

Anders Sundfors & Jukka Muuraiskangas

ALUMIINISEN TAKAKEHÄN 3D-SUUNNITTELU

**Opinnäytetyö
CENTRIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Kesäkuu 2017**

TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ

Centria-ammattikorkeakoulu	Aika Kesäkuu 2017	Tekijä/tekijät Anders Sundfors & Jukka Muuraiskangas
Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma		
Työn nimi Alumiinisen takakehän 3D-suunnittelu		
Työn ohjaaja Mika Kumara	Sivumäärä 37 + 3	
Työelämäohjaaja Janne Sundfors		
<p>Tämä insinöörityö on tehty Kokkolan Limetec Oy:lle. Insinöörityön tavoite oli suunnitella kuusi alumiinista valmistettavaa takakehää SolidWorks 3D-suunnitteluohjelmistolla, sekä selvittää alumiinista sekä ruostumattomasta teräksestä valmistettujen takakehien kustannukset. Takakehä on osa kuorma-autojen ja perävaunujen päällirakennetta. Teoriaosuudessa käsitellään takakehän rakennusmateriaalien ominaisuuksia sekä niiden suojaamista korroosiolta. Takakehien osien hintatiedot ovat salaisia.</p>		
Asiasanat Alumiini, päällirakenne, suunnittelu, SolidWorks, takakehä		

ABSTRACT

Centria University of Applied Sciences	Date June 2017	Author/authors Anders Sundfors & Jukka Muuraiskangas
Degree programme Mechanical Engineering and Production Technology		
Name of thesis Designing back gate of aluminium in 3D		
Instructor Mika Kumara	Pages 37 + 3	
Supervisor Janne Sundfors		
<p>This thesis was commissioned by Limetec Oy. The subject of this thesis was to design six different back gates of aluminium with a CAD software called SolidWorks and to find out the prices of the back gates made of aluminium and stainless steel. The back gate is a component of the truck and trailer bodywork. The theoretical part of the thesis discusses the materials used in the back gates and their corrosion protection. The price information for the parts of back gates is confidential.</p>		
Key words Aluminium, truck bodywork, designing, SolidWorks, back gate		

**TIIVISTELMÄ
ABSTRACT
SISÄLLYS**

1 JOHDANTO	1
2 LIMETEC	2
2.1 Tuotteet	2
2.2 Asiakkaat ja yhteistyökumppanit	5
2.3 Kuljetuskaluston lainsäädäntö	5
3 ALUMIINI	7
3.1 Korroosio	7
3.1.1 Luonnollinen oksidikerros	7
3.1.2 Sään vaikutus oksidikerrokseen	8
3.2 Tavallisimmat korroosiomuodot	8
3.2.1 Yleinen korroosio	9
3.2.2 Galvaaninen korroosio	9
3.2.2.1 Galvaanin jännitesarja	10
3.2.2.2 Katodinen suojaus	11
3.2.3 Pistekorroosio	12
3.2.4 Rakokorroosio	13
3.3 Anodisointi	14
3.4 Mekaaninen liittäminen	15
3.4.1 Niittaaminen	15
3.4.2 Ruuvaus	16
4 RUOSTUMATTOMAT TERÄKSET	17
4.1 Korroosiokestävyys	17
4.1.1 Yleinen korroosio	18
4.1.2 Paikalliset korroosioilmiöt	18
4.1.2.1 Rakokorroosio	18
4.1.2.2 Pistekorroosio	19
5 SEOSTAMATTOMAT RAKENNETERÄKSET	20
5.1 Sinkin suojavaikutus korroosiolta	20
5.2 Sinkitysmenetelmät	20
5.2.1 Sähkösinkitys	21
5.2.2 Kuumasinkitys	21
5.2.3 Ruiskusinkitys	22
5.2.4 Sherardisointi	22
6 TIESUOLAUKSEN VAIKUTUKSET	23
6.1 Ajoneuvokorroosio	23
6.2 Tiesuolauksen vaikutus metalleihin	23
6.3 Ajoneuvojen korroosioriskien alentaminen	24

7 SOLIDWORKS	25
8 ALUMIININEN TAKAKEHÄ	26
8.1 Kiinteä katto ja takaovet	27
8.2 Liukukatto ja takaovet	28
8.3 Kiinteä katto, lippa ja takalaitanostin	29
8.4 Leveydet 2,55 m ja 2,6 m	31
8.5 Materiaalit	33
8.6 Kustannukset	34
9 YHTEENVETO JA POHDINTA	35
LÄHTEET	36
LIITTEET	
KUVIOT	
KUVIO 1. Alumiinin ja kuparin galvaaninen pari	9
KUVIO 2. Vähäistä korroosiota	10
KUVIO 3. Merkittävää korroosiota	11
KUVIO 4. Rakokorroosio	13
KUVAT	
KUVA 1. A-tuote kuorma-auto ja perävaunu	3
KUVA 2 . A-tuote trailer	3
KUVA 3. B-tuote kuorma-auto alleajosuojalla ruostumattomasta teräksestä	4
KUVA 4. C-tuote kuorma-auto ja perävaunu kanojen kuljetukseen	4
KUVA 5. C-tuote kuorma-auto ja perävaunu nostettavalla katolla	5
KUVA 6. Ajoneuvojen massat ja mitat	6
KUVA 7. Sinkkikatodi perävaunun sivuprofiilissa	12
KUVA 8. Takakehä, joka on tarkoitettu 50 mm:n katolle sekä takaoville	27
KUVA 9. Yläreunan vastakappale kiinnittää yläpalkin sekä takatolpan toisiinsa	28
KUVA 10. Takatolpassa kiinni oleva tappi lukitsee liukukatton yläpalkkiin	29
KUVA 11. Alapalkkiin upotettu holkki	30
KUVA 12. Alumiiniputki lipan kiinnittämiseen	30
KUVA 13. Uputus alareunan vastakappaleeseen 2,6 m:n leveydellä	31
KUVA 14. Uputus alareunan vastakappaleeseen 2,55 m:n leveydellä	32
KUVA 15. Kuusi eri kokoonpanoa	32
TAULUKOT	
TAULOKKO 1. Takakehien kustannukset	34

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö tehtiin Limetec Oy:lle. Limetec valmistaa kuorma-autojen ja perävaunujen päällirakenteita. Takakehä on päällirakenteen takaosassa sijaitseva kehä, joka yhdistää lattian, seinät, katon ja ovet. Limetecillä alumiinin käyttö takakehien materiaalina on aika uusi asia; sitä on käytetty rinnakkaisena materiaalina ruostumattoman teräksen kanssa vuodesta 2014 lähtien.

Työn tarkoituksena oli suunnitella SolidWorks 3D -suunnitteluohjelmalla alumiininen takakehä vaihtoehdoille, jotka ovat takaovet kiinteään katon kanssa, takaovet liukukaton kanssa tai takalaitanostin lipan kanssa sekä jokaiselle vaihtoehdolle leveydet 2,55 metriä ja 2,6 metriä. Suunnittelu aloitettiin vanhan puutteellisen alumiinisen takakehän piirustuksen pohjalta, jonka leveys oli 2,6 metriä. Vanhan takakehän 3D-kokoonpanopiirustuksissa oli paljon puutteita: useita osia puuttui kokonaan, jotkin osat vaativat päivittämistä, ruuvien reiät eivät olleet oikeilla kohdilla eivätkä kaikki osat sopineet yhteen.

Selvitimme teoriaosassa takakehässä käytettävien alumiinin, ruostumattoman teräksen ja rakenneteräksen ominaisuuksia sekä korroosiokestävyyttä. Työssä otettiin myös selville, onko alumiinia taloudellista käyttää takakehien valmistuksessa verrattuna ruostumattoman teräksen käyttöön.

2 LIMETEC

Limetec Oy on Kokkolassa sijaitseva yritys, joka valmistaa kuorma-autojen päällirakenteita erilaisiin kuljetustarpeisiin. Limetec perustettiin vuonna 1994, mutta sillä on yli 50 vuoden kokemus kuljetusalasta. Vuonna 2015 Limetecin liikevaihto oli 12 miljoonaa ja henkilöstömäärä 52 henkilöä. Suurin osa Limetecin tuotteista myydään ulkomaille, erityisesti Ruotsiin. Vuonna 2015 vienti Ruotsiin oli 58%, Norjaan 17%, Suomeen 23% ja muihin maihin 2%. Limetec on tunnettu sen korkeasta laadusta sekä tyylikkäästä viimeistelystä. Tuotekehitykseen panostetaan paljon, jotta asiakas saisi niin käyttöystävällisen tuotteen kuin mahdollista. Limetec pitää erityisen tärkeänä, että he toimituksen jälkeenkin voivat palvella asiakasta. Sen takia jokainen tuote dokumentoidaan ja kuvataan tarkasti, jotta asiakas voi tilata varaosia tarvittaessa. (Limetec 2017.)

2.1 Tuotteet

Limetecin päätuotteita ovat kuorma-autojen päällirakenteet, perävaunut ja trailerit. Limetec valmistaa A-, B- ja C-tuotteita kolmella eri linjalla. Kuvassa 1 on normaali kuorma-auto ja perävaunu. Ne ovat A-tuotteita, joihin ei tule mitään erikoisratkaisuja. Trailerit kuuluvat myös A-tuotteisiin (KUVA 2). Kuvassa 3 on normaali kuorma-auto, johon on lisätty alleajosuoja ruostumattomasta teräksestä, tämä kuuluu B-tuotteisiin. B-tuotteet ovat suurimmaksi osaksi standardituotteita, joihin on lisätty jotain pieniä erikoisratkaisuja, jotka viimeistellään C-tuotteiden linjalla. Erikoistuotteet kuuluvat C-tuotteisiin. Kanojen kuljetukseen valmistettu kuorma-auto ja perävaunu (KUVA 4) sekä nostettavalla katolla olevat kuorma-auto ja perävaunu (KUVA 5) kuuluvat C-tuotteisiin. (Limetec 2017.)



KUVA 1. A-tuote kuorma-auto ja perävaunu (Limetec 2017)



KUVA 2. A-tuote trailer (Limetec 2017)



KUVA 3. B-tuote kuorma-auto alleajosuojalla ruostumattomasta teräksestä (Limetec 2017)



KUVA 4. C-tuote kuorma-auto ja perävaunu kanojen kuljetukseen (Limetec 2017)



KUVA 5. C-tuote kuorma-auto ja perävaunu nostettavalla katolla (Limetec 2017)

2.2 Asiakkaat ja yhteistyökumppanit

Yrityksellä on myyntiedustajia Suomessa, Ruotsissa ja Norjassa. Asiakkaat ovat suurimmaksi osaksi pienyrittäjiä, jotka ovat erityisen vaativia kuorma-auto yhdistelmien laadusta, toimivuudesta ja ulkonäöstä. Limetec tarjoaa lisäksi huolto- ja varaosapalveluita. Ruotsissa Limetecillä on yhteistyökumppaneita, joilla on mahdollisuus tehdä pieniä huoltoja. Yhteistyökumppaneiden ansiosta asiakkailla on mahdollisuus huoltopalveluihin lähellä kotipaikkaansa. (Limetec 2017.)

2.3 Kuljetuskaluston lainsäädäntö

Suomessa kuorma-auton ja perävaunun suurin sallittu korkeus on 4,40 metriä ja leveys 2,55 metriä, toisaalta lämpöeristetyissä 2,60 metriä on suurin sallittu leveys. Kuorma-auto yhdistelmän pituus saa olla maksimissaan 25,25 metriä. Sallitut massat vaihtelevat riippuen akselien määrästä. Yleisin kuorma-auto Limetecillä on 3-akselinen ja perävaunut ovat yleensä 3- tai 4-akselisia. Limetec valmistaa sekä 2,55 ja 2,6 metriä leveitä olevia päällirakenteita. (Limetec 2017; Asetus ajoneuvojen käytöstä tiellä 6.6.2013/407.)

Akselimassat kuorma-autolle:		Kokonaismassat kuorma-autolle:		Kokonaismassat yhdistelmille:	
Muu kuin vetävä akseli	10 t	2-akselinen	18 t	Auton ja puoliperävaunun yhdistelmä	48 t
Vetävä akseli	11,5 t	3-akselinen	26 t	Auton ja keskiakselisen perävaunun yhd.	44 t
2-akselinen teli	19 t	4-akselinen	35 t	4-akselinen**	36 t
- paripyörin (4-akselinen auto)	21 t	5-akselinen	42 t	5-akselinen**	44 t
3-akselinen teli				6-akselinen**	53 t
- yksikköpyörät kahdella akselilla	24 t	Kokonaismassat perävaunuille:		7-akselinen**	60 t
- paripyörät kahdella akselilla	27 t	2-akselinen	20 t	8-akselinen**	64 t
		3-akselinen	30 t	8-akselinen*	68 t
Vetävien akselien massa:		4-akselinen	38 t	9-akselinen**	69 t
• Auton massasta:	väh. 25%	5-akselinen	42 t	9-akselinen*	76 t
• Yli 68 t yhdistelmän massasta:	väh. 20%	Mitat:			
• Yli 44 t–68 t yhdistelmän massasta:	väh. 18%	pituus	25,25 m		
		korkeus	4,40 m		
		leveys	2,55 m		
		pit. yli 22 m, lämpöeristämätön			
		leveys	2,60 m		
		pit. max 22 m, tai yli 22 m lämpöeristetty			

Jos ajoneuvoyhdistelmässä, jonka massa on yli 44 t, vetäville akselille tai vetäville akselille yhteensä kohdistuva massa on alle 18 % ajoneuvoyhdistelmän massasta, vetoajoneuvo on 16 §:n 2 momentissa tarkoitettuna aikana varustettava laitteella, jolla voidaan parantaa ajoneuvon liikkeellelähtökykyä liukkaalla tienpinnalla.

*=paripyöräsäätö, vähintään 65 prosenttia perävaunun massasta tai perävaunujen massasta yhteensä kohdistuu akselille, jotka on varustettu paripyörin.

**auton ja varsinaisen perävaunun yhdistelmä tai auton, apuvaunun ja puoliperävaunun yhdistelmä tai auton, puoliperävaunun ja sen päälle kytketyn toisen puoliperävaunun yhdistelmä taikka auton, puoliperävaunun ja keskiakseliperävaunun yhdistelmä.

KUVA 6. Ajoneuvojen massat ja mitat (Asetus ajoneuvojen käytöstä tiellä 6.6.2013/407)

3 ALUMIINI

Alumiinista on tullut raudan jälkeen eniten käytetty metalli sen hyvien ominaisuuksien johdosta. Alumiinin tiheys on 2700 kilogrammaa kuutiolta ja se on yleisin kevytmetalli. Sitkeysominaisuudet säilyvät hyvin matalissa lämpötiloissa, eikä alumiini ole silloinkaan haurasta. Korroosiokestävyys sekä sähkön- ja lämmönjohtavuus ovat hyviä. Alumiinia voidaan muotoilla monella eri tavalla. Sitä voidaan muokata eri työstömenetelmillä, ja sitä voidaan liittää usealla eri tavalla. Alumiinilla on taloudellisia valmistustekniikoita sen ominaisuuksien ansiosta. Kierrätettävyys alumiinilla on helppoa. (Metalliteollisuuden keskusliitto 2002, 8–11.)

3.1. Korroosio

Korroosiokestävyys alumiinilla on erinomainen, joten se kestää hyvin useimpien kaasujen ja nesteiden vaikutukset. Alumiinin pintaan muodostuu kova, tiivis ja suojaava oksidikerros ilman ja hapen vaikutuksesta. Kerros suojaa alumiinia ympäristön yleisimmiltä haittavaikutuksilta. Mekaanisesti vaurioitunut oksidikerros muodostuu uudelleen välittömästi. Korkeammassa lämpötilassa ja kosteammassa ympäristössä oksidikerroksesta tulee paksumpi, ja se kasvaa nopeammin kuin kuivassa ilmassa. (Metalliteollisuuden keskusliitto 2002, 98.)

3.1.1 Luonnollinen oksidikerros

Kuivassa huoneenlämpöisessä ilmassa vain minuuteissa puhtaan alumiinin pintaan muodostuu muutaman nanometrin paksuinen oksidikerros. Muutaman päivän aikana oksidikerros on kaksin- tai kolminkertaistunut, kerroksen kasvu tasaantuu itsestään vähenevän parabolisesti. Kerroksen kasvu nopeutuu korkeammassa lämpötilassa. Oksidikerros muuttuu amorfisesta kiteiseksi 400–600 celsiusasteen lämpötila-alueella. Tiiviiksi kiderakenteeksi oksidikerros muuttuu melko nopeasti, kun lämpötila ylittää 500 celsiusastetta. Tämä estää kiderakenteiden muodostumisen matalimmissa lämpötiloissa. (Metalliteollisuuden keskusliitto, 2002, 98.)

3.1.2 Sään vaikutus oksidikerrokseen

Oksidikerros kasvaa nopeasti kosteassa ilmassa ja siitä tulee paksumpi kuin kuivassa ilmassa. Kosteassa ilmassa muodostunut oksidikerros käsittää kaksi päällekkäistä kerrosta: lähes huokosetoman amorfista alumiinioksidia olevan estekerroksen, jonka paksuus riippuu muodostumislämpötilasta sekä huokoisen vettä sisältävän peitekerroksen, jossa on mukana pinnan ulkonäköön vaikuttavaa alumiinihydroksidia $\text{Al}(\text{OH})_3$. Oksidikerros voi kasvaa jopa yhden mikrometrin paksuiseksi erittäin kostean ilman vaikutuksesta. Oksidikalvon pinnan heijastuskykyä heikentävät sen värin harmaaksi muuttaneet lika ja pöly.

Oksidikerroksen ja sen alla olevaan metalliin vaikuttaa paikallisen ilmaston koostumus. Erityisesti pöly, noki, kloridi, rikkidioksidi ja rikkitrioksidi vaikuttavat ilman aggressiivisuuteen, mutta niiden vaikutusta laimentaa huuhteleva sadevesi. Autojen pakokaasuja ja muita aggressiivisiä ainesosia löytyy kaupunki- ja teollisuusilmastoista. Maaseudulla ilma on vähemmän aggressiivista ja puhtaampaa.

Luonnollinen oksidikerros alumiinin pinnalla kestää hyvin aggressiivisessa teollisuusilmastossa, jos kerros pysyy kuivana. Teollisuusilmastossa vesihöyryyn on liuenneena kaasuja, ja suoloja ja rikkihaposta johtuen pH-arvo voi olla vain 3 tiivistyneissä vesipisaroissa. Oksidikerrokseen pääsee muodostumaan pistemäisiä syöpymiä happamien vesipisaroiden pitkäaikaisesta vaikutuksesta, ja myös oksidikerroksen alla oleva metalli syöpyy. Syöpymäkohdissa oleva valkoinen korroosiokerrostuma on liuennutta alumiinia, joka on muuttunut alumiinioksidiksi ja -hydroksidiksi.

Peitekerroksen paksuuden kasvaessa korroosion vaikutus vähenee ja vähitellen lakkaa kokonaan. Kun oksidikerroksesta on tullut riittävän paksu, voidaan kuparittomia alumiiniseoksia sekä seostamatonta alumiinia käyttää ilman pintakäsittelyä aggressiivisessa teollisuusilmastossa. (Metalliteollisuuden keskusliitto 2002, 98–100.)

3.2 Tavallisimmat korroosimuodot

Alumiini on metallisessa tilassa pysymätön ja reaktiivinen käyttömetalli, joten se pyrkii takaisin mineraaliseen lähtötilaansa. Suurin osa korroosiotyypeistä on sähkökemiallisia

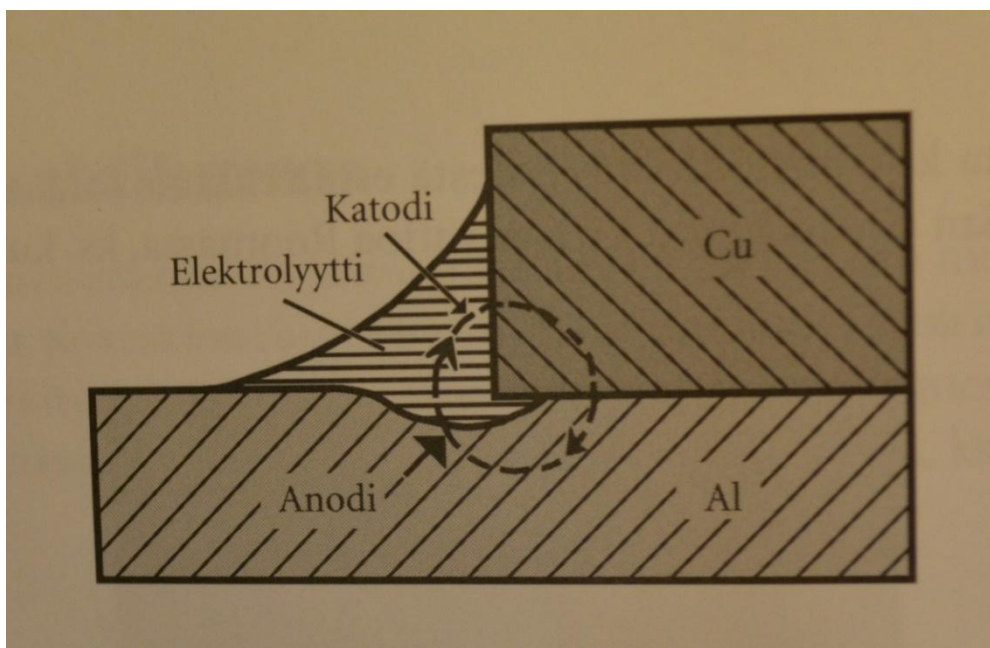
prosesseja. Galvaanisten korroosioparien ja elektrolyytin eli kosteuden yhteys aiheuttaa syöpmisen. (Metalliteollisuuden keskusliitto, 2002, 100.)

3.2.1 Yleinen korroosio

Tunnusomaista yleiselle korroosiolle on se, että syöpyminen tapahtuu melko tasaisesti koko pinnan alueelta. Yleistä korroosiota esiintyy hyvin emäksisessä ympäristössä, jossa pH on yli yhdeksän tai happamassa ympäristössä, kun pH on alle neljä. Tällöin korroosionopeus on erittäin nopea, eikä alumiinia voida käyttää. Tavallisessa ilmastossa ei yleensä esiinny yleistä korroosiota, joten sillä ei ole alumiinille käytännön merkitystä. (Metalliteollisuuden keskusliitto, 2002, 101.)

3.2.2 Galvaaninen korroosio

Galvaaninen korroosio muodostuu epäjalomman ja jalomman metallin välille. Alumiinille tämä tapahtuu, kun se liitetään jalompaan metalliin ja kun niiden välissä on sähköä johtava elektrolyytti kuten vesi.



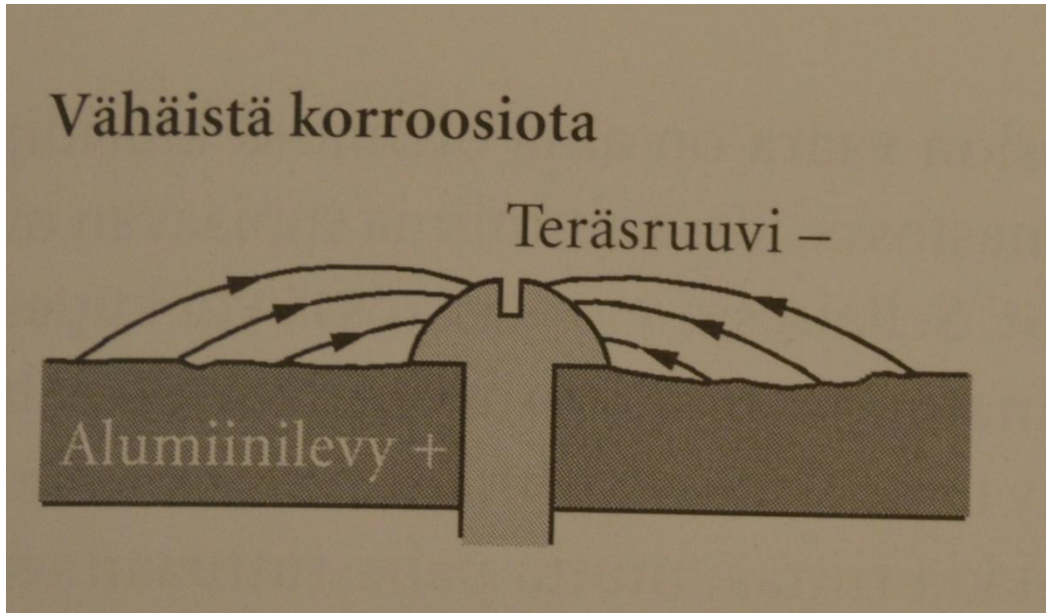
KUVIO 1. Alumiinin ja kuparin galvaaninen pari (Metalliteollisuuden keskusliitto 2002, 102)

Alumiini on useimmissa tapauksissa epäjalompi metalli, joka syöpyy. Oikeanlaisella rakennesuunnittelulla voidaan välttää galvaanisen korroosion vaara, joka alumiinilla on suurempi kuin useimmilla muilla rakennemateriaaleilla. Maaseutuilmastossa galvaanisen korroosion vaara on pieni ja kuivassa sisäilmassa sitä ei esiinny. (Metalliteollisuuden keskusliitto 2002, 101–102.)

Kloridipitoisessa ympäristössä, kuten meri-ilmastossa on olemassa galvaanisen korroosion vaara. Tällöin suojaavan oksidikerroksen eristyskyky heikkenee. (Metalliteollisuuden keskusliitto 2002, 104.)

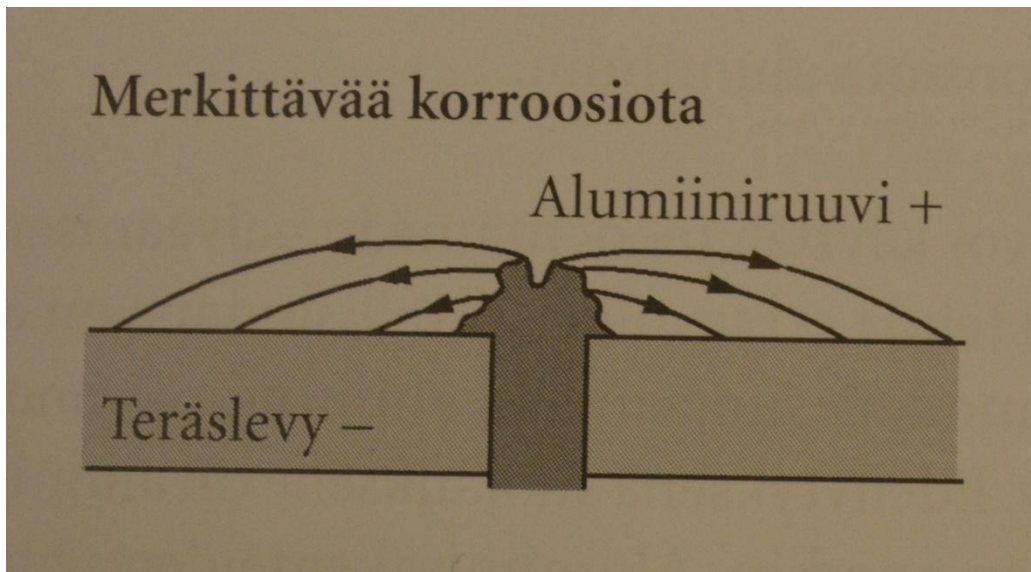
3.2.2.1 Galvaaninen jännitesarja

Metallien jalousastetta kuvataan galvaanisilla jännitesarjoilla. Galvaanisessa parissa jalommasta metallista tulee katodi ja epäjalommasta metallista anodi, joka syöpyy. Suuri anodi pinta-ala on rakenteen kannalta parempi kuin suuri katodi pinta-ala (KUVIO 2).



KUVIO 2. Vähäistä korroosiota (Metalliteollisuuden keskusliitto 2002, 103)

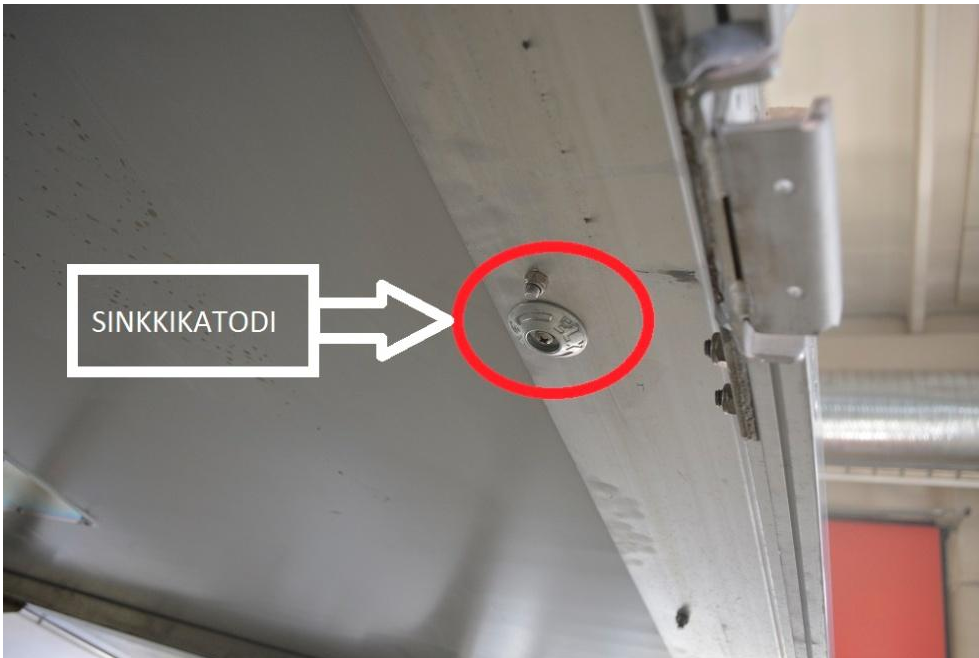
Pieni anodinen pinta-ala voi tehdä rakenteen käyttökeltottomaksi syövyttävässä ympäristössä (KUVIO 3) (Metalliteollisuuden keskusliitto 2002, 102–103)



KUVIO 3. Merkittävää korroosiota (Metalliteollisuuden keskusliitto 2002, 103)

3.2.2.2 Katodinen suojaus

Galvaanisen korroosion vaaraa voidaan pienentää käyttämällä katodista suojausta. Epäjalompaa metallia asennetaan suojaamaan alumiinia. Tällöin epäjalompi metalli syöpyy ensin (KUVA 7). Syöpyvän anodin tulee olla nesteen kautta yhteydessä alumiiniin. Sinkkiä tai magnesiumia käytetään anodeina yleensä alumiinirakenteiden yhteydessä. (Metalliteollisuuden keskusliitto, 2002, 104.)



KUVA 7. Sinkkikatodi perävaunun sivuprofiilissa (Limetec, 2017)

3.2.3 Pistekorroosio

Alumiinin yleisin korroosimuoto on piste- eli kuoppakorroosio, joka syntyy elektrolyytin ollessa läsnä ja ilmakehän vaikutuksesta. Elektrolyytinä toimii yleensä vesi, johon on liuenneena suoloja. Pistekorroosio on lähinnä ulkonäöllinen ongelma.

Kupari- tai rautapitoisten partikkelien läheisyydessä tapahtuva pistekorroosio on metallipinnan oksidikerroksen pisteittäistä rikkoutumista. Materiaalissa ei yleensä ole silminnähtävää kuoppaa, koska alumiinihydroksidista ja -oksidista muodostuneet korroosiotuotteet peittävät korroosiokohdan.

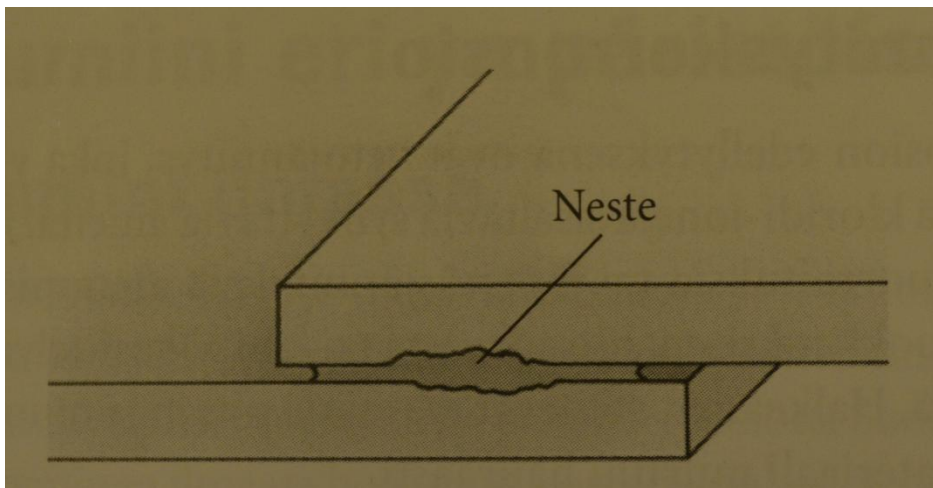
Ensimmäisenä vuotena pistekorroosion kasvunopeus on suurin, ja sen jälkeen tapahtuu vähäistä kuoppien määrän lisääntymistä ja laajentumista. Syvempiä kuoppia voi muodostua maaperässä ja vedessä. Materiaalin lujuuteen syöpyminen ei yleensä vaikuta.

Lämpötilan noustessa tai jos vesi ei pääse valumaan pois alumiinin pinnalta kasvaa pistesyöpyymisen vaara. Rakenteiden suunnittelussa on otettava huomioon se, että ne

pääsevät kuivumaan. Pistesyöpymistä pienentää katodinen suojaus. Alumiinin pistekorroosiota estävät maalaus ja anodisointi. Alumiinin pinta vaatii puhdistusta, kun se on pintakäsitelty, jotta korroosio estyy ja ulkonäkö säilyy hyvänä. (Metalliteollisuuden keskusliitto, 2002, 104–105.)

3.2.3 Rakokorroosio

Rakokorroosio muodostuu, kun nauhakelojen tai alumiinilevyjen pintojen väliin kerääntyy vettä. Tämä voi tapahtua varastoinnissa tai kuljetuksessa. Kastumisen tai kondensoitumisen seurauksena vesi yleensä imeytyy kapillaarisesti alumiinipintojen väliin (KUVIO 4).



KUVIO 4. Rakokorroosio (Metalliteollisuuden keskusliitto 2002, 105)

Rakokorroosiota voidaan estää käyttämällä eristysaineita, jolloin pinnat saadaan pidettyä erillään ja kuivana. Rakojen syntyminen voidaan estää ruuvi- ja niittiliitoksissa yhdistämällä ne liimaukseen tai korvaamalla ne kokonaan.

Alumiinikappaleiden tulee olla hyvin suojattuja, kun niitä säilytetään ulkona. Sisätiloissa varastoitaessa ilmankosteus saa olla enintään 45 % ja lämpötilan vaihteluiden mahdollisimman pieniä. (Metalliteollisuuden keskusliitto 2002, 105.)

3.3 Anodisointi

Alumiinin pinnalla olevaa oksidikalvoa pyritään vahvistamaan sähköisellä pintakäsittelymenetelmällä eli anodisoimalla. Oksidi on lähes läpinäkyvää ja sähköisesti eristävä. Anodisoinnilla halutaan saada aikaan parempaa korroosionkestävyyttä, ulkonäön säilyvyyttä, helposti puhdistettavaa, likaa hylkivä, hygieenistä pintaa. Sillä saadaan myös aikaan koristeellinen, liukumista, hankausta kestävä ja sähköisesti eristävä pinta.

Anodisointia voidaan käyttää kaikkiin alumiiniseoksiin. Väritön anodisointi on yleisin anodisointitapa. Yli sadan celsius-asteen lämpötilaa tulisi välttää, sillä anodisoidun alumiinin pinta alkaa halkeilla. Metallipinnan kemiallisen tai mekaanisen käsittelyn ja puhdistuksen jälkeen suoritetaan anodisointi.

Ennen anodisointia on suoritettava tarvittavat muovaukset, sillä oksidikerroksen muovattavuus on huono. Anodisoidun alumiinin pinta on eristävä, joten se on poistettava ennen hitsausta tai hitsaus on suoritettava ennen anodisointia.

Viimeistely on suoritettava ennen anodisointia, koska oksidikerros on läpinäkyvä. Rasvanpoisto ja peittäus on tehtävä ennen anodisointia, sillä kappaleen pinnan tulee olla puhdas. (Metalliteollisuuden keskusliitto 2002, 130.)

Anodisointiprosessissa käsiteltävälle kappaleelle tehdään ensin rasvanpoisto ja sen jälkeen peittäus, jossa alumiinin luonnollinen oksidikerros poistetaan ja erilaiset pintavirheet häivytetään. Seuraavaksi suoritetaan neutralointi, jossa alumiinikappaleen pinnalta poistetaan peittäyksessä muodostunut nokikerros. Anodisointi tapahtuu rikkihappoliuoksessa, joka toimii elektrolyyttinä. Liuokseen upotetaan anodina toimiva alumiinikappale ja katodina toimivat alumiini- tai lyijylevyt. Elektrolyyttiin kytketään tasavirta, jolloin katodeilta vapautuu vetyä ja anodin pinnalla alumiini muuttuu oksidiksi. Luonnolliseen oksidikerrokseen verrattuna anodisoinnilla tehty oksidikerros voidaan kasvattaa 1000-kertaiseksi. Kappaleen teräviin kulmiin ei muodostu paksua oksidikerrosta, koska oksidikerros kasvaa kohtisuoraan pintaa nähden. Hyväksyttävän korroosiosuojan aikaansaamiseksi pyörityssäteen tulisi olla vähintään 1 mm. (Metalliteollisuuden keskusliitto 2002, 131–132, 134.)

Lopuksi suoritetaan tiivistys huokosten sulkemiseksi. Oksidikerros imee vettä itseensä ja hydrolysoituu. Tällöin oksidikerros paisuu ja huokokset täyttyvät. Korroosionkestävyyteen vaikuttaa tiivistyksen laatu. Tiivistys voi tapahtua kuumalla vesihöyryllä tai vedellä, dikromaatilla, nikkeliasetaatilla tai orgaanisella aineella. (Metalliteollisuuden keskusliitto 2002,137.)

3.4 Mekaaninen liittäminen

Alumiinituotteiden kokoonpanossa varsinkin levyjen tai profiilien liittäminen on tärkeä valmistusvaihe. Liittämistekniikat ovat automatisoitavissa ja helppokäyttöisiä, sekä investointikustannukset liittyen mekaanisen liittämisen käyttöön ovat pieniä.

Uusia tekniikoita massatuotantoon ja monimutkaisempia liitostapoja on tuonut materiaalien kehitys. Liittämismenetelmien kehittymiseen on ollut voimakkaasti vaikuttamassa autoteollisuus. Automaatioasteen parantaminen, taloudellisuus prosessien luotettavuus sekä liittämismenetelmien saaminen yhteensopiviksi uusien materiaalien käyttökohteiden kanssa ovat olleet uusien liittämismenetelmien tavoitteena. (Metalliteollisuuden keskusliitto 2002, 181.)

3.4.1 Niittaaminen

Niittien reiät porataan parhaan lopputuloksen saamiseksi. Vain ohuisiin ja pienten jännityksen alaisiin rakenteisiin suositellaan lävistämistä. Liitettävät kappaleet puristetaan yhteen ennen niittausta. Raskasta käsivasaraa käytetään pienillä niiteillä ja niittauspuristimia ja ilmavasaroita suuremmilla niiteillä. Niitin halkaisija, kannan tyyppi ja seos vaikuttavat tarvittavaan lyöntivoimaan. Eristäminen pitää muistaa, silloin kun liitoksessa käytetään eri materiaaleja.

3.4.2 Ruuvaus

Rakenteissa, joiden tulee olla purettavissa, käytetään ruuviliitoksia. Usein käytetään sinkittyjä tai ruostumatonta terästä olevia ruuveja, sillä alumiiniruuveja on saatavilla rajoitetusti, sekä alumiinin kimmomoduuli on pieni, noin kolmasosa teräksen kimmomoduulista. (Metalliteollisuuden keskusliitto 2002, 12; 186.)

4 RUOSTUMATTOMAT TERÄKSET

Ruostumattomat teräkset ovat seosteräksiä, jotka sisältävät vähintään 10,5 % kromia, joka parantaa teräksen korroosiokestävyyttä. Ruostumattoman teräksen pintaan muodostuu kromioksinen kalvo, jonka ansiosta teräksen kierrätettävyys on erinomainen ja huolto- ja elinkaarikustannukset ovat alhaiset. Useissa prosessiteollisuuden laitteissa käytetään ruostumatonta terästä. (Metalliteollisuuden keskusliitto, 2001, 226–227.) Tiheyteen vaikuttaa teräksen seosaineet. Ruostumattoman teräksen tiheys on 7,7-8,1 kilogrammaa kuutiometrille (Matilainen, Parviainen, Havas, Hiitelä & Hultin 2011, 39–40 [Ruostumattomien rakenneputkien käsikirja 2008]).

Seosteuksien avulla voidaan muunnella ruostumattomien terästen mikrorakenteita ja muodostuvien kiderakenteiden perusteella ruostumattomat teräkset ryhmitellään neljään eri pääryhmään, jotka ovat: austeniittiset- ferriittiset-, austeniittis-ferriittiset eli duplex- ja martensiittiset teräkset. Nikkeliseostuksella saadaan aikaan austeniittiset ruostumattomat teräkset. Ferriittiset ruostumattomat teräkset ovat verrattavissa tavallisiin hiiliteräksiin. Duplex-teräkset muodostuvat kahdesta eri kiderakenteesta, jotka saadaan aikaan sopivalla nikkelin ja kromin seostuksella. Martensiittiset ruostumattomat teräkset ovat lujia ja karkaistavia teräksiä, jotka soveltuvat käytettäviksi turpiinien siipinä ja veitsien terämateriaaleina. (Metalliteollisuuden keskusliitto, 2001, 226–227.)

4.1 Korroosiokestävyys

Ruostumattoman teräksen korroosiokestävyys perustuu teräksen pinnalle muodostuvien vain muutamien nanometriä paksuiseen läpinäkyvään kromirikkaaseen oksidikalvoon, eli passiivikalvoon. Ympäröivien olosuhteiden ollessa hapettavia on passiivikalvolla rikkoutuessaan kyky uusiutua. (Metalliteollisuuden keskusliitto 2001, 235.)

4.1.1 Yleinen korroosio

Yleistä korroosiota esiintyy ruostumattomalla teräksellä harvoin. Voimakkaissa emäksisissä ja happamissa liuksissa ruostumattomalla teräksellä esiintyy yleistä korroosiota, jolloin metalli syöpyy samalla nopeudella kaikkialta. Materiaalinvalinnalla ja oikeilla olosuhteilla voidaan välttää korroosio-ongelmat. (Metalliteollisuuden keskusliitto 2001, 237.)

4.1.2 Paikalliset korroosioilmiöt

Paikallisen korroosion aiheuttamat rakenteelliset, ulkonäölliset tai muut vauriot voivat vaurioittaa ruostumattoman teräksen rakenteita ratkaisevasti. Jälkikäsittelemättömät hitsausaumamat sekä likaa keräävät raot ovat tyypillisimpiä ongelmakohtia. Eri metallien liittäminen keskenään ja väärä hitsauslisäaineen koostumus aiheuttavat ongelmia. Korkeat kloridipitoisuudet ja vierasruosteen eli hiiliteräspölyn pääseminen teräksen pinnalle aiheuttavat pistemäisiä syöpymisiä. (Metalliteollisuuden keskusliitto 2001, 237.)

4.1.2.1 Rakokorroosio

Rakokorroosiolle herkkiä metalleja ovat erityisesti ne, joiden korroosiokestävyys perustuu passivaatioilmiöön. Liuokset, jotka sisältävät kloridi-ioneja ovat erityisen vaarallisia rakokorroosiolle.

Hitsatut rakenteet, kierrelliitokset ja niitatut liitokset voivat muodostaa rakoja ja aiheuttaa rakokorroosiota. Säännöllinen puhtaanapito ja rakojen tiivistäminen tiivistemassalla estävät rakokorroosion syntymistä. (Metalliteollisuuden keskusliitto 2001, 237–238.)

4.1.2.2 Pistekorroosio

Passiivikalvon paikallinen rikkoutuminen aiheuttaa pistekorroosion alkamisen. Ympäröivän liuoksen korkea kloridipitoisuus, teräksen epätasainen koostumus, pintaviat tai teräksen pinnalle roiskuneet hiiliteräskipinät tai -pöly voivat aiheuttaa passiivikalvon rikkoutumisen. Korroosionopeus on alussa suuri, koska rikkoutunut alue muodostuu anodiksi ja on suhteessa pieni verrattuna ympäröivään alueeseen, joka toimii katodina. Ajan kuluessa korroosionopeus hidastuu.

Pistekorroosion estämiseksi hitsausseamat tulee jälkikäsitellä. Hiiliteräspölyn pääsy metallipinoille on estettävä ja valmiiden teräspintojen säännöllinen puhdistaminen on tärkeää. Erityisen varovainen pitää olla kloridipitoisten olosuhteiden kanssa. (Metalliteollisuuden keskusliitto 2001, 238.)

5 SEOSTAMATTOMAT RAKENNETERÄKSET

Seostamattomat rakenneteräokset luokitellaan ominaisuuksiensa ja valmistusprosessiensa perusteella laatuteräoksiin. Lujuus, hitsattavuus ja sitkeys ovat tärkeimmät ominaisuudet teräksillä. Ruuvi- ja niittiliitosrakenteisiin on tarkoitettu käytettäväksi hitsattavia seostamattomia rakenneteräksiä. (Metalliteollisuuden keskusliitto 2001, 10.)

5.1 Sinkin suojavaikutus korroosiolta

Huono korroosiokestävyys on tavallisen rakenneteräksen suurin heikkous. Kosteus ja ilma läpäisevät helposti teräksen pintaan muodostuneen huokoisen ja huonosti kiinnittyneen ruosteen aiheuttaen korroosion jatkumisen.

Sinkki suojaa terästä ruostumiselta pitkän ajan vaikka sinkki on epäjalompi metalli. Ilman epäpuhtaudet, happi ja kosteus eivät pääse kosketuksiin teräksen pinnan kanssa sinkkipinnoitteen ansiosta. Sinkkipinnoite perustuu katodiseen suojaukseen, eli epäjalompi metalli syöpyy. Tehokkaasti korroosiota hidastava tiivis kalvo muodostuu ulkoilmassa sinkin pinnalle. Sinkkipinnoitteeseen tulevat pienet vauriot eivät johda teräksen ruostumiseen sinkin katodisen suojauksen ansiosta. (Pesonen 1976, 2.)

5.2 Sinkitysmenetelmät

Sinkitysmenetelmiä on useita: sähkösinkitys, kuumasinkitys, ruiskusinkitys ja sherardisointi. Sinkitysmenetelmän valintaan vaikuttaa sinkittävän kappaleen muoto, haluttu korroosionkesto-ominaisuus, ulkonäkö, mekaanistan rasituksen kesto-ominaisuudet sekä eri menetelmien väliset kustannussuhteet. (Pesonen 1976, 11.)

5.2.1 Sähkösinkitys

Parhaan mahdollisen lopputuloksen ja tarttuvuuden aikaansaamiseksi käsiteltävä kappale tulee esikäsitellä ennen sähkösinkityksen suorittamista. Kappaleen pinta puhdistetaan epäpuhtauksista rasvanpoistoissa, joka suoritetaan kuumassa alkaalisessa rasvanpoistokylvyssä. Seuraavaksi kappale huuhdellaan huolellisesti. Tämän jälkeen suoritetaan peittaus, eli kappaleesta poistetaan ruoste, hehkutus- ja valssihilse happoliuksella. Peittauksen jälkeen kappale huuhdellaan uudelleen huolellisesti. (Tilander 1976, 6–8.)

Esikäsitelyiden jälkeen voidaan suorittaa sähkösinkitys. Katodina toimiva sinkkikappale ja anodina toimiva sinkki upotetaan liuokseen, jossa sinkki anodeihin johdetaan sähkövirtaa. Sähkövirran avulla anodeista irtoaa sinkkiä, joka saostuu katodina toimivan kappaleen pinnalle. (Tilander 1976, 2.)

Sinkityksen jälkeen suoritetaan jälkikäsitely. Ennen kuin aloitetaan passivointi, kappale tulee huuhdella huolellisesti. Passivoinnilla parannetaan pinnoitteen korroosiokestävyyttä. Kappale kastetaan passivointi- eli kromatointiliuokseen lyhyeksi aikaa. Sinkkipinnoite reagoi liuoksen kanssa muodostaen amorfisen kromaattipinnoitteen. (Tilander 1976, 13.)

5.2.2 Kuumasinkitys

Kuumasinkitykseen menee suurin osa maailman sinkinkäytöstä, ja se on yleisin tapa saada aikaan sinkkipinnoite. Sinkittävä kappale upotetaan 450 Celsiusasteiseen sulaan sinkkikylpyyn. Sinkki tunkeutuu rautaan, jota liukenee vain vähän sinkin joukkoon kyseisessä lämpötilassa. Sinkki ja rauta muodostavat erilaisia yhdisteitä, jotka asettuvat kerroksiksi toistensa päälle ja puhtaan raudan pinnasta ulospäin mentäessä sinkkipitoisuus kasvaa. Kun kappale nostetaan pois sinkkikylvystä, sula sinkki jähmettyy yhdistelmäkerrosten päälle. Mitä paksumpi kokonaispinnoite on, sitä pitemmän ajan se suojaa rautaa korroosiolta. (Tiilikka 2008, 183.)

5.2.3 Ruiskusinkitys

Ennen ruiskusinkitystä kappaleen pinnalta poistetaan epäpuhtaudet. Sinkitys tapahtuu sinkkiruiskulla, jossa jauheen tai langan muodossa oleva sinkki sulatetaan valokaarella tai kaasuliekillä. Paineilman avulla sula sinkki puhalletaan teräksen pintaan. Pinnoitteesta tulee karhea ja huokoinen, sillä sinkki tarttuu mekaanisesti teräksen pintaan. Ruiskusinkityn kappaleen korroosiokestävyyttä voidaan parantaa maalaamalla, sillä sen pinta on hyvä maalausala. Ruiskusinkitys sopii suurille esineille sekä kuumasinkittyjen kappaleiden vaurioituneiden pintojen korjaamiseen. (Ylitalo 2015, 43–44.)

5.2.4 Sherardisointi

Sherardisointi aloitetaan teräskappaleiden peittaamisella tai suihkupuhdistamalla, jolloin epäpuhtauksista päästään eroon. Itse shereardisointi suoritetaan rumpu-uunissa, jonne laitetaan pinnoitettavat kappaleet hiekan ja sinkkijauheen kanssa. Rumpu-uunin lämpötilaa pidetään hieman alle sinkin sulamislämpötilan. (Ylitalo 2015, 44.)

6 TIESUOLAUKSEN VAIKUTUKSET

Teiden suolauksella pyritään vähentämään tai poistamaan tienpinnan liukkaita ja turvaamaan renkaan ja tien välille riittävä kitkataso. Kemiallisessa liukkaudentorjunnassa tavoitteena on sulattaa tienpinnalle muodostunutta jäätä tai estää ennakkoon jään muodostuminen. Suolaliuos aiheuttaa veden sulamispisteen alenemisen. Liukkaudentorjunta aineina käytetään yleisesti vuorisuolaa eli natriumkloridia (NaCl) ja kalsiumkloridia (CaCl₂) sekä niiden seosta. Liukkaudentorjuntakemikaaleja ei yleensä käytetä alle -7 celsius asteen lämpötiloissa. (Vestola 2006, 14.)

6.1 Ajoneuvokorroosio

Ajoneuvoille teiden suolaus aiheuttaa korroosiovaurioita. Alusta- ja korirakenteissa, sähkölaitteissa, pakoputkistoissa ja jäähdytysjärjestelmissä esiintyy korroosion aiheuttamia vaurioita, jotka aiheuttavat huoltokustannuksia. Korroosion aiheuttaman ajoneuvojen rakenteiden lujuuden tai turva- ja sähköjärjestelmien toimintavarmuuden heikentymisen takia on myös vaikutusta kolariturvallisuuteen. (Vestola 2006, 28.)

6.2 Tiesuolauksen vaikutus metalleihin

Sinkityn teräksen korroosiokestävyyden kestoikä riippuu sinkkipinnoitteen paksuudesta. Sinkkiä liukenee pinnoitteen pieniin vauriokohtiin ja siten suojaa terästä katodisesti. Tiesuolauksessa natriumkloridia tai natriumkloridin ja kalsiumkloridin seosta käytettäessä sinkitty teräs syöpyy hitaammin kuin yksinään kalsiumkloridia käytettäessä, jolloin korroosion muodostuminen on huomattavasti nopeampaa. (Vestola 2006, 33.)

Alumiinilla tavallisimmin esiintyvä pistekorrosio kiihtyy natrium- ja kalsiumkloridien vaikutuksesta. Alumiinin pistekorrosioriski lisääntyy korkeissa lämpötiloissa. Kalsiumkloridin käyttö tiesuolauksessa on anodisoidulle alumiinille hieman syövyttävämpää kuin natriumkloridi. (Vestola 2006, 34-35.)

Ruostumattomille teräksille voi aiheutua rako- ja pistekorroosiota ja jännityskorroosiota maantiesuolujen vaikutuksesta. Pinnoilla esiintyvät saostumat, lämpötilan kasvu ja kloridipitoisuuden lisääntyminen lisäävät paikallisen korroosion todennäköisyyttä. Talven aikana rakenteiden pinnoille kertyneet suolakasaumat aiheuttavat syöpmisen riskin, sillä korroosion kannalta ilmastun olosuhteet muuttuvat edullisempaan suuntaan. (Vestola 2006, 36–37.)

6.3 Ajoneuvojen korroosioriskien alentaminen

Ulkoilmassa käytettäviä teräsrakenteita yleensä sinkittää ja maalataan. Tiesuolauksen käyttömäärä vaikuttaa siihen, mitä helpommin ajoneuvojen ruostuminen tapahtuu. Hyvin tehdyllä ajoneuvojen kunnossapidolla ja huollolla alennetaan korroosiovaurioita. Rakenteet tulee suunnitella niin, että niissä on mahdollisimman vähän rakoja ja koloja, joihin lika ja suola voivat kasaantua. Kriittisten kohtien ja rakenteiden säännöllinen puhdistus ja pesu parantavat ajoneuvojen korroosionkestävyyttä.

Suolajäänteiden vaikutus ajoneuvojen rakenteiden syövyttävyyteen kasvaa lämpimissä säilytyspaikoissa, joissa ei ole riittävää ilmanvaihtoa. Suolan syövyttävyys on suurempi, kun ajoneuvon rakenteet pysyvät kosteina. Kylmä säilytystila onkin korroosion kannalta parempi vaihtoehto kuin huonosti tuulettuva lämmin säilytystila. (Vestola 2006, 38.)

7 SOLIDWORKS

Solidworks suunnitteluohjelmisto on CAD-ohjelmisto, jota käytetään tietokoneavusteiseen suunnitteluun. Se on kehitetty mekaniikkasuunnittelua ja muotoilua varten. Ohjelma toimii niin, että ensin tehdään 2D-piirustus jostakin osasta ja sen jälkeen siitä voi tehdä 3D-osan käyttämällä erilaisia toimintoja kuten leikkausta, erilaisia pursotusmenetelmiä ja pyöristysmenetelmiä. Ohjelmisto sisältää pinta-, osa- ja kokoonpanomallinnuksen sekä ohutlevytoiminnot. Piirustukset, osanumeroinnin, osaluettelot, tilavuus- ja massalaskelmat saadaan automaattisesti. Ohjelma voidaan ostaa eri ominaisuuksia sisältävinä paketteina: Solidworks Standard, Standard Plus, Professional, sekä Premium. (SolidWorks 2017.)

8 ALUMIININEN TAKAKEHÄ

Suunnittelu aloitettiin vanhan puutteellisen takakehän 3D-piirustusten pohjalta. Lähes jokaista osaa jouduttiin muokkaamaan ja muutamia suunnittelemaan kokonaan uudelleen. Jotkin osat olivat sidoksissa johonkin tiettyyn kappaleeseen, eikä muokkaaminen ollut mahdollista, joten osa piirrettiin uudelleen. Ruuvien reiät eivät olleet oikeilla kohdilla, joten ne mitoitettiin uudelleen. Suunnittelussa osat liitettiin toisiinsa niin, että niiden muokkaus onnistuisi helposti.

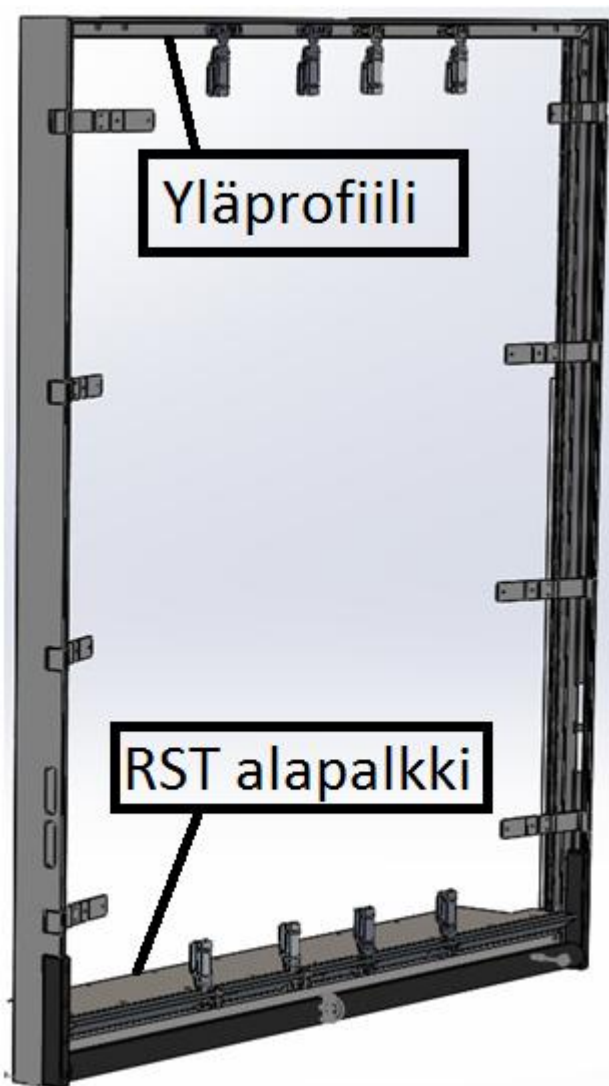
Materiaalinvalinnassa otettiin huomioon korroosiolta suojautuminen, sekä ulospäin näkyvien osien hyvä ulkonäkö. Kappaleen 4 perusteella ruostumattomalla teräksellä esiintyvä piste- ja rakokorroosio oli erityisen tärkeä ottaa huomioon, sekä Kappaleessa 6 esitettyjen ajoneuvojen korroosioriskien alentamisen perusteella osat pyrittiin suunnittelemaan niin, ettei niiden väliin jäisi rakoja, johon maantiesuolat ja kosteus voisivat jäädä aiheuttamaan korroosiota.

Korroosion aiheuttamasta ruostejäljistä aiheutuu pinnalle ulkonäköhaittoja sekä lujuuden heikkenemistä. Kappaleessa 3 esitettyjen alumiinin korroosiovaarojen estämiseksi alumiiniosat on pinnoitettu anodisoimalla.

Kappaleessa 5 mainitulla rakenneteräksen sinkitysmenetelmällä pinnoitetaan takakehän osat, jotka ovat rakenneterästä. Rakokorroosion vaaran takia rakenneteräs osat piti mitoittaa tarkasti, jotta osien väliin ei jäisi rakoja. Ostotilausten kustannuksien perusteella vaihdettiin ruostumattomasta teräksestä valmistettuja osia rakenneteräksiin takakehän osiin, joissa ei ollut hyötyä ruostumattomasta teräksestä. Vaihdot tehtiin paikkoihin, joissa ei ollut niin suurta korroosiovaaran riskiä. Tällä tapaa päästiin kustannussäästöihin.

8.1 Kiinteä katto ja takaovet

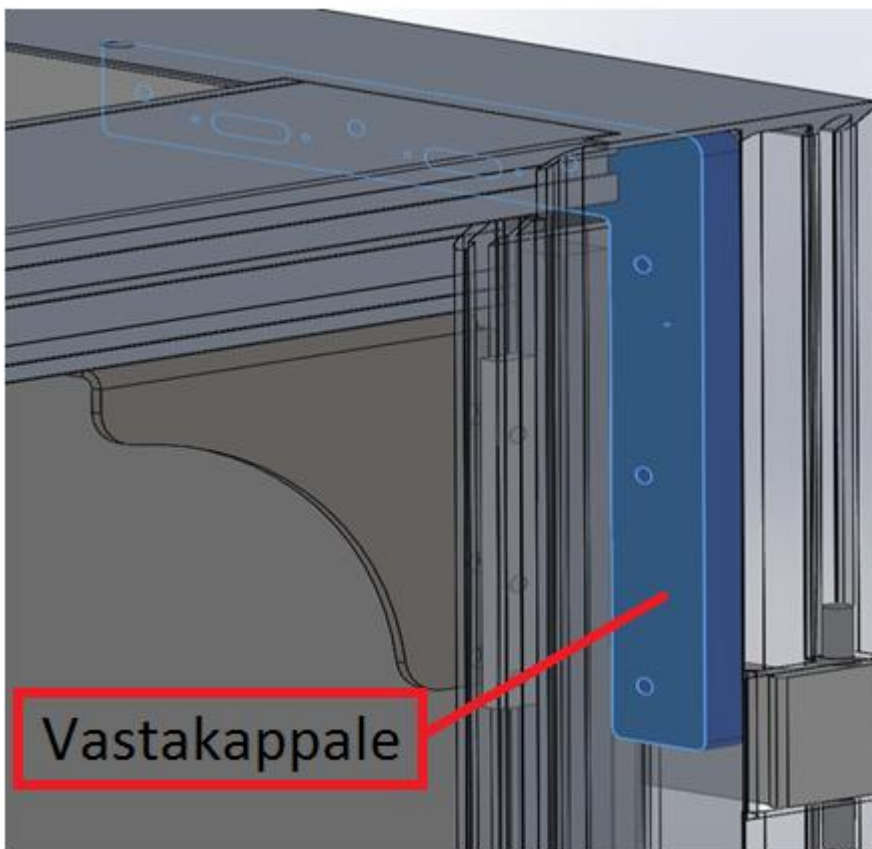
Takakehän suunnittelu aloitettiin vanhan 2,6 metriä leveän alumiinisen takakehän suunnitelmien pohjalta. Suunnittelussa jouduttiin muokkaamaan lähes jokaista osaa ja muutamia suunnittelemaan kokonaan uudelleen. Osien muokkaaminen oli välillä haasteellista. Pituuksien ja leikkauksien muuttaminen ei onnistunut, sillä vanhat piirustukset olivat sidoksissa alkuperäisiin muotoihinsa. Kuvassa 8 on valmis takakehä ilman kattoa ja ovia. Lopuksi takakehään lisättiin katto ja ovet (LIITE 1).



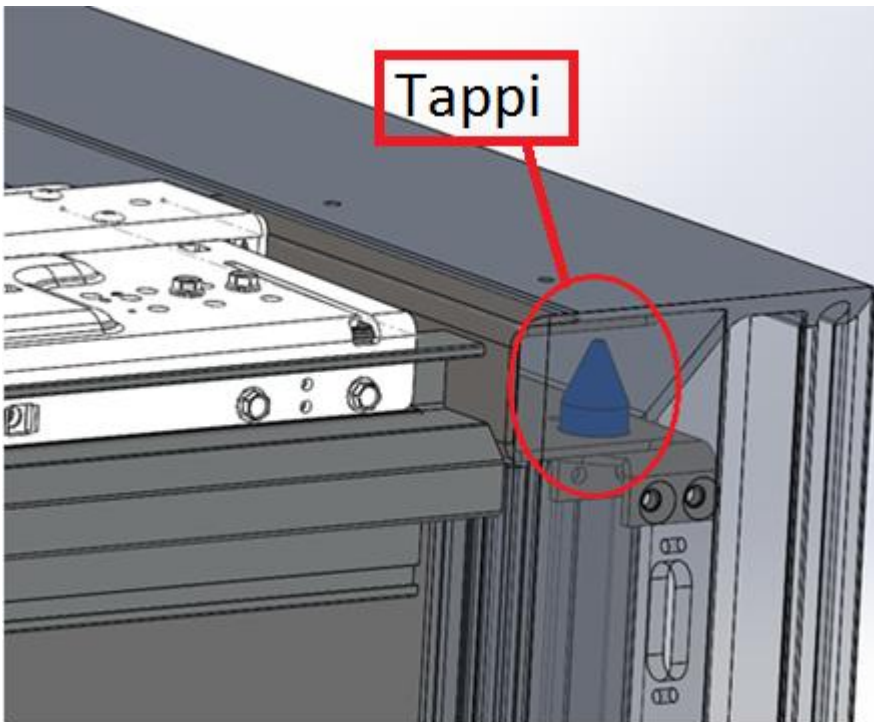
KUVA 8. Takakehä, joka on tarkoitettu 50 mm:n katolle sekä takaoville

8.2 Liukukatto ja takaovet

Seuraavaksi lähdettiin suunnittelemaan toinen versio, takakehä liukukatolla (LIITE 1). Alapalkit pysyivät samanlaisena kuin kiinteän katon kanssa olevat. Yläprofiiliin täytyi tehdä leikkauksia kattoprofiiliin, jotta osat tulisivat tiiviisti yhteen. Takakehän tolppiin tehtiin muutoksia liittyen kiinnittämiseen. Kiinteä katto on kiinteästi kiinni takakehässä yläreunan vastakappaleen avulla (KUVA 9). Liukukaton yhteydessä takatolppiin lisättiin tapit (KUVA 10), joilla pystyttiin lukitsemaan liukukatossa kiinni oleva yläpalkki takakehään.



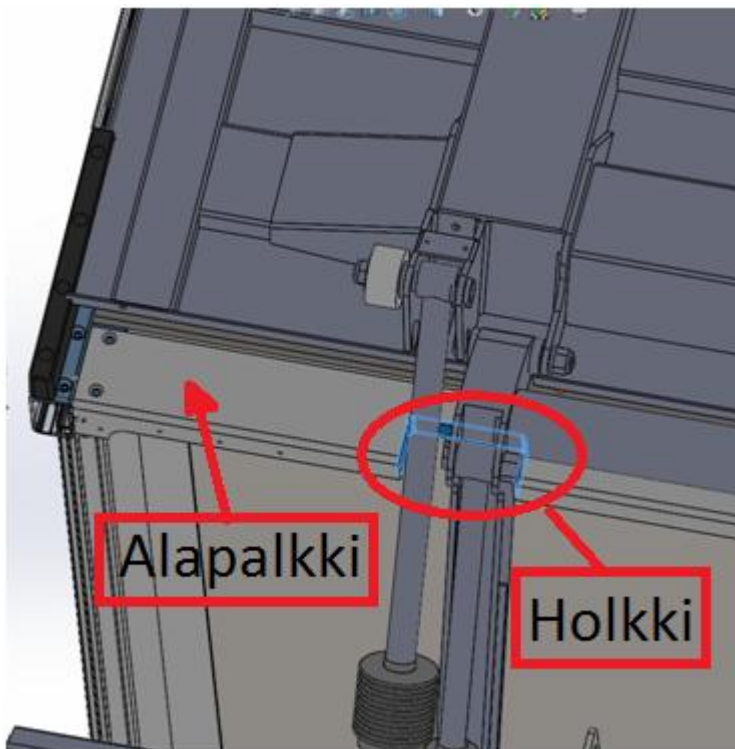
KUVA 9. Yläreunan vastakappale kiinnittää yläpalkin sekä takatolpan toisiinsa



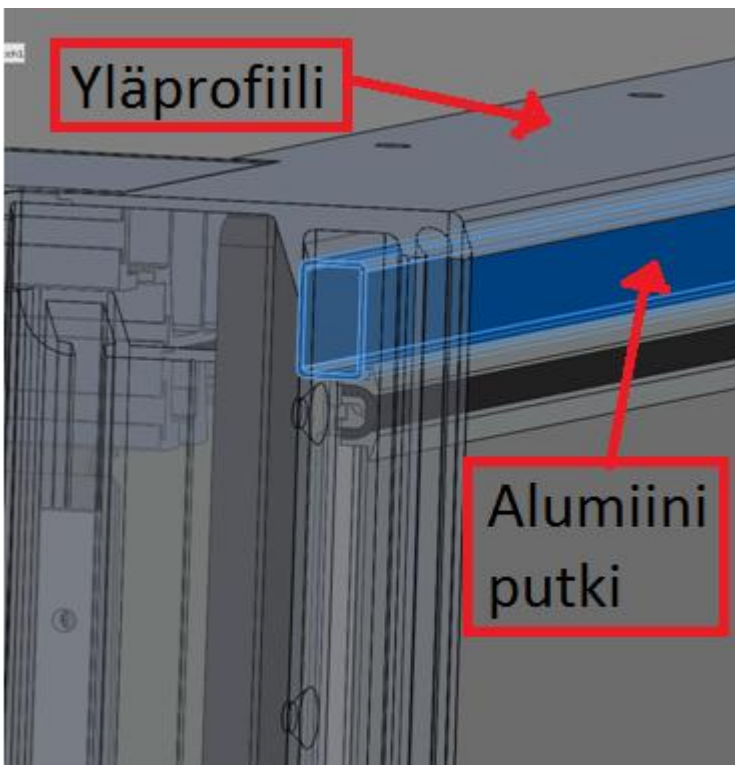
KUVA 10. Takatolpassa kiinni oleva tappi lukitsee liukukatton yläpalkkiin

8.3 Kiinteä katto, lippa ja takalaitanostin

Kolmas versio sisälsi takakehän kiinteällä katolla, takalaitanostimella ja lipalla. Tämän version suunnittelu aloitettiin ensimmäisen piirustuksen pohjalta. Takaoville tarkoitetut kiinnikkeiden reiät poistettiin takatolpista. Alapalkkiin suunniteltiin holkit, jottei takalaitanostimen sylinterit vastaisi takapalkkiin. Kuvassa 11 näkyvän holkin korkeus riippuu apurungon korkeudesta ja takalaitanostimen mallista. Kuvassa 12 näkyy yläpalkkiin lisätty putki, jonka tarkoitus on liittää lippa yläpalkkiin ja se, että lippa ja takalaitanostin olisivat samalla kohdin kiinniolo asennossa, eikä niiden väliin jäisi rakoja. Valmiista takakehästä takalaitanostimella ja lipalla oleva 3D-kuva liitteessä 1.



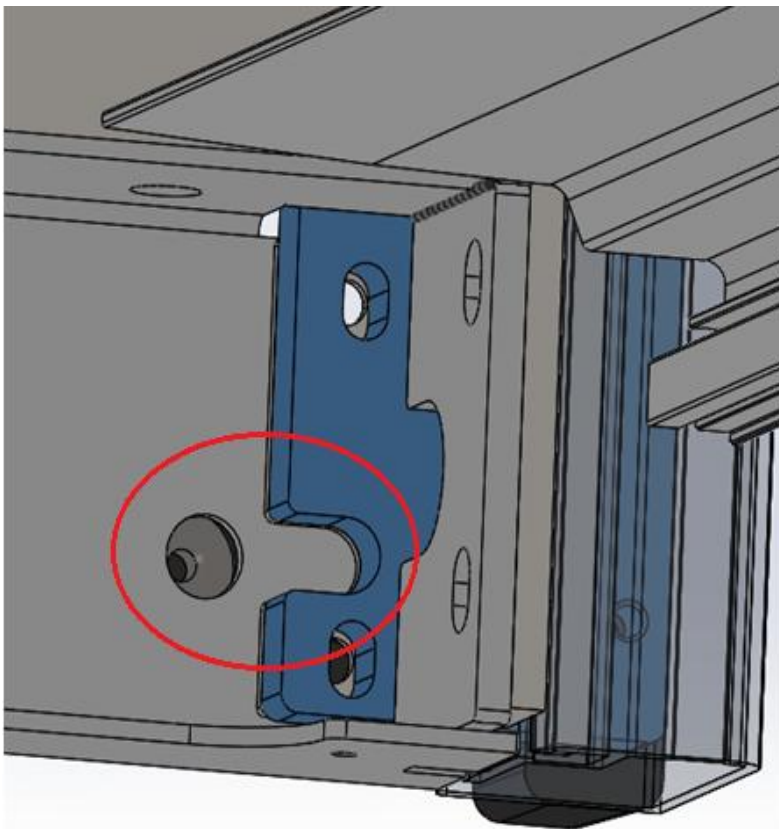
KUVA 11. Alapalkkiin upotettu holkki



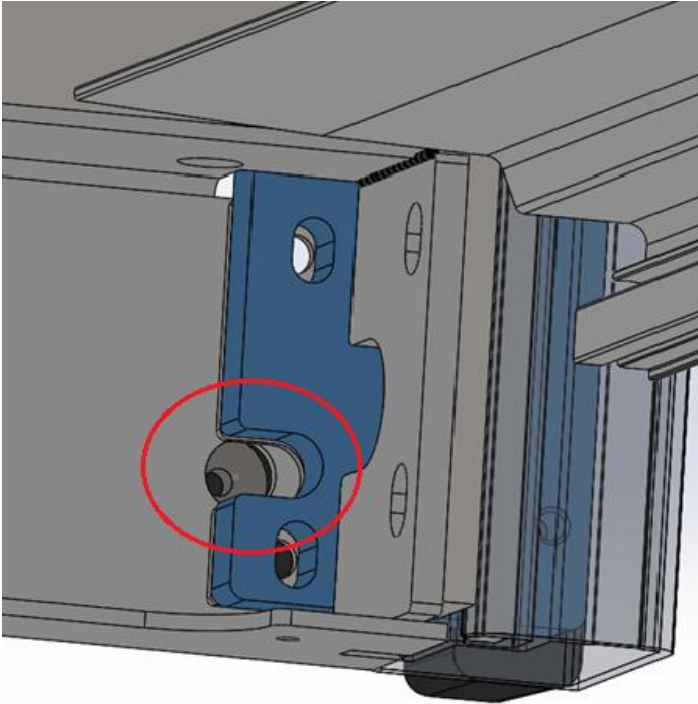
KUVA 12 Alumiiniputki lipan kiinnittämiseen

8.4 Leveydet 2,55 m ja 2,6 m

Lämpöeristettyjä seiniä käytettäessä päällirakenteiden leveys saa olla 2,6 metriä. Limetec halusi jokaisesta suunnitelmasta piirustukset myös leveydelle 2,55 metriä, jolloin lämpöeristetyt seinät eivät ole pakollisia. Leveyksien muuttaminen oli haasteellista, sillä se ei onnistunut pelkästään mittoja muuttamalla. Täytyi ottaa huomioon myös se, että ruuvien reiät pysyivät suhteessa samoilla kohdin. Osien suunnittelussa huomioitiin varastointiin ja ostoon liittyen, että samat osat kävisivät molemmille leveyksille. Ruuvien reikä ei jää piiloon leveyttä vaihdettaessa, kuten kuvista 13 ja 14 voi nähdä.

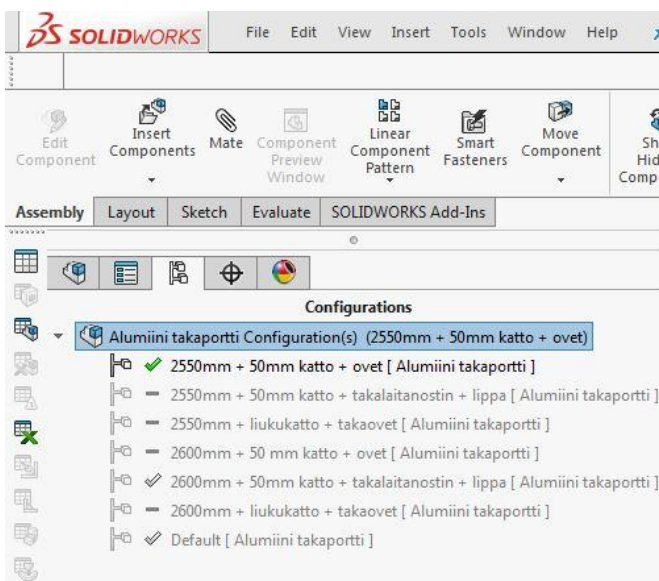


KUVA 13. Uputus alareunan vastakappaleeseen 2,6 m:n leveydellä



KUVA 14. Upotus alareunan vastakappaleeseen 2,55 m:n leveydellä

Lopulliseen SolidWorksin kokoonpanoon tuli käytettäväksi yhteensä kuusi eri vaihtoehtoa. Kaikki kuusi 3D-piirustusta ovat samassa tiedostossa käytettävissä, joten eri takakehä vaihtoehtoa tai leveyttä valittaessa ei tarvitse avata muuta kuin yksi kokoonpanotiedosto (KUVA 15).



KUVA 15. Kuusi eri kokoonpanoa (Limetec 2017)

8.5 Materiaalit

Alumiinia alettiin käyttää takakehien rakennusmateriaalina ruostumattoman teräksen sijaan, koska alumiini on kevyempää, halvempaa ja sen paremman muotoiltavuuden takia. Alumiiniportin valmistus voitiin ulkoistaa, mikä nopeutti projektien läpikulkua prosessin läpi, sillä suurimman hyödyn toi se, kun välttyttiin hitsauslinjan pullonkaulalta. Kokoonpanolinjalla alumiinitakakehien liittäminen päällirakenteisiin on helpompaa kuin ruostumattomasta teräksestä valmistettujen takakehien liittäminen.

Alumiini ei kuitenkaan ole lujuudeltaan ruostumatonta terästä vastaavaa. Ongelmana on ollut alumiinisten takatolppien taipuminen ja saranoiden rikkoutuminen, kun kuorma-auto tai perävaunu on perutettu lastauslaituriin liian kovaa. Tällaisten tilanteiden korjaaminen vaatii koko takatolpan uusimisen. Ruostumattomasta teräksestä tehdyt takatolpat eivät taivu niin helposti ja taipuessaan korjaaminen onnistuu helpommin, koska takatolppaa ei tarvitse vaihtaa vaan se voidaan kuumentamisen avulla suoristaa ja saranoiden taipuessa niiden vaihtaminen onnistuu pois leikkaamalla ja hitsaamalla uudet tilalle. Alumiinisiin takatolppiin joudutaan jyrsimällä tehdä saranoille kahvoille reiät sillä seurauksella, että anodisointikerros häviää ja tämä aiheuttaa korroosiovaaran.

Metallien pintojen ulkonäöllä on suuri merkitys asiakkaille. Jokainen osa on pintakäsitelty, alumiiniset anodisoimalla, teräkset joko sinkittyjä tai maalattuja, johtuen tiesuolauksesta, sillä suola lisää korroosion määrää. Rakenneteräksen kustannukset ovat alhaisempia kuin ruostumattoman teräksen, joten sitä käytetään paikoissa, joihin ei ole niin suuri riski päätyä tiesuolaa tai kosteutta, joka aiheuttaa korroosiota.

8.6 Kustannukset

Keräsimme Limetecin ostotilauksista alumiinisten takakehien eri kokoonpanojen osien hinnat, sekä ruostumattoman teräksen takakehien hinnat. Osille oli useita eri tilauksia eri toimittajilta; välillä kustannuserot olivat erittäin suuria saman osan kesken. Valitsimme hinnat suurimmaksi osaksi tuoreimman tilauksen perusteella. Tiedot taulukoitiin Exceliin. Osien kustannusten yhteenlaskun jälkeen selvisi, että ruostumattomasta teräksestä valmistettu takakehä on hieman halvempi. Alumiinisen takakehän suuremmat materiaalikustannukset johtuivat siitä, että alumiinikehän yhteydessä jouduttiin käyttämään enemmän osia.

	ALUMIINISEN TAKAKEHÄN KUSTANNUKSET	RUOSTUMATTOMAN TAKAKEHÄN KUSTANNUKSET
2600 mm leveys, 50 mm katolla ja takaovilla	1 556,14 €	1 488,01 €
2550 mm leveys, 50 mm katolla ja takaovilla	1 555,47 €	1 487,34 €
2600 mm leveys, liukukatolla ja takaovilla	1 548,04 €	1 450,76 €
2550 mm leveys, liukukatolla ja takaovilla	1 548,32 €	1 449,25 €
2600 mm leveys, 50 mm katolla, lipalla ja takalaitanostimella	1 051,77 €	951,60 €
2550 mm leveys, 50 mm katolla, lipalla ja takalaitanostimella	1 050,85 €	951,32 €

TAULUKKO 1. Takakehien kustannukset

9 YHTEENVETO JA POHDINTA

Opinnäytetyön aiheena oli suunnitella Limetecille 3D-suunnitteluohjelmiston avulla piirustukset kuudelle alumiiniselle takakehälle. Alumiinisten takakehien osille selvitettiin kustannukset Limetecin ostotilaus tietokannan kautta. Lisäksi selvitettiin kustannukset ruostumattomasta teräksestä valmistetuille takakehille, joiden päämitat olivat samoja kuin alumiinisella takakehällä.

Suunnitteluvaiheessa oli välillä melko hankalia ongelmia. Varsinkin takakehien leveyttä muunnettaessa monien osien kanssa joutui työskentelemään kauan, koska osat olivat linkitetty suoraan tietylle leveydelle, eikä niitä pystynyt muuttamaan suoraan, koska samalla osa muuttui myös alkuperäisellä leveydellä. Suunnittelun alkuvaiheilla emme vielä osanneet ottaa huomioon tätä asiaa. Jokaisesta ongelmasta päästiin kuitenkin lopulta yli.

Kustannustietojen etsiminen takakehien osille vei yllättävän kauan aikaa. Kustannuksia verrattiin, sillä osien toimittajien kesken saattoi olla suuriakin kustannuseroja. Materiaalikustannuksia tutkiessa pohdimme mahdollisuutta, että takakehän osat voisi kilpailuttaa tarkemmin.

Opinnäytetyötä tehdessämme opimme paljon uusia asioita SolidWorksin sisällöstä sekä kuorma-autojen päällirakenteista. Saimme käyttää Limetecin toimistoa opinnäytetyön tekemiseen. Suunnitteluvaiheessa jouduimme käymään useasti katsomassa hallin puolella rakenteilla olevista päällirakenteista mallia. Takakehän suunnittelun myötä olemme saaneet kokemusta käytännön suunnittelun perusteista sekä olemme huomanneet, että kustannusvertailun ja kilpailuttamisen avulla voidaan saavuttaa paljon säästöjä.

LÄHTEET

Asetus ajoneuvojen käytöstä tiellä. 6.6.2013/407. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130407#Pidp432009552>. Viitattu 26.5.2017.

Limetec. 2017. Limetecin www-sivut. Saatavissa: <http://www.limetec.fi/> Viitattu: 20.5.2017

Matilainen, J., Parviainen, M., Havas, T., Hiitelä, E & Hultin, S. 2010, Ohutlevytuotteiden suunnittelijan käsikirja. Tampere: Tammerprint Oy.

Metalliteollisuuden keskusliitto, 2001. Raaka-ainekäsikirja 1: Muokatut teräkset. Helsinki: Metalliteollisuuden Kustannus Oy.

Metalliteollisuuden keskusliitto, 2002. Raaka-ainekäsikirja 5: Alumiinit. Helsinki: Metalliteollisuuden Kustannus Oy.

SolidWorks Corp. 2017. Www-dokumentti. Saatavissa: http://www.solidworks.fi/sw/6453_SVF_HTML.htm Viitattu 25.5.2017

Tiilikka, P. 2008. Muut metalliset rakenteet. Teoksessa Konetekniikan materiaalioppi. Helsinki: Edita Prima Oy.

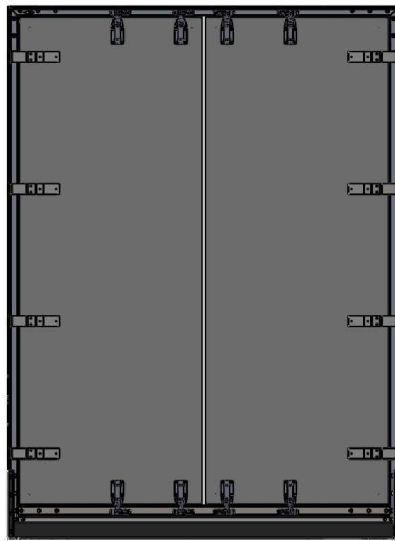
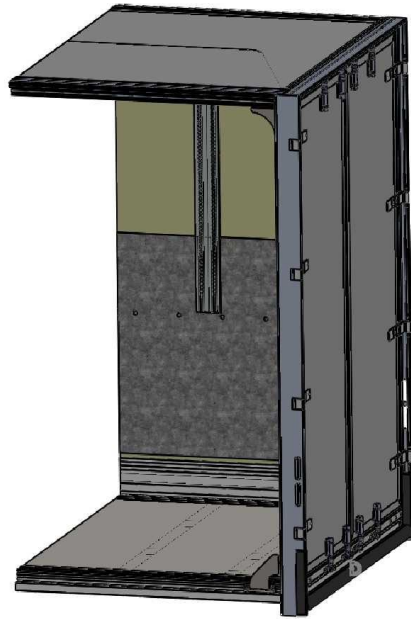
Tilander, H. 1976. Sähkösinkitys. Teoksessa Sinkitys teräksen suojana. Helsinki: Insinööritieto Oy.

Vestola, E. 2006. Kalsiumkloridin sivuvaikutukset. Tiehallinto. Helsinki: Edita Prima Oy. Www-dokumentti. Saatavissa: http://alk.tiehallinto.fi/julkaisut/pdf/3201014-vkalsiumkloridin_sivuvaik.pdf. Viitattu 26.5.2017

Ylitalo, J. 2015. Sinkitysmenetelmät. J. Tähtikunnas. (toim.) Teräsrakenne. Forssa: Forssa Print. 42-44. Www-dokumentti. Saatavissa:

http://www.terasrakenneyhdistys.fi/document/1/131/d52f66a/2015_01_Sinkitysmenetelmat.pdf
f. Viitattu 25.5.2017.

Ruostumattomien rakenneputkien käsikirja. 2008. Toim. P. Yrjölä Helsinki:
Teräsrakenneyhdistys.



TITLE:

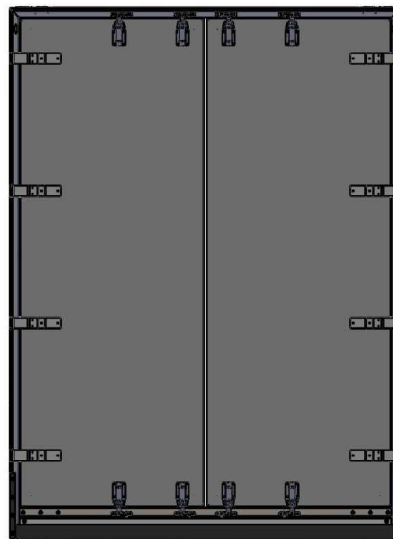
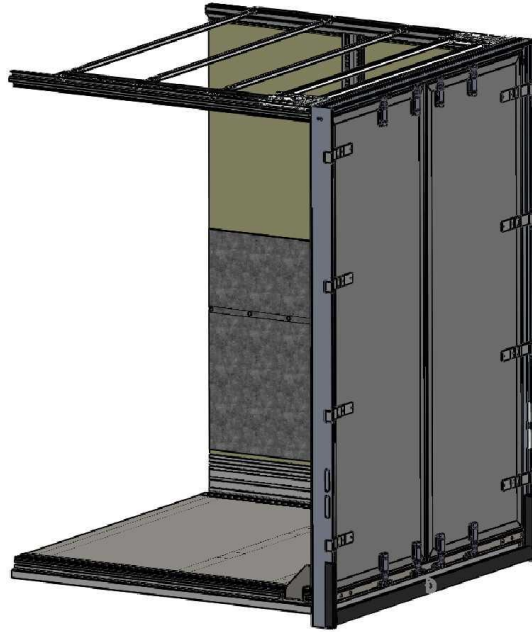
DWG NO.

50 mm katto takaovilla

	NAME	DATE	MATERIAL:
DRAWN	AS & JM	20.04.2017	
CHK'D			SURFACE FINISH:
REV.			
SCALE:1:2	SHEET 1 OF 2	A4	WEIGHT: LP

UMETEC

KARLEBY FINLAND TEL:0207875000



TITLE:

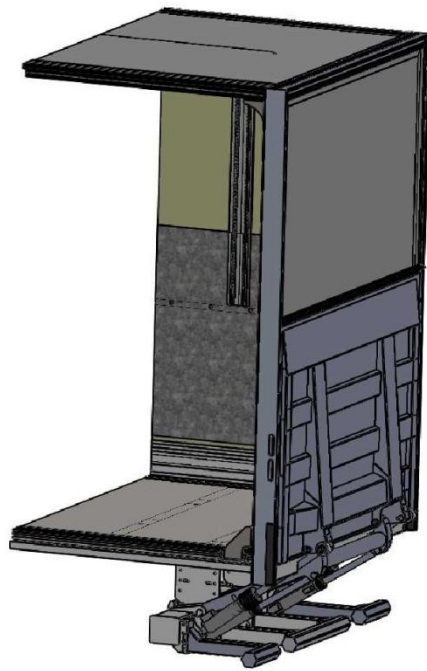
DWG NO.

Liukukatto takaovilla

	NAME	DATE	MATERIAL:
DRAWN	AS & JM	20.04.2017	
CHK'D			SURFACE FINISH:
REV.			
SCALE:1:1	SHEET 1 OF 2	A4	WEIGHT: LP

UMETEC

KARLEBY FINLAND TEL:0207875000



TITLE:

DWG NO.

50mm katto, nostin ja lippa

	NAME	DATE	MATERIAL:
DRAWN	AS & JM	20.04.2017	
CHK'D			SURFACE FINISH:
REV.			
SCALE:1:2	SHEET 1 OF 2	A4	WEIGHT: LP

UMETEC

KARLEBY FINLAND TEL:0207875000