

Kyösti Huhtala

**KANNETTAVAN PÄÄTELAITTEEN
MEKANIKKATESTAUKSEN SUUNNITTELU**

**Opinnäytetyö
CENTRIA AMMATTIKORKEAKOULU
Tuotantotalouden koulutusohjelma
Toukokuu 2013**

TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ

Yksikkö Ylivieskan yksikkö	Aika Toukokuu 2013	Tekijä/tekijät Kyösti Huhtala
Koulutusohjelma Tuotantotalouden koulutusohjelma		
Työn nimi Kannettavan päätelaitteen mekaniikkatestauksen suunnittelu		
Työn ohjaaja Jari Kaarela, Sakari Pieskä		Sivumäärä 57 + 4
Työelämäohjaaja Kimmo Huhtala		
<p>Opinnäytetyön toimeksiantaja oli Saskan Finland Oy. Saskan on langattomien laitteiden suunnitteluun ja tuotekehitykseen keskittynyt yritys. Opinnäytetyö tehtiin yrityksen sisäiseen käyttöön.</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli laatia mekaniikkatestauksen testisuunnitelma tuotekehitysvaiheessa olevalle kannettavalle päätelaitteelle. Testisuunnitelmaan sisällytettiin käytettävät testit, testauksen aikataulut ja ulkoistettujen testien kilpailutus ja valinta.</p> <p>Käytettävät testit valittiin päätelaitteen tilanneen asiakasyrityksen ja projektiryhmän mekaniikkasuunnittelijoiden toimesta. Testisuunnitelmaan sisällytettiin yhteensä 24 erilaista mekaniikka- ja ympäristötestiä. Testisuunnitelman aikataulu laadittiin siten, että testaus voitiin toteuttaa välittömästi päätelaitteiden saavuttua testaukseen. Aikatauluun sisällytettiin myös päätelaitteiden kierrätys testistä toiseen. Myös testien raportoinnissa käytettävät raporttipohjat päivitettiin.</p> <p>Osa testeistä jouduttiin ulkoistamaan puutteellisten laiteresurssien ja vaadittavien sertifiointien vuoksi. Testien ulkoistusprosessiin sisällytettiin mahdollisten testitoimittajien kartoitus, tarjouspyyntöjen laadinta ja lähettäminen, sekä testitoimittajien valinta.</p>		
Asiasanat mekaniikkasuunnittelu, muovituote, päätelaite, testaus, tuotekehitys, ulkoistaminen		

ABSTRACT

CENTRIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES	Date May 2013	Author Kyösti Huhtala
Degree programme Industrial Management and Engineering		
Name of thesis Designing mechanical testing for a portable terminal device		
Instructor Jari Kaarela, Sakari Pieskä		Pages 57 + 4
Supervisor Kimmo Huhtala		
<p>This thesis was commissioned by Saska Finland Ltd. Saska provides products and services to companies and manufacturers in the wireless technology industry. The thesis was made only for internal use at Saska.</p> <p>The aim of thesis was to draw up a test plan for mechanical testing of a portable terminal device. The test plan included tests, the schedule for testing and the outsourcing process of the tests.</p> <p>The tests, which were included in the test plan, were chosen in cooperation with a customer's representatives and with the mechanical designers of the project. Altogether 24 different mechanical and environmental tests were included in the test plan. The schedule was planned so, that it could be taken into use as soon as the necessary prototypes for testing are available. Schedule included circulating the prototypes from one test to another. The test report templates were also updated during the thesis project.</p> <p>Part of the tests had to be outsourced because of inadequate resources and required certifications. The whole outsourcing process was included in the thesis. A request for quotation was prepared and sent to possible candidates. Candidates were testing service providers, which offered also necessary certification services. On the basis of the received quotations the best candidates were chosen.</p>		

Key words

mechanical design, outsourcing, plastic product, R&D, terminal device, testing

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	SASKEN FINLAND OY	3
3	MEKANIikkATESTAUS OSANA TUOTESUUNNITTELUPROSESSIA	4
	3.1 Tuotetestaus tuotekehitysprosessissa	4
	3.2 Tuotteen ympäristötestaus	5
4	KANNETTAVA PÄÄTELAITE	8
	4.1 Pääosat	9
	4.2 Käytettävät materiaalit	11
5	TESTIT	13
	5.1 Koneellisesti suoritettavat testit	14
	5.1.1 Lämpötilan vaihtelu	15
	5.1.2 Satunnaispudotus	16
	5.1.3 Kosteaa lämpö	17
	5.1.4 Suunnattu pudotus	18
	5.1.5 Pistemäinen voima	19
	5.1.6 Taivutus	20
	5.1.7 Vääntö	21
	5.1.8 Näppäinten ja liitinluukkujen irroitus	22
	5.1.9 Liitinten sykli	23
	5.1.10 Antennisaranan sykli	24
	5.1.11 Rannehinnan kiinnityksen veto	24
	5.1.12 Näppäinten sykli	25
	5.2 Manuaalisesti suoritettavat testit	27
	5.2.1 Akun vaihto	27
	5.2.2 SIM-kortin vaihto	28
	5.2.3 Orgaaninen rasva	28
	5.2.4 Liitinluukkujen sykli	29
	5.2.5 Naarmutus	29
	5.3 Ulkoistetut testit	30
	5.3.1 Sinimuotoinen tärinä	30
	5.3.2 Simuloitu auringonsäteily	31
	5.3.3 Suolasumu	32
	5.3.4 IP-testit	32
	5.3.5 IK-testi	33
	5.3.6 Isku	34
	5.3.7 Pintojen kulutus	35
6	TESTISUUNNITELMA	36
	6.1 Testauksen aikataulun suunnittelu	36
	6.2 Testiaikataulu ja laitteiden kierrätys testien välillä	38
	6.3 Testitulosten raportointi	41

7 ULKOISTETTUIJEN TESTIPALVELUIDEN HANKINTA	44
7.1 Mahdollisten toimittajien valikointi	45
7.2 Valitut toimittajavaihtoehdot	46
7.3 Tarjouspyyntö	47
7.4 Toimittajan valinta	48
7.5 IK-testauksen toteutus vaihtoehtoisesti	51
8 POHDINTA	52
LÄHTEET	56
LIITTEET	
KUVIOT	
KUVIO 1. Kaavio ympäristöolosuhteista testausvaatimukseen	6
KUVIO 2. Kannettavan päätelaitteen konseptimalli	8
KUVIO 3. Päätelaitteen ulkokuoren pääosat ja päämitat	9
KUVIO 4. Antennin suuntaus X-akselin suuntaisesti	10
KUVIO 5. Testien valinnan prosessikaavio	13
KUVIO 6. Lämpötilan vaihtelu	16
KUVIO 7. Testissä käytetyn syklin kosteus ja lämpötila	18
KUVIO 8. Suunnattujen pudotusten iskukohtat	19
KUVIO 9. Pistemäisen voiman painokohdat.	20
KUVIO 10. Taivutustestin toteutuksen kuvaus	21
KUVIO 11. Vääntötestin toteutuksen kuvaus	21
KUVIO 12. Vääntösykliä kuvaus	22
KUVIO 13. Näppäinten irrotus, irrotuksessa käytettävä voima, sekä liimaus	23
KUVIO 14. Rannehinnan kiinnityksen veto ja vedossa käytettävät voimat	25
KUVIO 15. Näppäinten syklitestissä käytettävän painimen mitoitus	25
KUVIO 16. Testiaikataulu Gantt-kaavion avulla esitettynä	40
KUVIO 17. Tiedonkulku testauksesta asiakkaalle	43
KUVIO 18. Tarjouskäsittelyn vaiheet	45
KUVIO 19. Tarjouspyyntöjen laadinnan prosessikaavio	48
TAULUKOT	
TAULUKKO 1. Liitinsyklin laskenta	23
TAULUKKO 2. Antennisaranasyklin laskenta	24
TAULUKKO 3. Näppäinsyklimäärän laskenta	26
TAULUKKO 4. Akun vaihto -syklin laskenta	27
TAULUKKO 5. SIM-kortin irrotus- ja kiinnityssyklin laskenta	28
TAULUKKO 6. Liitinluukkujen kiinnitys-avaus-syklin laskenta	29
TAULUKKO 7. Naarmuuntumistestin raja-arvot	30
TAULUKKO 8. Auringonsäteilytestissä käytettävät aallonpituudet	31
TAULUKKO 9. IP-luokituksen selitykset	33
TAULUKKO 10. IK-luokkien kuvaukset	34
TAULUKKO 11. Päätelaitteiden protomäärät testeissä	39
TAULUKKO 12. Tarjousten vertailu	49

1 JOHDANTO

Tarve kannettavan päätelaitteen mekaniikkatestauksen suunnittelulle ilmeni tuotteen tuotekehitysprojektin aloitusvaiheessa. Mekaniikkatestaus suoritetaan lähes kaikille tuotekehityksen kautta suunnitelluille uusille laitteille. Testaus perustuu testisuunnitelmaan, jonka pohjalta tuotekehityksen aikainen mekaniikkatestaus toteutetaan.

Opinnäytetyön tavoitteena on laatia testisuunnitelma projektissa suunniteltavalle kannettavalle päätelaitteelle. Kokonaisprojektin asiakkaana on kannettavan päätelaitteen suunnittelun tilannut asiakasyritys, mutta opinnäytetyö tulee Saskan Finland Oy:n sisäiseen käyttöön. Opinnäytetyössä käytetään lopputuotteen kaltaista konseptimallia, jonka mekaaniset ominaisuudet ovat lopputuotteen kanssa yhtäläiset. Testisuunnitelmaa voidaan käyttää suoraan kyseisen projektin testisuunnitelmana, ja myöhemmässä vaiheessa muokata tulevien projektien testaustarpeisiin.

Testit valitaan Saskan Finland Oy:n ja asiakasyrityksen välisten sopimusten pohjalta, sekä projektiryhmässä työskentelevien mekaniikkasuunnittelijoiden ja asiakkaan edustajien välisten keskustelujen perusteella. Opinnäytetyön kohteena olevaan testisuunnitelmaan sisällytetään suoritettavat testit, testauksen aikataulu, sekä ulkoistettujen testien kilpailutus ja toimittajan valinta. Liitteeksi liitetään testauksen raportoinnissa käytettävät raporttipohjat.

Opinnäytetyön alussa kerrotaan tuotekehitysprosessista ja testauksen teoriasta yleisellä tasolla, perehdytään tarkemmin mekaniikkatestaukseen, esitellään opinnäytetyön kohteena oleva kannettava päätelaite, perehdytään sen tärkeimpiin mekaanisiin osiin ja tuotteen pääosissa käytettyihin materiaaleihin. Testisuunnitelman aikataulussa paneudutaan aikataulun laatimiseen ja testien toteuttamiseen aikataulun mukaisesti. Testejä käsittelevässä kappaleessa esitellään valitut testit ja niiden toteuttaminen käytännön tasolla.

Osa testeistä suoritetaan kolmannella osapuolella, jonka valintaan perehdytään tarkemmin ulkoistettuja testejä käsittelevässä kappaleessa. Ulkoistamisprosessiin sisällytetään mahdollisten testitoimittajien kartoitus, tarjouspyyntöjen laadinta, tarjousten vertailu ja toimittajien valinta.

Testien tietoperustana on pääasiassa Saskan Finland Oy:n sisäiset testispesifikaatiot. Sisäisten testispesifikaatioiden lisäksi tietoperustana käytetään KOTEL Ry:n työryhmäraporttia, joka käsittelee ympäristöolosuhdetestaukseen liittyvää standardia IEC 60068-2. Raportoinnin, aikataulutuksen ja testien ulkoistamisprosessin pääasiallisena lähdekirjallisuutena käytetään Karlos Arton Projektiliiketoiminta-kirjaa.

2 SASKEN FINLAND OY

Sasken Finland Oy on Sasken Communications Technologies Ltd:n tytäryhtiö. Emoyhtiön strategiana on pyrkiä maailmanlaajuisesti johtavaksi langattoman viestinnän tuotekehitystä ja tukipalveluita tuottavaksi yritykseksi. Saskenin asiakkaisiin kuuluu mm. puolijohde-, päätelaite-, verkkolaite-, ja mittalaittevalmistajia ja aloilla toimivia yrityksiä. Vuonna 1989 perustetulla yrityksellä on toimintaa Intiassa, Kiinassa, Ranskassa, Saksassa, Japanissa, Meksikossa, Iso-Britanniassa, Yhdysvalloissa ja Suomessa. Yrityksen palveluksessa on yli 3 500 työntekijää. (Sasken Finland Oy 2013)

Sasken Finland Oy on langattomien sovellusten ja tuotteiden suunnitteluun erikoistunut tuotekehitysyhtiö. Yrityksellä ei ole omia tuotteita, vaan se kehittää ja suunnittelee niitä muille toimijoille. Sasken Finland Oy:n pääosaaminen on keskittynyt HW- ja SW-suunnitteluun. HW-suunnittelu on keskittynyt laitteisto- ja mekaniikkasuunnitteluun ja SW-linjan pääosaamisena on ohjelmistosuunnittelu. (Sasken Finland Oy 2013)

Sasken Finland Oy:n tarjoamiin palveluihin kuuluu myös mobiililaitteiden mekaniikka- ja radioteknisten ominaisuuksien testauspalvelut. Mekaniikkatestauspalveluihin kuuluu mm. erilaiset ympäristö- ja rasiustestit. Radioteknisten ominaisuuksien testaamiseen kuuluu mm. signaaliherkkyyden, häiriösietoisuuden ja antenniherkkyyksien testaaminen. Sasken Finland Oy:n kotipaikka on Kaustinen, johon on keskitetty mekaniikkasuunnittelu ja -testaus, radiotekninen suunnittelu ja radiotekniset laboratoriot. Yrityksen toiseen toimipisteeseen Tampereelle on keskittynyt yrityksen ohjelmistosuunnittelu. (Profiilimedia 2009)

3 MEKANIikkATESTAUS OSANA TUOTESUUNNITTELUPROSESSIA

Kokonaisvaltainen tuotesuunnittelu käsittää tuotteen teknisen suunnittelun, jota ovat esimerkiksi mekaniikkasuunnittelu, sähkösuunnittelu ja muotoilu. Teknisessä suunnittelussa otetaan huomioon tuotteen suorituskyky, syntyvät kustannukset, turvallisuus ja käyttöominaisuudet. Tuotteen testauksella pyritään todentamaan tuotteen suorituskykyä toimintavarmuuden kautta, tuoteturvaalisuutta sähkö- ja mekaanisten toimintojen osalta, sekä käyttöominaisuuksia ergonomian näkökulmasta. Tuotekehitys on luovaa työtä, jonka tavoitteena on hyvän tuotteen suunnittelu ja valmistus. Tuotesuunnittelun tavoitteena voi olla kokonaan uusi tuote tai aiemmasta tuotteesta parannettu versio. Opinnäytetyön kohteena oleva kannettava päätelaite on olemassa olevan tuotteen parannettu versio. (Kurri, Malen, Sandell & Virtanen 1999, 68.)

Varsinainen tuotesuunnittelun toteutus tuotteen mekaniikkasuunnittelun osalta tehdään CAD-ohjelmistolla (Computer Aided Design). Perusolemukseltaan muovituotteen suunnittelu ei eroa metalli- tai puutuotteen suunnittelusta. Muovituotteita suunniteltaessa on kuitenkin ymmärrettävä muovityökalusuunnittelun perusteet. Suurin osa muovituotteista valmistetaan sarjatuotannossa, jossa muovi muovataan muotin tai suulakkeen avulla halutun muotoiseksi. Tämän vuoksi muottitekniikan perusasioiden hallinta ja ymmärtäminen on tärkeää jo tuotteen suunnitteluvaiheessa. Muovituotteita suunniteltaessa on myös otettava huomioon käytettävät muovimateriaalit ja niiden vaikutus tuotteeseen ja sen lopullisiin ominaisuuksiin. (Kurri ym. 1999, 69.)

3.1 Tuotetestaus tuotekehitysprosessissa

Tuotetestauksen tarkoituksena on tuotteen luotettavuuden, turvallisuuden ja kestävyys todentaminen ja varmistaminen. Mahdolliset viat tai virheet tuotekehityksessä voivat johtaa suuriin taloudellisiin menetyksiin tai pahimmissa tapauksissa vaarantaa ihmishenkiä. Asianmukaisella tuotetestauksella ja testitulosten analysoinnilla voidaan mahdolliset suunnitteluvirheet löytää jo

tuotteen suunnitteluvaiheessa ja välttyä suuremmilta ongelmilta tuotteen julkaisemisen jälkeen. Tuotetestaus on osa laadunvarmistusta, jonka kautta voidaan saavuttaa laadullisesti haluttu lopputulos. (Brown 1988, 420-428.)

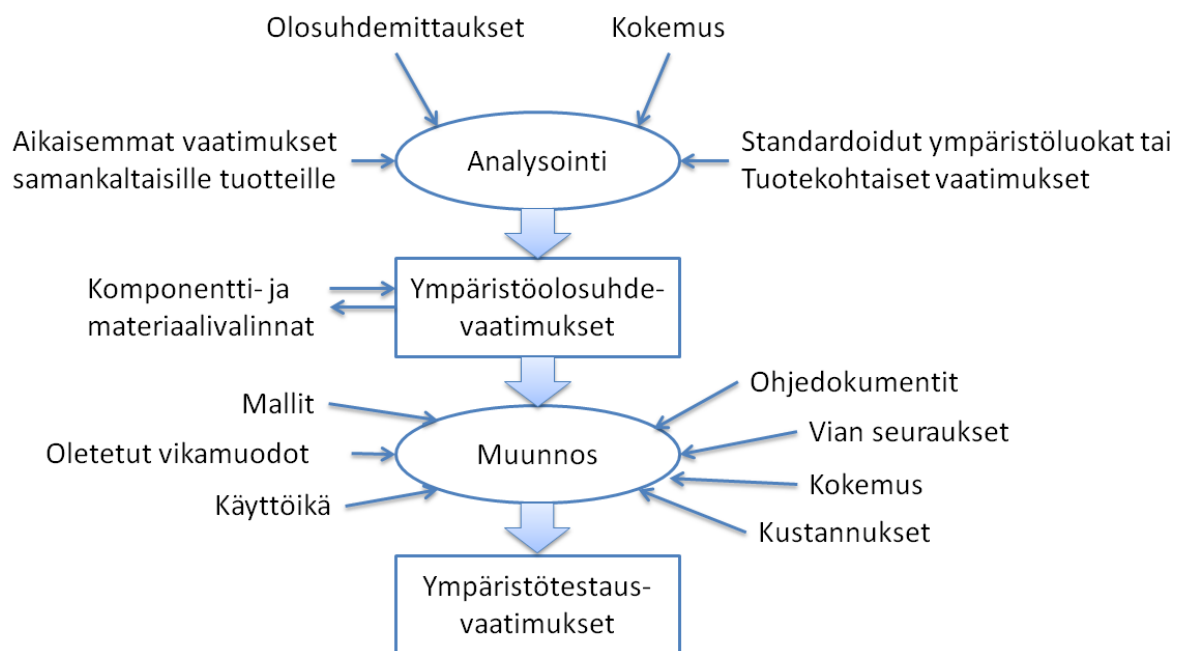
Tuotetestauksen tärkeimpänä tekijänä on tuotteen turvallisuuden varmistaminen. Tuote pyritään aina suunnittelemaan siten, että sen käyttäminen ei vaaranna käyttäjän terveyttä tai henkeä. Tuotetestauksen tarkoituksena on verifioida tämä suunnittelun lähtökohta käytännössä. Tuotteen käyttämisellä tarkoitetaan myös mahdollista väärinkäyttöä, on se sitten tahallista tai tahatonta. (Miller 2012)

Perusteelliset koekäytöt luonnollisissa tai niitä mahdollisimman hyvin vastaavissa olosuhteissa ovat lähes aina tarpeen ennen tuotteen massavalmistusta. Käytännössä tämä tarkoittaa tuotekehitysprosessin aikaista tuotetestausta. Testaus saattaa vaatia myös erilaisia mittauksia tai standardien mukaisia testausprosesseja, luotettavuusarvioita, kestoikäarvioita tai sertifiointeja. Tällaiset testaukset joudutaan usein teettämään ulkopuolisessa, hyväksytyssä testauslaitoksessa. Suomessa VTT ja Tukes ovat tavallisimmin kyseeseen tulevat testaajat. (Haavisto 1990, 104)

3.2 Tuotteen ympäristötestaus

Tuotesuunnittelun yhtenä lähtökohtana tulisi olla tieto ympäristöolosuhteista, joihin tuote joutuu elinjaksonsa aikana. Ympäristöolosuhteilla tarkoitetaan niitä fysikaalisia ja kemiallisia tuotteen ympärillä vallitsevia olosuhteita, joille tuote altistuu. Ympäristöolosuhteista on olemassa standardoitua ja rasitusasteiltaan luokiteltua tietoa eri käyttösovellutuksia varten. Näitä arvoja voidaan käyttää hyväksi tuotteen suunnitteluarvoja määriteltäessä ellei muuta tietoa ole käytettävissä. Mikäli halutaan varmistaa tuotteen käyttövarmuus, tulisi olosuhteista olla tilastollista mitattua tietoa, sekä lisäksi tiedot aikaisempien tuoteversioiden käyttökokemuksista ja vikamuodoista. (KOTEL ry 2003, 6)

Ympäristötestien tavoitteena on paljastaa niitä todennäköisiä vikamekanismeja ja vikaantumisia, jotka ilmenisivät tuotteen todellisissa ympäristöolosuhteissa. Kuviossa 1 esitetään pelkistettynä miten ympäristöolosuhtetiedoista päästään tuotteen testivaatimuksiin. Laitteen suoritusarvo vaatimusten tulisi olla kuitenkin ensisijainen tekijä käytäessä spesifointiprosessia lävitse. Ympäristöolosuhtetestejä ovat mm. pudotustestit, kosteus- ja lämpötilatellit, suolasumu- ja korroosiotestit, erilaiset tärinätestit, iskutesti ja auringonsäteilyä simuloivat testit. (KOTEL ry 2003, 6)



KUVIO 1. Kaavio ympäristöolosuhteista testausvaatimukseen (KOTEL ry 2003, 6)

Elinjakson aikaisten ympäristörasitusten määrittelyssä ja kartoituksessa käytetään hyödyksi ensisijaisesti kokemusta ja todellisia mitattuja sekä tilastoituja arvoja ympäristöolosuhteista. Näiden lisäksi käytetään aikaisempien samankaltaisiin sovellutuksiin suunniteltujen tuotteiden vaatimuksia. Näiden tietojen perusteella lähdetään määrittelemään tuotteelle ääriolosuhteita ja raja-arvoja, joiden perusteella tuotteen suunnittelua lähdetään toteuttamaan. (KOTEL ry 2003, 6-7)

Ympäristötesteillä osoitetaan, että määriteltujen ympäristöolosuhteiden vallitessa laite voi säilyä ilman palautumattomia vaurioita ja toimia määrittelyjen mukaisesti.

Ympäristötestien tarkoituksena ei ole matkia tuotteen todellisia ympäristöolosuhteita, vaan toistaa ympäristöolosuhteiden aiheuttamia vaikutuksia tuotteeseen. Ympäristö voi vaikuttaa tuotteeseen sekä lyhytaikaisesti, että pitkäaikaisesti. Lyhytaikaiset äärimmäiset rasitukset voivat suoraan aiheuttaa tuotteen virhetoiminnan tai tuhoutumisen. Pitkäaikaiset rasitukset voivat hitaasti heikentää tuotetta ja aiheuttaa lopulta sen virhetoiminnan tai rikkoutumisen. (KOTEL ry 2003, 7)

4 KANNETTAVA PÄÄTELAITE

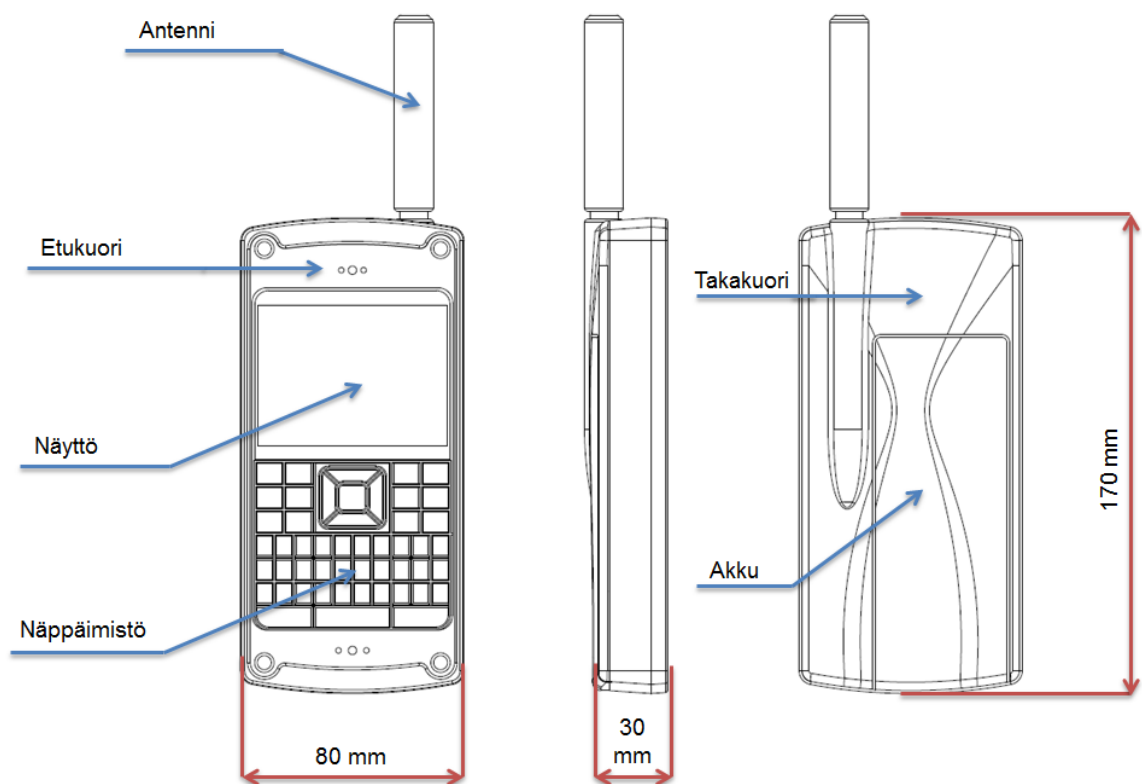
Testisuunnitelma laaditaan kannettavalle, kädessäpidettävälle päätelaitteelle. Päätelaitteessa on transflektiivinen 2.2” –TFT-näyttö. Laitteen käyttöliittymänä toimii näytön alapuolella sijaitseva näppäimistö. Päätelaitteessa on USB- ja audioliitännät, jotka sijaitsevat laitteen alareunassa, vesi- ja pölytiivin luukun takana. Päätelaitteen pääasiallisena käyttötarkoituksena on puhe- ja datayhteyden muodostaminen. Laitteessa on suunnattava ulkoinen antenni, joka on liitetty saranalla laitteeseen. Laite on suunniteltu vesi- ja pölytiiviksi ja se on myös IP-sertifioitu. Kuviossa 2 on esitetty testisuunnitelman laadinnan ja visualisoinnin apuna käytettävä tuotteen konseptimalli.



KUVIO 2. Kannettavan päätelaitteen konseptimalli

4.1 Pääosat

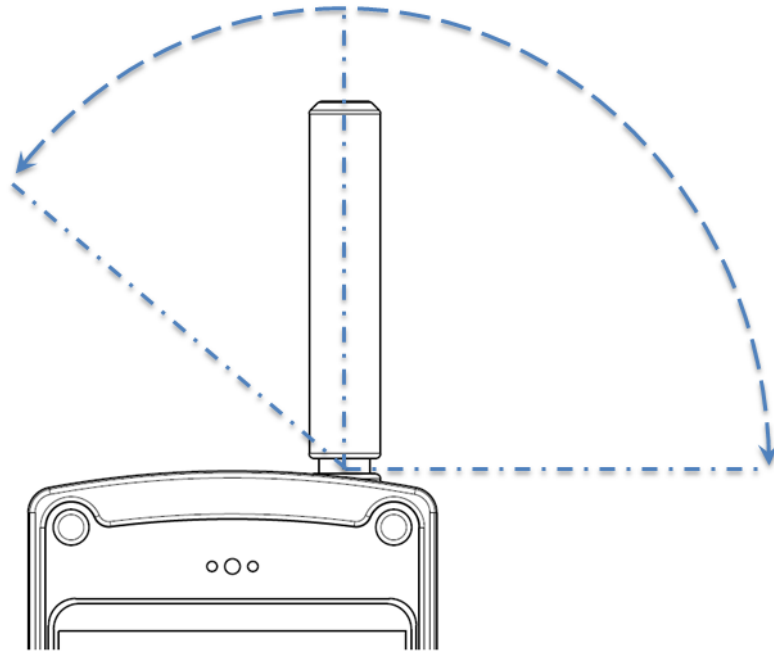
Päätelaitteen ulkopinta koostuu kuudesta pääosasta. Pääosat ovat näppäimistö, näyttö, etukuori, takakuori, akku ja antenni. Tuotteen leveys on 80 mm, pituus 170 mm, paksuus 30 mm, ja se painaa noin 300 grammaa. Päätelaitteen sisällä on piirilevy komponentteineen. Tuotantovaiheessa osista kootaan alikokoonpanot, jotka yhdistetään loppukokoonpanossa kokonaiseksi, kasatuksi päätelaitteeksi. Kuviossa 3 on esitetty päätelaitteen pääosat ja mitat.



KUVIO 3. Päätelaitteen ulkokuoren pääosat ja päämitat

Etukuoressa on avaukset näppäimistölle ja näytölle. Näytön avauksen kohdalle liitetään suojalasi, joka kiinnitetään etukuoreen teipillä. Etukuoren runko valmistetaan lasikuituvahvisteisesta polykarbonaatista (PC+GF), jonka päällä oleva ohut kerros termoplastista polyuretaania (TPU) muodostaa etukuoren visuaalisen pinnan.

Päätelaitteen antenni asennetaan takakuoreen. Liitoskohta on saranoitu, jonka ansiosta antennia on mahdollista suunnata tarvittaessa. Kuvio 4 esittää antennin suuntauksen päätelaitteen X-akselin suuntaisesti. Antenni valmistetaan erillisessä kokoonpanossa ja liitetään loppukokoonpanon yhteydessä takakuoreen. Materiaalina antennissa käytetään polykarbonaattia (PC).



KUVIO 4. Antennin suuntaus X-akselin suuntaisesti

Irrotettava akku on osa päätelaitteen visuaalista pintaa. Akku kiinnitetään takakuoreen yläpäästä kiinnitysrivillä ja alapäästä kiinnityskoukulla. Akun poistaminen päätelaitteesta tapahtuu painamalla akussa olevaa irrotuspainiketta, joka vapauttaa alapään kiinnityskoukun takakuoreesta. Akun kuorten materiaali on polykarbonaattia ja kennoina käytetään litium-ionikenoja.

Takakuoren yläosa ja molemmat sivut ovat päätelaitteen visuaalista ulkopintaa. Takakuoreen kiinnitettävä akku on muotoiltu yhtenäiseksi takakuoren kanssa. Takakuori valmistetaan kuitulujitteisesta ABS:n ja polykarbonaatin seoksesta (ABS+PC+GF). Pääosien väliset rajapinnat tiivistetään erillisillä silikonitiivisteillä,

joten asiakkaan vaatima vesi- ja pölytiiveys on mahdollista saavuttaa. Antennisaranan osat ovat kuitulujitteista polyeetterieetteriketonia.

4.2 Käytettävät materiaalit

Päätelaitteen pääasiallinen valmistusmateriaali on polykarbonaatti. Polykarbonaatista valmistetaan mm. etukuori, antenni ja akku. Etukuoreessa ja takakuoreessa käytetään vahvikkeena lisäksi lasikuitua. Polykarbonaatti on erittäin iskuluja materiaali ja se kestää jatkuvaa kovaa kuumuutta. Lisäksi sen sähköiset ominaisuudet ovat hyvät, eikä se syty palamaan yhtä herkästi kuin muut tekniset muovit. Pienen muottikutistumansa vuoksi polykarbonaatista on helppo valmistaa tarkkamittaisia ruiskuvalukappaleita. Ongelmaksi kuitenkin saattaa muodostua paksuseinäisten kappaleiden kohdalla sisäiset jännitteet, joiden vuoksi esimerkiksi ruuvien liikakiristäminen saattaa rikkoa polykarbonaatista valmistetun muoviosan. (Järvinen 2000, 46.)

Päätelaitteen takakuori valmistetaan ABS+PC+GF –seoksesta. Amorfisten ABS:n ja polykarbonaatin seos on edelleen monessa sovelluksessa käytetympää, kuin monen teknisen muovin. Lisäämällä polykarbonaatin osuutta seoksessa tuotteen iskulujuus ja lämmönkestävyys paranee. ABS puolestaan helpottaa seoksen työstettävyyttä. Seos työstetään yleensä ruiskuvalamalla ja siihen lisätään usein palonsuoja-aineita. (Järvinen 2000, 60.)

Päätelaitteessa käytetty näytön suojalasi on Corningin alumiinisilikaattivalmisteista Gorilla-ohutlevylasia. Gorilla-lasi on pääasiassa tarkoitettu matkapuhelinten, kannettavien tietokoneiden ja GPS-laitteiden näyttöjen suojalasiksi. Gorilla-lasi on iskunkestävä ja lähes naarmuuntumatonta. (Corning 2013)

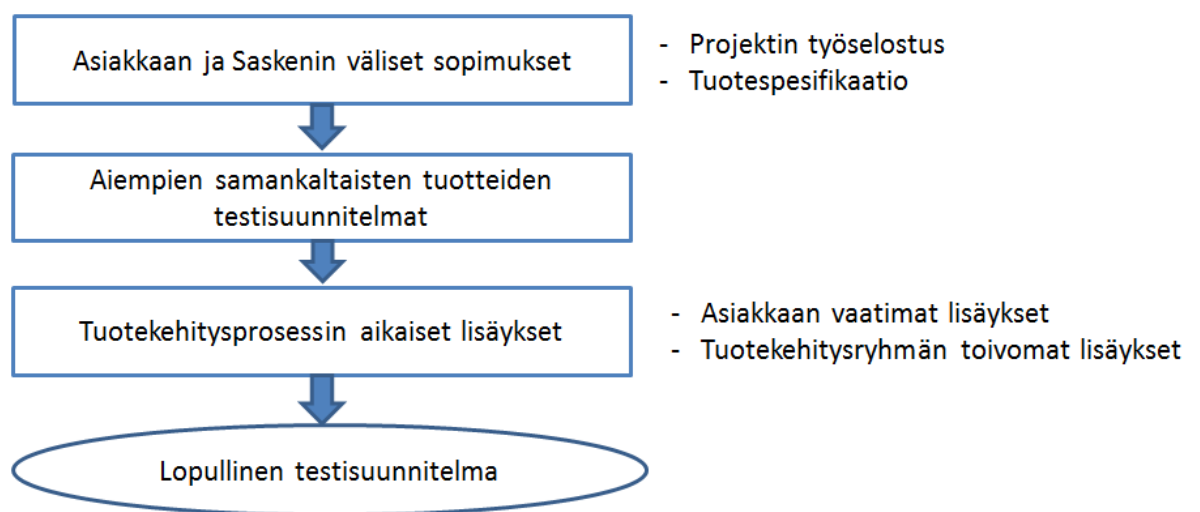
Päätelaitteen vesi- ja pölytiiveyden varmistamiseksi osien kriittisimmät rajapinnat on tiivistetty silikonitiivisteillä ja silikonisilla o-renkailla. Silikonitiivisteillä on erittäin laaja lämpötilankestävyys, jopa $-60 - +170\text{ C}^\circ$, joten ne soveltuvat erittäin hyvin

käytettäväksi päätelaitteen tiivisteinä. Silikoni kestää hyvin alkoholeja ja ketoneja, mutta väkevillä hapoilla ja emäksillä on hajottava vaikutus. (Fibox 2013)

Antennisaranan osat valmistetaan kuitulujitteisesta polyeetterieetteriketonista, eli PEEK:sta. PEEK on jäykkää, lujaa ja sitkeää erikoismuovia, jolla on korkea lämpötilankestävyys. Myös sen kemiallinen kestävyys on hyvä. Tavallisissa lämpötiloissa se liukenee ainoastaan väkevään rikkihappoon. Huono palavuus, erinomainen gammasäteilyn ja höyryn kesto, sekä hyvät sähköneristysominaisuudet tekevät PEEK:stä hyvän materiaalin erityistä kestävyyttä ja kulutusta vaativille osille. PEEK:n pääasialliset käyttökohteet löytyvät auto-, lentokone- ja kemianteollisuuden laitteista. Lasikuituvahvistus lisää materiaalin mekaanista lujuutta. (Fluortech 2013)

5 TESTIT

Päätelaitteelle suoritettavat testit valitaan asiakkaan vaatimusten, asiakkaan ja toimittajan välisten sopimusten ja päätelaitteen mekaanisten ominaisuuksien perusteella. Testeillä pyritään simuloimaan kaikki mahdolliset tilanteet, joihin tuote voi joutua elinjaksonsa aikana. Kuviossa 5 kuvataan se prosessi, miten testit valitaan testisuunnitelmaan.



KUVIO 5. Testien valinnan prosessikaavio

Testisuunnitelmassa käytetyt testikuvaukset perustuvat Saskaen Finland Oy:n sisäisiin testispesifikaatioihin, sekä osittain Elektroniikan tutkimuksen ja kehityksen yhteistyöelin KOTEL ry:n työryhmäraporttiin: Ympäristöolosuhdetestitiivistelmät IEC 60068-2 -sarja. Saskaen Finland Oy:n sisäiset testispesifikaatiot määrittävät testikuvausten lisäksi testien läpäisemisen vaatimukset. Testikuvaukset on referoitu alkuperäisistä testispesifikaatioista ja vain oleelliset tiedot on liitetty opinnäytetyöhön. Osassa testikuvauksia on käytetty KOTEL ry:n työryhmäraporttia.

Kaikki testit suoritetaan joko koneellisesti tai manuaalisesti. Jokaiselle testattavalle päätelaitteelle suoritetaan ennen testiä ja testin jälkeen täydellinen toiminnallinen ja visuaalinen tarkastus. Mikäli testin kuvauksessa ei erikseen mainita,

päätelaitteen tulee läpäistä toiminnallinen ja visuaalinen tarkastus ilman huomautuksia tai muutoksia toiminnassa. Tarkastukseen kuuluu:

- Elektronisen toiminnan tarkastus
- Ulkoisten pintojen visuaalinen tarkastus
- Mekaanisten osien toimivuuden tarkastus
- Näppäimistö ja näppäinten valaistuksen tarkastus
- Liittimien toiminta
- Kaiutin ja mikrofoni
- Lataus
- Näyttö

Osa käytetyistä testeistä on ns. syklitestejä. Syklitesteissä on toistuva jakso, jota kutsutaan sykliksi. Syklin alkupiste ja loppupiste ovat samat. Testeissä tätä sykliä toistetaan ennalta laskennallisesti määritelty syklimäärä. Syklitestien laskennallisena ikänä käytetään asiakkaan määrittelemää päätelaitteen odotettua elinikää, joka on 5 vuotta. Syklitesteissä määritellään kyseessä olevan funktion päivittäisen käytön määrä ja kerrotaan tämä varmuuskertoimella 1.5. Varmuuskertoimen käytöllä varmistetaan, ettei tuotteen todellinen loppukäyttäjän toimesta tapahtuva normaalikäyttö ylitä testeissä tehtyjä syklimääriä.

5.1 Koneellisesti suoritettavat testit

Koneellisesti suoritettavat testit suoritetaan automaattisilla testauslaitteilla eli testereillä. Käytettäviin testilaitteisiin kuuluvat satunnaispudotuskone, vetokone ja pudotustesteri, jolla voidaan tehdä suunnattuja pudotuksia halutussa kulmassa ja halutulta korkeudelta.

Satunnaispudotuskoneessa on pyörivä pudotuskammio. Kone pyörittää pudotuskammiota ennalta asetetulla nopeudella. Testattava kappale putoilee satunnaisesti kammion sisällä. Kammion pyöritysnopeus asetetaan siten, että pudotettava testikappale putoaa keskelle pudotuskammion pääty pintaa. Koneessa

on mahdollista käyttää erikorkuisia pudotuskammioita. Standardinmukaisissa testeissä käytetyt kammiot ovat 0.5 ja 1.0 metrin korkuisia. Sasken Finland Oy:n satunnaispudotuskone on IEC 60068-2-31 –standardin mukainen. (Konepaja-Heinä Oy 2013 a)

Suunnatut pudotukset tehdään erillisellä pudotustesterillä. Pudotustesterissä on pystysuuntainen kisko, johon on kiinnitetty pudotusteline. Pudotettava kappale tai tuote kiinnitetään alipaineistetulla imukupilla pudotustelineeseen. Pudotuksessa pudotusteline saattaa kappaleen halutussa kulmassa, vapaasti pudoten, testerin pohjalla olevaan betonilaattaan. Pudotukset voidaan kuvata tarvittaessa suurnopeuskameralla. Pudotuskorkeus on säädettävissä välillä 600-2000 mm. Pudotustesteri on standardien IEC 60068-2-31 ja MIL-STD-810F mukainen. (Konepaja-Heinä Oy 2013 b)

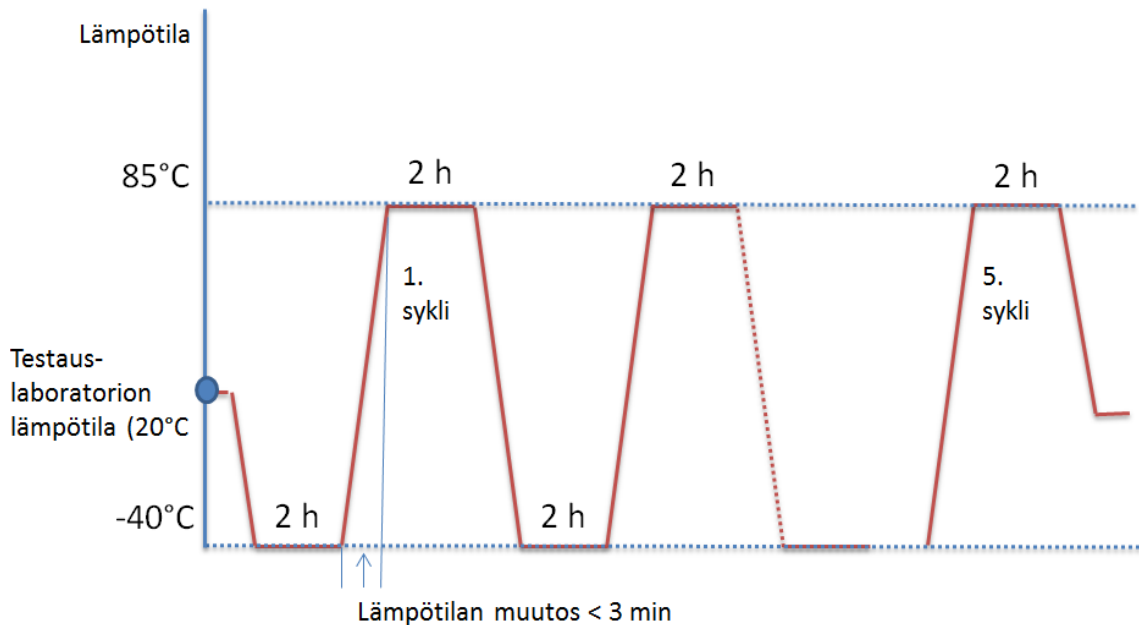
Osa testeistä suoritetaan pääasiassa materiaalitestaukseen tarkoitetulla vetokoneella. Vetokoneella on mahdollista suorittaa mm. veto-, puristus-, taivutus-, irtiveto- ja kitkatestejä. Vetokoneen testaus- ja analysointiohjelmiston avulla voidaan testitulokset analysoida ja visualisoida tarvittaessa. Lisäksi koneellisessa testauksessa käytetään apuna erilaisia paineilmatoimisia testauslaitteita, joita ohjataan ohjelmoitavien logiikoiden avulla. (Lloyd 2012)

5.1.1 Lämpötilan vaihtelu

Lämpötilan vaihtelutestauksen tarkoituksena on selvittää kuinka hyvin päätelaite kestää äärimmäisiä lämpötiloja ja lämpötilojen nopeita muutoksia. Tuote saattaa joutua suuriin lämpötilamuutoksiin esimerkiksi kuljetusten yhteydessä.

Testi toteutetaan kahdella lämpökaapilla. Lämpökaappien lämpötilat ovat -40°C ja 85°C. Lämpötilan vaihtelu –testi on syklimuotoinen, jossa suoritetaan viisi neljän tunnin mittaista sykliä. Päätelaite asetetaan ensiksi kylmään lämpökaappiin, josta se siirretään kuumaan lämpökaappiin. Päätelaitetta pidetään molemmissa kaapeissa kahden tunnin ajan. Siirtoaika kaapista toiseen saa olla maksimissaan

kolme minuuttia. Testin kokonaisaika on 20 tuntia. Testin läpäisemiseksi päätelaitteeseen ei saa tulla elektronisia tai mekaanisia muutoksia. Kuviossa 6 on esitetty lämpötilan vaihtelu testin aikana.



KUVIO 6. Lämpötilan vaihtelu

5.1.2 Satunnaispudotus

Satunnaispudotusten tarkoituksena on selvittää kuinka hyvin päätelaite kestää toistuvia satunnaisia pudotuksia. Pudotukset suoritetaan pyöritystesterissä puolen metrin ja metrin pudotuskammioilla. Testi aloitetaan puolen metrin kammiolla, jolla tehdään 120 pudotusta. Testiä jatketaan metrin kammiolla, jolla pudotuksia tehdään 80. Yhteensä jokaista testattavaa päätelaitetta pudotetaan 200 kertaa. Pudotukset tehdään 20 pudotuksen sarjoissa. Jokaisen sarjan jälkeen päätelaitteen toimivuus tarkistetaan, ja laitteelle tehdään visuaalinen tarkastus mekaanisten vaurioiden havaitsemiseksi.

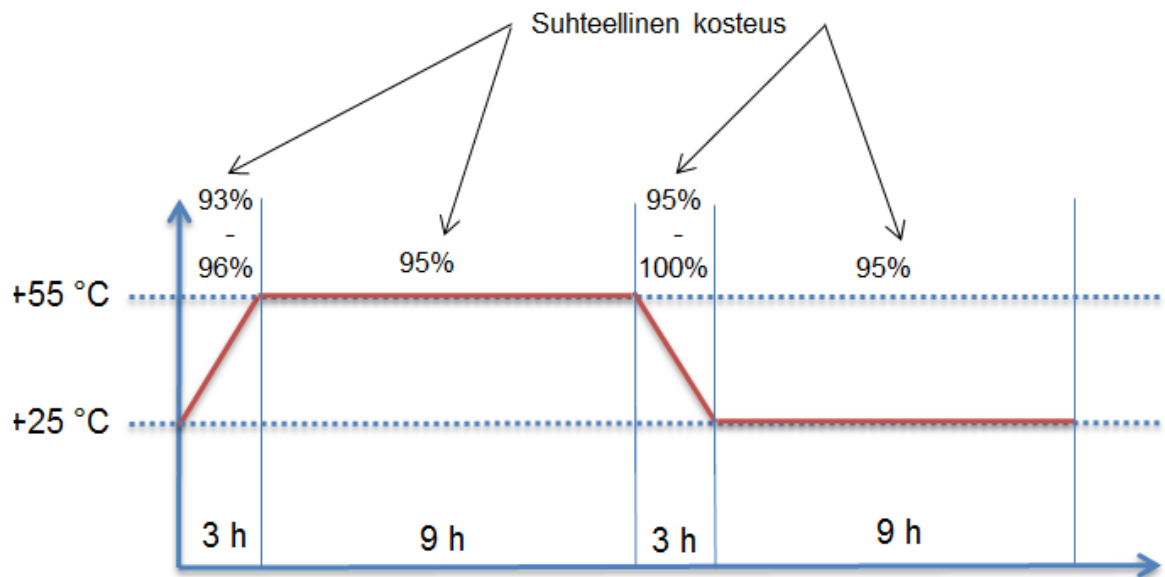
200 pudotuksen jälkeen päätelaitteelle tehdään täysi elektroninen tarkastus, jossa kaikki toiminnot tarkistetaan. Elektronisen tarkastuksen lisäksi päätelaitteelle

tehdään mekaanisten osien visuaalinen tarkastus. Hyväksytysti suoritettuun testiin vaaditaan elektronisten toimintojen täysi toimivuus. Testatuista laitteista ei saa löytyä suurempia mekaanisia muutoksia. Pienet visuaaliset jäljet, kuten naarmut ja kolhut ovat sallittuja. Testin aikana päätelaitteesta ei saa irrota osia akkua lukuunottamatta. Hyväksytysti testin suorittaneet päätelaitteet jatkavat kostea lämpö –testiin. Kostea lämpö –testin jälkeen laitteet puretaan ja analysoidaan. Satunnaispudotustestiin on luotu raporttipohja, jonka mukaisesti testit suoritetaan ja raportoidaan (LIITE 1).

5.1.3 Kostea lämpö

Testillä simuloidaan korkean suhteellisen kosteuden ja lämpötilan yhteisvaikutusta käytön, varastoinnin ja kuljetuksen aikana. Testillä pyritään varmistamaan, ettei kondensaatiolla tai veden kerääntymisellä ole haitallisia vaikutuksia testatuille laitteille.

Testi toteutetaan niille päätelaitteille, jotka ovat läpäisseet satunnaispudotustestin hyväksytysti. Testi tehdään myös kaikille näppäinten syklistestien päätelaitteille. Testatuista laitteista 70 % pidetään testin ajan virta kytkettynä ja 30 % sammutettuna. Testissä toteutetaan kuusi 24-tuntista sykliä. Testin kokonaispituus on 6 vuorokautta. Testissä käytettävän syklin tarkempi kuvaus kuviossa 7.

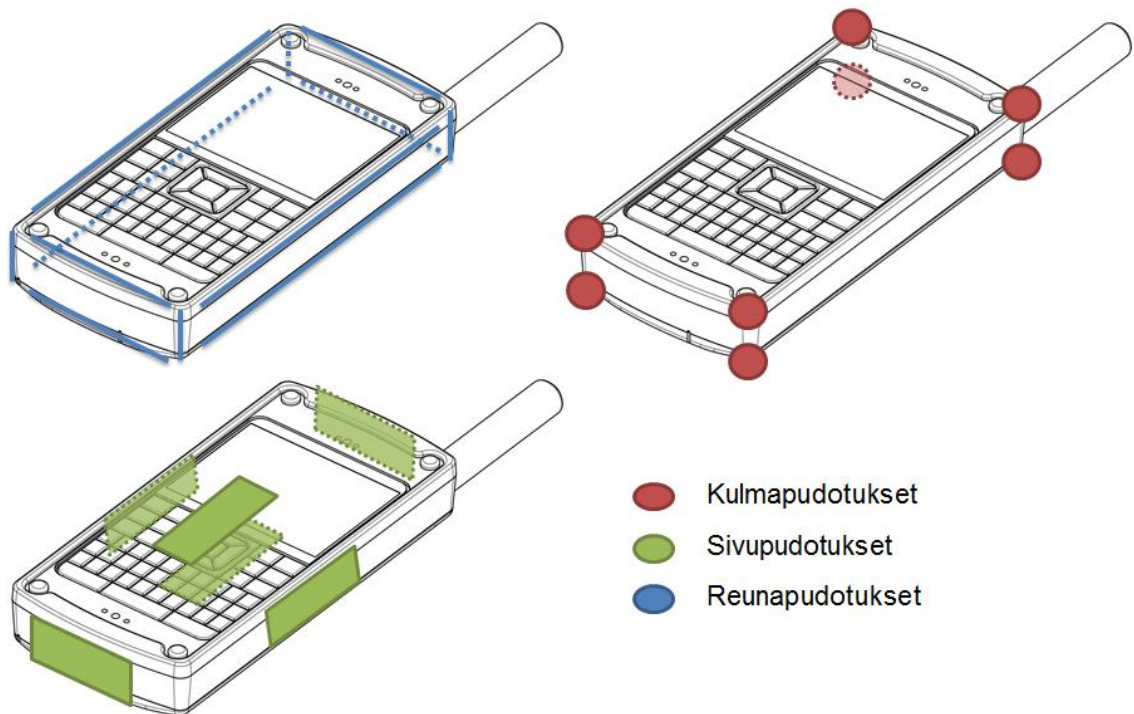


KUVIO 7. Testissä käytetyn syklin kosteus ja lämpötila

Testin jälkeen päätelaitteelle tehdään täysi elektroninen tarkastus, jossa kaikki toiminnot tarkistetaan. Päätelaitteelle suoritetaan myös täydellinen mekaaninen tarkastus, laite puretaan ja sen osat tutkitaan mikroskoopilla. Hyväksytysti suoritettuun testiin vaaditaan elektronisten toimintojen täysi toimivuus. Satunnaispudotuksista tulleet visuaaliset jäljet, kuten naarmut ja kolhut, ovat sallittuja.

5.1.4 Suunnattu pudotus

Suunnattujen pudotusten tarkoituksena on selvittää päätelaitteen kestävyys pudotettaessa laite tietyssä, ennaltamäärätyssä suunnassa ja kulmassa. Testissä päätelaite pudotetaan 1.5 metrin korkeudelta suunnattuna ja saatettuna betonilaattaan. Laite pudotetaan kaksi kertaa jokaiselle tasaiselle sivulle (2 * 8), yhden kerran jokaiselle reunalle (1 * 12) ja kaksi kertaa jokaiselle kulmalle (2 * 8). Suunnattujen pudotusten iskukohtat on esitetty kuviossa 8.



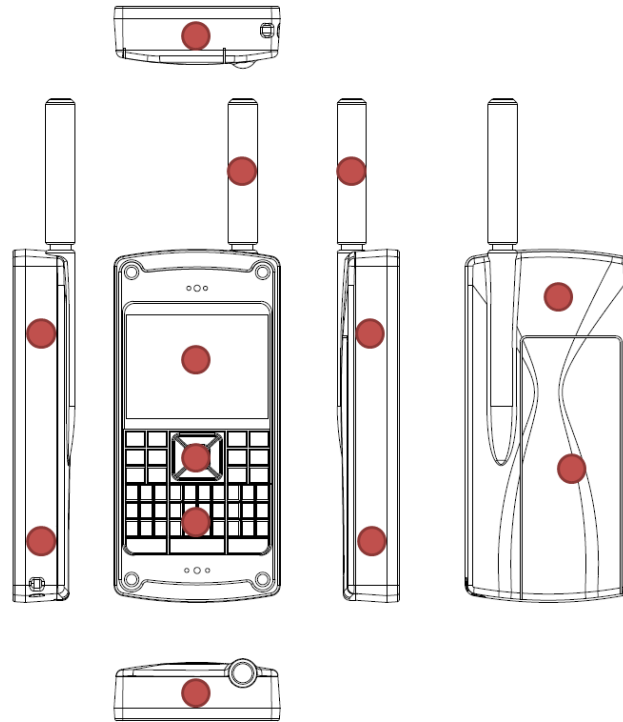
KUVIO 8. Suunnattujen pudotusten iskukohtat

Pudotusten jälkeen päätelaitteelle tehdään täysi elektroninen tarkistus, jossa kaikki toiminnot tarkistetaan. Päätelaitteelle suoritetaan myös täydellinen mekaaninen tarkastus, jossa laite puretaan ja sen osat tutkitaan mikroskoopilla. Hyväksytysti suoritettuun testiin vaaditaan elektronisten toimintojen täysi toimivuus. Visuaaliset jäljet esim. naarmut ja kolhut ovat sallittuja. Päätelaitteesta ei saa irrota testin aikana osia akkua lukuunottamatta. Testissä käytettävä raporttipohja on opinnäytetyön liitteenä (LIITE 2).

5.1.5 Pistemäinen voima

Pistemäisen voimatestin tarkoituksena on varmistaa, ettei päätelaitteen loppukäyttäjä voi tahattomasti vahingoittaa laitetta pistemäisellä voimalla. Testi tehdään laitteen näppäimistöille, etukuorelle, takakuorelle, akulle, näytölle, antennille ja liitinalueille. Testi suoritetaan painamalla halkaisijaltaan 16 mm:n teräskuulaa, 75 N:n voimalla, 2 sekunnin ajan ennalta määrättyihin pisteisiin.

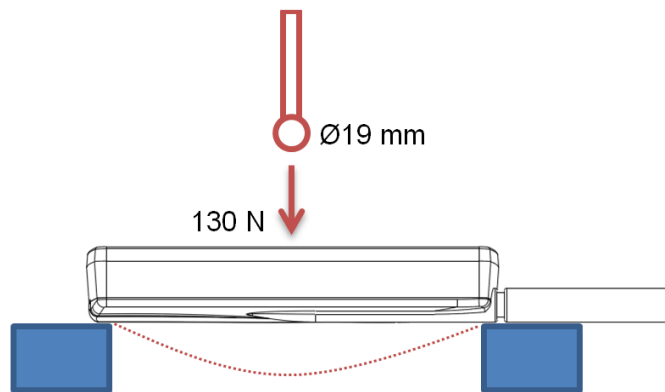
Kuviossa 9 on määritetty testissä käytettyjen pisteiden tarkemmat kohdat. Testistä ei saa aiheutua elektronisia, mekaanisia tai visuaalisia muutoksia päätelaitteelle.



KUVIO 9. Pistemäisen voiman painokohdat.

5.1.6 Taivutus

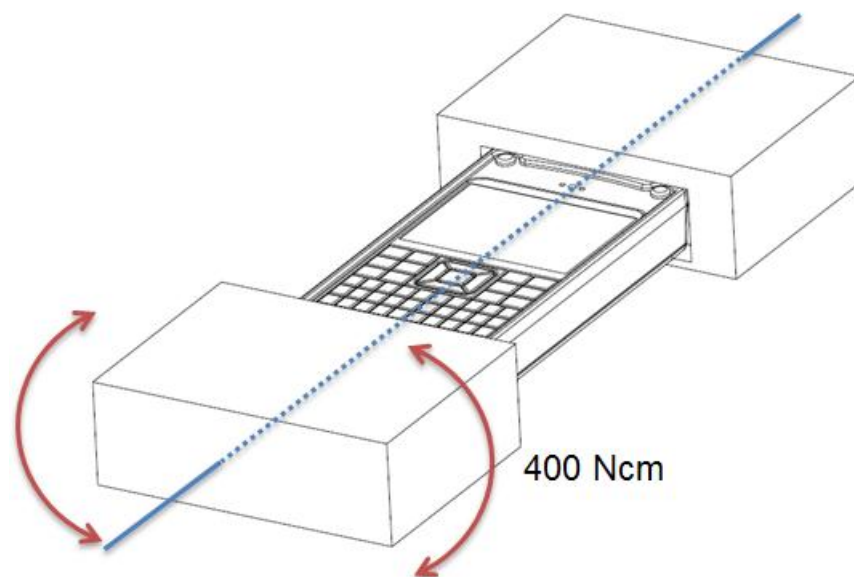
Taivutustestin tarkoituksena on osoittaa, että päätelaite kestää ennaltamäärätyn voiman painettuna laitteen pituusakselin keskipisteeseen. Päätelaite tuetaan ylä- ja alapäästä, jotta laite pääsee taipumaan vapaasti. Testi suoritetaan 130 N:n voimalla. Testi aloitetaan 30 sekunnin taivutuksella, jonka jälkeen suoritetaan 25 kahden sekunnin taivutusta. Taivutusten välillä pidetään 2 sekunnin tauko. Lopuksi suoritetaan 30 sekunnin lopputaivutus. Päätelaitetta taivutetaan sekä etu-, että takapuolelta. Testistä ei saa aiheutua päätelaitteelle elektronisia, mekaanisia tai visuaalisia muutoksia. Taivutustestin toteutus on esitetty kuviossa 10.



KUVIO 10. Taivutustestin toteutuksen kuvaus

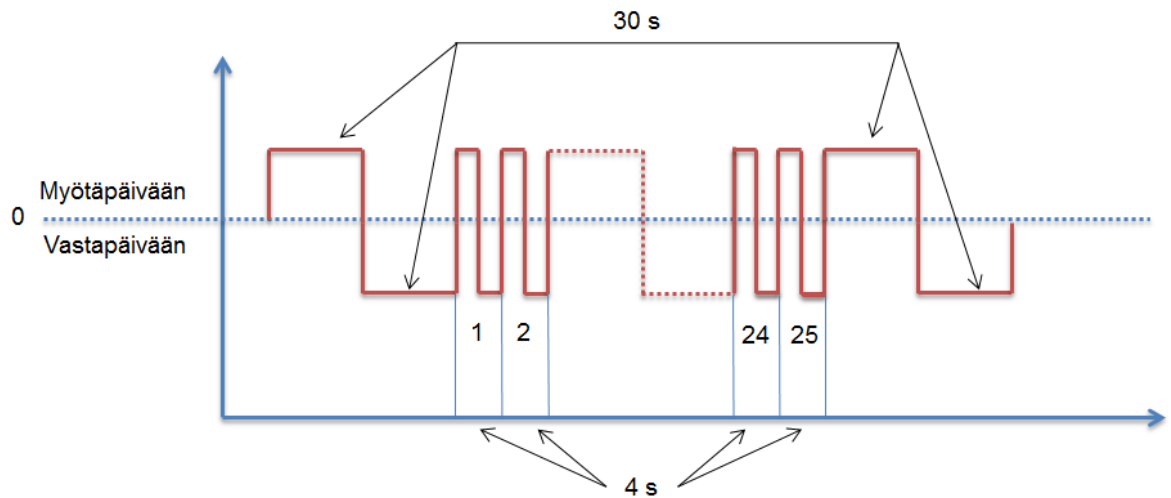
5.1.7 Vääntö

Vääntötestin tarkoituksena on simuloida päätelaitteeseen kohdistuvia, pituusakselinsuuntaisia maksimivääntömomenteja. Vääntötestissä päätelaite kiinnitetään ylä- ja alapäästä vääntötesteriin, joka vääntää laitetta 400 Ncm:n momentilla vuorotellen myötä- ja vastapäivään. Kuvio 11 esittää vääntötestin toteutusta.



KUVIO 11. Vääntötestin toteutuksen kuvaus

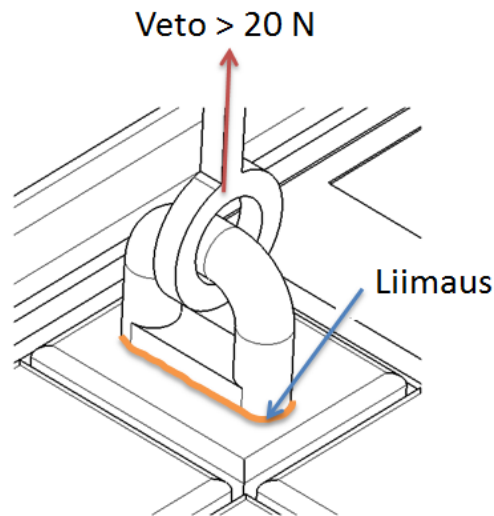
Testi aloitetaan 60 sekunnin vääntösyklillä, jonka jälkeen suoritetaan 25 neljän sekunnin vääntösykliä. Sykliin kuuluu kahden sekunnin vääntö myötäpäivään ja kahden sekunnin vääntö vastapäivään. Lopuksi suoritetaan 60 sekunnin loppuvääntösykli. Päätelaitteen virran pitää pysyä kytkettynä testin ajan (näyttö päällä), eikä laitteesta saa kuulua ääniä väännön aikana. Päätelaitteelle suoritetaan normaali lopputarkastus testin jälkeen. Kuviossa 12 on esitetty vääntösykliä tarkempi kuvaus.



KUVIO 12. Vääntösykliä kuvaus

5.1.8 Näppäinten ja liitinluukkujen irroitus

Testin tarkoituksena on varmistaa, etteivät näppäimet ja liitinluukut irtoa normaalissa käytössä. Testi toteutetaan kaikille päätelaitteen näppäimille ja liitinluukuille. Jokaiseen näppäimeen kiinnitetään liimalla vetolenkki, josta vedetään, kunnes näppäin irtoaa näppäinmatosta. Testin läpäisemiseksi näppäinten ja liitinluukkujen on kestävä 20 N:n voima ennen irtoamista. Kuvio 13 esittää näppäinten irrotustestin toteutusta.



KUVIO 13. Näppäinten irrotus, irrotuksessa käytettävä voima, sekä liimaus

5.1.9 Liitinten sykli

Testin tarkoituksena on simuloida liitinten normaalia käyttöä (kiinnitys / irrotus) ja niiden mekaanista ja elektronista kestävyyttä päätelaitteen oletetun elinjakson aikana. Mekaaninen kuluminen tutkitaan mikroskoopilla testin jälkeen. Testissä liitin yhdistetään päätelaitteeseen 10 mm / min nopeudella. Liittimen yhdistäminen tehdään sellaisella voimalla, että päätelaite tunnistaa liittimen. Tarkempaa liitosvoimaa ei määritetä. Liittimen yhdistämisessä käytetään joustavaa vartta, jolla pystytään simuloimaan loppukäyttäjän tekemää inhimillistä liittämistä mahdollisimman tarkasti. Liitinsyklin laskennassa oletetaan, että liittimet yhdistetään päätelaitteeseen kerran päivässä. Taulukossa 1 on laskettu liitinsyklimäärä.

TAULUKKO 1. Liitinsyklin laskenta

Elinikä	Syklejä / päivä	Yhteensä	Varmuuskertoimella (n = 1.5)	Syklit testissä
5 vuotta	1 kpl	1825	2734	3000

5.1.10 Antennisaranan sykli

Testin tarkoituksena on simuloida antennin ja antennisaranan normaalia päivittäistä käyttöä. Testissä antenna käännetään ääriasennosta toiseen. Kääntämisessä ei käytetä suurta voimaa, vaan käänös tehdään siten, ettei antenni törmää ääripisteissä takakuoreen. Syklilaskennassa antenna oletetaan suunnattavan 5 kertaa päivässä. Taulukossa 2 on esitetty syklimäärän laskenta.

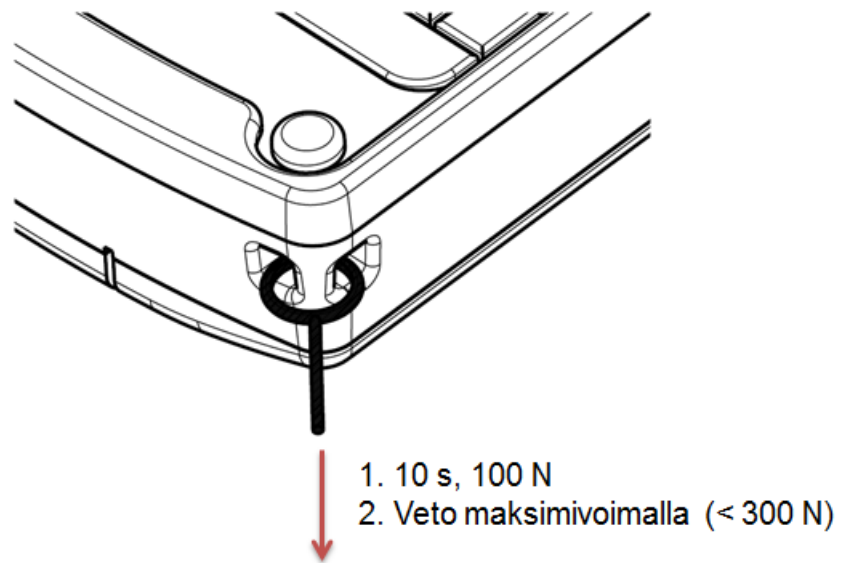
TAULUKKO 2. Antennisaranasyklin laskenta.

Elinikä	Syklejä / päivä	Yhteensä	Varmuuskertoimella (n = 1.5)	Syklit testissä
5 vuotta	5 kpl	9125	13689	20000

5.1.11 Rannehinnan kiinnityksen veto

Testissä vedetään päätelaitteessa olevaa rannehinnan kiinnitykseen tarkoitettua kiinnityslenkkiä. Testin tarkoituksena on varmistaa, että kiinnitys on tarpeeksi kestävä normaalin käyttöön, mutta murtuu tarpeeksi suuren voiman kohdistuessa siihen. Testiä voidaan pitää tärkeänä päätelaitteen turvallisuuden varmistamiseksi loppukäyttäjälle.

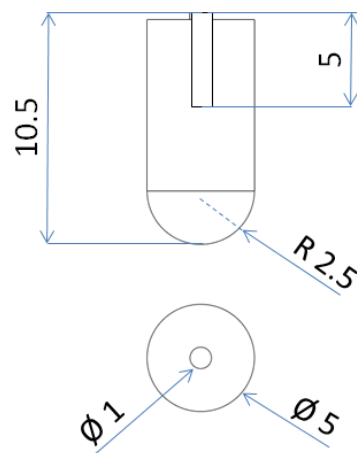
Lenkkiä vedetään Ø 2 mm:n teräslangalla, 100 N:n voimalla, 10 sekunnin ajan. Vedon jälkeen lenkki tutkitaan mikroskoopilla. Vedosta ei saa aiheutua mekaanisia muutoksia päätelaitteelle. Tämän jälkeen lenkkiä vedetään kunnes se rikkoutuu. Lenkin tulee murtua ennen 300 N:n voimaa. Kuvio 14 esittää testin toteutuksen tarkemmin.



KUVIO 14. Rannehihnan kiinnityksen veto ja vedossa käytettävät voimat

5.1.12 Näppäinten sykli

Näppäinten syklitestissä simuloidaan normaalista käytöstä aiheutuvaa räsitusta näppäimiä ja näppäinmattoa kohtaan. Testi suoritetaan ihmisen sormea simuloivalla painimella. Painimen halkaisija ja muoto on määritetty tarkemmin kuviossa 15. Painin on pehmeää, kumimaista materiaalia.



KUVIO 15. Näppäinten syklitestissä käytettävän painimen mitoitus

Testi suoritetaan paineilmatoimisella näppäintesterillä. Painamisliike ei saa olla iskumainen, vaan painamisen pitää tapahtua pehmeällä, inhimillistä painamista simuloivalla tavalla. Testissä käytettävä painamisvoima on 7 N. Testin aikana vierekkäisiä näppäimiä ei saa painaa samanaikaisesti. Mikäli näppäimiä painetaan yhtäaikaisesti, tulee niiden välissä olla vähintään yksi näppäin, jota ei kyseisen painamissyklin aikana paineta. Taulukossa 3 esitetään näppäinsyklimäärän laskenta.

TAULUKKO 3. Näppäinsyklimäärän laskenta

Päänäppäimet.				
Elinikä	Syklejä / päivä	Yhteensä	Varmuuskertoimella (n = 1.5)	Syklit testissä
5 vuotta	150	273 750	410 625	500 000
Sivunäppäimet.				
Elinikä	Syklejä / päivä	Yhteensä	Varmuuskertoimella (n = 1.5)	Syklit testissä
5 vuotta	25	36 500	54 750	70 000

Näppäinten ja päätelaitteen toiminta tarkastetaan 100 000 syklin välein. Hyväksytysti suoritettuun testiin näppäinten tulee säilyttää niiden elektroninen ja mekaaninen toiminta ja näppäintuntuma testin jälkeen. Näppäinten syklitestin jälkeen kaikille testatuille laitteille suoritetaan kostea lämpö –testi. Testien jälkeen päätelaitteet puretaan ja näppäimet, näppäinmatto ja muut näppäimistöön liittyvät mekaaniset osat tutkitaan mikroskoopilla. Testistä ei saa aiheutua merkittäviä mekaanisia muutoksia näppäimistöön tai siihen liittyviin osiin, ja päätelaitteen tulee säilyttää normaali, elektroninen toiminta.

5.2 Manuaalisesti suoritettavat testit

Manuaalisesti suoritettavat testit tehdään operaattorin toimesta manuaalisesti. Kun testit tehdään manuaalisesti, voidaan loppukäyttäjän toiminta simuloida mahdollisimman todenmukaisesti. Manuaalisesti suoritettavat testit ovat kestoiltaan lyhyitä, jotta ne voidaan suorittaa operaattorin toimesta. Manuaalisissa testeissä operaattori voi suorittaa testattavalle päätelaitteelle jatkuvaa seuranta, joten mahdolliset mekaaniset muutokset voidaan havaita ja raportoida välittömästi.

5.2.1 Akun vaihto

Akun vaihto -testillä simuloidaan loppukäyttäjän tekemää akun irrotusta ja kiinnitystä. Testin tarkoituksena on verifioida akun ja takakuoren riittävä mekaaninen kestävyys ja elektroninen toimivuus päätelaitteen elinjakson aikana. Normaalisissa päivittäisessä käytössä akkua ei tarvitse irrottaa, muuten kuin SIM-kortin asentamisen ja poistamisen yhteydessä, tai mahdollista vara-akkua käytettäessä. Oletuksena on, ettei SIM-korttia juurikaan irroteta, joten myöskään akun jatkuva irrottaminen ja kiinnittäminen ei kuulu tuotteen päivittäiseen käyttöön. Tämän vuoksi testisyklimäärän laskennassa syklimääräksi oletetaan 1 / viikko. Testisyklissä akku irrotetaan päätelaitteesta kokonaan ja asennetaan takaisin paikalleen. Päätelaitteelle suoritetaan normaali lopputarkastus testin jälkeen. Taulukossa 4 esitetään syklimäärän laskenta.

TAULUKKO 4. Akun vaihto -syklin laskenta

Elinikä	Syklejä / viikko	Yhteensä	Varmuuskertoimella (n = 1.5)	Syklit testissä
5 vuotta	1 kpl	260	390	500

5.2.2 SIM-kortin vaihto

Testissä simuloidaan loppukäyttäjän tekemää SIM-kortin irrottamista ja kiinnittämistä. SIM-kortti asennetaan erilliseen komponenttiin, joten mekaanista kulumista ei päätelaitteen muoviosille tule. Testin tarkoituksena on todentaa SIM-kortinlukijan elektroninen toiminta päätelaitteen elinjakson aikana. Testissä SIM-kortti irrotetaan komponentista ja asennetaan takaisin. Testistä ei saa aiheutua minkäänlaisia elektronisia tai mekaanisia muutoksia päätelaitteelle. Testatulle päätelaitteelle suoritetaan normaali lopputarkastus testin jälkeen. Taulukossa 5 on esitetty syklimäärän laskenta.

TAULUKKO 5. SIM-kortin irrotus- ja kiinnityssyklin laskenta

Elinikä	Syklejä / kuukausi	Yhteensä	Varmuuskertoimella (n = 1.5)	Syklit testissä
5 vuotta	2 kpl	120	180	300

5.2.3 Orgaaninen rasva

Testin tarkoituksena on simuloida orgaanisen rasvan ja öljyn aiheuttamia mahdollisia muutoksia päätelaitteen muoviosissa ja silikonitiivisteissä. Joissain tapauksissa orgaaninen rasva saattaa aiheuttaa kemiallista väsymistä valetuissa muoviosissa. Testillä pyritään simuloimaan tuotteen elinjakson aikaista altistumista rasvalle, ja löytämään muoviosien mahdolliset heikot kohdat. Testissä käytetään neitsytoliiviöljyä, jota pyyhitään pehmeällä kankaalla päätelaitteen ulkopinnoille. Ylimääräinen öljy pyyhitään tuotteesta kuivalla kankaalla. Päätelaitteet asetetaan lämpökammioon, 45 asteen lämpötilaan 7 päivän ajaksi. Testijakson päätyttyä testatut laitteet puretaan ja muoviosat tarkastetaan mikroskoopilla. Osissa ei saa olla murtumia tai visuaalisia muutoksia. Päätelaitteelle suoritetaan normaali lopputarkastus.

5.2.4 Liitinluukkujen sykli

Testin tarkoituksena on simuloida päätelaitteen elinjakson aikaista liitinluukkujen avaamista ja sulkemista. Testissä päätelaitteen luukut avataan ja suljetaan kokonaan ääriasennosta toiseen. Testistä ei saa aiheutua merkittävää mekaanista kulumista päätelaitteelle tai liitinluukuille. Liitinluukkujen toiminta ja tiiveys pitää olla samalla tasolla, kuin uudessa laitteessa. Vähäinen mekaaninen kuluminen on sallitua. Osat tutkitaan testin jälkeen mikroskoopilla. Syklimäärän laskennassa käytetään liitinsyklimäärän kanssa samaa laskentaa. Testatulle päätelaitteelle suoritetaan normaali lopputarkastus.

TAULUKKO 6. Liitinluukkujen kiinnitys-avaus-syklin laskenta

Elinikä	Syklejä / päivä	Yhteensä	Varmuuskertoimella (n = 1.5)	Syklit testissä
5 vuotta	1 kpl	1825	2734	3000

5.2.5 Naarmutus

Naarmutustestauksen tarkoituksena on selvittää tuotteessa käytettyjen materiaalien kestävyyttä naarmuuntumista vastaan. Testi tehdään säädettävällä kovuudenmittauskynällä. Kaikille visuaalisille pinnoille tehdään testi, jossa määritellään se voima, jolla kyseinen pinta naarmuuntuu. Testi aloitetaan 1 N:n voimalla ja voimaa lisätään 1 N:n asteikolla siihen asti, kunnes pintaan tulee visuaalisesti havaittava naarmu.

Etukuoressa visuaalinen pinta on termoplastista polyuretaania. Termoplastinen polyuretaani on pehmeää materiaalia, joten se ei naarmuunnu kuten kovat muovit. Tässä tapauksessa testauksen kohteena on termoplastisen polyuretaanin kuoriutumismoima. Testauksessa haetaan sitä minimivoimaa, jolla kyseinen materiaali irtoaa runkomateriaalina käytetystä lasikuituvahvisteisesta polykarbonaatista. Myös näppäimistölle tehdään naarmuuntumistesti, jonka

tarkoituksena on selvittää millä voimalla pintamaalatus näppäimistön maali kuoriutuu. Taulukko 7 esittää ne raja-arvot, jotka päätelaitteen materiaalien pitää ylittää. Testiraportissa ilmoitetaan saadut raja-arvot. Raporttiin liitetään kuvat testauksen vaiheista ja saaduista tuloksista.

TAULUKKO 7. Naarmuuntumistestin raja-arvot

Kohde	Minimivoima
Suojalasi / ikkuna – Naarmuuntuminen	7 N
Visuaaliset materiaalit – Naarmuuntuminen	3 N
Visuaaliset materiaalit – Kuoriutuminen	10 N
Maalatut pinnat – Kuoriutuminen	10 N

5.3 Ulkoistetut testit

Testit joita ei voida suorittaa Saskan Finland Oy:n testilaboratoriossa ulkoistetaan kolmannelle osapuolelle. Testit pyritään ulkoistamaan yhdelle toimittajalle. Testien ulkoistamisprosessista sekä testitoimittajan valintaprosessista on kerrottu tarkemmin kappaleessa 7.

5.3.1 Sinimuotoinen värinä

Päätelaitteelle sinimuotoinen värinä -testi suoritetaan, koska laitteen tulee täyttää merenkulussa käytettäville navigaatio- ja kommunikaatiolaitteille asetetut yleiset vaatimukset. Testi pohjautuu IEC standardiin 60068-2-6, joka määrittelee tarkemmin vaatimukset värinän muodolle, taajuuksille, kiihtyvyyksille, poikkeamille ja kestoille.

Testin pääasiallisena tarkoituksena on simuloida päätelaitteen kykyä suoriutua merenkulussa aiheutuvista rasituksista ja värinästä ilman vaurioita tai

suorituskyvyn heikkenemistä. Testi pyrkii simuloimaan laivojen ja veneiden potkureiden ja moottoreiden aiheuttamaa tärinää.

Testin taajuus vaihtelee välillä 2 Hz – 13 Hz. Matalammilla taajuuksilla simuloidaan merenkulkua normaalissa olosuhteissa ja korkeammilla taajuuksilla merenkulkua myrskyissä ja muissa hankalammissa olosuhteissa. Testin tarkoituksena on simuloida moottoreista ja potkureista aiheutuvia tärinävaikutuksia, eikä sen tarkoituksena ole simuloida normaalia merenkäyntiä, kuten aaltoilua. Ulkoisen toimittajan vastuulle jää testien suorittaminen ja testeistä raportointi standardin vaatimalla tavalla.

5.3.2 Simuloitu auringonsäteily

Testin tarkoituksena on simuloida auringonsäteilyä aiheutuvia mekaanisia ja elektronisia muutoksia päätelaitteessa. Pääasiallisena testikohteena on näyttö ja sen toimintaan kohdistuvat mahdolliset muutokset. Testi suoritetaan lämpökammiossa, jossa on auringonsäteilyä simuloiva valolähde. Valonlähde lähettää näkyvän valon lisäksi ultravioletti A, ultravioletti B ja infrapunasäteilyä. Taulukossa 8 on määritetty tarkemmin käytettävät aallonpituudet, irradianssit, aallonleveydet ja käytettävät toleranssit. Testissä käytetään syklejä. Testisykli on 8 tuntia valoa ja 16 tuntia pimeää. Syklejä tehdään 10 kappaletta, joten testin kokonaispituus on 10 vuorokautta. Ulkoisen toimittajan vastuulle jää testien suorittaminen ja testeistä raportointi standardin IEC 60068-2-5 vaatimalla tavalla.

TAULUKKO 8. Auringonsäteilytestissä käytettävät aallonpituudet

Spektrialue	Ultravioletti B	Ultravioletti A	Näkyvä			Infrapuna
Kaistanleveys [µm]	0,28 – 0,32	0,32 – 0,40	0,40 – 0,52	0,52 – 0,64	0,64 – 0,78	0,78 – 3,00
Irradianssi	5 W / m ²	63 W / m ²	200 W / m ²	186 W / m ²	174 W / m ²	492 W / m ²
Toleranssi	± 35%	± 25%	± 10%	± 10%	± 10%	± 20%

5.3.3 Suolasumu

Testissä simuloidaan suolapitoisen ilmaston vaikutuksia päätelaitteeseen ja sen toimintaan. Suola voi aiheuttaa metalli- ja muoviseosmateriaaleissa mekaanisia ja visuaalisia muutoksia. Metallien kanssa suola reagoi sähkökemiallisesti. Ei-metallisten materiaalien heikkeneminen suolan vaikutuksesta johtuu monista erilaisista materiaalin ja suolan välisistä kemiallisista reaktioista.

Testissä käytetään suolasuihkutus- ja ilmastokammioita. Päätelaite asetetaan + 35 °C – lämpöiseen suolasuihkutuskammioon, missä suihkutetaan 5 % -suolaliuosta (NaCl) 2 tunnin ajan. Suolasuihkutuskammioista päätelaite siirretään ilmastokammioon, jonka lämpötila on 40 °C ja suhteellinen kosteusprosentti 93 %. Ilmastokammiossa päätelaite on seitsemän päivän ajan. Testistä ei saa aiheutua laitteelle mekaanisia tai merkittäviä visuaalisia muutoksia. Ulkoisen toimittajan vastuulle jää testien suorittaminen ja testeistä raportointi standardin IEC 60068-2-52 vaatimalla tavalla.

5.3.4 IP-testit

IP-testauksella verifioidaan päätelaitteelta vaadittu vesi- ja pölytiiveys. IP-luokitus kertoo laitteen suojauksen pölyä ja vettä vastaan. Luokituksen sisältö on esitetty standardissa IEC 60529. IP-merkintä koostuu tekstistä IP ja kahdesta numerosta. Ensimmäinen numero kertoo laitteen suojauksen vieraita esineitä ja pölyä vastaan, ja toinen numero kertoo laitteen suojauksen vettä ja kosteutta vastaan. Suojauksen tarkemmat tiedot esitetty taulukossa 9. (Sähköturvallisuuden edistämiskeskus 2009)

Toimittaja suorittaa tarvittavat IP-testit ja päätelaitteen IP-sertifiointin IEC 60529 – standardin mukaan, ja toimittaa testien jälkeen kaikki standardinmukaiset raportit päätelaitteen testauksesta. Toimittajan vastuulle jää testien suorittaminen, raportointi ja tuotteen IP-sertifiointi standardin vaatimalla tavalla.

TAULUKKO 9. IP-luokituksen selitykset (Sähköturvallisuuden edistämiskeskus 2009)

Ensimmäinen numero	
0	Suojaamaton
1	Kun esineen halkaisija on yli 50 mm
2	Kun esineen halkaisija on yli 12,5 mm
3	Kun esineen halkaisija on yli 2,5 mm
4	Kun esineen halkaisija on yli 1,0 mm
5	Pölysuojattu
6	Pölytiivis

Toinen numero	
0	Suojaamaton
1	Pystysuoraan tippuvalta vedeltä
2	Tippuvalta vedeltä (+/- 15 astetta)
3	Satavalta vedeltä (+/- 60 astetta)
4	Roiskuvalta vedeltä
5	Vesisuihkulta (joka suunnasta)
6	Voimakkaalta vesisuihkulta
7	Lyhytaikaisesti upotettuna
8	Jatkuvasti upotettuna

5.3.5 IK-testi

IK-sertifioinnilla varmistetaan päätelaitteen kestävyys mekaanisia iskuja vastaan. IK-sertifiointi pohjautuu IEC 62262 –standardiin. Standardissa määritellään IK-testeissä käytetyt lujuusluokat, kuvataan iskulujuusluokat ja luokkien vaatimukset, sekä määritellään sertifiointissa käytettävät testimenetelmät. Taulukossa 10 on kuvattu IK-testiluokkien vaatimukset lyhyesti. (SFS-Verkkokauppa 2013 – IK-standardi)

Ulkoistettujen testipalveluiden toimittaja suorittaa IK-testauksen ja –sertifiointin. Toimittajan vastuulla on testien suorittaminen ja tuotteen sertifiointi IEC 62262 –standardin mukaisesti ja vaadittujen raporttien toimittaminen sovitulla tavalla ja sovitussa aikataulussa.

TAULUKKO 10. IK-luokkien kuvaukset

IK-luokka	Iskuenergia (joulea)	Vastaava isku
0	Suojaamaton	Ei testiä
1	0.15	200 g:n painoisen objektin pudotus 7,5 cm:n korkeudelta
2	0.2	200 g:n painoisen objektin pudotus 10 cm:n korkeudelta
3	0.35	200 g:n painoisen objektin pudotus 17,5 cm:n korkeudelta
4	0.5	200 g:n painoisen objektin pudotus 25 cm:n korkeudelta
5	0.7	200 g:n painoisen objektin pudotus 35 cm:n korkeudelta
6	1	500 g:n painoisen objektin pudotus 20 cm:n korkeudelta
7	2	500 g:n painoisen objektin pudotus 40 cm:n korkeudelta
8	5	1,7 kg:n painoisen objektin pudotus 29,5 cm:n korkeudelta
9	10	5 kg:n painoisen objektin pudotus 20 cm:n korkeudelta
10	20	5 kg:n painoisen objektin pudotus 40 cm:n korkeudelta

5.3.6 Isku

Testi simuloi päätelaitteeseen ja sen komponentteihin kohdistuvia pulssimaisia iskuja eli shokkeja. Iskutestillä pyritään paljastamaan komponenttien ja laitteen mekaanisten osien heikkous ja suoritusarvojen heikkeneminen sovelluskohteissa, joissa ne voivat olla alttiina epäsäännöllisille yksittäisille iskuille esim. kuljetuksen aikana.

Testissä päätelaitteeseen kohdistetaan nopeita pulssimaisia iskuja. Iskujen kesto on 6 ms ja iskunaikainen huippukiihtyvyys 300 m/s². Käytettävä pulssimuoto on puolisiin. Testi suoritetaan X-, Y-, ja Z-akselien suuntaisesti, kerran jokaiseen suuntaan. Jokaiseen testattavaan päätelaitteeseen kohdistuu yhteensä 6 shokkia. Testistä ei saa aiheutua minkäänlaisia elektronisia tai mekaanisia muutoksia testattavalle laitteelle. Testin jälkeen päätelaitteelle suoritetaan normaali lopputarkastus. Testi suoritetaan standardin IEC 60068-2-27 mukaisesti. Testin suorittaminen ja testituloksista raportointi standardin mukaisesti jää toimittajan vastuulle.

5.3.7 Pintojen kulutus

Testillä simuloidaan visuaalisten pintojen ja pinnoilla olevien merkintöjen kulumista päätelaitteen elinjakson aikana. Testaus suoritetaan vibraattorikulutustesterillä. Testeriin laitetaan päätelaitteen lisäksi kulutuskappaleita ja vettä. Testissä käytettävät testauslaitteet ja testin kulutuskappaleet ovat määritelty Saska Finland Oy:n sisäisessä testispesifikaatiossa: *Wearing Endurance – Vibratory Wearing*. Kyseinen spesifikaatio toimitetaan tarjouspyynnön yhteydessä testin toimittajalle. Toimittajan vastuulle jää testin suorittaminen ja testitulosten raportointi toimitetun testispesifikaation mukaisesti.

6 TESTISUUNNITELMA

Testisuunnitelmaan sisällytetään käytettävät testit, alustava aikataulu testien suorittamiselle ensimmäisten päätelaitteiden saapumisesta alkaen ja ulkoistettujen testien kilpailutus ja hankinta. Testisuunnitelman aikataulua ei sidota päivämääriin, vaan tarkoituksena on luoda alustava aikataulu protolaitteiden testaamiselle niiden vastaanottamisesta lähtien. Aikataulun periaattena on, että mekaanisesti vaativimmat ja rankimmat testit suoritetaan ensin, ja oletetusti päätelaitteelle mekaanisesti helpommat testit toteutetaan myöhemmässä vaiheessa.

Päätelaitetta valmistetaan yhteensä kolme tuotekehitysprosessin aikaista tuotantosarjaa. Kaksi tuotantosarjoista on varsinaista prototuotantoa ja yksi tuotantosarjoista esituotantoa. Tuotekehitysprosessin tuotantosarjojen jälkeen aloitetaan varsinainen massatuotanto. Jokaisen tuotantosarjan jälkeen kaikki testisuunnitelmaan sisällytetyt testit toteutetaan. Mikäli testituloksissa ilmenee merkittäviä ongelmia, on myös mahdollista valmistaa erillisiä koesarjoja prototuotantosarjojen välillä. Koesarjat toteutetaan vain tietyille osille ja niihin voidaan tehdä vain pieniä muutoksia. Koesarjojen käyttö prototuotantosarjojen välillä ei kuitenkaan ole suositeltavaa, koska ne lisäävät kustannuksia ja saattavat aiheuttaa merkittäviä viivästymisiä kokonaisprojektille.

Hylättyjen testitulosten jälkeen kyseisten testien päätelaitteet ja tulokset analysoidaan ja tutkitaan huolellisesti. Testitulosten analysointien perusteella päätelaitteelle tehdään tarvittavat muutokset ja korjaukset. On todennäköistä, että ensimmäisen protosarjan päätelaitteet eivät läpäise kaikkia testejä ja asetettuja vaatimuksia. Tavoitteena on, että esituotantosarjan päätelaitteet läpäisevät kaikki testit ja massatuotanto voidaan aloittaa.

6.1 Testauksen aikataulun suunnittelu

Projektin suunnittelussa eräs tärkeimmistä kysymyksistä on aikataulu ja tehtävien sijoittaminen aikatauluun. Testisuunnitelmassa suoritettavat testit ovat jaettu

tehtäviksi. Aikataulun tarkoituksena on testien ajoittaminen, testien keston ja järjestyksen määrittäminen ja testausaikataulun luominen. Aikataulun tekeminen perustuu arvioihin, ja arviointi päättyy aikataulutavoitteen asettamiseen. Päätymisen ajankohta saattaa myös päivittyä projektin edetessä. Aikataulun suunnittelua voidaan lähestyä yleisesti kahdella tavalla: yksityiskohdista kokonaisaikatauluun tai tavoiteaikataulusta yksityiskohtiin. Testiaikataulun tapauksessa edetään yksityiskohdista kokonaisaikatauluun. (Arto, Martinsuo & Kujala 2006, 122.)

Aikataulun suunnittelun perustana ovat työn ositus, tehtävämääritys ja projektin kokonaistavoitteet. Testisuunnitelmassa työn ositus ja tehtävämääritys perustuu suoraan suoritettaviin testeihin. Aikataulun suunnittelussa useimmiten ensimmäiset työversiot ovat karkeita arvioita, joita tarkennetaan suunnittelun aikana. Testausaikataulu voidaan kuitenkin määrittää jo alkuvaiheessa tarkasti, koska käytettävät testit ja niiden kesto on tiedossa. (Arto ym. 2006, 122.)

Tehtäville ei ole yhtä absoluuttista tai objektiivista kesto, joka voitaisiin tunnistaa tai standardisoida. Yleensä voidaan todeta, että tehtävillä on joku todennäköinen kesto sekä vaihteluväli, jossa kesto toteutuu. Tehtävien keston realistinen ja tarkka arviointi on tärkeää, jotta aikataulun venyminen ei aiheuta projektin kokonaisaikataulun venymistä. Testiaikataulussa tehtävien kesto voidaan määrittää jo alussa erittäin tarkasti. Pidemmässä testeissä testien kesto voidaan laskea syklimääristä lähes tunnin tarkkuudella, ja muissa testeissä voidaan käyttää kokemukseen perustuvia arvioita. (Arto ym. 2006, 127-128.)

Työn osituksen ja aikataulun suunnittelu nivoutuu yhteen resurssien suunnittelun kanssa, koska muun muassa tehtävien kesto ja toteutustapa voivat tekijän ja saatavilla olevan laitekapasiteetin mukaan vaihdella kovasti. Tehtävämäärittelyssä ja aikataulun luonnostelussa harkitaan, ketkä ihmiset projektiin osallistuvat ja millaista laitekapasiteettia tarvitaan. Testiaikataulu on laadittu pääosiltaan toteutettavaksi yhdellä työntekijällä eli operaattorilla. Tarvittaessa on kuitenkin saatavilla lisäresurssina avustava operaattori, jota voidaan käyttää apuna

testattujen päätelaitteiden tutkimisessa, analysoinnissa ja testausdokumenttien laadinnassa. Myös testilaittekapasiteetti on kokonaisuudessaan käytettävissä koko projektin ajan. Manuaalisesti suoritettavat syklitestit toteutetaan kolmen operaattorin toimesta. Operaattorit määritetään testien alkaessa sen hetkisen työtaakan ja resurssien perusteella. (Artto ym. 2006, 141-142.)

6.2 Testiaikataulu ja laitteiden kierrätys testien välillä

Testattavien päätelaitteiden rajallisen määrän vuoksi, jokaisessa testissä ei voida käyttää uusia päätelaitteita. Tämän vuoksi testiaikataulussa huomioidaan myös päätelaitteiden kierrätys testistä toiseen. Mekaanisesti vaativimmat testit toteutetaan uusilla päätelaitteilla. Testiaikataulu esitetään Gantt-kaavion avulla.

Alustavasti testit on suunniteltu toteutettavaksi 100:lla testattavalla päätelaitteella. Prototuotannosta riippuen päätelaitteiden määrä voi olla kuitenkin hieman pienempi. Koska tarkkaa protomäärää ei tiedetä, laaditaan kaksi toteutussuunnitelmaa alustavien arvioiden mukaan. Toteutussuunnitelmataulukossa 11 on sekä oletettu päätelaitemäärä, että ns. pahimman tapauksen –laitemäärä. Taulukossa testit ovat ryhmitelty suunnitellun toteutuksen mukaisesti. Osa testeistä voidaan myös suorittaa pelkillä muoviosilla tarvittaessa.

TAULUKKO 11. Päätelaitteiden protomäärät testeissä

TOTEUTUSSUUNNITELMAT	Oletettu proto-määrä protoryhmässä	Oletetut protot testissä	"Pahin tapaus" proto-määrä protoryhmässä	"Pahin tapaus" protot testissä
Sinimuotoinen tärinä	24	3	21	3
Isku		3		3
Simuloitu auringonsäteily		3		2
IP-testit		6		4
IK-testi		3		3
Suolasumu		3		3
Pintojen kuluminen		3		3
Lämpötilan vaihtelu	13	10	10	10
Pistemäinen voima		3		2
Taivutus		5		2
Vääntö		3		2
Näppäinten ja liitinluukkujen irroitus		2		2
Antennisaranan sykli	4	4	3	3
Akun vaihto		4		3
SIM-kortin vaihto		4		3
Liitinluukkujen sykli		4		3
Orgaaninen rasva		4		3
Satunnaispudotus		25		25
Kosteaa lämpö	25	25	20	20
Suunnattu pudotus	25		20	
Liitinten sykli	3	3	2	2
Rannehinnan kiinnityksen veto		3		2
Liitinten vääntö	6	3 + 3	4	2 + 2
Naarmutus		3		3
Näppäinten sykli		4		4
Kosteaa lämpö		4		4
Päätelaitteet	100		80	

Testauksen aikataulu suunnitellaan käyttäen janakaaviota eli Gantt-kaaviota. Gantt-kaavion ideana on esittää projektin tehtävät ja niiden ajoittaminen aika-akselille sijoitettuina janoina tai pylväinä. Gantt-kaavion lähtökohtana on siis työn osituksessa ja työpaketeissa määritetyt tehtävät, joille voidaan arvioida kesto. (Arto ym. 2006, 127-128.)

verifioimaan antennin mekaaninen liike ja liikkeestä aiheutuvien kulumien vaikutus antennin toimintaan. Syklitesti toteutetaan automaattisella testerillä, joten testin jatkuva valvonta ei ole välttämätöntä. Syklitestin rinnalla toteutetaan satunnaispudotustestit. Satunnaispudotukset ovat mekaanisesti erittäin vaativia, joten on todennäköistä, että kyseisessä testissä ilmenee muutostarpeita päätelaitteen suunnitteluun. Varhaisessa vaiheessa toteutettu testi antaa enemmän aikaa mahdollisten muutosten tekemiseen. Satunnaispudotustestin hyväksytysti läpäisseet päätelaitteet jatkavat kostea lämpö –testiin.

Antennisaranasyklin jälkeen testatuille päätelaitteille tehdään manuaalisesti suoritettavat syklitestit. Syklitesteillä pyritään pääasiassa verifioimaan akun kestävyys ja selvittämään mekaanisesta kulumisesta aiheutuvat mahdolliset ongelmat. Kokonaisprojektin osalta akun valmistus on kriittisellä polulla, joten mahdollisten muutostarpeiden tunnistaminen aikaisessa vaiheessa on välttämätöntä.

Viimeisenä tehdään näppäinten syklitesti. Kyseinen testi vie eniten aikaa, ja se toteutetaan naarmutus ja liitinten vääntö -testeissä käytetyillä päätelaitteilla. Testi toteutetaan automaattisella testerillä, joten testi ei tarvitse erillistä valvontaa lukuunottamatta päätelaitteiden välitestauksia 100 000 syklin välein. Mekaanisesti testi ei ole vaativa, joten siinä ei odoteta ilmenevän ongelmia päätelaitteiden toiminnan kannalta. Testatuille päätelaitteille tehdään vielä näppäinten syklitestin jälkeen kostea lämpö –testi.

6.3 Testitulosten raportointi

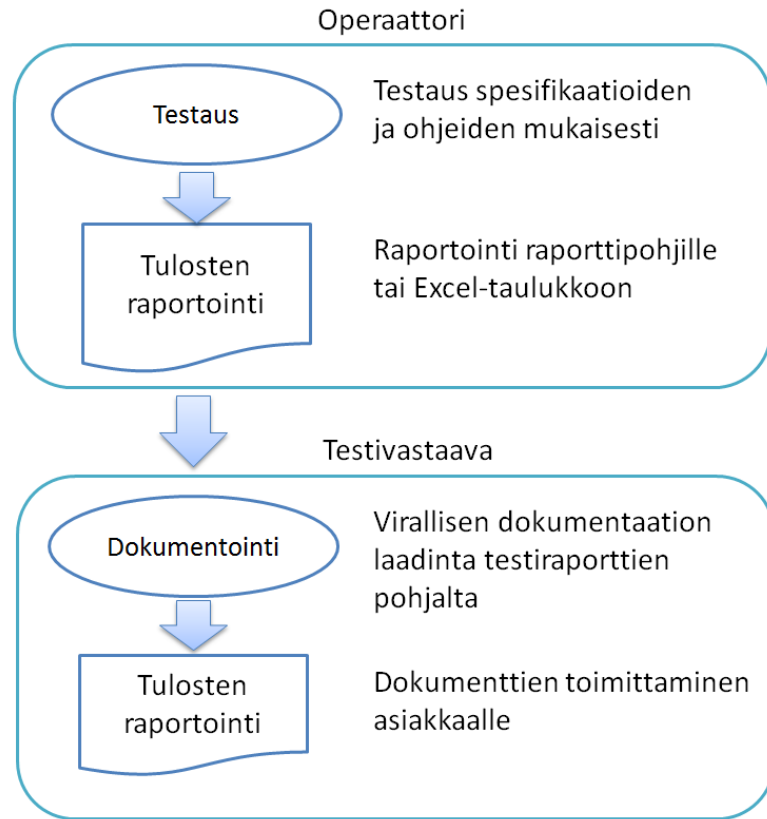
Projektissa syntyy tietoa, josta osa edellyttää käsittelyä, jakelua ja varastointia. Yksinkertaisemmin sanottuna voidaan puhua dokumentaatiosta. Tämä tieto voi koskea projektin tuotetta, välituloksia tai projektinhallintaa. Tuotetta koskeva dokumentaatio voi olla esimerkiksi spesifikaatioita, piirrustuksia, konseptimäärytyksiä tai simulaatoraportteja. Testauksessa syntyvä tieto on

testitulokset, jotka vaativat käsittelyä ja jakelua asiakkaalle ja muille projektin osapuolille. (Artto ym. 2006, 234.)

Projektin raportointi ja seuranta ovat keskeinen osa projektin ohjausta. Näiden tarkoituksena on varmistaa, että projekti etenee suunnitelman mukaisesti ja että projektin tulokset täyttävät odotukset. Raportointia ja seuranta tehdään sekä oman yrityksen tarpeisiin, että kohdistetusti projektin asiakkaalle. Testitulosten raportoinnilla jaetaan ensisijaisesti testeistä saatavaa tietoa mekaniikkasuunnittelijoille tarvittavien muutosten tekemiseksi. Testausdokumentit jaetaan myös asiakkaalle osana tuotekehitysprojektin väliraportointia. (Artto ym. 2006, 234.)

Raportointi on keskeinen osa projektin ohjausta. Ilman tarkoituksenmukaista seuranta ja raportointia ohjaus jäisi satunnaiseksi, epämääräiseksi ja todennäköisesti myös tuloksettomaksi. Johdonmukainen raportointi on tarpeen sekä projektin tilan ymmärtämisen ja siihen liittyvän päätöksenteon takia, että käytännön toimenpiteiden perustelemiseksi faktoilla. Testitulokset raportoidaan asiakkaalle yritysten välisten sopimusten ja käytössä olevien sisäisten ohjeistusten ja standardien mukaisesti. (Artto ym. 2006, 234.)

Yrityksessä ei ole aiemmin ollut sisäiseen raportointiin ja tietojen keräämisen tarkoitettuja raporttipohjia mekaniikkatestauksen osalta. Testisuunnitelman yhteydessä on laadittu raporttipohjat käytettäväksi testien raportointiin. Raporttipohjia laadittaessa on pyritty luomaan selkeät ja helposti täytettävät raporttipohjat, joiden avulla operaattorin on selkeä luoda tarvittavat raportit ja jakaa haluttu informaatio projektin testivastaavalle. Testivastaava koostaa raporttien pohjalta tarvittavat dokumentit toimitettavaksi eteenpäin asiakkaalle. Pudotustesteissä käytetään omia raporttipohjia (LIITE 1 ja LIITE 2). Muissa testeissä on käytössä yleinen raporttipohja (LIITE 3). Raporttipohjat on tarkoitettu täytettäväksi sähköisessä muodossa Excelillä, mutta raportti on myös tarpeen vaatiessa mahdollista tulostaa ja täyttää kynällä. Kuvio 17 esittää tiedonkulkuprosessin testauksesta asiakkaalle.



KUVIO 17. Tiedonkulku testauksesta asiakkaalle

7 ULKOISTETTUIJEN TESTIPALVELUIDEN HANKINTA

Tavoitteena on tarvittavien testipalveluiden hankkiminen mahdollisimman kokonaisedullisella tavalla. Kokonaisedullisuudella tarkoitetaan kustannus- ja hyötyvaikutusten suhdetta kaikkien eri tekijöiden kannalta. Hankinnan kustannuksiin sisällytetään rahallisen hinnan lisäksi hankinnan hallintaan käytetty aika ja hankintaan sisältyvät riskit. Hankintojen hallinnassa tarkastellaan sitä, kannattaako resursseja hankkia ulkopuolelta, millä tavoin hankinta toteutetaan, kuinka paljon hankitaan, sekä miten hankinnat ajoitetaan ja koordinoidaan. (Arto ym. 2006, 141-142.)

Testipalveluiden hankinnassa rahallisen hinnan lisäksi merkittävänä tekijänä on toteutukseen käytettävä aika. Testit pitää toteuttaa nopealla aikataululla, eikä aikataulu saa viivästyä. Toivottavaa myös on, että kaikki ulkoistettavat testit voidaan toteuttaa yhdessä paikassa. Hankintojen hallinnan näkökulmasta testit on pakollista hankkia ulkopuoliselta taholta, koska kaikkia testejä ei voida toteuttaa sisäisesti puutteellisten laiteresurssien vuoksi.

Hankinnan osatehtävät ovat seuraavat:

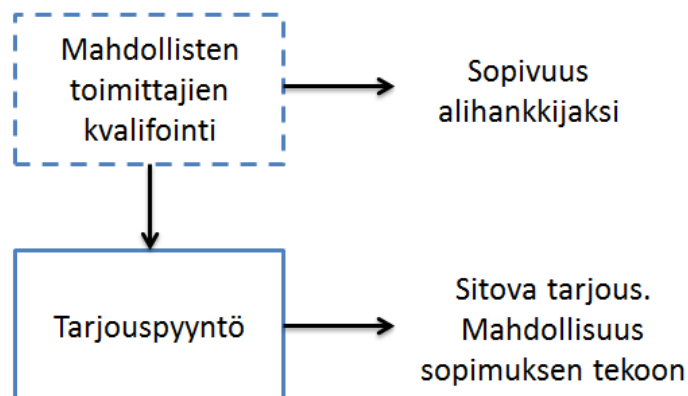
- Hankintojen valmistelu ja suunnittelu
- Potentiaalisten toimittajien valikointi ja tarjouskilpailu
- Toimittajan valinta ja sopimusvalmistelut
- Sopimusten hallinta, sopimussyhteistyö ja sopimussyhteistyön päättäminen

Hankinta käynnistyy hankintatarpeen tunnistamisella ja arvioimisella. Ulkoistettavien testipalveluiden tapauksessa hankintatarve on ollu tiedossa jo kokonaisprojektin aloitusvaiheessa. Hankintatarve on täsmentynyt projektin edetessä. Täsmällinen kokonaishankinta on varmistunut testivalintojen yhteydessä, jolloin on päätetty mitä testejä tehdään ja mitkä näistä ulkoistetaan.

Asiakkaan vaatimuksesta päätelaitteen tulee olla IP- ja IK-sertifioitu. IP- ja IK-testien lisäksi ulkoistettaviin testeihin kuuluvat auringonsäteily, suolasumu, sinimuotoinen värinä, isku ja pintojen kulutustesti.

7.1 Mahdollisten toimittajien valikointi

Hankintaa suunniteltaessa kootaan tietoa vaihtoehtoisista toimittajista ja vertaillaan niiden tarjontaa sisältöjen, hyötyjen ja kustannusten osalta. Toimittajien valikointi on potentiaalisilta tarjoajilta saatavan tiedon hankkimista ja käsittelyä. Tyypillinen prosessi koostuu kahdesta vaiheesta, jotka on esitetty kuviossa 18. Ensimmäiseksi todetaan sopivuus toimittajaksi, jonka jälkeen pyydetään tarjous. Toimittajien kvalifoinnin ja tarjouspyynnön välissä voi olla myös alustava tarjouspyyntö, mutta tässä tapauksessa ei alustavaa tarjouspyyntöä tarvita. Kyseessä olevat testit ovat testitoimittajille arkipäiväistä, rutiininomaista toimintaa, jonka vuoksi voidaan pyytää suoraan sitovaa tarjoutta ja aikataulua. (Artto ym. 2006, 181-182.)



KUVIO 18. Tarjouskäsittelyn vaiheet (Artto ym. 2006)

Ulkoistettujen testipalveluiden toimittajan valikoinnissa pyritään siihen, sekä IP- ja IK-sertifioinnit, että muut ulkoistetut testit tehdään samalla toimittajalla. Tämän vuoksi alustavassa kartoituksessa keskitytään sellaisiin toimittajiin, joiden tarjontaan oletetaan kuuluvan tuotteiden IP- ja IK-sertifiointeja. Mikäli kaikkia testejä ja sertifiointeja ei pystytä toteuttamaan samassa paikassa, pyritään testit

toteuttamaan saatujen tarjousten perusteella kahdella toimittajalla. Mikäli ensimmäisellä tarjouskierroksella ei saada sellasia tarjouksia, että kaikki testit saadaan kahden toimittajan tarjousten perusteella toteutettua, siirrytään tarjouspyyntöjen toiseen vaiheeseen. Toisessa vaiheessa IP- ja IK-sertifiointien osalta laaditaan erillinen tarjouspyyntö ja muiden testien osalta oma tarjouspyyntö. Tässä vaiheessa on myös mahdollista kartoittaa lisää mahdollisia toimittajia. Toimittajien alustava kartoitus suoritetaan internet-sivuilla saatujen tietojen perusteella. Ensimmäisen tarjousvaiheen mahdolliset toimittajat esitellään kappaleessa 7.2.

7.2 Valitut toimittajavaihtoehdot

Mahdollisiksi toimittajavaihtoehdoiksi alustavan kartoituksen pohjalta valitaan VTT Expert Services Oy, TestHouse Enko ja SGS Inspection Services Oy. VTT Expert Services Oy on osa VTT Groupia. Yritys tarjoaa asiantuntija-, testaus-, tuotehyväksyntä- ja sertifiointipalveluja, sekä kalibrointipalveluja eri toimialojen tarpeisiin. Yritys tarjoaa kokeellisten laitteistojen avulla ratkaisuja tuotteiden ja tuotannon hallintaan. Palveluvalikoimaan kuuluu myös tuotteiden ja järjestelmien vaatimuksenmukaisuuden osoittamisen palveluita ja tukea niiden lanseerauksessa markkinoille. VTT Expert Services Oy toimii tuotteiden, toimintajärjestelmien ja henkilöiden sertifiointiorganisaationa, sekä tuote- ja tyyppihyväksyjänä. (VTT Expert Services Oy 2013)

Testhouse Enko on Salossa vuonna 2006 perustettu testipalveluiden toimittaja. Testauksen lisäksi yrityksen palveluihin kuuluu mittauspalvelut, testauksen suunnittelu ja järjestelmäintegraatiopalvelut. Enkon asiakkaisiin kuuluu mobiililaitteiden valmistajia, komponenttivalmistajia ja sähkölaitteiden valmistajia. TestHouse Enko on ISO/IEC 17025 sertifioitu testauslaboratorio. Kansainvälisten yhteistyökumppaneiden kautta Enko pystyy myös tekemään mm. CE-, FCC-, IC- ja CCC-sertifiointeja. Enko myös tarjoaa integroituja testausjärjestelmiä automatisoituihin radiotaajuus- ja EMC-mittauksiin. (TestHouse Enko Ltd 2013)

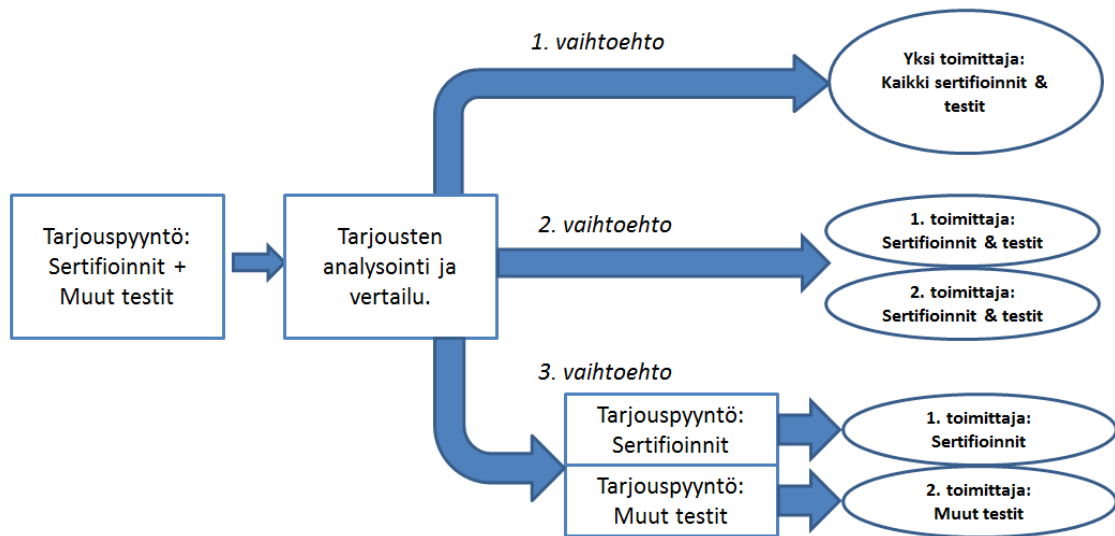
SGS Inspection Services Oy on osa maailmanlaajuisista SGS –yhtiötä. Yrityksen palveluihin kuuluu tuotteiden ja palveluiden tarkastus, verifiointi, testaus ja sertifiointi. SGS:llä on maailmanlaajuisesti 75 000 työntekijää ja 1500 toimipaikkaa ja laboratoriota. (SGS Suomi 2013)

7.3 Tarjouspyyntö

Tarjouspyyntö lähetetään valituille toimittajavaihtoehdoille. Valittujen toimittajaehdokkaiden kautta etsitään kokonaistaloudellisesti edullisinta ja sopivinta ratkaisua. Tässä vaiheessa myös pyydetään tarkat taloudelliset ja tekniset tarjoukset. Tarjouspyyntöön sisällytetään toteutettavat testit ja niiden aikataulu.

Ensimmäisessä vaiheessa tarjouspyyntöön sisällytetään sekä IP- ja IK-sertifiointit, että muut ulkoistetut testit. Mikäli toimittajilta ei saada tarjouksia, missä tarjotaan kaikkia pyydettyjä kohtia, tai hinta on liian korkea, voidaan ulkoistetut testit teettää kahdella toimittajalla. Mikäli ensimmäiseen tarjouspyyntöön ei saada tyydyttäviä vastauksia, tai kaikkiin pyydettyihin testeihin ei saada tarjouksia, siirrytään tarjouspyyntöjen toiseen vaiheeseen. Toisessa vaiheessa sertifiointit ja muut ulkoistetut testit erotellaan omiksi tarjouspyynnöiksi ja lähetetään alustavan valikoinnin ja ensimmäisen tarjouspyynnön vastausten perusteella mahdollisille toimittajille. Tarjouspyyntöjen toteutuksen prosessikaavio on esitetty kuviossa 19.

Tarjousentekovaihe toteutetaan siten, että tarjouksen yksityiskohtia tarkennetaan yhteisessä vuoropuhelussa ja sähköpostinvaihdossa tarvittaessa. Myös tarjouspyyntö toimitetaan sähköpostitse valituille toimittajavaihtoehdoille. Tarjouspyyntö tehdään riippumattomaksi toimittajasta. Siihen sisällytetään tarjouksen kohteen kuvaus (testit), tarjouksen sisällölliset vaatimukset, raportointivaatimukset ja aikataululliset vaatimukset. Tarjouspyynnössä pyydetään myös erittelemään testien hinnat vertailun helpottamiseksi. (LIITE 4) (Artto ym. 2006, 183-184.)



KUVIO 19. Tarjouspyyntöjen laadinnan prosessikaavio

7.4 Toimittajan valinta

Tarjousten saavuttua ne analysoidaan ja niille suoritetaan vertailu. Tarjousten analysoinnin tärkeimpinä kriteereinä ovat hinta, aikataulu ja testien suorittaminen yhdellä toimittajalla. Mikäli useampi toimittajavaihtoehtoista pystyy toteuttamaan kaikki testit, on määräävänä tekijänä hinta. Mikäli toimittajavaihtoehto ei kykene suorittamaan testejä vaaditussa aikataulussa, ei kyseistä vaihtoehtoa voida valita toimittajaksi. (Artto ym. 2006, 186.)

Mikäli ei saada yhtään tarjousta, jossa tarjotaan kaikkia testejä tai molempia sertifiointeja (IP ja IK), voidaan tässä tapauksessa käyttää kahta ulkoistettujen testien toimittajaa. Tässä tapauksessa valitaan ensisijainen toimittaja, joka suorittaa pääosan testeistä, ja loput testit suoritetaan toisella toimittajalla. Ensisijainen toimittaja valitaan hinnan ja kokonaisedullisuuden perusteella.

Yksinkertaisissa ja pienissä alihankinnoissa toimittaja valitaan suoraan tarjousten perusteella. Testitoimittajat valitaan tätä periaatetta noudattaen. Valittuihin tarjoukseen vastataan tilausvahvistuksella, jolloin toimittajan tarjouksesta muodostuu molempia osapuolia sitova sopimus. Muille tarjouksen tehneille

alihankkijoille ilmoitetaan tarjouksen käsittelystä ja hylkäämisestä. Kun toimittajan kanssa on päästy sopimukseen, aloitetaan yhteistyö sovitulla tavalla. Testitoimittajan kanssa sovitaan testien toteutuksen tarkemmasta aikataulusta, sekä testattavien päätelaitteiden toimittamisesta testitoimittajalle. (Arto ym. 2006, 186.)

Toimittajilta saadut tarjoukset järjestetään taulukkoon testien hintojen perusteella. Tarjousten perusteella halvin testi saa suhdeluvun 1. Muiden vaihtoehtojen suhdeluvut kertovat kuinka paljon kyseisen testin hinta on suurempi suhteessa halvimpaan vaihtoehtoon. Tarjoukset analysoidaan aikaisemmin määriteltyjen kriteerien mukaisesti, joita ovat hinta, aikataulu ja testit. Tarjoukset taulukoidaan aikajärjestyksessä, jossa ensimmäisenä saapunut tarjous on vaihtoehto A, ja viimeisenä saapunut tarjous on vaihtoehto C. Koska tarjouspyyntöjen tarkempia tietoja ei opinnäytetyön toimeksiantajan puolesta haluta esittää, ei yhteyttä mahdollisten toimittajien ja tarjousten välillä opinnäytetyössä esitetä. Myöskään tarkempia hintatietoja ei toimeksiantajan pyynnöstä esitetä. Saatujen tarjousten vertailu taulukossa 12.

TAULUKKO 12. Tarjousten vertailu

Toimittaja	Vaihtoehto A	Vaihtoehto B	Vaihtoehto C
Pystyykö toimittaja suorittamaan testauksen halutussa aikataulussa?	Kyllä	Kyllä	-
Onnistuuko raportointi tarjouspyynnön mukaisesti?	Kyllä	Kyllä	-
Vaaditut testit	4 / 7	6 / 7	0 / 7
Sinimuotoinen tärinä	1	1.42	-
Simuloitu auringonsäteily	-	1	-
Suolasumu	1	1.23	-
IP-testit	1	3.82	-
IK-testi	-	-	-
Isku	1	1.67	-
Pintojen kuluminen	-	1	-

Tarjouspyynnöt lähetettiin kaikille sähköpostitse yhtäaikaisesti. Nopeimmin tarjouspyyntöön vastannut vaihtoehto A lähetti tarjouksensa kolmessa päivässä.

Vaihtoehdolla B tarjouspyyntöön vastaamiseen kului aikaa 11 päivää. Vaihtoehto C vastasi tarjouspyyntöön 12 päivän kuluttua toisen pyynnön jälkeen.

Kaikki vaihtoehdon B tarjoamat testit ovat merkittävästi kalliimpia, kuin vaihtoehdon A. Suurin yksittäinen ero testien välillä on IP-sertifioinnissa, jossa vaihtoehdon B tarjous on lähes nelinkertainen vaihtoehtoon A nähden. Vaihtoehto B pystyy kuitenkin tarjoamaan pintojen kulutus ja simuloitu auringonsäteily –testit, jotka eivät vaihtoehto A:n valikoimaan kuulu.

Tarjottujen testien hinnat vaihtelevat välillä 500 – 5500 euroa. Lisäksi osassa tarjouksia on ylimääräisiä kuluja. Ylimääräisiin kuluihin kuuluu mm. päätelaitteen purkamiset ja raportointi, jotka toisessa tarjouksessa on eritelty testikulujen lisäksi. Toisessa tarjouksessa kaikki kulut ovat sisällytetty testeihin. Tarjouksia vertailtaessa ylimääräiset kulut on huomioitu testien hinnoissa.

Alustavan valikoinnin mukaan vaihtoehto C on aiemmin tarjonnut kaikkia pyydettyjä testejä. Vaihtoehto C ei kuitenkaan tarjoa enää testipalveluita Suomessa laisinkaan. Tarjouksen sijaan vaihtoehto C esittää testien teettämistä keski-eurooppalaisella yhteistyökumppanilla. Kokonaisedullisuuden kannalta tätä vaihtoehtoa ei kuitenkaan voida käyttää. Päätelaitteiden toimitus ulkomaille testattavaksi on liian kallista.

Vaihtoehto A valitaan pääasialliseksi testauksen toteuttajaksi huomattavasti edullisempien hintojen perusteella. Vaihtoehto B valitaan toteuttamaan *simuloitu auringonsäteily ja pintojen kulutus* –testit. IK-testausta ei voida toteuttaa ulkoisilla toimittajilla, koska kyseistä testausta ei yksikään vaihtoehtoista tarjoa. Tämän vuoksi IK-testauksen osalta on pohdittava muita vaihtoehtoja testauksen toteuttamiseksi. Vaihtoehtoinen toteutus on esitetty kappaleessa 7.5.

7.5 IK-testauksen toteutus vaihtoehtoisesti

Koska IK-testausta ja –sertifiointia ei voida toteuttaa alkuperäisen suunnitelman mukaan ulkoisella toimittajalla, joudutaan testauksen toteuttamiseksi miettimään vaihtoehtoisia toteutustapoja. Ensimmäisten tutkimusten mukaan paras vaihtoehto on IK-testauksen toteuttaminen Saskenin toimesta itse.

Alustavien kyselyjen ja tarjouspyyntöjen perusteella IK-testauksessa käytettävät jousivasarat maksavat 1500 – 3500 €. Kokonaisedullisuutta mietittäessä on testivasaran hankinta omaan käyttöön kannattavaa. IK-testaus suoritetaan tuotekehitysprojektin aikana 3 kertaa, joten yksi testauskerta ulkoisella toimittajalla tulisi maksaa korkeintaan 500 €, jotta testauksen ulkoistaminen olisi edullisempaa. Tarjouspyyntöjen perusteella IK-sertifiointia ei voi suorittaa Suomessa, joten päätelaitteet olisi toimitettava ulkomaille sertifiointiin. Jo pelkästään toimituskuluja ulkomaille tulee yli 500 € / toimituskerta, joten myös tämän perusteella voidaan vasaran hankintaa pitää perusteltuna.

IK-testauksessa käytettävät jousitoimiset testivasarat ovat standardin IEC 60068-2-75 mukaisia, joten niillä voidaan suorittaa myös IK-testausta standardin IEC 62262 mukaan. Vaikka testausvälineet ja testaus ovat standardinmukaisia, ei testaus kuitenkaan ole sertifioitua. (PTL-Test 2010)

Päätelaitteen tilanneelle asiakasyritykselle ehdotetaan IK-testauksen toteuttamista Sasken Finland Oy:n toimesta siten, että testaus toteutetaan ilman sertifiointia. Mikäli asiakas vaatii sertifioitua testausta, esitetään testauksen toteuttamista ulkoisella toimittajalla esituotantosarjan jälkeen. Oletuksena kuitenkin pidetään, että testauksen toteuttaminen sisäisesti standardien mukaisilla testausvälineillä riittää asiakkaan vaatimusten täyttämiseksi.

8 POHDINTA

Opinnäytetyön tarkoituksena oli laatia valmis testisuunnitelma kannettavan päätelaitteen tuotekehitysvaiheen mekaniikkatestaukselle. Testisuunnitelmaan oli tarkoitus sisällyttää testauksen aikataulu, käytettävät testit, sekä ulkoistettujen testien hankintaprosessi. Tarkoituksena oli myös kehittää ja päivittää testauksen raportoinnissa käytettävät raporttipohjat.

Opinnäytetyön aiheen valitseminen onnistui helposti. Työskentelen mekaniikkasuunnittelijana Saskan Finland Oy:ssä. Uuden projektin aloitusvaiheessa oli tiedossa, että mekaniikkatestauksen testivastaavan tehtävät kuuluisivat yhdelle mekaniikkasuunnittelijoista. Käytännössä tämä tarkoitti mekaniikkatestauksen suunnittelua ja testisuunnitelman laatimista. Laajuudeltaan tämä vastasi hyvin opinnäytetyön laajuutta ja ajallisesti työ sopi myös erittäin hyvin opintoihin ja opinnäytetyön laatimisen ajankohtaan.

Opinnäytetyön rajaamisen osalta aluksi pohdittiin myös mahdollisuutta liittää testauksen tulokset opinnäytetyöhön. Mielestäni tämä olisi kuitenkin tehnyt opinnäytetyöstä liian laajan. Myös kokonaisprojektin viivästyminen olisi vaikuttanut opinnäytetyön aikatauluun, joten senkään vuoksi tulosten liittäminen opinnäytetyöhön ei olisi ollut järkevää. Testisuunnitelman laatimiselle oli kokonaisprojektin puolesta asetettu selkeä aikataulu, joten opinnäytetyön rajaaminen pelkästään suunnitelman laatimiseen ilman testituloksia oli järkevämpää.

Opinnäytetyön aloitusvaiheessa minulla oli selkeä käsitys siitä, mitä testisuunnitelman laatiminen vaatii. Olen aikaisemmissa projekteissa toiminut testioperaattorina ja sitä kautta testausprosessit ovat tuttuja. Olen osaltani myös ollut tekemisissä testidokumentaation kanssa ja toiminut aiemmissa projekteissa testivastaavan apuna, joten lähtökohdat ja –tiedot opinnäytetyön tekemiselle olivat hyvät.

Opinnäytetyö laadittiin tietylle kannettavalle päätelaitteelle. Opinnäytetyön laatimisen aikana kyseinen päätelaite oli tuotekehitysvaiheessa. Tämän vuoksi oikeaa päätelaitetta ei voitu käyttää opinnäytetyön mallina. Päädyin käyttämään opinnäytetyössä oikean päätelaitteen kaltaista konseptimallia, jonka mekaaniset ominaisuudet olivat oikean päätelaitteen kanssa yhtäläiset. Konseptimallin avulla pystyin paremmin ja selkeämmin kertomaan päätelaitteen ominaisuuksista, sekä visualisoimaan ja kuvailemaan testien toteutuksen huomattavasti selkeämmin, kuin ilman konseptimallia.

Testisuunnitelmassa käytettyjen testien valinta onnistui helposti. Yrityksessämme on suunniteltu aiemmin lukuisia päätelaitteen kaltaisia tuotteita, joten tietoa ja osaamista laitteen testauksesta löytyi paljon. Myös testikuvausten laadinta onnistui helposti, vaikkakin testien kääntäminen ja referointi englannista suomeksi olikin erittäin aikaavievää ja työlästä. Yleistä teoriaa mekaniikkatestauksesta ei juurikaan löytynyt standardeja lukuunottamatta, mutta teoriaa tuotekehityksestä ja tuotekehityksen aikaisesta tuotetestauksesta löytyi kiitettävästi. Kokonaisuudessaan testauksen teoriaosuus testikuvauksineen ja teorioineen onnistui mielestäni hyvin.

Alun käynnistymisvaikeuksien jälkeen myös aikataulun laadinta, ulkoistettujen testien hankinta ja teorian rakentaminen niiden ympärille eteni hyvin. Selkeää teoriaa, ohjeistusta ja kirjallisuutta aikataulun laadinnasta ja ulkoistamisesta löytyi paljon projektinhallintaan liittyvästä kirjallisuudesta. Teoria myös auttoi kyseisten prosessien toteuttamista käytännössä, koska aiempaa kokemusta ei testiaikataulun tai tarjouspyyntöjen laadinnasta ollut. Mielestäni tämän vuoksi opinnäytetyön kirjoittaminen ja testauksen suunnittelu etenivät hyvin rinnakkain ja tukivat toisiaan prosessien edetessä kevään aikana. Sain jatkuvasti opinnäytetyöstä ideoita käytettäväksi testisuunnitelman laadinnassa, ja vastaavasti testauksen suunnittelu herätti ajatuksia opinnäytetyön kirjoittamiseen.

Raporttipohjien laadinta osoittautui lopulta yksinkertaisimmaksi tehtäväksi. Aikaisemman testioperaattorikokemuksen perusteella tiesin, millainen

raporttipohja on hyvä ja tarpeeksi selkeä, sekä millaista tietoa raporttiin tulee liittää. Dokumentoinnin teoria puolestaan herätti miettimään sitä tiedonkulunprosessia, mikä lähtee testauksen teoriasta, ohjeistuksesta ja kulkee testiraporttien ja testidokumenttien kautta asiakkaalle.

Ulkoistettujen testien osalta tavoitteena oli suorittaa testit yhdellä toimittajalla. Tämä kuitenkin osoittautui mahdottomaksi, koska yhdeltäkään toimittajalta ei lopulta saatu sellaista tarjousta, mikä olisi kattanut kaikki pyydyt testit. Tämän vuoksi ulkoistamisessa päädyttiin käyttämään kahta erillistä testauspalveluiden tarjoajaa. Käytännössä tällä ei kuitenkaan ollut juurikaan vaikutusta itse testausprosessin toteutukseen tai kokonaisprojektin aikatauluun.

Alkuperäisen suunnitelman mukaan IP- ja IK-sertifiointit oli tarkoitus toteuttaa ulkopuolisella taholla. Tarjousten saavuttua ilmeni kuitenkin, ettei yksikään toimittajavaihtoehtoista tarjonnut IK-testauksen toteutusta. Tämä oli yllättävää, koska oletuksena oli että sertifiointeja tarjoavat yritykset voivat myös toteuttaa IK-testausta ja sertifiointia.

IK-testauksen osalta päädyttiin selvittämään testausvälineiden hankintaa omaan käyttöön ja testauksen toteuttamista standardien mukaisesti itse. Testausvälineiden hinta ei osoittautunut liian kalliiksi, joten alustavien kyselyjen perusteella asiakkaalle ehdotettiin IK-testauksen toteuttamista Saskaenin toimesta. Opinnäytetyön valmistumisen aikana oletuksena oli, että IK-testaus toteutetaan Saskaenin toimesta itse. IK-testauksen huonon saatavuuden perusteella, kannattaisi miettiä olisiko mahdollista tarjota testausta myös muille tahoille testausvälineiden hankinnan jälkeen? Vaikkakaan testaus ei olisi sertifioitua, voisi testausta suorittaa IEC 60068-2-75 mukaisesti ja standardin mukaisilla välineillä.

Ulkoistettujen testien osalta myös tarjousten suuri hintahaitari yllätti. Saman testin lähes nelinkertainen hinta kahden eri toimittajan välillä vaikutti erittäin suurelta, koska kyseessä on standardoitu testi, jonka suorittamisessa ei voi olla eroavaisuuksia.

Opinnäytetyöprosessin aikana yhdeksi ongelmakohtaksi osoittautui myös tarjouspyyntöjen viivästyminen ja vastausten saamisen hitaus joidenkin tarjousten osalta. Viimeisen tarjouksen saaminen kesti lähes kaksi viikkoa ja vastaus tuli lopulta vasta erillisen kyselyn jälkeen. Tarjouspyyntöjen laadinnan viivästyminen johtui osittain omista aikataulukiiireistä, mutta myös asiakkaan pyytämistä lisäyksistä testisuunnitelmaan. Käytännössä tällä ei ollut vaikutusta itse testisuunnitelmaan, mutta opinnäytetyön palautus alkuperäisen aikataulun mukaisesti oli vaarassa viivästyä.

LÄHTEET

Artto, K., Martinsuo, M. & Kujala, J. 2006. Projektiliiketoiminta. 1. painos. Helsinki: WSOY Oppimateriaalit Oy.

Brown, R. 1988. Handbook of Plastics Test Methods. 3. painos. Lontoo: Longman Scientific & Technical.

Corning Gorilla Glass. Technical Materials. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.corning.com/docs/specialtymaterials/pisheets/PI2317.pdf>. Luettu 20.2.2013.

Fibox 2013. Silikonitiivisteet. Www-dokumentti. Saatavissa: http://www.fibox.fi/23/Silikonitiivisteet_FIN1.html. Luettu 3.4.2013.

Fluortech 2013. Polyeetterieetteriketoni. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.fluortech.fi/peek>. Luettu 14.3.2013.

Haavisto, S. 1990. Keksintöopas. Keksinnön kehittäminen ja hyödyntäminen. Helsinki: Tietosanoma Oy.

Järvinen, P. 2000. Muovin suomalainen käsikirja. Porvoo: WS Bookwell Oy.

Konepaja-Heinä Oy a – Drop Tester . Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.heina.net/drop.php>. Luettu 16.4.2013.

Konepaja-Heinä Oy b – Tumble Tester II. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.heina.net/tumble.php>. Luettu 16.4.2013.

KOTEL ry: Työryhmäraportti: Ympäristöolosuhdetiivistelmät IEC 60068-2 –sarja. 2003. Espoo: Elektroniikan tutkimuksen ja kehityksen yhteistyöelin KOTEL ry.

Kurri, V., Malen, T., Sandell, R. & Virtanen M. 1999. Muovitekniikan perusteet. Helsinki: Hakapaino Oy.

Lloyd 2012. Lloyd Materials Testing. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.lloyd-instruments.co.uk/Products/Single-column/LS1.aspx>. Luettu 22.4.2013.

Miller, R. 2012. Product Testing: The Acceptability And Reliability Of The Product. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://articles.submyourarticle.com/product-testing-the-acceptability-and-reliability-of-the-product-292066>. Luettu 1.3.2013.

Profiilimedia 2009. Edelläkävijä telekommunikaatioalalla. Www-dokumentti. Saatavissa: http://www.profiilimedia.fi/index.php?option=com_content&view=article&id=197. Luettu 17.4.2013.

PTL-Test 2010. PTL Spring-operated Impact-test Apparatuses. Www-dokumentti. Saatavissa: http://www.ptl-test.de/product_info.php?info=p14_ptl-spring-operated-impact-test-apparatuses.html. Luettu 24.4.2013.

Sasken Finland Oy. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.sasken.fi>. Luettu 17.4.2013.

SFS-Verkkokauppa – Standardit kätevästi internetissä. Sähkölaitteiden kotelointien mekaanisen iskunkestävyyden lujuusluokat (IK-koodi). Www-dokumentti. Saatavissa: <http://sales.sfs.fi/sfs/servlets/ProductServlet?action=productInfo&productID=242823>. Luettu 10.4.2013.

SGS Suomi – Kun haluat olla varma. Www-dokumentti. Saatavissa <http://www.sgs.fi/>. Luettu 23.4.2013.

Sähköturvallisuuden edistämiskeskus - Mikä on IP-luokitus?. Www-dokumentti. Saatavissa: http://www.stek.fi/sahkon_kaytto_kotona/sahkolaitteiden_ip_luokitus/fi_FI/mika_on_ip_luokitus/. Luettu 19.3.2013.

TestHouse Enko Ltd. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.enko.fi/>. Luettu 16.4.2013.

VTT Expert Services Oy – asiantuntija-, testaus-, ja sertifiointipalvelut. Saatavissa: <http://www.vttexpertservices.fi/>. Luettu 12.4.2013.



PROJECT : (Project number)
 DATE : (Date of testing)
 OPERATOR : (Operator name)

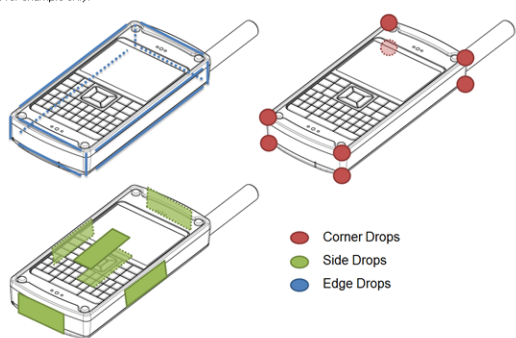
Two drops for each corner (2x8)		1. CORNER	2. CORNER	3. CORNER	4. CORNER	5. CORNER	6. CORNER	7. CORNER	8. CORNER									
HWID / SERIAL	EUT	DROP 1	DROP 2	DROP 3	DROP 4	DROP 5	DROP 6	DROP 7	DROP 8	DROP 9	DROP 10	DROP 11	DROP 12	DROP 13	DROP 14	DROP 15	DROP 16	Full Check
001234567891234	PR0T01RFF1																	

One drop for each edge (1x12)		EDGE 1	EDGE 2	EDGE 3	EDGE 4	EDGE 5	EDGE 6	EDGE 7	EDGE 8	EDGE 9	EDGE 10	EDGE 11	EDGE 12	Full Check
HWID / SERIAL	EUT	DROP 1	DROP 2	DROP 3	DROP 4	DROP 5	DROP 6	DROP 7	DROP 8	DROP 9	DROP 10	DROP 11	DROP 12	Full Check
001234567891234	PR0T01RFF1													

Two drops for each side (2x6)		1. SIDE	2. SIDE	3. SIDE	4. SIDE	5. SIDE	6. SIDE								
HWID / SERIAL	EUT	DROP 1	DROP 2	DROP 3	DROP 4	DROP 5	DROP 6	DROP 7	DROP 8	DROP 9	DROP 10	DROP 11	DROP 12	Full Check	
001234567891234	PR0T01RFF1														

Note! Failure and error naming to be decided during first testing. Current naming is for example only.

MECHANICAL	
A1	
CONNECTOR COVER	
C1	
DISPLAY	
D1	
OTHER	





TARJOUSPYYNTÖ

Pyydän teiltä kirjallista tarjoustu kannettavan päätelaitteen testaukselle seuraavien tietojen perusteella:

Testattava laite:

Kannettava päätelaite, leveys n. 80 mm, n. 170 mm, paksuus n. 30 mm. Laitteen paino on n. 300 grammaa. Laitteessa on ulkoinen, saranoitu antenni. Laitteelle vaaditaan IP65- ja IK04-sertifiointi.

Vaaditut testit:

Vibration, Maritime vibration conditions	3
Vibration, Random	
Shock test	3
Solar radiation	3
Ingress protection IP6X (Solid particle)	3
Ingress protection IPX5 (Liquid ingress)	3
IK04	3
Salt mist	3
Vibratory wearing	3

Tarkemmat testikuvaukset liitteenä olevassa Test Description –dokumentissa.

Aikataulu:

Testien suunniteltu aloitus viikon 24 alussa. Testien toteutus ja testitulosten alustava raportointi 2 viikon kuluessa testien aloituksesta. Lopulliset raportit 3 viikon kuluessa testien aloituksesta.

Tarjouksessa huomioitavaa:

- Tarjouksessa pyydetään erittelemään testien hinnat
- Mikäli ette voi suorittaa kaikkia pyydettyjä testejä, pyydämme tarjouksen niiden testien osalta, jotka voitte tarjota.

Mikäli kysyttää tarjouspyynnöstä, pyydän ottamaan yhteyttä.

Ystävällisin terveisin,

Kyösti Huhtala
Mechanics Engineer
Sasken Finland Oy
P.O.Box 29 (Vissavedentie 1)
FI-69601 Kaustinen
Tel. +358 50 428 6100