

# KIILAKARMIRUUVI



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Hämeenlinnan korkeakoulukeskus

rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

rakennusmestari

Syksy 2021

Jere Nissinen

## TIIVISTELMÄ

Tällä hetkellä Suomessa asennetaan kivirakenteisiin ulkoseiniin puiset apukarmit ennen ikkuna- ja oviaasennuksia. Puiset apukarmit aiheuttavat kivirakenteen sisällä ilma- ja lämpövuotoa sekä kosteusongelmia. Kivitaloja rakentaessa on aina itselle tuntunut vieraalta asentaa puuta kivipintojen väliin.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää tuote, jolla ikkunoiden ja ovien asennus onnistuu ilman puisia apukarmeja, yhdellä kertaa valmiiksi ilman esivalmisteluja.

Markkinoilla on tällä hetkellä muutama tuote tähän tarkoitukseen, mutta ne ovat kaikki joiltaan ominaisuuksiltaan puutteellisia asennustyön onnistumiseksi kerralla valmiiksi ilman esivalmisteluja.

Kehitystyön tuloksena saatiin valmiiksi tuote, joka toimii ajatellusti asennuksessa ja on kaupallisesti järkevä valmistaa.

Avainsanat Ikkunat, ovet, rakennusosat

Sivut 21 sivua

Name of Degree Programme Rakennusmestari

**Abstract**

Campus Hämeenlinnan korkeakoulukeskus

---

Author Jere Nissinen

Year 2021

Subject Kiilakarmiruuvi

Supervisor Anssi Knuutila

---

#### ABSTRACT

At present, wooden auxiliary frames are installed on stone exterior walls in Finland before window and door installations. Wooden auxiliary frames cause air and heat leakage as well as moisture problems inside the element structure. When building stone houses, it has always felt unpleasant to install timber between the stone-based surfaces.

The purpose of this thesis was to develop a product that can be used to install windows and doors without wooden auxiliary frames, once completed without any preparation. There are currently a few products on the market for this purpose, but they are all deficient in some features to complete the installation work in one step without preparation.

The result of the development work was an easy-to-use product that functions well when installation and is commercially sensible to manufacture.

Keywords Windows, doors, building block

Pages 21 pages

## Sisällys

1	Johdanto .....	1
2	Ikkunoiden ja ovien kiinnitys kivirakenteiseen ulkoseinään .....	2
3	Ratkaisu ja tuote.....	10
4	Kehitystyö .....	14
5	Testauksen suunnittelu .....	16
6	Yhteenveto ja arviointi .....	18
7	Pohdinta .....	20
	Lähteet.....	22

# 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoitus on saada tuotantoon sellainen kiinnike, jota käytettäessä pystytään ikkunat ja ovet asentamaan kivitaloihin, joissa eriste on kahden kivipinnan välissä, ilman ennakkovalmistelua, puista apukarmia ja kiilojen käyttöä. Tässä työssä on rajattu tuotteen käyttökohteet sellaisiin kiviseiniin, joissa eriste on kahden kivipinnan välissä.

Pitkään kivirunkoisia pientaloja urakoidessani, olen aina miettinyt vaihtoehtoa puisten apukarmien korvaamiseen ikkuna- ja oviaukoissa. Puisissa apukarmeissa käytetään painekyllästettyä puutavaraa. Puisten apukarmien käyttö kivitalon ulkoseinän sisällä aiheuttaa rakenteeseen lämpö- ja ilmavuotoa sekä kosteusongelmia. Tässä työssä käsiteltävät tiedot ovat kertyneet tietooni käytännön tekemisen kautta sekä aiemmista insinööriopinnoistani.

Tällä hetkellä on markkinoilla muutama erilainen muoviruuvi, joita voi käyttää ikkuna-asennuksissa, mutta nämä ovat ominaisuuksiltaan varsin huonoja ja hinnaltaan kalliita hyötyyn nähden. Näistä ei ole puisten apukarmien korvaajaksi kivitaloon ikkunoita asentaessa.

Kiilakarmiruuvi on tarkoitus saada testattua ja tuotantoon vuoden 2021 aikana. Siitä on tarkoitus saada niin hyvä tuote, että se korvaisi puiset apukarmit kivitalorakentamisessa.

## 2 IKKUNOIDEN JA OVIENT KIINNITYS KIVIRAKENTEISEEN ULKOSEINÄÄN

Ikkunoiden ja ovien kiinnitystä suunniteltaessa tulee ottaa huomioon tuulikuormankestävyydestä annetut määräykset ja ohjeet. Suomessa kiinnityksen suunnittelu tulee tehdä standardien SFS-EN 12210 Ikkunat ja ovet, tuulenpaineen kestävyys, luokittelu ja SFS-EN 12211 ikkunat ja ovet, tuulenpaineen kestävyys, testimenetelmät, mukaisesti (RT 103241, 2020, s.7). Lisäksi tulee ottaa huomioon yli- ja alipaineen aiheuttamat rasitukset kiinnityksille. Ikkunoiden ja ovien kiinnitys vaatii aina mekaanisen kiinnityksen, jotta riittävä kuormituksenkesto voidaan varmistaa.

Rakennusteollisuuden ohjekortissa RT 41-10947 on ikkunoiden kiinnittämisestä ohjeistettu seuraavaa:

Ikkunan kiinnitystarvikkeilla siirretään ikkunaan kohdistuvat kuormitukset, kuten tuulenpaine ja puitteiden avaamisesta aiheutuvat kuormitukset, rakennuksen runkoon. Poikkeuksellisen tuulisilla paikoilla kiinnityspisteiden määrä ja koko määrätään erikseen lujusteeknisillä laskelmilla. Ikkuna kiinnitetään niin tukevasti, että kuormitukset eivät aiheuta ikkunarakenteisiin haitallisia muodonmuutoksia. Kiinnittäminen tehdään ruuveilla, karmiruuveilla tai muilla vastaavilla tarvikkeilla, sen sijaan eristeeksi tarkoitettu paisuva solumuovivahto ei ole kiinnitystarvike. Kiinnitystarvikkeen materiaalin valintaan vaikuttavat ikkunan mekaaniset ja kemialliset rasitukset. (RT 103241, 2020, s.31)

Ikkunoiden ja ovien karmin ja seinän väliseen asennusrakoon asennettavien uretaanivaahtojen kiinnitysominaisuuksia ei oteta huomioon lujusteeknisessä tarkastelussa, vaan ainoastaan mekaaniset kiinnitykset huomioidaan kestävyyttä arvioidessa. (RT 103241, 2020, s.31)

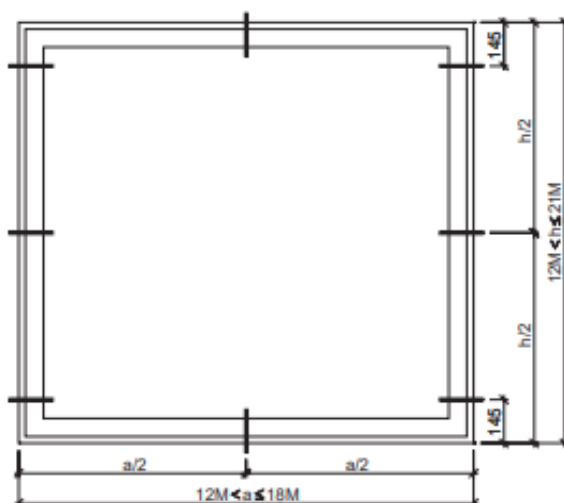
Tuulenpaineen aiheuttaman kuormituksen suuruuteen vaikuttaa ikkuna-aukon koko, rakennuksen sijainti, rakennuksen korkeusasema ympäröivään maastoon ja rakennuksen korkeus.

Tuulenpaineen vaikutuksen erityisvaatimukset ikkunoiden kiinnityksessä tulee rakennesuunnittelijan ottaa huomioon jo suunnitteluvaiheessa. Helpoin tapa lisätä kuormituksen kestoa on lisätä mekaanisten kiinnitysten määrää.

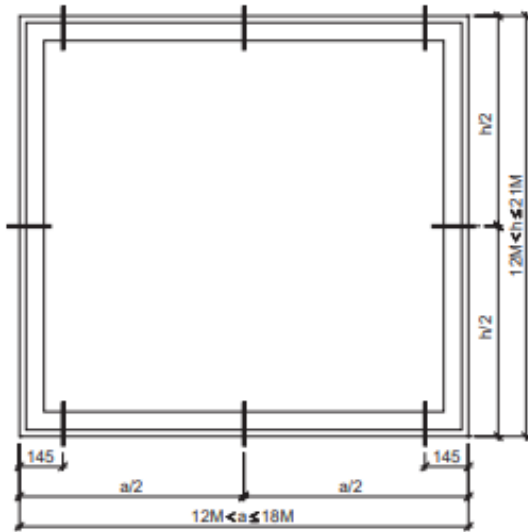
Ikkunapuitteiden avaamisesta ikkunoiden kiinnitykselle aiheutuvien kuormien määrä riippuu puitteen muodosta ja saranoinnin suunnasta. Leveissä, sivusta saranoiduissa, ikkunoissa kuormitus kasvaa ikkunaa avattaessa niin suureksi, että ikkunoissa käytettävä saranointi pettää ennen ikkunakarmin mekaanista kiinnitystä. Tätä kuormitusta pystytään pienentämään käyttämällä isoissa ikkunoissa tähän käyttöön suunniteltua tukea avatun puitteen alla. Tuuletukseen tarkoitetut ikkunat ovat sen verran kapeita, että niiden avaamisesta aiheutuvat rasitukset ikkunan kiinnitykselle ovat pieniä.

Valtaosa Suomessa tällä hetkellä käytettävistä ikkunoista on puu-alumiini-ikkunoita, joissa karmi ja sisäpuitteen materiaali ovat puuta, ulkolasin puitteen materiaali on alumiinia ja puukarmin ulkosivuun on kiinnitetty alumiiniprofiili. Näiden ikkunoiden mekaanisten kiinnikkeiden määrään löytyvät ohjeet RT 103241-kortista. Ohje on voimassa enintään 1800 mm leveisiin ja 2100 mm korkeisiin ikkunoihin. Tätä suurempien ikkunoiden asennukseen tulee ohjeet saada kohteen rakennesuunnittelijalta. Monella kotimaisella ikkunavalmistajalla on kiinnityskohtien reiät valmiiksi porattuna karmeihin kiinnityksestä annettujen ohjeiden mukaisesti. Kuvassa 1 on esimerkki ohjeistuksesta sivusaranoidun tai kiinteän ikkunan mekaanisten kiinnitysten sijainnista sekä lukumäärästä. Kuvassa 2 on esimerkki samankokoiselle ikkunalle kuin kuvassa 1, mutta ylä- tai alasaranoinnilla. Saranoinnin suunnalla ei ole merkitystä kiinnitysten lukumäärään, mutta sijoitteluun sitäkin enemmän.

Kuva 1, sivusaranoidun ikkunan kiinnitys, RT 103241, 2020, s.32



Kuva 2., ylä- tai alasaranoitun ikkunan kiinnitys, RT 103241,2020, s.33



Ovikarmin kiinnityksen kestävydestä seinärakenteeseen vaaditaan standardeissa ainoastaan tuulikuorman huomioon ottamista. Käytännössä ovien kiinnitykselle suurimman rasituksen aiheuttaa ovilehden avaaminen, jolloin karmin saranointipuolelle kohdistuu vääntöä sivuttaissuunnassa. Alasaranaan kohdistuu puristusta ja yläsaranaan vetoa. Näiden voimien karmiin aiheuttaman väännön minimoimiseksi tarvitaan karmin mekaaniselta kiinnitykseltä hyvää kiertojäykkyyttä. Nykyisten energiatehokkuusvaatimusten täyttämiseen vaaditaan puukarmilta vähintään 170 mm karmisyvyttä. (RT 103241, 2020, s.8) Tällainen leveä karmi on käytännössä kiinnitettävä mekaanisella kiinnityksellä molemmista reunoista, jotta ovilehden avaamisesta johtuva kuorma ei vääntäisi karmia paikoiltaan. Puista apukarmia käytettäessä ei ole mahdollista käyttää riittävän leveää puuta, jotta 170 mm syvä karmi voitaisiin kiinnittää luotettavasti molemmista laidoista. Varsinkin rakenteissa, joissa apukarmille työstetään varaus eristeeseen jälkikäteen ja apukarmi liimataan uretaanivaahdolla, ei voida apukarmia asentaa kiinni ulkopuolen kivrakenteeseen, koska kivrakenteen ja apukarmin väliin tulee jättää vähintään 15 mm tila uretaanivaahdolle. Koska Suomessa käytetään ulospäin aukeavia ulko-ovia, käytännössä saranan kohta asetoituu sivuttaissuunnassa lähes aina seinän ulkopuolen kivrakenteen sisäpintaan. Puista apukarmia käytettäessä saranat jäävät mekaaniselta kiinnitykseltä lähes tyhjän päälle. Tämä aiheuttaa pitkäaikaisessa käytössä oven käynnin heikkenemistä, jolloin ovilehti hankaa karmiin ja tiivistepinnoille tulee ilmavuotoa.



Toinen ulko-ovien kiinnitykseen vaikuttava rasitus on oven kiinni ollessa saranoiden kautta karmin välittyvä ovilehden paino. Ovilehden paino aiheuttaa alasaranaan puristusta ja yläsaranaan vetoa. Puista apukarmia käytettäessä on mekaanisen kiinnityksen tekeminen saranan kohdalle hankalaa, koska sivuttaissuunnassa saranan takana ei ole puuta. Käytössä puutteellinen karmin mekaaninen kiinnitys johtaa karmin vääntymisen pois ristimitasta, jolloin ovilehti alkaa hangata karmin lukkopuolen alalaidasta.

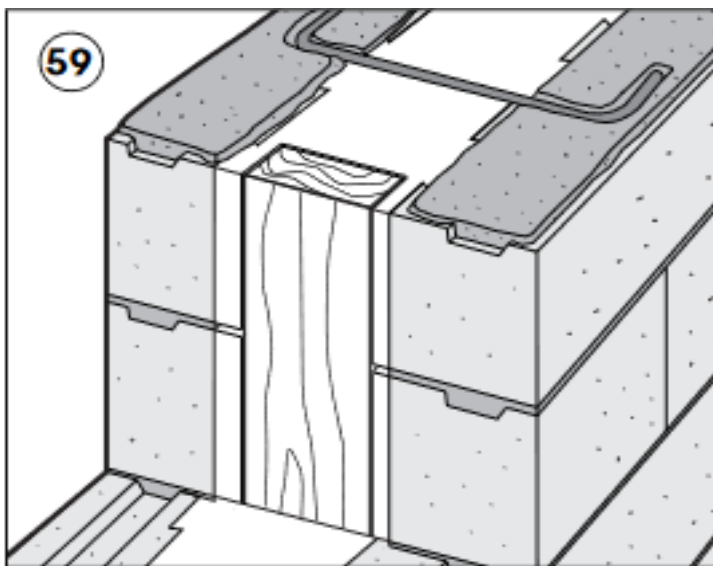
Betonielementeissä on kautta aikojen käytetty puisia apukarmeja, joihin ikkunat ja ovet on kiinnitetty kiilojen sekä teräsruuviavulla. Puiset apukarmit kiinnitetään elementtiin joko sisäpinnan betonivaluun jäävillä apukarmin etukäteen kiinnitetyillä tartunnoilla tai betonin kuivuttua käytetään teräksisiä kulmarautoja, jotka pultataan apukarmin ja betoniin. Elementtiteollisuudessa apukarmien materiaalina käytetään painekyllästettyä puutavaraa. Apukarmien valmistus ja asennus aiheuttavat merkittäviä kustannuksia elementtien valmistuksessa.

Muurattavien tai ladottavien eristeharkkojen yleistyttyä runkomateriaalina, varsinkin pientaloissa, on näiden harkkojen valmistajat lisänneet asennusohjeistukseen ohjeita myös ikkunoiden ja ovien asennukseen. Yleisimpänä ohjeistuksena on loveta eristeeseen varaus puiselle apukarmille. Varauksen tulee olla joka suuntaan noin 15 mm suurempi mitoiltaan kuin apukarmin materiaalin. Yleisin käytetty apukarmipuun mitoiltaan 48 mm \* 98 mm painekyllästetty puu. Tällöin varauksen koko on minimissään leveydeltään 130 mm ja syvyydeltään 63 mm. Helpoin tapa tehdä varaus on käyttää vastuslangalla toimivaa leikkuria. Useimmin kuitenkin työmaalla varauksen tekoon käytetään rasiapora ja erilaisia sahoja. Vaikka havainnekuvissa apukarmin varaus on siisti ja tasamittainen, niin käytännössä varaukset ovat reunoiltaan ja syvyydeltään varsin epämääräisiä. Apukarmi kiinnitetään paikoilleen uretaanivaahdolla. Varauksen pohjaan ruiskutetaan uretaanivaahtoa ja apukarmipuun painetaan vaahtoon siten, että puun ulkopinta jää samaan tasoon aukon reunan kanssa. Kun käytännössä varauksen pohja ei ole tasainen, niin on mahdotonta varmistaa puun liimautuminen koko matkalta. Vajavainen tartunta heikentää puun paikallaan pysymistä sitä rasittaessa. Seuraavaksi vaahdotetaan apukarmipuun sivujen varaukset täyteen uretaanivaahdolla. Nyt apukarmi on valmiina ikkuna-asennusta varten yhteen aukkoon ja työtunteja on mennyt muutama. Uretaanivaahdon kuivumisesta tarvitsee vielä tämän jälkeen odottaa muutama tunti ennen kuin apukarmi kestää rasitusta.

Puu materiaalina on huono kivipintojen väliin, koska se on altis keräämään kosteutta rakenteeseen. Vaikka apukarmissa käytetään painekyllästettyä puuta, eikä se näin ollen lahoa, niin siihen keräytyvä kosteus siirtyy pitkällä aikavälillä ikkunankarmiin, jolloin se alkaa lahoamaan. Talvirakentamisessa tämä vielä korostuu, koska monesti apukarmit ovat jäässä ja lumen peitossa. Jään ja lumen sulaessa kosteutta tulee lisää jo ennestään kosteaan apukarmipuuhan.

Vaikka havainnekuviissa ja suunnitteluohjeissa puisen apukarmin asennus näyttää toimivalta, niin käytännössä puuta ei saada koskaan tiivistettyä osaksi rakennetta siten, ettei se aiheuttaisi ilma- ja lämpövuotoja. Tämä ongelma korostuu tehtäessä matalaenergia- tai passiivienergiarakennuksia, koska näissä pienetkin vuodot vaikuttavat oleellisesti ilmatiiviysmittausten lopputulokseen. Kuvassa 3 näkyy muurattavien ja ladottavien eristeharkkojen valmistajien yleisin työohje ikkunaukon apukarmin tekemiseen. Siitä näkyy hyvin, miten ongelmallista on saada luotettava kiinnitys saranalinjan osuessa harkon kiviaineksen ja eristeen rajapintaan.

Kuva 3., apukarmin asennus, Leca-harkot asennusohje (Maxit, 2014, s.14)

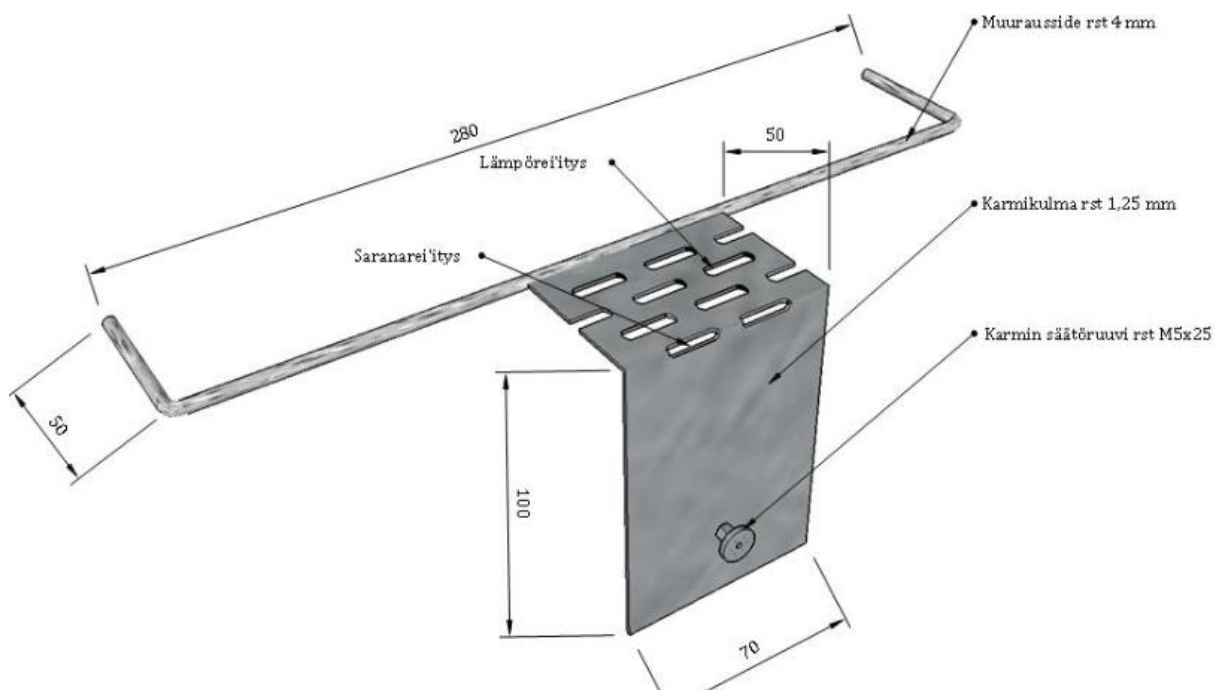


**59** Kiinnitä ikkunat ja ovet esimerkiksi eristeharkkoihin asentamiisi apukarmeihin. Ennen apukarmin asennusta tulee eristeharkkojen eriste poistaa tarvittavalta alueelta. Kiinnitä apukarmi eristetiilaan polyuretaanivaahdolla.

Muutamit eristeharkkovalmistajat ja ikkunatehtaat ovat kehittäneet erilaisia kiinnitysratkaisuja, joilla vältettäisiin puisten apukarmin rakenteelle aiheuttamat ongelmat ja joiden avulla ikkunoiden ja ovien asentaminen olisi joutuisaa. Näissä kiinnitysratkaisuissa on materiaalina käytetty sekä ruostumattomasta teräksestä tehtyjä että muovista valmistettuja tuotteita. Tämä tuotekehitys kertoo sen, että puisten apukarmien käyttö kivirakenteen sisällä on todettu ongelmalliseksi jo ennen tämän opinnäytetyön kirjoittamista. Näissä kaikissa puisen apukarmin korvaajaksi kehitetyissä tuotteissa on hyviä ominaisuuksia, mutta niiden käyttö ei ole yleistynyt puisen apukarmin korvaajana.

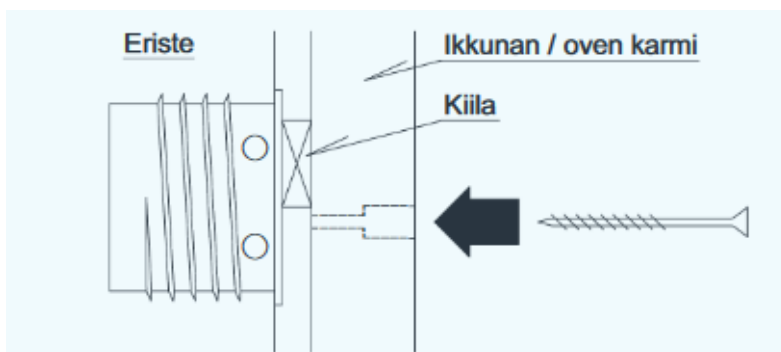
Lakkakivitalot on kehittänyt rst-teräksestä valmistetun ”karmikulman”, johon ikkunat ja ovet kiinnitetään itseporautuvilla ruuveilla (Lakka Oy, 2014, s.1). Kiinnike asennetaan harkkojen ladonnan yhteydessä. Normaalisti rakennuksen runkoa tehtäessä ikkunoita ei ole työmaalla, vaan niiden toimitus työmaalle tapahtuu vasta rungon valmistuttua. Kun ikkunoita ei ole työmaalla, niiden karmeissa valmiina olevia kiinnityskohtia on mahdoton tietää, joten karmikulmat harvoin tulevat oikeaan kohtaan onnistuneen ikkuna-asennuksen tekemiseksi. Tässäkin kiinnitystekniikassa tarvitaan ennakkovalmistelua ja kiiloja karmien asennuksessa. Kuvasta 4. käy ilmi Karmikulman mitat ja muodot.

Kuva 4. Lakka Oy, käyttö- ja suunnitteluohjeet, karmikulma, (Lakka Oy, 2014, s.1)



Lammin ikkunat Oy on patentoinut tähän mennessä edistyksellisimmän tuotteen karmin kiinnitykseen. Tuote on muovista valmistettu toisesta päästä suljettu lieriö, jossa on lieriön ulkopuolella kierteet. Karmiankkuri kierretään eristeeseen erikoistyökalulla niin syväälle, että lieriön suljettu pää on eristeen ulkopinnan kanssa samalla tasalla. Karmiankkurin ulkopinnassa oleva kierteitys on niin pieni, ettei sillä saada minkäänlaista ominaisuutta vastaan ottaa puristus- tai vetovoimia. Tämänkin tuotteen käyttö edellyttää ikkunoita asentaessa kiilojen käyttöä karmin asemoimiseksi ikkuna-aukkoon. Ikkunan asennusvälin uretaanivaahdottamisen jälkeen tulee odottaa vaahdon kuivuminen ja poistaa kiilat sekä vaahdottaa sen jälkeen kiilojen kohdat. Tälläkään tuotteella ei asennus onnistu yhdellä kertaa valmiiksi. Kuvassa 5. on esitetty Karmiankkurin asemointi eristeeseen.

Kuva 5. Karmiankkuri, Lammin Ikkuna Oy, tuote-esite, s.3



Lisäksi vuosien mittaan on puisen apukarmin korvaajana kokeiltu erilaisia eristeeseen upotettavia ja liimattavia muovikappaleita. Tämäkin menetelmä vaatii ennakkovalmisteluja ennen ikkuna-asennusta. Myös tässä menetelmässä jää helposti ilma- ja lämpövuotoja rakenteeseen, kun ehjään eristeeseen kaivetaan varaukset ja kappale kiinnitetään uretaanivaahdolla.

Ikkunavalmistajien asennusryhmillä on vuosien mittaan ollut erilaisia muoviruuveja käytössä. Niissä kaikissa on ollut ominaisuuksia, jotka eivät edesauta hyvän asennustyön tekemisessä. Tällaisia ominaisuuksia ovat esimerkiksi epätasainen kierteennousu, heikko kestävyys ruuvatessa ja kiilausmahdollisuuden puuttuminen. Nämä kaikki muoviruuvit on alun perin tarkoitettu muuhun käyttöön kuin ikkunoiden asennukseen, joten niiden käyttö ei ole yleistynyt huonoista ominaisuuksista johtuen.

Kaikissa edellä luetelluissa ikkunakarmien kiinnitysalustoista puuttuu varmuus siitä, että ne pystyvät vastaanottamaan niihin aiheutuvat kuormitukset. Puisen apukarmin kiinnityksessä on käytännön kautta tullut kokemus sen kestävydestä, mutta sen paikallaan pysymistä tai maksimikuormankestävyyttä ei pystytä varmistamaan. Esimerkiksi huonolla uretaanivaahdotuksen tartunnalla on apukarmi käytännössä irtonainen osa kivirakenteen sisällä.

Keskusteluissa isojen suomalaisten ikkunavalmistajien asennusjohtajien kanssa on tullut selväksi, että puisen apukarmin suosio on vankka. Ikkunavalmistajia ei juurikaan kiinnosta puisen apukarmin rakenteille aiheuttamat ongelmat, vaan tärkeää on saada oma tuote asennettua riittävän tukevasti reklamaatioiden välttämiseksi. Ikkunavalmistajien asennusehdot edellyttävät, että apukarmit tai muut kiinnikkeet on asennettu seinärakenteeseen ennen ikkuna-asennuksen aloittamista. Kun ikkunoita ei ole työmaalla karmien kiinnityksiä aukkojen ympärille tehtäessä, on varmempaa tehdä kiinnityskohta aukon ympäri puinen apukarmi. Tämä on hyvin ymmärrettävää, kun markkinoilla ei puisen apukarmin korvaavaa tuotetta. Tämä on johtanut siihen, että käyttöön on valikoitunut huonoista ratkaisuista paras. (henkilökohtainen tiedoksianto, keskustelut, asennusjohtajat, asennuspäälliköt, kevät 2021)

Suomessa yleisimmin käytetty ikkunakarmi malli on puualumiinikarmi. Karmi on puusta valmistettu ja sen ulkopuolelle jäävään pintaan on kiinnitetty alumiiniprofiili, jolloin ulkoilman säärasitukselle ei jää näkyviin puuosia. Tämä karmimalli on sen verran jäykkä, että sen kiinnityskohdiksi riittää RT-kortissa 103241(2020, s.32) vaaditut kiinnikemäärät onnistuneen uretaanivaahdottamisen toteuttamiseksi. Nykyarkkitehtuurin myötä on alumiinikarmin käyttö ikkunoissa yleistynyt Suomessa viime vuosikymmenillä, koska sillä saadaan toteutettua paljon suurempia yhtenäisiä ikkunapintoja verrattuna puukarmin käyttöön. Tällaiset ikkunat toimitetaan työmaalle karmi ja lämpölaselementti toisistaan irrallaan. Alumiinikarmia asentaessa joudutaan karmi kiilaamaan ja kiinnittämään noin 500 mm välein, jotta karmi pysyy suorassa lämpölaselementin asennuksen ajan. Alumiinikarmijärjestelmissä on karmisyvyys maksimissaan 100 mm, jolloin puista apukarmia käytettäessä sen huonot ominaisuudet korostuvat. Lämpö- ja ilmavuodot ovat ilmeisempiä ja painekyllästetystä puusta valmistettu apukarmi jää lähes poikkeuksetta sisätilaan, jolloin sisätiloihin päästöttömiin M1-materiaaleihin vaaditut kriteerit eivät täyty.

Markkinoilta puuttuu tuote, jolla ikkunat ja ovet voidaan asentaa alusta loppuun ilman ennakkovalmistelua tai kiilaamista suoraan kovaan lämpöeristeeseen. On myös tärkeää, että asennustarvikkeiden ominaisuudet voidaan mitata laboratoriossa, jolloin voidaan varmistua kiinnityksen standardinmukaisuudesta. Lisäksi tuotteen käyttöohjeiden tulisi olla niin yksiselitteiset, ettei asennuksen yhteydessä jää tulkinnanvaraakaan sen onnistumisesta.

### 3 RATKAISU JA TUOTE

Tarkoituksena on kehittää tuote, jolla voidaan kiinnittää ikkunat ja ovet ilman apukarmia sellaisiin seinärakenteisiin, joissa on kova lämmöneriste. Kovaa lämpöeristeitä ovat muurattavien tai ladottavien harkkojen eristeenä käytettävät polystyreeni- ja polyuretaanieristeet sekä elementtiteollisuudessa käytettävät kovat mineraalivillieristeet. Erilaisten eristeiden käyttö kivirakenteisissa toi kiinnitysratkaisun miettimiseen haastetta. Kaikissa eristelaaduissa on toisistaan poikkeavat puristuslujuus- ja sitkeysominaisuudet. Nämä ominaisuudet vaikeuttavat sellaisen kiinnitysratkaisun löytämistä, jossa toteutuisivat yhdellä kiinnikkeellä kaikki halutut ominaisuudet. Tässä vaiheessa keskityttiin tuotteen toimivuuden miettimiseen polystyreeni- ja polyuretaanieristeissä. Näissäkin eristeissä pelkästään niissä tapauksissa, kun eriste on kiinnitettynä muurattavassa tai ladottavassa eristeharkossa. Tällöin eristeen paikallaan pysyminen on tasalaatuista ja kiinnitystuotteen ominaisuuksien testaaminen on toistettavissa. Jos kiinnitystuotetta käytetään tulevaisuudessa kivisessä kuorirakenteessa, jossa lämpöeriste on kiinnitetty runkoon, on eristeen kiinnitykselle laadittava kriteerit ikkuna-asennuksen onnistumisen takaamiseksi. Kiinnitysratkaisun toimivuudesta kovan mineraalivillan kanssa palataan siinä vaiheessa, kun testitulokset polyeteeni- ja polyuretaanieristeisiin ovat valmistuneet.

Kivirakenteiseen ulkoseinään ikkunoita mitoitettaessa jätetään joka sivulle asennus- ja eristysvaraa 15 mm. Kuitenkin käytännössä on asennusvara kaikkea 0–50 mm väliltä. Tähän on monia syitä, kuten harkkojen ladonnan epätarkkuus, aukkojen merkinnän epätarkkuus tai ylitysten painuminen työn aikana. Tämä käytännön suuri vaihteluväli asennusvarassa tekee kiinnitystuotteen ominaisuuksiin sen, että tuotteen tulee olla riittävän pitkä jotta se toimisi jopa 50 mm asennusvarassa, mutta toisaalta sen kannan on oltava riittävän ohut toimiakseen ahtaassa asennusvälissä. Samoin seinän syvyysnassa on karmin kiinnityskohtien sijainti kaikkea

ulkoseinän eristeen ulkopinnasta eristeen sisäpintaan, riippuen karmisyvyydestä ja ikkunapielen leveydestä.

Koska harkkoja ja ikkunakarmeja on montaa eri leveyttä, on kiinnitystuote pystyttävä asentamaan mihin kohti eristettä tahansa. Tämän vuoksi ei kiinnitystuotteen tukeutuminen kivrakenteeseen yhdellä mitoituksella ole mahdollista, joten kiinnitys on suunniteltava tukeutuvaksi ainoastaan eristeeseen. Nyt, kun eriste on tiiviisti kahden kivipinnan välissä, ei eristeen leikkaantuvuudella ole eroa kiinnikkeen syvyysuuntaisella asemoinnilla.

Parhaaksi materiaaliksi kiinnitystuotteen valmistukseen valikoitui muovi. Muovin käyttöä raaka-aineena puoltavat helppo työstettävyys, hinta ja kestävyys. Lisäksi muovilla on melko alhainen lämmönjohtavuus, jolloin siitä valmistettu kiinnike ei muodosta kylmäsiltaa rakenteeseen. (henkilökohtainen tiedonanto, keskustelut, Okartek Oy Jari Mäenranta, 20.7.2021 ja 10.8.2021)

Muovilaatuja on satoja erilaisia. Rakennusalalla käyttävien muovista valmistettujen kiinnitys- ja asennustuotteiden muovilaadut ovat yleisimmin polypropeeni ja polyeteeni. Tähän tuotteeseen valikoitui muovilaaduksi polypropeeni. Polypropeeni soveltuu parhaiten käytettäväksi tuotteissa, joissa ei ole korkeita ulkonäkövaatimuksia lopullisen tuotteen pinnan kiillon tai värin tasaisuuden suhteen. Polypropeenista valmistetut tuotteet jäävät helposti pinnaltaan matakseksi ja tasaisen värin saaminen on hankalaa. Tässä tapauksessa, kun kiinnike jää kokonaan piiloon rakenteen sisään eikä sillä ole ulkonäkövaatimuksia, pystytään muovina käyttämään 100 % kierrätysmuovia.

Polypropeenista valmistetaan muoviteollisuuden muotteja ja mallisarjan valmistuksen loppuessa pystytään muotin materiaali hyödyntämään uudelleen jyrsimällä kappaleet muovirouheeksi. Näin saadaan teollisuuden materiaalin sivuvirta täysin hyödynnettyä ja säästettyä painekyllästetyn puun käyttöä. Nämäkin ovat tärkeitä ominaisuuksia arvioitaessa tuotteen ekologisia arvoja. (henkilökohtainen tiedonanto, keskustelut, 20.7.2021 ja 10.8.2021)

Suunniteltuun käyttötarkoitukseen soveltuu parhaiten tuotteen muodoksi ruuvi. Ruuvista tehdään riittävän pitkä, jotta se täyttää sille asetetut vääntö-, veto- ja puristuskestävyyden vaatimukset. Ruuvien kierteen nousu on suunniteltu riittävän harvaksi, jotta eriste jää ehjäksi ruuvia ruuwaitessa. Ruuvien rungon paksuudella vaikutetaan ruuvien väännön kestävyteen. Kierteen harjan korkeudella pystytään vaikuttamaan ruuvien veto- ja puristuskestävyyteen. Tuotteen puristuskestävyys,

eristeeseen ruuvattuna, on oleellinen ominaisuus varsinkin painavia ikkunoita asentaessa, jolloin karmin alapintaan tulee saada riittävä kanto.

Ruuvien kannan tulee olla riittävän iso, jolloin asentaessa pienet epätarkkuudet kiilakarmiruuvien asemoinnissa eivät vaikuta asennuksen lopputulokseen. Tässä tuotteessa päädyttiin 50 mm halkaisijaltaan olevaan pyöreään kantaan, jossa on kuusikulmainen työstö läpimitaltaan 42 mm. Kannan kokonaispaksuus on 10 mm, josta kuusikulmisen työstön osuus on 6 mm. Tämä mahdollistaa 42 mm asennushylsyn hyvän toimivuuden ruuvattaessa ja mahdollistaa painattamisen kiertämisen yhteydessä. Kuvassa 5. on viimeisin kehitysversio tuotteesta.

Kuva 5. Kiilakarmiruuvi prototyyppi



Ruuvien käyttö:

- tuote ruuvataan eristeeseen 42 mm hylsyavaimella, niihin kohtiin, joihin karmin kiinnitys on suunniteltu sekä alapuolelle vähintään kaksi kiilakarmiruuvia
- alapuolen ruuvit säädetään haluttuun korkoon 42 mm kiintoavaimella



- karmi nostetaan aukkoon ja sivujen sekä yläpuolen ruuvit säädetään 42 mm kiintoavaimella siten, että karmi on suorassa pysty- ja sivusuunnassa
- karmi kiinnitetään teräsruuvilla kiilakarmiruuvien kantaan
- karmi vaahdotetaan ympäri eristevaahdolla.

Tällä tuotteella ikkunoiden ja ovien asennus onnistuu yhdellä kertaa. Kun ikkunat ja ovet ovat työmaalla ja asennuskohteessa, niistä saadaan mitattua karmeista kiinnikkeiden asennuskohdat ja merkattua ne asennusaukkoihin. Samalla saadaan huomioitua riittävä määrä kiilakarmiruuveja esimerkiksi saranoiden kohdalle, jotta vältytään karmin vääntymiseltä ikkunapuitetta tai ovilehteä avattaessa. Kun laboratoriotesteistä saadaan arvot kiilakarmiruuvien puristuslujuudesta eristeeseen ruuvattuna, niin niitä voidaan mitoittaa riittävä määrä asennettavan tuotteen painosta riippuen.

Kiilakarmiruuvit ruuvataan eristeeseen pellistä prässäämällä valmistetulla hylsyavaimella, joka on kiinnitetty akkuruuvinvääntimeen. Kiilakarmiruuvi ruuvataan aukon alapintaan haluttuun korkoon ja muilla sivuilla kanttaa myöden. Näin toimien on karmi helppo nostaa aukkoon ja se saadaan kerralla haluttuun korkoon pystysuunnassa. Kun karmi on nostettu aukkoon kiilakarmiruuvien päälle, ruuvataan metallista valmistetulla kiintoavaimella ruuveja ulospäin karmin sivu- ja ylälaidoissa karmin pintaa vasten. Tämän jälkeen tarkastetaan karmin asennuksen sivu- ja pystysuoruus sekä tarvittaessa säädetään ruuveja halutun lopputuloksen saavuttamiseksi. Kun karmi on suorassa, ruuvataan teräsruuvit karmin kiinnityskohdista kiilakarmiruuvien kantaan. Ruuvaaminen on erittäin helppoa, kun kiinnitysalusta on karmissa tukevasti kiinni kaikilta karmin sivuilta. Nyt karmin mekaaninen kiinnitys on valmis. Karmin asennusvälin vaahdottaminen pystytään tekemään saumattomasti kerralla valmiiksi, koska kiiloja ei tarvitse erikseen poistaa.

Kiilakarmiruuveja käytettäessä säästetään työtä sekä materiaaleja ja asennuksen lopputuloksesta tulee teknisesti parempi. Kun puisten apukarmien käytöstä pystytään luopumaan, niin yksi kokonainen työvaihe jää pois. Samalla poistuvat puisten apukarmin rakenteen tekniselle toimivuudelle aiheuttamat haitat.

Kiilakarmiruuvien käytöstä laaditaan selkeät käyttöohjeet ja tehdään asennusvideo, tarvittaessa useammalla kielellä. Käyttöohjeet pyritään laatimaan siten, että tuotteen oikealle käytölle ei jää

tulkinnanvaraa. Asennustyökalujen oikeaan käyttöön pystytään antamaan tarkat ohjeet myös asennusvideolla.

Laboratoriotestien jälkeen pystytään laatimaan tuotteen mitattavissa olevista ominaisuuksista listaus rakennesuunnittelijoiden käyttöön kiinnitysratkaisujen toimivuuden todentamisen helpottamiseksi. Näistä tuloksista pystytään helposti laskemaan tarvittavien kiinnikkeiden määrä tapauskohtaisesti. Kiinnikkeiden määrää laskiessa huomioidaan seinän eristemateriaalin laatu, ikkunan tai oven omapaino, ikkunan tai oven avaamisesta kiinnitykselle aiheutuva kuorma ja asennuspaikan tuuliolosuhteet.

Kiilakarmiruuvin asentamiseen suunnitellaan tarkoituksenmukaiset asennustyökalut. Työkaluja tarvitaan kaksi, hylsyavain ruuvien kiinnittämiseen ja kiintoavain kiilauksen säätöön. Metallista valmistetuista työkaluista pyritään tekemään mahdollisimman sirot, jotta materiaalia valmistukseen kuluisi mahdollisimman vähän. Työkalut tulevat osaksi tuoteperhettä ja myytäväksi kiilakarmiruuvin yhteydessä.

Kiilakarmi ruuvien käyttöä ikkunoiden ja oven asennukseen palo-osastoviin ulkoseiniin ei tässä vaiheessa testattu. Palo-osastoinnin tarve rakennuksen ulkoseinään voi johtua esimerkiksi autokatoksen sijoittuessa lähelle asuinrakennuksen ulkoseinää tai viereisten rakennusten lyhyestä etäisyydestä toisistaan. Käytännössä kiilakarmiruuvi jää osastointia tehdessä paloa hidastavan polyuretaanivaahdon sisään, mutta lopullinen kestävyys tässä käytössä selviää myöhemmin tehtävissä polttokokeissa.

## 4 KEHITYSTYÖ

Kehitystyön vaiheet käydään tässä läpi melko suurpiirteisesti, koska vielä on auki, miltä osin ja mihin ominaisuuksiin haetaan mallisuoja tai patenttia.

Aluksi selvitettiin, jos mahdollisesti jostain päin maailmaa löytyisikö tuote valmiina tähän tarkoitukseen. Ilmeni, että tuotteita on, mutta jokaisesta puuttuu jokin halutuista ominaisuuksista. Nämä seikat pakottivat aloittamaan ominaisuuksiltaan kokonaan uuden tuotteen kehittämisen. Kun selvisi, ettei sellaista valmista tuotetta löydy, määritettiin ominaisuudet, jotka tuotteelta

vaaditaan onnistuneeseen ja helppoon työskentelyyn ikkunoita sekä ovia asentaessa. Näitä ominaisuuksia ovat:

- ikkuna- ja oviasennusten onnistuminen ilman ennakkovalmisteluja
- asennuksen onnistuminen ilman lämpö- ja ilmavuotoja
- riittävä kuormituksenkesto, varsinkin oviasennuksissa.

Kiilakarmiruuvin muotojen ja mittojen hakeminen aloitettiin mallintamalla tuote 3D Graphic -ohjelmalla. Ruuvista tehtiin useita malleja, joiden pituus, kierteen korkeus ja tiheys vaihtelivat. Kaikista malleista tulostettiin mallikappaleet 3D-tulostimella. 3D-tulostuksessa päänvaivaa aiheutti asetusten hakeminen siihen, että ruuvin rungosta saadaan tulostettua umpinainen, sillä 3D-tulostin tekee normaali asetuksilla kappaleeseen vain ohuen pinnan. Umpinaisenrungon saaminen mallikappaleisiin oli oleellista arvioidessa ruuvin kestävyyttä alkuvaiheen testauksessa. Umpinaisellarungolla ruuvi kesti hyvin ruuvaamisen polyuretaani eristeeseen.

Laboratoriokokeissa Espoossa keväällä 2021 mallikappaleita ruuvaamalla ja rasittamalla saatiin tuotteen kiertelle haettua optimaalinen halkaisija sekä nousu. Jo tässä vaiheessa huomattiin lämpöeristeen murtolujuuden olevan heikompi kuin ruuvin. Näiden mallikappaleiden avulla saatiin selvitettyä, että tuotetta on mahdollista valmistaa ruiskupuristamalla ja kaupallisesti järkevin kustannuksin.

Mallintamisessa käytetty 3D Graphic-ohjelma tekee kappaleista tiedostoja, joita 3D-tulostimet ymmärtävät, mutta jatkoa varten täytyi tiedostoja muokata sellaiseen muotoon, että työstökoneetkin ne ymmärtävät. Parhaaksi havaitusta mallista teetettiin tiedosto, jota pystytään hyödyntämään mallikappaleiden teossa ja varsinaisen tuotteen valmistukseen tarvittavien työkalujen valmistamiseen.

Muovituotteiden ruiskupuristustyökalut ovat kalliita valmistaa, tällaisessa tuotteessa yli 30 000 €, joten valmiin tuotteen ominaisuudet on löydettävä mallikappaleita muuttamalla. Mallikappaleita testaamalla ja tarvittaessa muuttamalla saadaan varmuus valmiin tuotteen toimivuudesta. Tällöin ei varsinaisiin työkaluihin tarvitse enää tehdä muutoksia.

Suomestakin löytyy useampia yrityksiä, jotka tekevät muovista mallisarjoja 3D-mallinnoksen pohjalta. Mallikappaleet tehdään jyrsimällä, joten valmiin ruiskupuristetun tuotteen ominaisuuksiin ei näillä kaikilta osin päästä, mutta kuitenkin riittävän lähelle. Tähän projektiin valittiin turkulainen mallisarjoja valmistava yritys. Muutaman muutoksen jälkeen tuotteelle löydettiin sellainen malli, joka täyttää kaikki ominaisuudet, joita valmiilta tuotteelta vaaditaan. Lopulliset mallikappaleet valmistettiin polypropeenimuovista. Tämä muovilaatu on myös valmiin tuotteen valmistusmateriaali.

Tuotteen valmistusta suunniteltaessa havaittiin, että valmistusraaka-aineiden hinnalla ja saatavuudella tulee olemaan suuri merkitys tuotteen hinnoitteluun (henkilökohtainen tiedoksianto, keskustelu, 10.8.2021). Valmistuksessa, jossa koneet tekevät enimmäns osan työstä, jäävät työvoimakustannukset varsin pieniksi. Muovilaatua valittaessa piti miettiä tarkasti tuotteen toimivuuden kannalta tarvittavat ominaisuudet. Raaka-aineen hinnan tulee olla edullinen, jotta tuotteen valmistuksesta saadaan taloudellisesti järkevää. Tässä tapauksessa voidaan tuotteessa hyödyntää 100 % kierrätysmuovia hinnoitteluun (henkilökohtainen tiedoksianto, keskustelu, 10.8.2021). Tällaisessa tuotteessa, jossa pinnan kiillolla ja värillä ei ole merkitystä, kierrätysmuovi on erinomainen valinta raaka-aineeksi.

Varsinaiseen tuotantoon täytyy vielä saada optimoitua tuotteen tilavuus, jotta ruiskupuristuskoneen kelausaika olisi mahdollisimman hyvä. Kelausajalla tarkoitetaan aikaa, joka menee muovierän sulattamiseen seuraavan kappaleen valmistamiseksi. Samaan aikaan kun kone sulattaa uutta muovierää, jo puristettua kappaletta jäähdytetään. Jäähdytysajan optimointiin täytyy vielä tarkastella tuotteen eri osien paksuudet. Paras mahdollinen tilanne olisi, jos jäähdytysaika ja kelausaika olisivat samat sekä mahdollisimman lyhyet. Kun tällaiset koneet ovat käynnissä ympäri vuorokauden, niin sekunnin osien säästö yhden kappaleen valmistuksessa lisää vuosituotantoa tuhansia kappaleita. (henkilökohtainen tiedoksianto, keskustelu, 10.8.2021)

## **5 TESTAUKSEN SUUNNITTELU**

Tuotteen testausta käsitellään teoreettisella tasolla, koska vielä ei ole valmista tuotetta lähetetty laboratorioon testattavaksi. Näin ollen ei myöskään testituloksia ole vielä analysoitavaksi. Valmiin

tuotteen testaus tullaan tekemään muovituotteiden testaukseen erikoistuneessa Muovipoli Oy:n laboratoriossa Lahdessa.

Koska tuotteen käyttökohde on sellainen, että se jää käytössä kokonaan näkymättömiin, ei sen ulkonäköön liittyviä ominaisuuksia ole syytä tutkia.

Kiilakarmiruuvista testataan puristus- ja vetolujuus sekä leikkaantumiskestävyys. Ruuvit kierretään erilaisiin koviin lämpöeristeisiin siten, että kanta jää noin 30 mm irti eristeen pinnasta. Tällöin testeistä saadaan parhaiten ruuvien käyttöä vastaavat tulokset ja ruuvien ominaisuuksissa voidaan ilmoittaa arvot tuotteen käytöstä silloin, kun tuotteen kanta on ulkona eristeestä maksimissaan 30 mm. Puristuslujuutta testattaessa ruuvien kantaan kohdistetaan puristusta kohtisuoraan ruuvien runkoon nähden. Vetolujuutta testattaessa ruuvien kantaan kohdistetaan vetoa kohtisuoraan ruuvien runkoon nähden. Leikkauskestävyyttä testattaessa ruuvien kantaan kohdistetaan vetoa poikkisuoraan ruuvien runkoon nähden.

Testissä käytettäviä eristeitä ovat harkkovalmistajien tuotteissaan käyttämät eristeet ja betonielementtituotannossa käytettävä kova mineraalivillaeriste.

Testauksesta saaduilla arvoilla pystytään määrittämään yhden kiinnityskohdan kestävyys ja tätä kautta laskemaan ikkunoiden ja ovien mekaanisen kiinnikkeiden vähimmäismäärä. Jos tarvittavien kiinnikkeiden määrä per aukko on järkevä työteknisesti ja taloudellisesti, voidaan tuote todeta kelvolliseksi ajateltuun käyttötarkoitukseen.

## 6 YHTEENVETO JA ARVIOINTI

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella tuote, jolla ikkuna- ja oviaasennukset pystytään tekemään kustannustehokkaasti ja poistamaan puisen apukarmin käytöstä kivitalorakentamisessa johtuvat ongelmat. Kaksi vuotta kestäneen tuotesuunnittelun tuloksena saatiin valmiiksi tuote, joka soveltuu hyvin käyttötarkoitukseensa.

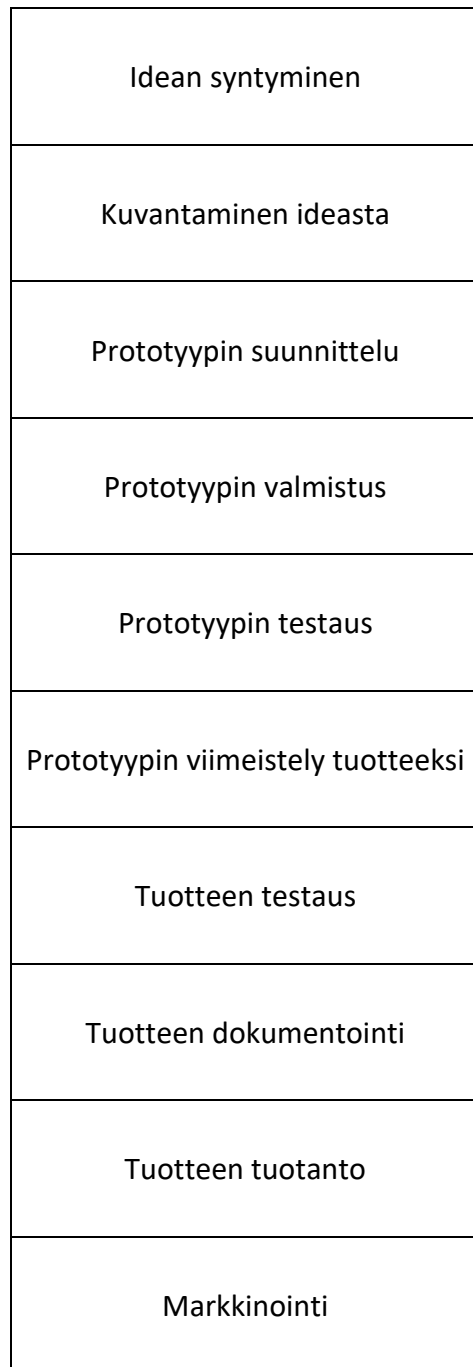
Kehitystyön aikana tuli eteen lukuisia ongelmia ja haasteita, jotka pystyttiin kaikki ratkaisemaan pääasiassa sinnikkäällä selvitystyöllä. Haasteita riitti, niin mallinusuohjelmien tiedostomuotojen yhteensovittamisissa, kuin ruiskuvalutuotannon realiteettien ymmärtämisessä.

Kiilakarmiruuvi on nyt lähes valmis tuotantoon. Laboratoriotestauksen jälkeen päästään tuotteesta tekemään testitulosten pohjalta taulukot, joista selviää veto-, puristus- ja leikkaantumislujuudet eri eristetyyppeihin ruuvattuna. Näiden taulukoiden tietojen pohjalta saadaan tuotteen käytölle laadittua suunnitteluohjeet. Kiilakarmiruuvin käyttäjille laaditaan kirjalliset käyttöohjeet. Käyttöohjeista pyritään tekemään työmenetelmiltään aukottomat, jotta virheelliset käyttötavat saataisiin minimoitua. Tuotteen käytöstä tehdään myös asennusvideo helpottamaan tuotteen käyttöä.

Tuotteelle ei voi saada CE-merkintää, koska EU:n direktiiveistä ei löydy säädöksiä tällaiselle tuotteelle. CE-merkinnän tarkoituksena on kertoa käyttäjälle, että tuote täyttää EU:n direktiivissä esittämät minimivaatimukset. Kiilakarmiruuvista laaditaan suoritustasoilmoitus ennen sen kaupallisen markkinoinnin aloittamista. Suoritustasoilmoituksessa ilmoitetaan tuotteen valmistusmateriaalit, tuotteen mitat ja tuotteelle tehdyt testit sekä niiden tulokset.

Patenttijuristin kanssa pitää vielä selvittää, olisiko kiilakarmiruuvin joitain ominaisuuksia mahdollista suojata patentilla. Patentin sijasta on mahdollista myös hakea mallisuoja, joka on kansallinen ja huomattavasti patenttihakemusta kevyempi prosessi hakea.

Kaavio tuotekehityksestä tässä tuotteessa:



Tuotekehityksen tämän hetken vaihe.

## 7 POHDINTA

Tämän opinnäytetyön tekeminen lähti liikkeelle käytännön ongelmasta. Olen kivitaloja rakentaessa miettinyt viimeiset 20 vuotta, miten ikkunat ja ovet saisi asennettua vaivattomammin paikoilleen kuin käyttämällä puisia apukarmeja. Aluksi tutkin jo markkinoilla olevista tuotteista, josko niistä löytyisi käyttökelpoinen ratkaisu ongelmaan. Kaikissa löytämissäni tuotteissa oli jokin ominaisuus, jonka vuoksi hyvään lopputulokseen asennuksessa ei päästä. Tämän todettuani jäi ainoaksi vaihtoehdoksi alkaa kehittämään tuotetta, jolla asennus onnistuu vaivattomasti. Puisten apukarmien käytöstä aiheutuvat ongelmat on rakennusalalla tiedostettu, koska niiden korvaajaksi on useampi tuote suunniteltu. Näistä ei kuitenkaan yksikään yleistynyt käyttöön isommassa mittakaavassa.

Uuden tuotteen suunnittelun pohjaksi etsin standardeista vaatimukset, jotka ikkuna- ja oviaasennukseen käytettävien asennustarvikkeiden tulee täyttää. Standardin vaatimuksia on tarkemmin aukikirjoitettu RT-kortissa 103241, puu- ja puualumiini-ikkunat sekä niiden asennus. Tämä on ainoa aiheeseen liittyvä RT-kortti. Tuotekehityksessä oli suureksi avuksi pitkä omakohtainen kokemus ikkunoiden ja ovien asennuksesta kivitaloihin. Tässä yhteydessä on tullut tutuksi käytännön ongelmat, joita on ilmennyt asennuksen yhteydessä ja sen jälkeen takuukorjauksissa. Tämän takia pidän tärkeä saada aikaiseksi tuote, jonka ominaisuudet ovat mitattavissa ja ominaisuuksista mittauksissa saatuja arvoja voidaan hyödyntää suunniteltaessa kiinnitystarvikkeen käyttöä.

Alusta asti on ollut tiedossa uusien innovaatioiden käyttöönoton haastavuus, mutta suurimpana haasteena kuitenkin näyttäisi olevan rakennusalan asenneympäristö. Olen keskustellut ikkunavalmistajien asennuspäälliköiden kanssa tämän tuotteen käytöstä. Tällä hetkellä kiinnostus puisesta apukarmista luopumiseen on vielä vähäinen, koska ikkunavalmistajilla ainoa kiinnostus on saada tuote asennettua helposti totutuilla työmenetelmillä. Vaikka kiilakarmiruuvi nopeuttaa, helpottaa ja mahdollistaa paremman lopputuloksen, niin asenteiden muuttamiseen menee vielä jokunen vuosi. Paras keino saada tuotetta myyntiin on tiivis yhteistyö rakennesuunnittelijoiden kanssa.



Opinnäytetyön tavoitteena oli saada kehitettyä hyvin toimiva kiinnike ikkunoiden ja ovien asennukseen kivitaloihin. Mielestäni onnistuin saavuttamaan opinnäytetyölle asetetut tavoitteet. Kiilakarmiruuvi on tuotteena lähes valmis ja osoittanut jo tässä vaiheessa toimivuutensa.

## Lähteet

Lakka Oy, karmikulman suunnittelu- ja käyttöohje 2, 2014, <https://lakka.fi/wp-content/uploads/2021/04/Karmikulma-kaytto-ja-suunnitteluohje.pdf> noutopäivä 30.11.2021, s. 3

Lammin karmiankkuri, tuote-esite, 2018, [https://dfcoxw2hruzvo.cloudfront.net/file/a0560715-2e7c-4a90-a3bb-88616ebba58f/S1WNWXak7\\_Lammin\\_karmiankkuri.pdf](https://dfcoxw2hruzvo.cloudfront.net/file/a0560715-2e7c-4a90-a3bb-88616ebba58f/S1WNWXak7_Lammin_karmiankkuri.pdf) noutopäivä 30.11.2021, s.1

Leca-harkkorakenteet, työohje, 2018, [https://www.leca.fi/dokumentit/tyoohjeet/Leca-harkkorakenteet-tyoohje\\_2018.pdf](https://www.leca.fi/dokumentit/tyoohjeet/Leca-harkkorakenteet-tyoohje_2018.pdf) noutopäivä 30.11.2021, s. 14

Ratu 0419, (huhtikuu 2014), PUUVALMISOSARAKENTAMINEN, PUUIKKUNAT JA -OVET, Rakennustieto Oy, Helsinki

RT 103241, (syyskuu 2020), PUU- JA PUUALUMIINI-IKKUNAT SEKÄ NIIDEN ASENNUS, Rakennustieto Oy, Helsinki