

TARKASTUSOHJE JA OLENNAISET MUUTTUJAT NDT-PÄTEVÖINNISSÄ

Matti Sarkimo (toim.)
VTT Valmistustekniikka

Tutkimuksen yhteyshenkilö Säteilyturvakeskuksessa **Olavi Valkeajärvi**

STUK:n raporttisarjoissa esitetyt johtopäätökset ovat tekijöiden johtopäätöksiä, eivätkä ne välttämättä edusta Säteilyturvakeskuksen virallista kantaa.

ISBN 951-712-398-1

ISSN 0785-9325

Oy Edita Ab, Helsinki 2000

SARKIMO Matti (VTT Valmistustekniikka) (toim.). Tarkastusohje ja olennaiset muuttujat NDT-pätevöinnissä. STUK-YTO-TR 165. Helsinki 2000. 46 s.

ISBN 951-712-398-1

ISSN 0785-9325

Avainsanat: rikkomaton testaus, NDT, ultraäänitarkastus, päteväinti, tarkastusohje, tekninen perustelu, vaikuttavat muuttujat, olennaiset muuttujat

TIIVISTELMÄ

Rikkomattomien menetelmien (NDT-menetelmien) päteväntikäytännöllä pyritään varmistamaan kulloinkin käytettävän tarkastussovelluksen riittävä suorituskyky. Pätevöinnissä noudatetaan järjestelmällistä ja tarkasti dokumentoitua lähestymistapaa, mikä asettaa uusia vaatimuksia tarkastuksia koskevien asiakirjojen laatimiselle. Lisäksi päteväintiä toteutettaessa joudutaan valmistelemaan kokonaan uudenlaisia asiakirjoja, joita ei ole aikaisemmin NDT-tarkastusten yhteydessä tarvittu. Näistä uusista asiakirjoista merkittävin on tekninen perustelu, jonka avulla päteväinnissä esitetään kirjallisessa muodossa todisteet ja selvitykset tarkastusjärjestelmän toimivuudesta.

Tämä julkaisu sisältää kaksi raporttia: ”Näkökohdat tarkastusohjeen laadinnassa” ja ”Olennaiset/ vaikuttavat muuttujat NDT-pätevöinnissä”. Näistä ensimmäisessä on tarkasteltu tarkastusohjeen laadinnassa huomioitavia asioita mekanisoidun ultraäänitarkastuksen näkökulmasta katsottuna. Toinen raportti käsittelee muuttujakäsitteitä, joiden avulla päteväinnissä ja erityisesti teknisessä perustelussa analysoidaan tarkastuskohdetta ja -järjestelmää.

SARKIMO Matti (VTT Manufacturing Technology) (ed.). Inspection procedure and essential parameters in NDT qualification. STUK-YTO-TR 165. Helsinki 2000. 46 pp.

ISBN 951-712-398-1

ISSN 0785-9325

Keywords: non-destructive testing, NDT, ultrasonic inspection, qualification, inspection procedure, technical justification, influential parameters, essential parameters

ABSTRACT

The objective of the inspection qualification is to ensure that applied non-destructive methods (NDT) have the required performance. The approach of the qualification process is systematic and carefully documented and therefore some new requirements can be seen concerning the composition of the documentation. There are also new document types, that only application of the inspection qualification requires. The most important of these is the technical justification, that includes the documented evidences concerning the performance of the inspection system.

This publication includes two reports: "Compilation of the inspection procedure" and "Essential/influential parameters in NDT qualification". The former of these discusses the issues to be considered in an inspection procedure especially from the point of view of the mechanised ultrasonic testing. The later report explains the parameters formulated to analyse in the technical justification all aspects of the inspection application.

ALKUSANAT

Molemmat julkaisun sisältämät raportit on laadittu osana projektia ”Tarkastukset ja kunnonvalvonta” (INSMO), joka kuuluu FINNUS-tutkimusohjelmaan. Työn rahoittajina ovat toimineet Säteilyturvakeskus ja Kauppa- ja teollisuusministeriö. Työn valvojana on Säteilyturvakeskuksesta toiminut ylitarkastaja Olavi Valkeajärvi.

Näkökohdat tarkastusohjeen laadinnassa

Mekanisoitu automaattinen ultraäänitarkastus

Matti Sarkimo, Jorma Pitkänen, Pauli Särkiniemi

SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO	9
2	TAVOITE	10
3	LÄHTÖKOHDAT RAPORTIN SISÄLLÖLLE	11
4	OHJEESSA KÄSITELTÄVÄT ASIAT	13
	4.1 Yleiset asiat	13
	4.2 Tarkastuslaitteiston kuvaus	15
	4.3 Laitteiston toiminnan tarkistukset	16
	4.4 Ultraäänilaitteiston säätö	17
	4.5 Tarkastus	19
	4.6 Tarkastustulosten arviointi	21
	4.7 Raportointi	22
	4.8 Tarkastustietojen tallentaminen ja arkistointi	22
5	YHTEENVETO	23
	LÄHTEET	24
	LIITE 1 Esimerkki mekanisoidun ultraäänitarkastuksen sisällysluettelosta	25

1 JOHDANTO

Ultraäänitarkastus (UT) on keskeinen menetelmä määrittäessä hitsausliitosten laatua ja se on myös ydinvoimaloiden määräaikaistarkastuksissa yleisimmin käytetty volumetrinen tarkastusmenetelmä. Vaativien tarkastuskohteiden osalta ollaan siirtymässä enenevässä määrin mekanisoihtuihin tarkastuksiin ja samalla edellytetään yhä useammin käytettävien menetelmien ja toimintaohjeiden pätevointiä. Nämä seikat asettavat uusia vaatimuksia tarkastusohjeen laatimiselle, lisäävät ohjeessa käsiteltävien asioiden määrää ja aiheuttavat muutoksia asioiden käsittelytavan suhteen.

Tarkastusmenetelmien luotettavuutta on lähdetty viime vuosina parantamaan pätevöinnin avulla. Pätevöinnillä osoitetaan rikkomattoman tarkastusmenetelmän (NDT) toimivuus ja suorituskyky. NDT-tarkastusjärjestelmän voidaan katsoa koostuvan kolmesta osatekijästä, jotka ovat tarkastusohje, laitteisto ja henkilöstö. Pätevointi voidaan kohdistaa mihin tahansa NDT-järjestelmän kolmesta osatekijästä tai näiden yhdistelmään. Eurooppalaisella tasolla pätevointiä on kehitetty kansainvälisen yhteistyöverkon European Network for Inspection Qualification (ENIQ) puitteissa. ENIQ:n suosituksen (ENIQ 1997) mukainen pätevointi koostuu teknisestä perustelusta ja käytännön kokeesta. Tekninen perustelu sisältää kirjallisessa muodossa esitetyn analysoinnin ja

todistelun tarkastuksen suorituskyvystä. Yksinkertaisissa sovelluksissa pätevointi voidaan toteuttaa käyttäen pelkästään teknistä perustelua. Vaativien tarkastusten osalta teknisen perustelun lisäksi tehdään käytännön koe, jossa tarkastuksen eri osien suorituskykyä voidaan testata erilaisten koekappaleiden avulla. Koekappaleiden sisältämät testiviivat voivat olla joko kokeen suorittajien tiedossa (avoin koe) tai salaisia (sokkokoe).

Jotta NDT-järjestelmän suorituskykyä voitaisiin arvioida perusteellisesti pätevöinnin yhteydessä, joudutaan asioita esittämään kirjallisessa muodossa entistä laajemmin ja yksityiskohtaisemmin. Tämä vaatimus koskee myös tarkastusohjetta. Kuvaamalla ja määrittämällä tarkastuksen eri vaiheet ja toiminnot yksityiskohtaisesti ohjeessa pyritään toisaalta luotettavuuteen ja toistettavuuden varmistamiseen tarkastuksen suorituksessa. Toisaalta pätevöity tarkastus on kirjattava ohjeeseen riittävän tarkasti, jotta pätevointiä toteutettaessa voidaan seurata ja todeta, johtaako sen mukaan etenevä toiminta tavoitteena olevaan lopputulokseen. Varsinkin tarkastustulosten analysoinnin ja sen yhteydessä tehtävien päätösten kuvaaminen aukottomasti tulee asettamaan melkoisia haasteita tarkastusohjeiden laadinnalle.

2 TAVOITE

Raportin tavoitteena on toimia tukena ja apuvälineenä, jota voidaan käyttää hyväksi laadittaessa tarkastusohjetta mekanisoitua ultraäänitarkastusta varten. Raportin avulla pyritään siirtämään kertyneitä kokemuksia aikaisemmista hankkeista, joissa ENIQ:n mukaista päteväntikäytäntöä on sovellettu kehitettäessä tarkastusvalmiuksia määräaikaistarkastusten piiriin kuuluville kohteille.

Päteväntikäytäntö on Suomessa vasta kehitymässä ja sen muotoja ollaan vielä etsimässä, ja samalla tässä raportissakin esitettyjä asioita tul-

laan muokkaamaan ilmenevien tarpeiden mukaan. Samoin mekanisoinnin soveltaminen ultraäänitarkastuksissa on vielä suhteellisen uusi asia, vaikka useita käytännön sovelluksia on jo toteutettu. Näiden kahden asian etenemisen takia uusia vaatimuksia ja muutostarpeita tarkastusohjeen sisällön suhteen tullaan varmasti havaitsemaan jatkuvasti. Tämän raportin uskotaan kuitenkin toimivan tukena ja muistilistana, jonka avulla laadittavien ohjeiden sisältöä ja muotoa voidaan nykyvaiheessa kehittää.

3 LÄHTÖKOHDAT RAPORTIN SISÄLLÖLLE

Pätevöinnin eri osien toteuttamiseksi ENIQ on laatinut useita suosituksia, jotka on julkaistu EU:n kustantamina raportteina. Lisäksi ENIQ:n puitteissa on toteutettu ”malliprojekti” (Pilot Study), jossa pätevöinnin eri osat on toteutettu ja laadittu niihin liittyvät asiakirjat. Ainakaan tois- taiseksi ENIQ ei ole julkaissut suositusta, jossa olisi nimenomaisesti käsitelty tarkastusohjeen laatimista. Pilot Study:ä varten on sen sijaan kirjoitettu yksityiskohtainen tarkastusohje (ENIQ 1998a), jota voidaan pitää tietynlaisena synteesi- nä niistä näkemyksistä, joita ENIQ:n puitteissa on esitetty.

ENIQ:n raportti, joka sisältää suosituksen koko päteväntiin liittyvän aineiston (Qualification Dossier) sisällöstä (ENIQ 1999), esittää luet- telomaisesti asiat, jotka vähintään katsotaan tar- peellisiksi käsitellä tarkastusohjeessa. Tämä luet- telo on esitetty alla vapaasti suomennettuna:

1. Tarkastusmenetelmä ja -tekniikka
2. Olennaisten muuttujien luettelo jaoteltuna lähtöarvoja (tarkastettava kohde/viat), ohjetta ja laitteistoa käsitteleviin ryhmiin.
3. Luettelo tarkastukseen käytettävistä laitteista sisältäen seuraavat kohdat ja huomioiden lait- teistoon liittyvät olennaiset muuttujat:
 - tarkastustiedon keräämiseen ja analysointiin käytettävien laitteiden tuotenimi ja malli
 - anturit
4. Tarkastuslaitteiston tarkistukset/toimintakun- non todentaminen
5. Tarkastuslaitteiston asennus
6. Laitteiston ja herkkyystason säätämisessä käytettävä tekniikka sisältäen laitteiston sää- tötärvot sekä sallittavat vaihteluvälit säätämi- seen liittyville muuttujille.
7. Muoto- ja mittatiedot seuraaville kappaleille:
 - kalibrointikappale(et)
 - antureiden ominaisuuksien määrittämiseen käytettävät kappale(et)
 - vertailukappale(et)
8. Tarkastuksen (luotauksen) yksityiskohdat
9. Tallennettava tarkastustieto ja tallennusme- netelmä
10. Tarkastustiedon arviointiin käytettävät mene- telmät
11. Tulosten esittäminen
12. Tarkistuslistat
13. Henkilöstön pätevyysvaatimukset ja vastuut
14. Kirjallisuus- ja asiakirjaviitteet

Lisäksi ENIQ:n näkemysten mukaan tulee pai- nottaa selkeiden ja yksikäsitteisten ohjeiden an- tamista sekä tarkastustiedon keräyksen että tu- losten analysoinnin osalta Tarkastustulosten ar- viointiin sovellettavan menettelyn tulisi olla ku- vattu riittävän yksityiskohtaisesti ja esimerkkei- nä kohdista, jotka tulisi käsitellä tarkastusohjees- sa, mainitaan seuraavat:

- kriteerit geometrinen näyttämien erottami- seksi vikanäyttämistä.
- amplituditaso, jonka ylittävät näyttämät on raportoitava.
- tapa, jolla eri tekniikoiden tuloksia yhdistel- lään, jotta voidaan päätellä aiheutuuko näyt- tämä viasta vai ei.
- vikojen arvioinnissa käytetyt kriteerit, esimer- kiksi sen määrittämiseen, onko vika pintaan avautuva.
- kriteerit/metodit, joita käytetään vikojen koonmäärittämisessä.

ASME XI (1998), jota Suomessa on pitkään käy- tetty ydinvoimalaitosten määräämääräaikaistarkastusten lähtökohtana, antaa kohdassa VIII-2100 tiiviin lu- ettelon muodossa vaatimukset asioille, jotka tulee käsitellä ultraäänitarkastusta koskevassa ohjees- sa. Esitetyt vaatimukset on esitetty hiukan moni- mutkaisen listan muodossa, jonka vapaasti muo- toiltu käännös on seuraava:

- a) tarkastusohjeessa tulee määritellä sen käyttöalue ja antaa siten rajat ohjeen soveltamiselle (esim. materiaalit, aineenpaksuus, halkaisija, tuotteen muoto).
- b) tarkastusohjeeseen tulee määritellä arvo tai vaihteluväli muuttujille, jotka on lueteltu kohdassa d).
- c) kalibrointimenetelmä voidaan valita vapaasti edellyttäen, että se on kuvattu ja noudattaa kohdan d)5) vaatimuksia.
- d) tarkastusohjeessa tulee määrittää seuraavat olennaiset muuttujat:
- 1) laitteisto tai järjestelmä, sisältäen lähetin-, vastaanotin- ja vahvistinyksiköiden valmistajan ja malli- tai sarjamerkinnän.
 - 2) luotaimet, mukaan lukien:
 - keskitaajuus ja joko taajuuskaistan leveys tai pulssin pituus (määriteltynä VIII-4000:n mukaan)
 - aaltomuoto ja nimelliskulma
 - värähtelijöiden lukumäärä, koko, muoto ja sijoittelu ja tiedot kiilasta
 - 3) anturikaapelit, mukaan lukien:
 - tyyppi
 - maksimipituus
 - liittimien maksimimäärä
 - 4) etsintä- ja arviointitekniikat, mukaan lukien:
 - luotausrata ja äänikeilojen suunnat
 - suurin sallittu luotausnopeus
 - pulssintoistotaajuuden minimi- ja maksimiarvot
 - näytteenottotaajuuden minimi (automaattisesti tallentavat järjestelmät)
 - luotauksen kattavuus ja luoksepäästävyyden rajoituksien aiheuttamat toimenpiteet
 - 5) kalibroinnissa käytettävät menetelmät koskien sekä etsintää että koonmäärittystä (esi-

merkiksi toimenpiteet, joilla varmistetaan, että tarkastuksen herkkyytaso ja kaikuja amplitudit ja paikat aika-asteikolla ovat toisettavissa tarkastuksesta toiseen koskien näyttölaitetta, tallennusta sekä automaattista käsittelyä)

- 6) tallennettavat tarkastus- ja kalibrointitiedot
- 7) tarkastustietojen tallennustapa
- 8) tallennuslaite (esimerkiksi piirturi, analoginen nauhuri, digitointi), jos sellaista käytetään
- 9) menetelmät ja kriteerit, joita käytetään näyttämien arvioinnissa (esimerkiksi geometrinen ja vikanäyttämien erottaminen toisistaan, vikojen pituuden ja korkeuden määrittäminen)
- 10) pinnan valmistelulle asetettavat vaatimukset

Tarkastusohjeen tulisi siis sisältää määrittäykset kaikille keskeisille olennaisille muuttujille, joihin voidaan vaikuttaa tarkastuksen aikana sekä antaa ohjeet toiminnalle ja päätöksenteolle työn eri vaiheissa. ENIQ:n suositukseen sisältyy jopa kaikkien tarkastukseen liittyvien olennaisten muuttujien listaaminen. Tämä on toteutettu Pilot Study:ssa liittämällä muuttujia koskevat taulukot, ohjeen loppuun liitteeksi.

Raportin seuraavassa luvussa on pyritty käymään läpi yksityiskohtaisesti kaikki tarkastusohjeen kohdat ja esittämään asiat, jotka niissä tulisi käsitellä. Lähtökohtana käsittelyjärjestykselle on pidetty pääosin sitä järjestystä, jota suomalaisissa tarkastusohjeissa on nykykäytännön mukaan pidetty parhaana ja johdonmukaisimpana. Tämä käsittelytapa edellyttää, että asiat esitetään pääosin siinä järjestyksessä, kuin ne käytännön työssä tullaan toteuttamaan.

4 OHJEESSA KÄSITELTÄVÄT ASIAT

Tämän luvun kappalejako on pyritty otsikoimaan vastaamaan tarkastusohjeen päätasoja ja kussakin kappaleessa esittämään asiat, jotka on katsottu kuuluvaksi kyseisen otsikon alle. Yksityiskohtaisempi esimerkki tarkastusohjeen otsikoinnista on annettu sisällysluettelon muodossa liitteessä 1.

4.1 Yleiset asiat

Tarkastusohjeen alussa on tavallisesti luku, jossa määritellään ohjeen *tarkoitus ja soveltamisalue*. Luvussa kerrotaan otsikkotasoa laajentaen, millaisesta tarkastusmuodosta ja -sovelluksesta on kysymys. Lisäksi on esitettävä tarpeelliset rajaukset, joiden puitteissa ohje on sovellettavissa (esim. ASME XI /VIII-2100:ssa esitetty vaatimus).

Jollei lähtötietojen kuvaamiseksi kirjoiteta muita tarkentavia kappaleita (esimerkiksi tarkastuskohteen tiedot, etsittävien vikojen tiedot) tulisi tärkeimmät tiedot niistä sisällyttää tähän kohtaan. Soveltamisalue voidaan määrittellä ja rajata melko hyvin kirjaamalla tiedot soveltuvin osin esimerkiksi seuraavan listan mukaisesti:

- laitos tai laitokset
- rakenne, osa tai järjestelmä
- materiaali, ainespaksuus, halkaisija jne.
- tarvittaessa soveltamisalueen yksityiskohtainen määrittely
- tarkastuksen päätavoitteet

Tarkastuskohteen kuvausta on monessa tapauksessa syytä laajentaa omaksi kohdakseen ja liittää mukaan riittävän kattava aineisto tarkastuskohteesta, jolloin tarkastukseen valmistauduttaessa ja sitä toteutettaessa tämä tieto on varmasti saatavilla.

Tarkastuskohteesta tulisi antaa ainakin luettelomaisesti mitat, materiaalit ja muut tarkastukseen olennaisesti vaikuttavat kohdetta koskevat tiedot. Tarkastuskohteen ja -alueen piirustukset ja muut valmiit asiakirjat voidaan lisätä ohjeen liitteiksi ja niihin voidaan viitata tässä ohjeen kohdassa.

Esimerkiksi seuraavat asiat voidaan esittää soveltuvin osin kohteen kuvaamiseksi:

- materiaalit ja valmistusteknologia
 - perusaineen ja hitsilisäaineen materiaalit
 - hitsaustapa (viittaus hitsausohjeeseen) tai muu rakenteen valmistustapa
 - hitsirailon muoto
- kohteen geometria ja päämitat:
 - esimerkiksi halkaisijat ja ainespaksuudet
 - edellisten vaihteluväli
 - viisteet ja muut tarkastukseen vaikuttavat geometriset muodot
- pinnanlaatu ja viimeistely
 - luotaukseen käytettävien pintojen pinnanlaadun minimivaatimus
 - hitsikuvun poisto/olemassa olo
 - juuren viimeistely
 - muut kohteen muotoon liittyvät vaatimukset tai edellytykset
- muut tarkastuksen kannalta tärkeät kohdetiedot
 - luoksepäästävyys ja tarkastusta mahdollisesti rajoittavat tekijät
 - esimerkiksi säteilytason asettamat aikarajoitukset

Etsittävien vikojen määrittelyllä voidaan rajata ja asettaa vaatimukset tarkastusohjeen suorituskyvylle sekä luoda pohja tarkastuksen suunnittelulle. Siksi määrittely on tehtävä huolella ja sen tueksi on pyrittävä saamaan mahdollisimman paljon taustatietoa. Tieto voi perustua aikaisempiin tarkastuskertoihin, käyttökokemuksiin samanlaisista tai vastaavista kohteista, teoreettisiin tarkasteluihin jne. Usein ei ole käytännössä mahdollista saada tarkkaa kokemusperäistä tietoa vaan joudutaan pääättelemään ja arvioimaan vallitsevien olosuhteiden perusteella, millaiset vikaantumismekanismit voivat olla mahdollisia (oletetut tai ennustetut viat = postulated defects). Jos ra-

kenteelle on tehty lujoustarkasteluja, joissa on määritetty kriittinen vikakoko, antaa se hyvän lähtökohdan pienimpien havaittavien vikojen määritykselle.

Vikatietojen määrittely on tärkeää koko pätevöinnin suunnittelun ja toteutuksen kannalta, ja se kuuluu keskeisiin lähtökohtiin, jotka tarvitaan teknisen perustelun laadinnassa ja käytännön kokeen suunnittelussa. Jotta pelkästään tarkastusohjetta lukemalla voi saada hyvän yleiskuvan tarkastuksesta ja sen tavoitteista, tulisi etsittävästä vioista esittää kuvaus joko omana kohtanaan tai sisällyttää se tarkoitusta ja soveltamisaluetta käsittelevään lukuun.

Vioista tulisi pyrkiä kuvaamaan esimerkiksi seuraavia asioita:

- vikaantumismekanismi (esimerkiksi: väsytytys, jännityskorroosio jne.)
- vikojen koko ja muoto
- vikojen sijainti: mikä on sijainti hitsiin nähden ja onko vika sisäinen vai avautuuko se sisä- tai ulkopintaan
- vikojen orientaatio: esimerkiksi poikittainen tai pitkittäinen ja mitkä ovat mahdolliset kallistus ja viistokulmat. Esiintymiskulmille tulisi määritellä lisäksi vaihteluvälit, joiden puitteissa vikatyypit oletetaan esiintyväksi.
- vikojen pinnanlaatu
- muut mahdolliset tiedot esimerkiksi vikojen tilavuudesta, avaumasta, haarautuneisuudesta ja korroosiotuotteista vian pinnoilla.

Tarkastuksen suorituskyvylle asetettavia tavoitteita ei ehkä katsota tarpeellisiksi sisällyttää itse ohjeen tekstiin. Tarvittaessa tärkeimmät tavoitteet voidaan kuitenkin mainita lyhyesti esimerkiksi tarkoitusta ja soveltamisaluetta käsiteltäessä. Pätevöinnin toteuttamisen kannalta on kuitenkin tärkeää, että tavoitteet määritellään huolellisesti ja kirjataan mitattavina arvoina. Tämä sen vuoksi, että tavoitteiden määrityksellä asetetaan samalla vaatimukset tuloksille, jotka pätevöinnissä tulee saavuttaa.

Selkeitä kriteerejä tulisi pyrkiä löytämään esimerkiksi seuraaville asioille: vaatimus vikojen havaittavuudelle, sallittujen väärin hälytysten määrälle, korkeudenmäärityksen tarkkuudelle, pituudenmäärityksen tarkkuudelle ja vian paikannuksen tarkkuudelle.

Käytännön tulokset ja kokemukset, jotka on saatu saman tai vastaavan kohteen aikaisemmista tarkastuksista, tulisi ottaa huomioon, jotta vaatimukset asetetaan realistisiksi. Samoin tulisi huomioida käytettävän NDT-menetelmän ja sovelluksen suorituskyky ja rajoitukset.

Tarkastustavoitteista käsin voidaan määritellä myös osa pätevöinnin rajoista tai ääritapauksista (limit cases), joiden suhteen NDT-järjestelmän suorituskyky on osoitettava. Nämä asiat joudutaan huomioimaan myös mahdollisten koekappaleiden suunnittelussa.

Esimerkiksi ENIQ Pilot Study:n (ENIQ 1997) tarkastusohjeeseen tarkastuksen tavoitteita ei ole kirjattu vaan siinä viitataan erilliseen asiakirjaan (ENIQ 1998b), jossa on kuvattu kaikki tarkastustehtävää koskevat lähtötiedot.

Tarkastushenkilöstön pätevyys on syytä käsitellä omana kohtanaan ja määritellä tarkastuksen vastuuhenkilön ja suorittajien pätevyysvaatimukset. Yleiset, muodolliset pätevyysvaatimukset voidaan helposti määritellä esimerkiksi EN 473:n mukaisina tasovaatimuksina. Pätevyydelle voidaan asettaa lisävaatimuksia, jotka koskevat kyseistä tarkastustehtävää. Voidaan esimerkiksi edellyttää koulutusta ja/tai kokemusta seuraavilta alueilta:

- austeniittisten hitsien tarkastuksesta
- mekanisoidun laitteiston käyttökokemusta
- kokemusta tulosten analysoinnissa käytettävien ohjelmistojen käytössä
- kokemusta käsitellä ja tulkita automatisoidun tarkastusjärjestelmän eri tulostusmuotoja

Ohjeen yleiseen osaan kuuluu tavallisesti myös luku *"vastuut"*. Siinä nimetään taho, joka on vastuussa ohjeen ajantasalla pitämisestä ja muutoksista. Vastuut tarkastuksen toteutuksesta ja ohjeen noudattamisesta on myös syytä kirjata.

Viiteluettelon tulee sisältää tiedot asiakirjoista, joihin tarkastusohjeessa on viitattu tai joissa esitetty vaatimukset on huomioitu tarkastusohjeen laadinnassa. Toinen luonteva kohta "Yleistä"-luvun ohella viiteluettelolle on ohjeen loppu. Ohjeen tekstissä olisi hyvä käyttää järjestelmällistä viitetaustapaa, jotta ohjeen eri kohtiin liittyvät asiakirjat voidaan helposti tunnistaa lisätiedon etsimiseksi tai esitettyjen vaatimusten alkuperän selvittämiseksi.

Esimerkkeinä viitteistä, joita luetteloon tulisi koota, mainittakoon seuraavat:

- laadunvarmistukseen liittyvät dokumentit
- standardit, määräykset, YVL-ohjeet yms.
- tarkastuksen lähtöarvojen määrittystä koskevat asiakirjat yms.
- laitteistojen käyttöohjeet

Työturvallisuus on nykyisin tärkeä asia, joka on hyvä huomioida omana kohtanaan. Asiakkaan luona tehtävissä toimeksiannoissa on usein työmaata koskevia turvallisuusohjeita, joita tulee noudattaa. Nämä saattavat asettaa vaatimuksia esimerkiksi henkilöstön suojavarustukselle, laitteistolle, koulutukselle (esimerkiksi tulokoulutus työmaalle), työn suoritustavalle, jotka on muistettava huomioida jo tehtävää suunniteltaessa ja siihen valmistauduttaessa. Suorittajaorganisaation omat työturvallisuusohjeet, jotka koskevat kyseistä tehtävää, on myös syytä mainita.

4.2 Tarkastuslaitteiston kuvaus

Tarkastukseen käytettävä laitteisto tulisi määrittellä tarkasti, jotta se voidaan tunnistaa samaksi, jota on käytetty päteväinnissä. Tämän vuoksi laitteiston kaikkien osien tuotenimet, mallit ja versionumerot on mainittava. Sen sijaan laitteiston yksityiskohtaisten ominaisuuksien ja toimintojen kuvauksen osalta voitaneen hyvin viitata laitekäsikirjoihin.

Käytännön tilanteissa joudutaan ottamaan kantaa siihen, millaisia muutoksia laitteistokoonpanossa voidaan sallia. Päteväinnin voimasaolon kannalta lienee selvää, että laitteiston osa, esimerkiksi laitteen piirikortti tai ultraääniluotain, voidaan vaihtaa toiseen samanlaiseen, kun sen ominaisuudet (olennaiset muuttujat) pysyvät määriteltävien vaihtelurajojen sisällä. Näin voidaan tehdä tarkastama osa ottaa käyttöön ilman viivytyksiä tarkastustehtävän ollessa käynnissä.

Selvästi vaikeampi kysymys on, miten päteväinnin voimasaolon käy, kun laitteiston osa tai jokin käytettävistä ohjelmistoista vaihdetaan esimerkiksi uudempaan versioon tai otetaan käyttöön kokonaan toisen valmistajan tekemä laite tai sen osa. Tällainen tilanne jouduttaneen harkitsemaan tapauskohtaisesti. Monissa tapauksissa

tuntuu mahdolliselta, että päteväintä voidaan laajentaa teknisen perustelun lisäyksellä ja/tai rajoitetulla käytännön kokeella, jos niillä voidaan osoittaa uuden laitteiston osan toimivan vähintään yhtä hyvin kuin aikaisempi.

Ultraäänilaitteesta ohjeessa tulisi mainita ainakin tarkastukseen ja mittaustiedon keruuseen käytettävän laitteiston valmistaja, tuotenimi, ja malli sekä ohjelmistojen versionumerot.

Jos *näyttämien arviointiin käytetään erillisiä ohjelmistoja*, tulisi mainita myös niiden valmistaja, tuotenimi ja versionumero.

Samoin mekanisoidussa tarkastuksessa käytettävän *skannerin ja sen ohjauslaitteen* osalta tulee ohjeeseen kirjata laitteen valmistaja, tuotenimi, malli ja versio.

Kaikki laitteiston täydelliseen kytkentään kuuluvat *kaapelit* tulee määrittellä ja ilmoittaa niiden lukumäärä, pituus, tyyppi, impedanssi. Samoin tulee määrittää kytkentöihin kuuluvien *liittimien* lukumäärä ja tyypit.

Mekanisoituun ultraäänitarkastukseen käytettävissä laitteistoissa tarvittavat kaapelipituudet ovat usein huomattavan pitkiä (kymmeniä metrejä), jolloin kaapelinominaisuudet ja pituuden muutokset saattavat vaikuttaa siirrettävien signaalien muotoon esimerkiksi syntyvien heijastusten kautta. Tämän vuoksi kaapelien pituudet ja tyypit on määritettävä riittävällä tarkkuudella. Liittimissä voidaan olettaa tapahtuvan vaimenemista, minkä vuoksi luotaimen ja ultraäänilaitteen välisen kaapeliketjun liittimien määrä on vakioitava määrittämällä se tarkastusohjeessa.

Käytettävien *ultraääniluotaimien* määrittely on ohjeen keskeisiä kohtia. Tarkastuksessa käytettävien luotaimien tekniset ominaisuudet tulisi kuvata riittävän tarkasti, jotta luotain ja sen tyyppi on yksikäsitteisesti tunnistettavissa. Luotaimesta tulisi antaa ainakin seuraavat tiedot: luotaimen tyyppi, valmistaja, aaltomuoto, taajuus, nimellinen luotainkulma, värähtelijän koko, fokus-etaisyys tai -syvyys, kotelon koko, kytkentäpinnan muoto sekä anturin ensisijainen käyttötarkoitus (etsintä tai koonmäärittely). Jos tarkastuksessa käytetään useita luotaimia, tiedot voidaan luontevasti koota taulukon muotoon.

Ohjeessa tulee lisäksi mainita käytettävä *kytkentäaine* ja sen syöttötapa. Kytkentäainetta valittaessa on joissain tapauksissa huomioitava

myös mahdolliset epäpuhtaudet tai lisäaineet, joilla saattaa olla haitallisia vaikutuksia esimerkiksi tarkastuskohteen korroosiosuojauksen kannalta. Jos tarkastuksen kuluessa tai sen jälkeen tarvitaan toimenpiteitä kytkentäaineen poistamiseksi, ne on syytä mainita myös tarkastusohjeessa.

4.3 Laitteiston toiminnan tarkistukset

Tarkastuslaitteiston kaikkien osien kunto on määrajoin tarkistettava ja varmistauduttava, että ne toiminta-arvot ovat sen toimittajan määrittämien suunnitteluarvojen rajoissa. Perusteelliset laite-tarkistukset tehdään tavallisesti tarkastusorganisaation laatujärjestelmän edellyttämällä tavalla, yleensä kerran tai kaksi vuodessa ja niistä laaditaan asianmukaiset pöytäkirjat. Suppeampi laite-tarkistus voidaan määrittää tehtäväksi ennen varsinaisen tarkastustyön aloittamista.

Pätevöinnin kannalta tarkasteltuna laitteelle tai sen osalle määritellyt toiminta-arvot muodostavat niin sanottuun laiteryhmään sisältyvät olennaiset muuttujat. Kun laitteen toiminta-arvot pysyvät näille olennaisille muuttujille annettujen toleranssien sisällä, on päteväintikin näiltä osin voimassa. Näiden muuttujien vaihteluvälin valinnassa tulee ottaa huomioon mahdolliset määräysten ja standardien antamat vaatimukset mutta toisaalta myös laitevalmistajan lupaamat toleranssit.

Määräaikaiset laitetarkistukset tehdään tavallisesti erillisten ohjeiden mukaan ja niiden osalta ohjeessa riittää lyhyt vaatimus niiden suorittamisesta ja voimassaolon valvomisesta.

Ultraäänilaitteelle on suoritettava perustarkistus tietyin välein, jotka on määritetty tarkastuksia tekevän yrityksen laatujärjestelmässä tai laitteiden ylläpitoa koskevassa ohjeistossa. Varsinkin automaattisten, digitaalisten laitteiden tarkistus vaatii usein mittausjärjestelyjä, joiden toteuttamisesta laitevalmistajan tulisi antaa omassa dokumentaationsa yksityiskohtaiset ohjeet ja hyväksymiskriteerit. Perusvaatimukset ultraäänilaitteen näytön pystyasteikon lineaarisuudelle ja amplitudisäädön lineaarisuudelle on annettu ASME XI:ssa (III-3110 ja III-3120). Vastaavat vaatimukset voidaan nähtävästi laajentaa koskemaan myös automaattisten laitteiden signaalinkäsittelyä (digitointi). Tarkempia ohjeita ultraää-

nilaitteen ominaisuuksien mittaamisesta on annettu esimerkiksi standardissa ASTM E 1324-95 (1995).

Luotainvalmistajan dokumentaatio, joka on saatavissa luotaimen mukana, muodostaa lähtökohdan luotaimen ominaisuuksien seuraamiselle. Määrävälein tapahtuvien mittausten avulla tulee seurata, että luotaimien ominaisuudet pysyvät määriteltujen vaihtelurajojen puitteissa. Ohjeita luotainten ominaisuuksien mittaamiseksi annetaan esimerkiksi standardissa ASTM E 1065-99 (1999). Määriteltäessä vaihtelurajoja luotaimien ominaisuuksille on käytännössä huomioitava myös valmistajan käyttämät toleranssit, jotta anturin uusiminen on mahdollista normaalien toimintusehtojen puitteissa.

Automatisoidussa tarkastuksessa skannerin ominaisuudet muodostavat perustan sille, miten tarkasti ja luotettavasti vikojen paikat saadaan määritettyä ja kuinka hyvin tarkistukset ovat toistettavissa. Tämän takia tulisi skannerin toimintaa ja tarkkuutta valvoa määrävälein tehtävien tarkistusten avulla yhdessä ohjausyksikön kanssa. Myös tässä tapauksessa valmistajan tulisi määrittää skannerin toimintaspesifikaatiot, esimerkiksi liikkeiden tarkkuudet ja toistettavuudet. Valmistajalta voidaan edellyttää ominaisuuksien tarkistamista mittauksin, joiden dokumentaatio on liitetty laitteen toimituksen. Lisäksi valmistajan tulisi esittää tiedot käytetyistä mittausmenetelmistä niin, että käyttäjä voi tarkistaa laitteen ominaisuudet määrajoin.

Monissa tapauksissa on tarpeellista tehdä joi-takin laitteiston toiminnan *tarkistuksia laitospaikalla ennen tarkastustyön aloittamista*. Esimerkiksi ASME XI (1998) edellyttää ultraäänilaitteen näytön ja vahvistuksen säädön lineaarisuuden tarkistamista aloitettaessa ja päätettäessä tarkastuksia, jotka tehdään yhden seisokin aikana (III-3310). Selkeät häiriöt ja puutteet laitteen toiminnassa tulevat joka tapauksessa esiin laitteen säätämisen yhteydessä, jossa ovat käytössä tutut tarkistus- ja vertailukappaleet.

Skannerin toimintaan liittyy paljon asetuksia ja säätöjä, joiden paikkansapitävyys on tärkeää tulosten hyödynnettävyyden kannalta. Sen vuoksi mekanisoidussa tarkastuksessa on normaalisti syytä tehdä skannerin toiminnan ja liikkeiden tarkistus jollain yksinkertaisella menettelytavalla laitospaikalla ainakin sen jälkeen, kun kaikki

Taulukko I. Esimerkki kalibrointikappaleiden tiedoista, jotka on koottu taulukkomuotoon.

Tunnus	Kuvaus	Heijastajat	Materiaali	Käyttötarkoitus
A1	"IIW2" tarkistuskappale austeniittiselle teräkselle	Säteet: 25 ja 50 mm. Leveys: 40 mm.	AISI 304 L	Aika-asteikon kalibrointi, luotainten indeksin määrittäminen ja kalibroinnin tarkistus
B	"Kohteen mukainen vertailukappale" Piir. no ABC-1-DD	urat, sivuttaisporaukset	AISI 304 L	Laitteiston asetusarvojen määrittäminen ja herkkyyskalibrointi

työn edellyttämät asetukset on tehty. Mahdollisuuksien mukaan tulisi harkita tarkistusta vielä sen jälkeen, kun skannerin asennus tarkastuskohteeseen on tehty.

4.4 Ultraäänilaitteiston säätö

Ohjeen tässä osassa kuvataan ne toimenpiteet, joilla laitteisto säädetään tehtävän edellyttämään toimintakuntoon, ennen tietyn tarkastuskohteen luotauksen aloittamista. Säätöjä tehtäessä on aina edellytettävä käytettäväksi samaa laitekoonpanoa (samat luotaimet, kaapelit, lähetin- ja vastaanotinkanavat, kytkentäaineet jne.), jota tullaan tarvitsemaan varsinaisessa tarkastuksessa.

Mekanisoidussa tarkastuksessa on kuitenkin voitava normaalisti sallia, että säätöjä tehtäessä luotaimia liikutellaan käsin kalibrointikappaleiden pinnalla. Varsinkin pienten tarkistuskappaleiden osalta tässä ei liene edes vaihtoehtoja. Jos toisaalta on käytettävissä tarkastuskohteen mukainen suuri vertailukappale, jonka pinnalle skanneri on asennettavissa, voidaan mekanisoidulla laitteistolla tehdä luotaus käytössä olevien kalibrointiheijastajien kohdalta. Näin saadaan hyvä kuva siitä, kuinka tunnetut heijastajat näkyvät todellisessa tarkastustilanteessa. Tällaisesta luotauksesta mitatut näyttämien amplituditasot voidaan myös kirjata eräänlaisena "dynaamisen kalibroinnin" tuloksina.

ASME XI (1998) määrittelee, että ultraäänilaitteiston täydellinen säätäminen (kalibrointi) sisältäen etäisyys-amplitudi-käyrän (DAC) laatimisen pitää tehdä työssä käytettävillä asetuksilla korkeintaan päivää ennen tarkastusten aloittamista. Tarkastusten aikana tämä säätö pitää uusia vähintään kerran viikossa (III-3320). Helpommin toteutettava säätöarvojen tarkistus vaaditaan tehtäväksi selvästi useammin (III-3330).

Säädön yhteydessä tulee kaikki asetusarvot ja kalibrointiheijastajista saadut mittaustulokset

kirjata asianmukaiseen pöytäkirjaan.

Ultraäänin nopeus ja sen mukana myös luotainkulma muuttuu jonkin verran kohteen ja luotaimen lämpötilan mukaan. Tästä syystä laitteiston säätöön ja säädön tarkistukseen käytettävien kalibrointikappaleiden lämpötila tulisi olla suunnilleen sama kuin tarkastettavan kohteen lämpötila. Esimerkiksi ASME XI (1998) sallii putkistoihin liittyvien tarkastusten osalta korkeintaan $\pm 14^{\circ}\text{C}$:n poikkeaman kalibrointikappaleen ja tarkastuskohteen väliselle lämpötilaerolle (III-3210).

Tarkistus- ja vertailukappaleet tulisi kuvata ainakin lyhyesti mainiten niiden materiaalit ja käyttötarkoitukset. Tämä voidaan tehdä vaikkapa taulukon muodossa, mistä on alla esitetty esimerkki. Ainakin tarkastuskohteen mukaan valmistetuista vertailukappaleista on syytä sisällyttää piirustukset ohjeen liitteisiin. Standardien mukaisista, tunnetuista tarkistuskappaleista riittää tavallisesti viittaus kyseiseen standardiin.

Vertailukappaleiden kohdalla on muistettava huolehtia riittävän tarkasta tunnistetietojen dokumentoinnista, jotta itse kappaleet sekä niissä olevat heijastajat voidaan tunnistaa luotettavasti.

Etäisyysasteikon säätämisen osalta tulee ohjeesta ilmetä sovellettava menetelmä ja apuna käytettävä kalibrointikappale. Nykyaikaisissa automaattisissa laitteissa on tavallisesti useitakin vaihtoehtoisia tapoja säätää aika-asteikko, joista voidaan valita tarkoitukseen parhaiten soveltuva huomioiden käytettävissä olevat kalibrointikappaleet. Tarvittaessa viitataan laitteiston ohjekirjaan yksityiskohtaisten säätötoimenpiteiden osalta. Yleisiä ohjeita aika-asteikon säätämisestä annetaan standardeissa prEN 583-2 (1997) sekä ASME XI (1998) (III-3200).

Jos tarkastusohje laaditaan tarkasti määritellylle tarkastuskohteelle, käytettävien aika-asteikkojen pituudet on syytä määrittää ja kirjata valmiiksi ohjeeseen kaikille käytössä oleville luotaimille.

Vertailutason säätämiseksi on esitettävä tapa, jolla laitteen vahvistus voidaan säätää niin, että saavutetaan tavoiteltu herkkyystaso. Käytettävät vertailuheijastaja tulee yksilöidä ja määritellä, mille tasolle siitä saatavan kaiun korkeus on säädettävä. Laitteistoista, tarkastussovelluksesta ja käytettävissä olevista vertailuheijastajista riippuen on useita tapoja, joilla säätö voidaan käytännössä toteuttaa. Kun luotaukseen käytetään useita antureita, voidaan vertailutason säätöön joutua etsimään erilaisia menettelytapoja, jotka kaikki tulee esittää riittävän yksityiskohtaisesti.

Yleisiä ohjeita vertailutason säätämisestä ja suosituksia käytettävistä vertailuheijastajista on annettu esimerkiksi standardeissa SFS-EN 1714 (1998), prEN 583-2 (1997) ja ASME XI (1998) (III-3200).

Vaativia tarkastussovelluksia varten on mahdollista valmistaa geometrialtaan, materiaaleiltaan ja valmistustekniikaltaan kohteen mukainen vertailukappale. Tällaiseen kappaleeseen sijoitettuja vertailuheijastajia käyttäen voidaan vahvistus säätää luotettavasti ja samalla saadaan käsitys siitä, millaisen näyttämän tietyn kokoiset heijastajat tuottavat. Kohdetta muistuttava vertailukappale on kuitenkin usein käytännössä niin hankalasti liikuteltava, että sitä ei voida käyttää tehtävän aikana suoritettavaan vertailutason tarkistukseen. Näissä tapauksissa on ohjeessa määriteltävä tapa, jolla tämä tarkistus voidaan kätevästi suorittaa.

Siirtymiskorjaus tulee huomioida normaaliin tapaan, jos vertailutason säätöön käytettävän kalibrointikappaleen ja tarkastuskohteen välillä on merkittävä ero ultraäänen etenemisominaisuuksissa. Ohjeessa on tarvittaessa varauduttava arvioimaan tilanne ja määrittämään siirtymäkorjauksen suuruus, jolla herkkyystason muutokset voidaan kompensoida.

Esimerkiksi EN 1714 (1998) antaa ohjeita, milloin siirtymiskorjaus tulee tehdä. Sen mukaan korjausta ei tarvita, jos vertailutason korjaamiseen tarvittava vahvistusero on alle 2 dB. Mittaustekniikoita siirtymäkorjauksen määrittämiseksi on annettu prEN 583-2:ssa (1997).

Käytettävästä laitteistosta riippuen laitteiston *muuta säätömahdollisuuksia* on vaihteleva määrä. Automaattisissa laitteissa ne ovat yleensä aseteltavissa erilaisten digitaalisten valikkojen kautta. Kun valikot ovat usein vielä monitasoisia, on

ohjeen antama muistituki näiden asetusarvojen säädössä tarpeen.

Käytännössä lienee kätevintä koota säätöarvot selkeään listaan tai taulukkoon, jossa on luotain- ja/tai kanavakohtaisesti annettu suoraan numeroarvoina käytettävät asetukset. Toisaalta on huomioitava pyrkimys mahdollisimman hyvään lopputulokseen, jolloin voi olla tarpeen jättää suorittajalle vapaus tehdä tilanteen optimointiin tärkeitä säätöjä.

Laitteiston säätöjen tarkistuksella varmistetaan määrävälein, että käytettävän laitteiston toiminta pysyy muuttumattomana. Sen avulla seurataan esimerkiksi, että ultraäänilaitteen etäisyysasteikko, vertailutaso ja antureiden indeksipisteet pysyvät sallitun vaihteluvälin puitteissa.

Säätöjen tarkistus tulee tehdä samalla laitteistokokoonpanolla (samat kaapelit kytkettyinä) kuin tarkastuskin muuttamatta laitteiston säätöarvoja. Yleensä tarkistukseen voidaan käyttää pienikokoisia tarkistuskappaleita. Mekanisoidun tarkastuksen luotaimet voidaan irrottaa tarkistusta varten pitimestään ja liikutella niitä käsin.

Eri standardit, esimerkiksi ASME XI (1998) (III-3330 ja III-3331) ja SFS-EN 1714 (1998), sisältävät hieman erilaisia vaatimuksia siitä, milloin säätöjen tarkistus tulee tehdä ja mitkä ovat sallitut säätöarvojen poikkeamat. Standardeissa määritellään myös toimenpiteet, joihin on ryhdyttävä, kun todetaan sallitut rajat ylittävää poikkeamaa. Yhteenvetona standardeissa esiintyvistä vaatimuksista, jotka koskevat säätöjen tarkistusta, voidaan mainita seuraavat pääperiaatteet:

- ensimmäinen tarkistus tehdään ennen tarkastustyön aloittamista samalla, kun laitteen varsinainen säätäminen tapahtuu. Tässä tarkistuksessa saatavat tulokset muodostavat lähtöarvot, joihin myöhempiä tarkistuksia verrataan.
- tarkistus toistetaan keskeytymättömässä työssä määrävälein
- tarkistus tehdään, kun laitteiston osia vaihdetaan tai epäillään muutoksia sen toiminnassa
- viimeinen tarkistus tehdään työn päättyessä
- jos tarkistuksessa todetaan huomattavia muutoksia, joudutaan tarkastus yleensä uusimaan edellisestä hyväksyttävästä tarkistuksesta lähtien. Tämä koskee varsinkin tapauksia, joissa tarkastuksen herkkyys on pienentynyt.

- jos tarkistuksessa todetaan vähäisiä muutoksia, etenkin, jos herkkyys on lisääntynyt, voidaan sallia, että vain kirjatut näyttämökohdat tarkastetaan uudelleen.

4.5 Tarkastus

Ohjeen tässä osassa tulisi kuvata tehtävät, jotka liittyvät suoranaisesti tai ainakin hyvin läheisesti tarkastuskohteessa tapahtuvaan toimintaan. Näistä tärkeimpiä ovat luotauksen fyysinen toteutus ja sen aikana tapahtuva tiedonkeruu.

Tarkastuslaajuus on käytävä ilmi ohjeesta yksikäsitteisesti, ja tässä kohdassa on määritettävä selkeästi, mikä materiaalityyppi kuuluu tarkastuksen kattamaan alueeseen. Varsinkin mekaanisoidun tarkastuksen osalta tarkastuslaajuus joudutaan ottamaan huomioon jo varhaisessa vaiheessa suunnittelun aikana. Sen vuoksi tarkastuslaajuuden määrittely voisi olla sijoitettuna myös ohjeen alkupuolelle osaan "Yleistä", jossa muutkin tarkastuksen lähtökohdat annetaan.

Tarkastustilavuuteen kuuluvat perus- ja hitsiaineen osuudet tulisi määrittää selkeästi ja ne on usein hyvä havainnollistaa kuvalla. Myös mahdollinen pinnoite on huomioitava ja määriteltävä, miltä osin se kuuluu tarkastustilavuuteen vai jätetäänkö se joltain osin tai kokonaan huomiomatta. Jos tarkastustilavuus kattaa vain osan koko materiaalityypistä on ohjeessa syytä huomioida myös sellaiset tilanteet, joissa havaittu näyttämä jatkuu varsinaisen tarkastustilavuuden ulkopuolelle. Esimerkiksi ASME XI (1998) ja SFS-EN 1714 (1998) standardit antavat yleisiä ohjeita tarkastustilavuuden määrittämisestä.

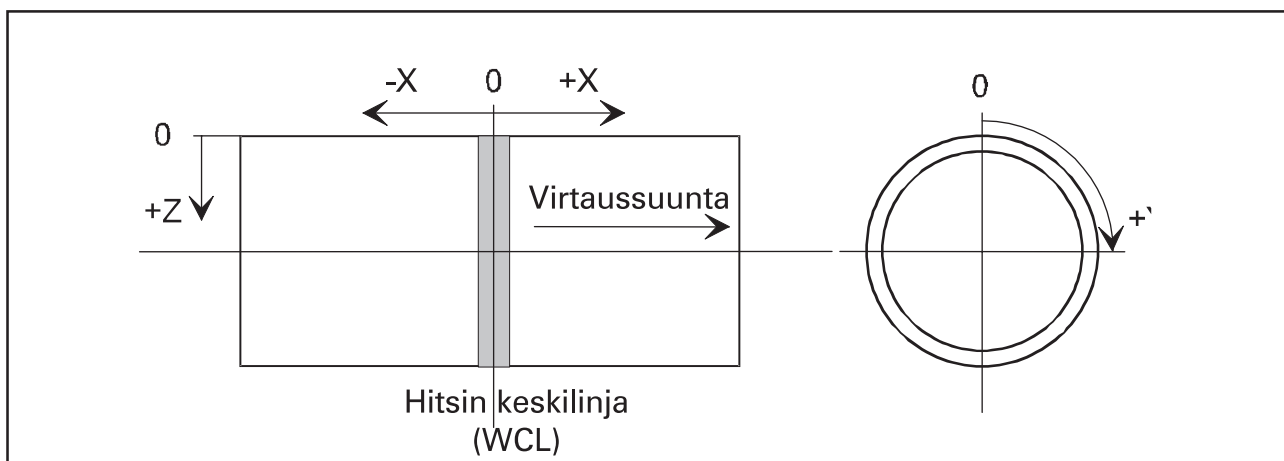
Hitsejä tarkastettaessa edellytetään tavallises-

ti perusaineen virheettömyyden toteamista normaaliluotauksella luotauspintojen alueelta, jotta siinä olevat virheet eivät häiritsisi varsinaista tarkastusta. Toistuvissa tarkastuksissa tätä luotauksia ei edellytetä tehtäväksi kuin ensimmäisellä tarkastuskerralla.

Koordinaattijärjestelmän suunnittelu ja sen selkeä esittäminen on tärkeä osa mekaanisoidun tarkastuksen valmistelua. Käytettävä koordinaatisto on määriteltävä ja kuvattava siten, että eri akselien 0-pisteet ja kasvusuunnat ovat yksikäsitteisiä. Lisäksi on annettava tarkastusalueella käytettävien referenssipisteiden, -linjojen tai -pintojen sijainti ja niiden mahdollinen merkitsemistapa itse kohteessa. Koordinaattijärjestelmän kuvausta on hyvä havainnollistaa piirroksen avulla. Kuvassa 1 on esitetty esimerkinomaisesti eräs tapa kuvata koordinaatiston määrittely yksinkertaisessa putkistohitsin tapauksessa.

Mekaanisoidussa tarkastuksessa käytettävän koordinaatiston määrittely- ja akselien nimeämistapa saattaa olla osittain laiteriippuvainen tai tarkastusyhtiössä vakiintunut käytäntö, jota on hyvä noudattaa järjestelmällisesti turkien sekaannusten välttämiseksi. Sen sijaan koordinaatien kasvusuuntien ja 0-pisteen paikkojen valinnan suhteen on olemassa suosituksia esimerkiksi ASME XI:ssa (1998). Näiden suositusten ja muuten yleisesti vakiintuneiden käytäntöjen noudattaminen helpottaa eri tarkastuskerroilla (ja eri suorittajien toimesta) saatujen tulosten vertailua ja yhteensovittamista.

Luotaussuunnitelmassa tulisi kuvata luotauksen periaate ja toteuttamistapa niin yksityiskohdallisesti, että selviää, millä antureilla, mistä suunnista ja miltä pinnoilta luotaus toteutetaan. Ääni-



Kuva 1. Esimerkki koordinaatiston määrittelystä ja kuvauksesta.

tiepiirroksin voidaan usein parhaiten havainnollistaa käytettävät luotaustavat ja samalla osoittaa kattavuus tarkastustilavuuden suhteen. Piirroksen avulla on monissa tapauksissa hyödyllistä kuvata myös skannerin sijoittelu tarkastuskohteessa. Jos luotainpitimeen asennetaan samanaikaisesti useita luotaimia, on niiden luotaussuunnat ja keskinäinen sijoittelu kuvattava ja lisäksi hyvä havainnollistaa piirroksella.

Lisäksi luotaussuunnitelmaan kuuluu skannerin liikelaajuuksien (iskunpituuksien) suunnittelu ja skannauksen aloitushetkeen liittyvien luotainten paikkakoordinaattien määrittely.

Mahdollisten *rajoitusten* olemassa olo tulee selvittää mahdollisuuksien mukaan ennen tarkastusta. Rajoituksiksi katsotaan kohteen ja rakenteen yksityiskohdat, jotka estävät luotauksen kokonaan tai aiheuttavat häiriöitä sen toteuttamisessa. Tällaisia ovat esimerkiksi kannakkeet, kiinnikkeet, luotauspinnan muotovirheet ja luotauksen kannalta liian ahtaat tilat. Rajoitusten vaikutukset tulisi huomioida mahdollisuuksien mukaan luotaussuunnitelmaa tehtäessä.

Rajoitusten takia tarkastamatta jäävät alueet, jotka kuuluvat tarkastuslaajuuteen, tulee raportoida. Rajoitukset ja niiden koordinaatit voidaan kirjata esimerkiksi tarkoitusta varten laaditulle kaavakkeelle, jolloin ne tulee raportoitua yhdenmukaisesti ja suunnitelmallisesti.

Mekanisoidussa tarkastuksessa *skannerin asennus* on usein kriittinen työvaihe, joka olisi syytä suunnitella etukäteen huolella. Kiinnityksen oikealla kohdalla ja tukevuudella on suora vaikutus tarkastuksen paikkatietojen pätevyyteen. Työn onnistumisen tärkeyttä lisää myös se, että skannerin toimintaa ei voida aina valvoa visuaalisesti luotauksen aikana ja asennukseen käytettävää aikaa pyritään minimoimaan säteilyannosten pienentämiseksi. Ainakin asennuksen pääkohdat ja sen onnistumisen testaamiseen liittyvät asiat voidaan ajatella kuuluvaksi tarkastusohjeeseen. Yksityiskohtainen asennusohjeistus voisi varsinkin vaikeammassa tapauksissa olla erillinen työohje.

Luotauksen osalta tulee ohjeessa määritellä vielä kaikki ne tekniset yksityiskohdat, joiden puitteissa tiedonkeruu tulee toteuttaa. Tällaisia seikkoja ovat esimerkiksi:

- luotainten liikenopeudet
- näytteenottotaajuus luotausliikkeen aikana ja kuinka pitkä siirros (skannausaskel) tehdään luotausliikkeiden välillä
- mittaustiedon tallennustapa ja -laajuus eri kanavilta (antureilta)
- luotaimien kytkennän valvontatapa
- kohteen sallittu yli/alin lämpötila luotauksen aikana
- kriteerit, joiden mukaan hyväksytään luotauksessa kerätty tieto ennen kuin aloitetaan uusi luotausjakso käyttäen muita luotaimia tai siirretään skanneri kokonaan uudelle tarkastusalueelle
- tapa, jolla nimetään luotauksesta kertyvät mittaustiedostot

Automaattinen mekanisoitu tarkastus koostuu yleensä toistuvista luotausjaksoista, joista jokainen sisältää useita toimenpiteitä, jotka tulisi tehdä aina systemaattisesti, samalla tavoin ja samassa järjestyksessä. Tätä tarkoitusta varten voidaan ohjeeseen sisällyttää riittävän yksityiskohtainen, oikeassa järjestyksessä etenevä luettelo tai lohko-kaavio näistä toimenpiteistä, jotka kuuluvat jokaisen luotausjakson toteutukseen.

Kirjaamisella tarkoitetaan normaalisti NDT-tarkastuksissa näyttämien merkitsemistä muistiin raportointia varten. Kirjaamisraja määrittää sen mukaisesti näyttämien koon tai merkittävyyden, josta alkaen kirjaaminen tehdään. Automaattisessa luotauksessa kerätään mittaustietoa laitteen muistiin, jolloin on mahdollista ja käytännössä lähes aina järkevää tallentaa selvästi enemmän tietoa kuin pelkästään ne näyttämät, jotka aiotaan lopulta raportoida. Tästä syystä tietojen kirjaamisrajan sijaan voitaisiin puhua *tallennusrajasta tai rekisteröintirajasta*. Tämä raja ja tiedonkeruun muita yksityiskohtia joudutaan usein käytännössä asettamaan samalla, kun tehdään muita herkkyyasetuksiin liittyviä laitteiston säätöjä.

Automaattisessa tarkastuksessa on usein tarpeen määrittää myös *arviointiraja*. Tämä raja muodostuu kriteereistä, joiden perusteella kertyneestä mittaustiedosta valitaan näyttämät, jotka otetaan mukaan seuraavassa kappaleessa käsitellyn tulosten arvioitiin.

4.6 Tarkastustulosten arviointi

Tulosten arviointiin liittyvässä ohjeistuksessa tulisi määritellä, miten arvioitiin otettavat näyttemät valitaan, millä periaatteilla itse arviointi tehdään ja miten arvioinnin tulokset dokumentoidaan. Tulosten arviointi on tarkastuksen vaihe, johon yleensä tarvitaan paljon ammattitaitoa ja kokemusta. Tällaisen laaja-alaisen tiedon soveltamista on vaikeaa kirjata kaikilta osin yksityiskohtaisen ohjeeseen muotoon. Jos vaativan arviointitehtävän kaikki vaihtoehdot ja ratkaisut pyritään sisällyttämään kirjallisesti esitettyyn toimintamalliin, ohjeesta tulee helposti pitkä ja monimutkainen. Tämä näkyy esimerkiksi ENIQ Pilot Study:n ohjeessa, jossa arviointi on ohjeen selvästi laajimmin käsitelty asia (ENIQ 1997). Toisaalta kun pätevänti tehdään avoimilla koekappaleilla, arvioinnille tulisi muodostaa selkeä etenemisjärjestys ja tarkat kriteerit, joiden mukaan toiminta tapahtuu. Muutoin päteväntiä suoritettaessa saattaa olla vaikeaa todeta, päädytäänkö lopputuloksiin todellakin ohjeen toimintamallia noudattaen vai ohjaako tieto testikappaleessa olevista vi-oista tehtyjä valintoja.

Raportointi- tai arviointiraja on tarpeen määritellä ohjeessa, kun kysymyksessä on automaattinen tarkastus, jossa mittaustietoa kerätään merkittäviä määriä. Tämän rajan avulla määritellään tai kuvataan tapa, jolla valitaan ne näyttemät, jotka otetaan mukaan arviointiin. Yksinkertaisimmillaan arviointiraja voidaan määrittää kairukorkeuden amplitudirajana.

Eräs mahdollisuus on kuvata varsinaisen *arviointin suoritus* ja siihen liittyvät osat ”prosessina”, joka etenee vaihe vaiheelta. Eri vaiheiden sisältö voidaan kuvata ohjeessa tarkemmin omina kohtinaan. Tällaisia selkeitä kokonaisuuksia voivat olla esimerkiksi seuraavat, joita myös tässä raportissa on käsitelty omina kohtinaan hieman edempänä:

- näyttämien tunnistaminen
- muotonäyttämien tunnistaminen
- vian pituudenmääritys
- vian korkeudenmääritys

Arviointiprosessiin saattaa kuulua monia valintatilanteita, joissa asetettujen ehtojen perusteella

joudutaan valitsemaan etenemissuunta. Esimerkiksi viasta tallennetut erilaiset kaiut ja niiden muodostamat näyttemät määräävät, millaista vian korkeuden määritystekniikkaa voidaan soveltaa. Näissä tapauksissa lohkokaaavion muotoon laadittu kuvaus saattaa olla selventävä.

Käytännössä joudutaan myös harkitsemaan, kuinka yksityiskohtaisia kuvauksia esimerkiksi arvioinnissa käytettävien ohjelmistojen käytöstä on tarpeen sisällyttää tarkastusohjeeseen. Normaalisti voitaneen vedota tarkastajan saamaan koulutukseen näiden ohjelmistojen käytössä tai viitata ohjelmistojen käyttöoppaisiin.

Näyttämien tunnistamiseksi tulisi määrittää ne menetelmät, joiden avulla kerätystä tiedosta valitaan näyttemät, joita lähdetään arvioimaan. Edellä mainittu arviointiraja periaatteessa jo määrittää tämän asian, mutta käytännön sovellustapa esimerkiksi analysointiohjelmien osalta saattaa vaatia laajempaa toiminnan kuvausta, joka on tarpeen esittää ohjeessa. Näyttämien tunnistamisen yhteydessä tulee huolehtia myös niiden numeroinnista tai muusta yksikäsitteisestä identifioinnista.

Vian pituudenmäärityksen osalta tarkastusohjeessa tulisi ottaa kantaa esimerkiksi seuraaviin seikkoihin:

- tekniikka, jolla pituuden määrittäminen tehdään käytettävissä olevasta mittaustiedosta
- miten eri luotaimilla tallennettu mittaustieto huomioidaan pituuden arvioinnissa
- pituuden lopullinen määrittäminen eri luotaimien antaman tuloksen avulla

Vian todellisen pituuden määrittämiseen saate-taan tarvita kaarevilla pinnoilla korjauskerroin, jolla huomioidaan luotauspinnan ja sitä vastassa olevan pinnan pituuksien erot. Esimerkiksi pak-suseinämäistä lieriötä ulkopinnalta luodattaessa vika ”näky” todellista pitempänä.

Ohjeessa tulisi esittää myös keinot *muotonäyttämien tunnistamiseksi*. Tarkastusalueen tiedossa olevat muotoheijastajat on syytä mainita ohjeessa. Jos näistä heijastajista aiheutuvista näyttämistä on aikaisempaa kokemusta voitaneen niiden esiintymistäkin kuvailla. Myös muotonäyttämien raportointitapa on syytä sisällyttää ohjeeseen.

Vian korkeuden määrittämisessä käytettävät tekniikat tulisi esittää riittäväällä tarkkuudella. Analysointimenetelmien tarkempi kuvaus, jos sellaista tarvitaan, saattaa laajuutensa takia olla aiheellista sijoittaa esimerkiksi liitteeksi. Arvioinnissa käytettävät tekniikat ja eri antureiden tuottama informaatio tulisi priorisoida tai osoittaa muuten selkeästi, miten vian lopullinen syvyys saadaan, jos eri analysointitekniikat antavat erilaisia tuloksia vikakorkeudelle.

Lisäksi arviointityössä saatetaan tarvita kriteerit, joiden perusteella voidaan päätellä, onko vika sisäinen vai pintaan aukeava.

Hyväksymisrajan avulla esitetään kriteerit vioille, joita rakenteessa ei voida sallia. Varsinaisten hyväksymiskriteerien kirjaamisen sijaan ohjeessa voidaan viitata sovellettavaan standardiin tai muuhun asiakirjaan, joka määrittelee hyväksyttävät ja hylättävät virheet. Lisäksi ohjeessa saattaa olla tarpeen mainita toimenpiteet, joihin hylättäviksi katsottavien virheiden löytyminen johtaa, esimerkiksi lisätarkastukset tai toimeksiantajan välitön informointi.

4.7 Raportointi

Automaattisessa, mekanisoidussa tarkastuksessa kertyy helposti etenkin arviointivaiheessa runsaasti tietoa, joka tulisi dokumentoida järjestelmällisesti. Erityisesti arvioinnissa noudatettavat periaatteet, jotka koskevat tietojen esittämistä, dokumentointia analysointiohjelmistoista saatavin tulostuksin ja lopullisten tulosten esittämistä, tulisi suunnitella huolella. Luotauksen ja

tulosten arvioinnin eri vaiheissa käytettävät kaavakkeet tulisi määritellä ja niiden mallikappaleet sisällyttää liitteenä ohjeeseen. Samoin tulisi määritellä ja havainnollistaa esimerkein tulosteet, joiden avulla tullaan dokumentoimaan arvioidut näyttämät ja niiden analysointi.

Loppuraportin muoto (pöytäkirja, laajempi raportti tms.) on usein syytä mainita. Loppuraportin esitysmuotoa ja siihen liitettävien tulosteiden toteutusta harkittaessa on hyvä muistaa, että siihen joutuvat perehtymään usein myös henkilöt, jotka eivät ole perehtyneet tarkastusmenetelmän ja -tilanteen yksityiskohtiin. Tällöin selkeiden ja havainnollistavien tulostus- ja esitysmuotojen käyttö on paikallaan ja helpottaa tulosten olennaisen piirteiden ymmärtämistä.

4.8 Tarkastustietojen tallentaminen ja arkistointi

Tallennusvälineet ja -muoto, joita käytetään kerittyneen mittaustiedon säilyttämiseen on yleensä syytä määritellä ohjeessa. Tallenteiden riittävä ja järjestelmällinen merkitseminen helpottaa niiden löytämistä, jos mittaustietoihin joudutaan palamaan jälkikäteen. Mahdollisten varmuuskopioiden tekeminen mittaustiedosta tulee huomioida ja samalla määritellä kopioinnin tekemisen ajankohdan ja näin syntyvien tallenteiden säilytyspaikka.

Tarkastuksesta syntyneen kirjallisen raportoinnin ja tallennetun mittaustiedon arkistointipaikka ja aika kuuluvat myös ohjeessa määriteltäviin asioihin.

5 YHTEENVETO

Raportin tarkoitus on olla apuväline, jota voidaan käyttää suunniteltaessa ja koottaessa tarkastusohjeita mekanisoitua, automaattista ultraäänitarkastusta varten. Tarkastusten pätevöinnin mukanaan tuomat piirteet, jotka vaativat entistä laajempaa ja yksityiskohtaisempaa asioiden käsitteilyä, on pyritty huomioimaan. Lähtökohtana on pidetty suosituksia, jotka on laadittu eurooppalaisella tasolla ENIQ:n (European Network for Inspection Qualification) toimesta ja esimerkkejä, jotka ovat liittyneet näiden suositusten kehitystyöhön. Toisaalta on pyritty huomioimaan myös ASME:n vaatimuksia, jotka määrittävät Suomes-

sa suoritettavien ydinvoimaloiden määräaikaistarkastusten perusvaatimukset.

Raportissa on luvun 4 alakohtina (kohdat 4.1–4.2) käsitelty ohjeen eri osat samassa järjestyksessä, jossa ne voidaan itse tarkastusohjeessakin esittää. Kunkin kohdan sisällä on alleviivauksin korostettu asiakohtia ja termejä, jotka on katsottu tarpeellisiksi sisällyttää ohjeen kyseiseen osaan. Otsikoinnissa ja käsittelyjärjestyksessä on pyritty noudattamaan suomalaisissa tarkastusohjeissa omaksuttua tapaa, jonka mukaan asiat esitetään siinä järjestyksessä kuin niitä tullaan tarvitsemaan itse työtä toteutettaessa.

LÄHTEET

ASME XI 1998. ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section XI. Division 1. Edition 1998. American Society of Mechanical Engineers. 785 s.

prEN 583-2. 1997. Non-destructive testing—Ultrasonic examination—Part 2: Sensitivity and range setting. European Committee for Standardisation. 44 s.

SFS-EN 1714. 1998. Hitsien rikkomaton aineen-koetus. Hitsausliitosten ultraäänitarkastus. European Committee for Standardisation. 1+47 s.

ENIQ 1999. Recommended Practice 4/ Recommended Contents for the Qualification Dossier. Issue 1. ENIQ Report nr. 13. European Commission, DG—Joint Research Centre, Petten, NL. EUR 18685 EN. 16 s.

ENIQ 1998a. Inspection procedure for the ENIQ Pilot Study. ENIQ Report nr. 11. European Commission, DG—Joint Research Centre, Petten, NL. EUR 18115 EN. 63 s.

ENIQ 1998b. Description of the input data for the ENIQ pilot study. ENIQ Report nr. 7. European Commission, DG—Joint Research Centre, Petten, NL. EUR 18116 EN. 11 s.

ENIQ 1997. European Methodology for Qualification. Second issue. ENIQ Report nr. 2. European Commission, DG—Joint Research Centre, Petten, NL. EUR 17299 EN. 34 s.

ASTM E 1065-99. 1999. Standard Guide for Evaluating Characteristics of Ultrasonic Search Units. American Society for Testing and Materials, Easton, MD, USA.

ASTM E 1324-95. 1995. Measuring Some Electronic Characteristics of Ultrasonic Examination Instruments. American Society for Testing and Materials, Easton, MD, USA.

1 Yleistä

- 1.1 Tarkoitus ja soveltamisalue
- 1.2 Viittaukset (viiteluettelo)
- 1.3 Tarkastuskohteen tiedot
- 1.4 Tarkastuksella etsittävien viat
- 1.5 (Tarkastuksen tavoitteet)
- 1.6 Vastuut
- 1.7 Tarkastushenkilöstön pätevyys

2 Tarkastuslaitteisto

- 2.1 Ultraäänilaitte
- 2.2 Analysointijärjestelmä
- 2.3 Luotauslaitteisto (Skanneri)
- 2.4 Luotauslaitteiston ohjauslaitte
- 2.5 Ultraäänikaapelit ja niiden liittimet
- 2.6 Ultraääniluotaimet
- 2.7 Kytkeäaine

3 Laitteen toiminnan tarkistaminen

- 3.1 Laitetarkistukset
- 3.2 Ultraääniluotainten tarkistus

4 Ultraäänilaitteiston säätö

- 4.1 Tarkistus- ja vertailukappaleet
- 4.2 Laitteen perusasetukset
- 4.3 Etäisyysasteikon säätäminen
- 4.4 Vertailutason säätäminen
- 4.5 Siirtymäkorjaus
- 4.6 Laitteiston säätöjen tarkistus

5 Tarkastus

- 5.1 Tarkastuslaajuus
- 5.2 Koordinaattijärjestelmä
- 5.3 Luotaussuunnitelma
- 5.4 Rajoitukset
- 5.5 Luotauslaitteiston alkuasetukset
- 5.6 Luotaus ja tarkastustiedon tallennus
- 5.7 Rekisteröintiraja (kirjaamisraja)

6 Tarkastustulosten arviointi

- 6.1 Arviointiraja
- 6.2 Raportointiraja
- 6.3 Arvioinnin toteutus (systematiikka, apuvälineet)
- 6.4 Arvioitavien näyttämien tunnistaminen
- 6.5 Muotonäyttämien tunnistaminen
- 6.6 Vian pituudenmääritys
- 6.7 Vian korkeudenmääritys
- 6.8 Vikojen luokittelu (characterisation)
- 6.9 Hyväksymisraja

7 Raportointi

- 7.1 Näyttämien listaus ja lopputulosten kirjaaminen
- 7.2 Raportoinnissa käytettävät kaavakkeet ja tulosteet

8 Tarkastustietojen tallentaminen ja arkistointi

- 8.1 Mittaustietojen tallennus ja varmuuskopiointi
- 8.2 Arkistointi

Liitteet

- Tarkistus- ja vertailukappaleiden piirustukset
Äänitiepiirrokset
Kaavakemallit
Olennaisten/vaikuttavien muuttujien taulukot

Olennaiset/vaikuttavat muuttujat NDT-pätevöinnissä

Matti Sarkimo, Pauli Särkiniemi

SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO	29
2	VAIKUTTAVAN/OLENNAISEN MUUTTUJAN KÄSITE	30
3	MUUTTUJIEN RYHMITTELY	32
4	MUUTTUJIEN MERKITYS JA KÄYTTÖ PÄTEVÖINNISSÄ	34
5	YHTEENVETO	37
	LÄHDELUETTELO	38
	LIITE 1 Esimerkkejä muuttujista, jotka voivat olla vaikuttavia tekijöitä ultraäänitestauksessa	39

1 JOHDANTO

Rikkomattomien tarkastusmenetelmien (NDT-menetelmien) luotettavuuden kehittämiseksi on pätevänti katsottu kansainvälisestikin erittäin tärkeäksi alueeksi. Pätevöinnillä tarkoitetaan koko tarkastusjärjestelmän, johon kuuluvat osina tarkastuslaitteisto, -ohje ja -henkilöstö, systemaattista suorituskäytännön osoittamista. Useissa Euroopan maissa päteväntiä on lähdetty kehittämään yhteisen suosituksen pohjalta, jonka laatijana on toiminut eurooppalaisella tasolla koottu työryhmä, European Network for Inspection Qualification (ENIQ). Sen työskentelyyn ovat osallistuneet päätösvaltaisina jäseninä eri maiden ydinvoimaa hyödyntävät yhtiöt. Varsinaisten äänivaltaisten jäsenten lisäksi työhön ovat asiantuntijoina osallistuneet useat muut organisaatiot kuten voimalaitosten valmistajat, tarkastusyrietykset, tutkimus- ja kehityslaitokset. Euroopan Unionin ydinvoiman käyttöä valvovat viranomaiset ovat puolestaan muodostaneet oman työryhmänsä, joka on kirjannut oman näkemyksensä julkaisemaansa raporttiin (NRWG 1997). Työryhmien näkemykset ovat olleet siinä määrin saman suuntaiset, että kansallisten käytäntöjen kehittäminen on käytännössä lähtenyt liikkeelle monissa maissa ENIQ:in suuntaviivojen mukaan.

ENIQ:n laatima suositus (ENIQ 1997) on pääosiltaan väljä ja sen puitteissa voidaan käytännössä muotoilla erilaisia päteväntikäytäntöjä. Sen pääperiaatteena on, että pätevänti koostuu kahdesta osasta jotka ovat:

1. Käytännön koe, joka toteutetaan käyttäen yksinkertaistettuja tai tarkastuskohdetta muistuttavia koekappaleita. Koekappaleiden testi-

viat, jotka päteväntävällä tarkastusmenetelmällä tulee löytää ja mahdollisesti mitoittaa, voivat olla suorittajien tiedossa (avoin koe) tai salaisia (sokkokoe).

2. Tekninen perustelu, jossa esitetään kirjallisessa muodossa erilaiset todisteet tarkastusmenetelmän suorituskäytännöstä. Todistelussa voidaan käyttää esimerkiksi aikaisemmin saatuja kokemuksia sovelluksen käytöstä, tutkimukseen ja kirjallisuuteen pohjautuvia tietoja, kokeellisia tuloksia, matemaattisen mallinnuksen tuloksia, jne.

ENIQ:in suositusten mukaan tehtävässä päteväntävissä tekniselle perustelulle on annettu keskeinen asema päteväntiä toteutettaessa. Yksinkertaisimmissa tapauksissa pätevänti katsotaan voitavan suorittaa kokonaan ilman käytännön kokeita tai niin, että niiden käyttö on hyvin rajallista. Teknisen perustelun käyttöön, laadintaan ja aseman kuvaamiseen onkin kiinnitetty paljon huomiota ENIQ:in mukaisessa päteväntijärjestelmän kehittämisessä. Antamalla tekniselle perustelulle merkittävä painoarvo uskotaan, että käytännön kokeiden laajuus voidaan pitää riittävän suppeana, jotta päteväntävinnin kokonaiskustannukset eivät muodostu kohtuuttoman korkeiksi.

Eräs teknisen perustelun keskeisiä lähtökoh-
tia on niin kutsuttujen vaikuttavien ja olennais-
ten muuttajien käyttö. Näiden käsitteiden avulla
pyritään järjestelmällisesti tunnistamaan ja ana-
lysoimaan ne tekijät, joilla on merkittävä vaiku-
tus tarkastusjärjestelmän toimivuuteen sekä lop-
putuloksen laatuun ja luotettavuuteen.

2 VAIKUTTAVAN/OLENNAISEN MUUTTUJAN KÄSITE

Teknisessä perustelussa tarkastustehtävä pyritään analysoimaan yksityiskohtaisesti, jotta voidaan tunnistaa kaikki tekijät, joilla on vaikutusta tarkastuksen toimivuuteen ja lopputulokseen. Tämän vaiheen käytännön toteutusta varten ja järjestelmällisyyden luomiseksi on otettu käyttöön termit ”vaikuttava muuttuja” (influential parameter) ja ”olennainen muuttuja” (essential parameter).

ENIQ:in mukaan vaikuttaviksi muuttujiksi katsotaan kaikki tekijät, jotka voivat mahdollisesti vaikuttaa tarkastuksen lopputulokseen. Nämä muuttajat riippuvat kysymyksessä olevasta tarkastussovelluksesta ja niiden määrä on periaatteessa aina suuri.

Kun vaikuttavia muuttujia tarkastellaan tapauskohtaisesti, voidaan niiden joukosta tunnistaa joukko muuttujia, joilla on todellista käytännön merkitystä kyseisen tarkastussovelluksen lopputuloksen kannalta. Näitä muuttujia kutsutaan olennaisiksi muuttujiksi.

Käsitteistössä on vielä haluttu ottaa mukaan epäolennainen muuttuja (non-essential parameter) kuvaamaan tekijää, jolla ei katsota olevan merkitystä tarkastelun kohteena olevassa tapauksessa. Tällaista käsitettä voidaan käyttää osoittamaan sitä, että tiettyä tekijää ja sen merkitystä on harkittu, mutta sen vaikutus on katsottu mitättömäksi. Kun sovelluksen analysoinnissa on tultu tähän tulokseen, muuttujan käsittely teknisen perustelun muissa osissa voidaan jättää pois.

Olenaiset muuttajat on ENIQ:in mukaisessa ryhmittelyssä vielä jaettu kahteen osaan sen mukaan, kuinka niitä tarkastellaan päteväintä toteutettaessa. Näistä ensimmäinen on muuttujaryhmä, jonka muuttujilla on tietty kiinteä, vakioitu arvo ja tällä arvolla yleensä käytännössä vielä jokin toleranssi. Toinen olennaisten muuttujien luokka käsittää tekijät, joille ei voida määrittää yksittäistä arvoa vaan se voi olla mikä tahansa

tietyn vaihteluvälin puitteissa. Näiden muuttujaryhmien välistä eroa on pyritty selvittämään seuraavissa kappaleissa.

Vaikuttavien/olennaisten muuttujien yleistä ryhmittelyä on havainnollistettu kuvassa 1.

Vakioidut muuttajat, joilla on toleranssi.

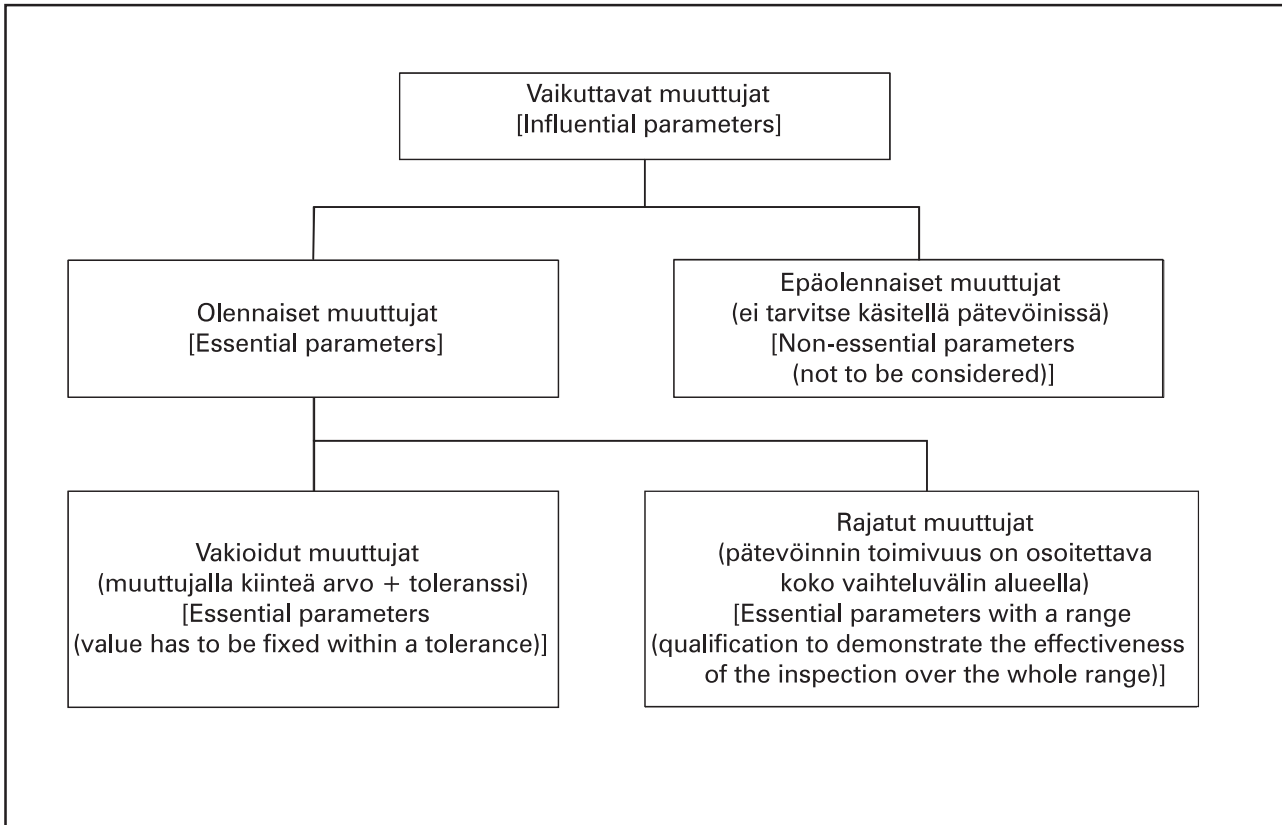
Merkittävä osa tarkastussovelluksen muuttujista määräytyy esimerkiksi kohteen geometristen mittojen ja muiden ominaisuuksien perusteella tai niille annetaan selkeä arvo tarkastusohjeessa. ENIQ:n käytännön mukaan näitä muuttujia kutsutaan nimityksellä ”fixed within a tolerance”, josta on suomenkielellä käytetty termiä ”vakioitu”. Tarkastuskohteiden mitoille, käytettävien laitteiden toiminta-arvoille ja muille vastaaville muuttujille tarvitaan kuitenkin toleranssit, joiden puitteissa näiden vakioiksi määriteltyjen muuttujien on sallittua vaihdella. Pätevöinnissä on osoitettava, että näiden vakioitujen arvojen ollessa voimassa tai niitä sovellettaessa tarkastusmenetelmä toimii täyttäen sille asetetut tavoitteet. Samalla on kyettävä toteamaan, että eri muuttujien arvot todellakin ovat määritettyjen toleranssien sisällä ja toisaalta, että vaihtelulla annettujen toleranssien sisällä ei ole merkittävää vaikutusta lopputulokseen.

Rajatut muuttajat, jotka kattavat tietyn alueen

Toiselle ryhmälle olennaisia muuttujia on tunnusomaista vaihteluväli, jonka sisällä muuttujan arvo voi vaihdella ilman, että sitä käytännön tarkastustilanteessa tunnetaan kovinkaan tarkasti. Päteväintä varten vaihteluväli on määritettävä ja sen jälkeen osoitettava, että tarkastukselle asetetut tavoitteet voidaan saavuttaa koko vaihteluvälin kattavalla alueella. Tämä voidaan tehdä huo-

mioimalla koko vaihteluväli teknisessä perustelussa ja/tai käytännön kokeissa. Suorituskyvyn osoittamiseen voidaan tilanteen mukaan valita joko vaihtelurajojen molemmissa päissä olevia tai

muuten vaativimmiksi vaihtoehtoisiksi katsottavia arvoja (limit/worst cases). Tyypillisesti esimerkiksi vikoja kuvaavat muuttajat (niiden koot, esiintymiskulmat jne.) kuuluvat tähän ryhmään.



Kuva 1. Muuttajien ryhmittely ja niiden käsittelytapa päteväinnissä (ENIQ 1998a).

3 MUUTTUJIEN RYHMITTELY

Vaikuttavat/olennaiset muuttujat voidaan jakaa yleisesti tarkastusovelluksesta riippumatta kolmeen pääryhmään, jotka ovat:

- lähtötietojen muuttujat, joita ovat esimerkiksi tarkastuskohteen materiaalitiedot, mitat ja muut ominaisuudet, etsittävät vikatyypit ja niiden koot, sijainnit ja suunnat
- tarkastusohjeen muuttujat, joita ovat esimerkiksi ultraäänitestauksen tapauksessa käytettävät luotauskulmat ja -taajuudet, ultraäänilaitteen säätöarvot ja sovellettavat koonmäärittäytstekniikat
- laitteistomuuttujat, joita ovat esimerkiksi käytettävän laitteiston, antureiden ja apulaitteiden tärkeimmät ominaisuudet

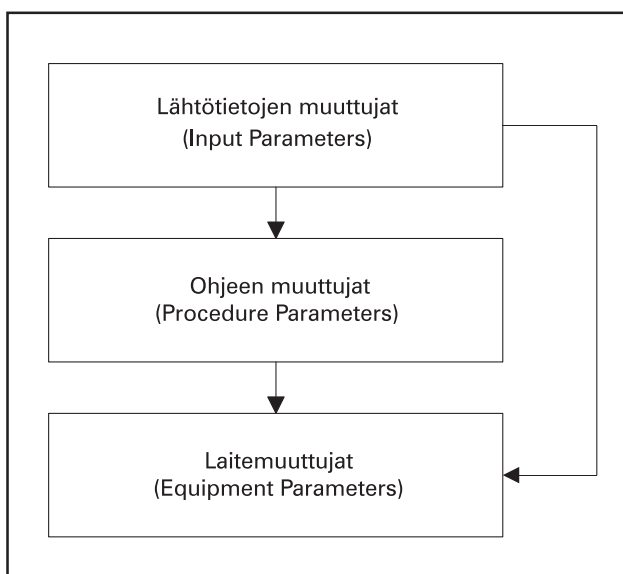
Näiden kolmen muuttujaryhmän keskinäisiä vaikutussuhteita on havainnollistettu kuvassa 2.

Lähtötietojen muuttujat kuvaavat tarkastuskohteen ja antavat tarkastustehtävään liittyvät reunaehdot. Lähtötiedoissa tulee asettaa myös vaatimukset tarkastuksen suorituskyvyille. Tar-

kastettavan kohteen ominaisuudet ja ympäristö vaikuttavat siihen, millaisia vikoja siihen saattaa syntyä ja edelleen siihen mitkä viat ovat hyväksyttäviä ja mitkä taas ovat kohteen kannalta kriittisiä. Samoin kohteen ominaisuudet ja ympäristö rajaavat menetelmät, joita kyseisessä tapauksessa voidaan soveltaa, ja määrittävät tavan, jolla niitä pitää käyttää riittävän suorituskyvyn saavuttamiseksi. Toisaalta kun tarkastusmenetelmä on valittu, muodostuvat tietyt kohteeseen ja vikoihin liittyvä muuttuja olennaisiksi ja toiset taas epäolennaisiksi.

Tarkastusohjeen muuttujilla luodaan ja määritellään tarkastusovellus, joka sopii lähtötietojen kuvaamalle komponentille ja pystyy vastaamaan lähtötiedoissa asetettuihin vaatimuksiin. Kaikki tarkastusohjeen keskeiset valinnat ovat yleensä olennaisia muuttujia, joilla on selkeä vaikutus lopputulokseen. Teknisen perustelun avulla tulee osoittaa tehtyjen valintojen toimivuus ja selvittää niiden avulla saavutettava suorituskyky. Tämän ryhmän muuttujille on sallittava ainakin vastaavaan laiteominaisuuteen liittyvä toleranssi. Eräiden muuttujien osalta voidaan ajatella sallittavan myös selvästi suurempi vaihtelu, jonka puitteissa tavoiteltu suorituskyky on kuitenkin saavutettavissa.

Käytettävään laitteistoon liittyvät muuttujat määräytyvät puolestaan koko tarkastustehtävän mukaan. Tarkastusohje ja siinä esitetty tarkastustekniikka määrittävät suurelta osin tarvittavan laitteiston ominaisuuksia. Toisaalta lähtötiedot kuten tarkastuskohde ja sen ympäristöolosuhteet sekä tarkastuksen suorituskyvyille asetut vaatimukset vaikuttavat ratkaisevasti siihen, millainen laitteisto työhön täytyy valita. Esimerkiksi kohteen hankalat työskentelyolosuhteet ja vikaan määrittämisen tarve saattavat johtaa mekanisoidun tarkastusmenetelmän käyttöön. Edelleen kohteen geometria vaikuttaa siihen, millaisia



Kuva 2. Olennaisten muuttujien ryhmittely ja vaikutussuhteet (ENIQ 1998a).

ominaisuuksia luotaukseen käytettävältä laitteistolta vaaditaan. Useille laiteryhmän muuttujille on määriteltävä toleranssi, jonka sisällä pysyessä muuttujan arvon vaihtelun ei katsota vaikuttavan tarkastuksen suorituskykyyn. Jotta voidaan selvittää laitteistomuuttujien todelliset arvot ja varmistaa niiden pysyminen toleranssien sisällä myös työn kuluessa, joudutaan teknisessä perustelussa määrittämään myös mittaus- ja tarkistusmenetelmät.

Eräät muuttujat esiintyvät sekä tarkastusohjeen muuttujaryhmässä että laitteistoryhmässä. Kuitenkin näkökulma, jolla näitä muuttujia tarkastellaan ja käsitellään näissä kahdessa ryhmässä, on erilainen. Tarkastukseen liittyvä ongelmanasettelu asettaa vaatimukset muuttujille ohjeryhmässä. Laitteistoryhmässä olevien muuttujien avulla taas määritetään laiteominaisuuksia ja niiden avulla voidaan osoittaa muun muassa, ovatko kaksi laitteiston osaa keskenään vaihtokelpoisia. Esimerkiksi ultraäänitarkastuksessa käytettävät luotauskulmat riippuvat kohteen geometriasta, mitoista, etsittävien vikojen sijainnista, orientaatiosta jne. Luotauskulmille voidaan sallia tietty vaihteluväli, jonka sisällä olevilla arvoilla saavutetaan tarkastuksen tavoitteet. Joissain tapauksissa tämä vaihteluväli saattaa olla tarkastusohjeen toimivuuden näkökulmasta katsottuna suhteellisen väljä. Kun luotaimia hankitaan tai valvotaan niiden kuntoa, luotainkulmilla on tietty nimellisarvo ja toleranssi, jotka määrittävät vastaavan laitemuuttujan. Laitemuuttujan

on pysyvä toleransseineen vastaavan ohjeryhmän muuttujan vaihteluvälin sisällä. Edelleen laitemuuttujien voidaan ajatella määrittävän laitteisto-ominaisuudet siten, että niiden puitteissa laitteistot tai niiden osat ovat keskenään vaihtokelpoisia niin, että pätevöinnin voimassaolo säilyy.

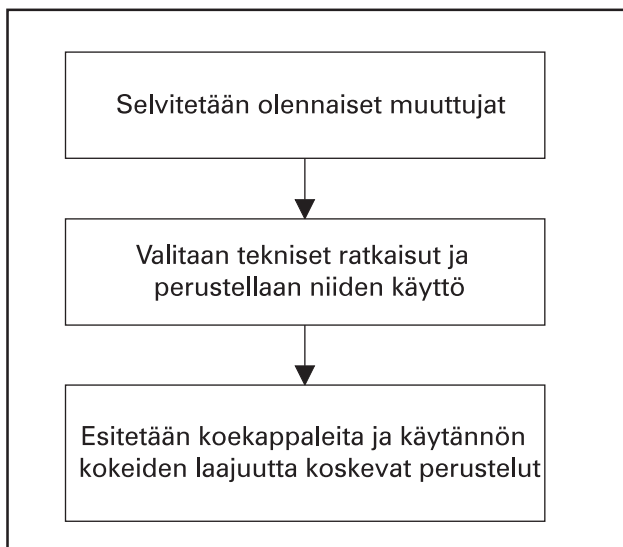
Vaikuttavat/olennaiset muuttujat, jotka tulisi sisällyttää muuttujalistaan eri tarkastussovelluksia ja -kohteita tarkasteltaessa, ovat vaihtelevia ja niitä joudutaan harkitsemaan aina tapauskohtaisesti. Esimerkiksi ASME XI (1998) määrittelee kohdassa VIII-2000 tietyt keskeiset ultraäänitarkastuksen muuttujat, joiden arvot tulee antaa tarkastusohjeessa. ENIQ:n raportissa, joka käsittelee vaikuttavia/olennaisia muuttujia (ENIQ 1998a), muuttujia on listattu huomattavasti enemmän. ENIQ:n listausta on kuitenkin pidettävä esimerkinomaisena luettelona, jota voidaan käyttää apuna mietittäessä käytännön päteväntilanteissa huomioon otettavia muuttujia.

Tämän raportin liitteenä (katso liite 1) on ultraäänitarkastukseen liittyvä muuttujalistaus, joka pohjautuu ENIQ:n esimerkkiluetteloon. Tähän luetteloon on kuitenkin lisätty joitakin muuttujia, joita ASME edellyttää määritettäväksi, tai jotka on havaittu tarpeellisiksi ottaa mukaan käytännön päteväntilanteissa. Kunkin muuttujan osalta on liitteessä lisäksi esitetty näkemyksiä sen määrittelytavasta ja/tai soveltamisesta teknisen perustelun yhteydessä.

4 MUUTTUJIEN MERKITYS JA KÄYTTÖ PÄTEVÖINNISSÄ

Teknisellä perustelulla on ENIQ:in mukaisessa päteväinnissä ajateltu olevan merkittävä osa. Teknisessä perustelussa vaikuttavien/olennaisten muuttujien avulla analysoidaan järjestelmällisesti itse tarkastustehtävää ja sille asetettujen vaatimusten täyttymistä. Sen vuoksi muuttujien valinta ja olennaisuuden arviointi muodostavat lähtökohdan teknisen perustelun kokoamiselle. Lähtötietojen kokoamisen ja tarkastustehtävän suunnittelun kautta muuttujille saadaan määritettyä arvot, joihin nojautuen toimivuuden perustelu ja osoittaminen lopulta tehdään. Teknisen perustelun kokoamisen voidaan yksinkertaisimmillaan ajatella koostuvan kolmesta päävaiheesta, jotka on esitetty kuvassa 3 (Worrall et al. 1997). Kun tekninen perustelu ainakin keskeisiltä osiltaan kootaan jo varhaisessa vaiheessa, voidaan työn tuloksena nähdä millaisia käytännön kokeita mahdollisesti joudutaan tekemään ja käynnistää edelleen tarvittavien koekappaleiden suunnittelu ja valmistus.

ENIQ:in raportissa, jossa kuvataan teknisen perustelun soveltamismahdollisuuksia (ENIQ



Kuva 3. Teknisen perustelun yksinkertainen perusjäsentely (Worrall et al. 1997).

1998c), korostetaan sitä, että teknisen perustelun tulisi keskittyä tärkeimpiin asioihin, joilla on selvästi eniten merkitystä tarkastuksen suorituskykyyn, ja tuoda esille näitä valintoja tukevia perusteluja ja todistusaineistoa. Sen sijaan rutiinomainen asiat ja seikat, joilla on vain toisarvoinen merkitys tarkastuksen lopputulokseen voidaan sivuuttaa teknisessä perustelussa lyhyillä maininnoilla tai jättää kokonaan käsittelemättä. Siten saadaan asioiden käsittelylle oikea painoarvo ja tekninen perustelu voidaan pitää pituudeltaan kohtuullisissa rajoissa. Tämä yksinkertaistaa ja helpottaa sekä teknisen perustelun kirjoittamista että sen arviointia. Tässä mielessä korostuu myös olennaisten muuttujien analysointi, jonka avulla on onnistuttava selvittämään muuttujat, joilla on keskeisin merkitys tarkastuksen suorituskykyyn.

Tarkastuksen vaikuttavien/olennaisten muuttujien määrittely ja niiden merkityksen analysointi muodostaa lähtökohdan teknisen perustelun laadinnalle. Olennaisten muuttujien käsittely voidaan käytännössä tehdä vaiheittain esimerkiksi seuraavaan tapaan (ENIQ 1998a):

- selvitetään päteväitävän tarkastuksen vaikuttavat muuttujat, jotka ovat olennaisia ja otettava tarkasteluun; huomioidaan samalla muuttujien jaottelu kolmeen ryhmään.
- muodostetaan olennaisten muuttujien lista
- määritetään kumpaan luokkaan listatut muuttujat kuuluvat (vakioitu/rajattu)
- määritellään arvot ja toleranssit tai vaihteluvälit lähtötietojen muuttujille
- määritetään arvot ja toleranssit tarkastusohjetta ja laitteistoa koskeville muuttujille huomioiden tarkastukselle asetetut tavoitteet ja lähtötietojen muuttujat.

ENIQ:in käytännön mukaan olennaisten muuttujien listaukset tulisi sisällyttää tekniseen perusteluun. ENIQ:n "Pilot Study:ssa" (ENIQ 1998d) lis-

tat on esitetty taulukkomuodossa, jolloin taulukoihin on merkitty myös muuttujan olennaisuus, tyyppi, muuttujan saamat arvot toleransseineen tai muuttujan vaihteluväli. Eräisiin taulukoihin on vielä lisätty sarake, johon voidaan merkitä viitteet todistelähteisiin tai laitteiden tarkistusmittausmenetelmiin.

Olennaisten muuttujien tunnistaminen ja niiden merkityksen arviointi muodostaa ensimmäisen tarkasteluvaiheen. Sen perusteella nähdään asiat, jotka teknisessä perustelussa pitää käsitellä ja joiden perustelemiseksi on esitettävä todisteita. Sen vuoksi muuttujien tärkeyden arviointi kannattaa tehdä mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, jotta voidaan aloittaa teknisen perustelun laadinta. Muuttujien analysoinnin pohjalta voidaan ajatella käynnistyvän esimerkiksi seuraavanlaisia toimintoja (ENIQ 1998d):

- kerätään kirjallista aineistoa, josta on saatavissa tukea pätevöitävän tarkastuksen suorituskyvyn osoittamiseen
- määritetään tarvittavat selvitykset ja toimenpiteet, joilla olemassa olevaa tietoa voidaan laajentaa kattamaan teknisen perustelun kohteena oleva sovellus; laajentamiseen voidaan käyttää esimerkiksi päättelyä tai mallinnusta
- määritetään käytännön kokeet, joita tarvitaan tarkastuksen eri osien tai koko tarkastusjärjestelmän suorituskyvyn osoittamiseen
- määritetään hyväksyttävät raja-arvot ja mittausmenetelmät tarkastuslaitteiston eri osien ominaisuuksille

Huomattava osa lähtötietojen muuttujien arvoista saadaan suoraan tarkastettavan kohteen suunnittelu- ja valmistustiedoista ja niiden toleransseista. Useimmissa tapauksissa kohteen geometriset mitat voidaan ajatella vakioituiksi muuttujiksi, joilla on valmistusta varten sallittu toleranssi. Poikkeuksen muodostavat pätevöinnit, joissa kohteena on ryhmä erilaisia kohteita, jolloin ainakin osalle geometrisia mittoja muodostuu rajattu vaihteluväli.

Aikaisemmin havaitut viat antavat luonnollisesti arvokasta tietoa vikoja koskevien muuttujien määrittämiseksi. Monissa tapauksissa vikatiidot pohjautuvat kuitenkin suurelta osin ennusteesiin ja lujustarkasteluihin. Monet vikoihin liittyvät muuttujat ovat luonteeltaan rajattuja ja niille

on tyypillistä tietyn suuruinen vaihteluväli. Esimerkiksi vian kallistuskulma on tyypillinen muuttuja, jolle voidaan määrittää vaihtelurajat, joiden puitteissa mahdollisten vikojen voidaan ennustaa esiintyvän. Pätevöinnin tehtäväksi muodostuu tarkastusmenetelmän suorituskyvyn osoittaminen kaikilla kallistuskulman arvoilla, jotka ovat vaihtelurajojen sisällä. Tehtävän toteuttamiseksi käytännössä kohtuullisilla resursseilla, on tällöin valittava vaikeimpia tai raja-arvoja edustavia tapauksia tarkastelun kohteeksi. Kun näiden kohdalla osoitetaan menetelmän toimivuus, voidaan perustellusti väittää suorituskyvyn olevan riittävä myös helpommissa tapauksissa.

Ohjeryhmän muuttujille arvot muodostuvat suurelta osin tarkastuksen toteutuksen suunnittelun myötä. Muuttujien arvoja valittaessa joudutaan vastaamaan tarkastuksen suorituskykyvaatimuksiin, jotka sisältyvät lähtötietoihin.

Laiteryhmän muuttujien valinnassa joudutaan huomioimaan sekä lähtötietojen että ohjeen asettamat vaatimukset. Määritettäessä toleransseja laiteryhmän muuttujille on syytä huomioida erilaisten säännösten ja standardien vaatimukset ja tarkistaa lisäksi, että toleranssit ovat sopuun kanssa. Pätevöinnin voimassaolo edellyttää, että laitteistoon liittyvät muuttujien arvot pysyvät niille määriteltyjen toleranssien sisällä. Tämä puolestaan joudutaan käytännössä osoittamaan määrävällein tehtävillä ominaisuuksien tarkistuksilla ja mittauksilla. Esimerkkeinä ohjeista, joiden avulla voidaan tehdä ultraäänilaitteiden ja luotaimien mittauksia, mainittakoon standardit ASTM E 1324-95 (1995) ja ASTM E 1065-99 (1999). Tarkistusten laajuudessa ja tiheydessä tulisi kuitenkin huomioida käytännön tarpeet ja mahdollisuudet toteuttaa näitä mittauksia sekä suhteuttaa niiden tiheys siihen todennäköisyyteen, jolla muutoksia laitteiston ominaisuuksissa voidaan olettaa tapahtuvan. Esimerkiksi Särkiniemi et al. (1991) ovat tekemässään selvityksessä tulleet siihen tulokseen, että ultraäänilaitteiden keskeisiä muuttujia, jotka olennaisesti vaikuttavat tarkastuksen tulokseen, on melko vähän. Toisaalta samassa tutkimuksessa on osoitettu, että keskeisten ominaisuuksien mittaaminen on mahdollista suhteellisen yksinkertaisin ja kohtuuhintaisin menetelmin.

Jos jollekin olennaiseksi katsottavalle muuttujalle ei voida määrittää teknisessä perustelussa arvoa, tämä tulisi tuoda julki. Samalla teknisessä perustelussa voidaan antaa syyt tällaiseen tilanteeseen (ENIQ 1998b). Jonkin muuttujan osalta saattaa käytännössä puuttua tiedot sen arvoista ja sen vuoksi teknistä perustelua valmisteltaessa ei voida täysin arvioida kyseisen muuttujan vaikutusta tarkastuksen lopputulokseen. Esimerkkinä olennaisesta muuttujasta, jonka ominaisuuksia ei useinkaan kyetä kunnolla selvittämään voidaan mainita austeniittisen hitsin mikrorakenne.

Jos jonkin muuttujan osalta puuttuu olennaiseksi katsottavaa tietoa, joka nähdään tarpeelliseksi hankkia, tulisi sitä koskevat vaatimukset tuoda esiin teknisessä perustelussa ja kirjata siihen suositukset lisätiedon hankkimiseksi (ENIQ 1998c). Jos teknisen perustelun kokoaminen on käynnistynyt riittävän varhaisessa vaiheessa, voidaan esimerkiksi käytännön kokeita varten valmistettävien testikappaleiden valmistuksessa huomioida nämä tarpeet ja päästä selvittämään kyseisen muuttujan vaikutukset tarkastuksen suorituskykyyn.

5 YHTEENVETO

Pätevointikäytäntöön, joka perustuu ENIQ:n puitteissa luotuihin suosituksiin, kuuluu kaksi toisiinsa täydentävää osaa: tekninen perustelu ja käytännön koe. Näiden osien keskinäistä painotusta voidaan tilanteen mukaan vaihdella. Tekniselle perustelulle on kuitenkin annettu varsin keskeinen asema ja se tulee käytännössä aina laatia, kun taas käytännön koe voidaan yksinkertaisimmissa tapauksissa jättää pois. Jotta kaikki keskeiset asiat tulisivat käsiteltyä teknisessä perustelussa kattavasti ja samalla systemaattisesti, on otettu käyttöön vaikuttavan/olennaisen muuttujan käsitteet. Näiden muuttujien avulla pyritään tunnistamaan kaikki merkittävät tekijät, joilla on vaikutusta tarkastuksen lopputulokseen. Muuttujia käyttäen voidaan teknisessä perustelussa systemaattisesti analysoida eri tekijöiden vaikutusta tarkastuksen suorituskykyyn ja pyrkiä löytämään kaikkein tärkeimmät asiat, joihin perustelujen koamisessa ensisijaisesti tulee keskittyä.

Tarkastussovelluksesta riippumatta olennaiset muuttajat voidaan jakaa kolmeen pääryhmään:

- lähtötietojen muuttujat määrittävät tarkastuskohteen ja -olosuhteet sekä sisältävät etsittävästä vioista saatavilla olevan tiedon
- tarkastusohjeen muuttujat määräytyvät ja saavat arvonsa nimensä mukaisesti tarkastusohjetta laadittaessa tehdyistä valinnoista ja määrityksistä
- laitteistomuuttujien avulla määritetään käytettävän laitteiston ominaisuudet ja sallitut toleranssit

ENIQ:n mukaisessa päteväntikäytännössä on lisäksi otettu käyttöön tyypiltään kahdenlaisia olennaisia muuttujia. Vakioidut muuttujat saavat tietyn kiinteän arvon, minkä lisäksi niistä useimmille on käytännössä sallittava tietty toleranssi. Tällaisia muuttujia ovat esimerkiksi yksilöidyn tarkastuskohteen mitat ja useimmat tarkastusohjeessa määritellyt asiat. Rajatut muuttujat voivat puolestaan saada minkä tahansa arvon annetun vaihteluvälin sisällä, ja koko tämä alue tulisi huomioida sekä tarkastuksen toteutuksessa että päteväinnissä. Tyypillisiä rajattuja muuttujia ovat monet vikatietoihin liittyvät seikat kuten esimerkiksi vikojen koko, sijainti ja kallistuskulmat.

LÄHDELUETTELO

- ASME XI Edition 1998. ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section XI. American Society of Mechanical Engineers. 785 s.
- ASTM E 1065-99. 1999. Standard Guide for Evaluating Characteristics of Ultrasonic Search Units. American Society for Testing and Materials, Easton, MD, USA. 19 s.
- ASTM E 1324-95. 1995. Measuring Some Electronic Characteristics of Ultrasonic Examination Instruments. American Society for Testing and Materials, Easton, MD, USA. 10 s.
- ENIQ 1998a. Recommended Practice 1: Influential/Essential Parameters. Issue 1. ENIQ Report nr. 6. European Commission, DG—Joint Research Centre, Petten, NL. EUR 18101 EN. 16 s.
- ENIQ 1998b. Recommended Practice 2: Recommended contents for a technical justification. Issue 1. ENIQ Report nr. 4. European Commission, DG—Joint Research Centre, Petten, NL. EUR 18099 EN. 30 s.
- ENIQ 1998c. Recommended Practice 3: Strategy document for technical justification. Issue 1. ENIQ Report nr. 5. European Commission, DG—Joint Research Centre, Petten, NL. EUR 18100 EN. 25 s.
- ENIQ 1998d. Technical justification pre-trials. ENIQ Report nr. 10. European Commission, DG—Joint Research Centre, Petten, NL. EUR 18114 EN. 128 s.
- ENIQ 1997. European Methodology for Qualification. Second issue. ENIQ Report nr. 2. European Commission, DG—Joint Research Centre, Petten, NL. EUR 17299 EN. 34 s.
- NRWG 1997. Common position of European regulators on qualification on NDT systems for pre- and in-service inspection of light water reactor components. Revision 1. Director-General XI; Environment, Nuclear Safety and Civil Protection, Luxembourg. EUR 16802 EN. 40 s.
- Särkiniemi P., Kauppinen P., Tarvainen R., Sillanpää J. 1991. Ultraäänilaitteiston ominaisuuksien määrittäminen. Säteilyturvakeskus. Helsinki. STUK-YTO-TR 31. 52 s.
- Worrall G. M., Conroy P. J., Whittle M. J., Roscoe P. 1997. A review of the information required by technical justifications and its availability. Statens kärnkraftinspektion, Stockholm. SKI Report 97:11. 34 s.

Liitteessä on esitetty esimerkinomaisesti eri ryhmiin kuuluvia muuttujia, joiden vaikuttavuutta/olennaisuutta tulisi arvioida ultraäänitarkastusta koskevassa pätevöinnissä. Listat ja niissä esiintyvät englanninkieliset termit perustuvat pääosin ENIQ:n (1998a) raportissa esitettyihin vastaaviin listauksiin, joihin on kuitenkin tehty joitakin lisäyksiä ASME XI:n ja käytännön kokemusten perusteella.

1. Tarkastuksen lähtötietoihin liittyvät muuttujat (Input group)

Tarkastuksen lähtötietojen kokoaminen ja analysointi luo suurelta osin pohjan pätevöinnin suunnittelulle ja toteutukselle. Tarkastuskohdetta ja vikoja koskevien tietojen läpikäynnissä tulisi selvittää, mitkä seikat vaikuttavat tarkastuksen toteutukseen ja lopputulokseen, ja jotka on siten huomioitava myös pätevöinnissä. Toisaalta lähtötiedot muodostavat rajat, joiden puitteissa pätevöinnin voidaan katsoa olevan voimassa. Jos pätevöintiin kuuluu käytännön kokeita, muodostavat lähtötiedot luonnollisesti perustan koekappaleiden suunnittelulle. Muuttujien vaihtelurajat muodostavat ääri- tai rajatapauksia, jotka koekappaleiden suunnittelussa tulisi huomioida.

Tarkastuskohde (Component)

Kun pätevöinnin kohteena on tietty yksittäinen tarkastuskohde, ovat sitä koskevat muuttujat enimmäkseen vakioita, jotka vaihtelevat vain valmistustoleranssien puitteissa. Jos pätevöinti koskee tarkastuskohdeiden ryhmää, johon kuuluu esimerkiksi joukko erikokoisia putkiliitoksia, on monilla muuttujilla selkeä rajattu vaihteluväli. Tämä vaihteluväli määrittää samalla pätevöinnin voimassaolon laajuuden.

Tarkastuskohdetta koskevat muuttujat ovat nimityksiltään selkeitä eikä niiden sisältöä ole alla olevassa listauksessa määritelty. Eri muuttujien kohdalle on liitetty näkemyksiä muuttujan merkityksestä tai käsittelystä muuttujien analysoinnissa.

Kohteen muoto (geometry of the component)

- tarkastuskohde geometriset muodot vaikuttavat luonnollisesti merkittävästi tarkastuksen suunnitteluun ja toteutukseen

- monet kohteen muotoon liittyvistä asioista on syytä käsitellä erillisinä muuttujina (kuten hitsin sisä- ja ulkopinnan muodot, seinämän pakkaus, viisteet jne.), koska niiden vaikutus kohdistuu tarkastuksen eri tekijöihin

Kohteen materiaali (material of the component)

- perusaineen ja hitsiaineen materiaalit vaikuttavat esimerkiksi ultraäänen nopeuteen ja vaihteluun

Luoksepäästävyys (access possibilities)

- luoksepäästävyys saattaa vaihdella identtistenkin tarkastuskohdeiden välillä esimerkiksi kannakkeiden tai muiden laitteiden sijainnin takia
- luoksepäästävyuden rajoitukset tulisi arvioida ja pätevöinnin yhteydessä selvittää millaisia rajoituksia voidaan sallia (esimerkiksi, onko vain hitsin toiselta puolelta tehty luotaus hyväksyttävissä)

Pinnan laatu (surface conditions)

- toimivan kytkennän varmistamiseksi pinnanlaadulle asetetaan yleensä minimivaatimus

Hitsirailon muoto (geometry of the weld preparation)

- hitsirailon muoto määrittää osaltaan tarkastustilavuutta
- hitsirailon geometrian perusteella voidaan ennustaa eräiden vikatyyppeiden todennäköisimpiä esiintymisalueita ja -suuntia

Hitsin ulkopinnan muoto (weld crown configuration)

- hitsikupu ja/tai mahdolliset ulkopinnan muotoiluun liittyvät hionnat saattavat rajoittaa luotaukseen käytettävissä olevaa tilaa

Hitsin sisäpinnan muoto (weld root configuration)

- hitsin sisäpinnan muodot saattavat aiheuttaa näyttämiä ja vaikeuttaa siten tulosten analysointia
- muuttujan arvo on yleensä rajattu joskin sen todellinen arvo tarkastuskohdeessa saattaa olla hankalasti määritettävissä

LIITE 1

ESIMERKKEJÄ MUUTTUJISTA, JOTKA VOIVAT OLLA VAIKUTTAVIA TEKIJÖITÄ ULTRAÄÄNITESTAUKSESSA

Materiaalin paksuus (wall thickness)

- yksittäisen tarkastuskohteen tapauksessa muuttuja on yleensä kiinteä + valmistustoleranssi
- jos tarkastussovellus kattaa joukon kohteita ainespaksuus voi olla rajattu kattaen tietyn alueen

Putken halkaisija (diameter of the pipe)

- yksittäisen tarkastuskohteen tapauksessa muuttuja on yleensä kiinteä + valmistustoleranssi
- jos tarkastussovellus kattaa joukon kohteita ainespaksuus voi olla rajattu kattaen tietyn alueen

Sisäpinnan viiste (counterbore)

- viisteen korkeus, viistekulman suuruus ja viisteen etäisyydellä tarkastettavasta hitsistä ovat olennaisia tekijöitä, joita joudutaan pätevöintiä toteutettaessa tarkastelemaan.

Sovitusvirhe (weld mismatch [misalignment])

- hitsausstandardit ja valmistustoleranssit sallivat yleensä hitsille tietyn suuruisen sovituserheen, joka rajaa sovituserhettä kuvaavan muuttujan arvon

Perusaineen mikrorakenne (macrostructure of the base material)

- esimerkiksi austeniittisten materiaalien kohdalla mikrorakenteen vaikutus saattaa olla merkittävä
- kohteen mikrorakennetta kuvaavien tietojen saaminen saattaa käytännössä olla erittäin vaikeaa

Hitsin mikrorakenne (macrostructure of the weld)

- hitsin mikrorakenne ja mikrorakenteiden vaihtumisvyöhykkeet (perusaine/hitsi) saattavat vaikuttaa hyvin merkittävästi ultraäänien etenemiseen austeniittisella teräksellä
- vaikutuksen selvittäminen on yleensä vaikeaa
- alkuperäisen valmistusmenetelmän mukaan tehdyllä koekappaleella voidaan tehdä mittauksia ja tutkia tarkastusmenetelmän toimivuutta

- jos mikrorakenteen vaihtelut ja suuntautuneisuus voidaan selvittää, on eräiden mallinnusohjelmien avulla mahdollista tehdä ainakin teoreettisia tarkasteluja ultraäänien käyttäytymisestä hitsin kohdalla

Puskurivyöhyke (presence of buttering [in case of dissimilar metal welds])

- kaksimetallihitsien puskurivyöhyke lisää hitsin leveyttä, rajapintojen määrää ja mikrorakenteen vaihtelevuutta
- tarkastussovelluksen vaatavuustaso nousee ja puskurivyöhykettä on yleensä pidettävä olennaisena tekijänä, joka on huomioitava pätevöinnissä

Lämpötila (temperature)

- luotaimien kestävyys ja toiminta samoin kuin kytkennän laatu saattaa muuttua korkeissa lämpötiloissa
- matalat lämpötilat voivat aiheuttaa ongelmia esimerkiksi kytkennän toiminnassa
- ultraäänien nopeus riippuu materiaalin lämpötilasta, jolloin kulmaluotaimien suuntakulmat muuttuvat lämpötilamuutosten takia. Tästä syystä standardit edellyttävät kalibroinnin suorittamista lähellä tarkastuslämpötilaa olevilla tarkistus- ja vertailukappaleilla

Ympäristöolosuhteet

(environmental conditions)

- tarkastuskohteen olosuhteet saattavat vaikeuttaa tai rajoittaa työskentymahdollisuuksia ja laitteiden toimintaa
- melu, säteilytaso, lämpötila, kostus, ahtaat tilat ovat esimerkkejä huomioitavista tekijöistä

Viat (Defects)

Vikojen kuvaamiseen käytetyille muuttujille ei useinkaan voida määrittää tarkkaa arvoa vaan ne ovat tyypillisesti rajattuja muuttujia, joiden arvon tiedetään tai ennustetaan liikkuvan tietyllä alueella. Vaihtelualueen rajat voivat perustua aikaisempiin tarkastustuloksiin, käyttökokemuksiin, lujuusanalyysiin yms.

Alla on listattu tavallisimmat muuttujat, joita voidaan käyttää vikojen määrittelyssä.

Vikatyyppi (type of defect)

- vikatyyppi määrittää karkeasti vian ilmenemis-
muodon ja antaa usein tietoa sen sijainnista

Vaurioitumismekanismi (degradation
mechanism)

- vaurioitumismekanismi luo edellytykset tietylle
vikatyypille ja sen tunteminen parantaa
mahdollisuuksia ennustaa esiintyviä vikaantu-
mismuotoja ja vikojen kokoja

Vian muoto (shape of the defect)

- muuttujan avulla voidaan kuvata vikojen geo-
metrisia muotoja ja esimerkiksi särötyyppisten
vikojen korkeuden ja pituuden suhdetta

Vian korkeus (through-wall extent of the defect)

- vian korkeus mitoitetaan yleensä kohtisuoras-
sa suunnassa pintaa vastaan
- vähintäänkin pienimmälle vian korkeudelle,
joka tarkastuksessa tulee havaita, tulisi mää-
rittää arvo

Vian sijainti paksuussuunnassa (position of
the defect along the through-wall extent of the
component)

- muuttuja saattaa vaikuttaa merkittävästi tar-
kastuksen suunnitteluun ja sen avulla tarkas-
tusaluetta voidaan rajata ja kohdentaa

Vian sijainti hitsiin nähden (position of the
defect along the axis of the component)

- vian etäisyys hitsin keskilinjaan nähden

Vian kallistuskulma (tilt angle of the defect)

- tasomaisen vian pääsuunnan kulma pinnan
normaaliin nähden

Vian viistokulma (skew angle of the defect)

- tasomaisen vian pääsuunnan kulma hitsin kes-
kilinjaan nähden

Vian mutkittelu/haaroittuneisuus
(roughness/branching of the defect)

- vian mutkittelu, kaartumista, haaroittunei-
suutta ja pinnan laatua kuvaavia ominaisuuksia
tulisi kuvata sopivasti valituilla muuttujilla

Puristusjännitysten esiintyminen

(presence of residual stresses)

- voimakkaan puristusjännityksen alaisena vika
saattaa läpäistä ultraääntä, jolloin siitä saata-
va kaikukorkeus laskee
- puristusjännitykset saattavat vaikuttaa mer-
kittävästi tarkastusmenetelmän toimivuuteen
mutta niiden toteaminen ja määrittäminen tar-
kastuskohteesta on yleensä vaikeaa

2. Tarkastusohjeeseen liittyvät muuttujat
(Procedure group)

Tarkastusohjeessa määritellään ultraäänitarkas-
tuksen keskeiset muuttujat, joiden toiminta ja te-
hokkuus tulee osoittaa teknisessä perustelussa.
Muuttujien toleranssi tai vaihteluväli voidaan pe-
riaatteessa ajatella suuruudeltaan sellaiseksi, jon-
ka puitteissa tarkastussovellus toimii saavuttaen
sille asetetut tavoitteet. Tästä syystä ohjeryh-
mään kuuluvalla muuttujalle voitaisiin eräissä ta-
pauksissa ajatella sallittavan suuremmat vaihte-
luvälit kuin vastaavalle laiteryhmän muuttujalle.

Aaltomuoto (wave mode) ja **luotaimen tyyppi**
(probe type)

- luotaimen synnyttämä aaltomuoto, jota tarkas-
tuksessa käytetään hyväksi
- muut luotaimen tyyppiä ja perusominaisuuksia
kuvaavat määritteet
- muuttujien arvot ovat yleensä vakioita

Luotaimen koko (probe size)

- luotaimien koteloinnin koko
- muuttujien arvot ovat yleensä vakioita

Värähtelijän koko (crystal dimension)

- luotaimen värähtelijän koko
- määrittää olennaisesti luotaimen äänikeilan
ominaisuuksia

Taajuus (frequency)

- luotauksessa käytettävät taajuudet (luotaimi-
en keskitaajuudet)
- muuttujien arvot ovat yleensä vakioita, joilla
on vaihteluväli (vaihteluväli voi olla mahdolli-
sesti suurempi kuin vastaavan laitemuuttujan
toleranssi)

LIITE 1

ESIMERKKEJÄ MUUTTUJISTA, JOTKA VOIVAT OLLA VAIKUTTAVIA TEKIJÖITÄ ULTRAÄÄNITESTAUKSESSA

Luotauskulma (beam angle)

- luotauksessa käytettävä kulmat (luotaimien suuntakulmat)
- muuttujien arvot ovat yleensä vakioita, joilla on vaihteluväli (vaihteluväli voi olla mahdollisesti suurempi kuin vastaavan laitemuuttujan toleranssi)

Pulssin pituus (pulse length)

- käytettävien luotaimien pulssien pituudet
- muuttujan arvo on yleensä rajattu

Kaksoisluotaimen fokuksen ominaisuudet

(focal characteristics of [twin crystal] probes)

- määrittää tarkastuksessa tarvittavan fokusalueen
- muuttujan arvo on yleensä rajattu

Tarkastuksen herkkyys

(sensitivity for scanning and recording)

- tarkastuksen herkkyyttä säätelevät useat ohjeissa määritetyt tekijät
- laitteiston säätöön, näyttämien kirjaamiseen (rekisteröintiin) ja arviointiin liittyvillä muuttujien arvoilla voidaan määrittää tarkastuksen herkkyyttä

Luotaussuunta ja äänikeilojen suunnat

(scanning direction and beam directions)

- luotausliikkeen suunta ja eri antureista lähtevien äänikeilojen suunnat
- muuttujan arvot ovat vakioita

Näytteenottoväli (sampling rate)

- määrittää tiheyden, jolla mittaustietoa kerätään ja tallennetaan luotausliikkeen aikana
- muuttujan arvot on yleensä vakio tai sille on määritetty suurin sallittu arvo

Skannausaskel (scanning step)

- skannausaskelien (luotausliikkeiden) välillä tehtävä siirros (yleensä iskua vastaan kohtisuorassa olevan koordinaatin suuntaan)
- muuttujan arvon on yleensä vakio + toleranssi tai sille annetaan suurin sallittu arvo

Skannausnopeus (scanning speed)

- luotaimen liikenopeus skannausiskun aikana
- muuttujan arvon on yleensä vakio + toleranssi tai sille annetaan suurin sallittu arvo

Henkilöstön koulutus, kokemus ja**pätevänti** (personnel training, experience and qualification)

- muodolliset pätevyysvaatimukset
- sovelluksen edellyttämä erikoiskoulutus ja kokemus
- muuttujalle voidaan määrittää vähimmäisvaatimukset

Ohjelmistot (software)

- ultraäänilaitteen ohjelmisto (tarkastus ja tiedonkeruu)
- luotauslaitteen ohjauksessa käytettävä ohjelmisto
- tarkastustulosten arvioinnissa käytettävä analysointiohjelmisto
- ohjelmiston versionumeroineen tulee määritellä tarkastusohjeessa

Tallennus/tunnistus kriteeri

(recording/identification criteria)

- kriteerit, jonka mukaan mittausdataa tallennetaan (kirjataan)
- kriteerit, joiden perusteella mittaustiedosta tunnistetaan analysoitavat näyttämät
- kriteerit, joiden perusteella analysoinnissa tunnistetaan geometriset näyttämät
- kriteerit tulisi määritellä tarkastusohjeessa selkeästi ja pyrkiä antamaan niille kiinteitä (raja)arvoja tai rajattuja arvoja

Koonmäärittämissuunnitelmät (sizing methods)

- menetelmät, joita sovelletaan vikojen pituuden ja korkeuden määrittämiseen
- menetelmät on kuvattava tarkastusohjeessa, jolloin ne saavat ”kiinteät” arvot

Arvioinnin toteutus (analysis scheme)

- mittaustiedon analysoinnin looginen etenemisjärjestys; mahdolliset vaihtoehdot ja niiden valintakriteerit tulee kuvata tarkastusohjeessa, jolloin muuttuja saa ”kiinteän” arvon

- vian pituuden lopullinen määrittäminen eri luotaimilla saaduista tuloksista
- eri koonmäärittämenetelmien soveltaminen ja lopputuloksen määrittämisessä käytettävän menetelmän valinta

3. Tarkastuslaitteistoon liittyvät muuttajat (Equipment group)

Laiteryhmän muuttajat määrittävät vaatimukset käytettävän laitteiston ominaisuuksille. Useimmat näistä muuttujista on kiinteitä vakioarvoja, jolle voidaan sallia tietyn toleranssin suuruinen vaihtelu. Laitemuuttujien tarkasteluun teknisessä perustelussa kuuluvat myös mittausmenetelmät, joiden avulla voidaan todeta, että laitemuuttajat ovat niille annettujen toleranssien sisällä.

Käyttökelpoisia, yleisesti hyväksytyjä toleransseja laitemuuttujille on saatavissa erilaisista standardeista. Esimerkiksi ASME XI:n (1998) kohta VIII-4000 antaa monille laiteominaisuuksille toleransseja, joiden puitteista laitteiston osat katsotaan vaihtokelpoiksi. Käytännössä on syytä huomioida myös laitevalmistajan käyttämät toleranssit, jottei laitteiston osien vaihtomahdollisuuksia rajata tarpeettomasti.

Alla olevassa listassa, joka pohjautuu suurimmalta osin ENIQ:n (1998a) raportissa esitettyyn esimerkkilistaan, esiintyy useita muuttujia, joiden arvo annetaan tarkastusohjeessa. Näiltä osin jouduttaneen käytännön päteväntien yhteydessä miettimään muuttujien jaottelua ja niiden käsittelytapaa tarkastusohjeeseen ja laitteistoon liittyvinä muuttujina.

Ultraääni- ja tiedonkeruulaite (pulser/receiver and data acquisition)

Pystyasteikon lineaarisuus (vertical linearity [screen height])

Vaaka-asteikon lineaarisuus (horizontal linearity [time base])

- lineaarisuusvaatimukset kaikukorkeuden ja etäisyysasteikon suhteen tulisi kohdistaa myös säätöjen lineaarisuuteen
- nykyaikaisissa laitteissa näytön sijaan merkityksellisempiä ovat laitteesta saatavat nume-

roarvot ja mittaustiedostoihin tallennettavat arvot

- muuttujien arvot ovat vakioita, joilla asetetaan lineaarisuusvaatimukset

Digitoinnin erotuskyky

(resolution of digitiser)

- digitoinnissa ja tallennuksessa käytettävä bittimäärä määrittää käytettävissä olevan erotuskyvyn (yleensä laitevakio)
- esimerkiksi kahdeksalla bitillä voidaan esittää 256 erilaista kaikukorkeustasoa
- muuttujan arvo on yleensä laitevakio

Näytteenottotaajuus (sampling rate)

- määrittää ultraäänikaipun digitoinnissa näytepisteiden ajallisen tiheyden
- signaalimuoto ja tarkastustaajuus vaikuttaa tarvittavaan näytteenottotaajuuteen
- tulisi määrittää tarkastusohjeessa
- muuttujan arvo on säädettävissä oleva vakio

Keskiarvoistuksen nopeus (averaging rate)

- määrittää kaikujen lukumäärän, joiden keskiarvona lopullinen kaikumuoto saadaan
- tulisi määrittää tarkastusohjeessa, jos keskiarvoistusta käytetään
- muuttujan arvo on säädettävissä oleva vakio

A-kuvan pisteiden lukumäärä

(points per A-scan sampling)

- yhden A-kuvan digitoinnissa käytettävien näytepisteiden lukumäärä
- tulisi määrittää tarkastusohjeessa
- muuttujan arvo on säädettävissä oleva vakio

Pulssintoistotaajuus

(pulse repetition frequency, PRF)

- ultraäänilaitteen lähetinosan pulssitaajuus
- tulisi määrittää tarkastusohjeessa
- muuttujan arvo on säädettävissä oleva vakio

Lähettimen pulssin amplitudi

(pulse amplitude of the emitter)

- ultraäänilaitteen lähetinosan pulssin amplitudi
- tulisi määrittää tarkastusohjeessa
- muuttujan arvo on säädettävissä oleva vakio + toleranssi

LIITE 1

ESIMERKKEJÄ MUUTTUJISTA, JOTKA VOIVAT OLLA VAIKUTTAVIA TEKIJÖITÄ ULTRAÄÄNITESTAUKSESSA

Pulssin nousuaika

(pulse rise time of the emitter)

- määrittää ultraäänilaitteen lähetinosan antaman pulssin etureunan jyrkkyyden (kuva A1)
- muuttujan arvo on vakio + toleranssi

Lähettimen pulssin pituus

(pulse width of the emitter)

- ultraäänilaitteen lähetinosan pulssin kestoai-
ka (kuva A1)
- muuttujan arvo on vakio + toleranssi

Herätepulssin sovitus

- ultraäänilaitteen lähetinosan sähköinen sovi-
tus
- muuttujan arvo on yleensä laitevakio

Vastaanottimen kaistan leveys (bandwidth of receiver)

- taajuuskaista, jota vastaanottimen vahvistin pystyy vahvistamaan
- määritetään esimerkiksi -6 dB:n rajojen avulla
- muuttujan arvo on rajattu (kahden rajataajuuden välinen alue)

Vastaanottimen vahvistusvara

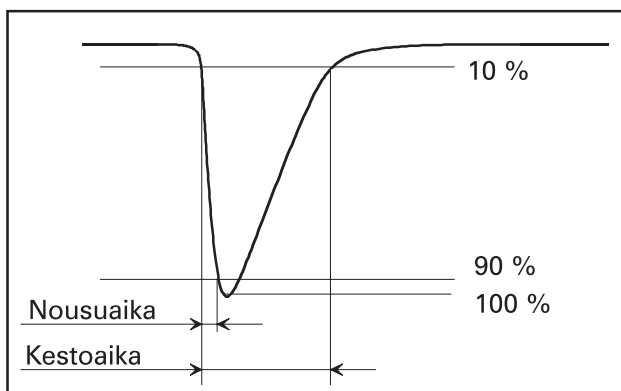
(available gain of receiver)

- ultraäänilaitteen vastaanotinosan vahvistuk-
sen säätöalue
- muuttujan arvo on laitevakio

Vastaanottimen suodattimet

(filters of receiver)

- ultraäänilaitteen vastaanotinosan suodattimet, joilla voidaan leikata häiritseviä taajuuksia vastaanotetusta signaalista



Kuva A1. Lähetinpulssin tyypillinen muoto ja nousu- ja kestoajan määrittäminen (ASTM 1995).

- suodattimien käyttö tulisi ohjeistaa tarkastusohjeessa
- suodattimien ominaisuudet ovat yleensä laitevakioita, mutta niiden käyttöön liittyy paljon säätömahdollisuuksia

Etäisyysasteikon asetus (time base setting)

- etäisyysasteikon tarkkuudelle tai tarkistuksessa sallittavalle virheelle tulee asettaa vaatimus
- etäisyysasteikon säätöön liittyvät toimenpiteet on ohjeistettava tarkastusohjeessa

Näytteenottoportti (sampling gate)

- käytettävissä olevien näytteenottoporttien lukumäärä ja niiden säätömahdollisuudet ovat laiteominaisuuksia
- porttien asettelu tulee ohjeistaa tarkastusohjeessa

Kaapeli (Cable)

Käytettävien kaapeleiden ominaisuudet ja niiden liittimet tulisi vakioida tarkastusohjeessa, jotta signaalien tasossa tai niiden muodossa ei synny vaihteluja kaapelien muutosten takia.

Kaapelipituudet (cable length)

- eri laiteyksiköiden väliset kaapelipituudet ovat vakioita + toleranssi (koskee kaapeleita, joissa ultraäänisignaali kulkee)

Impedanssi (impedance)

- käytettävän kaapelin tyyppi tulisi vakioida ainakin impedanssin osalta
- muuttujan arvo on vakio + toleranssi

Liittimien lukumäärä

(number of connectors)

- luotaimen ja ultraäänilaitteen välisen kaapeliketjun liittimien lukumäärä
- muuttujan arvo on vakio

Luotain (Probe)

Käytettävien luotaimien ominaisuudet tulee määrittää tarkastusohjeessa.

Luotaimen taajuus (probe frequency)

- luotaimen keskitaajuus
- muuttujan arvo on vakio + toleranssi

Kaistanleveys (bandwidth)

- taajuuskaista, jota anturi pystyy vastaanottamaan
- määritetään esimerkiksi -6 dB:n rajojen avulla
- muuttujan arvo on rajattu (kahden rajataajuuden välinen alue)

Luotaimen indeksi (probe index)

- äänisuihkun ulostulopiste luotaimen pituus-suunnassa
- indeksin mittausta ja sen tarkistus on määritettävä riittävän tiheäksi tarkastusohjeessa, jotta indeksin paikka tiedetään annetun toleranssin puitteissa koko tarkastuksen ajan
- muuttujan arvo on vakio + toleranssi

Suuntakulma (beam shoe angle)

- luotaimen nimelliskulma

Luotaimen värähtelijän ominaisuudet
(probe crystal properties)

- värähtelijöiden lukumäärä
- värähtelijöiden muoto ja koko
- muuttujan arvo on vakio (+ toleranssi)

Luotaimen sivuttaiskulma

(probe shoe angular deviations [squint angle])

- äänikeilan sivupoikkeama (poikkeama luotaimen pituusakselin suunnasta)
- yleensä nimellisarvo on 0°
- muuttujan arvo on vakio + toleranssi

Kaksoisluotaimen fokuksen ominaisuudet
(twin crystal probe shoe focal characteristics)

- fokuspisteen paikka on vakio + toleranssi
- fokusalueen koko voidaan määrittää esimerkiksi -6 dB:n rajojen avulla; sen arvo on luonteeltaan vakio + toleranssi

Skanneri (Scanner)**Skannerin lineaarisuus**
(linearity of the scanner)

- ilmaisee skannausliikkeen tarkkuuden yhden iskun aikana
- muuttujan arvo on vakio, joka ilmaisee laitteen vähimmäistarkkuuden tai vaaditun tarkkuuden

Toistettavuus (repeatability)

- ilmaisee tarkkuuden, jolla skanneri pystyy toistamaan liikkeitä
- merkitystä tulosten yhdistettävyyden kannalta skannattaessa sama alue usealla luotaimella
- eri tarkastuskerroilla syntyy helposti merkittävämpi epätarkkuus skannerin asennuksessa
- muuttujan arvo on vakio, joka ilmaisee laitteen vähimmäistarkkuuden tai vaaditun tarkkuuden

Erotuskyky (resolution)

- kuvaa portaiden suuruutta, jolla skannerin liikkeitä voidaan ohjata tai jolla sen paikka voidaan mitata
- muuttujan arvo on vakio

STUK-YTO-TR-sarjan julkaisuja

STUK-YTO-TR 164 Jussila P (TKK). Geosphere transport of radionuclides in safety assessment of spent fuel disposal.

STUK-YTO-TR 163 Eloranta E (ed.). DECOVALEX II. Summary report of the Finnish contributions 1995–1999.

STUK-YTO-TR 162 Kekki T, Tiitta A (VTT). Evaluation of the radioactive waste characterisation at the Olkiluoto nuclear power plant.

STUK-YTO-TR 161 Tiitta A, Dvoeglazov AM, Iievlev SM, Tarvainen M, Nikkinen M. VVER-1000 SFAT – Specification of an industrial prototype. Interim report on Task FIN A 1073 of the Finnish support programme to IAEA Safeguards.

STUK-YTO-TR 160 Kettunen J, Laakso K (VTT). Evaluation of incident analysis practices in the Finnish nuclear power industry.

STUK-YTO-TR 159 Huhtanen R (VTT). Fire spread simulation of a full scale cable tunnel.

STUK-YTO-TR 158 Honkamaa T, Kukkola T. Description of Finnish spent fuel encapsulation plant and encapsulation process. Phase I Interim report on Task FIN A 1184 of the Finnish support program to IAEA Safeguards.

STUK-YTO-TR 157 Sirkiä P, Saario T, Mäkelä K, Laitinen T, Bojinov M (VTT). Electric and electrochemical properties of surface films formed on copper in the presence of bicarbonate anions.

STUK-YTO-TR 156 Jussila P. On groundwater flow modelling in safety analyses of spent fuel disposal. A comparative study with emphasis on boundary conditions.

STUK-YTO-TR 155 Nikkinen M, Tiitta A, Iievlev S, Dvoeglazov A, Lopatin S. Specification of a VVER-1000 SFAT device prototype. Interim report on Task FIN A 1073 of the Finnish Support Programme to IAEA Safeguards.

STUK-YTO-TR 154 Pöllänen R, Ilander T, Lehtinen J, Leppänen A, Nikkinen M, Toivonen H, Ylätaalo S, Smartt H, Garcia R, Martinez R, Glidewell D, Krantz K. Remote monitoring field trial. Application to automated air sampling. Report on Task FIN-E935 of the Finnish Support Programme to IAEA Safeguards.

STUK-YTO-TR 153 Koukkari P, Laitinen T, Olin M, Sippola H (VTT). Vertailu kaupallisten laskentaohjelmien soveltuvuudesta metallioksidien termodynaamiseen stabiilisuustarkasteluun.

STUK-YTO-TR 152 Bojinov M, Laitinen T, Mäkelä K (VTT). The influence of modified water chemistries on metal oxide films, activity build-up and stress corrosion cracking of structural materials in nuclear power plants.

STUK-YTO-TR 151 Niemi A (ed.) (Kungl Tekniska Högskolan). Studies on coupled hydromechanical effects in single fractures. A contribution to DECOVALEX II Task 3 'Constitutive relationships of rock joints'.

STUK-YTO-TR 150 Betova I, Bojinov M, Laitinen T, Mäkelä K, Saario T (VTT). The properties of and transport phenomena in oxide films on iron, nickel, chromium and their alloys in aqueous environments.

Täydellisen listan STUK-YTO-TR-sarjan julkaisuista saa Säteilyturvakeskuksesta.

STUKin websivu: <http://www.stuk.fi/>