



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU  
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Antti Ahola

---

## **Teräsrunkoisen PVC-hallin tarjouslaskentaprosessin kehittäminen**

Opinnäytetyö

Kevät 2024

Insinööri (ylempi AMK), Rakentaminen



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## Opinnäytetyön tiivistelmä

Tutkinto-ohjelma: Insinööri (ylempi AMK), rakentaminen

Suuntautumisvaihtoehto: Rakennesuunnittelu

Tekijä: Antti Ahola

Työn nimi: Teräsrunkoisen PVC-hallin tarjouslaskentaprosessin kehittäminen

Ohjaaja: Ilkka Loukola

Vuosi: 2024

Sivumäärä: 46

Liitteiden lukumäärä: -

---

Opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää kohdeyrityksenä toimivan PVC-hallien valmistajan tarjouslaskentaprosessia. Prosessia kehitettiin tarkentamalla Keski-Eurooppaan suuntautuvien modulaaristen kohteiden sekundääriosien määrän ja asennuksen aiheuttamia kustannuksia riippuen kohteen rakennuspaikan luonnonkuormista. Tutkimuksen tuloksia verrattiin Suomen olosuhteisiin luotujen modulaaristen tuoteperheiden vastaaviin tietoihin. Tutkimus suoritettiin vuoden 2023 välisenä aikana.

Tutkimukseen valittiin yhteensä kymmenen erilaista moduloitua tuotetta ja tarkasteltiin niitä kahden yrityksen tarjouskannan perusteella valittujen sijaintien luonnonkuormille. Tulosten perusteella laskettiin aiheutuneet kustannusten muutokset osien massaun ja asennukseen. Tuloksien perusteella ei saatu merkittäviä kustannussäästöjä, mutta tutkimuksessa löytyi tekijöitä kustannusten nousuun. Erityisesti rakennus kovan tuulikuorman alueella kasvattaa huomattavasti ankkurointiin käytettävien osien massaa.

Tutkimuksessa jouduttiin tekemään paljon rajauksia, jotta laskentatyö ei laajentunut kohtuuttoman suureksi. Niiden huomioiminen on kuitenkin mahdollista tutkimuksen ulkopuolella päivittäisessä työssä. Työn aikana saatiin myös paljon tietoa jatkokehitystä varten ja siihen suuntaan, mihin yrityksen kannattaa kehityksessä panostaa sekä kustannuslaskennan että lujuslaskennan osalta.

<sup>1</sup> Asiasanat: teräsrakenne, PVC-halli, tarjouslaskentaprosessi, kustannuslaskenta

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## **Thesis abstract**

Degree programme: Master of Engineering, Construction Engineering

Specialisation: Construction Engineering, Production

Author: Antti Ahola

Title of thesis: Development of the bid calculation for a steel framed PVC-hall

Supervisor: Ilkka Loukola

Year: 2024

Number of pages: 46

Number of appendices: -

---

The purpose of the thesis was to develop the bid calculation process of a PVC-hall manufacturer by specifying the number of secondary parts and the costs caused by the installation of modular sites headed to Central Europe, depending on the natural loads of the target's construction site. The results of the study were compared to the corresponding data of modular products created for the Finnish conditions. The study was conducted during the year 2023.

A total of ten different modulated products were selected for the study and examined in two cases based on the company's bid base for the natural loads of the selected locations. Based on the results, the resulting cost changes for the mass of the parts and installation were calculated. No significant cost savings were obtained, but the study found factors for the increase in costs. Especially a building in an area of heavy wind load significantly increases the mass of the parts used for anchoring.

Numerous limitations had to be made in the research so that the calculation work did not become unreasonably large. However, it is possible to take them into account outside of the research in daily work. During the work, much information was also obtained for further development and the direction in which the company should invest in the development, both in terms of cost calculation and strength calculation.

<sup>1</sup> Keywords: steel structure, PVC-hall, bid calculation process, cost accounting

## SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä .....	2
Thesis abstract .....	3
SISÄLTÖ .....	4
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo .....	6
Käytetyt termit.....	8
1 JOHDANTO .....	9
1.1 Työn tausta .....	9
1.2 Tutkimuksen tavoite ja lähtötilanne .....	10
1.3 Tutkimuksen rajaukset .....	10
1.4 Tutkimuksen rakenne .....	11
1.5 Tutkimusmenetelmät.....	11
1.6 Tulosten analysointi ja luotettavuus.....	12
2 TARJOUSLASKENTAPROSESSI.....	13
2.1 Urakkatarjouspyyntö.....	14
2.2 Urakkatarjous .....	16
2.3 Kustannuslaskenta rakennus- ja teollisuusyrityksessä <b>Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.</b>	
2.3.1 Kustannuslajilaskenta .....	17
2.3.2 Työkustannukset.....	17
2.3.3 Ainekustannukset.....	18
2.3.4 Kustannuspaikkalaskenta .....	18
2.4 Tarjouslaskennan periaatteet .....	18
2.5 Jälkilaskenta.....	20
2.6 Hallix Finland Oy nykytilanne .....	21
2.6.1 Suunnittelu .....	21
2.6.2 Rakentaminen.....	22
2.6.3 Myynti .....	23
2.7 Kehittämissvaihtoehdot .....	23
3 TERÄSRAKENTEINEN PVC-HALLI.....	24

3.1	Pääkannattajan rakenne ja toiminta .....	24
3.2	Kuormat ja rasitukset.....	26
3.3	Nurjahdustuenta .....	27
3.4	Rakennuksen pituussuuntainen jäykistys .....	29
3.5	Ankkurointi .....	30
4	TUTKIMUS JA TULOKSET .....	32
4.1	Lähtötietojen määrittäminen .....	32
4.2	Sekundääriosien määrien vertailu .....	34
4.2.1	Nurjahdusorret .....	35
4.2.2	Pituussuuntaiset jäykisteet.....	36
4.2.3	Ankkurit ja ankkurinaulat .....	37
4.3	Luonnonkuormien rajat.....	39
5	YHTEENVETO .....	40
5.1	Kustannusvaikutukset .....	40
5.2	Saavutetut hyödyt.....	41
5.3	Havaitut ongelmat ja huomiot.....	42
5.4	Jatkokehitys.....	42
6	POHDINTA.....	43
	LÄHTEET .....	45

## Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuva 1. Rakennushankkeen asiakirjat.....	15
Kuva 2. Perinteisen kustannuslaskennan kulku.....	17
Kuva 3. Tarjouksien laadinta kokonaisprosessina .....	19
Kuva 4. Tarjoushinnan määrittäminen .....	20
Kuva 5. Kaksinivelkehän rakennemalli.....	24
Kuva 6. Rakenteen normaalivoimien jakauma, kun kuormituksena omapaino + tuuli sivulta.....	25
Kuva 7. Kuormituksesta aiheutuva siirtymän periaate. ....	25
Kuva 8. Pintakuorman periytyminen pääkannattajalle kehäjaon mukaan. ....	26
Kuva 9. 3D Wind Load Generator- ominaisuudella määritetyt tuulikuormat vyöhykkeittäin. ....	27
Kuva 10. Rakenteen normaalivoimien jakauman periaate, kun kehää kuormittaa kova sivutuuli.....	28
Kuva 11. Veto- ja puristusvoimien jakauma tuulisiteissä.....	29
Kuva 12. Maa-ankkuri.....	30
Kuva 13. Maa-ankkuroinnin esimerkki. ....	31
Kuva 14. Tarjottavien kohteiden sijainteja Euroopassa 2022–2023.....	33
Kuvio 1. Omakustannehinnan muodostuminen .....	41

Taulukko 1. Tuoteperheet.....	32
Taulukko 2. Tarkasteltavat tapaukset.....	34
Taulukko 3. Nurjahdusorsilinjoiden määrät.....	35
Taulukko 4. Nurjahduorsilinjoiden määrävertailu.....	36
Taulukko 5. Ankkurit ja ankkurinaulat.....	37
Taulukko 6. Ankkureiden massavertailu.....	38
Taulukko 7. Ankkurinaulojen määrävertailu.....	38
Taulukko 8. Omakustannehinnan muutokset.....	40

## Käytetyt termit

<b>Ekvivalentti vaakavoima</b>	Paikallisen alkukäyryden korvaava vaakakuorma
<b>Gloaali epätarkkuus</b>	Rakenteen asennusvaiheessa syntyvät epätarkkuudet
<b>Rakenneanalyysi</b>	Rakenteen voimasuureiden ja muodonmuutosten määrittäminen
<b>Stabiiliustarkastelu</b>	Rakenteen stabiiliuden verifiointi mitoituskaavoilla
<b>Toisen kertaluvun vaikutus</b>	Aksiaalivoimien vaikutus taivutusmomenttiin, kun rotaatiot oletetaan pieniksi



# 1 JOHDANTO

## 1.1 Työn tausta

Hallix Finland Oy valmistaa teräsrakenteisia PVC-katteisia halleja teollisuus- ja varastokäyttöön. Valtaosassa toimitettujen hallien jänneväli on 20–45 metrin välillä vaihdellen kuitenkin 12–64 metrin välillä (Kainua, 2022, s. 8). PVC-katteen käytettävyys ja asennus määrittää hallin leveyteen nähden suhteellisen pienen pääkannatinjaon, jolloin pääkannattajien rakenne on kokoonsa nähden hoikka. Hoikalla rakenteella on pieni ominaisjäykkyys, joten sen suunnittelussa täytyy kiinnittää erityistä huomiota rakennuksen stabiliteettiin. Stabiiliteetin saavuttamiseksi rakenteen tuentaan käytetään paljon teräsosia, joiden tarkka määrä selviää vasta rakennemallin tarkemmassa tarkastelussa. Sekundääriosilla tarkoitetaan tässä työssä pääkannattajien jäykistykseen, tuentaan sekä ankkurointiin käytettäviä teräsosia.

Kohdeyrityksenä toimivalle Hallix Finland Oy:lle on aiemmin luotu eri jänneväleihin Suomeen toteutettaville rakennuksille viisi moduloitua tuoteperhettä (Kainua, 2022, s. 24). Tuoteperheiden rakenteet periytyvät Suomen olosuhteisiin tehdyistä laskentamalleista. Viennin kohdistuessa muualle Eurooppaan rakennusta rasittavat luonnonkuormat poikkeavat merkittävästi Suomen vastaavista kuormista, jolloin myös pääkannattajille aiheutuvat rasitukset ovat erilaisia. Moduloituja tuotteita halutaan hyödyntää myös vientimarkkinoilla, joten yrityksellä on tarve selvittää, missä olosuhteissa pääkannattajien tuentaa ja jäykistystä muuttamalla tuoteperheet ovat käytettävissä.

Yrityksen toiminta on laajentunut alueelle, jossa on enemmän tarjoavia yrityksiä, joka taas lisää hintakilpailua. Organisaatiossa on tarve saada tietoon optimoidumpi materiaalin tarve aiemmassa vaiheessa. Rakennuksen kaikkien teräsosien materiaali, tuotanto ja asennus on yhteensä n. 75 % koko hankkeen kustannuksista. Sekundääriosien osuus vaihtelee 15–20 % koko hankkeen kustannuksista, joten halutaan tutkia, onko sieltä mahdollista saada tarjoushinnan kannalta merkittäviä tarkennuksia.

## 1.2 Tutkimuksen tavoite ja lähtötilanne

Työn tavoitteena on kehittää teräsrakenteisen hallin sekundääriosien määrälaskentaprosessia hankkeen tarjousvaiheessa ja luoda kehitystyön pohjalta taulukkomuotoista aineistoa myyntiorganisaation käyttöön tarjottavan kohteen rakennuspaikan olosuhteiden perusteella. Nykytilanteessa tutkittavien osien alustava määrälaskenta ja vaikutus hintaan tehdään jo olemassa olevien tuoteperheiden tai aiemmin toteutettujen hankkeiden pohjalta. Tutkimustyön pohjaksi valitaan jo tehtyjen tarjousten pohjalta tyypillisimmät sijainnit.

### Tutkimuskysymykset:

- Saadaanko tutkimuksella merkittäviä eroja hinnoitteluun olemassa olevaan pohjatietoon verrattuna?
- Mitkä ovat luonnonkuormien rajat, jotta tulokset ovat käytettävissä?

## 1.3 Tutkimuksen rajaukset

Tutkimus rajataan koskemaan luonnonkuormista vain lumikuormia ja tuulikuormia. Lämpötilakuormat, jääkuormat sekä erilaiset onnettomuustilanteet jätetään huomioimatta. Työssä ei tuoteta valmiita rakennelaskelmia.

Solmupisteiden ja liitosten kestävyyttä ei tässä työssä tarkastella. Pääkannattajan rakenneosien kestävyys tulee huomioitua, kun rakenteelle haetaan tarvittavaa tuentalinjojen määrää. Rakenneosien dimensiota ei muuteta, koska halutaan selvittää moduloitujen tuoteperheiden kelpoisuutta.

Rakenneanalyysissä käytetään symmetristä pohjaltaan suorakulmion muotoista ja pituudeltaan vakiota rakennusta. Tuulikuorman vaikutusta tarkastellaan kahdesta suunnasta, kohtisuorassa rakennuksen pitkää ja lyhyttä sivua vasten. Omapaino vakioidaan keskimääräiseksi  $0.4\text{kN/m}^2$ , ja se vaikuttaa rakennuksen yläpaarten tasossa.

## 1.4 Tutkimuksen rakenne

Työssä käydään läpi tarjouslaskentaprosessin teoriaa sekä toimeksiantajayrityksen nykytilannetta. Lisäksi tarkastellaan yrityksen käyttämää kaksinivelkehän toimintaperiaatetta ja tyypillisiä luonnonkuormien aiheuttamia rasituksia sekä koko rakenteen jäykistys- ja ankkurointimenetelmää. Tutkimusosassa tarkastellaan jo aiemmin luotujen tuoteperheiden moduloituja rakenteita kuormitettuna valittujen sijaintien alueiden lumi- ja tuulikuormilla.

Rakenneanalyysiin ja -laskentaan käytetään SCIA Engineer 22.1 -ohjelmaa ja laskennat suoritetaan Eurokoodien SFS-EN 1990, SFS-EN 1991 ja SFS-EN 1993 mukaisesti sekä käytetään näissä standardeissa esitettyjä kansallisia liitteitä. Tutkimustulosten käsittelyvaiheessa työssä hyödynnetään yrityksessä kertynyttä tarjousaineistoa ja verrataan niitä tutkimuksessa saatuihin tuloksiin.

## 1.5 Tutkimusmenetelmät

Tutkimuksen pohjaksi tehdään taulukko tarkasteltavista kohteista, ja se koostuu osasta aiemmin luoduista modulaarisista tuoteperheistä. Kohteille määritetään tarkasteltavat luonnonkuormat, jotka vastaavat parhaiten tarjottavina olleissa kohteissa useimmiten esiintyneitä olosuhteita. Tutkimusaineistona käytetään yrityksen tarjouskantaa.

Tiedonkeruumenetelmänä käytetään suunnittelu-, myynti- ja asennuspäälliköiden avointa haastattelua. Menetelmään päädyttiin haastateltavien vähäisen määrän vuoksi sekä tarpeeseen ottaa yhteyttä haastateltaviin useamman kerran jatkokysymyksien esittämiseksi.

Koska työ sisältää rajatun määrän tutkimuskohteita ja niitä tutkitaan ennalta määrätyissä olosuhteissa, tutkimus toteutetaan case-tutkimuksena (Kasanen ym., 1991, s. 314). Tällä tutkimuksella on myös konstruktivisen tutkimuksen piirteitä, kun pyritään löytämään selkeää eroa nykyisen, ja tutkimuksen tuloksen pohjalta saatujen tulosten välille ja lopputulosta voidaan käyttää olemassa olevan ongelman ratkaisuun.

Tulokset käsitellään tutkittavien osien massan ja asennustyön määrässä, ja niistä saadut tiedot ovat numeerista dataa.

## 1.6 Tulosten analysointi ja luotettavuus

Tieteellisen tutkimuksen luotettavuuden arvioinnissa käytetään reliabiliteetti- ja validiteettikäsitteitä (Kananen, 2017, s. 175–176). Reliabiliteetti ilmaisee pysyvyyttä tutkimustuloksessa riippumatta tutkimuksen toistettavuudesta. Validiteetti määrittää mittaako tutkimukseen käytetty menetelmä juuri haluttuja asioita.

Tutkimuksesta saadussa tiedossa on mahdollista olla satunnaisvirheitä johtuen esimerkiksi laskentaohjelmaan virheellisesti syötetystä arvosta. Tutkimuksessa laskenta on toistuvaa ja arvot syötetään jokaiselle tutkittavalle tapaukselle erikseen, joten systemaattisen virheen mahdollisuus on erittäin pieni. Tuloksilla on lisäksi tutkimussarjan edetessä odotettavissa tietty suunta, jolloin yksittäisen tuloksen vääristymä on helposti havaittavissa.

Laskenta suoritettiin käyttämällä geometrisesti epälineaarista rakenneanalyysiä (Geometrically Non-linear Analysis, GNA) ja toisen kertaluvun vaikutuksia. Kova tuulikuorma aiheuttaa suuria siirtymiä ja rakenteen hoikkuuden takia laskennassa haluttiin ottaa huomioon rakenneosien taipumien ja siirtymien vaikutus puristusvoimista syntyviin momentteihin. Vaikka tällä ei ole suoranaista vaikutusta vedolle mitoitettuihin jäykisteisiin ja nurjahdusorsiin, haluttiin varmistua tulosten käytettävyydestä.

## 2 TARJOUSLASKENTAPROSESSI

Eri aloilla toimivissa yrityksissä on tarjouslaskentaprosessille omaan liiketoimintaan liittyvät määrätyt vaiheet, jotka yleensä vakioituvat hyväksi koetun toimintaperiaatteen mukaan. Jokainen vaihe tulee kuitenkin tehdä huolellisesti, jotta prosessilla on hyvät edellytykset onnistua, sillä yksittäisenkin vaiheen laiminlyönti tai virheellinen toimittaminen voi aiheuttaa merkittävän seuraamuksen. Väärin laskentatiedoin voitettu urakka voi pahimmassa tapauksessa painua tappiolliseksi.

Taloudelliset suhdanteet vaihtelevat nopeasti ja muutoksiin on tärkeä pystyä reagoimaan. Kun markkinoilla tapahtuu esimerkiksi yllättäviä materiaalihintojen nousua, on terveellä talousrakenteella varustetun yrityksen mahdollisuudet kovenevassa kilpailussa huomattavasti vahvemmat. Toimiva talouden seurantajärjestelmä antaa vakaan pohjan yritystoiminnalle ja yrityksen liikevaihdon kasvaessa on talouden jokaisen osa-alueen pysyttävä mukana. Tarjouslaskenta on yksi tärkeimmistä vaiheista, jossa luodaan kannattava hanke hahmottamalla tulevat kustannukset mahdollisimman tarkasti.

Prosessi käynnistyy rakennuttajan lähettämästä tarjouspyynnöstä. Tarjouspyynnön vastaanottanut urakoitsija arvioi tarjouspyyntöasiakirjojen perusteella soveltuvuuttaan, mahdollisuuksiaan ja kiinnostustaan urakan toteuttamiselle (Koski, 1997, s. 14). Tilaajan arvioiminen yhteistyökumppanina ja mahdolliset organisaation aiemmat kokemukset ovat tärkeitä seikkoja prosessin aloittamisessa. Tarjouslaskentaprosessi voi kohteen laajuuden mukaan vaatia urakoitsijalta paljon resursseja, joten tarjouspyynnön asiakirjojen täydellisyys on hyvä enne mahdollisimman jouhevan prosessin toteuttamiseen. Näin minimoidaan ikävien yllätysten ja esimerkiksi kalliiden erikoisosaamista vaativien töiden aiheuttamat lisäkustannukset.

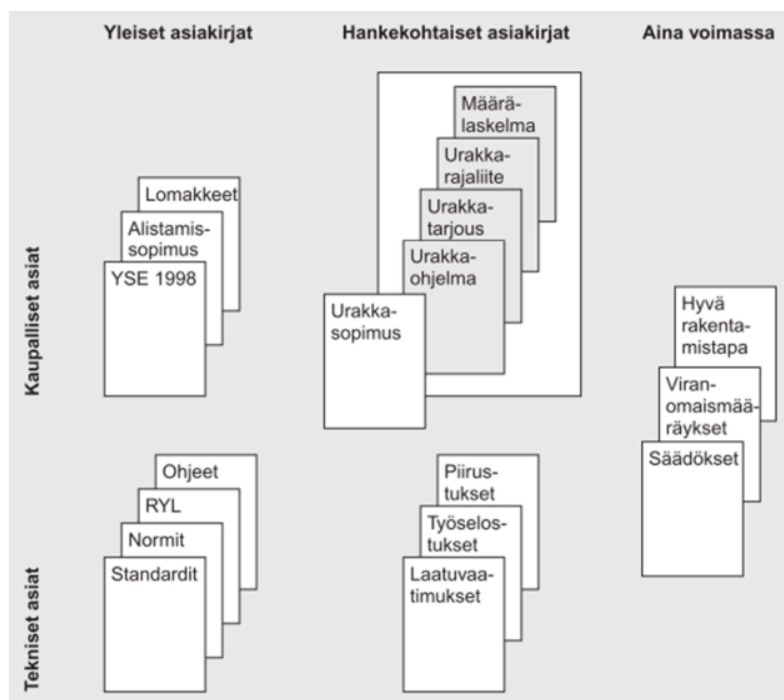
Urakoitsija voi myös päättää olla lähtemättä mukaan tarjouskilpailuun. Markkinatilanne määrittää kilpailun, ja yritys joutuu päättämään, millaisia riskejä hintakilpailussa ollaan valmiita ottamaan, jos esimerkiksi tarjouslaskennan resurssit eivät mahdollista ison urakkatarjouksen tarkkaa laskentaa. Liian suuri varmuus laskennassa todennäköisesti aiheuttaa hävityn tarjouksen ja liian pieni varmuus aiheuttaa kohtuuttomat riskit. Jos lopullinen päätös on olla lähtemättä tarjouskilpailuun mukaan, ilmoitetaan tarjouksen pyytäjälle kirjallisesti

kielteinen päätös ja palautetaan kaikki rakennuttajalta saadut tarjouspyyntöasiakirjat (Rakennustieto, 1982, s. 2).

## 2.1 Urakkatarjouspyyntö

Rakennuttajalta vastaanotetussa urakkatarjouspyynnössä on urakka-asiakirjoihin määritetyt ehdot työn toteuttamiselle (Koski, 1997, s. 16). Rakennuttaja on voinut asettaa rajat aikataululle, sekä esittää omien tarpeidensa mukaiset laatuvaatimukset ja työn sisällön. Mitä tarkempi urakkatarjouspyyntö on, sitä paremmin sisällöltään samanlaisia ja toisiinsa verrattavissa olevia urakkatarjouksia rakennuttaja saa. Sekä rakennuttajan että urakoitsijan intressi on toteuttaa hanke sopimuksen ja suunnitelmien mukaisesti ja rakentaa toimiva lopputuote. Siinä missä rakennuttaja haluaa toteuttaa hankkeen kokonaiskustannuksiltaan mahdollisimman edullisesti, yrittää urakoitsija täyttää vaatimukset liiketaloudellisesti kannattavasti. Tässä urakkakilpailun osapuolten on tärkeää nauttia keskinäisestä luottamuksesta ja toimia hyvän rakennuttamis- ja urakointitavan edellyttämällä tavalla (Rakennustieto, 1982, s. 2). Osapuolet ovat myös toisilleen tiedonantovelvollisia eivätkä saa salata hankkeen kulkuun vaikuttavia asioita. Rakennusurakan riskit ja vastuut tulee jakaa kohtuullisesti osapuolien kesken eikä urakoitsijalle saa asettaa kohtuuttomia ehtoja tai piiloriskejä. Tarjouspyynnöt on lähetettävä kaikille urakoitsijoille samanaikaisesti ja tarjouksen laskemiselle on varattava riittävästi aikaa. Urakka-asiakirjojen täytyy olla selkeitä ja yksiselitteisiä sekä tasapuolisia kaikille tarjoaville urakoitsijoille.

Urakkatarjouspyynnössä esitettäviä kaupallisia urakka-asiakirjoja ovat mm. urakkaohjelma, urakkarajaliite ja urakkatarjouslomake (Rakennustieto, 2002, s. 1). Teknisiä asiakirjoja ovat mm. rakennusselostus, rakennus- ja rakennepiirustukset, LVIS-suunnitelmat, pohjatutkimus sekä muut hanketta koskevat piirustukset ja lausunnot. Asiakirjojen jaottelu on esitetty kuvassa 1.



Kuva 1. Rakennushankkeen asiakirjat (Rakennustieto, 2002, s. 1)

Kaupallisissa asiakirjoissa kuvataan tilaajan ja urakoitsijan välisiä liikesuhteita ja teknisissä asiakirjoissa rakennettavan kohteen ominaisuuksia. Teknisiin asiakirjoihin kuuluvaista piirustuksista käy ilmi mitä toteutetaan, ja työselostukset sekä laatuvaatimukset kertovat, miten ja millä tasolla työ tulee toteuttaa.

Urakkaohjelmassa määritellään urakkakohtaiset sopimusehdot ja urakkarajaliitteessä työmaata koskevat yhteistoiminnan velvoitteet sekä yleiset järjestelyt ja palvelut. (Rakennustieto, 2001, s. 3). Jos kohteen piirustuksista ja työselostuksesta eivät käy ilmi kaikki urakkarajat, ne kirjataan urakkarajaliitteeseen. Urakkaohjelma ei sisällä rakennusteknisiä yksityiskohtia vaan kattaa laajemmin hankkeen talouteen ja toteutukseen liittyviä asioita. Ohjelmassa esitetään muun muassa hankkeen yleistiedot, osapuolien velvollisuudet ja vastuut, urakkaan liittyvät välitavoitteet, maksuehdot, vakuudet, takuut ja muut kohdekohtaiset asiat. Jos tarjouspyyntöasiakirjoihin kuuluu määräluettelo ja -laskelma, voi urakoitsija luottaa näihin tietoihin. Urakoitsijan tulee toimittaa urakkatarjouksen mukana sitova yksikköhintaluettelo, jotta rakennuttaja voi varautua lisä- ja muutostöiden aiheuttamiin lisäkustannuksiin.

## 2.2 Urakkatarjous

Urakoitsija laatii urakkatarjouksen pääsääntöisesti rakennuttajan tarjouspyynnössä toimitulle tarjouspyyntölomakkeelle (Koski, 1997, s. 32–34). Tarjoukseen sisällytetään vaaditut liitteet, ja siitä tulee ilmetä urakan sisältö, hinta, suoritus aika ja tarjouksen voimassaolo. Tarjoushinta voi olla vaadittu eriteltäväksi rakennuttajan haluamalla tavalla. Tarjoavan urakoitsijan on varmistettava, että tarjous vastaa tarjouspyynnössä edellytettyä ja tarjous on perillä määräaikaan mennessä. Urakoitsijan on myös itse varmistuttava tarjouksensa sisällöstä. Mahdolliset urakkasopimusneuvottelut eivät lähtökohtaisesti voi johtaa tarjoushinnan muuttumiseen, vaan tarjous on sisällöltään ja hinnaltaan tarkoitettu lopulliseksi.

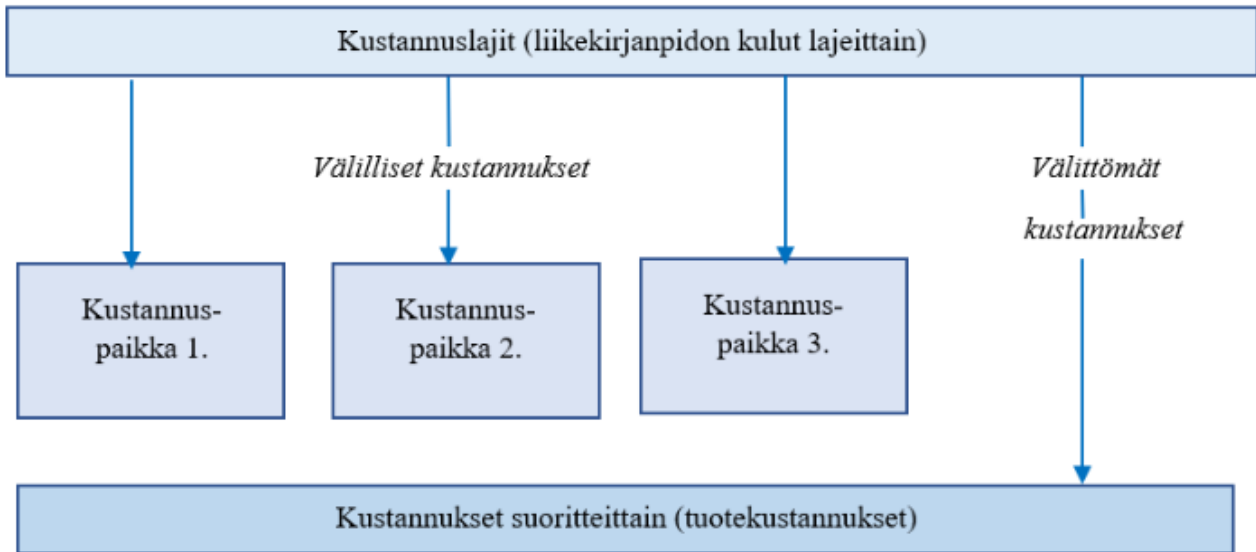
## 2.3 Kustannuslaskennan periaatteet

Kustannuslaskenta voidaan jakaa kolmeen osa-alueeseen ja tehtävään (Järvenpää ym., 2013, s. 72):

1. Kustannuslajilaskenta
2. Kustannuspaikkalaskenta
3. Suoritekohtainen kustannuslaskenta

Kustannuslaji- ja kustannuspaikkalaskenta on suoritettava ensin, joiden perusteella voidaan tehdä suoritekohtainen kustannuslaskenta. Perinteisen kustannuslaskennan kulku on esitetty kuvassa 2.





Kuva 2. Perinteisen kustannuslaskennan kulku (Alhola, 2016, s. 11–12)

### 2.3.1 Kustannuslajilaskenta

Pääsääntöisiä kustannuslajilaskentaan liittyviä kustannuksia ovat muun muassa työ-  
kustannukset ja ainekustannukset (Järvenpää ym., 2013, s. 73). Lisäksi liiketoiminnan mu-  
kaan on lukematon määrä erilaisia lyhyt- ja pitkävaikutteisia kustannuksia, joita yrityksessä  
kerätään ja käsitellään kustannuslajeittain. Lyhytaikaisiin kustannuksiin kuuluvat esimer-  
kiksi tarvike-, vuokra-, energia- varastointi- sekä kuljetuskustannukset ja pitkävaikutteisiin  
esimerkiksi poisto-, korko- sekä vakuutuskustannukset.

### 2.3.2 Työkustannukset

Henkilöstöstä johtuvat kustannukset ovat yksi keskeisimmistä kustannuksista varsinkin  
palvelualoilla ja erilaisissa asiantuntijaorganisaatioissa (Järvenpää ym., 2013, s. 74).  
Työkustannukset koostuvat työn määrästä ja sen yksikkökustannuksesta, joten palkka-  
kustannukset ovat työkustannusten tärkein tekijä.

### **2.3.3 Ainekustannukset**

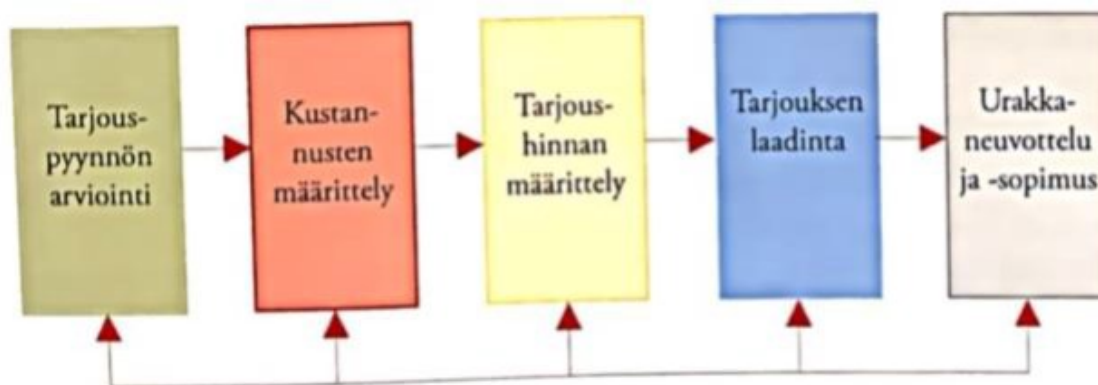
Tyypillisesti rakennus- ja teollisuusyrityksissä suurin osa kustannuksista tulee ainekustannuksista (Järvenpää ym., 2013, s. 76). Niitä ovat raaka-aine-, apu- ja lisäaine-, poltto- ja voiteluaine- sekä tarvikekustannukset. Myös erilaiset osa- ja puolivalmisteet kuuluvat ainekustannuksiin. Ainekustannukset jaetaan myös työkustannusten tapaan määrään ja yksikköhintaan. Ainekustannuksia hallitaan varastokirjanpidolla.

### **2.3.4 Kustannuspaikkalaskenta**

Yrityksen toiminnot on jaettu eri kustannuspaikkoihin (Järvenpää ym., 2013, s. 90–91). Ne ovat toimintayksiköitä, joihin kohdistuu kustannuksia, mutta ne eivät välttämättä tuota yritykselle laskettavaa tulosta. Kustannuspaikat vaikuttavat kuitenkin yrityksen tuottavuuteen esimerkiksi tehokkuuden ja hyvän asiakaspalvelun myötä. Yrityksen kokonaiskustannusten hallinnan ja laadukkaan seurannan mahdollistamiseksi kustannusten jakamiseen kustannuspaikoittain on tehtävä huolellisesti.

## **2.4 Tarjouslaskennan periaatteet**

Urakkamuotoisen rakennushankkeen suunnittelu voidaan jakaa tarjous-, urakkasopimus-, yleissuunnittelu- ja toteutusvaiheeseen (Koski, 1997, s. 12). Urakkasopimuksen kirjoittamisen jälkeen aloitetaan yleissuunnittelu ennen siirtymistä toteutusvaiheeseen, ja se kestää rakentamisen alkamisesta urakan päättymiseen. Ennen urakkatarjousten jättämistä suoritetaan tarjousvaiheen toiminnot, joita ovat laskentapäätöksen teko aloituspalaverineen, laskentavaihe sekä tehdyt toiminnot yhdistävä loppuvaiheen tarjouspalaveri.



Kuva 3. Tarjouksien laadinta kokonaisprosessina (Saastamoinen ym., 2017, s. 17)

Tarjouspyynnön saatuaan yrityksen vastuuhenkilöt, kuten rakennus-, työ-, hankinta-, laskenta- ja suunnittelupäälliköt käyvät laskentapäätöskeskustelun (Koski, 1997, s. 14). Keskustelussa selvitetään hankkeen soveltuvuus yrityksen konseptiin muun muassa tuotannon, resurssien ja sijainnin perusteella. Jos mahdollisuudet hankkeen onnistuneeseen läpivientiin todetaan riittäviksi, voi yritys tehdä laskentapäätöksen tarjouskilpailuun osallistumisesta ja siirtyä tarjousvaiheeseen.

Tarjousvaiheen aloituspalaverissa käsitellään hankkeen ominaispiirteet, vastuunjaot ja laskennan periaatteet sekä valitaan päätuotantomenetelmät ja -resurssit sekä muut mahdolliset kustannuksia aiheuttavat seikat (Koski, 1997, s. 14). Tarjousvaiheen suunnitelmia ovat tehtävä- ja määräluettelot, kustannusarvio sekä alustavat tuotantosunnitelmat, joissa on käyty läpi tarvittavat henkilöstö- ja kalustomäärät, aikataulut sekä hankinnat (Koski, 1997, s. 15).

Yrityksellä voi myös olla oma tarjousstrategia, jossa huomioidaan esimerkiksi vapaina olevia resursseja ja tilauskannan kehitystä. Jos kysyntä on kovaa, voidaan tarjous laatia korkeammalla myyntikatetavoitteella.



Kuva 4. Tarjoushinnan määrittäminen (Laitinen, 2007, s. 207)

## 2.5 Jälkilaskenta

Jälkilaskennassa tehdään hankkeen lopullisen tuloksen selvittäminen vertaamalla toteutuneita suoritelmääriä alkuperäiseen kustannuslaskentaan (Vuorela ym., 2001, s. 117–118). Kustannusten poikkeaminen tavoitteista on tärkeä selvittää kustannustietojen jatkokäyttöä varten. Jälkilaskenta täytyy kasvavassa yrityksessä muodostua rutiiniksi yhdessä sovitun järjestelmän mukaan, joka sisältää poikkeavien tietojen arkistoinnin ja hyödyntämisen. Huolellisesti toteutetun jälkilaskennan ansiosta tarjous- ja kustannuslaskenta tarkentuu ja selkeyttää yrityksen tuotantoa ja parantaa kannattavuutta.

## 2.6 Hallix Finland Oy nykytilanne

Hallix Finland Oy on vuonna 2019 perustettu kasvuyritys, jonka liikevaihto oli vuonna 2022 8,6 miljoonaa euroa tehden lähes 11 % liikevoiton (Asiakastieto, 2024). Yrityksessä työskentelee yli 30 henkilöä ja se käyttää oman tuotannon lisäksi alihankintaverkostoa. Yrityksen perustajilla on yli 20 vuoden kokemus teräsrunkoisten PVC-hallien toteuttamisesta.

Hallix Finland Oy:n tarjouslaskentaprosessi on rakennushankkeen yksinkertaisuuden vuoksi kohtuullisen selkeä. Tarjouspyyntö otetaan vastaan joskus jopa ilman varsinaisia tarjouspyyntöasiakirjoja käymällä asiakkaan luona ja selvittämällä heidän tarpeensa tulevalla rakennuspaikalla. Jos asiakkaana on isompi yritys, hankkeessa on yleensä tilaajan edustajana rakennuttamiskonsultti, joka varmistaa asiakkaan tarpeiden huomioimisen jokaisessa vaiheessa. Konsultin mukanaolo selkeyttää rakentamishanketta myös kohdeyrityksen näkökulmasta. Konsultin dokumentointivelvollisuuden ansiosta jää mahdollisten suullisesti sovittujen ja puheen tasolla olleiden asioiden huomiotta jättämisen riski mahdollisimman pieneksi. Aikataulu on yleensä tarkempi ja selkeämpi. Rakennuspaikalla tapahtuvien muiden töiden aiheuttamat viivästyksset, tai muutoksista aiheutuvat vastuut ja kustannukset ovat helpommin käsiteltävissä konsultin avulla. Vaikka konsultti on pääasiassa asiakkaan luotettava kumppani, myös urakoiva yritys saa hänestä koetusti tukea esimerkiksi laajan kumppaniverkoston avulla, jota yrityksellä ei välttämättä uudella toiminta-alueella ole.

### 2.6.1 Suunnittelu

Tarjouspyynnön saatuaan myyntijohtaja tekee rakentamisjohtajan kanssa käydyn keskustelun perusteella laskentapäätöksen. Kohteesta luodaan alustava tarjousasiakirja, joka toimitetaan suunnitteluosastolle. Suunnitteluosasto käsittelee tarjottavan kohteen joko vertaamalla aiempiin jo toteutettuihin hankkeisiin tai tarvittaessa luomalla uuden laskentamallin. Mahdollisuuksien mukaan pyritään aina käyttämään moduloituja rakenneosia. Vaikka tilauskohtaisesti tarkasteltu rakenne olisi materiaalimenekin kannalta optimaalisempi, on moduloitu rakenne niin tuotannon, asennuksen kuin suunnittelun kannalta lähes 15 % edullisempi (Kainua, 2022, s. 38).

Rakenneanalyysin tulosten perusteella suunnittelija toimittaa tiedon kohteeseen tarvittavien teräsmateriaalien määrästä kilogrammoina. Teräsmateriaali jaetaan konepajalla hitsattaviin ja käsiteltäviin osiin sekä varastotuotteina oleviin osavalmisteisiin. Konepajatuotantoon kuuluvat pääkannattajat, pääty pilarit, vesikaton orret, ankkurit ja jäykisteet. Varastotuotteina ovat vakiomittaiset nurjahdusorret, ankkurinaulat ja muut erilaiset kiinnitysosat kuten PVC-katteen kiristykseen käytettävät teräspuutket.

Kun nykytilanteen selvittämisen yhteydessä yrityksen suunnittelupäällikköä haastateltiin (2023) tarjouslaskentaprosessiin liittyen, nähtiin suunnitteluosastolla kuormittavimpana varastotuotteiden määrän arviointi uusien erilaisten kohteiden osalla. Varsinkin erityisen paljon poikkeavat lumi- ja tuulikuormat tekevät rungon ja sekundääriosien määrän arvioinnista kokemuspohjalta erityisen vaikeaa. Tästä johtuen lähes jokaisesta tämänlaisesta kohteesta pitää luoda kokonainen rakennemalli analysoitavaksi, koska luotettavaa arviota on muuten mahdotonta antaa. Lisäksi näissä kohteissa myöhempien muutoksien, esimerkiksi rakennuksen korottamisen aiheuttamat vaikutukset pitää tarkistaa laskemalla.

## **2.6.2 Rakentaminen**

Ennen tarjouslaskennan aloittamista rakentamisosastolta tutustutaan rakennuspaikkaan ja sen asettamiin rajoitteisiin. Esimerkiksi tontin ahtaus tai kapeat kulkuväylät aiheuttavat haasteita rahdin purkamiseen ja asennuksen sujuvuuteen. Asiakkaalla voi olla tontin käyttötarpeita myös rakentamisen aikana, ja ne vaikuttavat työmaa-alueen käytettävyyteen ja turvallisuuteen. Näiden tarpeiden ja niistä aiheutuvien kustannusten kirjaaminen tarjoukseen on välttämättömyys.

Rakentamispäällikön haastattelun (2023) perusteella koetaan ongelmaksi niin konepajatuotannon kuin varastotuotteiden menekin arviointi ja väärin arvioiden aiheuttamat kustannuserot myyntihinnan ja toteutuvien kustannusten välillä. Pienissä kohteissa ei suuria eroja pääse syntymään, mutta isoissa kohteissa pienetkin arviointivirheet kertaantuvat suuriksi, ja se aiheuttaa vaikeuksia rakentamisprosessin läpiviemiseen ylimääräisten kustannussäästöyrityksien takia. Erityisenä riskinä tämä nähdään ulkomaille suuntautuvien kohteiden laskennassa.

### 2.6.3 Myynti

Kun kohteen ominaispiirteet on tunnistettu, tehdään kustannusarvio, josta selviää urakan omakustannehinta. Arvio koostuu yksinkertaistettuna ainekustannuksista, työkustannuksista ja mahdollisista aliurakoista. Yritys pyrkii kannattavaan liiketoimintaan, jolloin omakustannehintaan lisätään tavoitteiden mukainen kate. Mahdollisiin riskeihin voidaan varautua kohdekohtaisella riskilisällä riippuen hankkeen koosta ja tunnistetuista haasteista.

Kustannusarvion pohjalta luodaan mahdollisimman optimaalinen tarjous, joka johtaisi syntyviin kauppoihin riittävällä katteella. Asiakkaalle jätetään optiona mahdollisuus valita hankkeen myöhemmässä vaiheessa kiinteällä hinnalla ennalta määritellyjä lisävarusteluja.

Haastattelussa (2023) myyntijohtaja kertoo rakennuksen ominaispiirteiden takia tarjoushinnan määrittelyn olevan suhteellisen yksinkertaista. Lähes aina asiakkaan kanssa päästään yhteisymmärrykseen niin, että hinta on kilpailukykyinen ja reilu molemmille osapuolille riippumatta siitä, tehtiinkö lopullisia kauppoja vai ei. Tuoreena markkina-alueena Keski-Eurooppa tuntuu haastavalta erilaisista olosuhteista ja yhteistyökumppaneiden vähyydestä johtuen. Siksi jokainen askel kohti optimaalista kustannus- ja tarjouslaskentaprosessia koetaan tärkeäksi.

## 2.7 Kehittämismahdollisuudet

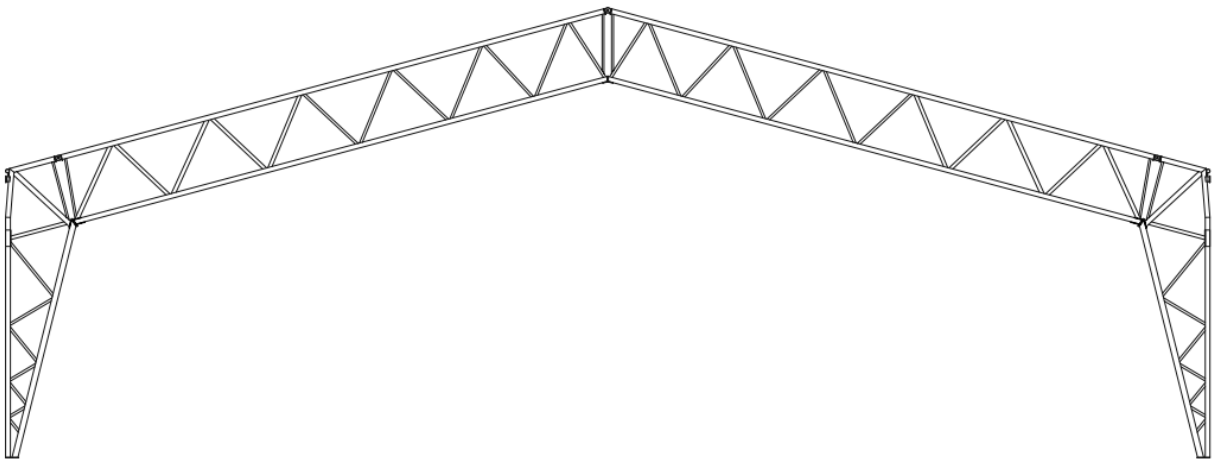
Haastattelujen perusteella eri osastoilla on patoutunutta kehitystarvetta ja -ehdotuksia mutta kasvuyrityksenä kiireen ja toimihenkilöiden vähäisen määrän takia aikaa ei jää riittävästi kehitystyön tekemiseen. Asia, joka oli poimittavissa kaikkien haastateltavien puolesta, oli teräsmateriaalin menekien arvioimisen tarkentaminen sekä neliöhinnittelun haasteet, kun kohteet poikkeavat tyyppillisesti toimitetuista. Varsinkin silloin, kun Keski-Eurooppaan lasketaan tarjouksia korkeista halleista tai poikkeuksellisen kovien tuulien rasittamille alueille, seurauksena on paljon epävarmuutta. Tuolloin tarjousten laskemiseen menee myös paljon aikaa. Toiveena on valmiiksi luotujen tuoteperheiden käyttäminen mahdollisuuksien mukaan myös ulkomailla.

### 3 TERÄSRAKENTEINEN PVC-HALLI

Teräsrunkoisia rakennuksia, joissa on julkisivuna PVC tai muu muovitettu kangas, ovat hyvin yleinen ratkaisu maailmalla edulliseen sääsuojaukseen. Pienistä autosuojista on kankaiden kehittyessä voitu tehdä jo erittäin suuria varasto- ja tuotantorakennuksia myös eristettyinä. Kun käytetään teräksisiä kehärakenteita toteutettaessa suuria jännevälejä ilman kantavia linjoja, ne mahdollistavat hallin koko pohjapinta-alan jäävän loppukäyttäjän käyttöön. Kokoonsa nähden kevyt rakenne voidaan perustaa jopa asfaltin päälle, ja yhtenäisen PVC-katteen asennuksen ansiosta rakennus saadaan nopeasti sääsuojaan.

#### 3.1 Pääkannattajan rakenne ja toiminta

Tutkimuksen kohdeyrityksessä käytetään pääasiassa pääkannattajina teräksisistä rakenneputkista hitsattua kaksinivelkehää, joka kootaan konepajalla valmistetuista elementeistä työmaalla niveltappi- ja pulttiliitoksin. Kuvassa 5 on esitetty periaatekuva tutkimuksessa käytetystä kehärakenteesta.

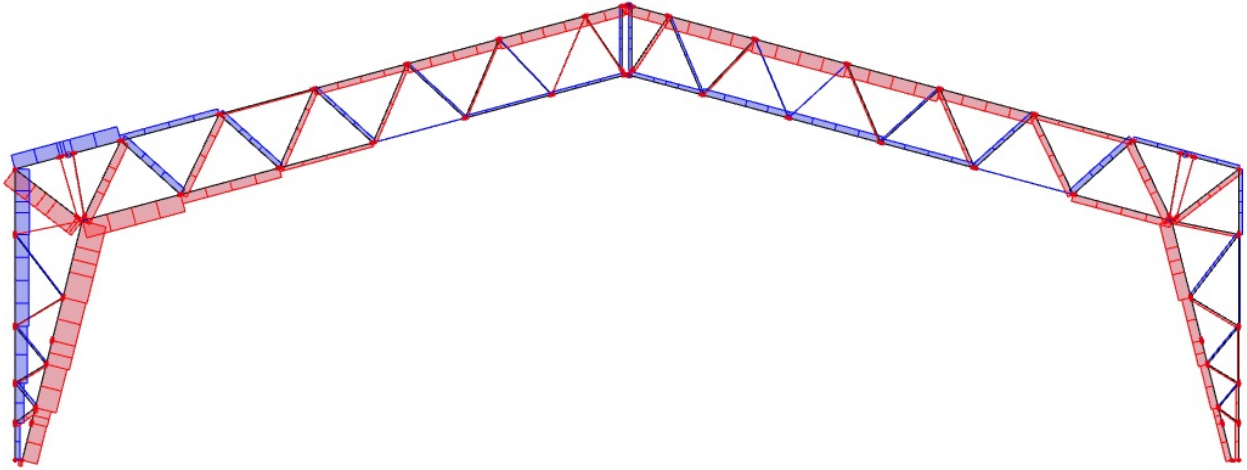


Kuva 5. Kaksinivelkehän rakennemalli

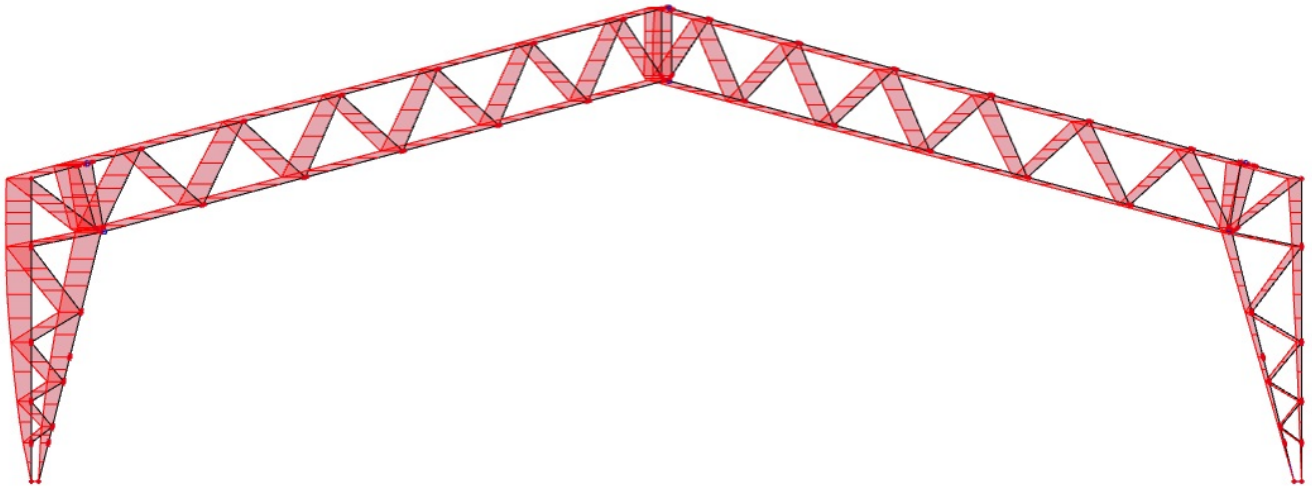
Kaksinivelkehä asennetaan seinien alaosaan nivelellisesti, jolloin perustuksille ei välity momenttia (Tiainen & Papula, 2020, s. 34). Muut liitokset suunnitellaan jäykiksi. Ankkuroinnissa voidaan huomioida siten vain pysty- ja vaakakuormat. Itse kehärakenne on momenttijäykkä eli pääkannattajaa ei tarvitse erikseen jäykistää pituussuunnassa, kun rasituksista



aiheutuvat muodonmuutokset pysyvät riittävän pieninä. Kuvissa 6 ja 7 on esitetty kuormitetun kehän normaalivoimajakauma ja kuormituksen aiheuttamat siirtymät.



Kuva 6. Rakenteen normaalivoimien jakauma, kun kuormituksena omapaino + tuuli sivulta.



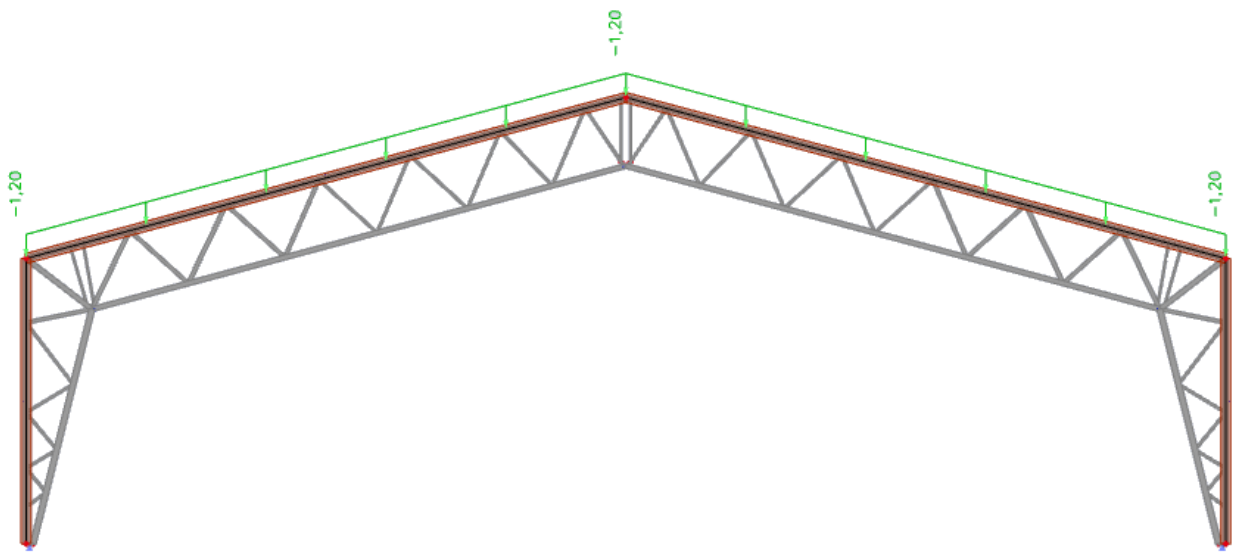
Kuva 7. Kuormituksesta aiheutuva siirtymän periaate.

Pääkannattajat asennetaan kolmen metrin välein ja yhdistetään toisiinsa hallin pituussuuntaisilla orsilinjoilla. Orret toimivat pääkannattajan paarteiden nurjahdustukina sekä rakenteen kiepahdustukina. Yläpaarteiden orsien mitoituksessa huomioidaan myös lumikuormasta aiheutuva taivutusrasitus. Orsilinjoilla tuetaan yläpaarretaso kaikista diagonaalien

solmuista ja kattoelementtien alapaarteissa sekä seinäelementtien sisä- ja ulkopaarteissa tarvittavin välein.

### 3.2 Kuormat ja rasitukset

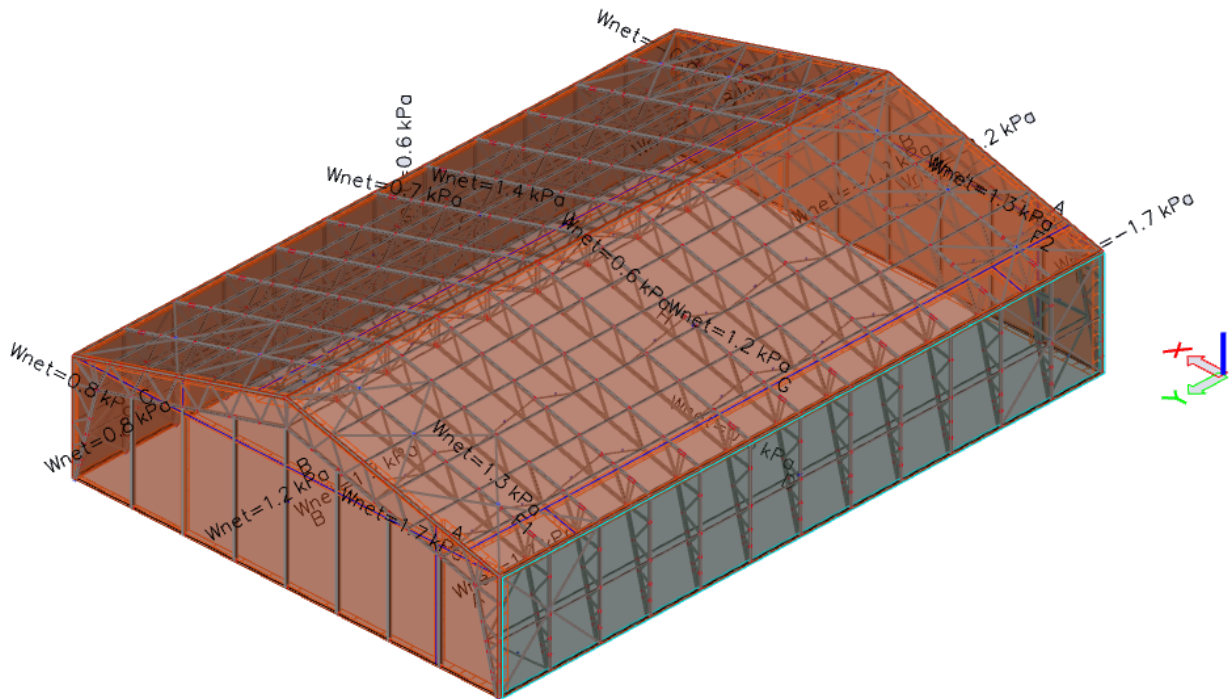
Pääkannattajaan kohdistuu pysyvänä kuormana PVC-katteen omapaino. Tämä kuorma lisätään rakennemalliin yksinkertaistetusti neliökuormana yläparretasoon. Lisäksi rakenteiden omapaino huomioidaan materiaalin kiintotiheyden mukaisesti.



Kuva 8. Pintakuorman periytyminen pääkannattajalle kehäjaon mukaan.

Lumikuorma lisätään molemmille lappeille erillisenä pintakuormana. Kuormitusyhdistelmissä huomioidaan vaihtoehtoisina tapauksina molempien lappeiden 100 % lumikuorma sekä toinen lape 100 % ja toinen lape 50 %.

Tuulikuorman määrittämiseen käytetään SCIA Engineer 22.1 ohjelman 3D Wind Load Generator -ominaisuutta. Kun rakennukselle määritetään seinäpinnat ja pintojen tuulivyöhykkeet, voidaan ohjelman asetuksista maastoluokkaa ja nopeuspaineen ominaisarvoa muuttamalla generoida tuulikuormat uudestaan nopeasti. Tuulikuormien asettaminen rakennemalliin on esitetty kuvassa 9. Sininen väri kuvaa tuulenpainetta pintaa kohti ja oranssi imua pinnasta poispäin.



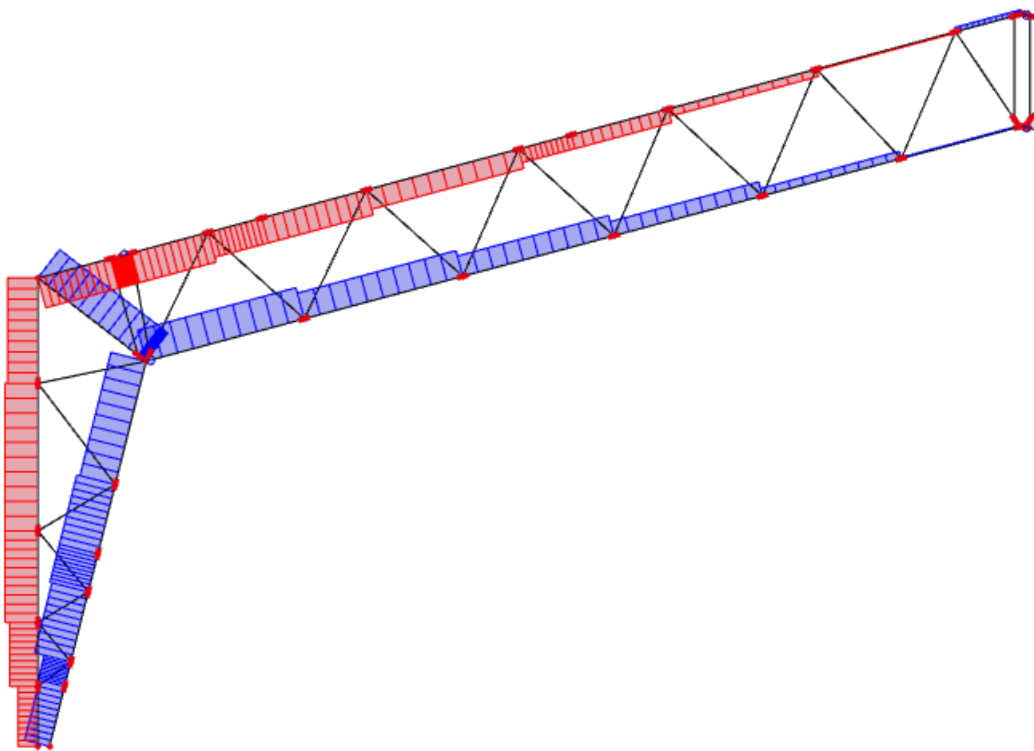
Kuva 9. 3D Wind Load Generator- ominaisuudella määritetyt tuulikuormat vyöhykkeittäin.

### 3.3 Nurjahdustuenta

Nurjahdus liittyy ilmiönä merkittävästi rakenteen stabiiliuteen. Rakennuksen runkoon ei saa tulla kuormien vaikutuksesta merkittäviä muodonmuutoksia, joten rakenneosat eivät saa nurjahtaa, kiepahtaa tai lommahtaa eikä rakenne saa kiertyä tai siirtyä jäykkänä kappaaleena.

Puristetut rakenneosat pyrkivät nurjahtamaan (Suomen rakennusinsinöörien liitto (RIL), 2013, s. 14–15). Ristikkorakenteessa diagonaalit toimivat paarteille nurjahdustukina rakenteen poikkisuuntaan, mutta pituussuuntaan vaaditaan erilliset tuentalinjat. Tuentaan käytetään pyöreää rakenneteräsputkea  $\varnothing 42,6 \times 2,6$  joka liitetään paarteisiin pulttiliitoksien (Hallix Finland, 2019, s. 76). Diagonaaleja ei erikseen nurjahdustueta, vaan profiili valitaan siten, että sauvaa puristavan voiman mitoitusarvo ei ylitä nurjahduskestävyyden mitoitusarvoa. Putkiprofiili ei symmetrisen geometriansa vuoksi ole niin herkkä kiepahtamaan kuin esimerkiksi avonaiset profiilit.

Kaksinivelkehässä suurimmat puristusvoimat esiintyvät lumikuorman vaikutuksesta kehän nurkalla ala- ja sisäpaarteessa, ulko- ja sisänurkan yhdistävässä diagonaalissa sekä harjalla yläpaarteessa kuvassa 10 esitetyn periaatteen mukaan. Silloin alapaarteet harjalla sekä seinän ulkopaarre pysyvät vetorasitettuina eivätkä tarvitse nurjahdustuenta. Kun tarkastellaan kuormitustapausta, jossa lumikuormaa ei esiinny ja tuulikuorma on rakennuksen sivua vastaan kohtisuorassa, voivat rasitukset muuttua siten, että puristusta esiintyy myös ulkopaarteessa. Tämä ilmiö korostuu erityisesti kovan tuulikuorman vaikutuksesta, jolloin tuulen imu kumooa omasta painosta esiintyvää rakenteelle ominaista rasituskuviota.

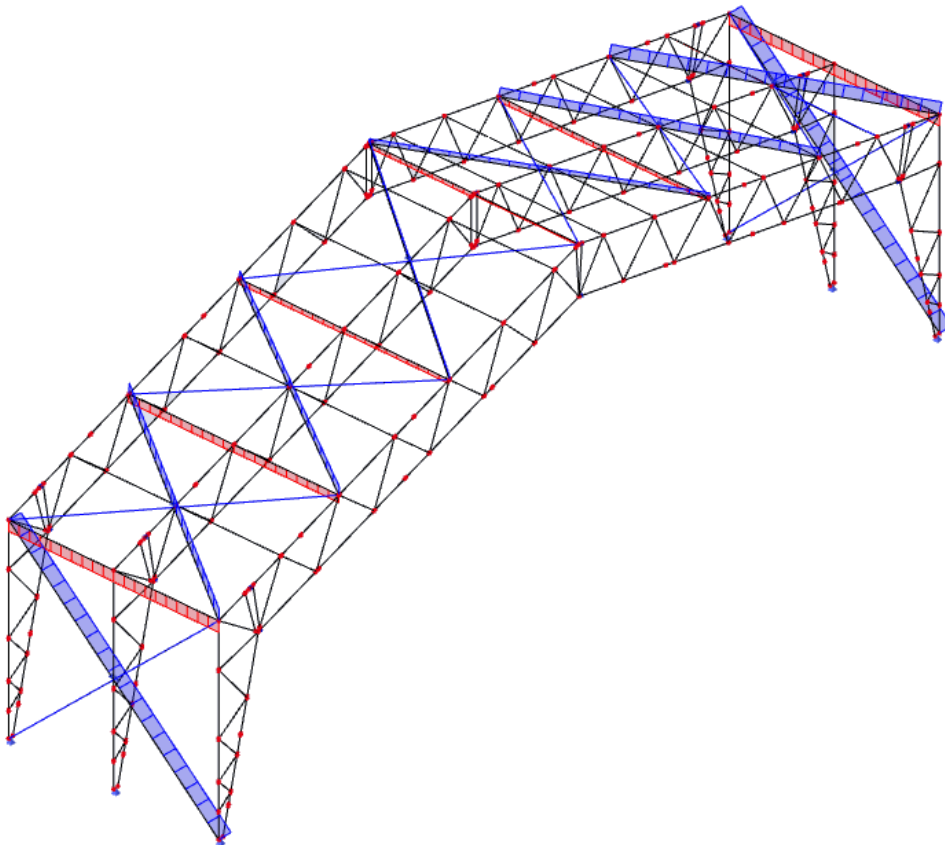


Kuva 10. Rakenteen normaalivoimien jakauman periaate, kun kehää kuormittaa kova sivutuuli.

Tällöin nurjahdustuennan tarve on myös seinän ulkopaarteessa ja jänneväliltään pienessä mutta korkeassa kehässä myös harja-alueen alapaarteessa.

### 3.4 Rakennuksen pituussuuntainen jäykistys

Rakennuksen pituussuuntainen jäykistys toteutetaan teräksisillä pelkästään vedolle mitoitetuilla S355J2H putkiprofiileilla. Putket asennetaan ristiin symmetrisesti, jotta kumpaankin suuntaan vaikuttava kuormitus välittyy aina vetona jäykisteissä eteenpäin perustusankkurille asti. Katto-orret toimivat puristussauvoina vetotankojen välillä. Periaate on esitetty kuvassa 11, jossa sininen väri kuvaa vetorasitusta ja punainen väri puristusrasitusta.



Kuva 11. Veto- ja puristusvoimien jakauma tuulisiteissä.

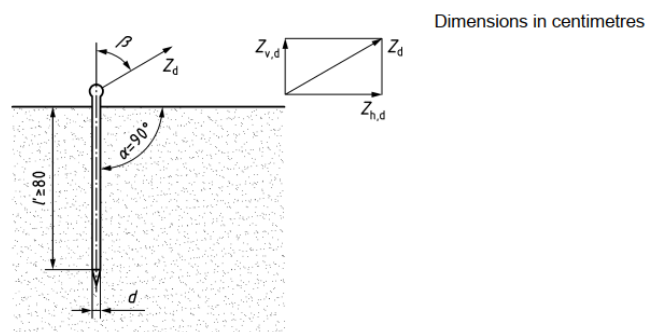
Tuulisiteillä jäykistetään kolme kehää paketiksi rakennuksen molemmista päistä. Jos rakennus on pitkä tai sijaitsee alueella, jossa tuulikuorma on suuri, Suomessa tyypillisesti merenranta, voidaan lisätä ”tuulijäykistepaketti” myös rakennuksen keskelle. Näin saadaan myös ankkuroitavia voimia jaettua pois eniten kuormitetuilta päätykehän ankkureilta. Kun perustustapana on maa-ankkurointi, tämä voi olla välttämätön toimenpide, koska ankkurin kapasiteetin liiallinen kasvattaminen ylöspäin suuntautuvaa voimaa vastaan ei ole järkevää.

### 3.5 Ankkurointi

Rakennus voidaan perustaa matalaperusteisesti teräsbetonilaatan tai -palkin päälle tai vaihtoehtoisesti maa-ankkureilla esimerkiksi valmiille asfalttikentälle. Usein asfalttikentän epätasaisuudetkaan eivät tule ongelmaksi, sillä ankkureihin voidaan tarvittaessa hitsata pieniä korokepaloja. Ankkurina käytetään U-teräsprofiilia, johon betoniperustusvaihtoehdossa hitsataan pohjaan tartuntateräkset ja maa-ankkurointivaihtoehdossa kylkeen hitsataan ohjaimet ankkurinauloille.

Betoniperustus vaihtoehtona on tarjouslaskijalle melko turvallinen, sillä se ei kuulu hallitointijan urakkaan. Ankkurit ovat suhteellisen pieniä, vaikka pääkannattajilta välittyvät kuormat olisivat suuria. Maa-ankkuroinnissa ankkurien koot ja niiden kiinnittämiseen käytettävien ankkurinaulojen lukumäärä sen sijaan on vaikeasti arvioitavissa ennen lopullisten perustuskuormien laskentaa.

Ankkuroinnin mitoituksessa otetaan huomioon ankkurin koko maahan kohdistuvan pintapaineen perusteella. Ankkuriin kohdistuva vaakavoima ja noste kumotaan maahan lyötävillä ankkurinauloilla. Mitoitus tehdään eurooppalaisen tilapäisten telttojen ja katosten kiinnittämistä koskevan Standardin SFS-EN 13782 (Suomen Standardoimisliitto (SFS), 2015) mukaan.



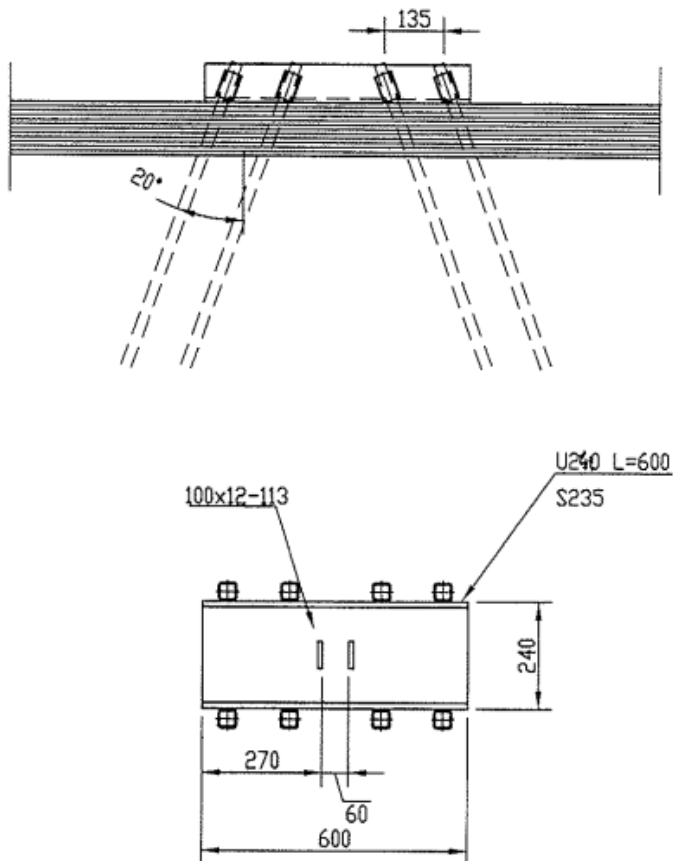
#### Key

- $Z_d$  design load bearing capacity of the rod anchor, in N;
- $Z_{h,d}$  horizontal design load bearing capacity of the rod anchor, in N;
- $Z_{v,d}$  vertical design load bearing capacity of the rod anchor, in N;
- $d$  diameter of the rod anchor, in cm;
- $l$  depth of penetration of the rod anchor, in cm;
- $\alpha$  angle of penetration of the rod anchor;
- $\beta$  angle of acting tensile force to the vertical.

Kuva 12. Maa-ankkuri (SFS, 2015, s. 24)

Naulojen mitoituksessa huomioidaan myös VTT:n teräsrakenteiden käyttöikäsuunnittelun julkaisussa (Leino ym., 1998, s. 7) määritelty korroosion aiheuttama paksuuden menetys.

Nauloina käytetään yleensä 1,2 metriä pitkiä lujuusluokaltaan S235 pyöröterästankoja, joiden paksuus on 25 mm. Jos ankkuriin vaikuttavat vaakavoima ja noste ovat pieniä, käytettävät naulamäärät pysyvät suhteellisen pieninä. Kun suuren tuulikuorman takia voimat kasvavat ja nauloja ei voi standardin mukaan asentaa aivan lähekkäin, kasvaa vaadittava ankkurin pituus huomattavasti. Pitkä ja kapea ankkuri ei toimi kehäjalan alla jäykkänä kapaleena, jotta voidaan olettaa kaikkien naulojen toimivan samanaikaisesti. Tällöin joudutaan käyttämään jäykempää ankkuria ts. kasvattamaan ankkurin leveyttä, ja se lisää huomattavasti ankkurin massaa.



Kuva 13. Maa-ankkuroinnin esimerkki. (Hallix Finland, 2019, s. 30)

## 4 TUTKIMUS JA TULOKSET

### 4.1 Lähtötietojen määrittäminen

Aiemmin yritykselle tehdyssä opinnäytetyössä (Kainua, 2022, taulukko 1) on luotu 5 tuoteperhettä. Tässä työssä otetaan tarkasteluun näiden tuoteperheiden kehät ja tarkastellaan niitä valituissa sijainneissa Keski- ja Etelä-Euroopassa.

Taulukko 1. Tuoteperheet (Kainua, 2022, s. 24).

Tuoteperhe	Jänneväli/m	Ristikon korkeus/mm	Seinäkorkeudet/m
1	12–18	1000	5–7
2	19–24	1200	5–7
3	25–31	1400	5–7
4	32–38	1800	5–7
5	39–44	1800	5–7

Tuoteperheistä valittiin tarkasteltavaksi sekä 5 metrin että 7 metrin seinäkorkeudella olevat kehät. Näin saadaan parhaiten esille kovan sivutuulen aiheuttamat muutostarpeet. Rakennuksen pituus tarjouksesta riippumatta on vakioitu samaksi vertailun yksinkertaistamiseksi.

Tarjouskannan perusteella on kuvassa 14 esitettyyn karttaan merkitty tarjottujen hallien sijainnit. Näissä sijainneissa on kohteen jänneväli ollut tuoteperheiden 1–5 alueella. Joidenkin kohteiden seinäkorkeus poikkeaa tuoteperheistä, mutta ne ovat valittu mukaan tutkimukseen sijainnin määritykseen.

Lumi- ja tuulikuormien arvojen määrittämiseen valituille sijainneille käytetään Dlubal Software Inc. RFEM- laskentaohjelman selaintyökalua. Syötetyille sijainnille ohjelma antaa Keski-Euroopan maissa käytetyt lumi- ja tuulivyöhykkeet ja kuormien perusarvot. Mitoitusarvot määritetään perusarvojen perusteella Standardien SFS EN 1991-1-3 (Suomen Standardoimisliitto (SFS), 2011b, s. 28–32) ja EN 1991-1-4 (SFS, 2011c, s. 43–48) mukaan.



Sijainneissa vaikuttavista luonnonkuormista seulottiin kaksi tyypillisintä yhdistelmää. Läntisimpien osien rannikoilla vaikuttava tuulikuorman ominaisarvo on jopa  $2,0\text{kN/m}^2$ , jota voidaan pitää ääritapauksena. Lumikuorman ominaisarvo tässä tapauksessa on  $0,5\text{kN/m}^2$ . Toiseksi tarkasteltavaksi vaihtoehdoksi valittiin kauempana rannikoista keskimäärin vaikuttavat tuulikuorma  $1,0\text{kN/m}^2$  ja lumikuorma  $0,7\text{kN/m}^2$



Kuva 14. Tarjottavien kohteiden sijainteja Euroopassa 2022–2023.

Kuormitusvaihtoehdot eri tuoteperheille määritettiin seuraavan taulukon mukaisesti, missä

$q_k(z)$  = puuskanopuspaine rakennuksen korkeudella  $z$

$s_k$  = lumikuorman ominaisarvo maassa

Taulukko 2. Tarkasteltavat tapaukset.

Tuoteperhe/ seinäkorkeus [m]	Kuormitustapaus KT	$q_k(z)$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$S_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]
1/5	1	1,0	0,7
	2	2,0	0,5
1/7	1	1,0	0,7
	2	2,0	0,5
2/5	1	1,0	0,7
	2	2,0	0,5
2/7	1	1,0	0,7
	2	2,0	0,5
3/5	1	1,0	0,7
	2	2,0	0,5
3/7	1	1,0	0,7
	2	2,0	0,5
4/5	1	1,0	0,7
	2	2,0	0,5
4/7	1	1,0	0,7
	2	2,0	0,5
5/5	1	1,0	0,7
	2	2,0	0,5
5/7	1	1,0	0,7
	2	2,0	0,5

## 4.2 Sekundääriosien määrien vertailu

Tuoteperheiden rakenteet mitoitettiin aiemmin valituille kuormituksille. Laskennassa käytettiin Standardin EN-1990-1-1 + A1 + AC (SFS, 2011, luku 6.4.3.2) mukaisesti määritettyjä kuormitusyhdistelmiä ja huomioitiin jäykistysjärjestelmän globaalit epätarkkuudet ja rakenteen stabiilius standardin EN 1993-1-1 (SFS, 2011, s. 33–34) mukaan. Globaaleilla epätarkkuuksilla otetaan huomioon pääkannattajien poikkeama pystysuoruudesta lisäämällä rakennemalliin ekvivalentit vaakavoimat siten, että ne vaikuttavat samaan suuntaan tuulikuormien kanssa eli mahdollisimman epäedullisesti.

Laskentatuloksia tarkasteltaessa huomattiin, että pieni lumikuorman arvo ei aiheuta tutkimuksen kannalta riittäviä muutoksia sekundääriosien määriin. Tuulikuorman lisäämisellä

suurimman lumikuorman kanssa saadaan isoimmat vaikutukset tarvittavien nurjahdusorsien määrään. Ankkurinaulojen määrän mitoittavimmaksi tekijäksi tuli tuulen aiheuttama noste. Suuri naulamäärä kasvattaa ankkurin kokoa, jolloin pystykuormilla ei enää ole riittävästä pintapaineesta johtuvaa vaikutusta ankkurin kokoa määritettäessä.

Laskentatuloksista saatujen arvojen perusteella koostettiin taulukko sekundääriosien tarpeesta ja verrataan niitä kaavioissa alkuperäisten tuoteperheiden tietoihin.

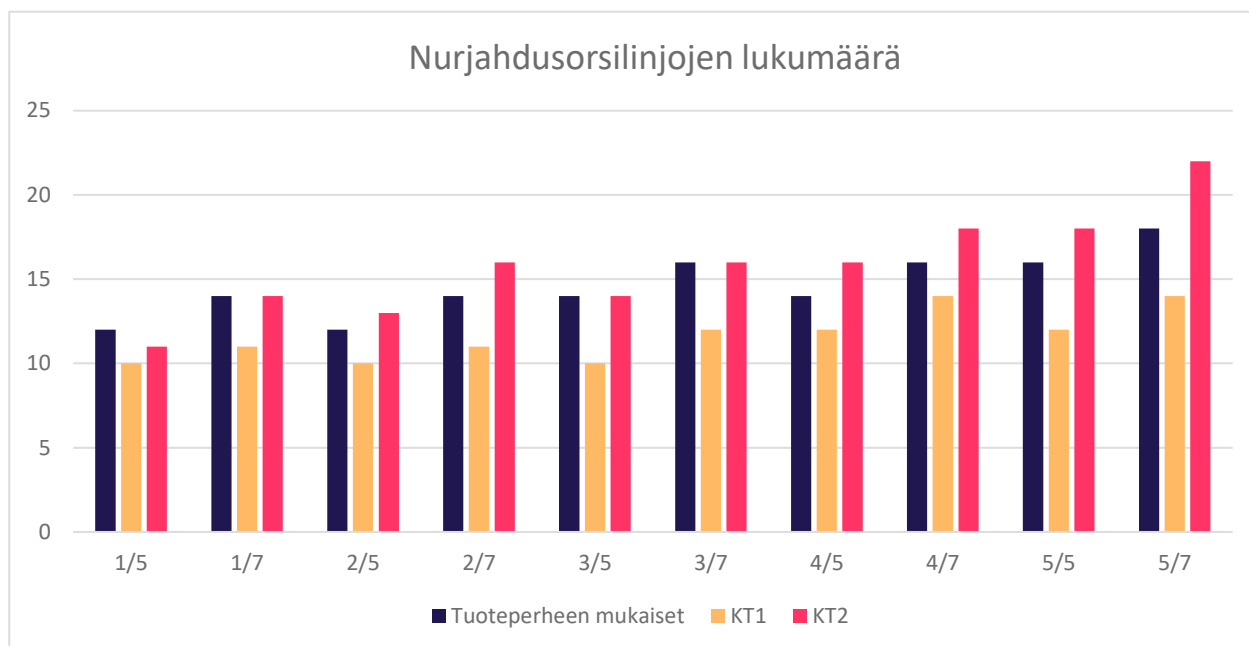
#### 4.2.1 Nurjahdusorret

Tuloksista kerättiin tiedot tarvittavista nurjahdusorsilinjojen määristä taulukkoon 3. Linjojen määristä kuormitustapausten välillä ja suhteessa alkuperäiseen määrään tehtiin vertailu, ja se kuvataan taulukossa 4.

Taulukko 3. Nurjahdusorsilinjojen määrät.

Tuoteperhe/ seinäkorkeus [m]	Kuormi- tusta- paus KT	Nurjahduorsilinjat alapaarteessa [kpl]	Nurjahduorsilinjat si- säpaarteessa [kpl]	Nurjahduorsilinjat ulko- paarteessa [kpl]
1/5	1	8	1	1
	2	8	1	2
1/7	1	8	2	1
	2	8	3	3
2/5	1	8	1	1
	2	10	1	2
2/7	1	8	2	1
	2	10	3	3
3/5	1	8	1	1
	2	10	2	2
3/7	1	8	2	2
	2	10	3	3
4/5	1	10	1	1
	2	12	2	2
4/7	1	10	2	2
	2	12	3	3
5/5	1	10	1	1
	2	14	2	2
5/7	1	10	2	2
	2	16	3	3

Taulukko 4. Nurjahdusorsilinjojen määrävertailu.



Tuloksien perusteella nurjahdusorsilinjojen kriittisin paikka on seinän ulkopaarre. Kuten kuvan 10 perusteella voidaan todeta kovan tuulikuorma vaikutuksen ulkopaarteeseen normaali-voimaan, oli tulos odotetun mukainen. Kahden metrin seinäkorotus aiheuttaa kahden linjan lisäämisen. Suomessa esiintyvää lumikuormaa pienempi arvo aiheuttaa kuitenkin sisä- ja alapaarteessa vähemmän puristusvoimaa, jolloin nurjahdustuentaa voidaan harventaa siten, että kuormitustapauksessa 1 jäädään orsilinjojen lukumäärässä aina tuoteperheen vakioitua määrää pienempään. Kuormitustapauksella 2 ero kasvaa hieman tuoteperheen eduksi vasta korkeammilla ja leveämmillä kehillä.

#### 4.2.2 Pituussuuntaiset jäykisteet

Päätyihin sijoitetut hallia pituussuunnassa jäykistävät tuulisidepaketit (kts. kuva 11) ovat riittäviä lukuun ottamatta kuormitustapauksia 2 tuoteperheillä 4/7, 5/5 ja 5/7. Hallin päädyissä olevat kehät eivät tule aivan ankkurin keskelle, jotta ankkurin reuna ei työnny liiaksi seinälinjan yli. Ankkurin todellinen kapasiteetti ei kasva, jos ankkuria pidennetään vain toiseen suuntaan. Siksi päätyankkuriin ei saada riittävästi kapasiteettia tuulen aiheuttamaa nostetta varten ja joudutaan lisäämään tuulisidepaketti myös rakennuksen keskialueelle jakamaan kuormitusta tasaisemmin.

### 4.2.3 Ankkurit ja ankkurinaulat

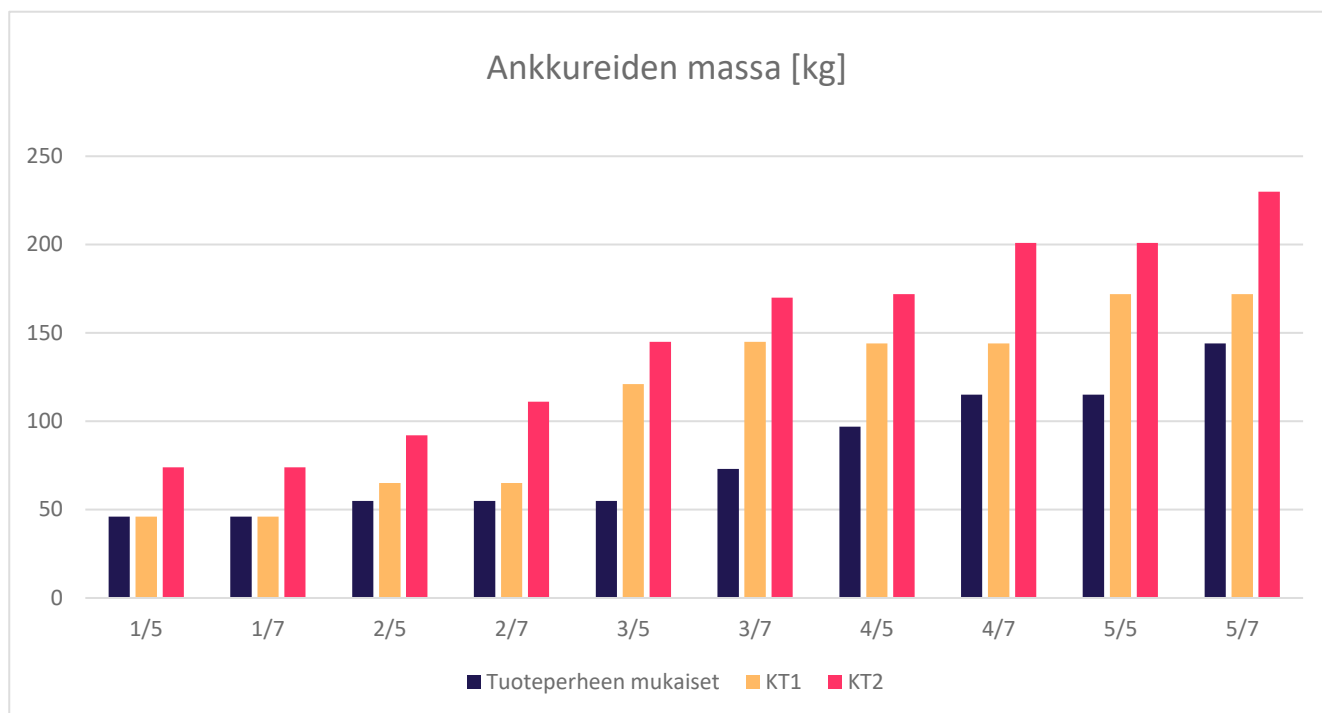
Ankkurin leveys vaihtelee tuoteperheittäin, joten ankkurin pituudet eivät ole tarjouslaskennan kannalta olennainen tieto. Vertailu on tehty ankkurin massalla, ja koska ankkurit tulevat molempien seinäjalkojen alle, on taulukossa 5 esitetty kahden ankkurin yhteispaino.

Taulukko 5. Ankkurit ja ankkurinaulat.

Tuoteperhe/ seinäkorkeus [m]	Kuormitustapa- us KT	Ankkuri [mm]	Ankkurinaulat / ankkuri [kpl]
1/5	1	500x300	6
	2	800x300	10
1/7	1	500x300	8
	2	800x300	10
2/5	1	700x300	8
	2	1000x300	12
2/7	1	700x300	8
	2	1200x300	14
3/5	1	1000x350	12
	2	1200x350	14
3/7	1	1200x350	12
	2	1400x350	18
4/5	1	1000x400	14
	2	1200x400	16
4/7	1	1000x400	14
	2	1400x400	20
5/5	1	1200x400	14
	2	1400x400	20
5/7	1	1200x400	16
	2	1600x400	24

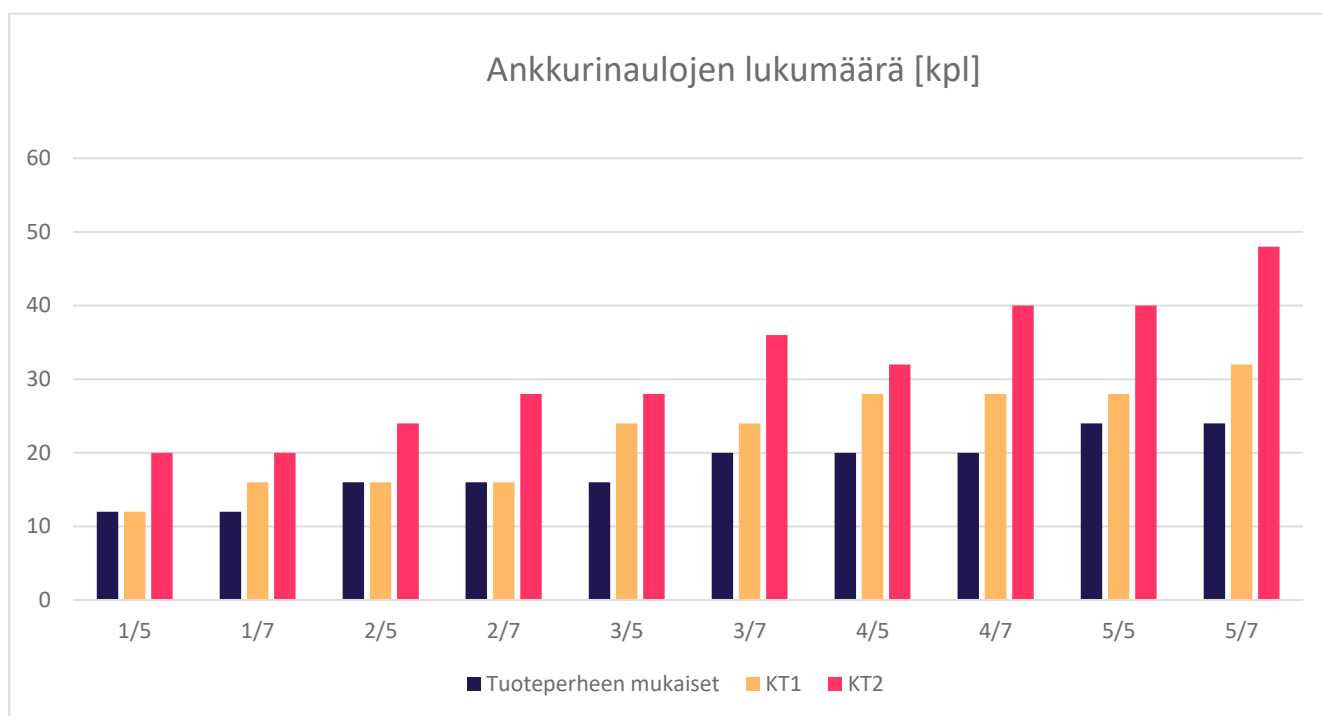
Ankkureiden massavertailu eri kuormitustapauksissa ja alkuperäisessä tuoteperheessä esitetään taulukossa 6 ja ankkurinaulojen määrävertailu taulukossa 7.

Taulukko 6. Ankkureiden massavertailu.



Ankkurinaulojen osalta vertailukelpoinen tieto on naulojen kappalemäärä. Tarjouksessa lasketaan massa ja asennuksen työmäärä per naula.

Taulukko 7. Ankkurinaulojen määrävertailu.



Ankkuroinnin kustannuksien kasvu on huomattava. Ankkurin ja naulojen profiilit ovat umpi-terästä, jolloin koko vaikuttaa massaan enemmän kuin putkiprofiileissa. Tuoteperheessä 1/7 ankkurin ja naulojen perusmassa on 101 kg kun kuormitustapaus 2:ssa se on 166 kg eli kasvua on noin 60 %. Tuoteperheessä 5/7 kuormitustapaus 2:ssa massa on 451 kg perusmassan ollessa 254 kg, jolloin eroa on yli 77 %. Pienempi lumikuorma ei vaikuta ankkurin kokoon edullisesti tarvittavan pintapaineen osalta, koska mitoittavaksi tekijäksi tulee aina tuulen aiheuttama noste ja siitä johdettava tarvittava naulamäärä.

### 4.3 Luonnonkuormien rajat

Tarkasteltavina olevien tapausten lumi- ja tuulikuormat oli määritelty realistisesti maksimiin haluttujen sijaintien perusteella. Tutkimuksessa nämä eivät aiheuttaneet ongelmia eikä esiintynyt tarvetta ylittää näitä alkuarvoja. Sarjojen kuormitustapauksissa 2 kokeiltiin mielenkiinnosta kasvattaa lumikuormaa, mutta silloin tuoteperheestä 2 eteenpäin pääkannattajille olisi joutunut tekemään muutoksia profiilien kokoon.

Asiakaskohtaiset tarpeet voivat joskus edellyttää suurempien ripustus- tai asennuskuormien tarkastelua, joita yleensä tarjoushinnoitteluvaiheessa voidaan peilata luonnonkuormien määrään. Esimerkiksi jos moduloidun kohteen sijainnissa vaikuttaa pieni lumikuorma, voidaan olettaa, että se jossain määrin kompensoi katolle ripustettavat taakat. Tätä periaatetta pystytään edelleen soveltamaan suunnittelu- ja myyntiorganisaation välillä kohdekohtaisesti, mutta tässä työssä siihen ei syvennytty tarkemmin.

## 5 YHTEENVETO

### 5.1 Kustannusvaikutukset

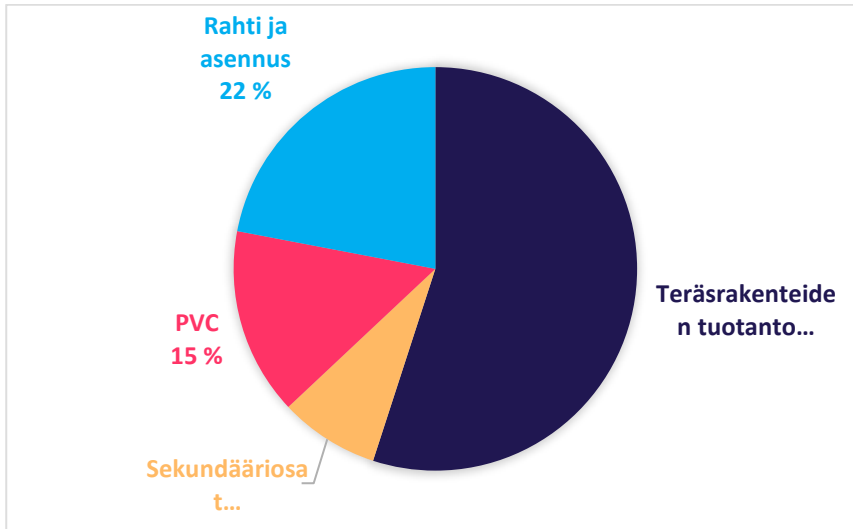
Tulokset tarkasteltavien tapausten vaikutuksesta hinnoitteluun kerättiin taulukkoon 8. Pienimmissä halleissa sarjan alkupäässä oli mahdollista jättää muutamia nurjahdusorsilinoja pois johtuen pienemmästä lumikuormasta. Näin ollen omakustannehintojen suhde tuoteperheiden mukaisesti laskettuihin hintoihin ei sarjan alkupäässä ole kovin merkittävä. Mitä korkeampi rakennus on, sen enemmän tulee kustannusvaikutuksia. Hallien koon kasvaessa tilannetta tasoittaa kuitenkin ankkureiden massan ja naulamäärän lisääntyminen. Sarjan loppupäätä kohti myös nurjahdusorsimäärä kasvaa ja lisätynä ankkuroinnin vaikutukseen saadaan jo vaikutukseltaan suurempia eroja. Pahimmassa tapauksessa viidennen tuoteperheen 7 metrin seinäkorkeudella olevassa hallissa ero on 6.5 prosenttiyksikköä.

Taulukko 8. Omakustannehinnan muutokset.

Tuoteperhe/ seinäkorkeus [m]	Kuormitusta- paus	Laskettu omakus- tannehinta
1/5	1	99,5 %
	2	100,0 %
1/7	1	99,5 %
	2	100,5 %
2/5	1	100,0 %
	2	102,0 %
2/7	1	101,0 %
	2	102,5 %
3/5	1	100,5 %
	2	103,0 %
3/7	1	102,0 %
	2	103,5 %
4/5	1	102,5 %
	2	104,0 %
4/7	1	102,5 %
	2	105,5 %
5/5	1	103,0 %
	2	106,0 %
5/7	1	104,0 %
	2	106,5 %



Esitetään muutoksia havainnollistava esimerkki, joka on tarjottu kohde Irlannin rannikolle lähelle Dublinia. Siellä on kuormitustapaus 2:sta vastaavat olosuhteet, ja halli kuuluu tuoteperheeseen 4 seinäkorkeudella 7 metriä. Tarjouslaskennassa hallin omakustannehinta muodostuu seuraavan kuvan mukaisesti.



Kuvio 1. Omakustannehinnan muodostuminen

Kuormitustapauksen 2 mukaan laskettujen sekundääriosien osuus nousee 3,5 prosenttiyksikköä. Halliin tulee lisää asennettavaa yksi tuulisidepaketti, kaksi linjaa nurjahdusorsia sekä kaksinkertainen määrä ankkurinauloja. Ankkureiden lisääntyneet massa ei vaikuta asennustyön määrään koska ankkureita joudutaan joka tapauksessa liikuttelemaan koneellisesti. Asennuksen osuus tarjoushinnasta nousee 2 prosenttiyksikköä. Tavoiteltu tarjouslaskennassa käytetty omakustannehinta on siten 105,5 % alkuperäisestä hinnasta.

## 5.2 Saavutetut hyödyt

Tuotteiden tarjouslaskennassa käytettävien omakustannushintojen laskemisessa onnistuttiin löytämään eroja nykyiseen pohjatietoon. Yli 3:n prosenttiyksikön eroa, joka saatiin useammassa tutkittavassa tapauksessa, voidaan pitää hinnoittelun kannalta merkittävänä. Lisääntyneet materiaalimenekki ja asennustyön määrä saadaan alustavassa kustannuslaskennassa kohdistettua oikein aine- ja työkustannuksiin. Näin saadaan myös vähennettyä jälkilaskennassa ylimääräisten kustannusten selvittämisestä ja litteroinnista tulevaa työtä.

Tutkimuksen tuloksena tarjouslaskennan avuksi luodaan alkuperäisten tuoteperheiden tapauksista muokatut laskentapohjat tarkastelluille tapauksille. Näin kerätty tieto on käytettävissä jo laskennan alkaessa ja lisääntyneet kustannukset ovat oikeilla nimikkeillä oikeilla kustannuspaikoilla.

### **5.3 Havaitut ongelmat ja huomiot**

Tutkimuksen rajauksilla poistettiin etukäteen tiedossa olevat ongelmat työn toteuttamiselle. Rakenteiden mitoittaminen tehtiin siten yksinkertaiseksi, koska mitoittavia kohteita eri kuormituksilla ja laskentatuloksista johdettavaa tietoa oli paljon.

Tutkimus ei poista kohdekohtaisen rakennelaskennan tarvetta. Eri maissa käytettävät suunnittelustandardien kansalliset liitteet voivat tuoda kohteen rakennuspaikan paikallisten olosuhteiden takia pieniä tarkennuksia kuormien varmuus- ja korotuskertoimiin.

### **5.4 Jatkokehitys**

Tutkimuksesta saatiin paljon dataa kuormien vaikutuksesta modulaaristen tuoteperheiden rakenneosiin. Työn tekemisen avuksi ja ohessa luotiin määrälaskentaprosessin kehittämiseksi Excel-pohjaista työkalua, jossa lähtötietoja ja -arvoja syöttämällä saadaan automaattisesti kohteen osaluettelo sekundääriosille. Koska yrityksellä oli aiempi tavoite laajentaa moduloitujen tuotteiden määrää ja variaatioita, tämän työkalun kehittäminen ja ylläpitäminen nähdään tärkeäksi. Tämän tutkimuksen laajentaminen vastaamaan tarpeisiin moduloidun hallin leventämisestä tai korottamisesta voidaan saada nopeasti käyttöön laajentamalla työkalun laskenta-aineistoa.

Vientikohteiden suuntautuessa Etelä-Eurooppaan on tullut maanjäristyksiin liittyviä vaatimuksia kohteiden lähtötiedoissa. Seismisten kuormien vaikutuksien huomioiminen oli rajattu tästä tutkimuksesta pois mutta se olisi tärkeä jatkokehityksen kohde. Rungon rakenne, jäykistysjärjestelmä ja rakenneosien väliset liitokset voivat pienillä muutoksilla mahdollistua hyvin maanjäristysalueelle rakennettavaksi.

## 6 POHDINTA

Tutkimuksen tavoitteena oli kehittää tarjouslaskentaprosessia tarkentamalla Keski-Euroopassa esiintyvien erilaisten luonnonkuormien vaikutusta teräsrakenteisen PVC-hallin sekundäärisiin rakenneosiin ja niiden hintavaikutukseen. Vaikka tutkimuksen laajuuteen tehtiin paljon rajauksia, oli työn sisältö laaja ja rakennemallien käsittely, tulosten kerääminen ja niiden jatkokäsittely suuritöistä. Keskeinen apu oli yrityksessä aiemmin luotujen laskentamallien olemassaolo ja tietenkin työn pohjana olleet moduloidut tuoteperheet.

Tutkimustuloksista ei saatu myyntiorganisaation toivomia tuotteiden hintaa merkittävästi laskevia tekijöitä. Tutkimuksessa huomattiin, että mahdollisuuksia materiaalisäästöihin on pääkannattajien profiileissa, mutta ne eivät olleet tämän tutkimuksen aiheena. Silloin joudutaan valitsemaan moduloidun tuotteen myymisen sijaan tilauskohtainen tuote, ja kuten Kainua (2022, s. 38) opinnäytetyössään osoitti, ei materiaalisäästö aina takaa lopullisia kustannussäästöjä. Tulosten perusteella saatiin kuitenkin arvokasta tietoa hintaa korottavista tekijöistä, jotka kustannuslaskennassa huomiotta jääneinä ovat hankkeiden kustannustehokkuuden kannalta haitallisia. Tuloksista nähdään selkeästi rakennuksen seinäkorkeuden ja kovan tuulen yhteisvaikutus sekundääriosien ja asennustyön määrän kasvuun. Tämä on tärkeää tietoa yrityksen tarjouslaskentaprosessiin ja kehittää toivotulla tavalla vientikohteiden laskentatarkkuutta.

Tutkimukseen ei löydetty luotettavaa tapaa mitata työn epäsuoria hyötyjä yritykselle. Rakennanalyysien ja laskentatyön suorittaminen auttoi kuitenkin suunnitteluosastoa kehittämään edelleen hoikkien ja suuria siirtymiä omaavien mallien käsittelyssä. Suunnittelustandardeihin ja laskentaohjelman asetuksiin syvempi perehtymien oli hyödyllistä suunnittelu-työn jatkoon kannalta. Myös yleisesti työn aikana tapahtunut tiedon leviäminen rakennuksen muodon ja kuormien vaikutuksesta tuotteeseen nähtiin kehittävänä yli osastorajojen. Myös ymmärrys modulaarisuuden hyödyistä ja rajoitteista eri osastojen toiminnassa selkeytyi.

Tutkimukselle asetetut tavoitteet saatiin täytettyä ja työ loi myös uusia jatkokehityssajatuk- sia. Suomeen kehitetyt tuoteperheet eivät ole kustannuksiltaan optimaalisia Keski-Euroop- paan, joten volyymien kasvaessa yrityksessä kannattaa harkita uuden tuoteperhesarjan luomista nimenomaisesti vientimarkkinoille. Pääkannattajien suurimpia profiileja olisi varaa

hieman keventää. Tuotteena PVC-halli on määrälaskentaprosessin kannalta yksinkertainen, joten työn aikana kehitettyä Excel-pohjaista työkalua on mahdollista kehittää huomattavasti pidemmälle.

## LÄHTEET

Alhola, K. (2016). Toimintolaskenta. (5. uud. p.). Alma Talent.

Asiakastieto. (i.a.). *Taloustiedot*. <https://www.asiakastieto.fi/yritykset/fi/hallix-finland-oy/30860626/taloustiedot>

Hallix Finland. (2019). *Suunnitteluohjeet*.

Järvenpää, M., Länsiluoto, A., Partanen, V., & Pellinen, J (2013). Talousohjaus ja kustannuslaskenta (2. uud. painos). Sanoma Pro Oy.

Kainua, E. (2022). *Teräsrunkoisten PVC-hallien rakenteiden modulointi* [ylempi AMK-opinnäytetyö, Seinäjoen ammattikorkeakoulu]. Theseus. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-202204195341>

Kananen, J. (2017). *Laadullinen tutkimus pro graduna ja opinnäytetyönä*. Jyväskylän ammattikorkeakoulu

Kasanen, E., Lukka, K. & Siitoinen, A. (1991). Konstruktiivinen ote liiketaloustieteessä. *Liiketaloustieteellinen aikakauskirja* 3, 301–329.

Koski, H. (1997). *Rakennushankkeen tuotannonsuunnittelu ja -ohjaus*. Rakennustieto

Laitinen, E. (2007). *Kilpailukykyä hinnoittelulla*. Talentum Media.

Leino T., Häkkä-Rönholm E., Nieminen J., Koukkari H., Hieta J., & Vesikari E. (1998). *Teräsrakenteiden käyttöikäsuunnittelu*. VTT Rakennustekniikka.

Rakennustieto. (1982). *Rakennusalan urakkakilpailun periaatteet* (RT 16-10182).

Rakennustieto. (2001). *Urakkatarjouspyynnön ja urakkatarjouksen laatiminen* (RT 16-10744).

Rakennustieto. (2002). *Urakkamuodot ja -asiakirjat* (RT 16-10768).

Saastamoinen, A. & Autio, I. (2017). *Sähköurakoitsijan tarjouslaskenta* (4. uud. p.). Sähköinfo.

Suomen rakennusinsinöörien liitto (RIL). (2013). *NR-kattorakenteen jäykistyksen suunnittelu ja toteuttaminen* (RIL 248-2013).

Suomen Standardoimisliitto (SFS). (2005). *Teräsrakenteiden suunnittelu osa 1–1: yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt*. (SFS EN 1993-1-1).

Suomen Standardoimisliitto (SFS). (2006). *Rakenteiden suunnitteluperusteet* (SFS EN 1990 + A1 + AC).

Suomen Standardoimisliitto (SFS). (2011a). *Rakenteiden kuormat. Osa 1–1: Yleiset kuormat* (SFS EN 1991-1-1).

Suomen Standardoimisliitto (SFS). (2011b). *Rakenteiden kuormat. Osa 1–3: Lumikuormat* (SFS EN 1991-1-3).

Suomen Standardoimisliitto (SFS). (2011c). *Rakenteiden kuormat. Osa 1–4: Tuulikuormat* (SFS EN 1991-1-4).

Suomen Standardoimisliitto (SFS). (2015). *Temporary structure. Tents. Safety*. (SFS-EN 13782).

Tiainen, T. & Papula, S. (2020). *Teräsrakenteiden suunnittelu ja mitoitus. Eurocode 3 – oppikirja*. Teräsrakenneyhdistys.

Vuorela, K., Urpola, J., & Kankainen, J. (2001). *Johdatus rakentamistalouteen*. Otamedia.