



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Jani Hukkanen

LGS telinesääsuojiin ankkuroinnin mitoitus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennetekniikka

Insinöörityö

25.4.2020

Tekijä Otsikko	Jani Hukkanen LGS telinesääsuojiin ankkuroinnin mitoitus
Sivumäärä Aika	50 sivua + 1 liite 25.4.2020
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma
Ammatillinen pääaine	Rakennetekniikka
Ohjaajat	Suunnittelupäällikkö Kimmo Matikainen, PERI Suomi Laboratorioinsinööri Matti Leppä, Metropolia
<p>Insinööriä tehtiin PERI Suomi Ltd Oy:lle. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on kehittää laskentaohjelma telinesääsuojan ankkurointivoimien määrittämiseen. Tavoitteena on tutkia olemassa olevien standardien pohjalta rakenteiden kuormien määrittämistä sääsuojarakenteille. Vertailukohteina käytettiin PERI:n omaa LGS suunnitteluohjetta, RIL:n yksinkertaistettua laskentatapaa ja RSTAB:n mallinnusohjelmasta saatuja tuloksia. Vertailemalla tuloksia varmistetaan insinööriä laskentaohjelman paikkansapitävyys.</p> <p>Mitoitusta varten valittiin tavanomainen lyhyen jännevälän sääsuojakohte, jota rasittaa oman painon lisäksi todenmukaiset, mutta ennalta määritetyt sääolosuhteet. Suunnittelu- perusteena käytettiin eurokoodiin pohjautuvia standardeja, jotka parhaiten soveltuvat telinesääsuojarakenteiden suunnitteluun. Työtelineitä ei otettu tässä vertailussa ollenkaan huomioon, koska PERI LGS-suunnitteluohje ei ota kantaa työtelineiden laskentaan ja RSTAB:lla ei saatu laskettua kuin sääsuojalle kohdistuvat kuormat. Haastavaa lopputulokseen pääsemiseksi oli sääsuojakohteiden mitoittamiseen sovellettavien standardien vähäisyys tai tietolähteiden hajanaisuus. Sääsuojakonaisuuden laskennassa haastavinta on ilmanpaineen epätasaisuus ja sen vaikutus voimien muuttumiseen.</p> <p>Laskentatavoista huolimatta kaikista tuloksista saatiin keskenään hyvin lähekkäiset arvot, mukaan lukien laskentaohjelmasta saadut kuormat. Näin ollen työssä todettiin laskentaohjelman olevan riittävän luotettava tavanomaisten sääsuojakohteiden laskennassa.</p>	
Avainsanat	Seinäankkuri, ankkurivoimat, sääsuojateline, sääsuojaus

Author Title	Jani Hukkanen Anchoring desing of LGS Scaffold Weather Protection
Number of Pages Date	50 pages + 1 appendices 25 April 2020
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Civil engineer
Professional Major	Structural engineering
Instructors	Kimmo Matikainen, Head Of Engineering, PERI Suomi Matti Leppä, Laboratory Engineer, Metropolia
<p>The engineering thesis was done for PERI Suomi ltd Oy. The purpose of this thesis was to develop a calculation program for determining the anchoring forces of a scaffold weather protection roof. The aim is to examine the determination of structural loads for weather protection roof scaffolding structures based on the existing standards. The reference points were PERI's own desing guidelines, RIL's simplified calculation method and the results obtained from RSTAB's modeling program. By comparing the results, the accuracy of the calculation program is ensured.</p> <p>For the calculations, a standard apartment house construction site with short span weather protection. Eurocode-based standards that are best suited for the desing of scaffold weather protection structures were used as the design basis. The challenge in reaching the end result was the lack of standards applicable to the sizing of weather protection sites or the fragmentation of data sources. The most challenging factor in calculating the weather protection package is the unevenness of the air pressure and its effect on the change of forces.</p> <p>The values did not differ much, although there were many methods of calculation. Thus, the work found that the calculation program is sufficiently reliable in the calculation of conventional weather protection sites.</p>	
Keywords	wall anchor, anchor forces, weather protection roof

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Telinesuunnittelu ja rakentaminen	2
2.1	Telineiden luokittelu	2
2.2	Yleiset vaatimukset ja asiakirjat	3
2.3	Telinesuunnittelu	4
2.4	Telineiden pystytys ja purku sekä muutostyöt	5
3	Ankkurointi	7
3.1	Seinäankkurointi	8
3.2	Ankkurointi ja tuentamenetelmät	11
4	LGS telinesääsuoja	12
5	Rakenteiden kuormat ja suunnitteluperusteet	13
5.1	Lumikuormat	13
5.2	Hyötykuorma ja pysyvä kuorma	14
5.3	Tuulikuorma	15
5.4	Kuormayhdistelmät ja osavarmuuskertoimet	16
6	Rakenteiden kuormien määrittäminen PERI telineille	18
6.1	Lumikuorma	20
6.2	Tuulikuorma	20
6.2.1	Painekertoimet	21
6.3	Hyötykuorma ja pysyvä kuorma	24
6.4	Kuormayhdistelmät	24
6.4.1	Ylöspäin suuntautuva enimmäiskuorma	25
6.4.2	Alaspäin suuntautuva enimmäiskuorma	25
6.4.3	Ankkurointivoimien mitoittavat kuormayhdistelmät	26
7	Ankkurointivoimien määrittäminen Excel-laskentaohjelmalla	26

7.1	Suunnitteluohje	28
7.2	Seinäankkureiden kuormat	30
7.3	Kattoristikon ja perustusten kuormat	41
7.4	Tarkistaminen ja vertailu	44
8	Tulokset	49
9	Yhteenveto	50
	Lähteet	51
	Liitteet	
	Liite 1. Laskentaohjelman tulostettava versio	

Lyhenteet

PERI	Saksalainen muotti- ja telinevalmistaja
PERI UP	PERI:n elementtitelinemalli
PERI UP LGS	PERI:n telineosista koottu sääsuojakatto
C _{pi}	Sisäisen paineen painekerroin
C _{pe}	Ulkoisen paineen kerroin

1 Johdanto

Tämä opinnäytetyö tehdään PERI Suomi Ltd Oy:lle. PERI Suomi vuokraa ja myy emoyhtiön valmistamia betonimuotti-, tuenta- ja telinejärjestelmiä sekä niihin liittyviä oheistuotteita ja palveluita. PERI on perustettu vuonna 1969 ja on yksi maailman suurimmista muotti- ja telinevalmistajista. Päätoimipaikka toimistoineen ja tuotantotiloineen sijaitsee Weissenhornissa, Etelä-Saksassa. Tytäryhtiöitä on 70 eri maassa, joista yksi on PERI Suomi, ja logistiikkakeskuksia yli 120 ympäri maailmaa. Yrityksen palveluksessa on jo yli 8700 työntekijää, ja liikevaihto oli vuonna 2018 yli 1,5 miljardia. PERI Suomi Ltd Oy on perustettu vuonna 1993. Pääkonttori sijaitsee Hyvinkäällä ja muut sivutoimipisteet Haukiputaalla, Tampereella, Kaarinassa, Joensuussa sekä Kuopiossa. Yrityksessä työskentelee tällä hetkellä yli 100 työntekijää.

Opinnäytetyön aiheeseen vaikutti PERI:lle saatava uusi tuote, jota ei aikaisemmin ole käytetty suomessa. Työn tavoitteena on toteuttaa laskentaohjelma ja siihen suunniteluohje, joilla mitoitetaan PERI UP telineisiin ja PERI UP LGS Light sääsuojakatokseen yhtäaikaaisesti kohdistuvien voimien vaikutus seinäankkuroinnin mitoitukselle. Tämän tarkoituksena on nopeuttaa telinekokonaisuuden mitoitusprosessia. PERI UP LGS Light on PERI Suomelle uusi tuote, jolle ei ole vielä vakiintunutta laskentatapaa.

2 Telinesuunnittelu ja rakentaminen

Rakennusalalla suurin osa työympäristöstä muodostuu työtasoista ja kulkuteistä. Tilapäiset työtasot ja kulkutiet toteutetaan telineillä. Alalla myös yli puolet tapaturmista aiheutuu työympäristön vaikutuksesta ja näistä vakavimmat liittyvät useimmiten telinerakenteisiin ja tikkaisiin. Tämän vuoksi rakennustyöt asettavat telinerakentamiselle erityisiä vaatimuksia [3, s.141]:

Eri työvaiheet seuraavat toisiaan, työympäristö muuttuu ja työkunnat vaihtuvat, työmaalla toimii useita itsenäisiä urakoitsijoita. Jotta asianmukainen teline olisi oikeassa paikassa oikeaan aikaan, edellyttää tämä asioihin etukäteen varautumista sekä telinerakenteiden ja telinerakentamisen osaamista. Ellei näin tehdä eikä osaamista löydy, ajaututaan tilanteisiin, joissa telineet aiheuttavat suuria työtapa-turmariskejä tuotannollisten ongelmien lisäksi.

2.1 Telineiden luokittelu

Työtelineet jaetaan rakenteensa mukaisesti:

- julkisivutelineisiin
- siirreltäviin telineisiin
- uloketelineisiin
- riipputelineisiin
- riippuviin telineisiin
- pukkitelineisiin
- työpukkeihin

Toteutustapansa perusteella telineet jaetaan:

- elementtitelineisiin
- paikalla rakennettuihin telineisiin

Elementtitelineet puolestaan jaetaan rakenteensa mukaan sauva- ja kehäelementtitelineisiin, usein myös materiaalinsa puolesta teräs- tai alumiinitelineisiin. [2, s.15.]

PERI Suomella on käytössään vain teräksisiä elementtitelineitä, joten tässä insinöörityössä tarkastellaan vain kyseisiä telineitä. PERI käyttää omia laskentataulukoita ja suunnitteluohjeita omien telineiden mitoittamisessa, jotka kuitenkin pohjautuvat eurooppalaisiin standardeihin.

2.2 Yleiset vaatimukset ja asiakirjat

Telinetyön päätoteuttajalla on vastuu asianmukaisesta asennuksesta ja määräysten mukaisesta suunnittelusta. Tilaajan on saatava vähintään elementtitelineiden käyttöohje, jota on noudatettava. Kohteesta riippuen on tarpeellista laatia tilaajalle myös rakennesuunnitelma ja käyttösuunnitelma.

Valtioneuvoston säätämän asetuksen VNa 205/2009 51 §:n mukaan [2, s.31.]:

Telineiden lujuus osoitetaan riittäväksi standardien, elementtitelineiden käyttöohjeiden tai muiden vastaavien asiakirjojen sisältämien kokonais- tai osaratkaisujen perusteella.

Jos tällaisia kokonais- tai osaratkaisuja ei käytetä, on oltava asiantuntijan laatimat telineiden ja kulkuteiden lujuuslaskelmat ja piirustukset.

Telinerakentamisessa elementtitelineiden käyttöohje on tärkeä työkalu. Ohjeessa luokitellaan mm. työtelineen käyttötarkoitukset, työtelineen rakenne-, kokoamis- ja ankkurointiratkaisut eri käyttötarkoituksiin sekä työtasojen suurin sallittu kuorma. Päätoteuttajan tulee huolehtia asianmukaisesta suunnittelusta, ja arvioi onko elementtitelineiden käyttöohjeen lisäksi laadittava erillinen rakennesuunnitelma. [2, s.31-32.], [1, 52§.]

Elementtitelineen käyttöohjeen tiedot tulee olla asetuksen VNa 205/2009 52§ mukaiset. Rakennesuunnitelma tulee tehdä, jos elementtelineen käyttöohjeessa ei ole tarpeellisia tietoja tai työteline poikkeaa käyttöohjeesta. Rakennesuunnitelmassa käsitellään työtelineen rakennetta ja suunnittelun perusteita ja suunnitelmasta on käytävä ilmi muun muassa rakenneosien materiaalit, rungon ja työtasojen rakenne mittoineen sekä ankkurointi ja muut seisontavakautta lisäävät rakenteet. Suunnittelun perusteiden yhteydessä määritetään lisäksi mm. työtelineen käyttötarkoitus, mitoituksessa käytetyt kuormat ja kuormayhdistelmät sekä työtasojen suurin sallittu kuorma. [2, s.32.], [1, 53§].

Rakennesuunnitelman lisäksi telineestä on laadittava käyttösuunnitelma, jos työtelineellä suuren korkeutensa tai kokonsa, vaaraa aiheuttavan sijaintinsa, erityisen käyttötarkoituksensa tai muun vastaavan tekijän vuoksi on olennainen vaikutus työmaa-alueen käyttöön. Käyttösuunnitelman tarkoituksena on täydentää muita saman työmaan muita turvallisuussuunnitelmia. Käyttösuunnitelmassa käsitellään mm. työtelineen käyttöä eri vaiheissa. Eri ajankohtien aiheuttamia vaaroja sekä niiden torjuntaa käsitellään myös suunnitelmassa. [2, s.33; 1, 54§].

2.3 Telinesuunnittelu

Telinesuunnittelussa laskelmat toteutetaan rakenteiden mekaniikan ja lujuusopin periaatteella ja mitoitus tehdään sallittujen jännitysten tai rajatilatarkastelujen perusteella. Lujuuslaskelmat toteutetaan telineosien materiaalin suunnitteluohjeiden mukaan. Mitoituksen tukena voidaan käyttää koekuormitusta. Työtelineen mitoituskuormien valinnassa, käyttö- ja murtotilatarkasteluissa sekä materiaalien osavarmuuskertoimien valinnassa tulee aina tehdä samat valinnat saman standardin sisältä. Elementtelineiden suunnittelussa käytetään valmistajan määrittämiä ohjeita. [1, s.40-42.]

Työtelineet on suunniteltava siten, että kaikki työskentely ja liikkuminen voidaan tehdä turvallisesti pystytysvaiheessa, työskentelyvaiheessa kuten myös purkuvaiheessa. Jo suunnitteluvaiheessa tulee ottaa huomioon työskentelytasojen tarkoituksenmukaisuus työn luonteeseen liittyen, riittävä työtason leveys ja perustettavan alustan kestävyys. [2, s. 34.]

Telinesuunnittelussa käytettäviä suunnitteluohjeita:

RIL 142-2010 Työtelineet ja putoamisen estävät suojarakenteet.

SFS-EN 16508:2015 Tilapäisrakenteet. Sääsuojuukset. Toiminnalliset vaatimukset ja yleinen suunnittelu.

RIL 201-1-2011 Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat.

RIL 147-2006 Tukitelineet ja muotit.

Telinevalmistajan käyttö-, asennus- ja suunnitteluohjeet

Työtelineen suunnitelman laatijan tulee olla työturvallisuusmääräysten mukaan riittävän pätevä. Riittävän pätevyyden määrittämiseen vaikuttavat mm. suunnittelijan koulutustaso ja käytännön kokemus suunnittelutöistä. Päätoteuttaja arvioi suunnittelijan riittävän pätevyyden ja ottaa tässä huomioon suunnittelutehtävän haasteellisuuden ja telinerakenteen ominaisuudet. Käytettävän telinejärjestelmän ominaisuuden tulee olla tarkoin selvillä rakenne- ja käyttösuunnitelmia laadittaessa. Jos työtelineen korkeus on yli kymmenen metriä tai telineissä on käytettävä ankkurointia taikka se on muulla tavalla vaativa, tulee rakennesuunnitelman laatijalla olla vähintään: teknillisen alan ammattikorkeakoulututkinto, sitä vastaava alempi tutkinto tai teknikkotason tutkinto. Näiden lisäksi vaaditaan myös riittävää perehtyneisyyttä telinerakenteisiin. [2, s.33-34.]

2.4 Telineiden pystytys ja purku sekä muutostyöt

Työteline tulee kasata elementtelineen käyttöohjeen, rakennesuunnitelman ja käyttösuunnitelman mukaisesti. Kokoaminen ja purkaminen täytyy suorittaa niin, että työntekijän putoamisvaara on mahdollisimman vähäinen. Työtasot ja nousutiet tulee tehdä valmiiksi mahdollisuuksien mukaan mahdollisimman nopeasti. Näin ne ovat apuna jo asennustyön aikana. Myös turvalajaiden käyttöön on varauduttava pystytystöissä, koska se on useassa tapauksessa ainoa keino putoamisvaaran torjumiseksi. [3, s.151.]

Telinetyö vaatii työntekijöiltä ja työn johtajalta erityistä osaamista ja perehtyneisyyttä, mistä asetuksessa VNa 205/2009 87§ määrätään seuraavaa [2, s.35-36]:

Telineen saa pystyttää, purkaa ja muuttaa vain pätevän henkilön johdolla sellainen työntekijä, jolle on annettu suunniteltuihin tehtäviin liittyvä ja erityisiä vaaroja koskeva erityisopastus ja ohjeet ainakin seuraavista asioista:

- 1) telineiden pystyttämisen, käytön ja purkamisen suunnitellut työvaiheet;
- 2) turvallisuus telineen pystytyksen, purkamisen tai muuttamisen aikana;
- 3) toimenpiteet henkilöiden tai esineiden putoamisvaaran ehkäisemiseksi;
- 4) telineiden turvallisuutta heikentäviin sääolosuhteiden muutoksiin liittyvät turvatoimet;
- 5) sallitut kuormitukset;
- 6) muut pystytykseen, purkamiseen tai muuttamiseen liittyvät mahdolliset vaarat.

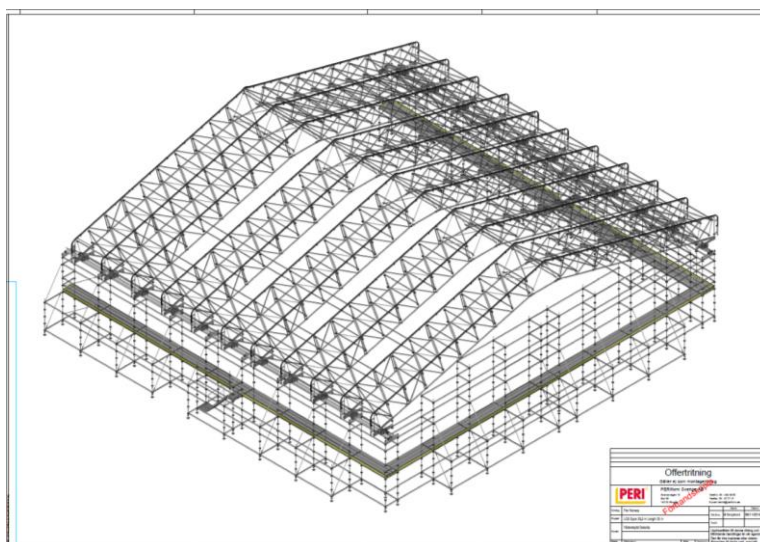
Työtä johtavalla henkilöllä ja asianomaisilla työntekijöillä on oltava 52 §:ssä tarkoitettu käyttöohje sekä tarvittaessa 53 §:ssä tarkoitettu rakennesuunnitelma ja 54 §:ssä tarkoitettu käyttösuunnitelma.

Pystytettäessä, purettaessa tai muutettaessa telinettä, on keskeneräinen osa merkittävä käytön kieltävin varoitusmerkein ja pääsy vaaralliselle alueelle on suljettava asianmukaisin estein.

Telineyritysten asentajien on mahdollista saada työtehtävän vaativuuden mukaan määräytyvä henkilösertifiointi, joka koostuu peruskoulutuksesta, telineasentajan koulutuksesta, vaaditusta kokemuksesta ja suoritetusta tutkinnosta. Jos kuitenkin rakennustyömaalla toimiva yritys kokoaa itse telineensä, työnjohdolla tulee olla valmiudet erityisopastukselle.

3 Ankkurointi

Ankkuroinnin tehtävä on estää telineen kaatumisen ja telineen tai sen osan nurjahtaminen siirtämällä telinekokonaisuuteen kohdistuvat vaakasuuntaiset voimat ankkuroituun tukirakenteeseen. Ankkureita on oltava riittävä määrä, jotta teline tai sen osa ei vaakakuormien vaikutuksesta pääse irtomaan tukirakenteesta, johon se on ankkuroitu. Ankkurointi siirtää pituus- ja poikkisuuntaisia vaakavoimia telineeltä tukirakenteeseen. Tuulikuorma aiheuttaa ankkureille kokonaiskuorman telineen poikkisuunnassa, mutta osittain pituussuunnassa. Tähän vaikuttaa telineen korkeus, mikä määrittää kuinka suuri osa kuormasta jakautuu ankkureiden ja sivuvinositeiden välille. Jos elementtelinettä ei ankkuroida telineen käyttöohjeen mukaisesti, ankkurointi on suunniteltava erikseen. [2, s.50-52.]



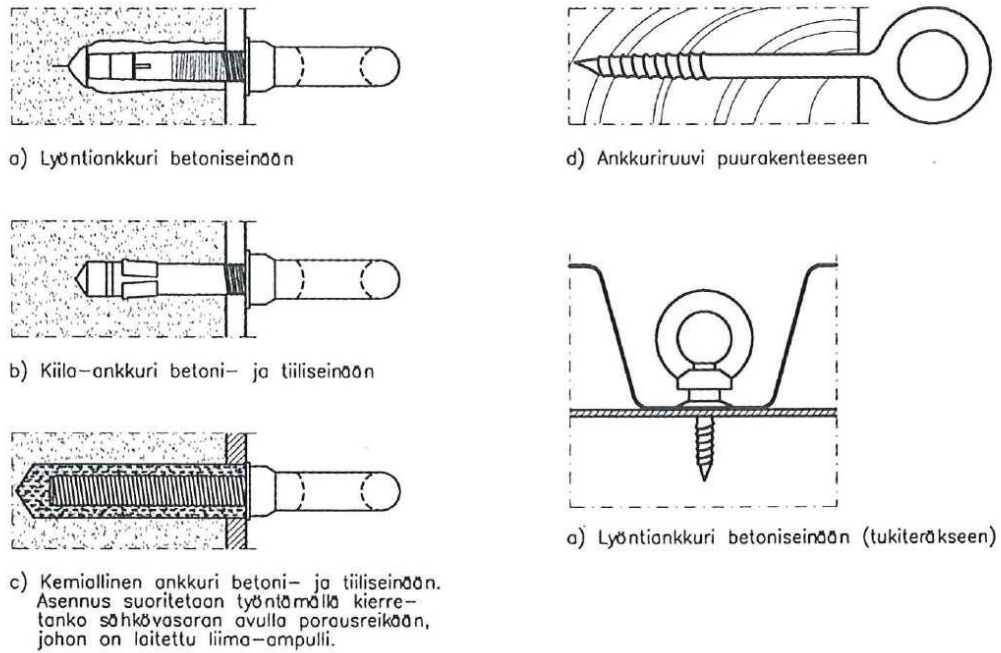
Kuva 1. Ankkuroimaton työteline sääsuojaalla

Tässä työssä tarkastellaan eritoten työtelineen ankkurointitapaa ja siihen liittyvää laskentaa. RIL 142-2010 antaa ankkuroinnin määrään tarvittavia likimääräisiä kuormia ja laskentamenetelmät ovat myöskin todella yksinkertaistettuja. Tästä syystä laskennan apuna on hyvä käyttää myös SFS-EN 16508:2015, mikä on laskennallisesti tarkempi kuin RIL. Standardissa otetaan myös huomioon tuulenoheuspaineen eroja, mitkä vaikuttavat suuresti telineelle jakautuviin tuulikuormiin. SFS-EN 16508:2015 on ainoa standardi, mikä ottaa kantaa telineiden lisäksi myös sääsuojiin mitoituseseen. Sääsuojauskohteille ei ole erikseen annettu ohjeita ankkurointivoimien laskemiseen.

3.1 Seinäankkurointi

Ankkurointi toteutetaan melkein aina ankkuriputkella ja siihen liitettävällä seinäankkurilla. Seinäankkuri kiinnitetään useimmiten tukirakenteeseen oletuksena, että rakenne kestää ankkurivoiman. Ankkuriputki on yleensä standarditelineputkea, jonka voi kiinnittää seinäankkuriin. Seinäankkuri on valittuun seinärakeeseen soveltuva kiilapultti, ankkuriruuvi tai muu vastaava väline. [2, s.49.]

Telineet ankkuroidaan seinään tai muuhun kiinteään rakenteeseen käyttö- ja rakenne-suunnitelman mukaisesti tai käyttöohjeessa esitetyllä tavalla. Yleensä kaikki julkisivutelineet ankkuroidaan tai harustetaan riittävän jäykkään rakenteeseen tai maapohjaan, ellei rakennetta ole suunniteltu vapaasti seisovaksi. Ankkureiden kiinnityspohja tulee olla riittävän luja ja perustua telineen käyttöohjeeseen tai telineen rakenne- tai käyttösuunnitelmaan kestääkseen siihen kohdistuvan vetorasituksen. Kiinnityspohjan lujuus varmistetaan tarvittaessa vetolujuuskokeiden avulla varsinkin silloin kun korjaustöiden yhteydessä telineiden ankkuroinnit kiinnitetään vanhaan rakenteeseen, jonka kiinnityskapasiteetista ei olla varmoja. Tällöin tartuntakokeita tehdään riittävä määrä kunnan varmistamiseksi. Tartunnat tulee tarkistaa säännöllisesti työn aikana ja uusi käyttöönottotarkistus tehdään aina kovan tuulen jälkeen. Seinäankkurit voidaan asentaa myös elementin valmistuksen, muurauksen tai betonivalun yhteydessä. Tällä tavalla ankkureille saadaan parempi kiinnityslujuus. [4, s.509; 2, s.54.]



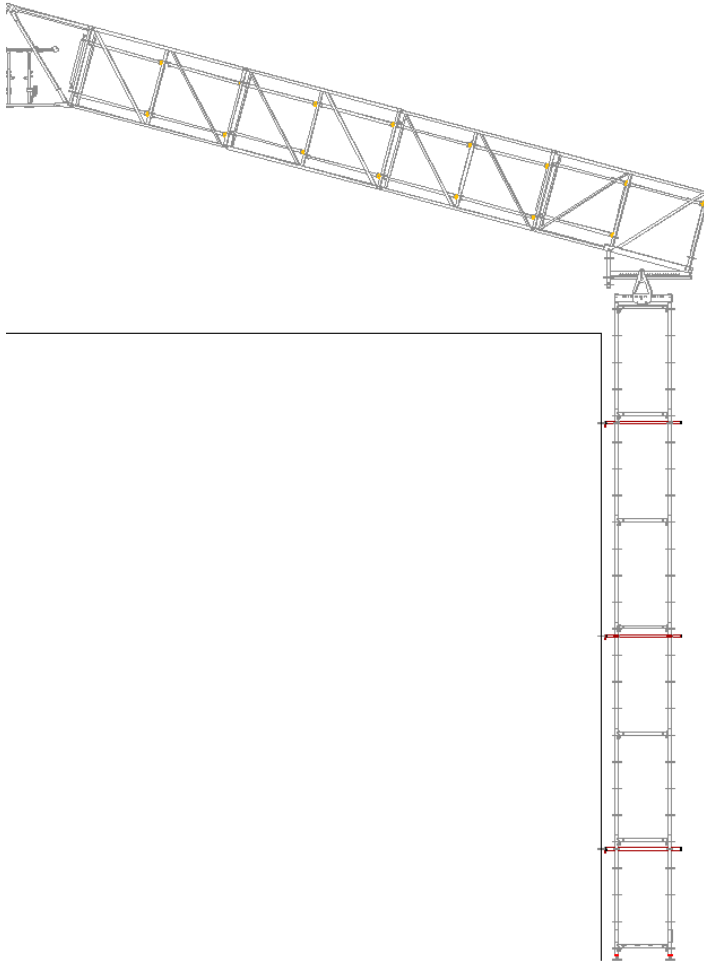
Kuva 2. Valmiiseen rakenteeseen sopivia seinäankkureita [2 s.55.]

Kuvassa 2 mainitut esimerkit ankkureista vastaanottavat pääasissa vain vetovoimia. Telinekokonaisuuksissa käytetään monesti myös puristusvoimia vastaanottavia seinäankkureita. Varsinkin telineiden kanssa sääsuojaa käytettäessä vaakasuuntaiset voimat kasvavat huomattavasti varsinkin ylimmälle ankkurille, joka vastaanottaa teoriassa kaikki kattorakenteille kohdistuvat kuormat. Tällaisissa tapauksissa usein tavallinen seinäankkuri ei riitä vaan käytetään ankkuria, joka pystyy välittämään suuret työntö ja vetokuormat. Poikkeuksellisen suurille ankkurointivoimille voidaan käyttää lattateräsankkuria, joka pultataan seinään ja joissakin tapauksissa kokonaan seinän läpi.



Kuva 3. PERI Suomi Ltd Oy:n telinekohde Helsingissä. Ylimpänä ankkurina käytössä lattate-räsankkuri.

Ankkureiden kiinnityspaikat tulee sijoittaa mahdollisimman lähelle pystytukien ja vaakasiteiden liitoskohtaa, muuten vaakakuormat voivat aiheuttaa pystytukiin taivutusrasitusta. Tällöin pystytukien kokonaiskestävyys laskee merkittävästi. Jos Ankkurointia ei suoriteta käyttöohjeen mukaisesti, ankkurointi on suunniteltava erikseen. Ankkurointipisteitä voidaan siirtää tai vähentää käyttämällä vinositeitä, kuitenkin niin että ne tukevat yhdessä jokaista pystyparia tarvittavin välein. Ankkureiden vaakaväliä voidaan lisätä käyttämällä vaakavinositeitä ja pystysuoraa väliä saadaan kasvatettua käyttämällä pystyvinositeitä. [2, s.51-52.]



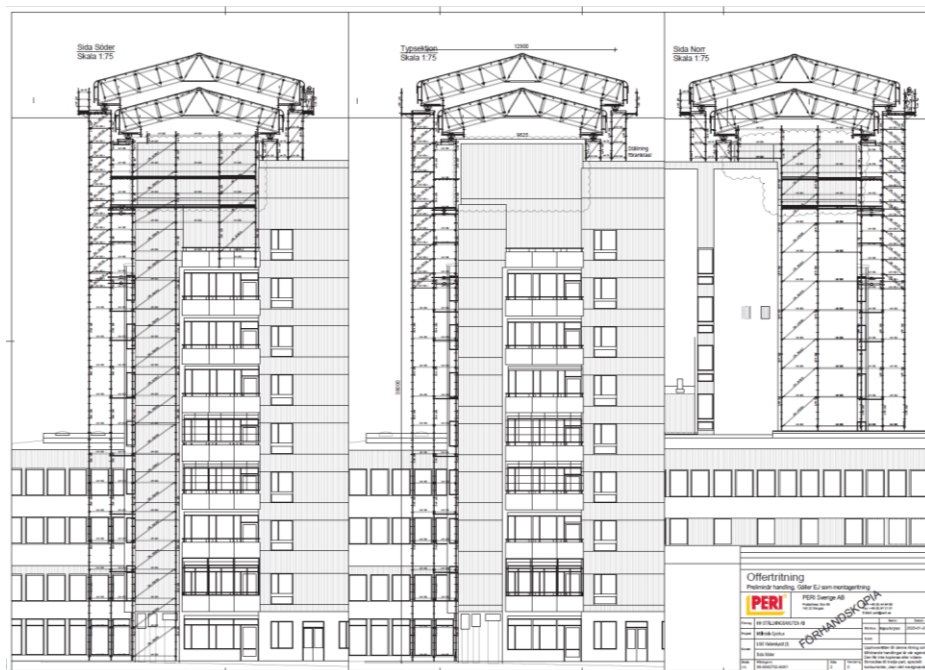
Kuva 4. PERI UP Flex LGS 150 sääsuoja ja PERI UP Flex telineet. Periaatekuva seinätukien sijoittamisesta.

3.2 Ankkurointi ja tuentamenetelmät

Seinäankuroinnin lisäksi telineiden tuennassa käytetään muun muassa harustamista, tukitorneja ja maakiila-ankkurointia. Sääsuoja ankkuroidaan useissa tapauksissa kuormaliinoilla ja betonipainoilla. Näillä lisäpainoilla pyritään mitätöimään sääsuojaan kohdistuva noste, mikä saattaisi lennättää suojan paikoiltaan. Kuormaliinojen asennuskulmalla voidaan myös vaikuttaa sääsuojaan kohdistuvien vaakakuormien suuruuteen.

4 LGS telinesääsuoja

PERI Up Flex LGS sääsuoja on PERI:n telineosista koottu sääsuojakatto. PERI:n Sääsuoja on kahta mallia: LGS 150 ja LGS 75, joista jälkimmäistä on suunniteltu käytettävän pääosin pohjoismaissa. LGS 150 on suunniteltu yli 27 metrin jänneväleille aina yli 40 metriin asti. Kyseistä sääsuojaa voidaan myös käyttää lyhyemmillekin jänneväleille, mutta silloin toteutus ei ole välttämättä kaikista taloudellisista vaihtoehdoista. Näin pitkiä jännevälejä käytetään pohjoismaissa suhteessa melko vähän verrattuna kaikkiin kohteisiin, missä käytetään sääsuoja. LGS 75 onkin suunniteltu käytettäväksi alle 25 metrin jänneväleille, mitä valtaosassa edellä mainituista sääsuojakohteista käytetään. Kuvat 1,4,5 ja 7 havainnollistavat millainen LGS:n rakenne on. LGS kattokulma on lähtökohtaisesti 15 astetta, mutta lisätarvikkeilla kattokulmaa saadaan muutettua tarpeen mukaan 25 asteen kulmaan.



Kuva 5. PERI UP Flex LGS 150 sääsuojat lyhyillä jänneväleillä.

LGS 75:n tulisi haastaa kilpailevien yritysten sääsuojat kestäväällä ja helppokäyttöisellä kokonaisuudella. Suurin ongelma tähän asti LGS 150 on ollut kattorakenteen paino. Liian raskaan sääsuojakaton siirtäminen on haastavaa. PERI:n sääsuojakatto on tehty teräksestä, kun taas poikkeuksetta kaikkien muiden kilpailevien yritysten versiot katosta ovat

alumiinisia. Tämä johtuu PERI:n pyrkimyksistä valmistaa tuote, jonka valmistamiseen saataisiin käytettyä jo valmiiksi olemassa olevia osia. PERI:llä ei juurikaan ole alumiinisia tuotteita, joten kaikki osat tulisi suunnitella, mitoittaa, testata ja toteuttaa alusta asti. Uusi LGS 75 painaa huomattavasti vähemmän kuin edeltäjänsä, vaikka sekin on valmistettu teräksestä. Teräsosia on kevennetty ohentamalla käytettäviä telinepaksumuksia, mikä taas rokottaa kestävyudessa. Tämän vuoksi jännevälejä on jouduttu pienentämään, mutta kuitenkin sellaisille jänneväleille joille on eniten kysyntää.

5 Rakenteiden kuormat ja suunnitteluperusteet

Suomessa rakennustekniikkaan liittyvät toimenpiteet suoritetaan Eurokoodien avulla ja toimivatkin suunnittelussa viiteasiakirjoina. Eurokoodissa SFS-EN 1991-1-1 + AC kerrotaan seuraavaa koodien asemasta ja käyttötarkoituksista [5, s.8]:

Eurokoodeissa esitetään yhteiset rakennesuunnittelusäännöt tavanomaiseen käyttöön koko rakenteiden ja rakenneosien suunnittelua varten. Tavanomaisesta poikkeavia rakennetyyppejä tai suunnittelussa tarkasteltavia ehtoja ei käsitellä yksityiskohtaisesti, jolloin suunnittelijalta edellytetään asiantuntevaa lisäharkintaa.

Kansallinen liite voi sisältää tietoa vain niistä parametreista, jotka on jätetty eurokoodissa auki kansallista valintaa varten ja joita käytetään kyseisessä maassa toteuttavien rakennusten sekä maa- ja vesirakennuskohteiden suunnitteluun.

5.1 Lumikuormat

Työtelineissä lumikuormaa ei oteta huomioon, koska työtasot pidetään oletetusti aina vapaana lumesta ja jäädästä. [2, s.44.]

Taulukko 1. Taulukko 1. Julkaisun SFS-EN 16508:2015 määrittelemät sääsuojien lumikuormat

Lumikuormaluokka	Ohjeet	Kuorma kN/m ²
SL 1	Ei lumikuormaa (vähimmäiskuorma)	0,1
SL 2a	Perustuen lumenpoiston hallintaan ^a	0,25
SL 2b	Perustuen lumenpoiston hallintaan ^a	0,6
SL 3	Työmaakohtainen lumikuorma	Standardin EN 1991-1-3 mukaisesti
HUOM. Katso myös kansalliset lisäykset.		
^a Lumenpoiston hallinta voidaan saavuttaa fyysisellä poistamisella, sulattamisella jne.		

Useimmiten sääsuojien lumikuormien määrittäminen perustuu lumenpoistoon, jolloin itse lumikuormaa ei lasketa vaan määritetään suurin sallittu lumikuorma sääsuojalle. Lumenpoiston hallinta saavutetaan yleensä fyysisellä poistamisella tai sulattamalla.

Lumikuormaluokkaa 1 voidaan käyttää, kun lumikuormaa ei ole käytön aikana. SL2a ja SL2b perustuvat lumikuormakestävyyden raja-arvoihin, mitkä määrittelevät sääsuojarakenteiden valmistajat. Luokkaa 2 käytettäessä vain jos lumenpoiston hallinnasta on sovittu asiakkaan tai urakoitsijan kanssa. Lumikuormaluokkaan SL 3 kuuluvia sääsuojakohteita ei Suomessa käytännössä ole ollenkaan, joten tässä insinööriyössä en käsittele työmaakohtaisen lumikuorman laskentatapoja.

5.2 Hyötykuorma ja pysyvä kuorma

Telineen pysyvään kuorma sisältää sen oman painonsa ja muut sitä kuormittavat telineen rakenneosat. [2, s.42.]

Telineen hyötykuorma tarkoittaa käyttökuormaa, jota esiintyy eri työvaiheiden aikana. Käyttökuorma sisältää työstä ja tavarain varastoinnista aiheutuvat kuormat. Käyttökuorman suuruus tulee ottaa huomioon kaikissa telinetyön vaiheissa ja pyrkiä määrittämään sen pohjalta osuvimman kuormaluokan. Telineen asennus, purku, mahdollinen telineen siirtäminen ja huolto sekä telineen käyttäminen työssä lasketaan kaikki työvaiheiksi. Sopiva kuormaluokka valitaan käyttötarkoituksen perusteella. Taulukossa 2 on määritetty mitä kukin luokka tarkoittaa ja mikä on sille asetettu kuorman määrä. [2, s.42.]

Taulukko 2. Taulukko 2. RIL 142-2010 määrittelemät telineen kuormaluokat.

Kuormaluokka	Määritelmä	Pintakuorma kN/m ²
1	Kevyt teline, jota käytetään työhön erittäin kevyillä työvälineillä.	0,75
2	Kevyt teline, jota käytetään työhön kevyillä työvälineillä esim. maalaus-, saumaus- ja asennustyö sekä näihin verrattava työ.	1,5
3	Keskiraskas teline, jota käytetään työhön, jossa materiaali varastoidaan telineelle välitöntä käyttöä varten esim. rappaustyö tai siihen verrattava työ.	2,0
4	Raskas teline, jota käytetään esim. muuraustyöhön tai vastaavaan.	3,0
5	Raskas teline, jota käytetään esim. muuraustyöhön tai vastaavaan.	4,5
6	Raskas teline, jota käytetään esim. muuraustyöhön ja jossa materiaalia varastoidaan suurehkoja määriä telineelle.	6,0

5.3 Tuulikuorma

Tuulikuormat voidaan elementtitelineille laskea joko RIL 142-2010 mukaan tai standardin SFS-EN 12811-1 ohjeita noudattaen. Tuulikuorma voidaan myös selvittää likimääräisin arvoin käyttämällä RIL 142-2010 ohjeistuksia tai käyttämällä Suomen rakentamismääräyskokoelman ohjeiden mukaista 75% tuulikuorman laskennasta saadusta arvosta. Kyseisten laskentatapojen tuloksia voidaan pitää tarpeeksi luotettavina tavanomaisten elementtitelineiden ja tapausten mitoittamiseen ja tarvittavan ankkurointimäärän laskennassa, mutta sääsuojarakenteiden mitoittamisen kannalta niistä saatuja tuloksia täytyy arvioida varauksella. [2, s.44.]

Eurokoodin SFS-EN 1991-1-4 mukaisilla menetelmillä voidaan esimerkiksi toteuttaa tuulikuorman määrittäminen sääsuojarakenteille. Laskentatapa on kuitenkin ensisijaisesti suunniteltu käytettäväksi rakennuksille eikä sääsuojille, mutta silloin laskennassa voidaan käyttää todennäköisyyskerrointa, jonka suuruus vaihtelee tuulivoiman ääriarvon toistumisajan mukaan. Koska telineet ovat väliaikaisrakenteita eikä työmailla yleensä käytetä telineitä montaa vuotta kerralla, telineille toistumisaikaa pidetään yleensä pienintä mahdollista arvoa (2 vuotta). Kiinteille rakennuksille käytetään kohteesta riippuen esimerkiksi 50 vuoden suunniteltua käyttöikä. Varsinkin sääsuojille ei pystytä määrittämään todellisia aukkosuhteita huonon tiiveyden vuoksi. Joissakin tapauksissa sääsuojapeite repeää ja aiheuttaa laskennasta poikkeavia paine-eroja. Tämän takia sisäisen pai-

neen määrittämisessä ohjeistetaan käyttämään vaarallisimman vaikutuksen tuottavia arvoja. Myös RIL-201-1-2011 tarjoaa eurokoodiin perustuvia menetelmiä, jotka sisältävät joitakin yksinkertaistuksia. [7, s.133.]

Eurokoodissa SFS-EN 1658:2015 tuulikuorman laskennassa suurin merkittävä ero muihin laskentatapoihin on, että kohde on oletetusti sääsuoja tai muu tilapäisrakenne. Tuulen painekertoimet C_{pe} ja C_{pi} on otettava standardista En 1991-1-4. Tavanomaisten sääsuojien käyttökokemusten perusteella voidaan käyttää SFS-EN 16508:2015 esittämää vaihtoehtoista laskutapaa ulkoiselle paineelle (C_{pe}). Oletusarvona on myös, että rakenteen kattokulma ei ylitä 30 astetta. [6, s.17-19.]

5.4 Kuormayhdistelmät ja osavarmuuskertoimet

Sääsuojauksen mitoituksessa tulee ottaa huomioon aina koko rakenteesta syntyvät vaikutukset. Sääsuojastandardin kuormayhdistelykertoimien taulukossa näkyvät kaikki eri yhdistelmillä pätevät määräävät kuormitustapaukset. Tästä huolimatta taulukko pätee vain, jos kyseessä ovat normaalit kuormitustilanteet. Muissa tapauksissa yhdistelykertoimien käyttö on tarkasteltava tilannekohtaisesti. [6, s.10-13.]

Taulukko 3. Säsuojastandardissa esitetyt kuormayhdistelykertoimet ψ [6, s.13]

	LC 1	LC 2	LC 3 ^a	LC 4	LC 5 ^a	LC 6	LC 7 ^a	LC 8
	Ylöspäin suuntautuva enimmäiskuorma	Alaspäin suuntautuvan enimmäiskuorman ja käytön-aikaisen tuuli-kuorman yhdistelmä	Tuuli-kuorman ja vähim-mäis-kuorman yhdistelmä	Alaspäin suuntautuvan enimmäis-kuorman ja käytön-aikaisen enimmäis-tuuli-kuorman yhdistelmä	Tuuli-kuorman ja lumi-kuorman yhdistelmä	Alaspäin suuntautuvan enimmäis-kuorman ja käytön-aikaisen enimmäis-tuuli-kuorman yhdistelmä	Tuuli-kuorman ja lumi-kuorman yhdistelmä	Tuuli-kuorman ja lumi-kuorman yhdistelmä
Q1 Pysyvät kuormat	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Q2 Kulku- ja käyttökuormat	-	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Q3 Muut kuormat	-	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Q5 Työmaa-kohtainen lumikuorma	-	-	-	-	-	1,0	0,5	1,0
Q6 Alennettu lumikuorma	-	-	-	1,0	1,0	-	-	-
Q7 Vähimmäis-kuorma	-	1,0	1,0	-	-	-	-	-
Q8 Enimmäis-tuulikuorma	1,0	-	1,0	-	1,0	-	1,0	0,5
Q9 Käytön-aikainen tuulikuorma	-	1,0	-	1,0	-	1,0	-	-
^a	Näissä kuormayhdistelyissä kulku- ja käyttökuormia Q2 on vähennettävä standardin EN 12811-1:2003 kohdan 6.2.9.2 mukaisesti.							

Telinesuunnittelussa tarjotaan usein erilaisia vaihtoehtoja osavarmuuskertoimille. Tässä insinööriyössä käytetään ensisijaisesti Eurokoodeissa annettuja arvoja, laskutapoja ja vähintäänkin Eurokoodeihin pohjautuvia ohjeita kuten RIL. Tässä tapauksessa RIL tarjoaa kahta erilaista vaihtoehtoa osavarmuuskertoimien käytölle työtelineitä suunniteltaessa. RIL 201-1-2011 määrää osavarmuuskertoimet pysyvälle kuormalle ja muuttuvalle kuormalle arvon 1,5. RIL 142-2010 ohjeistaa kuitenkin käyttämään standardista SFS-EN 12811-1 saatavia arvoja. Säsuojastandardi SFS-EN 16508 pohjautuu edellä mainittuun teokseen ja tämän mukaan osavarmuuskertoimina tulee kuitenkin käyttää 1,5 muuttuville kuormille ja 1,35 pysyvälle kuormalle. Koska säsuojastandardi ottaa työtelineiden lisäksi huomioon myös säsuojan, tässä insinööriyössä käytetään kyseisen standardin tarjoamia kertoimia. [6, s.14; 7, s.38; 2, s.45.]

Taulukko 4. Staattisen tasapainon osakuormakertoimet $\gamma_{F,i}$ [6, s.14.]

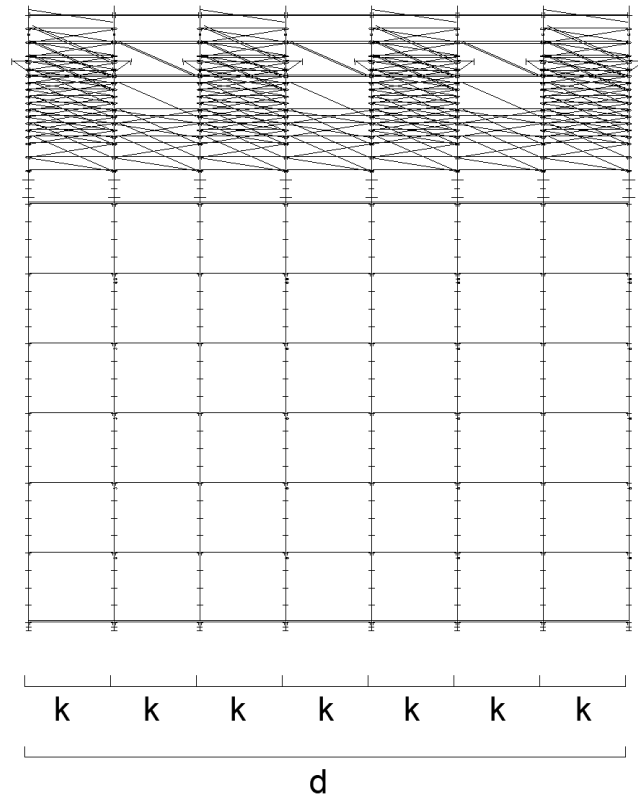
Kuorma	Vakauttava	Vakautta heikentävä
Q_1	1,0	1,0
Kaikki muut kuormat	0	1,5

Taulukko 5. Staattisen kuormituksen laskennan osavarmuuskertoimet $\gamma_{F,i}$ [6, s.14.]

Kuorma	Epäedullinen	Edullinen
Q_1	1,35	1,0
Kaikki muut kuormat	1,5	0

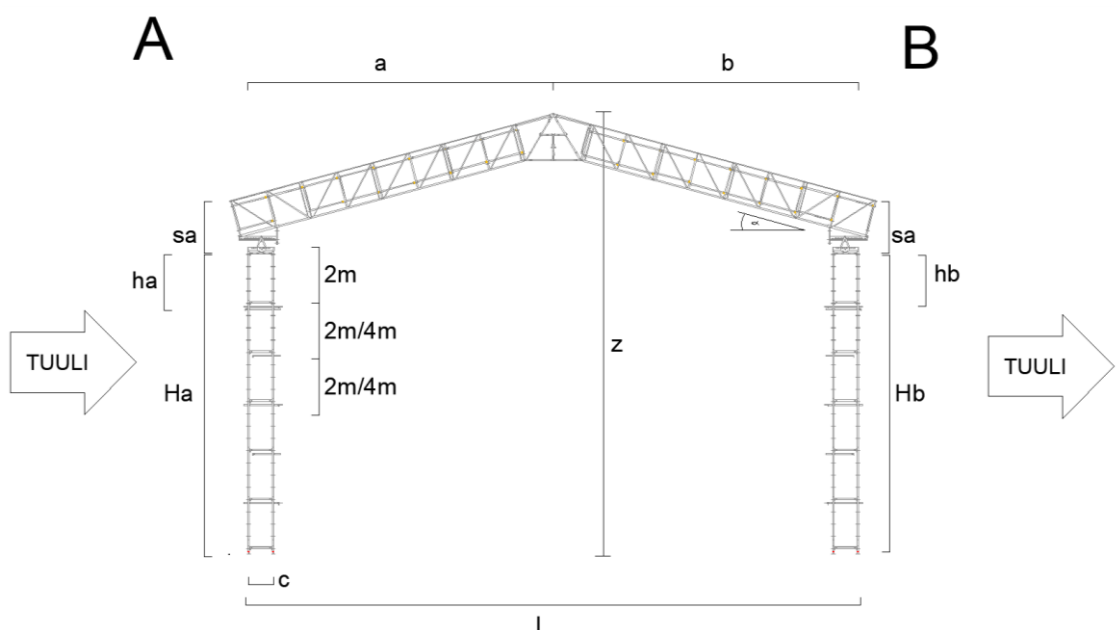
6 Rakenteiden kuormien määrittäminen PERI telineille

Sääsuojalle kohdistuvat kuormitustapaukset tarkastellaan eri tavalla kuin rakennukselle tehtävät toimenpiteet. Kuitenkin samat säännöt koskevat kumpaakin rakennetyyppeä. Sääsuoja tarkasteltaessa ei voida kuitenkaan suoraviivaisesti käyttää yleisiä menetelmiä, vaan siihen on kehitetty omat suuntaa-antavat ohjeensa. Nyrkkisääntönä voidaan kuitenkin todeta, että kaikki sääsuojille tehtävät tarkastelut suoritetaan epäedullisimman tilanteen näkökulmasta. PERI on kehittänyt Eurokoodeihin pohjautuvat omat laskentaohjeensa telineille ja sääsuojille. Tässä insinööriyössä sääsuojatelinekokonaisuuden ankureille kohdistuvat tuuli- ja lumikuormat määrää PERI. Laskentaohjelma ei ota kantaa lumikuorman ja puuskanopeuspaineen määrittämiseen, vaan ne annetaan lähtöarvoina. Esitän tällä laskentaesimerkillä mitä laskentaohjelma ottaa huomioon ja millä laskentatavalla lopputulokseen on päästy.



Kuva 6. LGS sääsuojan sivupiiirros. Kirjain k kuvaa lohkojakoa ja d on katoksen kokonaispituus.

Tämän työn laskentaesimerkissä lohkojakona (k) käytetään 2,5 metriä ja kokonaispituutena (d) 50 metriä. Samaa esimerkkirakennetta käytetään laskentaohjelman lisäksi myös mitoitusohjelmalla laskettaessa ja suunnitteluohjeen kaavoja käytettäessä. Näin saadaan vertailukelpoisia arvoja laskentaohjelman paikkansapitävyydestä



Kuva 7. LGS sääsuojan poikkileikkauspiirros.

6.1 Lumikuorma

PERI käyttää lumikuorman määrittämiseen samoja arvoja ja ohjeita kuin kappaleessa 5.1.

6.2 Tuulikuorma

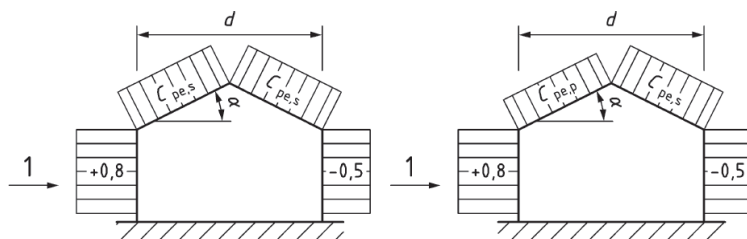
Tuulikuorman määrittämiseen sääsuojalle PERI käyttää omia suunnitteluohjeitaan. Niissä annetaan eri vaihtoehtoja tuulikuormalle, minkä pohjalta voidaan määrittää suurin sallittu lohkojako. Lohkojaon määrittäminen riippuu myös sääsuojalle valitusta jännevälisestä. PERI:n oma suunnitteluohje pystyy kuitenkin määrittelemään vain sääsuojalle kohdistuvat voimat, eikä ota ollenkaan huomioon työtelineisiin kohdistuvaa kuormaa. Ohjeessa annetut laskentakaavat toimivat vain tietyille jänneväleille ja lohkojaoille.

Tässä insinöörityössä kokonaistuulikuorman määrittämiseen on käytetty sääsuojastandardia, mutta puuskanopeuspaineen määrä on jo ennalta laskettu. Tässä työssä rakenneosien tuulikuormat ja kokonaistuulivoima määritetään pintapaineiden avulla, koska

sääsuojan mitoituksen kannalta on ehdotonta ottaa huomioon yleisen tuulikuorman lisäksi pintapaineista aiheutuva noste ja muut imuvoimat. Sääsuojastandardin pohjalta pystytään määrittämään sisäisten- ja ulkoisten paineiden aiheuttamat pysty- ja vaakasuuntaiset voimat. Tämä yksinkertaistettu, mutta varmallalla puolella oleva menetelmä on sääsuojan kattorakenteiden mitoituksen kannalta käytännöllisin toteuttaa. PERI käyttää puuskanopeuspaineen arvoina 0.35 kN/m^2 , 0.56 kN/m^2 ja 0.77 kN/m^2 . Nämä arvot perustuvat yleisimpiin kuormitustapauksiin.

6.2.1 Paine kertoimet

Telineen ankkuroinnin mitoituksessa tuulikuormien määrittäminen on käytännöllisintä painekertoimien avulla. Sääsuojastandardissa ohjeistetaan käyttämään siinä esitettyjä ulkoisen paineen painekertoimia tavanomaisille sääsuojille. Tässä tapauksessa tavanomaisia sääsuojamalleja ovat harja- ja pulpettikatot. Tässä työssä tarkastellaan vain harjakatollisia tapauksia. Positiivinen C_{pe} tarkoittaa ulkoisten voimien kohdistumista pintaa kohti ja negatiivinen arvo tarkoittaa, että voimat kohdistuvat poispäin pinnasta. Kuvissa esitetyt $C_{pe,p}$ kuvaa painekerrointa painevoimalle ja $C_{pe,s}$ puolestaan kuvaa painekerrointa imuvoimalle. [6, s.17.]



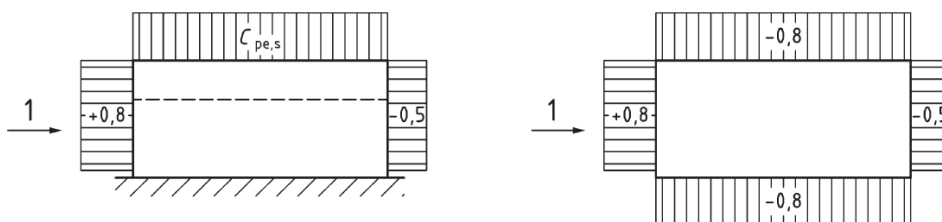
Selite

1 Tuulen suunta

Kuva 8. Harjakaton päätykuvat eri tapauksissa ($\alpha < 30^\circ$). Ulkopuolisen paineen painekertoimet, C_{pe} [6, s.17.]

Sääsuojille sisäisen paineen C_{pi} määrittäminen ei ole yksiselitteistä, koska sisäisen paineen määrittämiseen SFS-EN 1991-1-4 mukaan tarvitaan ainakin hyvin perusteltu arvio rakenteen aukkosuhteista. Sisäisten ja ulkoisten paineiden katsotaan vaikuttavan samanaikaisesti. Normaalisti rakennuksille pystyttäisiin määrittämään seinien ja aukkojen pinta-ala suhteessa toisiinsa ulkoisen paineen ollessa negatiivinen. Sääsuojajepiteet eivät ole

täysin ilmanpitäviä, jonka takia aukkosuhdetta ei pystytä määrittämään. Sääsuoja käytettäessä on myös aina riski, että joku peitteistä repeää tai irtoaa muuttaen aukkosuhdetta ja tällöin myös sisäistä painetta C_{pi} . Tämän takia edellä mainitussa standardissa ohjeistetaan käyttämään vaarallisimman vaikutuksen tuottavia arvoja $+0,2$ ja $-0,3$, kun aukkosuhdetta ei pystytä arvioimaan. Sääsuojarakenteeseen vaikuttavan tuulen ulko- ja sisäpinnan paineiden erot eli nettopaineen kertoimet ($C_{p,net,i}$) määritetään kyseisten arvojen perusteella. [5, s.86-90.]



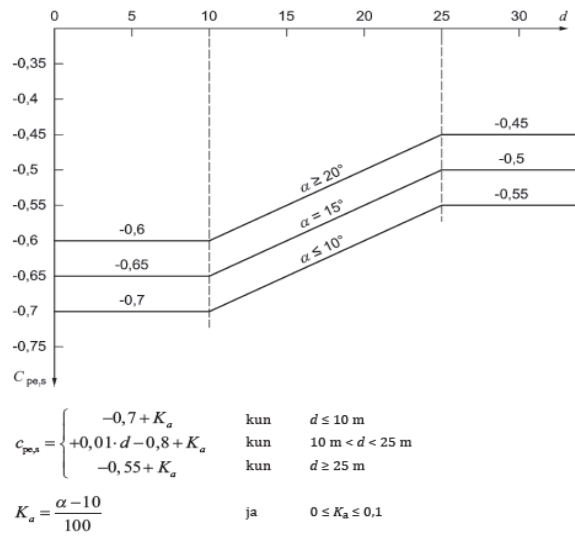
Selite

1 Tuulen suunta

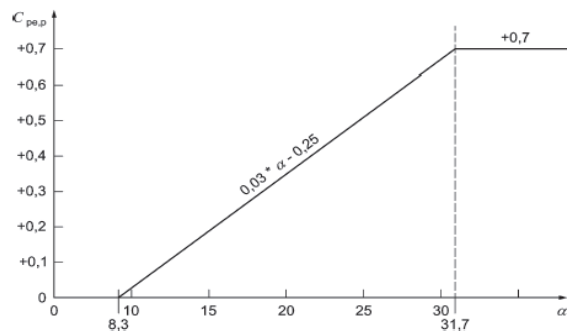
c_{pe} Sivukuvissa ja pohjapiirroksissa olevat arvot koskevat sekä harja- että pulpettikattoja

Kuva 9. Harjakaton sivukuva ja pohjapiirros ($\alpha < 30^\circ$). Ulkopuolisen paineen painekertoimet, C_{pe} [6, s.17.]

Kaiken kaikkiaan laskettavia tapauksia on kahdeksan; Harjakaton päätytarkastelussa $J_h J_{hs}$ harjalle kohdistuvat paineet jakautuvat kahteen tapaukseen, mutta molemmissa tapauksissa tulee ottaa huomioon molempien C_{pi} :n arvojen aiheuttamat tapaukset. Tuuli vaikuttaa kattoon vasten. Tarkasteltavia tapauksia on neljä; Sivutarkastelussa tapauksia muodostuu kaksi. Ulkoiset paineet pysyvät samoina, mutta C_{pi} :n aiheuttamia tapauksia on edelleen sama määrä. Tuuli vaikuttaa päätyä vasten. Tarkasteltavia tapauksia on kaksi; tuuli vaikuttaa edelleen päätyä vasten, mutta tapauksessa on otettu huomioon myös sääsuojan sivuille aiheutuvat C_{pe} :t. Tapauksia syntyy kaksi. Vain epäedullisimmat tapaukset otetaan huomioon.



Kuva A.4 Kaavio, jossa esitetään $C_{pe,s}$ -arvot



Kuva A.5 Kaavio, jossa esitetään $C_{pe,p}$ -arvot

Kuva 10. $C_{pe,s}$ ja $C_{pe,p}$ arvot määritellään sääsuojastandardin kaavioilla

Tuulesta syntyvät kitkan vaikutukset pintaan voidaan jättää melkein kaikissa tavanomaisissa sääsuojakohteissa huomioimatta. Tuulen suuntaisten pintojen kokonaisala täytyisi olla enintään neljä kertaa kaikkien tuulta vatsaan kohtisuorien ulkopintojen kokonaisala.

Ulko- ja sisäpinnan paineiden erosta lasketaan nettopaineen kertoimet. Kertoimella lasketaan puuskanopeuspaineen vaikutus halutulle alueelle. Jos ulko- ja sisäpuolisen paineen nopeuskorkeuden arvot (z_e ja z_i) poikkeavat toisistaan, painekertoimia ei pystytä yhdistämään nettopaineeksi. Nettopainetta ei voida myöskään määrittää, jos rakennekertoimelle ($c_s c_d$) käytetään muuta arvoa kuin 1,0. Laskennan helpottamisen kannalta voidaan käyttää molemmissa tapauksissa nopeuspaineen korkeusasemana (z) samaa arvoa. Jos rakenneosien ominaistajuus on yli 5Hz, rakennekertoimelle voidaan käyttää

arvoa $c_s c_d = 1,0$. Nopeuspaineen korkeusasemana voidaan käyttää myöskin samaa arvoa, mikäli rakennuksen korkeus on pienempi kuin 4 kertaa kaikkien tuulta vastaan kohtisuorien ulkopintojen kokonaisala tai kun rakennuksen korkeus on alle 15 metriä. [7, s.139;8, s.48.]

6.3 Hyötykuorma ja pysyvä kuorma

Rakennuskohteen oma paino luokitellaan pysyväksi kiinteäksi kuormaksi, mutta siihen lasketaan lisäksi vastapainot, valaistus, nostopalkit ja muut telinettä pysyvästi kuormittavien rakenneosien painot. Tässä tapauksessa pysyviksi kuormiksi lasketaan sääsuoja-teltan runkorakenne sekä kattorakenne. PERI Suomen suunnitteluinsinöörit määrittävät telinerakenteen omapainon jo mallinnusvaiheessa. Suunnittelijat tekevät osalistan kohteen kaikista osista ja tuotteista, mistä pysyvän kuorman määrä lasketaan.

Hyötykuormat luokitellaan muuttuviksi liikkuviksi kuormiksi kuten tuuli-, lumi- ja työstä aiheutuva kuorma. Hyötykuorman ominaisarvo riippuu telineen kuormaluokasta. Suunnittelija määrittää kuormaluokan telineillä tehtävän työn perusteella taulukon 2 mukaan.

6.4 Kuormayhdistelmät

Tässä insinööriyössä otetaan kantaa vain suurimpien kuormitusyhdistelmien määrittämiseen. Oletuksena on, että teline on jo pystytettynä ja työmaakohtainen lumikuormaluokkaa SL3 ei käytetä, sekä muiden aiemmin määriteltujen oletusten perusteella tarkastellaan taulukossa 6 esitetyt seuraavat kuormayhdistelmät:

- LC1, ylöspäin suuntautuva enimmäiskuorma
- LC2/LC4, alaspäin suuntautuvan enimmäiskuorman ja käytönaikaisen enimmäistuulikuorman yhdistelmä
- LC3, tuulikuorman ja vähimmäiskuorman yhdistelmä
- LC5, tuulikuorman ja lumikuorman yhdistelmä

Taulukko 6. Eri kuormaluokissa tarkasteltavat kuormayhdistelyt [6, s.12]

Lumikuorma-luokka	LC 1	LC 2	LC 3	LC 4	LC 5	LC 6	LC 7	LC 8
SL 1	X	X	X					
SL 2	X			X	X			
SL 3	X					X	X	X

6.4.1 Ylöspäin suuntautuva enimmäiskuorma

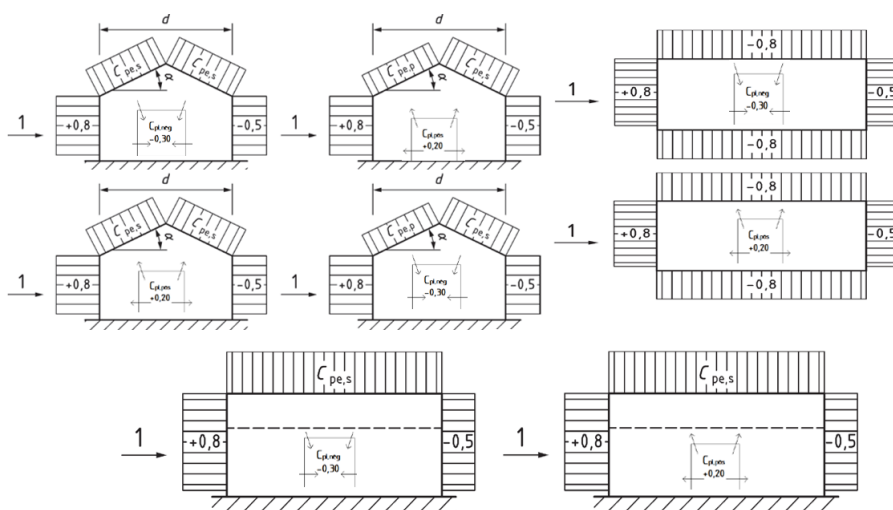
Suurin mahdollinen tuulen aiheuttama kuorma määritetään taulukon 3 mukaan laske-
malla pysyvä kuorma ja enimmäistuulikuorma yhteen. Kyseisessä kuormayhdistelmässä
käytetään osavarmuuskertoimina vakautta heikentäviä arvoja. Pysyvälle kuormalle ar-
voa 1,0 ja muille kuormille arvoa 1,5. Näin saadaan tarkasteltua suurimmat mahdolliset
tuulen aiheuttamat nosteen arvot sääsuojan kattoristikolle.

Nosteen arvoa verrataan sääsuojatelineen omaan painoon. Jos nosteen arvo on sää-
suojatelineen omaa painoa suurempi, sääsuoja on ankkuroitava tuulen imusta aiheutu-
valle voimalle vähintään sitä vastaavalla voimalla. Sääsuojatelineen ankkuroinnilla pyri-
tään pienentämään sääsuojalle kohdistuvaa pystysuuntaista liikettä esimerkiksi siirtä-
mällä voimaa seinäankkureille tai käyttämällä vastapainoa.

6.4.2 Alaspäin suuntautuva enimmäiskuorma

Kuormayhdistelykertoimilla LC2, LC3, LC4 ja LC5 lasketaan suurin vaikuttava kuorma
alaspäin. Näistä kuormayhdistelmistä valitaan mitoitukselle epädullisin vaihtoehto. Yh-
distelmät lasketaan samoilla arvoilla ja osavarmuuskertoimilla kuin 1. tapauksessa,
mutta laskuihin otetaan mukaan pysyvien kuormien lisäksi hyötykuormat. Tässä yhtey-
dessä tuulikuorman lisäksi hyötykuomia ovat lumi- ja käyttökuormat. Lumikuormina
näissä yhdistelyissä käytetään joko SL1 tai SL2. Koska tässä insinööriyössä tarkastel-
laan vain suurimpia kuormitustilanteita, vähimmäiskuorma todetaan samaksi kuin alen-
nettu lumikuorma ja sama pätee käytönaikaisen ja enimmäistuulikuorman välillä siten,
että arvoista valitaan suurimmat vaihtoehdot.

6.4.3 Ankkurointivoimien mitoittavat kuormayhdistelmät



Kuva 11. Tuulen painekertoimien vaikutustapaukset.

Mitoittavia kuormayhdistelmiä on kahdeksan. Kaikki tapaukset tarkastellaan ja niistä valitaan epäedullisimman tapauksen tarjoavat vaihtoehdot. Valittu tapaus riippuu tarkasteltavasta pinnasta ja siitä, halutaanko epäedullisin vaihtoehto ankkureille kohdistuvalle vedolle vai puristukselle. Määrävä yhdistelmä riippuu myös tuulen suunnasta, tuulen vaikutus harjan suunnassa tai päädyn suunnassa vaikuttaa merkittävästi tuulen aiheuttamaan imuvoimaan.

7 Ankkurointivoimien määrittäminen Excel-laskentaohjelmalla

Excel-laskentaohjelma toteutettiin PERI Suomen suunnittelijoille helpottamaan ja nopeuttamaan laskentaprosessia. Ohjelman avulla työntunteja säästetään merkittävästi ja näin suunnittelijoille jää enemmän aikaa suunnittelupiirustusten piirtämiseen. Opinnäytetyön konkreettisenä työnä valmistui telinesääsuojakokonaisuudelle aiheutuvien kuormien laskennalle tarkoitettu apuväline, mistä voidaan tarkastella eri rakenneosille kohdistuvia voimia mm. ankkurointivoimat, pystytukien vaatimat voimat ja kattotelineille kohdistuvat nosteen ja paineen kuormat. Tämän tarkoituksena on antaa mahdollisimman kokonaisvaltainen kuva määrätylle telinesääsuojakokonaisuudelle aiheutuvista kuormista. Ohjelma ei kuitenkaan kerro suunniteltua telinekokonaisuuden kestävyyttä.

13.3.2020



1/21

Kohde: _____

Suunnittelijan nimi: _____

LGS sääsuojatelinekokonaisuuden ankkuroinnin laskenta

Sääsuojan tiedot:

Lohkojako	k=	2,6	m
Lape, A-puoli	a=	13,5	m
Lape, B-puoli	b=	13,5	m
Leveys	L=	27	m
Harjan korkeus maasta	z=	5,5	m
Paino		0,23	0,575 kN/m ² - (kN/m)
Kulma α			15 astetta
Katoksen pituus	k+k+k+...=d=	25	m
Ankkurointiväli		0,0	m
Alimman ankkurin etäisyys nollassosta		0	m
b-ankkureita/lohko		0	kpl
sääsuojan reunuksen paksuus = sa	LGS	2,2	m

Telineerunnon tiedot:

Kokonaiskorkeus	Ha=	0	m
Ankkuroimaton korkeus	ha=	0	m
Kokonaiskorkeus	Hb=	0	m
Ankkuroimaton korkeus	hb=	0	m
Tuulikuorma		0,56	kN/m ²
Paino		0,25	kN/m ²
Kuormaluokka	KL3	2	kN/m ²
Telineen leveys	c=	1	m
Lumikuorma	LK2a	0,25	kN/m ²

LK1=0,1 - LK2a=0,25 - LK2b=0,6

z/L=	0,20	
cpe,s jos, (mutta ei pienempi kuin -0,7)	d < 10m	-0,65
cpe,s jos,	10m < d < 25m	-0,50
cpe,s jos, (mutta ei suurempi kuin -0,45)	d > 25m	-0,5
cpe,p ei suurempi kuin 0,7	cpe,p=	0,2
merkitse todellinen	cpe,s=	-0,5
merkitse todellinen	cpe,p=	0,2
	cpi,neg=	-0,3 vakio
	cpi,pos=	0,2 vakio

omat merkinnät
 luettelo
 valitse sopivin
 älä koske

Kuva 12. Laskentaohjelman lähtötietolomake

Lasketaan esimerkkitapaus kuvan 12 mukaisilla arvoilla ja mitoilla. Punaisella merkityillä yhtälöillä kuvataan työtelinettä ja mustalla sääsuojakattoa. Esimerkkitapauksessa esitetyt kaavat ovat ominaiskuormien laskentaan, ja punaisella merkityt kaavat ovat tässä tapauksessa automaattisesti arvottomia, koska työtelinettä ei ole. Normaalisissa tilanteissa työtelinettä käytettäessä otetaan huomioon koko yhtälö. Mitoitettaville kuormille käytetään normaaleja toimenpiteitä ja kerrotaan omat painot ja hyötykuormat asiaan kuuluvilla kertoimilla taulukon 3, 4 ja 5 mukaan. Q kuvaa ominaiskuormaa, jota tässä kappaleessa lasketaan.

$$Q_{d,i} = \gamma_{E,i} \times \psi_i \times Q$$

7.1 Suunnitteluohje

Suunnitteluohje toteutettiin eritoten PERI Suomen suunnitteluinsinööreille. Suunnitteluohjeen tarkoituksena on tarjota selkeät ohjeet laskentaohjelman käyttöön ja antaa mahdollisuus tarkistukselle valmiiden yhtälöiden ja selitysten muodossa. Suunnitteluohje sisältää samat kohdat kuin varsinainen esitietolomake. Laskentaohjelman esitietolomake on Liitteessä 1, minkä pohjalta tehtiin suunnitteluohje. Ohje on esitetty kuvissa 21 ja 22.

Laskentataulukko pätee vain, jos kattokulma α on ≤ 30		
Kohde:		
Suunnittelijan nimi:		
LGS sääsuojatelinekokonaisuuden ankkuroinnin laskenta		
Sääsuojan tiedot:		
Lohkojako	k=	2,5 m
Lape, A-puoli	a=	13,5 m
Lape, B-puoli	b=	13,5 m
Leveys	L=	27 m
Harjan korkeus maasta	z=	5,5 m
Paino		0,23 0,575 kN/m ² - (kN/m)
Kulma α		15 astetta
Katoksen pituus	k+k+...=d=	25 m
Ankkurointiväli		0,0 m
Alimman ankkurin etäisyys nollatasosta		0 m
b-ankkureita lohko		0 kpl
sääsuojan reunuksen paksuus = sa	LGS	2,2 m
Teline rungoston tiedot:		
Kokonaiskorkeus	Ha=	0 m
Ankkuroimaton korkeus	ha=	0 m
Kokonaiskorkeus	Hb=	0 m
Ankkuroimaton korkeus	hb=	0 m
Tuulikuorma		0,56 kN/m ²
Paino		0,25 kN/m ²
Kuormaluokka	KL3	2 kN/m ²
Telineen leveys	c=	1 m
Lumikuorma	LK2a	0,25 kN/m ²
LK1=0,1 - LK2a=0,25 - LK2b=0,6		
	z/L=	0,20
ope,s jos, (mutta ei pienempi kuin -0,7)	d < 10m	-0,65
ope,s jos,	10m < d < 25m	-0,50
ope,s jos, (mutta ei suurempi kuin -0,45)	d > 25m	-0,5
ope,p ei suurempi kuin 0,7	ope,p=	0,2
merkitse todellinen	ope,s=	-0,5
merkitse todellinen	ope,p=	0,2
	epi,neg=	-0,3 vakio
	epi,pos=	0,2 vakio

Kuva 13. Laskentaohjelman esitietolomakkeen täyttöohje

	z/L=	0,203704		telinekokonaisuuden korkeuden ja leveyden suhde	
ope,s jos,	d < 10m	-0,65	ei yli -0,6 -0,65 ei alle -0,7	$\alpha \geq 20^\circ$ $\alpha = 15^\circ$ $\alpha \leq 10^\circ$	
ope,s jos,	10m < d < 25m	-0,50		$\alpha \geq 20^\circ$ $\alpha = 15^\circ$ $\alpha \leq 10^\circ$	Ulkoinen painekerroin imuvoimille. Valitaan kolmesta vaihtoehdosta d:ta vastaava arvo ja sijoitetaan Suunnitteluohjeen kohtaan F41 "merkitse todellinen".
ope,s jos,	d > 25m	-0,50	ei yli -0,45 -0,5 ei alle -0,55	$\alpha \geq 20^\circ$ $\alpha = 15^\circ$ $\alpha \leq 10^\circ$	Katso Paine kertoimet -välillehti kohta "Cpe,s & Cpe,p"
ope,p ei suurempi kuin 0,7	ope,p=	0,20			Ulkoinen painekerroin painevoimille MAX 0,7. Sijoitetaan luku kohtaan E38.
merkitse todellinen	ope,s=	-0,5			Merkitään valittu painekerroin imuvoimille
merkitse todellinen	ope,p=	0,2			Merkitään valittu painekerroin painevoimille
	opi,neg=	-0,3	vakio		Sisäisen paineen kerroin
	opi,pos=	0,2	vakio		Sisäisen paineen kerroin

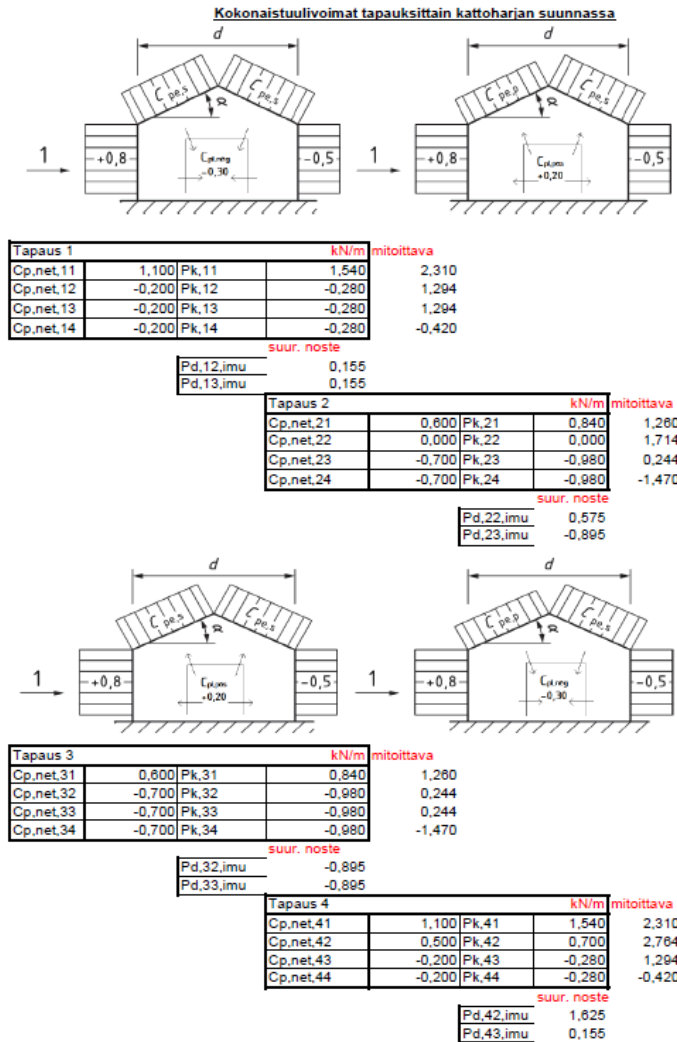
Kuva 14. Laskentaohjelman esitietolomakkeen täyttöohje sisäisen paineen arvoille.

7.2 Seinäankkureiden kuormat

13.3.2020



8/21



Kuva 15. Kokonaistuulivoimat tapauksittain kattoharjan suunnassa

Ennen laskemista on tärkeä ymmärtää mitä rakenneosaa lasketaan. Kuvassa 13 rakenteiden osia on kuvattu numeroin. Esimerkiksi tapauksessa 1 rakenne 11 on tuulta vasten oleva seinä. 12 on tuulen vastainen katon lape. 13 kuvaa toista lapetta ja 14 on tuulen suunnasta katsottuna rakenteen takana. Ensin ohjelma laskee kullekin rakenteen osalle siihen kohdistuvan tuulikuorman arvon. Kuvassa 11 näkyy kaikki kuormitustapaukset, jotka ohjelma selvittää. Kaikissa yhtälöissä on käytetty esitetietolomakkeessa ilmoitettuja

arvoja. Samassa kuvassa esitetään myös ulkoseinien valmiit painekertoimet, joista vähennetään tai lisätään sisäisen paineen kertoimet ($C_{pi,neg}$ tai $C_{pi,pos}$). Katon painekertoimet saadaan laskettua kuvan 10 mukaan, mitkä valitaan suunnitteluohjeessa esitetyn tavan mukaan. Katon ulkoisen paineen kertoimiin lasketaan sisäisen paineen arvot samalla tavalla kuin seinille. Tuulikuorman arvo muodostuu lopullisen painekertoimen (Pk_{01}) tulosta ennalta määrätyn puuskanopeuspaineen (q_0) ja sen vaikutus yhdelle lohkovälille.

Taulukko 7. Kuvan 13 mukaiset kuormitustapaukset ominaiskuormina

Tapaus 1.			Tapaus 2.		
Pk,11	$(+0,8-C_{pi,neg}) * k * q_0$	1,540kN/m	Pk,21	$(+0,8-C_{pi,pos}) * k * q_0$	0,84kN/m
Pk,12	$(C_{pe,s}-C_{pi,neg}) * k * q_0$	(-0,28)kN/m	Pk,22	$(C_{pe,p}-C_{pi,pos}) * k * q_0$	0,00
Pk,13	$(C_{pe,s}-C_{pi,neg}) * k * q_0$	(-0,28)kN/m	Pk,23	$(C_{pe,s}-C_{pi,pos}) * k * q_0$	(-0,98)kN/m
Pk,14	$(-0,5-C_{pi,neg}) * k * q_0$	(-0,28)kN/m	Pk,24	$(-0,5-C_{pi,pos}) * k * q_0$	(-0,98)kN/m
Tapaus 3.			Tapaus 4.		
Pk,31	$(+0,8-C_{pi,pos}) * k * q_0$	0,84kN/m	Pk,41	$(+0,8-C_{pi,neg}) * k * q_0$	1,540kN/m
Pk,32	$(C_{pe,s}-C_{pi,pos}) * k * q_0$	(-0,98)kN/m	Pk,42	$(C_{pe,p}-C_{pi,neg}) * k * q_0$	0,700kN/m
Pk,33	$(C_{pe,s}-C_{pi,pos}) * k * q_0$	(-0,98)kN/m	Pk,43	$(C_{pe,s}-C_{pi,neg}) * k * q_0$	(-0,28)kN/m
Pk,34	$(-0,5-C_{pi,pos}) * k * q_0$	(-0,98)kN/m	Pk,44	$(-0,5-C_{pi,neg}) * k * q_0$	(-0,28)kN/m

Kattoharjan suunnassa tuulesta aiheutuvat ankkurointivoimat lasketaan taulukon 5 arvoista valitsemalla epäedullisimman tapauksen mukaan. Tavallisesti laskuihin otettaisiin mukaan myös työtelineille kohdistuva tuulikuorma sääsuojan lisäksi. Koska kaikki tässä työssä käytettävät laskentamallit eivät tarjoa työtelineiden kuormia, telineitä ei oteta huomioon ollenkaan, jotta saadut arvot olisivat vertailukelpoisia keskenään. Tämän takia lähtöarvolomakkeessa kuvan 12 telinerungolle ei ole annettu mittoja. Taulukon 5 kuormat vaikuttavat yhden lohkon (k) ja lappeen (a tai b) yhteispinta-alalle. Näin saadaan selvitettyä ylimmän ankkurin puristus- ja vetovoimat ominaiskuormina.

Suurimmat puristusvoimat saadaan kuvasta 13 tapauksesta 4. Lasketaan a-ankkuria raskittavan voiman määrä.

$$\left(\frac{\text{ankkuriväli}}{2} + ha \right) * Pk.41 + \tan(15) * Pk.42 * a = a \cdot \text{puristus}$$

Tästä yhtälöstä saadaan vastaukseksi taulukon 7 mukainen arvo. Samalla periaatteella lasketaan ankkurointivoimat myös telinekokonaisuuden toiselle puolelle, mutta tälle puolelle määräävät tapaukset ovat 2 tai 3. Valitaan tapaus 3.

$$\left(\frac{\text{ankkuriväli}}{2} + hb\right) * Pk. 34 + \tan(15) * Pk. 33 * b = a \cdot \text{veto}$$

Mitoittavat arvot murtorajatilassa saadaan sääsuojastandardin ohjeiden mukaan kertomalla sääsuojan omapaino kertoimella 1,35 ja muut hyötykuormat kertoimella 1,5. Suurimman nosteen arvo saadaan, kun käytetään omalle painolle määritettyä taulukon 4 mukaista pienempää kerrointa 1,0.

Taulukko 8. Ankkurointivoimat kattoharjan suunnassa

Tuulikuorma kattoharjaa vasten	
$p^*(a;b) = \text{kN/m} \cdot \text{lape}$	
Ankkurointivoimat:	
Suurimmat mahdolliset kuormitustapaukset	
OMINAISARVOT	
Ankkureihin kohdistuvat puristusvoimat	
Painevoiman vaikutus	a: 2,53 kN
	b: 0,00 kN
	c: 0,00 kN
Ankkureihin kohdistuvat vetovoimat	
Imuvoiman vaikutus	a: -3,54 kN
	b: 0,00 kN
	c: 0,00 kN
	summa: 6,08 kN
Ankkurointivoimat eriteltynä ankkurille a	
	Tapaus 1 Tapaus 2 Tapaus 3 Tapaus 4
Painevoiman vaikutus	-1,01284795 0 -3,545 2,53212 kN
Imuvoiman vaikutus	-1,01284795 -3,544968 -3,545 -1,0128 kN

Taulukon 6 mukaiset ankkurointivoimat saadaan kertomalla eri tapauksista saadut tuulikuorman arvot valitulla vaikutusalalla. Kirjaimet a, b ja c kuvaavat ankkureiden sijaintia.

Ankkuri a sijaitsee ylimpänä ja b-ankkuri(t) sijaitsee kuvan 16 esittämällä tavalla. C-ankkuri on alimmainen ankkuri. B- ja c-ankkurien kuormat lasketaan yksinkertaisuudessaan valitulle sivulle kohdistuva voima kerrottuna ankkurointivälillä tai muuten ankkuria kuormittavalla pinta-alalla. Tässä tapauksessa määräävät kuormitukset kyseisille ankkureille olisivat puristukselle tapaukset 1 ja 4. Kaikkien muiden ankkureiden paitsi a-ankkurin laskentakaavat pysyvät samana kuormitustapauksesta ja –tilanteesta riippumatta. Ainoastaan Pk:n arvot muuttuvat kuormitustapauksen mukaan.

Suurimmat puristusvoimat ankkurille b saataisiin tapauksista 1 ja 4 sekä vedolle tapaukset 2 ja 3. Valitaan tapaukset 1 ja 2.

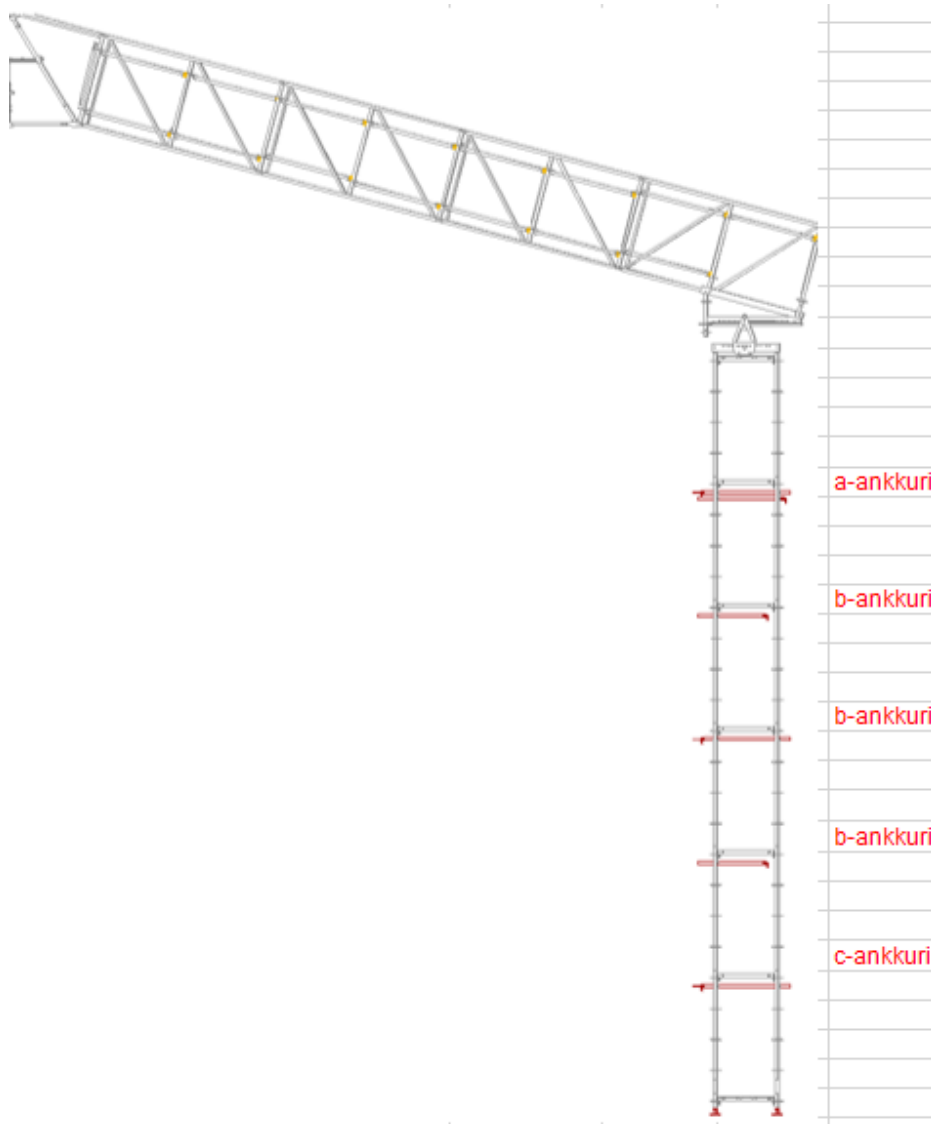
$$\left(\frac{\text{ankkurointiväli}}{2} + \frac{\text{ankkurointiväli}}{2}\right) * Pk.11 = b.puristus$$

$$\left(\frac{\text{ankkurointiväli}}{2} + \frac{\text{ankkurointiväli}}{2}\right) * Pk.24 = b.veto$$

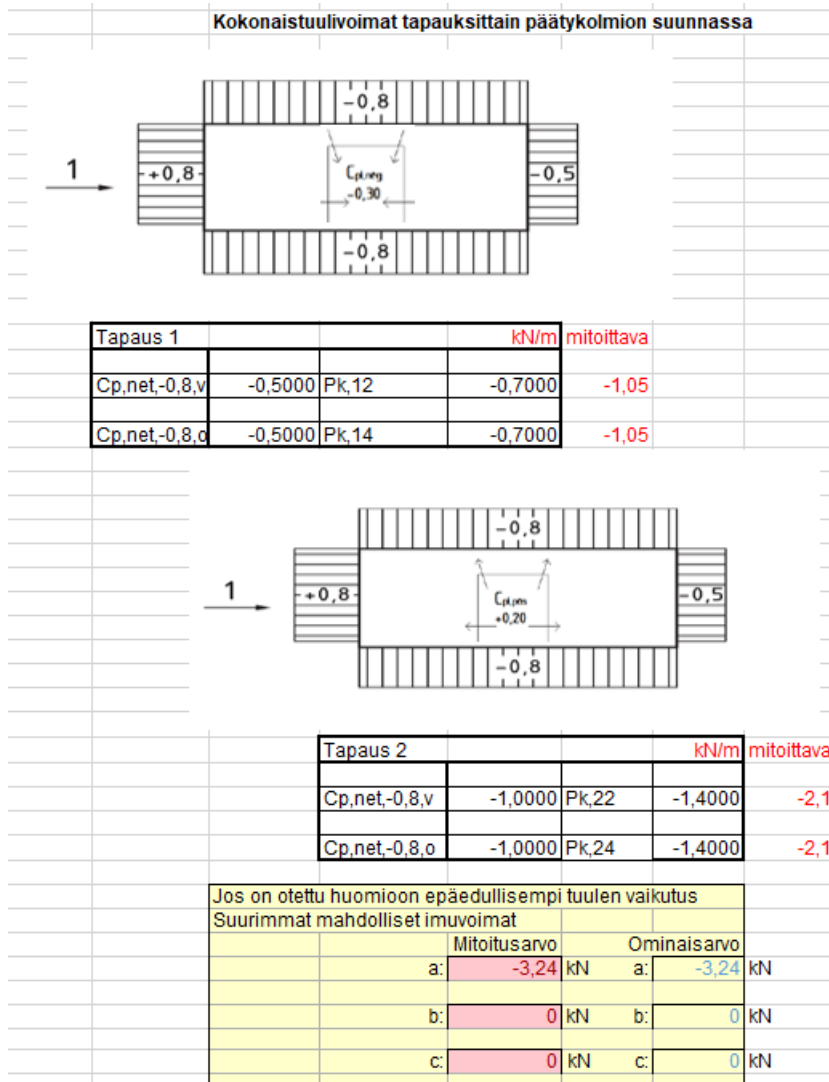
Suurimmat puristus- ja vetovoimat c-ankkurille syntyvät samoista tapauksista kuin b-ankkurin tapauksessa, koska kuormittavat rakenneosat ovat molemmilla samat. Kaavassa esiintyvä ”nollataso” tarkoittaa käytännössä maantasoja tai muuta tasoa mihin telinekonaisuus tukeutuu alimmilla pystytuillaan.

$$\left(\frac{\text{ankkurointiväli}}{2} + \text{alimman ankkurin etäisyys nollatasosta}\right) * Pk. 11 = c.puristus$$

$$\left(\frac{\text{ankkurointiväli}}{2} + \text{alimman ankkurin etäisyys nollatasosta}\right) * Pk. 24 = c.veto$$



Kuva 16. Telinekokonaisuuden ankkureiden nimet sijainnin mukaan.



Kuva 17. Kokonaistuulivoimat tapauksittain päätykolmion suunnassa.

Kuvassa 15 esitetty malli kuvaa tuulen vaikutusta päätykolmion suunnasta. Tuulen vaikuttaessa kyseisessä tilanteessa, ulkoisen paineen kerroin telineen sivuilla on suurempi kuin telineen taakse muodostunut kerroin, mutta molemmissa päädyissä kertoimet ovat samat kuin kuvassa 13. Tämän takia tilanteessa käsitellään vain tuulen aiheuttamasta kuormasta suurin mahdollinen vetorasitus ankkureille. Epäedullisemmän ulkoisen painekertoimen lisäksi laskuihin on lisätty sääsuojalle kohdistuva suurin mahdollinen nosteesta aiheutuva rasitus a-ankkurille (Kuva 13, Pd,XX,imu). Tuulen vaikutus ankkurivoimiin saattaa muuttua merkittävästi, minkä takia tapaus täytyy tarkastella. Oletuksena on,

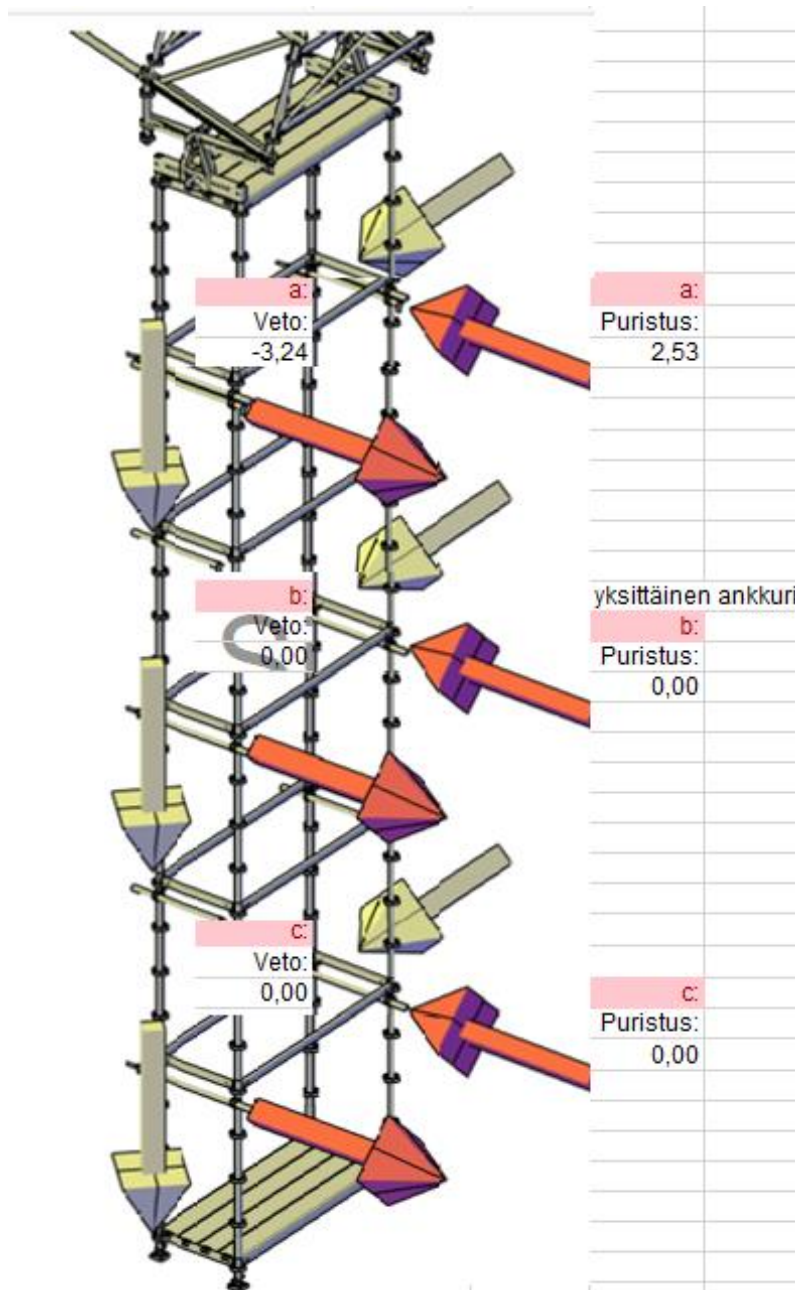
että tuulenpaine lasketaan samalla tavalla kuin kuvan 13 tapauksissa. $C_{p,net,-0,8}$ kerroin kohdistuu vain työtelineisiin, ja oletetaan katolle kohdistuvan imupaineen olevan samat kuin Pk.33 ja Pk.42. Juuri tässä esimerkissä ei ole telineitä, joihin kohdistuisi suurempi ulkoinen paine kuin ensimmäisessä kuormitustilanteessa (Kuva 13) ja sen takia ankkurivoiman arvo näissä kahdessa tapauksessa jää alemmaksi kuin kuvasta 13 saadut arvot.

Taulukko 9. Kuvan 15 mukaiset kuormitustapaukset

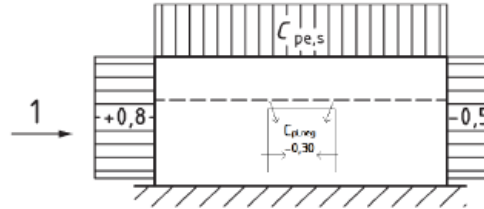
Tapaus 1.		Tapaus 2.			
Pk,12	$((-0,8)-C_{pi,neg})*k*q_0$	$(-0,7)kN/m$	Pk,22	$((-0,8)-C_{pi,pos})*k*q_0$	$(-1,4)kN/m$
Pk,14	$((-0,8)-C_{pi,neg})*k*q_0$	$(-0,7)kN/m$	Pk,24	$((-0,8)-C_{pi,pos})*k*q_0$	$(-1,4)kN/m$

Taulukon 9 Pk,11 ja Pk,21 lasketaan samalla tavalla kuin kuvan 13 tilanteessa, mutta suurin imua aiheuttava arvo lasketaan seuraavalla tavalla. Valitaan suurin imua aiheuttava P_d katolle (Kuva 13, Pd.33) ja työtelineille (Taulukko 9, Pk.24)

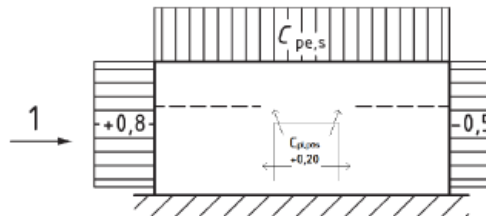
$$\left(\frac{\text{ankkuriväli}}{2} + hb \right) * Pk.24 + \tan(15) * Pd.33 * b = a.veto$$



Kuva 18. Määräävät ankkurointivoimat puristukselle ja vedolle kullekin ankkurille per lohko

Kokonaistuulivoimat tapauksittain päätykolmion suunnassa


Tapaus 1	Pituussuunnassa	kN/m	mit.tuuli
Cp,net,+0,8	1,100 Pk,11	8,318	12,474
Cp,net,Cpe,s	-0,200 Pk,12	-1,512	-0,554
Cp,net,-0,5	-0,200 Pk,13	-1,512	-2,268
suur. Noste		-1,893	



Tapaus 2	Pituussuunnassa	kN/m	mit.tuuli
Cp,net,+0,8	0,600 Pk,11	4,536	6,804
Cp,net,Cpe,s	-0,700 Pk,12	-5,292	-8,224
Cp,net,-0,5	-0,700 Pk,13	-5,292	-7,938
suur. Noste		-7,363	

Kuva 19. Kokonaistuulikuormat tapauksittain päätykolmion suunnassa.

Oletusarvona voidaan pitää, että harjan suunnassa syntyvät suurimmat ankkurointivoimat. Kuvassa 16 on määritetty ankkureita rasittava leikkausvoima per lohko. Myös kuvassa 16 esiintyvät arvot eivät ole suoraan verrattavissa kuvan 15 arvoihin, vaikka tuulen suunta on sama. Tässä työssä lasketaan yksittäisiä ankkureita ja nämä muodostavat ankkuririvin. Yhtä ankkuririviä kuormittaa aina pinta-alaltaan yksi lohko. Tuulenpaineen kohdistuessa harjan suunnassa voima osuu kohtisuoraan lohkon kanssa ja jakautuu tasaisesti lappeelle. Kun taas tuulenpaine kohdistuu päätykolmiolle, tuulenpaineesta aiheutuva voima jakautuu kaikille lohkoille tasaisesti pienentäen yksittäiselle ankkurille välittyvää voimaa, vaikka kokonaiskuorma pysyykin samana. Siksi katoksen pituus vaikuttaa suuresti kuorman jakautumiseen lohkoille. Mitä useampi lohko, sitä pienempi kuorma yksittäiselle ankkuririville. Ankkurivoimia määritettäessä rakenneosaan kohdistuva paine

määrää laskentatavan eikä niinkään tuulen suunta. Kaiken edellä mainitun vuoksi voiman suuruus metrille on huomattavasti suurempi kuin aikaisemmissa tapauksissa.

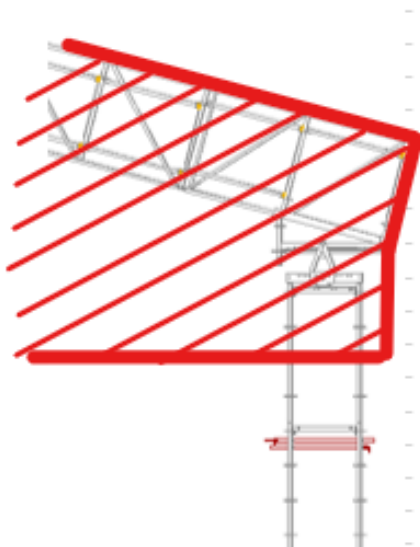
Taulukko 10. Kuvan 16 mukaiset kuormitustapaukset

Tapaus 1.			Tapaus 2.		
Pk,11	$(0,8-C_{pi,neg}) * a * q_0$	8,32kN/m	Pk,11	$(0,8-C_{pi,pos}) * a * q_0$	4,54kN/m
Pk,12	$(C_{pe,s}-C_{pi,neg}) * a * q_0$	(-1,51)kN/m	Pk,12	$(C_{pe,s}-C_{pi,pos}) * a * q_0$	(-5,29)kN/m
Pk,13	$(0,5-C_{pi,neg}) * b * q_0$	(-1,51)kN/m	Pk,13	$(0,5-C_{pi,pos}) * b * q_0$	(-5,29)kN/m

Ankkuriin kohdistuvan leikkausvoiman suunnalla ei ole merkitystä, koska seinäankkurin poikkileikkaus kaikkiin suuntiin on symmetrinen ympyräprofiili. Tästä syystä valitaan kaikkein suurimman voiman tuottava vaihtoehto taulukosta 10 (Tapaus 1 Pk,11).

$$(sa + 1m) * Pk.11 + \frac{\frac{z-Ha-sa}{2} * Pk.11}{\frac{d}{k}} = a. leikkaus$$

Kaavassa otetaan huomioon päätykolmion pinta-ala, johon sisältyy itse kolmion lisäksi myös sääsuojan reunuksen paksuus ja kehikon yli roikkuva peiteuloke. Kuvasta 4 löytyy havainnollistava kuva mittojen nimistä ja kuvan 17 avulla nähdään a-ankkuria kuormittava pinta-ala.



Kuva 20. Päätykolmion oletettu peiteala

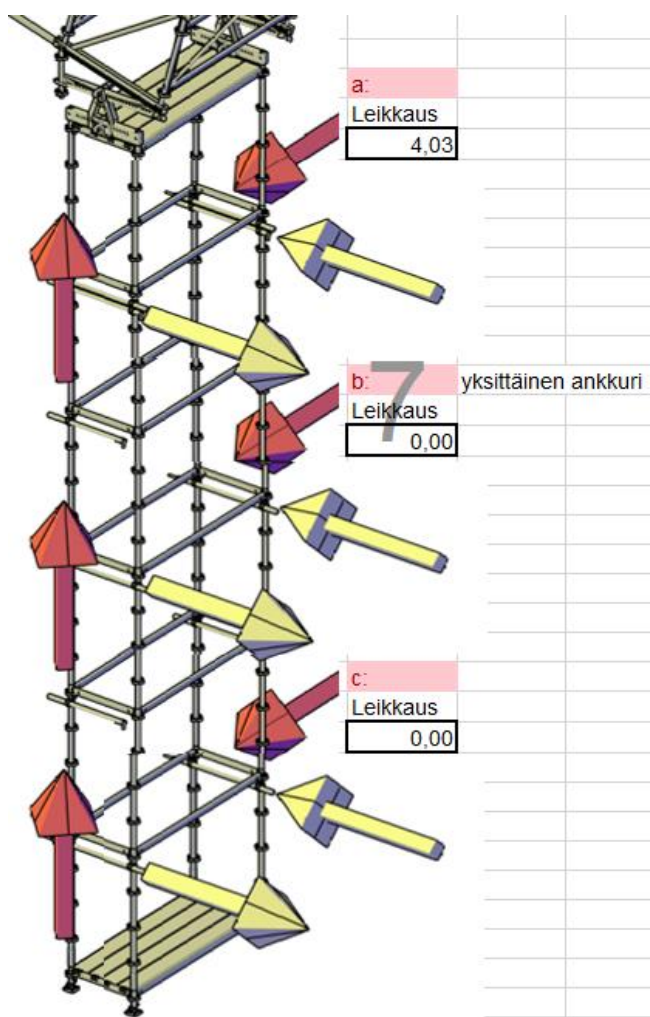
B- ja c-ankkureille kohdistuvat leikkausvoimat otetaan huomioon, jos telinekokonaisuus on kauttaaltaan peitetty sääsuojalla. Silloinkin voimat lasketaan jo edellä mainitulla tavalla.

$$\frac{\frac{\text{Ankkuriväli}}{2} + \frac{\text{Ankkuriväli}}{2} * Pk. 11}{\frac{d}{k}} = b. \text{leikkaus}$$

$$\frac{\left(\frac{\text{Ankkuriväli}}{2} + \text{Alimman ankkurin etäisyys nollatasosta}\right) * Pk. 11}{\frac{d}{k}} = c. \text{leikkaus}$$

Tuulikuorma päätykolmion suunnassa	
F/(L/k) =	
Suurimmat mahdolliset kuormitustapaukset	
OMINAISARVOT	
Leikkausvoimat	Vain päätykolmion aiheuttama rasitus
a:	4,03 kN
Pätee, jos teline on peitetty	
b:	0,00 kN
c:	0,00 kN
yht.	4,03 kN

Kuva 21. Ankkureille kohdistuvat leikkausvoimat



Kuva 22. Määräävät ankkurointivoimat leikkaukselle kullekin ankkurille per lohko

7.3 Kattoristikon ja perustusten kuormat

Tässä insinööritöössä ei mitoiteta kattoristikkoa, mutta selvitetään sitä rasittavat kuormat sivusuunnan lisäksi myös pystysuunnassa. Pystysuuntaiset voimat tulee selvittää, jotta voidaan myöhemmässä suunnitteluvaiheessa määrittää tarvittavat vastapainot. Tässä kappaleessa käydään läpi, kuinka lasketaan telineiden perustuksille ja kattoristikolle aiheutuvat kuormat. Kaikki pystysuuntaiset kuormat lasketaan kuvan 13 tapauksilla. Työmaalla on ehdottoman tärkeää olla varmoja pohjan riittävästä kantavuudesta ja juuri siksi perustuksille kohdistuva kuorma tulee myös selvittää. Lasketaan suurin mahdollinen alaspäin suuntautuva kuorma perustuksille valitsemalla määräävä kuormitustapaus (Kuva 13, tapaus 4). Kaavojen lyhenteiden selitteet löytyvät taulukosta 11.

$$Tg.a + Tq + Sg + Lq + (Taulukko 7)Pk.42 * a = A\text{-puoli.kok.kuorma.alas}$$

$$Tg.a + Tq + Sg + Lq + (Taulukko 7)Pk.43 * a = B\text{-puoli.kok.kuorma.alas}$$

Tämän kappaleen kaavoissa käytettyjen symbolien arvot ja tulokset löytyvät taulukosta 11. Seuraavaksi lasketaan suurin mahdollinen nosteen arvo perustuksille. Jos kokonaiskuorman arvo ylöspäin on negatiivinen, telinekokonaisuus täytyy ankkuroida nosteelle vähintään sitä vastaavalla voimalla esimerkiksi vastapainon avulla. Lasketaan suurin mahdollinen alaspäin suuntautuva kuorma perustuksille valitsemalla määräävä kuormitustapaus (Kuva 13, tapaus 3).

$$Tg.a + Tq + Sg + (Taulukko 7)Pk.32 * a = A\text{-puoli.kok.kuorma.ylös}$$

$$Tg.a + Tq + Sg + (Taulukko 7)Pk.33 * b = B\text{-puoli.kok.kuorma.ylös}$$

Taulukko 11. Pystykuormat

	OMINAISARVOT	MITOITU SARVOT
Pystykuormat/lohko:		
Lumikuorma	0,63 kN/m	0,94 kN/m
Telinehyötykuorma Tq	5,00 kN/tuki	7,50 kN/tuki
Sääsuojan paino: Sg	7,78 kN	10,48 kN
Telinerungon paino Ha Tg.a	0,00 kN	0,00 kN
Telinerungon paino, Hb Tg.b	0,00 kN	0,00 kN
Kokonaiskuormat		
Tuuli- ja lumikuorman yhdistelmä A-puoli alas	30,65 kN	44,8 kN
Ylöspäin suuntautuva enimmäiskuorma A-puoli ylös	-5,5 kN	-12,9 kN
Tuuli- ja lumikuorman yhdistelmä B-puoli alas	17,4 kN	25,0 kN
Ylöspäin suuntautuva enimmäiskuorma B-puoli ylös	-5,5 kN	-12,9 kN
Suurimmat arvot:		
Kuorma sääsuojatelineen perustuksille A:	30,7 kN	A: 44,8 kN
Sääsuojatelineeseen kohdistuva noste	-5,5 kN	-12,9 kN
Kuorma sääsuojatelineen perustuksille B:	17,4 kN	B: 25,0 kN
Sääsuojatelineeseen kohdistuva noste	-5,5 kN	-12,9 kN
OMINAISARVOT MITOITU SARVOT		
Hyötykuormat eriteltynä		
Tuulikuorma A-puoli alas	9,45 kN	14,18 kN
Tuulikuorma A-puoli ylös	-13,23 kN	-19,85 kN
Tuulikuorma B-puoli alas	-3,78 kN	-5,67 kN
Tuulikuorma B-puoli ylös	-13,23 kN	-19,85 kN
Lumikuorma Lq	8,44 kN	12,66 kN
Vain kattoristikolle aiheutuvat kuormat		
Pienin pystykuorma sääsuojalta	-4,6 kN	
Suurin pystykuorma sääsuojalta	26,7 kN	

Kattoristikolle kohdistuvat kuormat tulee myöskin tarkastella. Suunnittelija pystyy tällöin mitoittamaan kattoristikon kestämiin tarvittavat voimat. Kattoristikko asennetaan aina

työtelineiden ollessa jo pystyssä. Kattoristikko tulee erikseen kiinnittää ja ankkuroida työtelineeseen, jolloin tulee ottaa huomioon kiinnityksen kestävyys. Vaikka telinekokonaisuus ankkuroitaisiinkin riittävällä vastapainolla, se ei tarkoita että sama vastapaino riittäisi pitämään kattoristikkoa paikallaan. Käydään läpi vain kattoristikolle tuulesta aiheutuvat kuormat. Näitä arvoja käytetään oikean laskentatavan tarkistamiseen kuvassa 27.

$$Pz. 1. a = Pk. 42 * a \quad Pz. 2. a = Pk. 32 * a \quad Pz. 1. b = Pk. 43 * b \quad Pz. 2. b = Pk. 33 * b$$

Pienin pystykuorma sääsuojalta:

$$Sg + Pz. 1. a + Pz. 1. b + Lq = Pz. 1$$

Suurin pystykuorma sääsuojalta:

$$Sg + Pz. 1. a + Pz. 2. a + Pz. 1. b + Pz. 2. b + Lq = Pz. 2$$

Laskentaohjelma määrittää katon kuormat kahdella eri tavalla. Ensimmäinen tapa (Taulukko 11) on tarkistusta varten, missä lasketaan katon oman painon lisäksi tuuli ja lumi. Toinen tarkastelu on tehty vain tuulen ja oman painon yhdistelmästä, mitä voidaan tarkastella taulukossa 12. Taulukon arvoissa on erona tuulen vaikutustapa, eli kohtisuora tuulikuorma ja kuormitusyhdistelmästä saatu kuorma. Oikeassa elämässä telinekokonaisuutta ei välttämättä peitetä sääsuojalla kokonaan. Esimerkiksi joissakin korjausrakentamiskohteissa ainoa tarve sääsuojalle on kattorakenteen suojaaminen. Tällöin telineillä ei ole työtasoja vaan telineet toimivat sääsuojalle vain pystytukena. Silloin tuulikuorma voi vaikuttaa alhaalta päin kohtisuoraan sääsuojalle.

Ylöspäin kohtisuora tuulikuorma sääsuojalle:

$$q0 * k * a + Sg$$

Kuormitusyhdistelmästä saatu tuulikuorma ylöspäin:

$$Pz. 2. a + Sg$$

Taulukko 12. Kattoristikolle kohdistuvat suurimmat nosteen arvot

PÄTEE JOS:				
TELINESÄÄSUOJASEINÄ ON AVONAINEN KYLJISTÄ				
TAI/JA SÄÄSUOJA ON TOTEUTETTU TORNIEEN VARAAN				
OMINAISARVOT		MITOITUSARVOT		
YLÖSPÄIN KOHTISUORA TUULIKUORMA SÄÄSUOJALLE				
Suurin nosteen aiheuttava tuulikuorma sääsuojalle				
	A:		A:	B:
	-18,90 kN		-28,35	-28,35 kN
,jos sääsuojan paino mukana				
	-11,14 kN		-17,87	-17,87 kN
PÄTEE JOS:				
TELINEKOKONAISUUS ON UMPINAINEN JA EIJÄ				
OMINAISARVOT		MITOITUSARVOT		
KUORMITUSYHDISTELMISTÄ SAATU TUULIKUORMA				
Suurin nosteen aiheuttava tuulikuorma sääsuojalle				
	A:		A:	B:
	-13,23 kN		-19,85	-19,85 kN
,jos sääsuojan paino mukana				
	-5,47 kN		-12,86	-12,86 kN

7.4 Tarkistaminen ja vertailu

Vaikka laskentaohjelma on suoritettu eurooppalaisten standardien mukaisesti ja laskennat on tehty epäedullisimpien kuormitustilanteiden mukaan, ja mielestäni on hyvän tavan mukaista tarkistaa ja verrata tuloksia muiden laskentatapojen kanssa. Eri laskentatavoilla tarkastelen eri rakenneosia ja niille kohdistuvia voimia. Vertaan Excelillä saamiani tuloksia yhteensä kolmen eri laskentatavan kanssa. Ensimmäinen vertailu tehdään PERI:n suunnitteluohjeen avulla määritetyillä kuorman arvoilla. Toinen vertailukohde on RIL-142-2010 s.55 taulukon 3.2 likimääräisillä yksikkökuormilla laskettu tapaus. PERI:n suunnittelija luo kolmanneksi tapaukseksi RSTAB-mallinnusohjelmalla vastaavan rakenteen, mikä vastaa liitteen 1 mittoja ja arvoja. Yhteensä neljän eri laskentatavan vastauksia verrataan toisiinsa ja jos tulokset ovat keskenään saman suuntaisia, niin voidaan todeta laskentaohjelman laskevan tarvittavalla tarkkuudella. Suunnitteluohje ja RSTAB ottavat kantaa vain sääsuojalle kohdistuviin kuormiin. Tällöin voidaan tarkastella vain kattoristikolle aiheutuvia pystysuuntaisia voimia ja ylimmän ankkurin rasitusta. RIL:n avulla määritän vain likimääräiset normaalivoimat muillekin seinäankkureille.



- Support forces are dependent on
 - L_{spw} = span
 - q = wind load
 - s = snow load
 - B = width
 - L = total length of the roof
 - n = total number of supports
- Calculate the supporting structure in each case.
- Verification required for the load transfer from roof and scaffolding to the ground.

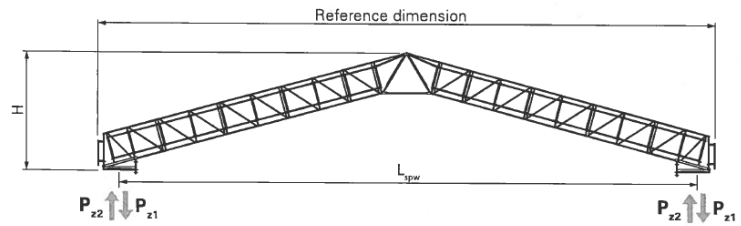


Fig. B1.10a

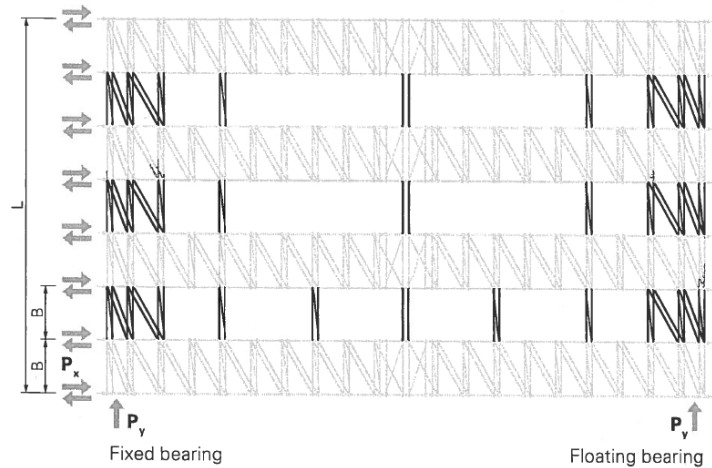


Fig. B1.10b

B2.1 Span 27.0 m

Horizontal force [kN]	in girder direction	P_x	$3.0 * q * B$
	in gable direction	P_y	$41.8 * q / n$
Vertical force [kN]	downwards	P_{z1}	$12.8 * s * B + 3.2 * q * B + 143.7 * q / L + 9.8$
	upwards	P_{z2}	$8.0 * q * B + 27.5 * q / L - 7.3$

Kuva 23. PERI UP Flex LGS Weather Protection Roof suunnitteluohjeen laskentataulukko 27 metrin jännevälille.

LGS:n suunnitteluohjeen laskentataulukot on tehty tarvittavien sääsuojalle kohdistuvien pysty- ja vaakavoimien määrittämistä varten. Kyseiset laskentataulukot pätevät kuitenkin vain määrätyille jänneväleille ja tietenkin vain PERI:n omalle sääsuojalle. Ohjeessa esitetyt kaavat ovat kuitenkin yksinkertaistettuja ja helppokäyttöisiä, mikä vähentää tai jopa eliminoi väärät tulokset. Tässä insinööritöyssä esimerkkirakenteena on käytetty 27 metrin levyistä telinekokonaisuutta, joten suunnitteluohjeen tulisi antaa tarkat arvot sääsuojalle kohdistuvista voimista.

Telinekorkeus h m	Peittämätön teline		Peitetty teline	
	P_{\perp} kN/m ²	P_{\parallel} kN/m ²	P_{\perp} kN/m ²	P_{\parallel} kN/m ²
$h \leq 10$ m	0,15	--	0,50	--
$10 < h \leq 20$	0,15	0,04	0,50	0,10
$20 < h \leq 40$	0,18	0,10	0,60	0,24
$40 < h$	0,20	0,12	0,70	0,28

$F_{\perp} = P_{\perp} \cdot A$ = ankkurointivoima koko julkisivulla (kohtisuoraan)

$F_{\parallel} = P_{\parallel} \cdot A$ = ankkurointivoima koko julkisivulla (pituussuunta)

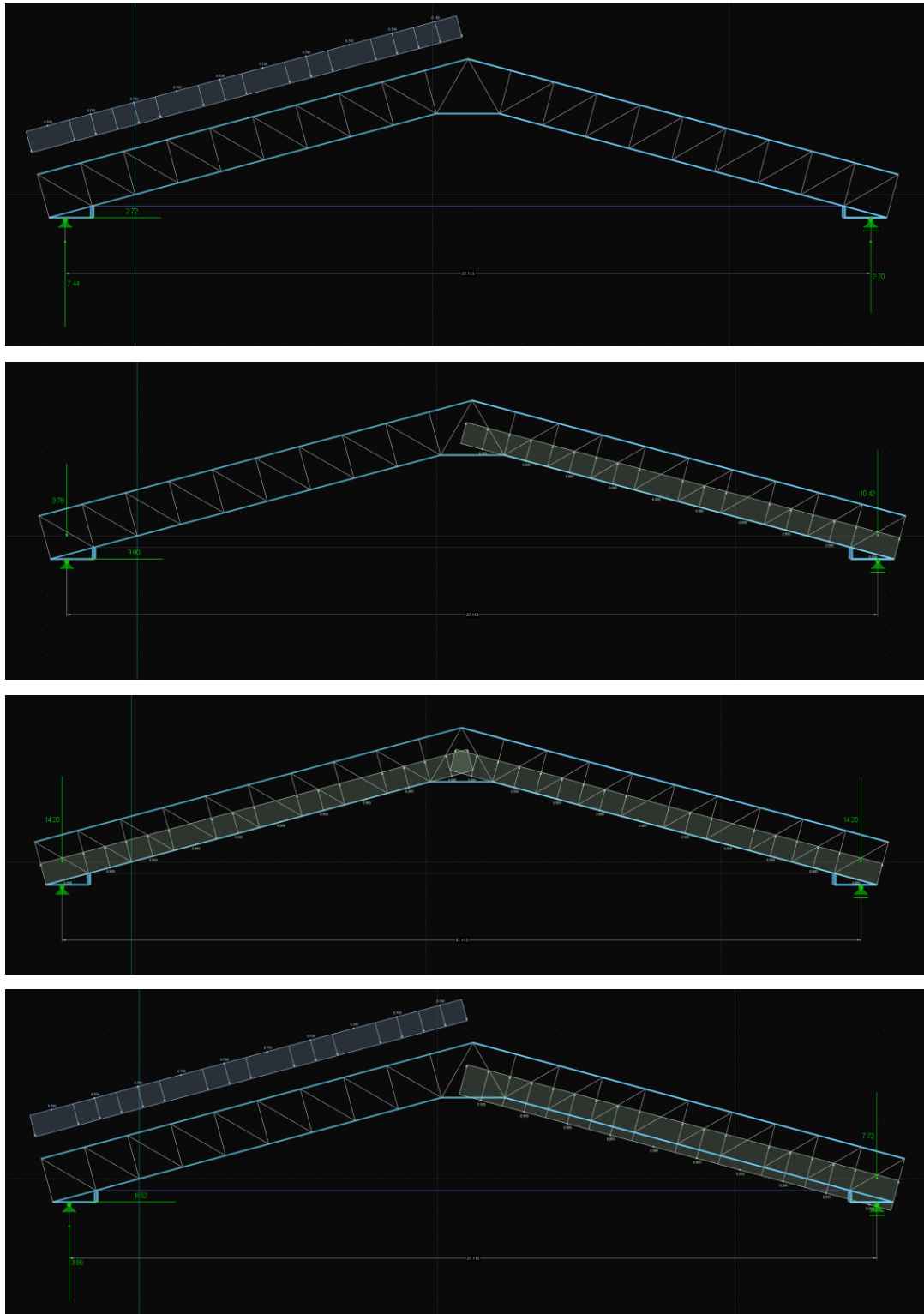
P_{\perp} on yksikkövoima, jonka ankkuroinnin on kestettävä julkisivua vastaan kohtisuorassa suunnassa

P_{\parallel} on yksikkövoima, jonka ankkuroinnin on kestettävä telineen pituussuunnassa

A on telineen julkisivun pinta-ala neliömetreinä

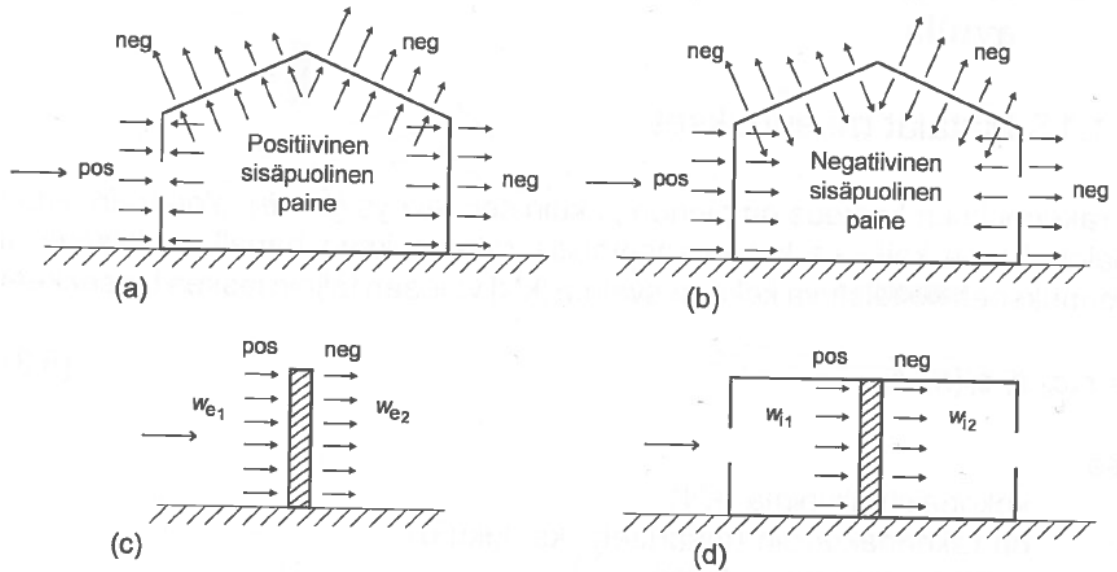
Kuva 24. RIL-142-2010 ankkuroinnin määrittämiseen tarvittavat yksikkökuormat [2, s.55]

RSTAB:n antaa varmasti erittäin tarkkoja arvoja, mutta ohjelman käyttö vaatii asiaan perehtymistä ja kuormitustilanteiden ymmärrystä. Väärät yhdistelmät, osavarmuuskertoimet, kaavat tai muut laskentaan vaikuttavat asiat johtavat automaattisesti väriin vastauksiin, joita ei voida pitää välttämättä edes suntaa-antavina arvoina. Tästä johtuen pelkkää mallinnusohjelmaa ei voida käyttää vertailuun, vaan on käytettävä myös varmoja likimääräisiä vaihtoehtoja ja ratkaisuja. Ajan säästämiseksi vain sääsuoja mallinnettiin. Tarkistuksen kannalta tällä ei ole merkitystä, koska PERI:n suunnitteluohje ottaa kantaa vain sääsuojalle kohdistuviin voimiin. Työtelineille kohdistuvat vaakasuuntaiset voimat lasketaan painekertoimilla täysin samalla periaatteella kuin katolle kohdistuvat kuormat. Ainoana lisänä laskentaan tulisi alemmille ankkureille kohdistuvan kuorman tarkistaminen, mutta oletetaan määräävien kuormien tarkistuksen riittävän.



Kuva 25. RSTAB-ohjelmalla mallinnettuun kattorakenteeseen kohdistuvien tuulenpaineiden määräävät kuormitusyhdistelmät kattoharjan suunnassa, kun tuuli vaikuttaa vasemmalta.

RSTAB:lla tehtyjä laskelmia tarkasteltaessa tulee ottaa huomioon positiivisen ja negatiivisen tuulenpaineen yhdenaikainen vaikutus. Niin kuin aikaisemmin todettiin, positiivinen paine kuvaa pintaan kohdistuvaa painetta ja negatiivinen paine on pinnasta poispäin kohdistuvaa imua. RSTAB:n laskelmat näyttävät a-ankkurille vaaditut voimat x-akselin suunnassa, kun laskelmissa on käytetty vain sääsuojaa. Excel-ohjelma näyttää sitä vastoin voiman suunnan pintaan kohdistuvan suunnan mukaan.



Kuva 26. Pintoihin kohdistuva paine [7, s.135.]

8 Tulokset

Kuvassa 27 näytetään eri laskentatavoilla saadut kuormat sääsuojalle. Vertailusta voimme nähdä, että ankkurointiarvot osuvat hyvinkin lähelle toisiaan. Tästä voimme todeta, että suurella todennäköisyydellä Excel-laskentaohjelma antaa luotettavia tuloksia sääsuojan ankkurivoimien määrittämiseen. Kuvassa 27 esitettyjen kuormien suunnat Px, Py, Pz.1 ja Pz.2 ovat havainnollistettu kuvassa 23.

Px	harjan suunnassa suurin lappeelle kohdistuva kuorma
Px.max	harjan suunnassa suurimmat vaakakuormat yhteensä
Py	päätykolmion suunnassa
Pz.1	alaspäin kohtisuora kuorma sääsuojalle
Pz.2	ylöspäin kohtisuora kuorma sääsuojalle

RIL vain suuntaa antava

Kokonaistuulikuormat	yht.		
kohtisuora	Px	6,88	kN
	Py	-	
	Pz.1	-	
	Pz.2	-6,30	kN

Suunnitteluohje

Sääsuojalle kohdistuvat kuormat	yht.		
vaaka	Px	4,20	kN
pitkittäis	Py	4,68	kN
alas	Pz.1	25,26	kN
ylös	Pz.2	-4,47	kN

Excel

Harjan suunnassa

	Tapaus 1	Tapaus 2	Tapaus 3	Tapaus 4	
Px	-1,01	0,00	-3,54	2,53	Painevoiman vaikutus
	-1,01	-3,54	-3,54	-1,01	Imuvoiman vaikutus
Px.määr.	3,54	kN	Px.max	6,08	kN
Py	4,86	kN			
Pz.1	25,65	kN			
Pz.2	-4,59	kN			

RSTAB

Px	2,72	Painevoiman vaikutus
	3,80	Imuvoiman vaikutus
Px.määr.	3,80	kN
	Px.max.	6,52
Py	-	kN
Pz.1	26,34	kN
Pz.2	-4,44	kN

	Px (kN)	Py (kN)	Pz.1 (kN)	Pz.2 (kN)
RIL	6,88	-	-	-6,30
Suunnitteluohje	4,20	4,68	25,26	-4,47
Excel	3,54	4,86	25,65	-4,59
RSTAB	3,80	-	26,34	-4,44

Kuva 27. Eri laskentatavoista saadut kuormien arvot

9 Yhteenveto

Insinööriyön tavoitteena oli luoda ankkurivoimien määrittämiseksi tarkoitettu laskentaohjelma ja tehdä sille suunnitteluohje. Ennen ankkurointivoimien laskemista määriteltiin rakenteeseen vaikuttavat kuormat ja kuormayhdistelmät. Laskentaohjelman paikkansapitävyyttä arvioitiin asettamalla eri mitoitusmenetelmille sama esimerkkikohte samoilla lähtöarvoilla. Tämän perusteella eri menetelmillä laskettiin esimerkkikohteen ankkurivoimat. Eri mitoitusmenetelmistä saatuja arvoja vertailtiin laskentaohjelmasta saatuihin lukuihin.

Haastavaa lopputulokseen pääsemiseksi oli sääsuojakohteiden mitoitukseen sovellettavien standardien vähäisyys tai tietolähteiden hajanaisuus. RIL:n työtelineitä koskeva julkaisu ei ota kantaa sääsuojiin ja tilapäisrakenteiden eurokoodi on lähinnä opastava standardi. Sääsuojakokonaisuuden laskennassa haastavinta on ilmanpaineen epätasaisuus ja sen vaikutus voimien muuttumiseen. Koska telinesääsuoja on poikkeuksetta enemmän tai vähemmän tiivis, ei sisäistä painetta pystytä tarkkaan määrittelemään. Epätarkkuuksista johtuen tarkistuksessa käytettiin lisäksi myös RSTAB-mallinnusohjelmaa ja PERI:n omaa sääsuojan suunnitteluohjetta.

Epätarkkuuksista ja laskentatavoista huolimatta kaikista saatiin keskenään hyvin lähekkäiset arvot, mukaan lukien laskentaohjelmasta saadut kuormat. Näin ollen työssä todettiin laskentaohjelman olevan riittävän luotettava ankkurivoimien määrittämisessä tavanomaisille sääsuojakohteille.

Lähteet

- 1 Finlex. Suomen sähköisen alkuperäisten säädösten kokoelma. Laki alueiden kehittämistä 1651/2009 [verkkosivu] Luettu 5.1.2020. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20091651>
- 2 Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. RIL 142-2010 Työtelineet ja putoamisen estävät suojarakenteet. 2010
- 3 Rakennustieto Oy. Rakennustöiden turvallisuusmääräykset selityksineen 2018
- 4 Rakennustietosäätiö. Telineet ja työtasot – turvalliset työtavat työmaalla. [PDF-dokumentti] Luettu 3.2.2020. <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK050503.pdf>
- 5 Suomen Standardisoimisliitto SFS. Eurokoodi 1: Rakenteiden kuormat osa 1-3: Yleiset kuormat. Lumikuormat. SFS-EN 1991-1-1 + AC
- 6 Suomen Standardisoimisliitto SFS. Tilapäisrakenteet. Sääsuojuukset. Toiminnalliset vaatimukset ja yleinen suunnittelu. SFS-EN 16508:2015
- 7 Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. RIL 201-1-2011 Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat.
- 8 Suomen Standardisoimisliitto SFS. SFS-EN 1991-1-4 Eurokoodi 1: Rakenteiden kuormat. Osa 1-4: Yleiset kuormat. Tuulikuormat. 2011.

Laskentaohjelman tulostettava versio

23.3.2020



1/14

Kohde: _____

Suunnittelijan nimi: _____

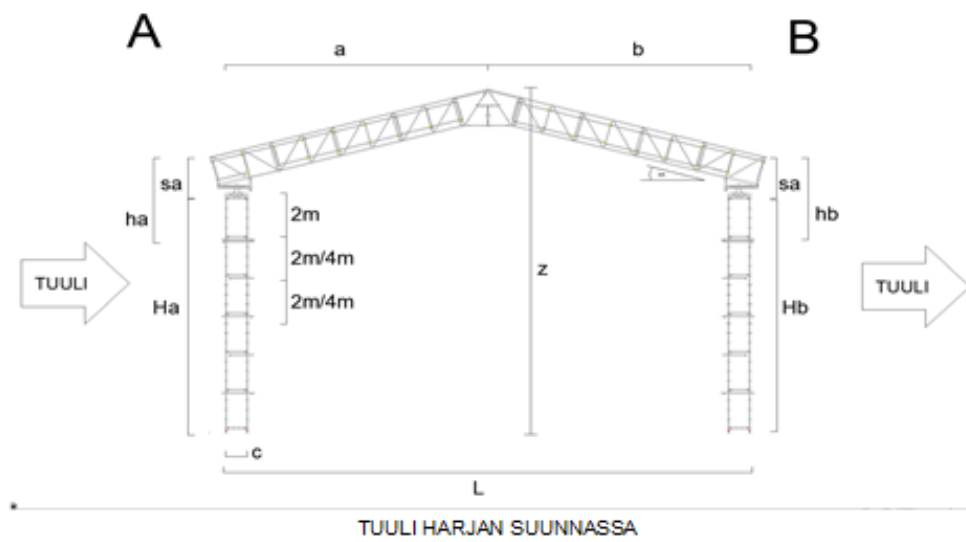
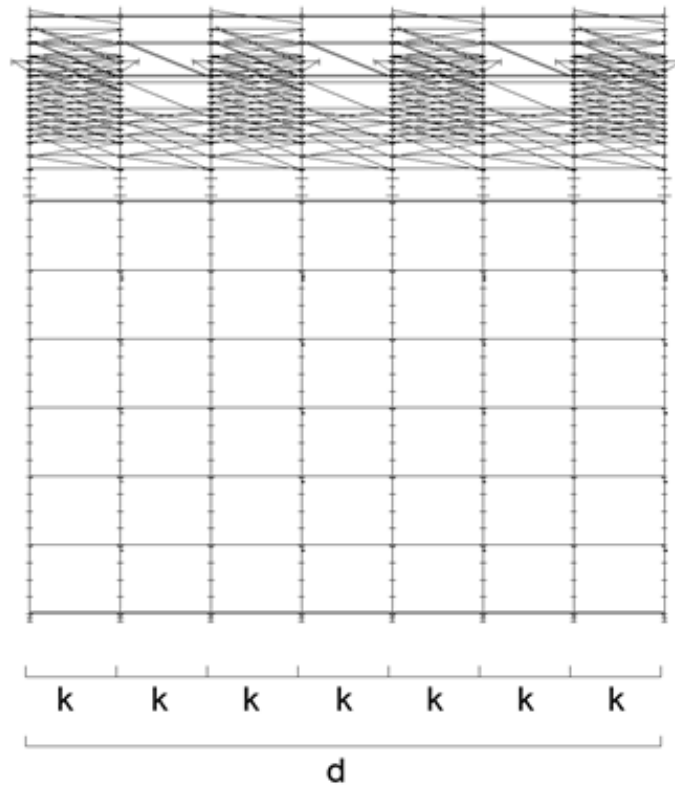
LGS sääsuojatelinekokonaisuuden ankkuroinnin laskenta	
Sääsuojan tiedot:	
Lohkojako	k= 2,5 m
Lape, A-puoli	a= 13,5 m
Lape, B-puoli	b= 13,5 m
Leveys	L= 27 m
Harjan korkeus maasta	z= 5,5 m
Paino	0,23 0,575 kN/m ² - (kN/m)
Kulma α	15 astetta
Katoksen pituus	k+k+k+...=d= 25 m
Ankkurointiväli	0,0 m
Alimman ankkurin etäisyys nolatasosta	0 m
b-ankkureita/lohko	0 kpl
sääsuojan reunuksen pakisuus = sa	LGS 2,2 m
Telineerungon tiedot:	
Kokonaiskorkeus	Ha= 0 m
Ankkuroimaton korkeus	ha= 0 m
Kokonaiskorkeus	Hb= 0 m
Ankkuroimaton korkeus	hb= 0 m
Tuulikuorma	q0= 0,56 kN/m ²
Paino	0,25 kN/m ²
Kuormaluokka	K1,3 2 kN/m ²
Telineen leveys	c= 1 m
Lumikuorma	LK2a 0,25 kN/m ²
LK1=0,1 - LK2a=0,25 - LK2b=0,6	
ope,s jos, (mutta ei pienempi kuin -0,7)	z/L= 0,20
ope,s jos,	d < 10m -0,65
ope,s jos, (mutta ei suurempi kuin -0,45)	10m < d < 25m -0,50
	d > 25m -0,5
EPÄTOSI	ope,p= 0,2
merkitse todellinen	ope,s= -0,5
merkitse todellinen	ope,p= 0,2
	cpi,neg= -0,3 vakio
	cpi,pos= 0,2 vakio

	omat merkinnät
	luettelo
	valitse sopivin
	älä koske

23.3.2020



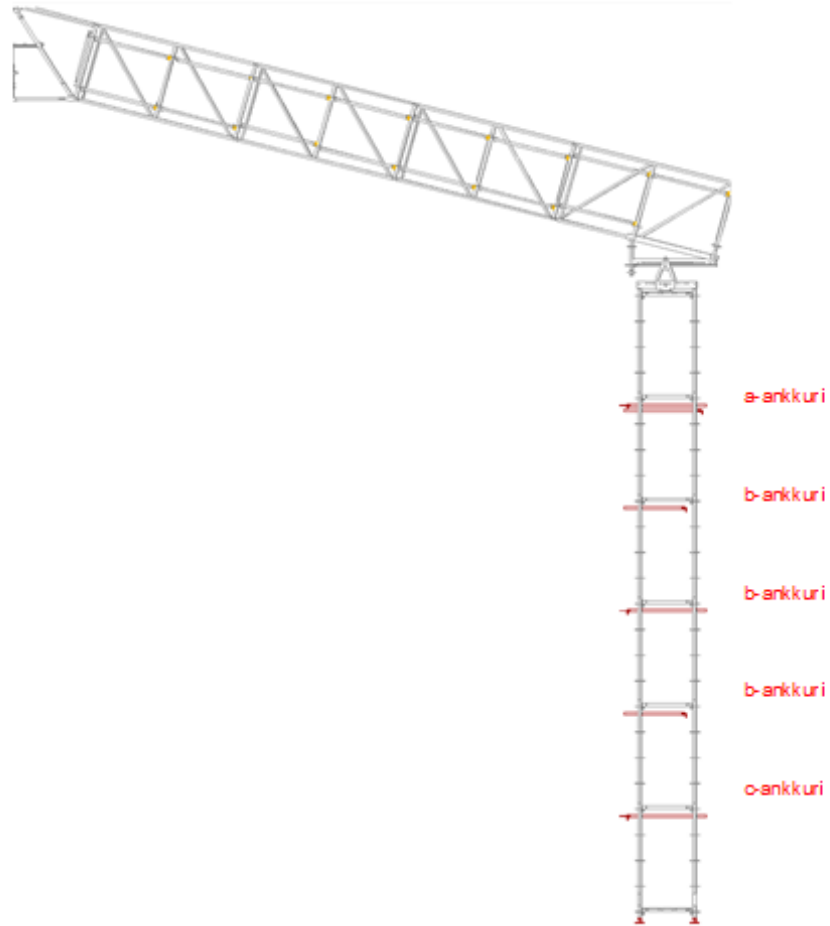
2/14



23.3.2020



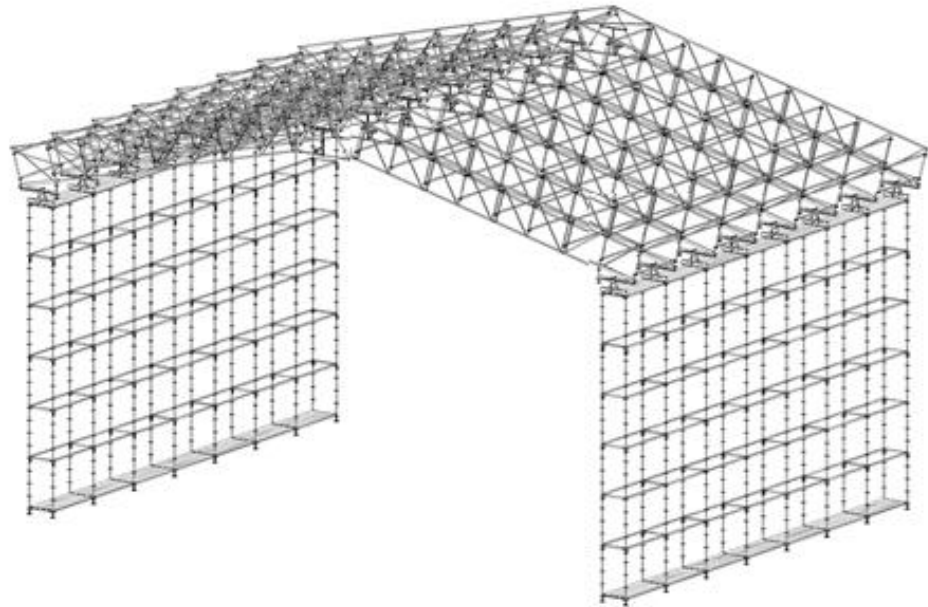
3/14



23.3.2020



4/14



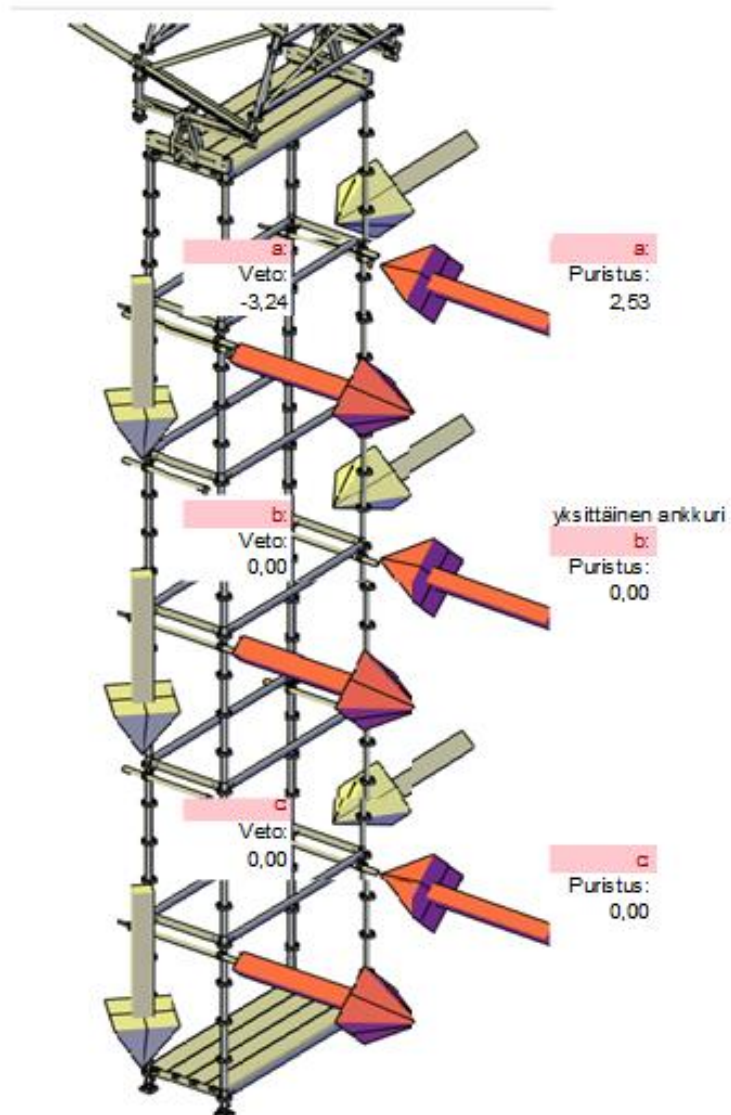
23.3.2020



5/14

Ankkureihin kohdistuvat normaalivoimat,
kun tuulivoimat vaikuttavat kohtisuoraan kattorajjan suunnassa
Lomäkkeellä esitetyt arvot ovat kilonewtoneita (kN)

Kuormitus tapa
Ominaisarvo

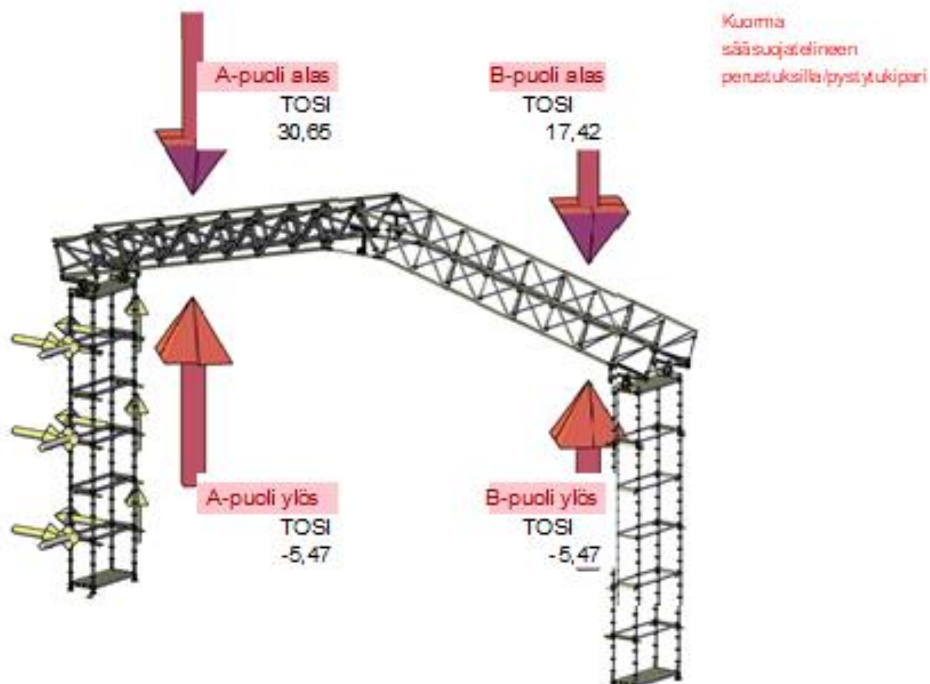


23.3.2020



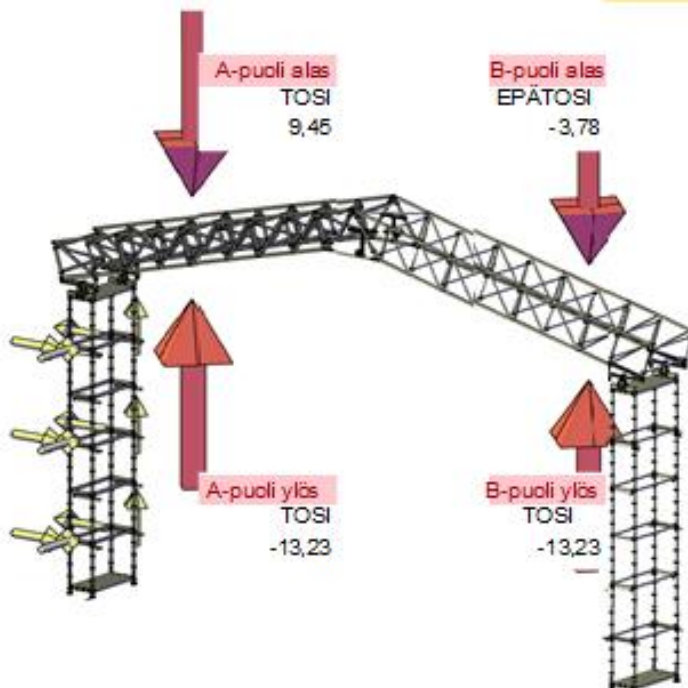
8/14

Kononaiskuomat



TOSI=nuolen suunta vastaa todellista kuorman suuntaa
 Kokonaiskuomat pystytukipareille. **HUOM! NOSTAVA VOIMA ANKKUROITAVA**
 Tuulikuomat eriteltynä

Kuormitus tapa
Ominaisarvo
 Tuulikuorma
 sääsuojatelineen
 kattoristikolla / ohke



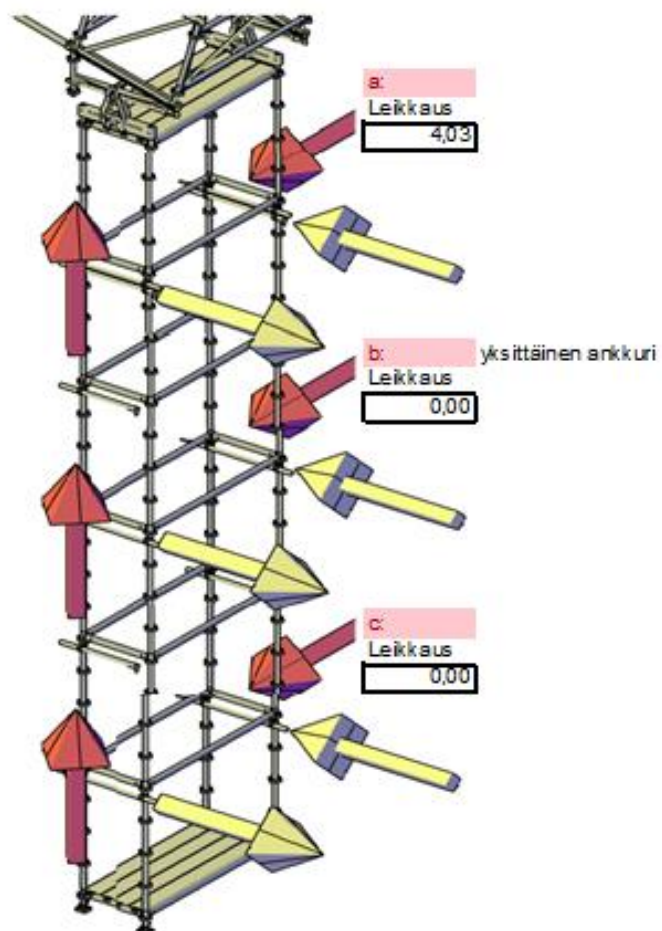
23.3.2020



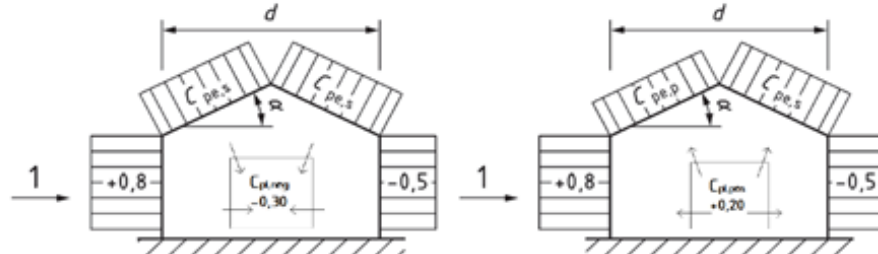
7/14

Ankkureihin kohdistuvat normaalivoimat,
kun tuulivoimat vaikuttavat kohtisuoraan päätykolmion suunnassa

Kuormitustapa
Ominaisarvo



Kokonaistulivoimat tapauksittain kattoharjan suunnassa



Tapaus 1		kN/m		mitoitava
Cp,net,11	1,100	Fk,11	1,540	2,310
Cp,net,12	-0,200	Fk,12	-0,280	1,294
Cp,net,13	-0,200	Fk,13	-0,280	1,294
Cp,net,14	-0,200	Fk,14	-0,280	-0,420

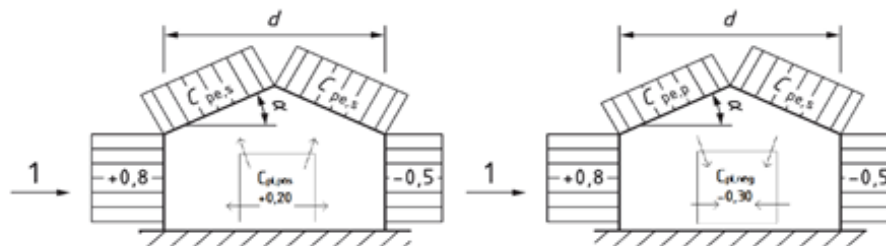
suur. noste

Pd,12,imu	0,155
Pd,13,imu	0,155

Tapaus 2		kN/m		mitoitava
Cp,net,21	0,600	Fk,21	0,840	1,280
Cp,net,22	0,000	Fk,22	0,000	1,714
Cp,net,23	-0,700	Fk,23	-0,980	0,244
Cp,net,24	-0,700	Fk,24	-0,980	-1,470

suur. noste

Pd,22,imu	0,575
Pd,23,imu	-0,895



Tapaus 3		kN/m		mitoitava
Cp,net,31	0,600	Fk,31	0,840	1,280
Cp,net,32	-0,700	Fk,32	-0,980	0,244
Cp,net,33	-0,700	Fk,33	-0,980	0,244
Cp,net,34	-0,700	Fk,34	-0,980	-1,470

suur. noste

Pd,32,imu	-0,895
Pd,33,imu	-0,895

Tapaus 4		kN/m		mitoitava
Cp,net,41	1,100	Fk,41	1,540	2,310
Cp,net,42	0,500	Fk,42	0,700	2,764
Cp,net,43	-0,200	Fk,43	-0,280	1,294
Cp,net,44	-0,200	Fk,44	-0,280	-0,420

suur. noste

Pd,42,imu	1,625
Pd,43,imu	0,155

23.3.2020



9/14

	OMINAISARVOT		MITOITU SARVOT	
Pystykuormat/lohko:				
Lumikuorma	0,83	kN/m	0,94	kN/m
Telinehyötykuorma Tq	5,00	kN/tuki	7,50	kN/tuki
Sääsuojan paino: Sg	7,76	kN	10,48	kN
Telinerungon paino Ha Tg.a	0,00	kN	0,00	kN
Telinerungon paino, Hb Tg.b	0,00	kN	0,00	kN
Kokonaiskuormat perustuksille				
A-puoli kokonaiskuorma alas	30,65	kN	44,8	kN
A-puoli kokonaiskuorma ylös	-5,5	kN	-12,9	kN
B-puoli kokonaiskuorma alas	17,4	kN	25,0	kN
B-puoli kokonaiskuorma ylös	-5,5	kN	-12,9	kN
Kuorma sääsuojatelineen perustuksille A: 30,7 kN A: 44,8 kN				
Sääsuojatelineeseen kohdistuva noste -5,5 kN -12,9 kN				
Kuorma sääsuojatelineen perustuksille B: 17,4 kN B: 25,0 kN				
Sääsuojatelineeseen kohdistuva noste -5,5 kN -12,9 kN				

	OMINAISARVOT		MITOITU SARVOT	
Hyötykuormat eriteltynä				
Tuulikuorma A-puoli alas Pz.1.a	9,45	kN	14,18	kN
Tuulikuorma A-puoli ylös Pz.2.a	-13,23	kN	-19,85	kN
Tuulikuorma B-puoli alas Pz.1.b	-3,78	kN	-5,67	kN
Tuulikuorma B-puoli ylös Pz.2.b	-13,23	kN	-19,85	kN
Lumikuorma Lq	8,44	kN	12,68	kN

Vain kattoristikolle aiheutuvat kuormat

Pienin pystykuorma sääsuojalta	Pz.2	-4,6	kN
Suurin pystykuorma sääsuojalta	Pz.1	25,7	kN

PÄTEE JOS:

TELINESÄÄSUOJASEINÄ ON AVONAINEN KYLJISTÄ
TAI/JA SÄÄSUOJA ON TOTEUTETTU TORNIEVARAAN

OMINAISARVOT	MITOITU SARVOT
YLÖSPÄIN KOHTISUORA TUULIKUORMA SÄÄSUOJALLE	
Suurin nosteen aiheuttava tuulikuorma sääsuojalle	
A: -18,90 kN	A: -28,35 B: -28,35 kN
jos sääsuojan paino mukana -11,14 kN	-17,87 -17,87 kN

PÄTEE JOS:

TELINERUNGOINEN ON UMPINAINEN JA EIJÄ

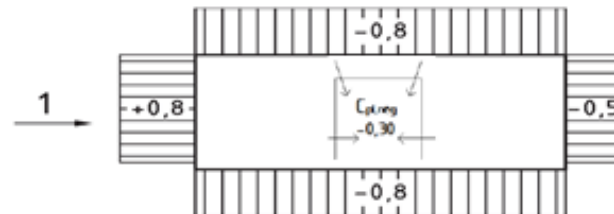
OMINAISARVOT	MITOITU SARVOT
KJORMITUSYHDISTELMISTÄ SAATU TUULIKUORMA	
Suurin nosteen aiheuttava tuulikuorma sääsuojalle	
A: -13,23 kN	A: -19,85 B: -19,85 kN
jos sääsuojan paino mukana -5,47 kN	-12,86 -12,86 kN

23.3.2020

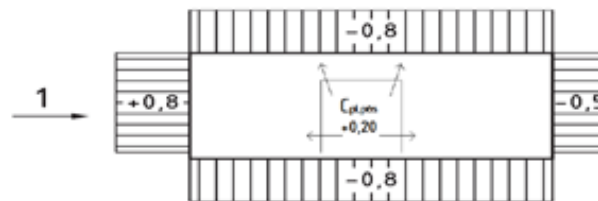


10/14

Kokonaistuulivoimat tapauksittain päätykolmion suunnassa



Tapaus 1			kN/m mitoitava	
Cp,net,-0,8,v	-0,5000	Pk,12	-0,7000	-1,05
Cp,net,-0,8,o	-0,5000	Pk,14	-0,7000	-1,05



Tapaus 2			kN/m mitoitava	
Cp,net,-0,8,v	-1,0000	Pk,22	-1,4000	-2,1
Cp,net,-0,8,o	-1,0000	Pk,24	-1,4000	-2,1

Jos on otettu huomioon epäedullisempi tuulen vaikutus				
Suurimmat mahdolliset imuvoimat				
		Mitoitusarvo		Ominaisarvo
	a:	-3,24	kN	a: -3,24 kN
	b:	0	kN	b: 0 kN
	c:	0	kN	c: 0 kN

23.3.2020



11/14

Tuulikuorma kattoharjaa vasten

$$p^*(a;b) = \text{kN/m} \cdot \text{lape}$$

Ankkurointivoimat:

Suurimmat mahdolliset kuormitustapaukset

OMINAISARVOT

Ankkureihin kohdistuvat puristusvoimat

Painevoiman vaikutus	a:	2,53 kN
	b:	0,00 kN
	c:	0,00 kN

Ankkureihin kohdistuvat vetovoimat

Imuvoiman vaikutus	a:	-3,54 kN
	b:	0,00 kN
	c:	0,00 kN
summa:		8,08 kN

Ankkurointivoimat eriteltynä ankkurille a

	Tapaus 1	Tapaus 2	Tapaus 3	Tapaus 4
Painevoiman vaikutus	-1,012847947	0	-3,54497	2,53212 kN
Imuvoiman vaikutus	-1,012847947	-3,54496782	-3,54497	-1,01285 kN

MITOITUSARVOT

Ankkureihin kohdistuvat puristusvoimat

Painevoiman vaikutus	a:	10,00 kN
	b:	0,00 kN
	c:	0,00 kN

Ankkureihin kohdistuvat vetovoimat

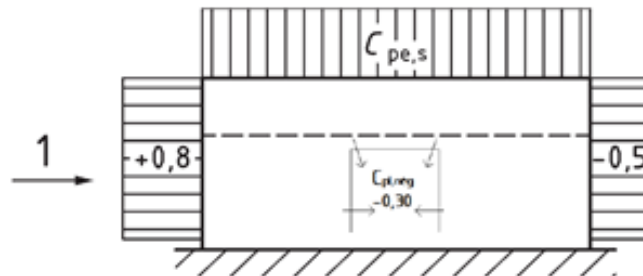
Imuvoiman vaikutus	a:	-3,24 kN
	b:	0,00 kN
	c:	0,00 kN
summa:		6,76 kN

23.3.2020

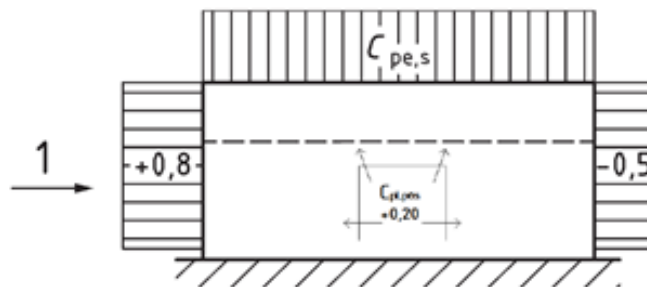


12/14

Kokonaistuulivoimat tapauksittain päätykolmion suunnassa



Tapaus 1	Pituussuunnassa	kN/m	mit.tuuli
C _{p,net,+0,8}	1,100 Pk, 11	8,318	12,474
C _{p,net,C_{pe,s}}	-0,200 Pk, 12	-1,512	-0,554
C _{p,net,-0,5}	-0,200 Pk, 13	-1,512	-2,268
suur. Noste			-1,693



Tapaus 2	Pituussuunnassa	kN/m	mit.tuuli
C _{p,net,+0,8}	0,600 Pk, 11	4,536	6,804
C _{p,net,C_{pe,s}}	-0,700 Pk, 12	-5,292	-6,224
C _{p,net,-0,5}	-0,700 Pk, 13	-5,292	-7,938
suur. Noste			-7,363

23.3.2020



13/14

Tuulikuorma päätykolmion suunnassa
 $F/(L/k) =$

Suurimmat mahdolliset kuormitustapaukset

OMINAISARVOT

Leikkausvoimat Vain päätykolmion aiheuttama rasitus

a:	4,03 kN
b:	0,00 kN
c:	0,00 kN
yht	4,03 kN

Pätee, jos teline on peitetty

MITOITUSARVOT

Leikkausvoimat Vain päätykolmion aiheuttama rasitus

a:	6,05 kN
b:	0,00 kN
c:	0,00 kN
yht	6,05 kN

Pätee, jos teline on peitetty