



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mikko Koskenranta

IV-KONEHUONEIDEN TERÄSRAKEN-
TEIDEN SUUNNITTELU, BETONILAA-
TAN KESTÄVYYDEN TUTKINTA SE-
KÄ JULKISIVUPIIRUSTUSTEN
PÄIVITYS

Laihian terveyskeskus-vanhainkoti

Tekniikka

2017

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Mikko Koskenranta
Opinnäytetyön nimi	IV-konehuoneiden teräsrakenteiden suunnittelu, betonilaatan kestävyys- ja julkisivupiirustusten päivitys
Vuosi	2017
Kieli	suomi
Sivumäärä	51 + 23 liitettä
Ohjaaja	Jari Lehtiö

Opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella Laihialla sijaitsevan terveyskeskuskonhainkodin katolla olevien viiden IV-konehuoneen teräsrakenteet sekä laskettiin kuinka alapuolinen betonilaatta kestää lisättyjen IV-konehuoneiden painon. Näiden lisäksi päivitettiin IV-konehuoneet pohjapiirustukseen ja julkisivupiirustukset ajan tasalle.

Mitoitukset suoritettiin eurokoodin mukaisesti ja teoriaosuudessa on käyty läpi kuormien laskentaa sekä teräsrakenteiden mitoitus- ja käyttöohjeita eurokoodin mukaisia mitoitusohjeita.

Laskelmista pystyttiin päättämään, että IV-koneiden nykyiset teräsrungot kestävät niille tulevat rasitukset. Betonilaatan raudoitus ei ollut tiedossa, joten laskelmissa käytettiin vaadittua minimiraudoitusta, joka antoi pienimmän mahdollisen lävistyskapasiteetin. Tästä huolimatta IV-konehuoneista tulevat rasitukset pysyvät sallituissa rajoissa.

ABSTRACT

Author	Mikko Koskenranta
Title	Structural Planning of Ventilation Engine Rooms, Study on the Hardness of Concrete Slab and Update of Drawings
Year	2017
Language	Finnish
Pages	51 + 23 Appendices
Name of Supervisor	Jari Lehtiö

The purpose of the thesis was to plan the steel structures of five ventilation engine rooms. The purpose was also to study that how the concrete slab supports the weights of the ventilation engine rooms. In addition, the layout and facade drawings were updated.

The calculations were made according to the instructions of the Eurocode. The theoretical part of this thesis discusses the calculation of loads and steel structures.

The calculations showed that the steel frames of the ventilation engine rooms supported all the loads. There was no information available about the steel used in the concrete slab. Because of that the minimum amount of steel was used in calculations which gave the lowest possible results.

Keywords Steel construction, concrete slab, ventilation engine room,
Eurocode

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO	12
	1.1 Työn tavoitteet ja tausta.....	12
	1.2 Työn sisältö	12
2	TAUSTATIEDOT	14
	2.1 Tietoja kohteesta.....	14
	2.2 Lupamenettely	16
	2.3 Käytetyt ohjelmat	17
	2.3.1 Autodesk Robot Structural Analysis.....	17
	2.3.2 CADS Planner.....	17
3	MITOITUS EUROKOODIN MUKAAN	18
	3.1 Kuormat	18
	3.1.1 Pysyvät kuormat.....	18
	3.1.2 Lumikuorma.....	18
	3.1.3 Tuulikuorma.....	22
	3.2 Rajatilamitoitus ja kuormayhdistelyt.....	27
	3.2.1 Rajatilamitoitus	27
	3.2.2 Kuormayhdistelyt.....	28
	3.3 Teräsrakenteiden mitoitus	29
	3.3.1 Poikkileikkausluokan määrittäminen	29
	3.3.2 Pilarin mitoitus.....	31
	3.3.3 Palkin mitoitus	35
4	TYÖN TOTEUTUS	39
	4.1 IV-konehuoneet	39
	4.2 Betonilaatan lävistyskestävyys	39
	4.3 Piirustusten päivitys.....	41
5	TULOKSET	42
	5.1 IV-konehuoneet	42

5.1.1 IV-konehuone 1	43
5.1.2 IV-konehuone 2	44
5.1.2 IV-konehuone 3	45
5.1.4 IV-konehuone 4	46
5.1.5 IV-konehuone 5	47
5.2 Betonilaatan lävistyskestävyys	48
5.3 Kohteen piirustukset	49
6 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA	50
LÄHTEET	51

LIITTEET

KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuva 1. Terveysaseman sisäänkäynti.	14
Kuva 2. Vanhainkodin sisäänkäynti.	15
Kuva 3. Konehuone katolla.	16
Kuva 4. Ominaislumikuorma maassa.	19
Kuva 5. Lumikuorman muotokertoimen määrittäminen.	20
Kuva 6. Korkeampaa rakennuskohdetta vasten olevien kattojen muotokertoimet.	21
Kuva 7. Pystyseiniä vyöhykekaavio.	24
Kuva 8. Ulkoisen paineen kertoimen riippuvuus kuormitusalan koosta.	25
Kuva 9. Pulpettivyöhykekaavio.	26
Kuva 10. IV-konehuoneen 1 teräsrunko.	43
Kuva 11. IV-konehuoneen 2 teräsrunko.	44
Kuva 12. IV-konehuoneen 3 teräsrunko.	45
Kuva 13. IV-konehuoneen 4 teräsrunko.	46
Kuva 14. IV-konehuoneen 5 teräsrunko.	47
Taulukko 1. Nopeuspaineen ominaisarvo $q_{p0}(z)$ [kN/m ²] eri maastoluokissa.	23
Taulukko 2. Ulkoisten paineiden kertoimet.	25
Taulukko 3. Pulpettikaton ulkoisten paineiden kertoimet.	27
Taulukko 4. Kuormakerroin ja seuraamusluokka.	28
Taulukko 5. Yhdistelykertoimien arvot rakennuksille.	29
Taulukko 6. Puristettujen taso-osien suurimmat leveys-paksuussuhteet osa 1.	30
Taulukko 7. Puristettujen taso-osien suurimmat leveys-paksuussuhteet osa 2.	31
Taulukko 8. Nurjhduskäyrien epätarkkuustekijät.	34
Taulukko 9. Nurjhduskäyrän valitseminen poikkileikkausluokasta riippuen.	35
Taulukko 10. Kiepahduskäyrien suositeltavat epätarkkuustekijät.	38

Taulukko 11. Suositus kiepahduskäyrän valitsemiseksi.	38
Taulukko 12. Käyttöasteet, IV-konehuone 1.	43
Taulukko 13. Käyttöasteet, IV-konehuone 2.	44
Taulukko 14. Käyttöasteet, IV-konehuone 3.	45
Taulukko 15. Käyttöasteet, IV-konehuone 4.	46
Taulukko 16. Käyttöasteet, IV-konehuone 5.	47
Taulukko 17. Lävistyskuormat.	48

LIITELUETTELO

LIITE 1. Lupahakemuksessa vaadittavat asiakirjat

LIITE 2. Lumikuorman määrittäminen

LIITE 3. Tuulikuorman määrittäminen IV-konehuone 1

LIITE 4. Tuulikuorman määrittäminen IV-konehuone 2

LIITE 5. Tuulikuorman määrittäminen IV-konehuone 3

LIITE 6. Tuulikuorman määrittäminen IV-konehuone 4

LIITE 7. Tuulikuorman määrittäminen IV-konehuone 5

LIITE 8. Pilarin mitoitus IV-konehuone 1

LIITE 9. Pilarin mitoitus IV-konehuone 2

LIITE 10. Pilarin mitoitus IV-konehuone 3

LIITE 11. Pilarin mitoitus IV-konehuone 4

LIITE 12. Pilarin mitoitus IV-konehuone 5

LIITE 13. Palkin mitoitus IV-konehuone 1

LIITE 14. Palkin mitoitus IV-konehuone 2

LIITE 15. Palkin mitoitus IV-konehuone 3

LIITE 16. Palkin mitoitus IV-konehuone 4

LIITE 17. Palkin mitoitus IV-konehuone 5

LIITE 18. Liitoksen kestävyys

LIITE 19. Levyjäykistys

LIITE 20. Lävistyskestävyys

LIITE 21. Pohjapiirustus

LIITE 22. Julkisivut terveyskeskus

LIITE 23. Julkisivut vanhainkoti

KÄYTETTYJÄ LYHENTEITÄ JA TERMEJÄ

IV	ilmanvaihto
N_{Ed}	normaalivoiman mitoitusarvo
M_{Ed}	taivutusmomentin mitoitusarvo
V_{Ed}	leikkausvoiman mitoitusarvo
$N_{c,Rd}$	mitoitusarvo puristukselle
$M_{c,Rd}$	taivutuskestävyyden mitoitusarvo
$V_{c,Rd}$	leikkauskestävyyden mitoitusarvo
$N_{b,Rd}$	nurjahduskestävyyden mitoitusarvo
$V_{pl,Rd}$	leikkauskestävyyden mitoitusarvo
$M_{b,Rd}$	kiepahduskestävyyden mitoitusarvo
W_{pl}	plastisuusteorian mukainen taivutusvastus
f_y	teräksen myötölujuus
γ_{M0}	osavarmuusluku
γ_{M1}	osavarmuusluku
A_v	leikkauspinta-ala
A	poikkileikkauksen pinta-ala
b	poikkileikkauksen kokonaisleveys
h	poikkileikkauksen kokonaiskorkeus
χ	nurjahduskestävyyden pienennystekijä
λ	muunnettu hoikkuus
Φ	χ määrittämiseen tarvittava muuttuja
α	epätarkkuustekijä
L_{cr}	nurjahduspituus
i	hitaussäde

E	kimmokerroin
ε	f_y :stä riippuva tekijä
λ_1	muunnetun hoikkuuden määrittämiseen tarvittava arvo
t_w	uuman paksuus
t_f	laipan paksuus
r	laipan ja uuman välinen pyöristyssäde
η	muunnoskerroin
χ_{LT}	kiepahduskestävyyden pienennystekijä
Φ_{LT}	χ_{LT} määrittämiseen tarvittava muuttuja
α_{LT}	kiepahduksen epätarkkuustekijä
λ_{LT}	muunnettu hoikkuus kiepahduksessa
M_{cr}	kiepahduksen kriittinen momentti
V_c	Lävistyskapasiteetti

1 JOHDANTO

1.1 Työn tavoitteet ja tausta

Työn tarkoituksena on tehdä mitoitusskemat teräsrunkoisille IV-konehuoneille. Samalla tarkastellaan miten IV-konehuoneiden kuormat vaikuttavat betoniseen yläpohjan kestävyteen laskemalla betonilaatan lävistyskestävyys. Kohteesta päivitetään myös julkisivupiirustukset ja lisätään pohjapiirustukseen uudet IV-konehuoneet. Mitoituksia ja piirustuksia on tarkoitus käyttää myöhemmin apuna puuttuvien rakennuslupien hakemisessa.

Laihian kunnalla on aiemmin ollut yksi talonrakennusmestari, joka on hoitanut kiinteistöt, kunnan kadut ja yksityistiet sekä yleiset alueet, kuten puistot ja leikkikentät. Kiireisiin vedoten on eri toimenpiteille jäänyt lupia hakematta, kuten tässä tapauksessa IV-konehuoneille. IV-konehuoneet on kuitenkin rakennettu niin, että palomääräykset ovat täyttyneet ja ne on tarkastettu palotarkastuksien yhteydessä. Nyt myöhemmin on huomattu, että lupia puuttuu ja kunnan päämääränä onkin hakea luvat kaikille tehdyille toimenpiteille, joille lupaa ei ole.

Rakennuslupan myöntäjä on aina kunta tai kaupunki. Tässä tapauksessa, vaikka kunta itse onkin rakennuttaja sekä lupien myöntäjä, ei minkäänlaisia helpotuksia kuitenkaan sallita. Huolimatta siitä, että kunnan rakennusvalvonta myöntääkin luvat kunnalle, on kaikki suunnitelmat tehtävä kuten yksityisten tai yritystenkin. Liitteestä 1 löytyy lista kaikista asiakirjoista, joita Laihian kunta rakennuslupaa hakiessa vaatii.

1.2 Työn sisältö

Työ aloitettiin tammikuun lopussa, jolloin käytiin mittaamassa IV-konehuoneiden pituus, leveys ja korkeus. Näin päästiin laskemaan IV-konehuoneille tulevia tuulia ja lumikuormia. Koska mitään valmista laskentapohjaa ei ollut tarjolla, tehtiin taulukkolaskentaohjelmalla omat laskentapohjat kuormien laskemiseen. Samalla kerralla otettiin myös valokuvia julkisivusta, joita käytettiin tukena julkisivupiirustuksia päivitettäessä.

Kuormien laskemisen jälkeen päästiin mitoittamaan IV-konehuoneiden teräsrunkoja. Teräsrungot oli toteutettu pääosin rakenneputkiprofiilista lukuun ottamatta yhden konehuoneen palkkeina käytettyjä I-palkkeja. IV-konehuoneiden statiikka ratkaistiin Robot Structural Analysis -ohjelmalla, lisättiin vaikuttavat kuormat ja tehtiin kuormitusyhdistelyt. Näin saatiin selville määräävät kuormayhdistelyt jokaisessa tapauksessa sekä pilareille ja palkeille tulevat rasitukset. Betonilaatan kestävyys tarkasteltiin laskemalla pilarilaatan lävistyskestävyys. Työn teoriaosudessa käydään läpi kuormien laskemista ja teräsrakenteiden mitoitusta eurokoodin mukaisesti.

Laihian kunnan on tarkoitus hakea IV-konehuoneille rakennuslupa. Opiskelijastukseni vuoksi näitä mitoituslaskelmia ei voida käyttää sellaisinaan rakennuslupahakemuksessa vaan rakennuslupaa varten tarvitaan suunnittelijan pätevyyden omaava henkilö, joka tekee lopulliset laskelmat. Tässä työssä tehtyjä laskelmia voidaan käyttää kuitenkin apuna rakennuslupahakemuksessa, kun virallisia laskelmia teetetään.

2 TAUSTATIEDOT

2.1 Tietoja kohteesta

Laihialla, osoitteessa Vallinmäentie 43 sijaitsee Laihian terveysasema (Kuva 1) sekä vanhainkoti (Kuva 2). Samassa rakennuksessa palvelee vanhusten hoidon, lääkärin- ja terveydenhoitajan vastaanoton lisäksi myös hammashoitola, työterveys sekä neuvola. Julkisivultaan punatiilinen rakennus on valmistunut kahdessa osassa. Vuonna 1980 valmistui terveyskeskus ja vuonna 1982 vanhainkoti. 2000-luvulla rakennuksen ulkonäkö on kokenut muutoksia. Uusien IV-konehuoneiden lisäksi rakennuksen katto on uusittu, kun alkuperäinen bituminen tasakatto purettiin pois ja tilalle tuli puisiin kattoristikoihin tukeutuva peltikatto. Myös rakennuksen sisäpuolella on 2000-luvun aikana tehty päivityksiä, kun mm. vanhainkodin eri osastoja ja keittiötilat sekä terveyskeskuksen puolelta neuvolan tilat ja sosiaaliosaston tilat on remontoitu.



Kuva 1. Terveysaseman sisäänkäynti.



Kuva 2. Vanhainkodin sisäänkäynti.

Kohteeseen on viimeisen 10 vuoden aikana rakennettu viisi uutta IV-konehuonetta, jotka sijaitsevat rakennuksen katolla (Kuva 3). Uusia IV-konehuoneita rakennettaessa on niille löydettävä paikka, ja useimmiten sopiva paikka löytyykin rakennuksen katolta. IV-konehuoneisiin pyritään pääsääntöisesti sijoittamaan mahdollisimman paljon talotekniikkaa, mikäli se vain on mahdollista.

Kaikki kohteen IV-konehuoneet ovat teräsrunkoisia, joista neljässä koko teräsrunko koostuu neliöputkiprofiilista ja yhdessä konehuoneessa on käytetty I-profiilin palkkeja. Seinä- ja kattomateriaaleina on käytetty joko Paroc-elementtejä tai puurunkoisia rakenteita. Työn yksi päätehtävistä olikin IV-konehuoneiden teräsrakenteiden mitoitus.



Kuva 3. Konehuone katolla.

2.2 Lupamenettely

Suurempiin peruskorjaushankkeisiin ja kaikkeen uudisrakentamiseen tarvitaan rakennuslupa tai vähintään toimenpidelupa. Luvan myöntäjä on paikallinen rakennusvalvontaviranomainen. Rakennuslupaa tarvitaan rakennuksen rakentamiseen, laajentamiseen, merkittäviin korjaus- ja muutostöihin sekä olennaisiin käyttötarkoituksen muutoksiin. Rakennushankkeessa täytyy noudattaa lakia ja määräyksiä, lupamenettelyllä varmistetaan tämän toteutuminen. Kaavojen toteutumisesta ja rakennuksen ympäristöön sopeutumista valvotaan. Lisäksi naapurien täytyy olla rakennushankkeesta tietoisia. /1/

Rakennusluvan sijaan voidaan pienemmille toimenpiteille hakea toimenpidelupaa. Toimenpidelupaa edellytetään esimerkiksi julkisivumuutoksissa, kevyissä rakennelmissa tai muissa rakentamistoimenpiteissä joilla on vaikutusta kuntakuvaan. Mikäli toimenpiteen luvanvarausuudesta ei ole täyttä varmuutta, on helpoin tapa saada selvyys asiaan ottamalla yhteyttä paikalliseen rakennusvalvontaan. Nämä tiedot pohjautuvat maankäyttö- ja rakennuslakiin, artiklaan 125 sekä 126. /1/

2.3 Käytetyt ohjelmat

Rakennesuunnittelijan työhön liittyy nykyaikana oleellisena osana erilaisten avustavien tietokoneohjelmien käyttö ja niiden kanssa suunnittelija on tekemisissä päivittäin tai lähes päivittäin. Tässä työssä käytettiin kahta ohjelmaa apuna mitoituksessa ja piirustusten päivittämisessä. Ohjelmat olivat Autodesk Robot Structural Analysis, jota käytettiin teräsrunkojen statiikan ratkaisemiseen sekä CADS Planner, jota käytettiin piirustuksien päivittämiseen.

2.3.1 Autodesk Robot Structural Analysis

Autodesk Robot Structural Analysis on ohjelma, jota käytetään rakenteiden statiikan ratkaisemiseen ja mitoittamiseen. Kaikkien IV-konehuoneiden teräsrunkojen statiikka ratkaistiin ohjelmalla. Taulukkolaskentaohjelmalla lasketut kuormat vietiin malliin ja luotiin erilaiset kuormayhdistelmät, joita haluttiin laskea. Robot laskee eri kuormayhdistelmät ja tuloksena saadaan mallissa vaikuttavat rasitukset.

2.3.2 CADS Planner

CADS Planner on suomalaisen Kyndata Oy:n luoma CAD-ohjelma. Kyndata Oy on vuonna 1979 perustettu yhtiö joka on kehittänyt CAD-ohjelmistojansa jo 30 vuoden ajan. Yhtiön CADS-tuotteet ovat markkinajohtajia Suomessa sähkö- ja LVI-suunnittelutoimistoissa /2/. Piirustuksia päivittäessä käytin rakennesuunniteluun tarkoitettua CADS Planner House -ohjelmaa. CADS Planner House on tyyliltään ja ulkoasultaan samanlainen Autodeskin AutoCAD-ohjelman kanssa ja on erittäin helppokäyttöinen. Suurin ero on siinä, että CADS Planner on täysin suomenkielinen. Kaikki komennot ja valikot ovat suomeksi, joka helpottaa ohjelman käyttöä varsinkin, jos käyttäjän englannin kielen taidossa on puutteita.

3 MITOITUS EUROKOODIN MUKAAN

3.1 Kuormat

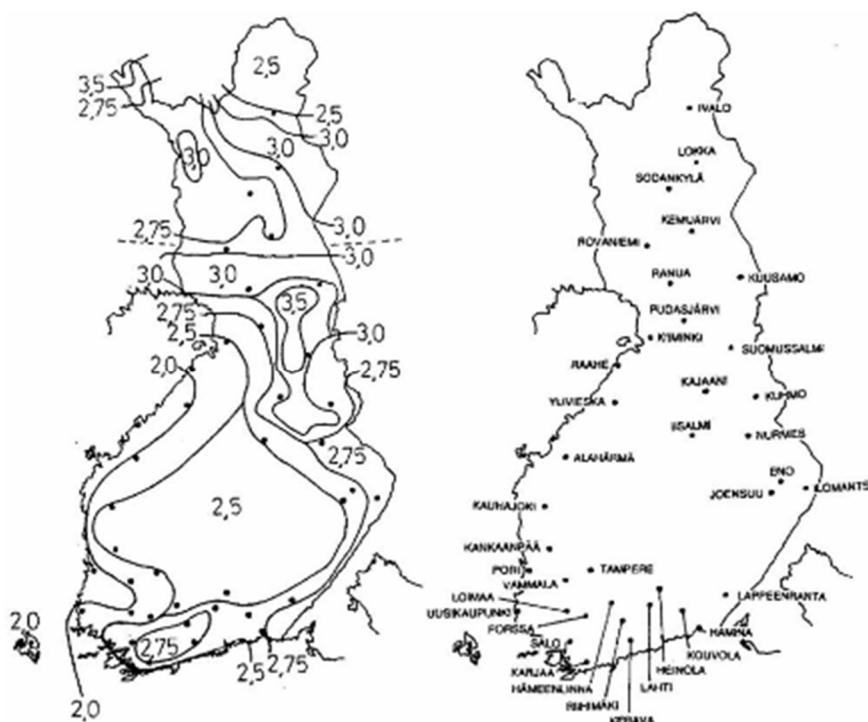
Kuormat luokitellaan ajallisen vaihtelun mukaan pysyviin kuormiin, muuttuviin kuormiin sekä onnettomuuskuormiin. Pysyviä kuormia ovat esimerkiksi rakenteiden ja kiinteiden laitteiden omapaino. Muuttuvia kuormia ovat esimerkiksi hyötykuormat sekä lumi- ja tuulikuormat. Onnettomuuskuormiin lukeutuvat esimerkiksi ajoneuvojen törmäykset ja räjähdykset. /3/

3.1.1 Pysyvät kuormat

Pysyvä kuorma määritellään siten, että sen oletetaan vaikuttavan koko rakennuksen tarkastelujakson ajan, jolla tarkoitetaan rakennuksen suunniteltua käyttöikää. Pysyvän kuorman suuruuden vaihtelu on ajan kuluessa vähäistä. Tällainen pysyvä kuorma on esimerkiksi rakenteen omapaino. Omapaino määritellään siten, että se on pysyvä ja kiinteä kuorma. Omapaino lasketaan rakennusosan tilavuuspainojen ja nimellismittojen ominaisarvojen perusteella. /3/

3.1.2 Lumikuorma

Lumikuorman määrittäminen alkaa rakennuskohteen paikkakunnan maassa olevan ominaislumikuorman selvittämisellä. Laihian kunnan tekniseltä osastolta saatiin tietoon, että lumikuorma maassa Laihialla on $2,3\text{kN/m}^2$ /4/. Jos lumikuorman ominaisarvoa ei ole tiedossa, voidaan se saada selville käyttämällä kuvan 4 arvoja. Jos kohdepaikkakunta sijaitsee alueella, jossa ominaisarvoa ei ole vakio, voidaan väliarvot interpoloimalla suoraviivaisesti suhteessa etäisyyksiin lähimmistä käyristä. /3/



Kuva 4. Ominaislumikuormat maassa. /3/

Lumikuorma katolla

Lumikuorma katolla määritellään seuraavasti:

$$s = \mu_i * C_e * C_t * s_k, \text{ missä} \quad \mu_i = \text{lumikuorman muotokerroin} \quad (1)$$

s_k = maassa olevan lumikuorman ominaisarvo (kN/m²)

C_e = tuulensuojaisuskerroin (1,0 tai 0,8)

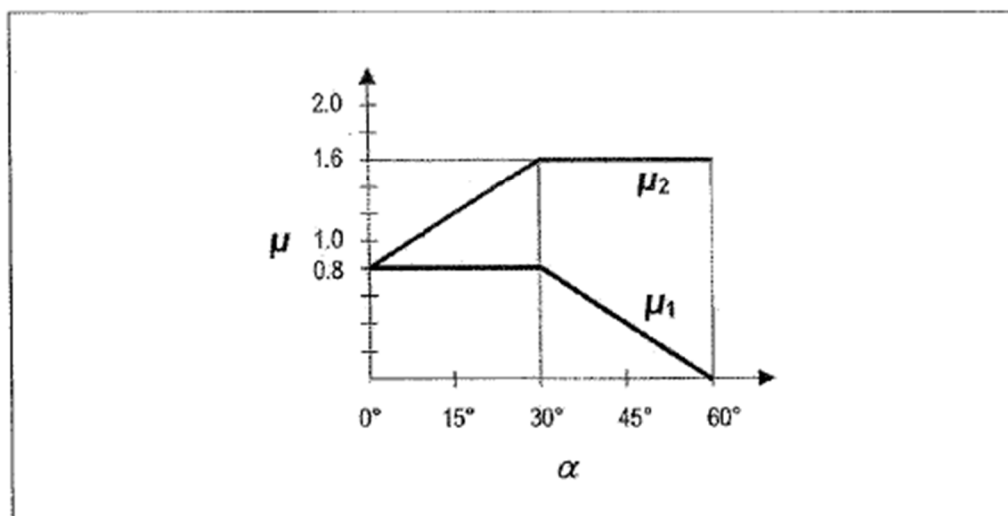
C_t = lämpökerroin, joka tavallisesti 1,0.

C_e :n arvoa 0,8 voidaan käyttää kun maaston tyyppi on tuulinen, muulloin käytetään C_e :n arvoa 1,0. Molempien C_e ja C_t arvojen yleensä ollessa 1,0 voidaan kaavaa pelkistää muotoon /3/ :

$$s = \mu_i * s_k \quad (2)$$

Pulpetti-, harja- ja sahakattojen muotokertoimet saadaan kuvasta 5. Arvot ovat voimassa, kun lunta ei estetä liukumasta katolta. Jos katolla on lumieste tai muu liukumiseste tai jos katon alaräystäällä on kaide, niin lumikuorman muotokertoimen arvona käytetään vähintään 0,8. /3/

Katon kaltevuuskulma α	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
μ_1	0,8	$0,8(60 - \alpha)/30$	0,0
μ_2	$0,8 + 0,8 \alpha/30$	1,6	1,6

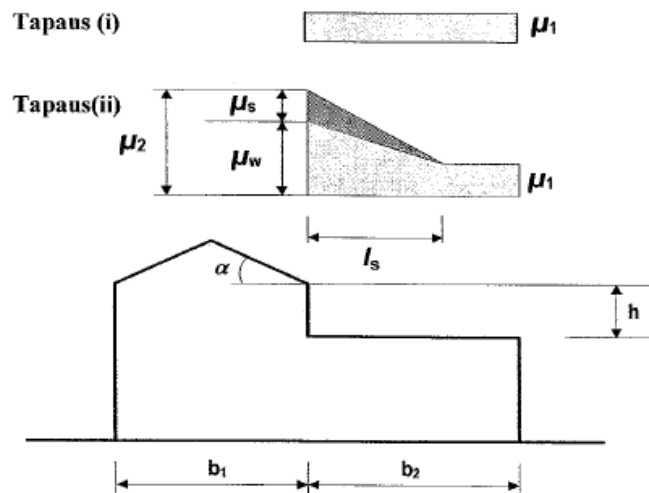


Kuva 5. Lumikuorman muotokertoimen määrittäminen. /3/

Korkeampaa rakennuskohdetta vasten oleva katto

Esimerkiksi rakennuksen katolle rakennetut IV-konehuoneet saavat talvisin aikaan tilanteen, jossa IV-konehuoneet ovat esteinä katolla ja lumella on mahdollisuus kinostua. Kinostumisesta seuraa, että jo olemassa olevalle ”peruslumikuormalle” lisätään ylemmältä kattotasolta liukumana tulevan lumen vaikutus sekä tuulen kasaaman lumen vaikutus. /3/

Korkeampaa rakennuskohdetta vasten olevan katon yhteydessä käytettävät muotokertoimet määritellään kuvan 6 mukaan



Kuva 6. Korkeampaa rakennuskohdetta vasten olevien kattojen muotokertoimet.

/3/

$$\mu_1 = 0,8$$

$\mu_2 = \mu_s + \mu_w$, missä μ_s on ylemmältä katolta liukuvan lumen aiheuttama lumikuorman muotokerroin ja μ_w on tuulesta johtuvan lumikuorman muotokerroin.

Kinostumis pituus l_s määritetään kaavalla:

$$l_s = 2 \cdot h \quad (3)$$

Kinostumis pituuden vaihteluväli on $2\text{m} \leq l_s \leq 6\text{m}$.

Liukumisesta johtuvan lumikuorman muotokerroin μ_s määritellään seuraavasti:

$$\text{kun } \alpha \leq 15^\circ, \mu_s = 0$$

kun $\alpha > 15^\circ$, μ_s määritetään lisäkuormasta, joka on 50 % ylemmän katon viereisen lappeen lasketusta maksimilumikuormasta, jos katolla ei ole liukuesteit. Liukuvan tai putoavan lumen aiheuttavat sysäyskuormat eivät sisälly muotokerroimeen.

/3/

Tuulesta johtuvan lumikuorman muotokerroin μ_w määritetään seuraavasti:

$$\mu_w = (b_1 + b_2) / 2 * h < \gamma * h / s_k, \text{ missä } h = \text{kattojen tasoero} \quad (4)$$

b_1 ja b_2 rakennuksen osien pituudet

γ = lumen tilavuuspaino

s_k = ominaislumikuorma maassa.

Kertoimen μ_w vaihteluväli on:

$$0,8 \leq \mu_w \leq 2,5, \text{ jos alemman katon pinta-ala} \geq 6\text{m}^2$$

$$0,8 \leq \mu_w \leq 1,5, \text{ jos alemman katon pinta-ala} = 2\text{m}^2$$

$$\mu_w = 0,8, \text{ jos alemman katon pinta-ala on} \leq 1\text{m}^2. /3/$$

3.1.3 Tuulikuorma

Tuulikuorman määrittäminen alkaa valitsemalla oikea maastoluokka rakennukselle.

Maastoluokkia on viisi ja ne jaetaan maasto-olosuhteiden mukaan eri luokkiin.

”Maastoluokka 0: Meri, avoimen meren äärellä oleva rannikkoalue

Maastoluokka 1: Järvi tai alue, jolla on vähäistä kasvillisuutta eikä esteitä

Maastoluokka 2: Alue, jolla on matalaa kasvillisuutta, kuten heinää tai ruohoa ja erillisiä esteitä (puita, rakennuksia), jotka ovat vähintään esteen 20-kertaisen korkeuden etäisyydellä toisistaan.

Maastoluokka 3: Alue, jolla on säännöllinen kasvipeite tai rakennuksia tai erillisiä esteitä, jotka ovat esteen 20-kertaista korkeutta lähempänä toisiaan (kuten kylät, esikaupunkialueet, pysyvä metsä).

Maastoluokka 4: Alue, jolla vähintään 15 % alasta on rakennusten peitossa ja joiden keskimääräinen korkeus ylittää 15m.” /3/

Tuulen nopeuspaine

Kun rakennuksen maastoluokka sekä korkeus ovat tiedossa, voidaan nopeuspaineen arvo katsoa taulukosta. Tuulen nopeuspaineen arvo q_{p0} saadaan taulukosta 1.

Taulukko 1. Nopeuspaineen ominaisarvo $q_{p0}(z)$ [kN/m^2] eri maastoluokissa. /3/

z (m)	Maastoluokka				
	0	I	II	III	IV
0	0,66	0,42	0,39	0,35	0,32
1	0,66	0,42	0,39	0,35	0,32
2	0,78	0,52	0,39	0,35	0,32
5	0,96	0,65	0,53	0,35	0,32
8	1,05	0,73	0,61	0,43	0,32
10	1,09	0,76	0,65	0,47	0,32
15	1,18	0,83	0,72	0,55	0,40
20	1,24	0,88	0,77	0,60	0,45
25	1,29	0,92	0,82	0,65	0,50
30	1,33	0,95	0,85	0,68	0,54
35	1,37	0,98	0,88	0,72	0,57
40	1,40	1,01	0,91	0,74	0,60

Rakennuksia koskevat painekertoimet

Tuulenpaineita ja siitä laskettavia painekuormia käytetään rakenteen osia mitoitettaessa.

Rakenteen ulkopintoihin vaikuttava tuulenpaine W_e saadaan kaavasta:

$$W_e = q_{p0}(z_e) * C_{pe}, \text{ missä} \quad q_{p0}(z_e) = \text{puuskanopeuspaine} \quad (5)$$

$$C_{pe} = \text{ulkoisen paineen painekerroin}$$

$$z_e = \text{ulkoisen paineen nopeuspainekerroin.}$$

Rakenteen sisäpintoihin vaikuttava tuulenpaine W_i saadaan kaavasta:

$$W_i = q_p(z_i) * C_{pi}, \text{ missä} \quad q_p(z_i) = \text{puuskanopeuspaine} \quad (6)$$

$$C_{pi} = \text{sisäisen paineen painekerroin}$$

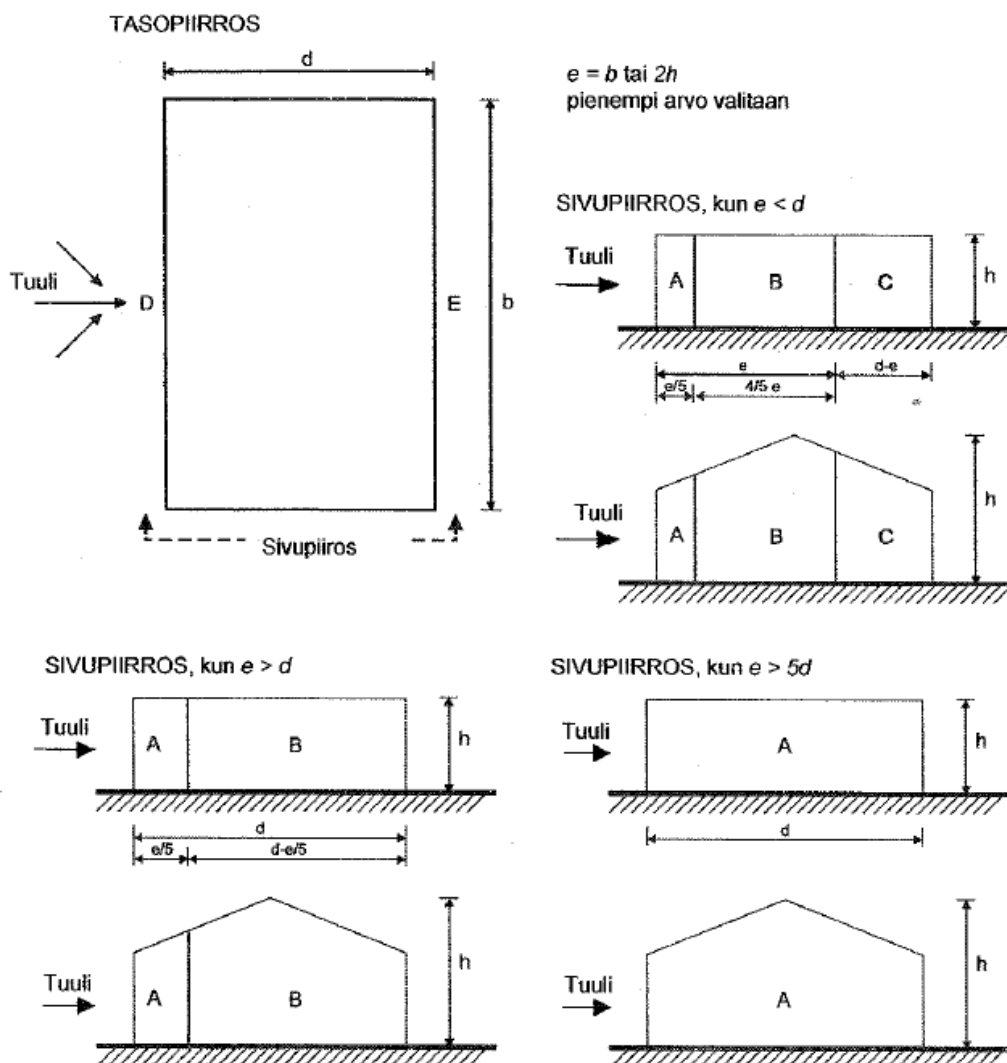
$$z_i = \text{sisäpuolisen paineen nopeuspainekerroin.}$$

/3/

Sisäpuolisen paineen kerroin C_{pi} riippuu rakennuksen vaipassa olevien aukkojen koosta ja jakautumasta. Ulkoisten ja sisäisten paineiden uskotaan vaikuttavan samanaikaisesti. Lähes neliömäisille rakennuksille, joiden aukkosuhdetta ei pystytä arvioimaan tarkasti, käytetään vaarallisemman vaihtoehdon tuottavaa vaihtoehtoa arvoista $C_{pi} = +0.2$ ja $C_{pi} = -0.3$. /3/

Painekertoimien määrittely

Kuvasta 7 voidaan laskea kuinka moneen vyöhykkeeseen rakennuksen seinät tuulee jakaa. Painevyöhykkeet saadaan jaettu vyöhykkeisiin vertailemalla kuvasta rakennuksen leveyden mittaa d ja mittaa e , joka saadaan rakennuksen pituudesta tai korkeudesta kerrottuna kahdella.



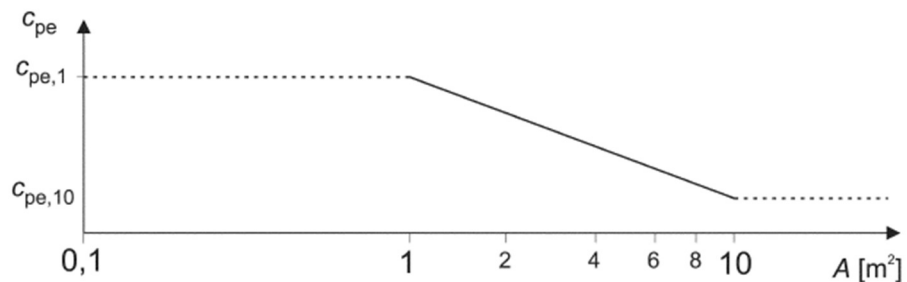
Kuva 7. Pystyseiniä vyöhykekaavio. /3/

Kun vyöhykkeiden lukumäärä on saatu selville, lasketaan näiden pinta-alat. Tämän jälkeen selvitetään rakennuksen pituuden ja leveyden suhde, jotta saadaan selville miltä taulukon 2 riviltä ulkopuolisen paineen kertoimet otetaan. Kun vyöhykkeen pinta-ala on 1m^2 tai alle käytetään $C_{pe,1}$ -arvoa ja pinta-ala ollessa 10m^2

tai enemmän käytetään $C_{pe,10}$ -arvoa. Jos vyöhykkeen pinta-ala on 1m^2 ja 10m^2 välillä saadaan tarkka arvo interpoloimalla kuvan 8 mukaisesti. /3/

Taulukko 2. Ulkopuolisten paineiden kertoimet. /3/

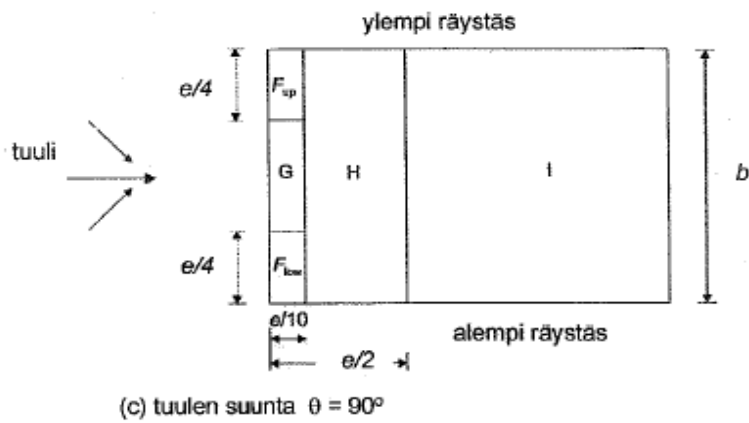
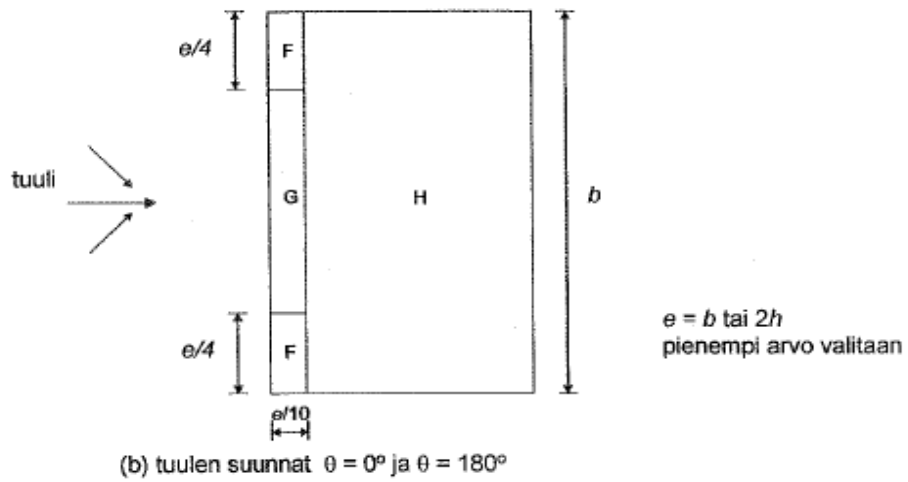
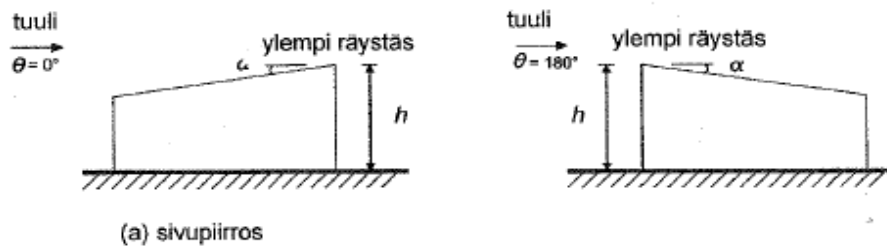
Vyöhyke	A		B		C		D		E	
h/d	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
5	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,7	
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,5	
$\leq 0,25$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,7	+1,0	-0,3	



Kuvaaja perustuu seuraavaan logaritmiseen interpolointiin:
välillä $1\text{ m}^2 < A < 10\text{ m}^2$ $C_{pe} = C_{pe,1} - (C_{pe,1} - C_{pe,10}) \log_{10} A$

Kuva 8. Ulkoisen paineen kertoimen riippuvuus kuormitusalan A koosta. /3/

Painevyöhykkeiden määrittäminen katolle etenee samalla lailla kuin painevyöhykkeiden määrittäminen seinille. Eri kattomuodoille löytyy omat vyöhykekaavionsa, mutta tarkastellaan tässä vain pulpettikattoisen rakennuksen painevyöhykkeiden määrittämistä. Pulpettikattoiselle rakennukselle painevyöhykkeiden määrittäminen tapahtuu kuvan 9 mukaan. Ulkoisten paineiden kertoimet katolla saadaan taulukosta 3.



Kuva 9. Pulpettikaton vyöhykekaavio. /3/

Taulukko 3. Pulpettikaton ulkoisten paineiden kertoimet. /3/

Kaltevuus- kulma α	Vyöhyke, kun tuulen suunta $\theta = 0^\circ$						Vyöhyke, kun tuulen suunta $\theta = 180^\circ$					
	F		G		H		F		G		H	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5°	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2	-2,3	-2,5	-1,3	-2,0	-0,8	-1,2
	+0,0		+0,0		+0,0							
15°	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3		-2,5	-2,8	-1,3	-2,0	-0,9	-1,2
	+0,2		+0,2		+0,2							
30°	-0,5	-1,5	-0,5	-1,5	-0,2		-1,1	-2,3	-0,8	-1,5	-0,8	
	+0,7		+0,7		+0,4							
45°	-0,0		-0,0		-0,0		-0,6	-1,3	-0,5		-0,7	
	+0,7		+0,7		+0,6							
60°	+0,7		+0,7		+0,7		-0,5	-1,0	-0,5	-0,5		
75°	+0,8		+0,8		+0,8		-0,5	-1,0	-0,5	-0,5		

Kaltevuus- kulma α	Vyöhyke, kun tuulen suunta $\theta = 90^\circ$									
	F_{up}		F_{low}		G		H		I	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5°	-2,1	-2,6	-2,1	-2,4	-1,8	-2,0	-0,6	-1,2	-0,5	
15°	-2,4	-2,9	-1,6	-2,4	-1,9	-2,5	-0,8	-1,2	-0,7	-1,2
30°	-2,1	-2,9	-1,3	-2,0	-1,5	-2,0	-1,0	-1,3	-0,8	-1,2
45°	-1,5	-2,4	-1,3	-2,0	-1,4	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2
60°	-1,2	-2,0	-1,2	-2,0	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,7	-1,2
75°	-1,2	-2,0	-1,2	-2,0	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,5	

3.2 Rajatilamitoitus ja kuormayhdistelyt

3.2.1 Rajatilamitoitus

Mitoitustilanteet jaetaan murtorajatiloihin ja käyttörajatiloihin. Murtorajatiloiksi luokitellaan rakenteen tasapainon menetys, vaurioituminen tai murtuminen tai väsymisen aiheuttama vaurioituminen. Ne liittyvät ihmisten turvallisuuteen tai rakenteen varmuuteen. Joissakin olosuhteissa ne liittyvät myös aineen tai tavaran suojaamiseen. /3/

Tarkasteltavia murtorajatiloja ovat:

- ”- jäykän kappaleen tai sen tasapainon menetys
- liian suuri siirtymätila
- rakenteen tai sen osan muuttuminen mekanismiksi
- katkeaminen
- rakenteen tai sen osan tasapainon menettäminen
- ajasta riippuva vaurioituminen, esim. väsyminen. /3/”

Käyttörajatiloina luokitellaan rajatilat, jotka liittyvät rakenteen tai rakenneosien toimintaan normaalikäytössä. Käyttörajatilassa tarkastellaan siirtymät, värähtelyt ja mahdolliset vauriot, jotka vaikuttavat ulkonäköön, käyttäjien mukavuuteen, rakenteen ja järjestelmien toimivuuteen sekä säilyvyyteen. /3/

3.2.2 Kuormayhdistelyt

Kuormayhdistelyillä tarkoitetaan, että osavarmuuslukumenetelmää käyttäessä tulee osoittaa, että mitään rajatilaa ei ylitetä mitoitusilanteissa /3/.

Murtorajatilan kuormayhdistelyissä määritetään ensin seuraamusluokka, jolla saadaan selville kuormakerroin K_{FI} . Kerroin K_{FI} saadaan taulukosta 4.

Taulukko 4. Kuormakerroin ja seuraamusluokka. /3/

Kuormakerroin K_{FI}	Seuraamusluokka
1,1	CC3
1,0	CC2
0,9	CC1

Murtorajatiloja on erilaisia, mutta tarkastellaan tässä vain murtorajatila STR:n kuormayhdistelmää. Mitoittava kuormayhdistelmä saadaan kaavalla 7.

$$1,15 \cdot K_{FI} \cdot \sum G_{k,j} + 1,5 K_{FI} \cdot Q_{k,1} + 1,5 K_{FI} \cdot \sum \psi_{0j} \cdot Q_{k,j} \quad (7)$$

tai

$$0,9 \cdot \sum G_{k,j} + 1,5 K_{FI} \cdot Q_{k,1} + 1,5 K_{FI} \cdot \sum \psi_{0j} \cdot Q_{k,j}$$

Mutta oltava kuitenkin vähintään:

$$1,35 \cdot K_{FI} \cdot \sum G_{k,j}, \text{ joissa} \quad G_{kj} = \text{pysyvät kuormat} \quad (8)$$

$Q_{k,1}$ = määrävä muuttuva kuorma

$Q_{k,j}$ = muut muuttuvat kuormat

ψ = yhdistelykerroin. /3/

Yhdistelykerroin ψ saadaan taulukosta 5.

Taulukko 5. Yhdistelykertoimien arvot rakennuksille. /3/

Kuorma	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Hyötykuormat rakennuksissa, luokka (ks. EN 1991-1-1)			
Luokka A: asuintilat	0,7	0,5	0,3
Luokka B: toimistotilat	0,7	0,5	0,3
Luokka C: kokoontumistilat	0,7	0,7	0,6
Luokka D: myymälätilat	0,7	0,7	0,6
Luokka E: varastotilat	1,0	0,9	0,8
Luokka F: liikennöitävät tilat, ajoneuvon paino ≤ 30 kN	0,7	0,7	0,6
Luokka G: liikennöitävät tilat, 30 kN < ajoneuvon paino ≤ 160 kN	0,7	0,5	0,3
Luokka H: vesikatot	0	0	0
Rakennusten lumikuormat (ks. EN 1991-1-3) ¹⁾			
Suomi, Islanti, Norja, Ruotsi	0,70	0,50	0,20
Muut CENin jäsenmaat, kun sijaintikorkeus on $H > 1000$ m merenpinnan yläpuolella.	0,70	0,50	0,20
Muut CENin jäsenmaat, kun sijaintikorkeus on $H \leq 1000$ m merenpinnan yläpuolella.	0,50	0,20	0
Rakennusten tuulikuormat (ks. EN 1991-1-4)	0,6	0,2	0
Rakennusten sisäinen lämpötila (ei tulipalossa) (ks. EN 1991-1-5)	0,6	0,5	0

Käyttörajan kuormayhdistelyä tarkastellaan ominaisyhdistelmää:

$$\sum G_{k,j} + Q_{k,1} + \sum \psi_{0,i} * Q_{k,i} \quad (9)$$

Käyttörajan mitoituksessa ei siis käytetä ollenkaan varmuuskertoimia.

3.3 Teräsrakenteiden mitoitus

3.3.1 Poikkileikkausluokan määrittäminen

Mitoitus aloitetaan määrittelemällä pilarin tai palkin poikkileikkausluokka. Poikkileikkausluokituksen tarkoitus on tunnistaa missä laajuudessa poikkileikkauksen paikallinen lommahdus rajoittaa poikkileikkausten kestävyyttä ja kiertymiskykyä /5/. Poikkileikkausluokan määrittäminen tapahtuu taulukoiden 6 ja 7 avulla.

Taulukko 6. Puristettujen taso-osien suurimmat leveys–paksuussuhteet osa 1. /5/

Kahdelta reunalta tuetut puristetut taso-osat						
			Taivutus ko. akselin suhteen			
			Taivutus ko. akselin suhteen			
Poikkileikkausluokka	Taivutetut taso-osat	Puristetut taso-osat	Taivutetut ja puristetut taso-osat			
Taso-osan jännitysjakautuma (puristus positiivinen)						
1	$c/t \leq 72\varepsilon$	$c/t \leq 33\varepsilon$	$kun \alpha > 0,5: c/t \leq \frac{396\varepsilon}{13\alpha - 1}$ $kun \alpha \leq 0,5: c/t \leq \frac{36\varepsilon}{\alpha}$			
2	$c/t \leq 83\varepsilon$	$c/t \leq 38\varepsilon$	$kun \alpha > 0,5: c/t \leq \frac{456\varepsilon}{13\alpha - 1}$ $kun \alpha \leq 0,5: c/t \leq \frac{41,5\varepsilon}{\alpha}$			
Taso-osan jännitysjakautuma (puristus negatiivinen)						
3	$c/t \leq 124\varepsilon$ ¹⁾	$c/t \leq 42\varepsilon$ ²⁾	$kun \psi > -1: c/t \leq \frac{42\varepsilon}{0,67 + 0,33\psi}$ ³⁾ $kun \psi \leq -1^{\circ}: c/t \leq 62\varepsilon(1 - \psi)\sqrt{-\psi}$			
$\varepsilon = \sqrt{235/f_y}$	f_y	235	275	355	420	460
	ε	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71

Poikkileikkausluokkia on neljä ja ne määräytyvät seuraavasti.

”PL1: ovat niitä, joissa plastisuusteorian mukaisen tarkastelun vaatima, riittävän kiertymiskyvyn omaava nivel voi syntyä ilman, että poikkileikkauksen kestävyyttä tarvitsee pienentää.

PL2: ovat niitä, joissa voi kehittyä plastisuusteorian mukainen sauvan taivutuskestävyys, mutta joilla paikallinen lommahdus rajoittaa kiertymiskykyä.

PL3: ovat niitä, joissa sauvan äärimmäisessä puristetussa reunassa laskettu jännitys voi saavuttaa myötörajan, mutta paikallinen lommahdus estää plastisuusteorian mukaisen momenttikestävyuden kehittymisen.

PL4: ovat niitä, joissa paikallinen lommahdus esiintyy ennen kuin myötöraja saavutetaan poikkileikkaukselle jossakin pisteessä.”/5/

Taulukko 7. Puristettujen taso-osien suurimmat leveys–paksuussuhteet osa 2. /5/

Ulokkeelliset laipat						
Valssatut profiilit			Hitsatut profiilit			
Poikkileikkauksluokka	Puristetut taso-osat	Puristetut ja taivutetut taso-osat				
		Vapaa reuna on puristettu		Vapaa reuna on vedetty		
Taso-osan jännitys-jakautuma (puristus positiivinen)						
1	$c/t \leq 9\epsilon$	$c/t \leq \frac{9\epsilon}{\alpha}$	$c/t \leq \frac{9\epsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$	$c/t \leq \frac{9\epsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$	$c/t \leq \frac{9\epsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$	$c/t \leq \frac{9\epsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$
2	$c/t \leq 10\epsilon$	$c/t \leq \frac{10\epsilon}{\alpha}$	$c/t \leq \frac{10\epsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$	$c/t \leq \frac{10\epsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$	$c/t \leq \frac{10\epsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$	$c/t \leq \frac{10\epsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$
Taso-osan jännitys-jakautuma (puristus positiivinen)						
3	$c/t \leq 14\epsilon$ ⁴⁾	$c/t \leq 21\epsilon\sqrt{k_{\sigma}}$ ⁵⁾ k _σ ks. EN 1993- 1-5				
$\epsilon = \sqrt{235/f_y}$	f _y	235	275	355	420	460
	ε	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71

3.3.2 Pilarin mitoitus

Puristuskestävyys

Puristusvoiman mitoitusarvon N_{Ed} tulee kaikissa poikkileikkauksissa täyttää ehto /5/.

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1.0 \quad (10)$$

Poikkileikkauksen puristuskestävyyden mitoitusarvo $N_{c,Rd}$ tasaiselle puristukselle lasketaan poikkileikkauksluokissa 1, 2 ja 3 seuraavasti /5/.

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \quad (11)$$

Taivutuskestävyys

Taivutusmomentin mitoitusarvon M_{Ed} tulee kaikissa poikkileikkauksissa täyttää ehto /5/.

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1.0 \quad (12)$$

Poikkileikkauksen taivutuskestävyyden mitoitusarvo poikkileikkauksen yhden pääjähyyksensä suhteen tapahtuvassa taivutuksessa lasketaan poikkileikkauksiluokissa 1 ja 2 seuraavasti /5/.

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_y}{\gamma M_0} \quad (13)$$

Leikkauskestävyys

Leikkausvoiman mitoitusarvon V_{Ed} tulee kaikissa poikkileikkauksissa täyttää ehto /5/.

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1.0 \quad (14)$$

missä $V_{c,Rd}$ on leikkauskestävyyden mitoitusarvo. Plastisuusteorian mukaisessa mitoituksessa $V_{c,Rd}$ vastaa leikkauskestävyyden mitoitusarvoa $V_{pl,Rd}$, joka saadaan kaavalla /5/.

$$V_{pl,Rd} = A_y \cdot \frac{\left(\frac{f_y}{\sqrt{3}} \right)}{\gamma M_0} \quad (15)$$

Kun kyseessä on valssaamalla valmistettu suorakaiteen muotoinen rakenneputki, saadaan leikkauspinta-ala A_v kuormituksen vaikuttaessa korkeuden suunnassa kaavalla /5/.

$$A_v = Ah/b+h \quad (16)$$

Kuormituksen vaikuttaessa leveyden suunnassa lasketaan leikkauspinta-ala kaavalla /5/.

$$A_v = Ab/(b+h) \quad (17)$$

Taivutuksen ja leikkauksen yhteisvaikutus

Leikkausvoiman vaikutus taivutusmomenttikestävyyteen otetaan huomioon, kun leikkausvoima on pienempi kuin puolet plastisuusteorian mukaisesta leikkauskestävyydestä, sen vaikutus taivutusmomenttikestävyyteen voidaan jättää huomioon ottamatta paitsi, jos leikkauslommahdus pienentää poikkileikkauksen kestävyyttä /5/.

Nurjahduskestävyys

Puristetut sauvat mitoitetaan siten, että seuraava nurjahdusehto on voimassa /5/.

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b.Rd}} \leq 1.0 \quad (18)$$

Puristetun sauvan nurjahduskestävyyden mitoitusarvo lasketaan poikkileikkauksiluokille 1,2 ja 3 kaavasta /5/.

$$N_{b.Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma M_1} \quad (19)$$

Missä χ on nurjahduskestävyyden pienennystekijä, joka saadaan kaavasta /5/

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda^2}} \quad (20)$$

jossa Φ saadaan laskettua kaavalla /5/.

$$\Phi = 0,5[1 + \alpha(\lambda - 0,2) + \lambda^2] \quad (21)$$

Poikkileikkausluokille 1, 2 ja 3 muunnettu hoikkuus λ saadaan kaavasta /5/

$$\lambda = \frac{1}{\lambda_1} \cdot \frac{L_{cr}}{i} \quad (22)$$

λ_1 saadaan kaavalla /5/

$$\lambda_1 = 93,9 * \varepsilon \quad (23)$$

jossa ε saadaan kaavalla /5/

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} \quad (24)$$

Taulukosta 8 saadaan epätarkkuustekijän arvo. Epätarkkuustekijä α valitaan taulukosta 9 poikkileikkauksesta riippuen. /5/

Taulukko 8. Nurjahduskäyrien epätarkkuustekijät. /5/

Nurjahduskäyrä	a_0	a	b	c	d
Epätarkkuustekijä α	0,13	0,21	0,34	0,49	0,76

Taulukko 9. Nurjahduskäyrän valitseminen poikkileikkausluokasta riippuen. /5/

Poikkileikkaus		Rajat	Nurjahdus ko. akselin suhteen	Nurjahduskäyrä	
				S 235 S 275 S 355 S 420	S 460
Valssatut profiilit		$h/b > 1,2$	$t_f \leq 40$ mm	y-y z-z	a a ₀
			$40 \text{ mm} < t_f \leq 100$	y-y z-z	b c
		$h/b \leq 1,2$	$t_f \leq 100$ mm	y-y z-z	b c
			$t_f > 100$ mm	y-y z-z	d c
Hitsatut I-profiilit		$t_f \leq 40$ mm	y-y z-z	b c	
		$t_f > 40$ mm	y-y z-z	c d	
Rakenneputket		Kuumamuovattu	Kaikki	a	a ₀
		Kylmämuovattu	Kaikki	c	c
Hitsatut kotelo-profiilit		Yleensä (poikkeus, ks. alla)	Kaikki	b	b
		Paksut hitsit: $a > 0,5t_f$ $b/t_f < 30$ $h/t_w < 30$	Kaikki	c	c
U-, T- ja umpiprofiilit			Kaikki	c	c
L-teräkset			Kaikki	b	b

3.3.3 Palkin mitoitus

Taivutuskestävyys

Taivutusmomentin mitoitusarvon M_{Ed} tulee kaikissa poikkileikkauksissa täyttää ehto /5/.

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1.0$$

(25)

Poikkileikkauksen taivutuskestävyyden mitoitusarvo poikkileikkauksen yhden pääjäyhyysakselin suhteen tapahtuvassa taivutuksessa lasketaan poikkileikkauksiluokissa 1 ja 2 seuraavasti /5/.

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_y}{\gamma M_0} \quad (26)$$

Leikkauskestävyys

Leikkausvoiman mitoitusarvon V_{Ed} tulee kaikissa poikkileikkauksissa täyttää ehto /5/.

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1.0 \quad (27)$$

missä $V_{c,Rd}$ on leikkauskestävyyden mitoitusarvo. Plastisuusteorian mukaisessa mitoituksessa $V_{c,Rd}$ vastaa leikkauskestävyyden mitoitusarvoa $V_{pl,Rd}$, joka saadaan kaavalla /5/.

$$V_{pl,Rd} = A_y \cdot \frac{\left(\frac{f_y}{\sqrt{3}} \right)}{\gamma M_0} \quad (28)$$

Kun kyseessä on valssaamalla valmistettu suorakaiteen muotoinen rakenneputki, saadaan leikkauspinta-ala A_v kuormituksen vaikuttaessa korkeuden suunnassa kaavalla /5/.

$$A_v = Ah/(b+h) \quad (29)$$

Kuormituksen vaikuttaessa leveyden suunnassa lasketaan leikkauspinta-ala kaavalla /5/.

$$A_v = Ab/(b+h) \quad (30)$$

Kun kyseessä on valssaamalla valmistettu I-profiilin palkki, saadaan leikkauspinta-ala kaavalla /5/.

$$A_v = A - 2b \cdot t_f + (t_w + 2r) \cdot t_f \quad (31)$$

Taivutuksen ja leikkauksen yhteisvaikutus

Leikkausvoiman vaikutus taivutusmomenttikestävyyteen otetaan huomioon, kun leikkausvoima on pienempi kuin puolet plastisuusteorian mukaisesta leikkauskestävyydestä, sen vaikutus taivutusmomenttikestävyyteen voidaan jättää huomioon ottamatta paitsi, jos leikkauslommahdus pienentää poikkileikkauksen kestävyyttä. /5/

Leikkauslommahdusta ei tarvitse huomioida, jos sille asetettu ehto käy toteen. Leikkauslommahduskestävyys tarkastellaan kaavalla. /5/

$$\frac{h_w}{t_w} > 72 \cdot \frac{\varepsilon}{\eta} \quad (32)$$

Kiepahduskestävyys

Kiepahduskestävyyden mitoitusehto on /5/.

$$\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1.0 \quad (33)$$

$M_{b,Rd}$ on kiepahduskestävyyden mitoitusarvo, joka saadaan kaavasta

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \cdot W_y \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}} \quad (34)$$

vakiopoikkileikkauksisten taivutettujen sauvojen muunnettua hoikkuutta λ_{LT} vastaava pienennystekijä χ_{LT} lasketaan kaavasta /5/.

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{(\Phi_{LT})^2 - (\lambda_{LT})^2}} \quad (35)$$

Missä Φ_{LT} saadaan kaavalla /5/

$$\Phi_{LT} = 0,5[1 + \alpha_{LT}(\lambda_{LT} - 0,2) + \lambda_{LT}^2] \quad (36)$$

α_{LT} on epätarkkuustekijä ja λ_{LT} saadaan kaavalla /5/

$$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{W_y \cdot f_y}{M_{cr}}} \quad (37)$$

M_{cr} on kimmoteorian mukainen kriittinen momentti kiepahduksessa, joka saadaan kaavasta /5/.

$$M_{cr} = C_1 \cdot \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{(kL)^2} \left[\sqrt{\left(\frac{k}{k_\omega} \right)^2 \cdot \frac{I_\omega}{I_z} + \frac{(kL)^2 \cdot G \cdot I_t}{\pi^2 \cdot E \cdot I_z} + (C_2 \cdot z_g)^2} - C_2 \cdot z_g \right] \quad (38)$$

Epätarkkuustekijä α_{LT} :n arvo saadaan taulukosta 10. Käytettävä kiepahduskäyrä saadaan selville taulukosta 11. laskemalla palkin korkeuden ja leveyden suhde.

Taulukko 10. Kiepahduskäyrien suositeltavat epätarkkuustekijät. /5/

Kiepahduskäyrä	a	b	c	d
Epätarkkuustekijä α_{LT}	0,21	0,34	0,49	0,76

Taulukko 11. Suositus kiepahduskäyrän valitsemiseksi. /5/

Poikkileikkaus	Rajat	Kiepahduskäyrä
Valssatut I-profiilit	$h/b \leq 2$	a
	$h/b > 2$	b
Hitsatut I-profiilit	$h/b \leq 2$	c
	$h/b > 2$	d
Muut profiilit	-	d

4 TYÖN TOTEUTUS

4.1 IV-konehuoneet

Mitoitus toteutettiin eurokoodin ohjeiden mukaisesti. Laskettiin IV-konehuoneiden katolla vaikuttava lumikuorma (Liite 2) sekä laskettiin jokaiselle IV-konehuoneelle tuleva tuulikuorma (Liitteet 3–7). Mitään valmiita laskentapohjia ei ollut käytettävissä, joten sekä lumikuorman, että tuulikuorman laskenta suoritettiin taulukkolaskentaohjelmalla luoduilla omilla laskentapohjilla. Koska IV-konehuoneita oli viisi, on ne nimetty konehuonekohtaisesti. Liitteiden laskelmissa ne on numeroitu yhdestä viiteen.

Kaikkien IV-konehuoneiden rungot on toteutettu teräsrakenteisena ja teräsprofiilina on käytetty 100x100x5 rakenneputkea lukuun ottamatta IV-konehuonetta 5, jonka palkkeina rakenneputkea ei ole käytetty. IV-konehuoneiden teräsrunkojen statiikka ratkaistiin Robot Structural Analysis -ohjelmalla. Robot-malliin lisättiin vaikuttavat kuormat ja tehtiin kuormitusyhdistelyt murto- ja käyttörajatilassa. Tämän jälkeen ajettiin ohjelmalla laskelmat läpi ja saatiin selville jokaisen IV-konehuoneen teräsrakenteisiin vaikuttavat rasitukset.

IV-konehuoneiden teräsrunkojen laskenta suoritettiin käyttäen sekä taulukkolaskentaohjelmaa, että Robot Structural Analysis ohjelmaa. Robotista tarkasteltiin suurimmat pilareille (Liitteet 8–12) ja palkeille (Liitteet 13–17) tulevat rasitukset. Laskelmissa suurimpia saatuja rasituksia on vertailtu sallittuihin arvoihin nähden. Teräspilareiden kiinnittyminen betonilaataan laskettiin laskemalla liitoksen kestävyys (Liite 18). IV-konehuoneelle 4 laskettiin seinän levyjäykistys (Liite 19).

4.2 Betonilaatan lävistyskestävyys

Betonilaatan kestävyys tutkittiin jokaisen IV-konehuoneen kohdalla erikseen. Koska kyseessä on pilarilaatta, kestävyuden tutkiminen suoritettiin laskemalla laatan lävistyskestävyys (Liite 20). Lävistysmitoitusta ei kuitenkaan suoriteta eurokoodin mukaan. Sen sijaan lävistysmitoitus tehdään Suomen Rakentamismääräyskokoelman osan B4 ”Betonirakenteet, ohjeet” kohdan 2.2.2.7. mukaan, jonka

ohjeiden mukaan myös tässä työssä on toimittu. Ohjeen mukaisesti mitoituskuormat, osavarmuusluvut ja materiaalilujuudet määritetään kuitenkin eurokoodin ohjeiden mukaan. /6/

”Standardin lävistysmitoituksessa on huomattu tiettyjä ristiriitaisuuksia koetuloksiin nähden siten, että standardin mitoituksella saatavat kapasiteetit ovat tietyissä tapauksissa epävarmalla puolella.” /7/

Laatassa on käytetty betonilaatua K-35 /4/. Laatalle laskettiin minimiraudoitus, jota käytettiin laskuissa. Minimiraudoitukseksi saatiin 10mm harjateräs 350mm tankojaolla. Betonilaatan korkeus on 230mm ja pilarit 300x300mm. Laatan lävistyskuorma laskettiin murtorajatilassa. Pysyviä kuormia olivat IV-konehuoneiden rakenteiden paino. Muuttuvia kuormia olivat IV-koneiden hyötykuorma sekä lumikuorma. Kuormille käytettiin laskuissa seuraavia arvoja.

IV-konehuoneiden hyötykuorma	5,0 kN/m ²
IV-konehuoneiden rakenteiden paino	0,5–0,7 kN/m ²
lumikuorma	1,84 kN/m ² .

Laatan lävistyskapasiteetti laskettiin kaavalla 39.

$$V_c = k \cdot \beta \cdot (1 + 50 \cdot \rho) \cdot u \cdot d \cdot f_{ctd}, \text{ missä } k = 1,6 - d(m) \geq 1, \text{ kun } \rho_c \geq 2400 \text{ kg/m}^3 \quad (39)$$

$$1,0, \text{ kun } 1800 \text{ kg/m}^3 \leq \rho_c \leq 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$0,85, \text{ kun } \rho_c < 1800 \text{ kg/m}^3$$

ρ = suhteellinen teräspinta-ala

β = saadaan, $0,4 / 1 + 1,5 \cdot e / \sqrt{A_u}$

e = lävistysvoiman epäkeskisyyttä

u = tuen reunasta leikkauksen rajoittama piiri etäisyydellä $0,5 \cdot d$

A_u = piirin sisään jäävä pinta-ala

d = laatan tehollinen korkeus

f_{ctd} = betonin vetolujuuden mitoitusarvo.

4.3 Piirustusten päivitys

Kohteen piirustusten päivittämiseen käytettiin CADS Planner House -ohjelmaa. Ohjelman käyttöä varten vaaditaan lisenssi, joka saatiin Laihian kunnan puolesta. Laihian kunnalta saatiin myös kohteesta vanhat julkisivupiirustukset ja pohjapiirustus, joita päivitettiin. Julkisivupiirustukset olivat 1970-luvun loppupuolelta ja niissä oli paljon päivitettävää. Pohjapiirustus sen sijaan oli vuodelta 2005 ja se ei vaatinut muita päivityksiä kuin puuttuvien kohteiden lisäämisen.

5 TULOKSET

5.1 IV-konehuoneet

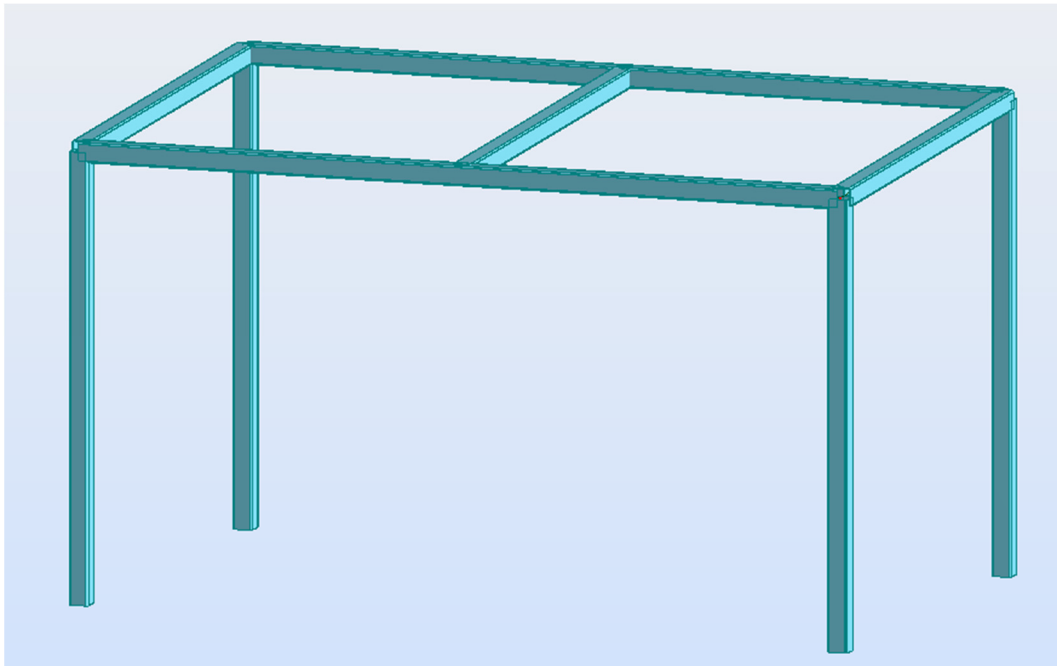
Lumikuorman ominaisarvo Laihialla on $2,3 \text{ kN/m}^2$. Kun ominaisarvo kerrottiin katon muotokertoimella 0,8 saatiin lumikuorman arvoksi katolla $1,84 \text{ kN/m}^2$.

Tuulikuorman laskenta aloitettiin maastoluokan määrittämisellä. Maastoluokan kolme määritelmä on kaikkein lähinnä omaa kohdettani. Tuulen nopeuspaineen laskennassa käytettiin jokaisen IV-konehuoneen kohdalla $z(\text{m})$ arvoa 10m, jolloin nopeuspaineeksi saatiin $0,47 \text{ kN/m}^2$. Joidenkin konehuoneiden sijaitessa hieman alle 10 metrin korkeudessa käytettiin samaa nopeuspainetta. Nopeuspaineiden arvojen muutos on pieni ja näin oltiin kuitenkin varmalla puolella. Seinille tulevat pintapaineet vaihtelivat eri painevyöhykkeiden kesken ja vyöhykkeiden pintapaineiden arvot vaihtelivat $+0,5 \text{ kN/m}^2$ ja $-0,8 \text{ kN/m}^2$ välillä. Kattojen pintapaineiden arvot vaihtelivat myös paljon eri painevyöhykkeiden mukaan. Arvoiksi saatiin korkeimmillaan $-1,5 \text{ kN/m}^2$.

Teräsrakenteiden mitoituksessa tarkisteltiin taivutuskestävyyttä, leikkauskestävyyttä, taivutuksen ja leikkauksen yhteisvaikutusta, nurjahduskestävyyttä sekä kiepahduskestävyyttä. Putkiprofiilipalkeille ei tarkasteltu kiepahduskestävyyttä, sillä ne eivät ole alttiita kiepahdukselle /5/. Näistä taivutuskestävyyden ja kiepahduskestävyyden käyttöasteet olivat kaikkein suurimpia. Leikkausvoimat olivat niin pieniä jokaisessa pilarissa ja palkissa, että taivutuksen ja leikkauksen yhteisvaikutusta ei tarvinnut huomioida. Teräsrakenteiden mitoituksessa lasketut käyttöasteet on esitetty taulukoissa 12–16. Käyttöasteet on laskettu IV-konehuoneen pilareille ja palkeille vaikuttavien suurimpien rasituksien mukaan. Kuvissa 10–14 on esitetty IV-konehuoneiden teräsrungot.

Laskelmista saaduista tuloksista todettiin, että IV-konehuoneisiin vaikuttavat rasitukset eivät aiheuta sellaisia tilanteita, joissa käytetyt teräsprofiilit eivät kestäisi. Teräsrakenteiden käyttöasteiden tarkastelut jokaiselle IV-konehuoneelle on esiteltynä alaotsikoissa. Yksityiskohtaisemmat tulokset löytyvät liitteistä 2–17.

5.1.1 IV-konehuone 1

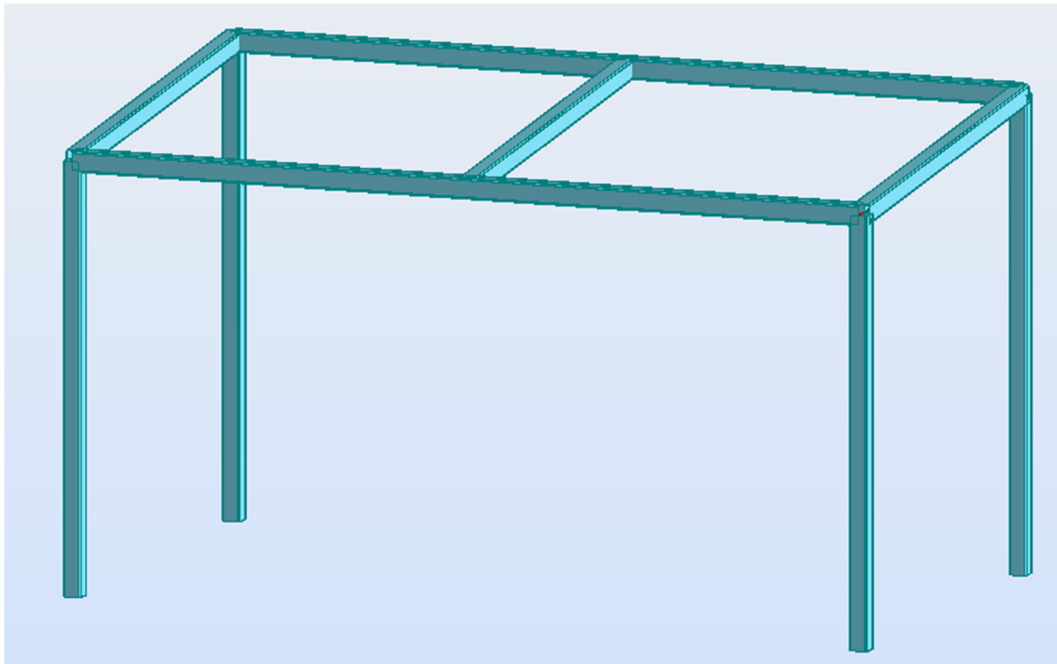


Kuva 10. IV-konehuoneen 1 teräsrunko.

Taulukko 12. Käyttöasteet, IV-konehuone 1.

Pilari 100x100x5	Käyttöaste
Taivutuskestävyys	23,38 %
Leikkauskestävyys	1,97 %
Nurjahduskestävyys	2,40 %
Palkki 100x100x5	
Taivutuskestävyys	35,72 %
Leikkauskestävyys	6,69 %

5.1.2 IV-konehuone 2

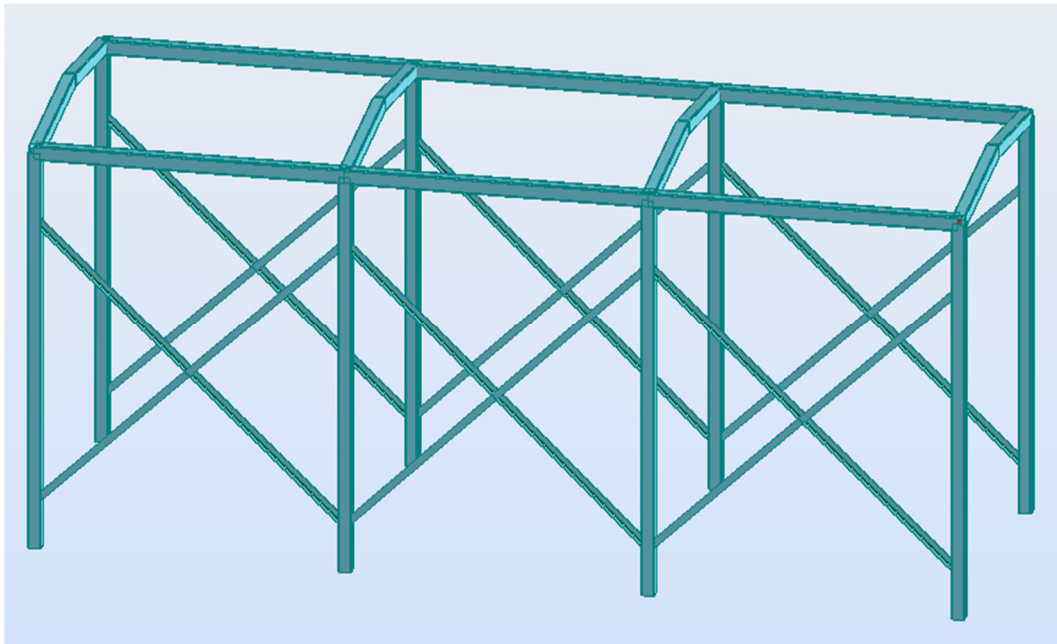


Kuva 11. IV-konehuoneen 2 teräsrunko.

Taulukko 13. Käyttöasteet, IV-konehuone 2.

Pilari 100x100x5	Käyttöaste
Taivutuskestävyys	28,26 %
Leikkauskestävyys	2,36 %
Nurjahduskestävyys	2,77 %
Palkki 100x100x5	
Taivutuskestävyys	46,71 %
Leikkauskestävyys	7,88 %

5.1.2 IV-konehuone 3

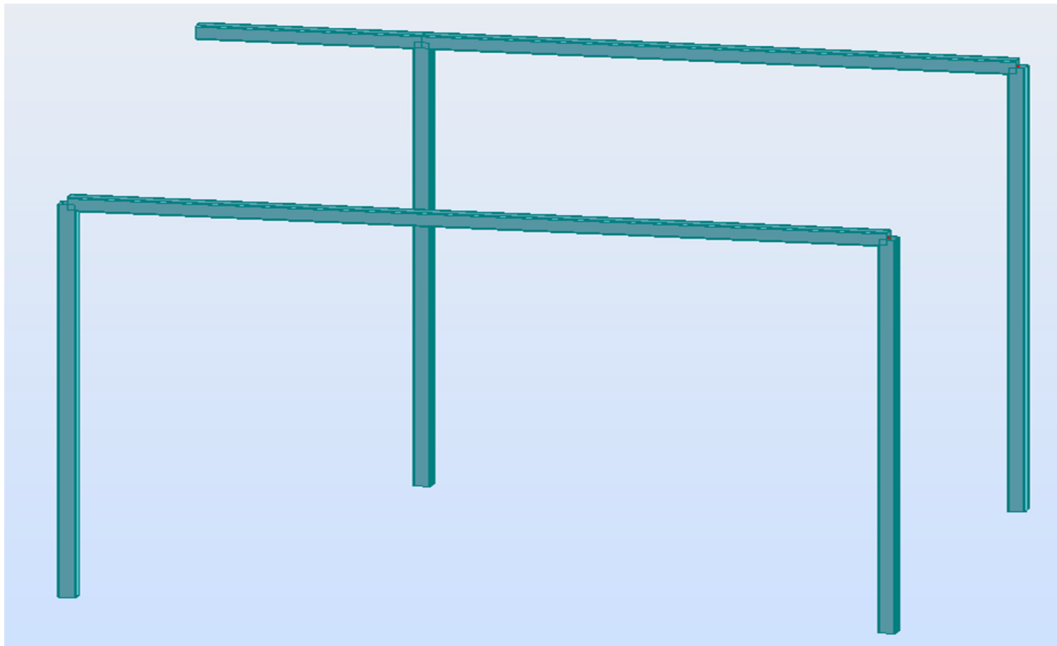


Kuva 12. IV-konehuoneen 3 teräsrunko.

Taulukko 14. Käyttöasteet, IV-konehuone 3.

Pilari 100x100x5	Käyttöaste
Taivutuskestävyys	21,11 %
Leikkauskestävyys	2,14 %
Nurjahduskestävyys	2,99 %
Palkki 100x100x5	
Taivutuskestävyys	38,90 %
Leikkauskestävyys	8,76 %

5.1.4 IV-konehuone 4

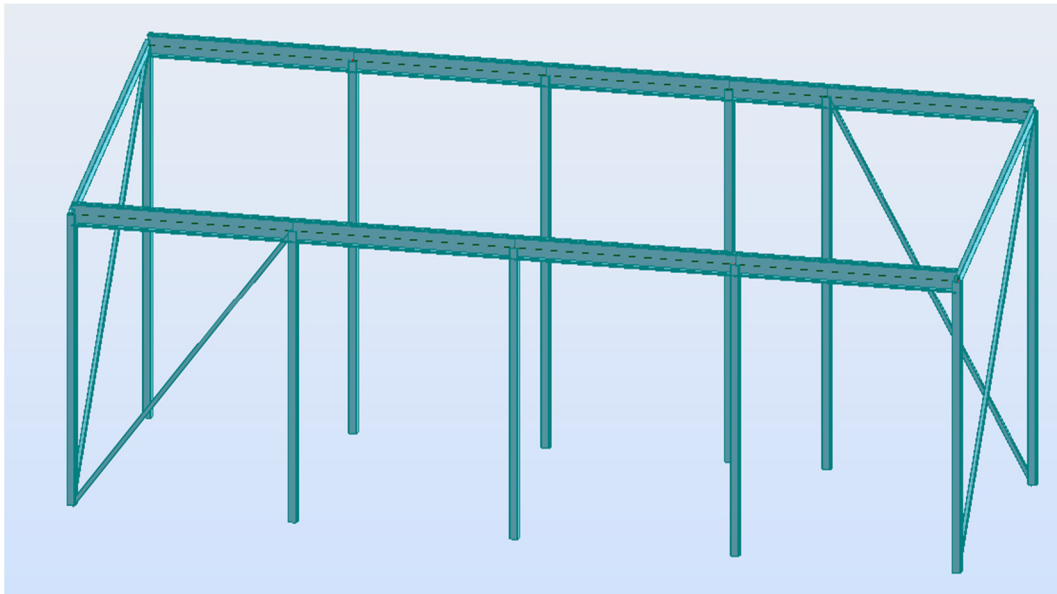


Kuva 13. IV-konehuoneen 4 teräsrunko.

Taulukko 15. Käyttöasteet, IV-konehuone 4.

Pilari 100x100x5	Käyttöaste
Taivutuskestävyys	52,25 %
Leikkauskestävyys	3,07 %
Nurjahduskestävyys	3,89 %
Palkki 100x100x5	
Taivutuskestävyys	54,08 %
Leikkauskestävyys	9,24 %

5.1.5 IV-konehuone 5



Kuva 14. IV-konehuoneen 5 teräsrunko.

Taulukko 16. Käyttöasteet, IV-konehuone 5.

Pilari 100x100x5	Käyttöaste		
Taivutuskestävyys	51,59 %		
Leikkauskestävyys	2,43 %		
Nurjahduskestävyys	4,42 %		
Palkki IPE200	4600mm	5090mm	5600mm
Leikkauskestävyys	4,81 %	4,81 %	4,81 %
Kiepahduskestävyys	40,51 %	39,82 %	56,17 %

5.2 Betonilaatan lävistyskestävyys

Lävistyskestävyyden tarkastelu aloitettiin laatan lävistyskapasiteetin laskennalla, jotta saatiin arvo, johon voitiin vertailla IV-konehuoneilta tulevia rasituksia.

Laatan raudoituksesta ei löytynyt tietoa, joten laskelmat tehtiin olettaen, että laatasta on vain vaadittu minimirauditus. Laatan minimiraudoitukseksi saatiin 10mm harjateräs 350mm tankojaolla (Liite 20). Tämä laski laatan lävistyskapasiteetin arvoa huomattavasti. Laatan lävistyskapasiteetin arvoksi saatiin 348,2kN.

IV-konehuoneiden vaikutus betonilaatan lävistyskestävyyteen tutkittiin jokaisen IV-konehuoneen kohdalla erikseen. IV-konehuoneen pinta-alalta laskettiin IV-konehuoneen katolla oleva lumikuorma, IV-konehuoneen rakenteiden paino sekä koneista tuleva hyötykuorma. Kokonaiskuorma jaettiin siirtyväksi laattaan IV-konehuoneen nurkkapilarien välityksellä pistekuormina. Näitä tuloksia verrattiin laatan lävistyskapasiteettiin, joka laskettiin kaavan 39 mukaan, ja todettiin lävistyskapasiteetin olevan riittävä. Tulokset on esitetty yksityiskohtaisemmin liitteessä 20 ja lyhemmin alapuolella taulukossa 17.

Taulukko 17. Lävistyskuormat.

	Lävistyskuorma	Lävistyskuorma nurkkapilaria kohti	Käyttöaste
IV-konehuone 1	116,18kN	29,05kN	8,34 %
IV-konehuone 2	137,30kN	34,32kN	9,86 %
IV-konehuone 3	199,01kN	49,75kN	14,29 %
IV-konehuone 4	184,27kN	46,07kN	13,23 %
IV-konehuone 5	412,14kN	103,04kN	29,59 %

5.3 Kohteen piirustukset

Pohjapiirustukseen (Liite 21) lisättiin viisi IV-konehuonetta, hiljattain valmistunut uusi hissi rakennuksen neuvolan siipeen sekä vanhainkodin puolen päädylle rakennettu varastokatos. Julkisivupiirustuksiin (liitteet 22–23) päivitettiin IV-konehuoneet, hissi sekä varastokatos. Lisäksi piirustuksissa olleet vanhat epätasaiset ja vinot viivat poistettiin ja piirrettiin uudestaan. Myös puuttuneet ikkuna- ja ovisymbolit sekä katon muodonmuutos päivitettiin piirustuksiin. Lopputuloksena saatiin uudet ja selkeät julkisivupiirustukset kohteesta.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Työn tehtävänä oli mitoittaa viiden eri IV-konehuoneen teräsrakenteet, jotka sijaitsivat rakennuksen katolla. Tutkittiin myös, miten yläpohjan betonilaatta kestää katolle tulleiden IV-konehuoneiden painon. Lisäksi päivitettiin kohteen julkisivupiirustukset ajan tasalle ja lisättiin IV-konehuoneet pohjapiirustukseen.

Opinnäytetyö oli minulle todella opettavainen prosessi. Työ oli todella monipuolinen, sillä siihen kuului kuormien laskentaa, teräsrakenteiden mitoitusta, betonirakenteiden mitoitusta sekä piirustusten piirtämistä. Työtä tehdessä tuli käytyä läpi monia mitoituksen eri osa-alueita, eurokoodit tulivat paljon tutuimmiksi ja cad-ohjelmien kanssa työskentely kehittyi. Myös Robot Structural Analysis -ohjelma tuli tutummaksi. Työ toi minulle paljon lisää rutiinia kaikilla työn eri osa-alueilla ja uuden samanlaisen työn toteuttamiseen ei varmasti kuluisi yhtä paljon aikaa mitä tähän työhön on käytetty.

Laihian kunta tulee hakemaan IV-konehuoneille rakennuslupaa. Opiskelijastatukseeni vuoksi näitä mitoituslaskelmia ei voida kuitenkaan käyttää suoraan rakennuslupahakemuksessa vaan rakennuslupaa varten tarvitaan suunnittelijan pätevyyden omaava henkilö, joka tekee lopulliset laskelmat. Toivon kuitenkin, että tekemiäni laskelmia ja päivittämiäni piirustuksia voidaan käyttää hyväksi lupahakemusprosessissa.

LÄHTEET

- /1/ Laihian kunta. Lupamenettelyt. Viitattu 26.4.2017.
<https://www.laihia.fi/palvelut/rakentajapalvelut/lupamenettely>
- /2/ CADS. Tietoa yrityksestä. Viitattu 4.5.2017 <http://www.cads.fi/yritys/tietoa-meista>
- /3/ RIL 201-1-2011. Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 2011. 190 s.
- /4/ Hiipakka, Masa. 2017. Kiinteistöpäällikkö. Laihian kunta. Haastattelu 15.3.2017
- /5/ SFS-EN 1993-1-1. Teräsrakenteiden suunnittelu. Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto. 2006. 99 s.
- /6/ Betonirakenteiden suunnittelu eurokoodin mukaan. Viitattu 10.4.2017.
http://www.eurocodes.fi/1992/paasivu1992/sahkoinen1992/Leaflet_7_Pilarilaatat.pdf
- /7/ Ympäristöministeriön asetus Eurocode-standardien soveltamisesta talonrakentamisessa. Viitattu 10.4.2017.
<http://www.eurocodes.fi/1992/1992-1-1/NA%20SFS-EN1992-1-1-YM.pdf>

Liite 1. Lupahakemuksessa vaadittavat asiakirjat

RAKENNUSLUVAN HAKEMISESSA TARVITTAVAT ASIAKIRJAT:

1. Rakennuslupahakemus (allekirjoitus kaikki kiinteistön omistajat) 1 kpl
2. Rakennushankeilmoitus RH 1 kpl/rakennus
(jokaisesta rakennuksesta oma RH-lomake)
3. Selvitys siitä, että hakija hallitsee rakennuspaikkaa 1 kpl
(lainhuutotodistus, jäljennös kauppakirjasta, vuokrasopimus tms.)
4. Karttaote (voi pyytää kunnasta) 1 kpl
5. Asemapiirros 4 kpl
Tulee olla 1:500 tai 1:200 mittakaavassa.
Asemapiirroksessa tulee olla mitoitukset, tontin toiminnot, rajanaapurien nimet, pihasuunnitelmaa, viemärointi, liittymät, ja muut tarvittavat toiminnot. (Suomen rakentamistapamääräykset)
6. Pääpiirustukset 3 kpl
Pohjapiirustus 1:50 tai 1:100
Julkisivut 1:50 tai 1:100
Leikkaus 1:20 tai 1:10
Hormikuva (vaaka ja pystyleikkaus) 1:20 tai 1:50
U-arvo selvitys tai tasauslaskelma
Suunnitelmissa tulee olla mitoitukset, ainemerkinnät, huonemerkinnät, julkisivun värimerkinnät ja julkisivumateriaalimerkinnät. Rakennushankkeen huoneistoala, kerrosala, rakennusala ja tilavuustiedot. (Suomen Rakentamismääräykset)
7. Tieliihtymälupa (ei asemakaava-alueella) (ELY/Tiehallinto)
8. Vesikäymälän lupahakemus (erillinen hakemuslomake) 1 kpl
(Rakennettaessa vesikäymälää rakennuspaikalle, jonne ei ole kunnallista viemäriä.) Liitteenä tulee olla järjestelmän periaateselvitys ja mitoitustiedot, maaperäselvitys, rakennustapaselostus, suunnittelija, erillinen selvitys jätevesijärjestelmästä ja asemapiirustus, johon osoitettu viemärointi.
9. Selvitys vesijohtoon liittymisestä 1 kpl
(ellei kunnallinen vesijohto)
10. Vastaava työnjohtajahakemus 1 kpl
11. Vastaava kvv- ja iv-työnjohtajahakemus (jos viemäri ja ilmanvaihto) 1 kpl
12. Ilmoitus rakennushankkeen suunnittelijoiden nimeämisestä 1 kpl
(asuinrakennuksista sekä muista isoista rakennushankkeista)
13. Naapurien kuuleminen
(kaikkien rajanaapurien kuuleminen, myös tie- tai muun alueen toiselta puolelta)
14. Selvitys rakennuspaikan perustamis- ja pohjaolosuhteista sekä terveellisyydestä 1 kpl
15. Energiaselvitys (Asuinrakennukset sekä muut isot rakennuskohteet) 1 kpl

Liite 2. Lumikuorman määrittäminen

Konehuoneen katolla oleva lumikuorma

Paikkakunta: Laihia

Kaava lumikuorman määrittämiseen:

$$s = \mu_i \cdot s_k$$

s_k	Lumikuorman ominaisarvo	2,3 kN/m ²
μ_i	Katon muotokerroin:	0,8
s	Lumikuorma katolla:	1,84 kN/m ²

Tuulikuorman määrittäminen: Maastoluokka 3
 IV-Konehuoneen mitat

pituus b = 4,3 m
korkeus h = 2,2 m
leveys d = 2,7 m

Tuulen nopeuspaine
qp(z) = 0,47 kN/m²

Painevyöhykkeiden määrittäminen seinille:

Tuulen suunta = 0
 $e = \min(b, 2 \cdot h) \rightarrow e =$ 4,4 m
 tai 4,3 m
 $e < d \rightarrow ei$
 $e > d \rightarrow$ kyllä Sivulla 2 painevyöhykettä
 $e > 5d \rightarrow ei$

$e/5 =$ 0,86 $d - e/5 =$ 1,84

Vyöhykkeiden pinta-alat:

A 1,89 m² < 10m²
 B 4,05 m² < 10m²
 D 9,46 m² < 10m²
 E 9,46 m² < 10m²

Jos $1 \text{ m}^2 < A < 10 \text{ m}^2$ interpoloidaan kaavalla: $C_{pe} = C_{pe,1} - (C_{pe,1} - C_{pe,10}) \log_{10} A$

Jos pinta-ala < kuin 1m² käytetään taulukon arvoa C_{pe1}

Jos pinta-ala > kuin 10m² käytetään taulukon arvoa C_{pe10}

$h/d =$ 0,81 Käytetään viereisen taulukon riviä "1"

z (m)	Maastoluokka				
	0	I	II	III	IV
0	0,66	0,42	0,39	0,35	0,32
1	0,66	0,42	0,39	0,35	0,32
2	0,78	0,52	0,39	0,35	0,32
5	0,96	0,65	0,53	0,35	0,32
8	1,05	0,73	0,61	0,43	0,32
10	1,09	0,76	0,65	0,47	0,32
15	1,18	0,83	0,72	0,55	0,40
20	1,24	0,88	0,77	0,60	0,45
25	1,29	0,92	0,82	0,65	0,50
30	1,33	0,95	0,85	0,68	0,54
35	1,37	0,98	0,88	0,72	0,57
40	1,40	1,01	0,91	0,74	0,60

Vyöhyke	A		B		C		D		E	
	C _{pe,10}	C _{pe,1}	C _{pe,10}	C _{pe,1}	C _{pe,10}	C _{pe,1}	C _{pe,10}	C _{pe,1}	C _{pe,10}	C _{pe,1}
h/d										
5	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,7	
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,5	
≤ 0,25	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,7	+1,0	-0,3	

Sisäpuolinen paine otetaan huomioon lisäämällä vaarallisemman vaikutuksen tuottavaa arvoa:

0,2 tai -0,3

Painekertoimet vyöhykkeille ja vyöhykkeiden pintapaineet:

A -1,64 → -0,77 kN/m²
 B -1,22 → -0,57 kN/m²
 D 0,96 → 0,45 kN/m²
 E -0,79 → -0,37 kN/m²

Tuulen suunta= 90

Painevyöhykkeiden määrittäminen seinille:

$e = \min(d, 2 \cdot h) \rightarrow e = 4,4 \text{ m}$
 tai
 $2,7 \text{ m}$
 $e < b \rightarrow$ kyllä
 $e > b \rightarrow$ ei
 $e > 5b \rightarrow$ ei
 Sivulla 3 painevyöhykettä

$e/5 = 0,88$ $4/5e = 7,04$ $b - e = 1,6$

Vyöhykkeiden pinta-alat:

A 1,19 m² < 10m²
 B 4,75 m² < 10m²
 C 3,52 m² < 10m²
 D 5,94 m² < 10m²
 E 5,94 m² < 10m²

$h / b = 0,51$ Käytetään viereisen taulukon riviä "1"

Vyöhyke	A		B		C		D		E	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,7	
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,5	
$\leq 0,25$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,7	+1,0	-0,3	

Painekertoimet vyöhykkeille ja vyöhykkeiden pintapaineet:

A -1,69 \rightarrow -0,79 kN/m²
 B -1,20 \rightarrow -0,56 kN/m²
 C -0,57 \rightarrow -0,27 kN/m²
 D 0,59 \rightarrow 0,28 kN/m²
 E -0,69 \rightarrow -0,32 kN/m²

Katon tuulikuorma:

Tuulen suunta= 0

Katon kaltevuus n. 3 astetta

$e = \min(b, 2 \cdot h) \rightarrow e = 4,4 \text{ m}$
 tai
 $4,3 \text{ m}$

Vyöhykkeiden pinta-alat:

$e/4 = 1,10$ $e/10 = 0,44$
 F 0,46 m² < 1m²

G	0,92 m ²	<	1m ²
H	17,03 m ²	>	10m ²

Käytetään painekertoimena viereisen taulukon arvoa 5 astel

**Painekertoimet vyöhykkeille ja vyöhykkeiden pintapaineet:
negatiiviset arvot:**

F	-2,8	→	-1,32 kN/m ²
G	-2,3	→	-1,08 kN/m ²
H	-0,9	→	-0,42 kN/m ²

positiiviset arvot:

F	0	→	0 kN/m ²
G	0	→	0 kN/m ²
H	0	→	0 kN/m ²

Tuulen suunta= 180

Katon kaltevuus n. 3 astetta

$$e = \min(b, 2 \cdot h) \rightarrow e = \begin{matrix} 4,4 \text{ m} \\ \text{tai} \\ 4,3 \text{ m} \end{matrix}$$

Vyöhykkeiden pinta-alat:

e/4 =	1,075 e/10=		0,43
F	0,46 m ²	<	1m ²
G	0,92 m ²	<	1m ²
H	17,03 m ²	>	10m ²

Käytetään painekertoimena viereisen taulukon arvoa 5 astel

Painekertoimet vyöhykkeille ja vyöhykkeiden pintapaineet:

F	-2,8	→	-1,32 kN/m ²
G	-2,3	→	-1,08 kN/m ²
H	-1,1	→	-0,52 kN/m ²

Tuulen suunta= 90

Katon kaltevuus n. 3 astetta

Kaltevuus- kulma α	Vyöhyke, kun tuulen suunta $\theta = 0^\circ$						Vyöhyke, kun tuulen suunta $\theta = 180^\circ$					
	F		G		H		F		G		H	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5°	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2	-2,3	-2,5	-1,3	-2,0	-0,8	-1,2
	+0,0		+0,0		+0,0							
15°	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3		-2,5	-2,8	-1,3	-2,0	-0,9	-1,2
	+0,2		+0,2		+0,2							

Kaltevuus- kulma α	Vyöhyke, kun tuulen suunta $\theta = 0^\circ$						Vyöhyke, kun tuulen suunta $\theta = 180^\circ$					
	F		G		H		F		G		H	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5°	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2	-2,3	-2,5	-1,3	-2,0	-0,8	-1,2
	+0,0		+0,0		+0,0							
15°	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3		-2,5	-2,8	-1,3	-2,0	-0,9	-1,2
	+0,2		+0,2		+0,2							

$$e = \min(d, 2 \cdot h) \rightarrow e = \begin{matrix} 4,4 \text{ m} \\ \text{tai} \\ 2,7 \text{ m} \end{matrix}$$

Vyöhykkeiden pinta-alat:

$$e/4 = 0,675 \text{ e}/10 = 0,27 \text{ e}/2 = 1,35$$

F _{up}	0,18 m ²	<	1m ²
Flow	0,18 m ²	<	1m ²
G	0,36 m ²	<	1m ²
H	3,10 m ²	<	10m ²
I	7,97 m ²	<	10m ²

Käytetään painekertoimena viereisen taulukon arvot 5 astetta

Kaltevuuskulma α	Vyöhyke, kun tuulen suunta $\theta = 90^\circ$									
	F _{up}		F _{low}		G		H		I	
	c _{pe,10}	c _{pe,1}	c _{pe,10}	c _{pe,1}	c _{pe,10}	c _{pe,1}	c _{pe,10}	c _{pe,1}	c _{pe,10}	c _{pe,1}
5°	-2,1	-2,6	-2,1	-2,4	-1,8	-2,0	-0,6	-1,2	-0,5	
15°	-2,4	-2,9	-1,6	-2,4	-1,9	-2,5	-0,8	-1,2	-0,7	-1,2

Painekertoimet vyöhykkeille ja vyöhykkeiden pintapaineet:

F _{up}	-2,9	→	-1,36 kN/m ²
Flow	-2,7	→	-1,27 kN/m ²
G	-2,3	→	-1,08 kN/m ²
H	-1,21	→	-0,57 kN/m ²
I	-0,75	→	-0,35 kN/m ²

Liite 4. Tuulikuorman määrittäminen IV-konehuone 2

Tuulikuorman määrittäminen: Maastoluokka 3

IV-Konehuoneen mitat

pituus b = 4,9 m

korkeus h = 2,1 m

leveys d = 2,8 m

Tuulen nopeuspaine

qp(z) = 0,47 kN/m²

Painevyöhykkeiden määrittäminen seinille:

Tuulen suunta = 0

e = min(b, 2*h) → e = 4,2 m

tai
4,9 m

e < d → ei

e > d → kyllä

e > 5d → ei

Sivuilla 2 painevyöhykettä

e/5 = 0,84 d - e/5 = 1,96

Vyöhykkeiden pinta-alat:

A 1,76 m² < 10m²

B 4,12 m² < 10m²

D 10,29 m² > 10m²

E 10,29 m² > 10m²

Jos 1m² < A < 10m² interpoloidaan kaavalla: $c_{pe} = c_{pe,1} - (c_{pe,1} - c_{pe,10}) \log_{10} A$

Jos pinta-ala < kuin 1m² käytetään taulukon arvoa C_{pe1}

Jos pinta-ala > kuin 10m² käytetään taulukon arvoa C_{pe10}

h / d = 0,75 Käytetään viereisen taulukon riviä "1"

z (m)	Maastoluokka				
	0	I	II	III	IV
0	0,66	0,42	0,39	0,35	0,32
1	0,66	0,42	0,39	0,35	0,32
2	0,78	0,52	0,39	0,35	0,32
5	0,96	0,65	0,53	0,35	0,32
8	1,05	0,73	0,61	0,43	0,32
10	1,09	0,76	0,65	0,47	0,32
15	1,18	0,83	0,72	0,55	0,40
20	1,24	0,88	0,77	0,60	0,45
25	1,29	0,92	0,82	0,65	0,50
30	1,33	0,95	0,85	0,68	0,54
35	1,37	0,98	0,88	0,72	0,57
40	1,40	1,01	0,91	0,74	0,60

Vyöhyke	A		B		C		D		E	
	C _{pe,10}	C _{pe,1}	C _{pe,10}	C _{pe,1}	C _{pe,10}	C _{pe,1}	C _{pe,10}	C _{pe,1}	C _{pe,10}	C _{pe,1}
h/d										
5	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,7	
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,5	
≤ 0,25	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,7	+1,0	-0,3	

Sisäpuolinen paine otetaan huomioon lisäämällä vaarallisemman vaikutuksen tuottava arvo:

0,2 tai -0,3

Painekertoimet vyöhykkeille ja vyöhykkeiden pintapaineet:

A -1,65 → -0,78 kN/m²

B -1,22 → -0,57 kN/m²

D 1 → 0,47 kN/m²

E -0,8 → -0,38 kN/m²

Tuulen suunta= 90

Painevyöhykkeiden määrittäminen seinille:

$$e = \min(d, 2 \cdot h) \rightarrow e = 4,2 \text{ m}$$

tai

$$2,8 \text{ m}$$

$$e < b \rightarrow \text{kyllä}$$

$$e > b \rightarrow \text{ei}$$

$$e > 5b \rightarrow \text{ei}$$

Sivuilla 3 painevyöhykettä

$$e/5 = 0,56 \quad 4/5e = 2,24 \quad b-e = 2,1$$

Vyöhykkeiden pinta-alat:

A	1,18 m ²	<	10m ²
B	4,70 m ²	<	10m ²
C	4,41 m ²	<	10m ²
D	5,88 m ²	<	10m ²
E	5,88 m ²	<	10m ²

$$h / b = 0,43 \text{ Käytetään viereisen taulukon riviä } \sim 1^\circ$$

Vyöhyke	A		B		C		D		E	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,7	
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,5	
$\leq 0,25$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,7	+1,0	-0,3	

Painekertoimet vyöhykkeille ja vyöhykkeiden pintapaineet:

A	-1,69	→	-0,79 kN/m ²
B	-1,20	→	-0,56 kN/m ²
C	-0,62	→	-0,29 kN/m ²
D	0,58	→	0,27 kN/m ²
E	-0,68	→	-0,32 kN/m ²

Katon tuulikuorma:

Tuulen suunta= 0

Katon kaltevuus n. 5 astetta

$$e = \min(b, 2 \cdot h) \rightarrow e = 4,2 \text{ m}$$

tai

$$4,9 \text{ m}$$

Vyöhykkeiden pinta-alat:

e/4 =	1,05	e/10 =	0,42
F	0,44 m ²	<	1m ²

G	0,88 m ²	<	1m ²
H	18,52 m ²	>	10m ²

Käytetään painekertoimena viereisen taulukon arvoa 5 astel

**Painekertoimet vyöhykkeille ja vyöhykkeiden pintapaineet:
negatiiviset arvot:**

F	-2,8	→	-1,32 kN/m ²
G	-2,3	→	-1,08 kN/m ²
H	-0,9	→	-0,42 kN/m ²

positiiviset arvot:

F	0	→	0 kN/m ²
G	0	→	0 kN/m ²
H	0	→	0 kN/m ²

Tuulen suunta= 180

Katon kaltevuus n. 5 astetta

$$e = \min(b, 2 \cdot h) \rightarrow e = \begin{matrix} 4,2 \text{ m} \\ \text{tai} \\ 4,9 \text{ m} \end{matrix}$$

Vyöhykkeiden pinta-alat:

$e/4 =$	$1,05 e/10 =$	0,42
F	0,44 m ²	< 1m ²
G	0,88 m ²	< 1m ²
H	18,52 m ²	> 10m ²

Käytetään painekertoimena viereisen taulukon arvoa 5 astel

Painekertoimet vyöhykkeille ja vyöhykkeiden pintapaineet:

F	-2,8	→	-1,32 kN/m ²
G	-2,3	→	-1,08 kN/m ²
H	-1,1	→	-0,52 kN/m ²

Tuulen suunta= 90

Katon kaltevuus n. 5 astetta

Kaltevuus- kulma α	Vyöhyke, kun tuulen suunta $\theta = 0^\circ$						Vyöhyke, kun tuulen suunta $\theta = 180^\circ$					
	F		G		H		F		G		H	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5°	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2	-2,3	-2,5	-1,3	-2,0	-0,8	-1,2
	+0,0		+0,0		+0,0							
15°	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3		-2,5	-2,8	-1,3	-2,0	-0,9	-1,2
	+0,2		+0,2		+0,2							

Kaltevuus- kulma α	Vyöhyke, kun tuulen suunta $\theta = 0^\circ$						Vyöhyke, kun tuulen suunta $\theta = 180^\circ$					
	F		G		H		F		G		H	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5°	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2	-2,3	-2,5	-1,3	-2,0	-0,8	-1,2
	+0,0		+0,0		+0,0							
15°	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3		-2,5	-2,8	-1,3	-2,0	-0,9	-1,2
	+0,2		+0,2		+0,2							

$$e = \min(d, 2 \cdot h) \rightarrow e = \begin{matrix} 4,2 \text{ m} \\ \text{tai} \\ 2,8 \text{ m} \end{matrix}$$

Vyöhykkeiden pinta-alat:

$$e/4 = 0,7 \text{ e}/10 = 0,28 \text{ e}/2 = 1,4$$

F _{up}	0,20 m ²	<	1m ²
Flow	0,20 m ²	<	1m ²
G	0,39 m ²	<	1m ²
H	3,33 m ²	<	10m ²
I	9,8 m ²	<	10m ²

Käytetään painekertoimena viereisen taulukon arvoa 5 astetta

Painekertoimet vyöhykkeille ja vyöhykkeiden pintapaineet:

F _{up}	-2,9	→	-1,36 kN/m ²
Flow	-2,7	→	-1,27 kN/m ²
G	-2,3	→	-1,08 kN/m ²
H	-1,19	→	-0,56 kN/m ²
I	-0,80	→	-0,37 kN/m ²

Kaltevuus-kulma α	Vyöhyke, kun tuulen suunta θ = 90°									
	F _{up}		F _{low}		G		H		I	
	c _{pe,10}	c _{pe,1}	c _{pe,10}	c _{pe,1}	c _{pe,10}	c _{pe,1}	c _{pe,10}	c _{pe,1}	c _{pe,10}	c _{pe,1}
5°	-2,1	-2,6	-2,1	-2,4	-1,8	-2,0	-0,6	-1,2	-0,5	
15°	-2,4	-2,9	-1,6	-2,4	-1,9	-2,5	-0,8	-1,2	-0,7	-1,2

Tuulikuorman määrittäminen: Maastoluokka 3
 IV-Konehuoneen mitat

pituus b = 7,2 m
korkeus h = 1,4 m
leveys d = 2,7 m

Tuulen nopeuspaine
qp(z) = 0,47 kN/m²

Painevyöhykkeiden määrittäminen seinille:

Tuulen suunta = 0
e = min(b, 2*h) → e = 2,8 m

z (m)	Maastoluokka				
	0	I	II	III	IV
0	0,66	0,42	0,39	0,35	0,32
1	0,66	0,42	0,39	0,35	0,32
2	0,78	0,52	0,39	0,35	0,32
5	0,96	0,65	0,53	0,35	0,32
8	1,05	0,73	0,61	0,43	0,32
10	1,09	0,76	0,65	0,47	0,32
15	1,18	0,83	0,72	0,55	0,40
20	1,24	0,88	0,77	0,60	0,45
25	1,29	0,92	0,82	0,65	0,50
30	1,33	0,95	0,85	0,68	0,54
35	1,37	0,98	0,88	0,72	0,57
40	1,40	1,01	0,91	0,74	0,60

2,8 m

tai
 7,2 m

e < d → ei
e > d → kyllä
e > 5d → ei

Sivuilla 2 painevyöhykettä

e/5 = 0,56 **d - e/5 =** 2,14

Vyöhykkeiden pinta-alat:

A 0,78 m² < 1m²
 B 3,00 m² < 10m²
 D 10,08 m² > 10m²
 E 10,08 m² > 10m²

Jos 1m² < A < 10m² interpoloidaan kaavalla: $C_{pe} = C_{pe,1} - (C_{pe,1} - C_{pe,10}) \log_{10} A$

Jos pinta-ala < kuin 1m² käytetään taulukon arvoa C_{pe1}

Jos pinta-ala > kuin 10m² käytetään taulukon arvoa C_{pe10}

h / d = 0,52 Käytetään viereisen taulukon riviä "1"

Vyöhyke	A		B		C		D		E	
	C _{pe,10}	C _{pe,1}	C _{pe,10}	C _{pe,1}	C _{pe,10}	C _{pe,1}	C _{pe,10}	C _{pe,1}	C _{pe,10}	C _{pe,1}
h/d										
5	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,7	
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,5	
≤ 0,25	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,7	+1,0	-0,3	

Sisäpuolinen paine otetaan huomioon lisäämällä vaarallisemman vaikutuksen tuottava arvo:

0,2 tai -0,3

Painekertoimet vyöhykkeille ja vyöhykkeiden pintapaineet:

A -1,7 → -0,80 kN/m²
 B -1,26 → -0,59 kN/m²
 D 1 → 0,47 kN/m²
 E -0,8 → -0,38 kN/m²

Tuulen suunta= 90

Painevyöhykkeiden määrittäminen seinille:

$$e = \min(d, 2 \cdot h) \rightarrow e = 2,8 \text{ m}$$

tai

$$2,7 \text{ m}$$

$$e < b \rightarrow \text{kyllä}$$

$$e > b \rightarrow \text{ei}$$

$$e > 5b \rightarrow \text{ei}$$

Sivuilla 3 painevyöhykettä

$$e/5 = 0,54 \quad 4/5e = 2,16 \quad b-e = 4,5$$

Vyöhykkeiden pinta-alat:

A	0,76 m ²	<	1m ²
B	3,02 m ²	<	10m ²
C	6,3 m ²	<	10m ²
D	3,78 m ²	<	10m ²
E	3,78 m ²	<	10m ²

$$h / b = 0,19 \text{ Käytetään viereisen taulukon riviä } \leq 0,25$$

Vyöhyke	A		B		C		D		E	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,7	
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,5	
$\leq 0,25$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,7	+1,0	-0,3	

Painekertoimet vyöhykkeille ja vyöhykkeiden pintapaineet:

A	-1,7	→	-0,80 kN/m ²
B	-1,26	→	-0,59 kN/m ²
C	-0,70	→	-0,33 kN/m ²
D	1,03	→	0,48 kN/m ²
E	-0,47	→	-0,22 kN/m ²

Katon tuulikuorma:

Tuulen suunta= 0

Katon kaltevuus n. 6 astetta

$$e = \min(b, 2 \cdot h) \rightarrow e = 2,8 \text{ m}$$

tai

$$7,2 \text{ m}$$

Vyöhykkeiden pinta-alat:

F	0,20 m ²	<	1m ²
---	---------------------	---	-----------------

G	0,39 m ²	<	1m ²
H	8,06 m ²	<	10m ²
I	8,06 m ²	<	10m ²
J	2,02 m ²	<	10m ²

Käytetään painekertoimena viereisen taulukon arvoa 5 astetta

Painekertoimet vyöhykkeille ja vyöhykkeiden pintapaineet:

F	-2,8	→	-1,32 kN/m ²
G	-2,3	→	-1,08 kN/m ²
H	-0,96	→	-0,45 kN/m ²
I	-0,84	→	-0,40 kN/m ²
J	-0,48	→	-0,23 kN/m ²

Kaltevuuskulma α	Vyöhyke, kun tuulen suunta $\theta = 0^\circ$									
	F		G		H		I		J	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
-45°	-0,6		-0,6		-0,8		-0,7		-1,0	-1,5
-30°	-1,1	-2,0	-0,8	-1,5	-0,8		-0,6		-0,8	-1,4
-15°	-2,5	-2,8	-1,3	-2,0	-0,9	-1,2	-0,5		-0,7	-1,2
-5°	-2,3	-2,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,2	+0,2		+0,2	
							-0,6		-0,6	
5°	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2	-0,6		+0,2	
	+0,0		+0,0		+0,0				-0,6	

Tuulen suunta= 90

Katon kaltevuus n. 6 astetta

$$e = \min(d, 2 \cdot h) \rightarrow e = \begin{matrix} 2,8 \text{ m} \\ \text{tai} \\ 2,7 \text{ m} \end{matrix}$$

Vyöhykkeiden pinta-alat:

$e/4 =$	0,675	$e/10 =$	0,27	$e/2 =$	1,35
F	0,18 m ²	<	1m ²		
G	0,36 m ²	<	1m ²		
H	2,92 m ²	<	10m ²		
I	15,80 m ²	>	10m ²		

Käytetään painekertoimena viereisen taulukon arvoa 5 astetta

Painekertoimet vyöhykkeille ja vyöhykkeiden pintapaineet:

F	-2,5	→	-1,18 kN/m ²
G	-2,3	→	-1,08 kN/m ²
H	-1,27	→	-0,60 kN/m ²
I	-0,8	→	-0,38 kN/m ²

Kaltevuuskulma α	Vyöhyke, kun tuulen suunta $\theta = 90^\circ$							
	F		G		H		I	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
-45°	-1,4	-2,0	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2
-30°	-1,5	-2,1	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2
-15°	-1,9	-2,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,2	-0,8	-1,2
-5°	-1,8	-2,5	-1,2	-2,0	-0,7	-1,2	-0,6	-1,2
5°	-1,6	-2,2	-1,3	-2,0	-0,7	-1,2	-0,6	

Tuulikuorman määrittäminen: Maastoluokka 3
 IV-Konehuoneen mitat

pituus b = 5 m
korkeus h = 2,6 m
leveys d = 3,6 m

Tuulen nopeuspaine
qp(z) = 0,47 kN/m²

z (m)	Maastoluokka				
	0	I	II	III	IV
0	0,66	0,42	0,39	0,35	0,32
1	0,66	0,42	0,39	0,35	0,32
2	0,78	0,52	0,39	0,35	0,32
5	0,96	0,65	0,53	0,35	0,32
8	1,05	0,73	0,61	0,43	0,32
10	1,09	0,76	0,65	0,47	0,32
15	1,18	0,83	0,72	0,55	0,40
20	1,24	0,88	0,77	0,60	0,45
25	1,29	0,92	0,82	0,65	0,50
30	1,33	0,95	0,85	0,68	0,54
35	1,37	0,98	0,88	0,72	0,57
40	1,40	1,01	0,91	0,74	0,60

Painevyöhykkeiden määrittäminen seinille:

Tuulen suunta= 0
 e=min(b, 2*h) → e= 5,2 m
 tai
 5 m

e < d → ei
 e > d → kyllä
 e > 5d → ei
 Sivulla 2 painevyöhykettä

e/5 = 1 d - e/5 = 2,6

Vyöhykkeiden pinta-alat:

A 2,6 m² < 10m²
 B 6,76 m² < 10m²
 D 13 m² > 10m²
 E 13 m² > 10m²

Jos 1m² < A < 10m² interpoloidaan kaavalla: $C_{pe} = C_{pe,1} - (C_{pe,1} - C_{pe,10}) \log_{10} A$

Jos pinta-ala < kuin 1m² käytetään taulukon arvoa C_{pe1}

Jos pinta-ala > kuin 10m² käytetään taulukon arvoa C_{pe10}

h / d = 0,72 Käytetään viereisen taulukon riviä "1"

Vyöhyke	A		B		C		D		E	
	C _{pe,10}	C _{pe,1}	C _{pe,10}	C _{pe,1}	C _{pe,10}	C _{pe,1}	C _{pe,10}	C _{pe,1}	C _{pe,10}	C _{pe,1}
h/d										
5	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,7	
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,5	
≤0,25	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,7	+1,0	-0,3	

Sisäpuolinen paine otetaan huomioon lisäämällä vaarallisemman vaikutuksen tuottava arvo:

0,2 tai -0,3

Painekertoimet vyöhykkeille ja vyöhykkeiden pintapaineet:

A -1,62 → -0,76 kN/m²
 B -1,15 → -0,54 kN/m²
 D 1 → 0,47 kN/m²
 E -0,8 → -0,38 kN/m²

Tuulen suunta= 90

Painevyöhykkeiden määrittäminen seinille:

$e = \min(d, 2 \cdot h) \rightarrow e = 5,2 \text{ m}$
 tai
 $3,6 \text{ m}$
 $e < b \rightarrow$ kyllä
 $e > b \rightarrow$ ei
 $e > 5b \rightarrow$ ei
 Sivulla 3 painevyöhykettä

$e/5 = 0,72$ $4/5e = 2,88$ $b-e = 1,4$

Vyöhykkeiden pinta-alat:

A 1,87 m² < 10m²
 B 7,49 m² < 10m²
 C 3,64 m² < 10m²
 D 9,36 m² < 10m²
 E 9,36 m² < 10m²

$h/b = 0,52$ Käytetään viereisen taulukon riviä "1"

Vyöhyke	A		B		C		D		E	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,7	
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,5	
$\leq 0,25$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,7	+1,0	-0,3	

Painekertoimet vyöhykkeille ja vyöhykkeiden pintapaineet:

A -1,65 \rightarrow -0,77 kN/m²
 B -1,14 \rightarrow -0,53 kN/m²
 C -0,58 \rightarrow -0,27 kN/m²
 D 0,95 \rightarrow 0,45 kN/m²
 E -0,79 \rightarrow -0,37 kN/m²

Katon tuulikuorma:

Tuulen suunta= 0

Katon kaltevuus n. 6 astetta

$e = \min(b, 2 \cdot h) \rightarrow e = 5,2 \text{ m}$
 tai
 5 m

Vyöhykkeiden pinta-alat:

$e/4 = 1,25$ $e/10 = 0,5$
 F 0,63 m² < 1m²

G	1,25 m ²	<	10m ²
H	23,4 m ²	>	10m ²

Käytetään painekertoimena viereisen taulukon arvoa 5 astetta

**Painekertoimet vyöhykkeille ja vyöhykkeiden pintapaineet:
negatiiviset arvot:**

F	-2,8	→	-1,32 kN/m ²
G	-2,22	→	-1,04 kN/m ²
H	-0,9	→	-0,42 kN/m ²

positiiviset arvot:

F	0	→	0 kN/m ²
G	0	→	0 kN/m ²
H	0	→	0 kN/m ²

Tuulen suunta= 180

Katon kaltevuus n. 6 astetta

$$e = \min(b, 2 \cdot h) \rightarrow e = \begin{matrix} 5,2 \text{ m} \\ \text{tai} \\ 5 \text{ m} \end{matrix}$$

Vyöhykkeiden pinta-alat:

e/4 =	1,25 e/10 =	<	0,5
F	0,63 m ²	<	1m ²
G	1,25 m ²	<	10m ²
H	23,4 m ²	>	10m ²

Käytetään painekertoimena viereisen taulukon arvoa 5 astetta

Painekertoimet vyöhykkeille ja vyöhykkeiden pintapaineet:

F	-2,8	→	-1,32 kN/m ²
G	-2,22	→	-1,04 kN/m ²
H	-1,1	→	-0,52 kN/m ²

Tuulen suunta= 90

Katon kaltevuus n. 6 astetta

Kaltevuuskulma α	Vyöhyke, kun tuulen suunta $\theta = 0^\circ$						Vyöhyke, kun tuulen suunta $\theta = 180^\circ$					
	F		G		H		F		G		H	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5°	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2	-2,3	-2,5	-1,3	-2,0	-0,8	-1,2
	+0,0		+0,0		+0,0							
15°	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3		-2,5	-2,8	-1,3	-2,0	-0,9	-1,2
	+0,2		+0,2		+0,2							

Kaltevuuskulma α	Vyöhyke, kun tuulen suunta $\theta = 0^\circ$						Vyöhyke, kun tuulen suunta $\theta = 180^\circ$					
	F		G		H		F		G		H	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5°	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2	-2,3	-2,5	-1,3	-2,0	-0,8	-1,2
	+0,0		+0,0		+0,0							
15°	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3		-2,5	-2,8	-1,3	-2,0	-0,9	-1,2
	+0,2		+0,2		+0,2							

$$e = \min(d, 2 \cdot h) \rightarrow e = \begin{matrix} 5,2 \text{ m} \\ \text{tai} \\ 3,6 \text{ m} \end{matrix}$$

Vyöhykkeiden pinta-alat:

$e/4 =$	0,9	$e/10 =$	0,36	$e/2 =$	1,8
F _{up}	0,32 m ²	<	1m ²		
Flow	0,32 m ²	<	1m ²		
G	0,65 m ²	<	1m ²		
H	5,51 m ²	<	10m ²		
I	11,52 m ²	>	10m ²		

Käytetään painekertoimena viereisen taulukon arvoa 5 astetta

Painekertoimet vyöhykkeille ja vyöhykkeiden pintapaineet:

F _{up}	-2,9	→	-1,36 kN/m ²
Flow	-2,7	→	-1,27 kN/m ²
G	-2,3	→	-1,08 kN/m ²
H	-1,06	→	-0,50 kN/m ²
I	-0,8	→	-0,38 kN/m ²

Kaltevuus-kulma α	Vyöhyke, kun tuulen suunta $\theta = 90^\circ$									
	F _{up}		F _{low}		G		H		I	
	c _{pe,10}	c _{pe,1}	c _{pe,10}	c _{pe,1}	c _{pe,10}	c _{pe,1}	c _{pe,10}	c _{pe,1}	c _{pe,10}	c _{pe,1}
5°	-2,1	-2,6	-2,1	-2,4	-1,8	-2,0	-0,6	-1,2	-0,5	
15°	-2,4	-2,9	-1,6	-2,4	-1,9	-2,5	-0,8	-1,2	-0,7	-1,2

Tuulikuorman määrittäminen: Maastoluokka 3
 IV-Konehuoneen mitat

pituus b = 10,5 m
korkeus h = 2,6 m
leveys d = 3,9 m

Tuulen nopeuspaine
qp(z) = 0,47 kN/m²

z (m)	Maastoluokka				
	0	I	II	III	IV
0	0,66	0,42	0,39	0,35	0,32
1	0,66	0,42	0,39	0,35	0,32
2	0,78	0,52	0,39	0,35	0,32
5	0,96	0,65	0,53	0,35	0,32
8	1,05	0,73	0,61	0,43	0,32
10	1,09	0,76	0,65	0,47	0,32
15	1,18	0,83	0,72	0,55	0,40
20	1,24	0,88	0,77	0,60	0,45
25	1,29	0,92	0,82	0,65	0,50
30	1,33	0,95	0,85	0,68	0,54
35	1,37	0,98	0,88	0,72	0,57
40	1,40	1,01	0,91	0,74	0,60

Painevyöhykkeiden määrittäminen seinille:

Tuulen suunta= 0
 e = min(b, 2*h) → e = 5,2 m
 tai
 10,5 m

e < d → ei
 e > d → kyllä
 e > 5d → ei
 Sivulla 2 painevyöhykettä

e/5 = 1,04 d - e/5 = 2,86

Vyöhykkeiden pinta-alat:

A 2,70 m² < 10m²
 B 7,44 m² < 10m²
 D 27,3 m² > 10m²
 E 27,3 m² > 10m²

Jos 1m² < A < 10m² interpoloidaan kaavalla: $c_{pe} = c_{pe,1} - (c_{pe,1} - c_{pe,10}) \log_{10} A$

Jos pinta-ala < kuin 1m² käytetään taulukon arvoa Cpe1

Jos pinta-ala > kuin 10m² käytetään taulukon arvoa Cpe10

h / d = 0,67 Käytetään viereisen taulukon riviä "1"

Vyöhyke	A		B		C		D		E		
	h/d	C _{pe,10}	C _{pe,1}	C _{pe,10}	C _{pe,1}	C _{pe,10}	C _{pe,1}	C _{pe,10}	C _{pe,1}	C _{pe,10}	C _{pe,1}
5		-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,7	
1		-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,5	
≤ 0,25		-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,7	+1,0	-0,3	

Sisäpuolinen paine otetaan huomioon lisäämällä vaarallisemman vaikutuksen tuottava arvo:

0,2 tai -0,3

Painekertoimet vyöhykkeille ja vyöhykkeiden pintapaineet:

A -1,61 → -0,76 kN/m²
 B -1,14 → -0,54 kN/m²
 D 1 → 0,47 kN/m²
 E -0,8 → -0,38 kN/m²

Tuulen suunta= 90
Painevyöhykkeiden määrittäminen seinille:

$e = \min(d, 2 \cdot h) \rightarrow e = 5,2 \text{ m}$
tai
 $3,9 \text{ m}$
 $e < b \rightarrow$ kyllä
 $e > b \rightarrow$ ei
 $e > 5b \rightarrow$ ei
Sivuilla 3 painevyöhykettä

$e/5 = 0,78$ $4/5e = 3,12$ $b-e = 6,6$

Vyöhykkeiden pinta-alat:

A 2,03 m² < 10m²
B 8,11 m² < 10m²
C 17,16 m² > 10m²
D 10,14 m² > 10m²
E 10,14 m² > 10m²

$h / b = 0,25$ Käytetään viereisen taulukon riviä "0,25"

Vyöhyke	A		B		C		D		E	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,7	
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,5	
$\leq 0,25$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,7	+1,0	-0,3	

Painekertoimet vyöhykkeille ja vyöhykkeiden pintapaineet:

A -1,64 \rightarrow -0,77 kN/m²
B -1,13 \rightarrow -0,53 kN/m²
C -0,8 \rightarrow -0,38 kN/m²
D 0,9 \rightarrow 0,42 kN/m²
E -0,6 \rightarrow -0,28 kN/m²

Katon tuulikuorma:

Tuulen suunta= 0

Katon kaltevuus n. 12,5 astetta

$e = \min(b, 2 \cdot h) \rightarrow e = 5,2 \text{ m}$
tai
 $10,5 \text{ m}$

Vyöhykkeiden pinta-alat:

$e/4 = 1,3$ $e/10 = 0,52$
F 0,68 m² < 1m²

G	1,35 m ²	<	10m ²
H	49,14 m ²	>	10m ²

Käytetään painekertoimena viereisen taulukon arvoja 15 astetta

**Painekertoimet vyöhykkeille ja vyöhykkeiden pintapaineet:
negatiiviset arvot:**

F	-2,3	→	-1,08 kN/m ²
G	-1,71	→	-0,80 kN/m ²
H	-0,6	→	-0,28 kN/m ²

positiiviset arvot:

F	0,4	→	0,19 kN/m ²
G	0,4	→	0,19 kN/m ²
H	0,4	→	0,19 kN/m ²

Tuulen suunta= 180

Katon kaltevuus n. 12,5 astetta

$$e = \min(b, 2 \cdot h) \rightarrow e = \begin{matrix} 5,2 \text{ m} \\ \text{tai} \\ 10,5 \text{ m} \end{matrix}$$

Vyöhykkeiden pinta-alat:

$e/4 =$	$1,3 e/10 =$	$0,52$
F	0,68 m ²	< 1m ²
G	1,35 m ²	< 10m ²
H	49,14 m ²	> 10m ²

Käytetään painekertoimena viereisen taulukon arvoja 15 astetta

Painekertoimet vyöhykkeille ja vyöhykkeiden pintapaineet:

F	-3,1	→	-1,46 kN/m ²
G	-1,71	→	-0,80 kN/m ²
H	-1,2	→	-0,56 kN/m ²

Tuulen suunta= 90

Katon kaltevuus n. 12,5 astetta

Kaltevuus- kulma α	Vyöhyke, kun tuulen suunta $\theta = 0^\circ$						Vyöhyke, kun tuulen suunta $\theta = 180^\circ$					
	F		G		H		F		G		H	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5°	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2	-2,3	-2,5	-1,3	-2,0	-0,8	-1,2
	+0,0		+0,0		+0,0							
15°	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3		-2,5	-2,8	-1,3	-2,0	-0,9	-1,2
	+0,2		+0,2		+0,2							

Kaltevuus- kulma α	Vyöhyke, kun tuulen suunta $\theta = 0^\circ$						Vyöhyke, kun tuulen suunta $\theta = 180^\circ$					
	F		G		H		F		G		H	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5°	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2	-2,3	-2,5	-1,3	-2,0	-0,8	-1,2
	+0,0		+0,0		+0,0							
15°	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3		-2,5	-2,8	-1,3	-2,0	-0,9	-1,2
	+0,2		+0,2		+0,2							

$$e = \min(d, 2 \cdot h) \rightarrow e = \begin{matrix} 5,2 \text{ m} \\ \text{tai} \\ 3,9 \text{ m} \end{matrix}$$

Vyöhykkeiden pinta-alat:

$e/4 =$	$0,975 \cdot e/10 =$	$0,39 \cdot e/2 =$
F _{up}	0,38 m ²	< 1m ²
Flow	0,38 m ²	< 1m ²
G	0,76 m ²	< 1m ²
H	6,46 m ²	< 10m ²
I	33,35 m ²	> 10m ²

Käytetään painekertoimena viereisen taulukon arvoa 15 astetta

Painekertoimet vyöhykkeille ja vyöhykkeiden pintapaineet:

F _{up}	-3,2	→	-1,50 kN/m ²
Flow	-2,7	→	-1,27 kN/m ²
G	-2,8	→	-1,32 kN/m ²
H	-1,18	→	-0,55 kN/m ²
I	-1	→	-0,47 kN/m ²

1,95

Kaltevuus-kulma α	Vyöhyke, kun tuulen suunta $\theta = 90^\circ$									
	F _{up}		F _{low}		G		H		I	
	c _{pe,10}	c _{pe,1}	c _{pe,10}	c _{pe,1}	c _{pe,10}	c _{pe,1}	c _{pe,10}	c _{pe,1}	c _{pe,10}	c _{pe,1}
5°	-2,1	-2,6	-2,1	-2,4	-1,8	-2,0	-0,6	-1,2	-0,5	
15°	-2,4	-2,9	-1,6	-2,4	-1,9	-2,5	-0,8	-1,2	-0,7	-1,2

Liite 8. Pilarin mitoitus IV-konehuone 1

100x100x5

L= 2330 Kuormayhdistelyt laskettu Robot Structural Analysis ohjelmalla

h=b = 100 mm
 t= 5 mm
 r_o= 10 mm
 A= 1838 mm²
 f_y= 355 N/mm²
 γ_{m0}= 1
 ε= 0,81
 E= 210000 N
 k= 1
 c= 80
 W_{pl} 64590 mm³
 i_y= 38,4 mm

Robot Structural Analysis -ohjelmasta:

Ned = 15,85
 Med = 5,36
 Ved = 3,7

Puristetut taso-osat:
 σ/t = 16 < 26,73 → PL1
 Taivutetut taso-osat:
 σ/t = 16 < 58,32 → PL1

Puristuskestävyys:

ehto Ned < N_{c,Rd}
 N_{c,Rd} = 651,78 kN
 15,85 < 651,78 Käyttöaste: 2,43 %

Taivutuskestävyys:

ehto Med < M_{c,Rd}
 M_{c,Rd} = 22,93 kNm
 5,36 < 22,93 Käyttöaste: 23,38 %

Leikkauskestävyys:

ehto Ved < V_{c,Rd}
 A_v = 918 mm²
 V_{c,Rd} = 188,15 kN
 3,7 < 188,15 Käyttöaste: 1,97 %

Taivutuksen ja leikkauksen yhteisvaikutus:

ehto Ved < 0,5 * V_{c,Rd}
 3,7 < 94,08

Leikkausvoima pienempi kuin puolet leikkauskestävyydestä, joten ei tarvitse huomioida

Nurjahdustarkastelu:

ehto Ned/N_{b,Rd} < 1,0
 L_{cr} = 2330
 λ₁ = 78,4
 λ = 0,17
 α = 0,49 Nurjahduskäyrä c
 Φ = 0,51
 X = 1,01
 N_{b,Rd} = 661,49 kN
 0,024 < 1 Käyttöaste: 2,40 %

Liite 9. Pilarin mitoitus IV-konehuone 2

100x100x5		Kuormayhdistelyt laskettu Robot Structural Analysis ohjelmalla			
L=	2290				
h=b=	100 mm				
t=	5 mm				
ro=	10 mm	Robot Structural Analysis -ohjelmasta:			
A=	1838 mm ²	Ned =	18,35		
fy=	355 N/mm ²	Med =	6,48		
ymo1=	1	Ved=	4,44		
ε=	0,81				
E=	210000 N				
k=	1				
c=	80				
Wpl	64580 mm ³				
iy=	38,4 mm				
Puristetut taso-osat:					
c/t =	16	<	26,73	→	PL1
Taivutetut taso-osat:					
c/t =	16	<	58,32	→	PL1
Puristuskestävyys:					
ehto	Ned < Nc,Rd				
Nc,Rd =	651,78 kN				
18,35	<	651,78	Käyttöaste:	2,82 %	
Taivutuskestävyys:					
ehto	Med < Mc,Rd				
Mc,Rd =	22,93 kNm				
6,48	<	22,93	Käyttöaste:	28,26 %	
Leikkauskestävyys:					
ehto	Ved < Vc,Rd				
Av=	918 mm ²				
Vc,Rd=	188,15 kN				
4,44	<	188,15	Käyttöaste:	2,36 %	
Taivutuksen ja leikkauksen yhteisvaikutus:					
ehto	Ved < 0,5*Vc,Rd				
4,44	<	94,08			
Leikkausvoima pienempi kuin puolet leikkauskestävyydestä, joten ei tarvitse huomioida					
Nurjahdustarkastelu:					
ehto	Ned/Nb,Rd < 1,0				
Lcr=	2290				
λ1=	76,4				
λ=	0,17				
α=	0,49	Nurjahduskäyrä c			
Φ =	0,51				
X=	1,02				
Nb,Rd =	662,48 kN				
0,028	<	1	Käyttöaste:	2,77 %	

Liite 10. Pilarin mitoitus IV-konehuone 3

100x100x5

L= 2680 Kuormayhdistelyt laskettu Robot Structural Analysis ohjelmalla

h=b= 100 mm

t= 5 mm

r_o= 10 mm

A= 1836 mm²

f_y= 355 N/mm²

y_{mo1}= 1

ε= 0,81

E= 210000 N

k= 1

c= 80

W_{pl} 64590 mm³

i_y= 38,4 mm

Puristetut taso-osat

c/t = 16 < 28,73 → PL1

Taivutetut taso-osat:

c/t = 16 < 58,32 → PL1

Puristuskestävyys:

ehto Ned < N_{c,Rd}

N_{c,Rd} = 651,78 kN

19,54 < 651,78 Käyttöaste: 3,00 %

Taivutuskestävyys:

ehto Med < M_{c,Rd}

M_{c,Rd} = 22,93 kNm

4,84 < 22,93 Käyttöaste: 21,11 %

Leikkauskestävyys:

ehto Ved < V_{c,Rd}

A_v= 918 mm²

V_{c,Rd}= 188,15 kN

4,03 < 188,15 Käyttöaste: 2,14 %

Taivutuksen ja leikkauksen yhteisvaikutus:

ehto Ved < 0,5·V_{c,Rd}

4,03 < 94,08

Leikkausvoima pienempi kuin puolet leikkauskestävyydestä, joten ei tarvitse huomioida

Nurjahdustarkastelu:

ehto Ned/N_{b,Rd} < 1,0

L_{cr}= 2680

λ₁= 78,4

λ= 0,20

α= 0,49 Nurjahduskäyrä c

φ = 0,52

χ= 1,00

N_{b,Rd} = 652,91 kN

0,030 < 1 Käyttöaste: 2,99 %

Liite 11. Pilarin mitoitus IV-konehuone 4

100x100x5 Kuormayhdistelyt laskettu Robot Structural Analysis ohjelmalla

L=	3150			
h=b =	100 mm			
t=	5 mm			
ro=	10 mm			Robot Structural Analysis -ohjelmasta:
A=	1838 mm ²			Ned = 24,95
fy=	355 N/mm ²			Med = 11,98
y _{mo1} =	1			Ved= 5,78
ε=	0,81			
E=	210000 N			
k=	1			
c=	80			
W _{pl}	64590 mm ³			
i _y =	38,4 mm			
Puristetut taso-osat				
c/t =	16	<	26,73 →	PL1
Taivutetut taso-osat:				
c/t =	16	<	58,32 →	PL1

Puristuskestävyys:

ehto	Ned < N _{c,Rd}			
N _{c,Rd} =	651,78 kN			
	24,95	<	651,78	Käyttöaste: 3,83 %

Taivutuskestävyys:

ehto	Med < M _{c,Rd}			
M _{c,Rd} =	22,93 kNm			
	11,98	<	22,93	Käyttöaste: 52,25 %

Leikkauskestävyys:

ehto	Ved < V _{c,Rd}			
A _v =	918 mm ²			
V _{c,Rd} =	188,15 kN			
	5,78	<	188,15	Käyttöaste: 3,07 %

Taivutuksen ja leikkauksen yhteisvaikutus:

ehto	Ved < 0,5*V _{c,Rd}			
	5,78	<	94,08	

Leikkausvoima pienempi kuin puolet leikkauskestävyydestä, joten ei tarvitse huomioida

Nurjahdustarkastelu:

ehto	Ned/N _{b,Rd} < 1,0			
L _{cr} =	3150			
λ ₁ =	76,4			
λ =	0,23			
α =	0,49	Nurjahduskäyrä c		
Φ =	0,53			
χ =	0,98			
N _{b,Rd} =	641,47 kN			
	0,04	<	1	Käyttöaste: 3,89 %

Liite 12. Pilarin mitoitus IV-konehuone 5

100x100x5

L= 3430 Kuormayhdistelyt laskettu Robot Structural Analysis ohjelmalla

h=b= 100 mm

t= 5 mm

ro= 10 mm

A= 1838 mm²

fy= 355 N/mm²

ymo1= 1

ε= 0,81

E= 210000 N

k= 1

o= 80

Wpl 64590 mm³

iy= 38,4 mm

Puristetut taso-osat

c/t = 16 < 26,73 → PL1

Taivutetut taso-osat:

c/t = 16 < 58,32 → PL1

Puristuskestävyys:

ehto Ned < N_{c,Rd}

N_{c,Rd} = 651,78 kN

28,04 < 651,78 Käyttöaste: 4,30 %

Taivutuskestävyys:

ehto Med < M_{c,Rd}

M_{c,Rd} = 22,93 kNm

11,83 < 22,93 Käyttöaste: 51,59 %

Leikkauskestävyys:

ehto Ved < V_{c,Rd}

Av= 918 mm²

V_{c,Rd} = 188,15 kN

4,57 < 188,15 Käyttöaste: 2,43 %

Taivutuksen ja leikkauksen yhteisvaikutus:

ehto Ved < 0,5*V_{c,Rd}

4,57 < 94,08

Leikkausvoima pienempi kuin puolet leikkauskestävyydestä, joten ei tarvitse huomioida

Nurjahdustarkastelu:

ehto Ned/N_{b,Rd} < 1,0

L_{cr} = 3430

λ₁ = 76,4

λ = 0,25

α = 0,49 Nurjahduskäyrä c

Φ = 0,54

χ = 0,97

N_{b,Rd} = 634,67 kN

0,044 < 1 Käyttöaste: 4,42 %

Robot Structural Analysis -ohjelmasta:

Ned = 28,04

Med = 11,83

Ved = 4,57

Liite 13. Palkin mitoitus IV-konehuone 1

100x100x5

h=b =	100 mm
t=	5 mm
ro=	10 mm
A=	1838 mm ²
f _y =	355 N/mm ²
γ _{m0} =	1
ε=	0,81
E=	210000 N
c=	80
W _{pl}	64590 mm ³
i _y =	38,4 mm
λ =	1,2

Kuormayhdistelyt laskettu Robot Structural Analysis ohjelmalla
Robot Structural Analysis -ohjelmasta:

Med =	8,19
Ved=	12,58

Taivutuskestävyys:

ehto	Med < M _{pl,Rd}			
M _{pl,Rd} =	22,93 kNm			
8,19	<	22,93	Käyttöaste:	35,72 %

Leikkauskestävyys:

ehto	Ved < V _{pl,Rd}			
A _v =	918 mm ²			
Leikkauslommahdus: Ei huomioida, jos $h/t < 72 \cdot \epsilon$				
20	<	48,6	→	Ei huomioida!
V _{pl,Rd} =	188,15 kN			
12,58	<	188,15	Käyttöaste:	6,69 %

Taivutuksen ja leikkauksen yhteisvaikutus:

ehto	Ved < 0,5 · V _{c,Rd}	
12,58	<	94,08

Leikkausvoima pienempi kuin puolet leikkauskestävyydestä, joten ei tarvitse huomioida

Kiepahdusta ei tarvitse huomioida, koska neliöprofiili rakenneputki (6.3.2.1)

Liite 14. Palkin mitoitus IV-konehuone 2

100x100x5

h=b =	100 mm
t=	5 mm
ro=	10 mm
A=	1838 mm ²
f _y =	355 N/mm ²
γ _{m0} =	1
ε=	0,81
E=	210000 N
c=	80
W _{pl}	64590 mm ³
i _y =	38,4 mm
λ =	1,2

Kuormayhdistelyt laskettu Robot Structural Analysis ohjelmalla
Robot Structural Analysis -ohjelmasta:

Med =	10,71
Ved =	14,83

Taivutuskestävyys:

ehto Med < M_{pl,Rd}

M_{pl,Rd} = 22,93 kNm

10,71 < 22,93 Käyttöaste: 46,71 %

Leikkauskestävyys:

ehto Ved < V_{pl,Rd}

A_v = 918 mm²

Leikkaukslommahdus: Ei huomioida, jos $h/t < 72 \cdot \epsilon$

20 < 48,6 → Ei huomioida!

V_{pl,Rd} = 188,15 kN

14,83 < 188,15 Käyttöaste: 7,88 %

Taivutuksen ja leikkauksen yhteisvaikutus:

ehto Ved < 0,5 · V_{c,Rd}

14,83 < 94,08

Leikkauvoima pienempi kuin puolet leikkauskestävyydestä, joten ei tarvitse huomioida

Kiepahdusta ei tarvitse huomioida, koska neliöprofiili rakenneputki

Liite 15. Palkin mitoitus IV-konehuone 3

100x100x5

h=b =	100 mm
t=	5 mm
ro=	10 mm
A=	1838 mm ²
f _y =	355 N/mm ²
γ _{m0} =	1
ε=	0,81
E=	210000 N
α=	80
W _{pl}	64590 mm ³
i _y =	38,4 mm
λ =	1,2

Kuormayhdistelyt laskettu Robot Structural Analysis ohjelmalla
Robot Structural Analysis -ohjelmasta:

Med =	8,92
Ved =	16,48

Taivutuskestävyys:

ehto Med < M_{pl,Rd}

M_{pl,Rd} = 22,93 kNm

8,92 < 22,93 Käyttöaste: 38,90 %

Leikkauskestävyys:

ehto Ved < V_{pl,Rd}

A_v = 918 mm²

Leikkauslommahdus: Ei huomioida, jos h/t < 72*ε^{1/4}

20 < 48,6 → Ei huomioida!

V_{pl,Rd} = 188,15 kN

16,48 < 188,15 Käyttöaste: 8,76 %

Taivutuksen ja leikkauksen yhteisvaikutus:

ehto Ved < 0,5*V_{c,Rd}

16,48 < 94,08

Leikkausvoima pienempi kuin puolet leikkauskestävyydestä, joten ei tarvitse huomioida

Kiepahdusta ei tarvitse huomioida, koska neliöprofiili rakenneputki

Liite 16. Palkin mitoitus IV-konehuone 4

100x100x5

h=b =	100 mm
t=	5 mm
ro=	10 mm
A=	1838 mm ²
f _y =	355 N/mm ²
γ _{m01} =	1
ε=	0,81
E=	210000 N
c=	80
W _{pl}	64590 mm ³
i _y =	38,4 mm
λ =	1,2

Kuormayhdistelyt laskettu Robot Structural Analysis ohjelmalla
Robot Structural Analysis -ohjelmasta:

Med =	12,4
Ved=	17,39

Taivutuskestävyys:

ehto Med < M_{pl,Rd}

M_{pl,Rd} = 22,93 kNm

12,4 < 22,93 Käyttöaste: 54,08 %

Leikkauskestävyys:

ehto Ved < V_{pl,Rd}

A_v= 918 mm²

Leikkauslommahdus: Ei huomioida, jos $h/t < 72 \cdot \epsilon$

20 < 48,6 → Ei huomioida!

V_{pl,Rd}= 188,15 kN

17,39 < 188,15 Käyttöaste: 9,24 %

Taivutuksen ja leikkauksen yhteisvaikutus:

ehto Ved < 0,5 · V_{c,Rd}

17,39 < 94,1

Leikkausvoima pienempi kuin puolet leikkauskestävyydestä, joten ei tarvitse huomioida

Kiepahdusta ei tarvitse huomioida, koska neliöprofiili rakenneputki

IPE 200

L= 4600 mm

b= 100

h= 200 mm

tf= 8,5 mm

tw= 5,8

ro= 12 mm

A= 2848 mm²fy= 355 N/mm²

ym0= 1

s= 0,81

E= 210000 N/mm²Wpl= 221000 mm³

iy= 82,6 mm

| = 1,2

hw= 183

C 1= 1

Iz= 1410000

G= 81000 N/mm²

It= 69800

Iw= 1,2988E+10

Laipan poikkileikkausluokka:

c= 35,2 mm

c / tf = 4,14 < 7,29 → PL1

Uuman poikkileikkausluokka:

c= 159 mm

c / tw = 28,39 < 58,32 → PL1

Taivutuskestävyys:

ehto Med < Mpl,Rd

Mpl,Rd = 78,46 kNm

10,67 < 78,46

Käyttöaste: 13,60 %

Leikkauskestävyys:

ehto Ved < Vpl,Rd

Av= 1399,8 mm²

Leikkauslommahdus: Ei huomioida, jos h/t < 72*ε/l

32,68 < 48,6 → Ei huomioida

Vpl,Rd= 286,86 kN

13,8 < 286,86

Käyttöaste: 4,81 %

Taivutuksen ja leikkauksen yhteisvaikutus:

ehto Ved < 0,5*Vc,Rd

13,8 < 143,43

Leikkausvoima pienempi kuin puolet leikkauskestävyydestä, joten ei tarvitse huomioida

Kiepahduskestävyys:

ehto Med/Mb,Rd ≤ 1,0

Jos muunnetun hoikkuuden arvo XLT ≤ 0,2 tai Med/Mcr ≤ 0,04 ei kiepahdustarkastelua tarvitse tehdä

Mcr= 30,91 kNm → 30909425,65

λLT= 1,59 > 0,2

Med / Mcr = 0,35 > 0,04

Kumpikaan ehdoista ei täyty, joten jatketaan tarkastelua

Mb,Rd = χLT*(Wy*fy/ym0)

h/b= 2

→ Valitaan kiepahduskäyrä a 0,21

ΦLT= 1,92

χLT= 0,34

Mb,Rd = 26,34 kNm

0,41 ≤ 1

Käyttöaste: 40,51 %

Kuormayhdistelyt laskettu Robot Structural Analysis ohjelmalla

Robot Structural Analysis -ohjelmasta:

Med = 10,67 kN/m

Ved = 13,8 kN

Poikkileikkaus	Rajat	Kiepahduskäyrä
Valssatut I-profiilit	h/b ≤ 2 h/b > 2	a b
Hitsatut I-profiilit	h/b ≤ 2 h/b > 2	c d
Muut profiilit	-	d

Kiepahduskäyrä	a	b	c	d
Epätarkkuustekijä α _{LT}	0,21	0,34	0,49	0,76

IPE 200

L= 5090 mm
 b= 100 mm
 h= 200 mm
 tf= 8,5 mm
 tw= 5,8 mm
 ro= 12 mm
 A= 2848 mm²
 fy= 355 N/mm²
 ym0= 1
 ε= 0,81
 E= 210000 N/mm²
 Wpl= 221000 mm³
 iy= 82,6 mm
 | = 1,2
 hw= 183 mm
 C1= 1
 Iz= 1410000 mm⁴
 G= 81000 N/mm²
 It= 69800 mm⁴
 lw= 1,2988E+10 mm⁶

Kuormayhdistelyt laskettu Robot Structural Analysis ohjelmalla

Robot Structural Analysis -ohjelmasta:

Med = 9,45 kN/m
 Ved = 13,8 kN

Laipan poikkileikkausluokka:

c= 35,2 mm
 c / tf = 4,14 < 7,29 → PL1

Uuman poikkileikkausluokka:

c= 159 mm
 c / tw = 28,39 < 58,32 → PL1

Taivutuskestävyys:

ehto Med < Mpl,Rd
 Mpl,Rd = 78,46 kNm
 9,45 < 78,46 Käyttöaste: 12,05 %

Leikkauskestävyys:

ehto Ved < Vpl,Rd
 Av= 1399,6 mm²
 Leikkauslommahdus: Ei huomioida, jos h/t < 72*ε/|
 32,68 < 48,6 → Ei huomioida!
 Vpl,Rd= 286,8611 kN
 13,8 < 286,86 Käyttöaste: 4,81 %

Taivutuksen ja leikkauksen yhteisvaikutus:

ehto Ved < 0,5*Vc,Rd
 13,8 < 143,43

Leikkausvoima pienempi kuin puolet leikkauskestävyydestä, joten ei tarvitse huomioida

Kiepahduskestävyys:

ehto Med/Mb,Rd ≤ 1,0
 Jos muunnetun hoikkuuden arvo XLT ≤ 0,2 tai Med/Mcr ≤ 0,04 ei kiepahdustarkastelua tarvitse tehdä
 Mcr= 27,48 kNm → 27460088,2
 ALT= 1,69 > 0,2
 Med / Mcr = 0,34 > 0,04

Kumpikaan ehdoista ei täyty, joten jatketaan tarkastelua
 Mb,Rd = χLT*(Wy*fy/ym0)

h/b= 2
 → Valitaan kiepahduskäyrä a 0,21
 φLT = 2,09
 χLT = 0,30
 Mb,Rd = 23,73 kNm

Poikkileikkaus	Rajat	Kiepahduskäyrä
Vahvat I-profiilit	h/b ≤ 2 h/b > 2	a b
Hätsätyt I-profiilit	h/b ≤ 2 h/b > 2	c d
Muut profiilit	-	d

Kiepahduskäyrä	a	b	c	d
Epätarkkuustekijä α _{LT}	0,21	0,34	0,49	0,76

0,40 ≤ 1 Käyttöaste: 39,82 %

IPE 200

L= 5600 mm
 b= 100 mm
 h= 200 mm
 tf= 8,5 mm
 tw= 5,8 mm
 ro= 12 mm
 A= 2848 mm²
 fy= 355 N/mm²
 ym0= 1
 ε= 0,81
 E= 210000 N/mm²
 Wpl= 221000 mm³
 iy= 82,6 mm
 λ= 1,2
 hw= 183 mm
 C1= 1
 Iz= 1410000 mm⁴
 G= 81000 N/mm²
 It= 69800 mm⁴
 Iw= 1,2988E+10 mm⁴

Kuormayhdistelyt laskettu Robot Structural Analysis ohjelmalla

Robot Structural Analysis -ohjelmasta:

Med = 12,09 kN/m
 Ved = 13,8 kN

Laipan poikkileikkausluokka:

c = 35,2 mm
 c / tf = 4,14 < 7,29 → PL1

Uuman poikkileikkausluokka:

c = 159 mm
 c / tw = 28,39 < 58,32 → PL1

Taivutuskestävyys:

ehto Med < Mpl,Rd
 Mpl,Rd = 78,46 kNm
 12,09 < 78,46 Käyttöaste: 15,41 %

Leikkauskestävyys:

ehto Ved < Vpl,Rd
 Av = 1399,6 mm²
 Leikkauslommahdus: Ei huomioida, jos h/t < 72*ε/λ
 32,68 < 48,6 → Ei huomioida
 Vpl,Rd = 286,8611 kN
 13,8 < 286,86 Käyttöaste: 4,81 %

Taivutuksen ja leikkauksen yhteisvaikutus:

ehto Ved < 0,5*Vc,Rd
 13,8 < 143,43

Leikkausvoima pienempi kuin puolet leikkauskestävyydestä, joten ei tarvitse huomioida

Kiepahduskestävyys:

ehto Med/Mb,Rd ≤ 1,0
 Jos muunnetun hoikkuuden arvo XLT ≤ 0,2 tai Med/Mcr ≤ 0,04 ei kiepahdustarkastelua tarvitse tehdä
 Mcr = 24,62 kNm → 24620415,7

ALT = 1,79 > 0,2
 Med / Mcr = 0,49 > 0,04

Kumpikaan ehdoista ei täyty, joten jatketaan tarkastelua

Mb,Rd = χLT*(W*y*fy/ym0)

h/b = 2

→ Valitaan kiepahduskäyrä a 0,21

ΦLT = 2,28

χLT = 0,27

Mb,Rd = 21,52 kNm

0,56 ≤ 1 Käyttöaste: 56,17 %

Poikkileikkaus	Rajat	Kiepahduskäyrä
Valssatut I-profiilit	h/b ≤ 2 h/b > 2	a b
Hitsatut I-profiilit	h/b ≤ 2 h/b > 2	c d
Muut profiilit	-	d

Kiepahduskäyrä	a	b	c	d
Epätarkkuustekijä α _{LT}	0,21	0,34	0,49	0,76

Liite 18. Liitoksen kestävyys

Pilarin kuormat:			Pilarin mitat:		
Med =	12 kNm	ly =	2711000	b =	100 mm
Ned =	28 kN	Wel,y =	54220	h =	100 mm
Ved =	5,8 kN	A =	1838	t =	5 mm

Levyn mitat				
tp =	30 mm	fy =	355 N/mm ²	
ap =	300 mm	fu =	490 N/mm ²	
bp =	300 mm			
e1 =	50 mm	γM0 =	1	
e2 =	50 mm	γM2 =	1,25	
d =	250 mm	βw =	0,9	

Pohjalevyn mitoitus:

Pohjalevyn paksuus puristuspuolen perusteella:

Betonin lujuus C30/37

fck =	30 N/mm ²	βj =	0,87
γc =	1,5	Ki =	1
αcc =	0,85		

Betonin pintapaineen mitoituslujuus:

fjd =	11,33 N/mm ²
-------	-------------------------

Kantavan pinnan ulottuma:

c =	96,94
-----	-------

Putken sisäpuolisen pohjalevyn alueen tehollisuus:

$2c \geq b-2t$	→	193,88	≥	90
----------------	---	--------	---	----

→ Putken sisään jäävä alue on täysin tehollinen

Putken ulkopuolisen pohjalevyn alueen tehollisuus:

$b+2c \geq bp$	→	293,88	≥	300
$h+2c \geq ap$	→	293,88	≥	300

Putken ulkopuolelle jäävä alue ei ole täysin tehollinen →

Koko pohjalevy ei tehollinen, joten:

leff = bp 293,88

Pohjalevyn ulottuma pilarin laipan ulkopuolella:

s =	$e1+e2 \leq c$	→	100	≤	96,94
-----	----------------	---	-----	---	-------

Pohjalevyn paksuus puristuksen perusteella:

Mp.Ed =	15,65 kNm	
$tp \geq \sqrt{6Mp.Ed / leff \cdot fy / \gamma M0}$	→	30 mm
tp = 30mm	→	OK

Perustusruuvit:

Valitaan kiile-ankkureiksi Sormatin S-KA 12/30 ZN

Valmistajan sivuilta voidaan ottaa leikkauskestävyys F,v.Rd 13,1 kN

Ruuvien leikkauskestävyys:

Jakautuu tasaa 4 ruuville: yhdelle ruuville tuleva leikkausvoima Ved/4

Ved =	1,45 kN		
F,v.Rd =	13,1 kN	≥	1,45 OK

Hitsien mitoitus:

Pilarin uuman hitsit:

a-mitta =	5 mm	
T =	5,8 N/mm ²	
Kun hitsiin kohdistuu pelkkää leikkausta:		
10,05 N/mm ²	≤	352,8 N/mm ² OK

Hitsin jäähtymisnopeuden kannalta: $a \geq \sqrt{tp} \cdot 0,5$

5	≥	4,98	OK
→	Valitaan 5mm hitsi		

Liite 19. Levyjäykistys

Kuormat		Mittoja:	
$q_k(h) =$	0,47 kN/m ²	$a =$	0,5 m
$C_f =$	1,3	$h =$	3,15 m
		$L =$	5 m
		$s =$	150 mm
		$b_1 =$	1200 mm
		$b_2 =$	900 mm

Levy: GN13
Kiinnike: QMST 32 $F_{f,Rd} = 2,46\text{kN}$

Yläpohjatasoon kohdistuva kuorma käyttörajatilassa:

$W_{k,1} = 1,58\text{ kN/m}$

Jäykistysseinän kuorma murtorajatilassa:

$F_{d,1} = 2,97\text{ kN}$

Seinälohko 1:

$c = 0,76$

$F_{v1,Rd} = 1499,43\text{ N}$

Seinälohko 2:

$c = 0,57$

$F_{v2,Rd} = 843,43\text{ N}$

$F_{v,Rd} = 3842,29\text{ N}$

Ehto: $F_{d,1} \leq F_{v,Rd} \rightarrow 2,97 \leq 3,84$

Käyttöaste: 77,34 %

Liite 20. Lävistyskestävyys

Laatan lävistyskestävyys:	K-35 betoni	
Ehto: $V_d \leq V_c$		
Laatan pääraudoituksen vähimmäispinta-ala:		
$f_{ctk} =$	2,14 MN/m ²	$k = 1,6 - d [m] \geq 1$, kun $\rho_c \geq 2400 \text{ kg/m}^3$
$f_{yk} =$	500 MN/m ²	$k = 1,0$, kun $1800 \text{ kg/m}^3 \leq \rho_c < 2400 \text{ kg/m}^3$
$0,25 \cdot f_{ctk} / f_{yk} \cdot b \cdot d$	214 mm ²	$k = 0,85$, kun $\rho_c < 1800 \text{ kg/m}^3$
Valitaan raudoitukseksi	10mm k350	jolloin raudoitusta 224mm ² /m
Laatan lävistyskapasiteetti saadaan kaavalla:		
$V_c = k \cdot \beta \cdot (1 + 50\rho) \cdot u \cdot d \cdot f_{ctd}$		
$\rho =$	2500 kg/m ³	Betonin tiheys
$h =$	0,23 m	Betonilaatan korkeus
$c =$	0,025 m	suoja betonipeite $\sqrt{p_x \cdot p_y} \leq 8 \text{ ‰}$
$\rho =$	0,0012	suhteellinen teräspinta-ala (10mm k350)
$k =$	1,4	
$d =$	0,2 m	tehollinen korkeus (10mm harjateräs)
$b =$	1 m	
$P1 =$	0,3 m	pilarin sivumitta
$P2 =$	0,3 m	pilarin sivumitta
$e =$	0	epäkeskisyys
$\beta =$	0,4	$0,4 / (1 + 1,5 \cdot e / \sqrt{A_u})$
$u =$	2 m	$2 \cdot [(P1+d) + (P2+d)]$
$A_u =$	0,25 m ²	$(P1+d) \cdot (P2+d)$
$f_{ctd} =$	1,47 MN/m ²	betonin vetolujuuden mitoitusarvo
Laatan lävistyskapasiteetti V_c		
	348,245 kN	
Lävistyskuorma: IV-konehuone 1		
Kuormitusalue A, 4,3m², 7m	11,61 m ²	
Pysyvät kuormat "g":	kN/m ²	
g_2	0,5 IV-konehuone rakenteet	
yht:	0,5	
Muuttuvat kuormat "q":	kN/m ²	
q_1	1,84 lumikuorma	
q_2	5 IV-konehuoneen hyötykuorma	
yht:	6,84	
$P_d = 1,15 \cdot g + 1,5 \cdot q_2 + 1,5 \cdot q_1 \cdot 0,7$		
→	10,01 kN/m ²	
Laatan lävistyskuorma V_d	$P_d \cdot A$	
	116,18 kN	
Kuorma 4 nurkkapilarin kautta laatalle:	29,05 kN / pilari	
Lävistyskuorma: IV-konehuone 2		
Kuormitusalue A, 4,9*2,8	13,72 m ²	
Pysyvät kuormat "g":	kN/m ²	
g_2	0,5 IV-konehuone rakenteet	
yht:	0,5	
Muuttuvat kuormat "q":	kN/m ²	
q_1	1,84 lumikuorma	
q_2	5 IV-konehuoneen hyötykuorma	
yht:	6,84	
$P_d = 1,15 \cdot g + 1,5 \cdot q_2 + 1,5 \cdot q_1 \cdot 0,7$		
→	10,01 kN/m ²	
Laatan lävistyskuorma V_d	$P_d \cdot A$	
	137,30 kN	
Kuorma 4 nurkkapilarin kautta laatalle:	34,32 kN / pilari	

Läivistyskuorma: IV-konehuone 3
Kuormitusalue A, 7,2*2,7

19,44 m²

Pysyvät kuormat "g":

kN/m²

g2 0,7 IV-konehuone rakenteet

yht: 0,7

Muuttuvat kuormat "q":

kN/m²

q1 1,84 lumikuorma

q2 5 IV-konehuoneen hyötykuorma

yht: 6,84

Pd = 1,15*g+1,5*q2+1,5*q1*0,7

→

10,24 kN/m²

Laatan läivistyskuorma Vd Pd * A

199,01 kN

Kuorma 4 nurkkapilarin kautta laetalle:

49,75 kN / pilari

Läivistyskuorma: IV-konehuone 4

Kuormitusalue A, 5m*3,6m

18 m²

Pysyvät kuormat "g":

kN/m²

g2 0,7 IV-konehuone rakenteet

yht: 0,7

Muuttuvat kuormat "q":

kN/m²

q1 1,84 lumikuorma

q2 5 IV-konehuoneen hyötykuorma

yht: 6,84

Pd = 1,15*g+1,5*q2+1,5*q1*0,7

→

10,24 kN/m²

Laatan läivistyskuorma Vd Pd * A

184,27 kN

Kuorma 4 nurkkapilarin kautta laetalle:

46,07 kN / pilari

Läivistyskuorma: IV-konehuone 5

Kuormitusalue A, 10,5m*3,9m

40,95 m²

Pysyvät kuormat "g":

kN/m²

g2 0,55 IV-konehuone rakenteet

yht: 0,55

Muuttuvat kuormat "q":

kN/m²

q1 1,84 lumikuorma

q2 5 IV-konehuoneen hyötykuorma

yht: 6,84

Pd = 1,15*g+1,5*q2+1,5*q1*0,7

→

10,06 kN/m²

Laatan läivistyskuorma Vd Pd * A

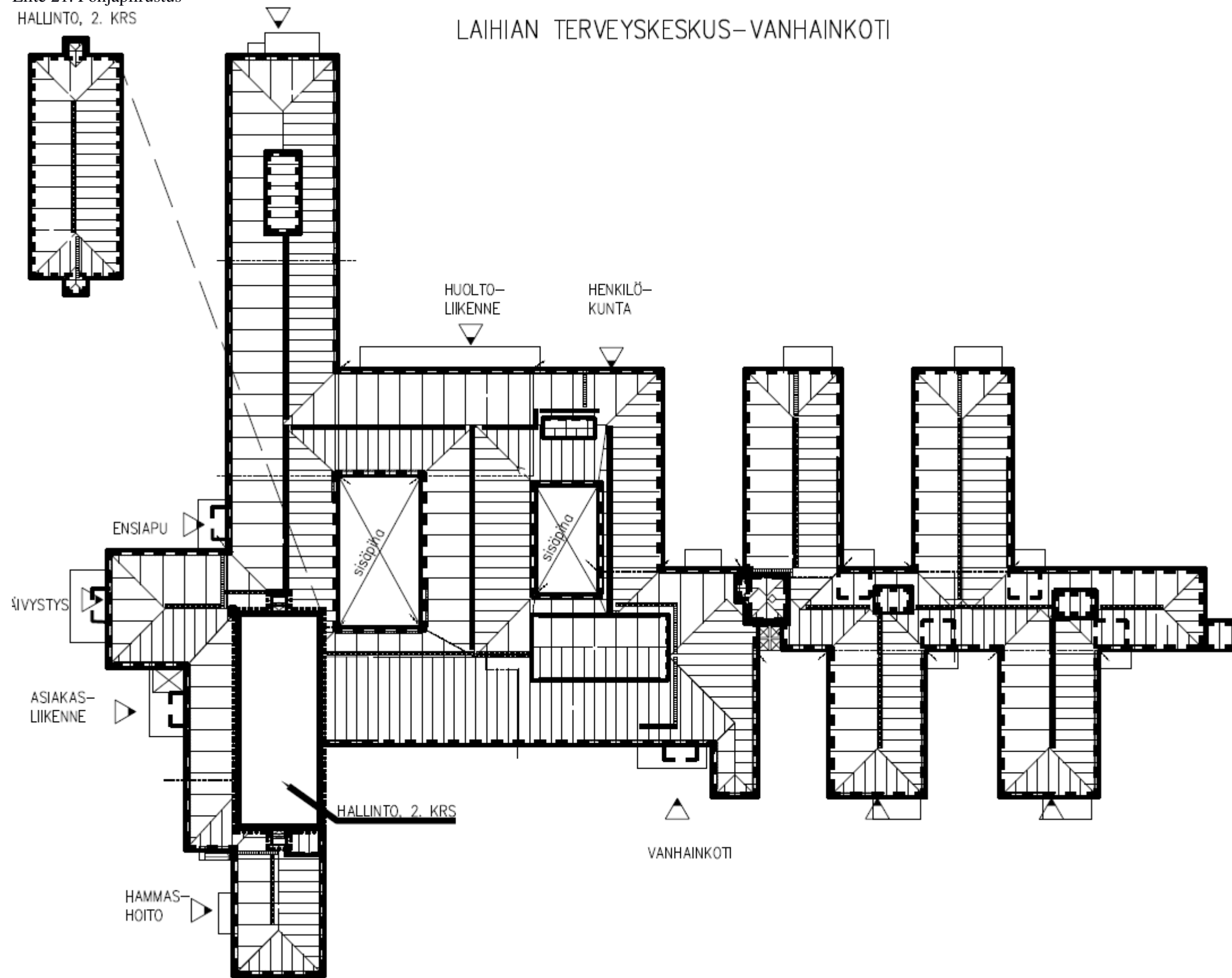
412,14 kN

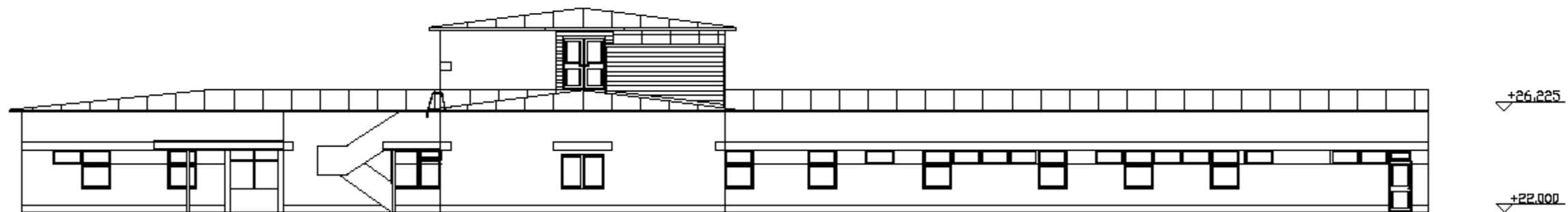
Kuorma 4 nurkkapilarin kautta laetalle:

103,04 kN / pilari

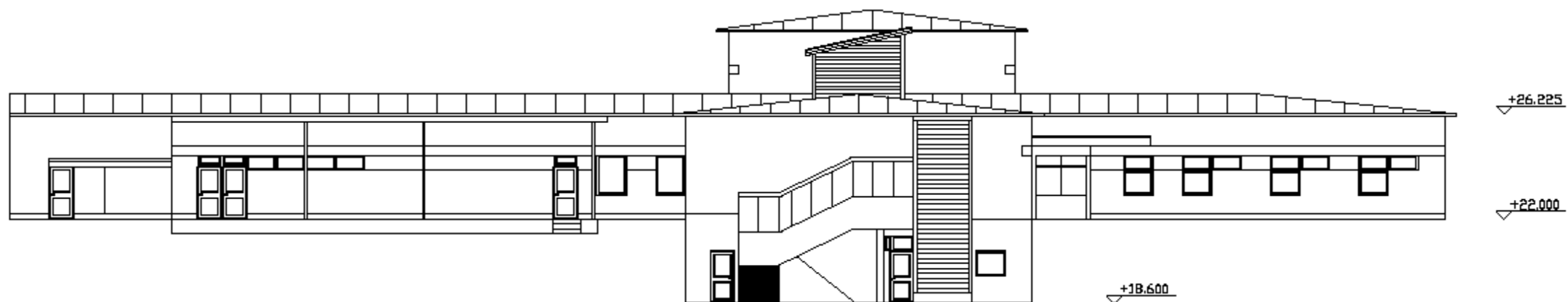
Liite 21. Pohjapiirustus
HALLINTO, 2. KRS

LAIHIAN TERVEYSKESKUS-VANHAINKOTI

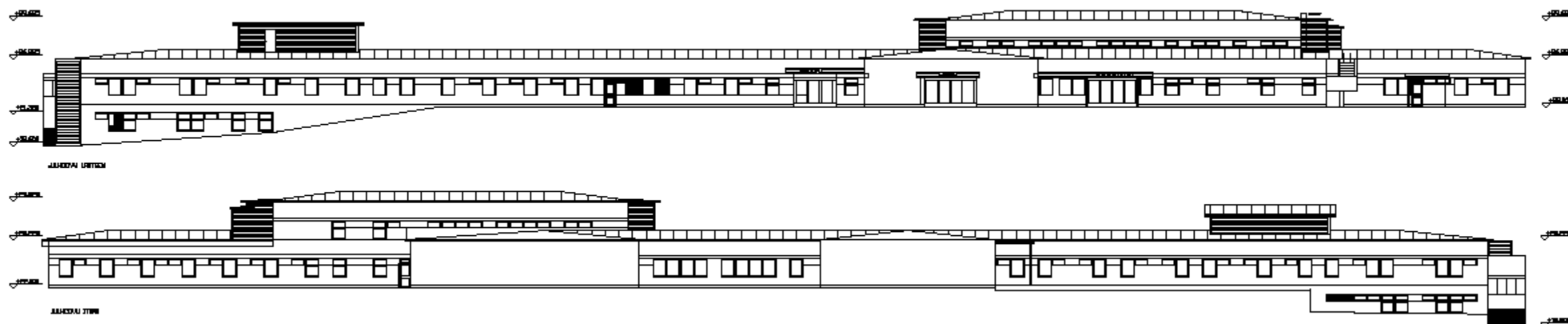




JULKISIVU ETELÄÄN



JULKISIVU PÖHJÖISEEN



Liite 23. Julkisivut vanhainkoti

