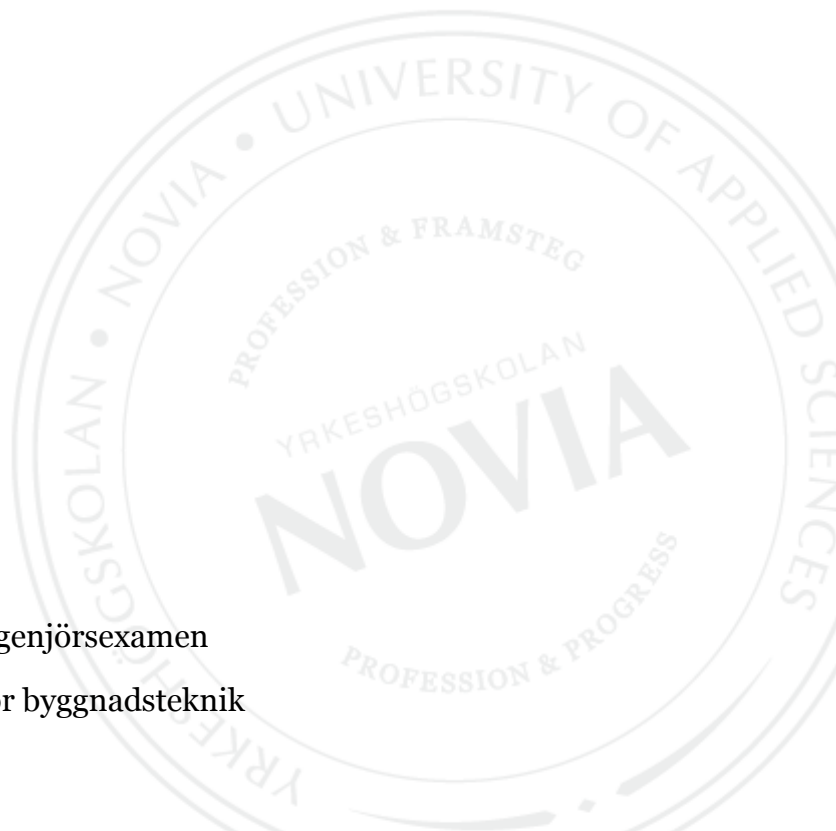




# **Dimensionering och kostnadsjämförelse av stål- och trästomme**

Marcus Back

Examensarbete för (YH)ingenjörsexamen  
Utbildningsprogrammet för byggnadsteknik  
Vasa 2011



## EXAMENSARBETE

Författare: Marcus Back  
Utbildningsprogram och ort: Byggnadsteknik, Vasa  
Inriktningsalternativ: Konstruktionsteknik  
Handledare: Allan Andersson, Anders Borg

Titel: *Dimensionering och kostnadsjämförelse av stål- och trästomme*

---

Datum: 16.5.2011                      Sidantal: 32                      Bilagor: 35

---

### Abstrakt

Ingenjörarbetets huvudsakliga syfte har varit att dimensionera och kostnadsjämföra två stommar i olika material för en hall på 450 m<sup>2</sup>. Beställare av detta ingenjörarbete är Robert Söderlund. Som stommar valdes ett alternativ helt i stål och ett alternativ helt i trä. Stålstommens mekanik och fackverk är räknade i programmet Autodesk Robot 2010 och trästommen är dimensionerad för hand. Av stålstommen gjordes en 3D-modell i programmet Tekla Structures 16.1. Kostnadsjämförelsen är gjord som en byggnadsdelsjämförelse med hjälp av boken *Rakennusosien kustannuksia*. Av kostnadsjämförelsen kan man konstatera att trästommen är det förmånligare alternativet för beställaren. Resultatet blev att trästommen utgör det bättre alternativet och lämpar sig bättre för ändamålet.

---

Språk: svenska                      Nyckelord: stålstomme, kostnadsjämförelse, dimensionering

---

Förvaras: webbiblioteket Theseus.fi eller Tritonia, Vasa vetenskapliga bibliotek.

## OPINNÄYTETYÖ

Tekijä: Marcus Back  
Koulutusohjelma ja paikkakunta: Rakennustekniikka, Vaasa  
Suuntautumisvaihtoehto: Rakennesuunnittelu  
Ohjaajat: Allan Andersson, Anders Borg

Nimike: *Teräs- ja puurungon mitoitus ja kustannusvertailu*

---

Päivämäärä: 16.5.2011

Sivumäärä: 32

Liitteet: 35

---

### **Tiivistelmä**

Tämän opinnäytetyön tehtävänä oli mitoittaa kahdesta eri materiaalista koostuvaa runkoa noin 450 m<sup>2</sup> suureen rakennukseen ja tehdä näiden kahden rungon välille kustannusvertailu. Rungoiksi valittiin täysin teräksinen vaihtoehto, ja toinen oli täysin puinen vaihtoehto. Teräsrungon mekaniikka ja ristikot on laskettu Autodesk Robot 2010 -ohjelmaa käyttäen. Puurunko ja anturat on laskettu käsin. Teräsrungosta tehtiin 3d-malli Tekla Structures -ohjelmalla. Runkojen välinen kustannusvertailu on tehty rakennusosa menetelmällä käyttäen *Rakennusosien kustannuksia(ROK)* -kirjaa. Kustannusvertailussa puurungon hinta oli halvempi. Tuloksena puurunko on parempi vaihtoehto ja sopii paremmin tähän tarkoitukseen.

---

Kieli: ruotsi

Avainsanat: teräsrunko, kustannusvertailu, mitoitus

---

Arkistoidaan: Ammattikorekeakoulujen verkkokirjastossa Theseus.fi tai Tritoniassa, Vaasan tiedekirjasto

## BACHELOR`S THESIS

Author: Marcus Back  
Degree programme: Construction engineering  
Specialization: Structural design  
Supervisor: Allan Andersson, Anders Borg

Title: *Design and cost comparison between a wooden and a steel frame*

---

Date: 16.5.2011

Number of pages: 32

Appendices: 35

---

### **Abstract**

The purpose of this thesis was to design two structure frames in different materials for a building of approximately 450 m<sup>2</sup>. One structure was designed entirely in wood and the other entirely in steel. The mechanics and the roof trusses of the steel frame were calculated in Autodesk Robot 2010. The dimensions for the wooden frame and the foundations were calculated by hand. A 3D-model of the steel frame was made by using Tekla Structures 16. The cost comparison is made as a building part comparison using the book *Rakennusosien kustannuksia*. In the cost comparison the wooden structure was shown to be the cheapest.

---

Language: swedish    Keywords: steel frame, cost comparison, Robot

---

Filed at: The web library Theseus.fi or in the Tritonia Academic Library, Vaasa.

# Innehållsförteckning

Abstrakt

Tiivistelmä

Abstract

Innehållsförteckning

Bilageförteckning

1	Allmänt .....	1
1.1	Inledning.....	1
1.2	Uppdragsgivare.....	1
1.3	Uppdraget.....	1
1.4	Planeringsprocessen.....	2
1.5	Arbetets upplägg.....	2
1.6	Målsättning .....	2
2	Tillvägagångssätt.....	3
2.1	Problem och lösningar .....	3
2.2	Avgränsningar under arbetets gång .....	4
2.3	Slutgiltig tidtabell .....	4
3	Brandutredning.....	5
4	Dimensionering.....	9
4.1	Laster .....	9
4.1.1	Snölast.....	9
4.1.2	Vindlast.....	11
4.1.3	Egenvikt.....	15
4.2	Stålstomme .....	17
4.2.1	Hallens strukturella utformning.....	18
4.2.2	Grunden.....	19

4.2.3	Pelarna.....	19
4.2.4	Fackverk.....	21
4.3	Trästomme.....	24
4.3.1	Grunden.....	24
4.3.2	Spirvirke.....	25
4.3.3	Fackverk.....	25
4.3.4	Stabilisering av hallen.....	25
5	Kostnadsberäkning.....	29
6	Resultat och slutdiskussion.....	30
	Källförteckning .....	31

## **Bilageförteckning**

<b>Bilaga 1</b>	Vindlaster till stålstommen
<b>Bilaga 2</b>	Lastkombinationer från Robot
<b>Bilaga 3</b>	Kostnadskalkyl
<b>Bilaga 4</b>	Ritningar

# 1 Allmänt

## 1.1 Inledning

Under sommaren 2010 tog min uppdragsgivare kontakt med mig och frågade om jag var intresserad att planera en hall åt honom. Uppdragsgivaren berättade att han hade sökt länge efter ett garage i Nykarleby, men han hade inte hittat något lämpligt. Därför hade han beslutat att han skulle bygga en egen hall. Jag tog på mig uppdraget i början av september 2010. Detta examensarbete går huvudsakligen ut på att dimensionera två olika stommar som sedan jämförs kostnadsmässigt. Detta arbete skall vara en grund åt uppdragsgivaren så att han skall veta vilket stomsystem han skall välja.

## 1.2 Uppdragsgivare

Uppdragsgivaren till mitt examensarbete är Robert Söderlund. Söderlund är bosatt i Nykarleby och arbetar som byggnadsarbetare.

## 1.3 Uppdraget

Mitt uppdrag i detta examensarbete är att planera en hall i Nykarleby. Hallen kommer att byggas för två ändamål, så därför blir hallen uppdelad i två utrymmen. Storleken på hallen kommer att vara relativt liten, det vill säga storleken kommer att röra sig kring 450 kvadratmeter. Uppdragsgivaren hade önskemål om måtten på hallen och jag har försökt eftersträva, att min planering skulle motsvara uppdragsgivarens önskemål. Måtten på hallen blev därför drygt 36 meter lång och drygt 12 meter bred. Söderlund ville även att ett socialt utrymme skulle placeras på den andra våningen. Detta medförde att innerhöjden på hallen fastslogs till 5,5 meter. Taklutningen valdes till 15 grader.

I samråd med uppdragsgivaren och min handledare beslutade vi att jag i detta examensarbete skulle koncentrera mig till konstruktionslösningar av hallen. Min handledare och jag valde att ta fram två olika stomsystem, för att sedan jämföra dessa både kostnadsmässigt och byggmässigt. Verkstadsdelen kommer att bestå av ett teknikrum, lager, verkstad och ett socialt utrymme. Sociala utrymmet skall i enkelhet bestå av ett kök och ett WC med dusch. Verkstadsdelen kommer att vara ett halvvarmt utrymme, vilket

betyder att denna del måste vara isolerad. Lagerutrymmet kommer däremot att vara ett kallt utrymme, vilket innebär att denna del lämnas oisolerad.

## **1.4 Planeringsprocessen**

Då planeringsarbetet började var det meningen att jag skulle dimensionera tre olika konstruktionslösningar och jämföra dessa. En av dessa lösningar var en hall gjord i betong. Denna lösning spolierades ganska snabbt, på grund av att uppdragsgivaren inte var intresserad av denna. Andra lösningar som fanns på tapeten var en hall med en stålstomme och en hall med trästomme. I samråd med uppdragsgivare och handledare kom vi slutligen fram till att en hall med pelare och fackverk gjorda i stål skulle utgöra ett alternativ. Det andra alternativet skulle vara en mycket vanlig lösning gjord i trä. Denna konstruktion skulle i enkelhet bestå av spirade väggar och bärande takstolar.

För att dimensionera stålstommen använde jag mig av programmet Autodesk Robot 2010. Detta program lämpar sig mycket bra för att dimensionera stålstommar, eftersom det är baserat på de finska byggnormerna och det används på många ställen här i Finland. Anslutningar och likande har modellerats i Tekla Struktures. Stor vikt i detta arbete har jag lagt på modelleringen i Autodesk Robot och Tekla Struktures, vilket har resulterat i fullständiga tillverkningsritningar. Dimensioneringen av Z-profiler har jag använt mig av programmet PUR-calc och den bärande plåten har beräknats med Poimu. Dessa program är gjorda av Ruukki. Dimensioneringen av stommen gjord i trä har beräknats ”för hand” i programmet Mathcad 14. Ritningar har gjorts i förutom i Tekla Struktures även i Autocad.

## **1.5 Arbetets upplägg**

När arbetet började var det klar att arbetet skulle vara synnerligen teoretiskt och det skulle bestå av mycket beräkningar. Eftersom det är frågan om dimensionering av bärande byggnadsdelar skulle arbetet bestå till stor del av att forska och tyda byggnormer samt att beräkna konstruktionerna så att de håller. I arbetet har jag använt mig av en rad olika dataprogram, vilket har underlättat dimensionering avsevärt.

## **1.6 Målsättning**

Då jag antog mig uppgiften var målsättningen att uppdragsgivaren skulle få en bra uppfattning om vilketdera stomalternativet som han skulle välja. Målet med



examensarbetet blev slutligen att komma fram till två lösningar som skulle vara ekonomiskt lönsamma. För min egen del, var målsättningen att bevisa att jag kan beräkna konstruktioner både i trä och i stål.

## 2 Tillvägagångssätt

### 2.1 Problem och lösningar

Under arbetets gång uppkom förstas en rad olika problem. Det första problemet var att tomtens saknades. Uppdragsgivaren har varit i kontakt med staden Nykarleby i snart två år, men ingen lämplig tomt har dykt upp. Kriterierna för tomtens är att den skall vara belägen nära staden, samt att markens har tillräcklig bärförmåga så att pålning inte blir aktuell. Eftersom tomtens saknades kunde jag inte göra någon markundersökning, vilket jag skulle ha gjort annars. I mina beräkningar har jag därför använt ett tillåtet marktryck på 0,2 MPa, vanligt förekommande värde för hallbyggnader på moränmark. Om uppdragsgivaren får en tomt i framtiden, måste naturligtvis en markundersökning göras så att man vet hur mycket markens bär innan man kan börja bygga.

Ett vanligt problem som uppkommer när man skall dimensionera konstruktioner är att tyda byggnormer. Eurokoderna har varit i kraft sedan 1.11.2007 tillsammans med byggbestämmelsesamlingens del B. Från och med år 2012 får endast eurokoden användas. När man har liten erfarenhet som jag att förstå dessa normer, kan det vara svårt att tyda saker och ting. Största utmaningen var att ta ut vindlast, samt att beräkna ”stabilisering av byggnadsdelar”. Vindlasterna har använts främst när man dimensionerat i Autodesk Robot. ”Stabilisering av byggnadsdel” har tillämpats på trästommen, för att få reda på hur mycket en väggdel klarar av att ta emot horisontell last, i form av vind. Stor del av tiden har ändå gått åt till att dimensionera och modellera stålstommen.

En väldigt tidskrävande process har ändå varit att lära sig flera program, som jag aldrig tidigare hade använt. Det tog en mycket tid, vilket gjorde att tidtabellen förstördes ganska snabbt. Även kostnadsdelen var ett stort problem och hur dessa skulle jämföras dessa på ett vettigt sätt.

## **2.2 Avgränsningar under arbetets gång**

Ganska tidigt insåg jag att jag måste avgränsa detta examensarbete för att det inte skulle bli för långt. Jag valde därför att avgränsa det så, att stor vikt kommer att läggas på dimensioneringen av de båda stommarna.

## **2.3 Slutgiltig tidtabell**

Den ursprungliga tidtabellen sprack ganska snabbt på grund av några missar och felprioriteringar. Inläring av de olika programmen tog lite längre tid än vad jag hade trott, vilket sköt upp hela tidtabellen. En del ändringar i stommarnas utformning tog också sin tid. Slutet av maj 2011 beräknas examensarbetet vara klart.

### 3 Brandutredning

När man dimensionerar en byggnad är en brandutredning viktig. Därför valde jag att göra en fullständig brandutredning av hallen för att undvika att extra kostnader i slutskedet. Det som jag kom fram till under brandutredningen är att byggnaden är en typisk P3-byggnad.

Det ställs olika krav på brandsäkerheten beroende på byggnadens användningssätt, storlek och personantal. Brandsäkerhet betyder speciellt att personer som befinner sig i byggnaden ska kunna lämna byggnaden eller räddas på annat sätt i händelse av brand. Byggnadens bärande konstruktioner skall i händelse av brand behålla sin bärförmåga under den minimitid som föreskrivits för dem. Även uppkomsten och spridningen av brand och rök bör vara begränsad både inne i byggnaden och till närbelägna byggnader.<sup>1</sup>

Beroende på byggnadens användningssätt, höjd, våningsyta och personantal kan byggnader delas in i tre olika brandklasser P1-P3. De olika brandklasserna påverkar hur brandskyddet utformas, bland annat material, utrymningsvägar, brandceller och sektioneringar. I en produktions- och lagerbyggnad tillhörande brandklass P3 är storleken, våningsantalet och höjden begränsad. Det innebär att byggnaden får vara utförd i en våning, samt att höjden inte får överstiga 14 meter. Dessutom får inte våningsarealen i en produktions- och lagerbyggnad överstiga 2400 m<sup>2</sup>.<sup>2</sup> Den byggnad som jag planerat är så pass liten att den klarar av dessa krav. Fastän den byggnad som jag planerat har två våningar kan den ändå räknas som en våning eftersom det sociala utrymmet är så litet. Enligt E2 kan en hall anses vara envåningsbyggnad om andra vångens yta är mindre än 15 % av byggnadens totala yta, dock inte över 200 m<sup>2</sup>.<sup>3</sup>

Enligt byggnormen är kravet på invändiga ytor gällande lager, d-s2,d2<sup>4</sup>, vilket motsvarar byggnadsvirke eller faner. För bilreparationsverkstäder, servicestationer och bilgarage gäller dock kravet B-s1,d0<sup>5</sup>, vilket innebär gipsskivor. Detta betyder i mitt fall att det är möjligt att lämna spirvirket synligt i lagerdelen, men att i verkstadsdelen måste man skydda väggarna och tak med material av typ gipsskiva eller plåt.

---

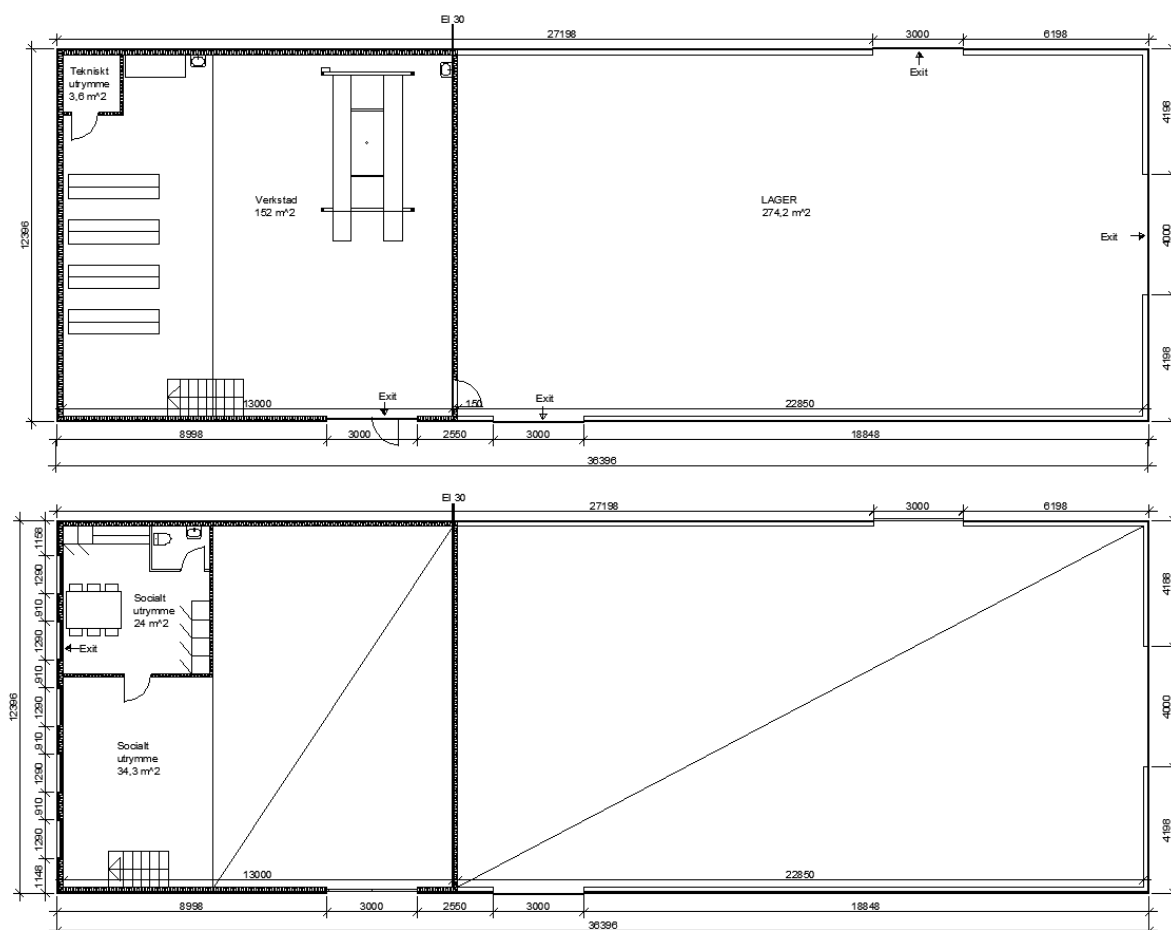
<sup>1</sup> Finlands byggbestämmelsesamling E1 s. 6.

<sup>2</sup> Finlands byggbestämmelsesamling E1 s. 10-12

<sup>3</sup> Finlands byggbestämmelsesamling E2 s. 6

<sup>4</sup> Finlandsbyggbestämmelsesamling E1 tab. 8.2.2

<sup>5</sup> Finlandsbyggbestämmelsesamling E1 tab. 8.2.2



**Figur 1.** Planritning av hallen. Verkstadsdelen och lagerdelen har olika användningssätt, vilket innebär att mellanväggen blir sektionerande byggnadsdel.

En byggnad kan delas in i olika brandceller. Detta gör man för att säkerställa utrymning av människor, samt begränsa uppkomst och spridning av brand och rök inne i en byggnad. Brandcell betyder att det är ett område inne i byggnaden, där brandspridning under en bestämd tid är förhindrad<sup>6</sup>. Detta uppnås genom sektionerande byggnadsdelar eller på ett annat effektivt sätt. Vanligtvis utgör en våning i en byggnad en egen brandcell (våningssektionering). Även utrymmen som är brandfarliga eller har avvikande användning bör sektioneras, såsom lager, målförråd, kontor och verkstad. (sektionering enligt användningssätt). Brandcellens tillåtna storlek i byggnader som tillhör brandklass P3 varierar mellan 2000 m<sup>2</sup> till 12 000 m<sup>2</sup> beroende av brandfarlighetsklass och skyddsgrad. I mitt fall gäller både våningssektionering och sektionering enligt användningssätt<sup>7</sup>. ”Våningssektionering” gäller för det sociala utrymmet på den andra våningen och

<sup>6</sup> Finlands byggbestämmelsesamling E1 s13

<sup>7</sup> Finlands byggbestämmelsesamling E2 s.7-8

”sektionering enligt användningssätt” tillämpas, eftersom lager och verkstad är av olika användningssätt (se figur 1).

Kravet på de sektionerande byggnadsdelarna är att de skall förhindra spridning av brand mellan två brandceller under en bestämd tid. Det innebär att konstruktionen bör vara så pass tät att inte rökgaser och eld lyckas tränga igenom sektioneringen under en viss tid. Mellanväggen mellan lagerdelen och verkstadsdelen blir en sektionerande vägg och skall uppföras som en EI 30 vägg<sup>8</sup>. Man brukar kunna räkna att en gipsskiva klarar av 15 minuters brand så om man placerar gipsskivor på båda sidorna av mellanväggen uppnår man detta krav. Viktigt att komma ihåg är att väggen måste gå ända upp till takmaterialet. Detta beror på det att i händelse av brand kan branden spridas över väggen. Om inte väggen går ända upp till plåten måste hela mellantaket brandskyddas. Det sociala utrymmet i våning 2 bildar även en egen brandcell och skall sektioneras med konstruktioner som klarar av en 30 minuters brand. I detta fall ställs krav på bärande konstruktioner som bär upp den sociala delen, kravet är REI30 för mellanbjälklag och bärande väggar.

Byggnader skall kunna utrymmas på ett tryggt sätt i händelse av brand eller annan nödsituation. Byggnaden bör därför ha tillräckligt antal rymliga och enkla utgångar som är lämpligt placerade så att tiden för utrymning inte blir så lång att den förorsakar fara. Utrymningsvägar utformas i regel beroende på hur många människor som vistas i varje utrymningsområde. I regel krävs det minst två separata utgångar från varje utrymningsområde, där varje utgång är minst 1200 mm bred och 2100 mm hög. Även fönster kan räknas som en utgång, i detta fall som nödutgång, om höjden på fönstret är minst 600 mm och bredden minst 500 mm så att summan av höjden och bredden blir 1500 mm. Fönstret skall då förses med fast trycke och märkas med som utgång. Nödutgång är tillåtet i bostadsbyggnader och i mindre kontor<sup>9</sup>.

Avståndet till utgång får inte överskrida 45 meter inom utrymningsområdet, förutsatt att det finns två utgångar. Om det endast finns en utgång minskas avståndet till 30 meter<sup>10</sup>. Skjuddörrar eller lyftdörrar bör undvikas vid utrymningsväg. I mitt fall gällande lagerdelen, är utrymningen inget problem förutsatt att dörrarna går lätt att öppna. Brandmyndigheterna anser inte skjuddörrar eller lyftdörrar som en lämplig utgång. Om dessa används måste en fullstor ”vanlig” dörr finnas monterad i dörren. Ett annat problem tillkom i

---

<sup>8</sup> Finlands byggbestämmelsesamling E1 tab. 7.2.1

<sup>9</sup> Finlands byggbestämmelsesamling E1 s.22-24

<sup>10</sup> Finlands byggbestämmelsesamling E1 s.29-30

planeringsskedet gällande verkstadsdelen, eftersom uppdragsgivaren inte ville ha några fönster. I händelse av brand vid ingången skulle detta ha lett till att skulle det ha varit omöjligt att ta sig ut. Därför fick jag planera in fönster i det sociala rummet med tillhörande brandstege på utsidan.

Även rökventileringen är en viktig del av en brandutredning. Rökventileringen handlar egentligen om att vid händelse av brand skall man kunna snabbt och effektivt ventilera ut röken. I en byggnad anordnas den rökventilation som är lämplig och tillräcklig för de olika utrymmena. Arrangemang gällande rökventilation kan förhandlas med den lokala räddningsmyndigheten. Rökventilering i produktions- och lagerhallar kan tillämpas med rökventilering med självdrag. Genom att utnyttja fönster och luckor, som är placerade i rummets övre del eller höga dörrar kan man arrangera rökventilering. Fönstrens verkningsområde anses sträcka sig till ett avstånd av tio meter från väggen. Ett annat sätt är att använda rökluckor på taket eller att använda automatisk rökventilationsanläggning.

Totalarealen för öppningar lämpade för rökventilation dimensioneras enligt ett procenttal i mitt fall 0,25–2,0 %<sup>11</sup>. Detta procenttal multiplicerar man med cellens areal för att få ut totalarealen. Enligt brandinspektör Per-Ole Häggman i Pedersöre brukar 1 % användas i Nykarleby. I mitt fall kommer fönstren i verksstadsdelen kunna räknas som rökventilering eftersom de befinner sig på den övre tredjedelen av väggens höjd, samt att arealen är tillräcklig (se bilaga 5 skärning). I lagerdelen anordnas rökventileringen med hjälp av den stora dörren på gaveln samt av två rökluckor placerade på taket.

---

<sup>11</sup> Finlans byggbestämmelsesamling E2 s. 8-10.

## 4 Dimensionering

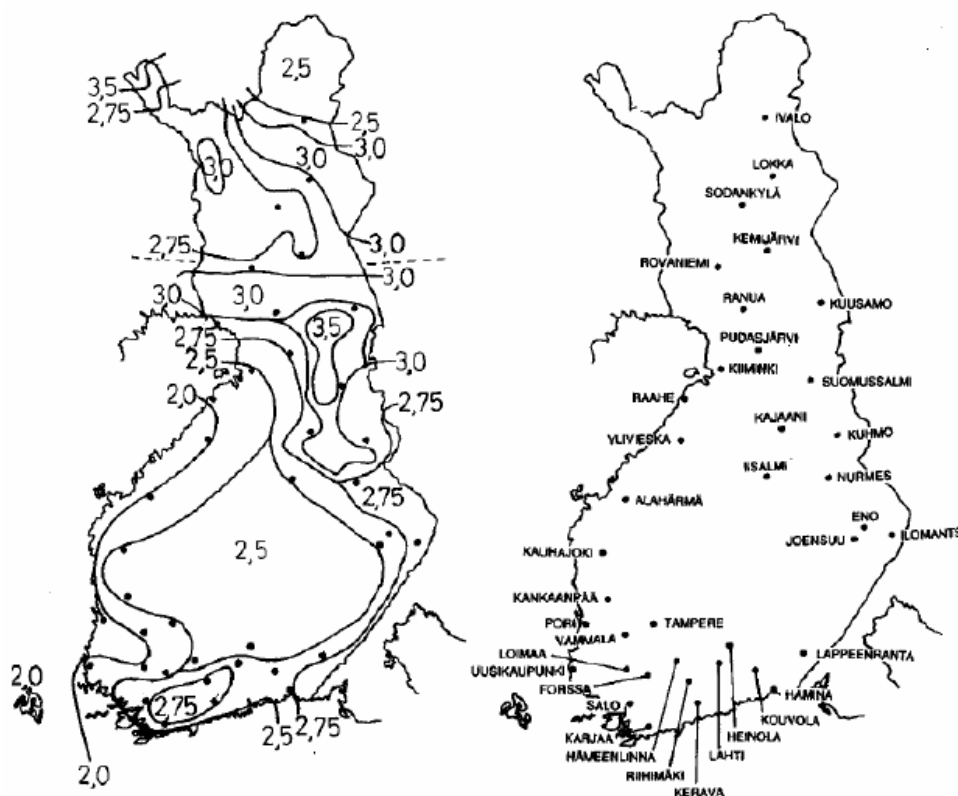
I detta avsnitt presenteras hur jag har gått tillväga för att komma fram till beslut som tagits när jag dimensionerat de två stommarna.

### 4.1 Laster

När man dimensionerar valda konstruktioner är det viktigt att man tar reda på vilka laster som råder. I detta kapitel kommer jag att berätta lite vilka laster jag tagit fram för att dimensionera de olika byggnadsdelarna.

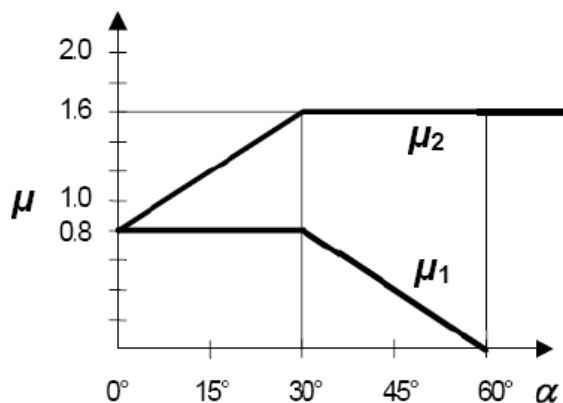
#### 4.1.1 Snölast

För att få reda på vilken snölast som förekommer i det område som en byggnad skall placeras på, finns det snökartor som man kan använda sig av.



**Figur 2.** Snökarta över Finland enligt Nationella bilagan till Eurokoderna.

Den hall som jag planerar skall placeras i Nykarleby och får på grund av detta en snölast som motsvarar  $2,0 \text{ kN/m}^2 (s_k)$ . Denna last gäller i nivå med mark och för att få ut vilken last som gäller på taket finns det några koefficienter man måste reda ut.



**Figur 3.** Formfaktor  $\mu_1$ <sup>12</sup>

En faktor som är mycket viktig är formfaktorn  $\mu_1$ . Denna faktor betraktar taklutningen på byggnaden och kan läsas ur figur 3. Värdet på formfaktorn  $\mu_1$  gäller ifall snön får obehindrat glida från taket. Ifall takfoten förses med räcke eller ifall taket förses med takhinder, skall faktorn väljas till minst 0,8. Formfaktorn  $\mu_2$  används om takformen inte är symmetrisk, vilket kan bidra till snödrivning. Ett typiskt fall är takmodellen sågtak, där snödrivning kan bli avgörande. Andra formfaktorer som kan bli avgörande är  $\mu_s$  som bör beaktas om taken är på flera höjdnivåer. Denna faktor används på det nedre belägna taket eftersom snöras kan förekomma från det övre belägna taket. I mitt fall behövs inga andra formfaktorer än  $\mu_1$  eftersom alla de andra faktorerna blir ett .

Snölastens formel i mitt fall:  $q_k = \mu_1 * s_k$ <sup>13</sup>

$$q_k = 0,8 * 2,0 \text{ kN/m}^2 = 1,6 \text{ kN/m}^2$$

<sup>12</sup> SFS-EN 1991-1-3

<sup>13</sup> SFS-EN 1991-1-3



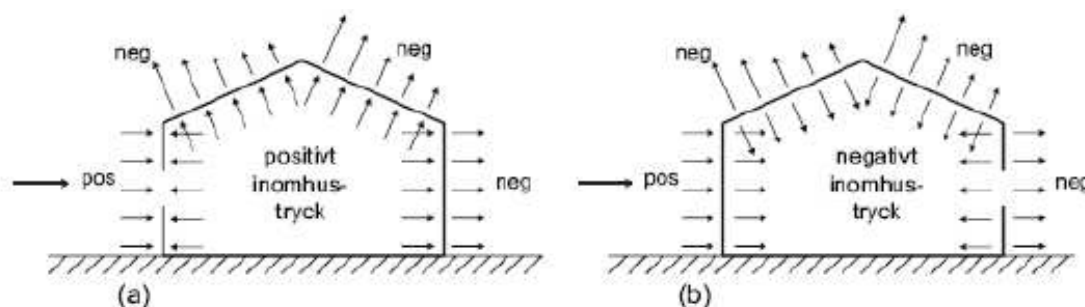
### 4.1.2 Vindlast

En stor del av tiden för att beräkna laster har gått åt till att förstå och beräkna vindlaster. Jag har använt mig av förutom *Eurocode 1991-1-4*, även *RIL 201-1-2008*. Vindlasterna har främst använts när jag dimensionerat stålstommen i Autodesk Robot. I detta avsnitt visar jag hur jag tytt normen i detta fall när det blåser mot den ena långsidan. Övriga uträkningar hittar i bilaga 1.

Man kan beskriva vindlast som det sug eller tryck som verkar på byggnadens ytor. Till stor del verkar vindlasten på byggnadens yttre ytor, men på grund av större öppningar t.ex. dörrar, verkar också vindlasten i liten mån på byggnadens inre ytor. Det som spelar stor roll gällande vindlaster är hur stort sug- och tryckkraft som verkar på byggnadens olika mantelytor. Mantelytorna och dess zoner hittas i figur 5 och 8. Formeln som jag använt är:

$$F_{w,k} = C_s \times C_d \times (C_{p,e} + C_{p,i}) \times Q_p(h) \times A_{ref}^{14}$$

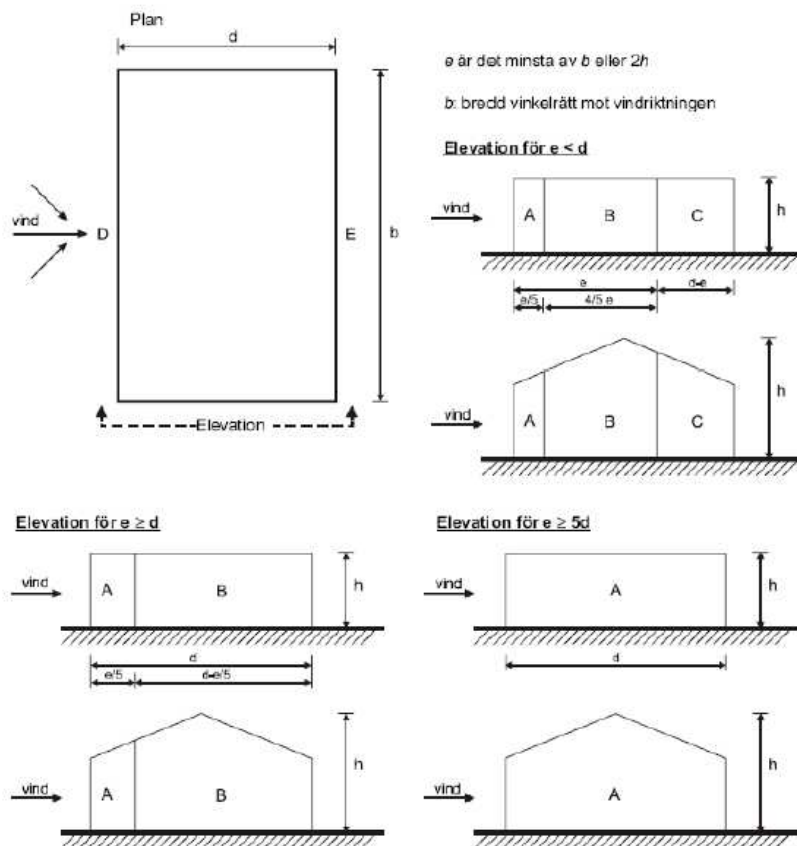
Faktorerna  $C_s \cdot C_d$  är bärverksfaktor som kan läggas till 1,0 om byggnadens höjd är under 15 meter



**Figur 4** Över- och undertryckets inverkan på vindlasten

Formfaktorn för utvändig last  $C_{p,e}$ , beror på byggnadens utformning och storleken av den delen av byggnaden, där vindlasten verkar. Formfaktorn  $C_{p,i}$  är formfaktorn på byggnadens insida. På byggnadens insida kan antingen övertryck eller undertryck förekomma enligt figur 4. Jag har använt mig av en övertrycksfaktor som motsvarar +0,2 och en undertrycksfaktor på -0,3, vilket är ett normalt antagande. Båda fallen har tagits i beaktande och jag har strävat till att få fram maxvärden av de båda fallen, det vill säga maximalt sug eller maximalt tryck .

<sup>14</sup>RIL 201-1-2008



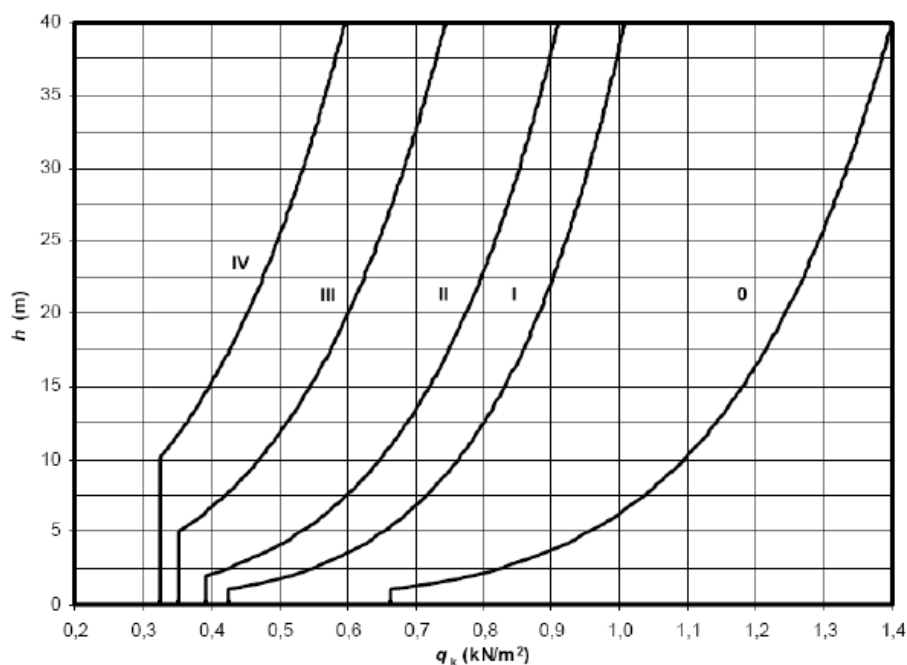
**Figur 5.** Zonindelning för vertikala väggar.

Ett vindlastfall består av flera olika lastdelar med varierande storlek beroende på vilka zoner på byggnaden lastdelen verkar. Den last som verkar på en zon består av den vindlast som förekommer på utsidan, kombinerat med det sug eller tryck som förekommer samtidigt på byggnadens insida för samma zon. Storleken på utsidans sug eller vindtryck beror på zonens  $C_{p,e}$ -värde. Dessa värden är varierande beroende på om det blåser mot kortsidan eller långsidan. För varje zon beräknas sedan vindtryck (eller sug) baserat på kombinationen av  $C_{p,e}$  och  $C_{p,i}$  värden enligt formeln. Om zonen är större eller lika stor som  $10 \text{ m}^2$  används  $C_{p,e,10}$  och om zonen är mellan en och  $10 \text{ m}^2$ , interpoleras värdet så att det motsvarar zonen area.

Zon	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	

**Figur 6** Formfaktor  $C_{p,e}$  för de olika zonerna för utvändig vindlast på yttreväggar.

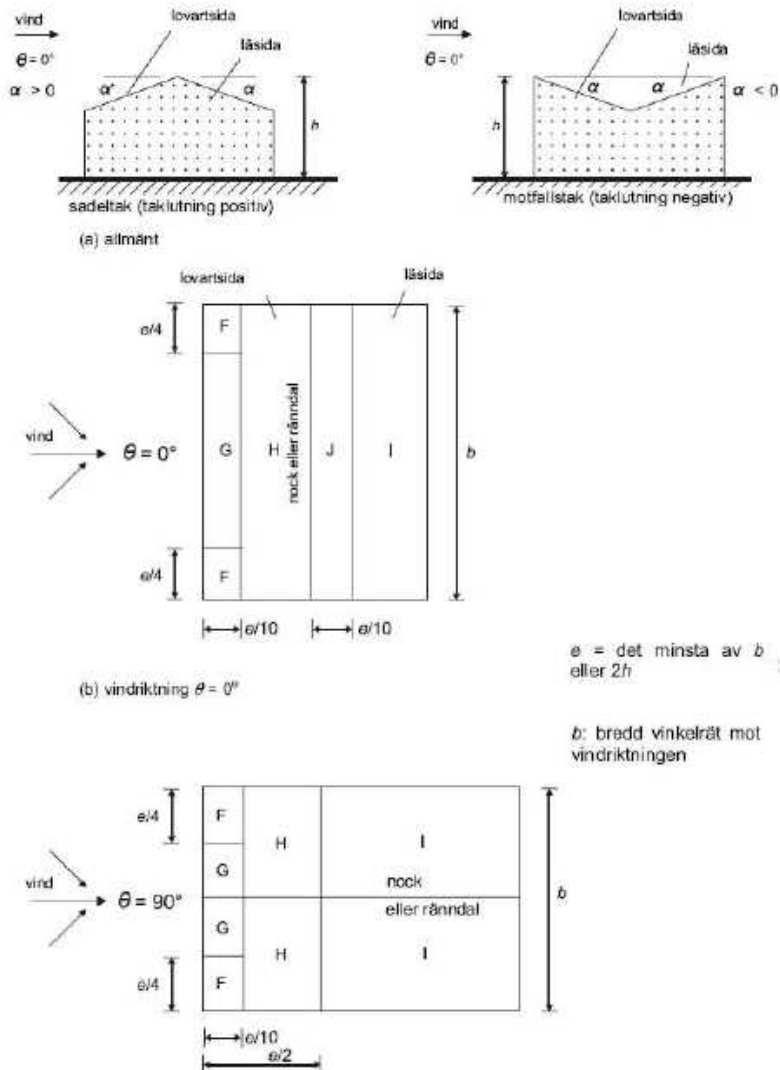
Hastighetstrycket  $q_p(h)$  tar i beaktande terrängen runt byggnaden samt höjden på byggnaden. Ur figur 7 får man ut hastighetstrycket. I den nationella bilagan finns fem olika terrängtyper och eftersom min hall kommer att placeras ut på landsbygden kommer den att tillhöra terrängklass 2. Då man vet terrängklassen och då man vet höjden på byggnaden, kan man läsa av hastighetstrycket. Grafen grundar sig på vindhastighetens grundvärde  $v_b=21$  m/s, som gäller på fastlandet. Vindhastigheten motsvarar full storm på sommaren. Större värden måste användas i fjälltrakter och ute till havs.



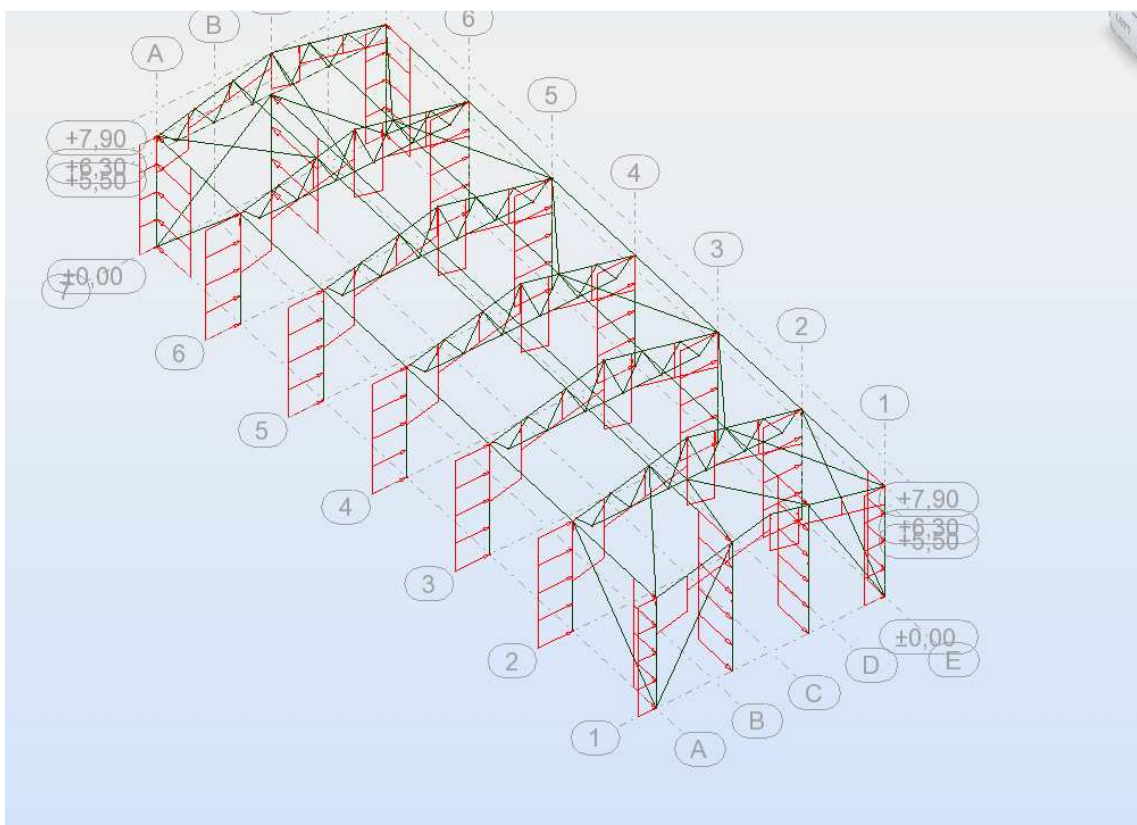
**Figur 7.** Vindtryck som funktion av höjd över markyta i olika terrängzoner.

Då den byggnad som jag konstruerat har en höjd på cirka åtta meter blir vindtrycket  $q_k$  blir  $0,61 \text{ kN/m}^2$ .  $A_{ref}$  anger den yta vilken vindlasten verkar på. Det är alltså ytan som den ser

ut ur vindens synvinkel och ytan fås som bredden multiplicerat med höjden. Även på taket uppkommer olika zoner som indelas enligt figuren nedan. Samma procedur som användes för att beräkna vindlaster på väggarna har även använts för att beräkna vindlasterna på taket (se figur 8).



**Figur 8.** Zonindelning för åstak och motfallstak.



**Figur 9.** Vind mot långsida (linje A) kombinerat med övertryck på insidan.

I figur 9 ser man min modell från Robot. I detta lastfall råder full vind mot linje A, det vill säga mot den ena långsidan, samtidigt som det råder övertryck inne i byggnaden (se figur 4). De röda pilarna motsvarar vindlasten och som man ser på figuren blir det ett tryck mot pelarna på den sida där det blåser och samtidigt ett sug på pelarna på läsidan. Pelarna på kortsidan får även en stor sugkraft. Man kan även se att det blir en stor lyftkraft på taket. Lyftkraften är som störst på zonerna G och J enligt figur 8.

#### 4.1.3 Egenvikt

Egenvikt innebär byggnadsmaterialens vikt för alla i byggnaden ingående konstruktioner. Karakteristik egenvikt är det samma som vikten för ett material eller en hel konstruktionsdel. Vid sammanställningen av lastkombinationer finns tre alternativa storlekar på säkerhetskoefficienter. Dessa är 0,9, 1,15 och 1,35. Den förstnämnda används när man vill minimera egenvikten. Ett exempel på detta är, när det blåser på en långsida och det råder övertryck inne i byggnaden bildas stora lyftkrafter på taket. För att kontrollera så att inte taket och/eller väggen lyfter multipliceras egenvikt med 0,9. Säkerhetskoefficienten 1,15 används mest och det innebär att man adderar till 15 % av

egenvikten. Enligt eurokoderna bör alla konstruktionerna även kontrolleras mot en last som är en 35 % uppförstoring av egenvikterna, dock inte kombinerat med övriga nyttolaster.

De egenvikter jag använt mig av i planeringsskedet, när jag dimensionerade stålhallen i Robot är följande. Till ytterväggarna har jag använt mig av SPA150E element från Ruukki som enligt tillverkaren väger  $23,6 \text{ kg/m}^2$ . När jag har ett centrumavstånd på sex m mellan pelarna på långsidan, fås en lodrät linjelast som motsvarar  $1,42 \text{ kN/m}$ . Gavelpelarna på den ena sidan finns på c/c-avståndet 4 m. Det leder till att de får en motsvarande lodrät linjelast på  $0,94 \text{ kN/m}$ . Hörnpelarna på denna sida tar upp en kombination av dessa, vilket innebär  $1,18 \text{ kN/m}$ . Bör tillägga att SPA-elementen ändrades till Z-profiler med tillhörande fasadplåt, efter att jag dimensionerat färdigt hallen. Detta gjordes på grund av ekonomiska orsaker, se avsnitt 4.2. Jag valde att inte ändra om modellen eftersom fasadplåten och Z-profilerna väger tillsammans under  $23,6 \text{ kg/m}^2$  så viktskillnaden är så liten.

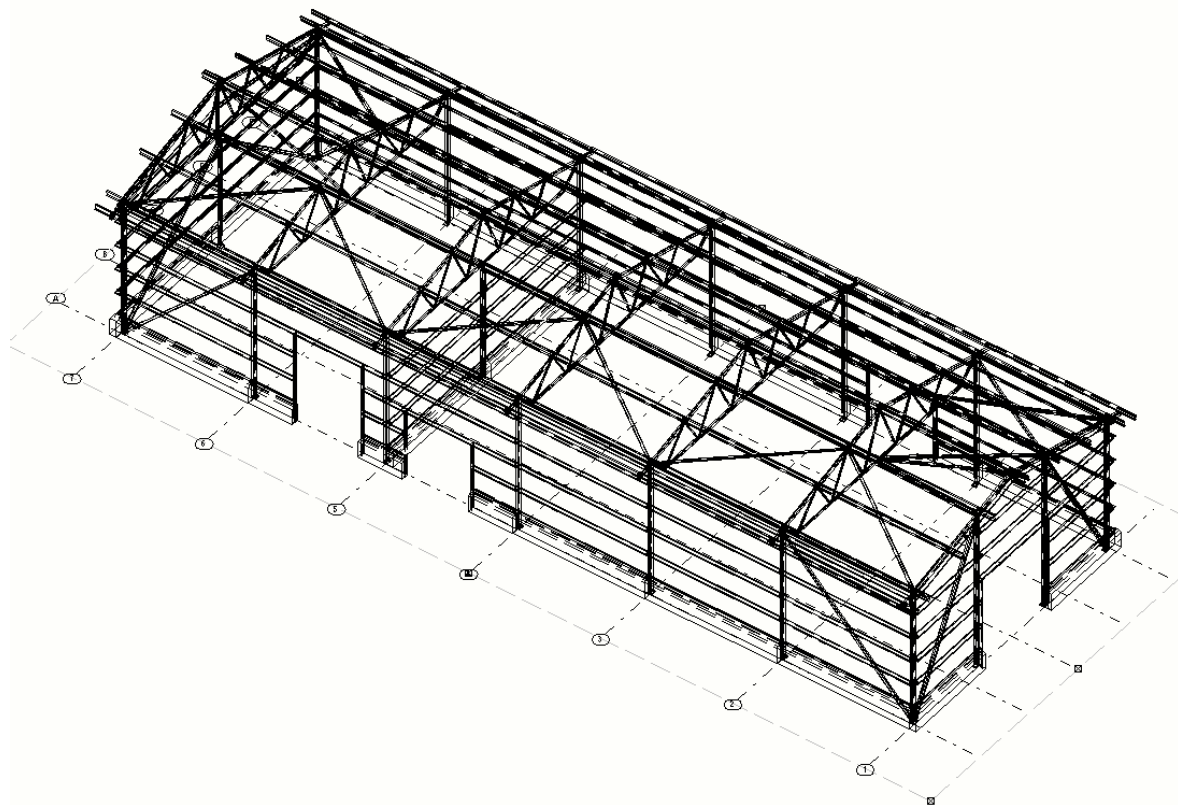
I planeringsstadiet använde jag en vanlig lösning för stålstommens tak, bestående av bitumenfilt, tre skikt mineralull, diffusionsspärr och profilplåt, vilket ger vikten  $0,6 \text{ kN/m}^2$ . Fackverken får därmed ta upp en linjelast på  $3,6 \text{ kN/m}$ . Även i detta fall blev det ändrat till Z-profiler och bärande takplåt efter att jag hade dimensionerat klart. Jag valde ändå inte att ändra om modellen både på grund av arbetsekonomiska orsaker och på grund av att även här väger Z-profilerna och takplåten mindre än den ursprungliga lösningen. Andra egenvikter som till exempel profilerna till de dimensionerade byggnadsdelarna räknar Robot ut av sig själv.

När jag dimensionerat stommen gjord av trä har jag använt mig av egenvikter enligt följande. Egenvikten på taket har jag använt  $0,4 \text{ kN/m}^2$ , eftersom takkonstruktionen består av takstolar, bär- och ströläkt samt falsad plåt. Väggens egenvikt valdes till  $0,5 \text{ kN/m}^2$ , vilket är vanligt antagande vad gäller spirvirke, spikreglar, mineralull och skivor.

## 4.2 Stålstomme

Dimensioneringen och modelleringen i Tekla och Robor har varit en tidskrävande del av mitt arbete. Strukturen på stålstommen har ändrats många gånger under arbetets gång. Ett stort problem som uppkom ganska tidigt var att verkstadsdelen skulle vara uppvärmd. Detta orsakade problem på grund av de tak- och väggmaterial som jag inledningsvis hade tänkt använda inte blev kostnadseffektiva. De fasadelement som jag tänkt använda på väggarna innebar att hela hallen skulle bli isolerad, men jag konstaterade att det är ganska onödigt att isolera den kalla delen. Samma problem uppkom med takkonstruktionen.

I stället beslutade jag att använda mig av bärande takplåt vid namn T45-30-905, tillverkad av Ruukki. Takplåten måste ju läggas i takfallets riktning, så då behövs sekundära balkar på fackverken. Dessa sekundära balkar även kallade takåsar valdes till lättbalkar av Z-profiler vid namn LP-Z200-2.5. Även dessa är tillverkade av Ruukki. Valet möjliggjorde att verkstadsdelen kunde isoleras på mellantaket medan den kalla delen kunde lämnas oisolerad. På väggarna användes en mindre Z-profil LP-Z150-1,5 tillsammans med fasadplåt. Ändringen bidrog till att egenvikten på takmaterialet bytte form från utbredd last till punktlaster, vilket har bidragit till att Robot-modellen skulle behövas ändras.



**Figur 10.** Stålstommen modellerad i Tekla Structures.

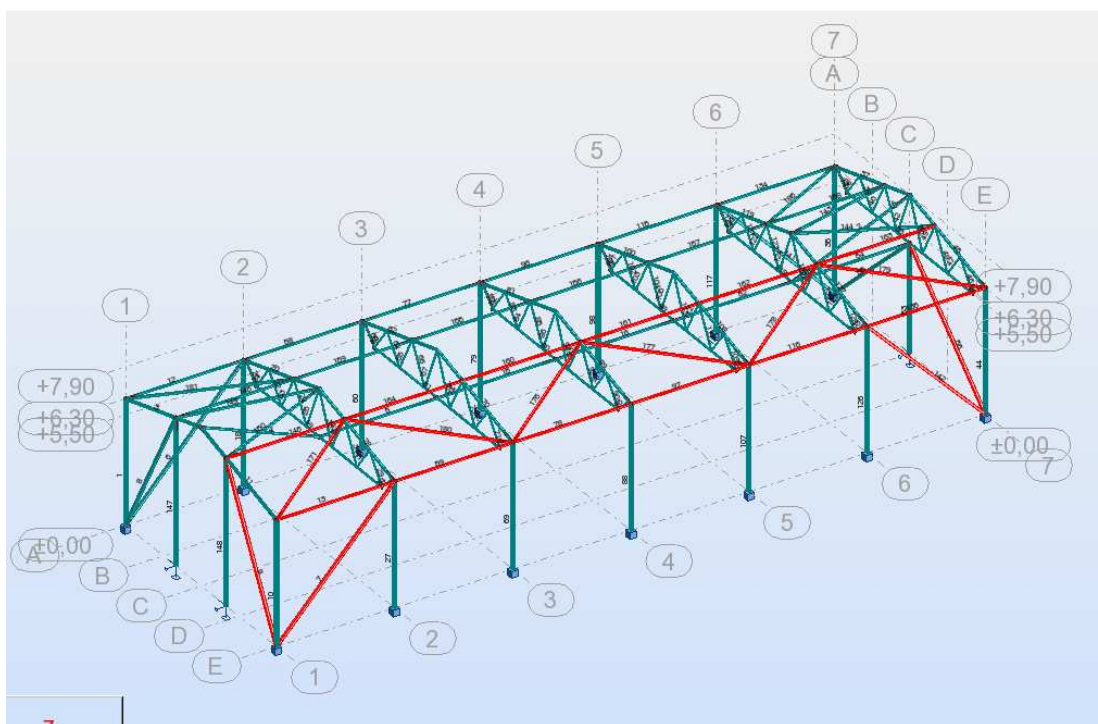
#### 4.2.1 Hallens strukturella utformning

En mycket vanlig strukturell utformning av en hallbyggnad är att man utnyttjar någon form av ram. Med ram innebär en kombination av två pelare och en balk. En ram till en hall kan utformas på två olika sätt, med eller utan svaj. Två vanliga sätt att utforma en ram med svaj är att man antingen gör en momentstyv anslutning mellan takbalk och pelare eller så utformar man takstolen så att både övre och undre ramstången blir ledat infäst i pelaren. Det sistnämnda alternativet skapar också en styv anslutning mellan pelare och fackverk och dessutom minskar den ramens förskjutning i sidled vid belastning.

Den hall som jag konstruerat bygger på principen med ram utan svaj. Valet till denna typ av ram, bygger på att det är en mycket vanlig utformning av låga hallar i Finland. Dessutom är den enklare att dimensionera jämfört med ram med svaj. Hallens ram utformas så att pelarna är fast inspända nedtill och ledat infästa upptill. Om ramarna inte förses med förstyvande snedstag tolkas utformningen som en ram med svaj.

I denna hall har jag använt mig av snedstag i väggar och tak. Taket har utformats som ett plant liggande fackverk som skall dels förstyva taket och dels överföra de horisontella krafterna från långsidans pelares toppar via gavlarnas snedstag ner till grunden (se figur 11). Ett annat sätt att förstyva taket är att utnyttja profilplåtens skivverkan. Denna metod kräver en tätare infästning av plåten (infästning från varje profilbotten till fackverk). I mitt fall har taket bara förstyvats på den ena sidan av taket. Detta beror på att spännvidden är så kort att fackverket klarar av att överföra krafterna till den sida där snedstagen finns.





**Figur 11** Vindstag finns vid alla hörn och deras uppgift är att överföra horisontella krafter ner till grunden. Vindstagen i taket är utformade som ett plant fackverk.

#### 4.2.2 Grunden

En nackdel med att använda ram med svaj är att pelarnas grunder blir större än för pelare som är ledat infästa både upptill och nedtill. Detta beror på att stjälpningsrisken ökar för pelarsulan på grund av att sulan måste klara av ett större moment<sup>15</sup>. Stålstommens grund blir en vanlig pelarsula. Grundbultarna blir fastgjutna i sulan så att monteringen löper smidigt.

#### 4.2.3 Pelarna

Utgångsdata som jag hade fått av min uppdragsgivare var att längden på hallen skulle vara kring 36 meter lång och bredden kring 12 meter. I ett tidigt skede blev det klart att byggnaden inte skulle innehålla några lyftanordningar det vill säga traverser, som skulle förorsaka stora moment i en viss riktning.

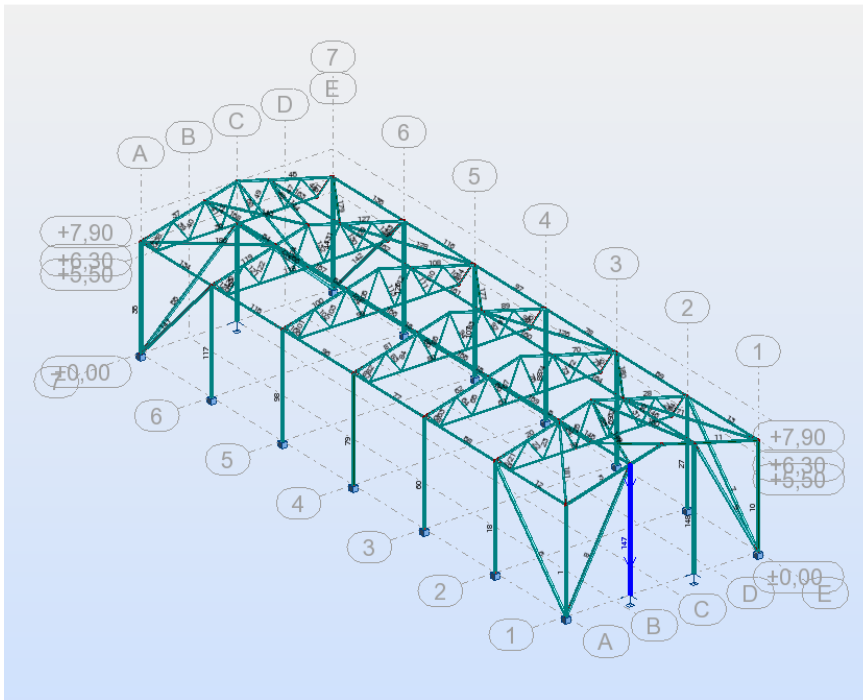
Längden på hallen resulterar i ett lämpligt centrumavstånd på sex meter på långsidornas pelare. På den ena gaveln skall en dörr placeras med bredden fyra meter. Detta leder till att gavelpelarna på denna sida placeras på ett centrumavstånd på fyra meter och fackverket byts ut mot balkar. Den andra gaveln utformas så att det är möjligt att förlänga hallen i

<sup>15</sup> Stålbyggnadsinstitutet 2008, s73

framtiden. Detta kräver dock att anslutningen mellan gavelpelaren och fackverket utformas så att fackverket kan röras fritt vertikalt. Om detta görs fel kan det innebära att när fackverket belastas och böjs ned, kan undre bommen på fackverket knäckas.

Vid val av pelarprofil finns några alternativ att välja mellan. De vanligaste profilerna för ändamålet är HEB, HEA, IPE eller rörprofiler av typ RHS. IPE-profilen lämpar sig mycket bra som balk så länge den är stagad i sidled. Som pelare lämpar sig profilen sämre, eftersom den är svag i dess vekare riktning. Ett mycket bra val skulle vara att använda en RHS-profil. Om hallen behövs brandisolerad skulle jag använda mig av denna profil då mycket bra brandmotstånd kan uppnås med denna profil då den fylls med armerad betong. Dessutom är de enligt min smak estetiskt mera tilltalande än H-profiler. Valet föll inte på RHS-profilen och då återstår valet mellan en HEA- och en HEB-profil. Båda profilerna är mycket stabila också i dess vekare riktning. Valet föll dock på HEA-profilen eftersom den utnyttjar materialet effektivare med hänsyn till styvheten EI. Då den väger mindre hålls vikten nere och blir därför ett mera kostnadseffektivt alternativ. Efter att dimensioneringen var klar blev resultatet HEA 140-profiler.

Eftersom pelarna är fast inspända nedtill förses pelarna med fotplåtar som upptar de moment som förekommer. Fotplåtarna monteras fast i grundsulan med hjälp av fyra fastgjutna grundbultar. En stor fördel med detta är att vid monteringen hålls pelarna att stå av sig själva. Det är möjligt att man har pelaren ledat infäst i dess vekare riktning eftersom snedstagen upptar den last som påverkar pelaren i den riktningen. Gavelpelarna kan utformas som pendelpelare, vilket innebär att de behöver stödas vid monteringen. Ett annat sätt är att utforma anslutningen till grunder med fyra bultar så att stagning vid montering inte behövs.

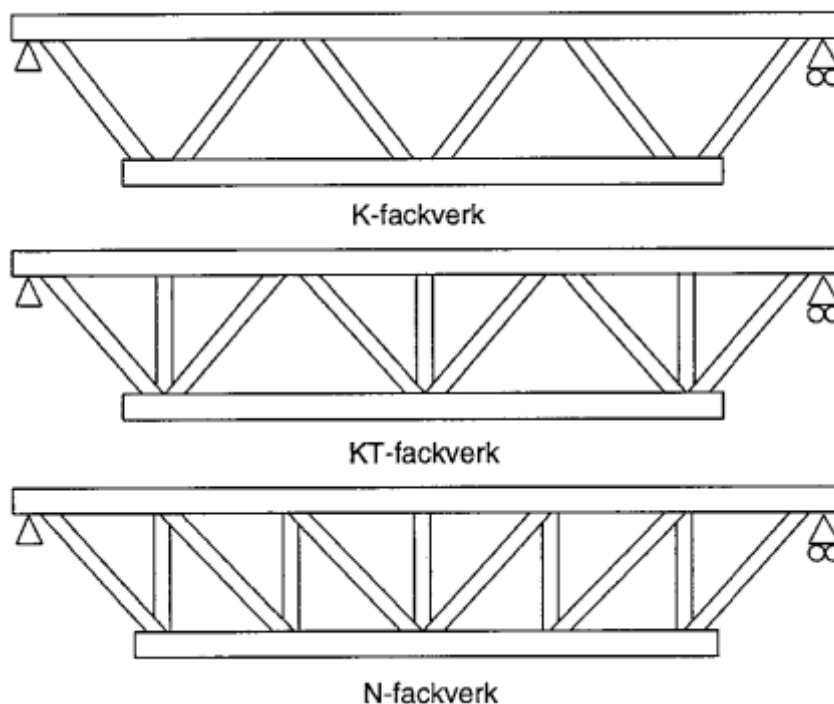


**Figur 12.** Den markerade pelaren fick största den utnyttjandegraden mycket på grund av dess längd.

Pelaren som fått största utnyttjandegraden vid dimensioneringen blev en gavelpelare bredvid dörröppning (se figur 12). Det dimensionerande lastfallet motsvarar full vind mot långsidan med övertryck inne i byggnaden, kombinerat med egenvikten och reducerad snölast.

#### 4.2.4 Fackverk

Byggnadens takstolar är utförda som fackverkstakstolar. Tre vanliga typer av fackverkstakstolar finns att välja mellan: K-, N- och KT-fackverk. I korthet kan man säga att det är diagonalernas placering som avgör vilken typ av fackverk som används.

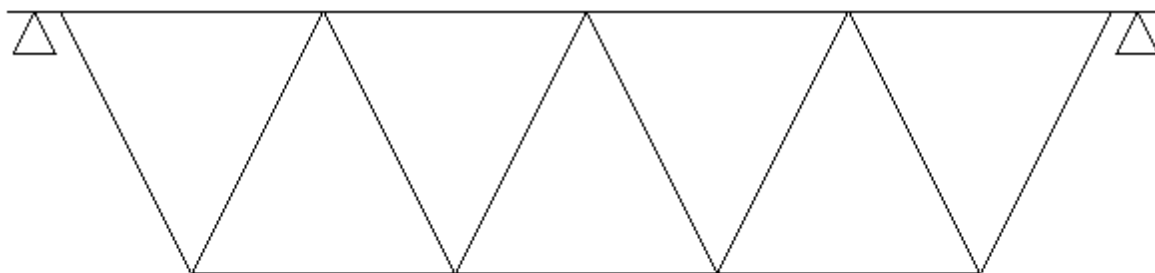


**Figur 13.** Placeringen av diagonalerna i fackverket bestämmer typen av fackverket <sup>16</sup>.

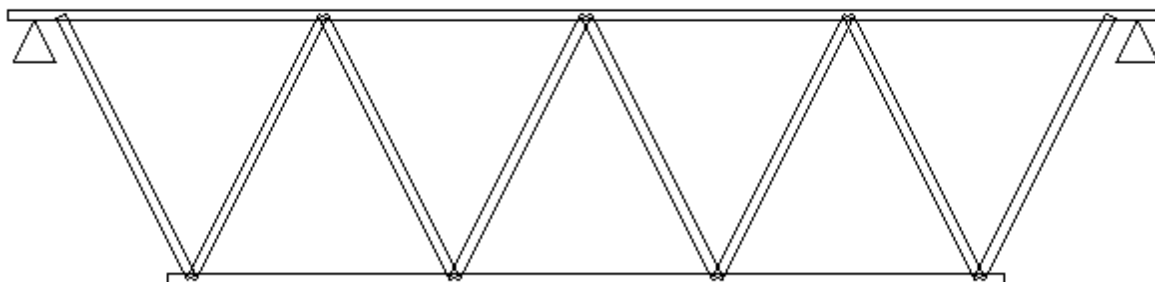
Jag har valt en K-fackverkstyp eftersom den lämpar sig mycket bra då lasterna från taket går via takets takåsar direkt till fackverkets knutpunkter. Fackverkets ramstänger är gjorda av rörprofiler av typen RHS. Övre ramstången på fackverkets har valts till en profil med måtten 100\*100\*8 mm. Måtten beskriver höjd\*bredd\*godstjocklek. Diagonalerna är av måtten 50\*50\*3 mm med undantag av den ytterst belägna diagonalen i båda sidorna. Dessa har valts till samma dimension som den undre ramstången, det vill säga 70\*70\*4 mm<sup>17</sup>.

<sup>16</sup> Rautaruukki 1997, s.185

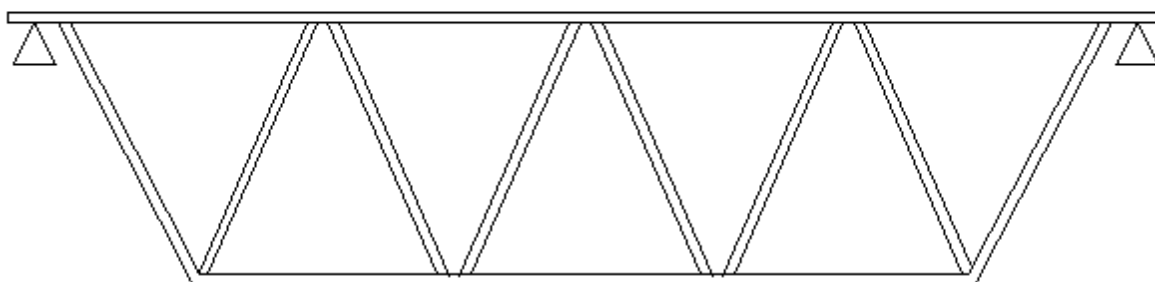
<sup>17</sup> Rautaruukkin putkipalkki käsikirja



Trådmodell enligt Robot



Trådmodell enligt Robot i verkligheten



Som fackverkstillverkaren vill ha det

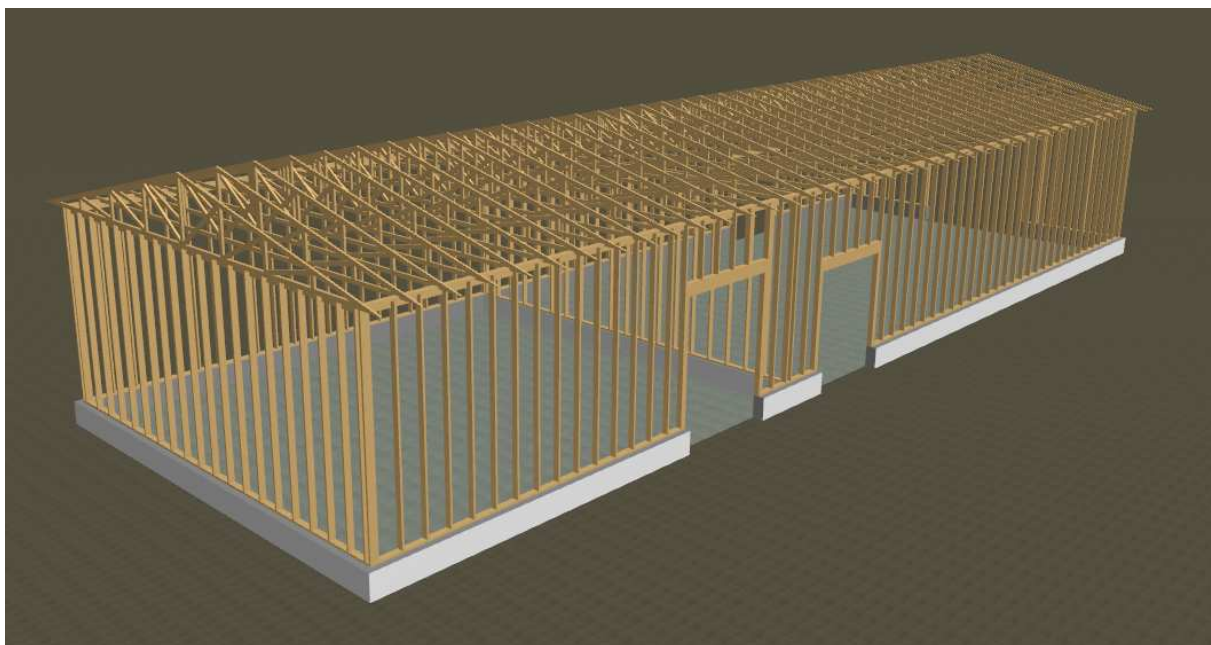
**Figur 14** En viktig sak att tänka på när man dimensionerar ett fackverk i Robot är att programmet inte tar i beaktande om diagonalerna går in i varandra.

Programmet Robot använder sig endast av trådmodeller och programmet tar inte i beaktande om diagonalerna går in i varandra (se figur 14). När fackverkstillverkaren skall tillverka ett fackverk, vill de oftast att diagonalerna placeras en liten bit från varandra eftersom tillverkningen underlättas. Om man flyttar på diagonalerna vid tillverkningen utan att det beaktats under dimensioneringen kan det tillkomma ett tilläggsmoment i förbanden som kan påverka både övre och undre ramstången. Detta innebär att man måste kontrollera knutpunkternas bärförmåga antingen för hand eller med lämpligt program (t.ex. med winrami).

Gavlarna har utformats på två vanliga sätt. På den ena gaveln har jag använt mig av en gavelbalk som vilar på gavelpelarna. Detta val gjorde jag eftersom uppdragsgivaren berättade att lagerdelen inte kommer att förstöras i framtiden. Däremot ville han att verkstadsdelen skulle kunna förstöras. Därför har en fackverkstakstol använts på den gaveln. På detta sätt kan man relativt enkelt förlänga byggnaden genom att skarva till byggnaden med likadana pelare och fackverk.

### 4.3 Trästomme

I detta examensarbete har jag även dimensionerat en hall gjord i trä. Hallen kommer att bestå av bärande väggar och takstolar (se figur 15). För att uppnå bästa tänkbara jämförande resultatet skulle idealet vara att använda sig av en trästomme bestående av limträpelare och limträbalkar eller takstolar. Min uppdragsgivare ville dock att hallen skulle vara gjord av spirvirke och takstolar, eftersom han är byggnadsarbetare och de materialen möjliggör att han kan bygga mycket på egen hand.



**Figur 15.** Modell av trästommen.

#### 4.3.1 Grunden

Grunden kommer att bestå av sockelelement. Sockelelementen kommer att ligga på plintar som blir placerade på ett c/c- avstånd på 6 m. Ett alternativt utförande är att gjuta en längsgående sula med tvärsnittsmått  $b \cdot h = 600 \cdot 300$  under yttervägg och mellanvägg och fästa sockelelementen i denna. Beroende på markförhållanden kan sockelelementen

ersättas med Leca-murning + längsgående armering. Mycket viktigt att förankra murningen i sulan, på grund av att hallen är så lätt!

### **4.3.2 Spirvirke**

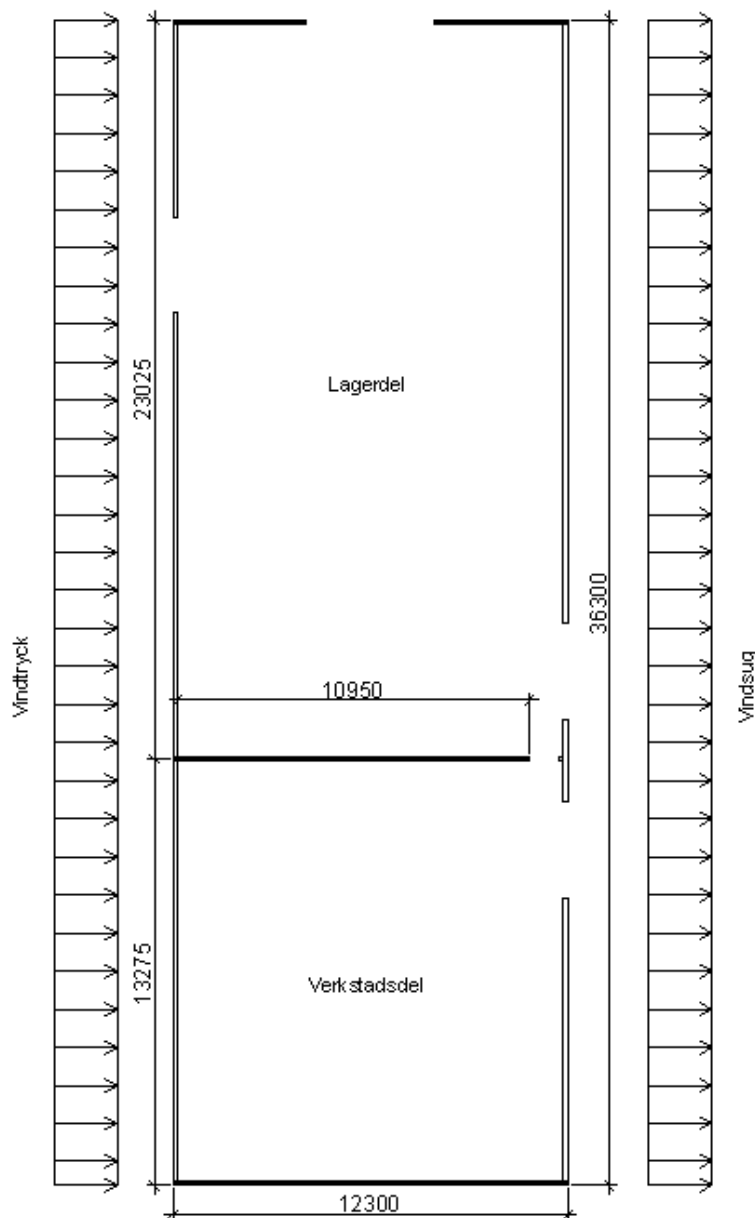
Inom husbyggnad brukar oftast stämpeltrycket på syllen bli avgörande när man dimensionerar spirvirke. I mitt fall handlar det om väldigt långa reglar och därför blev knäcklängden dimensionerande. Reglarna placeras på ett c/c-avstånd på 0,6 m, vilket innebär att en regel tar upp den last som verkar på ett område av 60 cm. Resultatet som jag fick var att spirvirket skall bestå klass C24 med måtten 50\*150 mm. Vid dörröppningarna blir ändå stämpeltrycket avgörande och det blir ett måste att placera två stycken reglar bredvid varandra för att ta upp vikten som uppkommer från dörröppningen. Även balkar av limträ måste placeras över dörröppningen för att ta upp den vikt som kommer från taket och reglarna.

### **4.3.3 Fackverk**

Som fackverk har vanliga åstakstolar använts. Även här finns en mängd takstolsmodeller att välja mellan, men åstakstolar är de vanligaste. Takstolarna brukar dimensioneras av fackverkstillverkaren så därför har jag valt att inte dimensionera dem.

### **4.3.4 Stabilisering av hallen**

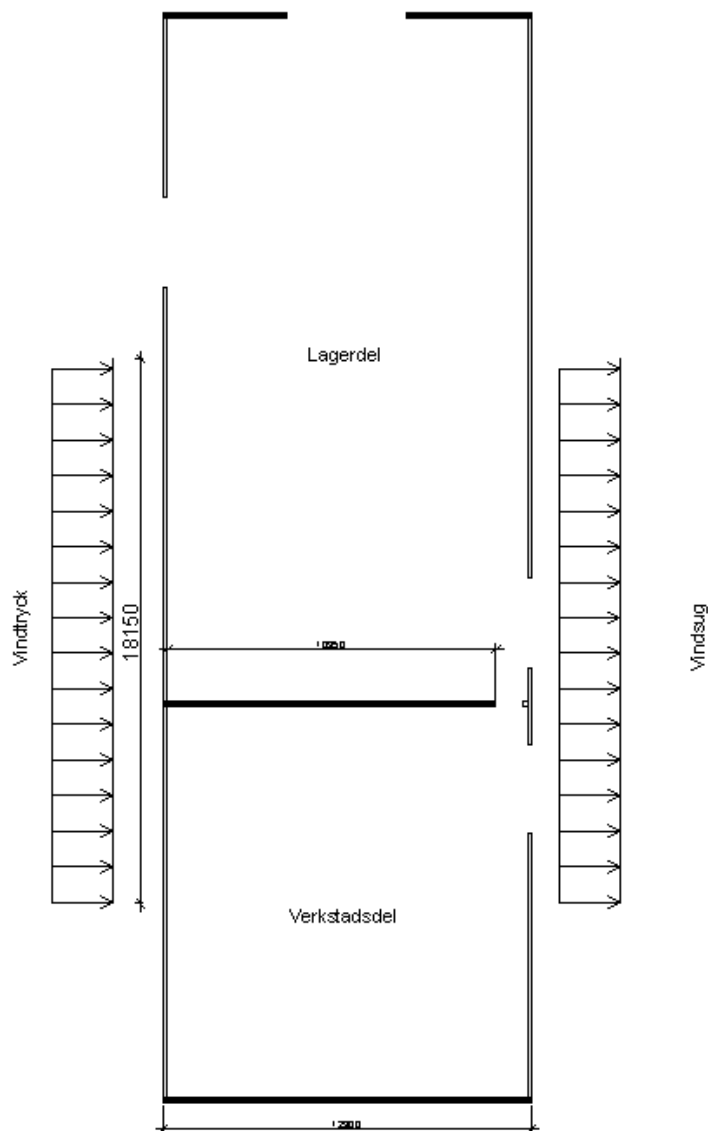
Till skillnad från stålstommen har inte trästommen på samma sätt enskilda snedstag som tar hand om de horisontella laster som uppkommer. I detta fall beräknas stabiliteten i olika byggnadsdelar med hjälp av skivor. Med detta menas att man vill uppnå att en byggnadsdel fungerar som en hel skiva och saker som inverkar är styvheten i skivan och fästdonens kapacitet.



**Figur 16.** Full vind mot långsidan skapar tryck på lovartssidan, samt ett sug på läsidan.

Vind mot långsidan skapar det farligaste lastfallet (figur 16). Mellanväggen tar emot den största kraften och även stor lyftkraft uppkommer på taket. Viktigt i och med att stor lyftkraft uppkommer på taket är att takstolarna fästs ordentligt i hammarbandet samt att väggen är ordentligt fäst i grunden. Eftersom mellanväggen fungerar som avskiljande vägg kräver brandnormen att den skall motstå 30 minuters brand. Min ursprungliga idé var att beklä väggen med gipsskivor på båda sidor om väggen, för att uppnå brandmotståndet. Om man placerar gipsskivor som fästs med skruvar klarade väggen med liten marginal av den horisontella kraft som uppkommer. Därför valde jag att förstärka mellanväggen ytterligare för att vara på säkra sidan.

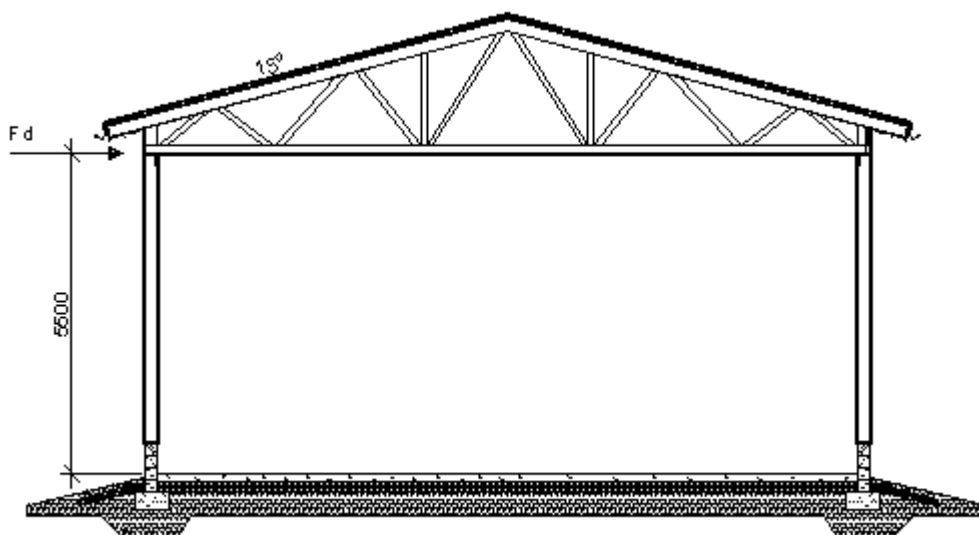




**Figur 17.** Mellanväggen får ta den största belastningen.

I det värsta tänkbara lastfallet uppkommer ett tryck mot vindsidan samt ett sug mot läsidan. Mellanväggen blir värst utsatt eftersom den får ta en last från halva verkstadsdelens längd och halva lagerdelens längd (se figur 17). Denna linjelast omvandlas till en punktlast som verkar på hammarbandet där mellanväggen är placerad. Den last som verkar över hammarbanden omvandlas även till en punktlast. Punktlasterna adderas ihop från både lovertssidan och läsidan och bildar punktlasten  $F_d$  på den ena sidan (se figur 18). Punktlasten verkar på en höjd av 5,5 meter. Den övre halvan av mellanväggen skall motstå den horisontella kraften och den kraft som uppkommer på den nedre halvan av mellanväggen överförs direkt till grunden. Stabiliseringen av väggenhet eller byggnadsdel bygger på att väggen är hel, det vill säga att väggen saknar öppningar. Ifall väggen

innehåller öppningar skall dessa tas i beaktande. I mitt fall är en dörr placerad i den ena sidan av väggen. För att vara på säkra räknade jag inte alls med det väggsnittet. Väggen får i så fall en totallängd på ungefär 10,8 meter. Om man dividerar kraften med väggens längd får man den kraft som skivan och skruvarna skall klara av per meter.



**Figur 18.** Punktlasten verkar på en höjd av 5,5 meter över markytan.

Resultatet blev att mellanväggen måste bekläs med OSB-plywoodskivor på den ena sidan och skivorna skall skruvas med skruvar av storlek är 3,9\*32 mm. Skruvarna skall placeras på ett c/c-avstånd på 150 mm. Gipsskivorna skall läggas på båda sidorna av mellanväggen och fästas på samma sätt som plywoodskivorna.

## 5 Kostnadsberäkning

I detta arbete har även gjorts en mycket grov kostnadsjämförelse mellan valda delar, (se bilaga 3). En del av kostnadsberäkningen har gjorts med hjälp av boken *Rakennusosien kustannuksia 2010(ROK)*, som grundar sig på kostnader av enskilda byggnadsdelar.

*ROK* har jag haft stor nytta av när jag beräknat kostnaderna på trästommen, men ett stort problem uppkom när stålstommen skulle beräknas. Stålfackverken har inga vanliga standardmodeller och därför finns inga uppgifter om dem i boken. Eftersom priset på stål varierar hela tiden är det svårt att hitta ett riktpis. Därför har jag tagit kontakt med en sakkunnig person som sysslar med att montera metallkonstruktioner. Priserna på fackverket är därför baserade på den personens uppgifter om riktgivande priser. Priset på stålstommen är priser på färdigt bearbetade stomdelar, det vill säga lackade, målade och svetsade. Detta tillvägagångssätt gör att kostnadsjämförelsen inte kan räknas som fullständig, men jämförelsen är medtagen för att få lite riktgivande information.

En stor fördel kostnadsmissigt om man bygger en hall gjord i stål, är att materialet tillverkas i en fabrik och själva monteringen av hallen går väldigt snabbt. Eftersom lite tid går åt till monteringen sparar man på arbetskostnader. Min hypotes är ändå att byggnaden skall vara av modell större för att man skall kunna utnyttja detta.

För att få ett jämförande resultat har jag avgränsat mig så att jag har tagit med endast valda delar som skiljer stommarna åt. Resultatet som jag kommit fram till är att stålhallen skulle vara dyrare. Bör ändå tillägga att kostnadsberäkningen är mycket grov och om projektet blir av bör en ännu noggrannare beräkning göras.

## 6 Resultat och slutdiskussion

Målsättningen med mitt examensarbete var att dimensionera och jämföra två olika stommar så att uppdragsgivaren skulle få en bra uppfattning om vilket stomalternativ han skall välja. Målsättningen uppfylldes eftersom två stommar blev dimensionerade och resultatet blev att det bästa alternativet är att bygga hallen genom att använda trästommen. Trästommen är en enkel konstruktion som möjliggör uppdragsgivaren att bygga mycket på egen hand, samt att det är i detta fall blir det billigaste alternativet. Däremot om hallen skulle ha varit dubbelt större skulle en stålstomme möjligtvis ha utgjort ett bättre alternativ.

Arbetsprocessen med detta examensarbete har varit väldigt lång och tidskrävande. Jag har fått lära mig många nya saker, bland annat modelleringen i programmen Tekla och Robot, vilket jag anser som en bra erfarenhet. Modelleringen i programmen resulterade även i fullständiga tillverkningsritningar. Brandutredningen var intressant och gav mig en bättre insyn i hur man praktiskt tillämpar de krav som finns. Examensarbetet har enligt mig lyckats bra eftersom jag kommit fram till vilket stomalternativ uppdragsgivaren skall välja.

## **Källförteckning**

Carling Olle (1992)

*Dimensionering av träkonstruktioner*

ISBN: 91-7332-608-9

E1 FINLANDS BYGGBESTÄMMELSESAMLING

Byggnaders brandsäkerhet

Föreskrifter och anvisningar 2011

E2 FINLANDS BYGGBESTÄMMELSESAMLING

Produktions- och lagerbyggnaders brandsäkerhet

Anvisningar 2005

Puurakenteiden suunnittelu

Eurokoodi 5-Lyhennetty suunnitteluohje

<http://www.puuinfo.fi/rakentaminen/eurokoodit/eurokoodi-5-lyhennetty-ohje-puurakenteiden-suunnittelu> (Hämtat 7.5.2011)

Puuinfo OY

Rakennustieto

*Rakennusosien kustannuksia 2010*

ISBN 976-951-682-949-7

SBI Stålbyggnadsinstitutet (2008)

*Stålbyggnad*

ISBN: 91-7127-042-6

SFS-EN 1991-1-3

Eurocode 1: Rakenteiden kuormat

Osa 1-3 Lumikuormat

+ nationell bilaga till standard SFS-EN 1991:2007

SFS-EN 1991-1-4

Eurocode 1: Rakenteiden Kuormat

Osa 1-4 Tuulikuormat

+ nationell bilaga till standard SFS-EN 1991:2007

SFS-EN 1993-1-1

Eurokod 3: Dimensionering av stålkonstruktioner

Del 1-1: Allmänna regler och regler för byggnader

SFS EN 1993-1-5

Eurokod 3: Dimensionering av stålkonstruktioner

Del 1-5: Plåtbalkar

SFS EN 1993-1-8

Eurokod 3: Dimensionering av stålkonstruktioner

Del 1-8: Dimensionering av knutpunkter och förband

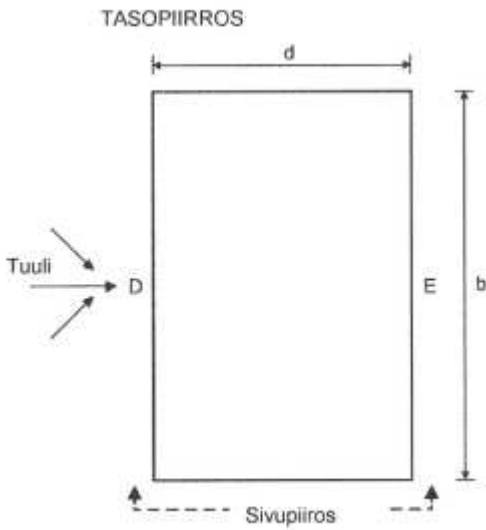
SFS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+AC:2006

Eurocode 5: Puurakenteiden suunnittelu

Osa 1-1: Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt

+nationell bilaga till standard SFS-EN 1995-1-1:2007

**Vind mot långsida**



$d := 12.3\text{m}$

$b := 36.3\text{m}$

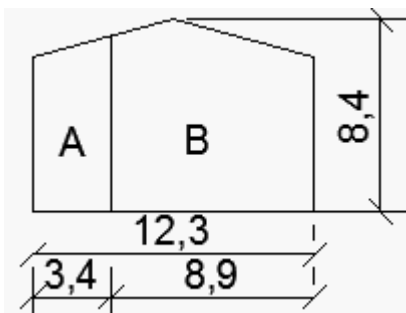
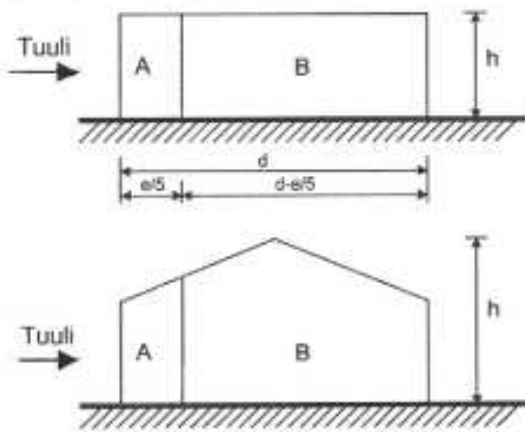
$h := 7.9\text{m} + 0.5\text{m} = 8.4\text{m}$

$e := \min(b, 2 \cdot h) = 16.8\text{m}$

$d = 12.3\text{m}$

elevation  $e > d$

SIVUPIIRROS, kun  $e > d$



$d = 12.3\text{m}$

$\frac{e}{5} = 3.4\text{m}$

$d - \frac{e}{5} = 8.9\text{m}$

$h = 8.4\text{m}$

$$\frac{h}{d} = 0.68 \quad \text{alla ytor är större än } 10 \text{ m}^2 = C_{P.e,10}$$

$$C_{P.eA} := -1.2$$

$$C_{P.eB} := -0.8 \quad \text{utläses ur tabell 7.1}$$

$$C_{P.eD} := 0.752$$

$$C_{P.eE} := -0.404$$

- **Undertryck på insidan  $C_{Pi} = -0,3$**   $C_{P.under} := -0.3$

Omräknas till att motsvara utsidans tecken

$$\text{område A: } C_{P.A.under} := [C_{P.eA} - (C_{P.under})] = -0.9$$

$$\text{område B: } C_{P.B.under} := [C_{P.eB} - (C_{P.under})] = -0.5$$

- **Övertryck på insidan  $C_{Pi} = 0,2$**   $C_{P.över} := 0.2$

Omräknas till att motsvara utsidans tecken

$$\text{område A: } C_{P.A.över} := [C_{P.eA} - (C_{P.över})] = -1.4$$

$$\text{område B: } C_{P.B.över} := [C_{P.eB} - (C_{P.över})] = -1$$

- Formeln

$$C_s \cdot C_d \cdot (C_{P.e} + C_{P.i}) \cdot Q_p \cdot A_{ref}$$

$Q_p$  läses ur bild 4,5 s  
terrängklass 2

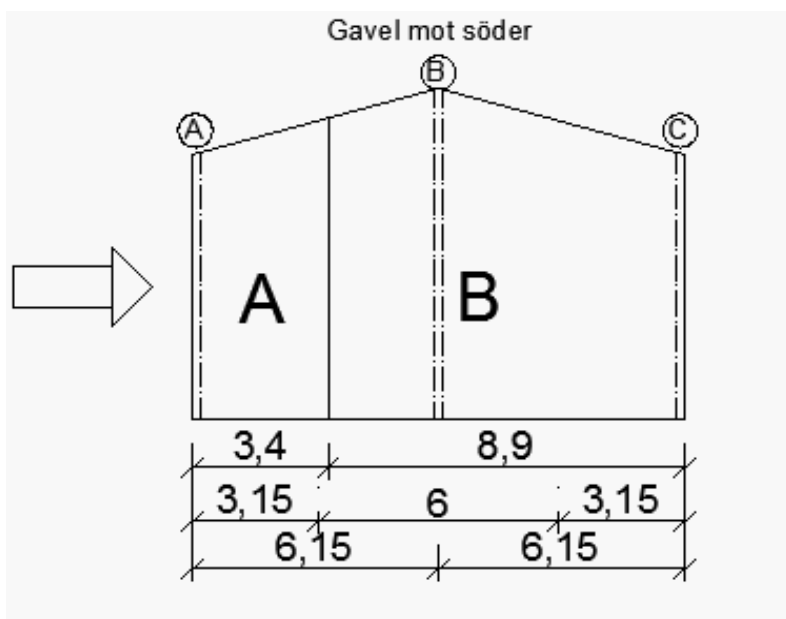
$$1 \cdot (C_{P.e} + C_{P.i}) \cdot Q_p \cdot A_{ref}$$

$$Q_p := 0.61 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$



Linjelast per pelare på södra gaveln

- Övertryck på insidan



Pelare mot söder får benämningen s

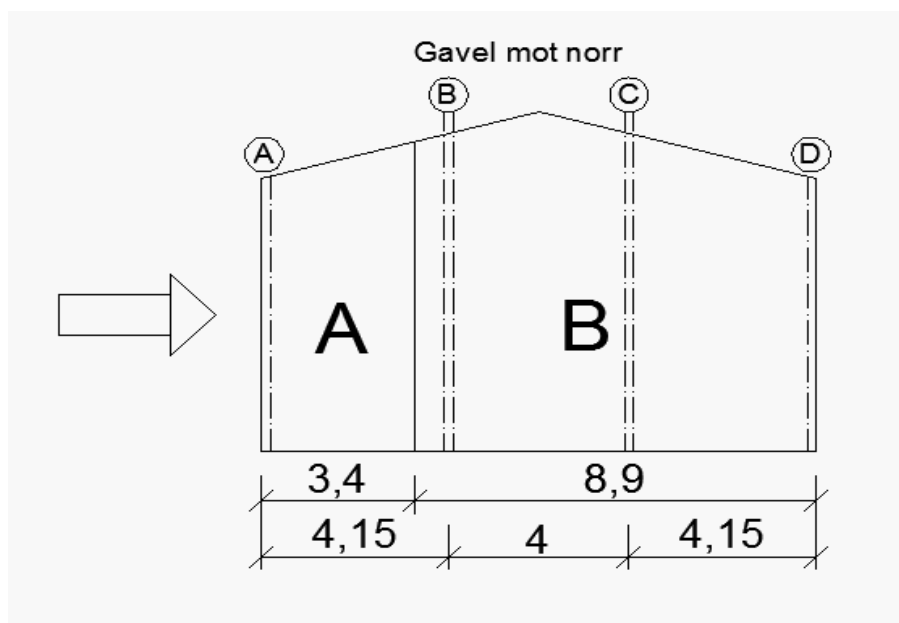
$$F_{w.s.Pelare.A} := C_{P.A.över} \cdot Q_p \cdot 3,15m = -2,69 \cdot \frac{kN}{m}$$

$$F_{w.s.Pelare.B} := C_{P.A.över} \cdot Q_p \cdot 0,25m + C_{P.B.över} \cdot Q_p \cdot 5,75m = -3,72 \cdot \frac{kN}{m}$$

$$F_{w.s.Pelare.C} := C_{P.B.över} \cdot Q_p \cdot 3,15m = -1,92 \cdot \frac{kN}{m}$$

Linjelast per pelare på Norra gaveln

- Övertryck på insidan



$$F_{w.n.Pelare.A} := C_{P.A.över} \cdot Q_p \cdot 2.15m = -1.84 \cdot \frac{kN}{m}$$

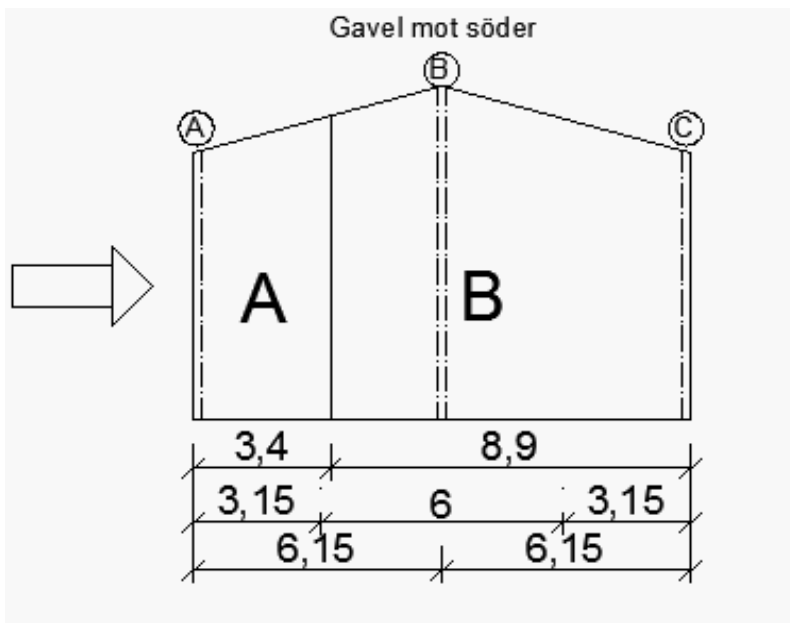
$$F_{w.n.Pelare.B} := C_{P.A.över} \cdot Q_p \cdot 1.25m + C_{P.B.över} \cdot Q_p \cdot 2.75m = -2.75 \cdot \frac{kN}{m}$$

$$F_{w.n.Pelare.C} := C_{P.B.över} \cdot Q_p \cdot 4m = -2.44 \cdot \frac{kN}{m}$$

$$F_{w.n.Pelare.D} := C_{P.B.över} \cdot Q_p \cdot 2.15m = -1.31 \cdot \frac{kN}{m}$$

**Linjelast per pelare på södra gaveln**

- undertryck på insidan

**Pelare mot söder får benämningen s**

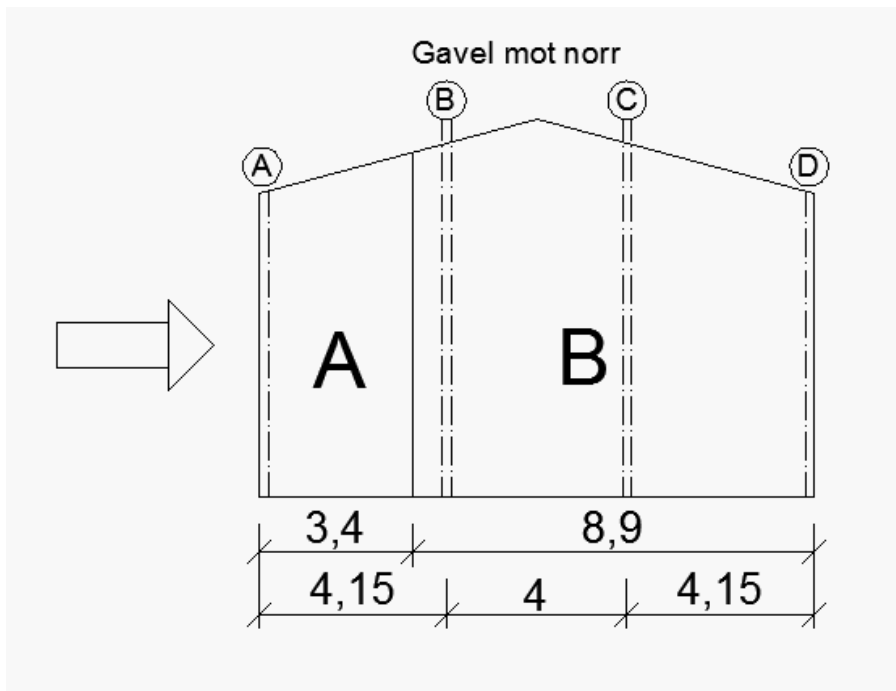
$$F_{w.s.Pelare.A} := C_{P.A.under} \cdot Q_p \cdot 3.15m = -1.73 \cdot \frac{kN}{m}$$

$$F_{w.s.Pelare.B} := C_{P.A.under} \cdot Q_p \cdot 0.25m + C_{P.B.under} \cdot Q_p \cdot 5.75m = -1.89 \cdot \frac{kN}{m}$$

$$F_{w.s.Pelare.C} := C_{P.B.under} \cdot Q_p \cdot 3.15m = -0.96 \cdot \frac{kN}{m}$$

Linjelast per pelare på Norra gaveln

- Undertryck på insidan



Pelare mot norr får benämningen n

$$F_{\text{undertryck}} \text{ på Pelare A} := C_{P.A.under} \cdot Q_p \cdot 2,15\text{m} = -1,18 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$F_{\text{undertryck}} \text{ på Pelare B} := C_{P.A.under} \cdot Q_p \cdot 1,25\text{m} + C_{P.B.under} \cdot Q_p \cdot 2,75\text{m} = -1,53 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$F_{\text{undertryck}} \text{ på Pelare C} := C_{P.B.under} \cdot Q_p \cdot 4\text{m} = -1,22 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$F_{\text{undertryck}} \text{ på Pelare D} := C_{P.B.under} \cdot Q_p \cdot 2,15\text{m} = -0,66 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

**Linjelast per (Långside) pelare på vindtryckssidan**

- Byggnadens sida D enligt normerna

- **Undertryck på insidan  $C_{Pi} = -0,3$**   $C_{P,under} := -0,3$

Omräknas till att motsvara utsidans tecken

$$\text{område D: } C_{P,D,under} := [C_{P,eD} - (C_{P,under})] = 1,05$$

$$\text{område E: } C_{P,E,under} := [C_{P,eE} - (C_{P,under})] = -0,1$$

- **Övertryck på insidan  $C_{Pi} = 0,2$**   $C_{P,över} := 0,2$

Omräknas till att motsvara utsidans tecken

$$\text{område D: } C_{P,D,över} := [C_{P,eD} - (C_{P,över})] = 0,55$$

$$\text{område E: } C_{P,E,över} := [C_{P,eE} - (C_{P,över})] = -0,6$$

**Övertryck (insidan)**

$$\text{kantpelare}_D := C_{P,D,över} \cdot Q_p \cdot 3,15\text{m} = 1,06 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{mittpelare}_D := C_{P,D,över} \cdot Q_p \cdot 6\text{m} = 2,02 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

**Undertryck (insidan)**

$$\text{kantpelare}_D := C_{P,D,under} \cdot Q_p \cdot 3,15\text{m} = 2,02 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{mittpelare}_D := C_{P,D,under} \cdot Q_p \cdot 6\text{m} = 3,85 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

**Linjelast per (Långside) pelare på läsidan**

- Byggnadens sida E enligt normerna

**Övertryck (insidan)**

$$\text{kantpelare}_D := C_{P,E,över} \cdot Q_p \cdot 3,15\text{m} = -1,16 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

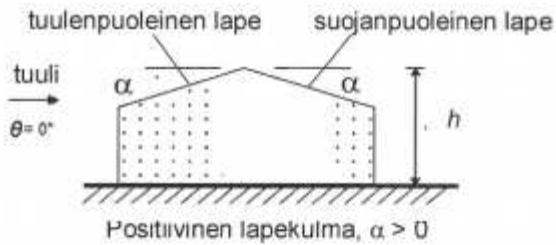
$$\text{mittpelare}_D := C_{P,E,över} \cdot Q_p \cdot 6\text{m} = -2,21 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

**Undertryck (insidan)**

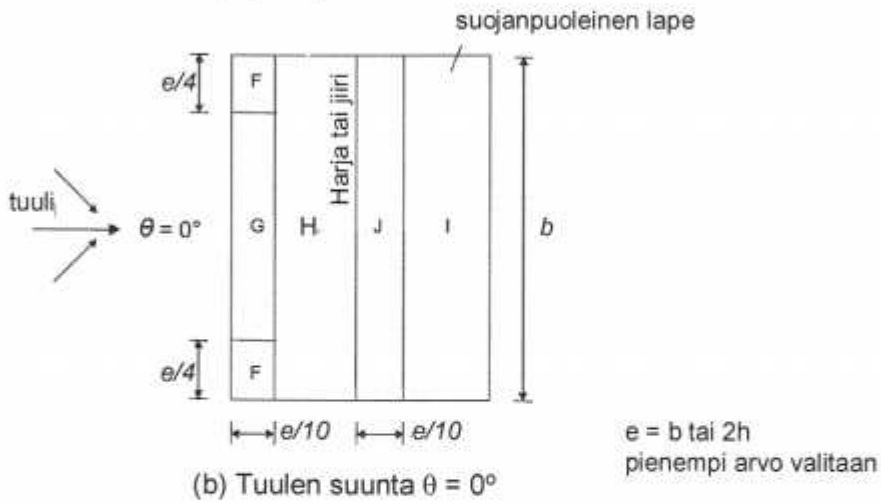
$$\text{kantpelare}_D := C_{P,E,under} \cdot Q_p \cdot 3,15\text{m} = -0,2 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{mittpelare}_D := C_{P,E,under} \cdot Q_p \cdot 6\text{m} = -0,38 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

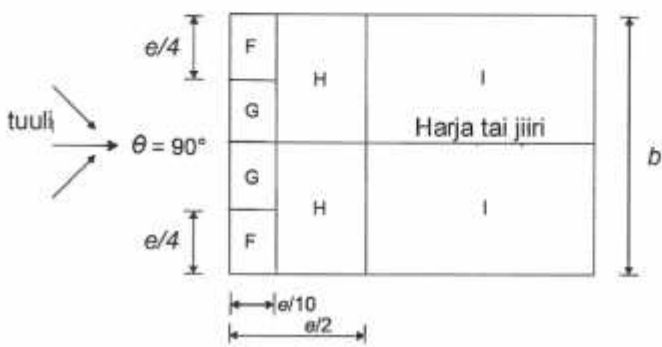
$$e_{\text{min}} := \min(b, 2 \cdot h) = 16.8 \text{ m}$$



(a) Sivupiirros



(b) Tuulen suunta  $\theta = 0^\circ$



(c) Tuulen suunta  $\theta = 90^\circ$

- Vinden blåser mot långsidan

$$\frac{e}{4} = 4.2 \text{ m}$$

$$\frac{e}{10} = 1.68 \text{ m}$$

takvinkeln är  $15^\circ$

tabell 7.4 a

området F

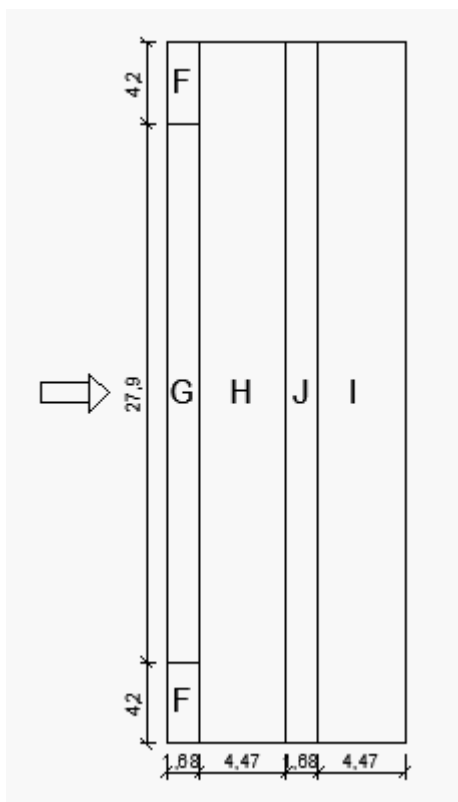
$$4.2 \cdot 1.68 = 7.06 < 10 \text{ m}^2$$

interpolera faktorn F

Får det till -1,22 eller +0,2

övriga områden är större än  $10 \text{ m}^2 = C_{Pe,10}$

$C_p$  koefficienter enligt följande



	max sug	max tryck
område F:	$C_{P.eF.sug} := -1.22$	$C_{P.eF.tryck} := 0.2$
område G	$C_{P.eG.sug} := -0.8$	$C_{P.eG.tryck} := 0.2$
område H:	$C_{P.eH.sug} := -0.3$	$C_{P.eH.tryck} := 0.2$
område J	$C_{P.eJ.sug} := -1$	$C_{P.eJ.tryck} := 0$
område I	$C_{P.eI.sug} := -0.4$	$C_{P.eI.tryck} := 0$

- max tryck + övertryck  $C_{P.över} = 0.2$
- Omräknas till att motsvara utsidans tecken

$$\text{område F: } C_{P.F.över} := [C_{P.eF.sug} - (C_{P.över})] = -1.42$$

$$\text{område G } C_{P.G.över} := [C_{P.eG.sug} - (C_{P.över})] = -1$$

$$\text{område H: } C_{P.H.över} := [C_{P.eH.sug} - (C_{P.över})] = -0.5$$

$$\text{område J } C_{P.J.över} := [C_{P.eJ.sug} - (C_{P.över})] = -1.2$$

$$\text{område I } C_{P.I.över} := [C_{P.eI.sug} - (C_{P.över})] = -0.6$$

- maxtryck + undertryck  $C_{P.under} = -0.3$

Omräknas till att motsvara utsidans tecken

$$\text{område F: } C_{P.F.under} := [C_{P.eF.tryck} - (C_{P.under})] = 0.5$$

$$\text{område G: } C_{P.G.under} := [C_{P.eG.tryck} - (C_{P.under})] = 0.5$$

$$\text{område H: } C_{P.H.under} := [C_{P.eH.tryck} - (C_{P.under})] = 0.5$$

$$\text{område J: } C_{P.J.under} := [C_{P.eJ.tryck} - (C_{P.under})] = 0.3$$

$$\text{område I: } C_{P.I.under} := [C_{P.eI.tryck} - (C_{P.under})] = 0.3$$

#### Kanttakstolarna får följande laster.

- övertryck (lyft)

$$\text{område F: } k_{\text{takstol F över}} := C_{P.F.över} \cdot Q_n \cdot 3.15\text{m} = -2.73 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{område H: } k_{\text{takstol H över}} := C_{P.H.över} \cdot Q_n \cdot 3.15\text{m} = -0.96 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{område J: } k_{\text{takstol I över}} := C_{P.I.över} \cdot Q_n \cdot 3.15\text{m} = -2.31 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{område I: } k_{\text{takstol.I.över}} := C_{P.I.över} \cdot Q_p \cdot 3.15\text{m} = -1.15 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

- undertryck (tryck på taket)

$$\text{område F: } k_{\text{takstol F under}} := C_{P.F.under} \cdot Q_n \cdot 3.15\text{m} = 0.96 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{område H: } k_{\text{takstol H under}} := C_{P.H.under} \cdot Q_n \cdot 3.15\text{m} = 0.96 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{område J: } k_{\text{takstol I under}} := C_{P.I.under} \cdot Q_n \cdot 3.15\text{m} = 0.58 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{område I: } k_{\text{takstol.I.under}} := C_{P.I.under} \cdot Q_p \cdot 3.15\text{m} = 0.58 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

**Näst yttersta takstolarna får följande laster.**

- övertryck (lyft)

$$4.2 - 3.15 = 1.05$$

$$\text{område F/G: } n_{y \text{ takstol.F.över}} := C_{P.F.över} \cdot Q_p \cdot (4.2\text{m} - 3.15\text{m}) + C_{P.G.över} \cdot Q_p \cdot (6\text{m} - 1.05\text{m}) = -3.93 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{område H: } n_{y \text{ takstol.H.över}} := C_{P.H.över} \cdot Q_p \cdot 6\text{m} = -1.83 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{område J } n_{y \text{ takstol.J.över}} := C_{P.J.över} \cdot Q_p \cdot 6\text{m} = -4.39 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{område I } n_{y \text{ takstol.I.över}} := C_{P.I.över} \cdot Q_p \cdot 6\text{m} = -2.2 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

- undertryck

$$\text{område F/G: } n_{y \text{ takstol.F.under}} := C_{P.F.under} \cdot Q_p \cdot (4.2\text{m} - 3.15\text{m}) + C_{P.G.under} \cdot Q_p \cdot (6\text{m} - 1.05\text{m}) = 1.83 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{område H: } n_{y \text{ takstol.H.under}} := C_{P.H.under} \cdot Q_p \cdot 6\text{m} = 1.83 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{område J } n_{y \text{ takstol.J.under}} := C_{P.J.under} \cdot Q_p \cdot 6\text{m} = 1.1 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{område I } n_{y \text{ takstol.I.under}} := C_{P.I.under} \cdot Q_p \cdot 6\text{m} = 1.1 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

**Mittersta takstolarna får följande laster.**

- övertryck (lyft)

$$\text{område F/G: } m_{\text{takstol.F.över}} := C_{P.G.över} \cdot Q_p \cdot (6\text{m}) = -3.66 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{område H: } m_{\text{takstol.H.över}} := C_{P.H.över} \cdot Q_p \cdot 6\text{m} = -1.83 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{område J } m_{\text{takstol.J.över}} := C_{P.J.över} \cdot Q_p \cdot 6\text{m} = -4.39 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{område I } m_{\text{takstol.I.över}} := C_{P.I.över} \cdot Q_p \cdot 6\text{m} = -2.2 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

- undertryck

$$\text{område F/G: } m_{\text{takstol.F.under}} := C_{P.G.under} \cdot Q_p \cdot (6\text{m}) = 1.83 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{område H: } m_{\text{takstol.H.under}} := C_{P.H.under} \cdot Q_p \cdot 6\text{m} = 1.83 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{område J } m_{\text{takstol.J.under}} := C_{P.J.under} \cdot Q_p \cdot 6\text{m} = 1.1 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{område I } m_{\text{takstol.I.under}} := C_{P.I.under} \cdot Q_p \cdot 6\text{m} = 1.1 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$



## Vindlaster på väggar och tak vid vind mot gavel

Vid vind mot gaveln (linje 1) fås följande vindlast för de olika delytorna

$$h = 8.4 \text{ m}$$

$$\underset{\text{ww}}{d} := 36.3$$

$$\frac{h}{d} = 0.23 \text{ m} \leq 0.25$$

- **Undertryck**

område A:  $C_{P.eA.under} := [-1.2 - (-0.3)] = -0.9$

område B:  $C_{P.eB.under} := [-0.8 - (-0.3)] = -0.5$

område C:  $C_{P.eC.under} := [-0.5 - (-0.3)] = -0.2$

område D:  $C_{P.eD.under} := [0.7 - (-0.3)] = 1$

område E:  $C_{P.eE.under} := [-0.3 - (-0.3)] = 0$

$$F_{w.A} := 1.0 \cdot (C_{P.eA.under}) \cdot Q_p = -0.55 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$F_{w.B} := 1.0 \cdot (C_{P.eB.under}) \cdot Q_p = -0.31 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$F_{w.C} := 1.0 \cdot (C_{P.eC.under}) \cdot Q_p = -0.12 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$F_{w.D} := 1.0 \cdot (C_{P.eD.under}) \cdot Q_p = 0.61 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$F_{w.E} := 1.0 \cdot (C_{P.eE.under}) \cdot Q_p = 0 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

### Linjelaster (riktning parallellt med vindriktning) för lovarts gavelpelare Undertryck

- Södra gaveln

$$\text{Gavelhörnpelare}_S := 3.15 \text{ m} \cdot F_{w.D} = 1.92 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{Gavelpelare}_S := 6 \text{ m} \cdot F_{w.D} = 3.66 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

- Norra gaveln

$$\text{Gavelhörnpelare}_N := 2.15 \text{ m} \cdot F_{w.D} = 1.31 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{Gavelpelare}_N := 4 \text{ m} \cdot F_{w.D} = 2.44 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

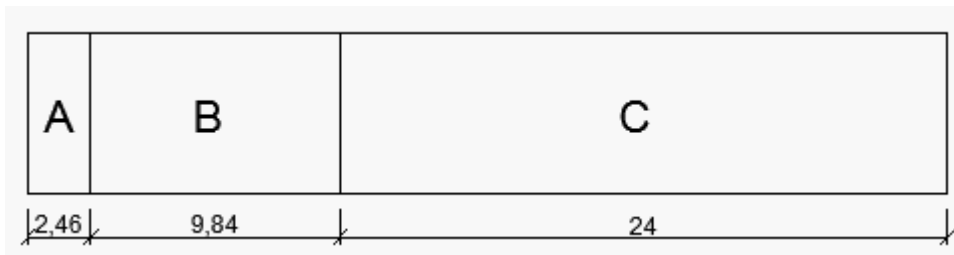
### Linjelaster (riktning vinkelrätt med vindriktning) för långsidanspelare Undertryck

$$\underset{\text{ww}}{b} := 12.3 \text{ m} \quad \underset{\text{ww}}{h} := 8.4 \text{ m} \quad \underset{\text{ww}}{d} := 36.3 \text{ m}$$

$$\underset{\text{ww}}{e} := \min(b, 2 \cdot h) = 12.3 \text{ m}$$

$$e < d$$

$$\frac{e}{5} = 2.46 \text{ m} \quad \frac{4}{5} \cdot e = 9.84 \text{ m} \quad d - e = 24 \text{ m}$$



• Pelare längsidan

$$\text{linje}_{1.\text{under}} := 2.46 \text{ m} \cdot F_{w,A} + (3.15 \text{ m} - 2.46 \text{ m}) \cdot F_{w,B} = -1.56 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

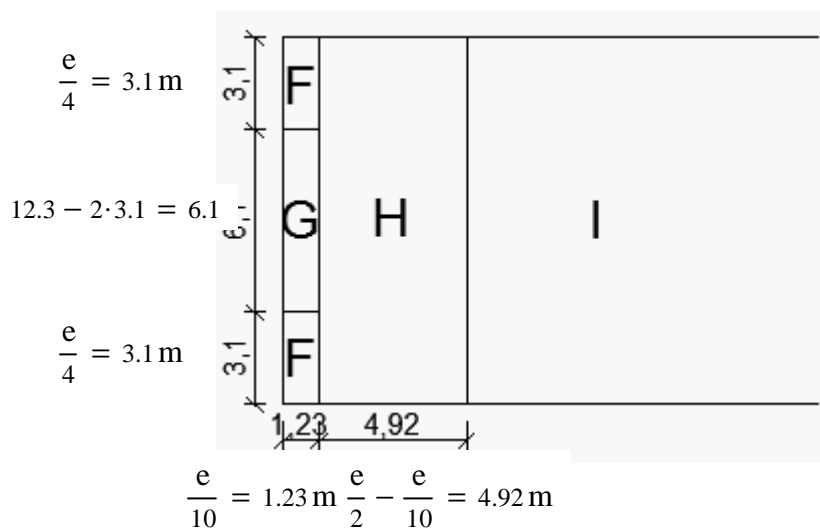
$$\text{linje}_{2.\text{under}} := 6 \text{ m} \cdot F_{w,B} = -1.83 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{linje}_{3.\text{under}} := 3 \text{ m} \cdot F_{w,B} + 3 \text{ m} \cdot F_{w,C} = -1.28 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{linje}_{4..6.\text{under}} := 6 \text{ m} \cdot F_{w,C} = -0.73 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{linje}_{7.\text{under}} := 3.3 \text{ m} \cdot F_{w,C} = -0.4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

**Vid vind mot gaveln linje 1 fås följande vindlast i takets olika delar undertryck**



$$\text{minsta zonen} \quad \frac{e}{10} \cdot \frac{e}{4} = 3.8 \text{ m}^2$$

F interpoleras till -1.73

G interpoleras till -1.48

$$\begin{aligned} \text{område F: } C_{P.eF.under} &:= [-1.73 - (-0.3)] = -1.43 \\ \text{område G } C_{P.eG.under} &:= [-1.48 - (-0.3)] = -1.18 \\ \text{område H: } C_{P.eH.under} &:= [-0.6 - (-0.3)] = -0.3 \\ \text{område I } C_{P.eI.under} &:= [-0.5 - (-0.3)] = -0.2 \end{aligned}$$

$$F_{w.F} := 1.0 \cdot (C_{P.eF.under}) \cdot Q_p = -0.87 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$F_{w.G} := 1.0 \cdot (C_{P.eG.under}) \cdot Q_p = -0.72 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$F_{w.H} := 1.0 \cdot (C_{P.eH.under}) \cdot Q_p = -0.18 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$F_{w.I} := 1.0 \cdot (C_{P.eI.under}) \cdot Q_p = -0.12 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

**Takstolarna får följande linjelast per takstol**

$$\text{takstol}_{\text{linje1.F.under}} := 1.23\text{m} \cdot F_{w.F} + (3.3\text{m} - 1.23\text{m}) \cdot F_{w.H} = -1.45 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{takstol}_{\text{linje1.G.under}} := 1.23\text{m} \cdot F_{w.G} + (3.3\text{m} - 1.23\text{m}) \cdot F_{w.H} = -1.26 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{takstol}_{\text{linje2.under}} := (6.15\text{m} - 3.15\text{m}) \cdot F_{w.H} + (6.15\text{m} - 2.85\text{m}) \cdot F_{w.I} = -0.95 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{takstol}_{\text{linje3..6.under}} := 6\text{m} \cdot F_{w.I} = -0.73 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{takstol}_{\text{linje7.under}} := 3.15\text{m} \cdot F_{w.I} = -0.38 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

- **Övertryck**

$$\text{område } C_{P.eA.över} := [-1.2 - (0.2)] = -1.4$$

$$\text{område B } C_{P.eB.över} := [-0.8 - (0.2)] = -1$$

$$\text{område C: } C_{P.eC.över} := [-0.5 - (0.2)] = -0.7$$

$$\text{område D } C_{P.eD.över} := [0.7 - (0.2)] = 0.5$$

$$\text{område E } C_{P.eE.över} := [-0.3 - (0.2)] = -0.5$$

$$F_{w.A.över} := 1.0 \cdot (C_{P.eA.över}) \cdot Q_p = -0.85 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$F_{w.B.över} := 1.0 \cdot (C_{P.eB.över}) \cdot Q_p = -0.61 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$F_{w.C.över} := 1.0 \cdot (C_{P.eC.över}) \cdot Q_p = -0.43 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$F_{w.D.över} := 1.0 \cdot (C_{P.eD.över}) \cdot Q_p = 0.31 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$F_{w.E.över} := 1.0 \cdot (C_{P.eE.över}) \cdot Q_p = -0.31 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

### Linjelaster (riktning parallellt med vindriktning) för lovarts gavelpelare Undertryck

- **Södra gaveln lovartssidan**

$$\text{Gavelhörnpelare.S.lovart} := 3.15\text{m} \cdot F_{w.D.över} = 0.96 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{GavelpelareS.lovart} := 6\text{m} \cdot F_{w.D.över} = 1.83 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

- **Södra gaveln läsidan**

$$\text{Gavelhörnpelare.S.lä} := 2.15\text{m} \cdot F_{w.E.över} = -0.66 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{GavelpelareS.lä} := 4\text{m} \cdot F_{w.D.över} = 1.22 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

- **Norra gaveln lovartsidan**

$$\text{Gavelhörnpelare.N.lovart} := 2.15\text{m} \cdot F_{w.D.över} = 0.66 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{GavelpelareN.lovart} := 4\text{m} \cdot F_{w.D.över} = 1.22 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

- **Norra gaveln läsidan**

$$\text{Gavelhörnpelare.N.lä} := 2.15\text{m} \cdot F_{w.E.över} = -0.66 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{GavelpelareN.lä} := 4\text{m} \cdot F_{w.E.över} = -1.22 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

## Linjelaster (riktning vinkelrätt med vindriktning) för långsidanspelare Undertryck

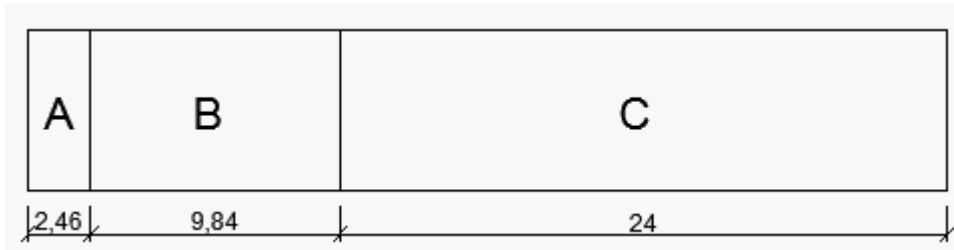
BILAGA 1

$$b_{\text{w}} := 12.3 \text{ m} \quad h_{\text{w}} := 8.4 \text{ m} \quad d_{\text{w}} := 36.3 \text{ m}$$

$$e_{\text{w}} := \min(b, 2 \cdot h) = 12.3 \text{ m}$$

$$e < d$$

$$\frac{e}{5} = 2.46 \text{ m} \quad \frac{4}{5} \cdot e = 9.84 \text{ m} \quad d - e = 24 \text{ m}$$



### • Pelare långsidan

$$\text{linje}_{1.\text{över}} := 2.46 \text{ m} \cdot F_{\text{w.A.över}} + (3.15 \text{ m} - 2.46 \text{ m}) \cdot F_{\text{w.B.över}} = -2.52 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

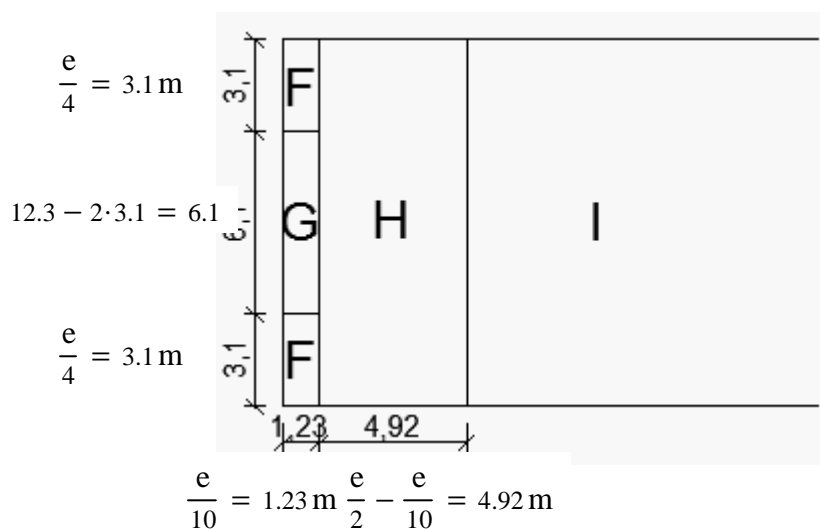
$$\text{linje}_{2.\text{över}} := 6 \text{ m} \cdot F_{\text{w.B.över}} = -3.66 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{linje}_{3.\text{över}} := 3 \text{ m} \cdot F_{\text{w.B.över}} + 3 \text{ m} \cdot F_{\text{w.C.över}} = -3.11 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{linje}_{4..6.\text{över}} := 6 \text{ m} \cdot F_{\text{w.C.över}} = -2.56 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{linje}_{7.\text{över}} := 3.3 \text{ m} \cdot F_{\text{w.C.över}} = -1.41 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

### Vid vind mot gaveln linje 1 fås följande vindlast i takets olika delar undertryck



$$\text{minsta zonen } \frac{e}{10} \cdot \frac{e}{4} = 3.8 \text{ m}^2$$

F interpoleras till -1.73

G interpoleras till -1.48

$$\text{område F: } C_{P.eF.över} := [-1.73 - (0.2)] = -1.93$$

$$\text{område G } C_{P.eG.över} := [-1.48 - (0.2)] = -1.68$$

$$\text{område H: } C_{P.eH.över} := [-0.6 - (0.2)] = -0.8$$

$$\text{område I } C_{P.eI.över} := [-0.5 - (0.2)] = -0.7$$

$$F_{wwF} := 1.0 \cdot (C_{P.eF.över}) \cdot Q_p = -1.18 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$F_{wwG} := 1.0 \cdot (C_{P.eG.över}) \cdot Q_p = -1.02 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$F_{wwH} := 1.0 \cdot (C_{P.eH.över}) \cdot Q_p = -0.49 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$F_{wwI} := 1.0 \cdot (C_{P.eI.över}) \cdot Q_p = -0.43 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

#### Takstolarna får följande linjelast per takstol

$$\text{takstol}_{\text{linje1.F.över}} := 1.23 \text{ m} \cdot F_{wF} + (3.3 \text{ m} - 1.23 \text{ m}) \cdot F_{wH} = -2.46 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{takstol}_{\text{linje1.G.över}} := 1.23 \text{ m} \cdot F_{wG} + (3.3 \text{ m} - 1.23 \text{ m}) \cdot F_{wH} = -2.27 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{takstol}_{\text{linje2.över}} := (6.15 \text{ m} - 3.15 \text{ m}) \cdot F_{wH} + (6.15 \text{ m} - 2.85 \text{ m}) \cdot F_{wI} = -2.87 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{takstol}_{\text{linje3..6.över}} := 6 \text{ m} \cdot F_{wI} = -2.56 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{takstol}_{\text{linje7.över}} := 3.15 \text{ m} \cdot F_{wI} = -1.35 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

## Loads - Cases

Case	Label	Case name	Nature	Analysis type
1	DL2	egenvikter	dead	Static - Linear
2	DL1	Snow100	snow	Static - Linear
3	SN2	Snow100+50	snow	Static - Linear
4	SN3	Snow50+100	snow	Static - Linear
5	SN4	Wind_linjeA_över	wind	Static - Linear
6	WIND2	Wind_linjeA_under	wind	Static - Linear
7	WIND3	Wind_linje1_över	wind	Static - Linear
8	WIND3	Wind_linje1_under	wind	Static - Linear
10	WIND5	Wind_linje8_över	wind	Static - Linear
11	WIND3	Wind_linje8_under	wind	Static - Linear
12		ULS/1=1*1.15	dead	Linear Combination
13		ULS/2=1*1.15 + 8*1.50	dead	Linear Combination
14		ULS/3=1*1.15 + 8*1.50 + 2*1.05	dead	Linear Combination
15		ULS/4=1*1.15 + 8*1.50 + 3*1.05	dead	Linear Combination
16		ULS/5=1*1.15 + 8*1.50 + 4*1.05	dead	Linear Combination
17		ULS/6=1*1.15 + 5*1.50	dead	Linear Combination
18		ULS/7=1*1.15 + 5*1.50 + 2*1.05	dead	Linear Combination
19		ULS/8=1*1.15 + 5*1.50 + 3*1.05	dead	Linear Combination
20		ULS/9=1*1.15 + 5*1.50 + 4*1.05	dead	Linear Combination
21		ULS/10=1*1.15 + 6*1.50	dead	Linear Combination
22		ULS/11=1*1.15 + 6*1.50 + 2*1.05	dead	Linear Combination
23		ULS/12=1*1.15 + 6*1.50 + 3*1.05	dead	Linear Combination
24		ULS/13=1*1.15 + 6*1.50 + 4*1.05	dead	Linear Combination
25		ULS/14=1*1.15 + 7*1.50	dead	Linear Combination
26		ULS/15=1*1.15 + 7*1.50 + 2*1.05	dead	Linear Combination
27		ULS/16=1*1.15 + 7*1.50 + 3*1.05	dead	Linear Combination
28		ULS/17=1*1.15 + 7*1.50 + 4*1.05	dead	Linear Combination
29		ULS/18=1*1.15 + 11*1.50	dead	Linear Combination
30		ULS/19=1*1.15 + 11*1.50 + 2*1.05	dead	Linear Combination
31		ULS/20=1*1.15 + 11*1.50 + 3*1.05	dead	Linear Combination
32		ULS/21=1*1.15 + 11*1.50 + 4*1.05	dead	Linear Combination
33		ULS/22=1*1.15 + 10*1.50	dead	Linear Combination
34		ULS/23=1*1.15 + 10*1.50 + 2*1.05	dead	Linear Combination
35		ULS/24=1*1.15 + 10*1.50 + 3*1.05	dead	Linear Combination
36		ULS/25=1*1.15 + 10*1.50 + 4*1.05	dead	Linear Combination
37		ULS/26=1*0.90	dead	Linear Combination
38		ULS/27=1*0.90 + 8*1.50	dead	Linear Combination
39		ULS/28=1*0.90 + 8*1.50 + 2*1.05	dead	Linear Combination
40		ULS/29=1*0.90 + 8*1.50 + 3*1.05	dead	Linear Combination
41		ULS/30=1*0.90 + 8*1.50 + 4*1.05	dead	Linear Combination
42		ULS/31=1*0.90 + 5*1.50	dead	Linear Combination
43		ULS/32=1*0.90 + 5*1.50 + 2*1.05	dead	Linear Combination
44		ULS/33=1*0.90 + 5*1.50 + 3*1.05	dead	Linear Combination
45		ULS/34=1*0.90 + 5*1.50 + 4*1.05	dead	Linear Combination
46		ULS/35=1*0.90 + 6*1.50	dead	Linear Combination
47		ULS/36=1*0.90 + 6*1.50 + 2*1.05	dead	Linear Combination
48		ULS/37=1*0.90 + 6*1.50 + 3*1.05	dead	Linear Combination
49		ULS/38=1*0.90 + 6*1.50 + 4*1.05	dead	Linear Combination
50		ULS/39=1*0.90 + 7*1.50	dead	Linear Combination
51		ULS/40=1*0.90 + 7*1.50 + 2*1.05	dead	Linear Combination
52		ULS/41=1*0.90 + 7*1.50 + 3*1.05	dead	Linear Combination
53		ULS/42=1*0.90 + 7*1.50 + 4*1.05	dead	Linear Combination

Case	Label	Case name	Nature	Analysis type
54		ULS/43=1*0.90 + 11*1.50	dead	Linear Combination
55		ULS/44=1*0.90 + 11*1.50 + 2*1.05	dead	Linear Combination
56		ULS/45=1*0.90 + 11*1.50 + 3*1.05	dead	Linear Combination
57		ULS/46=1*0.90 + 11*1.50 + 4*1.05	dead	Linear Combination
58		ULS/47=1*0.90 + 10*1.50	dead	Linear Combination
59		ULS/48=1*0.90 + 10*1.50 + 2*1.05	dead	Linear Combination
60		ULS/49=1*0.90 + 10*1.50 + 3*1.05	dead	Linear Combination
61		ULS/50=1*0.90 + 10*1.50 + 4*1.05	dead	Linear Combination
62		ULS/51=1*1.15 + 2*1.50	dead	Linear Combination
63		ULS/52=1*1.15 + 3*1.50	dead	Linear Combination
64		ULS/53=1*1.15 + 4*1.50	dead	Linear Combination
65		ULS/54=1*1.15 + 8*0.90 + 2*1.50	dead	Linear Combination
66		ULS/55=1*1.15 + 8*0.90 + 3*1.50	dead	Linear Combination
67		ULS/56=1*1.15 + 8*0.90 + 4*1.50	dead	Linear Combination
68		ULS/57=1*1.15 + 5*0.90 + 2*1.50	dead	Linear Combination
69		ULS/58=1*1.15 + 5*0.90 + 3*1.50	dead	Linear Combination
70		ULS/59=1*1.15 + 5*0.90 + 4*1.50	dead	Linear Combination
71		ULS/60=1*1.15 + 6*0.90 + 2*1.50	dead	Linear Combination
72		ULS/61=1*1.15 + 6*0.90 + 3*1.50	dead	Linear Combination
73		ULS/62=1*1.15 + 6*0.90 + 4*1.50	dead	Linear Combination
74		ULS/63=1*1.15 + 7*0.90 + 2*1.50	dead	Linear Combination
75		ULS/64=1*1.15 + 7*0.90 + 3*1.50	dead	Linear Combination
76		ULS/65=1*1.15 + 7*0.90 + 4*1.50	dead	Linear Combination
77		ULS/66=1*1.15 + 11*0.90 + 2*1.50	dead	Linear Combination
78		ULS/67=1*1.15 + 11*0.90 + 3*1.50	dead	Linear Combination
79		ULS/68=1*1.15 + 11*0.90 + 4*1.50	dead	Linear Combination
80		ULS/69=1*1.15 + 10*0.90 + 2*1.50	dead	Linear Combination
81		ULS/70=1*1.15 + 10*0.90 + 3*1.50	dead	Linear Combination
82		ULS/71=1*1.15 + 10*0.90 + 4*1.50	dead	Linear Combination
83		ULS/72=1*0.90 + 2*1.50	dead	Linear Combination
84		ULS/73=1*0.90 + 3*1.50	dead	Linear Combination
85		ULS/74=1*0.90 + 4*1.50	dead	Linear Combination
86		ULS/75=1*0.90 + 8*0.90 + 2*1.50	dead	Linear Combination
87		ULS/76=1*0.90 + 8*0.90 + 3*1.50	dead	Linear Combination
88		ULS/77=1*0.90 + 8*0.90 + 4*1.50	dead	Linear Combination
89		ULS/78=1*0.90 + 5*0.90 + 2*1.50	dead	Linear Combination
90		ULS/79=1*0.90 + 5*0.90 + 3*1.50	dead	Linear Combination
91		ULS/80=1*0.90 + 5*0.90 + 4*1.50	dead	Linear Combination
92		ULS/81=1*0.90 + 6*0.90 + 2*1.50	dead	Linear Combination
93		ULS/82=1*0.90 + 6*0.90 + 3*1.50	dead	Linear Combination
94		ULS/83=1*0.90 + 6*0.90 + 4*1.50	dead	Linear Combination
95		ULS/84=1*0.90 + 7*0.90 + 2*1.50	dead	Linear Combination
96		ULS/85=1*0.90 + 7*0.90 + 3*1.50	dead	Linear Combination
97		ULS/86=1*0.90 + 7*0.90 + 4*1.50	dead	Linear Combination
98		ULS/87=1*0.90 + 11*0.90 + 2*1.50	dead	Linear Combination
99		ULS/88=1*0.90 + 11*0.90 + 3*1.50	dead	Linear Combination
100		ULS/89=1*0.90 + 11*0.90 + 4*1.50	dead	Linear Combination
101		ULS/90=1*0.90 + 10*0.90 + 2*1.50	dead	Linear Combination
102		ULS/91=1*0.90 + 10*0.90 + 3*1.50	dead	Linear Combination
103		ULS/92=1*0.90 + 10*0.90 + 4*1.50	dead	Linear Combination
104		SLS/1=1*1.00	dead	Linear Combination
105		SLS/2=1*1.00 + 8*1.00	dead	Linear Combination
106		SLS/3=1*1.00 + 8*1.00 + 2*0.70	dead	Linear Combination
107		SLS/4=1*1.00 + 8*1.00 + 3*0.70	dead	Linear Combination



Case	Label	Case name	Nature	Analysis type
108		SLS/5=1*1.00 + 8*1.00 + 4*0.70	dead	Linear Combination
109		SLS/6=1*1.00 + 5*1.00	dead	Linear Combination
110		SLS/7=1*1.00 + 5*1.00 + 2*0.70	dead	Linear Combination
111		SLS/8=1*1.00 + 5*1.00 + 3*0.70	dead	Linear Combination
112		SLS/9=1*1.00 + 5*1.00 + 4*0.70	dead	Linear Combination
113		SLS/10=1*1.00 + 6*1.00	dead	Linear Combination
114		SLS/11=1*1.00 + 6*1.00 + 2*0.70	dead	Linear Combination
115		SLS/12=1*1.00 + 6*1.00 + 3*0.70	dead	Linear Combination
116		SLS/13=1*1.00 + 6*1.00 + 4*0.70	dead	Linear Combination
117		SLS/14=1*1.00 + 7*1.00	dead	Linear Combination
118		SLS/15=1*1.00 + 7*1.00 + 2*0.70	dead	Linear Combination
119		SLS/16=1*1.00 + 7*1.00 + 3*0.70	dead	Linear Combination
120		SLS/17=1*1.00 + 7*1.00 + 4*0.70	dead	Linear Combination
121		SLS/18=1*1.00 + 11*1.00	dead	Linear Combination
122		SLS/19=1*1.00 + 11*1.00 + 2*0.70	dead	Linear Combination
123		SLS/20=1*1.00 + 11*1.00 + 3*0.70	dead	Linear Combination
124		SLS/21=1*1.00 + 11*1.00 + 4*0.70	dead	Linear Combination
125		SLS/22=1*1.00 + 10*1.00	dead	Linear Combination
126		SLS/23=1*1.00 + 10*1.00 + 2*0.70	dead	Linear Combination
127		SLS/24=1*1.00 + 10*1.00 + 3*0.70	dead	Linear Combination
128		SLS/25=1*1.00 + 10*1.00 + 4*0.70	dead	Linear Combination
129		SLS/26=1*1.00 + 2*1.00	dead	Linear Combination
130		SLS/27=1*1.00 + 3*1.00	dead	Linear Combination
131		SLS/28=1*1.00 + 4*1.00	dead	Linear Combination
132		SLS/29=1*1.00 + 8*0.60 + 2*1.00	dead	Linear Combination
133		SLS/30=1*1.00 + 8*0.60 + 3*1.00	dead	Linear Combination
134		SLS/31=1*1.00 + 8*0.60 + 4*1.00	dead	Linear Combination
135		SLS/32=1*1.00 + 5*0.60 + 2*1.00	dead	Linear Combination
136		SLS/33=1*1.00 + 5*0.60 + 3*1.00	dead	Linear Combination
137		SLS/34=1*1.00 + 5*0.60 + 4*1.00	dead	Linear Combination
138		SLS/35=1*1.00 + 6*0.60 + 2*1.00	dead	Linear Combination
139		SLS/36=1*1.00 + 6*0.60 + 3*1.00	dead	Linear Combination
140		SLS/37=1*1.00 + 6*0.60 + 4*1.00	dead	Linear Combination
141		SLS/38=1*1.00 + 7*0.60 + 2*1.00	dead	Linear Combination
142		SLS/39=1*1.00 + 7*0.60 + 3*1.00	dead	Linear Combination
143		SLS/40=1*1.00 + 7*0.60 + 4*1.00	dead	Linear Combination
144		SLS/41=1*1.00 + 11*0.60 + 2*1.00	dead	Linear Combination
145		SLS/42=1*1.00 + 11*0.60 + 3*1.00	dead	Linear Combination
146		SLS/43=1*1.00 + 11*0.60 + 4*1.00	dead	Linear Combination
147		SLS/44=1*1.00 + 10*0.60 + 2*1.00	dead	Linear Combination
148		SLS/45=1*1.00 + 10*0.60 + 3*1.00	dead	Linear Combination
149		SLS/46=1*1.00 + 10*0.60 + 4*1.00	dead	Linear Combination
150		SLS/47=1*1.00 + 8*0.20	dead	Linear Combination
151		SLS/48=1*1.00 + 8*0.20 + 2*0.20	dead	Linear Combination
152		SLS/49=1*1.00 + 8*0.20 + 3*0.20	dead	Linear Combination
153		SLS/50=1*1.00 + 8*0.20 + 4*0.20	dead	Linear Combination
154		SLS/51=1*1.00 + 5*0.20	dead	Linear Combination
155		SLS/52=1*1.00 + 5*0.20 + 2*0.20	dead	Linear Combination
156		SLS/53=1*1.00 + 5*0.20 + 3*0.20	dead	Linear Combination
157		SLS/54=1*1.00 + 5*0.20 + 4*0.20	dead	Linear Combination
158		SLS/55=1*1.00 + 6*0.20	dead	Linear Combination
159		SLS/56=1*1.00 + 6*0.20 + 2*0.20	dead	Linear Combination
160		SLS/57=1*1.00 + 6*0.20 + 3*0.20	dead	Linear Combination
161		SLS/58=1*1.00 + 6*0.20 + 4*0.20	dead	Linear Combination

Case	Label	Case name	Nature	Analysis type
162		SLS/59=1*1.00 + 7*0.20	dead	Linear Combination
163		SLS/60=1*1.00 + 7*0.20 + 2*0.20	dead	Linear Combination
164		SLS/61=1*1.00 + 7*0.20 + 3*0.20	dead	Linear Combination
165		SLS/62=1*1.00 + 7*0.20 + 4*0.20	dead	Linear Combination
166		SLS/63=1*1.00 + 11*0.20	dead	Linear Combination
167		SLS/64=1*1.00 + 11*0.20 + 2*0.20	dead	Linear Combination
168		SLS/65=1*1.00 + 11*0.20 + 3*0.20	dead	Linear Combination
169		SLS/66=1*1.00 + 11*0.20 + 4*0.20	dead	Linear Combination
170		SLS/67=1*1.00 + 10*0.20	dead	Linear Combination
171		SLS/68=1*1.00 + 10*0.20 + 2*0.20	dead	Linear Combination
172		SLS/69=1*1.00 + 10*0.20 + 3*0.20	dead	Linear Combination
173		SLS/70=1*1.00 + 10*0.20 + 4*0.20	dead	Linear Combination
174		SLS/71=1*1.00 + 2*0.40	dead	Linear Combination
175		SLS/72=1*1.00 + 3*0.40	dead	Linear Combination
176		SLS/73=1*1.00 + 4*0.40	dead	Linear Combination
177		SLS/74=1*1.00 + 2*0.20	dead	Linear Combination
178		SLS/75=1*1.00 + 3*0.20	dead	Linear Combination
179		SLS/76=1*1.00 + 4*0.20	dead	Linear Combination

## Kostnad för trähall

## BILAGA 3

### 121 Grunden

Plintar 0,8\*0,8\*0,3m  
Sockelement 0,3\*1,2m

### Kostnad

1 936,8 €  
9 446,4 €  
11 383,2€

### 1232 Bärande vägg

Kostnad innehåller  
Spirvirke, syll, spik, vindskyddskiva  
Limträbalkar

20 933,8 €  
336,31 €  
21 270,1€

### 1236 Tak

Kostnad innehåller:  
Takstol, bär- och ströläkt,  
Aluskate och falsad plåt

36 658,16 €

**Kostnad sammanlagt: 65 975,20 €**

## Kostnad för stålhall

### 121Grunden

Innehåller:  
Pelarsula 1,1\*1,1 c6000 18st+grundbultar  
Sockelement

4 501,12 €  
9 446,40 €  
13 947,50€

### Vägg

Innehåller:  
Pelare HEA140  
Z-profiler LP-Z150-1,5  
Vindskyddskiva

3129 kg 6 038,97€\*  
1915 kg 4 890 €\*  
7 928,12 €  
18 857,1 €

### Fackverk

Innehåller:  
Fackverk av RHS-profil  
Balk  
Z-profil LP-Z200  
Bärande plåt T45-905

3896 kg 12 350,32€\*  
374 kg 721,82 €\*  
2217 kg 5 788,83 €\*  
9251,10€\*  
28112,10 €

Montering  
Extra (kran)

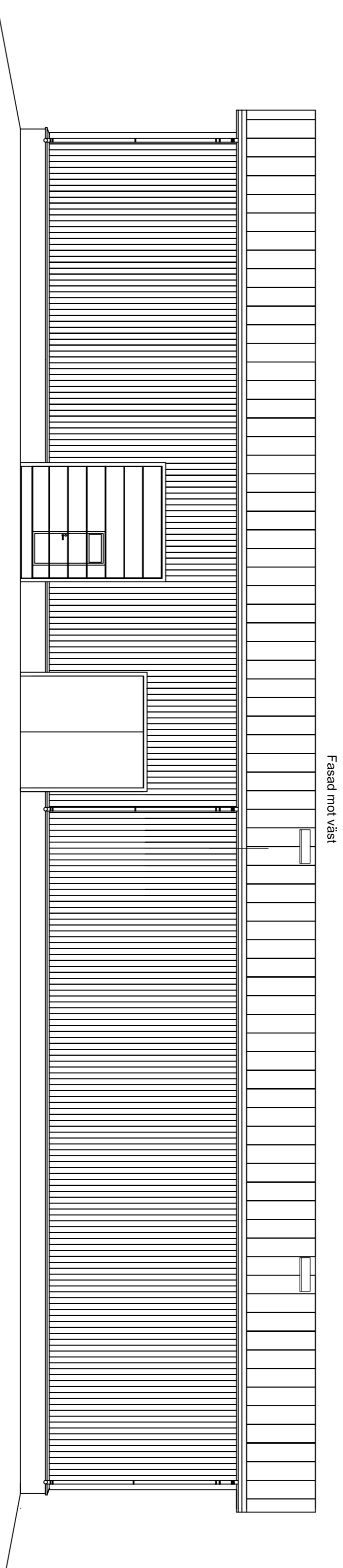
9 000€\*\*  
4 000€

**Kostnad sammanlagt:**

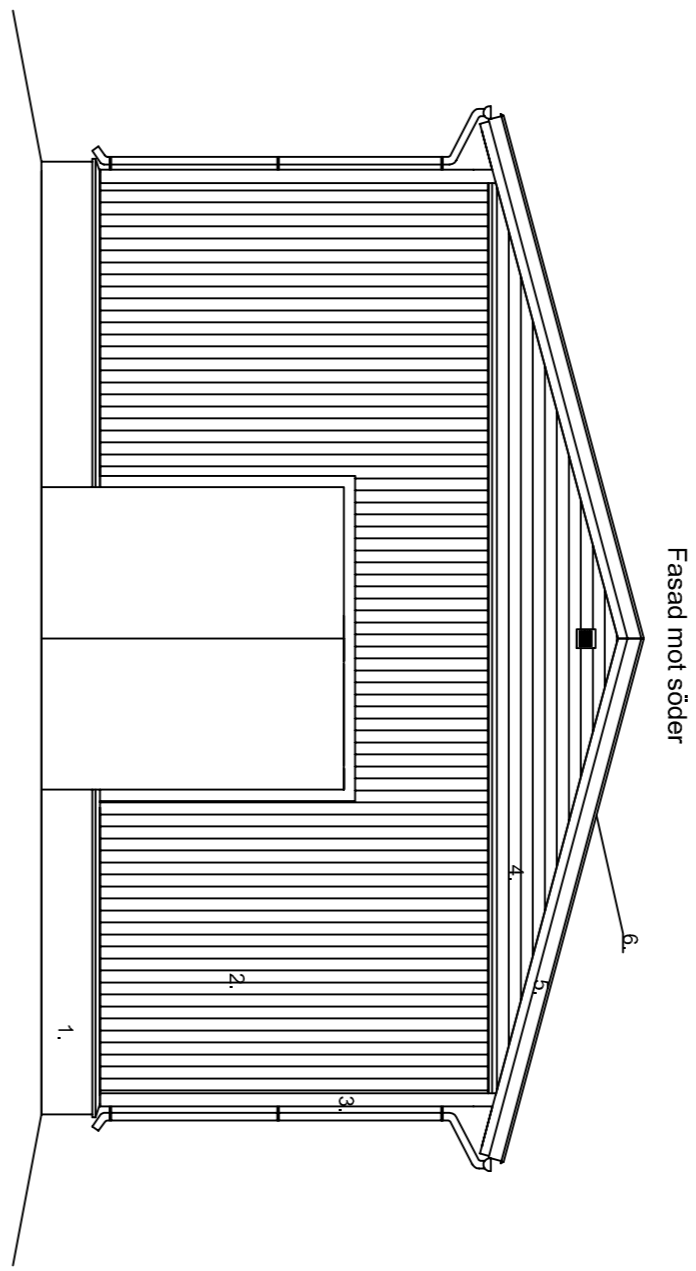
**73 916 €**

\*enligt offert

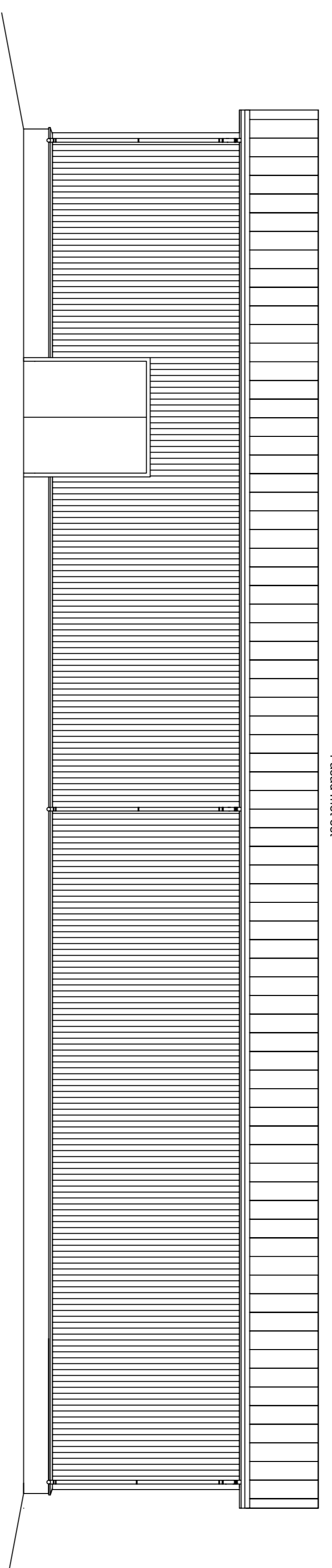
\*\* grov uppskattning



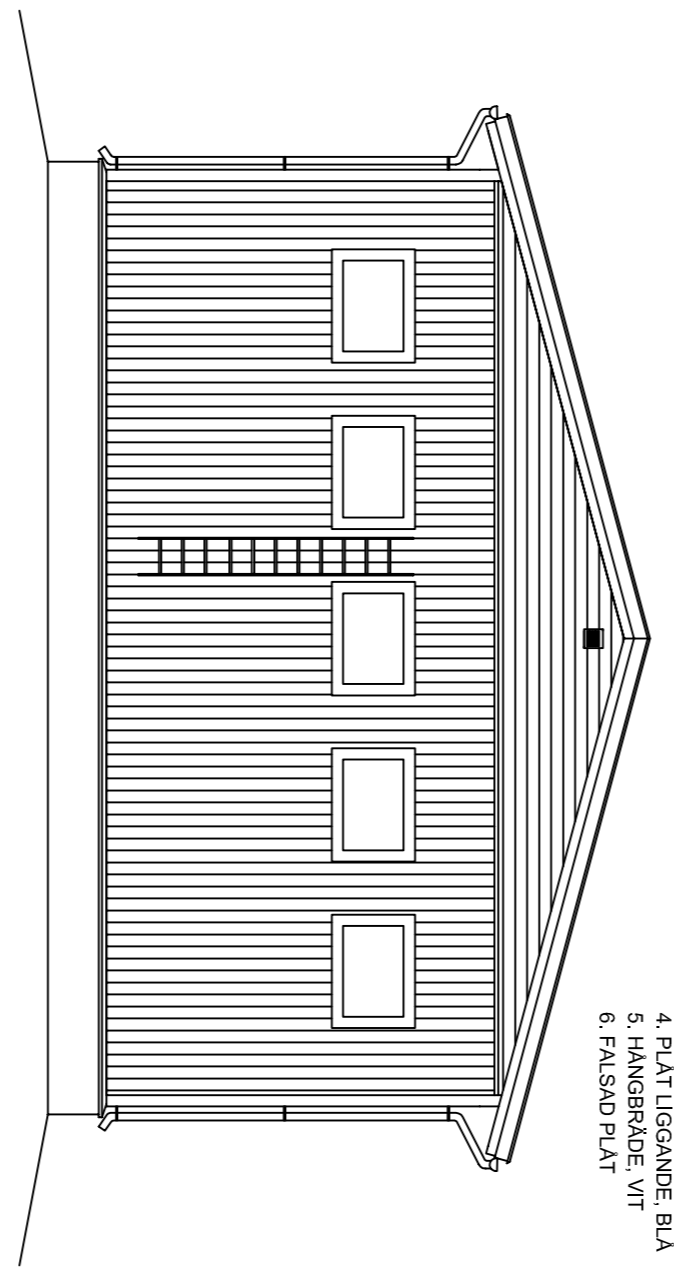
Fasad mot väst



Fasad mot söder



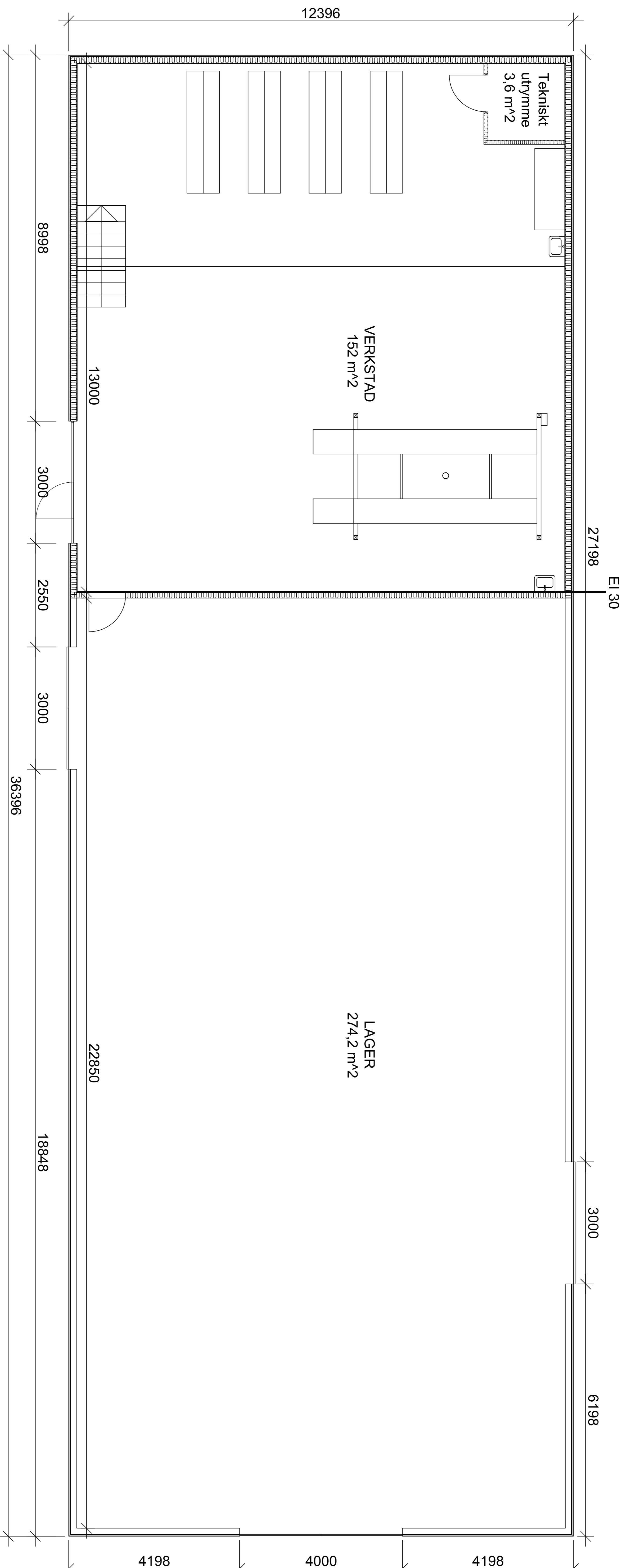
Fasad mot öst



Fasad mot norr

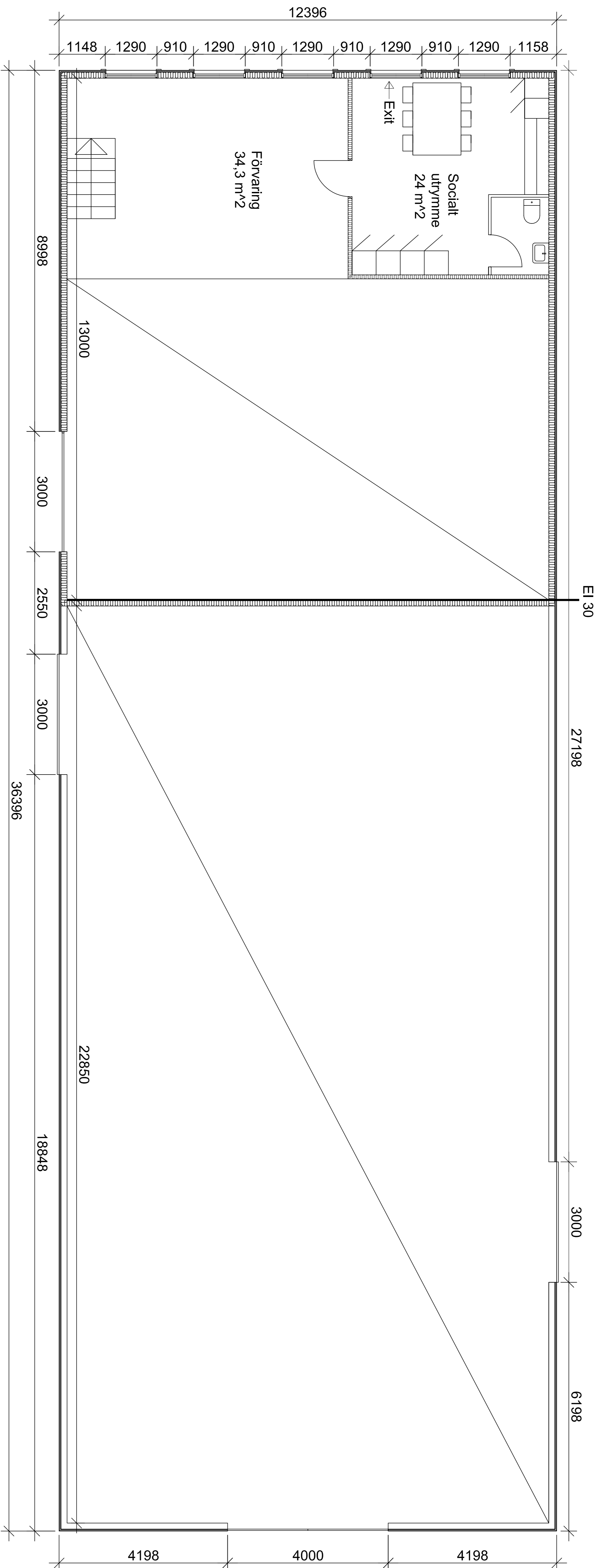
1. SÖDRE EGENFÖRÅ
2. PLÅT STÅLBECKEN
3. HÖRNPLÅT VIT
4. PLÅT LIGGANDE BLÅ
5. HANGBRÄDE VIT
6. FÄLSAD PLÅT

Stadsrådets tecknare <b>NYKARL EBY</b>	Mordighets aneckningar
Byggnadsstadium <b>NYBYGGNAD</b>	Ritningslag <b>HUVUDRITNING</b>
Projektets namn <b>SLUTARBETE</b>	Ritnings innehåll <b>FASADRITNING</b>
	Skala <b>1:100</b>
Planerare <b>Marcus Back</b>	Ritningsnummer <b>ARK 1</b>
Datum <b>15.5.2011</b>	

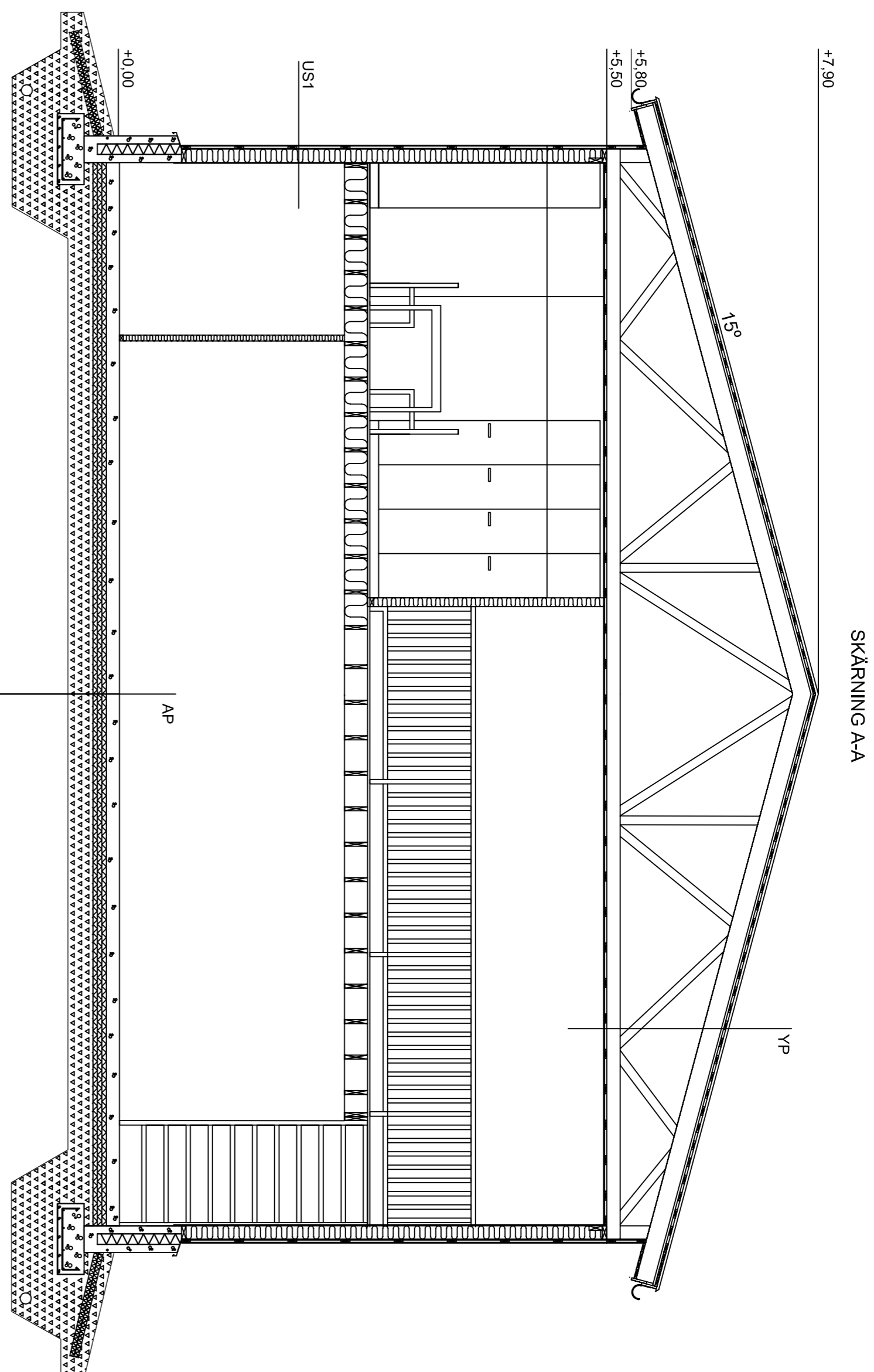


VÅNINGSYTA	
-1:A VÅNING	155,6 m <sup>2</sup>
VERKSTADSDEL	274,2 m <sup>2</sup>
LAGER	429,8 m <sup>2</sup>
-2:A VÅNING	
SOCIALT UTRYMME	24,0 m <sup>2</sup>
FÖRVARING	34,3 m <sup>2</sup>
	58,3 m <sup>2</sup>
BYGGNADSVOLYM	2150 m <sup>3</sup>
BRANDKLASS	P3

Statistik över NYKÄRLEBY	Myndighets anteckningar
Byggnadsloft	Byggnadsloft
NYBYGGNAD	HUVUDRITNING
Projektets namn	Ritnings innehåll
SLUTARBETE	PLANRITNING 1:A Våning
Skala	1:50
Planerare	Ritningsnummer
Marcus Back	ARK 1
Datum	15.5.2011



Statensfastigheter NYKÅRLEBY Byggnadssektion	Mvdsighets anteckningar Ritningslag
NYGGISNAD	HUVUDRITNING
Projektets namn SLUTARBETE	Ritnings innehåll PLANRITNING 2A Våning
Skala 1:50	
Planerare Marcus Back	Ritningsnummer ARK 1
Datum 15.5.2011	

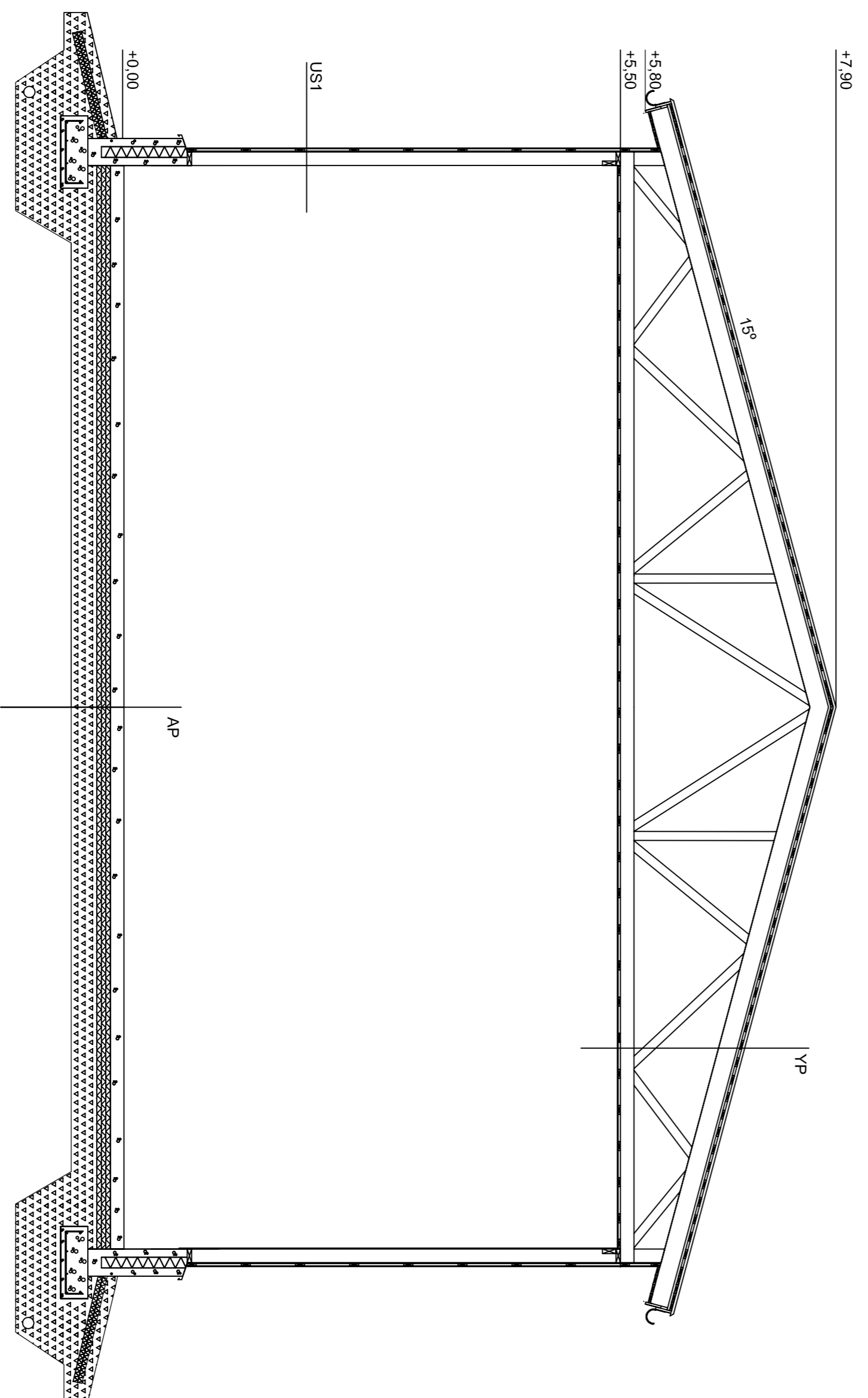


SKÄRNING A-A

- YP
- TAKPLÅT
  - BARLÅKT 28\*100
  - STRÖLÅKT 22\*100
  - LUFTSPÅLT 22mm
  - ALUSKÅTE
  - TAKSTOLAR C 900
  - MINULL 250mm
  - FUKTSPÄRR 0,2mm
  - GIPSSKIVA 13mm

- AP
- ARMERAD BETONGPLÅTTA
  - THERMISOL EPS LATTIA 150mm
  - KOMPRIMERAD GRUSBÄDD
  - BEF. MARKMATERIAL

- US1
- PLÅT
  - LUFTSPÅLT+SPIKREGEL 25mm
  - VINDSKYDDSSKIVA
  - STOMME+MINULL 150mm
  - FUKTSPÄRR 0,2mm
  - PLÅT



SKÄRNING B-B

- YP
- TAKPLÅT
  - BARLÅKT 28\*100
  - STRÖLÅKT 22\*100
  - LUFTSPÅLT 22mm
  - ALUSKÅTE
  - TAKSTOLAR C 900

- US1
- PLÅT
  - LUFTSPÅLT+SPIKREGEL 25mm
  - VINDSKYDDSSKIVA
  - STOMME 150\*50 mm c.600

- AP
- ARMERAD BETONGPLÅTTA
  - THERMISOL EPS LATTIA 150mm
  - KOMPRIMERAD GRUSBÄDD
  - BEF. MARKMATERIAL

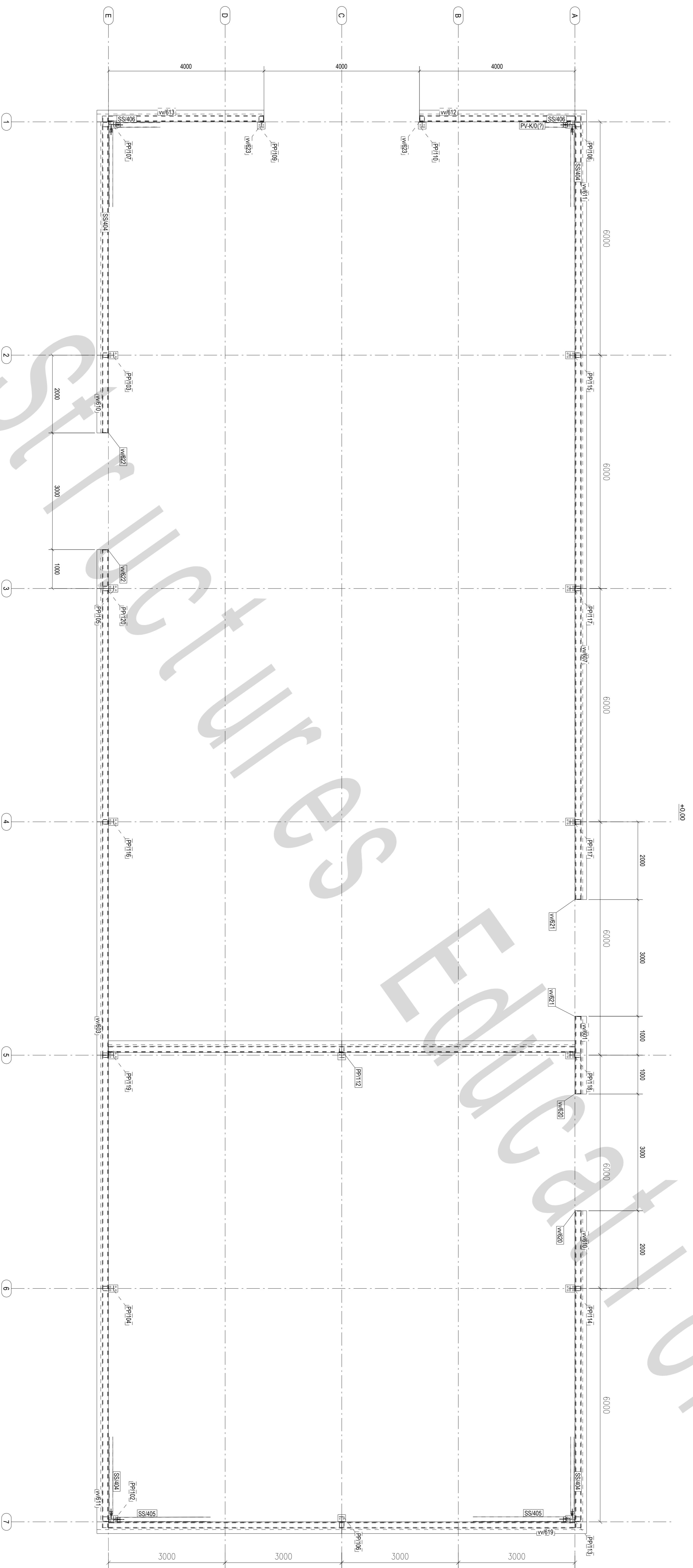
Skapad av: <b>Nyckel:EBV</b>	Myndighets anmärkning
Byggnadsstadium: <b>NYGGISNAD</b>	Ritningslag
Projekts namn: <b>SLUTARBETE</b>	Ritnings innehåll: <b>HUVUDRITNING</b>
	Skala: <b>1:50</b>

Planerare: <b>Marcus Back</b>	Ritningsnummer: <b>ARK</b>
-------------------------------	----------------------------

Datum: <b>15.5.2011</b>	
-------------------------	--







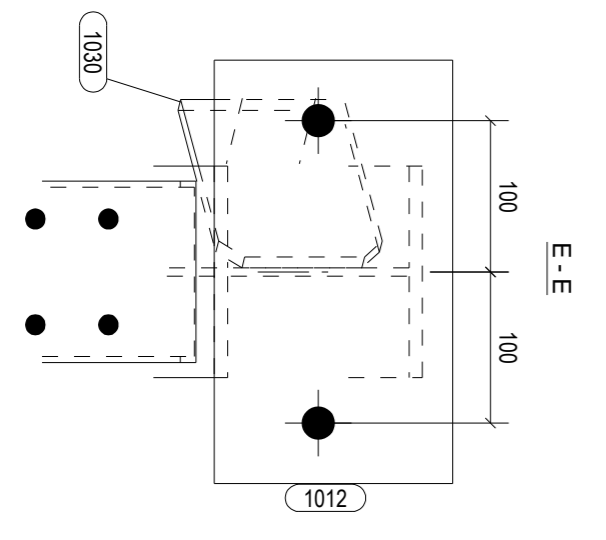
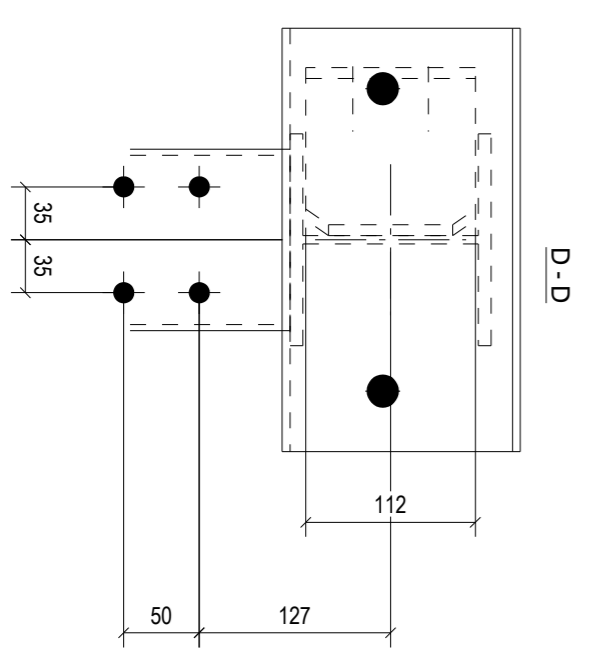
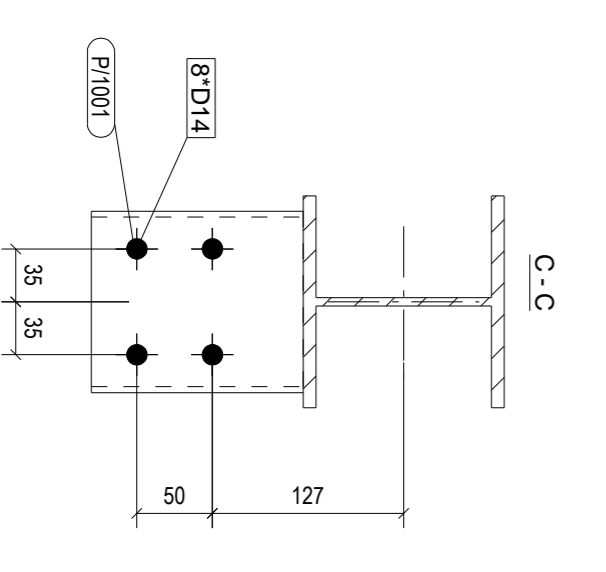
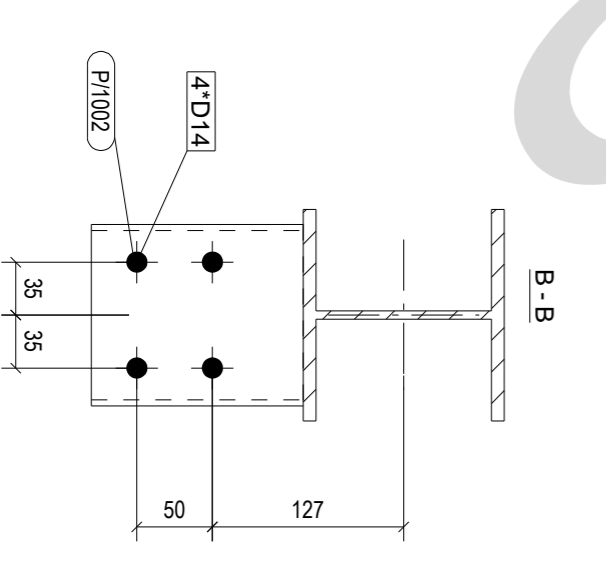
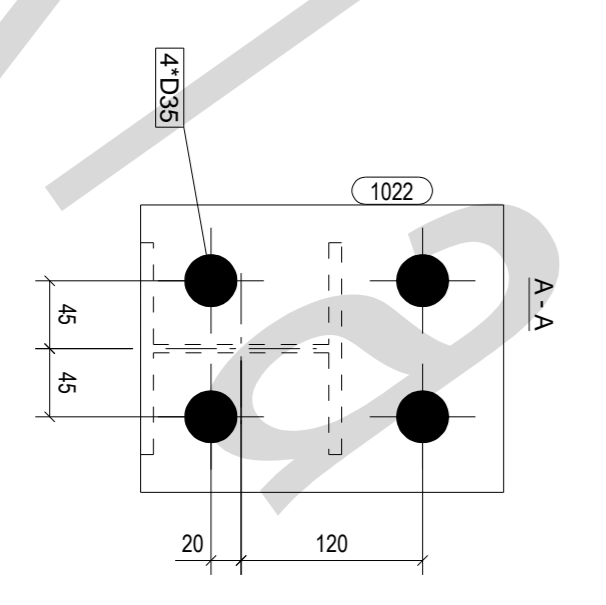
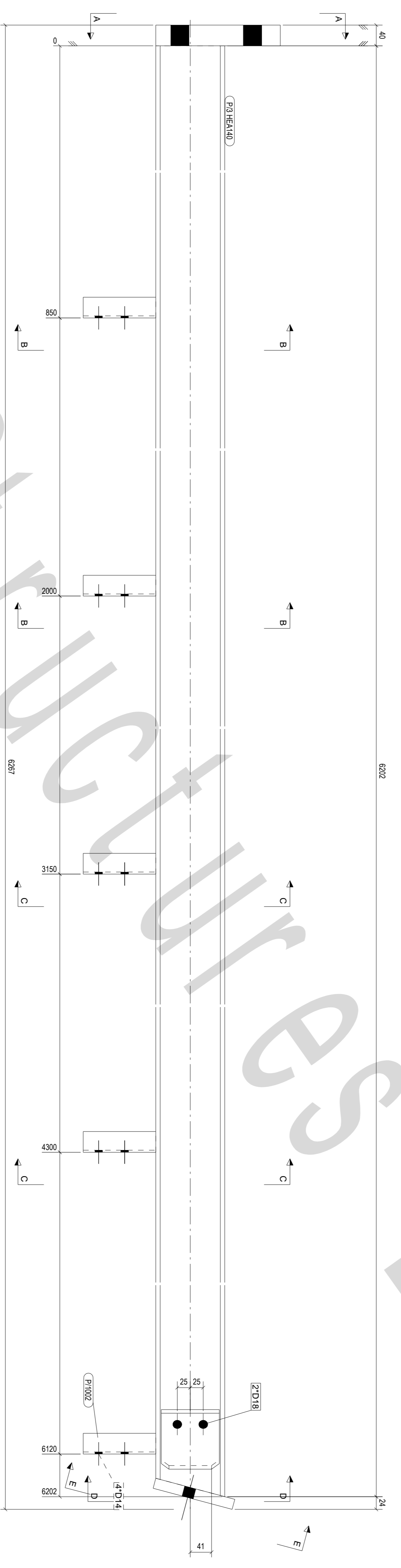
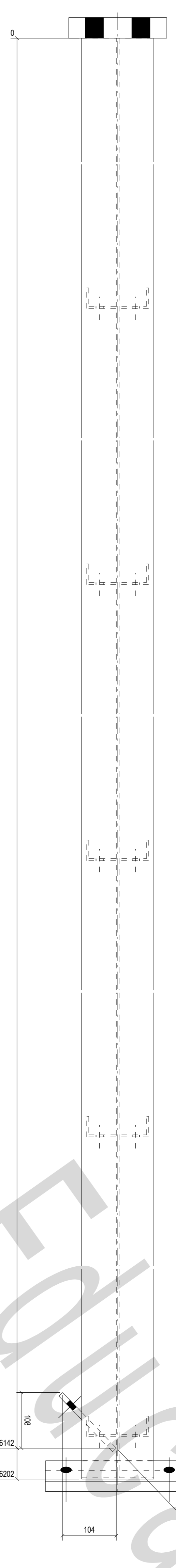
TEKLA Structures

PROJEKTI UUSIKALEPPI	PROJEKTI R-0-0-2-0	TYÖTILINUMERO R-0-0-2-0	MAKUNUMERO 301	PIIRINUMERO R-0-0-2-0	MAKUNUMERO 301
PROJEKTI UUSIKALEPPI	PROJEKTI R-0-0-2-0	TYÖTILINUMERO R-0-0-2-0	MAKUNUMERO 301	PIIRINUMERO R-0-0-2-0	MAKUNUMERO 301
PROJEKTI UUSIKALEPPI	PROJEKTI R-0-0-2-0	TYÖTILINUMERO R-0-0-2-0	MAKUNUMERO 301	PIIRINUMERO R-0-0-2-0	MAKUNUMERO 301

MAKUNUMERO 1:50



OSA	PROFIILI	MATERIAALI	PITUUS (mm)	ALA (m <sup>2</sup> )	PAINO (kg)	LKM
1022	PL20*280	S355J0	198	0.1	0.9	1
1030	PL40*190	S355J0	240	0.1	14.3	1
P3	PL10*112	S355J0	150	0.0	1.3	1
P1001	HEA140	S355J0	6202	4.9	146.5	1
P1002	UR20*40*4	S355J0	140	0.1	0.8	2
			140	0.2	0.8	3
			YHTEENSÄ	5.5	173.3	



YHTIÖN NIMI <b>USIKARLEPY</b>		TOIMITTIKON NIMI USIKARLEPY		YHTEYSTIETO YHTEYSTIETO		TOIMITTIKON NIMI KOKONPANOPUUSTUS		YHTIÖN NIMI 1-5	
Osoite USIKARLEPY		Yhteystieto USIKARLEPY		Yhteystieto USIKARLEPY		Yhteystieto USIKARLEPY		Yhteystieto USIKARLEPY	
Tekijä Marcus		Piirittäjä Marcus Bac		Pääsuojat Marcus Bac		Piiritysno PP/103		Muut RAK	
Pääsuojat Marcus Bac		Piirittäjä Marcus Bac		Pääsuojat Marcus Bac		Piiritysno PP/103		Muut RAK	