

Valolaitteiden jäänkeston testaus

Tilaaja



Väylävirasto
Trafikledsverket

Työn tavoite

Työn tavoitteena on selvittää valolaitteiden jäänkesto-ominaisuuksia ja luoda testausmenetelmä valolaitteiden jäänkeston arvioimiseksi.

Tällä hetkellä käytössä olevat ratkaisut ovat pääpiirteissään toimivia ja kestävät jään aiheuttamat rasitukset. Aika ajoin valolaitteissa kuitenkin havaitaan vikatilanteita, joiden syynä on veden pääsy akkutilaan tai valolaitteiden elektroniikkaan.

Tulevaisuudessa uusia valolaitteita toivotaan lisää markkinoille. Tässä työssä luodun testausmenetelmän perusteella uusille valolaitemalleille voidaan asettaa jäänkestoä kuvaavat kriteerit ja testausmenetelmä, jolla kriteerien täyttyminen voidaan arvioida.

Kohde

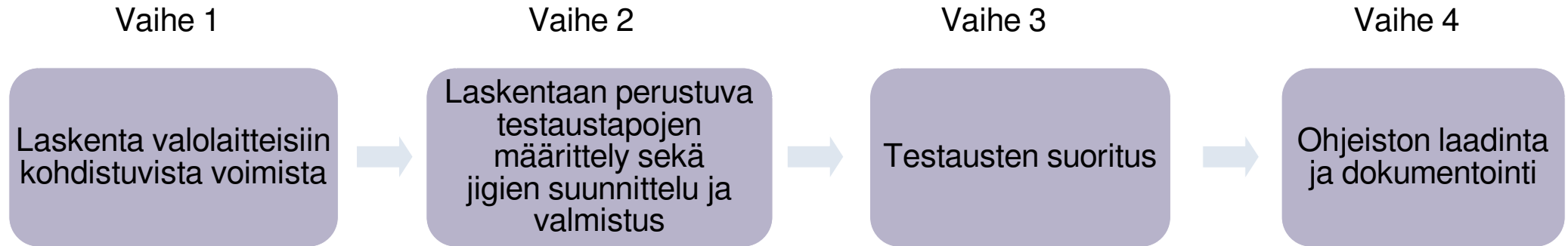
Jääolosuhteisiin soveltuvien merenkulun turvalaitteiden valolaitteet. Testattavat valolaitteet ovat ehjiä mutta jo käytöstä poistettuja. MPV LED -valolaitteet (6 kpl) ovat Vuosaaren väylältä. VP LED -valolaitteet (3 kpl) ovat järvialueelta. Lisäksi mukana on yksi uutta mallia oleva ja käyttämätön MPV2 LED -valolaitte

MPV LED – Marine Signals, Sabik Oy

VP LED – Marine Signals, Sabik Oy

Työn suorituksen vaiheet

Työ suoritettiin neljässä vaiheessa, jotka on kuvattuna alla. Vaiheet toteutettiin yhteistyössä valittujen kumppaneiden ja Väyläviraston kanssa. Solar Simulator oli mukana kaikissa työvaiheissa joko tekijänä tai työn ohjaajana varmistamassa, että toteutettavat toimet johtavat määriteltyyn tavoitteeseen.



Valolaitteisiin kohdistuvien voimien laskennassa käytettiin Elomatic Oy:n laskentapalvelua, testausrigien suunnittelussa Insinööritoimisto Petteri Oy:tä. Jigit valmisti Pansion Pelinurkka Oy Naantalista.

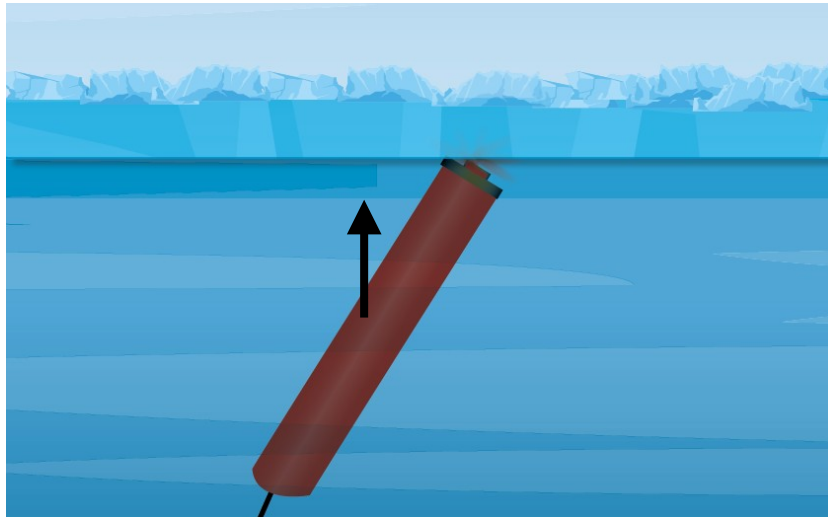
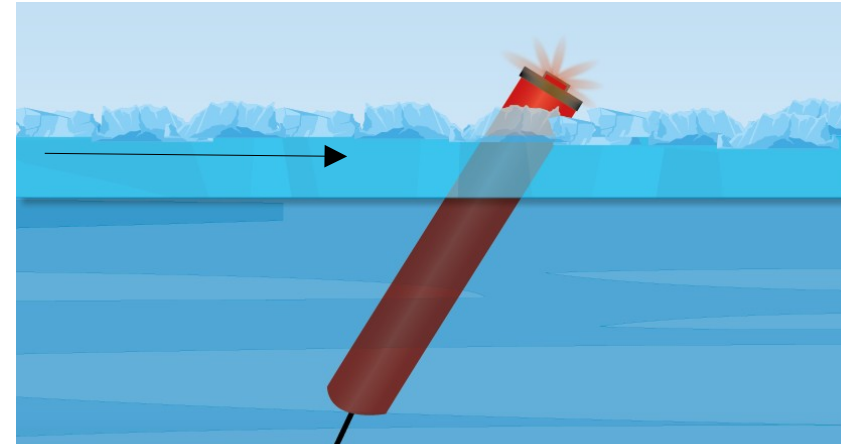
Testatut valolaitteet ovat Sabik Oy:n valmistamia.

Työn aikana myös haastateltiin väylähuoltajia ja muita valolaitteiden huoltoon, toimintakuntoon ja käyttöolosuhteisiin perehtyneitä henkilöitä.



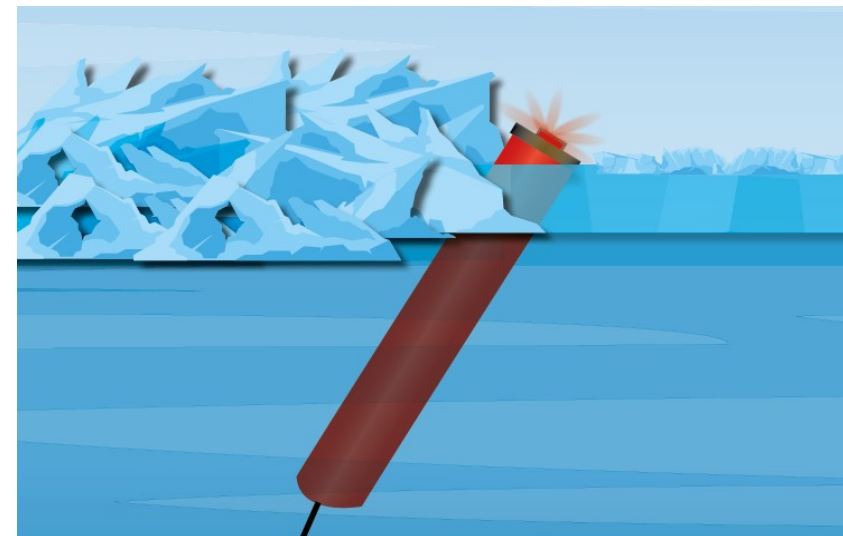
Jään aiheuttama rasitus

Liikkuva jääkenttä työntää poijua ja sen päässä olevaa valolaitetta ja painaa koko poijua hitaasti jään alle. (kuva oikealla)



Jään alle painunut poiju pyrkii poijuun kohdistuvan nosteen takia nousemaan pintaan. Valolaite puristuu jääkenttää vasten alhaalta. (kuva vasemmalla)

Liikkuva jääkenttä voi painaa poijua päin kiintojään reunaan, jolloin poiju valolaitteineen puristuu ja jää voi kasaantua myös valolaitteen päälle. (kuva oikealla)



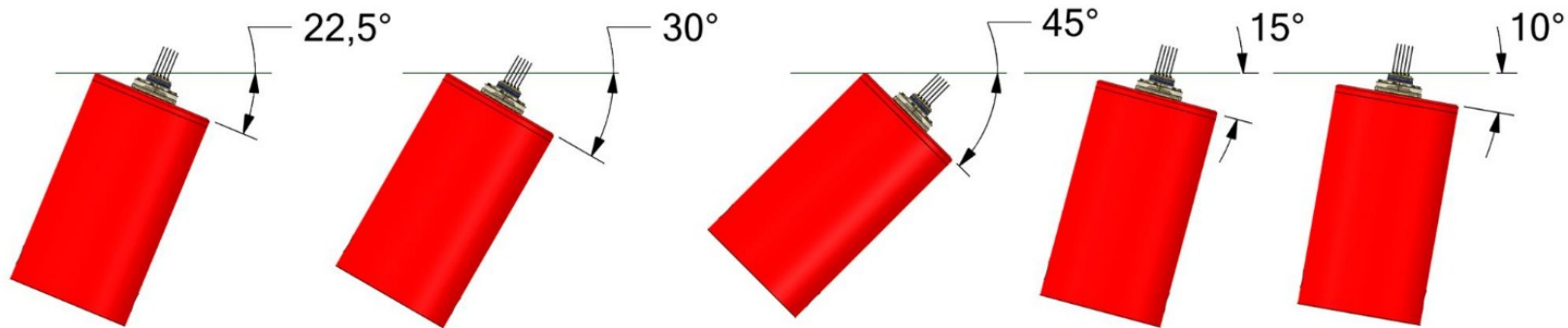
Poijun muoto ja koko sekä veden syvyys ja poijun ankkuroimistapa vaikuttavat ns. suojakulmaan; poijun yläreuna ottaa voimat vastaan valolaitteen sijaan. Suojakulmaan vaikuttavat myös valolaitteen halkaisija ja valolaitteen korkeus.

Laskenta

Laskenta suoritettiin teräspoijuille PV1000 ja PV1300 sekä VPU800-10 ja SVV500-10 jääolosuhteissa käytettäville muoviputkiviitoille, joiden kanssa käytetään MPV LED -valolaitetta.

SVV500-10 viitan kanssa voidaan käyttää myös valolaitetta VP LED. Lisäksi laskenta suoritettiin muoviputkiviitalle VPU400-6.9, jonka kanssa voidaan käyttää VP LED -valolaitetta.

1. Laskennassa oli veden aiheuttama noste em. kelluville turvalaitteille kun ne ovat kokonaan veden alla. Nosteen aiheuttama voima poijuun edustaa myös valolaitteelle kohdistuvaa maksimivoimaa. Valolaitteelle maksimivoiman aiheutti PV1000 teräspoiju, johon kohdistuva kokonaisvoima on noin 65000N eli n. 6,6 tn.
2. Laskennassa selvitettiin poijun valolaitteelle aiheuttama ns. suojakulma. Suojakulma tarkoittaa tässä kulmaa, jossa poiju itsessään estää jäätä osumasta valolaitteeseen. Ohessa esimerkkinä VPU800 viitalle tehty tarkastelu. Tarkastelu tehtiin kaikille em. poiju- ja viittatyypeille.



3. Lisäksi tarkasteltiin geometrisesti valolaitteen halkaisijan ja korkeuden vaikutuksia suojakulmiin teräspoijun PV1000 ja viitan SVV500 tapauksissa.

Laskennan perusteella saadut maksimivoimat ja suojakulmat

Oheisessa taulukossa on esitettyä laskennan tulokset – maksimivoima ja suojakulma – sekä laskennassa käytetyt alkuarvot ja oletukset. Oletukset perustuvat viittojen ja teräspoijujen mittoihin ja asennustapoihin.

Tyyppi		PV1300	PV1000	VPU800-10
Materiaali		Teräs	Teräs	Muovi
Valolaite		MPV-LED	MPV-LED	MPV-LED
Lyhdyn massa	kg	25	25	25
Pituus	m	10,5	12,3	10
Näkyvyys	m	4	4,2	4
Massa	kg	3445	3385	1529
Noste _{max}	kg	6125	9972	3440
Noste - massa	kg	2680	6587	1911
COG	m	6,392	5,748	6,987
BOG _{max}	m	4,371	6,15	4,583
Oikaiseva varsi	m	2,021	-0,402	2,404
Vesisyvyys	m	20	20	20
Ketjun pituus	m	30	Esijännitetty	50
Kiihtyvyys	m/s ²	7,63	19,09	12,26
Voima	N	26291	64618	18747
	ton	2,68	6,587	1,911
"Suojakulma"		32	18	22,5

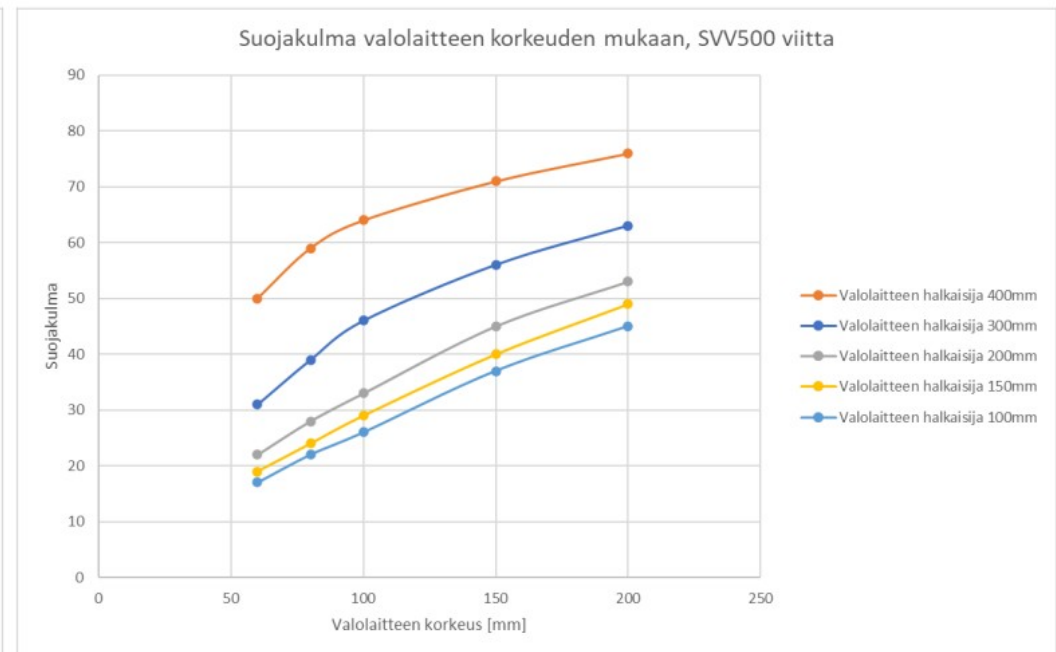
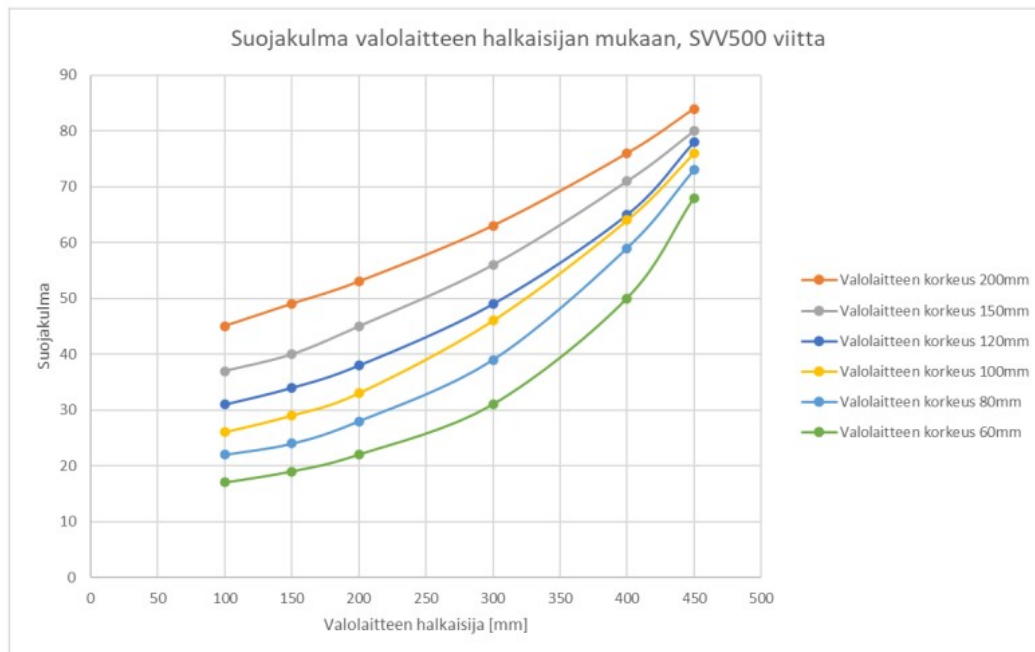
Tyyppi		SVV500-10	SVV500-10	VPU400-6.9
Materiaali		Muovi	Muovi	Muovi
Valolaite		VP-LED	MPV-LED	VP-LED
Lyhdyn massa	kg	3,2	25	3,2
Pituus	m	10	10	6,9
Näkyvyys	m	4	4	2,4
Massa	kg	609	631	293
Noste _{max}	kg	1963	1963	770
Noste - massa	kg	1354	1332	477
COG	m	5,377	5,212	5,29
BOG _{max}	m	5	5	2,9
Oikaiseva varsi	m	0,377	0,212	2,39
Vesisyvyys	m	20	20	15
Ketjun pituus	m	Esijännitetty	Esijännitetty	30
Kiihtyvyys	m/s ²	21,81	20,71	15,97
Voima	N	13283	13067	4679
	ton	1,354	1,332	0,477
"Suojakulma"		26	38	34

Taulukot ovat otteita liitteestä 1) 59778-01-00_Poijulyhtyjen_jaankestavyys_Elomatic_120922.pdf

Valolaitteen koon vaikutus suojakulmaan viittatyypille SVV500

Tulevaisuudessa uusien valolaitteiden koot voivat poiketa nyt käytössä olevien valolaitteiden MPV LED ja VP LED -valolaitteiden dimensioista.

Alla olevissa käyrästäissä on esitetty valolaitteen koon vaikutus suojakulmaan viittatyypille SVV500. Tarkastelu on tehty geometrisesti. Käyrästäistä on luettavissa millaisessa asennossa viitta itsessään suojaa valolaitetta.

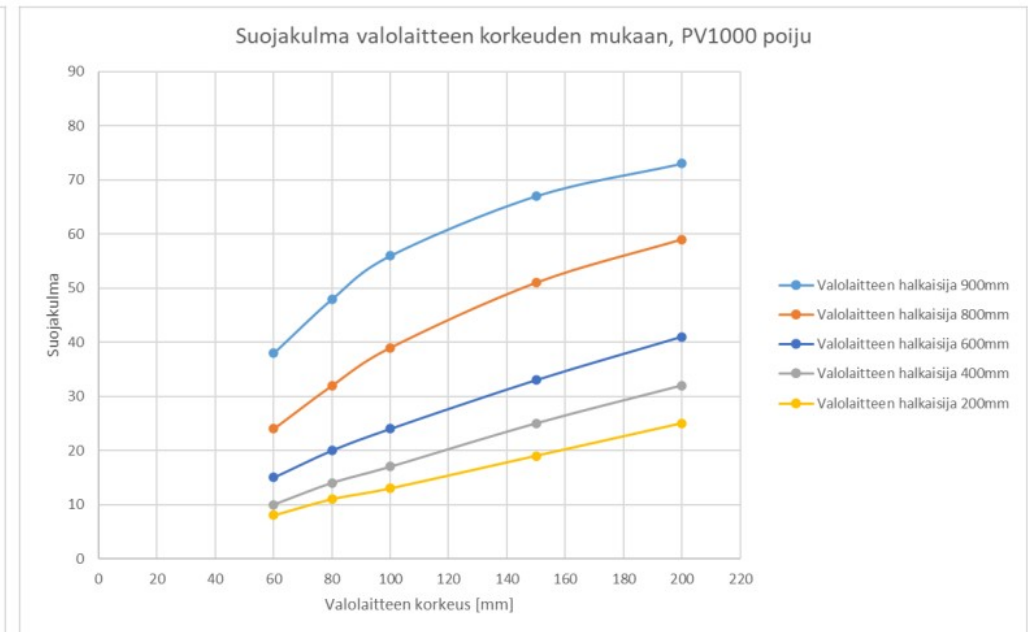
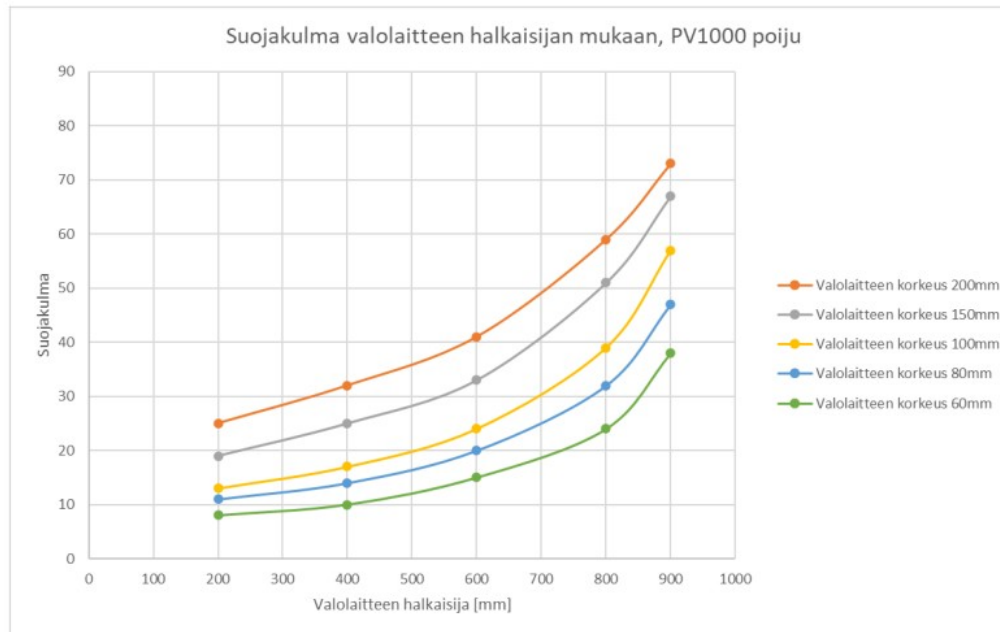


Käyrästäöt ovat otteita liitteestä 1) 59778-01-00_Poijulyhtyjen_jaankestavyys_Elomatic_120922.pdf

Valolaitteen koon vaikutus suojakulmaan poijutyypille PV1000

Tulevaisuudessa uusien valolaitteiden koot voivat poiketa nyt käytössä olevien valolaitteiden MPV LED ja VP LED -valolaitteiden dimensioista.

Alla olevissa käyrästäissä on esitetty valolaitteen koon vaikutus suojakulmaan poijutyypille PV1000. Tarkastelu on tehty geometrisesti. Käyrästäistä on luettavissa millaisessa asennossa poiju itsessään suojaa valolaitetta.



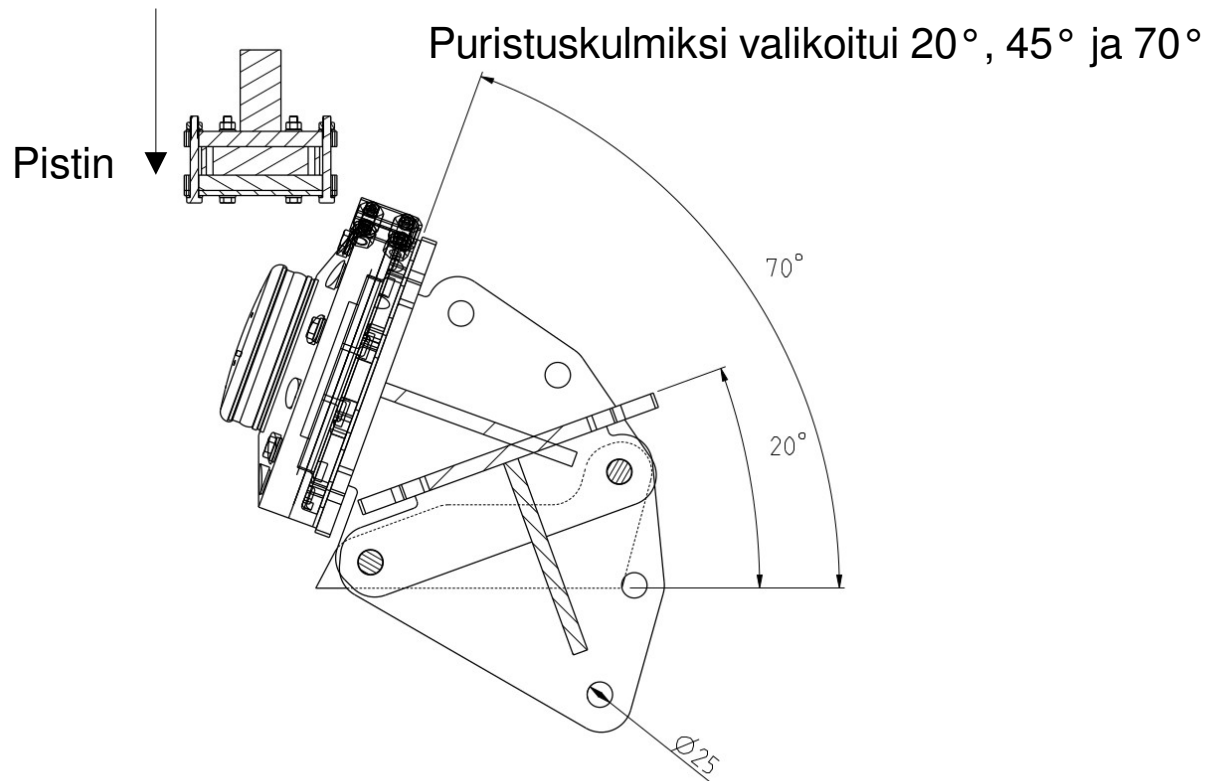
Käyrästäöt ovat otteita liitteestä 1) 59778-01-00_Poijulyhtyjen_jaankestavyys_Elomatic_120922.pdf

Jigisuunnittelu ja sen toteutus

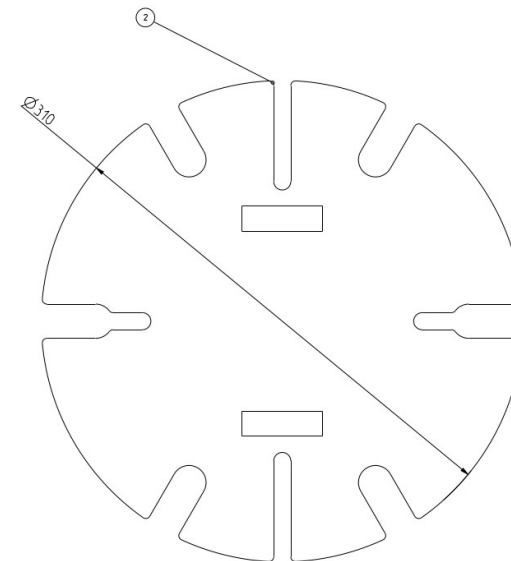
Valolaitteiden rikkoontumistavan ja edellä kuvatun laskennan perusteella testausmenetelmäksi valikoitui puristustestaus erilaisilla kulmilla ja voimilla. Puristustestaus on yksinkertainen toteuttaa ja laitteistoksi riittää yksinkertaisimmillaan konepajapuristin, jigi ja pistimeen asennettava voima-anturi.

Jigin suunnitteluperiaatteena olivat

- 1) molemmat valolaitteet voidaan testata samalla jigillä
- 2) testauskulmat voidaan niinkään toteuttaa samalla jigillä



Uritus mahdollistaa erikokoisten valolaitteiden kiinnittämisen samaan aluslevyyn



Jigin tarkemmat suunnittelukuvat ovat liitteessä 2) [jigi-221104_PetteriOy_ver3_041122.pdf](#)

Testaustoimenpiteiden yleiskuvaus ja esitestaus

Puristustestaus suoritettiin yksitellen kullekin valolaitteelle siten, että samaa yksittäistä valolaitetta puristettiin kaikilla kolmella kulmalla peräjälkeen mutta vain yhdellä kuormalla. Jokaista kuormaa kohden puristettiin siis vähintään yksi valolaite.

Lähtötilanteessa voimaksi valikoitui laskennan osoittama maksimikuorma. Jotta tuloksista voidaan arvioida menetelmän ja kuorman aiheuttaman voiman oikeellisuutta testausympäristössä maksimivoiman lisäksi valolaitteet puristettiin vastaavilla kulmilla myös suuremmalla ja pienemmällä kuormalla. Oletuksena oli suuremman kuorman saavan aikaan valolaitteen rikkoontumisen ja vastaavasti valolaitteen kestävänsä pienemmän kuorman vahingoittumattomana.

MPV LED

65000N / 6,6 tn (laskennassa saatu maksimivoimaa)

44000N / 4,4 tn

100 000N / 11 tn

VP LED

13500N / 1,4 tn (laskennassa saatu maksimivoimaa)

34000N / 3,5 tn

VP LED -valolaitteiden saatavuus rajoitti puristusten määrää. Esitestauksen perusteella laskennan maksimivoimaa pienempi voima jätettiin pois.

Esitestauksessa yksi MPV LED ja yksi VP LED -valolaite puristustestattiin, jotta nähdään minkälaisia rikkoontumisia mahdollisesti on luvassa; syntykö linssiin halkeama, irtoaako valolaitteen hattu, painuuko se kasaan reunastaan 'irvistäen' vai kuuluuko rikkoontumisesta jokin havaittava ääni. Puristuksissa erityisesti PV LED -valolaitteen kanssa käytettiin selkeästi suurempaa kuormaa mitä varsinaisessa testauksessa myöhemmin käytettiin.

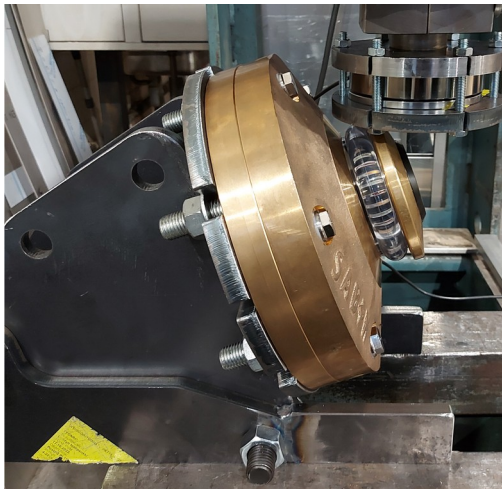
Esitestien jälkeen arvioitiin, että mikäli rakenteeseen ei tule näkyviä rikkoontumisen merkkejä valolaitteet tiiveystestataan sulkemalla valolaitteen pohja vahvalla vesivanerilevyllä ja upottamalla valolaite 40 cm syvyyteen 24 tunniksi. Upotustestauksessa valolaitteet kuitenkin pysyivät tiiviinä eikä menetelmä siis ollut erotteleva.

Lopulta päädyttiin purkamaan valolaitteet puristusten jälkeen ja näin ongelmakohdat olivat havaittavissa ja dokumentoitavissa.

MPV LED ja MPV2 LED -valolaitteiden testauksen toteutus – kulmat ja kuormat

Valolaitteita testattiin kolmella kuormalla 4,4 tn, 6,6 tn ja 11 tn. 6,6 tn:n kuormalla testattiin kaksi vanhaa valolaitetta ja yksi uutta mallia oleva käyttämätön valolaitte. Muilla kuormilla testattavia valolaitteita oli yksi kappale kuormaa kohti.

Kaltevuuskulmilla 70° ja 45° puristus tehtiin sekä valolaitteen runkoon että hattuun. 20° kulmalla kuorma kohdistettiin vain hattuun. Alla olevassa kuvasarjassa puristus tehdään 6,6 tn kuormalla ja kyseessä on uusi valolaitte.

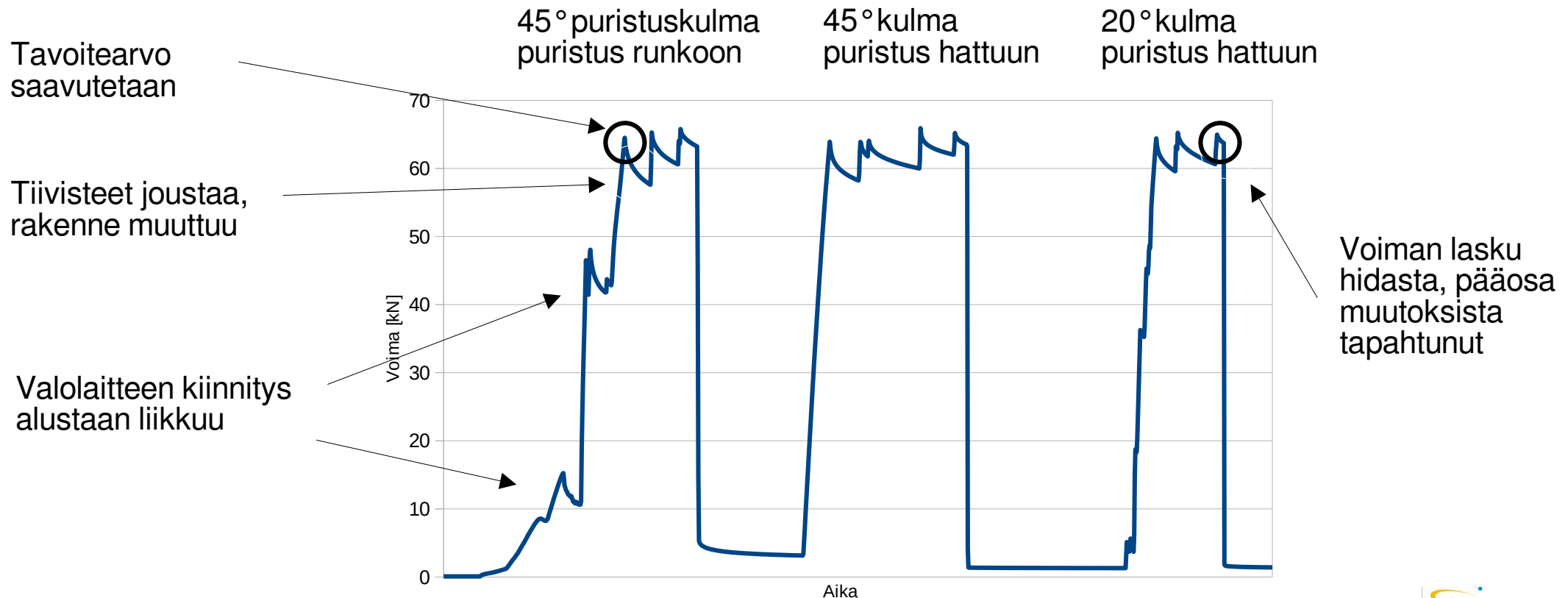


MPV LED -valolaitteen testauksen toteutus – puristukset

Puristusvoima kohdistettiin valolaitteeseen ja voimaa kasvatettiin hitaasti 10 – 20 sekunnin aikana kulloisenkiin tavoitearvoon asti. Kyseessä ei siis ollut isku. Tämän jälkeen puristus pysäytettiin jolloin voima laskee hitaasti tiivisteiden joustavuuden, rakenteen muutosten ja mahdollisten kiinnityksen periksiantamisen seurauksena. Voima nostettiin tämän jälkeen uudelleen tavoitearvoon vielä 2-3 kertaa. Tyypillisesti kolmannella puristuskerralla voiman lasku oli hitaampaa ja vähäisempää kuin ensimmäisellä kerralla. Tämä indikoi, että muutokset olivat pääosin jo tapahtuneet.

Puristuksen aikaansaamaa siirtymää ei mitattu systemaattisesti. Esitestauksessa siirtymää mitattiin heittokellolla ja siirtymä oli 1–2,5 mm välillä.

Alla esimerkki puristusvoiman käyttäytymisestä testauksen aikana.



MPV LED -valolaitteen testauksen havainnot

Puristusten jälkeen valolaitteille tehtiin upotustestaus. Valolaitteen pohja suljettiin 20mm vesivanerilevyllä ja tiivistellä. Upotustestaus tehtiin 40 cm syvyydessä valolaitteen hatusta ja upotuksen kesto oli 24h. Upotustestaus ei tehnyt eroja näytteiden välille. Vettä ei päässyt valolaitteen sisälle.

Valolaitteissa on havaittavissa puristuskohtat laitteen rungossa ja hatussa. Valolaitteet purettiin, tarkastettiin ja havaitut muutokset kuvattiin.

Linssin ja rungon välinen tiiviste puristuu ja työntyy ulos. Linssi pysyy ehjänä.



Linssin ja hatun välinen tiiviste rullautuu sisäpuolelle.

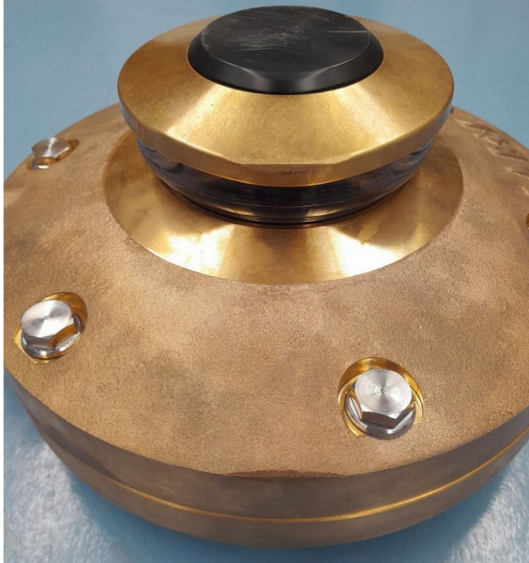


Yläosan ja kiinnitysosan väliin muodostuu havaittava pykälä. O-rengas visuaalisesti muuttumaton.



Uuden MPV2 LED -valolaitteen havainnot

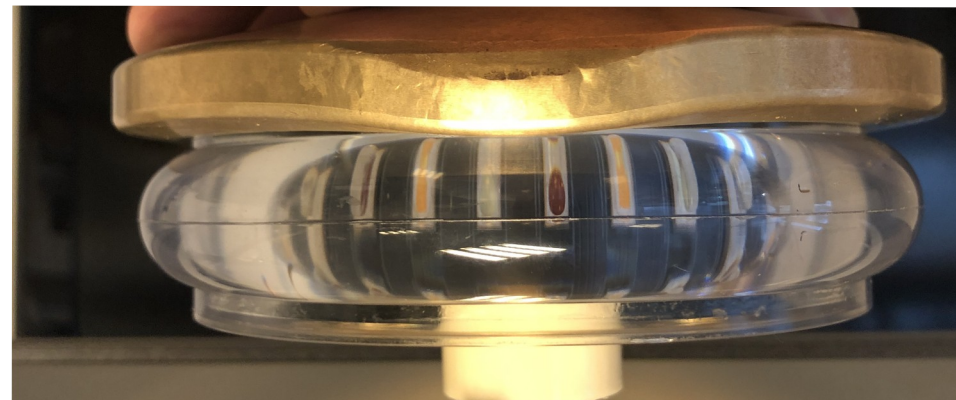
MPV2 -valolaite puristettiin 65 kN voimalla samoin kuin MPV -valolaitteet. Valolaitteen tiivisteissä ei havaittu puristuksen jälkeen muutoksia. Rungon ja kiinnistysosan väli liikkui ja syntyi havaittava pieni 1-2 mm pykälä samoin kuin MPV -valolaitteessa. Puristuskohtiin syntyi painumat, jotka voi havaita kuvasta (vasen ylhäällä).



MPV2 -valolaite lähetettiin suoraan testauksen jälkeen valmistajalle tarkempiin tarkastuksiin, eikä sitä avattu testajan toimesta.

Valmistaja suoritti valolaitteelle yli- ja alipainetestit kuten tavanomaisessa tuotannon tarkastuksissa. Lisäksi valolaite purettiin ja tarkastettiin valolaitteen toiminta, linssin kunto sekä tiivisteiden ja tiivistepintojen kunto.

Valolaite oli tiivis ja tarkastuksessa ei havaittu vaurioita. Myöskään hatun painuma ei aiheuttanut tiivisteiden tai tiivistepintojen vaurioita.



Valolaitteen tarkastuksen yksityiskohdat ovat liitteessä 3) MPV2_jaapoijulyhty_Sabik_tarkastukset_300123.pdf

VP LED -valolaitteen testauksen toteutus – kulmat ja kuormat

Valolaitteita testattiin kahdella eri kuormalla 1,4 tn, 3,5 tn. Kaikilla puristuskulmilla 20° , 45° ja 70° puristukset tehtiin valolaitteen hattuun. Valolaitteen runkoon kohdistuvat voimat rasittavat pääosin vain valolaitteen poijukiinnityksen ruuveja.

Molemmille kuormille oli varattuna oma valolaite. Lisäksi esitestauksessa käytettiin omaa siihen varattua valolaitetta.

Puristuskulma 70°



Puristuskulma 45°



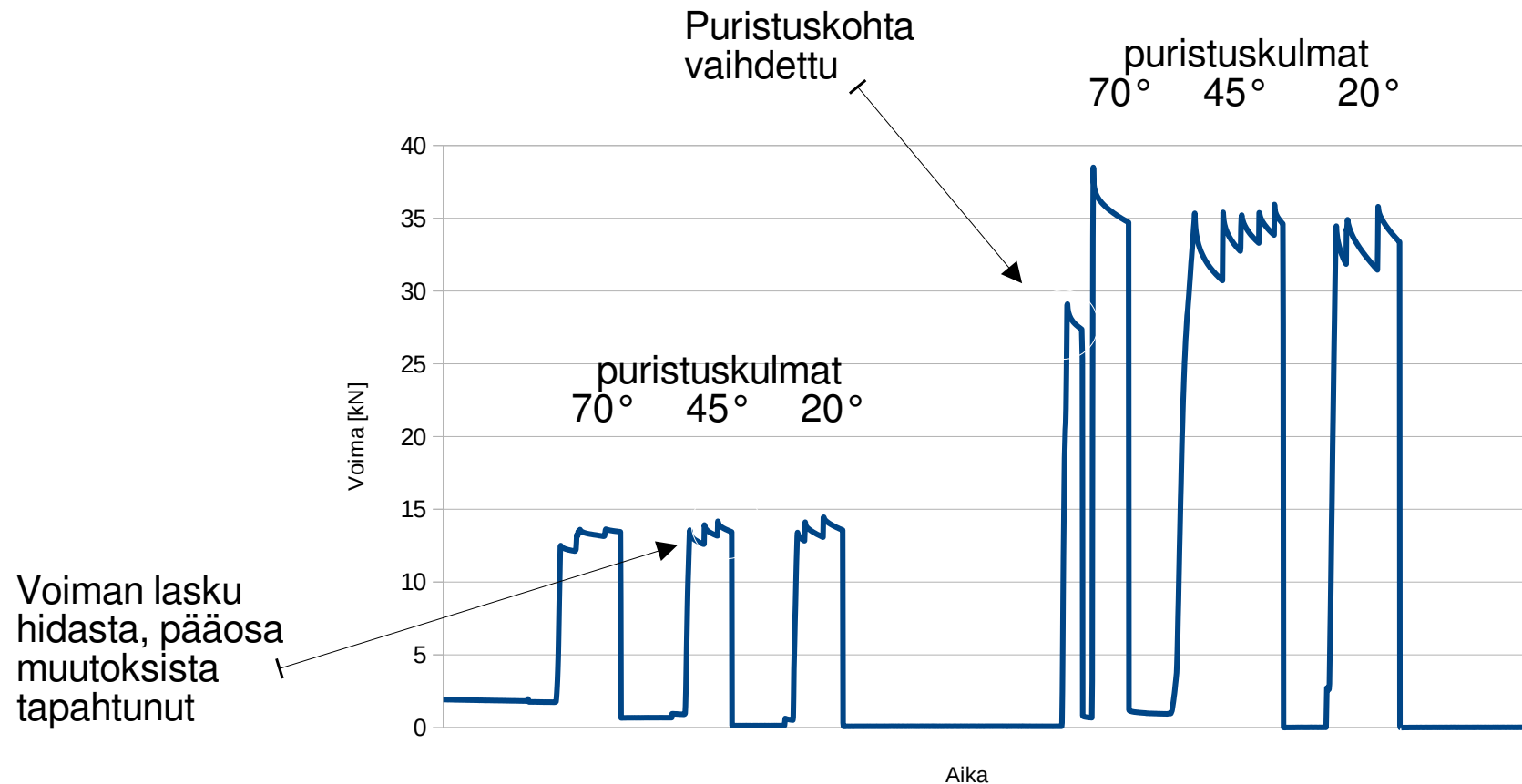
Puristuskulma 20°



VP LED -valolaitteen testauksen toteutus – puristukset

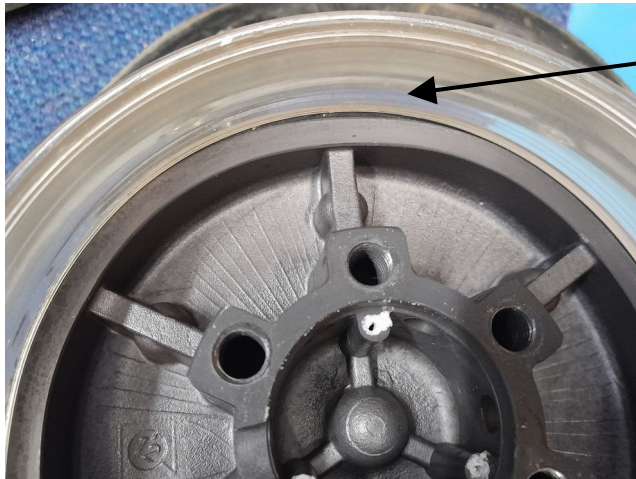
Puristusvoima kohdistettiin valolaitteen hattuun ja voimaa kasvatettiin hitaasti 10 – 20 sekunnin aikana kulloiseenkin tavoitearvoon asti. Kyseessä ei siis ollut isku. Tämän jälkeen puristus pysäytettiin jolloin voima laskee hitaasti tiivisteiden joustavuuden, rakenteen muutosten ja mahdollisten kiinnityksen periksiantamisen seurauksena. Voima nostettiin tämän jälkeen uudelleen tavoitearvoon vielä 2-3 kertaa. Tyypillisesti kolmannella puristuskerralla voiman lasku oli hitaampaa ja pienempää kuin ensimmäisellä kerralla. Tämä indikoi, että muutokset olivat pääosin jo tapahtuneet.

Puristus kohdistui kaikilla puristuskulmilla, 20° , 45° ja 70° , vain hattuun. Alla kuvaaja puristusvoiman käyttäytymisestä testauksen aikana.



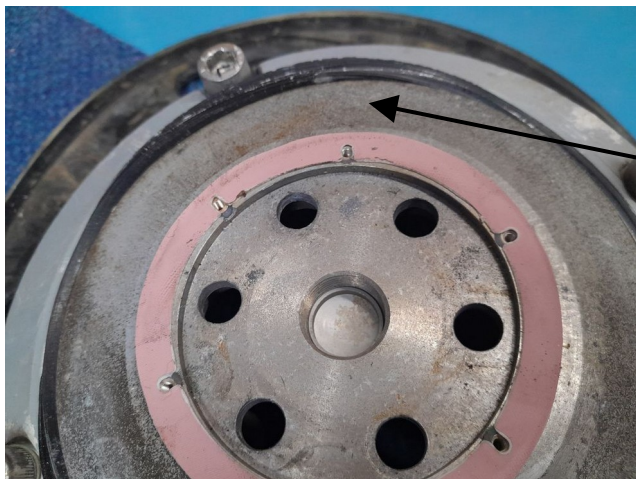
VP LED -valolaitteen testauksen havainnot 3,5 tn kuormalla ja esitestauksessa

Valolaitteiden hatussa on nähtävissä puristuskohta. Valolaitteen hatussa on myös jälkiä ja muodonmuutoksia, jotka ovat syntyneet aidossa rasituksessa valolaitteen käyttöolosuhteissa. Puristusten jälkeen valolaitteet purettiin, tarkastettiin ja havaitut muutokset kuvattiin.



Linssin ja hatun välinen kumitiiviste on pullistunut.

Kuorma 3,5 tn.

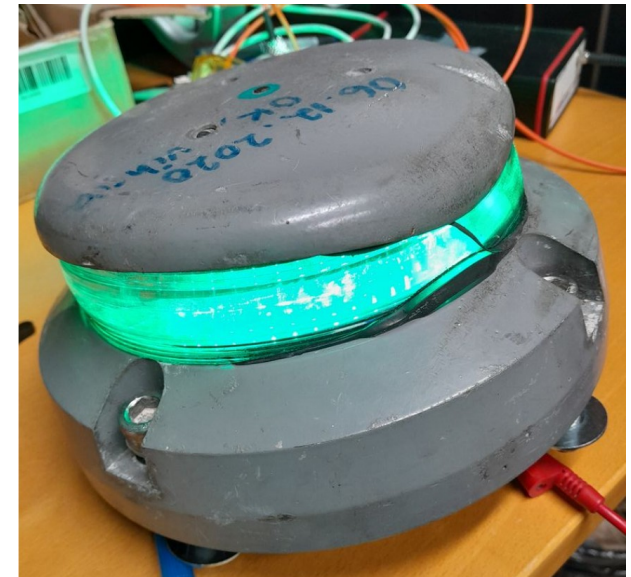


Linssin ja rungon välinen kumitiiviste. Kuorma 3,5 tn.

Linssin irrottaminen löysti kumitiivistettä entisestään.

Esitestauksessa käytettiin lopulta yli 10 tn kuormaa. Kuorman tarkkaa suuruutta ei mitattu.

Linssimateriaali on sitkeää huoneenlämmössä, ja puristuksessa syntyy vain 1 halkeama. Valolaite toimii. Tiiviste kuroutuu ulos erityisesti rungon ja linssin liitoksesta.



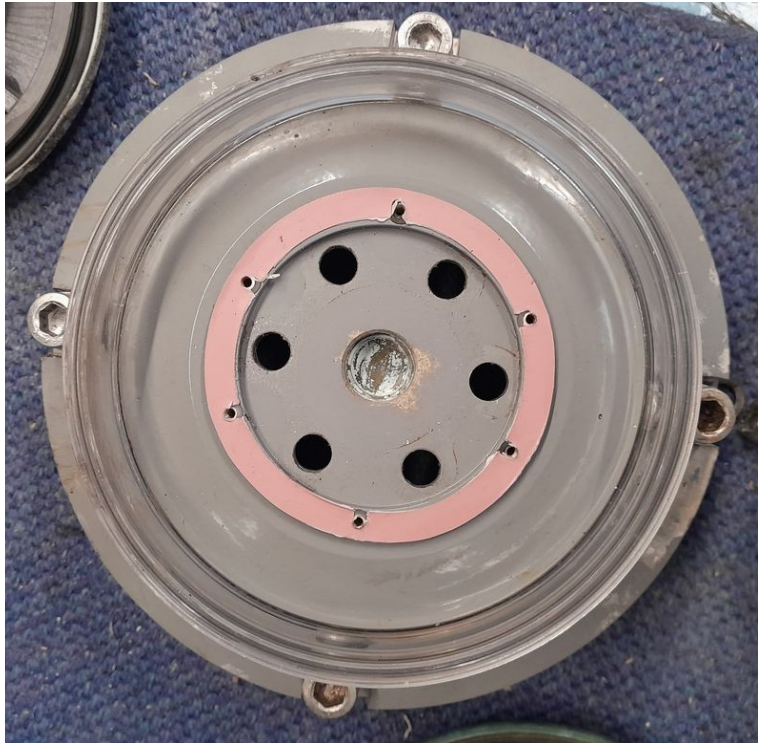
VP LED -valolaitteen testauksen havainnot 1,4 tn kuormalla

Valolaitteiden hatussa on nähtävissä puristuskohta. Valolaitteet purettiin, tarkastettiin ja havaitut muutokset kuvattiin. Tiivisteet ovat paikallaan.

Rungon ja linssin välinen sauma 1,4 tn puristuksen jälkeen on muuttumaton.

Tiivisteet ovat paikallaan myös linssin ja hatun välillä.

Hatun ja linssin välinen sauma 1,4 tn puristuksen jälkeen. Puristuksessa syntynyt muutos hatuun on samankaltainen kuin aidossa rasituksessa



Testauksessa
syntynyt hatun
taipuma



Käytössä
syntynyt hatun
taipuma

Tulosten arviointi

Mittaustulokset on koottu viereiseen taulukkoon.

Laskennan ja testauksen tulokset sekä käytännön kokemus valolaitteiden kestosta ovat sopusoinnussa. Tällä perusteella testausmenetelmää kulmineen, voimiseen ja toteutustapoineen voidaan pitää luotettavana menetelmänä.

	MPV2 LED uusi	MPV LED käytetty	VP LED käytetty
1,4 tn / 14 kN	-	-	Kestää
3,5 tn / 34 kN	-	-	Ei kestä
4,4 tn / 44 kN	-	Kestää	-
6,6 tn / 65 kN	Kestää	Kestää	-
11 tn / 100 kN	-	Ei kestä	-

Testausmenetelmä ei huomioi kaikkia jään aiheuttamia mahdollisia rasituksia kuten esimerkiksi 1) satunnaisia iskuja, 2) sellaisia suoria rasituksia, jotka pyrkivät nostamaan valolaitteen hattua irti rungosta, 3) dynaamisia vaikutuksia, joissa rasitukset toistuvat yhä uudelleen ja uudelleen ja 4) samanaikaisesti tai eri suunnista tapahtuvia rasituksia.

Testauksissa ei myöskään huomioitu muita poijun ja valolaitteen kokemia äärimmäisiä ulkoisia kuormia, jotka syntyvät aluksen tai tukkilautan ajaessa poijun ja sen valolaitteen yli.

Puristusten jälkeen tehdyissä upotustestauksissa silminnähden vaurioituneet valolaitteet, joiden tiivisteet olivat osin jo poissa paikaltaan, pysyivät tiiviinä. Käytännön kokemus kuitenkin osoittaa veden pääsevän tiivisteiden kautta valolaitteisiin aika ajoin. Jääolosuhteissa valolaite on usein jään alla upoksissa puristuksen aikana. Puristuksen aikana valolaitteen muoto muuttuu, hattu saattaa 'irvistää' tiivisteiden antaessa periksi, ja samalla vesi pääsee valolaitteen sisälle. Tiivisteiden vaikutuksesta muutokset ovat osin palautuvia.

Testaus- ja mittauslaitteisto

No. 06 Dual Display Multimeter, kalibroitu 30.9.2022. Kalibrointi on voimassa
No. 64 Datalogger, kalibroitu 30.9.2022. Kalibrointi on voimassa.
No. 100 Voima-anturi Load cell, kalibroitu 8.11.2022. Kalibrointi on voimassa
No. 101 Momenttiavain, kalibroitu 4.11.2021.

Konepajapuristin
Heittokello

Liitteet

- 1) 59778-01-00_Poijulyhtyjen_jaankestavyys_Elomatic_120922.pdf
- 2) jigi-221104_PetteriOy_ver3_041122.pdf
- 3) MPV2 jaapojulyhty_Sabik_tarkastukset_300123

Työn suoritusjankohta

Työn suoritusajankohta oli 12.5.2022 – 13.12.2022

Sopimus

Tarjous: Vaylavirasto_ta050522HS.pdf / 5.5.2022
Tilaus: VÄYLÄ/3559/02.01.12/2022 / 11.5.2022

Yhteenveto

Valolaitteiden jäänkesto arvioidaan tässä raportissa kuvatulla puristustestillä ja tarkastuksilla. Puristuskulmat ovat vähintään 20°, 45° ja 70°. Puristus tulee kohdistaa valolaitteeseen tarkoituksenmukaisella tavalla siten, että puristus kohdistuu valolaitteen jäähän osuviin rakenteisiin.

Vaikeisiin jääolosuhteisiin asennettavien merenkulun turvalaitteiden, kuten poijujen ja viittojen, valolaitteiden tulee kestää **65 kN** voima. Valolaitteen rakenteeseen ja tiivisteisiin ei saa syntyä pysyviä, mitattavia tai havaittavia muutoksia.

Muihin jääolosuhteisiin asennettavien poijujen ja viittojen valolaitteiden tulee kestää **14 kN** voima. Valolaitteen rakenteeseen ja tiivisteisiin ei saa syntyä pysyviä, mitattavia tai havaittavia muutoksia.

Allekirjoitus

8.2.2023

Hannu Suokivi, FM (fysiikka)

Solar Simulator Finland