

ENERGIAHANKKEEN LAADUN MANAGEROINTI

Vivi Aalto
Opinnäytetyö AMK
Kevät 2025
Energiatekniikka
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Energiatekniikan tutkinto-ohjelma

Tekijä: Vivi Aalto

Opinnäytetyön otsikko: Energiahankkeen laadun managerointi

Työn ohjaajat: Hannu Sarkkinen, Sami Orajärvi

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2025

Sivumäärä: 33

Tämän opinnäytetyön tarkoitus oli tehdä toimeksiantajalle, VSB Uusiutuva Energia Suomi Oy:lle, tarkastusasiakirja energiahankkeen rakennusvaiheen prosessille. Opinnäytetyön toteutustapa oli siis tuotteen kehittäminen toimeksiantajan käyttöön.

Toimeksiantajalla oli tarve selkeyttää hankkeidensa laatutestausta, josta tuli aihe tälle opinnäytetyölle. Tavoitteena oli koota toimeksiantajalle järjestelmällinen tarkastusasiakirja, jonka avulla hankkeiden laatutestaus ja sen seuranta olisi sujuvampaa. Tarkastusasiakirjaan koottiin toimeksiantajan näkökulmasta oleelliset laatutestit, -mittaukset sekä -tarkastukset siten, että lopputuloksena oli selkeä ja kronologinen listaus niistä. Jokaiselle tarkastusasiakirjaan listatulle testille kirjattiin myös testin suorittaja, sijainti, tekoa edeltävät vaatimukset, tekotaajuus sekä kuvaus. Näin ollen testien seuraaminen on helppoa ja nopeaa, mikä tehostaa energiahankkeiden rakennusprosessia.

Tarkastusasiakirjan pohjalta tehtiin myös prosessikaaviot, joiden tarkoituksena on visuaalistaa energiahankkeprosessin etenemistä. Työn rajaamisen takia prosessikaavioista tehtiin yksinkertaistetut versiot, joista prosessin rakenne tulee kuitenkin hyvin ilmi. Sekä tarkastusasiakirjan että prosessinkuvauksen aineisto kerättiin eri lähteistä, muun muassa haastattelemalla ja lukemalla kirjallisia lähteitä.

Työn haasteena ei ollut niinkään testien löytäminen, vaan niiden läpikäyminen. Tarkastusasiakirja ei saa sisältää testejä, jotka ovat toimeksiantajan näkökulmasta tarpeettomia. Tämän takia jokainen testi piti käydä ajatuksella läpi ja miettiä, onko se ylös kirjaamisen arvoinen.

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree Program in Energy technology

Author: Vivi Aalto

Title of thesis: Quality management of energy projects

Supervisors: Hannu Sarkkinen, Sami Orajärvi

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2025

Number of pages: 33

The purpose of this thesis was to prepare an inspection document for the client, VSB Uusiutuva Energia Suomi Oy, for the construction phase of an energy project. The thesis was therefore a product development for the client's use.

The project involved creating a systematic inspection document to improve quality testing and monitoring throughout the project. The document compiles essential tests, measurements, and inspections from the client's perspective in a clear, chronological list. Each test note includes the tester, location, prerequisites, frequency, and description, enabling easy and efficient tracking, resulting in an improved construction process.

Simplified process flow diagrams were also created to visually depict the progress of the energy project. Material for both the inspection document and the process diagrams was collected through interviews and a literature review.

The main challenge was not finding tests, but selecting only those relevant to the client's needs to ensure the inspection document remains focused and practical.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	2
ABSTRACT	3
SISÄLLYS	4
1 JOHDANTO	5
2 ENERGIAHANKKEET	6
2.1 Energiahankkeiden määritelmät	6
2.2 Energiahankkeiden merkitys	7
2.3 Energiahankkeiden rooli kestävässä kehityksessä ja energiantuotannossa	8
3 TEHTÄVÄNANNON KUVAUS	10
3.1 Toimeksiantaja	10
3.2 Toimeksiannon tarkoitus	10
3.3 Tarkastusasiakirjan ja prosessikuvauksen tavoitteet	11
4 LAATUTESTIT JA –MITTAUKSET	13
4.1 Laatutestien ja mittausten merkitys energiahankkeissa	13
4.2 Standardit ja ohjeistukset laadunvarmistuksen tukena	14
4.3 Erilaiset testit ja mittaukset	16
4.4 Testimenetelmät ja niiden käyttö energiahankkeissa	17
4.5 Testit ja mittaukset tarkastusasiakirjassa	20
5 KÄYTETTY AINEISTO	24
6 PROSESSIKUVAUS	25
7 LOPPUTULOKSET	28
8 POHDINTA	29
LÄHTEET	30

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoitus on tarjota toimeksiantajalle, VSB Uusiutuva Energia Suomi Oy:lle, tarkastusasiakirja energiahankeprosessien eri mittauksille sekä prosessienkuvauskaaviot.

Toimeksiantaja työskentelee uusiutuvien energiahankkeiden parissa. Jotta projektit saadaan toteutettua turvallisesti ja tehokkaasti, on syytä kiinnittää huomiota laadunhallintaan. Projekteissa on suoritettava lukuisia eri mittauksia ja testejä projektin eri vaiheissa. Rakennusalojen ja organisaatioiden haasteena on usein karsia tarpeettomat mittaukset pois, jolloin projektit venyvät ja kallistuvat. Tämän työn tarkoitus on perehtyä laadunhallintaan ja laatumittauksiin. Työssä keskitytään toimeksiantajan kannalta oleellisiin laatumittauksiin ja -testeihin. Opinnäytetyön aineisto kerätään muun muassa lainsäädännöstä, standardeista sekä kirjallisuudesta. Toimeksiantajan puolelta saadaan dataa, jota hyödynnetään työn tekemisessä.

Tämän raportin tavoitteena on esitellä kaikki opinnäytetyön osa-alueet siten, että lopputuloksena on selkeä ja kattava dokumentaatio. Työn lopputuloksen ymmärrettävyyden takaamiseksi käydään läpi kaikki tarvittavat yksityiskohdat, kuten tehtävänanto, prosessikuvaus ja energiahankkeiden laaduntestaus, mutta myös loppupäätelmät ja pohdinnat. Raportti pyrkii myös tarjoamaan lukijalle yleiskuvan energiahankkeista, niiden tyypeistä ja merkityksestä.

2 ENERGIAHANKKEET

Energiahankkeet ovat projekteja, joiden tarkoitus on tuottaa, siirtää tai säästää energiaa. Niiden merkitys kestävän kehityksen kannalta on oleellinen energiatehokkuuden ja ilmastomuutoksen torjunnan näkökulmasta, sillä ne edistävät puhtaampaa ja tehokkaampaa energiankäyttöä yhteiskunnassa. Seuraavaksi käsitellään tarkemmin energiahankkeiden määritelmiä, merkitystä ja niiden roolia osana kestävästä kehityksestä ja energiantuotannon murrosta.

2.1 Energiahankkeiden määritelmät

Energiahankkeilla tarkoitetaan projekteja, jotka keskittyvät energian tuotantoon, jakeluun, säästöihin, uusiutuvien energialähteiden käyttöön tai energiatehokkuuden parantamiseen (1). Uusiutuvien energialähteiden energiahankkeita ovat muun muassa aurinkovoimalat, ydinvoimalat sekä tuulivoimalat.

Energiahankkeet voidaan luokitella useilla eri tavoilla. Yksi yleinen luokittelutapa perustuu käytettyyn energiatyyppiin. Tällöin hankkeet jaetaan usein perinteisiin ja ei-perinteisiin energiahankkeisiin. Perinteiset hankkeet hyödyntävät muun muassa hiiltä, öljyä, kaasua vettä ja puuta. Ei-perinteiset hankkeet puolestaan kattavat sen, mikä jää perinteisten hankkeiden ulkopuolelle. Näitä ovat muun muassa ydinvoima-, biomass- ja vetyhankkeet. Vaikka energiahankkeita voidaan jakaa ja luokitella eri kategorioihin, on syytä muistaa, että jokaisella hankkeella on omat erityispiirteensä. (5.)

Energiahankkeen elinkaari voidaan jakaa kolmeen osaan: aloitus, rakentaminen sekä käyttö ja kunnossapito. Energiahanketta aloittaessa tulee pohtia hankkeen maantieteellistä sijaintia sekä muita hankkeen kannalta oleellisia asioita. Aloitusvaihe pitää sisällään myös erilaisten lupien hankkimista koskien muun muassa hankkeen rakentamista. Kun luvat ja muut edellä mainitut asiat ovat kunnossa, päästään aloittamaan hankkeen rakentaminen. Rakennusvaiheessa ovat vahvasti läsnä eri laatustandardit, joilla varmistetaan hankkeen toimivuus ja turvallisuus. Energiahanketta rakentaessa tulee olla täsmälliset suunnitelmat, jotta

projekti etenee odotetusti ja turvallisesti. Kun energiahanke on valmis, painopiste siirtyy pitkän aikavälin hallintaan, jotta hankkeen onnistuminen voidaan taata käytön aikana. (2.)

2.2 Energiahankkeiden merkitys

Energiaa voidaan ajatella kykynä tehdä työtä. Jotta kiinteistöt saadaan lämpimiksi, tarvitaan energiaa. Jotta lamppuihin saadaan valoa, tarvitaan energiaa. Jotta autot kulkevat, tarvitaan energiaa. Energiaa on kaikkialla ympärillämme, mutta se täytyy saada valjastettua sen käyttöä varten. Vaikka kuulemme usein energian kulutuksesta, sitä ei koskaan oikeastaan kuluteta. Ensimmäisen termodynamiikan lain mukaan energiaa ei voi luoda eikä hävittää. Näin ollen voidaan ajatella, että energiaa siirretään tilojen välillä ja muodosta tai esineestä toiseen tehden aina työtä esineille prosessin aikana. Tätä prosessia varten tarvitaan energiahankkeita. (8.)

Energiahankkeiden merkitys on moninainen, sillä ilman energiaa ei ole elämää. Kehittyvän maailman myötä energian tarve on kasvussa, mikä luo tarvetta eri energiahankkeille. Hankkeita on monenlaisia ja ne käyttävät eri energianlähteitä tuotantoprosesseissaan. Niitä kaikkia kuitenkin yhdistää ratkaiseva rooli sähkön tuotannossa yhteiskunnan energiantarpeiden tyydyttämiseksi. (9.)

Energiahankkeet vaikuttavat merkittävästi Suomen huoltovarmuuteen ja energiaomavaraisuuteen. Huoltovarmuudella tarkoitetaan yhteiskunnan kykyä ylläpitää välttämättömiä toimintoja myös häiriötilanteissa. (27.) Energiaomavaraisuus puolestaan viittaa Suomessa tuotetun käyttöön ja kulutukseen. Toisin sanoen Suomi on energiaomavarainen, kun se tuottaa sähköä saman verran kuin kuluttaa. Energiaomavaraisuutta saadaan parannettua ja ylläpidettyä energiahankkeiden avulla, joissa hyödynnetään kotimaisia energianlähteitä, kuten tuuli- ja aurinkoenergiaa, biokaasua sekä geotermistä energiaa. (28.)

Myös Suomessa energian tarve on ollut kasvussa. Vuonna 2023 energian kokonaiskulutus oli 1,32 miljoonaa terajoulea. Tämä tarkoittaa 2 % nousua vuoteen 2022 verrattaessa. Kasvava energiantarve Suomessa luo mahdollisuuksia uusille innovaatioilla ja työpaikoille, ja Suomi onkin ottanut askeleen eteenpäin

puhtaamman energiajärjestelmän rakentamisessa. Käytännössä tämä tarkoittaa muun muassa sitä, että Suomen tuulivoimainvestoinnit ovat jatkuneet ja aurinkoenergiankin puolella tuotanto on kasvanut. Tällaisilla energiahankkeilla Suomi pystyy vastamaan nousevaan energian kysyntään. (11.)

2.3 Energiahankkeiden rooli kestävässä kehityksessä ja energiantuotannossa

Energiahankkeilla on keskeinen rooli ilmastotavoitteiden saavuttamisessa, kestävä kehityksen edistämässä ja tulevaisuuden energiajärjestelmän rakentamisessa. Tämän lisäksi niillä on voima uudistaa taloudellisia ja sosiaalisia rakenteita. Tästä syystä uusiutuvien energialähteiden käyttö on ollut kasvussa. Näitä ovat muun muassa aurinko-, tuuli ja vesienenergia. Uusiutuvia energialähteitä pidetään kestävämpinä ja ympäristöystävällisempinä verrattuna fossiilisiin polttoaineisiin, jotka kuluvat loppuun ja aiheuttavat kasvihuonepäästöjä. Lisääntyneiden kasvihuonepäästöjen vuoksi maapallon ilmakehä on lämmennyt huomattavasti, millä on suuri vaikutus eri eliöiden elämänlaatuun. Uusiutuvien energialähteiden energiahankkeet torjuvat ilmastomuutosta, sillä ne eivät tuota kasvihuonepäästöjä. (9.)

Myös kansanterveys paranisi energiahankkeiden keskittyessä uusiutuviin energialähteisiin. Esimerkiksi hiili- ja maakaasuvoimaloiden päästämät ilmaan ja veteen kohdistuvat saasteet yhdistetään muun muassa hengitysvaikeuksiin, neurologisiin vaurioihin, sydänkohtauksiin, syöpään, ennenaikaiseen kuolemaan ja moniin muihin vakaviin ongelmiin. Energiahankkeet, jotka hyödyntävät uusiutuvia energialähteitä tuottavat sähköä ilman siihen liittyviä ilmansaastepäästöjä. (10.)

Energiahankkeilla on myös vaikutus taloudellisiin puoliin, sillä ne voivat luoda työpaikkoja sekä muita taloudellisia etuja. Uusiutumattomiin energialähteisiin verrattuna uusiutuvan energian teollisuus on työvoimavaltaisempaa. Esimerkiksi aurinkosähköä tuottaessa ihmisen on suunniteltava ja rakennettava paneelit ja sen jälkeen asennettava ne. Paneeleja pitää myös huoltaa, mikä avaa uusia työpaikkoja. (10.)

Suomessa energialaitosten ympäristövaikutuksia säädellään jo rakennusvaiheessa ympäristövaikutusten arviointimenettelyllä, eli YVA-lailla. Tämä on lakisääteinen prosessi, jonka tarkoituksena on tunnistaa, arvioida ja vähentää hankkeen mahdollisia haitallisia vaikutuksia ympäristöön, ihmisiin ja luontoon ennen lopullisten päätösten tekemistä. YVA-laki ei ainoastaan velvoita energiahankkeita selvittämään vaikutuksiaan, vaan myös ohjaa niitä kohti kestävämpää, hyväksyttävämpää ja teknisesti parempaa toteutusta. Se parantaa myös päätöksenteon laatua ja kansalaisten osallistumismahdollisuuksia hankkeeseen. Näin ollen YVA-laki on oleellinen työkalu kestävän kehityksen arvioinnissa. (25.)

Suomen kansallisten ympäristötavoitteiden ja YVA-lain rinnalla energiahankkeiden ympäristövaikutuksia säätelee YK:n kestävän kehityksen tavoite numero 7. Tämän tavoitteen nimi on ”Puhdas ja edullinen energia”. Tavoitteen 7 tarkoitus on nimensä mukaisesti varmistaa puhtaan, kohtuuhintaisen ja luotettavan energian saatavuus kaikille ihmisille ympäri maailman. Koska energia on keskeinen tekijä muun muassa maatalouden, liiketoiminnan, viestinnän ja koulutuksen kannalta, ei ole merkityksetöntä, miten sitä tuotetaan. Tästä syystä tavoitteeseen 7 on kirjattu ylös pyrkimykset uusiutuvan energian kasvattamisesta, energiatehokkuuden parantamisesta sekä puhtaan energiateknologian ja kansainvälisen yhteistyön edistämisestä. Tavoitteet koskevat erityisesti kehittyviä maita. Energiahankkeet, jotka hyödyntävät esimerkiksi aurinko- tai tuulivoimaa, tukevat tavoitteen 7 toteutumista vähentämällä päästöjä ja edistämällä ilmastokestävää talouskasvua. (26.)

3 TEHTÄVÄNANNON KUVAUS

Opinnäytetyö toteutettiin toimeksiantajan tarpeen pohjalta, ja se palvelee osana käytännön kehitystyötä laadunvarmistuksen dokumentaation parantamiseksi. Opinnäytetyö keskittyy energiahankkeiden rakentamisen aikana suoritettavien laadunvarmistustestien ja mittausten dokumentointiin osana tarkastusasiakirjaa. Tämän lisäksi laadunvarmistuksen dokumentaation tueksi tehtiin prosessinkuvauskaaviot.

3.1 Toimeksiantaja

Tämän opinnäytetyöaiheen toimeksiantaja, VSB Uusiutuva Energia Suomi Oy, on ympäristöystävällisen energiantuotannon yritys. Suomessa vuonna 2015 aloittanut yritys on osa Euroopan laajuista VSB Groupia, jossa työskentelee tällä hetkellä yli 500 ihmistä. VSB Uusiutuva Energia Suomi Oy on tuuli- ja aurinkovoimaosaaja, jonka tavoitteena on edistää kestäviä energiaratkaisuja hyödyntämällä teknistä osaamista projektien kehittämisessä, rahoituksessa, rakentamisessa, operoinnissa ja optimoinnissa. Tällä hetkellä VSB-konserni on asentanut yli 750 tuulivoimalaa ja yli 30 aurinkovoimalaa Eurooppaan. (14.)

3.2 Toimeksiannon tarkoitus

Energiahankkeen laadukkaan toteutuksen takaaminen vaatii tarkkaa suunnittelua ja seurantaa. Tästä syystä VSB Uusiutuva Energia Suomi Oy, jolla oli tarve selkeyttää ja tehostaa energiahankkeiden rakennusvaiheen laadunhallintaa, antoi toimeksiannon tälle opinnäytetyölle. Toimeksiannon tarkoituksena oli laatia toimeksiantajan käyttöön tarkastusasiakirja sekä prosessinkuvauskaaviot energiahankkeiden toteutukseen liittyen. Näillä työkaluilla toimeksiantaja kykenee varmistamaan energiahankkeiden etenemisen suunnitellusti niin, että tarvittavat laatuvaatimukset täyttyvät.

Opinnäytetyö keskittyi ainoastaan energiahankkeiden rakennusvaiheen prosessinkuvaukseen ja sen tarkastusasiakirjan laatimiseen. Esimerkiksi taloudellinen puoli jätettiin huomiotta. Näin saatiin luotua toimeksiantajan näkökulmasta tehokas ja kohdistettu työkalu.

3.3 Tarkastusasiakirjan ja prosessikuvauksen tavoitteet

Tarkastusasiakirja suunniteltiin energiahankkeen rakennusvaiheen näkökulmasta. Asiakirjan tarkoituksena oli varmistaa, että kaikki laadunvarmistukseen liittyvät seikat toteutetaan suunnitelmien, viranomais määräysten ja standardien mukaisesti. Tavoitteena oli muodostaa selkeä ja kronologinen listaus laatu- testeistä, -mittauksista ja -tarkastuksista, jotka takaavat hyvän laadunhallinnan. Tarkastusasiakirja kattaa energiahankkeen sähkö-, rakenne- ja käyttöönotto tarkastukset, jotka perustuvat kansainvälisiin standardeihin, projekti-kohtaisiin suunnitelmiin sekä tilaajan erityisvaatimukseen. Valmis tarkastusasiakirja tulee toimimaan työkaluna toimeksiantajalle. Asiakirjan avulla toimeksiantaja pystyy seuraamaan, että kaikki tarvittavat testit ja mittaukset tulee suoritettua ennen siirtymistä seuraavaan työvaiheeseen. Laadukkaan asiakirjan keskeisiksi tavoitteiksi nousivat:

- selkeän kuvauksen antaminen testattavista kohteista ja niiden laatuvaatimuksista
- muun muassa testien ajoituksen ja suorittajan sekä sisällön dokumentoinnin määrittäminen
- laadunvalvonnan tarkastuksen ja hyväksynnän helpottaminen
- työturvallisuuden, teknisen suorituskyvyn ja säännösten noudattamisen tukeminen
- testien ja mittausten suorittamisen selkeyttäminen.

Tarkastusasiakirjan lisäksi opinnäytetyöhön kuului prosessinkuvasta. Prosessikuvauksen tarkoituksena oli havainnollistaa energiahankkeen rakennetta ja etenemistä vaiheittain prosessin aikana. Visuaalinen prosessikuvaus kokoaa yhteen testit ja mittaukset loogisesti eteneväksi kokonaisuudeksi, jossa jokaisella vaiheella on selkeä paikka ja tarkoitus rakennushankkeen kokonaisprosessissa.

Prosessinkuvaus auttaa eri toimijoita (esimerkiksi tilaajaa ja urakoitsijaa) ymmärtämään kokonaisuuden kulun. Tämä lisää työn selkeyttä ja vähentää virheiden, viivästysten ja väärinkäsitysten riskiä.

4 LAATUTESTIT JA –MITTAUKSET

Energiahankkeiden laatutestien tarkoitus on varmistaa hankkeiden onnistuminen. Ne arvioivat hankkeen eri osa-alueiden toimivuutta ja turvallisuutta esimerkiksi eri mittauksen avulla. Laatutestejä on paljon erilaisia, ja jokainen yritys käy niistä läpi ne itselleen oleelliset. Laadunvarmistus ja siihen liittyvät testit ja mitaukset toimivat riskienhallinnan välineenä, jonka avulla voidaan ehkäistä teknisiä virheitä ja minimoida taloudellisia tappioita.

4.1 Laatutestien ja mittausten merkitys energiahankkeissa

Energiahankkeet ovat suuria ja monimutkaisia projekteja. Jotta nämä projektit saadaan suoritettua turvallisesti ja tehokkaasti, on tärkeää kiinnittää huomiota laadunhallintaan. Energiahankeprosessin laadunhallinnalla tarkoitetaan prosesseja ja menettelyjä, joilla varmistetaan, että rakennushanke täyttää sille asetetut vaatimukset ja standardit. Laadunhallinnan tavoitteena on estää virheet ja parantaa rakennushankkeiden tehokkuutta. Laadunhallintakokonaisuuteen kuuluvat myös laadunvarmistus ja -valvonta, jotka yhdessä muodostavat perustan laatutestien ja -mittauksen suunnittelulle ja toteutukselle. (3.)

Laatutestit ja -mittaukset ovat suuressa osassa energiahankeprosessia, sillä niillä taataan, että hankkeen jokainen vaihe voidaan suorittaa turvallisesti ja laatustandardit huomioiden. Laatutestit ja -mittaukset varmistavat muun muassa sen, että hankkeessa mukana olevat koneet, laitteet, prosessit, mittalaitteet sekä erilaiset laitteistot täyttävät niille asetetut laatuvaatimukset. Osa näistä vaatimuksista on lakisääteisiä, kun osa taas on hankkeen toteuttajan vapaaehtoisia vaatimuksia. (7.)

Laatutestin ja -mittauksen tekeminen antaa tärkeää tietoa laadun, turvallisuuden, tehokkuuden sekä laitteiston optimaalisen toiminnan varmistamisesta. Esimerkiksi laitteiston rikkoutuminen tai pettäminen voidaan huomata jo hyvissä ajoin testeillä ja mittauksilla, ja näin voidaan ennaltaehkäistä tulevaa. Tämä tekee

prosessista turvallisemman ja luotettavamman sekä myös kustannustehokkaamman. (7.)

4.2 Standardit ja ohjeistukset laadunvarmistuksen tukena

Standardilla tarkoitetaan yleisesti vaatimuksia, jotka koskevat tuotteita, palveluita tai järjestelmiä. Energiahankkeissa standardit ohjaavat muun muassa komponenttien ominaisuuksia, testauksia ja turvallisuutta. Standardit ovat siis eräänlaisia asiakirjoja, jotka sisältävät ohjeita, suosituksia sekä vaatimuksia jostain tietyistä aiheista. Energiahankkeissakin käytetyt standardit voivat olla niin kansallisia, Euroopan laajuisia kuin maailmanlaajuisia. Standardeilla voidaan parantaa muun muassa energiahankkeessa käytettyjen komponenttien tai laitteiden yhteensopivuutta. (15.)

Yksi standardoinnin keskeisistä hyödyistä on kustannusten hallinta. Kun eri valmistajat tuottavat komponentteja yhtenäisten standardien mukaisesti, tuotanto voidaan toteuttaa tehokkaasti ja suurissa erissä, mikä mahdollistaa mittakaavaedut. Tämä vähentää tarvetta yksilölliselle suunnittelulle ja räätälöinnille, jotka muuten nostaisivat materiaalien ja asennusten kustannuksia merkittävästi. Standardointi edistää siten sekä taloudellisuutta että projektien aikataulujen hallittavuutta energiahankkeissa. (24.)

Standardeista on aikataulun kannalta hyötyä myös laitevalmistuksen ulkopuolella. Yhtenäisten komponenttien käyttö selkeyttää ja tehostaa koko toimitusketjua suunnittelusta asennukseen. Sen sijaan, että jokainen projekti vaatisi yksilöllisiä ratkaisuja ja erikoisosien hankintaa, voidaan hyödyntää valmiiksi testattuja ja yleisesti saatavilla olevia teknologioita. Tämä lyhentää läpimenoaikaa ja vähentää riskejä projektissa. (24.)

Energiahankkeissa käytettyjä standardeja ovat muun muassa sähköasennuksiin liittyvä SFS 6000, tuulivoimaloihin liittyvä IEC 61400 sekä laadunhallinnan standardi ISO 9001.

SFS 6000 -sarjan standardit ottavat huomioon Suomen kansalliset olosuhteet sähköasennuksia tehtäessä. SFS 6000 -sarjan standardit liittyvät

pienjännitesähköasennuksiin, ja ne ohjaavat näitä asennuksia sähköturvallisuuslain teknisten vaatimusten mukaisessa toteutuksessa. SFS 6000 -standardien noudattaminen siis varmistaa, että tehdyt sähköasennukset täyttävät sähköturvallisuuslain vaatimukset. SFS 6000 -sarjan standardit tarjoavat yksityiskohtaiset ohjeet sähköasennusten suunnitteluun, rakentamiseen ja tarkastamiseen, mikä helpottaa energiahankkeiden toteutusta ja varmistaa niiden turvallisuuden ja toimivuuden. Energiahankkeen laatutesteistä SFS 6000 vaikuttaa muun muassa maadoituksen jatkuvuustesteihin, piirin jatkuvuustesteihin sekä käyttöönottotarkastustesteihin. (16.)

SFS 6000 -standardisarjaan tuli vuonna 2022 uudistuksia, joilla on vaikutus Suomen energiahankkeisiin, erityisesti silloin kun niihin liittyy pienjänniteasennuksia, uusiutuvaa energiaa, akustoja tai digitaalisia tietoliikennejärjestelmiä. Keskeisiä muutoksia olivat esimerkiksi standardit SFS 6000-5-57, joka liittyy kiinteiden akkujen asennukseen, sekä SFS 6000-7-716, joka puolestaan liittyy pienoisjännitteisen tasasähkötehon jakelu tietotekniikan ja tietoliikennetekniikan kaapeloinnin kautta. Tästä syystä hankkeille, joissa käytetään akustoja, on tarkat vaatimukset turvalliselle sijoitukselle, ilmanvaihdolle, paloturvallisuudelle ja johdotuksille. (31.)

Maailmanlaajuinen IEC 61400 on yksi keskeisimmistä tuulivoimaa koskevista maailmanlaajuisista standardisarjoista. IEC 61400 -sarjan standardit koskevat tuulivoimaloiden turvallisuuteen liittyviä asioita. Tämän standardisarjan tehtävänä on siis varmistaa tuuliturbiinien turvallinen toiminta. IEC 61400 sisältää useita alastandardeja, jotka liittyvät tuuliturbiinien eri osa-alueisiin, kuten melun mittaukseen, tehon suorituskykyyn, mekaanisen kuormituksen mittauksiin sekä ohjaus- ja valvontatiedonsiirtostandardeihin. (17.)

Maailmanlaajuisen ISO 9001 -standardin tarkoitus on asettaa vaatimukset organisaatioiden laadunhallintajärjestelmille. Tämä standardi tarjoaa kokonaisvaltaisen lähestymistavan koskien laadunhallintaa, auttaen organisaatioita parantamaan toimintansa laatua. ISO 9001:n avulla yritykset voivat luoda esimerkiksi tarkastusasiakirjaan liittyviä laatukäsikirjoja tai toiminnan sisäisiä auditointikäytäntöjä, jotka parantavat projektinhallintaa. (18.)

Näitä ja monia muita standardeja sovelletaan myös tarkastusasiakirjan laadinnassa, sillä ne määrittelevät testien hyväksymiskriteerit ja dokumentoinnin sisällön.

4.3 Erilaiset testit ja mittaukset

Tässä luvussa esitellään keskeiset testikategoriat, joita käytetään energiahankkeiden laadunvarmistuksessa. Näitä tyyppisiä hyödynnetään vaihtelevasti eri testimenetelmissä, joita kuvataan tarkemmin seuraavassa luvussa 4.4.

Energiahankkeiden laatuvaatimukset voivat vaihdella hieman eri yritysten välillä. Pääsääntöisesti laatutestit voidaan tyypillisesti jakaa neljään pääkategoriaan tarkoituksen ja kohteiden mukaan:

- suorituskkytestit
- luotettavuustestit
- turvallisuustestit
- mittaukset.

Tämä jaottelutapa on käytössä muun muassa ISO 9001-standardissa. On hyvä huomata, että yllä mainitut testit eivät ole toisistaan täysin erillisiä, vaan ne usein osittain limittyvät.

Suorituskkytestaus on olennainen osa energiahanketta. Näiden testien tarkoituksena on varmistaa, että energiahankkeen rakenteet ja laitteet kestävät niille suunnitellut kuormitukset ja toimivat tehokkaasti. Suorituskkytestaus siis arvioi tuotteen suorituskkyä normaaleissa ja huippukuormituksissa varmistaen, että kriittiset järjestelmät eivät kaadu tai heikkene ajan myötä. Suorituskkytestejä ovat esimerkiksi tiestön ja perustusten kuormitustestit. (21.)

Luotettavuustesteillä arvioidaan järjestelmien, komponenttien ja laitteiden pitkäaikaista toimintavarmuutta. Näiden avulla pyritään tunnistamaan potentiaaliset heikentymiset tai viat ennen käyttöönottoa. Esimerkkejä ovat väsymistestaus ja katkaisijoiden siirtymävastustestit. Eri materiaaleille voidaan tehdä mekaanisia rasitustestejä, kun halutaan selvittää niiden luotettavuutta ja mekaanista lujuutta.

Mekaaniseen rasitustestiin voi kuulua muun muassa taivutustestejä, lävistystestejä ja vetotestejä. (35.)

Turvallisuustesteihin puolestaan kuuluu erimerkiksi eri sähköturvallisuustestit, joita on muun muassa eristysvastustestit. Näillä testeillä varmistetaan, että energiahankkeen laitteet ja järjestelmät täyttävät turvallisuusvaatimukset ihmisten ja ympäristön suojaamisen kannalta. Näihin testeihin vaikuttaa suuresti jo aiemmin mainittu SFS 6000 -standardisarja. (16.)

Energiahankkeen eri mittauksia ovat puolestaan esimerkiksi kuitumittaukset, joiden avulla tarkastellaan valokuitukaapeleiden kuntoa, suojakerroksen jännitemittaukset, joilla varmistetaan kaapeloinnin suojauskerroksen laatu, sekä vikavirtamittaukset, jotka auttavat vikatilanteiden tunnistuksessa. Muun muassa näiden mittausten avulla voidaan seurata ja dokumentoida hankkeen eri vaiheiden ja laitteistojen tilaa.

Nämä neljä testikategoriaa – suorituskkytestit, luotettavuustestit, turvallisuustestit ja mittaukset täydentävät toinen toisiaan. Yhdessä ne luovat perustan hankkeiden laadunvarmistukselle. Näin energiahankkeen eri osa-alueet saada varmistettua toimiviksi laadun, turvallisuuden ja pitkäikäisen toiminnan näkökulmasta.

4.4 Testimenetelmät ja niiden käyttö energiahankkeissa

Edellisessä luvussa esiteltyjä testikategorioita toteutetaan käytännössä erilaisilla testimenetelmillä, jotka vaihtelevat hankkeen laajuuden, aikataulun ja teknisten vaatimusten mukaan. Tässä luvussa esitellään keskeisiä menetelmiä, kuten FAT- ja SAT-testit sekä käyttöönottotarkastukset.

Energiahankkeissa käytettävät testimenetelmät vaihtelevat hankkeen tyypin ja laajuuden mukaan. Yksi tapa testimenetelmien jaotteluun on jakaa ne joko FAT- (Factory Acceptance Test) tai SAT- (Site Acceptance Test) testeihin.

FAT-testi tarkoittaa valmistajan omissa tiloissaan teettämää testiä. Tämä testi suoritetaan siis ennen tuotteen toimittamista asiakkaalle. FAT-testin tarkoitus on tarjota varmuus siitä, että tuote täyttää sovitut vaatimukset. SAT-testi puolestaan

tehdään tuotteen asennuspaikalla ennen sen käyttöönottoa. Esimerkiksi muun-
tajan toiminta testataan ensin tehtaalla (FAT), ja uudelleen käyttöönoton yhtey-
dessä kohteessa (SAT), jotta varmistutaan sen toimintakunnosta asennuksen jäl-
keen. (19.)

Muita testimenetelmiä energiahankkeissa ovat esimerkiksi

- visuaaliset tarkastukset
- kuormitustestit
- värähtelymittaukset
- käyttöönottotarkastukset

Visuaalinen tarkastus on testimenetelmä, joka suoritetaan ihmisimmällä tai vi-
suaalisella tarkastusjärjestelmällä. Tarkastuksessa voidaan käyttää apuna esi-
merkiksi suurennuslaseja, endoskooppeja (kuva 1.) tai digitaalikameroita. Visu-
aalinen tarkastus on menetelmä, jossa tarkastettavaa kohdetta ei tarvitse rikkoa
tarkastuksen yhteydessä eikä kohteeseen tehdä pysyviä muutoksia. Visuaalista
tarkastusta voidaan käyttää esimerkiksi silloin, kun on tarvetta arvioida, onko jo-
kin kohde tai rakenne muuttunut normaalista toimintakunnostaan. Visuaalista tar-
kastusta suorittavan tarkastajan täytyy olla kokenut, jotta hän pystyy erottamaan
mahdolliset muutokset kohteessa. (20.)



KUVA 1. Endoskoopin avulla suoritettava visuaalinen tarkastus (Seelye 2020)

Kuormitustestien avulla saadaan tietää, miten eri rakenteet reagoivat kuormitukseen. Rakenteiden kuormittamiseen voidaan käyttää useita eri menetelmiä, kuten raskaiden ajoneuvojen ajamista testattavan rakenteen päälle tai vaikka väliaikaisten painojen käyttämistä rakenteen päällä. Kuormitustestien yksi tärkein tarkoitus on varmistaa se, että aiheuttaako kuormitus pysyvää muodonmuutosta rakenteessa. (22.)

Värähtelymittauksilla valvotaan koneiden, laitteiden ja rakenteiden kuntoa mittamalla niiden värähtelyjä. Näin on mahdollista saada arvokasta ennakkotietoa esimerkiksi laitteiston kunnosta jo ennen mahdollisten ongelmien ilmaantumista. Värähtelymittaukset suoritetaan usein eri antureiden ja mittalaitteiden avulla, jotka tarjoavat dataa mitattavan kohteen värähtelystä. Mahdolliseen ongelmaan tai virheeseen viittaavat värähtelyt voivat johtua esimerkiksi laitteen kulumisesta tai linjausvirheestä. (29.)

Käyttöönottotarkastuksilla on keskeinen rooli kriittisten järjestelmien laadun, toimivuuden ja vaatimustenmukaisuuden varmistamisessa rakennusprojekteissa. Tarkastusten tarkoituksena on varmistaa, että kaikki keskeiset järjestelmät – kuten putkistot, sähköasennukset ja muut tekniset komponentit – on asennettu oikein ja toimivat suunnitellusti ennen varsinaista käyttöönottoa. (30.) Käyttöönoton tarkastukset suoritetaan siis ennen asennuskokonaisuuden käyttöönottoa. Nämä testit suoritetaan laitteen, komponentin tai järjestelmän asennuksen yhteydessä sen oikean toiminnan varmistamiseksi. (23.)

Monissa testimenetelmissä on apuna erilaisia mittalaitteita. Jotta näiden testien tulokset pysyvät luotettavina on syytä kiinnittää huomiota mittalaitteiden kalibrointiin. Mittalaitteen kalibroinnilla tarkoitetaan sen näyttämän vertaamista tunnettuun tarkkaan arvoon, kuten mittanormaaliin, mittaustulosten oikeellisuuden varmistamiseksi. Kalibroinnin tuloksena saadaan laitteen mittausrvirhe, jota voidaan korjata käyttämällä korjauskerrointa tai säätämällä laitetta. Kalibroinnilla määritettävä mittavirhe on keskeinen tekijä esimerkiksi tuotantoprosessin laadunvalvonassa, jossa raaka-aineiden sekoitussuhteiden on oltava tarkasti oikeat laadun

varmistamiseksi. Tällöin kalibrointivaatimus on usein määritelty laadunhallintajärjestelmän dokumentaatioissa tai sovellettavassa standardissa. (33.)



KUVA 2. Pintakontaminaatiomittarin kalibrointia (Calma 2023)

Kalibroinnin lisäksi mittalaitteiden varmennus on tärkeää. Varmennuksen tarkoitus on tarkistaa, ettei mittalaitteeseen ole sen käytön jälkeen tehty muutoksia, joilla olisi merkitystä mittaustuloksiin. Varmennuksessa myös tarkistetaan, että laite toimii luotettavasti. Mittaustulosten on pysyttävä suurimpien sallittujen virherajojen sisällä. Lisäksi varmennuksessa arvioidaan mittaustulosten jäljitettävyyttä, mittauslaitteen soveltuvuutta aiottuun käyttötarkoitukseen sekä sen vaatimustenmukaisuutta hyväksynnän osalta. (33.)

4.5 Testit ja mittaukset tarkastusasiakirjassa

Tässä opinnäytetyössä tehdyn tarkastusasiakirjan paino on energiahankkeen rakennusvaiheen testeissä ja mittauksissa. Asiakirjaan on koottu eri työvaiheisiin liittyvät laatutestit vaiheittain niin, että ne noudattavat hankkeen loogista etene- misjärjestystä. Tarkastusasiakirjaan varten testit jaoteltiin kahdeksaan osa-alueeseen:

- turvallisuus

- laatu
- tasot
- tiet
- perustukset
- sähköasemat
- sisäinen verkko
- ilmajohto.

Näitä osa-alueita seuraamalla on helpompi seurata testien etenemistä ja järjestystä.

Näiden pohjalta tarkastusasiakirjaan tehtiin kuusi saraketta, joihin kirjattiin kunkin testin kannalta oleelliset tiedot ylös. Tarkastusasiakirjaa havainnoiva esimerkkipohja on näkyvillä alla olevassa taulukossa 1.

TAULUKKO 1. Tarkastusasiakirjan muoto

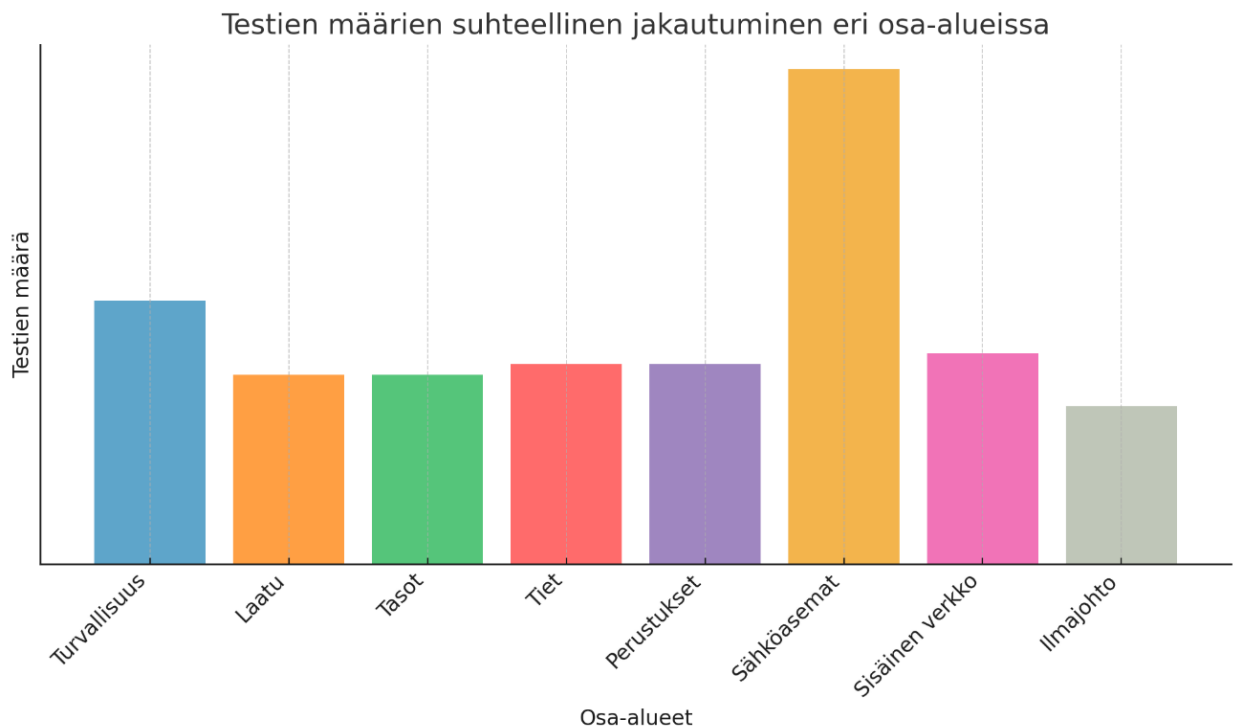
Laatutesti/-mittaus	Testin suorittaja	Testin sijainti	Edellytykset ennen testiä	Testin tiheys	Testin kuvaus
Testi X	Urakoitsija	Työmaa	Testit Z ja Y suoritettu	Kerran	Testi X on esimerkkitarkastus

Taulukon 1 tarkoituksena on esittää tarkastusasiakirjan rakennetta sekä havainnollistaa sitä, mitä eri tietoja on dokumentoitu kussakin testissä. Asiakirjan rakenteen avulla varmistetaan, että testit ovat suunnitelmallisia, helposti seurattavissa ja dokumentoituja yhdenmukaisesti koko hankkeen ajan. Taulukon yksittäisellä rivillä tarkastellaan aina yhtä testiä. Rivi on jaettu kuuteen eri sarakkeeseen, joista käy ilmi seuraavat asiat:

- **Laatutesti/-mittaus:** Testin/mittauksen/tarkastuksen nimi.
- **Testin suorittaja:** Taho, joka suorittaa tarkastuksen (esim. urakoitsija, toimittaja).
- **Testin sijainti:** Missä testi tehdään (esim. työmaa, tehdas).
- **Edellytykset ennen testiä:** Mitä asioita tulee olla valmiina ennen testin suorittamista (esim. aiemmat testit).

- **Testin tiheys:** Kuinka usein tai missä vaiheessa testi suoritetaan (esim. kerran, säännöllisin väliajoin).
- **Testin kuvaus:** Lyhyt sanallinen kuvaus testin luonteesta.

Tarkastusasiakirjaan lueteltiin kaikki toimeksiantajan kannalta oleelliset testit. Tarkastusasiakirjaa varten testit oli jaoteltu kahdeksaan jo aiemmin mainittuun osa-alueeseen. Suoritettavien testien määrän vaihtelua osa-alueiden välillä kuvataan alla olevassa kuvassa 3.



KUVA 3. Testien määrien suhteellinen jakautuminen eri osa-alueissa

Kuvasta 3 on nopealla silmäyksellä nähtävillä, että testien määrä osa-alueiden välillä pysyy melko samana. Poikkeuksena tähän on sähköasemien testit, joita on huomattavasti enemmän. Ero muihin osa-alueisiin selittyy sähköasemien luonteesta johtuvalla teknisellä haastavuudella. Sähköasemien komponentit ovat usein monimutkaisia, jolloin niiden laadun varmentaminen on myös monimutkaisempaa. Sähköasemien teknisesti monimuotoisempi rakenne vaatii siis enemmän, kuin esimerkiksi yksittäisen kaapelin testaaminen.

Kuva 3 havainnollistaa testien painopisteiden vaihtelua hankkeen eri osa-alueiden välillä. Tämä auttaa huomioimaan, että mihin osa-alueisiin on syytä panostaa

enemmän ajankäytännöllisiä ja taloudellisia resursseja, jotta kaikki testit saadaan suoritettua.

Kuvan 3 vastaavien kaavioiden perusteella voidaan myös miettiä, että puuttuuko jostain osa-alueesta kriittisiä testejä. Toisaalta voidaan myös pohtia, onko jossain osa-alueessa testejä turhan paljon, ja voitaisiinko niitä karsia.

5 KÄYTETTY AINEISTO

Tässä opinnäytetyössä on hyödynnetty monipuolista aineistoa, joka koostuu sekä tieteellisistä julkaisuista että alan käytännön ohjeistuksista ja standardeista. Kirjallisiin lähteisiin sisältyvät muun muassa sähkö- ja rakennusalan säädökset, kuten SFS- ja IEC-standardit, sekä viranomaisten, alan järjestöjen ja teknisten toimijoiden julkaisut.

Lisäksi työssä on käytetty hyväksi projektikohtaista dokumentaatiota, kuten työmaasuunnitelmia, testauspöytäkirjoja ja tarkastusasiakirjamalleja. Toimeksiantajalta saatiin aineistoa, jossa oli lueteltuna joitakin aikaisemmin käytössä olleita laatutarkastuksia. Nämä tarkastukset olivat tarkastusasiakirjan muodossa, jonka pohjalta opinnäytetyössä laadittu asiakirja muodostettiin. Opinnäytetyön tarkastusasiakirja kahdeksan osa-alueen jako tehtiin toimeksiantajan aineiston pohjalta.

Tarkastusasiakirjan sisältö, eli eri laatutestit, -mittaukset ja –tarkastukset, etsittiin pääosin kirjallisista lähteistä. Koska tarkastusasiakirjan tarkoitus oli kerätä olemassa olevat testit luettelomuotoon, eikä niinkään luoda uusia testejä, niiden etsiminen kirjallisista oli tehokas tapa saada ne kerättyä kasaan.

Testien etsimisen kirjallisista lähteistä lisäksi opinnäytetyötä varten oltiin myös yhteydessä erääseen laatutestejä suorittavan yrityksen kanssa. Tältä yritykseltä saatiin muun muassa tietoa testeistä liittyen energiahankkeen rakennusvaiheen sähköpuoleen. Näitä tietoja hyödynnettiin tarkastusasiakirja laatimisessa.

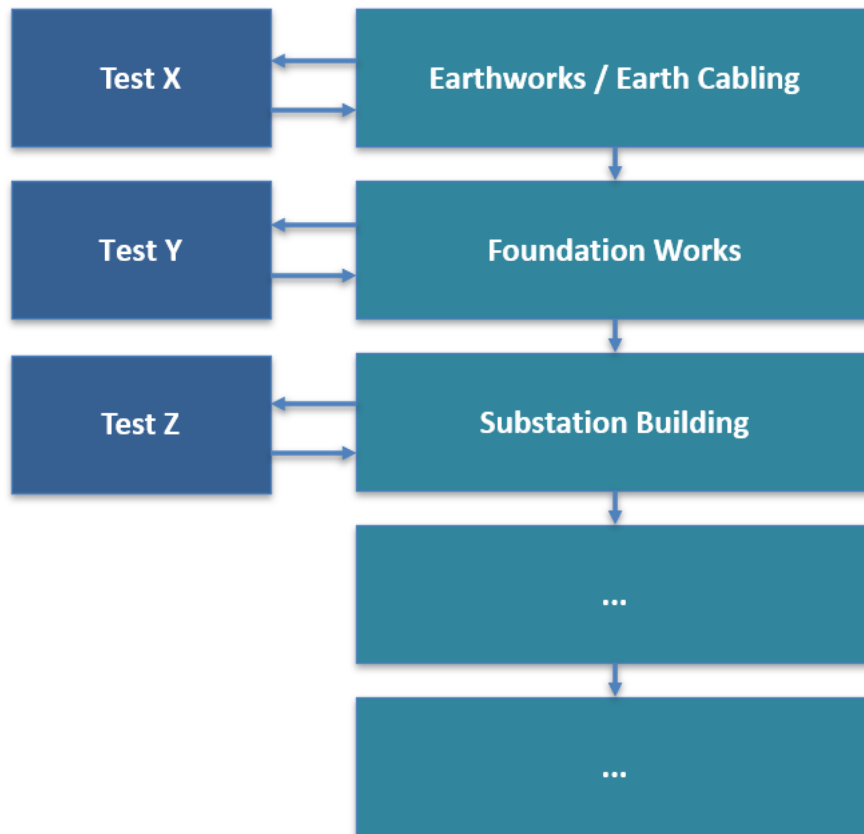
Tämän aineiston pohjalta opinnäytetyön tarkastusasiakirja saatiin laadittua. Koska prosessikaaviot laadittiin tarkastusasiakirjan pohjalta, myös niiden aineisto on peräisin yllä luetelluista lähteistä. Lähteiden valinnassa painotettiin ajankoh-taisuutta, luotettavuutta ja soveltuvuutta rakennus- ja energiasektorin erityispiir-teisiin. Näin opinnäytetyön teoriaosuudesta saatiin ajankohtainen ja luotettava.

6 PROSESSIKUVAUS

Prosessikuvauksella tässä opinnäytetyössä tarkoitetaan energiahankkeen vaiheiden järjestelmällistä esittämistä. Prosessikuvaus on mahdollista toteuttaa eri tavoin, kuten taulukoiden tai kaavioiden muodossa. Tässä opinnäytetyössä prosessikuvaus toteutettiin hyödyntämällä yksinkertaisia prosessikaavioita.

Prosessikaavio on visuaalinen esitys prosessiin kuuluvista toimenpiteistä, tapahtumista tai vaiheista, jotka liittyvät esimerkiksi rakentamiseen, testaukseen tai laadunvarmistukseen. Prosessikaavioiden etuna on, että ne jäsentävät monivaiheisia kokonaisuuksia helposti ymmärrettävään ja seurattavaan muotoon. Prosessikaaviot voidaan jakaa eri tyypeihin, mutta tässä opinnäytetyössä käytettiin perusmallia. Perusmalli on yleisin ja yksinkertaisin tyyppi, ja se sopii hyvin yksinkertaiseen prosessimallintamiseen. (12.)

Alla olevassa kuvassa 4 esitetään tehtyä prosessikuvausta kaavion muodossa. Kaavio on vain suuntaa antavana mallina, minkä takia tarkat yksityiskohdat on jätetty pois eikä koko prosessia kuvata.



KUVA 4. Prosessikaavion malli

Kuvan 4 prosessikaavio kuvaa vaihe vaiheelta energiahankkeen etenemistä ylhäältä alaspäin. Isot laatikot kuvaavat päävaiheita energiahankkeen rakennusprosessissa. Kunkin päävaiheen vasemmalla puolella näkyvät tummansiniset laatikot esittävät kyseiseen vaiheeseen liittyviä testejä. Esimerkkikaavion ensimmäinen vaihe on "Earthworks / Earth Cabling", johon liittyy testi X. Esimerkkikaavion vaiheet on esitetty englanniksi, koska toimeksiantajan pyynnöstä sekä tarkastusasiakirja että kaaviot tuotettiin englannin kielellä.

Kaavion logiikka perustuu vaiheittaiseen etenemiseen: seuraavaan työvaiheeseen siirrytään vasta, kun edeltävät testit on suoritettu ja hyväksytyt. Tämä tukee laadunhallintaa ja estää virheiden siirtymistä hankkeen seuraaviin vaiheisiin.

Vastaavia kaavioita tehtiin yhteensä kuusi kappaletta. Kaaviot tehtiin erillisinä kaavioina yhden suuren kaavion sijasta, jotta ne olisivat mahdollisimman yksinkertaisia.

Visuaaliset kaaviot tarjoavat yrityksille konkreettisen työkalun prosessien jäsentelyyn, testausjärjestyksen havainnollistamiseen ja henkilöstön perehdyttämiseen. Niiden avulla voidaan varmistaa, että työvaiheiden järjestys ja tarkastusten kulku osapuolten tiedossa ja helposti seurattavissa.

7 LOPPUTULOKSET

Opinnäytetyön päätuloksena syntyi käytännönläheinen tarkastusasiakirja energiahankkeiden laadunhallinnan tueksi. Tarkastusasiakirja kehitettiin toimeksiantajan tarpeita silmällä pitäen, ja se on jaoteltu vaiheittain loogisesti eteneviin osaluokkiin. Kullekin testille on kirjattu keskeiset tiedot, kuten suorittaja, sijainti, toistotiheys ja mahdolliset ennakoedellytykset. Näin asiakirja tukee myös projektinhallintaa ja eri osapuolten välistä viestintää.

Asiakirja kokoaa yhteen tärkeimmät testit ja mittaukset loogisesti vaiheistettuun kokonaisuuteen, joka on sovellettavissa erityisesti uusiutuvan energian rakennushankkeisiin. Työn lopputulos vastaa toimeksiantajan tarpeeseen selkeyttää laadunvarmistusta ja dokumentointia rakennusprojektin eri osa-alueilla. Lopputulos ottaa myös huomioon toimeksiantajan toiveet tarkastusasiakirjan rakenteesta ja muodosta.

Tarkastusasiakirjaa tukemaan laadittiin myös prosessikaaviot, joiden tarkoitus on toimia visuaalisina apuvälineinä. Prosessikaavioiden avulla pystytään paremmin hahmottamaan hankkeen laatutestien testausjärjestystä. Näin saadaan parannettua hankkeen kokonaisvaltaista ymmärtämistä sekä tiedonjakoa eri sidosryhmien välillä.

Opinnäytetyön tuloksilla voidaan osoittaa, että laatutestien kokoamisella järjestelmälliseen muotoon on laadunvalvontaa helpottavia ja parantavia vaikutuksia, sillä tämä muun muassa tukee eri testien suunnitelmallista toteutusta. Niin tarkastusasiakirjaa kuin prosessikaavioita voidaan jatkokehittää muun muassa siten, että ne toimivat myös laajemmilla hankekokonaisuuksilla.

Yrityssalaisuuksien vuoksi valmista tarkastusasiakirjaa ja prosessikaavioita ei voida esittää tässä opinnäytetyössä.

8 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli laatia tarkastusasiakirja, joka kokoaa yhteen energiahankkeiden aikana suoritettavat laatutestit ja -mittaukset sekä prosessinkuvauskaaviot visualisoimaan tätä. Työn tekeminen tarjosi mahdollisuuden syventyä laadunvarmistuksen käytäntöihin sekä tarkastella energiarakentamisen eri osa-alueita teknisestä ja projektinhallinnallisesta näkökulmasta.

Opinnäytetyö osoitti, että tarkastusprosessien selkeä dokumentointi on olennainen osa hankkeen onnistunutta toteutusta. Haasteita aiheutti laatutestien, -mittausten ja -vaatimusten tietolähteiden hajanaisuus, sillä osa tiedoista perustui virallisiin standardeihin ja osa käytännön dokumentaatioon, eli projekteista tai yrityksiltä saatuihin asiakirjoihin. Tämä vahvisti käsitystä siitä, että yhtenäinen, helposti päivitettävä asiakirja voi parantaa projektien hallintaa ja tiedonkulkua erityisesti ympäristössä, jossa toimii monia tahoja.

Tarkastusasiakirjan lisäksi laaditut prosessikaaviot toivat lisäarvoa työlle. Prosessikaavioiden tarjoama visuaalisuus auttaa testien etenemisjärjestyksen havainnoimisessa.

Opinnäytetyön tekemisen aikana oma ymmärrykseni energiahankkeiden laadunhallintaan liittyen syveni. Myös kokonaiskuvani energiahankkeista parani.

Tulevaisuudessa tarkastusasiakirjaa olisi mahdollista kehittää edelleen esimerkiksi digitalisoimalla sitä. Esimerkiksi testien reaaliaikainen tallentaminen sekä automatisoidut muistutukset puuttuvista tarkastuksista voisivat helpottaa tarkastustyötä entisestään.

Asiakirjaa voi tulevaisuudessa myös kehittää laajentamalla sitä eri energiamuotoihin tai projekteihin soveltuvaksi. Tämän lisäksi tarkastusasiakirjaa käyttäviltä tahoilta voisi kerätä käyttäjäpalautetta, jonka pohjalta asiakirjaa voitaisiin kehittää entistä toimivammaksi.

LÄHTEET

1. Law Insider s.a. Energy project definition. Luettavissa: <https://www.lawinsider.com/dictionary/energy-project?cursor=CIsSVWoVc35sYXdpbN-pZGVyY29udHJhY3RzcjclEhpEZWZpbml0aW9uU25pcHBldEdyb3VwX3Y1MiiXZW5lcmd5LXByb2plY3QjM-DAwMDAwMWUMogECZW4YACAA>. Luettu: 29.4.2025.
2. HighGear 2024. Project management in the energy sector: A complete guide. Luettavissa: <https://www.highgear.com/uncategorized/project-management-in-the-energy-sector-a-complete-guide/>. Luettu: 29.4.2025.
3. Roseberry, K. 2022. Quality management in construction. Blog QHSE. Luettavissa: <https://www.blog-qhse.com/en/quality-management-in-construction>. Luettu: 29.4.2025.
4. Demski, J. 2024. Understanding Quality Control in Construction. Luettavissa: <https://www.quickbase.com/blog/quality-control-in-construction#defining>. Luettu: 29.4.2025.
5. ScienceDirect 2012. Energy project – an overview. Luettavissa: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/energy-project#definition>. Luettu: 5.5.2025.
6. Imperial Oil s.a. The importance of energy. Luettavissa: <https://www.imperialoil.ca/company/about/the-importance-of-energy>. Luettu: 5.5.2025
7. Kiwa s.a. Tarkastus ja varmennus. Luettavissa: <https://www.kiwa.com/fi/fi/palvelutyypit/tarkastus-ja-varmennus/>. Luettu: 12.5.2025.
8. Tara Energy 2025. What is energy? A guide to understanding energy. Luettavissa: <https://taraenergy.com/blog/what-is-energy-a-guide-to-understanding-energy/>. Luettu: 17.5.2025.
9. WTS Energy 2025. Power plant. Luettavissa: <https://www.wtsenergy.com/glossary/power-plant/>. Luettu: 17.5.2025.
10. Union of Concerned Scientists 2017. Benefits of renewable energy use. Luettavissa <https://www.ucs.org/resources/benefits-renewable-energy-use>. Luettu: 17.5.2025.

11. Tilastokeskus 12.12.2024. Ydin-, tuuli- ja vesivoiman kasvu vauhdittivat siirtymää kohti puhtaampaa energiajärjestelmää vuonna 2023. <https://stat.fi/julkaisu/cln32y7ve5mem0bvzcoduq5xx>. Luettu: 26.5.2025.
12. Brañas, A. 2024. Understanding process flow charts: How do they work? Qflow. <https://qflowbpm.com/process-flowcharts/>. Luettu: 28.5.2025.
13. IEEE s.a. *IEEE* Xplore Digital Library. <https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp>. Luettu: 29.5.2025.
14. VSB Uusiutuva Energia Suomi Oy s.a. Kotisivu. <https://www.vsb.energy/fi/fi/kotisivu/>. Luettu: 30.5.2025.
15. SFS s.a. Mikä on standardi? <https://sfs.fi/standardeista/mika-on-standardi/>. Luettu: 30.5.2025.
16. SFS s.a. SFS 6000 – Pienjännitesähköasennusten standardisarja. <https://sfs.fi/standardeista/tutustu-standardeihin/suositut-standardit/sfs-6000-pienjannitesahkoasennusten-standardisarja/>. Luettu: 30.5.2025.
17. Taylor & Francis s.a. IEC 61400 – Wind Turbine Standards. https://taylorandfrancis.com/knowledge/Engineering_and_technology/Power_%26_energy/IEC_61400/. Luettu: 30.5.2025.
18. SFS s.a. ISO 9001 – Laadunhallinta. <https://sfs.fi/standardeista/tutustu-standardeihin/suositut-standardit/iso-9001-laadunhallinta/>. Luettu: 30.5.2025.
19. García Tautiva, J. 2025. FAT and SAT: What is the difference and why are they so important? PQE Group. <https://blog.pqegroup.com/commissioning-qualification/fat-and-sat>. Luettu: 30.5.2025.
20. Torres, C. E. s.a. What is visual inspection? Power-MI. <https://power-mi.com/content/what-visual-inspection>. Luettu: 30.5.2025.
21. Thompson, C. 2024. Performance testing: The key to success in engineering projects. Walker Morris LLP. <https://www.walkermorris.co.uk/comment-opinion/performance-testing-the-key-to-success-in-engineering-projects/>. Luettu: 30.5.2025.
22. ScienceDirect s.a. Load test – an overview. <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/load-test>. Luettu: 31.5.2025.

23. ScienceDirect s.a. Commissioning test – an overview. <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/commissioning-test>. Luettu: 31.5.2025.
24. <https://energy.sustainability-directory.com/question/what-are-benefits-of-standardization-in-the-energy-sector/>. Luettu: 1.6.2025
25. Laki ympäristövaikutusten arviointimenettelystä 252/201. 1 luku, 6 §. <https://finlex.fi/fi/lainsaadanto/2017/252>. Luettu: 3.6.2025.
26. United Nations s.a. Goal 7: Ensure access to affordable, reliable, sustainable and modern energy for all. <https://sdgs.un.org/goals/goal7#undefined>. Luettu: 3.6.2025.
27. Huoltovarmuuskeskus s.a. Huoltovarmuus Suomessa. <https://www.huoltovarmuuskeskus.fi/tietoa-huoltovarmuudesta/huoltovarmuus-suomessa>. Luettu: 3.6.2025.
28. Kymenlaakson Sähkö 2023. Miten Suomen energiaomavaraisuutta rakennetaan? <https://www.ksoy.fi/energiaa/miten-suomen-energiaomavaraisuutta-rakennetaan/>. Luettu: 3.6.2025.
29. MLT Finland. 2023. Mikä on värähtelymittaus? <https://www.mltfinland.fi/mika-on-varahtelymittaus/>. Luettu: 3.6.2025.
30. Flowdit 2025. Commissioning inspections. <https://flowdit.com/commissioning-inspections/>. Luettu: 3.6.2025.
31. Sesko ry 2022. SFS 6000 -uudistus 2022. <https://sesko.fi/standardointi/sa-hkoasennukset/sfs-6000-uudistus-2022/>. Luettu: 4.6.2025.
32. Seelye, V. 25.2.2020. Valokuva. 52d MXS engine flight revs up morale, wins awards. Wikimedia Commons. [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:52d_MXS_engine_flight_revs_up_morale_wins_awards_\(6116545\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:52d_MXS_engine_flight_revs_up_morale_wins_awards_(6116545).jpg).
33. Kiwa s.a. Mitä kalibrointi on? <https://www.kiwa.com/fi/fi/palvelutyypit/tarkastus-ja-varmennus/mittauslaitteiden-kalibrointi/mita-kalibrointi-on/>. Luettu: 3.6.2025.
34. Calma, D 21.3.2023. Valokuva. Radiation and the International Atomic Energy Agency (ISEA) - calibration of alpha beta surface (02910358). Wikimedia Commons. [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Radiation_and_the_International_Atomic_Energy_Agency_\(ISEA\)_-calibration_of_alpha_beta_surface_\(02910358\)_53640003819.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Radiation_and_the_International_Atomic_Energy_Agency_(ISEA)_-calibration_of_alpha_beta_surface_(02910358)_53640003819.jpg).

35. EUROLAB s.a. Materiaali- ja luotettavuustestit. <https://www.euro-lab.net/fi/testler/urun-guvenlik-testleri/malzeme-ve-guvenilirlik-testleri/>.

Luettu: 5.6.2025.