kunnossapito olisi kokonaiskustannuksiltaan jopa yli kymmenkertaisesti kalliimpaa kuin ennakoivaan kunnossapitoon perustuva omaisuuden hoitaminen (Järviö & Lehtiö 2017, 101). Lisäksi reagoivan kunnossapidon hallinta on proaktiiviseen toimintaan verrattuna huomattavasti haastavampaa (Järviö & Lehtiö 2017, 15). Kunnossapito on kehittynyt korjaamisesta tuotanto-omaisuuden hoitamisen suuntaan (Järviö & Lehtiö 2017, 21).

Kunnossapidolla myötävaikutetaan kohteen käyttövarmuuteen ja sitä kautta esim. padon turvallisuuteen. Ennakoivalla kunnossapitotoiminnallakaan ei silti voida estää kaikkea vikaantumista. Luotettavuuskeskeisen kunnossapidon (RCM = Reliability Centered Maintenance) spesialisti John Moubray on Järviön ja Lehtiön (2017, 84) mukaan todennut omien teollisuuden toimeksiantojensa perusteella, että ennustettavissa olevia vikoja kaikista esiintyneistä vikatapauksista on noin 10–20 prosenttia ja oireiden perusteella ajoissa löydettäviä vikoja on 30–40 prosenttia. Loput tapaukset eli 40–60 prosenttia vioista olisivat sellaisia, joita ei voi ennakoida. Koska Moubrayn mukaan yleinen uskomus on, että viat olisivat tätä ennustettavampia, mitä ne eivät kuitenkaan hänen havaintojensa perusteella ole, aiheutuu tästä se, että merkittävä osa ennakoivasta kunnossapidosta olisi ikään kuin turhaa. (Järviö & Lehtiö 2017, 84.)

On kuitenkin huomioitava kunnossapidettävän kohteen sisältämät riskit. Patorakenteille ei saisi syntyä ennakoimattomia ”tuotantoseisokkeja” eikä vakavia häiriötilanteita, joten tällä alalla fokuksen on ehdottomasti oltava ehkäisevässä kunnossapidossa ja varautumisessa. Kuitenkin padoillakin tulee joskus tilanteita, joissa joudutaan turvautumaan korjaavaan kunnossapitoon. Tällöin padon omistajan on tehtävä nopeasti päätös, onko korjaus tehtävä välittömästi vai voidaanko sitä siirtää parempaan ajankohtaan ja järjestää sillä välin tehostettu tarkkailu.

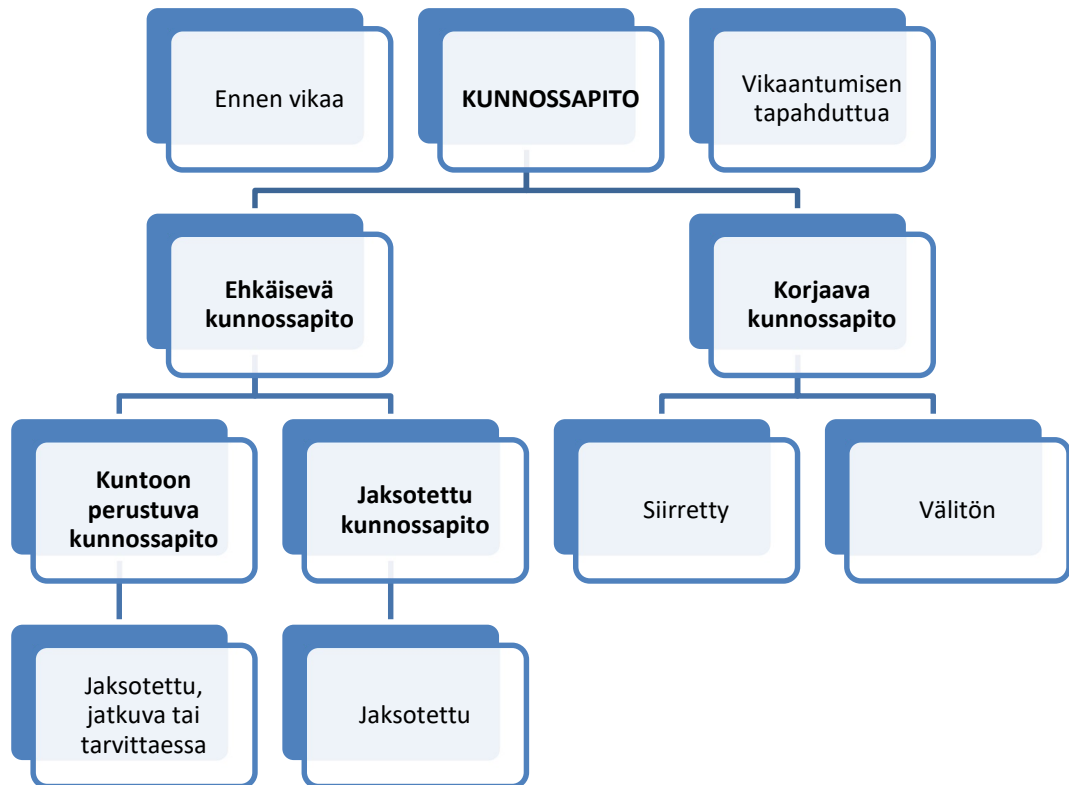
5.2 Kunnossapitolajit

Tuotanto-omaisuuden hoitamiseen kuuluu kunnossapidon lisäksi huolto, ehkäisevä kunnossapito, korjaava kunnossapito, parantava kunnossapito sekä vikojen ja vikaantumisen selvittäminen (Järviö & Lehtiö 2017, 49). Koska standardi *SFS-EN 13306:2017* määrittelee yleistason terminologian kaikentyyppisessä kunnossapidossa, eikä rajoitu ainoastaan teollisuuden kunnossapitoon, tarkastellaan tässä sitä vähän tarkemmin. Yhteistä standardeille *SFS-EN 13306:2017* sekä *PSK 6201* on kunnossapidon jaottelu kahteen pääluokkaan eli ennakoivaan (proaktiivinen) ja reagoivaan.

SFS-EN 13306:2017 standardin mukaan **ehkäisevän kunnossapidon** tavoitteena on kohteen heikentymisen ja vikaantumisen todennäköisyyden arviointi ja/tai vähentäminen (*SFS-EN 13306:2017*, 13). Tuomisen (2010, 168) mukaan ”ehkäisevällä kunnossapidolla vältetään akuutti kunnossapito”. Nykyään pääpaino on juuri tässä kunnossapitolajissa (Mikkonen 2009, 42). Ehkäisevän kunnossapidon alalaji **kuntoon perustuva kunnossapito** sisältää kohteen fyysisen tilan arvioinnin ja analyysin. Se pitää sisällään myös mahdolliset arvioinnin ja analyysin seurauksena suoritettavat kunnossapitotoimenpiteet. (*SFS-EN 13306:2017*, 14.) Padon kuntoarviointi voisi kuulua tähän kategoriaan. **Jaksotettu kunnossapito** on niin ikään ehkäisevää kunnossapitoa, jota ilman toimintakunnon tutkimista tehdään ennalta määrättyjen aikajaksojen tai käytön määrän mukaan (*SFS-EN 13306 2017*, 14). Tähän kunnossapitolajiin voisi kuulua alueurakkaan viety kasvillisuuden raivaus patoluiskilta urakkaan aikataulutetuin vuosivälein.

Ennakoiva kunnossapito on termi, jota käytetään paljon ristiin ehkäisevään kunnossapidon kanssa. SFS-standardin uudemmassa versiossa ei ole enää määritelty ennakoivaa kunnossapitoa (predictive maintenance) kuten edellisessä SFS-standardin versiossa, vaan se on käännetty ennustavaksi kunnossapidoksi (SFS-EN 13306:2017, 14). Mikkosen (2009, 101) mukaan *predictive maintenance* suomenetaan usein myös kunnonvalvonnaksi. Ennakoiva ts. ennustava kunnossapito on kuntoon perustuvan kunnossapidon alalaji, jossa kunnossapitoa toteutetaan pohjautuen ennusteisiin, analyyseihin ja parametreihin (Järviö & Lehtiö 2017, 53). Kuten edellä on esitetty, termien määrittelyt ja käyttö on kirjavaa (Mikkonen 2009, 95). Koska uusimmissa SFS- ja PSK-standardeissa ei käytetä käsitettä ennakoiva kunnossapito, käytetään tässä opinnäytetyössä proaktiivisesta kunnossapidosta termiä ehkäisevä kunnossapito.

Korjaavaa kunnossapitoa tehdään vian havaitsemien jälkeen. Sen tavoitteena on palauttaa kohde sellaiseen tilaan, jossa se kykenee toteuttamaan vaaditun toiminnon. Tämä voi tapahtua joko välittömästi tai viivästetysti. (SFS-EN 13306:2017, 14-15.) *Välittömällä* korjaavalla kunnossapidolla pyritään välttämään kohtuuttomat seuraukset, joten se suoritetaan heti vian havaitsemisen jälkeen (ts. häiriökorjaukset) (PSK 6201 2011, 23). *Viivästetyssä eli siirrettyssä* korjaavassa kunnossapidossa toimenpiteitä ei suoriteta heti vian havaitsemien jälkeen, vaan sallituissa puitteissa viivästyen (SFS-EN 13306:2017, 15).



Kuvio 11. Kunnossapidon lajit standardin SFS-EN 13306:2010 mukaan (soveltaen Järviö & Lehtiö 2014, 46).

Huoltoa ei ole määritelty kyseisessä SFS-standardissa, mutta PSK 6201 -standardissa huolto on määritelty jaksotetun kunnossapidon toimenpiteeksi, joka ”sisältää kohteen tarkastamisen, säädön, puhdistamisen, rasvauksen, öljynvaihdon, suodattimen vaihdon ja muut vastaavat toimenpiteet” (PSK 6201 2011, 22). Näitä huolto-toimenpiteitähän tehdään patojen säännöstelyluukuille ja -koneistoille.

SFS-standardi ei määrittele myöskään **parantavaa kunnossapitoa**, eikä sitä ole kuviossa 11, mutta standardin PSK 6201 mukaan sen tarkoituksena on ”parantaa kohteen luotettavuutta ja/tai kunnossapidettävyyttä muuttamatta kohteen toimintoa” (PSK 6201 2011, 23). Tämä voisi tarkoittaa padoilla esim. tilannetta, jossa rakennetaan kohteelle puuttuva huoltotieyhteys. Myös anturoinnin, etäyhteyden ja diagnostiikan lisäys voisi mennä tähän kategoriaan (Mäki 2020).

Vikojen ja vikaantumisen selvittämistä ei ole suoranaisesti esitetty standardeissa, mutta sekä SFS- että PSK-standardista löytyy määritelmä vikaantumisyyllle: ”Olosuhteet määrittelyjen, suunnittelun, valmistuksen, asennuksen ja käytön ja kunnossapidon yhteydessä, jotka ovat johtaneet vikaantumiseen” (SFS-EN 13306:2017,

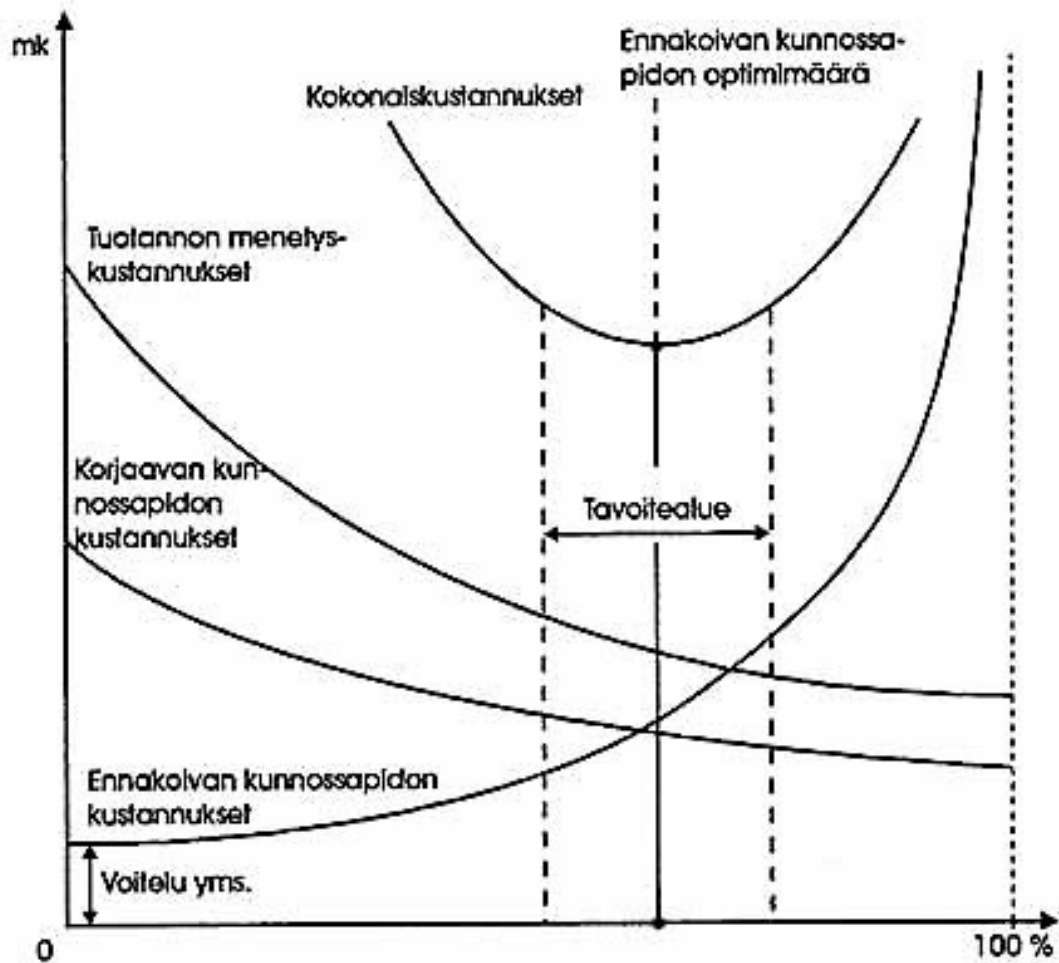
11). Tätä ei ole Järviön ja Lehtiön (2017, 52) mukaan mielletty kunnossapitoon liittyväksi toiminnaksi, mutta viime vuosina on alettu paremmin mieltää vikahistorioiden ja riskianalyysien käyttö tärkeäksi kunnossapitoakin ohjaavaksi voimaksi.

5.3 Ehkäisevä kunnossapito padoilla

Kunnossapidon tavoitteita ovat tuotannon kokonaistehokkuus ja hyvä käyttövarmuus (Järviö & Lehtiö 2017, 59). Ehkäisevä kunnossapito on tärkeä kunnossapitostrategia padoilla: mitä aikaisemmassa vaiheessa vika havaitaan, sitä pienemmät ovat vian aiheuttamat kustannukset, kun mahdolliseen ongelmaan päästään ajoissa kiinni. Erityisesti 1-luokkaan luokiteltujen patojen kanssa ei saisi tulla vikatilannetta, joka eskaloituu onnettomuudeksi, koska sillä voi olla vakavia seurauksia ihmisten hengelle, terveydelle ja omaisuudelle. Padot on pidettävä käyttövarmoina ja turvalisina, joten peruskorjauksiin on varauduttava ajoissa ja jatkuvaan kunnossapitoon on oltava varaa.

Padoilla pyritään osittain tavoittelemaan Järviön ja Lehtiön (2017, 180) esittämää ehdotonta luotettavuutta, jota ei pelkästään kunnossapidon keinoin voida taata. Esimerkiksi säännöstelyluukun nostokoneistoiden toimintahäiriön varalle on varanostojärjestelmä. Vedenkorkeuden automaattimittaus on kahdennettu tai vedenkorkeusasteikkoa valvotaan eli monitoroidaan kameralla. Myös riskianalysointia voidaan tehdä.

Ehkäisevä kunnossapito on suunnitelmallista ja säännöllistä toimintaa, joka pitää sisällään tarkastuksia, toimintaolosuhteiden ylläpitämistä, suunniteltua korjaamista ja modernisointia (Järviö & Lehtiö 2017, 100). Ehkäisevää kunnossapitoa kannattaa tehdä, jos sen kustannukset ovat pienemmät kuin sen puuttumisen aiheuttamat vahingot ja menetykset, ja mikäli kohteelle sekä ehkäistävälle vikamuodolle on olemassa kunnollinen ennakkohuoltomenetelmä (Järviö & Lehtiö 2017, 101). Kuviossa 12 on pyritty kuvaamaan graafisesti eräs näkemys siitä, kuinka paljon proaktiivista (kuviossa ennakoivaa) kunnossapitoa on kannattava tehdä.



Kuvio 12. Ennakoivan kunnossapidon vaikutus kokonaiskustannuksiin (Opetushallituksen oppimateriaali kunnossapidosta, [viitattu 10.6.2020]).

5.4 Padon kuntoarvion käsite

Patoturvallisuusoppaan (2012, 93) mukaan padon kuntoarvio määritellään seuraavasti:

Kuntoarviolla tarkoitetaan padon omistajan tekemää selvitystä padon kunnosta, jonka patoturvallisuusviranomainen voi määrätä tehtäväksi määräaikaistarkastuksessa. Kuntoarvio voi koskea koko patoa tai sen osaa (Isomäki ym. 2012, 93).

Tällainen kuntoarvio voidaan määrätä tehtäväksi kohdennetusti silloin, jos epäillään jotakin rakenteellista muutosta jo tapahtuneen tai olevan alkamassa. Tässä opin-

näytetyössä käsitellään kuitenkin kuntoarviota kokonaisvaltaisempänä, säännöllisesti tehtävänä ehkäisevän kunnossapidon harjoittamisena. Patojen kuntoarviointia on aiemmin mietitty Suomen ympäristökeskuksessa Pekka Vuolan toimesta 2000-luvun alkuvuosina. Silloin aloitettiin projekti patojen kuntoarvioinnista (Hevonoja & Soinisalo 2003, 22; HE 214/2008). Tavoitteena oli saada priorisoitua valtion P-patojen (nyk. 1-luokan patojen) peruskorjauksia kuntoarvioinnin perusteella (Vuola 2020a).

Viiden vuoden välein tehtävissä määräaikaistarkastuksessa tarkastaja tekee eräänlaisen kuntoarvion, alustavan arvion padon kunnosta dokumenttien ja tarkkailutosten perusteella. Padon omistaja toimittaa aineiston hyvissä ajoin määräaikaistarkastuksen pitäjälle, jotta tämä ehtii lähettää tarkastuksen osallistujille laatimansa alustavan arvion padon kunnosta nähtäväksi ennen varsinaista tarkastusta. Määräaikaistarkastuksessa keskitytään kuitenkin yleensä määräaikaistarkastusta edeltävään, edellisen määräaikaistarkastuksen jälkeiseen viisivuotisjaksoon, eikä koko padon elinkaareen. Pidemmän aikavälin pohdinta ja tulkinta padon ikääntymisestä jää määräaikaistarkastuksessa toteutumatta (Mäki 2020).

5.5 Käsitteistä yleisesti

Käsitteet kuntoarvio, kuntotutkimus, kunnostussuunnitelma, kuntotarkastus, kuntoselvitys, kuntokartoitus ovat hyvin toistensa oloisia sanoja ja joskus tarkoittavatkin suunnilleen samaa asiaa. Eri aloilla käsitteitä voidaan käyttää tarkoittamaan eri sisältöjä, koska termit eivät ole yleisesti vakiintuneita (Opetushallituksen oppimateriaali kunnossapidosta, [viitattu 10.6.2020]). Yhteistä termeille on, että niillä pyritään selvittämään rakenteen, laitteen tai järjestelmän kunto jossain laajuudessa ja joillain menetelmillä.

Kiinteistöalalla **kuntoarvio** on arvio, jossa (kiinteistön) kunto selvitetään aistinvaraisesti ja kokemusperäisesti ainetta rikkomattomilla menetelmillä (Rakennustieto 2014, 5). **Kuntotutkimusta** tarvitaan, mikäli kuntoarvion menetelmillä ei pystytä luotettavasti arvioimaan jonkin osa-alueen kuntoa. Kiinteistöissä kuntotutkimuksia tehdään esim. julkisivuista tai putkistosta. (Rakennustieto 2014, 21–22.)

Prosessiteollisuuden kuntokartoituksen standardissa *PSK 6202* (2003, 3) kuntotutkimus on määritelty, että kuntokartoitusta tarkemmin selvitetään kohteen tai sen osan kunto, toimivuus ja korjaustarpeet. Tämä voi tarkoittaa mittauksia, näytteiden ottoa ja laboratoriotutkimuksia, suunnitteluarvojen vertaamista nykytilaan. Olemassa olevat viat ja niiden syyt, laajuudet ja vaikutukset sekä arviot vikojen etenemisestä selvitetään. Kuntotutkimusraportissa esitetään myös korjaustapoja vaurioituneille rakenteille ja mahdolliset tarvittavat muutokset, jotta vaurioilta vältetään tulevaisuudessa. (*PSK 6202* 2003, 3.)

Kiinteistöalalla on lisäksi käsitteet **kuntoselvitys**, joka tarkoittaa karsittua kuntoarviota. Sen sisältö on vakioimaton ja hinta yleensä kuntoarviota edullisempi (Suomela 2019). **Kuntokartoitus** puolestaan tarkoittaa kiinteistöalalla kaupanteon yhteydessä tapahtuvaa kolmannen osapuolen suorittamaa asuinhuoneiston kuntokartoitusta (Suomela 2019). Samansisältöistä toimenpidettä kutsutaan myös asunto-kaupan yhteydessä tapahtuvaksi **kuntotarkastukseksi** (Rakennustieto 2014, 114). Standardissa *PSK 6201* (2011, 24) kuntokartoitus on menetelmä, jolla saadaan kohteesta kokonaiskuva, selvitetään merkittävimmät korjaustarpeet ja tarkempien tutkimusten tarve. Tässä standardissa kuntokartoitus muistuttaa hyvin paljon kuntoarvion määritelmää jossain muualla. Prosessiteollisuuden kuntokartoituksesta on oma *PSK 6202* -standardi, jossa kuntokartoituksen terminologia on esitetty tarkemmin. Siinä on esitetty kuntokartoituksen tavoitteiksi kokonaiskuvan saaminen, selvitys merkittävimmistä korjaustarpeista ja muista toimenpiteistä, ennuste syntyvistä kustannuksista, tieto tarvittavista kuntotutkimuksista ja tieto mahdollisista ympäristö- ja turvallisuusriskeistä. (*PSK 6202* 2003, 4.) Standardissa on esitetty kuntokartoituksen tarjouspyynnön ohjeistusta, kuntokartoituksen suunnittelusta ja valmistautumisesta, kuntokartoituksen sisällöstä, läpiviennistä, raportoinnista (*PSK 6202* 2003).

5.6 Kunnossapidon ulkoistaminen

Kunnossapidon ulkoistaminen tarkoittaa *SFS-EN 13306:2017* (2017, 16) mukaan kunnossapidon tai sen osan hankintaa ulkopuoliselta toimijalta määritellyksi ajaksi sopimus pohjaisesti.

Vesistöpatojen vilkkaimpien rakentamisvuosien perintönä oli vielä vuosituhannen taitteessa pohjalaismaakunnissa jokaisella padolla tai vähintään joka vesistöllä oma rakennusmestari, joka huolehti miehistöineen padon kunnossapidosta ja patoturvallisuustarkkailusta. Vesistörakenteiden parissa työskentelevien henkilöstön määrän vähentyessä merkittävästi 2000-luvun aikana eläköitymisen ja virkojen täyttämättä jättämisen vuoksi, on pitänyt järjestää kunnossapitoa uudelleen. Kunnossapitotoimet on suunniteltava ja ajoitettava tarkkaan. Lainsäädäntö säätelee tiukasti padon omistajan velvollisuudet.

ELY-keskuksissa hydrologinen tiedon tuottaminen on ulkoistettu. Alueurakoihin on viety patojen kunnossapitotöitä, jonka yhteydessä organisaatiossa on pohdittu, mitä kunnossapitotöitä ulkoistetaan nyt, mitä myöhemmin ja mikä pidetään omana työnä.

Patojen määräaikaistarkastukset pääsääntöisesti kilpailutetaan, samoin peruskorjauksen suunnitteluttaminen ja urakointi. Myös alueurakkaan siirrettyjen kunnossapitotöiden suorittaja valitaan määräajaksi, jonka jälkeen urakointi kilpailutetaan seuraavalle viisivuotiskaudelle. Omien patoluukkujen huollot on EPO ELY -keskuksessa toistaiseksi tehty omana työnä.

6 KIINTEISTÖJEN, PATOJEN JA MUIDEN TAITORAKENTEIDEN KUNNON ARVIOINNISTA MUUALLA

Tarkastukset ovat tärkeä osa rakenteiden elinkaaren hallintaa. Tässä luvussa tarkastellaan muiden rakenteiden omistajien rakenteiden tarkastusjärjestelmiä sekä kunnonarviointikäytäntöjä. Luvussa käydään läpi Rakennustiedon kuntoarviointiohjeita, Ruotsin ja Norjan patoturvallisuusohjeistoa, Väyläviraston taitorakenteiden tarkastustoimintaa sekä lopuksi Suomen ympäristökeskuksessa 2000-luvun alkupuolella tehtyä P-patojen (nyk. 1-luokan) kuntoarviointia.

6.1 Kiinteistöjen kuntoarviointi ja kuntotutkimus

Taloyhtiöiden päätöksenteon apuna on Suomessa laadittu kuntoarvioita, kuntotutkimuksia sekä energiakatselmuksia kiinteistöille niiden kunnan ja korjaustarpeiden selvittämiseksi yli 20 vuoden ajan yhteisesti sovittujen menettelyjen mukaisesti. Näiden pohjalta voidaan laatia pitkän tähtäimen kunnossapitosuunnitelmia (PTS) ja korjausohjelmia paikkaamaan kasvavaa vanhenevan ja kuluvan rakennuskannan korjausvajetta. (Rakennustieto 2014, takasivu.)

Maankäyttö- ja rakennuslain tavoitteena on mm. edistää kestävästä rakentamisesta, rakennuskannan ja rakennetun ympäristön suunnitelmallista ja jatkuvaa hoitoa sekä kunnossapitoa. Elinkaariajattelun tavoitteen toteutumiselle on suunnitelmallisella kiinteistönpidolla tärkeä rooli. Kuntoarvio ja pitkän aikavälin kunnossapitosuunnitelma ovat olennaisia työkaluja, jotta asioista päättävä taho voi saada kokonaiskuvan kiinteistön kunnosta, tulevista korjaustarpeista, niiden aikatauluttamisesta ja kustannusarviosta. Tarvittaessa voidaan teettää tarkempia tutkimuksia korjaussuunnittelun tarkentamaan lähtötietoja. (Rakennustieto 2014, 3.)

Asuinkiinteistöille kuntoarvio on tehtävä ensimmäisen kerran enintään kymmenen vuotta vanhoille kiinteistöille, jonka jälkeen kuntoarviota päivitetään noin viiden vuoden välein (Rakennustieto 2014, 5). Kuntoarvioita tehdään paitsi asuinkiinteistöille, myös liike- ja palvelukiinteistöille (Rakennustieto 2014, takasivu). Kuntoarviointia varten on Rakennustieto julkaissut ohjekortteja, joissa on määritelty kuntoarvion

käytöstä, sisällöstä, laajuudesta, tilaamisesta ja raportoinnista sekä kuntoarvion suorittajan että tilaajan näkökulmista. Ohjeet ovat koottuna Rakennustiedon julkaisemassa käsikirjassa. Kuntoarvioinnin ohjeistuksessa korostetaan tilaajan osallistumista ja aktiivista roolia kuntoarvion laadinnan onnistumisessa sekä kuntoarvioijan pätevyysvaatimuksia. Kiinteistön kuntoarvioinnin tekee työryhmä, jossa on mukana rakennus-, LVIA- ja sähkötekniikan asiantuntija. Kiinteistön rakenteille, rakennusosille, aluerakenteille, LVIA-järjestelmille ja -laitteille on määritelty ohjeissa keskimääräiset tekniset käyttöiät, tarkastus- ja huoltovälit sekä kunnossapitajaksot. Näitä tietoja hyödynnetään kuntoarvion ja muiden kunnonselvitysmenetelmien suunnittelussa sekä kiinteistön käyttö- ja huolto-ohjeiden laadinnassa. Ohjeistus yhdenmukaistaa kuntoarvioinnin ja kuntoluokituksen laatimista. (Rakennustieto 2014.)

Kuntoarvioprosessiin kuuluu lähtötietojen käsittely, asukaskysely, kiinteistötarkastus sekä raportointi (Rakennustieto 2014, 6). Kiinteistötarkastus kattaa rakenteet ja talotekniikan järjestelmät, tilat, hissit, energiatalouden selvityksen, sisäolosuhteet mukaan lukien turvallisuus-, terveys- ja ympäristövaikutukset, ulkoalueet sekä leikkipaikat (Rakennustieto 2014, 49). Erikseen sovittaessa voidaan arvioida myös muita seikkoja, kuten kiinteistön viihtyvyyttä, toiminnallisuutta tai muunneltavuutta (Rakennustieto 2014, 6).

Kuntoarvioinnissa luokitellaan kiinteistön, sen päänimikkeiden ja yksittäisen tarkastuskohteen kunto. Kuntoluokka esittää kuntoa ja korjaustarpeen kiireellisyyttä ja se on kuntoarvioijan arvio kohteen kunnosta. Luokkia on viisi. (Rakennustieto 2014, 114.) Kuntoarvion perusteella laaditaan kunnossapitosuunnitelmaehdotus eli PTS-ehdotus (pitkän tähtäimen suunnitelma), jota tarvittaessa täydennetään kuntotutkimuksilla ja lisäselvityksillä. Suunnitelmassa määritellään kunnossapito- ja korjaustarpeet, niiden ajoitus ja kustannusennuste esim. kymmenelle seuraavalle vuodelle. Suunnitelmaa hyödynnetään korjausohjelman laadinnassa. (Rakennustieto 2014, 47.) Kuntoarvioiden lisäksi muita kunnan selvitysmenetelmiä ovat täydentävät kuntotutkimukset ja asuntokaupan yhteydessä tehtävät kuntotarkastukset. Kartoituksesta puhutaan, kun selvitetään yksittäisen ongelman tai vaurion syytä tai laajuutta. Kuntoarvioinnin pohjalta voidaan myös laatia taloyhtiön yhtiökokouksessa esitettävä kirjallinen kunnossapitotarveselvitys, joka hallituksen tulee asunto-osakeyhtiölain mukaan esittää. (Rakennustieto 2014, 11.)

Kuntotutkimuksessa otetaan aistinvaraisten havaintojen lisäksi esim. kiinteistön julkisivusta poranäytteitä. Betonirakenteiden kuntotutkimusten näytteiden määrille, tutkimusperiaatteille, laboratorioanalyysille ja raportoinnille on laadittu ohjeet vertailukelpoisten tutkimustulosten saamiseksi. Tutkimusraportin avulla taloyhtiön hallitus kykenee arvioimaan korjaustarpeiden kiireellisyyttä. Putkistojen kuntotutkimuksessa voidaan käyttää videokameraa ja vesijohtojen ja lämmitysverkoston putkien tutkimiseen röntgenkuvausta. Viemärikuvauksille ja putkistojen kuntotutkimuksille on olemassa omat ohjeistuksensa. (Suomela 2019.)

6.2 Ruotsin patoturvallisuusohjeisto RIDAS

Ruotsi on perinteisesti hyvä verrokkimaa Suomelle monella eri alalla, tässäkin. Siellä on paljon patoja, se on lähinaapuri, yhteiskuntana ja luonnonolosuhteiltaan se on riittävän samankaltainen.

Ruotsissa lääninhallitukset vastaavat patoturvallisuuden valvonnasta eli omistajien omavalvonnan valvonnasta. Ruotsissakin padon omistaja on vastuussa padon turvallisenä pitämisestä ja tämä tapahtuu omavalvonnan kautta. Ruotsissa on laskettu olevan noin 10 000 eri ikäistä ja kokoista patoa, mutta noin 430 kpl niistä on luokiteltuja patoja, joista noin yksi viidesosa on A-luokan eli korkeimman riskin muodostavia patoja. Ruotsissa kaikista luokitelluista padoista kaksi kolmasosaa on seitsemän suuren vesivoimayhtiön patoja. (Bartch 2020.)

Ruotsissa patoturvallisuutta koskevat lakipykälät löytyvät Miljöbalkin eli Ruotsin ympäristölainsäädännön - ympäristökaaren - sisältä. Lisäksi on patoturvallisuutta koskevia asetuksia sekä muita lakeja ja asetuksia, jotka koskevat omalta osaltaan myös patoja, kuten lagen om skydd för olyckor eli onnettomuuksien suojelulaki. (Svenska kraftnät 2019a.)

Ruotsin kantaverkkoyhtiö Svenska kraftnät on patoturvallisuutta edistävä viranomainen Ruotsissa, joka ympäristökaaren mukaan vastaa lääninhallitusten patoturvallisuuden valvonnan ohjauksesta, laatii patoturvallisuutta koskevia säännöksiä ja ohjeita patoturvallisuusasetuksen mukaisesti. Tehtäviin kuuluu myöskin pato-onnettomuuksien valmiustyön kehittäminen sekä tutkimus ja tiedon levittäminen (Svenska

kraftnät 2020a.) Svenska kraftnät on samalla myös maan sähköntuotannosta ja sähkönsaannin turvallisuudesta vastaava viranomainen (Svenska kraftnät 2020b).

Ruotsin patoturvallisuuskäytännöt poikkeavat Suomen käytännöistä siten, että Ruotsissa toimialajärjestö eli energiateollisuus - Energiföretagen Sverige - on laatinut patoturvallisuuskäytännöt, joita jäsenyritysten lisäksi melkein kaikki padon omistajat noudattavat, soveltaen myös ne, joiden pato ei liity vesivoimaan. Suomessa patoturvallisuusohjeet ovat puolestaan viranomaisen laatimia. Ruotsin patoturvallisuuskäytännöissä on ohjeistettu paljon teknisiä asioita, toisin kuin Suomen ohjeissa, esimerkiksi rakenteiden mitoituksiin liittyviä ohjeita. (Häggström 2020.)

Ruotsin patoturvallisuuskäytännöt eli *RIDAS* julkaistiin ensimmäisen kerran vuonna 1997. Taustalla oli tarve kehittää patoturvallisuuden olemassa olevia suosituksia ja ohjeita yhtenäisiksi ja kattavammiksi. Uusia päivityksiä julkaistiin vuosina 2002, 2008 ja 2012. Vuonna 2016 uusittiin luvut 1–3, koska vuonna 2014 ympäristölainsäädäntöön tuli voimaan muutoksia, jotka koskivat mm. patojen luokittelua ja turvallisuusjohtamisjärjestelmiä (Svensk Energi 2019, 4.) Uusin versio *RIDAS*ista on vuodelta 2019, mutta osa luvuista on vielä työn alla.

Energiateollisuuden laatimien patoturvallisuusohjeiden yleistavoitteina on määritellä hyvää patoturvallisuutta koskevat vaatimukset ja ohjeet, muodostaa perusta patoturvallisuuden yhdenmukaiselle arvioinnille sekä tukea viranomaisten patoturvallisuusvalvontatyötä (Svensk Energi 2019, 4). SveMin on kaivosten, mineraalien ja metallien tuottajien työnantaja- ja teollisuusyhdistys Ruotsissa ja se puolestaan ylläpitää kaivosteollisuuden patoturvallisuusohjeistusta eli *GruvRIDAS*ia, joka pohjautuu *RIDAS*iin (SveMin 2012, 7).

Padot luokitellaan Ruotsissa patoturvallisuusluokkiin A, B tai C lääninhallituksen päätöksellä ja lisäksi patoturvallisuusluokkiin D tai E *RIDAS*in mukaan jäsenyrityksen päätöksellä. Luokittelun perustana on oltava padon rikkoutumisen seurausten vakavuus yhteiskunnallisesta näkökulmasta. Padon omistaja tekee tai teettää vaikutusten arvioinnin ja esittää lääninhallitukselle padon luokittelua tiettyyn luokkaan. Mikäli pato luokitellaan, sille asetetaan vaatimuksia turvallisuusjohtamisjärjestelmän mukaisesti kokonaisarvioinnin toteuttamiseen ja vuotuisen patoturvallisuusrapor-

tointiin lääninhallitukselle. (Svensk Energi 2019, 13–14.) Raportoinnin päätarkoituksena on, että lääninhallitukset valvovat padonomistajien omavalvontaa ja nykyisiä patojen turvallisuusolosuhteita (Svensk Energi 2019, 6). Patoluokitusjärjestelmä muuttui vuoden 2014 lainsäädäntömuutosten seurauksena (Svensk Energi 2019, 1). Aiemmin patoturvallisuusluokkia olivat 1+, 1, 2 ja 3 (Svensk Energi 2012, 17).

A-luokan padon onnettomuudella on hyvin laajat yhteiskunnalliset seuraukset ja se voi johtaa kansalliseen kriisiin sekä ihmishenkien menetyksiin. B-luokan padon onnettomuus voi aiheuttaa alueellisen kriisin sekä ihmishenkien menetyksiä. C-luokan padon onnettomuudella puolestaan on kohtalainen merkitys yhteiskunnallisesta näkökulmasta, kun onnettomuus voi johtaa merkittäviin paikallisiin seurauksiin ja häiriöihin, mutta ihmishenkien menetyksriski on vähäinen. U-luokka tarkoittaa luokittelematonta patoa. Kuitenkin *RIDAS*issa on lisäksi esitetty patoluokat D ja E, jossa luokka D tarkoittaa pientä merkitystä yhteiskunnallisesta näkökulmasta, mutta suurta merkitystä yrityksen näkökulmasta, mitä onnettomuus voi aiheuttaa yritykselle tai yksittäiselle intressille omaisuuden ja muiden arvojen suhteen. E-luokka tarkoittaa vähäistä merkitystä yhteiskunnallisesta näkökulmasta ja jäsenyritykselle. (Svensk Energi 2019, 14–15.)

Koska *RIDAS 2019* uudistukseen liittyvä ohjeistus on vielä osittain työn alla, tarkastellaan tässä sekä *RIDAS 2012:n* mukainen tarkastustoiminnan sisältö, että *RIDAS 2019:n* uudistetun tarkastustoiminnan sisältöä. *RIDAS 2012*:ssa on mukana vielä syvennetyn patoturvallisuusarvioinnin eli kuntoarvion teko, mutta *RIDAS 2019*:ssä sitä ei enää ole. Koska Ruotsin syvennetty patoturvallisuusarviointi eli fördjupad dammsäkerhetsutvärdering, lyhenne FDU, on ollut innoituksena tämän opinnäytetyön tutkimukselle, sitä tarkastellaan sen vuoksi tässä, vaikka siitä ollaan luopumassa Ruotsissa.

6.3 RIDAS 2012 mukainen padon kunnonvalvonta- ja tarkastustoiminta

RIDAS 2012 -päädokumentin mukaan padon kunnonvalvontaan sisältyy kuusi erilaista aktiviteettia, joiden suorittamisessa kaikilla on oma tarkoitus, tiheys ja laajuus. Suoritettu kunnonvalvonta raportoidaan soveltuvalla tavalla. Kaikille kunnonvalvonnan tarkastustyyppien suorittajille on määritelty omat pätevyysvaatimuksensa.

(Svensk Energi 2012, 25.) Ruotsissa käytetään sanaa *dammanläggning*, jonka suomennos olisi patolaitos. Parempi suomennos voisi olla patokokonaisuus. Koska Ruotsin patoturvallisuuskäytännöt ovat energiateollisuuden laatimat, johtuneeko patolaitosten käyttö siitä, että usein padon yhteydessä on myös vesivoimalaitos.

Operatiivinen valvonta (Driftmässig tillsyn): suoritetaan esim. kerran viikossa, keskittämään turvallisuuden kannalta kriittisten osien operatiiviseen valvontaan. Valvonta on sovitettu patokohtaisesti ja esim. vuodenajan ja olosuhteiden mukaan. Tarkoituksena on havaita muutokset, jotka voivat vaikuttaa padon turvallisuuteen. (Svensk Energi 2012, 26.)

Padon monitorointi (Dammätning): patomittausten suorittaminen patokohtaisen patoluokkaan ja padon erityisolosuhteisiin sovitettun mittausohjelman mukaan, jota päivitetään tarpeen mukaan. Tarkoituksena on osoittaa muutokset ja luoda pohja pitkäaikaiselle kunnonarvioinnille. (Svensk Energi 2012, 26.)

Toiminnallinen testaus (Funktionsprovning): juoksutus- ja muiden järjestelmien toiminnallinen testaus laitoskohtaisten ohjeiden ja/tai tarkistuslistojen mukaisesti. Tämä suoritetaan vähintään vuosittain, mielellään ennen tulvakautta. Toiminnalliset testit kattavat padon käyttöjärjestelmän ja varakäyttöjärjestelmän testauksen, kuin myös suojaus- ja valvontatoiminnot. (Svensk Energi 2012, 26.)

Tarkastus (Inspektion): patoluokasta riippuen 1–2 kertaa vuodessa suoritettava tarkastus, eli vuosi- tai puolivuositarkastus, joka käsittää kaikki patoturvallisuuden kannalta tärkeät järjestelmän osat. Tarkoituksena on arvioida säännöllisesti kaikki muutokset ja varmistaa turvallisuus. Suoritetaan yleensä tarkastuslistan avulla. (Svensk Energi 2012, 27.)

Syvennetty tarkastus (Fördjupad inspektion, lyhenne FI): patoluokasta riippuen on 3–6 vuoden välein suoritettava perusteellinen tarkastus. Tarkoituksena on saada toistuva asiantuntija-arvio mittaustuloksista, mahdollisista virheistä tai puutteista tai muista muutoksista, jotka vaikuttavat patoturvallisuuden arviointiin. Perusteellinen tarkastus kattaa kaikki padon turvallisuuden kannalta oleelliset osat. Jos padolla on laaja tai edistyksellinen mekaaninen ja sähköinen käyttölaiteisto, tarvitaan asiantuntemusta rakennustekniikan, mekaniikan ja sähkötekniikan aloilta. Tarkastukseen

liittyy myös vuosien aikana kertyneen mittaustiedon ja silmämääräisten havaintojen analysointi. (Svensk Energi 2012, 27.)

Syvennetty patoturvallisuusarviointi eli kuntoarvio (Fördjupad dammsäkerhetsutvärdering, lyhenne FDU): Tätä on käsitelty omassa luvussaan, koska on tämän opinnäytetyön kannalta tärkeä ilmiö.

6.4 RIDASin syvennetty patoturvallisuusarviointi eli kuntoarvio (FDU)

Syvennetty patoturvallisuusarviointi eli kuntoarvio on ollut tämän opinnäytetyön erityisenä kiinnostuksen kohteena, koska tällainen määräajoin suoritettava perusteellinen padon kuntoarviointi Suomen käytännöistä puuttuu.

RIDAS 2012 mukaan patoluokasta riippuen 9–18 vuoden välein tehtävä perusteellinen kuntoarviointi, jonka keskeinen tarkoitus on määritellä padon turvallisuustila verraten sitä nykyisiin turvallisuusvaatimuksiin. Nykyisillä turvallisuusvaatimuksilla tarkoitetaan lakien, asetusten, mahdollisesti tiukennettujen normien lisäksi mahdollisia padon mitoitusvirtaaman muutoksia. Arviointi on kattava ja systemaattinen analyysi ja patokokonaisuuden turvallisuuden arviointi, joka perustuu kaikkien turvakomponenttien ja koko järjestelmän kokonaisanalyysiin. Arviointi sisältää kaikkien padon osien tarkastuksen, toiminnan testauksen, toiminnan arvioinnin, käyttökokeusten arvioinnin, suunnitteluolosuhteiden ja suunnitteluasiakirjojen tarkastelun ja arvioinnin sekä ns. DTU-käsikirjan (vastaa Suomen patoturvallisuuskansiota) ja valmiussuunnitelman ottaen huomioon nykyiset turvallisuuskriteerit ja vaatimukset. Arviointi sisältä myös käyttökokeusten analyysin ja turvallisuustyön organisoinnin. (Svensk Energi 2012, 27–28.) Lääninhallituksille tehdyn vuosiraportoinnin perusteella oli vuonna 2018 tehty FDU 77 prosenttia luokitelluista padoista (Svenska kraftnät 2019b, 7).

Vanhan patoluokituksen mukaan vakavimman vahingonvaaran aiheuttaville 1+-luokan padoille kuntoarvio tehdään kerran yhdeksässä vuodessa, luokan 1 padoille kerran 12 vuodessa ja luokan 2 padoille kerran kahdeksassatoista vuodessa. Asiantuntijaryhmä suorittaa arvion kaiken käytettävissä olevan tiedon pohjalta analy-

soimalla kattavasti padon osat ja kokonaisuuden turvallisuuden kannalta. Asiantuntijaryhmässä on oltava edustettuna hydrologian ja hydraulikan (aallot, tulvat, juoksutukset, virtaukset, vedenkorkeudet, energian muuntaminen jne.), geotekniikan ja geohydrologian (maapadot, perustukset, vuoto, eroosio jne.), betonitekniiikan (betonipadot, stabiliteetti, vesiväylät, materiaalitiedot), mekaniikan (luukut, nostolaiteet) ja sähkötekniikan (voimansyöttö, varavoima, automaatio, signaalinlähetyt jne.) alojen asiantuntijat/konsultit. (Svensk Energi 2011, 8–9.)

Tavoitteena on tunnistaa patokokonaisuuden rakennesuunnitteluun, rakentamiseen ja käyttöön liittyvät puutteet. Esimerkki kuntoarvion työkulusta *RIDAS 2012* mukaan on:

1. Padon omistaja kokoaa asiantuntijoista koostuvan ryhmän vastaamaan yleis- ja erityisosaamisen tarpeeseen. Ennen asiantuntijoiden valintaa pohditaan patokokonaisuuden historiaa, onko ollut erityisongelmia, jotka edellyttävät erityisosaamista, patotyyppiä, juoksutusrakenteiden tyyppiä jne. Erityisesti 1+-luokkaan kuuluvan padon kohdalla harkitaan kansainvälisen osaamisen värväämistä. Valvontaviranomaiselle on tarjottava mahdollisuus osallistua tarkkailijana erityisesti 1+-luokan padon kuntoarviointiprosessiin. Padon omistajan on järjestettävä asiantuntijaryhmän käyttöön kaikki mahdollinen dokumentaatio, kuten rakennusaikaiset piirustukset ja asiakirjat. Kuntoarvion suorittamisen jälkeen padon omistaja laatii tunnistetuista heikkouksista ja puutteista aikataulutetun toimintasuunnitelman. (Svensk Energi 2011, 8–9.)

2. Asiantuntijaryhmä laatii ohjelman kuntoarvion suorittamiselle, jakaa tehtävät ja vastuualueet jäsenten kesken. Kaikkia turvallisuuskäsitteitä korostetaan ja rajapinnoista huolehditaan, ettei mikään osa-alue jäisi pimentoon. Työohjelmassa on ainakin seuraavat osat:

- Patorakennelman yleisanalyysi, jossa määritellään rakenteen toimintatapa kuormitusten käsittelemisessä, tutkitaan patoaukkojen toimintaa ja muotoilua sekä energian muuntamista (Svensk Energi 2011, 9).
- Tarkastellaan patoa koskevia käytettävissä olevia dokumentteja tutkimalla suunnitteluasiakirjat (piirustukset, laskelmat, kuvaukset jne.), rakentamista koskevat

asiakirjat (perustan vahvistukset, materiaalianalyysit, toteutusohjeet, tarkastusraportit, rakennuskokouksen pöytäkirjat jne.), DTU-käsikirja (käyttö- ja huolto-ohjeet, käyttökokemukset, kuntotarkastukset, lupavalvonta, vuotoveden mittaustulokset, huolto, tapahtumat jne.) sekä valmiussuunnitelma, jotta kuntoarviointiryhmä saa kattavan käsityksen padon olosuhteista ja sen historiasta rakentamisesta nykypäivään. Katsausta tulisi myös täydentää haastatteluilla eri henkilöstöryhmien kanssa, jotta saadaan mahdollisimman kattava kuva. (Svensk Energi 2011, 9.)

- Laaditaan palaute mitoitustulvan laskentatuloksesta sekä muista padon toiminnan hydrologisista edellytyksistä. Patoaukkojen purkukykyä arvioidaan. (Svensk Energi 2011, 9.)

- Analysoidaan rakenteen laskennalliset kuormat ja kuormitusolosuhteet. Määritetään nykyiset kuormat ja kuormitusolosuhteet, joita ovat esim. virtaukset, aallot, vesipaine, jääpaine, tulva, maanvyörymä, maanjäristys. Analysoidaan, mitä materiaaleja ja mitä suunnittelumenetelmiä käytettiin padon rakentamisessa sekä myöhemmissä muutostöissä. Lähtöparametrejä ovat esim. betonin laatu, teräksen laatu, raekokojakauma, tiivistysmenettely jne. (Svensk Energi 2011, 9–10.)

- Arvioidaan nykypäivän menetelmillä, normeilla ja olosuhteilla rakenteen kyky käsitellä mahdollisesti syntyviä kuormia mukaan lukien tulvavara. Arvioidaan turvallisuutta rikkoutumisen varalta stabiliteetin (kaato, luistaminen, lohkeaminen) ja materiaalilujuuden (taivutus, poikittaisvoimat, normaalivoimat, muodonmuutokset) kannalta. Mikäli kuormien käsittelykyvyssä tai turvallisuuteen liittyvissä asioissa on puutteita, tämän pitäisi johtaa perusteellisiin tutkimuksiin. (Svensk Energi 2011, 10.)

- Suoritetaan padon perusteellinen tarkastus ja tutkitaan erityisesti puutteita tai virheitä, jotka vaikuttavat suoritettujen laskelmien tuloksiin vakauden ja materiaalilujuuden suhteen. Esimerkkejä tällaisista vioista ja puutteista ovat materiaalien hajoaminen halkeamien, korroosion ja sään vaikutuksesta. Muita huomioon otettavia olosuhteita ovat muodonmuutosten, eroosion ja kulumisen aiheuttamat muutokset. Tarkastuksen yhteydessä suositellaan juoksutusrakenteiden sekä kaikkien niihin liittyvien toimintojen testausta. Erityistä huomiota kiinnitetään luukkujen toimintaan sekä patoaukkojen tukkeutumisriskiin. (Svensk Energi 2011, 10.)

3. Asiantuntijaryhmä analysoi patolaitoksen turvallisuutta asiakirjoista, haastattelusta, tarkastuksista ja laskelmista kerättyjen tietojen ja vaikutelmien perusteella. Kokonaisturvallisuuden arvioinnilla tarkoitetaan perinteisten "kovien" osatekijöiden lisäksi myös "pehmeitä" osatekijöitä, kuten patoturvallisuustöiden organisointia, varautumista ja dokumentointia. Kuntoarvioitsijoiden tehtävänä on varmistaa, että arviointi on kattavaa ja järjestelmällistä. Arvioinnissa on oltava mukana kaikki yksittäiset turvallisuustekijät, jotka johtavat padon turvallisuusanalyysiin. (Svensk Energi 2011, 10.)

Luokkiin 1+ ja 1 kuuluvien patojen kohdalla sopiva toiminatapa voi olla tilanneanalyysin suorittaminen tai tarkistaminen ja siihen liittyvä vikatilän analyysi, turvallisuusanalyysin suorittaminen ja nykyisen turvallisuustilan määrittäminen asetettuun vaatimustasoon nähden. Arvioinnista tehdään kirjallinen raportti, jossa kuvataan arkistotietojen, operatiivisten kokemusten, organisaation, valmiuden ja osaamisen tarkastelun aikana esiin tulleet seikat. Lisäksi raportoidaan perusteellisen tarkastuksen ja arvioinnin tulokset. (Svensk Energi 2011, 10.)

Asiantuntijaryhmä voi myös esittää arvion padon yleisestä turvallisuudesta sekä ehdotuksia mahdollisista toimenpiteistä. Raportti on suunniteltava siten, että lukija, jolla on näkemys patorakennelmista, saa käsityksen sisällöstä ilman padolla käyntiä, mikä tarkoittaa raporttiin liitettäviä pääpiirustuksia, valokuvia, mittausten kokoamista jne. (Svensk Energi 2011, 11.)

Kysymyksenasettelua kuntoarvion teossa on käsitelty *RIDASin* osassa nro 6 – *Tillsåndskontroll, felrapportering och underhåll*. Kyseisessä oppaassa on kuntoarviolle laadittu runko, joka on jaoteltu seuraaviin osioihin: *maapadot, purkautuminen, betonirakenteet, mekaaniset laitteet, sähkötekniset laitteet, organisaatio, varautuminen ja dokumentointi* sekä *tulvavara*. Koska padot ovat yksilöllisiä rakenteen, materiaalien ja kokonaisuuden perusteella, on tarkastuslista viitteellinen runko. Jokaisen patokokonaisuuden kohdalla on myös muita merkityksellisiä tarkasteltavia asioita, joihin olosuhteet vaikuttavat. (Svensk Energi 2011, 17–20.) *RIDASin* kuutososassa on myös syvennetylle tarkastukselle tarkastuslista, jota voidaan käyttää soveltaen tarkastuksen runkona (Svensk Energi 2011, 14–16). Kaivospadoille on *GruvRIDA-Sissa* oma tarkastuslista kuntoarviointia varten (Svensk Energi AB / SveMin 2010, 8–11).

Ruotsin syvennetyn patoturvallisuusarvioinnin eli kuntoarvion tärkeä tavoite on verrata padon ominaisuuksia ja toimivuutta nykypäivän vaatimuksiin. Kuntoarvion tekeminen on saattanut paljastaa puutteita padon toimivuudessa. Esimerkiksi patojen hydrologisia mitoituksia on Ruotsissa jouduttu tarkistamaan vastaamaan muuttuneita hydrologisia olosuhteita (Laasonen 2020b) ja juoksutuskapasiteettia on pitänyt kasvattaa patojen rakenteellisilla muutoksilla.

6.5 RIDAS 2019 mukainen padon kunnonvalvonta- tai tarkastustoiminta

RIDAS 2019 päädokumentissa padon kunnossapitotoiminnasta sanotaan, että padoilla tehdään erityyppisiä tarkastuksia ja kunnossapitotoimenpiteitä, joiden tarkoitus, laajuus ja tiheys vaihtelevat. Ensimmäiset viisi toimintaa olisivat tarkkailua koskevia. (Svensk Energi 2019, 32.)

Operatiivinen tarkastus (Driftmässig inspektion): tarkoituksena on havaita muutokset, tunnistaa toimintahäiriöt tai olosuhteet, jotka voivat vaikuttaa turvallisuuteen ja toimintaan. Operatiivinen tarkastus suoritetaan silmämääräisesti. Tarkastuksessa keskitytään osiin, joilla on suuri merkitys turvallisuuden kannalta painopistettä ja laajuutta kuvaavan ohjeen avulla. Tarkastuskäynti kirjataan ylös yleensä tarkastuslistan avulla. Operatiivinen tarkastus suoritetaan viikoittain tai kuukausittain riippuen padon turvallisuusluokasta ja muista olosuhteista. (Svensk Energi 2019, 32–33.)

Tarkastus (Inspektion): tarkoituksena on tunnistaa ja arvioida toimintahäiriöt ja huonontuneet olosuhteet. Silmämääräinen patoturvallisuuden kannalta tärkeiden osien tarkastus, jonka yhteydessä mielellään suoritetaan todentamistestit. Tarkastuksen laajuus on mukautettu patokokonaisuuteen ja patojen turvallisuusluokkaan. Tarkastuksessa verrataan padon nykytilaa alkuperäiseen suunniteltuun rakenteeseen huomioiden kaikki jälkeinpäin tehdyt muutokset. Tämä suoritetaan laajuutta ja painopistettä kuvaavien ohjeiden mukaan. Tarkastus sisältää operatiivisen tarkastuksen ja todentamistestin asiakirjojen tarkastelun. Tarkastus suoritetaan yleensä vähintään kerran vuodessa, mutta suuren säännöstelyvaihteluvälin omaaville patoaltaille tarkastus on aiheellista suorittaa sekä matalan että korkean vedenkorkeuden aikana. (Svensk Energi 2019, 33.)

Syvennetty tarkastus (Fördjupad inspektion): tarkoituksena on saada kattava asiantuntija-arvio ajankohtaisista tiedoista ja arvio patoturvallisuudesta perustuen nykyisten olosuhteiden ja nykyvaatimusten vertailuun. Huolellisen silmämääräisen tarkastelun kautta tunnistetaan toimintahäiriöt ja huonontuneet olosuhteet. Häiriöiden ja huonontuneiden olosuhteiden vuorovaikutus, patomittauks tulokset sekä ajan mittaan odotettavissa oleva kehitys analysoidaan ja arvioidaan. Perusteellinen tarkastus kattaa kaikki laitoksen osat, yksiköt ja toiminnot, jotka ovat tärkeitä patoturvallisuuden kannalta. Tarkastus suoritetaan yleensä laajuutta ja painopistettä kuvaavien ohjeiden mukaisesti. Perusteellinen tarkastus sisältää käyttökokemusten analyysin sekä muiden tarkastusten, todentamistestien ja kunnonvalvonnan tulokset. Suoritaan vähintään kerran viidessä vuodessa luokkiin A ja B kuuluville padoille ja vähintään kerran kymmenessä vuodessa luokkiin C ja D kuuluville padoille. (Svensk Energi 2019, 33.)

Kunnonvalvonta (Tillståndsovervakning): sisältää padon monitoroinnin padon tilan ja toiminnan analysoimiseksi sekä padon käytönvalvonnan. Mittaustiedot kerätään mahdollisten muutosten seuraamiseksi ja arvioimiseksi sekä perustaksi kohteen kunnon pitkäaikaiselle arvioinnille. Kunnonvalvonnan ja operatiivisen tarkastuksen välillä ei ole selkeitä rajoja. Patokokonaisuuden kunnonvalvonnan tarve määritellään patokohtaisessa analyysissä yleensä padon turvallisuusarvioinnin (dammsäkerhetsutvärdering) yhteydessä. (Svensk Energi 2019, 33–34.)

Varmennustesti/Todentamistesti (Verifikationstest): tehdään kaikille mekaanisille ja sähköisille järjestelmille, joita käytetään patokokonaisuuden toiminnassa ja kunnonvalvonnassa. Tällä varmistetaan ja ylläpidetään korkeaa turvallisuutta ja toimivuutta. Testaus kattaa juoksutus- ja jäänpoistolaitteet, vedenkorkeuden mittaus-, patomittaus-, seuranta-, hälytys- ja viestintälaitteet sekä järjestelmät. Myös patoturvallisuuden kannalta tärkeät rakennustekniset asennukset, kuten kuivatusjärjestelmä, vedenkorkeusputket ja teräsrakenteet sisältyvät tähän. Todentamistestit suoritetaan laitospäätöisen tarkistuslistan mukaan vähintään vuosittain ennen normaalia tulvajaksoa. (Svensk Energi 2019, 34.)

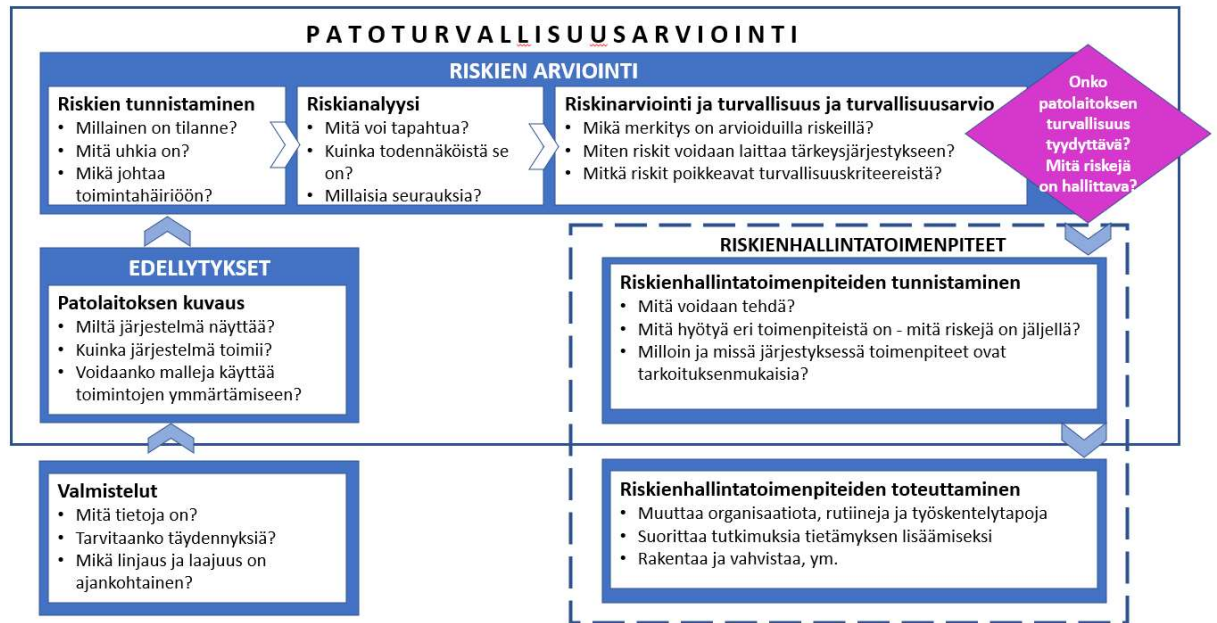
Toiminnan tarkastus (Funktionskontroll) tarkoittaa komponentin tai järjestelmän suunnitellun toiminnan teknistä valvontaa valmistuneen työn tai suoritettujen muutosten jälkeen. Tämä suoritetaan aina niille osille ja yksiköille, joihin toteutuneet toimenpiteet ovat saattaneet vaikuttaa. (Svensk Energi 2019, 34.)

Rutiinihuolto (Rutinmässigt underhåll): säännöllinen huolto ylläpitää hyvää patoturvallisuutta ja on edellytys hyvin toimivalle laitokselle (Svensk Energi 2019, 34).

6.6 Mitä FDU:n tilalle?

RIDAS 2019 -versiossa ei enää ole mukana padon kuntoarviointia eli FDU:ta. Koska kuntoarvioita alettiin suorittamaan ensimmäisen RIDASin ilmestyttyä 1997, on entisen luokittelujärjestelmän mukaisille 1+-luokan padoille ehditty tehdä kuntoarviointi 1–2 kertaa ja 1- ja 2-luokan padoille kerran. Tämän tyyppistä kuntoarviointia ei ole katsottu enää tarpeelliseksi tehdä (Engström 2019). Sen ikään kuin korvaa helhetsbedömning eli kokonaisarviointi, jota aletaan tekemään kaikille luokitelluille padoille jatkossa 10 vuoden välein, tarvittaessa useammin (Häggström 2020). Kokonaisarviointi on osa patoturvallisuusarviointia (Svensk Energi 2019, 17).

RIDAS 2019 -päädokumentissa kerrotaan, että patoturvallisuusarviointi suoritetaan kokonaiskuvan saamiseksi patolaitoksen turvallisuudesta, riskeistä ja niiden hallinnasta. Kokonaisvaltaisen ja järjestelmällisen arvioinnin perusteella on mahdollista arvioida, onko pato riittävän turvallinen, päättää tarvittavista teknisistä ja organisatorisista toimenpiteistä sekä hankkia pohjatietoa ulkoista ja sisäistä raportointia varten. Patoturvallisuusarvioinnissa huomioidaan riskianalyysiä koskevat lainsäädännön vaatimukset, jotka koskevat patoturvallisuutta: vaikutusarviointi ja kokonaisarviointi, vaaralliseen toimintaan liittyvä riskianalyysi, terveys- ja ympäristöriskien tutkiminen ja analysointi, sähköön liittyvän varautumisen riski- ja haavoittuvuusanalyysi sekä antagonistisiin uhkiin liittyvä turvallisuusanalyysi. (Svensk Energi 2019, 17.) Kuviossa 13 on uusi patoturvallisuusarviointimenettely esitetty kuviona.



Kuvio 13. RIDAS 2019: Patoturvallisuusarviointi – askeleet ja kysymyksen asettelu (suomennettu) (soveltaen Svensk Energi 2019, 18).

Patoturvallisuusarviointiin liittyvä kokonaisarviointi laaditaan patoluokkien A, B ja C padoille joka kymmenes vuosi ja se raportoidaan lääninhallitukselle (Svensk Energi 2019, 26). Patoturvallisuusarvion elementtejä ovat valmistelu (förberedelser), patolaitoksen tai patokokonaisuuden kuvaus (beskrivning av dammanläggningen), riskien tunnistaminen (riskidentifiering), riskianalyysi (riskanalys), riskinarviointi ja turvallisuusarvio (riskvärdering och säkerhetsbedömning), riskinhallintatoimenpiteiden tunnistaminen (identifiering av riskhanteringsåtgärder) sekä riskinhallintatoimenpiteiden toteuttaminen (genomförande av riskhanteringsåtgärder) (Svensk Energi 2019, 18). Tarkempi patoturvallisuusarviointia koskeva sovellusohjeisto on valmistumassa loppuvuonna 2020.

6.7 Norjan patoturvallisuuskäytännöistä

Öljy- ja energiaministeriön alaisuudessa toimiva Norjan vesivara- ja energialaitos NVE eli Norges vassdrags- og energidirektorat toimii patoturvallisuusviranomaisena Norjassa. Patojen omistajat ovat vastuussa patorakenteidensa turvallisuudesta. NVE:n vastuulla on varmistaa, että padonomistajat noudattavat laissa ja asetuk- sissa annettuja turvallisuusvaatimuksia. Patoturvallisuusjaoston tehtävänä on pato-

jen ja niihin liittyvien rakenteiden valvonta, rakennus- ja kunnostussuunnitelmien hyväksyminen sekä patoturvallisuuden oikeuskäytännön hallinto sekä uusien teknisten ohjeiden kehittäminen. (Norges vassdrags- og energidirektorat 2018.)

Voimassa oleva vesistö- ja pohjavesilaki (vesivaralaki) on annettu vuonna 2001. Vesivaralain säännökset vesistöalueiden turvallisuudesta (patoturvallisuusmääräykset) tulivat voimaan 1.1.2010. (Norges vassdrags- og energidirektorat 2015.)

Julkisen valvonnan tehtävä on varmistaa Norjassa sijaitsevien patojen ja niihin liittyvien rakenteiden yhtenäinen korkea turvallisuustaso ja varmistaa, että nämä rakenteet eivät muodosta uhkaa hengelle, omaisuudelle tai ympäristölle. Merkittävän vahingonvaaran aiheuttavien (luokat 4, 3, 2 ja 1) patojen määrä on noin 2400 kpl. Myös 0-luokan padot, joilla on vain vähäisiä vahinkovaikutuksia, ovat lainsäädännön puitteissa julkisen valvonnan alaisia ja on sisällytetty NVE:n ylläpitämään rekisteriin. Patorekisterissä olevien patojen kokonaismäärä on noin 3600 patoa. Yli 360 kpl näistä padoista luokitellaan luokkien 4 ja 3 padoiksi (vakavimmat seurausluokat). Suuria yli 15 metrin korkuisia patoja on 343 kpl. Patorekisteri sisältää myös joitain teknisiä tietoja muille rakenteille, kuten nielurakenteille, tulokanaville, tunneleille ja kanaville. (Norges vassdrags- og energidirektorat 2018.)

6.8 Patojen kunnonvalvonta- ja tarkastustoiminta Norjassa

Patoturvallisuusohjeet uudistettiin vuonna 2009. Ne pohjautuvat patojen luokitteluun ja erillisvaatimuksiin perustuvaan riskifilosofiaan. Tiukimmat vaatimukset on asetettu korkeimpien vahinkoseurausluokkien patoille. NVE priorisoi korkeimpien vahinkoseurausluokkien padot eli luokat 4, 3 ja 2. (Norges vassdrags- og energidirektorat 2018.)

Patoturvallisuusohjeet löytyvät NVE:n internetsivuilta. Norjan patoturvallisuuslaki poikkeaa Suomen vastaavasta mm. siten, että siellä on asetettu patoturvallisuusmääräyksissä teknisiä vaatimuksia padoille esimerkiksi koskien eri patoluokkiin kuuluvien patojen instrumentointia ja mittauksia (vedenkorkeus, muodonmuutos, vuotovesi, huokospaine) (Lovdata 2010.)

Padon seurannalle on oltava suunnitelma, jossa on kuvattu sisäinen valvonta, instrumentointi, mittaukset, mittaussparametrien raja-arvot sekä muu tarpeellinen seuranta. Seurantasuunnitelma ja seurannan tulokset dokumentoidaan. Tämä vastannee padon jatkuvaa tarkkailua ja monitorointia. (Lovdata 2010.)

Padon sisäiseen valvontaan kuuluu **säännöllinen valvonta** (periodisk tilsyn), **päävalvonta** (hoved tilsyn) sekä **erityisvalvonta** (spesielt tilsyn). Kaikkien tarkastustyyppien suorittajille on määritetty pätevyysvaatimukset. (Lovdata 2010.) Ruotsin tapaan Norjassakin puhutaan laitoksista (anlegg) tai patolaitoksista. Valvontaa koskeva opas löytyy NVE:n sivuilta *Overvåking av vassdragsanlegg 2019*. Sieltä löytyy tarkastuslistoja valvontaan, lisätietoja instrumentoinnista ja mittauksista yms. (Grzanic, Molkersros & Norum 2019).

Säännöllinen valvonta suoritetaan luokkien 1–4 patolaitoksille vähintään kerran vuodessa. Se suoritetaan määritellyssä laajuudessa ja se sisältää mm. kerätyn mittaus-tiedon tarkistamisen. (Lovdata 2010.) Tämä vastannee Suomen vuositarkastusta.

Päävalvonta suoritetaan luokkien 2–4 patolaitoksille vähintään kerran viidessä vuodessa ja 1-luokan patolaitoksille vähintään kerran seitsemässä vuodessa. Tässä tarkastellaan säännöllisen valvonnan tuloksia, tehdään kattava tarkastus padon toimivuudesta sekä arvioidaan seurantarpeet ja -tulokset sekä mahdollinen tarve nopeutetulle padon uudelleenarvioinnille. (Lovdata 2010.) Tämä vastaa suurin piirtein Suomen määräaikaistarkastusta.

Eriyisvalvonta suoritetaan luokkien 1–4 padoille poikkeavien tilanteiden tai patolaitosten suurten rasitusten aikana tai jälkeen. Tavoitteena tässä on tutkia, kuinka järjestelmä kestää tai on kestänyt kohtaamansa rasitukset. (Lovdata 2010.)

Revurdering eli **uudelleenarviointi** suoritetaan patoluokille 2, 3 ja 4 vähintään 15 vuoden välein ja 1-luokan padoille vähintään 20 vuoden välein (Lovdata 2010). Uudelleenarviointi muistuttaa Ruotsin kuntoarviointia eli FDU:ta. Toisaalta Norjan patoviranomaisen mukaan Ruotsin FDU:ssa on myös Norjan *hoved tilsynin* eli päävalvonnan elementtejä. (Grzanic 2020.) Siinä tehdään patolaitoksen perusteellinen tutkimus ja kuntoanalyysi, jonka perusteella selvitetään laitoksen turvallisuustaso. Tut-

kimus kattaa laitoksen kaikki osat ja siitä tehdään raportti. Myös uudet tulvalaskelmat suoritetaan, mikäli edellisistä on kulunut tietty aika. Uudelleenarvioinnin suorittaa eri alan riippumattomista asiantuntijoista koostuva ryhmä. Uudelleenarviointiraportti lähetetään NVE:lle hyväksyttäväksi. Siihen on liitettävä kaikki tarvittavat tiedot, oletukset ja laskelmat sekä toimenpide-ehdotukset ja niiden edistämissuunnitelma. (Lovdata 2010.) NVE:n sivuilta löytyy opas, jossa kerrotaan uudelleenarvioinnin suorittamisesta ja vaatimuksista. Siellä on myös tarkistuslista sisällölle, johon on listattu asioita, joita on tarpeen tarkastella raportin johdannossa, arviossa, raportin pääosassa sekä liitteissä (Grzanic ym. 2018, 16–17).

6.9 Väyläviraston taitorakenteiden tarkastusjärjestelmä

Liikennevirasto, jonka nimi vaihtui Väylävirastoksi vuonna 2019, vastaa Suomen tie- ja rataverkosta sekä vesiväylistä. Se on laatinut ohjeistuksia taitorakenteidensa, kuten kanavien tai siltojen tarkastukseen osana taitorakenteiden hallintajärjestelmää. Näitä ohjeita voidaan hyvin soveltaa myös muiden tahojen omistamien, esim. silta- rakenteiden rakenteiden tarkastuksissa (Liikennevirasto 2013, 8). Tarkastusohjeiden lisäksi on ohjeita erikoistarkastuksesta. Ohjeistusten päämääränä on saada tarkastuksista mahdollisimman yhdenmukaista ja koko maan laajuisesti vertailukelpoista tietoa riippumatta tarkastuksen suorittajasta ja muista tekijöistä.

Väyläviraston taitorakenteita eri väylämuodoilla eli teillä, radoilla ja vesiväylissä ovat sillat, laiturit, tunnelit, tukimuurit, paalulaatat, pumppaamot, pylväasperustukset, rummut, kallioleikkaukset, avattavat sillat, avokanavat, sulkukanavat, patorakenteet ja lapporakenteet (Liikennevirasto 2011, 11).

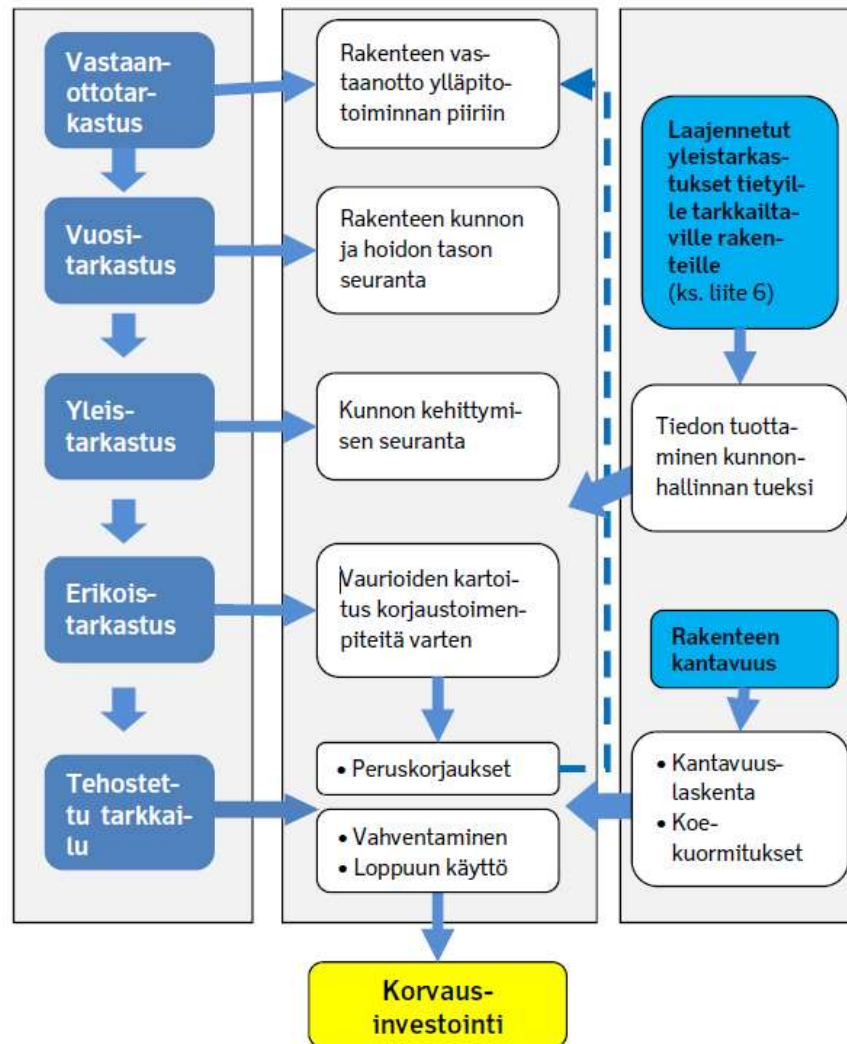
Taitorakenteita ovat kaikki sellaiset rakenteet, joiden rakentamiseksi on laadittu lujuuslaskelmiin perustuvat suunnitelmat ja joiden rakenteellinen vaurioituminen suunnittelu- tai rakennusvirheen seurauksena saattaa aiheuttaa vaaraa ihmiselle tai liikennejärjestelmälle ja/tai merkittäviä korjauskustannuksia rakenteelle tai sen välittömälle ympäristölle (Liikennevirasto 2013, 8).

Taitorakenteille suoritetaan erilaisia tarkastuksia niiden koko käyttöiän ajan. Tarkastustoiminnan tarkoituksena on seurata taitorakenteiden kuntoa ja saada selkeä ja

riittävän luotettava käsitys siitä korjaus- ja laajennusinvestointien aikataulutusta ja niihin varautumista varten. (Liikennevirasto 2013, 47.) Näin varmistetaan rakenteiden toimivuus ja turvallisuus ja sitä kautta liikenneturvallisuus hyvän ja oikea-aikaisen hoidon ja ylläpidon kautta kustannustehokkaasti. Tarkastustyypejä ovat säännöllisesti suoritettavat **vuosi-** ja **yleistarkastukset**. **Erikoistarkastus** tehdään tarpeen vaatiessa. **Vastaanotto-, käyttöönotto** ja **takuutarkastuksia** tehdään korjaus- ja rakentamistoimenpiteisiin liittyen (Liikennevirasto 2016, 42). Joskus tilanne vaatii rakenteen asettamisen **tehostettuun tarkkailuun** (Liikennevirasto 2013, 70). Tarkastusmenetelmät tarkastustyypeittäin on lueteltu Taitorakenteiden tarkastusohjeessa. Menetelmien pääluokkia ovat näköhavainnot, rakenteiden mittaus, optiset kojeelliset mittausmenetelmät, muut mittaukset, pintatestaus ja erikoistutkimukset (Liikennevirasto 2013, 77).

Tarkastusten suorittajalla on oltava taitorakenteiden tarkastajan pätevyys, joka saadaan suorittamalla hyväksytysti taitorakenteiden tarkastajakurssi sen lisäksi, että muut pätevyysvaatimukset täyttyvät. Väylävirasto järjestää taitorakenteiden tarkastajakursseja sillantarkastajaksi, vesirakenteiden tarkastajaksi ja tunnelitarkastajaksi. Lisäksi tarkastajapätevyyden saavuttamiseksi koulutetaan rakennekohtaisesti taitorakennerekisterin ylläpitoon, koska tarkastustoimintaan liittyy rakenteen tietojen tallentaminen taitorakennerekisteriin.

Tarkemmat ohjeistukset yleis- ja erikoistarkastuksiin on laadittu rakenteille, joita Väyläviraston väyläomaisuudessa eli maanteilla, rautateilla ja vesiväylillä on volyymiltaan enemmän eli esimerkiksi silloille.



Kuvio 14. Väyläviraston taitorakenteiden tarkastusjärjestelmä (Liikennevirasto 2013, 52).

Vuositarkastus (lyhenne VT) suoritetaan vuosittain ja siinä havainnoidaan rakenteiden kunto sekä tarkastetaan rakenteen hoidon taso silmämääräisesti. Havaitut vauriot kirjataan ylös ja niistä tiedotetaan tilaajaa. Pahempien vaurioiden tarkastus siirretään yleistarkastukseen tai tutkitaan erikoistarkastuksessa. Tarvittavat hoito- ja kunnostustoimenpiteet kirjataan myös. (Liikennevirasto 2013, 54.)

Yleistarkastus (YT) on taitorakenteiden pääsääntöinen tarkastustyyppi, joka suoritetaan 3–10 vuoden välein, mutta pääsääntöisesti 5–10 vuoden välein. Pääsääntöisesti silmämääräisessä tarkastuksessa kirjataan ylös rakenteen mahdolliset vauriot, laajuus, vakavuus, kiireellisyys sekä tehdyt korjaukset tarkastuskäsikirjassa ohjeistetulla tavalla vuositarkastusta tarkemmin. (Liikennevirasto 2013, 54–55.)

Tarkastaja määrittelee päärakenneosien yleiskunnon sekä koko taitorakenteen kunnan rakenteen ominais- ja vauriotietojen perusteella eli tekee kuntoluokituksen, jossa rakenteen yleiskunto on arvioitu skaalalla 0–4, jossa arvoisana 0 on uutta vastaava kunto ja arvosana 4 on erittäin huono. Vauriopistesumman pohjalta lasketaan taitorakenteelle yleiskuntoarvo, jonka pohjalta rakenteet jaetaan kuntoluokkiin, joita on viisi erittäin hyvästä erittäin huonoon. (Liikennevirasto 2013, 45.) Mikäli havaitaan vakavia vaurioita, voidaan rakenne asettaa tehostettuun tarkkailuun tai tutkittavaksi erikoistarkastuksessa. Suurille vesistö- ja terässilloille tehdään suuren kokonsa tai muun erityisominaisuutensa takia välillä laajennettuja yleistarkastuksia, jotka pitävät sisällään esim. näytteenottoa. Rakenteen huonon kunnan perusteella voidaan seuraava tarkastus määrätä tehtäväksi jo 3–5 vuoden päähän, toisaalta hyväkuntoisten rakenteiden tarkastusväli voi olla 8–10 vuotta. Yleistarkastusten laatuvaatimuksia ja tarkastusohjeita on julkaistu silloille, laitureille, kanavarakenteille ja kiinteille merimerkeille. (Liikennevirasto 2013, 54–55.)

Erikoistarkastus (ET) tehdään tarpeen mukaan, kun rakenteen kunnosta tarvitaan yleistarkastusta ja silmämääräistä tarkempaa tutkimustietoa. Mikäli vuosi- tai yleistarkastuksessa todetaan, että on tarpeen selvittää jonkin rakenteen vaurioita tai kuntoa tarkemmin tai mikäli peruskorjaus alkaa olla tarpeellinen, erikoistarkastuksen kautta saadaan tietoja korjaussuunnittelua varten. Tarkastuksissa noudatetaan eri taitorakenteille laadittuja yleis- ja erikoistarkastusohjeita. Tarkastus voi kohdistua vain tiettyihin rakenteen osiin tai tiettyihin vaurioihin. Erikoistarkastuksissa on keskeistä erilaisten erikoistarkastusmenetelmien käyttö. Vaurion syy pyritään saamaan selville ainetta rikkomattomin menetelmin mittaamalla, mutta poranäytteitäkin joudutaan ottamaan varsinkin betonista. Erikoistarkastustoimeksiannoissa noudatetaan *Siltojen erikoistarkastusten laatuvaatimukset* -ohjetta, tarvittaessa soveltuvin osin muille rakenteille. Erikoistarkastus raportoidaan kirjallisesti ja siihen tulee sisältyä kunnostusehdotus kustannusarvioineen sekä aikatauluineen. (Liikennevirasto 2013, 68–70.)

Vastaanottotarkastus (VOT) on rakenteen ensimmäinen tarkastus, jossa kerätään lähtöaineisto, päivitetään rakenteen perustiedot Taitorakennerekisteriin sekä määrätään ensimmäisen yleistarkastuksen ajankohta. Tarkastuksessa vastaanotetaan urakoitsijan suorittama rakennus- tai korjaustyö. (Liikennevirasto 2013, 50.)

Tehostettua tarkkailua (TT) voidaan käyttää esim. silloin, jos jokin rakenne tai sen osa halutaan käyttää loppuun turvallisesti tai jos halutaan seurata tietäntyyppisen vaurion etenemistä liikenneturvallisuutta vaarantamatta. Tarkoituksena on määrittää rakenteen kunnon muutos aikayksikköä kohti. Rakenne voidaan asettaa tehostettuun tarkkailuun yleistarkastuksen, erikoistarkastuksen tai mahdollisten laskennallisten tarkastelujen perusteella. Tehostettua tarkkailua voidaan suorittaa myös monitoroimalla rakennetta kiinteillä mittalaitteilla ja antureilla. Tehostettu tarkkailu on suunniteltava hyvin. (Liikennevirasto 2013, 70–72.)

6.10 Pekka Vuolan kuntoarviomalli

Suomessa patojen systemaattista kuntoarviointia on viritelty 2000-luvun ensimmäisellä vuosikymmenellä. Pekka Vuolan SYKE:n aikaisella kuntoarviomallilla tehtiin kuntoarviot Pohjois-Pohjanmaan alueella sijaitsevista Raahen Haapajärven, Hautaperän sekä Uljuan padoista. P-patojen (nyk. 1-luokkaa vastaava luokka) kuntoarvioiden teko perustui maa- ja metsätalousministeriön sekä Suomen ympäristökeskuksen väliseen vuoden 2003 tulossopimukseen (Vuola 2004, 1; Vuola 2005, 1) ja tavoitteena oli kaikkien valtion P-patojen kuntoarviointi ja sitä kautta peruskorjaustarpeiden kartoitus ja priorisointi (Vuola 2020a). P-patojen kuntoarviointiprojekti jäi kuitenkin kesken ja patojen asiantuntija- ja kehittämistehtävät siirrettiin Suomen ympäristökeskuksesta eli SYKE:sta ELY-keskuksille vuonna 2010 (Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu 2020. Kuntoarviot, jotka tässä yhteydessä laadittiin, olivat kyseisiin kohteisiin sovellettuja (Vuola 2020a).

Vuolan (Vuola, Kuusiniemi & Maijala 2004) kuntoarviojärjestelmää esittelevän englanninkielisen artikkelin sekä Uljuan (Vuola 2004; Vuola 2005) ja Raahen Haapajärven (Vuola 2006) padoista tehtyjen kuntoarvioiden raporttien rakenteen mukaan tämän kuntoarviomallin arvioitavat näkökohdat on jaettu neljään pääluokkaan (oma käännös englanninkielisestä lähteestä):

- a) ulkoinen eroosio, mukaan lukien jäiden aiheuttama eroosio
- b) sisäinen eroosio sekä padon salaojitus ja kuivatus, erityisesti

- sisäinen stabiliteetti, itsesuodattuvuus ja kunkin kerroksen erottelu
- suodatinkriteerit kerrosrajapinnoissa
- padon moreenisydämen, suodattimen ja maaperän suotautuminen
- roudan vaikutukset
- virtaus putkistossa, mukaan lukien rautasaostumien aiheuttamat tukkeumat
- liityntärakenteet

c) luiskan ja pohjan stabiliteetti

d) lisänäkökohdat, erityisesti

- taustan kuivatusojat, pintakuivatus
- kasvillisuus
- turvallisuustarkkailu
- kunnossapito
- liikenne ja muu padonkäyttö (padon liikennekäyttö) liikennöinti padolla
- toimintaedellytykset kriisitilanteissa.

Kuntoarvioprosessin tulos on dokumentti, jossa esitetään padon historia, nykyiset olosuhteet, vaara- ja riskiluokitus sekä suositus korjaustoimia varten. Uljuan kuntoarviossa on lisäksi mm. tarkasteltu hydrologisen mitoituksen aineistoja. (Vuola, Kuusiniemi & Maijala 2004.)

Tämän kuntoarvioinnin alustavien tulosten perusteella on kerrottu, että sisäinen eroosio ja padon salaoitusjärjestelmä ym. näkökohdat ovat kuntoarvion keskiössä, kun taas ulkoisen eroosion ja stabiliteettikysymysten merkitys on vähäisempi. Lisäksi Suomen olosuhteissa padoilla on erityisilmiönä pakkasen vaikutukset esim.

jäälinssien muodostamisessa, joka voi johtaa maaperän löystymiseen ja lisääntyvään eroosiosuonen (piping) syntyminen uhkaan sekä ruostesakkailmiön aiheuttama salaojajärjestelmän tukkeutuminen. (Vuola, Kuusiniemi & Maijala 2004.)

Vuolan laatimissa kuntoarvioissa on käytetty lähtötietona olemassa olevia teknisiä ja historiatietoja, kuten padon turvallisuuskansiota, alkuperäisiä suunnitelma-asiakirjoja, korjauksien suunnitelma-asiakirjoja, rakentamisen ja korjauksen aikaisia laadudokumentteja, käyttöaikana tehtyjen tarkastusten dokumentteja sekä käyttöajan tarkkailumittausdokumentteja. Nämä pitävät sisällään mm. suunnitteluajaiset maaperätutkimukset, rakennusaikaiset laadunvalvontatellit ja käytönaikaiset routasyvyys-, pohjavesipinta- ja suotovesimittaukset, mikäli saatavissa. Menetelminä on käytetty Fullerin käyrän soveltamista maaperän aktiivisen osan raekokoja-kauman selvittämiseksi ja Foster- ja Fell-suodatinkriteerien muuttamista käytännön toiminnalle sekä sumean logiikan periaatteen hyödyntämistä. Lisäksi pato on katselmoitu maastossa. Raahen Haapajärven padon kuntoarvioinnin yhteydessä myös padon rakentajia, kunnossapitäjiä ja valvovia viranomaisia on haastateltu (Vuola 2006). Vaaratekijöiden ja riskitason tuntemusta on tarvittu korjaustöiden aikataulun laadinnassa. (Vuola, Kuusiniemi & Maijala 2004.)

6.11 Uljuan Arkkusaaren ja Tulisaaren patojen kuntoarvioiden tuloksista

Uljuan Arkkusaaren ja Tulisaaren patojen kuntoarviot tehtiin 2003–2005 SYKE:ssä tuolloin työskennelleen Vuolan toimesta. Voimayhtiölle kuuluvien voimalaitoksen ja säännöstelypadon kuntoa ei arvioitu. Uljuan tekoaltaan patojen historiaan liittyy kaksi vakavaa sisäisen eroosion aiheuttamaa häiriötilannetta: ensitäytön yhteydessä vuonna 1970 sekä vuototilanne vuonna 1990. Padossa on ollut siten alun perinkin vakavaa rakenteellista vikaa. Kuntoarvioissa suosituksia korjaustoimista annettiin seuraavasti Arkkusaaren padolle:

- määrän puolen luiskan verhouksen korjaaminen
- kunnollisten suodattimien rakentaminen
- puuttuvien huoltotieyhteyksien rakentaminen

- suotovesien tarkkailujärjestelmän rakentaminen (uusi kuivatusjärjestelmä).

Tulisaaren padolla korjattiin myöskin märän puolen luiskan verhousta. Lisäksi vyöhykepadon korjausratkaisua pohdittiin aivoriihessä vuonna 2005 (Suurpadot Suomen osasto ry 2010, 118), jossa päädyttiin kuivan puolen tukipenkereen leventämiseen ja loiventamiseen isoilla lohkeilla (Vuola 2020b).

Arkkusaaren ja Tulisaaren patojen kuntoarvioiden perusteella käynnistettiin Uljuan altaan perusparannushanke, jossa havaittuja epäkohtia laitettiin kuntoon. Hankkeen kokonaiskustannusarvio oli noin 10 miljoonaa euroa. (Suurpadot Suomen osasto ry 2010, 117–118; Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu 2019b.)

7 TUTKIMUSTULOKSET

Luvussa luodaan katsaus ensin Etelä-Pohjanmaan ELY-keskuksen vesistöpadoille tehtyihin kuntoarvioihin tai osakuntoarvioiksi katsottaviin raportteihin. Sen jälkeen on yhteenveto tehtyjen asiantuntijahaastattelujen kysymyksiin saaduista vastauksista.

7.1 EPO ELY -keskuksen vesistöpatojen kuntoarviot ja osakuntoarviot

EPO ELY-keskuksen luokitelluille vesistöpadoille on laadittu erilaisia kuntoarvioita tai osakuntoarvioita niiden elinkaaren aikana. Osakuntoarviolla tarkoitetaan tässä jonkin padon osan arviointia, joka ei ole niin kokonaisvaltainen tarkastelu mitä kuntoarvio. Osakuntoarvioita on tehty, mikäli on huomattu jossain olevan alkavaa vikaa, häiriötilanne tai määräaikaistarkastuksessa on huomattu jonkin osan toiminnan olevan epäselvää. Padon tarkkailuohjelmassa on voitu määrätä tehtäväksi esimerkiksi kymmenen vuoden välein vedenalaisten rakenteiden sukellustarkastus.

EPO ELY -keskuksen padoille on tehty perustarkastusselvityksiä, kunnostuksen tarveselvitys, määrän puolen louheverhouksen kuntoselvityksiä monikeilainkaikulouksella yhdistettynä maanpäällisten osien laserkeilaukseen, säännöstelypatojen kuntotutkimuksia ainetta rikkomattomilla menetelmillä, maatutkauksia, vedenalaisten rakenteiden sukellustarkastuksia, sähköistä luotausta ja betonirakenteiden kuntotutkimuksia.

Etelä-Pohjanmaan ELY-keskuksen 1-luokan padoille on (osa)kuntoarvioita tehty 41 kpl, 2-luokan padoille 32 kpl ja 3-luokan padoille 17 kpl. Patojen lukumääriin suhteutettuna suhdeluku on sekä 1-luokan että 2-luokan padoille 4,6 patoa kohden, kun suhdeluku 3-luokan padolle on 2,8.

Patanan allas	xx	x	x									x ⁽¹⁾
Patanan täyttökanavan sp	xx		x									
Pitkämö	x		x		x		xx				x	
Seinäjoen sp												
Säläisjärven allas	x					x						
Varpulan allas	x											
Venetjoen tekojärvi	x	xx		x		x					x	
Vissaveden allas	x	x				x						

Tehdyistä raporteista on todettavissa, nimitykset ovat hyvin kirjavia eli käytössä ei ole vakiintuneita käsitteitä. Kuntoarviointeja on tehty myös erilaisilla menetelmillä, eri laajuisina ja eri syvyyisinä katsauksina eri syistä. Osassa on myös kuntotutkimuksen elementtejä, kun on otettu näytteitä betonipadoista tai maa-ainesnäytteitä.

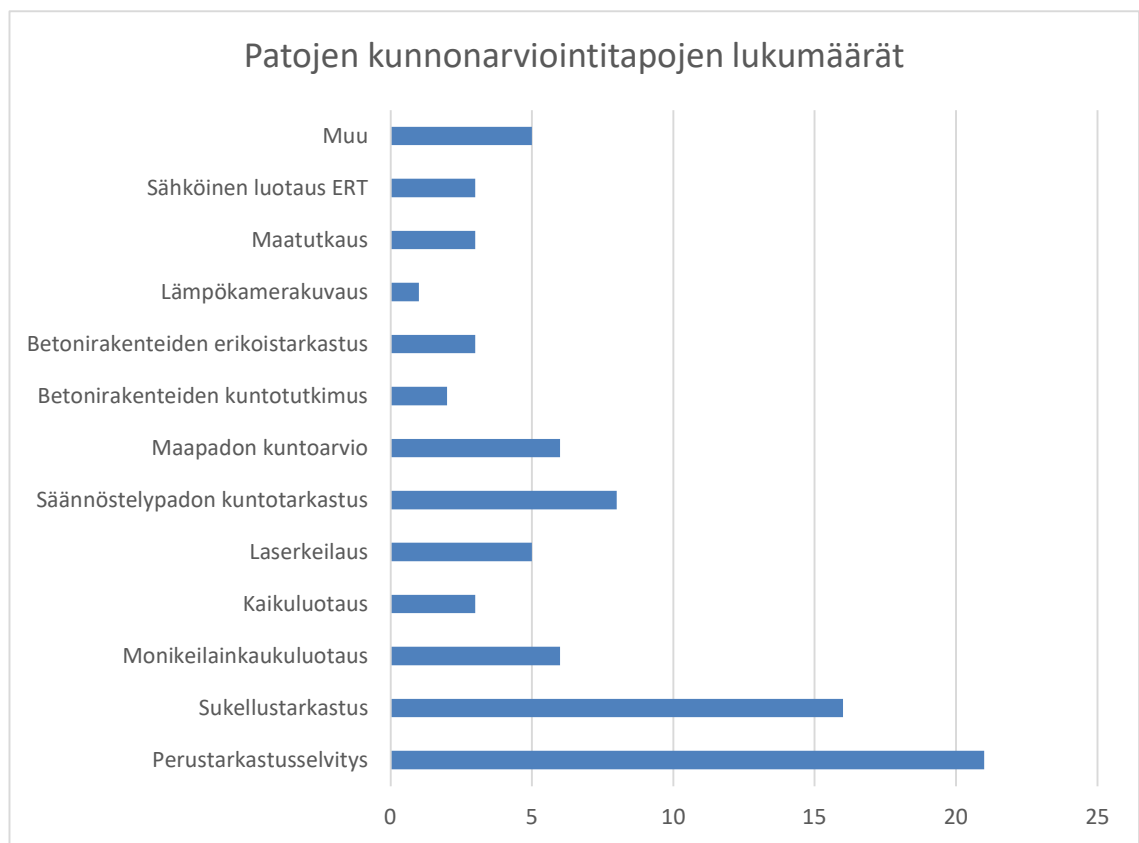
EPO ELY:n padoille ei ole tehty kokonaisvaltaista laajaa kuntoarviota ja kuntotutkimusta ns. Vuolan mallilla. Sellaista on aloitettu Kalajärvelle, mutta se on jäänyt kesken. Rambollin tekemä Kivi- ja Levalammen maapadon kuntoarvio on kuitenkin melko laaja ja syvälinen. (Patoturvallisuuskansiot EPO ELY 2020).

Patoturvallisuusviranomaisen tai määräaikaistarkastuksen pitäjä ei ole määrännyt yhtäkään kuntoarviota tehtäväksi, mutta sen sijaan on ollut suositus tai ehdotus sellaisesta. Valtaosa kuntoarvioinneista on tehty padon omistajan aloitteesta tai sellainen padon häiriötilanteen vuoksi on katsottu tarpeelliseksi tehdä.

Suuri osa on ihan padon tarkkailuohjelman mukaan teetettyjä 10-vuotistarkastuksia padon vedenalaisista rakenteista tai märän luiskan loiskeverhouksen kunnon tutkimista. Padon kunnon tutkimukset ovat vuosilta 1985–2019, joten niissä näkyy myös tutkimusmenetelmien kehitys. (Patoturvallisuuskansiot EPO ELY 2020.) Veden-

alaisten rakenteiden sukellustarkastus on klassikko. Uudempaa tutkimusmenetelmien sukupolvea edustaa monikeilainkalkuluotaus tai sähköinen ERT-luotaus, jolla voidaan tutkia melko luotettavasti padon sisäosia rikkomatta sitä (Mäki 2020).

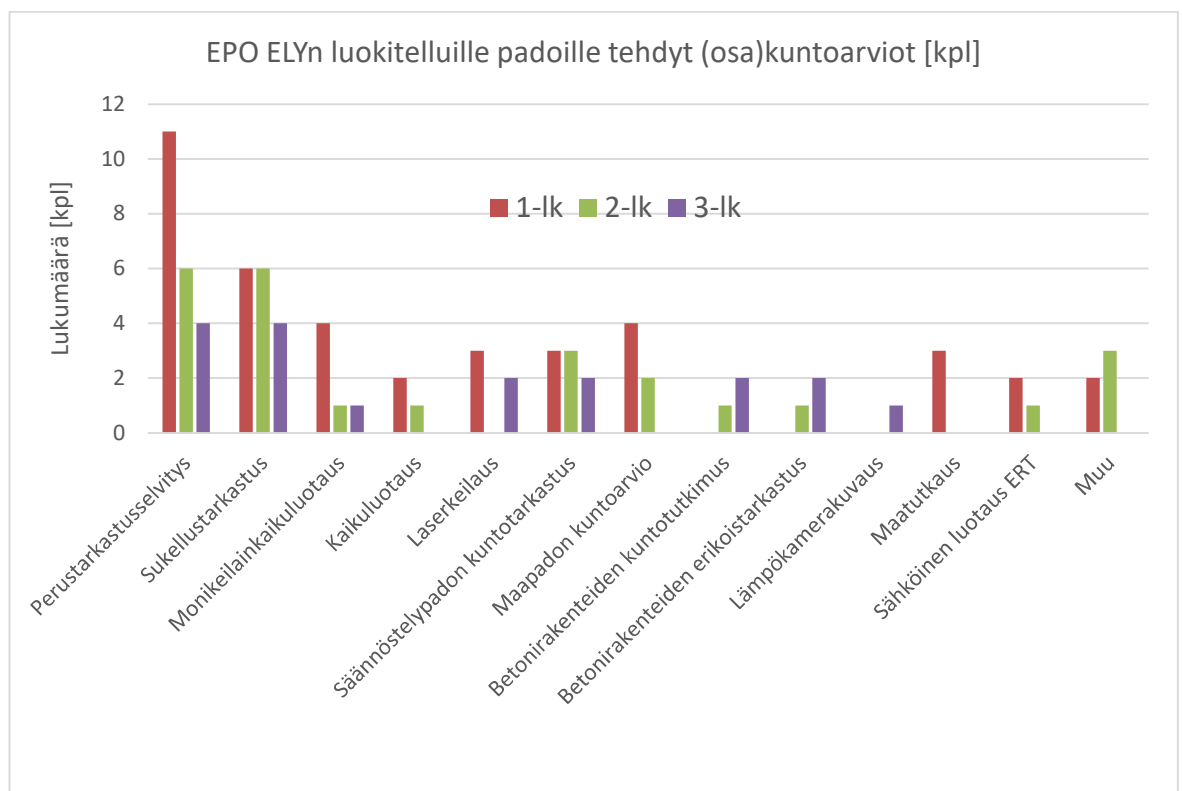
Kätkänjärven padon harjan painuman tutkimista varten tilattiin sähköinen luotaus ja sen tuloksista saatiin raportti (Patoturvallisuuskansiot EPO ELY 2020). Ennen Kätkänjärven luotausta menetelmää testattiin Patanan ja Kyrkösjärven padoilla ilman varsinaisia padoissa olevia ongelmia tutustumismielessä sekä osana Kiinaan suuntautuvaa patojen tutkimusmenetelmien vientihanketta (Mäki 2020).



Kuvio 15. Etelä-Pohjanmaan ELY-keskuksen patojen (osa)kuntoarvioiden lukumäärät.

Käytännössä puhutaan kuntoarvioista usein, kun puhutaan vain jonkin padon osan tarkastelusta, tutkimisesta ja raportoinnista. Muutamia kokonaisvaltaisempia (maapatojen) kuntoarvioinnin hengessä laadittuja katsauksia on tehty. Näitä ovat Vesirakentajan Kaitforsin padoille tekemä ”Kunnostuksen tarveselvitys”, Rambollin Kivi- ja Levalammen maapadoille laatima kuntoarvio, ÅF-Consultin kuntoarvion hengessä

tekemä kompakti katsaus Kätkänjärven padon toimivuudesta, turvallisuudesta ja kunnostustarpeista sekä Pitkämön padolle tehtyt Pitkämön patojen kuntoarvio ja P-patojen kuntoarviointiin valmisteleva stabiliteettilaskelma. Myös Kalajärven maapadoille on laadittu luonnosta kuntoarviosta ja sitä varten laadittu maapadon suotovirtauksen mallinnus. (Patoturvallisuuskansiot EPO ELY 2020.) Nämä ovat esimerkkejä EPO ELY -keskuksen padoille tehdyistä kokonaisvaltaisemmista kuntoarvioista. Laajin ja syvällisin on ollut Kivi- ja Levalammen maapadon kuntoarviointi. Yleisin kuntoarviointimenetelmä on ollut patoturvallislain tultua voimaan tehty perustarkastusselvitys, joka on käytännössä tehty jokaiselle padolle. Ison peruskunnostuksen jälkeen on voitu tehdä uusi käyttöönottotarkastus, joka on luokiteltu tässä perustarkastusselvitykseksi. Toiseksi yleisin on sukellustarkastus, kolmanneksi yleisin säännöstelypadon kuntotarkastus.



Kuvio 16. Etelä-Pohjanmaan ELY-keskuksen patojen (osa)kuntoarviot patoluokittain.

Kuusi tutkituinta patokohdetta on taulukossa 3. Kullekin on tehty 6–8 erilaista (osa)kuntoarviointia tai tutkimusta. Tutkimusten syitä ovat olleet patoturvallisuuslaki, tarkkailuohjelma, viranomaisen suositus, patoluokka, häiriötilanne tai muu syy.

Taulukko 3. Eniten tutkitut padot ja niiden syyt

Kohde	Pato-luokka	Pääasiallinen syy suoritetuille tutkimuksille
Kaarenhaara	3	Säännöstelyrakenteiden huono kunto
Kivi- ja Levalampi	1	1-luokan pato
Kätkänjärvi	2	Häiriötilanne padolla
Patana	1	Pilottikohde tutkimusmenetelmille
Pitkämö	1	1-luokan pato
Venetjoen tekojärvi	1	1-luokan pato

Perustarkastusselvitykset. Perustarkastusten tekeminen kelpoisuusesityksineen ja tarkkailuohjelmineen liittyy vuonna 1984 voimaan tulleisiin patoturvallisuuslakiin ja -asetukseen. Vesihallituksen patoturvallisuusohjeiden mukaan perustarkastusselvitys tuli tehdä jo aiemmin valmistuneista ja käyttöön otetuista padoista. Niiden kunto ja tila tuli selvittää, luokitus määritellä ja tarkkailuohjelma laatia. (Vesihallitus 1985.) Vuonna 1985 Vesihallituksen julkaisemissa patoturvallisuusohjeissa perustarkastus on määritelty seuraavasti:

PTL:n piiriin kuuluvat padot on perustarkastettava 31.7.1987 mennessä. Perustarkastuksessa selvitetään padon kelpoisuus vallitsevan hyvän patojen suunnittelukäytännön mukaisella perusteellisuudella (Vesihallitus 1985, liite 12, 5)

Perustarkastusselvityksestä sanotaan:

Perustarkastuksesta on laadittava selvitys. Se on laadittava riittävän pätevyyden ja kokemuksen omaavan henkilön toimesta ja siitä on käytävä selville, mitä aineistoa, laskentamenetelmiä ja kaavoja on käytetty. (Vesihallitus 1985, liite 12, 5.)

EPO ELY:n padoille tehtyjen perustarkastusten päiväysten perusteella jatkoaikaa perustarkastusten suorittamisille on saatu, koska suuri osa perustarkastusselvityksistä on tehty vuonna 1988. Ennen vuoden 1984 patoturvallisuuslain voimaantuloa

valmistuneille silloisille P-padoille, jonka luokittelu vastaa nykyistä 1-luokan patoa, määräsi laki tekemään kolmen vuoden siirtymäajalla toimenpiteet, jotka tuli tehdä kaikille P-padoille. Tehtiin ikään kuin käyttöönottotarkastus jo käytössä oleville padoille ja sen nimi oli perustarkastusselvitys. Käyttöönottotarkastuksen tapaan näille tehtiin kelpoisuusesitys ja tarkkailuohjelma samalla, jotka liitettiin käyttöönottotarkastuksen loppuraporttiin.

Patojen perustarkastusselvitykset on tehty kaikille luokitelluille padoille 1980-luvun lopulla. Näitä tarkastuksia on ohjeistettu tekemään vuonna 1985 julkaistussa *Vesihallituksen patoturvallisuusohjeessa* liittyen vuonna 1984 voimaan tulleeseen ensimmäiseen patoturvallisuuslakiin ja -asetukseen. Padon perustarkastuksessa selvitettiin padon teknillinen kelpoisuus (Vesihallitus 1985, 3). Koska aiemmin ei ollut patoturvallisuuslakia, niin lain tullessa voimaan haluttiin tehdä jo olemassa oleville aiemmin rakennetuille padoillekin kelpoisuustarkastus eli perustarkastusselvitys. Kelpoisuusesityksen perusteella pato voitiin luokitella ja sille laadittiin tarkkailuohjelma. Perustarkastuksessa padon kelpoisuus todettiin kattavasti tarkastaen kaikki padon teknilliseen turvallisuuteen vaikuttavat asiat pyrkien samaan turvallisuustasoon kuin mitä uuden padon suunnittelussa noudatetaan. Vanhan padon perustarkastuksen yhteydessä tarkastettiin myös hydrologiset mitoitusarvot. Tarvittaessa voitiin suorittaa tutkimuksia. (Patoturvallisuuskansiot EPO ELY 2020.)

Perustarkastusselvitysten tekoa sekä kunnossapitoa varten tuli koota patoturvallisuuskansio eli kaikki keskeiset padon toteuma-asiakirjat (Vesihallitus 1985). Padon perustarkastusselvityksen ja padon luokittelupäätöksen jälkeen lähti rullaamaan padon vuosi- ja määräaikaistarkastustoiminta. Perustarkastus oli vuoden 1985 patoturvallisuusohjeiden mukaan osa padon tarkkailutoimintaa vuosi- ja määräaikaistarkastusten lisäksi. Perustarkastus voitiin suorittaa myös ennen padon käyttöönottoa tai patorakenteen muutostyön jälkeen. (Vesihallitus 1985.)

Perustarkastus tuli suorittaa niin, että kaikki patoturvallisuuteen vaikuttavat seikat tulevat riittävästi huomioon otetuiksi ja että selvitys voidaan vaikeudetta tarkastaa. Tarkastuksen suorittajan on oltava riittävän pätevyyden ja kokemuksen omaava henkilö. Perustarkastusselvitysraportista on käytävä selville, mitä aineistoa, laskentamenetelmiä ja kaavoja on käytetty sen laadinnassa. Ohjeistusta perustarkastuk-

sen suorittamiseen tarkemmin on kuvattu ensimmäisessä patoturvallisuusohjeistossa vuodelta 1985. Tarkastukseen tuli valmistautua ennen maastokäyntiä mm. merkkamalla patolinja maastoon 100 metrin välein, vaaitsemalla padon harja, mittaamalla poikkileikkauksia, laadittava graafinen esitys padon suotovesihavainnoista, luetteloitava erityiskohteet, selvitettävä kulkutiet padolle, tehtävä tarvittavat lisätutkimukset, jne. (Vesihallitus 1985.)

Padon perustarkastusselvitys oli padon kokonaisvaltainen kunnon ja toimivuuden arviointiprosessi, joka piti tehdä patoturvallisuuslain tultua voimaan.

Patojen vuosi- ja määräaikaistarkastukset. Patoturvallisuuslain tultua voimaan patojen perustarkastusselvitysten jälkeen noin viiden vuoden kuluttua pidettiin ensimmäiset määräaikaistarkastukset eli pääsääntöisesti vuosina 1993–1995. Vuositarkastukset käynnistyivät 1990-luvun alusta. Jo ennen patoturvallisuuslain voimaantuloa 1985 on tehty kunnossapitotarkastuksia ainakin Keski-Pohjanmaalla (Vissavesi, Patana, Venetjoen tekojärvi). (Patoturvallisuuskansiot EPO ELY 2020.)

Niinä vuosina, joina on tehty määräaikaistarkastus, ei ole pidetty erikseen vuositarkastusta, koska laki ei sitä edellytä ja koska määräaikaistarkastuksessa käsitellään samat asiat kuin vuositarkastuksessa, mutta syvällisemmin. Aiemmin resurssien ollessa runsaammat on pidetty vuositarkastus myös määräaikaistarkastusvuosina ja normaaleina vuositarkastusvuosinakin on saatettu tehdä erillinen kevätvuositarkastus myöhemmin pidetyn ”varsinaisen” vuositarkastuksen lisäksi ainakin Keski-Pohjanmaan padoilla.

Jonkintasoista kunnonarviointia tehdään määräaikaistarkastuksissakin, kun niissä tarkastaja laatii etukäteen arvion padon kunnosta, joka jaetaan tarkastukseen osallistuville hyvissä ajoin ennen tarkastusta. Määräaikaistarkastuksissa tarkastuksen fokus on kuitenkin padon edellisessä viisivuotiskaudessa.

Säännöstelypatojen kuntotarkastukset. EPO ELY -keskuksessa on ryhdytty tekemään systemaattisesti vuodesta 2018 säännöstelypatojen luukku- ja betonirakenteiden kuntotarkastukset, joita tehdään 2-3 vuoden välein sekä luokitelluille että luokittelemattomille padoille. Käytännön on luonut opinnäytetyössään Petri Issakoff

Etelä-Pohjanmaan ELY-keskukselle ja tarkastusten suorittamiselle on laadittu ohjeistus. Tarkastuksissa arvioidaan ja pisteytetään luukku- ja betonirakenteiden kunto sekä annetaan rakenteelle kokonaisarvosana. Arvosanan perusteella voidaan aikatauluttaa, milloin seuraava tarkastus on aiheellista tehdä tai milloin on syytä ryhtyä korjaustoimiin. Kuntotarkastus tehdään ainetta rikkomattomin menetelmin ja siihen voidaan yhdistää vedenalaisten rakenteiden sukellustarkastusta. (Issakoff 2019.) Luokittelemattomilla padoilla kuntotarkastus voi kuitata vuositarkastuksen. Tarkastusjärjestelmä on luotu sellaiseksi, että periaatteessa kuka tahansa riittävän asiantuntemuksen omaava taho voi suorittaa tarkastuksen. Padon historiatietoihin ei tarvitse perehtyä, vaan kyseessä on objektiiviselle tarkastukselle laadittu ohjeistus.

7.2 Haastattelujen tuloksista

Pieni haastattelukierros jakoi mielipiteitä siitä, tulisiko vesistöpadon säännöllisen kuntoarvioinnin olla laissa määrätty toimenpide vai ei. Kahdeksasta haastatellusta kolme oli sitä mieltä, että määräajoin tehtävä kuntoarvio pitäisi kirjata lakiin. Viisi haastatelluista oli sitä mieltä, ettei pakollista määräajoin tehtävää kuntoarvioita tarvitsisi kirjata lakiin.

Argumentteja pakollisen kuntoarvioinnin puolesta (+):

- + Peruskorjaustarpeiden priorisoinnin työkaluksi ja pohjatiedoksi
- + Kaikki ihmisen rakentama vanhenee ja patojen vanhetessa ongelmia alkaa tulla
- + Joistakin padoista voi olla puutteelliset dokumentit
- + Uusilla tutkimusmenetelmillä saattaa löytyä heikkouskohtia, jotka eivät normaalissa tarkkailussa tule esiin ja sitä kautta padon turvallisuutta saadaan parannettua ja riskejä pienennettyä
- + Ainakin 1-luokan padoilla voisi olla hyvä tehdä kuntoarvio esim. 20 vuoden välein
- + Uuden näkökulman saaminen padosta ja sen mahdollisista haasteista
- + Hyvä tehdä joskus määräaikaistarkastusta syvällisempi kunnon arviointi.

Argumentteja pakollista säännöllisesti tehtävää kuntoarviointia vastaan (-):

- Voisi olla taloudellisesti kohtuutonta padon omistajia kohtaan, jos kuntoarvio olisi pakollista teettää selkeästi hyvin hoidetulle padolle
- Lisäisi byrokratiaa
- Nykyinen patoturvallisuuslainsäädäntö on riittävä
- Nykyisessäkin laissa voi patoviranomainen määrätä kuntoarvion tehtäväksi, jos on epäily padon tai jonkin sen osan kunnosta
- Pato-oppaassa voisi olla suositus säännöllisestä kuntoarvion teettämisestä, mutta lainsäädäntöä ei kannata muuttaa
- Kuntoarvion oltava padon kuntoon liittyvä, ei aikaan liittyvä
- Tulee olla jotain viitteitä viasta tai puutteesta, että kuntoarvio tehdään, muutoin riittää padon tarkkailuohjelman noudattaminen ja säännöllinen kunnossapito
- Kohdennettava kuntoarvio (padon osa tai ominaisuus) on järkevin
- Mikä olisi kuntoarvion lisäarvo ja mikä lisäarvon hinta?
- Nykyinen lainsäädäntö on riittävä. Tarkastaja voi nykysysteemissä kirjata kuntoarvion tai erityistarkastuksen tarpeesta, määräaikaistarkastajan tulisi tällainen tarve huomata.

Vaihtoehtoisia järjestämistapoja olivat:

- Määräaikaistarkastuksen sisältöjä voisi laajentaa ja syventää
- Pato-oppaassa voisi olla kenties suositus määrävälein tehtävästä kuntoarvioinnista ja ehdotus sen sisällöstä, vaikka sitä ei lakiin kirjattaisikaan.

Mitä kuntoarvioinnin tulisi sisältää?

- Historiatietoja, padon käyttäytyminen, kokonaiskuvan muodostaminen
- Niputetaan kaikki tieto padosta yhteen
- Ulkoisen ja sisäisen eroosion tarkastelu, stabiliteetti sekä muut asiat
- Tutkimuksia, kairauksia, betoninäytteidenottoa

- Ei kuitenkaan kaikista padoista kaikkia asioita kannata tutkia
- Kuntoarvion kohdentaminen riskipaikkoihin
- Maapato väistämättä oleellinen, koska ongelmat usein maapadon suotautumisessa tai maapadon pohjassa
- Maapadot, betoniosat, liitoskohdat
- Maastotarkastus on välttämätön
- Patoja kiertävän henkilöstön kuuleminen
- Rakenteet, juoksutuskapasiteetin riittävyys, luiskien kunto, betonirakenteen kunnonmuutokset...
- Riskienhallintakin kytkeytyy kuntoarviointiin
- Esim. maatutkaluotaus, jonka perusteella kokeita
- Pohjatutkimuksia, kairauksia, maanäytteitä, koekuopat, maapadon tiiviin osan yläpinnan selvittäminen
- Vedenalaisten rakenteiden tarkastus, paitsi betonirakenteet, myös maapadon louheverhouksen kunnon selvittäminen. Uomien ja altaiden luiskien kuvaus.
- Kuntoarviossa voisi kertoa alustavalla tasolla tarvittavista toimenpiteistä
- Suosituksia ja alustava toteutus suunnittelu.

Tulisiko kuntoarvion tekoon sisältyä näytteenottoa?

- Varsinkin betonipadon kuntoarviota varten näytteenotto suositeltavaa
- Jos joku menetelmä toimii jossakin paikassa, jossain toisessa taas ei
- testikaivu ei kuulu kustannustehokkaaseen kuntoarvioon
- Perinteiset kairaukset ovat aina sen yhden paikan tutkimuksia
- Ainetta rikkomattomat tutkimusmenetelmät
- Seisminen luotaus tutkimusmenetelmänä joskus sopiva.

Kuinka usein säännöllinen kuntoarvio kannattaisi teettää ja mikä olisi sopiva ajankohta?

- Esimerkiksi 1-luokan padoille 20 vuoden välein
- Ainakin 1-luokka ja 2-luokka, 3-luokka harkittava

- Voisi tehdä padon määräaikaistarkastuksen yhteydessä
- Kuntoarvioinnilla voisi korvata kyseisen vuoden määräaikaistarkastuksen
- Määräaikaistarkastuksesta erillään, koska helposti ruvetaan oikomaan, mikäli samassa yhteydessä
- 10 vuotta liian tiheä, 50 vuotta liian pitkä aika kuntoarvioiden väleille.

Jos kuntoarvio ei ole säännöllinen pakollinen toimenpide, niin milloin se sitten kannattaisi tehdä?

- Kohdennetusti, kun huomataan jotain ongelmaa tai epäilystä padon tai sen osan toimivuudesta
- Silloin kun haitallisia tapahtumia alkaa olla yhä enemmän
- Kun pienet korjaustarpeet alkavat muuttua vakavammiksi
- Jos on oudosti käyttäytyvä kohta padossa, voi kannattaa ensin tutkia kuin korjata.

Kuinka padon omistajan tulisi valmistautua ennakolta kuntoarvion tekemiseen?

- Riittää hyvin, jos padon omistaja on noudattanut padon tarkkailuohjelmaa ja huolehtinut dokumentaatiosta
- Tehdyistä tutkimuksista ei ole haittaakaan.

Voisiko kuntoarvion konseptoida?

- Koska jokainen pato on rakenteeltaan yksilöllinen, on sen takia konseptia hankala muodostaa
- Jonkinlaisen tarkastuslistan voisi kyllä tehdä
- Mikäli yksi ja sama taho tekee kuntoarviot, on priorisointijärjestys helpompi luoda.

8 JOHTOPÄÄTÖKSET

8.1 Termeistä

Kunnossapitoon ja kunnon arviointiin käytettävät termit eivät ole vakiintuneita ja ne vaihtelevat jopa yrityksittäin. Olisi hyvä pyrkiä käyttämään standardinmukaisia termejä esim. yleisen kunnossapidon sovellusalalta. Jos puhutaan kuntoarviosta, silloin on käytetty ainetta rikkomattomia tutkimusmenetelmiä, ja kuntotutkimus puolestaan sisältää näytteenottoa.

8.2 Yleistä

Vaikka huomattava osa pato-onnettomuuksista tapahtuukin tilastojen mukaan padon elinkaaren ensimmäisten vuosien aikana, on patoja tarkkailtava huolellisesti niiden koko elinkaaren ajan: padot ovat ihmisen rakentamia ja ne ikääntyvät. Jos pato on suunniteltu ja rakennettu oikein, sitä kunnossapidetään, tarkkaillaan ja käytetään asianmukaisesti ja jos siitä löytyvät kaikki tarvittavat dokumentit suunnittelun, rakentamisen, käytöstä, huollosta, korjauksista ja muutostöistä. Tällöin suurta huolta ei pitäisi olla. Mutta padoissakin, kuten kaikessa ihmisen rakentamassa, voi olla suunnittelu- tai rakennusvirheitä, niissä voi olla kulumista, ihmisen, liikennöinnin, eläimien tai kasvillisuuden aiheuttamaa vahinkoa, äärimmäisten luonnonolosuhteiden ja säärasitusten tuottamaa vahinkoa, altistumista suurelle tulvalle, mikä voi heikentää padon turvallisuutta ja vakautta. Tekniikka voi pettää ja inhimillinen tekijä vaikuttaa. Padot eivät kestä satoja, saati tuhansia vuosia ilman jatkuvaa kunnossapitoa. Ikääntyvien patojen todellinen kunto voi mietityttää ja siitä halutaan selkoa, koska ihmisen tekemä vanhenee ja kuluu, kun siihen kohdistuu kuluttavia voimia ja kuormia. Asianmukaisen kunnossapitotoiminnan, tarkkailuohjelman noudattamisen ja luvanmukaisen huolellisen käyttötoiminnan kautta suurin osa padon turvallisuutta uhkaavista tekijöistä voidaan saada kiinni.

Padolle säännöllisin välein tehty perusteellinen kuntoarvio auttaisi suunnittelemaan ennakoivaa kunnossapitoa ja perusparannustoimia ja niiden aikataulutusta eli tekemään kunnossapitoa kustannustehokkaasti ennakoivalla tavalla. Tämä on tärkeää, koska padoille ei saa tulla suunnittelemattomia seisokkeja, veden on virrattava ja patorakenteen pysyttävä vakaana kaikissa tilanteissa. Häiriö- ja vikatilanteet ovat aina vakavasti otettavia.

Kuntoarvio auttaa kunnossapitosuunnitelman tekemisessä, aikatauluttamaan kunnossapitotoimia oikea-aikaisesti tehtäväksi ja määrärahojen varaamiseksi toimenpiteille. Tämä palvelee patoturvallisuutta eli padon omistajan velvoitetta pitää padot toimivana ja turvallisena.

Patokokonaisuus voi muodostua maapatojaksoista, säännöstelyrakenteista ja voimalaitosrakenteista. Näiden omistajuus samassa kohteessakin voi olla jakautunut eri tahoille, esim. ELY-keskuksen maapadot ja betonirakenteet, energiayhtiön luukut ja voimalaitosrakenteet. Näihin rajapintoihin on kiinnitettävä huomiota. Erilaisten rakenteiden kunnon tarkastamisessa tarvitaan monipuolista asiantuntijuutta.

Kuntoarvion laadintaa edistää padon ajan tasalla olevat dokumentit. Mikäli patokansiossa on puutteita, silloin voidaan joutua tekemään tarkempia tutkimuksia, jotta saadaan padon rakenteesta oikea käsitys.

Patojen kunnossapidossa pyritään ehkäisevään kunnossapitoon. Patoturvallisuus- ja vesilain nojalla pato pyritään pitämään turvallisena ja toimintakuntoisena, käyttökelpoisena ja tarkkailtavana. Rahoituksen suunnittelun kannalta on peruskorjauksiin varauduttava hyvissä ajoin ja jatkuvaan kunnossapitoon varattava rahaa.

8.3 Kuntoarvion teon ajankohdasta

Milloin on oikea hetki tehdä kuntoarvio vesistöpadolle, jos sitä ei ole laissa määrätty tehtävän säännöllisesti? Tietenkin silloin, mikäli patoturvallisuusviranomainen määrääikaistarkastuksen yhteydessä määrää sellaisen tehtäväksi. Tai mikäli määrääikaistarkastuksessa suositellaan sellaista tehtäväksi padolle tai sen osalle. Jos alkaa

toistuvasti olla häiriöitä tai alkaa olla yhä vaativampia korjaustarpeita, on kuntoarviointi paikallaan (Vuola 2020a). Mikäli padolla on häiriötilanne, voi se olla hyvä syy teettää kuntoarvio, riippuen häiriötilanteen syystä. Joskus saatetaan ensin seurata tilannetta ja esimerkiksi laittaa mittalaitteita ennen korjaamiseen ryhtymistä. Padon omistaja voi tietenkin myös omatoimisesti teettää kuntoarvion niin halutessaan ja tarvittaessaan.

8.4 Muiden organisaatioiden tarkkailujärjestelmistä ja kunnan tutkimisista

Säännöstelypadot ovat taitorakenteita. Taitorakenteen määritelmän mukaan maapatorakenteetkin olisivat taitorakenteita, vaikka niiden luonteeseen kuuluukin maan ominaisuuksiin liittyvä epävarmuus, kuten maakerrosrajojen sijaintiin liittyvä epävarmuus, pohjavesi, vedenpaine, maan ominaisuuksien luonnollinen vaihtelevuus ja mittaamiseen liittyvä mittausepä-tarkkuus (Länsivaara 2020). Taitorakenteita ovat kaikki sellaiset rakenteet, joiden rakentamiseksi on laadittava lujuuslaskelmiin perustuvat suunnitelmat ja joiden rakenteellinen vaurioituminen suunnittelu- tai rakennusvirheen seurauksena saattaa aiheuttaa vaaraa ihmisille tai liikennejärjestelmälle ja/ tai merkittäviä korjauskustannuksia rakenteelle tai sen välittömälle ympäristölle (Liikennevirasto 2013, 8).

Jos on laadittu kuntotarkastusmalleja taitorakenteille, kuten säännöstelypadoille tai kiinteistöille, niin sellainen voitaisiin tehdä myös maapadolle tai patokokonaisuudelle. Periaatteessa siihen voisi sisältyä myös pisteytysjärjestelmä perusparannusten priorisoimisen apuvälineeksi ja perusteeksi. Ruotsissa ja Norjassa on laadittu tarkistuslistoja paitsi eritasoisia tarkastuksia niin myös kuntoarviointeja varten. Joh-tuen kohteiden monimuotoisuudesta ja yksilöllisyydestä näitä listoja on kuitenkin käytettävä soveltaen ja täydentäen kohteen erityispiirteillä.

Raskasta, säännöllistä usean asiantuntijan laatimaa Ruotsin FDU:n tyylistä kuntoarviointia on vaikea perustella maksajalle. Sellaiseen olisi oltava painavat syyt, vakavan vian epäily jossain padon osassa tms. Tavallaan Suomessa on tehty tällaiset isommat tarkastelut luokitelluille padoille 1980-luvun lopun perustarkastusselvitysten muodossa (Laasonen 2020b).

Kirjallisuuskatsauksen perusteella voi todeta, että Väyläviraston tarkastusjärjestelmä tai kiinteistöpuolen kuntoarvion määrittelyt ja yleisimpien rakenteiden tarkastusten ja erikoistarkastusten ohjeistukset ovat hyödyllisiä, ja sellaisten laadinta on vaivan arvoista silloin, kun omaisuusmassaa ja tarkastettavaa on paljon ja rakenteet ovat keskenään riittävän samankaltaisia. Tarkka formaatti mahdollistaa vertailukelpoisen pisteytyksen, vaikka tarkastuksen tekijä olisikin eri kerroilla tai eri kohteissa eri taho.

Ohjeistuksen laadinta on työläs prosessi mutta tarkastusten tekeminen on sen jälkeen tehokasta, yhdenmukaista, vertailukelpoista. Kuntoarviojärjestelmän perusteella kunnossapidon priorisointia voidaan perustella paremmin. Priorisointi on vielä helpompaa, jos kuntoarviointijärjestelmässä pisteytetään rakenteiden kunto, tai viat ja niiden laatu ja kiireellisyys.

Ruotsin patoturvallisuuskäytännöt ovat muuttumassa ja aiemmin tarkkailutoiminnassa olennaisena osana ollut 9–18 vuoden välein tehty FDU eli *fördjupad dammsäkerhetsutvärdering*, ts. kuntoarviointi, on jäämässä pois. Tavallaan Ruotsin patoturvallisuuskäytännöt ovat lähentymässä Suomen käytäntöjä (Vesi.fi-verkkopalvelu 2020). Ruotsin FDU oli eräs innoittaja tälle työlle, joten sen poistuminen tuli yllätyksenä. Ruotsin patoturvallisuuskäytäntöjen päivitys on vielä kesken. Ruotsin patojen kuntoarviointi eli FDU on melko massiivinen ja siten myös hintava operaatio, kun mukana on oltava useita eri alojen asiantuntijoita. Toki Suomessakin on tehty mitavia kuntoarvioita, kunnostussuunnitelmia ja kunnostushankkeita padoille. Myös Norjassa tehdään padoille 15–20 vuoden välein padon uudelleenarviointi.

Vuolan kuntoarviomalli saattaisi olla toimivin ratkaisu. Tämän voisi tehdä määräaikaistarkastuksen yhteydessä tai muulloin. Se voisi olla yhden (tai kahden) konsultin koostama tutkimusraportti. Raportissa esitettäisiin mahdolliset tarvittavat jatkotoimet, mikäli olisi tarvetta tehdä kuntotutkimusta näytteenottoineen. Myös esiin tulleet kunnostustoimenpide-ehdotukset ja niiden kustannusarviot olisi hyvä esittää selvityksessä. Kuntoarvion laatijan pätevyysvaatimukset on asetettava korkeiksi, vähintään samatasoiset vaatimukset kuin mitä määräaikaistarkastuksen pitäjälle on asetettu.

8.5 Mitä patoja kannattaisi kuntoarvioida

Luokitelluille padoille kuntoarvioinnin teettäminen on aiheellista alkaen 1-luokan padoista. Myös 2- ja 3-luokan padoille niitä kannattaa teettää, koska vaikka niissä ei vahingonvaara koske ihmishenkeä ja terveyttä, voi niillä olla iso taloudellista merkitystä padon omistajalle ja vaikkapa ympäristölle. Betonipatojen kuntoarviointia tehdään EPO ELY -keskuksessa ja kuntotutkimuksia teetetään huonokuntoisimmille kohteille Väyläviraston erikoistarkastusmallilla.

Kovin äkillisiä kuntoarvioita ei yleensä ole tarpeen tehdä, paitsi häiriötilanteen seurauksena. Onnettomuuden sattua ensin tehdään hätäkorjaus.

8.6 EPO ELY:n patojen tulevista kuntoarvioinneista

Etelä-Pohjanmaan ELY-keskuksen vesistöpatojen kuntoarviointia voisi suorittaa ensisijaisesti silloin, jos padon tai sen osan toimivuudesta on epävarmuutta ja esim. määräaikaistarkastuksissa on tullut esiin kunnostustarpeita. Näitä olisivat esimerkiksi Venetjoen tekojärven sekä Hirvijärven maapatojen tiettyjen osien suodatinjärjestelmän tutkimiset. Systemaattisesti toimimalla voisi aloittaa tekemään 1-luokan patojen kuntoarviointeja ja sen jälkeen 2-luokan. Osakuntoarvioina määrän puolen luiskan monikeilainkaikuluotaukset on tarkoitus teettää kaikille 1-luokan padoille.

8.7 Haastatteluista

Valistunut arvio oli, että konsulttitaustaiset haastateltavat olisivat taipuvaisempia kannattamaan säännöllisen kuntoarvion lakisääteisyyttä, mutta näin ei kuitenkaan ollut tämän tutkimuksen haastattelujen perusteella, koska osa konsulteista ei nähnyt tarpeelliseksi säännöllisen kuntoarvioinnin lakisääteisyyttä.

8.8 Kuntoarvion konseptoinnista

Koska jokainen pato on yksilöllinen, on sen takia konseptia hankala muodostaa, mutta jonkinlaisen tarkastuslistan ainakin voisi tehdä. Jos kuntoarviolla olisi määritelty formaatti, niin keskinäinen vertailu olisi helpompaa ja saman omistajan patojen kunnossapidon priorisointityö toimivampaa. Toisaalta jos yhdelle padolle tehdään perusteellisempi kuntoarvio 20 vuoden välein, niin onko silloin niin paljon merkitystä sillä, tehtiinkö se 20 vuotta aiemmin millaisella formaatilla.

Kuntoarvion fokus voisi olla niissä asioissa, jotka ovat tilastollisesti todennäköisimpiä häiriötilanteen aiheuttajia tai padon vahingoittumismekanismeja. Sen perusteella keskittyminen maapatoon, sen sisäiseen eroosioon ja ylivirtausmahdollisuuden olisivat keskeisimpiä aiheita.

Kuntoarvio tuo lisäarvoa padon omistajalle, mutta lisäarvon hinta on arvioitava suhteessa saavutettavaan hyötyyn ja turvallisuuden paranemiseen. Se on jokaisen padon omistajatahon arvioitava.

8.9 Kuntoarvion sisältöehdotus ja siihen valmistautuminen:

Vaatimukset työn suorittajalle ja työn tilaajalle. Kuntoarvion laadinta on yhteistyötä työn suorittajan ja padon omistajatahon välillä vähän niin kuin padon määräaikaistarkastuksessa on. Kuntoarvion laatijan on täytettävä pätevyysvaatimukset ja referenssejä on löydettävä. Padon omistajan puolestaan on kyettävä tarjoamaan tarvittavaa tietoa ja tarvittavat dokumentit, että kuntoarvion tekeminen onnistuu. Yhteinen maastokäynti kuuluu prosessiin ja kuntoarvion laatija myös haastattelee padon omistajia, käyttäjiä ja kunnossapitäjiä.

Pätevyysvaatimukset kuntoarvion suorittajalle. Vähintäänkin samat pätevyysvaatimukset, kuin mitä padon määräaikaistarkastuksen laatijalle on asetettu.

Työn rajaukset. Mietitään ja sovitaan se, mitkä osat jäävät kuntoarvion tarkastelun ulkopuolelle, esim. rajataanko voimayhtiön omistamat voimalaitosrakenteet tarkastelusta ulos.

Patokansio ajan tasalla, suunnitelmat ja toteuma-asiakirjat tallessa. Mikäli patokansio on asianmukaisesti koottu ja päivitetty, sieltä pitäisi löytyä niin toteuma-asiakirjat, kuin tehdyt aiemmat kuntoarviot tai osakuntoarviot. Myös padon korjaus- ja muutostöiden dokumentit on tärkeä säilyttää.

Tehtävät tutkimukset. Tutkimuksista ja näytteenotoista voidaan sopia kuntoarvion tilausvaiheessa tai kuntoarvion teon aikana. Toki kaikki lisämateriaali, tehdyt luotaukset ja havainnot täydentävät kuvaa.

Tarkkailutulokset. Mikäli padon tarkkailuohjelmaa on noudatettu ja kaikki tarkastukset ja tarkkailut on asianmukaisesti dokumentoitu, tämän pitäisi riittää pitkälle. Myös poikkeuksellisista havainnoista ja olosuhteista olisi oltava dokumentaatiota ja patotarkkailijan muistiinpanot hyödynnettäväksi tulosten tulkinnassa.

8.10 Kuntoarvion sisällöstä

Kuntoarviossa tulisi arvioida maapadon ulkoista ja sisäistä eroosiota, stabiliteettia ja muita seikkoja. Ikääntyvistä betonirakenteista olisi hyvä teettää kuntotutkimus näytteineen. Padon hydrologinen mitoitus tulisi tarkistaa, vastaako se ilmastonmuutoksen haasteisiin. Padon käyttöön ja turvajärjestelyihin liittyviä seikkoja sekä riskienhallintaa tulisi tarkastella. Muita tarkasteltavia asioita ovat kulkuyhteydet padolle, erikoisteknisiin varautuminen, laitteiden vikaantumisen huomaaminen, varajärjestelmät ja niiden toimivuus, jne.

Lopputulema tiivistettynä olisi, että vesistöpaduille teetetyt kuntoarviot ovat hyödyllisiä ja niistä on ja olisi apua kunnossapito-ohjelman laadinnassa ja patojen peruskorjausten aikatauluttamisessa. Nykyinen lainsäädäntö lienee kuitenkin riittävä, koska patoviranomaisella on mahdollisuus nytkin määrätä kuntoarvio tehtäväksi, mikäli sellaiseen katsoo olevan aihetta. Voisi olla turhaa, jos selvästi hyvin hoidetulle ja moitteettomasti toimivalle padolle pitäisi määrääjoin tehdä kuntoarvio, vain koska täytyy.

Säännöllisesti esim. 20 vuoden välein suoritettavasta kuntoarviointista voisi laittaa pato-oppaaseen suosituksen koskemaan ainakin 1-luokan patoja. Padon omistaja

voi myös oma-aloitteisesti päätyä kuntoarvion teon tarpeellisuuteen, jos haluaa toimia etupainotteisesti ehkäisevän kunnossapidon periaatteella. Varsinkin jos dokumentointi on ollut puutteellista, kuntoarviolla saataisiin selvyys padon tilasta ja rakenteesta esim. kuntotutkimustoimenpiteiden avulla.

Uljua on hyvä esimerkki siitä, kuinka Arkkusaaren ja Tulisaaren patojen kuntoarviot palvelivat kunnossapidon suunnittelua ja peruskorjausten ohjelmointia. Myös EPO ELY:ssä on muutamien tehtyjen kuntoarvioiden avulla voitu suunnitella peruskorjausten tarvetta ja aikataulutusta.

9 YHTEENVETO

Opinnäytetyöprosessi oli antoisa ja opettavainen tekijälleen. Padon omistajan tehtävien hoitoon tämä tarjosi tilaisuuden hankkia hyödyllistä syventävää tietoa. Keskustelut asiantuntijoiden kanssa olivat antoisia.

Prosessin aikana kunnossapitokirjallisuuteen tutustuttaessa täsmentyivät kuntoarvio- ja kuntotutkimuskäsitteiden ero: haastatteluja tehdessäni puhuin vain yleisesti kuntoarviosta, oli sitten näytteenottoa tai ei, vaikka osaltaan puhuttiin oikeastaan myös kuntotutkimuksesta silloin, kun spekulointiin näytteiden ottamisella.

Alkuperäisenä visiona, mikä jäi toteutumatta, oli laatia jonkinlainen kuntoarviointimalli tai spesifikaatio kuntoarvion kilpailutukselle tämän opinnäytetyön puitteissa perustuen tehtyihin kuntoarviointeihin sekä naapurimaiden tarkastuslistoihin.

Kehitysehdotukset ja jatkotutkimustarpeet. Tätä opinnäytetyötä voisi pitää esiselvityksenä, jonka pohjalta voisi laatia patojen kuntoarvioinnin oppaan tai ohjeistuksen, mikäli sellaisen tekeminen katsotaan järkeväksi. Muitakin jatkotutkimusideoita tuli mieleen, esimerkiksi patojen kunnossapidon tarkempi perkaaminen kunnossapitoteorioiden valossa, voimalaitospuolen kuntoarviointi, patojen kunnossapidon osa-alueiden syvällisempi analysointi, opas padon kuntoarvion tilaamiseen ja laatimiseen, jätepadon kuntoarviokonseptin laatiminen.

Toivottavasti patoihin liittyviä opinnäytetöitä ja graduja syntyy jatkossakin, koska nämä kaikki antavat näkökulmaa aiheeseen. Kenties geologian tai maanrakennustekniikan opiskelija voisi laatia opinnäytetyönä tarkemman konseptin maapatojen kuntoarvioinnille.

LÄHTEET

A 29.4.2010/319. Valtioneuvoston asetus patoturvallisuudesta.

Alasuutari, P. 2011. Laadullinen tutkimus 2.0. Vastapaino. Neljäs uudistettu painos 2011. 1. painos 1993. Tampere: Vastapaino.

Bartch, M. 17.9.2020. Dam safety in Sweden: Ongoing development and trends. Tampereen yliopisto. PATU2019 patoturvallisuuskoulutus 2019–2020. Luento.

Duffaut, P. 2013. The traps behind the failure of Malpasset arch dam, France, in 1959. [Verkkolehtiartikkeli]. Journal of Rock Mechanics and geotechnical Engineering. Volume 5, Issue 5, October 2013, Pages 335–341. [Viitattu 9.11.2020]. Saatavissa: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1674775513000723>

Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. 21.2.2020a. ELY-keskukset. [Verkkosivusto]. [Viitattu 31.3.2020]. Saatavissa: <http://www.ely-keskus.fi/web/ely/ely-keskukset>

Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. 3.9.2020b. Tehtävät ja toiminta – Etelä-Pohjanmaa. [Verkkosivusto]. [Viitattu 16.9.2020]. Saatavissa: <http://www.ely-keskus.fi/web/ely/ely-etela-pohjanmaa-tehtavat-ja-toiminta>

Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. 29.4.2020c. Etelä-Pohjanmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen ympäristö ja luonnonvarat -vastuualueen työjärjestys 1.5.2020. Julkaisematon. Viraston sisäisessä käytössä.

Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. 23.7.2020d. Liikenne-vastuualue: Kunnossapito. [Verkkosivusto]. [Viitattu 25.7.2020]. Saatavissa: <https://www.ely-keskus.fi/web/ely/kunnossapito2>

Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskusten sekä työ- ja elinkeinotoimistojen kehittämis- ja hallintokeskus (KEHA-keskus). 2018. Tilinpäätös vuodelta 2018. [Pdf-tiedosto]. [Viitattu 24.5.2020]. Saatavissa: [Tilinppts_2018.pdf \(keha-keskus.fi\)](#)

Encyclopaedia Britannica. 2019. Oroville dam. [Verkkosivu]. [Viitattu 26.11.2020]. Saatavissa: <https://www.britannica.com/topic/Oroville-Dam>

Englund, M. 2004. Patojen valvonta. [Verkkolehtiartikkeli]. Vesitalous-lehti 5/2004, 14-15. [Viitattu 7.8.2020]. Saatavana: https://www.vesitalous.fi/wp-content/uploads/2010/02/5_2004.pdf

Engström, Å. 2019. SwedCOLD temadag 2019-04-09. Vad innebär RIDAS 2019 för konsulter? [Pdf-tiedosto]. [Viitattu 31.3.2020]. Saatavissa: <http://swed-cold.org/D68A%20Temadagar/2019-1/05.pdf>

EPO ELY. 2020. [Kuva]

EPO ELY -keskus. 2019. Etelä-Pohjanmaan ELY-keskuksen padot kolmen pohjalaismaakunnan alueella 2019. [Kuvio]. Lähde: Suomen ympäristökeskus. Maanmittauslaitos, ESRI Finland.

EPO ELY -keskus. 2014. Kunnossapitoverkoston toimintasuunnitelma 2013–2015. Julkaisematon. Viraston sisäisessä käytössä.

Eskola, J. & Suoranta J. 2008. Johdatus laadulliseen tutkimukseen. 8. painos. Jyväskylä: Vastapaino.

Grzanic, G. 6.11.2020. Senior engineer. Dam Safety at NVE - Norges vassdrags- og energidirektorat. Henkilökohtainen tiedonanto. [Henkilökohtainen sähköpostiviesti]. Vastaanottaja: Kristiina Kastman. [Viitattu 6.11.2020].

Grzanic, G., Molkersrod, K. & Norum, T. 2019. Overvåking av vassdragsanlegg. Veileder till damsikkerhetsforskriften. [Verkkojulkaisu]. Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE). Nr 3/2019. [Viitattu 6.11.2020]. Saatavissa: http://publikasjoner.nve.no/veileder/2019/veileder2019_03.pdf

Grzanic, G., Molkersrod, K., Norum, T. & Engesaeter, R. 2018. Revurdering av vassdragsanlegg. Veileder till damsikkerhetsforskriften. [Verkkojulkaisu]. Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE). Nr 1/2018. [Viitattu 6.11.2020]. Saatavissa: http://publikasjoner.nve.no/veileder/2018/veileder2018_01.pdf

Hevonoja, I. & Soinisalo O. (toim.). 2003. Suomen ympäristökeskuksen toimintakertomus ja tilinpäätöslaskelmat vuodelta 2003. [Pdf-tiedosto]. [Viitattu 8.11.2020]. Saatavissa: https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/40897/SYKEmo_302.pdf?sequence=1

HE 214/2008. Hallituksen esitys eduskunnalle patoturvallisuuslaiksi.

Hirsjärvi, S. & Hurme, H. 2008. Tutkimushaastattelu: Teemahaastattelun teoria ja käytäntö. Helsinki: Gaudeamus.

Hirsjärvi S., Remes P. & Sajavaara P. 2009. Tutki ja kirjoita. 15. painos. Helsinki: Tammi.

Holappa, T. 2007. Tarkkailumenetelmät ja riskinarviointi patoturvallisuudessa. Teknillinen korkeakoulu. Rakennus- ja ympäristötekniikan osasto, pohjarakennus ja maamekaniikka. Diplomityö. Julkaisematon.

- Hovila A. 2016. Maapadon eroosiosuojan mitoittaminen osana kuntoarviota. Oulun yliopisto. Kaivannaisalan tiedekunta. Pro gradu -tutkielma.
- Häggström, H. 19.8.2020. Boliden's way of work – dam safety. Tampereen yliopisto. PATU2019 patoturvallisuuskoulutus 2019–2020. Luento.
- Hänninen, K. & Auer, O. 2015. Patorakenteiden tarkastusmenetelmät. VRT Finland Oy. Raportti 28.10.2015. [Viitattu 24.11.2020]. Saatavissa: https://4cb504ab-e723-41b8-85ad-780b060b8453.file-susr.com/ugd/a1738a_f8d774aba17847c6baaecfe5a814921d.pdf
- ICOLD. Ei päiväystä. International Commission on Large Dams. [Verkkosivusto]. Definition of a Large Dam. [Viitattu 20.8.2020]. Saatavissa: [https://www.icold-cigb.org/GB/dams/definition of a large dam.asp](https://www.icold-cigb.org/GB/dams/definition%20of%20a%20large%20dam.asp)
- ICOLD. 1995. Statistical Analysis of Dam Failures. [Verkkolähde]. Bulletin 99. [Viitattu 7.8.2020]. Saatavissa ICOLDin Publications -palvelusta. Vaatii käyttöoikeuden.
- Ilmasto-opas.fi. Ei päiväystä. Vesivoiman tuotanto osittain hyötty sademäärän lisääntymisestä. [Verkkosivu]. Suomen ympäristökeskus. [Viitattu 29.8.2020]. Saatavissa: <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/vaikutukset/-/artikkeli/018b58d4-3f1f-4665-915c-5ed966d0dcda/vesivoima.html>
- Isomäki E., Maijala T., Sulkakoski M. & Torkkel M. (toim.). 2012. Patoturvallisuus-opas. [Verkkojulkaisu]. Hämeen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. Raportteja 89/2012. [Viitattu 31.5.2020]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B9F52CD1B-9BC4-47CF-B883-E8C2A35AA4FB%7D/108552>
- Issakoff P. 2019. Säännöstelypatojen kuntoarvot. Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Tekniikka. Konetekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö.
- Järviö J. (toim.) & Lehtiö T. 2017. Kunnossapito: tuotanto-omaisuuden hoitaminen. Kunnossapidon julkaisusarja n:o 10. Kunnossapitoyhdistys Promaint. 6. täydennetty painos. Helsinki: Promaint ry.
- Kananen, J. 2012. Kehittämistutkimus opinnäytetyönä. Kehittämistutkimuksen kirjoittamisen käytännön opas. Jyväskylän ammattikorkeakoulun Julkaisuja 134. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu.
- Kananen, J. 2017. Laadullinen tutkimus pro graduna ja opinnäytetyönä. Jyväskylän ammattikorkeakoulun Julkaisuja-sarja. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

- Keto, K. 2020. RPAS-laitteiden käyttömahdollisuudet vesistörakenteiden tarkkailussa ja muissa vesivaratehtävissä. Oulun yliopisto. Teknillinen tiedekunta, ympäristötekniikan koulutusohjelma. Diplomityö.
- Kirves, R. 2010. Häiriötilanteet Suomen padoilla. [Verkojulkaisu]. Hämeen ELY-keskus. [Viitattu 7.11.2020]. Saatavissa: https://4cb504ab-e723-41b8-85ad-780b060b8453.file-susr.com/ugd/a1738a_597b362747cc43fcbf8afe22b9768101.pdf
- Klemola, K. 10.7.2020. Säännöstely- ja patoturvallisuusryhmän päällikkö. Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus. [Henkilökohtainen sähköpostiviesti]. Vastaanottaja: Kristiina Kastman. [Viitattu 11.7.2020].
- Kohonen, E. 19.8.2020. Suotavat patorakenteet: Periaate ja suunnittelukriteerit. Tampereen yliopisto. PATU2019 patoturvallisuuskoulutus 2019–2020. Luento.
- Kurkela, A. & Alaraudanjoki, T. 2020. Loppuraportti RoiTulva19 -valmiusharjoitus. [Pdf-tiedosto]. Lapin elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. [Viitattu 26.11.2020]. Saatavissa: file:///C:/Users/krist/AppData/Local/Temp/Roi-Tulva19_loppuraportti_valmis.pdf
- Kylmänen, I. 16.1.2020. Patojen häiriötilanteita ja turvallisuussuunnitelman muokaista toimintaa. Tampereen yliopisto. PATU2019 patoturvallisuuskoulutus 2019–2020. Luento.
- L 26.6.2009/494. Patoturvallisuuslaki.
- L 27.5.2011/587. Vesilaki.
- Laasonen, J. 25.9.2019a. Patoihin liittyviä uhkatekijöitä. Tampereen yliopisto. PATU2019 patoturvallisuuskoulutus 2019–2020. Luento.
- Laasonen, J. 12.12.2019b. Betonipadot ja patoturvallisuus. Tampereen yliopisto. PATU2019 patoturvallisuuskoulutus 2019–2020. Luento.
- Laasonen, J. 25.9.2019c. Johdanto patoihin ja niiden turvallisuuteen. Tampereen yliopisto. PATU2019 patoturvallisuuskoulutus 2019–2020. Luento.
- Laasonen, J. 16.1.2020a. Yleinen varautuminen padon häiriötilanteisiin. Tampereen yliopisto. PATU2019 patoturvallisuuskoulutus 2019–2020. Luento.
- Laasonen, J. 2020b. Senior consultant. Fortum Power and Heat Oy. Suomen Suurpadot ry. Teams-keskustelu 17.6.2020.

- Laine, H. S. (toim.) 2010. Tehokas kunnossapito: tuottavuutta käynnissäpidolla. Kunnossapidon julkaisusarja – n:o 16. Kunnossapitoyhdistys Promaint. Helsinki: KP-media Oy.
- Laserkeilauksen huippuyksikkö. 2020. Centre of Excellence in Laser Scanning research. [Verkkosivusto]. [Viitattu 6.11.2020]. Saatavissa: laserscanning.fi
- Lessons Learned: From Dam Incidents and Failures. Ei päiväystä. Oroville dam. [Verkkosivusto]. [Viitattu 9.11.2020a]. Saatavissa: <https://damfailures.org/case-study/oroville-dam-california-2017/>
- Lessons Learned: From Dam Incidents and Failures. Ei päiväystä. Teton dam. [Verkkosivusto]. [Viitattu 9.11.2020b]. Saatavissa: <https://damfailures.org/case-study/teton-dam-idaho-1976/>
- Lessons Learned: From Dam Incidents and Failures. Ei päiväystä. Malpasset dam. [Verkkosivusto]. [Viitattu 9.11.2020c]. Saatavissa: <https://damfailures.org/case-study/malpasset-dam-france-1959/>
- Liikennevirasto. 2013. Taitorakenteiden tarkastusohje. Liikenneviraston ohjeita 17/2013. [Verkojulkaisu]. [Viitattu 30.6.2020]. Saatavissa: https://julkaisut.vayla.fi/pdf3/lo_2013-17_taitorakenteiden_tarkastusohje_web.pdf
- Liikennevirasto. 2011. Taitorakenteiden hallintajärjestelmän periaatteellinen toiminta. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 28/2011. [Verkojulkaisu]. [Viitattu 30.6.2020]. Saatavissa: https://julkaisut.vayla.fi/pdf3/lts_2011-28_taitorakenteiden_hallintajärjestelman_web.pdf
- Liikennevirasto. 2016. Vedenalaisten taitorakenteiden tarkastusohje. Liikenneviraston ohjeita 26/2016. [Verkojulkaisu]. [Viitattu 7.11.2020]. Saatavissa: https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2016-26_vedenalaisten_taitorakenteiden_web.pdf
- Lovdata. 1.1.2010. Forskrift om sikkerhet ved vassdragsanlegg (dammsikkerhetsforskriften). Luvut 1-10. [Verkkosivusto]. [Viitattu 6.11.2020]. Saatavissa: https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2009-12-18-1600/*#
- Luino, F. 2010. The Malpasset dam (France) fifty years after the failure of December 2, 1959 and references to similar Italian cases. Abstract. [Verkkosivu]. [Viitattu 26.11.2020]. Saatavissa: https://www.researchgate.net/publication/282697431_The_Malpasset_dam_France_fifty_years_after_the_failure_of_December_2_1959_and_references_to_similar_Italian_cases
- Länsivaara, T. 6.2.2020. Pohjatutkimukset. Tampereen yliopisto. PATU2019 patoturvallisuuskoulutus 2019–2020. Luento.

Mikkonen, H. (toim.) 2009. Kuntoon perustuva kunnossapito: käsikirja. Kunnossapidon julkaisusarja – n:o 13. Kunnossapitoyhdistys Promaint. Helsinki: KP-Media Oy.

Monitorointitoimikunta (SGY). 2017. Geoteknisen mittaamisen ja monitoroinnin olennaiset käsitteet ja periaatteet. [Verkkojulkaisu]. Suomen geoteknillinen yhdistys. [Viitattu 25.9.2020]. Saatavissa: [https://sgy.fi/wp-content/uploads/2017/04/geoteknisen mittaamisen ja monitoroinnin olennaiset kasitteet ja periaatteet 6-11-2017 julkaisu.pdf](https://sgy.fi/wp-content/uploads/2017/04/geoteknisen_mittaamisen_ja_monitoroinnin_olennaiset_kasitteet_ja_periaatteet_6-11-2017_julkaisu.pdf)

Mäenpää, E. 2017. Kaitforsin patoa, Kruunupyy 5.5.2017. [Valokuva]. Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus.

Mäki, T. 2020. Johtava vesitalousasiantuntija. Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus. Teams-keskustelu 20.8.2020.

Niemi, J. 12.12.2019. Betonipadon rakenneosat ja suunnittelun lähtökohdat. Tampereen yliopisto. PATU2019 patoturvallisuuskoulutus 2019–2020. Luento.

Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE). 26.10.2018. Supervision of dams. [Verkkosivu]. [Viitattu 6.11.2020], Saatavissa: <https://www.nve.no/supervision-of-dams/?ref=mainmenu>

Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE). 5.12.2015. Forskrifter for sikkerhet ved dammer og andre vassdragsanlegg. [Verkkosivu]. [Viitattu 6.11.2020], Saatavissa: <https://www.nve.no/damsikkerhet-og-kraftforsyningsberedskap/damsikkerhet/regelverk/forskrifter-for-sikkerhet-ved-dammer-og-andre-vassdragsanlegg/>

Nousiainen, J. 24.8.2020. Agnico Eagle Finland Oy. [Henkilökohtainen sähköpostiviesti]. Vastaanottaja: Kristiina Kastman. [Viitattu 24.8.2020].

Opetushallituksen oppimateriaali kunnossapidosta. Ei päiväystä. [Verkkosivusto]. [Viitattu 10.6.2020]. Saatavissa: <http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet.html>

Patoturvallisuuskansiot EPO ELY. 2020. Julkaisematon. Viraston sisäisessä käytössä.

Phillips, A., Hamilton, M., St. John, P. & Megerian, C. 2017. Evacuations ordered below Oroville Dam after a hole is found in its emergency spillway. [Verkkoleh-tiartikkeli]. Los Angeles Times. [Viitattu 26.11.2020]. Saatavissa: <https://www.latimes.com/local/lanow/la-me-ln-orville-update-20170212-story.html>

PSK 6201. 2011. Kunnossapito. Käsitteet ja määritelmät. Helsinki: PSK Standardisointiyhdistys ry.

PSK 6202. 2003. Prosessiteollisuuden kuntokartoitus. Helsinki: PSK Standardisointiyhdistys ry.

Rakennustieto. 2014. Kiinteistön kuntoarvio. Kirja RT-kortistoissa julkaistuista asuinkiinteistöjen sekä liike- ja palvelukiinteistöjen kuntoarviointia koskevista ohjeista. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Rantala, A. 25.9.2019. Pitkämön padon vaaratilanne. Tampereen yliopisto. PATU2019 patoturvallisuuskoulutus 2019–2020. Luento.

Regina, T. 27.7.2020. Ympäristön kehittämissyksikön päällikkö. Kainuun elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. Puhelinhaastattelu.

Ricketts, M. 2012. The Malpasset Dam Disaster – could the Var suffer again? 7.1.2012. [Verkkolehtiartikkeli]. [Viitattu 9.11.2020]. The Riviera Reporter. Saatavissa: <http://www.rivierareporter.com/local-living/151-the-malpasset-dam-disaster-could-the-var-suffer-again>

RIL 123. 1979. Vesirakenteiden suunnittelu. Helsinki: Suomen rakennusinsinööriliitto.

Ruotsalainen, L. 17.9.2020. Tekoäly ja patoturvallisuus. Tampereen yliopisto. PATU2019 patoturvallisuuskoulutus 2019–2020. Luento.

Serna, J. 2020. Trump administration, in a reversal, OKs more funds for Oroville Dam repairs. [Verkkolehtiartikkeli]. Los Angeles Times. [Viitattu 26.11.2020]. Saatavissa: <https://www.latimes.com/california/story/2020-02-21/trump-administration-approves-more-recovery-funds-for-oroville-dam>

SFS-EN 13306. 2017. Kunnossapito. Helsinki: Suomen standardisointiliitto SFS ry.

Sierla, J., Hassinen, J., Yrjänä, T., Rautio, L., Niittyniemi, V. & Haukilehto K. 2017. VETO-hankeraportti 12.1.2017. Selvitys valtion vesistörakenneomaisuudesta ja siihen liittyvien lupien hallinnasta. Vesivarojen käyttöön ja hoitoon liittyvien tehtävien hoidon järjestäminen maa- ja metsätalousministeriön hallinnonalalla, osahanke A. [Pdf-tiedosto]. Maa- ja metsätalousministeriö. [Viitattu 5.11.2020]. Saatavissa: https://mmm.fi/documents/1410837/4045459/VETO+A+Valtion+vesist%C3%B6omaisuus_FINAL.pdf/85143b77-a921-4c94-afca-8db9ed48bff6. 4-5.

Sjödahl, P. & Johansson, S. 22.10.2019. Geofysiska metoder inom dammsäkerhetsområdet. Nuläge och exempel på framtida metoder. SwedCold 2019-10-

22. [Pdf-tiedosto]. [Viitattu 6.11.2020]. Saatavissa: <http://swed-cold.org/D68A%20Temadagar/2019-2/09.pdf>

Suomela, J. 26.2.2019. Hyvässä kunnossa – kuntoarvio, kuntotutkimus vai kuntokartoitus? [Blogikirjoitus]. Talokummi-verkkosivusto. [Viitattu 18.9.2020]. Saatavissa: <https://www.talokummi.fi/kuntoarvio-vai-kuntotutkimus-vai-kuntokartoitus/>

Suomen ympäristökeskus. 2020. Valtion vesitaloushankkeiden toimivuuden tarkastelu. Arvioinnin tulokset, PowerBi-raportti. Julkaisematon.

Suomen ympäristökeskus. 2017. Maa- ja metsätalousministeriön vesivaratehtävät uudistuvat. 6.4.2017. [Verkkosivu]. [Viitattu 25.11.2020]. Saatavissa: [https://www.syke.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Uutiskirjeet/Vesikirje/Maa_ja_metsatalousministerion_vesivarate\(42675\)](https://www.syke.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Uutiskirjeet/Vesikirje/Maa_ja_metsatalousministerion_vesivarate(42675))

Suurpadot Suomen osasto ry (FINCOLD). 2010. 1960 – 2010. Historiaa ja toimintaa. 2010. Helsinki: Suurpadot Suomen osasto ry.

Suurpadot Suomen osasto ry (FINCOLD). 2019. Patojen häiriötilanteiden hallinta. [Pdf-dokumentti]. Raportti 24.5.2019. [Viitattu 30.7.2020] Saatavissa: https://4cb504ab-e723-41b8-85ad-780b060b8453.file-susr.com/ugd/88c678_517c0d6bb8744c2c9c488b5d968c1008.pdf. 7, 12, 14.

SveMin. 2012. GruvRIDAS: Gruvindustrins riktlinjer för dammsäkerhet. [Pdf-tiedosto]. [Viitattu 8.11.2020]. Saatavissa energiforetagen.se -sivustolta. Vaatii käyttöoikeuden.

Svensk Energi. 2012. RIDAS 2012. [Verkkajulkaisukokoelma] [Viitattu 8.11.2020]. Saatavissa energiforetagen.se -sivustolta. Vaatii käyttöoikeuden.

Svensk Energi. 2019. RIDAS 2019: Huvuddokument. [Verkkajulkaisukokoelma]. [Viitattu 8.11.2020]. Saatavissa energiforetagen.se -sivustolta. Vaatii käyttöoikeuden.

Svensk Energi.. Swedenergy AB. 2011. RIDAS: Kraftföretagens riktlinjer för dammsäkerhet. Avsnitt 6. Tillståndskontroll, felrapportering och underhåll. Tillämpningvägledning. 15.12.2011. [Pdf-tiedosto]. Saatavissa energiforetagen.se -sivustolta. Vaatii käyttöoikeuden.

Svensk Energi AB / SveMin 2010. GruvRIDAS – Tillståndskontroll, felrapportering och underhåll. [Verkkajulkaisukokoelma]. [Viitattu 16.6.2020]. Saatavissa energiforetagen.se -sivustolta. Vaatii käyttöoikeuden.

Svenska Kraftnät. 8.1.2020a. Dammsäkerhet. [Verkkosivu]. [Viitattu 25.7.2020]. Saatavissa <https://www.svk.se/sakerhet-och-hallbarhet/dammsakerhet/>

- Svenska Kraftnät. 14.8.2019a. Regelverk och riktlinjer. [Verkkosivu]. [Viitattu 8.11.2020]. Saatavissa: <https://www.svk.se/sakerhet-och-hallbarhet/dammsakerhet/regelverk-och-riktlinjer/>
- Svenska Kraftnät. 30.8.2019b. Sammanställning av rapportering avseende dammsäkerhet 2018: Dammägarens årsrapportering till länsstyrelsen. [Pdf-tiedosto], [Viitattu 8.11.2020]. Saatavissa: https://www.svk.se/siteassets/sakerhet-och-hallbarhet/dammsakerhet/rapporter-och-yttranden/sammanstallning_rapportering_avseende_dammsakerhet_2018.pdf
- Svenska Kraftnät. 2020b. Svenska kraftnät. [Verkkosivu]. [Viitattu 8.11.2020]. Saatavissa: www.svk.se
- Taitorakenteiden tarkastusohje. 2013. Liikennevirasto. Liikenneviraston ohjeita 17/2013. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 3.9.2020]. Saatavissa: https://julkaisut.vayla.fi/pdf3/lo_2013-17_taitorakenteiden_tarkastusohje_web.pdf
- The Atlantic. 2017. How Did the Oroville Dam Crisis Get So Dire? 13.2.2017. [Verkkosivu]. [Viitattu 26.11.2020]. Saatavissa: <https://www.theatlantic.com/national/archive/2017/02/how-did-the-oroville-dam-get-so-bad/516429/>
- Tuomi, J. & Sarajärvi, A. 2018. Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi. Uudistettu laitos. Helsinki: Tammi.
- Tuominen, K. 2010. Lean: Tehoa ja laatua kunnossapidon kehittämiseen. Total Productive maintenance. Helsinki: readme.fi.
- Valtion vesirakenteisiin kohdistuvan perusparannushankkeen eteneminen ELY-keskuksissa. 2020. Sisäinen dokumentti. Päivitetty 14.2.2020. Etelä-Pohjanmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus.
- Valtion vesistö rakenneomaisuuden hallinta. 2020. Etelä-Pohjanmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. Julkaisematon. Viraston sisäisessä käytössä.
- Veijalainen, N. & Vehviläinen, B. 2008. Ilmastonmuutos ja patoturvallisuus – vaikutus mitoitustulviin. Suomen ympäristö 21/2008. [Verkkajulkaisu]. Helsinki: Suomen ympäristökeskus. [Viitattu 5.8.2020]. Saatavissa: https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/38377/SY21_2008_Ilmastonmuutos_ja_patoturvallisuus_vaikutus_mitoitustulviin.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Vesi.fi-verkkopalvelu. 27.1.2020. Patoturvallisuus. [Verkkosivu]. Suomen ympäristökeskus (SYKE). [Viitattu 9.11.2020]. Saatavissa: <https://www.vesi.fi/vesi-tieto/patoturvallisuus/>

Vesihallitus. 1985. Vesihallituksen patoturvallisuusohjeet. [Pdf-tiedosto]. Vesihallituksen monistesarja nro 323. Helsinki: Vesihallitus. [Viitattu 4.8.2020]. Saatavissa: <https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/318144/Vesihallituksen%20monistesarja%20323.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Virtala, P., Thompson, P. D., Ellis, R. 2011. Liikennevirasto. Taitorakenteiden hallintajärjestelmän periaatteellinen toiminta. [Pdf-tiedosto]. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 28/2011. [Viitattu 5.9.2020]. Saatavissa: https://julkaisut.vayla.fi/pdf3/lts_2011-28_taitorakenteiden_hallintajarjestelman_web.pdf

Vuola P., Kuusiniemi R. & Maijala T. 2004. Condition assessment of Government-owned dams in Finland. [Pdf-tiedosto]. Long-term benefits and performance of dams: Proceedings of the 13th Conference of the British Dam Society and the ICOLD European Club meeting held at the University of Kent, Canterbury, UK from 22 to 26 June 2004. [Viitattu 25.5.2020] Saatavissa: <https://britishdams.org/assets/documents/conferences/2004/papers/vuola.pdf>

Vuola, P. 24.10.2019. Maapadot: Käyttötarkoitus. Toimintaperiaate. Rakenneosat. Tampereen yliopisto. PATU2019 patoturvallisuuskoulutus 2019–2020. Luento.

Vuola, P. 2020a. Tekniikan lisensiaatti. Geo Infra. Puhelinhaastattelu 25.5.2020.

Vuola, P. 6.11.2020b. Geo Infra. Kommentteja tarkastettavaksi lähetetystä tekstiotteesta. [Henkilökohtainen sähköpostiviesti]. Vastaanottaja: Kristiina Kastman. [Viitattu 6.11.2020].

Vuola, P. 2004. Uljuan allas: Arkkusaaren pato. Padon kuntoarvio, tiivistelmä. 10.5.2004. Suomen ympäristökeskus. Raportti. Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus (PPO). Viraston sisäiseen käyttöön.

Vuola, P. 2005. Uljuan allas: Tulisaaren pato. Padon kuntoarvio, tiivistelmä. 16.11.2005. Suomen ympäristökeskus. Raportti. Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus (PPO). Viraston sisäiseen käyttöön.

Vuola, P. 2006. Haapajärven allas, Raahe. Padon kuntoarvio, tiivistelmä. 16.3.2006. Suomen ympäristökeskus. Raportti. Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus (PPO). Viraston sisäiseen käyttöön.

Väylävirasto. 2020. Tarkastajakurssi. [Verkkosivusto]. [Viitattu 5.9.2020]. Saatavissa: <https://vayla.fi/web/tarkastajakurssi/>

Westerholm, L. 7.3.2017. Maa- ja metsätalousministeriö. Maakuntien valtakunnallisten palvelukeskusten valmistelu: Tilakeskukseen sijoitettavia vesistörakenteita koskevat erityiskysymykset. Maakuntauudistuksen projektiryhmä 7.3.2017. []. [Viitattu 24.11.2020]. Saatavissa: <https://docplayer.fi/52452486-Tilakeskukseen-sijoitettavia-vesistorakenteita-koskevat-erityiskysymykset.html>

Westerholm, L. 25.9.2019. Avaussanat. Tampereen yliopisto. PATU2019 patoturvallisuuskoulutus 2019–2020.

Yle. 2017. Video: Yhdysvaltain korkein pato uhkaa murtua – välittömät evakuoinnit käynnistyivät. 13.2.2017. [Verkkosivu]. [Viitattu 26.11.2020]. Saatavissa: <https://yle.fi/uutiset/3-9456307>

Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu. 14.12.2018. Padot ja patoturvallisuus. [Verkkosivu]. [Viitattu 10.8.2020]. Saatavissa: https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesien_kaytto/Padot_ja_patoturvallisuus

Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu. 13.11.2019b. Patojen luokittelu. [Verkkosivu]. [Viitattu 16.9.2020]. Saatavissa: https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesien_kaytto/Padot_ja_patoturvallisuus/Patojen_luokittelu

Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu. 1.10.2020. Patoturvallisuuden viranomaisvalvonta. [Verkkosivu]. [Viitattu 6.11.2020]. Saatavana: https://www.ymparisto.fi/fi-fi/vesi/vesien_kaytto/Padot_ja_patoturvallisuus/Viranomaisvalvonta

Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu. 15.7.2019a. Pohjois-Pohjanmaan ympäristöhistoria - Ympäristöhallinnon vahvistuminen vesipiiristä ympäristökeskukseksi. [Verkkosivu]. [Viitattu 8.8.2020]. Saatavissa: https://www.ymparisto.fi/fi-FI/PohjoisPohjanmaan_ymparistohistoria/Hallinto_ja_lainsaadanto/Ymparistohallinnon_vahvistuminen_vesipiirista_ymparistokeskukseksi

Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu. 7.10.2019c. Pohjois-Pohjanmaan ympäristöhistoria – Vesistöhaittojen vähentäminen ja vesivarojen käyttö – Tekoaltaista tulvasuojelua. [Verkkosivu]. [Viitattu 8.8.2020]. Saatavana: https://www.ymparisto.fi/fi-FI/PohjoisPohjanmaan_ymparistohistoria/Vesistohaittojen_vahentaminen_ja_vesivarojen_kaytto/Tekoaltaista_tulvasuojelua/UI-juan_tekoallas