

Paikkausrunkojen pöytälevyjen tuotekehitys

LAB-ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK)
2023
Miikka Perätalo

Tiivistelmä

Tekijä(t) Perätalo Miikka	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK Sivumäärä 28	Valmistumisaika 2023
Työn nimi Paikkausrunkojen pöytälevyjen tuotekehitys		
Tutkinto Insinööri (AMK), konetekniikan koulutus		
Toimeksiantajan nimi, titteli ja organisaatio Raute Oyj		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön toimeksiantajana oli suomalainen vaneriteollisuuden koneita ja palveluita tarjoava Raute Oyj. Työn aiheena oli paikkausrunkojen pöytälevyjen tuotekehitys. Työn tavoitteena oli korvata olemassa olevan teräsrakenteen materiaali siten, että rakenteesta saadaan kevyempi ja huoltoystävällisempi, säilyttäen kuitenkin rakenteen mekaaniset ominaisuudet alkuperäistä ratkaisua vastaavina.</p> <p>Tuotekehitykselle asetettiin vaatimukset, joiden perusteella oli mahdollista valita tietyt materiaalityypit ja niiden ominaisuudet tutkittaviksi. Materiaalityyppien ominaisuuksien vertailun aikana muodostui näkemys materiaaleista, joiden osalta siirryttiin kehitysvaiheeseen.</p> <p>Kehitystyön aikana todettiin, että alkuperäisten pöytälevyjen korvaajiksi oli kaksi rakenteeltaan ja materiaaliltaan erilaista mahdollisuutta. Tuotekehityksessä ei syntynyt valmista ratkaisua, mutta työtä on mahdollista jatkaa Rautella tässä opinnäytetyössä esiintyviä tietoja hyödyntäen.</p>		
Asiasanat tuotekehitys, suunnittelu, vaneriteollisuus, viilun paikkaus		

Abstract

Author(s) Perätalo Miikka	Type of Publication Thesis, UAS	Published 2023
	Number of Pages 28	
Title of Publication Product development of patching frame table plates		
Name of Degree Engineer (UAS), Mechanical Engineering		
Name, title and organization of the client Raute Oyj		
Abstract <p>The client of the thesis was Raute Oyj, a Finnish provider of machinery and services for the plywood industry. The subject of the work was the product development of the patching unit table plates. The goal of the work was to replace the material of the existing steel structure in such a way that the structure becomes lighter and more maintenance-friendly, while still maintaining the mechanical properties of the structure corresponding to the original solution.</p> <p>Requirements were set for product development and based on them, certain groups of materials and their properties were selected for research. As a result of the comparison of the properties of the material groups, a vision of the materials was formed, and moved on to the development phase.</p> <p>During the development work, it was found that there were two possibilities for replacing the original table plates with different structures and materials. Product development did not result in a finished solution, but it is possible to continue the work at Raute using the information presented in this thesis.</p>		
Keywords product development, engineering, veneer industry, veneer patching		

Sisällys

1	Johdanto.....	1
2	Raute Oyj.....	2
3	Viilun paikkaus.....	3
4	Paikkausyksikkö	5
4.1	Rakenne	5
4.2	Materiaali.....	10
5	Tuotekehitys	12
5.1	Lähtötilanne.....	12
5.2	Vaatimukset.....	12
5.3	Tutkimus.....	14
5.4	Kehittäminen.....	21
6	Yhteenveto	26
	Lähteet	27

1 Johdanto

Opinnäytetyöni aiheena on Raute Oyj:n toimeksi antama viulunpaikkauslinjaan kuuluvan paikkausrungon pöytälevyjen tuotekehitys. Kehitystyön tavoitteena on kevyempi ja huoltoystävällisempi ratkaisu korvaamaan tällä hetkellä käytössä olevia ruostumattomasta teräksestä valmistettuja pöytälevyjä. Pöytälevyt ovat saadun palautteen perusteella osoittaneet haastaviksi käsitellä huoltotoimenpiteiden aikana. Tuotekehityksen tärkeimpänä tavoitteena on pöytälevyjen kehittäminen huoltoystävällisempään suuntaan, jota tavoitellaan materiaaliin ja rakenteeseen tehtävien muutosten avulla.

Käytössä olevien pöytälevyjen materiaali on helposti työstettävää, valmistusmenetelmät yleisesti tunnettuja ja kustannukset kohtuulliset niiden elinkaareen nähden. Näiden ominaisuuksien säilyttäminen tuotekehityksen aikana on haaste, joka tuo työhön materiaalivalintaan kohdistuvia rajoitteita.

Työn ensimmäinen vaihe on tutustua paikkausrungon ja pöytälevyjen rakenteeseen sekä paikkausprosessin toimintaan. Tämän jälkeen käydään yhdessä tuotepäällikön ja työn ohjaajan kanssa läpi tuotekehitykselle asetettavia vaatimuksia ja lisäarvoa tuottavia ominaisuuksia. Vaatimuksien suhteen on mahdollista tehdä kompromisseja ja joustaa, jos vastavasti saavutetaan jotain muuta merkittävää lisäarvoa.

Tutkimusvaiheessa eri materiaalityyppien ominaisuuksia ja mahdollisuuksia vertailemalla tehdään päätös materiaalityypistä, joiden sisältä tuotekehitykseen soveltuvia materiaaleja lähdetään etsimään. Tuotekehitystä jatketaan valitsemalla haluttujen ominaisuuksien perusteella tietyt materiaalit, joille tullaan kehittämään paikkausrunkoon soveltuvat rakenteet.

2 Raute Oyj

Raute on suomalainen viilun, vanerin sekä viilupuun ja -palkkien valmistuslaitteistoja valmistava ja toimittava yritys, jonka pääkonttori sekä tuotantotilat sijaitsevat Nastolassa. Rauten konenäkö- ja kosteusmittausteknologiaan erikoistunut valmistus- ja suunnitteluyksikkö Mecano sijaitsee Kajaanissa. Vuonna 2017 Raute osti mittalaitteita toimittavan Metriguard-yhtiön Yhdysvalloista. Rauten muut tuotantoyksiköt sijaitsevat Kanadassa ja Kiinassa. Asiakas- ja huoltopalveluita tarjoavat yksiköt sijaitsevat Chilessä ja Singaporessa. Vuonna 1908 perustettu Raute valmisti ensimmäiset vanerikoneensa 1910–1930-luvulla. (Raute Oyj.)

Raute on alansa markkinajohtaja tehdaskokonaisuuksien toimittajana. Rauten kilpailijat ovat pienempiä ja paikallisempia toimijoita, jotka ovat keskittyneet vain tiettyihin valmistusprosessin osiin. Yhtiön liiketoiminta muodostuu projektitoimituksista ja teknologiapalveluista, joihin kuuluu mm. kunnossapito, varaosatoimitukset, konekannan modernisoinnit, koulutus sekä digitaaliset palvelut. Rauten liikevaihto vuonna 2022 oli 158 miljoonaa euroa, josta 53 prosenttia muodostui projektitoimituksista ja 47 prosenttia teknologiapalveluista. Vuoden 2022 lopussa Rauten tilauskanta oli arvoltaan 84 miljoonaa euroa. (Raute Oyj.)

Raute työllistää teollisuuden sekä esimerkiksi myynnin ja markkinoinnin ammattilaisia. Rauten koko konsernin henkilöstön määrä vuoden 2022 lopussa oli 778. (Raute Oyj.)

3 Viilun paikkaus

Viilun paikkaus on prosessi, jossa viiluarkissa olevia virheitä eli mm. reikiä ja oksan kohtia korvataan samaa puulaatua olevalla paikalla ja näin parannetaan merkittävästi viilun arvoa. Paikattua viilua käytetään vanerin valmistuksessa pintaviiluna eli se tulee joko vanerin ylä- tai alapinnaksi. Paikkoja on erimuotoisia, kuten esimerkiksi kuvassa 1 näkyvä perhosen muotoinen paikka. Arkissa olevia halkeamia voidaan paikata teippaamalla, joka sitoo halkeaman reunat toisiinsa. (Raute Oyj.)



KUVA 1. Perhosen muotoinen paikka (Raute)

Paikkaus on tehokas tapa parantaa viilun laatua ja sen kestävyttä. Paikkausta voidaan tehdä joko automatisoidulla paikkauslinjalla (kuva 2), jossa älykäs kamerateknologia tunnistaa viiluarkissa olevia virheitä tai paikkauslaitteella, jolle tarvitaan tuotanto-operaattori hoitamaan viiluarkkien käsittelyä. (Raute Oyj.)



KUVA 2. Paikkauslinja (Raute)

Paikkauslinjalle tuodaan kuivaa pinkattua viilua ja prosessi alkaa siten, että viiluarkkeja syötetään yksi kerrallaan kamerakuljettimelle, jossa liikkuva arkki kuvataan ja nähdään arkissa olevat virheet, niiden laatu ja tarve paikkaukselle. Kamerakuljettimen jälkeen viilu ohjataan paikkausyksikölle, jos paikkaukselle on tarve. On mahdollista, ettei viulun laatua voida paikkaamalla parantaa, jolloin arkki ohjataan paikkaustasojen alla olevalle bypass-kuljettimelle ja viilu ohittaa paikkausyksikön, jonka jälkeen se pinkataan uudelleen laatuluokituksen mukaiseen pinkkaan. (Raute Oyj.)

Paikkaukseen menevät viiluarkit ohjataan paikkaustasolle, oikaistaan joko arkin etu- tai sivureunasta ja arkkiin tartutaan imupalkilla, joka on kiinnitetty lineaarijohteisiin. Imupalkilla tartutaan arkkiin sellaisesta kohdasta, jossa ei ole virheitä. Automaatio laskee kameran kuvan perusteella sopivimman paikkausjärjestyksen ja lineaarijohteilla siirretään arkissa olevia virheitä paikkauspään kohdalle. Paikkausprosessin aikana arkki liikkuu pöytälevyjen päällä, kuten kuvassa 3 näkyy. (Raute Oyj.)



KUVA 3. Paikkauspää ja imupalkki (Raute)

Paikkauslinjoilla on eri määrä paikkaustasoja tuotantomäärän mukaan ja viiluarkin koon mukaan yksi tai kaksi paikkauspäätä, joilla arkkiin leikataan paikan muotoinen reikä ja asetetaan paikka reikään. Paikat leikataan paikkauspäälle syötettävästä viiluliuskasta. Paikatut viiluarkit ajetaan hihnakuljettimilla uudelleen pinkattavaksi uuden laatuluokituksen mukaisiin pinkkoihin. Valmiit pinkat siirretään trukilla tuotannon seuraaviin vaiheisiin. (Raute Oyj.)

4 Paikkausyksikkö

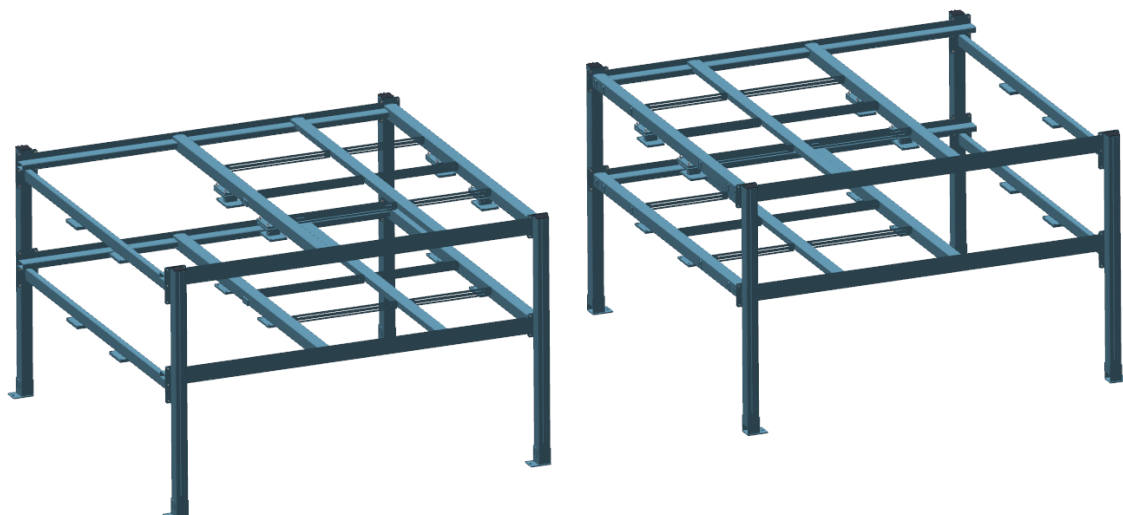
4.1 Rakenne

Paikkausyksikön rakenne voidaan jakaa kolmeen toiminnalliseen moduuliin, joita ovat paikkausrungon rakenteet, paikkauspäihin liittyvät rakenteet ja viiluarkin siirtämiseen liittyvät rakenteet. Paikkausyksikön kaikki osat kiinnittyvät paikkausrunkoon. Paikkausyksikön rakenne on lähes samanlainen viulun tulo- sekä lähtöpuolella. (Raute Oyj.)

Paikkausrunko

Ensimmäinen toiminnallinen moduuli, jonka ympärille paikkausyksikkö rakentuu, on paikkausrunko ja sen alikokoonpanot (kuva 4). Yhdessä rungon kokoonpanossa on kaksi samanlaista rakennetta vastakkain paikkauspäiden molemmilla puolilla. Yksitasoinen runko koostuu kahdeksasta jalasta ja neljästä sivurungosta. Jalat ja sivurungot ovat erillisiä hitsauskokoonpanoja, jotka kiinnittyvät toisiinsa pulttiliitoksilla. Jalkojen korkeutta voidaan säätää jalkojen pohjissa olevilla säätöpulteilla. Paikkausyksikön koko muu rakenne kiinnittyy runkoon ja sen osiin. Runko koostuu neliö- ja suorakaideputkista, laser- ja polttoleikatuista levyistä sekä erilaisilla poikkileikkauksilla olevista teräsprofiileista. Näistä osista muodostuu hitsauskokoonpanoja, jotka MAG-hitsataan, sen kustannustehokkuuden takia. (Raute Oyj.)

Paikkausrunkoja on viulun arkkikoon mukaan eri kokoisia. Kuvassa 4 näkyvä runko on suunniteltu korkeintaan 5 x 10 jalkaiselle viiluarkille. Tällä runkokoolla paikkaustasoja voi olla korkeintaan kolme ja jokaisen tason lisääminen korottaa rakennetta noin metrin. Runkojen suunnittelun lähtökohtana käytetään Rauten PDM-järjestelmästä löytyviä master -malleja, joihin tehdään tarvittaessa projektikohtaisia muutoksia. (Raute Oyj.)



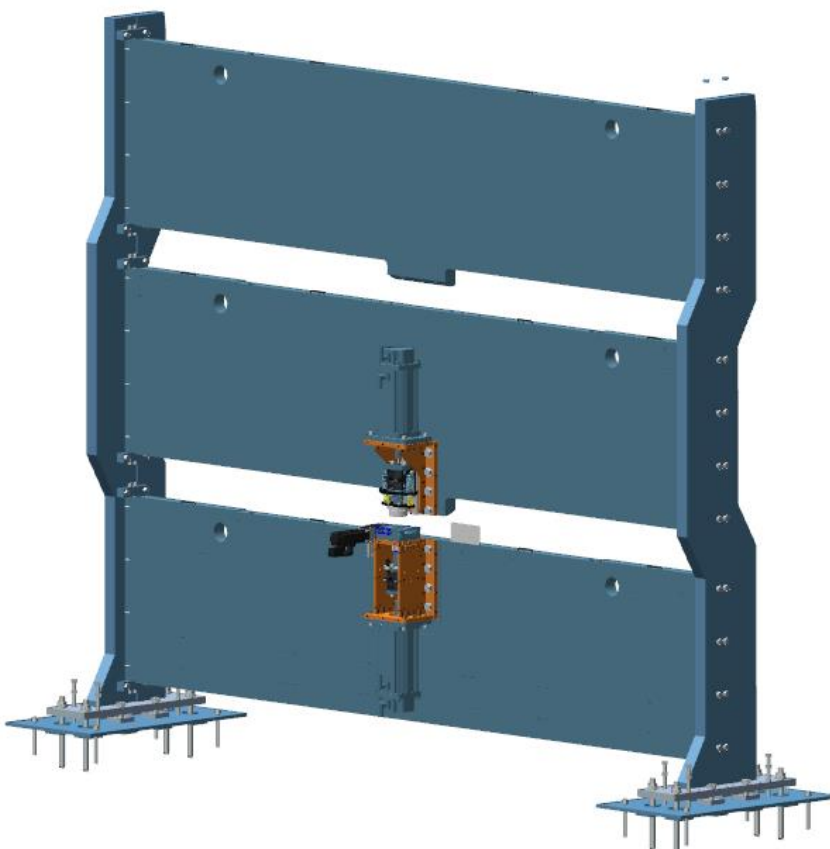
KUVA 4. Paikkausrungon kokoonpano (Raute)

Paikkauspäät

Toisena toiminnallisena moduulina voidaan pitää paikkauspäitä ja runkorakennetta, johon ne kiinnittyvät (kuva 5). Paikkauspäiden runko sijoittuu paikkausrungon keskelle ja kiinnittyy lattiaan sekä erillisillä tukirakenteilla paikkausrungon molempiin puoliin. Kaksitasoisessa paikkausyksikössä toisen tason paikkauspäät sijoittuisivat niiden runkoon nähden vastakkaiselle puolelle. (Raute Oyj.)

Paikkauspäät kiinnittyvät rungossa olevia koneistettuja pintoja vasten. Paikkauspäiden ylä- sekä alaosan kiinnityslevyihin ja runkoon on jysitty kiilaurat tasakiiloja varten, joiden avulla osat kohdistetaan toisiinsa. (Raute Oyj.)

Paikkauspään yläosassa olevaa pistimen kaulusta ja alaosassa olevaa pistintä liikutetaan sähköisillä lineaaritoimilaitteilla, joilla aikaansaadaan tarkat liikkeet. Liikkeiden tarkkuus on tärkeää, sillä se vaikuttaa pistimen osien elinikään. Pistin sekä pistimen kaulus on kiinnitetty lineaarijohteisiin, joiden varassa ne liikkuvat. Paikkauspään yläosa leikkaa viiluarussa olevan virheen pois ja alaosa leikkaa viiluliuskasta paikan sekä asettaa sen arkkiin. (Raute Oyj.)



KUVA 5. Paikkauspäiden runko (Raute)

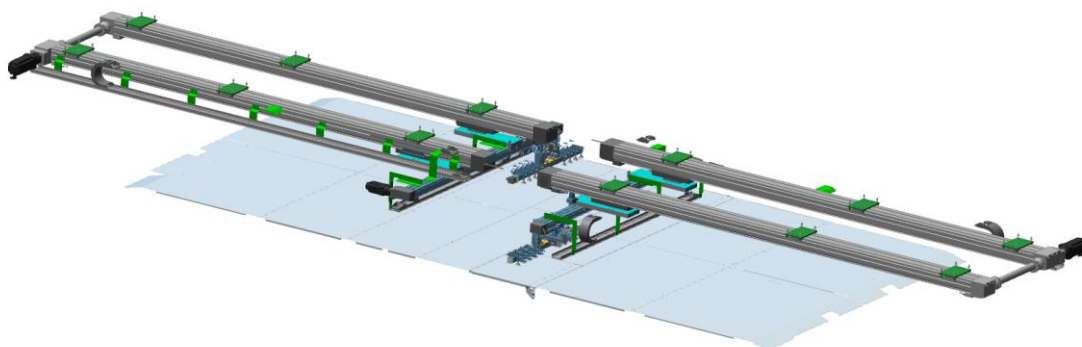
Viiluarkin siirto

Kolmantena toiminnallisena moduulina voidaan pitää viiluarkin siirtämiseen liittyviä rakenteita, joita ovat pöytälevyt, porttaalit sekä sivuvaste. Paikkausyksikössä porttaaleja on kullakin tasolla kaksi kappaletta, ennen paikkauspäätä ja sen jälkeen. (Raute Oyj.)

Porttaali (kuva 6) koostuu alipaineella toimivasta imupalkista, sähkömoottorikäyttöisistä lineaarijohdepalkeista, joilla saadaan aikaan imupalkin pituus- sekä leveysuuntaiset liikkeet ja pienistä paineilmasylintereistä imupalkin pystyliikettä varten. 5 x 10 kokoisessa paikkausrungossa molempien lineaarijohteiden pituussuuntainen liike on yli 4000 mm ja leveysuuntainen liike yli 2000 mm. Imupalkin pystysuuntainen liike on noin 100 mm. Porttaalit kiinnittyvät ylemmissä sivurungoissa oleviin kiinnityslevyihin. (Raute Oyj.)

Pöytälevyjen rakenne koostuu useista erikokoisista teräslevyistä. Pöytälevyjä on sekä kiinteästi asennettuja että avattavia. Avattavat levyt ovat saranoituja ja ovat paikkaustasolla paikkauspään puolella. Tuotannon aikana on tärkeää, ettei viiluarkki törmää pöytälevyjen reunoihin ja pääse muuttamaan paikkaa imupalkissa, jolla sitä siirretään. Pöytälevyjen

reunat ovat loivasti viistettyjä tai alaspäin särmättyjä ja näin vältetään törmäykset. Särmäykset lisäävät myös levyjen jäykkyyttä. (Raute Oyj.)

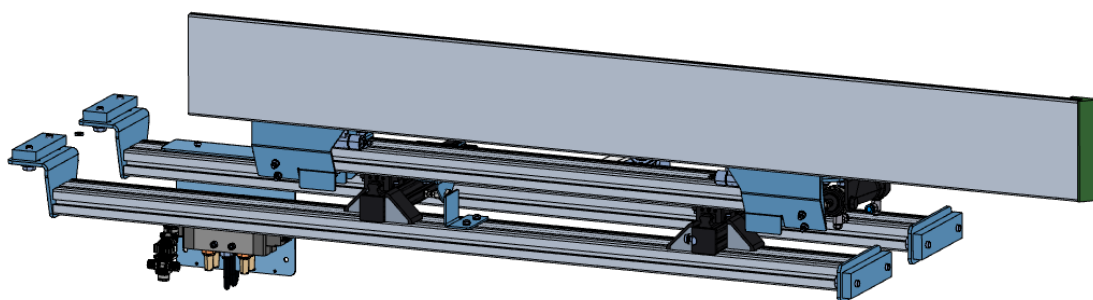


KUVA 6. Pöytälevyt ja porttaalit (Raute)

Sivuvasteen runkorakenne koostuu alumiiniprofiileista sekä teräksisistä kiinnityslevyistä ja -osista. Vastekelkkaa, joka liikkuu lineaarijohteiden päällä, käytetään pitkäiskuisella paineilmasylinterillä ja myös vastelevyn kääntö tapahtuu paineilmasylinterillä. (Raute Oyj.)

Sivuvasteella (kuva 7) oikaistaan ja paikoitetaan viiluarkki ennen kuin siihen tartutaan imupalkilla. Paikoituksen tarkkuus on tärkeää, jotta arkkiin tulevat paikat osuvat mahdollisimman tarkasti oikeisiin kohtiin. (Raute Oyj.)

Sivuvaste kiinnittyy viilun kulkusuunnassa ensimmäiseen alempaan sivurunkoon. Vasteen etäisyyttä voidaan säätää C-kiskoissa olevia liukupaloja siirtämällä. (Raute Oyj.)



KUVA 7. Sivuvaste (Raute)

Hoitotasot ja huolto

Hoitotasot (kuva 8) eivät kuulu paikkausyksikön rakenteeseen, mutta ovat osa paikkauslinjan rakennetta. Paikkauslinjalla on tarve päästä liikkumaan ja mahdollisesti valvomaan

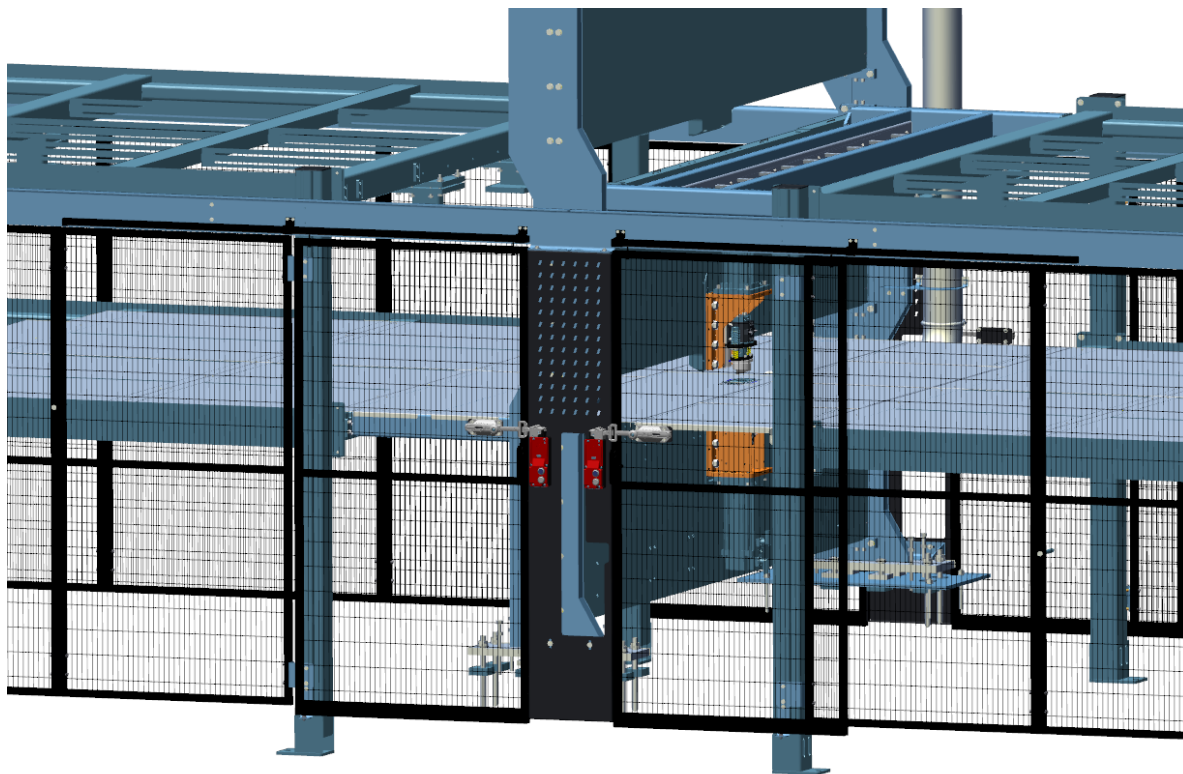
paikkausprosessia. Tuotannon aikana linjalla voi liikkua hoitotasolla sekä linjan ympärillä turva-aitojen ulkopuolella. Monitasoisissa paikkauslinjoissa hoitotasoja on linjan molemmilla sivuilla, ja ne myös ylittävät linjan paikkausyksikön molemmilla puolilla. Yksitasoisessa paikkauslinjassa hoitotasoja ei tarvita linjan sivuilla paikkausyksikön kohdalla. (Raute Oyj.)



KUVA 8. Hoitotasot (Raute)

Huoltoa varten kulku paikkausyksikölle tapahtuu linjan molemmilla sivuilla olevista liukuovista, jotka näkyvät kuvassa 9. Huollon aikana on mahdollista työskennellä myös paikkaustason päällä. Paikkaustason päällä työskentely on tarpeellista varsinkin useampitasoisia paikkausyksiköitä huollettaessa. (Raute Oyj.)

Paikkauspäälle tehtäviä säännöllisiä huoltotoimenpiteitä ovat esimerkiksi pistimen ja sen kauluksen teroitus tai tarvittaessa niiden vaihto sekä lineaarijohteiden puhdistus ja voitelu tai tarvittaessa niiden vaihto. Porttaaleille tehtäviä säännöllisiä huoltotoimenpiteitä ovat esimerkiksi lineaarijohdepalkkien hammashihnojen vaihto, lineaarijohteiden puhdistus ja voitelu ja energiansiirtoketjujen tarkistus ja tarvittaessa vaihto. (Lehtola 2021.)



KUVA 9. Paikkauslinjan liukuovet (Raute)

4.2 Materiaali

Paikkausrungon sekä paikkauspäiden rungon materiaalina on käytetty S355 rakenneterästä sen hyvän muokattavuuden ja hitsattavuuden, hyvien mekaanisten ominaisuuksien sekä edullisen hinnan takia. Teräksen rakenteeseen tuoma paino ei ole ongelma, koska runkorakenteet seisovat tuotantolinjalla paikoillaan. Rakenneteräksiä käytetään edellä mainittujen ominaisuuksien ansiosta useimmissa Rauten valmistamissa koneissa runkorakenteiden materiaalina. Teräksestä valmistetut osat vaativat pintakäsittelyn, joka on runkojen ja niihin liittyvien osien kohdalla pääsääntöisesti maalaus, mutta joitain osia voidaan käyttää myös sähkösinkityksessä. Runkorakenteet ovat useimmiten väriltään sinisiä.

Paikkaustason pöytälevyt ovat 2 mm vahvuista kylmävalssattua AISI 304L ruostumatonta terästä. Levyjen aihiot ovat laserleikkeitä, joihin tehdään tarvittavat särmäykset. Viisteet sekä osa kiinnitysrei'istä porataan asennusvaiheessa. (Raute Oyj.)

Materiaalin valinta perustuu siihen, että levyihin kohdistuvan hankauksen takia niissä ei tulisi pysymään maali. Ruostumattomat levyt eivät tarvitse minkäänlaista pintakäsittelyä eikä levyjen pintaa tarvitse työstää, koska kylmävalssatuissa levyissä se on ominaisesti sileä.

Ruostumatonta teräslevyä on saatavilla erilaisilla tehdasvalmisteisilla pinnanlaaduilla. Pöytälevyjen pinnanlaatu on 2B ja kuten kuvassa 10 mainitaan, se on kylmävalssatuissa levyissä yleisin pinnanlaatu.



1D

Kuumavalssattu ja hehkutettu pinta, josta kuumavalssaushilse on poistettu peittaamalla. Pinta on karkea ja mattamainen, ja sitä on saatavissa suuremmilla levynpaksuuksilla (yli 2 mm). Sitä käytetään etupäässä ei-koristeellisiin tarkoituksiin, kuten rakenteisiin, joissa visuaalinen ilme ei ole tärkeä.



2D

Kylmävalssattu, lämpökäsitelty ja peitattu pinta, joka 1D-pintaan verrattuna on sileä ja jonka heijastavuus on tavanomaista kylmävalssattua 2B-pintaa hieman alhaisempi. Pinta soveltuu teollisiin ja rakennusteknisiin tarkoituksiin.



2B

Yleisimmin käytetty kylmävalssattu pinta, johon hehkutuksen ja peittauksen jälkeen tehdään viimeistelyvalssaus. Pinta on sileä ja puolikiiltävä, ei kuitenkaan peilaava. Harmaan hohtava 2B-pinta on myös lähtöpinta useimmille kiillotetuille ja hiotuille pinnanlaaduille.



2R

Suojakaasussa, hapettomassa olosuhteessa hehkutettua kylmävalssattua pintaa 2R kutsutaan kiiltohehkutetuksi pinnaksi. Pinta on peilimäisen heijastava. Sileä 2R-pinta pysyy hyvin puhtaana, koska esimerkiksi ilman epäpuhtaudet eivät tartu siihen helposti.

KUVA 10. Ruostumattoman teräksen pinnanlaadut (Euro Inox)

Pöytälevyt kiinnittyvät paikkausrunkoon, joten materiaalit on suunniteltu yhteensopiviksi ja ruostumattomia teräslevyjä on helppo kiinnittää maalattuun teräsrunkoon. Pöytälevyt kiinnittyvät runkoon tehtyihin kierrereikiin uppokantaisilla sinkityillä ruuveilla. (Raute Oyj.)

5 Tuotekehitys

5.1 Lähtötilanne

Tuotekehitys alkaa tarpeesta parantaa olemassa olevan osan ominaisuuksia. Tässä tapauksessa paikkausrunkojen pöytälevyjä on tarkoitus kehittää huoltoystävällisempään suuntaan. Levyt ovat käyttäjäkokemusten ja saadun palautteen perusteella osoittautuneet liian painaviksi, joka vaikeuttaa niiden käsittelyä. Osa pöytälevyistä on saranoituja ja niitä on avattava, kun paikkauspäälle tehdään huoltotoimenpiteitä. Paikkauspään kohdalla olevat levyt täytyy myös irrottaa ja nostaa pois paikaltaan huollon ajaksi. Tason muita levyjä ei tarvitse paikkauspään huollon takia irrottaa, joten niiden osalta tuotekehitystä on mahdollista tehdä erilaisin vaatimuksin.

2 mm vahvuisen ruostumattoman levyn massa on noin 16 kg/m^2 ja isoimmat huollon takia irrotettavat levyt ovat hieman yli neliömetrin kokoisia. Niiden käsittelyssä on haasteita sekä turvallisuusriskejä levyjen painon ja ympäröivien rakenteiden ahtauden vuoksi.

5.2 Vaatimukset

Tuotekehityksessä paikkaustason pöytälevyille asetetaan erilaisia vaatimuksia ja toiveita (taulukko 1), jotka koskevat kaikkia paikkaustason levyjä tai vain tiettyä osaa levyistä. Vaatimukset, toiveet ja niiden priorisoinnin on määritellyt viulun paikkauksesta vastaava tuotepäällikkö. Vaatimukset ovat ominaisuuksia, jotka levyillä on oltava, jotta tuotekehitys voidaan katsoa onnistuneeksi ja on järkevää valmistaa uudenlaisia levyjä testattavaksi. Toiveet tuovat lisäarvoa ja niiden kohdalla on mahdollista joustaa.

TUOTEKEHITYKSEN VAATIMUKSET PAIKKAUSTASON PÖYTÄLEVYILLE			
Tyyppi	Kuvaus	Huomiot	Levyt, joita vaatimus koskee
Vaatimus	Kulutuskestävyys ja vähäinen kitka pöytälevyjen ja viulun välillä	Kitkan tulee olla vastaava tai pienempi kuin tällä hetkellä käytössä olevilla levyillä	Kaikki
Vaatimus	Valmistettavuus ja saatavuus	Materiaalin on oltava helposti saatavaa ja valmistusmenetelmät yleisesti tunnettuja	Kaikki
Vaatimus	Levyjen välisten liitoskohtien tulee pysyä kohdakkain	Levyt eivät vaurioidu mekaanisista rasituksista, joita niille sallitaan	Kaikki
Vaatimus	Levyjen tulee olla kevyempiä kuin tällä hetkellä käytössä olevien levyjen	Tavoite on puolittaa paino tällä hetkellä käytössä oleviin levyihin verrattuna	Avattavat/irrotettavat levyt
Vaatimus	Levyjen tulee kestää niiden päällä työskentely	Työntekijän paino työkaluineen	Kiinteästi asennettavat levyt
Lisäarvo	Levyjen materiaali- ja valmistuskustannukset eivät merkittävästi nouse	Kustannusten nousua voidaan kuitenkin perustella, jos saavutetaan huomattavaa kehitystä muilla osa-alueilla	Kaikki
Lisäarvo	Levyjen välisiä liitoskohtia tulee olla mahdollisimman vähän	Vähemmän paikkoja, joihin viilu voi tuotannon aikana törmätä	Kaikki
Lisäarvo	Levyille voidaan määritellä elinkaari		Kaikki

TAULUKKO 1. Vaatimukset

Kaikkien pöytälevyjen sileäpintaisuus on tärkeää, jotta kitka saadaan mahdollisimman pieneksi. Ei kuitenkaan ole välttämätöntä, että materiaali on ominaisesti sileäpintaista, jos se voidaan saada aikaan kulutusta kestäväällä pintakäsittelyllä. Liian suuri kitka vaikuttaa paikkausprosessiin siten, että viiluarkin pituus voi paikkaustasolla muuttua, jolloin arkin koko ei vastaa enää kameran mittaustulosta ja paikat eivät osu täysin oikeisiin kohtiin. Puun syiden suuntaisesti viiluarkin leveys ei muutu, mutta syitä vastaan kohtisuorassa suunnassa pituuden muutos on mahdollista, koska arkissa olevat halkeamat voivat päästä laajenemaan, jolloin arkin pituus kasvaa.

Pöytälevyjen kulutuskestävyys vaikuttaa niiden elinikään ja levyjen kuluminen voi joidenkin materiaalien kohdalla johtaa siihen, että pinnasta tulee kulutuksen myötä pinnanlaadultaan huonompi, jolloin kitka lisääntyy. Levyjen elinikä tulee olla useita vuosia ja tämän takia materiaalin tai mahdollisen pintakäsittelyn kulutuskestävyyden tärkeys korostuu.

Materiaalin hinta ja pöytälevyjen valmistuskustannukset on huomioitava tuotekehityksessä, koska levyjen kokonaiskustannukset vaikuttavat tuotekehityksen onnistumiseen ja lopulliseen ratkaisuun. Vaikka jokin materiaali olisi edullista, saattavat kokonaiskustannukset nousta huomattavasti, mikäli valmistuksessa on monia vaiheita tai valmistusmenetelmät ovat haastavia.

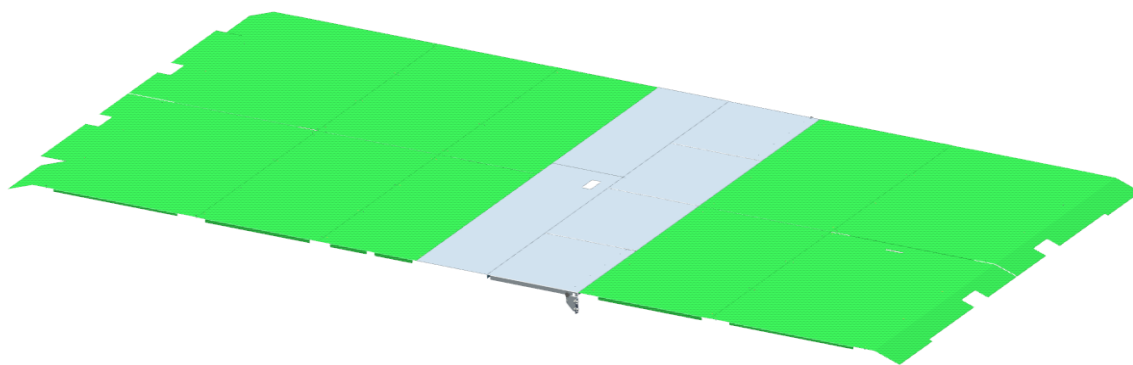
Levyjen materiaali on oltava helposti saatavissa sekä valmistusmenetelmät useiden valmistajien tuntemia ja tarjoamia. Nämä asiat tulevat varmasti osaltaan vaikuttamaan levyjen toimitusaikoihin ja kokonaiskustannuksiin.

Kaikkien pöytälevyjen tulee kestää niille sallitut mekaaniset rasitukset muuttamatta muotoaan. Esimerkiksi levyjen vääntyminen johtaa siihen, että levyjen reunat ja niiden väliset liitoskohdat voivat nousta, jolloin viiluarkki helposti törmää levyjen reunoihin. Levyjen välisiä liitoskohtia tulee olla mahdollisimman vähän ja niiden tulee olla mahdollisimman yhtenäisiä.

Kiinteästi asennettavien levyjen täytyy kestää niiden päällä liikkuminen ja työskentely, joten niiltä vaaditaan riittävää jäykkyyttä. Näiden levyjen painolla ei kuitenkaan ole niin suurta merkitystä, koska niitä käsitellään ainoastaan asennusvaiheessa, eikä niitä tarvitse huolto- toimenpiteiden takia irrottaa.

Avattavien ja huollon takia irrotettavien levyjen päällä liikkuminen ja työskentely on kielletty, joten niiden ei tarvitse kestää yhtä suurta painoa, jolloin jäykkyyttä ei tarvita yhtä paljoa. Näiden levyjen täytyy kuitenkin olla riittävän kevyitä, koska niitä käsitellään säännöllisesti huoltojen yhteydessä. Levyjen jäykkyys voidaan saavuttaa joko materiaalin ominaisuuksilla, levyihin tehtävillä jäykkyyttä lisäävillä rakenteilla tai näiden yhdistelmällä.

Kuvassa 11 näkyy vihreänä paikkaustason kiinteästi asennettavat levyt, joiden päällä liikkuminen ja työskentely on sallittu sekä harmaana avattavat ja irrotettavat levyt, joiden päällä liikkuminen ja työskentely on kielletty. Paikkaustason alla oleva sivurungon rakenne tukee osittain vihreällä merkittyjä levyjä.



KUVA 11. Pöytälevyt (Raute)

Tuotekehityksessä priorisoidaan ensimmäisiksi vaatimuksiksi kaikkien levyjen kulutuskestävyys ja vähäinen kitka sekä avattavien ja irrotettavien levyjen painon vähentäminen. Näiden vaatimusten perusteella voidaan alkaa tekemään tutkimusta mahdollisista materiaaleista sekä valmistusmenetelmistä ja materiaaleille soveltuvista pintakäsittelymenetelmistä.

5.3 Tutkimus

Tutkimus alkaa materiaaliryhmien ja niiden ominaisuuksien tarkastelulla. Alkuvaiheessa materiaaliryhmien tiheyden tarkastelu tuo avattavien/irrotettavien levyjen kohdalla esille mahdollisia vaihtoehtoja, joiden muita ominaisuuksia voidaan tutkia annettujen vaatimusten perusteella. Koneenrakennusmuovit, komposiitit, puu ja alumiini ovat levyjen painoa ajatellen hyviä vaihtoehtoja korvaamaan tällä hetkellä käytettäviä ruostumattomia pöytälevyjä, koska niiden kaikkien tiheys on selkeästi ruostumatonta terästä pienempi. Tuotekehityksessä on mahdollisuus valita erilaiset materiaalit kiinteästi asennettaviin pöytälevyihin ja avattaviin/irrotettaviin pöytälevyihin.

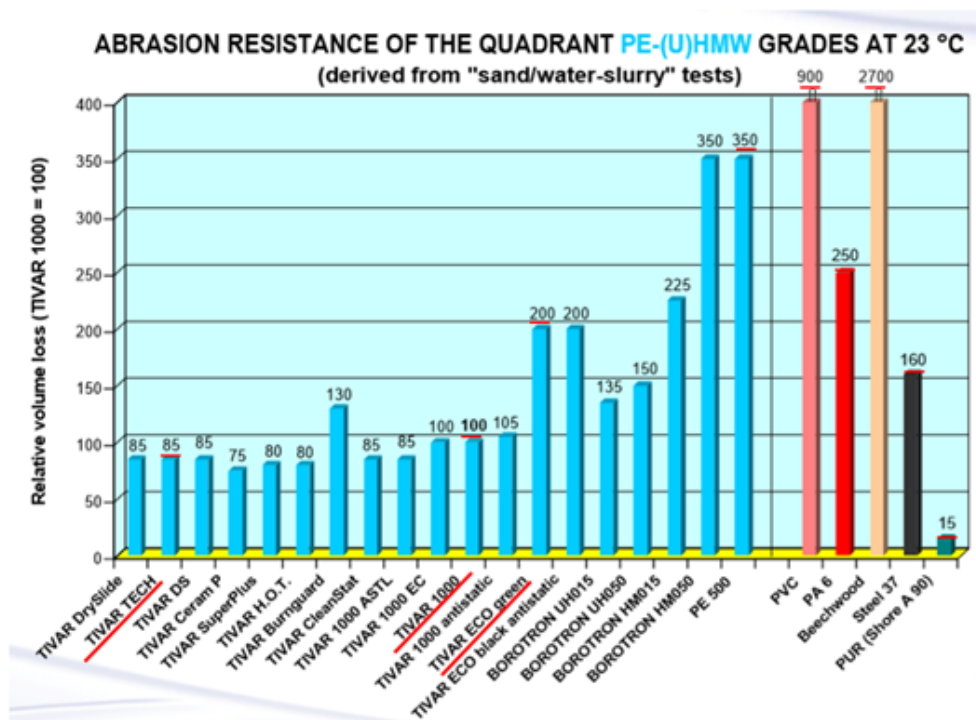
Kevyimpien materiaalien etuina voidaan pitää sitä, että levyn paksuutta on mahdollista kasvattaa, jolloin levyyn saadaan lisää jäykkyyttä. On myös mahdollista lisätä erillisiä jäykkyyttä lisääviä tukirakenteita, jolloin levyn paksuus voidaan vastaavasti pitää pienempänä. Eri materiaaliryhmien tarkastelun jälkeen voidaan arvioida, kuinka paljon pöytälevyjen painoa on mahdollista vähentää.

Koneenrakennusmuovit

Koneenrakennusmuoveista löytyy hyvin kulutusta kestäviä ja tiheydeltään pieniä vaihtoehtoja. Muovilaatuja tutkiessani pääsin haastattelemaan asiantuntijoita Etra Oy:ltä sekä Aikolon Oy:ltä ja sain tietoja eri muovilaatujen mekaanisista ominaisuuksista. Koneenrakennusmuoveja on hyvin saatavilla, eikä puolivalmisteiden kustannuksissa ruostumattomaan teräkseen verrattuna ole merkittävää eroa. Muoveja on yleisesti saatavilla levyinä ja erilaisina profiileina.

Koneenrakennusmuovien tiheys on 940 kg/m^3 - 2300 kg/m^3 , joka on parhaimmillaan vain noin kahdeksasosa ruostumattoman teräksen tiheydestä (Aikolon Oy). Polyeteeni on tässä materiaaliyhmässä kevyintä ja polytetrafluorieteeni eli teflon painavinta. Esimerkiksi 8 mm vahvuisen polyeteenilevyn massa on vain noin puolet verrattuna 2 mm vahvuiseen ruostumattomaan teräslevyyn.

Koneenrakennusmuoveista löytyy tähän tuotekehitykseen sopivilla liukuominaisuuksilla ja kulutuksenkestolla olevia materiaaleja. Viilun ja muovien välisiä liukuominaisuuksia ja kulutuksenkestoa on syytä verrata viilun ja ruostumattoman teräksen vastaaviin ominaisuuksiin, jotta voidaan todeta tämän vaatimuksen täyttyvän. Kuten kuviossa 1 näkyy, useimmat polyeteenilaadut kestävät hankaavaa kulutusta hyvin verrattuna teräkseen. Kuvan testitulokset on saatu huoneenlämmössä kuluttamalla materiaaleja hiekka-vesiseoksella.



KUVIO 1. Kulutuksenkestävyys (Etra)

Muovien etuna voidaan pitää hyvää iskukestävyyttä, jonka ansiosta ne eivät teräksiin verrattuna yhtä helposti kolhiinnu ja menetä muotoaan asennus- ja huoltotoimenpiteiden aikana. Muovit ovat myös sitkeitä ja siten palauttavat hyvin muotonsa esimerkiksi taivutuksen jälkeen. (Etra).

Muovien selkeänä heikkoutena voidaan pitää metalleihin, kuten teräkseen ja alumiiniin verrattuna heikkoa jäykkyyttä. Vähäisen jäykkyyden vuoksi muovilevyjen keskelle olisi tarpeellista lisätä tukirakenteita, jotka puolestaan lisäävät massaa, valmistusaikaa ja kustannuksia.

Viruminen on muovien kohdalla monissa käyttökohteissa ongelma, joka korostuu varsinkin, jos tukirakenteita ei käytetä tai niitä ei ole riittävästi. On olemassa lasikuituseosteisiä muoveja, jotka ovat verrattain jäykkiä ja virumisenkestoltaan tavanomaisia muoveja parempia. Tuotantolinjalla paikkausyksikön kohdalla olosuhteet ovat hyvät, koska kosteutta viilussa ei ole ja lämpötila pysyy matalana. Lämpötila voi tuotantolinjalla vaihdella esimerkiksi 15–40 °C:n välillä.

Korkea lämpötila ja kosteus voivat aiheuttaa muoveissa mekaanisten ominaisuuksien heikentymistä, mutta esimerkiksi polyeteeni ei ime vettä ja käyttölämpötila on -150...+80 °C (Etra). Muoveja käytettäessä on kuitenkin huomioitava suuri lämpölaajenemiskerroin, joka on moninkertainen verrattuna ruostumattomaan teräkseen tai alumiiniin. Lämpölaajeneminen korostuu pitkissä kappaleissa, koska pituuden muutos on suhteellista.

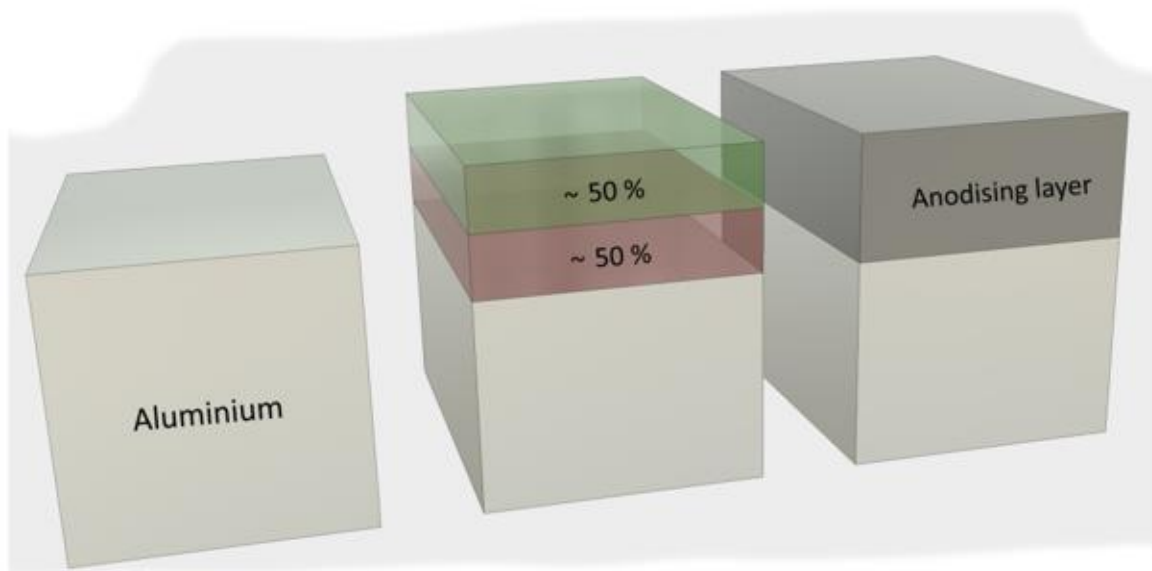
Alumiinit

Alumiinit ovat yleisesti koneenrakennuksessa käytettyjä materiaaleja, ja materiaaliryhmästä löytyy helposti työstettäviä sekä hitsattavia alumiinilaatuja. Koneenrakennuksessa käytetään useimmiten 5000- tai 6000-sarjan alumiineja, joiden pääseosaine on magnesium. (Valmistajat.fi.) Alumiinista valmistettuja puolivalmisteita, kuten levyjä ja erilaisia profiileja on helposti saatavilla, eivätkä materiaalikustannukset ruostumattomaan teräkseen verrattuna ole korkeat.

Puhtaan alumiinin tiheys on 2700 kg/m^3 , joka on noin kolmasosa ruostumattoman teräksen tiheydestä. Pääseosaineen eli magnesiumin tiheys on 1738 kg/m^3 , mutta seosaineen vähäisen määrän takia sillä ei ole merkittävää vaikutusta massaan. Esimerkiksi 3 mm vahvuisen alumiinilevyn massa on vain noin puolet verrattuna 2 mm vahvuiseen ruostumattomaan teräslevyyn.

Käsittelemättömän alumiinilevyn pinta on huonosti kulutusta kestävä, mutta anodisoimalla (vanha termi on eloksointi) levyn pintaan muodostuu kulutusta kestävä alumiinioksidikerros. Kerroksen paksuus on yleisesti 5–30 μm ja siitä noin puolet tunkeutuu alumiinilevyyn ja puolet muodostuu levyn pinnalle, kuten kuvasta 12 voidaan havaita. Alumiinilevyjä

myydään käsittelemättöminä sekä valmiiksi anodisoituina, joten anodisointi ei lisää työvaiheita valmistuksessa. Levyä myös korroosiolta suojaava alumiinioksidikerros muodostuu happipitoisessa ympäristössä levyn pintaan uudelleen, jos siihen syntyy esimerkiksi naarmu.



KUVA 12. Anodisointi (Valmistajat.fi)

Anodisoidun alumiinilevyn pinnanlaatu ja liukuominaisuudet ovat hyvin lähelle kylmävalsattua ruostumatonta teräslevyä vastaavat. Molempien levyjen pinnat ovat puolikiiltävät, mutta ei kuitenkaan peilaavat.

Alumiinin jäykkyys ruostumattomaan teräkseen verrattuna on heikompi. Alumiinia voidaan kuitenkin muokkauslujittaa esimerkiksi jäykistesärmäyksillä. Tukirakenteiden tarpeellisuus levyjen keskelle tulee mahdollisesti eteen isoimpien pöytälevyjen kanssa. Näin vältetään alumiinin roikkuminen oman massansa vaikutuksesta.

Komposiitit

Komposiitit ovat kahdesta tai useammasta materiaalista valmistettuja yhdistelmiä. Komposiitit tarvitsevat aina sidosaineen, koska materiaalit eivät ole sulautuneet yhteen. Komposiittien etuina voidaan pitää sitä, että niihin on mahdollista yhdistää kahden tai useamman materiaalin hyviä ominaisuuksia. Yleisimmin komposiitit ovat kuitenkin lujitteesta ja matriisista valmistettuja yhdisteitä. Lujite on tyypillisesti aramidi-, lasi- tai hiilikuitua. Matriisi eli sidosaine välittää materiaaliin kohdistuvat rasitukset kuiduille. (Muoviteollisuus Ry.)

Komposiitit ovat kevyitä materiaaleja ja sijoittuvat tässä tutkimuksessa tiheyden suhteen muovien ja alumiinien väliin. Esimerkiksi 3 mm vahvuisen lasikuitulevyn massa on vain noin

puolet verrattuna 2 mm vahvuiseen ruostumattomaan teräslevyyn ja hiili- sekä aramidikuituiset levyt ovat tätäkin kevyempiä kuten taulukosta 2 voidaan havaita. Vertailuun on valittu yleisesti käytössä olevia komposiittimateriaaleja.

Materiaali	Tiheys (kg/m ³)
Lasikuitu	2520
Hiilikuitu	1800
Aramidikuitu	1440

TAULUKKO 2. Komposiittien tiheyksiä

Käsittlemättömänä komposiittimateriaaleista valmistettujen levyjen pinnat ovat heikosti kulutusta kestäviä ja liukuominaisuuksiltaan huonoja, joten ne tarvitsevat pintakäsittelyä. Useimmiten pintakäsittely on maalaus tai lakkaus. On myös huomioitava, että kestävän ja sileän pinnoitteen aikaansaamiseksi komposiittilevyt tarvitsevat valmisteleviä töitä, joita voivat olla esimerkiksi tasoitus ja hionta. Pinnoitteen laadulla ja viimeistelyllä voidaan vaikuttaa kitka- ja liukuominaisuuksiin halutulla tavalla, joten kustannuksia on tässä vaiheessa tutkimesta vaikea arvioida.

Komposiiteista ja niiden mekaanisista ominaisuuksista on mahdollista toteuttaa hyvin monenlaisia eri variaatioita. Mekaanisiin ominaisuuksiin voidaan vaikuttaa kuitujen määrällä, suunnalla, jatkuvuudella ja erilaisilla sidosrakenteilla. Erilaisia rasituksia vastaanottamaan voidaan tehdä räätälöityjä rakenteita, mutta tämä vaikuttaa kustannuksiin, saatavuuteen ja toimitusaikaan merkittävästi.

Puu

Koneenrakennuksessa voidaan käyttää puutuotteita esimerkiksi tukirakenteina, jotka usein ovat vaneria. Vanerilevyt on valmistettu useista syysuunnassa ristikkäin liimatuista viiluista. Vaneria on helppo työstää esimerkiksi sahaamalla ja poraamalla. Vanerilevyjä on mahdollista työstää myös CNC-tekniikalla, jolloin reiät, aukot, viisteet ja muut suunnitellut työstöt saadaan tehtyä tarkasti. (Varis 2017, 43–46.)

Suomessa yleisesti saatavilla olevalla koivuvanerilla on hyvät jäykkyys- sekä lujuusominaisuudet. Koivuvaneri kestää hyvin myös virumista, joka on tärkeä ominaisuus eikä siten vaikuta pöytälevyjen elinkaareen. Vanerilevyjen pinnasta on hiomalla mahdollista saada sileä ja kestävä, mutta vaneria voidaan myös pinnoittaa esimerkiksi fenolifilmillä, jolloin pinnasta saadaan hiottuakin pintaa sileämpi, kovempi ja paremmin säätä sekä kulutusta kestävä. (Varis 2017, 43–46.)

Puumateriaalien tiheys on 460–680 kg/m³, joka on huomattavasti alle kymmenesosa ruostumattoman teräksen tiheydestä (Puuinfo). Havuvaneri on tässä materiaaliryhmässä kevyintä ja koivuvaneri painavinta, mutta kuten taulukosta 3 voidaan havaita, ei merkittäviä keskinäisiä eroja ole. Esimerkiksi 12 mm vahvuisen koivuvanerilevyn massa on vain noin puolet verrattuna 2 mm vahvuiseen ruostumattomaan teräslevyyn.

Materiaali	Tiheys (kg/m ³)
Koivuvaneri	680
Havuvaneri	460-520
Sekavaneri	620

TAULUKKO 3. Vanerilevyjen tiheyksiä

Materiaaliryhmien ominaisuuksien vertailu

Materiaaliryhmien tiheyksiä tarkastelemalla (taulukko 4) voidaan valita materiaaliryhmät, joiden sisältä kannattaa valita tarkemmin tutkittavat materiaalit. Muovien ja komposiittien kohdalla skaala on melko laaja, koska erilaisia materiaaliseoksia on todella paljon.

Materiaali	Tiheys (kg/m ³)
Teräs	7850
5000-sarjan alumiinit	2700
Muovit	940-2300
Puu	460-680
Komposiitit	1440-2520

TAULUKKO 4. Tiheyksiä

Youngin moduulilla eli kimmokerroimella, jonka tunnus on E ja yksikkö GPa, kuvataan kiinteiden kappaleiden venymistä voiman vaikutuksesta. Taulukosta 5 on nähtävissä, että teräksen kimmokerroin on vertailtavista materiaaleista suurin, joka tarkoittaa vähäisintä venymää. Polyeteenillä kimmokerroin on pienin, mutta sitkeytensä ansiosta se vastustaa plastisia muodonmuutoksia hyvin.

Materiaali	Kimmokerroin (GPa)
Teräs	210
5000-sarjan alumiinit	70
Polyeteeni	0.11-0.45
Puu	10-15
Lasikuitu	73
Hiilikuitu	230-600
Aramidikuitu	120-160

TAULUKKO 5. Kimmokerroimia

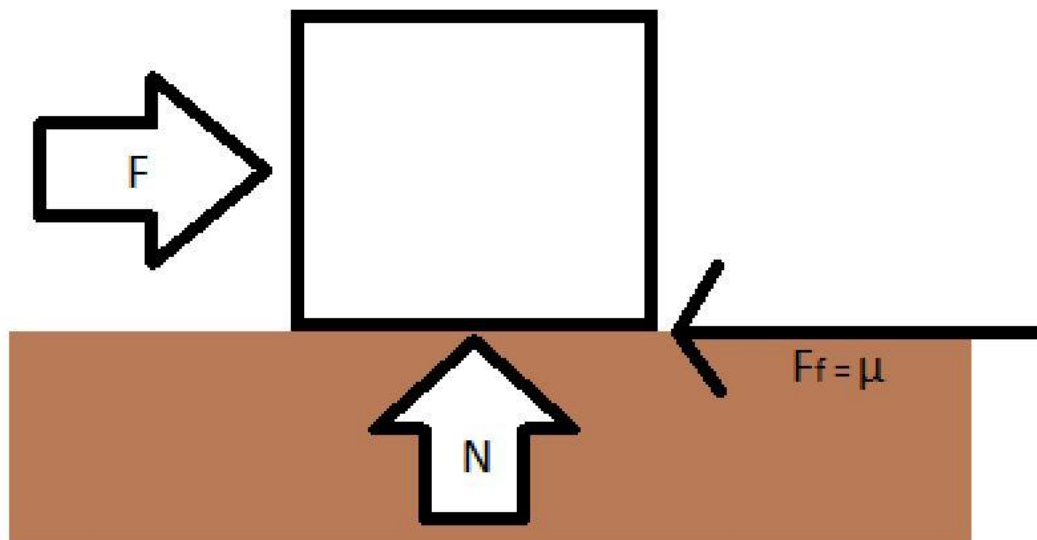
Lämpötilakertoimella kuvataan kiinteiden kappaleiden pituuden ja tilavuuden muutosta lämpötilan vaikutuksesta. Materiaalit, joiden lämpötilakerroin on positiivinen laajenevat lämpötilan kasvaessa ja materiaalit, joiden lämpötilakerroin on negatiivinen kutistuvat lämpötilan kasvaessa. Kuten taulukosta 6 voidaan havaita, muoveilla kuten polyeteenillä lämpötilakerroin on terästä ja alumiinia merkittävästi suurempi. Suuret mittamuutokset voivat aiheuttaa haasteita kiinnitysreikien ja pöytälevyjen saumakohtien kanssa. Puun laajeneminen tai kutistuminen lämpötilan muutosten takia on hyvin vähäistä, mutta puun kosteuden muutos voi aiheuttaa merkittäviä mittamuutoksia. Puun lämpötilakerrointa ei taulukossa esitetä, koska siihen vaikuttavia asioita ovat puun vaihteleva tiheys sekä kosteus. Ruostumattomasta teräksestä valmistettujen pöytälevyjen kohdalla lämpötilan muutoksista johtuvat mittamuutokset eivät ole aiheuttaneet ongelmia.

Materiaali	Lämpötilakerroin ($10^{-6} / K$)
Teräs	12
5000-sarjan alumiinit	21-24
Polyeteeni	108-200
Puu	
Lasikuitu	5
Hiilikuitu	-1.3
Aramidikuitu	-4

TAULUKKO 6. Lämpötilakertoimia

Kitkakerroin μ (kuva 13) voidaan laskea kaavalla 1, jossa F on kappaleen liikkeelle saamiseen tarvittava voima ja N on kappaleeseen kohtisuorasti vaikuttava voima. Kitkakerroin on suoraan verrannollinen kitkavoimaan eli kappaleen liikettä vastustavaan voimaan.

$$\mu = F / N \quad (\text{kaava 1})$$



KUVA 13. Kitkavoima

Taulukosta 7 voidaan huomata, että teräksellä lepokitkakerroin on vertailtavista materiaaleista pienin, mutta alumiinioksidipinnoitteella ja polyeteenillä voidaan päästä lähes vastaaviin lukemiin. Puumateriaalien lepokitkakerroin on taulukossa suurin, mutta esimerkiksi fenolifilmipinnoitteella olisi mahdollista vähentää kitkaa. Komposiittien lepokitkakertoimia ei taulukossa esitetä, koska ne vaativat aina pintakäsittelyä kuten esimerkiksi maalauksen.

Materiaali	Lepokitkakerroin (μ)
Teräs - Teräs	0.15
Alumiinioksidi - Alumiinioksidi	0.3-0.5
Polyeteeni - Polyeteeni	0.2
Puu - Puu	0.4-0.7

TAULUKKO 7. Kitkakertoimia

5.4 Kehittäminen

Kehitysvaiheeseen materiaaliryhmistä valitaan ne kaksi, jotka vastaavat parhaiten annettuja vaatimuksia sekä toiveita. Materiaaliryhmistä parhaiten soveltuviksi tutkimuksen perusteella havaittiin muovi ja alumiini, kuten taulukosta 8 voidaan pisteytyksen perusteella havaita. Pisteytys perustuu tutkimusvaiheessa vertailun perusteella tehtyihin arvioihin. Pistet on arvioitu opinnäytetyön ohjaajan kanssa siten, että kukin materiaaliryhmä saa asetetusta vaatimuksesta tai toiveesta 1–4 pistettä. Vertailtavista materiaaliryhmistä puu ja komposiitti eivät valikoituneet kehitysvaiheeseen.

Valituista materiaaliryhmistä on kehitettävissä rakenne, jota käyttämällä voidaan vähentää pöytälevyjen massaa noin puoleen. Kitka- ja liukuominaisuudet pysyvät vastaavina kuin tällä hetkellä käytössä olevissa ruostumattomissa teräslevyissä.

MATERIAALIRYHMIEN PISTEYTYS				
Tyyppi	Kuvaus	Huomiot	Levyt, joita vaatimus koskee	Pisteet
Vaatus	Kulutuksen kestävyys ja vähäinen kitka pöytälevyjen ja viulun välillä	Kitkan tulee olla vastaava tai pienempi kuin tällä hetkellä käytössä olevilla levyillä	Kaikki	Alumiini 3 Muovi 4 Puu 2 Komposiitti 1
Vaatus	Valmistettavuus ja saatavuus	Materiaalin on oltava helposti saatavaa ja valmistusmenetelmien yleisesti tunnettuja	Kaikki	Alumiini 4 Muovi 4 Puu 4 Komposiitti 2
Vaatus	Levyjen välisten liitoskohtien tulee pysyä kohdakkain	Levyt eivät vaurioidu mekaanisista rasituksista, joita niille sallitaan	Kaikki	Alumiini 3 Muovi 2 Puu 2 Komposiitti 4
Vaatus	Levyjen tulee olla kevyempiä kuin tällä hetkellä käytössä olevien levyjen	Tavoite on puolittaa paino tällä hetkellä käytössä oleviin levyihin verrattuna	Avattavat/irrotettavat levyt	Alumiini 3 Muovi 1 Puu 2 Komposiitti 4
Vaatus	Levyjen tulee kestää niiden päällä työskentely	Työntekijän paino työkaluineen	Kiinteästi asennettavat levyt	Alumiini 4 Muovi 4 Puu 3 Komposiitti 3
Lisäarvo	Levyjen materiaali- ja valmistuskustannukset eivät merkittävästi nouse	Kustannusten nousua voidaan kuitenkin perustella, jos saavutetaan huomattava kehitystä muilla osaluilla	Kaikki	Alumiini 4 Muovi 2 Puu 2 Komposiitti 1
Lisäarvo	Levyjen välisiä liitoskohtia tulee olla mahdollisimman vähän	Vähemmän paikkoja, joihin viilu voi tuotannon aikana törmätä	Kaikki	Alumiini 4 Muovi 3 Puu 4 Komposiitti 4
Lisäarvo	Levyille voidaan määritellä elinkaari		Kaikki	Alumiini 4 Muovi 4 Puu 3 Komposiitti 4
YHTEISPISTEET:				Alumiini 29 Muovi 24 Puu 22 Komposiitti 23

TAULUKKO 8. Materiaaliryhmien vertailu

Alumiini AW-5754

Alumiinilaaduksi valikoitui AW-5754 eli AlMg3 sen hyvien työstö- sekä muokkausominaisuuksien, hyvän saatavuuden ja hyvien mekaanisten ominaisuuksien ansiosta. 5000-sarjan alumiinien pääseosaine on magnesium ja yleisimmin niitä käytetään levyinä. (Puska 2012.)

Alumiinilevyä käytettäessä pöytälevyjien rakenne olisi mahdollista pitää täysin vastaavana kuin ruostumattomia teräslevyjä käytettäessä. Rakenteeseen kuitenkin olisi mahdollista tehdä myös muutoksia levynpaksuutta kasvattamalla, joka lisäisi rakenteen jäykkyyttä. Alumiinia käytettäessä rakenteen massa ei tulisi kasvamaan merkittävästi, vaikka levynpaksuus kasvaisi yhdellä millimetrillä. Esimerkiksi yhden neliömetrin kokoisen alumiinilevyn massa kasvaisi 2,7 kilogrammaa yhtä levynpaksuuteen lisättyä millimetriä kohden. Niin kuin tutkimuksessa on aiemmin mainittu, levynpaksuudeltaan kolmen millimetrin alumiinilevy tulisi olemaan massaltaan noin puolet kahden millin vahvuiseen teräslevyyn verrattuna.

Alumiinilevyn materiaalikustannukset tulisivat olemaan hieman ruostumatonta teräslevyä alhaisemmat ja valmistuskustannukset täysin vastaavat, koska valmistusmenetelmät ovat samanlaiset. Valmistusvaiheet tulisivat olemaan levyn laserleikkaus ja särmäys. Nämä valmistusmenetelmät ovat yleisesti tunnettuja ja siten levyjä olisi mahdollista hankkia ongelmitta lähes mistä tahansa.

Alumiinioksidipintaisen alumiinilevyn kitkaominaisuudet ja kulutuksenkesto tulisivat olemaan ruostumatonta teräslevyä vastaavat ja siten se täyttää tuotekehityksen vaatimukset myös niiltä osin. Levyyhin kohdistuva mekaaninen kulutus on hankaavaa, mutta levyjä kulluttavan viulun massa on vain noin 2 kg/m², joten pintapaine pysyy pienenä, eikä siten aiheuta merkittävää kulumista. Alumiinia suojaavan oksidikerroksen vahingoittuessa se muodostuu ympäröivän happipitoisen ilman ansiosta uudelleen.

Lämpötilan muutoksista aiheutuva pöytälevyjien kutistuminen tai laajeneminen alumiinilevyjä käytettäessä ei tulisi olemaan vaikuttava tekijä, koska alumiinin lämpötilakerroin on vain hieman ruostumatonta terästä suurempi, eikä lämpötilan muutoksista johtuvia ongelmia ole alkuperäisten pöytälevyjien kanssa ollut.

Alumiinilevysten elinkaari tulisi olemaan vastaava kuin ruostumattomilla teräslevyillä, joten tämä tekijä ei tule vaikuttamaan tuotekehityksen etenemiseen.

Polyeteeni

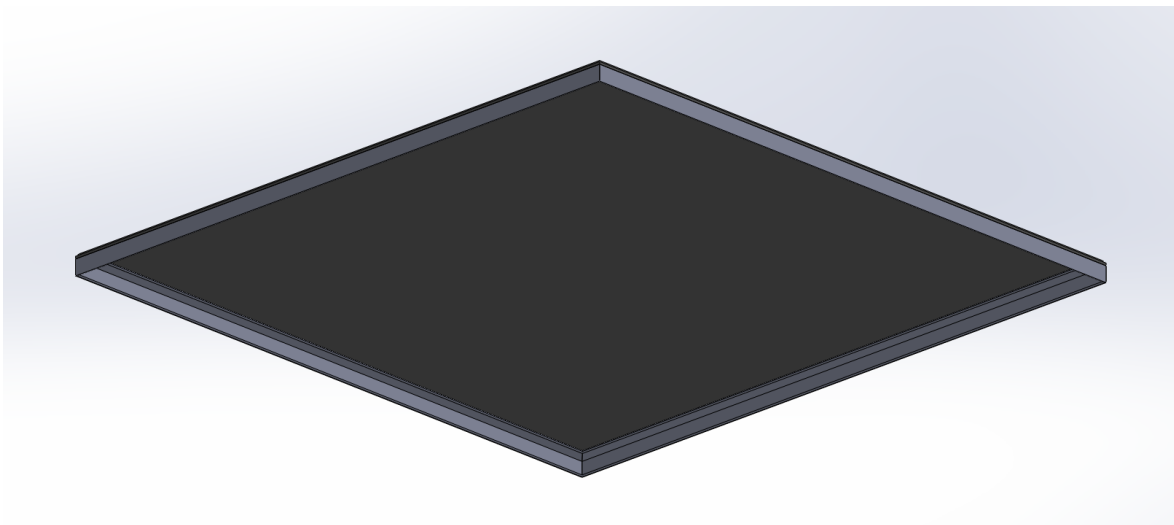
Muovilaaduksi valikoitui polyeteeni sen hyvän saatavuuden, hyvän työstettävyyden ja hyvien mekaanisten ominaisuuksien ansiosta. Se soveltuu hyvin kohteisiin, joissa vaaditaan

pientä kitkakerrointa ja hyvää kulutuksenkestävyyttä. Polyeteeniä on saatavana muovilevyinä ja muovitankoina. (Aikolon Oy.)

Polyeteenin pienen tiheyden ansiosta pöytälevyjien massan puolittaminen on mahdollista. Kuten tutkimuksessa on mainittu, 8 mm vahvuisen polyeteenilevyn massa on vain noin puolet verrattuna 2 mm vahvuiseen ruostumattomaan teräslevyyn. Kulutuksenkesto ja kitkaominaisuudet ovat hyvät, joten polyeteeni sopii hyvin käytettäväksi viilun liukupintana. Lämpötilakerroin on huomattavasti terästä suurempi, joten levyjen välisien liitoksien sekä kiinnityksen suunnitteluun on kiinnitettävä huomiota, vaikkei lämpötilan vaihtelu tuotantolinjalla ole suuri.

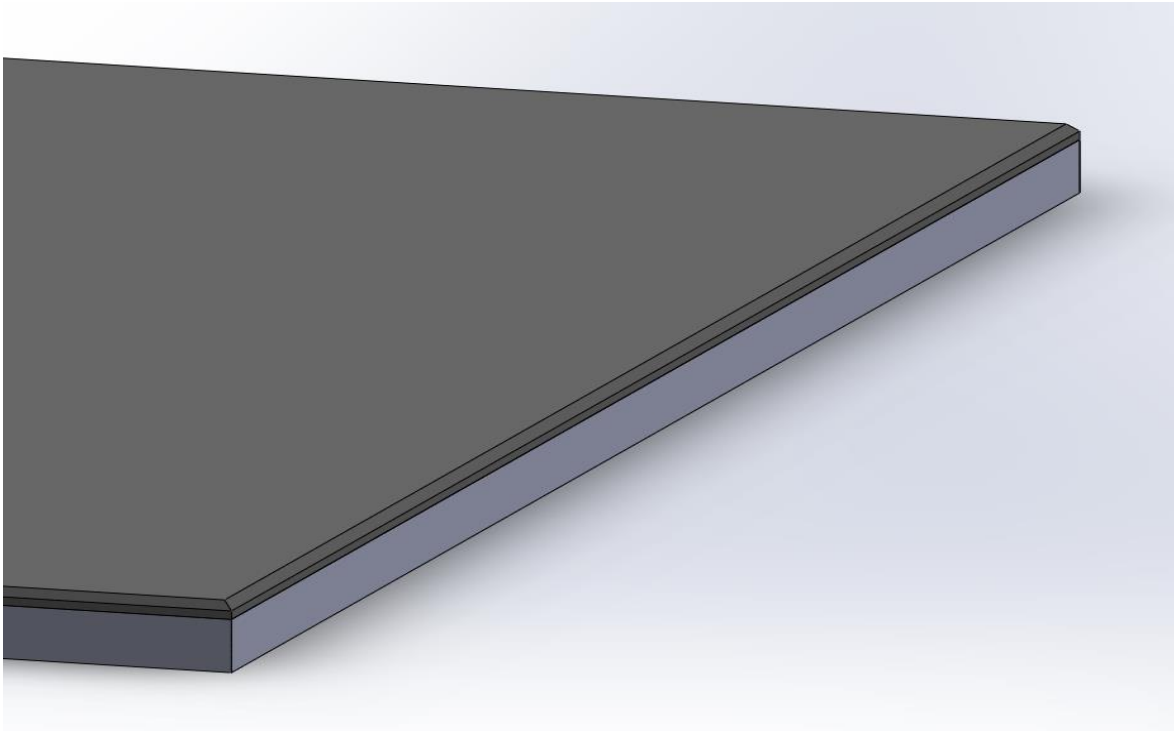
Polyeteeniä käytettäessä pöytälevyjien rakenteeseen tulisi tehdä muutoksia. Polyeteenilevyt tarvitsisivat tukirakenteita riittävän jäykkyyden saavuttamiseksi ja virumisen välttämiseksi. Levyt tulisivat olemaan ruostumattomia teräslevyjä paksumpia ja levyjen alle on kehitettävä teräksiset tukirakenteet, kuten kuvassa 14 on havainnoitu. Tarvittavien tukirakenteiden määrä tulee vaikuttamaan pöytälevyjien massaun, joten niiden määrä ja sijoittelu tulee olla harkittua. Polyeteenilevyn vähäisen massan ansiosta tukirakenteita on kuitenkin mahdollista lisätä. Tukirakenteet tulisivat olemaan esimerkiksi kulmarautaa tai särmättyä teräslevyä. Tukirakenteiden kiinnitys olisi mahdollista tehdä uppokantaisilla ruuveilla, jolloin pöytälevyjien pinta säilyy mahdollisimman sileänä. Tukirakenteita on mahdollista lisätä myös levyjen keskelle, jos se nähdään tarpeelliseksi.

Kuvissa 14 ja 15 näkyvien mallien on tarkoitus havainnollistaa esisuunniteltua rakennetta ja niiden pohjalta on mahdollista jatkaa projektikohtaista suunnittelua, mikäli pöytälevyt päätetään ottaa testattavaksi. Levyjen leveyttä ja pituutta muokkaamalla sekä kiinnitysreikiä lisäämällä ne saadaan sopimaan erikokoisten paikkayksikköjen rakenteisiin.



KUVA 14. Havainnekuva pöytälevyn rakenteesta alapuolelta

Polyeteenistä valmistettujen pöytälevyjien reunoihin on tehtävä viisteet tai pyöristykset, kuten kuvassa 15 on havainnoitu, jotta viilu ei törmää levyjen saumakohtiin.



KUVA 15. Havainnekuva pöytälevyn rakenteesta yläpuolelta

6 Yhteenveto

Opinnäytetyön alussa pöytälevyjen tuotekehitykselle asetettiin viulun paikkauksesta vastaavan tuotepäällikön kanssa määritellyt vaatimukset ja toiveet, joiden toteutumista tutkimusvaiheessa arvioitiin. Vaatimuksien ja toiveiden toteutumista arvioitiin pisteyttämällä eri materiaalityyppien ominaisuuksia ja vertailemalla niitä keskenään.

Tutkimusvaiheeseen valikoitui neljä eri materiaalityyppiä, jotka ovat koneenrakennuksessa yleisesti käytettyjä. Tutkimuksen alkuvaiheessa havaitsin, että materiaalityypin vaihtoehtoja materiaalityyppien sisällä oli erittäin paljon. Muovien osalta tietyn materiaalin valinta oli haastavaa, koska vaihtoehtoja oli paljon. Alumiinin osalta valinta oli helpompi, koska hyvin muokattavia alumiinilaatuja ei ole paljoa. Alumiinilevyillä olisi helppo korvata tällä hetkellä käytössä ole ratkaisu. Komposiitit eivät valikoituneet osaksi tuotekehitystä huonon saatavuuden ja vaikeiden valmistusmenetelmien takia. Puuta eli vanerilevyjä olisi mahdollista käyttää vastaavalla rakenteella kuin muovia, mutta näistä kahdesta kehitysvaiheeseen valikoitui muovi. Muita materiaaleja käyttämällä ratkaisut tulisivat olemaan monimutkaisempia ja vaatisivat ympäröiviin rakenteisiin merkittäviä muutoksia. Ympäröivien rakenteiden muuttaminen vaatisi resursseja suunnittelusta ja aiheuttaisi lisäkustannuksia sekä tarvetta laajemmalle testaukselle.

Alumiinilevyä on mahdollista käyttää täysin vastaavalla rakenteella kuin käytössä olevia ruostumattomia teräslevyjä. Muovisille levyille on esisuunniteltu omanlaisensa tukirakenne, jotta vaadittava jäykkyys toteutuu ja levyt saadaan kiinnitettyä paikkausyksikön runkoon. Paikkausyksikössä olevat pöytälevyjä ympäröivät rakenteet eivät vaatisi merkittäviä muutoksia, mikäli ne korvataan muovilla tai alumiinilla.

Lopulliset materiaalityypin valinnat olivat tämän tutkimuksen perusteella muovin osalta polyeteenilevy ja alumiinin osalta AW-5754 levy. Polyeteenilevy ja alumiinilevy valikoituivat teoreettisen tutkimuksen sekä asiantuntijahaastattelujen pohjalta. Opinnäytetyön aikana pääsin tutustumaan moniin erilaisiin materiaaleihin ja varsinkin muovien osalta tiedon hankkiminen ja haastattelut olivat mielenkiintoisia.

Opinnäytetyö päätettiin rajata materiaalien valintaan ja rakenteen esisuunnitteluun, jotta työstä ei tulisi liian laaja. Tuotekehitystä ei tässä opinnäytetyössä saateta valmiiksi, mutta sitä on mahdollista jatkaa Rautella erillisenä projektina tässä tutkimuksessa esiintyviä tietoja sekä havaintoja hyödyntäen.

Lähteet

Aikolon Oy. Erikoismuovit. Viitattu 10.6.2021. Saatavissa <https://www.aikolon.fi/tuotteet/erikoismuovit/>

Aikolon Oy. Muovimateriaalit. Viitattu 16.4.2023. Saatavissa <https://www.aikolon.fi/tuotteet/perusmuovit/pe-1000>

Alumeco Group. Seoksen käyttö. Viitattu 6.1.2022. Saatavissa <https://www.alumeco.fi/asi-antuntemus-ja-teknikka/alumiinin-tiedot/seoksen-kaeyttoa>

Etra Oy. Tekniset muovit. Viitattu 5.1.2022. Saatavissa https://www.etra.fi/media/mageworx/downloads/attachment/file/t/e/tekniset_muovit_luettelo.pdf

Euro Inox. Ruostumattomien terästen pinnanlaadut. Viitattu 10.5.2021. Saatavissa https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Euro_Inox/Finishes02_FI.pdf

Kevra. Lujitteiden ominaisuuksia. Viitattu 6.1.2022. Saatavissa <https://kevra.fi/tuotteet/lujitteet/lujitteiden-ominaisuuksia/>

Lehtola, J. 2021. Chief Design Engineer. Raute Oyj. Haastattelu 3.5.2021.

Muoviteollisuus Ry. Komposiitit. Viitattu 6.1.2022. Saatavissa <https://www.plastics.fi/fin/muovitieto/muovit/komposiitit/>

Mäkinen, H. 2021. Product Manager. Raute Oyj. Haastattelu 3.5.2021.

Puska, M. Mitä alumiini on?. Hitsaustekniikka. 6/2012. Viitattu 16.4.2023. Saatavissa https://shy.fi/portals/shy/iBooklet/2012/ht_6_12/files/assets/basic-html/page16.html

Puuinfo. Vaneri. Viitattu 7.3.2022. Saatavissa <https://puuinfo.fi/puutieto/puulevyt/vaneri>

Raute Oyj. Vuosikertomus 2022. Viitattu 15.4.2023. Saatavissa <https://www.raute.fi/vuosikertomus-2022/>

Raute Oyj. Kuvat ja tietoa viilun paikkauksesta. Viitattu 15.5.2021. Saatavissa Rauten intranetissä <https://materials.raute.com/index/5ef9958b9f9ddd60c24b3946>

Saikkonen, M. 2021. Tuoteasiantuntija. Etra Oy. Haastattelu 6.5.2021.

Salonen, P. 2021. Product Manager. Aikolon Oy. Haastattelu 26.5.2021.

Tribonet. Friction Coefficient Tables in Air and Vacuum. Viitattu 6.1.2022. Saatavissa <https://www.tribonet.org/wiki/friction-coefficients-in-atmosphere-and-vacuum/>

Valmistajat.fi. Alumiini ja alumiiniseokset. Viitattu 6.1.2022. Saatavissa <https://valmistajat.fi/materiaalit/alumiini-ja-alumiiniseokset>

Valmistajat.fi. Anodisointi. Viitattu 6.1.2022. Saatavissa <https://valmistajat.fi/metallit/pintakasittely/anodisointi>

Varis, R. 2017. Puulevyteollisuus. Porvoo: Kirjakaari Oy. Sivunumerot (43–46)

