

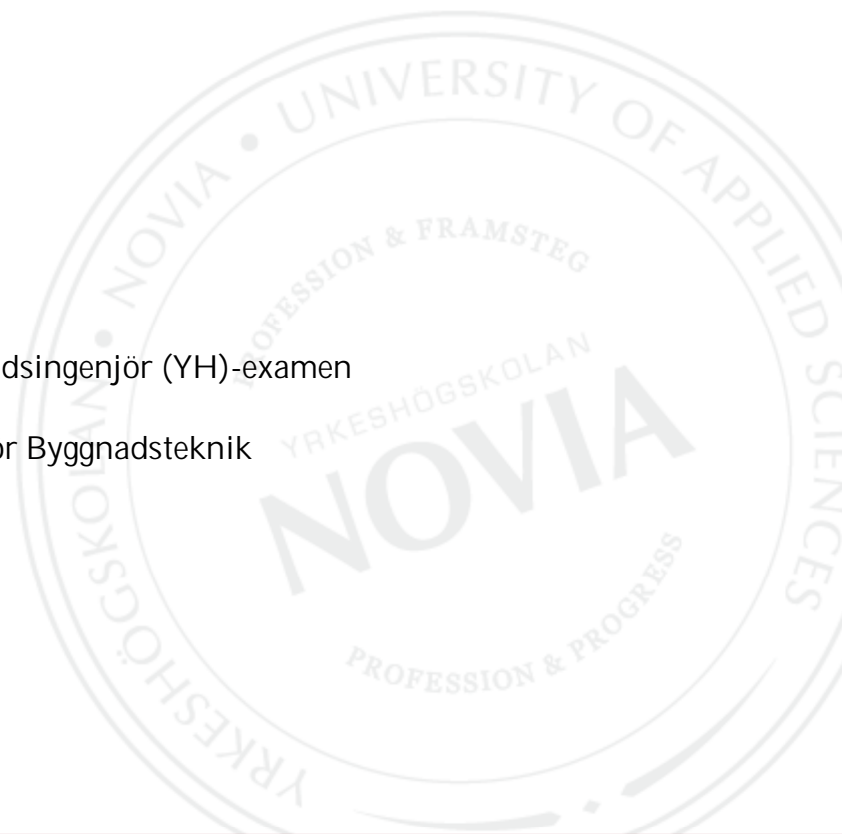
Konstruktion av ett reflektionsväxthus

Henrik Björkqvist

Examensarbete för byggnadsingenjör (YH)-examen

Utbildningsprogrammet för Byggnadsteknik

Vasa 2017



EXAMENSARBETE

Författare: Henrik Björkqvist
Utbildningsprogram och ort: Byggnadsteknik, Vasa
Inriktningsalternativ: Byggnadskonstruktion
Handledare: Anders Borg, Johan Wasberg
Titel: *Konstruktion av ett reflektionsväxthus*

Datum: 30.5.2017

Sidantal: 84

Bilagor: 55

Abstrakt

Syftet med detta examensarbete var att planera en pilotmodell av ett reflektionsväxthus. Denna nya konceptmodell är speciellt anpassad för nordligare klimat och omgivning, och är annorlunda konstruerad än brukligt. Arbetet av beställt av Merinova Oy och kunden är Asko Myntti, som också är den nya modellens patentinnehavare. Målsättningen var att dimensionera ett reflektionsväxthus och därefter ta fram alla behövliga ritningar för att påbörja stommen till ett dylikt projekt, samt att utföra en kostnadsanalys för att utvärdera lönsamheten för modellen.

Språk: svenska

Nyckelord: växthus, konstruktion, ritningar, systembild

OPINNÄYTETYÖ

Tekijä: Henrik Björkqvist
Koulutusohjelma ja paikkakunta: Rakennustekniikka, Vaasa
Suuntautumisvaihtoehto: Rakennesuunnittelu
Ohjaaja: Anders Borg, Johan Wasberg
Nimike: *Rakenne heijastuskasvihuoneesta*

Päivämäärä: 30.5.2017

Sivumäärä: 84

Liitteet: 55

Tiivistelmä

Tämän opinnäytetyön tavoite oli suunnitella heijastuma kasvihuoneen pilottimalli. Tämä uusi konseptimalli soveltuu erityisesti pohjoisen ilmastoon ja ympäristöön, ja se on valmistettu eri tavalla kuin normaalisti. Työn on tilannut Merinova Oy:n ja asiakas on Asko Myntti joka on uuden mallin patenttiomistaja. Tämän työn tavoitteena oli sekä suunnitella kasvihuone että valmistaa tarvittavat rakennuspiirustukset tällaiselle hankkeelle, ja sen lisäksi suorittaa kustannusanalyysi hankeen kannattavuuden arvioimiseksi.

Kieli: ruotsi

Avainsanat: kasvihuone, rakenne, piirustukset, järjestelmäkuva

BACHELOR'S THESIS

Author: Henrik Björkqvist
Degree program: Construction Technology, Vasa
Specialization: Structural Design
Supervisor: Anders Borg, Johan Wasberg
Title: *Structural planning of a reflecting greenhouse*

Date: 30.5.2017

Number of pages: 84

Appendices: 55

Abstract

The purpose of this thesis was to plan a pilot model of a novel greenhouse using reflection. This new concept model is adapted specifically for the northern climate and the construction differs from a traditional greenhouse. The client is Merinova Oy, and the customer is Asko Myntti, who is also the patent holder of the new model greenhouse. The goal of the thesis was to develop the required drawings and design as well as perform a cost analysis in order to realize the construction of this new model greenhouse and evaluate the economic profitability.

Language: Swedish Keywords: greenhouse, construction, planning, system description

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Allmänt.....	1
1.2	Problemformulering.....	1
1.3	Projektkedja.....	1
1.4	Syfte och uppgift.....	2
1.5	Avgränsningar	3
2	Teori	4
2.1	Allmänt.....	4
2.2	Energieffektivitet	6
2.3	Geometri.....	9
2.3.1	Solvinklar	9
2.4	Dimensionering	13
3	Laster	16
3.1	Dimensionerande laster.....	16
3.2	Konsekvensklass.....	16
3.3	Tidsklasser.....	18
3.4	Lastfallskombinationer.....	18
3.5	Egenvikter	20
3.6	Snölast	20
3.7	Vindlast	23
4	Systembild	31
4.1	Uppvärmning.....	31
4.1.1	Markvärmepumpsystem.....	31
4.1.2	Värmefaktor.....	34
4.1.3	Kylning.....	36
4.2	Ventilation.....	37
4.2.1	FTX-system.....	37
4.3	Belysning.....	41
4.3.1	Växters ljusbehov	41
4.3.2	Lamptyper	44
4.4	Gardiner.....	48
5	Konstruktioner	49
5.1	Grund	49
5.1.1	Pelarsula	49
5.1.2	Markliggande platta.....	52
5.1.3	Sockelbalk	54
5.2	Väggar.....	56
5.2.1	Ytterväggar.....	58

5.2.2	Mellanväggar.....	59
5.2.3	Detaljer.....	59
5.3	Fönster.....	62
5.4	Stomme	65
5.4.1	Pelare.....	65
5.4.2	Balkar och strävor.....	67
5.4.3	Fackverk.....	69
5.5	Takkonstruktion.....	71
5.6	Reflektorer.....	73
6	Kostnadskalkyl.....	77
6.1	Kostnadskalkyleringsmetod	77
6.2	Indelning och avgränsning	77
7	Resultat	78
8	Diskussion.....	80
	Källförteckning.....	82

Bilageförteckning

- Bilaga 1 – Beräkning av snölast
- Bilaga 2 – Beräkning av vindlast, grunddata
- Bilaga 3 – Beräkning av vindlast – vindlast på väggar
- Bilaga 4 - Beräkning av vindlast - vindlast på tak
- Bilaga 5 - Beräkning av vindlast - vindlast på reflektorer
- Bilaga 6 – Autodesk ROBOT Structural Analysis
- Bilaga 7 – Beräkning av bärande takplåt
- Bilaga 8 – Beräkning av bärande plåt på reflektorelement
- Bilaga 9 – Beräkningar av väggpaneler
- Bilaga 10 – Beräkning av anslutning: pelare – fotplåt
- Bilaga 11 – Beräkning av anslutning: pelare – undre bom, flänsplåt
- Bilaga 12 - Beräkning av anslutning: pelare – sträva, skjuvplåt
- Bilaga 13 - Beräkning av anslutning: pelare – reflektorbalk, led
- Bilaga 14 - Beräkning av anslutning: fackverk, K-typ
- Bilaga 15 - Beräkning av anslutning: fackverk, Y & T-typ
- Bilaga 16 - Beräkning av anslutning: reflektorbalkar
- Bilaga 17 – Plan + 0
- Bilaga 18 – Plan + 8600
- Bilaga 19 – Fasadstål, Linje A och F
- Bilaga 20 – Fasadstål, Linje 1 och 9
- Bilaga 21 – Fasadstål och element, Linje 6
- Bilaga 22 – Fasadelement, Linje A och F
- Bilaga 23 – Fasadelement, Linje 1 och 9
- Bilaga 24 – Detalj, Pelarinfästning
- Bilaga 25 – Detalj, Pelare - Undre bom
- Bilaga 26 – Detalj, Pelare - Sträva
- Bilaga 27 – Detalj, Pelare - Reflektorbalk
- Bilaga 28 – Detalj, Pelartopp - Linje A
- Bilaga 29 – Detalj, Pelartopp - Linje 1 och 9
- Bilaga 30 – Detalj, Fackverk - Diagonaler
- Bilaga 31 – Detalj, Pelare - Vindstag
- Bilaga 32 – Detalj, Reflektorbalkar
- Bilaga 33 – Sandwich panel SPA, Plinth, vertical section
- Bilaga 34 – Sandwich panel SPA, Plinth, detail
- Bilaga 35 – Sandwich panel SPA, Joint between panels
- Bilaga 36 – Sandwich panel SPA, Vertical joint, RHS column
- Bilaga 37 – Sandwich panel SPA, External corner
- Bilaga 38 – Sandwich panel SPA, Internal corner
- Bilaga 39 – Sandwich panel SPA, Small window, vertical section
- Bilaga 40 – Sandwich panel SPA, Small window, horizontal section
- Bilaga 41 – Sandwich panel SPA, Large window, vertical section
- Bilaga 42 – Sandwich panel SPA, Large window, horizontal section
- Bilaga 43 – Sandwich panel SPA, Single door, vertical section
- Bilaga 44 – Sandwich panel SPA, Single door, horizontal section
- Bilaga 45 – Sandwich panel SPA, Double door, vertical section
- Bilaga 46 – Sandwich panel SPA, Double door, horizontal section
- Bilaga 47 – Sandwich panel SPA, SPA230
- Bilaga 48 – Sandwich panel SPA, R200 surface profiling

Bilaga 49 – Takfot, riktning X
Bilaga 50 – Takfot, riktning Y
Bilaga 51 – Typritning, Pelare
Bilaga 52 – Typritning, Takbalk
Bilaga 53 – Typritning, Reflektorbalk
Bilaga 55 – Typritning, Sträva
Bilaga 56 – Typritning, Fackverk

1 Inledning

I detta examensarbete presenteras all den information som utgör grund för dimensionering, konstruktion och slutlig design för en den byggnadstekniska delen av en pilotmodell av ett reflektionsväxthus. Först går den bakomliggande teorin igenom, följt av en allmän systembild och därefter en beskrivning av de konstruktioner som valts. Med detta examensarbete och dess bilagor presenteras all nödvändig information för att utvärdera lönsamheten för och påbörja ett dylikt projekt.

1.1 Allmänt

Ett växthus är en byggnad med väggar och tak av genomskinligt material som släpper in solljus, men hindrar värme från att försvinna ut ur byggnaden. Detta sker eftersom glas och andra genomskinliga material släpper igenom solstrålning i form av synligt ljus, infraljus samt ultraviolett ljus, som sedan tas upp av golv, jord, växter och annat solitt material det träffar. Detta värms upp och släpper ifrån sig energin igen i form av infraröd strålning med längre våglängder, som inte kan ta sig igenom de genomskinliga materialen man använder. Eftersom strukturen är sluten så kan värmen inte fly, och man får således ett utrymme med annat klimat än utanför klimatskärmen. Detta kallas växthuseffekten.

1.2 Problemformulering

De växthusmodeller som idag används är ursprungligen planerade för ett sydligare klimat än vårt eget. Detta medför att energiåtgången blir mycket stor under uppvärmningsperioden, som i de nordliga klimaten är avsevärt längre än i de sydliga. En annan egenskap som den konventionella växthusmodellen har är att värmelasten blir för stor under sommaren, och en stor del av den inkommande värmeenergin måste avlägsnas för att växterna ska trivas.

För att åtgärda dessa problem och därmed effektivisera energianvändningen så har en ny konceptmodell utvecklats, som skiljer sig väsentligt från de konventionella växthustyperna.

1.3 Projektkedja

År 2009 tog Asko Myntti patent på en ny växthusmodell som använder sig av reflektion. Målet har sedan dess varit att få fram denna modell till marknaden för kommersiellt bruk, vilket har visat sig vara en långdragen process. Eftersom denna modell på flera punkter skiljer sig från konventionella växthus så är det nödvändigt att bevisa dess funktionalitet.

Hittills så har det gjorts flera undersökningar med anknytning till projektet, de huvudsakliga listade här under:

- ”Patentti No 122556” – Patentti – ja Rekisterihallitus
- ”Energiaa säästävän kasvihuonerakenteen selvitystyö” – Jussi Koskinen
- ”Undersökning av ett nytt konceptväxthus – Konstruktion, skuggbildning samt energiberäkningar” - Dahlbäck, Sjöholm, Nuortila
- ”Insolation analysis of a novel greenhouse type” – Välisuo, Nuortila
- ”Heijastus – valo ja energiatehokkuuden parantaminen nykyisissä ja uusissa kasvihuoneissa”

Se källförteckningen för övriga verk och undersökningar.

Projektet har nu framskridit så långt att det är dags att konstruera en pilotanläggning, för att bekräfta de forskningsresultat man har uppnått samt göra en slutlig utvärdering av den nya modellens lönsamhet.

1.4 Syfte och uppgift

Syftet med detta examensarbete var att ta fram en offert för en pilotanläggning innehållande ritningar, systembild samt kostnadsanalys för ett typiskt dylikt projekt för att i slutändan kunna utvärdera den kommersiella lönsamheten för denna modell.

Arbetet är beställt av Oy Merinova Ab, och kunden är den nya konceptmodellens patenthållare Asko Myntti. Merinova är ett teknologicenter vars uppgift är att hjälpa och stöda de företag som utgör energiklustret i Vasa.

Tanken är att det ur projektofferten skall framgå all behövlig information för att evaluera lönsamheten för kommersiellt bruk, samt även använda denna för att starta ett dylikt byggnadsprojekt.

Huvuddelarna är följande:

- Systembild
 - Uppvärmning
 - Belysning
 - Ventilation
- Dimensionering av:
 - Grund
 - Stomme
 - Väggelement
 - Takkonstruktion
- Anslutningar
- Ritningar
- Kostnadsanalys

Med dessa delar samt övrig tillkommande information får man en klar och tydlig bild av hur ett dylikt projekt genomförs, vad det slutliga priset blir, samt vad man får för pengarna.

1.5 Avgränsningar

Som framkommer ovan är målet med arbetet brett och tvärvetenskapligt, eftersom beställaren utöver konstruktion och kostnadsanalys även önskade en systembild. Även om denna del inte hör till byggnadstekniken som sådan, så har den inte avgränsats utan gås igenom ytligt för att ge en korrekt helhetsbild av projektet. Systembilden presenteras i kapitel 4.

Störst betoning har satts på dimensionering och optimering av de byggnadstekniska detaljerna och konstruktionerna. Orsaken till detta är att det är den del som direkt berör min studieinriktning. Branddimensionering har även avgränsats, eftersom detta skulle utöka ett redan mycket omfattande arbete.

För systembilden kommer det på några områden att krävas vidare utredning och efterforskning innan man kan påbörja ett dylikt projekt. Förslag och rekommendationer har getts till alla berörda delar, men för att få fram en optimal systembild krävs mera tid och framförallt sak kunnande inom de olika områdena.

För att denna konceptmodell ska fungera som planerat krävs även höj- och sänkbara delar med mekaniska element. De delar som anknyter sig till byggnadstekniken har gåtts igenom, medan de delar som direkt berör maskin-, processteknik eller annat område har avgränsats.

2 Teori

I det här kapitlet går den bakomliggande teorin för den nya konceptmodellen igenom. Först kommer en kort genomgång av den allmänna funktionsprincipen, följt av en allmän genomgång av den tillämpbara byggnadsteorin och systembilden. Till sist går processen för modelleringen av byggnaden samt resultatet igenom.

2.1 Allmänt

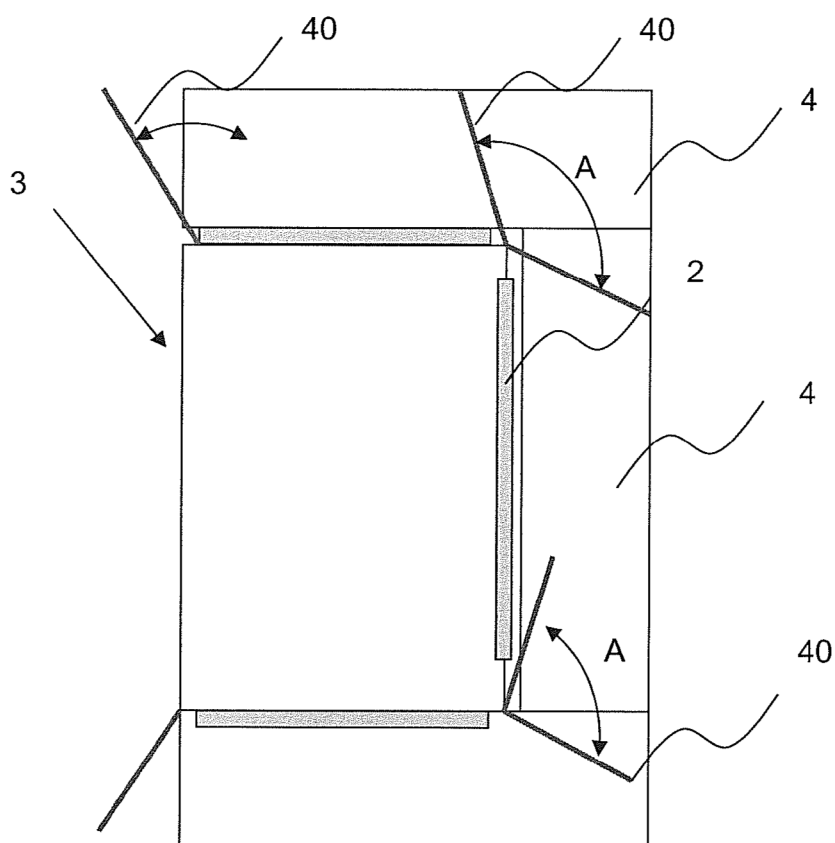
Detta pilotprojekt beskriver med hjälp av teori, ritningar och beräkningar en ny typ av växthus som är speciellt anpassat för de nordligare breddgraderna och ett kallare klimat. Så som tidigare konstaterats så skiljer sig denna typ av växthus väsentligt från de vanliga typerna gällande funktionsprincip, konstruktioner och utrustning.

De största skillnaderna är att både den norra väggen och taket inte är genomskinligt, utan här har istället satts betoning på isolering och värmebehållande egenskaper. Fördelen med detta är att den stora energiåtgången som man har i konventionella växthusmodeller begränsas i avsevärd utsträckning. Nackdelarna är uteblivet ljus, samt att byggnadens stomme blir massivare och därmed dyrare.

Det ljus som växterna behöver kommer nu endast in via fasaderna mot syd, öst och väst. För att kompensera för bortfallet så har konceptmodellen högre höjd på fasaderna än brukligt. Utöver detta så leds ljus även in i växthuset med hjälp av reflektorer. Dessa är ljusreflekterande ytelement som ligger på marken framför de ljusgenomsläppliga fasaderna. Se del 4 i figur Figur 1. Schematisk skiss av ett reflektionsväxthus, skärning. och Figur 2. Schematisk skiss av ett reflektionsväxthus, plan.

Reflektorerna är ledade i den ände som fäster i byggnaden, och är försedda med höj- och sänkbara mekaniska element så att man kan ändra reflektionsvinklarna beroende på solljusets infallsvinkel. På så sätt kan det inkommande dagsljuset maximeras för alla olika infallsvinklar. Förutom de markliggande reflektorerna så finns även möjligheten att utrusta växthuset med stående reflektorer, för att ytterligare öka på den upptagna mängden ljus. Dessa fästs i så fall i byggnadens fyra hörnpelare. Se del 40 i figur Figur 2. Schematisk skiss av ett reflektionsväxthus, plan.

Undertaket konstrueras välvt och utrustas med ljusreflekterande ytmaterial, så att även det sprider vidare det reflekterade ljuset på ett optimalt sätt till resten av byggnadens insida.



Figur 2. Schematisk skiss av ett reflektionsväxthus, plan. (Myntti, 2012, s. 17)

2.2 Energieffektivitet

Som tidigare konstaterat så är den största nackdelen med de konventionella växthusmodellerna den stora energiåtgången. Detta är det huvudsakliga problemet som man vill åtgärda med denna nya typ av växthus.

Eftersom taket är isolerat så åtgärdas därmed den allra största delen av värmeförlusterna. Förlusterna minimeras ännu mer i och med att även den norra väggen isoleras. Härmed så är en betydande del av värmeförlusterna i ett konventionellt växthus eliminerade, och den totala energiförbrukningen minskar drastiskt. Samma tankesätt tillämpas genom hela designen, och betoning har satts på goda U-värden i de övriga konstruktionerna. Detta innebär lite högre investerings- och konstruktionskostnader, men dessa tas snabbt ikapp genom inbesparade löpande kostnaderna. I Jussi Koskinens examensarbete finns en jämförelse mellan ett konventionellt växthus och den nya modellen, med två olika arealer. Resultatet finns sammanfattat i tabellen nedan. (Myntti, 2012)

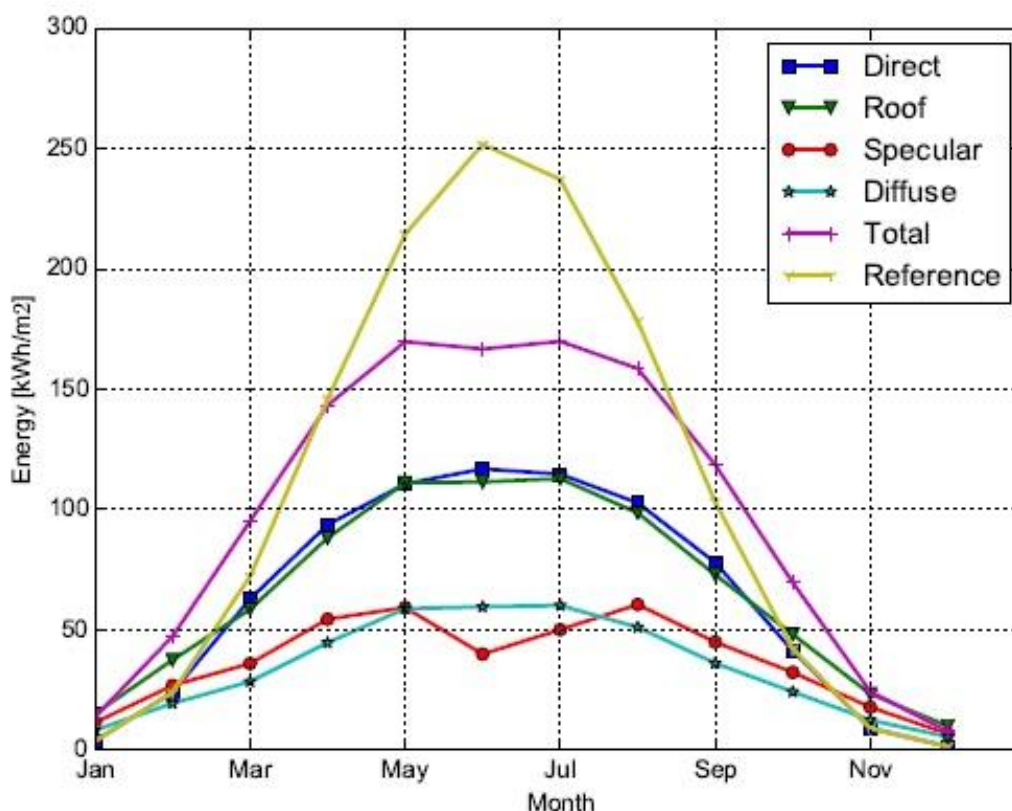
Tabell 1. Preliminär jämförelse av energianvändning hos ett konventionellt växthus och den nya konceptmodellen.

Energiflöde	Konceptmodell, 384 m ² [kWh]	Konceptmodell, 1000 m ² [kWh]	Konventionellt, 384 m ² [kWh]	Konventionellt, 1000 m ² [kWh]
Q _{mantel}	54 678	133 118	223 718	535 365
Q _{läckage}	1 559	6 092	19 644	62 802
Q _{ventilation}	56 147	146 216	140 368	365 540
Q_{totalt}	112 385	285 426	383 730	963 707

(Koskinen, 2009, ss. 47-53)

Som kan ses i Tabell 1 verkar resultaten av denna preliminära kalkylation mycket lovande, då konceptmodellen förutses bruka endast 40 % av den energi som ett konventionellt växthus kräver. Denna kalkyl är baserad på en rad antaganden och premisser, vilka finns att läsa i Koskinens examensarbete. Resultaten är framtagna enligt samma beräkningsmetoder som används ännu idag och ger ett gott jämförelsevärde. Detta är precis den typ av resultat som man vill bekräfta med detta pilotprojekt. (Koskinen, 2009)

Nackdelen är som tidigare konstaterat att med dessa konstruktionsval får växterna inte lika mycket ljus som i de konventionella växthusmodellerna. Bortfallet blir dock inte så stort eftersom ju nordligare breddgrader man befinner sig på, desto lägre kommer vinklarna för det infallande solljuset att vara. Detta innebär alltså att under hösten, vintern och våren kommer majoriteten av solskenet in via fasaderna, inte genom taket. Det är under dessa månader som man får allra mest nytta av reflektorerna, och här kommer ett reflektionsväxthus de facto att få in mera solenergi än ett konventionellt enligt de simuleringar som gjorts av Petri Välisuo och Carolin Nuortila i rapporten "Insolation analysis of a novel greenhouse type". Se Figur 3. (Välisuo & Nuortila, 2017)



Figur 3. Infångad solenergi per månad (kWh/m²) i ett traditionellt växthus (gul) jämfört med simulationen för ett reflektionsväxthus (lila). (Välisuo & Nuortila, 2017, s. 8)

Den totala infångade solenergin i ett reflektionsväxthus uppgår enligt de simuleringar som gjorts hittills till ca 92 % av en traditionellt, när reflektorvinklarna ställs till de optimala vinklarna varje månad. Detta är också ett av de forskningsresultat som man vill kontrollera.

Som kan utläsas från grafen ovan är det alltså under tiden april-augusti som reflektionsväxthuset inte får lika mycket ljus som ett traditionellt, men det inkommer ändå över 150 kWh/m² under denna tid. Värt att notera är även att ett traditionellt växthus under denna tid normalt är tvunget att avlägsna värme för att hålla temperaturen inom de nödvändiga parametrarna för växterna, även i Finland. Så till och med under denna årstid är det fördelaktigare med den nya konceptmodellen, enligt de forskningsresultat som hittills tagits fram. Mera om detta i kapitel 4.3.1.

Uppvärmningen kommer att skötas med bergvärme, luftväxlare och ett reservsystem. Ett sådant behövs för extremt kalla vinterdagar, men för detta behövs vidare utredning som har avgränsats i detta examensarbete. De tekniska utrymmena placeras bakom den norra väggen, för att inte blockera något av det inkommande ljuset. Mera om detta i kapitel 4.1

Den nya konceptmodellen har fokus på energieffektivitet och miljömedvetenhet även med de övriga systemen och utrustningen som används. Eftersom värmeflödet är så mycket mindre i den nya konceptmodellen så har man beslutat att använda LED-belysning i så lång utsträckning som möjligt. Därmed sparar man in mycket på den energi som går åt till konstbelysningen. Mer om detta i kapitel 4.3

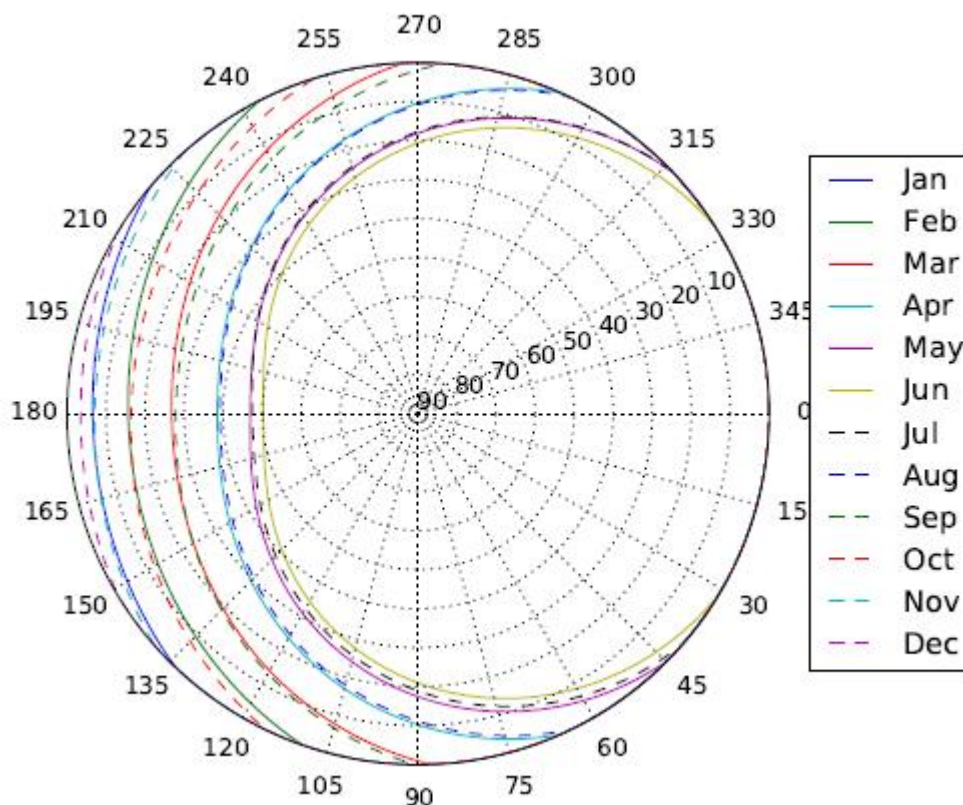
2.3 Geometri

För att ta fram lämpliga mått för byggnaden har använts information ur artikeln ”Insolation analysis of a novel greenhouse type”, samt Jussi Koskinens examensarbete ”Energiaa säästäväen kasvihuonerakenteen selvitystyö”.

Önskad area för växthuset var enligt beställaren mellan 500-600 m². Detta ansågs vara en passande storleksordning för ett pilotprojekt, både till arean och till de kostnader som uppkommer. Slutliga arean för byggnaden blir 672 m², med grönrumsyta på 512 m².

2.3.1 Solvinklar

Dimensionerna för byggnaden styrs till stor del av det inkommande solljusets olika infallsvinklar och väderstreck. Majoriteten av det inkommande solljuset kommer från sydlig riktning, så längden på byggnaden blir därför i motsvarande mån större än bredden, med fronten riktad mot syd. Solens infallsvinklar i Finland ligger mellan 0-53°, med de högsta vinklarna under sommarmånaderna. Som kan ses i figur 5 så faller vinklarna som direkt konsekvens av nordligare breddgrader. Under januari månad når solens infallsvinklar endast upp till ca 8-9°, med endast cirka 6 timmar sol per dygn. Motsvarande siffor för april och september är 38° och mellan 12 till 15 timmar solljus per dygn.



Figur 4. Solens elevation och azimuthvinklar i Vasa varje månad den 21: st. (63 104N, 21 594E)

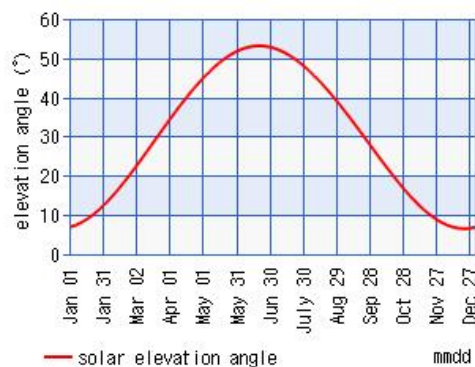
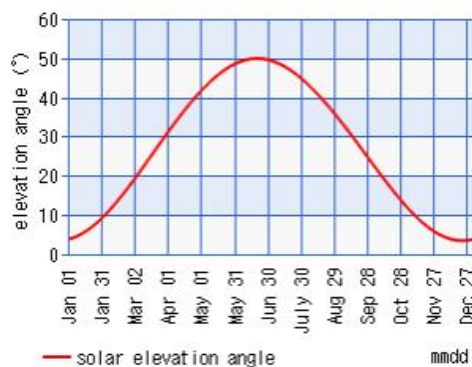
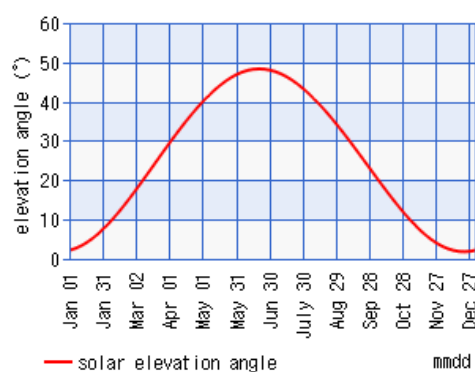
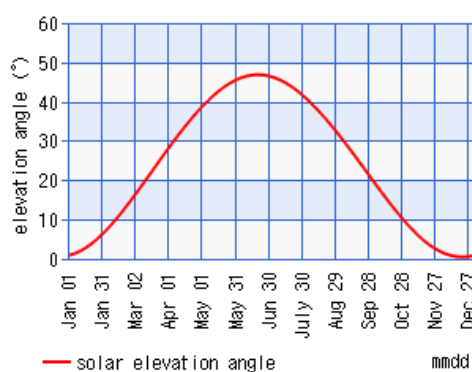
Som kan utläsas ur Figur 4 så är solljusets infallsvinklar överlag låga under stor del av året, desto mera så ju längre norrut man befinner sig. I Tabell 2 ses medelvärden för solens elevationsvinklar på olika orter i Finland. Informationen som tabellen grundar sig på är hämtad från www.keisan.casio.com/exec/system/1224682277, den 11.3.2017.

Tabell 2. Medelvärde för solens elevationsvinklar på olika orter i Finland.

Ort	Helsingfors	Vasa	Uleåborg	Rovaniemi
Medelvinkel	30,0°	26,8°	25,1°	23,6°

(Keisan.casio.com, 2017)

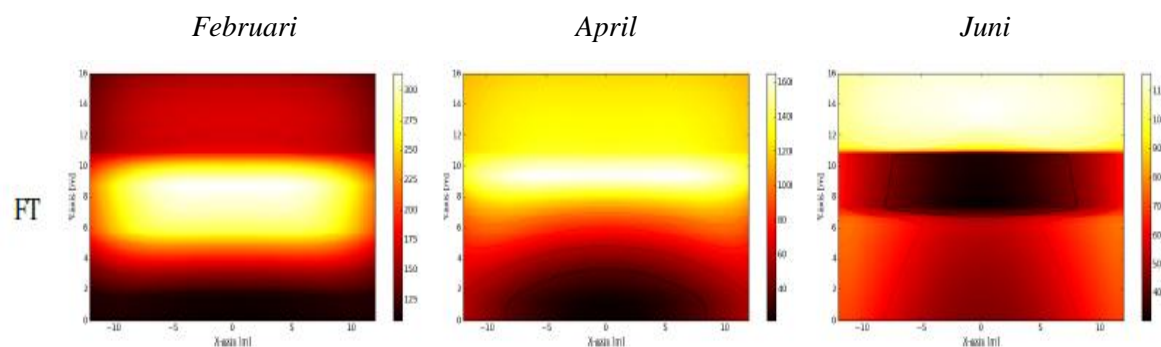
Medelvärdet här har fått genom att lista solens högsta elevationsvinkel med fem dagars mellanrum och sedan ta medelvärdet för ett helt år. Man får då ett bra jämförelsevärde för vilka de dimensionerande solvinklarna blir. I Figur 5 ses samma data i diagramform.

*Helsingfors**Vasa**Uleåborg**Rovaniemi*

Figur 5. Solens elevationsvinklar på olika orter i Finland över ett år. (Keisan.casio.com, 2017)

Detta har som följd att höjden på fasaderna blir avgörande för den inkommande mängden solljus och för hur djupt solstrålarna når in i byggnaden. Som direkt konsekvens av solens infallsvinklar och fasadens höjd fås optimal storlek och lutning på de markliggande reflektorerna. Detta har gjorts noggranna beräkningar på i rapporten av Välisuo och Nuortila. Dessa presenteras i kapitel 5.6.

Djupet på byggnaden valdes till 16 m. Då når ca 75 % av det inkommande solljuset ända in till byggnadens norra vägg med 5 m höga fasader, utan hjälp av någon reflektion. På så sätt får man en lämplig kompromiss mellan inkommande solenergi, dimensioneringskrav samt storleken på reflektorerna. I rapporten av Nuortila undersöktes ett växthus med dimensionerna 24 m x 16 m x 6 m. Grafer över den upplysta ytan kan ses i Figur 6.



Figur 6. Resultat av simulering. (Välisuo & Nuortila, 2017, s. 6)

Varje graf har sin egen skala, färgerna kan inte jämföras sinsemellan. Toppen av grafen motsvarar byggnadens södra vägg, med öster till vänster och väster till höger. Längst till vänster visas den totala upplysta golvytan, i mitten med direkt belysning, och längst till höger med 50 % diffus och 50 % spekulär reflektion. Mera information om parametrar, utrustning och resultat fås ur rapporten. (Välisuo & Nuortila, 2017)

Till byggnadens totala djup kommer även de tekniska utrymmena, lagerutrymmet och de sociala utrymmena. Dessa placeras bakom den kompakta norra väggen, där de inte orsakar något bortfall för det inkommande solljuset. Djupet ökar då till 20 m.

För att nå den önskade arean på byggnaden så uppgår bredden till dubbla djupet, vilket även återspeglar förhållandet mellan den inkommande solenergin från de olika vädersträcken. Detta ger en bredd på 32 m.

Sockelns höjd valdes till 1,2 m. Återigen gör en kompromiss mellan de rekommenderade sockelhöjderna. I Koskinens arbete föreslogs 1 m och rapporten "Heijastus" av Dahlbäck, Sjöholm och Nuortila föreslås en höjd på 1,6–1,8 m. Höjden på den genomsnittliga delen av fasaderna är som tidigare påpekat valda till 5 m. Som takstomme valdes ett pulpettak med stålfackverk. Detta adderar 1,6 m till höjden, enligt minikravet på höjden på ett fackverk ($h = L/10$). Till detta adderas även takkonstruktionens tjocklek, vilket ger en slutlig höjd på 9,2 m för den högre sidan och 7,4 m för den lägre. Dimensionerna och geometrin har medvetet hållits ganska nära de föreslag och rekommendationer som använts för att kunna bekräfta de simuleringar och beräkningar som gjorts tidigare. (Dahlbäck;Sjöholm;& Nuortila, 2015)

2.4 Dimensionering

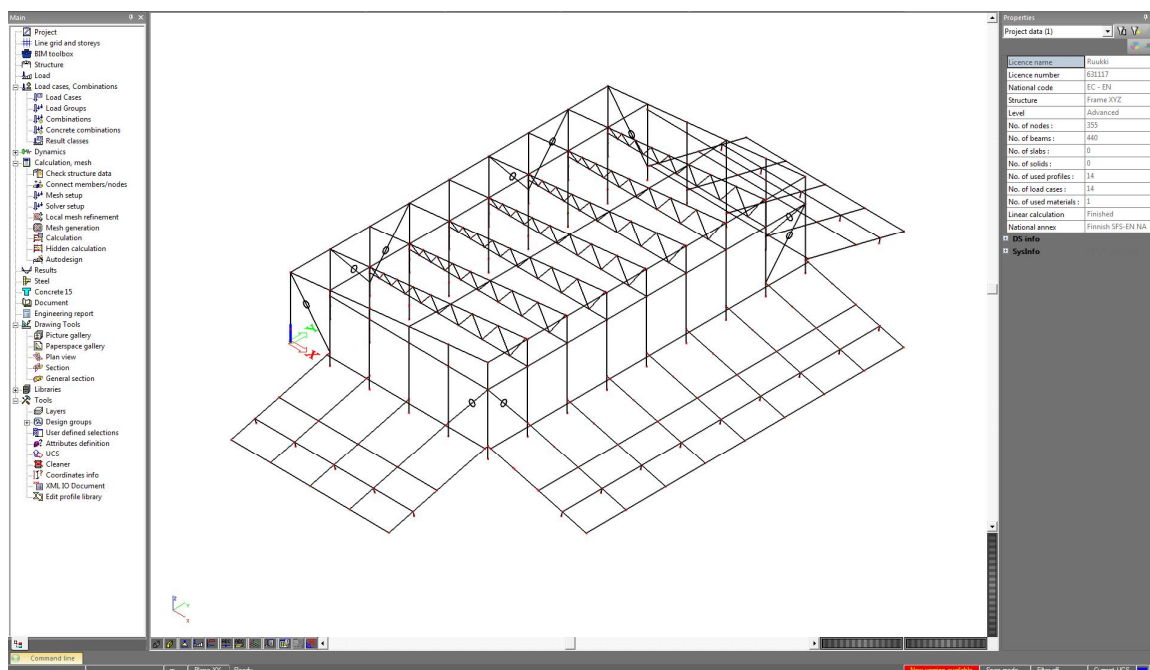
För att dimensionera denna byggnad har flera beräknings- och dimensioneringsprogram använts. För att utföra den huvudsakliga lastberäkningen och med hjälp av den dimensionera stomdelarna användes Autodesk ROBOT Structural Analysis 2015 (Robot). Resultaten härifrån kontrollerades även med SCIA Engineer 15.3 (SCIA). Lämpliga dimensioner för alla stomelement av stål såsom pelare, balkar, strävor, fackverk och reflektorbalkar har tagits fram utifrån den uppgjorda modellen. Skärm dumpar över olika lastfall samt utskrivnen sammanfattning från lastanalysen i Robot hittas i Bilaga 6. De olika konstruktionerna som valts baserat på beräkningarna går igenom i kapitel 5.

För att ta fram lämpliga dimensioner för den bärande takplåten användes Poimu, Ruukkis beräkningsprogram för deras trapetskorrugerade plåtar. En beräkning utfördes även för den lastbärande plåten i reflektorelementen. Programmet TrayPan användes för att dimensionera väggpanelerna.

Utöver detta användes även diverse Excel-tillämpningar baserade på Eurokoderna såsom program för beräkning av snö- och vindlast, samt betongelement såsom pelarsulor och sockelelement. I de fall då det inte fanns färdiga program att tillgå kodades egna tillämpningar baserade på Eurokoderna, i huvudsak för de olika anslutningarna som använts.

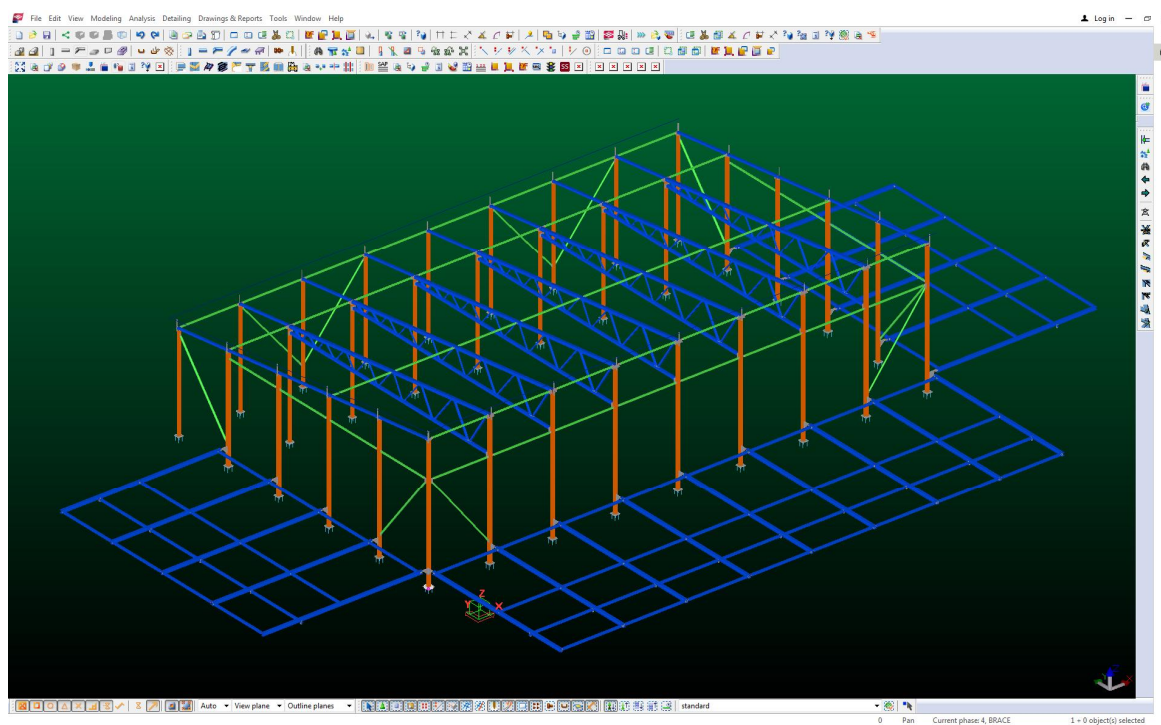
Nedan listas de program och tillämpningar som använts:

- Autodesk ROBOT Structural Analysis
- SCIA Engineer 15.3
- Tekla Structures 21.0
- Poimu 5.42
- TrayPan
- Excel, diverse tillämpningar för:
 - Egenvikter
 - Snölast
 - Vindlast
 - Dimensionering av pelarsulor
 - Dimensionering av anslutningar



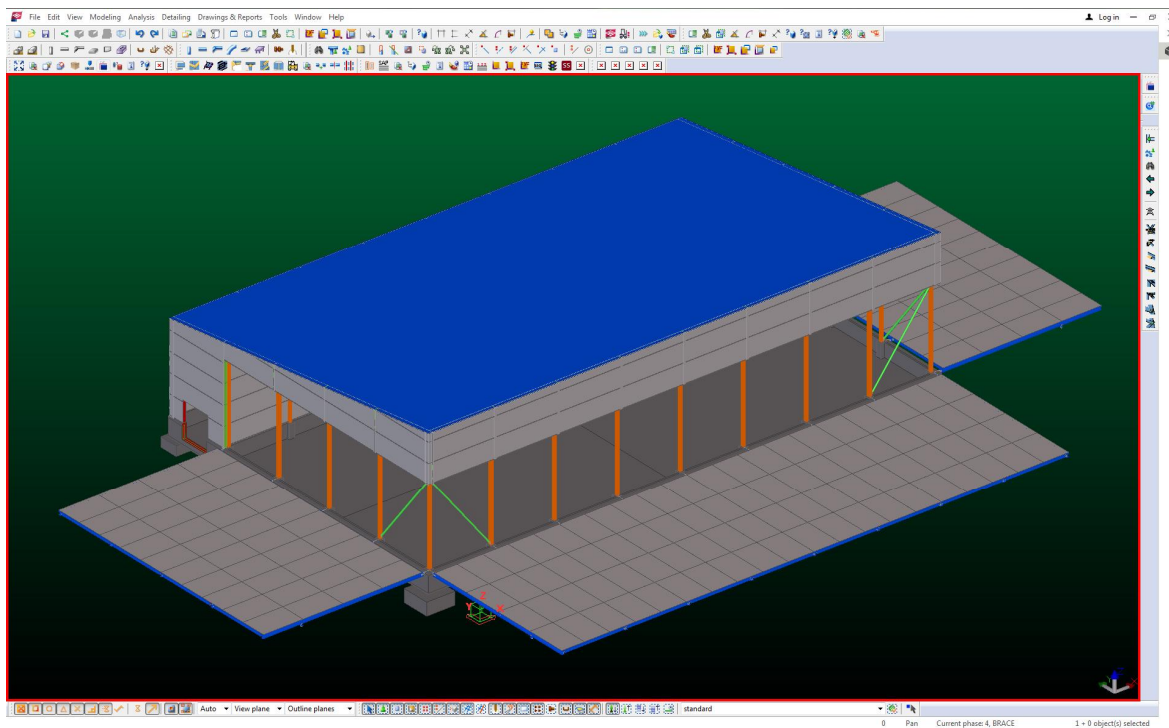
Figur 7. Urklipp ur 3D-modellen från SCIA Engineer.

I Figur 7 ovan kan man se alla de stomdelar som har dimensionerats i respektive program, här en skämbild från SCIA Engineer. När alla slutliga mått och dimensioner för element, delar och anslutningar fastställs så sattes dessa in i Tekla Structures 21.0 (Tekla) som en komplett 3D-modell av byggnaden. Denna modell användes sedan för att ta fram alla ritningar och materiallistor.



Figur 8. Skärmbild från 3D-modellen i Tekla.

I Figur 8 kan man se hela byggnadens stomme med alla bärande element, anslutningar och detaljer inritade. Grunden med armering, samt skalet som omfattar paneler, fönster och tak är också modellerade men gömda i figuren ovan för att ge en bättre översikt av byggnadens stomme. I Figur 9 nedan syns modellen med alla delar synliga.



Figur 9. Skärmbild från 3D-modellen i Tekla.

3 Laster

I detta kapitel går den grundläggande teorin för framtagning och beräkning av de olika laster som tas i beaktande vid dimensionering av en byggnad, med fokus på detta projekt.

För att kunna dimensionera en byggnad på optimalt sätt så är framtagning av de laster och lastfall som verkar på konstruktionen av yttersta vikt. Alla konstruktioner påverkas hela tiden av flera olika laster av varierande typer och storlekar. När man slår ihop dessa får man lastfallskombinationer. I detta kapitel behandlas framtagningen av egenvikter, nyttolast, snölast och vindlast, samt även konsekvensklasser och tidsklasser. De karakteristiska lasterna har tagits ur EN1991-1-1 till EN1991-1-4 samt kompletterats ur den nationella bilagan.

3.1 Dimensionerande laster

Man dimensionerar enligt två olika gränstillstånd, enligt EN1990:

- **Brottgränstillstånd:** När detta tillstånd uppnås är byggnaden på gränsen till något slags kritiskt brott. Här används olika säkerhetskoefficienter för att förstora lasternas verkan.
- **Bruksgränstillstånd:** En bärande konstruktion eller del närmar sig kraven som ställs på dess egenskaper, såsom till exempel nedböjning. Lasternas karakteristiska effekt används, det vill säga deras verkliga effekt på konstruktionen då byggnaden är i användning.

När man dimensionerar en konstruktion så skall båda tillstånden beaktas och kontrolleras, för att således upprätthålla en hög nivå på säkerheten och hållfastheten under konstruktionens planerade levnadstid, utan att onödiga extrakostnader tillkommer. (SFS-EN1990:2007)

3.2 Konsekvensklass

I den finska nationella bilagan EN1990 NA(FI) delar man in alla byggnader i tre olika konsekvensklasser, beroende på hur allvarliga följer ett brott skulle ha. Beroende på vilken konsekvensklass som erhålls får man en lastkoefficient som används för att förstora eller förminska lasterna. Se Tabell 3 för koefficient och beskrivning.

Tabell 3. Bestämning av konsekvensklass och lastkoefficient.

Konsekvensklass	Lastkoefficient	Beskrivning	Exempel
CC1	0,9	Små konsekvenser genom förlust av människoliv eller små ekonomiska, sociala eller miljöskador.	En- och tvåvåningsbyggnader där människor vistas bara tillfälligt t.ex. lager. Konstruktioner som inte orsakar märkbar fara vid skada som: <ul style="list-style-type: none"> - trossbottenbjälklag - yttertak med krypvind, nära vindsbjälklaget, nära den egentliga bärande konstruktionen - icke bärande ytterväggar och mellanväggar
CC2	1,0	Medelstora konsekvenser genom förlust av människoliv eller ekonomiska, sociala eller miljöskador.	Byggnader och konstruktioner som inte hör till CC1 eller CC3.
CC3	1,1	Stora konsekvenser genom förlust av människoliv eller ekonomiska, sociala eller miljöskador.	Byggnadens bärande stomme inklusive sådana byggnader där det ofta vistas en stor mängd människor som <ul style="list-style-type: none"> - bostads, kontors- och affärbyggnader med över 8 våningar, inklusive källarvåning - konsertsalar, teatrar, sport, och utställningshallar, läktare (över 1000 personer) - Byggnader som är tungt belastade eller innehåller stora spännvidder. Specialkonstruktioner som t.ex. stora master och torn.

(SFS-EN1990:2007)

Denna konstruktion ligger inom ramen för konsekvensklass CC1, eftersom det är en envåningsbyggnad där människor endast vistas tillfälligt, samt att märkbar fara inte orsakas vid nämnda förhållanden. Detta innebär att dimensioneringen blir något mindre krävande med en lastfaktor på 0,9.

3.3 Tidsklasser

Olika sorters last delas in i tidsklasser beroende på deras varaktighet. Följande indelning gäller i Finland enligt EN1990:

- Permanent – över tio år.
- Långvarig – sex månader till tio år.
- Medellång – en vecka till sex månader.
- Kortvarig – under en vecka.
- Momentan – stundvis förekommande.

I andra länder är detta öppet för tolkning, men de ovan nämnda varaktigheterna är de som gäller enligt den finska nationella bilagan EN1990 NA(FI). Indelningen i för lasterna i detta arbete är följande:

- Egenvikter: Permanent
- Nyttolast: Medellång
- Snölast: Medellång
- Vindlast: Momentan

3.4 Lastfallskombinationer

I verkligheten är det så gott som alltid flera olika lastfall som verkar samtidigt på en byggnad. För att simulera detta använder man sig av lastfallskombinationer. Man kombinerar då flera olika lastfall, såsom samtidig snölast och vindlast. Då får man en verklighetstrogen uppskattning av de lastfall som byggnaden kommer att utsättas för under dess brukstid.

Lastfallskombinationer kan vara väldigt många, och därför brukar man begränsa sig till de olika fall som antas vara dimensionerande. I detta fall är dimensioneringsdelen räknad med datorprogram, så ett stort antal olika lastfall är medtagna.

Den input som använts i beräkningsprogrammen har tagits fram med de metoder som beskrivs i EN1990. Nedan följer en kort genomgång av dessa.

$$1,15 * K_{FI} * G_{k,i} + 1,5 * K_{FI} * Q_{k,i} + 1,5 * K_{FI} * \sum_{i>1} \Psi_{0,i} * Q_{k,j} \quad (1)$$

$$1,35 * K_{FI} * G_{k,i} \quad (2)$$

Där

- $G_{k,i}$ = karakteristiskt värde för alla egenvikter som ingår i lasteffekten.
- $Q_{k,i}$ = karakteristiskt värde för den dominerande nyttolasten eller huvudlasten.
- $Q_{k,j}$ = karakteristiskt värde för övriga samtidigt förekommande nyttolaster.
- $\Psi_{0,i}$ = kombinationsfaktor enligt Tabell 4. Kombinationsfaktorer., spalt Ψ_0 har använts.
- K_{FI} = lastfaktor som fås av byggnadens konsekvensklass.

Övre raden används då nyttolaster ingår medan den undre raden gäller då endast egenvikter tas i beaktande. Kombinationsfaktorerna fås från Tabell 4 nedan.

Tabell 4. Kombinationsfaktorer.

Last	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Nyttiga laster i byggnader, klass (se SFS-EN 1991-1-1)			
Klass A: bostadsutrymmen	0,7	0,5	0,3
Klass B: kontorsutrymmen	0,7	0,5	0,3
Klass C: samlingsutrymmen	0,7	0,7	0,3
Klass D: affärsutrymmen	0,7	0,7	0,6
Klass E: lagerutrymmen	1,0	0,9	0,8
Klass F: trafikerade utrymmen, fordonsvikt ≤ 30 kN	0,7	0,7	0,6
Klass G: trafikerade utrymmen, $30 \text{ kN} < \text{fordonsvikt} \leq 160 \text{ kN}$	0,7	0,5	0,3
Klass H: yttertak	0	0	0
Snölast (se SFS-EN 1991-1-3)*) när $s_k < 2,75 \text{ kN/m}^2$	0,7	0,4	0,2
$s_k \geq 2,75 \text{ kN/m}^2$	0,7	0,5	0,2
Islast **)	0,7	0,3	0
Vindlaster på byggnader (se SFS-EN 1991-1-4)	0,6	0,2	0
Byggnaders inre temperatur (ej brand) (se SFS-EN 1991-1-5)	0,6	0,5	0
*) På uteterrasser och balkonger $\psi_0 = 0$ i samband med klasserna A, B, F och G. Obs: Om det i byggnaden finns olika lastklasser som inte kan separeras till egna klara grupper, används ψ -värden som ger mest ogynnsam inverkan. **) Tillägg till Finlands nationella bilaga.			

(SFS-EN1990:2007)

3.5 Egenvikter

Alla konstruktioner räknas som egenvikter med permanent varaktighet. Hit hör även all fast inredning, men denna förekommer endast i mycket begränsad utsträckning i det här fallet och har därför inte tagits med. De värden för egenvikterna som ges här under har tagits antingen från SFS-EN1991, från tillverkarens produktinformation eller så har de räknats fram för hand. Egenvikterna som använts som input för dimensioneringen fås från kapitel 5 eller så hittas de som bilaga för den relevanta delen eller elementet. Stomdelarnas egenvikt tas automatiskt med i beräkningarna i både Robot och SCIA.

3.6 Snölast

Detta är den last som uppkommer av den snö som lämnar på byggnaden under vinterhalvåret. Snölasten karakteriseras som en naturlig nyttolast med medellång varaktighet upp till 6 månader. Denna last verkar vertikalt på byggnadens takytor. Storleken på lasten fås via snölastens grundvärde på marken. Detta värde varierar beroende på vilken region byggnaden befinner sig i, enligt figur 9 här nedan. För att få den slutgiltiga snölasten multipliceras den karakteristiska lasten med takets formfaktor samt med exponeringsfaktorn och den termiska koefficienten. Värdet på snölasten fås alltså enligt:

$$s = \mu_l * C_e * C_t * s_k \quad (3)$$

(SFS-EN1991-1-3:2007, s. 14)

Där:

μ_l	=	<i>takets formfaktor</i>
C_e	=	<i>exponeringsfaktor</i>
C_t	=	<i>termisk koefficient</i>
s_k	=	<i>snölastens grundvärde på marken</i>

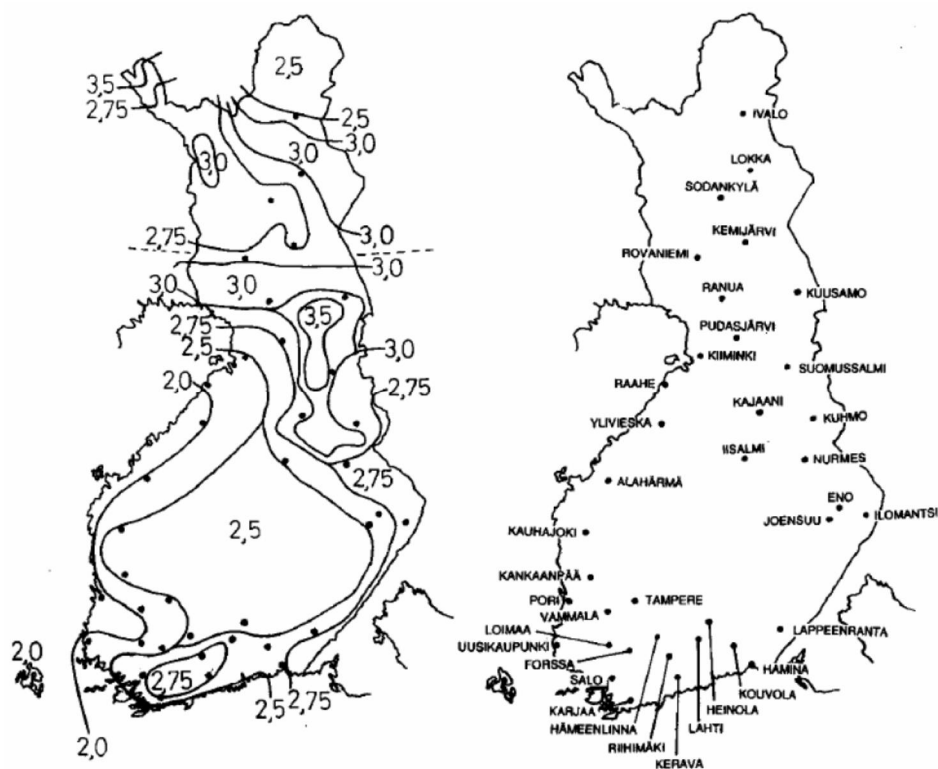
Exponeringsfaktorn beror av topografi och fås ur Tabell 5. Faktorn för normal topografi har använts, så att man ska kunna placera byggnaden var som helst. Den termiska koefficienten används för att minska snölast på tak med värmegenomgångskoefficienter över 1 W/m²K. Detta är dock inte fallet här, då den termiska koefficienten på ett inte påverkar snölasten. Det är alltså till stor del denna faktor i kombination med takets egenvikt gör att stommen blir massivare än i konventionella växthus. (SFS-EN1991-1-3:2007, s. 16)

Tabell 5. Rekommenderade värden på C_e för olika topografier.

Topografi	C_e
Vindutsatt ^a	0,8
Normal ^b	1,0
Skyddad ^c	1,2

a. Vindutsatt topografi: plan, öppen terräng, vindexponerad i alla riktningar utan skydd eller med lite skydd av terräng, träd eller högre byggnadsverk.
b. Normal topografi: områden där snön endast i undantagsfall blåser av byggnadsverk, avhängigt terräng, andra byggnadsverk eller träd.
c. Skyddad topografi: område för det aktuella byggnadsverket är väsentligt lägre än omgivande terräng eller omgivet av höga träd och/eller omgivet av högre byggnadsverk.

(SFS-EN1991-1-3:2007, s. 15)



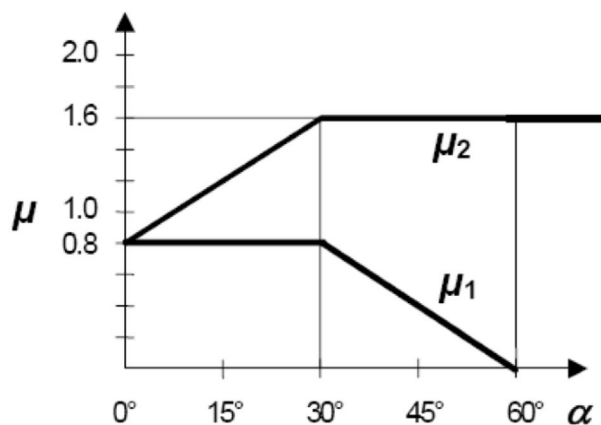
Figur 10. Snökarta för snölastens karakteristiska värde beroende på region. (SFS-EN1991-1-3:2007, s. 40)

Den tänkte placeringen för huset är längs kusten vid Vasaregionen. Detta ger enligt Figur 10 att snölastens grundvärde på mark:

$$s_k = 2,0 \text{ kN/m}^2. \quad (4)$$

Här bör även noteras att vid val av konstruktionstyper har en bitanke varit att tvärsnitt och element lätt ska kunna förstoras och/eller skalas upp så att byggnaden ska kunna placeras var som helst i landet med så små ändringar på konstruktionerna som möjligt.

Tabell 6. Diagram för takets formfaktor beroende på takets lutning.



(SFS-EN1991-1-3:2007, s. 16)

Ur Tabell 6 får man formfaktorn som multipliceras med snölastens grundvärde. Taket kommer att vara ett pulpettak, vilket ger formfaktorn μ_1 . Diagrammet ovan finns även i tabellform i Tabell 7. Formfaktorer för snölast på pulpettak.

Tabell 7. Formfaktorer för snölast på pulpettak.

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

(SFS-EN1991-1-3:2007, s. 17)

Med lutningen $6,84^\circ$ fås enligt ovan att:

$$\mu_1 = 0,8 \quad (5)$$

Detta är även minimivärdet för tak som försetts med snöhinder, vilket också är fallet här.

Snölasten som används vid dimensioneringen blir alltså:

$$q_{k,s} = 0,8 * 1,0 * 1,0 * 2,0 \text{ kN/m}^2 \quad (6)$$

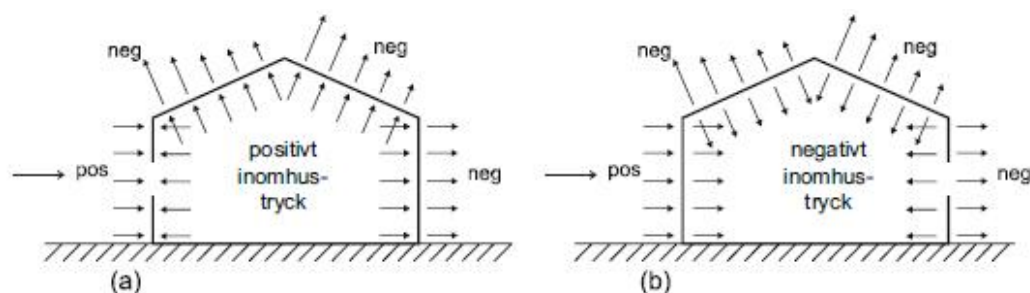
$$q_{k,s} = 1,6 \text{ kN/m}^2 \quad (7)$$

I bilaga 1 finns beräkningar där de exakta laster som påverkar olika stomdelar tas fram.

(SFS-EN1991-1-3:2007)

3.7 Vindlast

Vindlasten karakteriseras liksom snölasten som en naturlig nyttolast. Den verkar med antingen tryck eller drag på byggnadens mantel. Utöver detta så orsakar vinden även ett över- eller undertryck inne i byggnaden, som också måste tas med i beräkningarna. Det finns alltså två olika sorters vindlast, extern och intern. Detta koncept visualiseras i Figur 11 nedan.



Figur 11. Vindlast på ytor. (SFS-EN1991-1-4:2007, s. 25)

Extern vindlast beräknas enligt formeln:

$$w_e = q_p(z_e) * c_{pe} \quad (8)$$

Intern vindlast beräknas enligt formeln:

$$w_i = q_i(z_i) * c_{pi} \quad (9)$$

Dessa båda kan förenklas och slås ihop, eftersom de verkar samtidigt och i samma riktning.

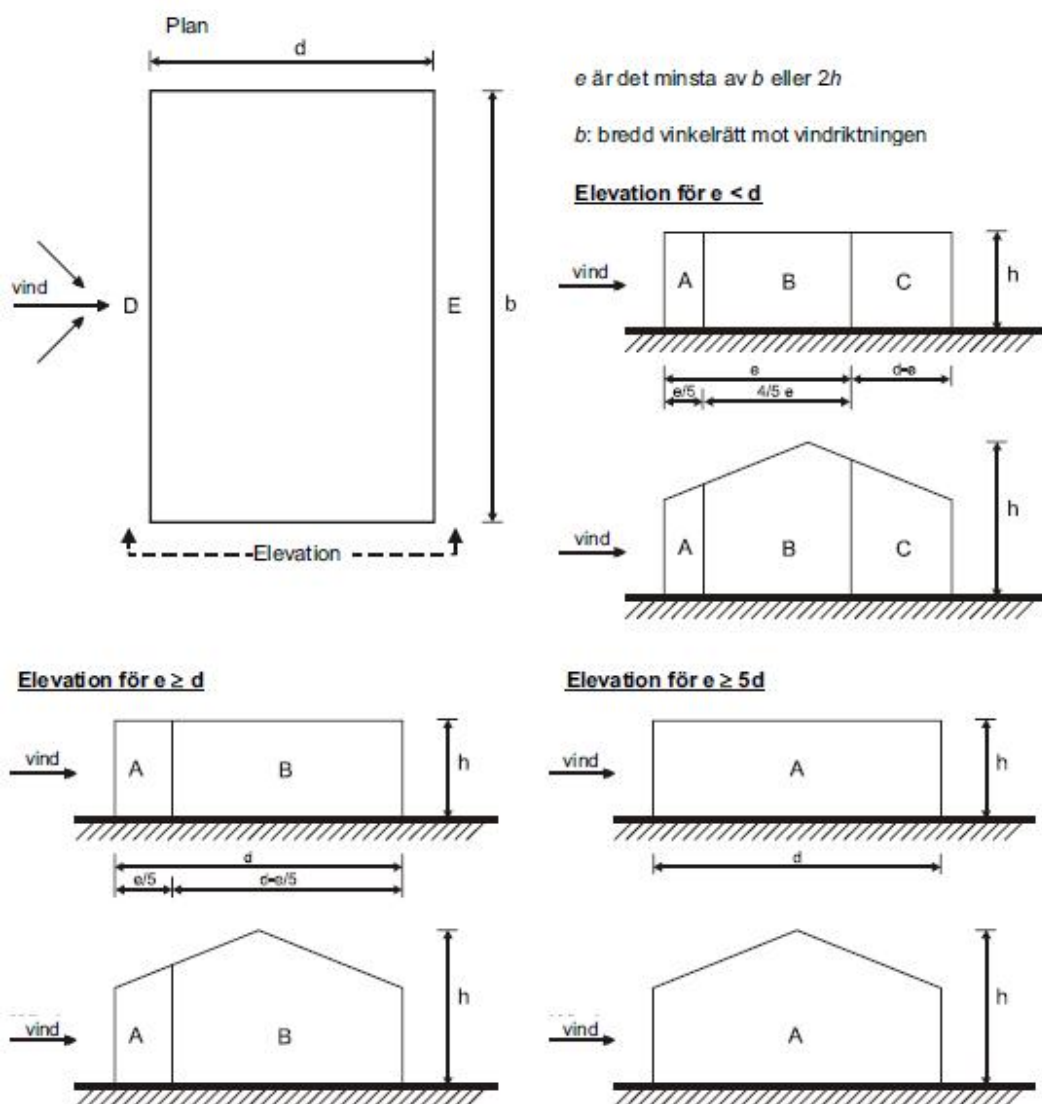
Man får då den förenklade formeln:

$$w_e = q_p(z_e) * (c_{pe} - c_{pi}) \quad (10)$$

Här används de mest ogynnsamma värdena för formfaktorerna c_{pe} och c_{pi} . De fås ur EN1991-1-4, kapitel 7.2. De rekommenderade formfaktorerna som använts här kan ses i Tabell 8. Rekommenderade formfaktorer för utvändigt last på vertikala väggar på rektangulärt formade byggnader. Man går tillväga genom att först ta fram vindlastzonerna ur de relevanta figurerna och kollar dessa mot byggnadens sidor. Lastfallen för kortsidorna fungerar enligt samma princip, man vänder planet 90° och räknar fram nya värden. (SFS-EN1991-1-4:2007)

I beräkningsmodellerna har beaktats åtta olika lastfall som uppkommer av vindlasten. Dessa är vindlasterna som uppkommer av vindriktning 0° , 90° , 180° och 270° , räknade

både med positivt inomhustryck med formfaktorn $c_{pi} = 0,2$ och negativt inomhustryck med formfaktorn $c_{pi} = -0,3$.



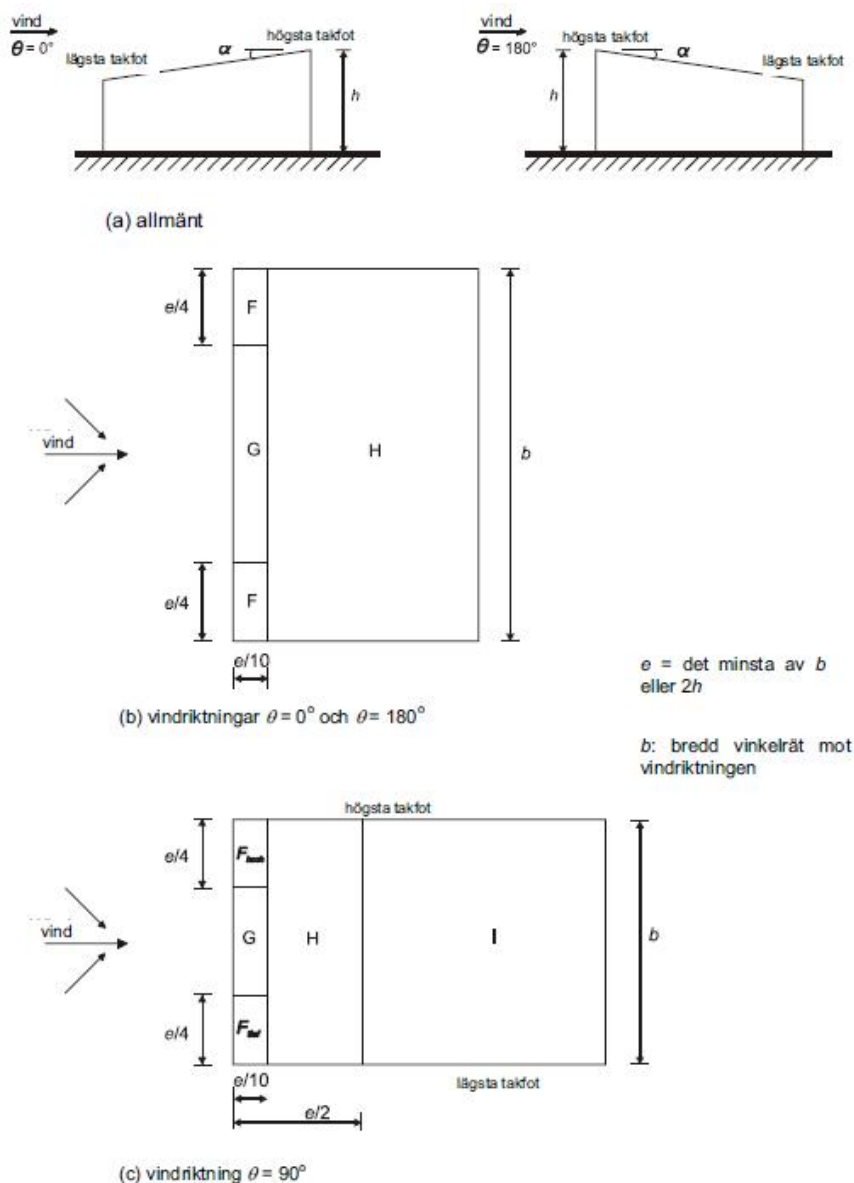
Figur 12. Zonindelning och beteckningar för vertikala väggar. (SFS-EN1991-1-4:2007, s. 34)

Tabell 8. Rekommenderade formfaktorer för utvändigt last på vertikala väggar på rektangulärt formade byggnader.

Zon	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	
≤0,25	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,7	+1,0	-0,3	

(SFS-EN1991-1-4:2007, s. 35)

Samma beräkningsgång tillämpas för takets c_p -värden. Man börjar med att bestämma takzonernas indelning och storlek. Dessa fås ur Figur 13. Zonindelning och beteckningar för pulpettak.



Figur 13. Zonindelning och beteckningar för pulpettak. (SFS-EN1991-1-4:2007, s. 38)

Beroende på taklutning och vindriktning fås olika värden för formfaktorerna för de olika zonerna. Dessa utläses ur Tabell 9 och Tabell 10. Värdena kan vara både negativa och positiva. Alla olika värden beaktas, eftersom vindtrycket snabbt ändras på taket. För vindriktning 90° och 270° så tas de största eller minsta värdena inom zonerna F, G och H och kombinerar dessa med de största eller minsta värdena inom zonerna I och J. Positiva och negativa värden kombineras inte för samma takhalva.

Tabell 9. Formfaktorer för utvändigt vindlast på pulpettak, vindriktning 0° och 180° .

Taktlutning α	Zon för vindriktning $\Theta = 0^\circ$						Zon för vindriktning $\Theta = 180^\circ$					
	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	

(SFS-EN1991-1-4:2007, s. 39)

Tabell 10. Formfaktorer för utvändigt vindlast på pulpettak, vindriktning 90° och 270°

Taktlutning α	Zon för vindriktning $\Theta = 90^\circ$									
	F_{up}		F_{low}		G		H		I	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
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	

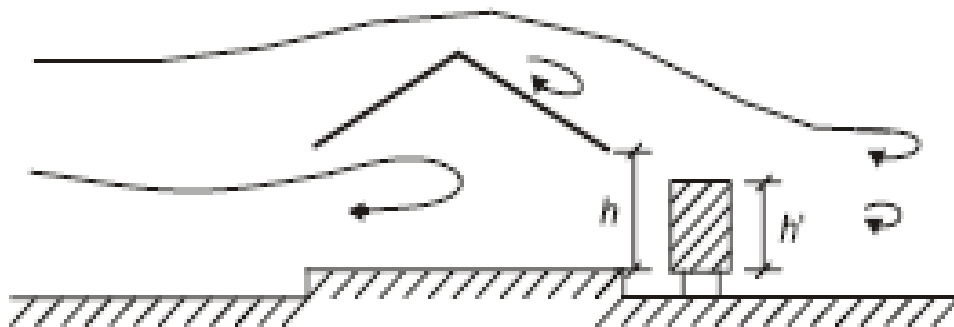
ANM.1 Vid vindriktningen $\Theta = 0^\circ$ och taktlutning mellan $\alpha = +5^\circ$ och $+45^\circ$ ändras vindlasten snabbt mellan positiva och negativa värden, därför anges både positiv och negativa värden. För dessa tak bör två fall beaktas: ett med alla värden positiva och ett med alla värden negativa. Ingen blandning mellan positiva och negativa värden är tillåten.

ANM. 2 För mellanliggande taktlutningar kan linjär interpolation mellan värden med samma tecken tillämpas. Värdet 0,0 är angivet för att underlätta interpolation.

(SFS-EN1991-1-4:2007, s. 39)

Beräkningsgången för vindlasten på reflektorerna skiljer sig en aning från den process som användes för den egentliga byggnaden. Dessa beräknades som fristående skärmtak med

olika höjd och lutning för syd respektive väst och öst. Här förekommer inget inomhustryck, så beräkningsgången blir något enklare. Eftersom reflektorerna fäster i väggen med endast små öppningar där vinden slipper igenom så räknas de som skärmtak där gods staplats upp till läsidans takfot, enligt Figur 14.



Figur 14. Luftströmning kring fristående skärmtak. (SFS-EN1991-1-4:2007, s. 51)

Detta innebär att fyllnadsgraden räknas som ett, och minimi-värdena för formfaktorena blir ogynnsammare, som kan ses i Tabell 11 nedan. På figuren avtecknas ett sadeltak, men principen är samma för pulpettak.

Tabell 11. Formfaktorer för fristående pulpetskärmtak.

			Formfaktor för nettovindlast $c_{p,net}$		
			zonindelning		
Taklutning α	Fyllnadsgrad φ	Formfaktor för kraft c_f	Zon A	Zon B	Zon C
0°	Maximum alla φ	+ 0,2	+ 0,5	+ 1,8	+ 1,1
	Minimum $\varphi = 0$	- 0,5	- 0,6	- 1,3	- 1,4
	Minimum $\varphi = 1$	- 1,3	- 1,5	- 1,8	- 2,2
5°	Maximum alla φ	+ 0,4	+ 0,8	+ 2,1	+ 1,3
	Minimum $\varphi = 0$	- 0,7	- 1,1	- 1,7	- 1,8
	Minimum $\varphi = 1$	- 1,4	- 1,6	- 2,2	- 2,5
10°	Maximum alla φ	+ 0,5	+ 1,2	+ 2,4	+ 1,6
	Minimum $\varphi = 0$	- 0,9	- 1,5	- 2,0	- 2,1
	Minimum $\varphi = 1$	- 1,4	- 2,1	- 2,6	- 2,7
15°	Maximum alla φ	+ 0,7	+ 1,4	+ 2,7	+ 1,8
	Minimum $\varphi = 0$	- 1,1	- 1,8	- 2,4	- 2,5
	Minimum $\varphi = 1$	- 1,4	- 1,6	- 2,9	- 3,0
20°	Maximum alla φ	+ 0,8	+ 1,7	+ 2,9	+ 2,1
	Minimum $\varphi = 0$	- 1,3	- 2,2	- 2,8	- 2,9
	Minimum $\varphi = 1$	- 1,4	- 1,6	- 2,9	- 3,0
25°	Maximum alla φ	+ 1,0	+ 2,0	+ 3,1	+ 2,3
	Minimum $\varphi = 0$	- 1,6	- 2,6	- 3,2	- 3,2
	Minimum $\varphi = 1$	- 1,4	- 1,5	- 2,5	- 2,8
30°	Maximum alla φ	+ 1,2	+ 2,2	+ 3,2	+ 2,4
	Minimum $\varphi = 0$	- 1,8	- 3,0	- 3,8	- 3,6
	Minimum $\varphi = 1$	- 1,4	- 1,5	- 2,2	- 2,7

ANM. + betyder nedåtriktad resulterande vindlast; - betyder uppåtriktad resulterande vindlast

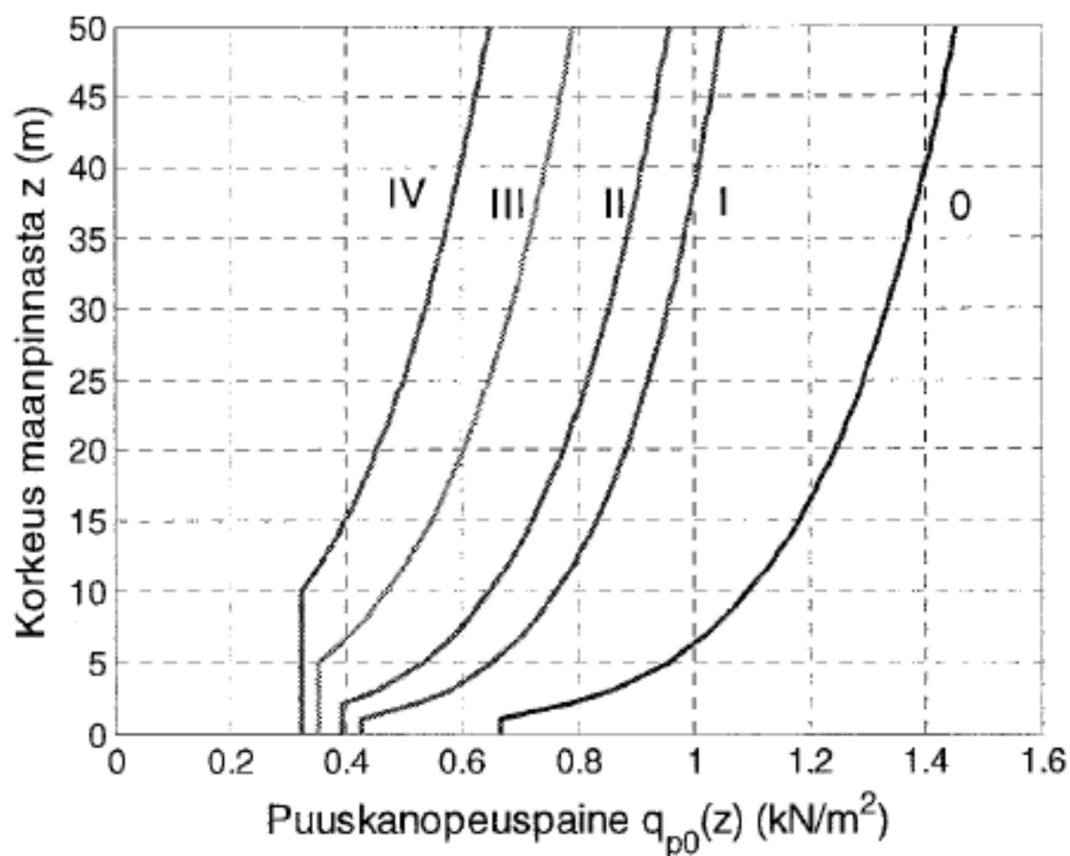
(SFS-EN1991-1-4:2007, s. 52)

Man kan räkna ut vindtrycket antingen genom att använda formler, eller avläsa det direkt ur ett diagram. Man får då vindtrycket genom att först bestämma terrängtypen enligt Tabell 12, och därefter ta ut vindtrycket som en funktion av höjden över markytan ur Figur 15. Beräkning med hjälp av formler ger ett noggrannare resultat, och har därför använts i detta arbete.

Tabell 12. Terrängtyper som vindtrycksgrafen baserar sig på.

Terrängtyp		z_0 [m]	z_{min} [m]
0	Havs- eller kustområde exponerat för öppet hav.	0,003	1
I	Sjö eller plant och horisontellt område med försumbar vegetation och utan hinder.	0,01	1
II	Område med låg vegetation som gräs och enstaka hinder (träd, byggnader) med minsta inbördes avstånd lika med 20 gånger hindrens höjd.	0,05	2
III	Område täckt med vegetation eller byggnader eller med enstaka hinder med största inbördes avstånd lika med 20 gånger hindrens höjd (t.ex. byar, förorter och skogsmark).	0,3	5
IV	Område där minst 15 % av arean är bebyggd och där byggnadernas medelhöjd är > 15 m.	1,0	10

(SFS-EN1991-1-4:2007, s. 20)



Figur 15. Definition av vindtryck som funktion av höjd över markyta i olika terrängzoner. (SFS-EN1991-1-4:2007)

Även för vindlasten finns beräkningar som bilaga, där de exakta värdena för lasten som påverkar stomdelarna tas fram. Beräkningarna har utförts i en Excel tillämpning gjord av Allan Andersson. Denna har modifierats så att den med hjälp av centrum-centrum avstånd ger linjelaster som direkt kan sättas in i räkneprogrammen. Hela listan med resultat har inte tagits med, men en sammanfattad version hittas i bilagorna 2–5.

De vindlaster som har använts i detta examensarbete är liksom snölasten anpassade för kusttrakten. Så som tidigare konstaterats så har alla beräkningar och konstruktionsval gjorts så att de laster och byggnadsdelar som använts så lätt som möjligt skall kunna förstöras och skalas upp så att man kan placera byggnaden varsomhelst i landet. (SFS-EN1991-1-4:2007)

4 Systembild

I detta kapitel går systembilden för pilotmodellen igenom. Eftersom denna del som sagt inte strängt sett hör till byggnadstekniken som sådan så går systemen här igenom någorlunda ytligt, med motivering till varför dessa val och rekommendationer har gjorts samt för- och nackdelar. Energieffektivitet och miljövänlighet har varit de styrande riktlinjerna.

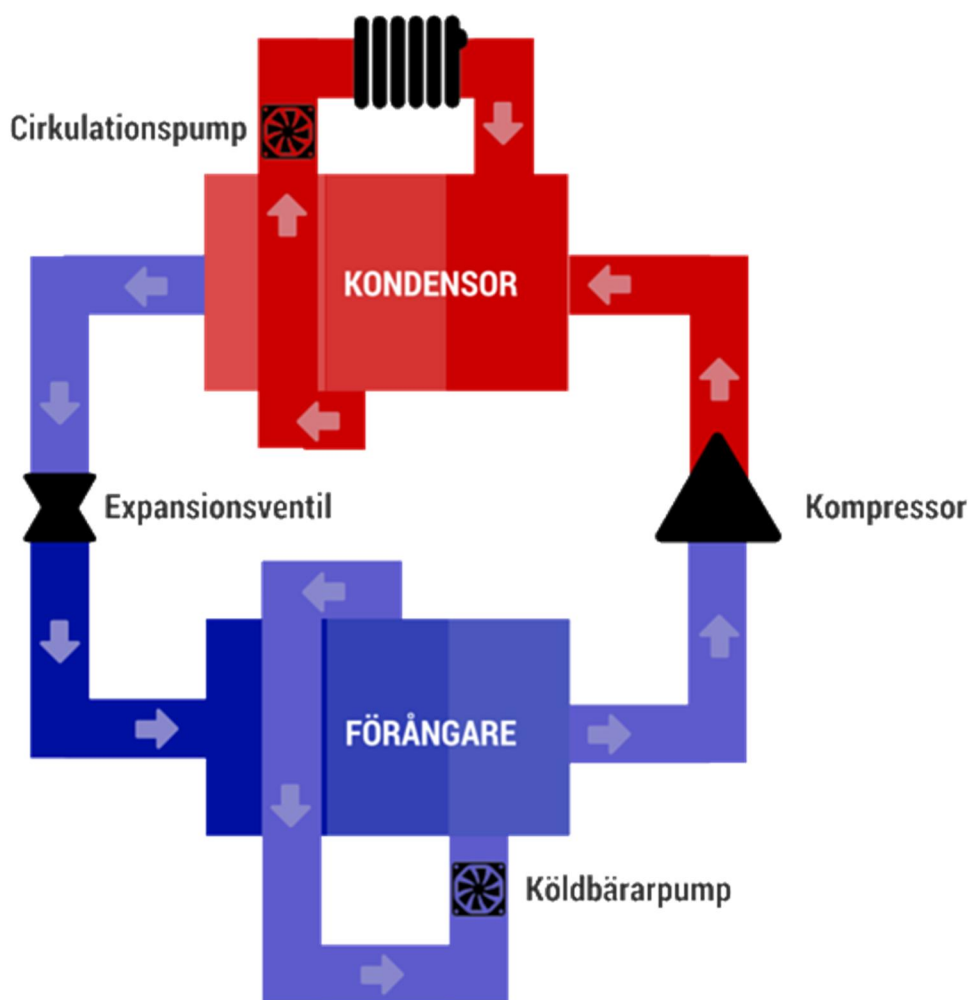
4.1 Uppvärmning

Det uppvärmningssystem som rekommenderas är berg- eller jordvärme. Vilket av de två det i slutänden blir beror på förutsättningarna på den plats där byggnaden placeras, men båda två har samma funktionsprincip och egenskaper. Här nedan går den allmänna funktionsprincipen för ett markvärmesystem igenom, samt viktiga faktorer som påverkar systemet, följt av för- och nackdelar.

4.1.1 Markvärmepumpsystem

Med detta system tar man tillvara den solenergi som lagrats i marken. Solen tillför värme till jord och vattendrag, som sedan sprider sig i och lagras i jordskorpan och grundvattnet. Jord och berg är förhållandevis stabila värmekällor.

Detta åstadkoms genom att man begraver en kollektorslinga i marken eller ända ner i berget, där det cirkulerar vätska som värms upp av den omkringliggande jorden och vattnet i den. Kollektorvätskan eller köldbäraren som det också kallas kan ses längst ner i Figur 16 nedan. Den leds genom hela kollektorslingan till en förångare där det värmer upp ett köldmedium som finns i det slutna systemet i värmepumpen. Detta förångas och förs vidare till en kompressor där gasens tryck ökas. När trycket ökar stiger även temperaturen, enligt den ideala gaslagen. Köldmediet går i gasform vidare från kompressorn till en kondensator, där den avger sin värme till vattnet som cirkulerar i byggnadens värmesystem. När värmen avges återgår köldmediet till vätskeform. En expansionsventil återställer trycket till önskad nivå, och hela cirkeln upprepar sig själv. Se Figur 16 för ett flödesschema över den allmänna principen i ett markvärmesystem.



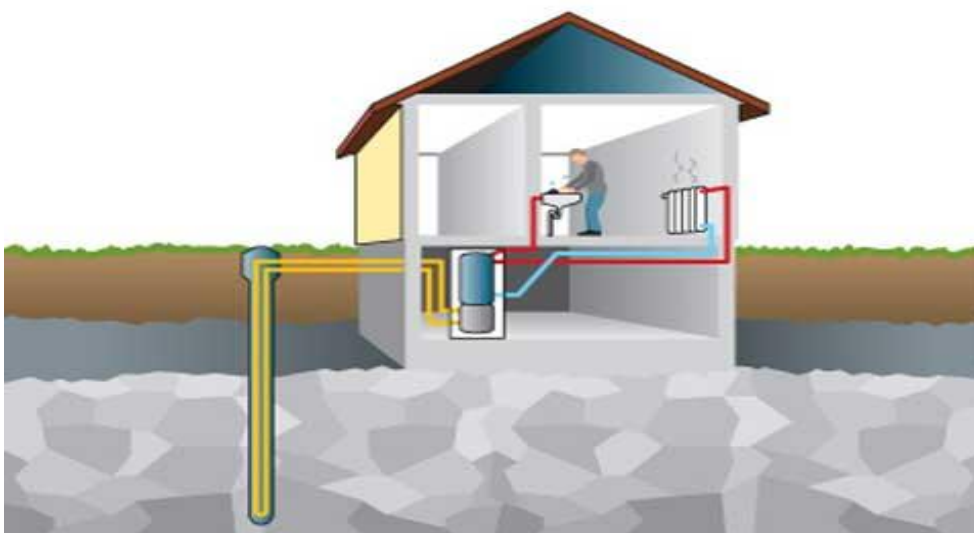
Figur 16. Illustration av värmepumpssystemets funktion. (Greenmatch.se, 2017)

Det som skiljer jord- och bergvärme åt är att ett jordvärmesystem har kollektorslingan dragen i jorden, nära markytan på ca 1 – 1,5 meters djup. Se Figur 17 och Figur 18 för en visualisering av systemen. Jordvärme använder sig av area istället för djup, och kollektorn tar upp värme direkt ur marken istället för berggrunden. Detta innebär att man således sänker temperaturen i den omkringliggande marken, då denna används till att värma upp byggnaden. Om man tar ut mer värme än vad marken kan stå till förfogande med så kan det ha en rad negativa följder för markens klimatzon. Detta leder till ändrade villkor för den naturliga faunan utanför växthuset, samt även ändring av markens egenskaper. I nordligare klimat, som denna konceptmodell är menad för, kan man få problem med bland annat en senareläggning av tjällossning. Om systemet är fel dimensionerat kan detta leda till permafrost, så en noggrann kartläggning och dimensionering av systemets kapacitet och byggnadens behov är av yttersta vikt. (SGI, ss. 34-35)



Figur 17. Jordvärmesystem. (ByggaHus.se)

Medan jordvärme tas från markens ytskikt, så hämtas bergvärme från grundvattnet djupare ner i marken. Istället för att breda ut slingor på någon meters djup så borrar man istället hålen till berggrunden och grundvattnet. Beroende på markens geotekniska egenskaper så blir hålen i allmänhet i runt 50 - 200 m djupa. Ett bergvärmesystem tar naturligtvis sin värme någonstans ifrån också, precis som jordvärmesystemet. Men eftersom energilagret är så pass mycket större i berg än i jord finns i allmänhet större potential för ett bergvärmesystem än för ett motsvarande med jordvärme. Temperatursänkningen som sker i grundvattnet kompenseras av att värme flödar in från bergmassan. Temperaturen stabiliseras efter ca 5 år och blir vanligen någon grad lägre än före systemets installation. (SGI, s. 60)



Figur 18. Bergvärmesystem. (ByggaHus.se)

Faktorer som inverkar på dimensioneringen av kollektorsystemet är:

- Byggnadens behov av värme och kyla.
- Systemets temperaturkrav och typ, här golvvärme.
- Jordart och dess
 - termiska egenskaper
 - fuktförhållanden
 - uttorkningsrisk
 - tjälhävningrisk.
- Djup till berggrund.
- Närhet till vattendrag.
- Markens naturliga temperatur.
- Ortens klimat, i synnerhet
 - Snötäckets tjocklek
 - Lufttemperaturens medelvärde och variation.
- Installations- och materialkostnader.

Vid dimensionering bestämmer man följande parametrar:

- Typ av markvärmväxlare och kollektor.
 - Horisontell: antal slangar och diken, avstånd mellan dessa, djup, rördiameter och -material, återfyllnadsmaterial.
 - Vertikal: antal hål, djup, slangar per hål, rördiameter och -material, återfyllnadsmaterial.
- Installationsmetod
- Effekt och energitäckning
 - Bas- eller topplast
- Värmepumpens prestanda och kapacitet.

Kriterier för dimensionering:

- Lägsta energikostnad.
- Goda tekniska driftskostnader till låg energikostnad.
- Acceptabel markpåverkan.

Om dessa faktorer tas i beaktande vid dimensioneringen säkerställs ett välfungerande system som uppfyller de behov som finns. (SGI, s. 158)

4.1.2 Värmefaktor

COP står för Coefficient of Performance och avser systemets verkningsgrad mätt i värmefaktor, alltså hur mycket värmeenergi som erhålls relaterat till använd elenergi. Exempelvis är en vanlig värmefaktor för både jord och bergvärme mellan 4 - 5, vilket

innebär att för varje kWh el som pumpsystemet använder så erhålls 4 - 5 kWh värmeenergi. För att kunna jämföra olika pumpar, tillverkare och modeller så tillämpas standarden EN255, som ger marktemperatur på 0 °C och radiatortemperatur på 35 °C som referensvärden. En bra värmepump har åtminstone en COP på 4,5.

Hur dessa faktorer spelar in på det slutliga systemet beror till stor del av markens egenskaper på ort och ställe. Därför bör dimensioneringen alltid utredas av en expert inom området då det finns noggrann kännedom om placering. Det betyder att inga rekommendationer kan ges här. Riktgivande värden och kalkylatorer hittas på de flesta tillverkares hemsidor. (SGI, s. 159)

Nämnvärda fördelar med markvärmesystem är följande:

- Låga drift- och underhållskostnader.
- Låg ljudnivå.
- Liten total miljöbelastning.
- Förnyelsebar naturresurs.
- Tar litet utrymme i byggnaden.
- Kan användas både för små och stora installationer.
- Kan användas både för uppvärmning och kylning.

Nackdelar som är värda att hålla i åtanke:

- Kräver viss tillgänglig markyta, beroende på systemstorlek.
- Relativt höga investeringskostnader.
- Beroende av kontinuerlig elförsörjning.
- Kräver viss typ av markförhållanden.

(SGI, s. 33)

Oberoende av vilket system som väljs så täcker ändå ett väldimensionerat system i regel bara upp till 85 % av förbrukningen. Detta innebär att man även behöver ha något slags reservsystem för ytterst kalla vinterdagar, eller för oväntade reparationer. Reservsystemet har avgränsats i detta arbete.

Exempel på möjliga reservsystem kan vara:

- Gasbaserade luftvärmare
- Vattenbaserad värmepanna
- Elvärme
- Pellets eller ved
- Fjärrvärme
- Solceller

(University of Alaska, ss. 2-4)

4.1.3 Kylning

Ett markvärmesystem kan också användas till att tillgodose ett kylbehov, som det tidigare konstaterats att existerar i ett växthus. Speciellt under de varmaste sommardagarna kan man använda marken till att sänka temperaturen i byggnaden, med två olika system. Den överskottsvärme som samlas i byggnaden sommarhalvåret kan via köldmediet ledas ner i marken och på så sätt återladda de nedkylda jord- och vattenlagren inför nästa uppvärmningssäsong. Detta system kallas frikyla. Kyla hämtas direkt ur kallt bottenskikt av antingen vattendrag, sjö- eller havsvik, eller så ur sval uteluft eller ur marken. I princip så vänder man på systemet, och pumpar runt värmebäraren och kan därmed kyla av inomhusluften med värmeväxlaren. Teoretiskt sett ger en kombination av markvärme och frikyla ett optimalt system, där nedkylningen av marken som sker av vinterns värmepumpdrift uppvägs av sommarens frikyladrift. Om detta system dimensioneras och balanseras väl är det möjligt att det räknat på ett år inte sker något energiuttag ur marken över huvudtaget.

Den andra varianten kallas kompressorkyla, där man med hjälp av en kylmaskin eller värmepump producerar kyla till byggnaden. Dessa system producerar värme vilken kan avges till marken. Denna process baserar sig på antingen en kompressordriven värmepump eller en absorptionsvärmepump. (SGI, s. 32)

4.2 Ventilation

Med ventilation avses förflyttning och utbyte av luft i byggnader, med det huvudsakliga målet att uppnå ett behagligt inomhusklimat. Man vill transportera fukt, föroreningar och andra oönskade komponenter ut ur byggnaden och föra in frisk luft. Det finns flera sätt att åstadkomma detta, och de delas huvudsakligen in i två olika huvudgrupper, passiv och mekanisk ventilation.

Passiv ventilation kallas också självdrag, och baserar sig på temperaturskillnad. Varm luft har lägre densitet och stiger därför medan den tyngre kalla luften sjunker. Man kan då leda luften genom att placera kanaler högt eller lågt och på sådana ställen där luften behöver bytas ofta. Allt detta åstadkoms passivt med endast temperaturskillnader som skapar under- och övertryck. Detta har de goda sidorna att inga fläktar eller anordningar krävs och därmed är tyst och energisnålt. Nackdelen är då man inte kan kontrollera och reglera dess funktion i någon större utsträckning. Vid låga temperaturskillnader fungerar det endast i mycket begränsad utsträckning, och inte alls vid då det är varmare ute än inne. Man kan inte heller ta tillvara värme från den utgående luften. (Rakennustietosäätio, ss. 3-4)

Den andra huvudgruppen kallas mekanisk ventilation, och kan delas in i tre olika huvudgrupper eller utrustningsgrader. Den första är en enkel förbättring av passiv ventilation, då man har utökat detta system med maskinellt utsug. Genom att kontrollera den utgående luften, kan man i förlängningen kontrollera den inkommande luften och frångår på så sätt beroendet av temperaturskillnad och får mera kontroll över processen. (Rakennustietosäätio, ss. 4-6)

Följande steg är att kontrollera även luftintaget, och man har då fullständig mekanisk ventilation. Detta system kallas FT-system, vilket står för från- och tilluft. Ett fullt utrustat FT-system filtrerar, värmer, kyler, fuktar eller torkar den inkommande luften enligt uteluftens kvalitet och inomhusklimatets behov. På så sätt får man ett behagligt inomhusklimat utan drag med hälsosam och hygienisk luft. (Rakennustietosäätio, s. 7)

4.2.1 FTX-system

Den mest kompletta lösningen är det system som de flesta använder och installeras i så gott som alla nya byggnader i dagens läge. Man använder sig av maskinellt in- och utsug, i kombination med en värmeväxlare för att på så sätt kunna ta tillvara värmen från den

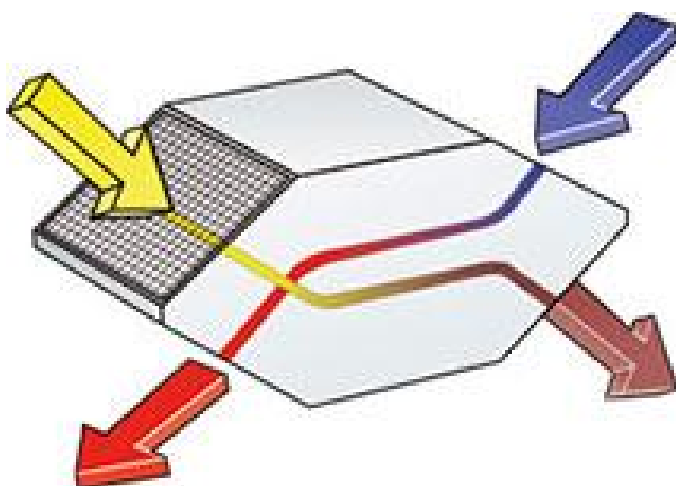
utgående luften. Därmed kan man kontrollera alla parametrar som hänför sig till ventilering. Detta kallas FTX-system.

Luft tas in i byggnaden antingen genom fasaden eller genom huvar placerade på taket. I intagskanalen finns spjäll som reglerar mängden eller helt stänger intagen, exempelvis vid brand. Tilluften filtreras sedan i ett aggregat. Beroende på luftkvaliteten utomhus samt det önskade inomhusklimatet finns olika typer av filter. Efter filtreringen förs tilluften vidare till värmeväxlaren där den värms upp av frånluften, vanligen med någon av de här typerna av värmeväxlare:

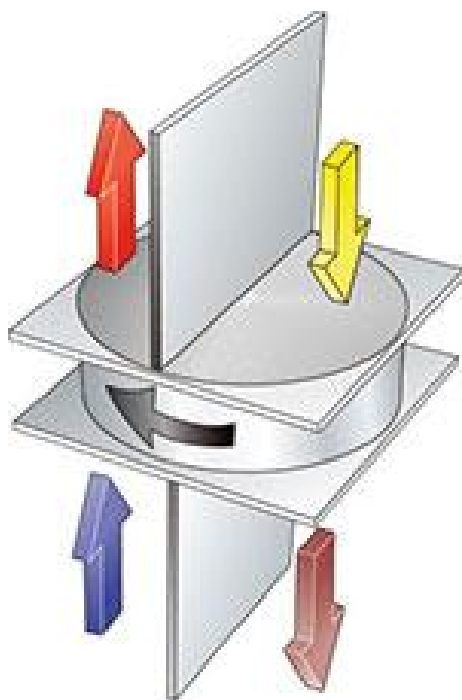
- plattvärmeväxlare
- motströmsvärmeväxlare
- roterande värmeväxlare
- vätskekopplad värmeåtervinning

De här olika typerna skiljer sig något från varandra gällande funktionsprincip och verkningsgrad. Detta val bör göras baserat på vidare information och utvärdering tillsammans med beställare och vald systemleverantör.

I Figur 19 och Figur 20 kan ses schematiska skisser på en plattvärmeväxlare och en roterande värmeväxlare. Funktionsprincipen för dessa går inte igenom här, men är väl dokumenterad och har olika för- och nackdelar som bör beaktas för att kunna välja en optimal lösning.



Figur 19. Plattvärmeväxlare (Svenskventilation.se)



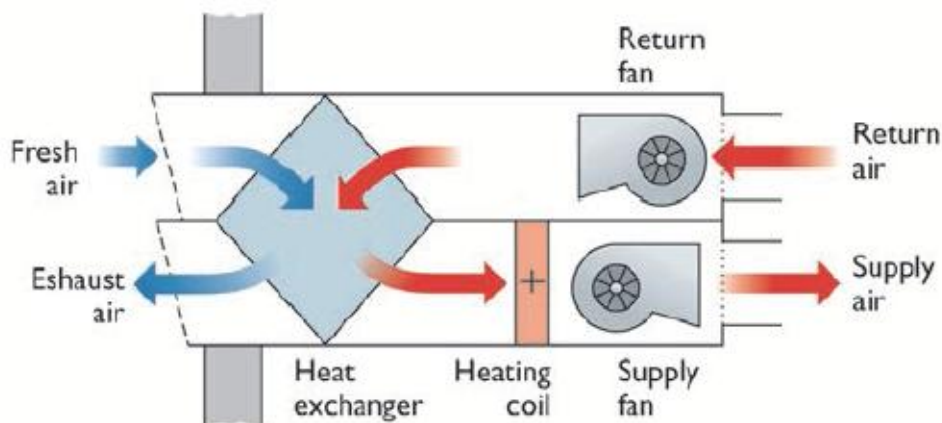
Figur 20. Roterande värmeväxlare (Svenskventilation.se)

Efter att ha passerat värmeåtervinnaren så går tilluften även via ett luftvärmebatteri, som värmer luften ytterligare vid behov. Detta kan enkelt kopplas till det befintliga värmesystemet. Det finns även kylbatterier med omvänd funktion, när värmelasten är för stor.

Nästa steg i processen är tilluftsfläkten, som bestämmer ventilationsflödet in i byggnaden. Liksom värmeväxlaren finns även här olika typer:

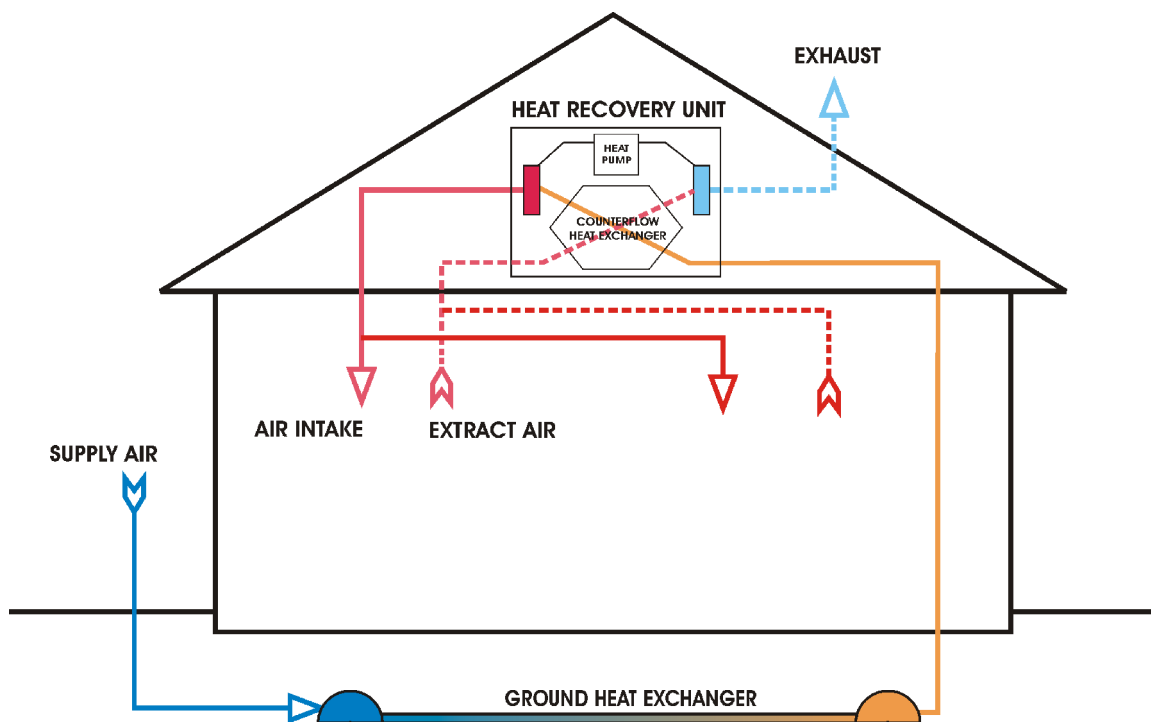
- radialfläkt
- axialfläkt
- kammarfläkt

Sista steget innan luften leds ut i rummet är en ljuddämpare, som tar bort oönskat maskin- och systemljud. Tilluften blir efter detta till frånluft, och leds först till en ljuddämpare kopplad till frånluftskanalen. Återigen filtreras luften och renas från skadliga partiklar, varefter den leds tillbaka till värmeväxlaren där värmen tas tillvara. Därefter leds den ut med en frånluftsfläkt. I Figur 21 ses hela systemets komponenter. Beroende på vilket system som används kan åtminstone en tredjedel av tilluftens värmebehov återvinnas. (Rakennustietosäätö, s. 7)



Figur 21. Funktionskonceptet för ett FTX-system. (thegreenage.co.uk)

För att ytterligare öka på systemets effektivitet och kapacitet kan man förvärma tilluften på olika sätt. Som kan ses i Figur 22 finns även alternativet att använda vätskekopplad jordvärmeåtervinning. Detta fungerar långt på samma sätt jordvärmesystemet, vilket presenterades i föregående kapitel. Det är möjligt att kombinera systemen, så länge som allting dimensioneras korrekt.



Figur 22. Vätskebaserad jordvärmeåtervinning. (thegreenage.co.uk, 2017)

Bland FTX-systemets fördelar kan nämnas:

- Återvunnen värme sparar energi och pengar.
- Inomhusklimatet kan styras och kontrolleras i stor utsträckning.
 - temperatur
 - fukt
 - CO₂
 - volym
- Kan också kyla av luften.

Till nackdelarna hör:

- Fläktarna kräver el.
- Alla delsystem kräver regelbundet underhåll.
- Oljud kan förekomma.
- Systemet tar plats.
- Högre investeringskostnad.

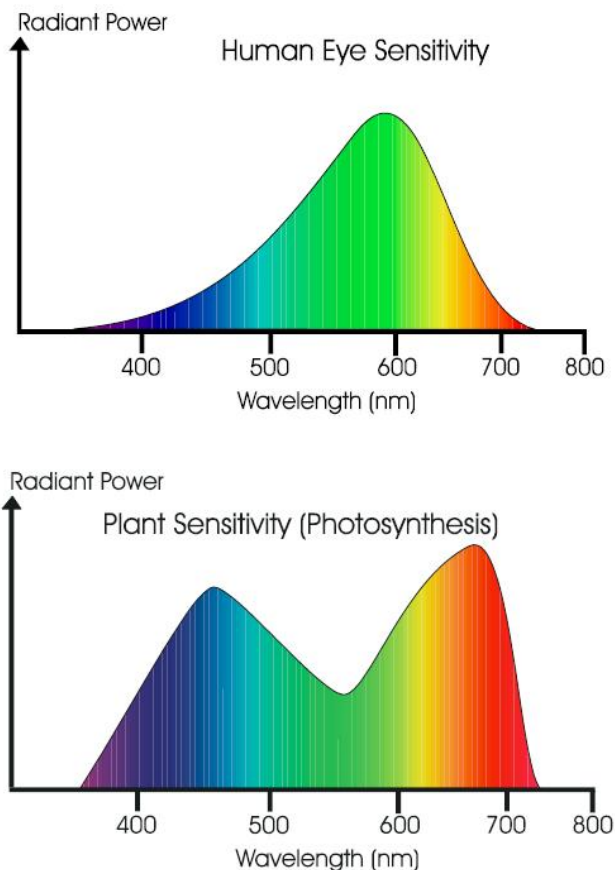
(Rakennustietosäitiö) (Svenskventilation.se)

4.3 Belysning

Belysning i växthus är i allmänhet menad endast som komplementerande källa, och behövs endast i begränsad utsträckning under sommarmånaderna. Men för att producera grödor under vinterhalvåret på nordliga breddgrader krävs artificiell belysning. Konstbelysning kan hjälpa till under molniga eller annars dåligt upplysta förhållanden eller för att öka den totala dagliga ljusransonen. Vid dimensionering av belysningssystem är det av yttersta vikt att förstå hur ljus påverkas växter, vilket först tas upp i detta kapitel. Därefter går olika typer av konstbelysning igenom.

4.3.1 Växters ljusbehov

Först och främst är det viktigt att förstå att människor uppfattar och använder ljus på ett helt annat sätt än växter. Som kan ses i Figur 23 nedan så har människor mest nytta av den gröna och gula delen av ljusspektret, då människoögat är känsligast för våglängder på ca 600 nm. Växter å andra sidan svarar växter starkast på ljus i det blåa och röda spektret för fotosyntes, och för fotoperiodisk tillväxtrespons och groning behöver de ljus i det röda och infraröda spektret.



Figur 23. Människors och växters ljuskänslighet. (Argus, s. 2)

Växter är mycket mer aktiva än vad de verkar jämfört med djurrikets varelser. Eftersom tillgången till naturligt solljus är mycket varierande har de utvecklat en rad mekanismer för att klara av de variationer och cykler som förekommer i naturen. Som svar på olika ljusförhållanden så kan de kontrollera:

- evaporation
- vattenupptagning
- internodlängd
- blad
 - storlek
 - antal
 - orientering
- chloroplastdensitet
- Tidpunkt för blomning, groning och andra fysiologiska processer.

Eftersom så stor del av växternas egenskaper påverkas av ljus, är det av yttersta vikt att se till att den typ av växt man vill odla får rätt mängd, typ, kvalitet och tid av ljus. (Argus, ss. 2-3)

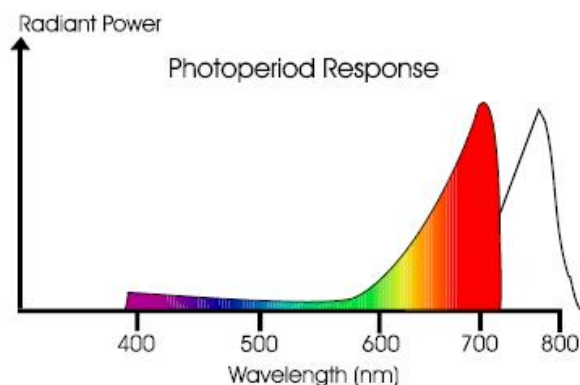
4.3.1.1 Effekter av högintensiv strålning

Högintensivt ljus har två huvudsakliga effekter på växter, varav den första är processen som vi kallar fotosyntes. Energi från ljus används för att konvertera atmosfäriskt kol i form av koldioxid till kolhydrater, med det syre vi andas som biprodukt. Det krävs endast runt 80 – 110 W/m² för uppnå full fotosyntetisk produktion på en typisk lövstruktur. Men eftersom de flesta växter har en hel krona av blad som skymmer varandra är det endast de översta bladen om får full sol, medan de undre får en mix av direkt och reflekterat ljus. Därför rekommenderas högre intensitet för att försäkra sig om att växterna uppnår maximal fotosyntes.

Men endast runt 5 % av det solljus som en växt får används till fotosyntes. Detta är också orsaken till att växter har sin gröna färg, eftersom de endast absorberar ca 60 % av den gröna delen av ljusspektret. Den resterande delen reflekteras ut i rummet, vilket ger växterna dess färg. Den strålning som absorberas tenderar att generera hetta, vilket kan skada växternas strukturer. Detta åtgärdas på ett antal sätt, såsom reflektion, transmission, konvektion, strålning och evaporation. Av dessa så är evaporation den enklaste och effektivaste. Upp till 90 % av den inkommande solenergin avlägsnas genom avdunstning från bladen, varigenom växterna kyler av sina ytor. Detta håller också igång vätskeflödet, vilket tillåter transport av näringsämnen upplösta i vattnet. (Argus, ss. 3-4)

4.3.1.2 Effekter av lågintensiv strålning

Genom förnimmelse av ljusets intensitet och varaktighet väljs tidpunkt för en rad olika processer, såsom blomning och groningen. Detta kallas den fotoperiodiska effekten, och är mycket känslig för ljus i den röda delen av spektret som kan ses i Figur 24. Man kan därför med mycket små mängder artificiellt ljus få önskad respons från växterna. Detta fungerar även åt andra hållet, vilket tas upp i nästa kapitel. (Argus, ss. 4-5)

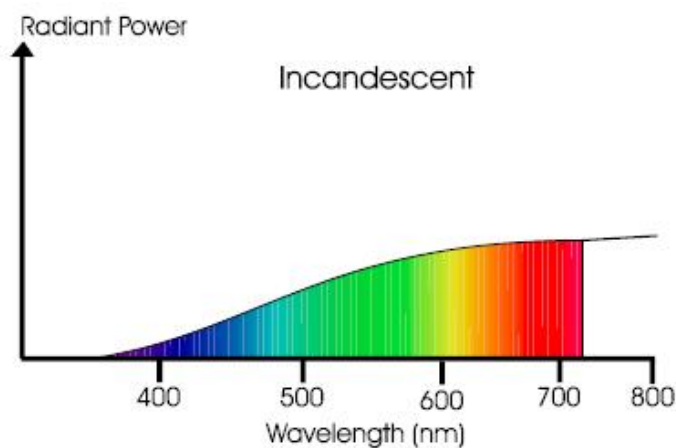


Figur 24. Fotoperiodisk respons. (Argus, s. 5)

4.3.2 Lamptyper

Beroende på vilken typ av belysning man behöver (ersättande, kompletterande, fotoperiodisk) samt vad man odlar så är vissa typer av lampor bättre lämpade än andra. Här nedan går de vanligaste lamptyperna igenom.

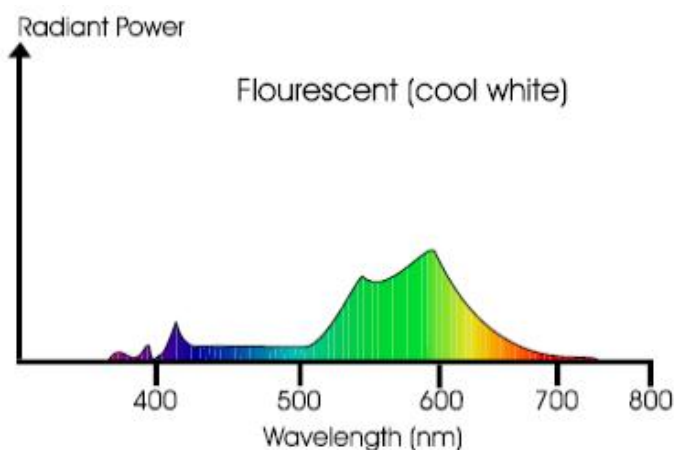
Glödlampor kan användas för att förlänga den uppfattade dagslängden, men inte till mycket annat. Detta eftersom de överlag har en väldigt låg verkningsgrad, då den största delen av den tillförda energin frigörs som värme istället för ljus. Den här typen håller på att fasas ur industrin fullständigt. Men det producerade ljuset är jämnt, som kan ses från Figur 25 nedan.



Figur 25. Ljusspektrum för glödlampor. (Argus, s. 12)

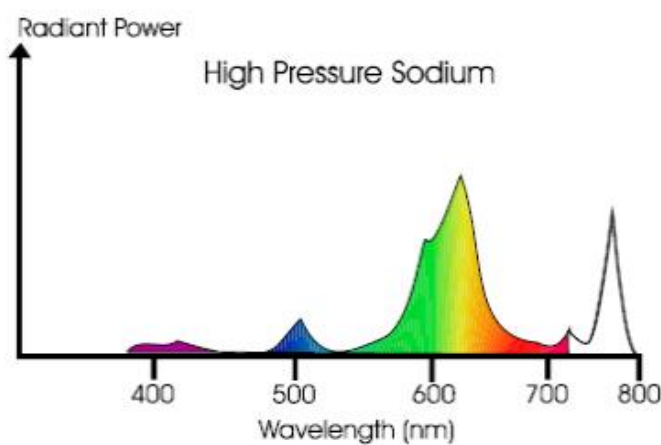
Halogenglödlampor är en modifierad, mer energieffektiv version med högre temperatur, vilket tillåter högre verkningsgrad och intensitet, samt bättre färgtemperatur och längre livslängd.

Fluorescerande lampor ger ett jämnare ljus än glödlampor, och används för huvudsakligen för groningen och tidig utveckling av fröplantor sent på vintern eller tidig vår. De placeras då väldigt nära växten och allt ljus styrs till plantan. Dock så räcker inte denna typ till för att tillgodose ljusbehovet hos de flesta mogna växter. Spektret över det avgivna ljuset är inte heller så fördelaktigt, som kan ses i Figur 26. Även här finns en modifierad version, som är kompaktare och energieffektivare.



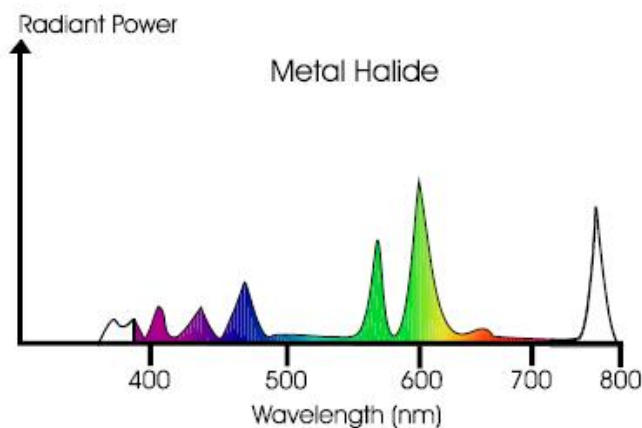
Figur 26. Ljusspektrum för fluorescerande lampor. (Argus, s. 13)

HID, eller High-Intensity Discharge, är en den dyraste men också kanske bäst lämpade lamptypen. Detta är den vanligaste lamptypen i nutida växthus. HID lampor delas in i två olika typer, högtrycksnatrium (HPS) och metallhalogenider (MH). HPS-typen ger en större portion ljus i det gul-orangea spektret men är begränsade i det blåa området. De är även marginellt effektivare än MH-typen.



Figur 27. Ljusspektrum för HPS-lampor. (Argus, s. 15)

MH-typen har ett mer balanserat spektrum och mera ljus i det blåa spektret och kan vara att föredra, beroende på behov. Både livslängd och verkningsgrad är något lägre än HPS-typen.



Figur 28. Ljusspektrum för MH-lampor. (Argus, 2010, s. 14)

LED, eller Light-Emitting Diode, är en relativt ny typ av belysning som stiger i popularitet. Dess användningsområden och tillämpningar som konstbelysning i växthus är ännu under utredning, men eftersom de har mycket hög verkningsgrad och livslängd väcker de mycket intresse även i växthusbranschen. Normalt är en LED designad för att avge ljus i ett mycket smalt spektrum, men de finns även vita LED-lampor. Man kan alltså designa LED-lampor som avger precis det ljus som behövs för den växt man odlar, för det stadie den befinner sig i. Studier angående LED-lampornas smala spektrum och dess påverkan finns tillgängliga, men endast för ett fåtal arter och odlingsomständigheter. Andra fördelar med LED-lampor är att så gott som hela den tillförda energin avges som ljus, samt att detta är färdigt riktat så inga reflektorer eller lampskärmar behövs. De är även en av de billigaste lamptyperna. (Argus, ss. 11-15) (University of Alaska, ss. 11-17)

Tabell 13. Jämförelse av lamptyper.

Light Source	Efficacy* (lumens/watt)*	Lifetime (hours)
Incandescent		
Traditional	10–17	750–2,500
Energy-Saving Halogen	12–22	1,000–4,000
Fluorescent		
Straight Tube	30–100	700–24,000
Compact	50–70	10,000
Circline	40–50	12,000
High-Intensity Discharge		
Metal Halide	70–115	5,000–20,000
High-Pressure Sodium	50–140	16,000–24,000
Light-Emitting Diodes		
Cool White LEDs	60–92	25,000–50,000
Warm White LEDs	27–54	25,000–50,000

(University of Alaska, s. 12)

I Tabell 13 ses en jämförelse av de vanligaste lamptyperna. Inte heller här kan någon slutlig rekommendation göras, då växttypen som ska odlas inte är bestämd. Belysningsystemet bör väljas enligt verksamhet, ekonomi och behov. (University of Alaska, 2014)

4.4 Gardiner

Såsom konstaterades i det föregående kapitlet så är förekomsten av ljus av yttersta vikt för optimal odling, för alla typer av grödor. Detta innebär också avsaknaden av ljus, varför denna pilotmodell kommer att utrustas med gardiner. Utöver detta så påverkas även omgivningen av ljuspollinationen från växthus, som har undersökts i examensarbetet ”Konstljus och pälsdjur” av Paulina Kaivo-oja. Det finns flera typer av så kallade klimatskärmar med olika syften, såsom:

- Ljusdiffusion: sprider och omvandlar direkt ljus till diffust ljus, och sänker på så vis värmelasten.
- Mörklägning: Täcker in fönster och absorberar ljus och värme, för att simulera natt eller mörk tidsperiod för att uppnå önskad fotoperiodisk effekt.
- Skuggning: ger skugga åt känsliga plantor, samt mildrar påverkan av direkt solljus.

En optimal lösning tillåter att man helt kontrollerar det inkommande solljuset och kan då bestämma vilka tidsperioder som är mörka och ljusa, samt till vilken grad. Effekterna kan kombineras, med en mörkläggande sida och en reflekterande sida. En gardin av den typen kan ses i Figur 29. (LudvigSvensson.com)



Figur 29. Mörkläggande och ljusspridande klimatskärm.

5 Konstruktioner

Nedan följer en allmän genomgång med typ, dimensioner, egenskaper och motivering för de konstruktionsval som gjorts.

Stål valdes som det huvudsakliga byggnadsmaterialet för detta projekt av flera orsaker. Stål lämpar sig bra för växthus, eftersom det som material är mycket lätt i förhållande till sin bärförmåga och således tillåter mindre tvärsnitt för bärande element, vilken är viktig för att uppnå hög grad av ljusgenomsläpplighet. Stål tillåter även höga spännvidder, vilket blir aktuellt vid eventuell uppskalning av konceptmodellen. Med tillräcklig ytbehandling så klarar det utan problem av den konstant höga fukthalten i byggnaden.

Nutida växthus är högteknologiska anläggningar, vilket innebär många rördragningar och annan teknisk utrustning som behöver utrymme. Därför är det fördelaktigt att använda stålfackverk, som valdes som takkonstruktion i kombination med fasadernas stålpelare.

5.1 Grund

Som grundläggningssätt valdes en markliggande betongplatta, tillsammans med pelarsulor och sockelelement av betong. Här nedan går dessa igenom lite noggrannare skilt för sig, med urklipp från de relevanta skärningsritningarna. Dessa hittas som bilaga.

Pelarsulorna går igenom först eftersom dessa befinner sig längst ned. Därefter går den markliggande plattan igenom, följt av en beskrivning av de rekommenderade sockelelementen.

Enligt vanlig byggnadspraxis så bör marken under den tänkta placeringen undersökas innan byggnation påbörjas, både för att utreda grundens bärighet samt i detta fall för att utreda möjlighet att använda bergvärme.

5.1.1 Pelarsula

För dimensioneringen av pelarsulorna användes en tillämpning gjord i Excel, kodad av Allan Andersson (pelarsula_7_11_2014.xls). Som input användes de krafter och moment från de lastfall som gav högst utnyttjandegrad hos de störst belastade pelarna av varje typ i beräkningsmodellerna. Denna tillämpning finns inte med som bilaga eftersom det inte är min egen, men en sammanfattning över utnyttjandegrader för en pelarsula kan ses i Tabell 14.

Tabell 14. Sammanfattning av utnyttjandegraderna för den högst belastade pelarsulan.

Sammandrag av utnyttjandegraderna:

η_{Rd}	23 %	$\eta_{As,x}$	86 %
η_{ex}	56 %	$\eta_{As,y}$	84 %
η_{ey}	18 %	$\eta_{Vd,A}$	10 %
η_{μ}	31 %	$\eta_{Vd,B}$	10 %
$\eta_{\mu x}$	38 %	$\eta_{Vd,p}$	15 %
$\eta_{\mu y}$	12 %		

Se den nämnda tillämpningen för förkortningarnas betydelse. Överlag så var armeringen den begränsande faktorn, vilket kan ses här ovan. Beräkningen är utförd med betongklass C30/37, exponeringsklass XC1. Utöver detta är den baserad på en rad antaganden som kan variera beroende på slutlig placering, såsom:

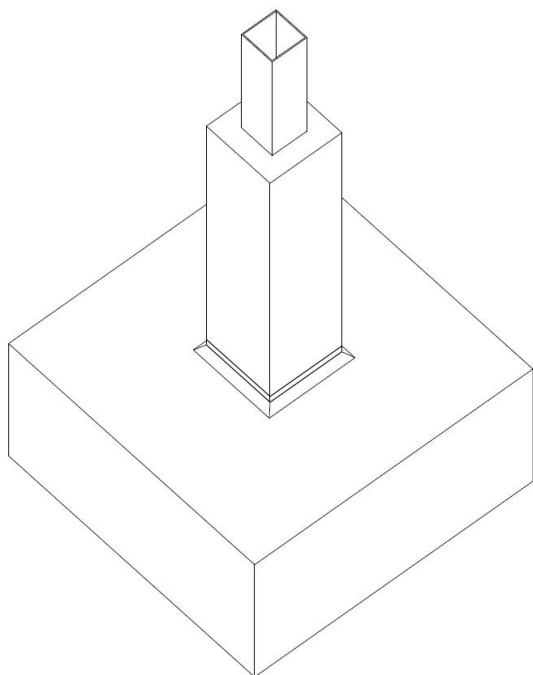
- Grundvattnets nivå.
- Volymvikt för jord över och under sula.
- Effektiv friktionsvinkel.
- Markens kohesion.

I Tabell 15 är endast huvudarmeringen upplisted, men som kan ses från Figur 31 är även tilläggsarmering insatt. Grundbultar najas fast enligt behov.

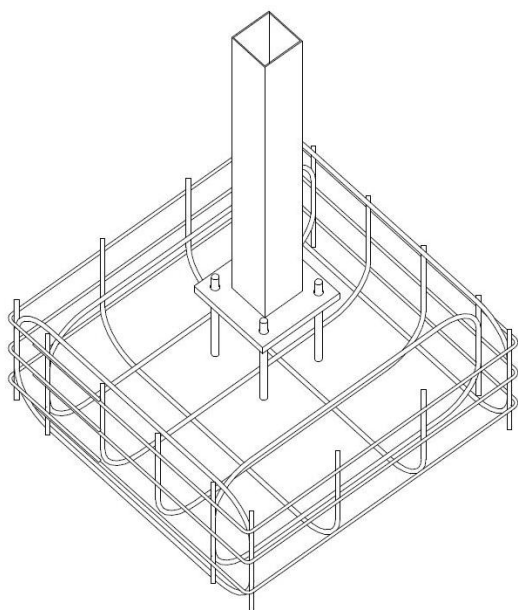
Resultatet från beräkningarna blev tre olika typer av pelarsulor. En för glasfasadernas pelare, en för norra väggens pelare och en för centerpelare. Figur 30 och Figur 31 avtecknar botten av en pelare som befinner sig vid norra väggen, först med sula och ingjuten i betong sedan med endast armering och fotplåt. De olika typernas dimensioner och deras armering kan ses i Tabell 15.

Tabell 15. Resultat från dimensionering av pelarsulor.

Placering	Fasad	Center	Norr	Enhet
Tvärssnitt	180x180x8	150x150x5	150x150x5	mm
L	1800	1000	1200	mm
B	1800	1000	1200	mm
H	800	500	600	mm
Φ_A	T12	T10	T10	mm
c_A	600	500	500	mm
Φ_B	T12	T10	T10	mm
c_B	600	500	500	mm



Figur 30. Pelarsula vid norra väggen, pelare och betong.

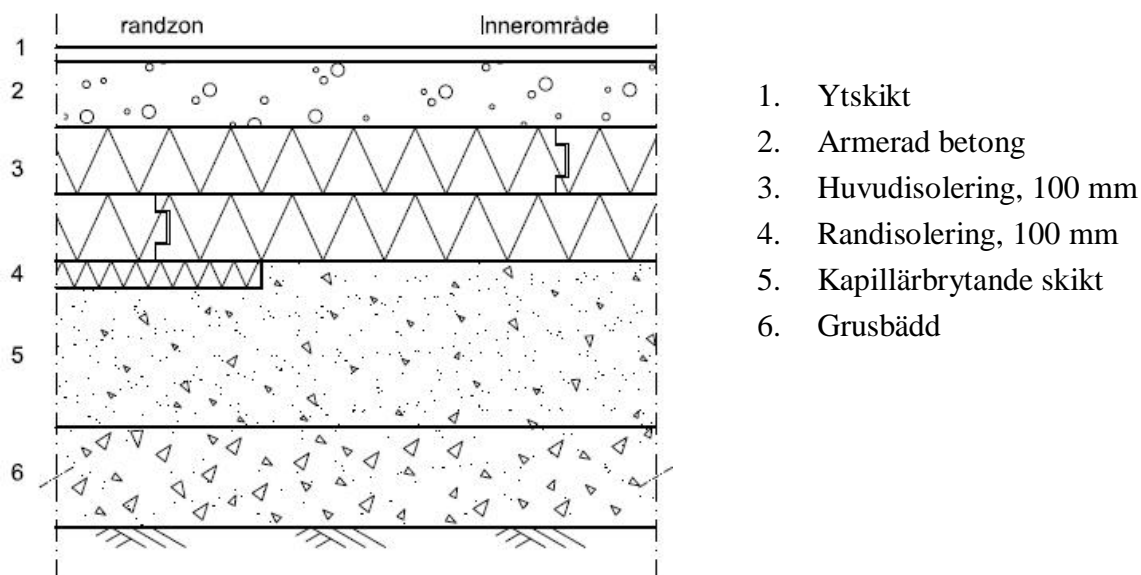


Figur 31. Pelarsula vid norra väggen, stål och armering.

Pelarsulorna är symmetriska och centriskt belastade för att förenkla tillverkningen och minimera mängden åtgånget material. Stålpelarna fästs i pelarsulorna med svetsade fotplåtar och grundbultar, utan mellanliggande grundpelare av betong. Mellanrum lämnas i sockelbalkarna för stålpelarna, vilka sedan fog skummas och gjuts åter med betong av motsvarande kvalitet och egenskaper som och plattan och sockelbalkarna. Detta illustreras i Figur 33 i kapitel 5.1.3.

5.1.2 Markliggande platta

Hela konstruktionen kan delas in i sex olika skikt, enligt Figur 32. De olika skikten går igenom från botten uppåt.



Figur 32. Urklipp ur skärning av markliggande platta.

Undergrunden får inte innehålla humus, och får inte heller frysa till under konstruktionsskedet. Till det första skiktet efter massabyte använder man vanligen stenkross eller makadam som fyllnadsmaterial med rekommenderad kornstorlek 0 – 64 mm. Detta tillvägagångssätt rekommenderas även här. Om undergrunden är av lera, silt eller morän placerar man först ut en filterduk av t.ex. geotextil. Ovanpå grusbädden av fyllnadsmaterial kommer ett dränerande skikt med först 250 mm singel, kornstorlek 6 – 32 mm, följt av ytterligare 50 mm singel med kornstorlek 5 – 16 mm. Dräneringsskiktet jämnas ut genom att man delar in det i ungefär 3 x 3 m stora rutor och väger av det. Högsta tillåtna avvikelser är ± 10 mm. (BetoniLattiat Kortisto, ss. 43-48)

Nästa lager är isoleringen, till vilken används EPS 100 + 100 mm. I randzonerna placeras ytterligare ett lager med EPS 40 mm, minst en meter från plattans ytterkant. Med ett lambda-värde på 0,023 W/mK uppnås ett U-värde på 0,09 W/m²K, vilket är bättre än de föreslagna värdena i de tidigare gjorda rapporterna av Koskinen (0,20 W/m²K) samt Dahlbäck, Nuortila & Sjöholm. De har gått enligt de rekommendationer som getts i Finland byggnadsbestämmelsesamling. Eftersom man med relativt låg extra kostnad får ett mycket bättre U-värde är det fördelaktigt att isolera mer än den föreslagna

minimimängden. Detta är den rekommenderade isoleringsmängden, men den kan givetvis ändras enligt behov och önskemål.

Ovanpå isoleringen gjuts en armerad betongplatta. Denna kommer att delas in i fyra delar, med rörelsefogar i mitten både i x- och y-led. Eftersom den markliggande plattan inte kommer att bära någon stor eller kritisk last så är den dimensionerad och armerad enligt konventionella, beprövade metoder. Under de tekniska utrymmena kan det behövas ytterligare armering beroende på de tekniska egenskaperna hos systemkomponenterna, men detta kan utredas först när den slutliga konfigurationen för systembilden är bestämd. Betongkvaliteten sätts till C25/30, med 32 mm som största kornstorlek. Detta minimerar sprickrisken. Rekommenderad konsistensklass är S2, så att utbredning och komprimering kan utföras effektivt. Högre konsistensklass som exempelvis S3 är lättare att arbeta med, men betongens sprickrisk samt behovet av eftervård ökar. Beroende på omständigheterna vid gjutningen bör valet av betong och tillsatsmedel beaktas, helt enligt vanliga principer för gjutning av betong i allmänhet och grunder i synnerhet. För markliggande platta så är betongens rekommenderade mognadstid 91 dygn.

På plattans översida kommer ett slipat ytskikt, med tjockleken 40 mm. Vid hög frysrisk och beroende på grundvattennivå sätts plattans exponeringsklass till XC4+XF3, annars räcker XC1. Täcksiktet bör vara åtminstone lika tjockt som största kornstorleken, vilket här är 32 mm. För att ha lite marginal sätts täcksiktets tjocklek till 40 mm.

Betongplattan armeras enligt konventionella metoder. Eftersom plattan inte är belastad i någon större utsträckning så räcker minimiarmering, vilken för en 100 mm tjock platta är T10c120. Denna placeras lämpligen i överdelen av plattan på en tredjedel av plattans höjd, med betongens täcksikt i åtanke. Detta minskar sprickrisken ytterligare.

Krympningsfogar sågas upp dagen efter gjutning, förutsatt att plattan har tillräcklig bärförmåga. Fogens djup rekommenderas till 30 % av plattans tjocklek. Armeringen bör åtgöras vid sågning. Storleken på rutorna blir 6 m², i rektanglar med måtten 2 x 3 m.

Som tidigare konstaterat kommer byggnaden att värmas upp med berg- eller jordvärme i kombination med en luftvärmepump (luftväxlare). Dessa uppvärmningssätt lämpar sig väl för vattenburen golvvärme. Denna kommer att dras i betongplattan, vilket ställer ytterligare krav på gjutningen och dimensioneringen. Detta behöver utredas vidare med den slutliga

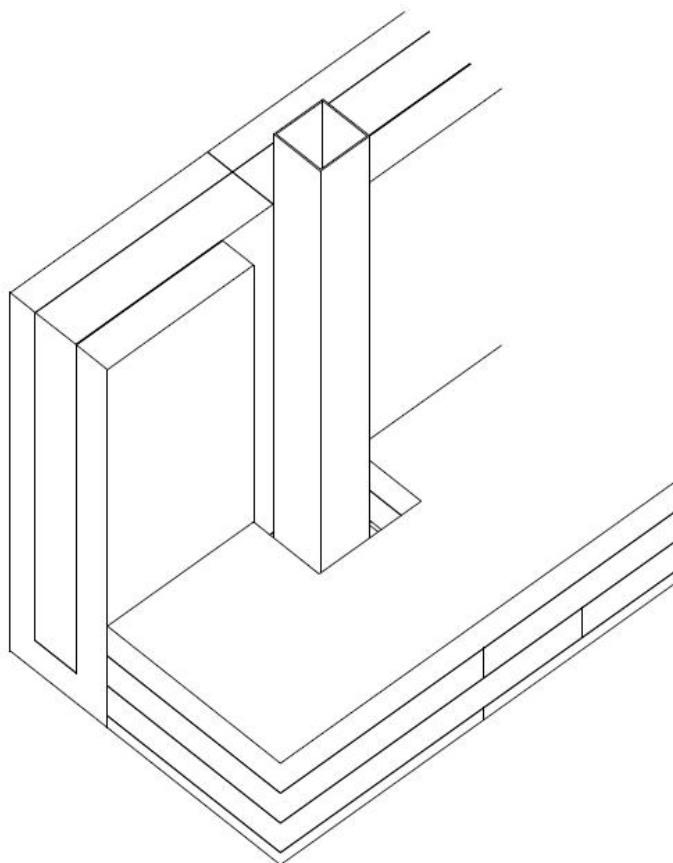
leverantören av systemet i fråga. (Rakennustuoteteollisuus RTT ry, Betoniteollisuus ry, Betonilattiyhdistys ry, ss. 5–9)

5.1.3 Sockelbalk

Såsom föreslås i rapporten av Dahlback, Sjöholm och Nuortila så tillverkas sockelbalken som färdiggjutet betongsandwich-element, enligt figuren nedan. Ytterskalet sätts till 80 mm, med 130 mm isolering och ett innerskal på 110 mm. Detta slipas och ytbehandlas enligt samma princip som den markliggande plattan. Betongkvaliteten valdes till C30/37, och exponeringsklassen blir återigen antingen XC4+XF3 eller XC1.

Sockelbalkarna delas lämpligen in i 4 m långa delar, så att ett element når från mitten av en pelare till nästa. Ändbalkarna blir längre, då de tillverkas med 45° vinkel för att kunna omsluta hörnen. Alla skarvas fog skummas så att inga köldbryggor uppkommer. Höjden på sockeln blir som tidigare konstaterat satt till 1170 mm. Sockelbalkarna vilar på pelarsulorna och den markliggande plattan gjuts kant i kant med elementen.

Isoleringen i betongsandwich-element görs i allmänhet av EPS-skivor, vilket även är fallet här. Med ett lambdavärde på 0,023 W/mK och 150 mm isolering får sockelbalken ett U-värde på 0,16 W/m²K, helt i linje med de övriga konstruktionsdelarna. Om så önskas kan man även här öka isoleringens tjocklek till 170 mm, med vilket man då uppnår ett U-värde på 0,14 W/m²K.



Figur 33. Utrymme i sockelbalk och platta för ingjutning av pelare.

Som kan ses i Figur 33 är sockelbalkarna tillverkade så att de lämnar utrymme för stålpelarna. Detta utrymme gjuts åter i efterhand för att skydda pelarna och deras infästningar, samt förse stommen med mera stabilitet. I figuren syns även den armerade plattan samt alla tre lager isolering. Lägg märke till att skarven på isoleringen ligger i omlott.

Mellan centerpelarna sätts en oisolerad sockelbalk med samma betongkvalitet och armering som sockelbalkens innerskal. Tjocklek 180 mm.

Eftersom vägghälsor och fönster fästs direkt i pelarna så kommer sockeln inte att utsättas för någon större belastning, vilket innebär att minimiarmering räcker. Lite mer än så rekommenderas ändå. Den rekommenderade armeringen är ett armeringsnät på 5-150 B500K i mitten av det inre skalet kombinerat med 2T12 A500HW i botten, och ett nät på 5-150 B500K kombinerat med 1T8 A500HW i det yttre. Det inre och yttre skalet är hopgjutna i botten, och kan vid behov fästas även i den övre kanten med en U-klämma, exempelvis E7 B600KX c600 eller motsvarande. (Elementtisuunnittelu.fi)

5.2 Väggar

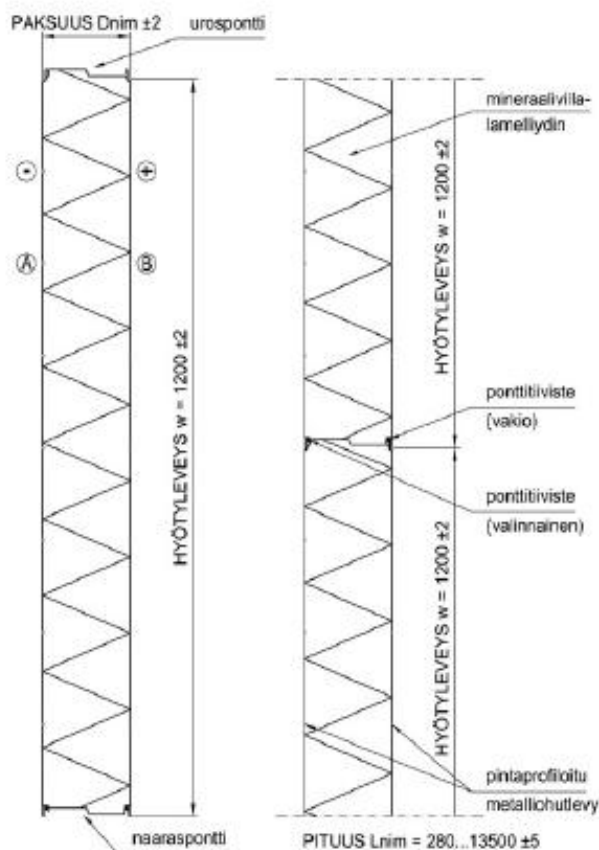
Tre olika typer av väggar kommer att användas i denna växthusmodell. För de ljusgenomsläppliga fasaderna kommer väggarna att utgöras av stålpelare tillsammans med fönster, vilka behandlas senare. Här tas de väggar upp som omsluter utrymmena bakom den norra väggen upp, samt på fasaderna över 6,2 meters höjd.

Angående lösningarna för väggarna har de valda konstruktionerna i stor utsträckning följt de rekommendationer som har gjorts i de tidigare rapporterna. Även här strävades det efter att använda prefabricerade element för att underlätta montering och försnabba byggnadsskedet.

Som typmodell har använts Ruukkis paneler, men vilka sandwichpaneler som helst uppfyller samma syfte. Dimensioneringsprogrammet som användes för dessa är TrayPan 3.1.13, Ruukkis dimensioneringsprogram för paneler. Inputen som ges är panelernas typ, stödets dimension och avstånd, skruvarnas typ och inbördes avstånd samt vindlast. Baserat på Eurokoderna räknar programmet på den input som getts och get utnyttjandegrader för paneltypen. Se bilaga 9 för en utskrift av resultatet från denna beräkning.



Kuva 1. Sandwich panel SPA



Kuva 2. Paneelin rakenne, päämitat ja toleranssit

Figur 34. Urklipp ur Ruukkis produktbeskrivning.

Som kan ses i Figur 34 ovan så består väggelementen av två profilerade tunnmetalskivor med en kärna av limmad mineralull. Ytmaterialet är gjort av varmförzinkade och målade stålskivor. Till den yttre ytan används vanligen HIARC-stål och till den inre ytan används polyesterbelagt stål, men det finns olika typer att tillgå beroende på behov.

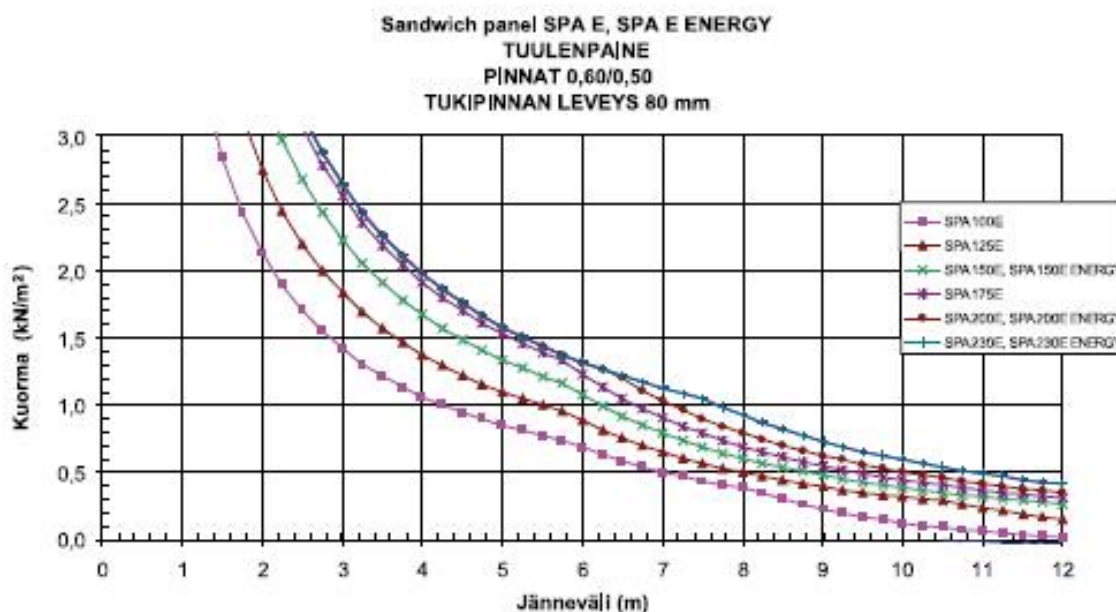
Panelerna monteras vågrätt, både ytter- och innerväggarna. De fäster i varandra med hjälp av han- och hon-sponter, vilka är utmärkta på panelerna. Detaljritningar och skärningar finns i bilagorna 38-50. Noggrann och utförlig information om montering av panelerna fås från tillverkarens hemsidor. Se källförteckningen. (Ruukki Construction Oy)

Panelerna fås i olika tjocklekar och med olika profileringar enligt behov. De valda dimensionerna och deras relevanta värden gås igenom här under. (Ruukki Construction Oy)

5.2.1 Ytterväggar

För de tjockare ytterväggarna valdes typen SPA230E, med ytprofilen R200. Detta innebär att väggpanelen är av typen SPA med en nominell tjocklek på 232 mm. Beteckningen E innebär att det är en ytterväggspanel. Beteckningen R200 innebär att ytan har 5 mm djupa fördjupningar med ett mellanrum på 200 mm. Detta är den ytprofil som syns på figur Figur 34 på föregående sida. Profileringen påverkar elementet, utan har endast estetisk betydelse. Egenvikten är $30,4 \text{ kg/m}^3$, vilket har tagits i beaktande i beräkningsmodellerna. U-värdet för den här typen är $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$, vilket även detta är bättre än det som rekommenderades i de tidigare rapporterna.

I produktbeskrivningen finns även kurvor för hur stora vindlaster som väggarna kan ta emot. Ett urklipp ses i Figur 35. Detta urklipp är endast för att ge en inblick och uppskattning av hurdan typ av panel man kommer att behöva, dimensioneringsberäkningar bör alltid utföras. (Ruukki Construction Oy)



Figur 35. Vindlast för paneler. (Ruukki-sandwich-paneeli-SPA-tuoteseloste.pdf)

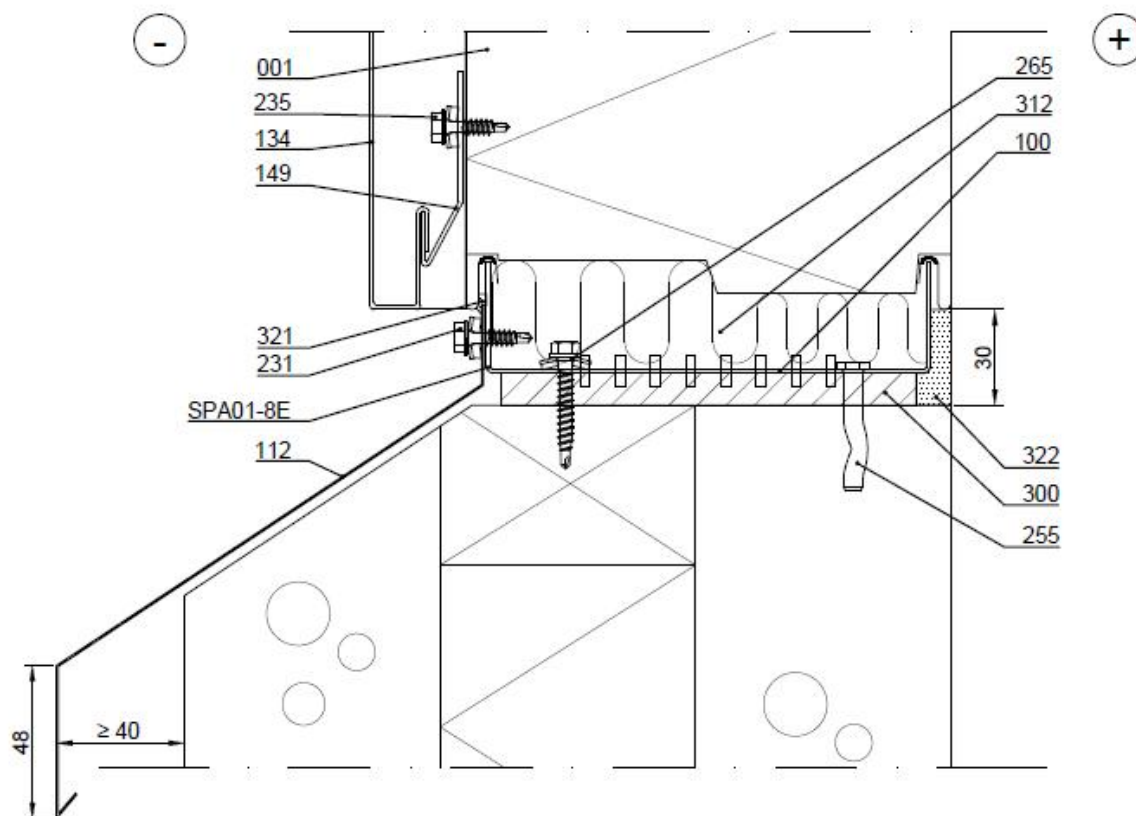
Öppningar för fönster och dörrar skärs upp enligt anvisningarna som finns i dokumentet ”SPA – Asennus- ja huolto-ohje”. Små öppningar kan göras på förhand på golvnivå, medan större öppningar görs efter montering. (SPA Asennus- ja huolto-ohje.pdf)

5.2.2 Mellanväggar

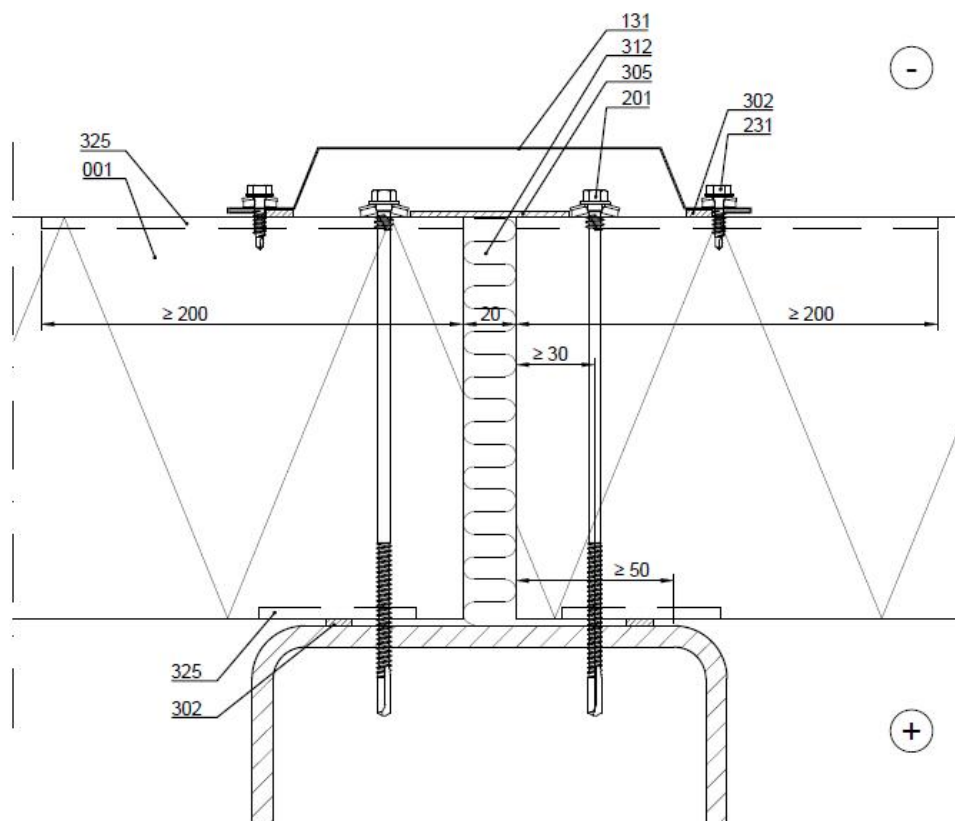
Till mellanväggar valdes paneler av typen SPA100I. Dessa har en tjocklek på 102 mm, med en egenvikt på 14 kg/m³. U-värdet ligger på 0,26 W/m²k, vilket är helt ändamålsenligt för innerväggar. Tillvägagångssättet vid montering är samma som för ytterväggarna, och beskrivs i samma dokument. Se ritningar för mera information (Ruukki Construction Oy)

5.2.3 Detaljer

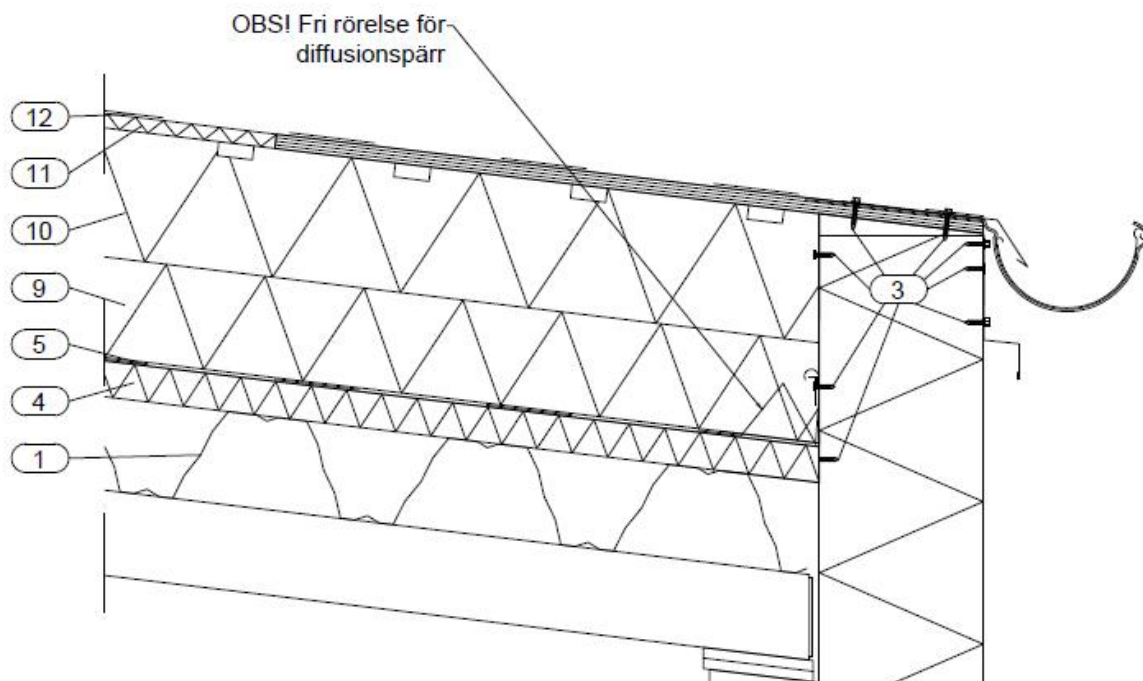
Här nedan ses några typdetaljer på panelerna och deras olika infästningar. Enkla, typiska detaljer från Ruukkis detaljbibliotek över väggpaneler och deras anslutningar. Se Figur 36 – 41 nedan.



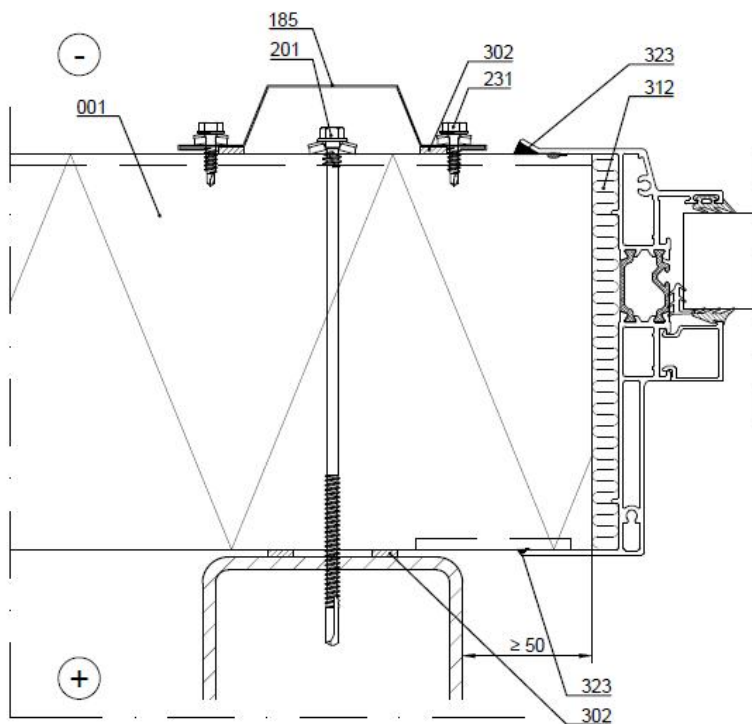
Figur 36. Urklipp ur detaljritning för sockelinfästning.



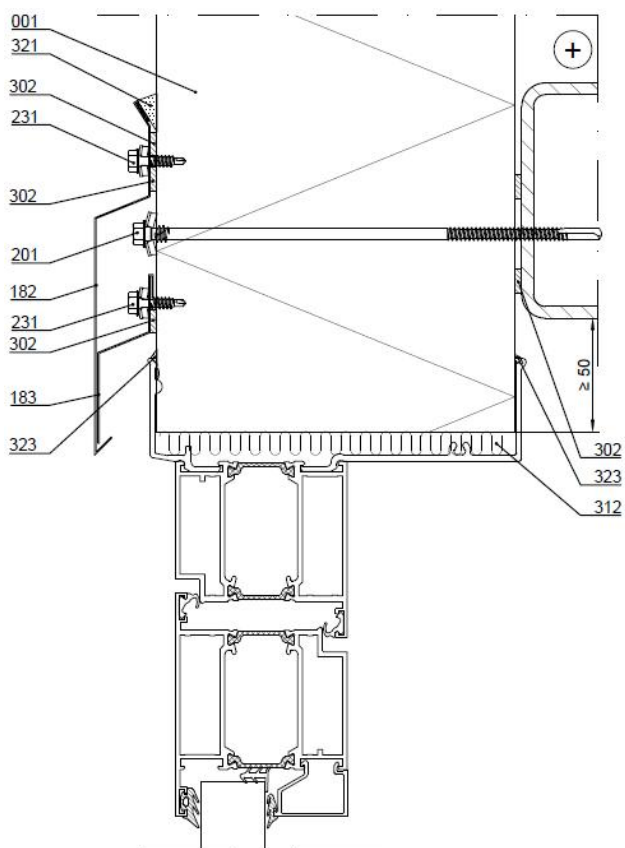
Figur 37. Urklipp ur detaljritning för pelarinfästning.



Figur 38. Urklipp ur detaljritning för takinfästning.



Figur 39. Urklipp ur detaljritning för fönster.



Figur 40. Urklipp ur detaljritning för dörr.

Dessa samt övriga paneldetaljer hittas bland bilagorna 33 - 50. (Ruukki Construction Oy)

5.3 Fönster

När det kommer till de ljusgenomsläppliga delarna av fasaden så är det flera viktiga faktorer som måste tas i beaktande vid val av fönster. De tre avgörande av dessa är dimensionering, energiklass och pris. Dessa går igenom här under, följt av en kort rekommendation om möjliga tillverkare och lämpliga fönstermodeller. Informationen här i baserar sig på ett projekt kallat "Ikkunoiden energialuokituksen pilotointi", gjord av Kari Hemmilä och Ismo Heimonen, samt de rekommendationer och undersökningar som gjorts om fönster och deras varierande egenskaper för ljusgenomsläpplighet. Publicerad av VTT.

Dimensioneringen av fönster inverkar direkt på både energiklass och pris. Som tidigare konstaterat så är centrum-avståndet mellan pelarna 4 m, och höjden för de ljusgenomsläppliga ytorna är 5 m. Detta innebär en yta på ungefär 20 m², där man strävar efter att maximera den ljusgenomsläppliga ytan. Priset ökar exponentiellt med arean på enskilda fönster, så vid behov kan en indelning av fönsterytan bli aktuell. I detta fall så skulle man optimalt placera en avdelare horisontellt på halva höjden, vid vilken man även kan fästa gardinerna för att förkorta längden på dessa. Denna fråga bör tas ställning till tillsammans med den valda tillverkaren, som har ytterligare expertis inom området.

När det kommer till energiklassificering så ser man huvudsakligen på fönstrets E-tal. Detta är alltså den årliga energiförbrukningen mätt i kilowattimmar, och anges i enheten kWh/m²/år. De faktorer som spelar in här är värmeöverföringskoefficienten och fönstrets ljus- och luftgenomsläpplighet. Formeln nedan ger fönstrets slutliga E-tal baserat på dessa faktorer samt koefficienterna A, B och C.

$$E = A * U - B * g + C * L \quad (11)$$

Där

- E = årlig energiförbrukning (kWh/m²/år)
- U = värmeöverföringskoefficient (W/m²K)
- g = fönstrets solenergitransmittans (-)
- L = luftgenomsläpplighet. (m³/m²/h)

A, B och C är koefficienter som varierar beroende på var i landet man befinner sig. Ju längre norrut man kommer desto högre blir värdena, som kan ses i tabellen nedan:

Tabell 16. Koefficienter vid olika placeringar i landet, förkortad version.

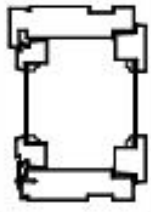
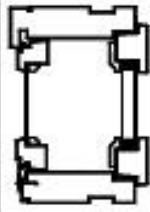
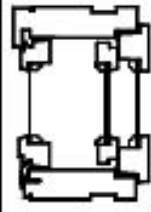
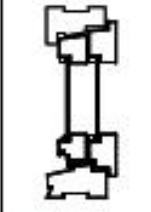
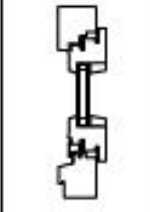
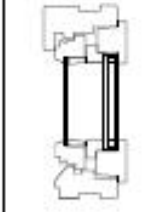
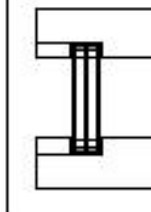
Byggnadens placering	A	B	C
Helsingfors	125	-170	45
Jyväskylä	140	-160	50
Sodankylä	175	-185	60

(Hemmilä & Heimonen, s. 30)

För att få ett så lågt E-värde som möjligt vill man minimera värmeöverföringskoefficienten och luftgenomsläppligheten, samt maximera solenergitransmittansen. Denna maximeras genom att göra fönstren så stora som möjligt, med så små infästningar som möjligt. För denna byggnad är fönsterstorleken redan maximerad, enda inverkan man kan få här är att göra karmarna så små som möjligt. Värdet på g-koefficienten ges av tillverkaren, och bestäms med hjälp av standarden EN 410.

De faktorer som spelar in för ett fönsters U-värde är karm typ, tätning, isolering samt glasens typ och mängd. Eftersom fönstren här inte kommer att vara öppningsbara, så rekommenderas fönster med tre glas samt ädelgas, vanligen argon, i mellanrummen. U-värdet för vanliga fönster ligger mellan 1,2 - 1,6 W/m²K, medan energifönster kan komma ända ner till 0,9 W/m²K. Detta leder dock till att mängden inkommande ljus minskar, och en kalkyl bör göras för att uppnå en lämplig kompromiss mellan energieffektivitet och inkommande solljus.

Luftgenomsläppligheten är svår att beräkna på förhand. Därför förenklas koefficienten L vanligen enligt Figur 41. De fönster som uppnått bäst resultat i de flesta mätningar av luftgenomsläpplighet är av typen MEK. Denna typ är inte öppningsbara, men rekommenderas ändå då fönstren på fasaderna inte behöver öppnas och man på så sätt uppnår bästa möjliga energieffektivitet.

MS	MSE	MSK	SK	SE	SEK	MEK
						
$0,3 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$						$0,1 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$

Figur 41. Olika fönstertypers luftgenomsläpplighetsvärde. Förenklade grundvärden för beräkning. (Hemmilä & Heimonen, s. 37)

Beroende på var i landet byggnaden är tänkt samt vilka värdena blir för de olika koefficienterna så får man ett värde på E-talet som sedan används för att dela in fönstren i olika energiklasser från A till F. Gränsvärdena för dessa kan ses i Tabell 17 här under.

Tabell 17. Indelningsklasser för fönster. Enhet kWh/m²/år.

Klass	A	B	C	D	E	F	G
E-värde	$E \leq 85$	$85 < E \leq 105$	$105 < E \leq 125$	$125 < E \leq 145$	$145 < E \leq 165$	$165 < E \leq 185$	$E > 185$

(Hemmilä & Heimonen, s. 38)

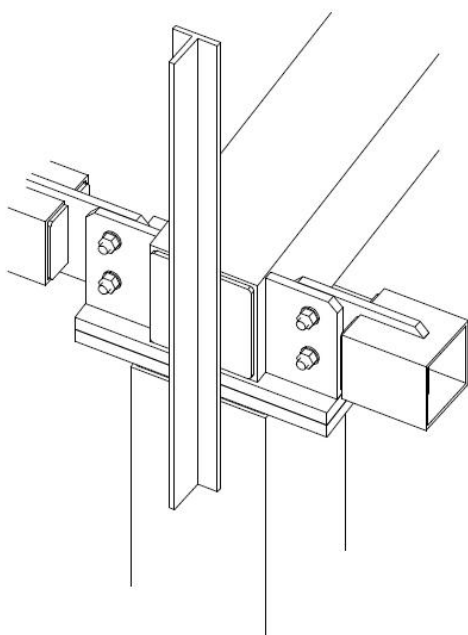
Energiklass på nivå A eller B rekommenderas för att hålla energieffektiviteten hög även för fasaderna, men detta måste tas ställning till tillsammans med tillverkare och huvudentreprenör för projektet. (Hemmilä & Heimonen, 2006)

5.4 Stomme

Som stom- och allmänt konstruktionsmaterial valdes stål, på grund av dess förmåga att ta emot stora laster med lätta och små konstruktioner, samt för att undvika de mögelskador som kan uppkomma på grund av de höga fukthalterna i byggnaden. Utöver detta så underlättas även montering och anslutningar då man arbetar i stål. Alla profiler är av typen RHS, med stålqualiteten S355J2H. Slutna tvärsnitt valdes eftersom detta minskar risken för vippning och böjvidknäckning. Stomtypen som valdes är pelare i kombination med fackverk.

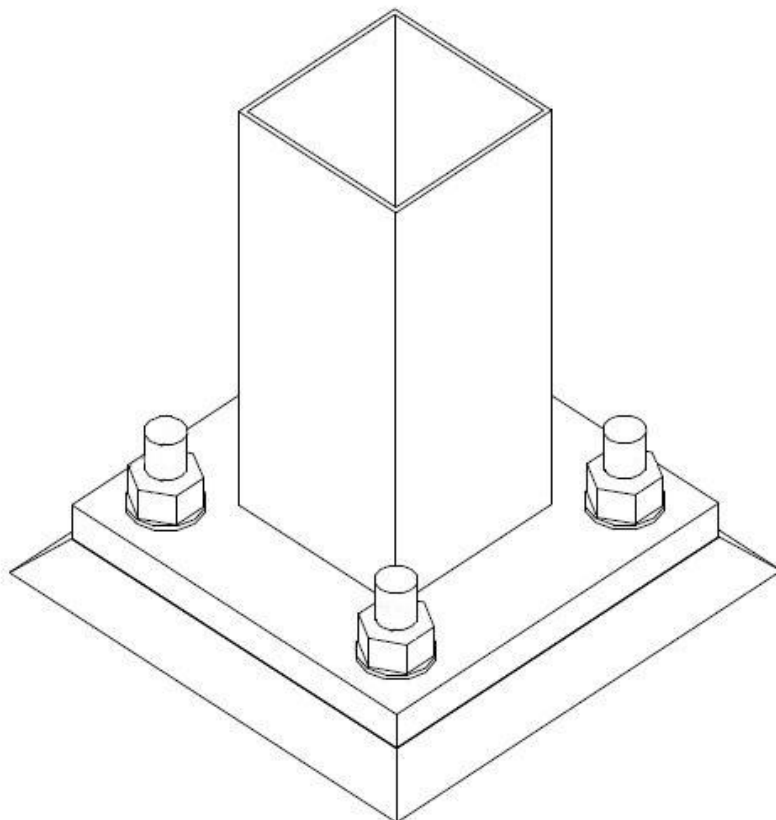
5.4.1 Pelare

Pelarna görs av kvadratiske RHS-profiler som fästs i pelarsulorna med svetsade fotplåtar och grundbultar, som kan ses i Figur 42. Nedersta delen gjuts åter för att skydda pelarna samt förse stommen med mer stabilitet, vilket illustrerades i Figur 30 och Figur 33. Pelaren tillverkas färdig för montering och transporteras sedan i ett stycke till byggnadsplatsen, med alla svetsarbeten och ytbehandling färdigt utförda. Topparna på pelarna är försedda med topplåtar och redo att anslutas till strävor och fackverk eller balkar. T- eller L-stål som är svetsade högst upp i pelarna används för att fästa de översta väggpanelerna. Figur 42 nedan är tagen från en 3D-detalj ritning. Denna typ av illustration har använts för att på bästa sätt visa konstruktioner och anslutningar. Se bilagor för hela detaljer och övriga ritningar och beräkningar.



Figur 42. Pelartopp och tak balk med anslutningar samt tilläggsstöd för väggpanel.

Mängden olika pelare hölls så låg som möjligt, men det blev ändå ett antal olika på grund av varierande placering för strävor, stag och balkar. (SSAB Europe Oy, ss. 400-414)



Figur 43. Pelarinfästning.

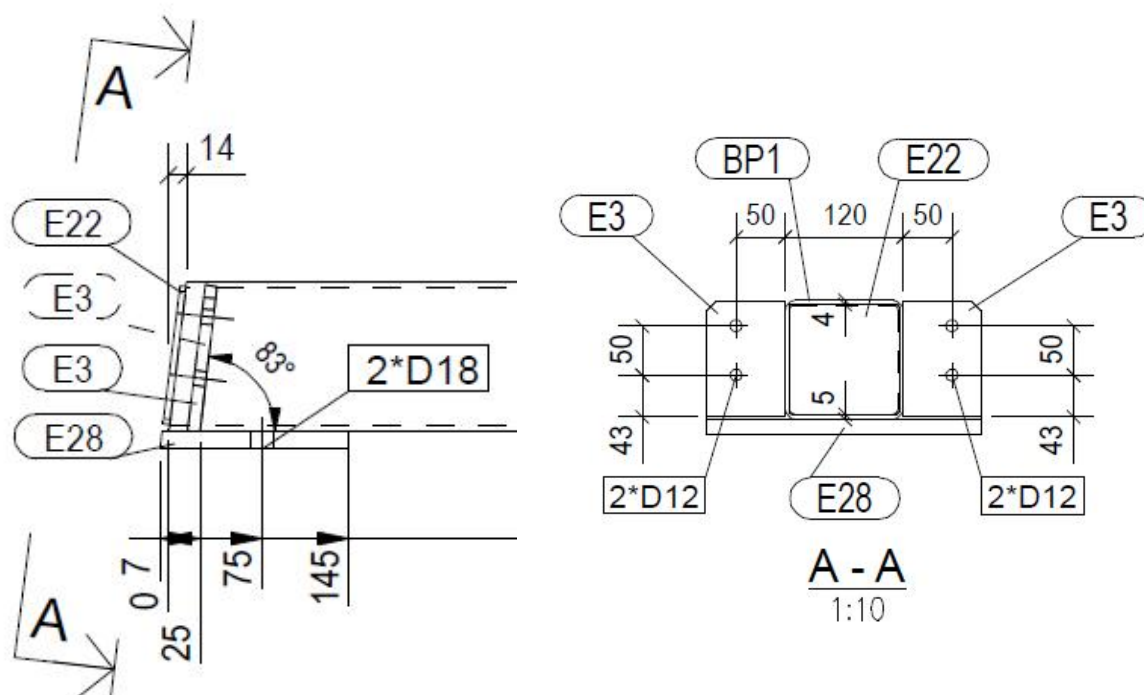
Som kan ses i Figur 43 ovan är pelarna försedda med fotplåtar vilka fäst i pelarsulorna med grundbultar. Denna anslutning är beräknad med egen kodad Excel-tillämpning, baserad på exempel ur SSABs handbok för RHS-profiler samt grundbulttillverkarens anvisningar. Se tabellen nedan för en sammanfattning av resultatet, samt bilaga 10 för själva tillämpningen.

Tabell 18. Resultat från dimensionering av anslutning mellan pelare och fotplåt.

Pelartvärsnitt	180x180x8	150x150x4	150x150x4	enhet
bredd	340	310	310	mm
höjd	340	310	310	mm
tjocklek	30	30	30	mm
svets	6	6	6	mm
e_1	45	40	40	mm
e_2	45	40	40	mm
grundbult	M30x380	M24x290	M24x290	mm
håltolerans	35	28	28	mm

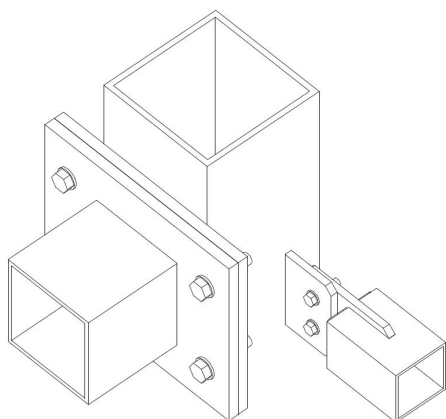
5.4.2 Balkar och strävor

Dessa tillverkas liksom pelarna av kvadratiska RHS-profiler, smed vissa undantag för diagonala strävor samt reflektorbalkarna som tas upp i kapitel 5.6. Antalet olika profiler som användes minimerades, likaså antalet olika anslutningar. Liten variation mellan profiler och anslutning underlättar arbetet genom hela processen. Det sparar tid vid dimensionering, framställning av ritningar, tillverkning och montering. Strävorna har alla samma anslutningstyp, medan balkarna använder tre olika typer av anslutningar. Dessa är anslutna med plåtar till pelare som kan ses i Figur 44 nedan, flänsplåtar som kan ses exempel på i Figur 45 på nästa sida, samt infästningar för HEA-balkar i reflektorelementen. Exempel på denna anslutningstyp hittas i Figur 51. Se bifogade detaljritningar.



Figur 44. Urklipp från en balkritning.

Figuren ovan visar en takbalk som fäster i fackverket och norra väggens pelare på linje 5. På figuren visas den del som fästs i pelarens topplåt, samt i två strävor i x-led. Det är samma balk som visas i Figur 42.



Figur 45. Anslutningstyp för balkar och strävor.

Här ovan ses fackverkets undre bom som är ansluten till en fasadpelare med en flänsplåt, samt en sträva som är ansluten med en skjuvplåt. Denna detalj är likadan för hela södra väggen. Även här är alla anslutningar dimensionerande med egen kodad Exceltillämpning, återigen baserad på Eurokoderna samt beräkningsexempel. I tabellen nedan ses en sammanfattning över resultaten för strävorna som är fästa i pelarna på 6,2 m höjd i linjerna 1, 9 och F. Se bilaga 11 och 12.

Tabell 19. Resultat från dimensionering av anslutning mellan pelare och strävor.

Del	symbol	storlek	enhet
pelare	b_0	180	mm
	h_0	180	mm
	t_0	8	mm
sträva	b_1	80	mm
	h_1	80	mm
	t_1	4	mm
skjuvplåt, pelare	$b_{p,0}$	80	mm
	$h_{p,0}$	120	mm
	$t_{p,0}$	10	mm
skjuvplåt, sträva	$b_{p,1}$	150	mm
	$h_{p,1}$	100	mm
	t_{p1}	10	mm
svets	a	5	mm
avstånd	e_1	25	mm
	e_2		mm
	p_2	50	mm
bult	typ	M10	
hål	d_0	12	mm

Liksom pelare så är även balkar och strävor färdiga att monteras direkt de anländer till byggnadsplatsen. (SSAB Europe Oy, ss. 415-423)

5.4.3 Fackverk

Tre olika sorters fackverk undersöktes i ROBOT och SCIA, av typerna N-, K- och KT. Baserat på mängden använt stål, utnyttjandegrad, antal delar samt uppskattad arbetsåtgång vid tillverkning valdes K-typen. Denna typ är bättre lämpad för pulpettak än KT- och gav minsta stålmängd. Antalet stavar minskar jämfört med N-typen, och stavarna blir kraftigare. Därför kan de ta emot större kraft än för de övriga typerna med mindre antal stavar. Antalet stavar är även mindre i förhållande till KT-typen.

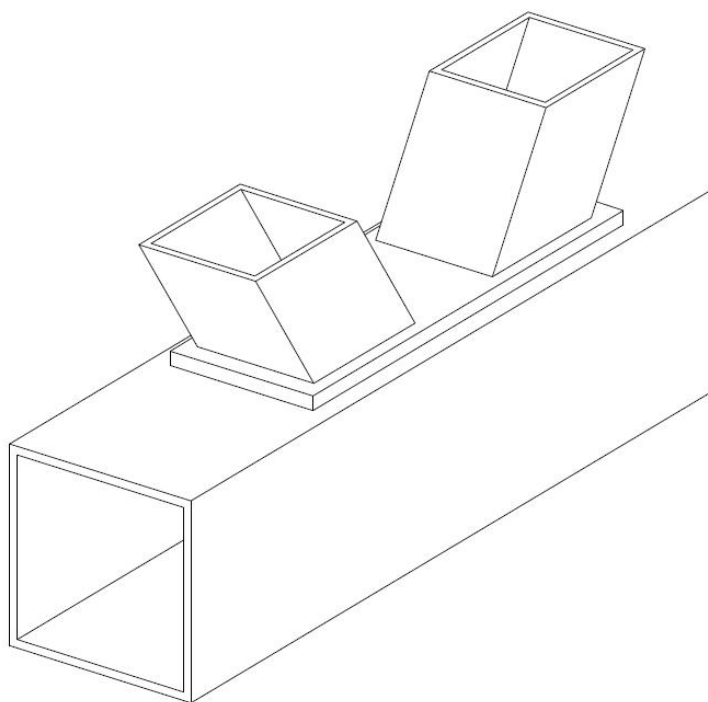
Eftersom överlappande anslutningar kräver mera tid i tillverkningskedet lämnades mellanrum mellan livstängerna. Överlappningar kräver mera skärning av stavarna och har mindre toleranser än enkla anslutningar.

När avstånden växer så växer också krafterna som stavarna utsätts för. Nära stöden är lasterna större än i mittområdet, speciellt för den lägre sidan. Då är det ändamålsenligt att använda sig av stavar med olika tvärsnitt, även om man i allmänhet strävar efter att ha samma tvärsnitt för hela fackverket för att förenkla produktion. Stavar och rör med samma yttermått bör ha samma väggjocklek, för att undvika att delar blandas ihop och placeras fel i tillverkningskedet. Stavarnas minsta tillåtna vinkel är 30°. Man bör ändå undvika små vinklar, eftersom detta försvårar svetsningen avsevärt. Även små fel i stålen orsakar stora luftspalter i anslutningarna. Strävorna fasas av om anslutningsvinkeln är mindre än 60°. Minsta förekommande vinkel i fackverken i detta projekt är 32°.

Fackverket tillverkas och målas i verkstad och transporteras i ett stycke, för att förenkla monteringen på plats. Detta monteras sedan fast i pelare och takbalkar med två anslutningar per sida, enligt bifogade ritningar.

K-typen lämnar mest rum för rördragningar och andra VVS-installationer, och det tillgängliga utrymmet i fackverket bör vara tillräckligt både för ventilation och för övrig teknik. Detta bör kontrolleras tillsammans med VVS-planeraren i ett senare skede av projektet.

Vid gavlarna behövs inte något fackverk eftersom pelarna står tillräckligt nära varandra. Istället placeras balkar och strävor ut på samma höjd som övre och undre bommen, vid vilka man kan fästa fönster- och väggelement. (SSAB Europe Oy, ss. 425-457)

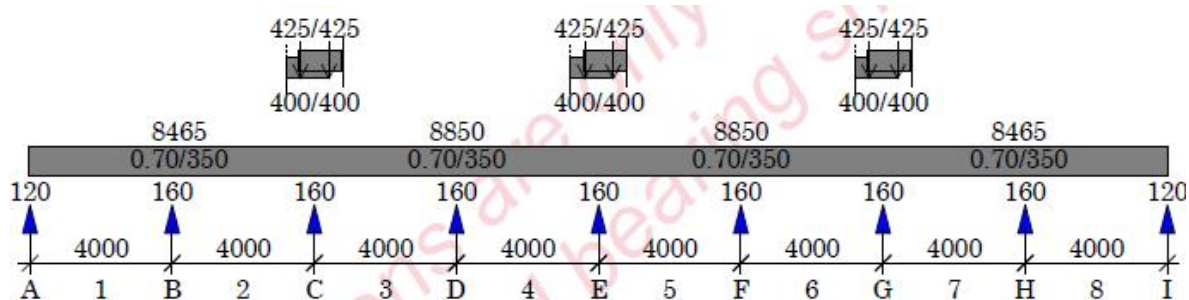


Figur 46. Förstärkning av anslutning, undre bom.

Figur 46 ovan visar första och andra diagonalens anslutning till undre bommen närmast sydsidan. Här var det fördelaktigare att förstärka anslutningen med en plåt än att förstora diagonalernas tvärsnitt. Se bilaga 13 och 14 för beräkning av fackverkets anslutningar samt resultatet från dessa och från dimensioneringen i Robot.

5.5 Takkonstruktion

Även i takkonstruktionen används stål som huvudsakligt byggnadsmaterial, i kombination med mineralull och bitumenmatta som vattentak. Som bärande skikt för taket används trapetskorrugerade stålplåtar, dimensionerade med Ruukkis beräkningsprogram Poimu 5.42 enligt EN1993-1-3:2006+AC:2009, FIN NA/NAD. Se beräkningar i bilaga 7.



Figur 47. Urklipp ur Poimu.

I Figur 47 ses en statisk modell på den bärande takplåten. Stöden har betecknats A – I, och har spännvidden 4 m. Stödytan är också given, samt plåtens längd och typ. Resultatet var alltså en trapetskorrugerad plåt av typen T130M-75-930 med en omlottskarvning på 400 mm. Denna fästs i fackverkens övre bom samt i tak balkar med skruvtyp SD14-H15-5.5*32 eller motsvarande. 32 st. per breddmeter för stöden och 39 st. per breddmeter för omlottskarvningar.

Direkt på det bärande skiktet placeras först ett 50 mm tjockt lager bärande isolerings skiva av hård mineralull med en trycktålighet på 50 kPa eller motsvarande. Ovanom detta kommer en ångspärr, för att skydda isoleringen och hindra fuktspridning. Särskild vikt bör fästas vid installationen av denna, på grund av den höga fukthalten inne i byggnaden.

Följande skikt är huvudisoleringen. Denna består av två skikt hård mineralull, 140 + 180 mm, med urfasade ventilationsspår i övre kanten. Denna bör tåla åtminstone 30 kPa. Dessa två skikt bör placeras i omlott, för att undvika att köldbryggor uppkommer. Fjärde och nästsista skiktet är ytterligare ett lager hård mineralull, på vilket vattentaket kan fästas. Denna bör klara 80 kPa och ha en glasfiberyta. Till vattentaket används lämpligen bitumenmatta eller motsvarande, vilken fästs mekaniskt i det sista lagret isolering. Från PAROCs hemsidor hittas en illustration av denna lösning, varifrån Figur 48 är hämtad. (PAROC)

De olika skikten uppifrån ner:

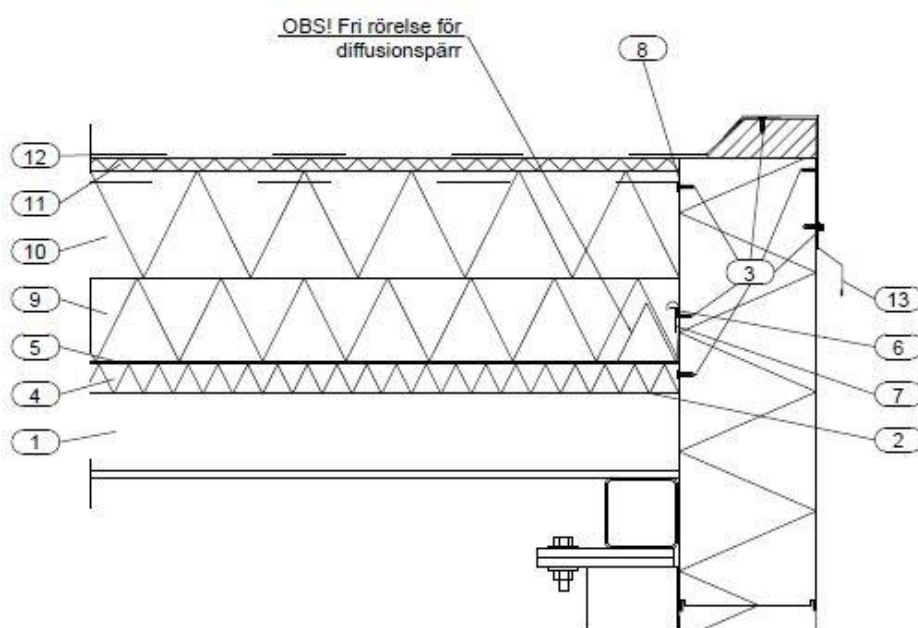


- Bitumenmatta
- Mekaniska fästen
- Hårt, bärande isoleringsskikt,
- Ventilerad huvudisolering
- Diffusionsspärr
- Bärande isolerings lager
- Bärande profilerad plåt

Figur 48. 3D-skärning av takkonstruktionen.

Flera olika taklösningar togs i beaktande. Den här typen valdes eftersom det är den enklaste lösningen av dessa, sett både till montering samt antal skikt och delar. Inga extra element krävs för festsättning av varken vattentak eller ventilation, och bitumen är det billigare alternativet jämfört med takplåt.

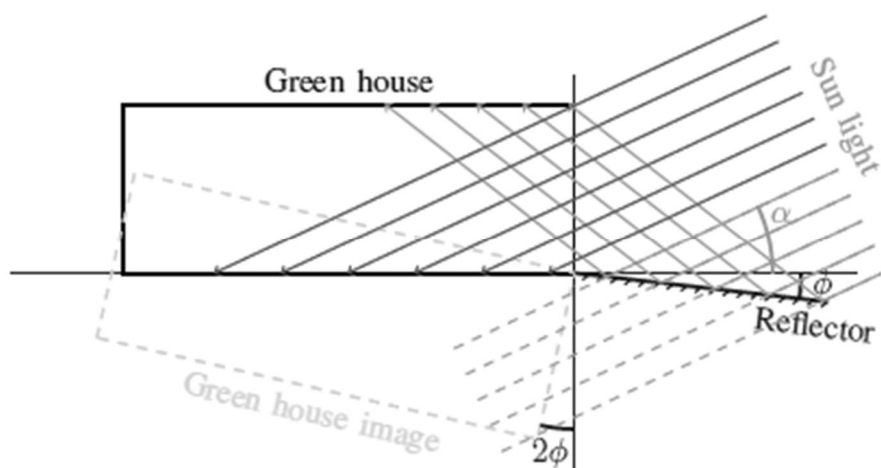
I figuren nedan ses den rekommenderade lösningen för takfot samt regnvattensystem. Denna detalj är baserad på design av Jonas Öist, med små ändringar för att passa detta projekt. Se bilaga 49 och 50 för hela detaljritningen.



Figur 49. Urklipp från takfotsdetalj.

5.6 Reflektorer

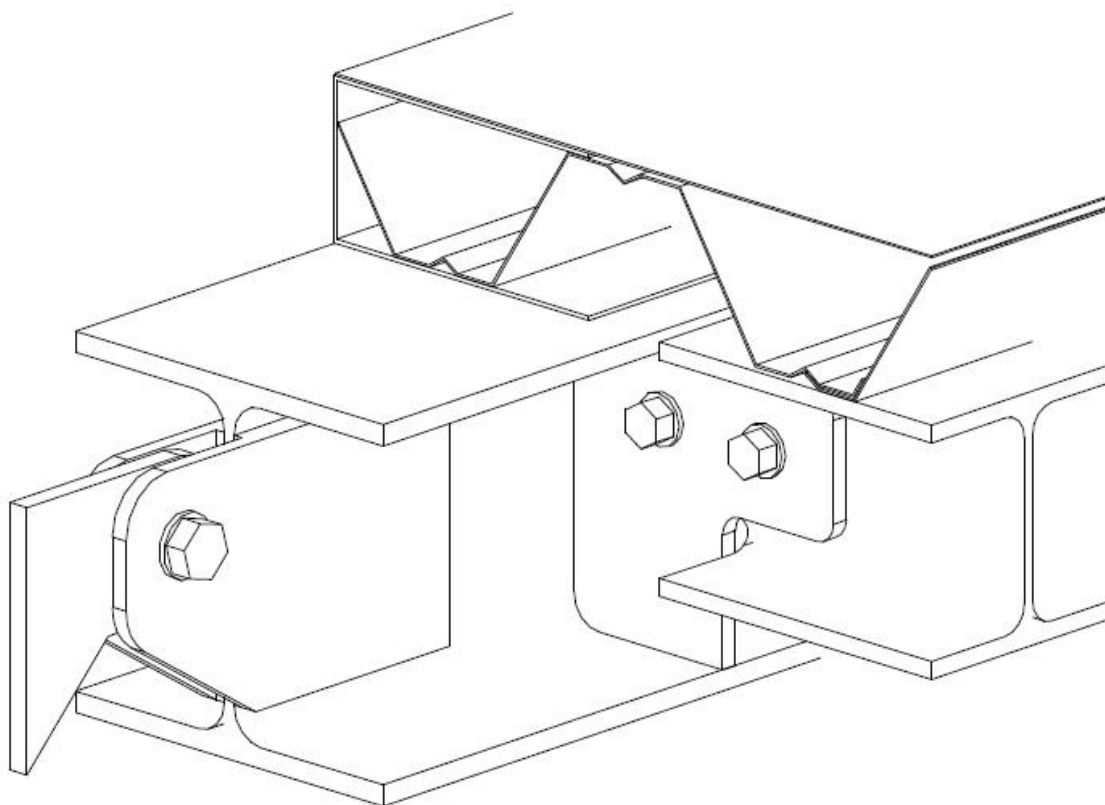
Reflektorerna är höj- och sänkbara element som är fästa i byggnadens pelare på samma nivå som fönstrets undre kant. Syftet med dessa är att spegla in ljuset i byggnaden, primärt upp i taket, sekundärt in till den norra innerväggen. Innerväggar och tak är försedda med ljusreflekterande ytor som ytterligare sprider ljuset in i byggnaden. Se Figur 50 för en visualisering av konceptet.



Figur 50. Reflektorernas funktion. (Välisuo & Nuortila, s. 4)

I rapporten gjord av Välisuo, Nuortila titulerad "Insolation analysis of a novel greenhouse type" går reflektorernas geometri igenom. Baserat på solen infallsvinklar och byggnadens tänkta geometri så har de tagit fram ekvationer som ger optimal lutning på reflektorerna beroende på årstid. Denna varierar mellan 11° till 15° för öst och väst, samt -8° till 15° för sydsidan. Se den nämnda rapporten för vidare information. (Välisuo & Nuortila, 2017)

I samma rapport rekommenderas reflektorernas längd till $1,5 - 2,0 \times h$, där h är höjden på den genomsläppliga delen av fasaden. Med 5 m höga fönster blir alltså reflektorerna 7,5 – 10 m, och bredden samma som fönstren, alltså 16 m respektive 32 m. Reflektorelementen är här dimensionerade enligt den övre gränsen, eftersom man kan använda samma konstruktion också efter nedskalning.



Figur 51. Ledad anslutning av reflektorbalk.

Som kan ses i Figur 51 utgörs reflektorelementens bärande delar av HEA-balkar som ansluts med en rörlig led till pelarna. Se detalj i bilaga 32. Dessa är sedan stabiliserade med tvärgående balkar anslutna till livet i början, mitten och ändan av den längsgående balken. På 7,5 m avstånd från väggen är en till balk fäst på undersidan för ytterligare stabilisering av elementen. Där är fästanordningarna till det mekaniska höj- och sänkbara systemet är placerade. Detta system har som tidigare konstaterats avgränsats ur detta arbete och kräver vidare utredning. Anslutningar är dimensionerade och utplacerade med ett c-c avstånd på 4 m. Vid behov är det möjligt att placera ut flera fästanordningar på stödbalken, eller minska på antalet beroende på vilket system som kommer att tillämpas.

På ovansida kommer ett lastbärande skikt korrugerad plåt av typen T70-57L-1058, som tar upp vind- och snölast samt bidrar med skivavstyvande effekt som stabiliserar elementen. Denna är avstyvad i kanterna med C-profiler.

Högst upp fästs ett reflekterande skikt av tunn plåt med en yta av exempelvis borstat och behandlat stål. Flera olika material har undersökts och testats för detta syfte. En kort sammanfattning är given i Tabell 20 och Figur 52. i Asko Mynttis patentdokument hittas noggrannare information angående detta.

I patentdokumentet finns testresultat för sex olika material, uppmätta både i laboratorium och ute i naturligt solljus. I Tabell 20 nedan presenteras resultatet från mätningarna ute i naturligt ljus. Reflektionsförmågan är given i lux, och uppmätt vid tre olika tidpunkter med tre olika reflektionsvinklar sett från det horisontella planet. Mätningar som gjorts vid olika tidpunkter är indelade i skeden, och serierna representerar olika mätresultat på mottagningskärmarna.

Tabell 20. Uppmätt reflektionsförmåga för olika material.

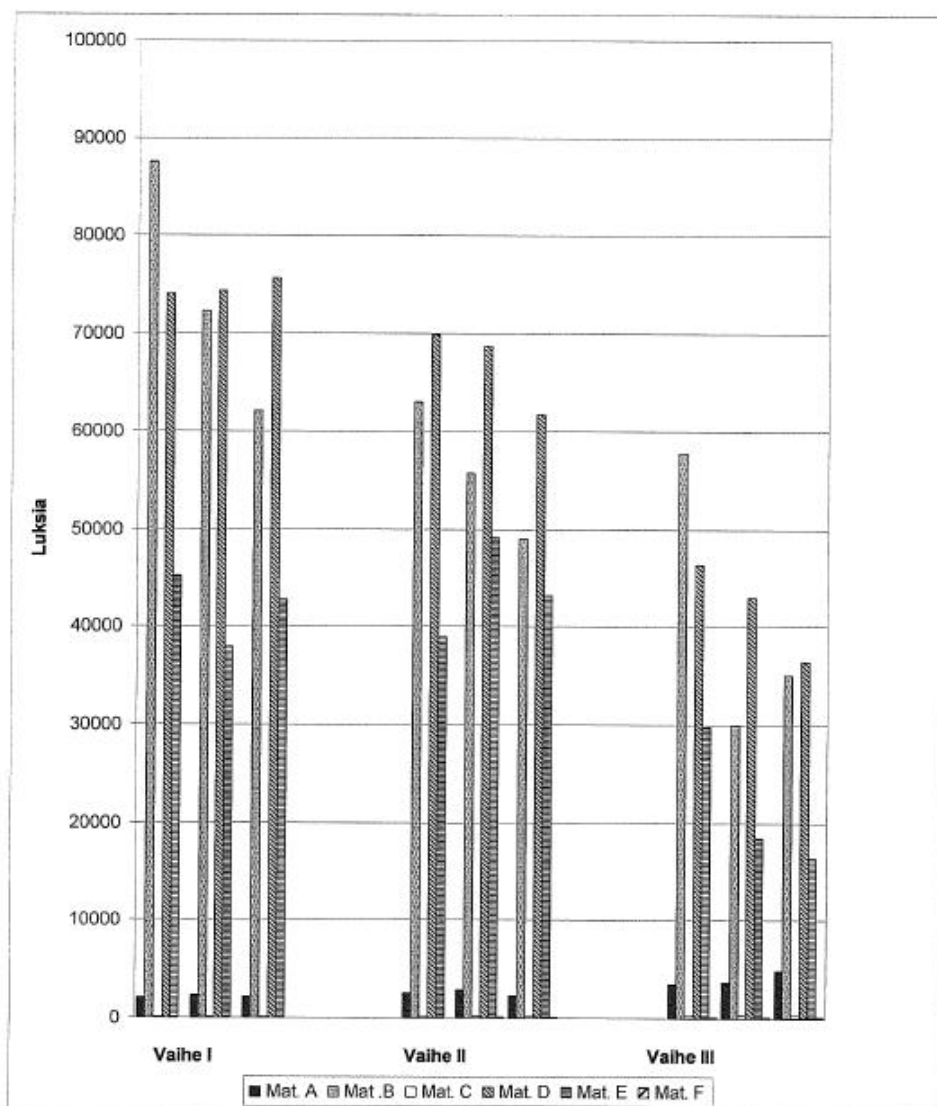
Material	A	B	C	D	E	F
Skede 1, $\alpha = 51^\circ$, start kl. 13						
Serie 1	2030	87500	104	74000	45200	37
Serie 2	2320	72300	103	74400	38000	37
Serie 3	2190	62000	102	75700	42800	36
Skede 2, $\alpha = 43^\circ$, start kl. 15						
Serie 1	2520	63000	175	69900	39000	57
Serie 2	2870	55700	198	68700	49100	76
Serie 3	2250	49000	183	61700	43200	70
Skede 2, $\alpha = 18^\circ$, start kl. 19						
Serie 1	3420	57800	309	46400	29800	65
Serie 2	3660	30000	391	43000	18400	92
Serie 3	4860	35100	394	36500	16400	116
Totalt	26120	521400	1959	550300	321900	586
Medelvärde	2902	56934	218	61145	35767	65

(Myntti, 2012)

Materialen som testats:

- A är grund- och vitmålad MDF-skiva,
- B är fabriksfärdiga skivor av rostfritt stål,
- C är mattsvart MDF-skiva,
- D är glasspegel,
- E är polerat rostfritt stål och
- F är bergkross.

Resultaten ovan är presenterade i grafisk form i Figur 52. Som kan ses i figuren är värdena för material C och F så låga att de knappt syns i grafen med den skala som använts. Material F, bergkross, är det material som vanligen används runt växthus.



Figur 52. Diagram över uppmätt reflektionsförmåga per material. (Myntti, 2012)

Enligt ovan är rostfritt stål eller spegel de ytmaterial som är bäst lämpade för detta syfte, med avseende på endast reflektionsförmåga. När faktorer såsom hållbarhet och pris tas med i beräkningarna så blir den slutliga lösningen ytbehandlade rostfria stålskivor. Rekommenderade dimensioner per skiva är 2000 mm x 1000 mm x 1 mm.

Elementen är dimensionerade mot vind- och snölast, och är räknade som fristående skärmtak. Alla olika vinklar som reflektorerna kommer att ställas i är beaktade. Balkarna är dimensionerade på samma sätt som stommen med hjälp av ROBOT och SCIA, och den korrugerade plåten är liksom takplåten räknad med Poimu 5.42. En utskrift av beräkningarna finns i bilaga 8.

6 Kostnadskalkyl

Ett av slutmålen med pilot projektet är att evaluera den kommersiella lönsamheten för denna lösning. För att nå detta slutmål så är en kostnadskalkyl en vital del. I denna kan man se ett preliminärt pris för byggnadsentreprenaden och utgående från det besluta om projektet i sig är lönsamt och om man vill gå vidare.

Det är dock viktigt att komma ihåg att kostnadsanalysen är riktgivande, och det exakta slutliga priset kan och kommer att skilja sig en del från den beräknade summan. Kostnadskalkylen är i skrivande stund ännu under arbete, och har därför inte tagits med. Den levereras till beställaren tillsammans med all annan information som inte tagits med här.

6.1 Kostnadskalkyleringsmetod

Kostnadskalkylen utfördes genom att lista allt arbete som ska utföras en Excel-tabell, börjandes med markarbete. Därefter följer kalkylen byggnadsprocessen, ända tills alla element är på plats och den byggnaden är färdig och överlåtten. I kalkylen listas mängder, uppskattade kostnader per material- och arbetsenhet samt kommentarer som ger vidare information om arbetets karaktär eller antaganden som gjorts. Från denna information fås både ett pris för materialet samt för installationsarbetet som krävs. Alla dessa enskilda delar ger sedan slutpriset för projektet. Till detta kommer även administrativa kostnader som inte har tagits med.

6.2 Indelning och avgränsning

I kostnadskalkylen ingår kostnaderna för förberedande markarbeten, grunden, stommen, skalet, teknisk utrustning, samt el- och VVS-arbeten. Tomtpriset har inte beaktats, eftersom detta varierar i stor mån och är svårt att förutsäga.

7 Resultat

Målsättningen med detta arbete var att dimensionera och konstruera den byggnadstekniska delen av en pilotmodell för denna nya koncepttyp, samt ta fram alla behövliga ritningar och utföra en för kostnadsanalys för projektet. Utöver detta önskades även en systembild innehållande system för uppvärmning, ventilation och belysning. Som konstaterades ända från början så sattes mera vikt på dimensionering och konstruktion än på systembilden, men alla delar utfördes ändå.

Målsättningen uppfylldes i och med att alla stomdelar dimensionerades med två olika dimensioneringsprogram, samt att alla anslutningar och tillhörande element dimensionerades. Sedan uppgjordes en komplett 3D-modell innehållande:

- pelarsulor
- sockelelement
- markliggande platta
- pelare
- strävor
- balkar
- fackverk
- väggelement
- bärande takplåt
- takkonstruktion
- ställbara reflektorelement
- Anslutningar för alla ovanstående.

På basen av detta har tagits fram alla nödvändiga ritningar för att kunna bygga stomme och skal. Denna information utgör även basen för en kostnadsanalys, samt möjliggör presentation av projektet till möjliga investerare. Till ritningarna som gjordes hör:

- planritningar
- fasadritningar
- skärningar
- detaljritningar
- tillverkningsritningar

Tyvärr var det inte möjligt att fullgöra flera delar än grund, stomme och klimatskal på grund av projektets tidiga skede. Delar som är vitala för en komplett och heltäckande

kostnadsanalys är ännu obestämda, såsom placering och slutlig systembild. På grund av detta samt tidsbrist så kan kostnadskalkylen inte presenteras här.

Ett biresultat som kom av designprocessen är flera Excel-tillämpningar kodade enligt Eurokoderna rörande beräkning av vindlast, snölast, egenvikt, samt en tillämpning för beräkning av åtta olika sorters anslutningar. 3D-modeller i de nämnda dimensioneringsprogrammen finns även tillgängliga, vilka kan användas som utgångspunkt för eventuella designändringar, uppskalningar eller omdimensioneringar.

8 Diskussion

Detta var ända från början ett väldigt utmanande och intressant projekt, innehållande många olika delar. Jag anade i ett tidigt skede att det skulle bli en arbetsdryg process, men det tog en tid innan jag insåg precis i vilken utsträckning. Dock så är det även precis som med allt annat att man får ut vad man ger in, och jag har under projektets gång införskaffat ingående kunskaper i många olika ämnen.

Hela det utförda arbetet kan egentligen delas in i fyra olika skeden, teori, lastanalys, dimensionering och sammanställning. Under teoridelen satte jag mig först in i alla de funktionsprinciper och koncept som växthusverksamheten bygger på. Till detta hör allt som är relaterat till ljus, värme, fukt, luft och hortikultur. Även om stor del av detta var ny kunskap så hade jag mycket nytta av ämnen såsom husteknik, eftersom man redan hade någon slags inblick i ämnena från tidigare kurser.

Nästa steg var all teori som dimensionering av en byggnad förutsätter. Lastframtagning och lastberäkning är nu mycket bekanta, liksom många andra delar av Eurokoderna. Oproportionerligt stor tid sattes dock på att gå igenom, förstå och tillämpa vindlast. Men detta är en mycket viktig del och kunskap som är väldigt bra att inneha i den här branschen. Även om byggnaden är förhållandevis liten så ska ända alla laster och lastfall tas fram och beräknas.

När det gäller dimensionering så har jag fått djup kunskap gällande dimensionering av bärande element, fackverk, anslutningar, väggelement, bärande plåt, samt modelleringsprocessen i Robot och SCIA Engineer. Dessa är väldigt djupa och utmanade, och även om de gör grovjobbet i dimensioneringsskedet så krävs djup kunskap och förståelse för de beräkningar som de utför. Eftersom jag kodade och modifierade en hel del tillämpningar för att underlätta eget arbete kan jag även säga att jag nu har djupare kunskaper i Microsoft Excel. Man blir knappast någonsin fullärd i någondera av programmen. Jag blev också bekant med program som Poimu och TrayPan. Men viktigare är att jag nu har en djupare förståelse byggnadsmekniken i allmänhet och stålbyggande i synnerhet.

Efter teori, lastframställning och dimensionering hade jag nu en hel del information att sammanställa, och första steget var att modellera en komplett 3D-modell i programmet Tekla Structures. Även detta är ett komplicerat program som kräver en viss inkörning. Som

tur hade grunderna gått igenom i en tidigare kurs, men jag fick nu en ansevärt utökad kompetens och förståelse för detta verktyg. Men Tekla har också sina begränsningar, och en del detaljer var enklare att modellera i AutoCAD. Ritningsframställning är nu också något jag känner att jag klarar av efter detta projekt.

Överlag så har detta varit en mycket lång och arbetsam process, men lärdomarna jag fått på vägen har varit mycket värdefulla och jag är nöjd både med både processen och resultatet. Om jag skulle göra om det skulle nog en stor del av det nuvarande innehållet ha avgränsats, i och med att både tidåtgång, arbetsmängd och också resultat var långt över det som krävs för ett examensarbete.

Även så finns det alltid utrymme för förbättring och vidareutveckling. För att få en komplett konceptmodell bör systembilden utredas vidare, vilket i sig skulle räcka till ett helt examensarbete. Automatisering av belysning, reflektorelement, ventilation samt bevattning och sådd vore andra möjliga utvecklingsförslag.

En annan central del i behov av vidareutveckling är reflektorernas höj- och sänkbara system. Till detta rekommenderas ett hydraulik-baserat lyftsystem, vilket också kan automatiseras så att det hela tiden följer solens infallsvinklar. Även detta vore ett lämpligt examensarbete.

Källförteckning

Argus. (2010). Light and Lighting control in Greenhouses. *Argus Control Systems*.

ByggaHus.se. (3. 5 2017). Noudettu osoitteesta ByggaHus.se:

<https://www.byggahus.se/varme/jamforelse-jordvarme-bergvarme>

Dahlbäck, Y.;Sjöholm, D.;& Nuortila, C. (2015). *Undersökning av ett nytt konceptväxthus: Konstruktion, skuggbildning samt energiberäkningar*. Yrkeshögskolan Novia.

Elementtisuunnittelu.fi. (12. januari 2017). Hämtad från Elementtisuunnittelu.fi:

<http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/runkorakenteet/perustukset-ja-vaestonsuojat/sokkelielementit>

Greenmatch.se. (10. 5 2017). Hämtad från Greenmatch.se:

<http://www.greenmatch.se/blogg/2015/10/vaermepump-funktion>

Hemmilä, K.;& Heimonen, I. (2006). *Ikkunoiden energialuokituksen pilotointi*. Helsinki: VTT.

Keisan.casio.com. (11. March 2017). Hämtad från Keisan.casio.com.

Koskinen, J. (2009). Energiaa Säästävän Kasvihuonerakenteen Selvitystyö.

LudvigSvensson.com. (3. Maj 2017). Hämtad från LudvigSvensson.com:

<http://www.ludvigsvensson.com/>

Myntti, A. (2012). *Patenttinro 122556*. Finland.

PAROC. (22. maaliskuu 2017). *paroc.fi*. Hämtad från paroc.fi:

<http://www.paroc.fi/ratkaisut-tuotteet/ratkaisut/rakennusten-eristaminen/uudisrakentaminen/katot-ja-ylapohjat/loivat-katot>

Rakennustietosäätiö. (1995). *RT-kortti 56-10591*. Rakennustietosäätiö.

Rakennustuoteteollisuus RTT ry, Betoniteollisuus ry, Betonilattiayhdistys ry. (2012).

Betonilattiat Kortisto. Suomen Rakennusmedia Oy.

Ruukki Construction Oy. (2010). *Sandwich panel SPA - Base Detail Drawings*. Alajärvi:

Ruukki Construction Oy.

- Ruukki Construction Oy. (2014). *Sandwich panel SPA - Tuoteselostus*. Helsinki: Ruukki Construction Oy.
- Ruukki Construction Oy. (14. april 2015). *Sandwich panel SPA - Asennus ja Huolto-ohje*. Helsinki: Ruukki Construction Oy. Hämtad från Ruukki.fi: www.ruukki.fi
- SFS-EN1990:2007. (2007). *Eurokoodi: Rakenteiden suunnitteluperusteet*. Suomen Standardisoimisliitto SFS. + Nationell bilaga till standard SFS EN1990:2007.
- SFS-EN1991-1-1:2007. (2007). *Eurokoodi 1: Rakenteiden kuormat: Yleiset kuormat, omapaino ja hyöty kuormat*. Suomen Standardisoimisliitto SFS. + Nationell bilaga till standard SFS EN1991-1-1:2007.
- SFS-EN1991-1-3:2007. (2007). *Eurokoodi 1: Rakenteiden kuormat: Lumikuormat*. Suomen Standardisoimisliitto SFS. + Nationell bilaga till standard SFS EN1991-1-3:2007.
- SFS-EN1991-1-4:2007. (2007). *Eurokoodi 1: Rakenteiden kuormat: Tuulikuormat*. Suomen Standardisoimisliitto SFS. + Nationell bilaga till standard SFS EN1991-1-4:2007.
- SFS-EN1993-1-1:2005. (2005). *Eurokoodi 3: Teräsrakenteiden suunnittelu. Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt*. Suomen Standardisoimisliitto SFS. + Nationell bilaga till standard SFS EN1993-1-1:2005.
- SFS-EN1993-1-8:2005. (2005). *Eurokoodi 3: Teräsrakenteiden suunnittelu: Liitosten suunnittelu*. Suomen Standardisoimisliitto SFS. + Nationell bilaga för SFS-EN1993-1-8:2005.
- SGI. (2001). *Varia 511*. Linköping: Statens geotekniska institut.
- SSAB Europe Oy. (2016). *SSAB Domex Tube - Structural Hollow Sections*. SSAB Europe Oy.
- Svenskventilation.se*. (16. april 2017). Hämtad från [Svenskventilation.se](http://www.svenskventilation.se):
<http://www.svenskventilation.se/ventilation/>

thegreenage.co.uk. (17. april 2017). Hämtad från *thegreenage.co.uk*:

<https://www.thegreenage.co.uk/mechanical-ventilation-in-buildings-what-you-need-to-know>

University of Alaska, F. (2014). HGA-00336. *Controlling the Greenhouse environment*.

Välisuo, P. & Nuortila, C. (2017). Insolation analysis of a novel greenhouse type.

$$S = u_1 * C_e * C_t * S_k$$

Indata	symbol	storlek	enhet
snölastens formfaktor	u_1	0,8	
exponeringsfaktor	C_e	1,0	
termiska koefficienten	C_t	1,0	
snölast på mark	S_k	2,0	kN/m ²
snölast	S	1,6	kN/m ²
c-c avstånd	c-c	4	m
väggens tjocklek	t_v	0,23	m

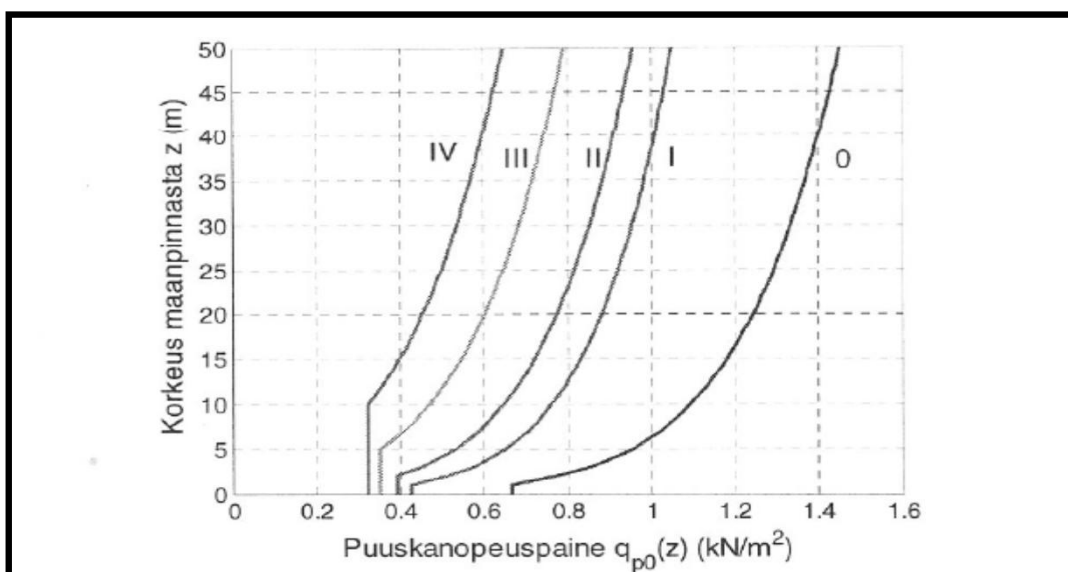
Linjelast på tak:			
Linje	symbol	storlek	enhet
1	$q_{s,1}$	3,6	kN/m
2	$q_{s,2}$	6,4	kN/m
3	$q_{s,3}$	6,4	kN/m
4	$q_{s,4}$	6,4	kN/m
5	$q_{s,5}$	6,4	kN/m
6	$q_{s,6}$	6,4	kN/m
7	$q_{s,7}$	6,4	kN/m
8	$q_{s,8}$	6,4	kN/m
9	$q_{s,9}$	3,6	kN/m
Linjelast på reflektorbalkar:			
1	$q_{s,1}$	3,2	kN/m
2-8	$q_{s,i}$	6,4	kN/m
9	$q_{s,9}$	3,2	kN/m
A	$q_{s,A}$	3,2	kN/m
B	$q_{s,B}$	6,4	kN/m
C	$q_{s,C}$	6,4	kN/m
D	$q_{s,D}$	6,4	kN/m
E	$q_{s,E}$	3,2	kN/m

Bilaga 2
Beräkning av vindlast - grunddata

Indata	symbol	storlek	enhet
Terrängzon	zon	2	
Beräkningshöjd	z	9,20	m
Minimihöjd	z_{\min}	2,00	m
Vindtryckets grundvärde	$q_{p,0}$	0,634	kN/m ²
Byggnadens yttre mått			
Bredd	b	32,54	m
Djup	d	20,54	m
Höjd	h	9,20	m

Tabell 1				
Zon	z_{\min}	c_1	c_2	div_by
0	1	0,00893	0,0625	0,003
1	1	0,00794	0,0556	0,01
2	2	0,00995	0,0697	0,05
3	5	0,01279	0,0895	0,3
4	10	0,01513	0,1059	1

$$q_{p0}(z) = \begin{cases} 0,00893 \cdot \left[\ln\left(\frac{\max(1, z)}{0,003}\right) \right]^2 + 0,0625 \cdot \ln\left(\frac{\max(1, z)}{0,003}\right), & \text{maastoluokassa 0} \\ 0,00794 \cdot \left[\ln\left(\frac{\max(1, z)}{0,01}\right) \right]^2 + 0,0556 \cdot \ln\left(\frac{\max(1, z)}{0,01}\right), & \text{maastoluokassa I} \\ 0,00995 \cdot \left[\ln\left(\frac{\max(2, z)}{0,05}\right) \right]^2 + 0,0697 \cdot \ln\left(\frac{\max(2, z)}{0,05}\right), & \text{maastoluokassa II} \\ 0,01279 \cdot \left[\ln\left(\frac{\max(5, z)}{0,3}\right) \right]^2 + 0,0895 \cdot \ln\left(\frac{\max(5, z)}{0,3}\right), & \text{maastoluokassa III} \\ 0,01513 \cdot \left[\ln\left(\frac{\max(10, z)}{1,0}\right) \right]^2 + 0,1059 \cdot \ln\left(\frac{\max(10, z)}{1,0}\right), & \text{maastoluokassa IV} \end{cases}$$



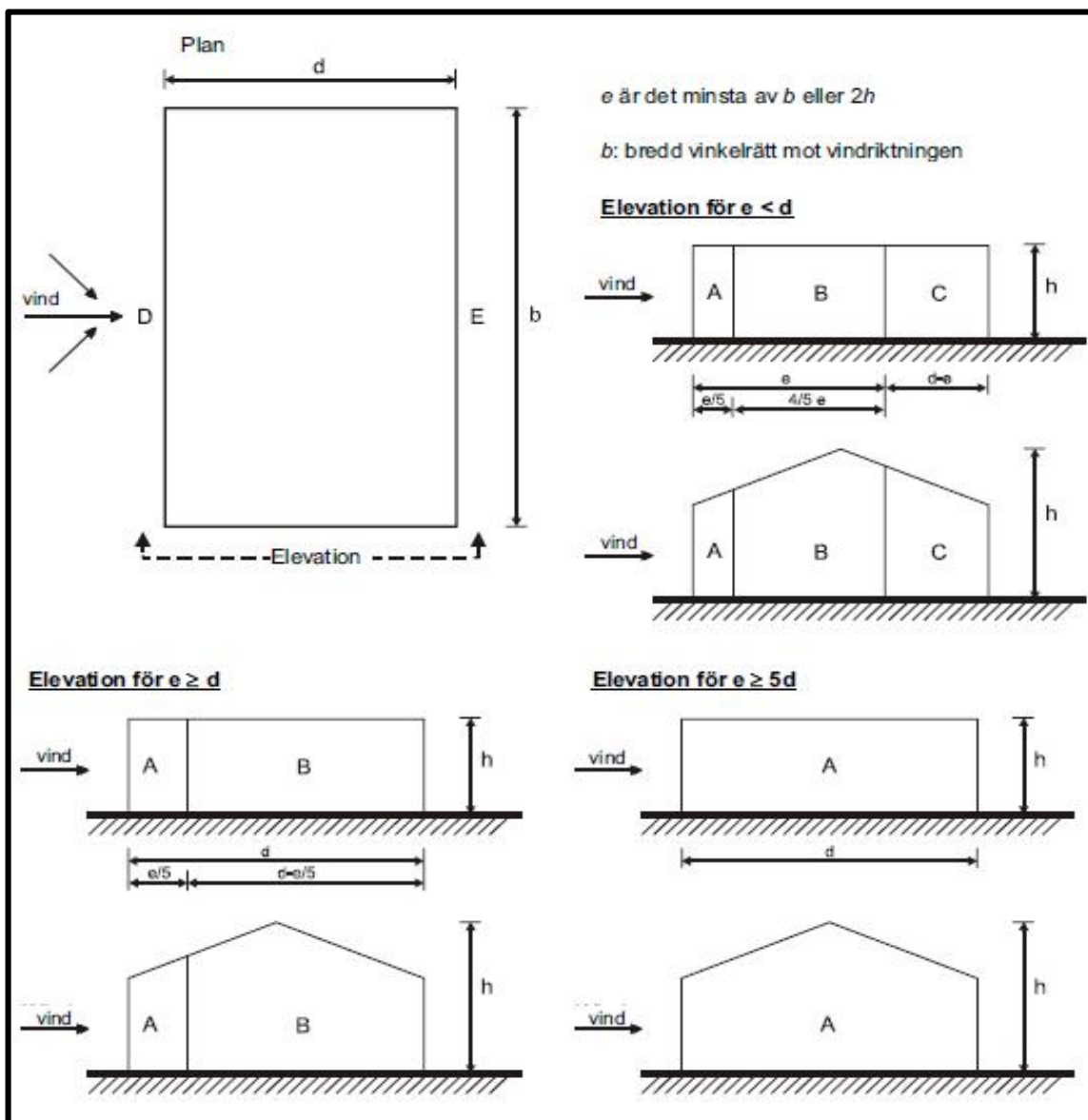
Indata	symbol	storlek	enhet
Vindtryckets grundvärde	$q_{p,0}$	0,634	kN/m ²
Övertrycksfaktor	$c_{i,\delta}$	0,2	
Undertrycksfaktor	$c_{i,u}$	-0,3	
Hjälpmått	e	18,40	m
Förhållande h/d	h/d_1	0,45	
	h/d_2	0,28	
c-c avstånd	c-c	4	m
Väggens tjocklek	t_v	0,23	m
Taket's tjocklek	t_t	0,60	m
Byggnadens yttre mått			
Bredd	b	32,54	m
Djup	d	20,54	m
Höjd	h	9,20	m

Tryckfaktor	0°, 180°	90°, 270°	
c_A	-1,20	-1,20	
c_B	-0,80	-0,80	
c_C	-0,50	-0,50	
c_D	0,73	0,70	
c_E	-0,35	-0,31	

Nettotryck på yta			
0°, 180°	+0,2	-0,3	
A	-0,89	-0,57	kN/m ²
B	-0,63	-0,32	kN/m ²
C	-0,44	-0,13	kN/m ²
D	0,33	0,65	kN/m ²
E	-0,35	-0,03	kN/m ²
90°, 270°	+0,2	-0,3	
A	-0,89	-0,57	kN/m ²
B	-0,63	-0,32	kN/m ²
C	-0,44	-0,13	kN/m ²
D	0,32	0,64	kN/m ²
E	-0,32	-0,01	kN/m ²

Zonindelning	0°, 180°	90°, 270°	
A	3,68	3,68	m
B	14,72	14,72	m
C	2,14	14,14	m
D	32,54	20,54	m
E	32,54	20,54	m

Tabell 3								
h/d	A	B	C	D	E	andel: h/d_1	andel: h/d_2	
-100	-1,2	-0,8	-0,5	0,7	-0,3	0 %	0 %	
0,25	-1,2	-0,8	-0,5	0,7	-0,3	74 %	96 %	
1	-1,2	-0,8	-0,5	0,8	-0,5	26 %	4 %	
5	-1,2	-0,8	-0,5	0,8	-0,7	0 %	0 %	
100	-1,2	-0,8	-0,5	0,8	-0,7	0 %	0 %	
0,448	-1,2	-0,8	-0,5	0,73	-0,35			
0,283	-1,2	-0,8	-0,5	0,70	-0,31			

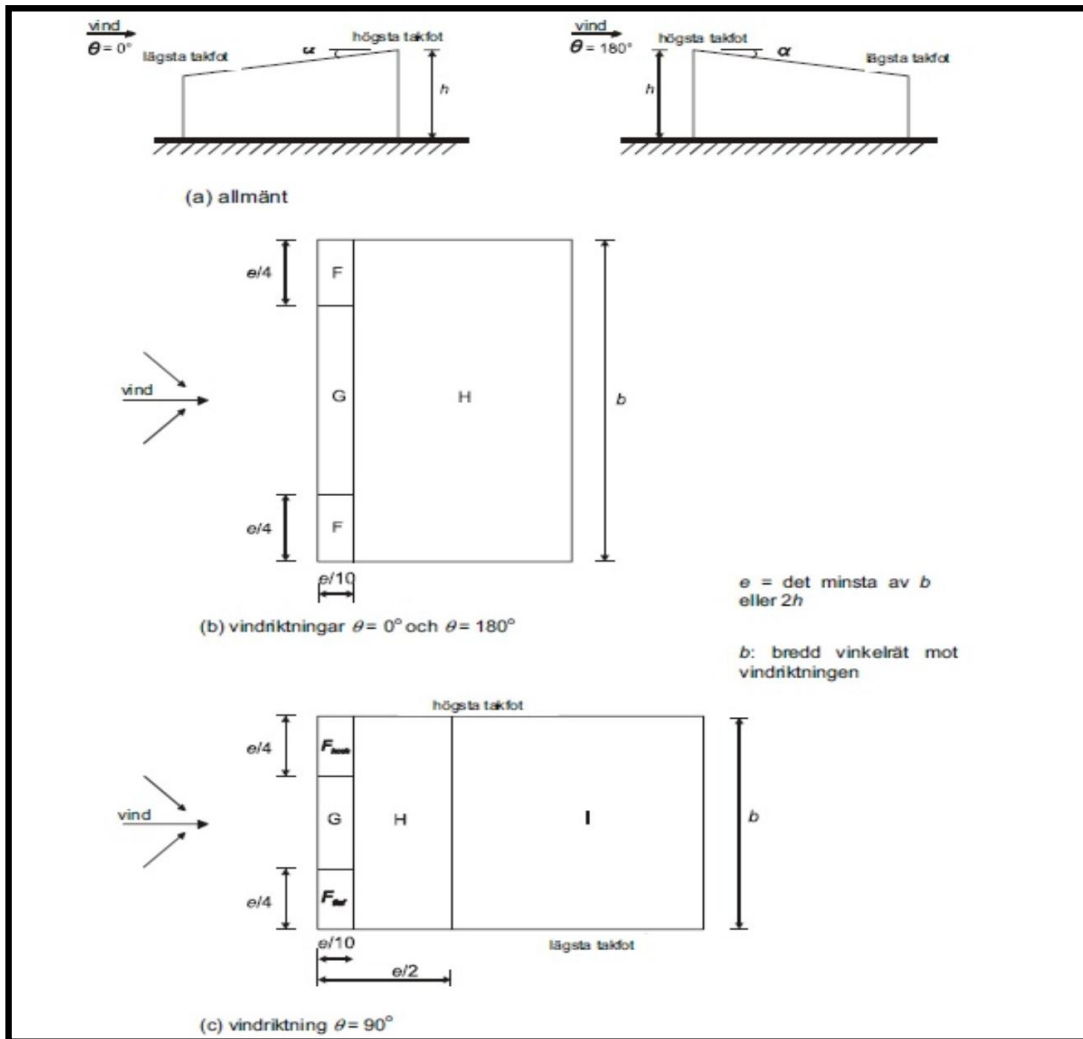


Indata	symbol	storlek	enhet
Vindtryckets grundvärde	q_{p0}	0,634	kN/m ²
Övertrycksfaktor	$c_{i,\delta}$	0,2	
Undertrycksfaktor	$c_{i,u}$	-0,3	
Hjälpmått	e	18,4	m
Förhållande h/d	h/d_1	0,448	
	h/d_2	0,283	
c-c avstånd	c	4,0	m
Väggens tjocklek	t_v	0,23	m
Taklutning	α	6,84	°
Byggnadens yttre mått			
Bredd	b	32,54	m
Djup	d	20,54	m
Höjd	h	9,2	m

Tryckfaktor	0°	90°, 270°	180°
c_F	-2,34	-	-1,53
$c_{F,up}$	-	-2,16	-
$c_{F,low}$	-	-1,99	-
c_G	-1,3	-1,82	-1,15
c_H	-0,82	-0,64	-0,54
c_I	-	-0,54	-

Nettotryck, övertryck	0°	90°, 270°	180°	enhet
$q_{F\delta}$	-1,10	-	-1,61	kN/m ²
$q_{F,up,\delta}$	-	-1,50	-	kN/m ²
$q_{F,low,\delta}$	-	-1,39	-	kN/m ²
$q_{G,\delta}$	-0,86	-1,28	-0,95	kN/m ²
$q_{H,\delta}$	-0,47	-0,53	-0,65	kN/m ²
$q_{I,\delta}$	-	-0,47	-	kN/m ²
Nettotryck, undertryck	0°	90°, 270°	180°	
$q_{F,u}$	-0,78	-	-1,29	kN/m ²
$q_{F,up,u}$	-	-1,18	-	kN/m ²
$q_{F,low,u}$	-	-1,07	-	kN/m ²
$q_{G,u}$	-0,54	-0,96	-0,63	kN/m ²
$q_{H,u}$	-0,15	-0,22	-0,33	kN/m ²
$q_{I,u}$	-	-0,15	-	kN/m ²

Zonindelning	0°, 180°		90°, 270°		enhet
	längd	bredd	längd	bredd	
F	4,6	1,84	4,6	1,84	m
G	23,34	1,84	11,34	1,84	m
H	32,54	18,7	20,54	7,36	m
I	-	-	20,54	23,34	m



Indata	symbol	storlek	enhet
Terrängzon	zon	2	
Beräkningshöjd	z	3,0	m
Minimihöjd	z _{min}	2,0	m
Vindtryck	q _{p,0}	0,430	kN/m ²
c-c avstånd	c	4,0	m
Hjälpmått	d/4	2,5	m
Hjälpmått	d/10	1,0	m
Hjälpmått	b/10	1,6	m
Lutning	α	10 - 15	°
Byggnadens mått			
Bredd	b	16	m
Djup	d	10	m
Höjd	h	2	m

Formfaktorer	Max φ	Min φ
10°		
c _A	1,2	-2,1
c _B	2,4	-2,6
c _C	1,6	-2,7
15°		
c _A	1,4	-1,6
c _B	2,7	-2,9
c _C	1,8	-3

Ytlast på reflektorelement			
10°	Max φ	Min φ	enhet
q _A	0,52	-0,90	kN/m ²
q _B	1,03	-1,12	kN/m ²
q _C	0,69	-1,16	kN/m ²
15°			
q _A	0,60	-0,69	kN/m ²
q _B	1,16	-1,25	kN/m ²
q _C	0,77	-1,29	kN/m ²

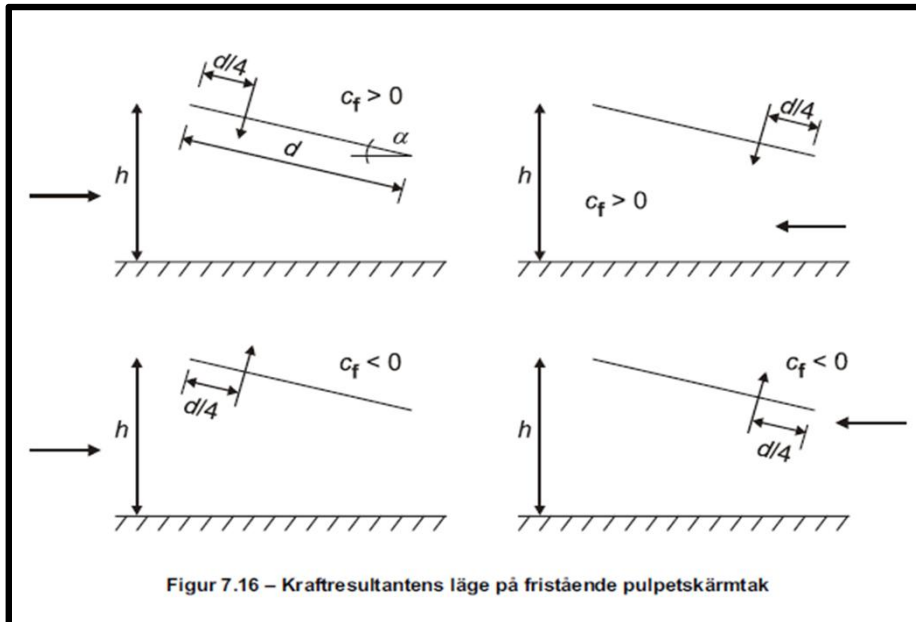
Linjelast på balk			
10°	Max φ	Min φ	enhet
q _{B,C}	1,38	-2,32	kN/m
q _{B,B}	2,06	-2,24	kN/m
q _{B,C}	2,75	-4,64	kN/m
q _{B,A}	2,06	-3,61	kN/m
15°			
q _{B,C}	1,55	-2,58	kN/m
q _{B,B}	2,32	-2,49	kN/m
q _{B,C}	3,10	-5,16	kN/m
q _{B,A}	2,41	-4,99	kN/m

Indata	symbol	storlek	enhet
Terrängzon	zon	2	
Beräkningshöjd	z	3,0	m
Minimihöjd	z_{\min}	2,0	m
Vindtryck	$q_{p,0}$	0,430	kN/m ²
c-c avstånd	c	4	m
Hjälpmått	d/4	2,5	m
Hjälpmått	d/10	1,0	m
Hjälpmått	b/10	3,2	m
Lutning	α	-8 - 15	°
Byggnadens mått			
Bredd	b	32	m
Djup	d	10	m
Höjd	h	3	m

Formfaktorer	Max ϕ	Min ϕ
-10°		
c_A	1,2	-2,1
c_B	2,4	-2,6
c_C	1,6	-2,7
+15°		
c_A	1,4	-1,6
c_B	2,7	-2,9
c_C	1,8	-3,0

Ytlast på reflektorelement			
-10°	Max ϕ	Min ϕ	enhet
q_A	0,52	-0,90	kN/m ²
q_B	1,03	-1,12	kN/m ²
q_C	0,69	-1,16	kN/m ²
+15°			
q_A	0,60	-0,69	kN/m ²
q_B	1,16	-1,25	kN/m ²
q_C	0,77	-1,29	kN/m ²

Linjelast på balk			
-10°	Max ϕ	Min ϕ	enhet
$q_{B,C}$	1,38	-2,32	kN/m
$q_{B,B}$	2,06	-2,24	kN/m
$q_{B,C}$	2,75	-4,64	kN/m
$q_{B,A}$	2,06	-3,61	kN/m
+15°			
$q_{B,C}$	1,55	-2,58	kN/m
$q_{B,B}$	2,32	-2,49	kN/m
$q_{B,C}$	3,10	-5,16	kN/m
$q_{B,A}$	2,41	-4,99	kN/m



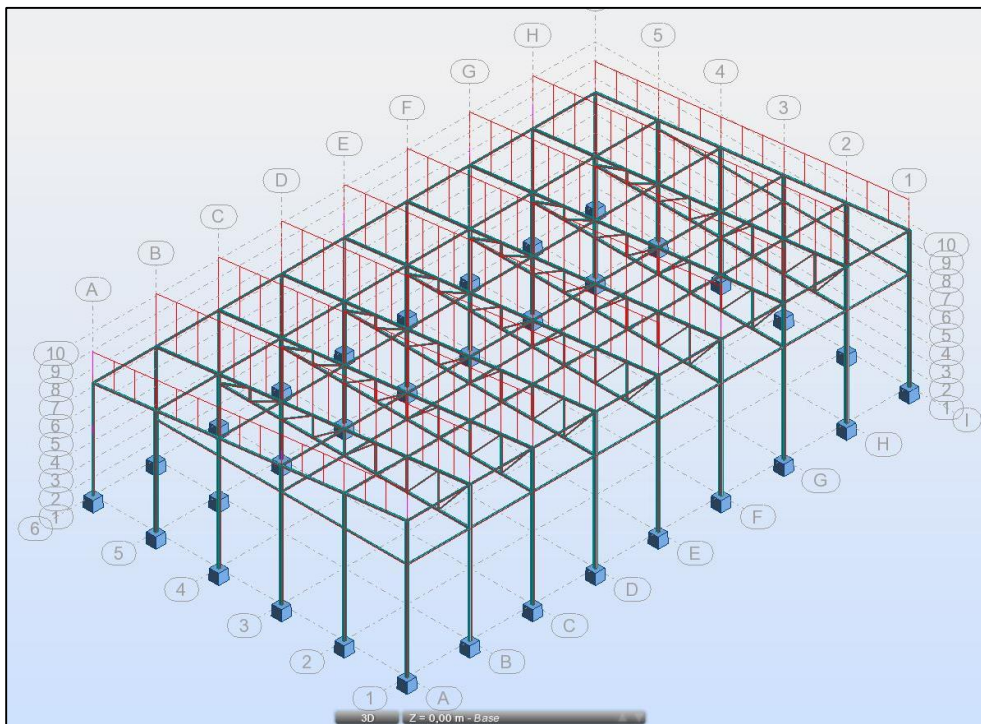
Tabell 7.6 – $c_{p,net}$ - och c_f -värden för fristående pulpetskärmatak

			Formfaktor för nettovindlast $c_{p,net}$ zonindelning		
Taklutning α	Fyllnadsgrad φ	Formfaktor för kraft c_f	Zon A	Zon B	Zon C
0°	Maximum alla φ	+ 0,2	+ 0,5	+ 1,8	+ 1,1
	Minimum $\varphi = 0$	- 0,5	- 0,6	- 1,3	- 1,4
	Minimum $\varphi = 1$	- 1,3	- 1,5	- 1,8	- 2,2
5°	Maximum alla φ	+ 0,4	+ 0,8	+ 2,1	+ 1,3
	Minimum $\varphi = 0$	- 0,7	- 1,1	- 1,7	- 1,8
	Minimum $\varphi = 1$	- 1,4	- 1,6	- 2,2	- 2,5
10°	Maximum alla φ	+ 0,5	+ 1,2	+ 2,4	+ 1,6
	Minimum $\varphi = 0$	- 0,9	- 1,5	- 2,0	- 2,1
	Minimum $\varphi = 1$	- 1,4	- 2,1	- 2,6	- 2,7
15°	Maximum alla φ	+ 0,7	+ 1,4	+ 2,7	+ 1,8
	Minimum $\varphi = 0$	- 1,1	- 1,8	- 2,4	- 2,5
	Minimum $\varphi = 1$	- 1,4	- 1,6	- 2,9	- 3,0
20°	Maximum alla φ	+ 0,8	+ 1,7	+ 2,9	+ 2,1
	Minimum $\varphi = 0$	- 1,3	- 2,2	- 2,8	- 2,9
	Minimum $\varphi = 1$	- 1,4	- 1,6	- 2,9	- 3,0
25°	Maximum alla φ	+ 1,0	+ 2,0	+ 3,1	+ 2,3
	Minimum $\varphi = 0$	- 1,6	- 2,6	- 3,2	- 3,2
	Minimum $\varphi = 1$	- 1,4	- 1,5	- 2,5	- 2,8
30°	Maximum alla φ	+ 1,2	+ 2,2	+ 3,2	+ 2,4
	Minimum $\varphi = 0$	- 1,8	- 3,0	- 3,8	- 3,6
	Minimum $\varphi = 1$	- 1,4	- 1,5	- 2,2	- 2,7

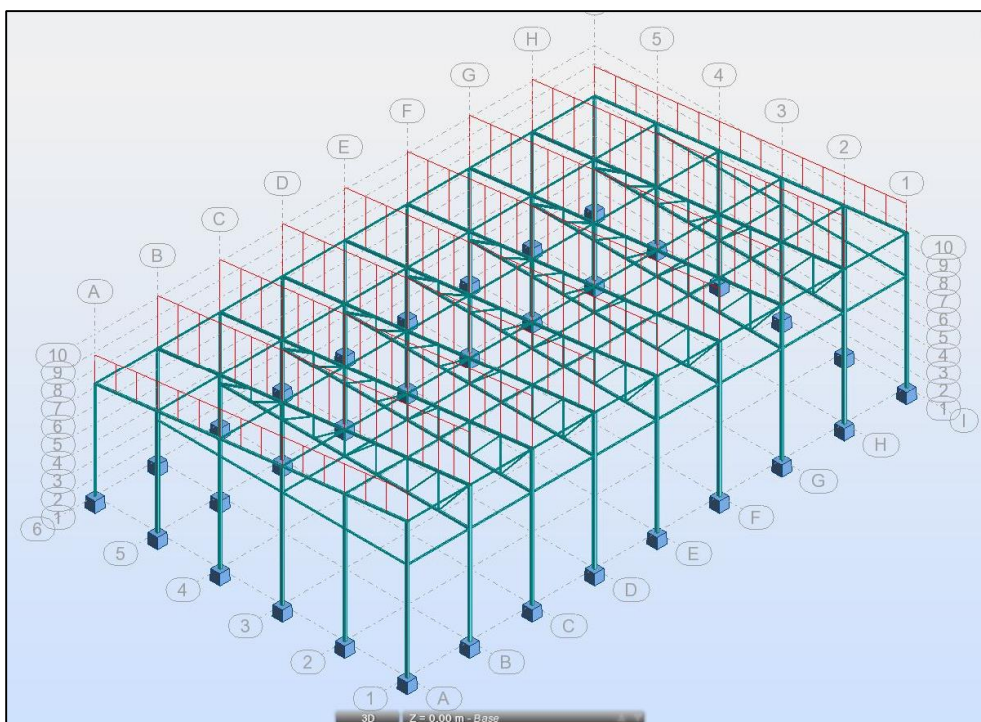
ANM. + betyder nedåtriktad resulterande vindlast; - betyder uppåtriktad resulterande vindlast

Bilaga 6 Autodesk ROBOT Structural Analysis - Lastfallskombinationer

Här nedan ses skärm dumpar från alla de enskilda lastfall som har använts för att skapa lastfallskombinationer. Som kan ses från modellen så är syd- och västsidan riktad mot skärmen. Reflektor elementen är gömda här, för att få allt att rymmas. Även några stabiliserande strävor saknas, då skärmbilderna togs före dessa lades till.

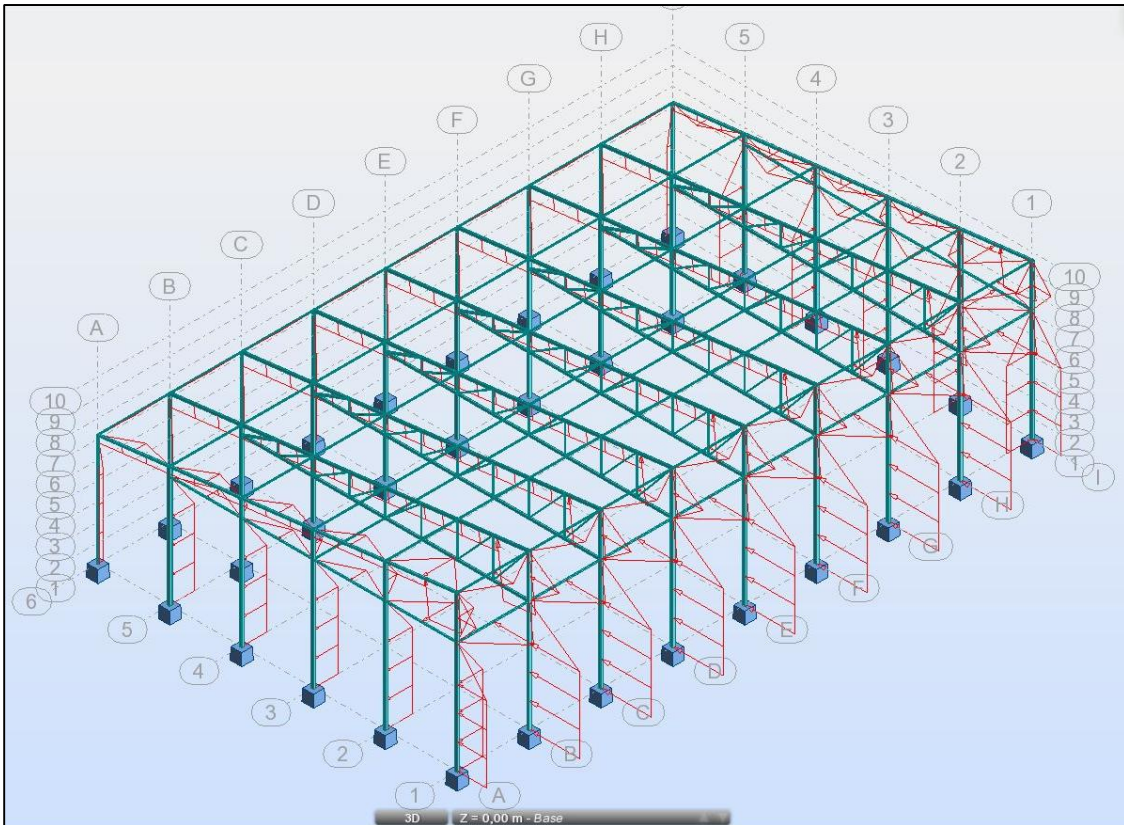


Lastfall 1: Egenvikt

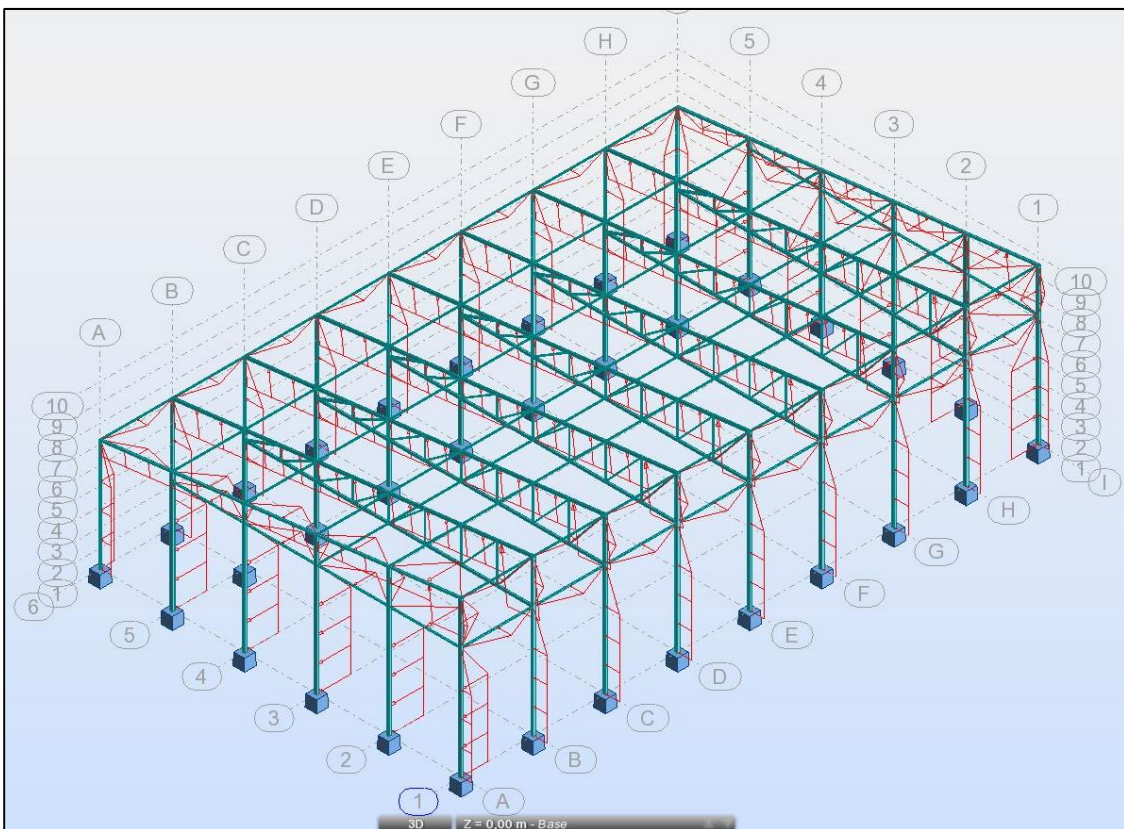


Lastfall 2: Snölast

Bilaga 6
Autodesk ROBOT Structural Analysis - Lastfallskombinationer

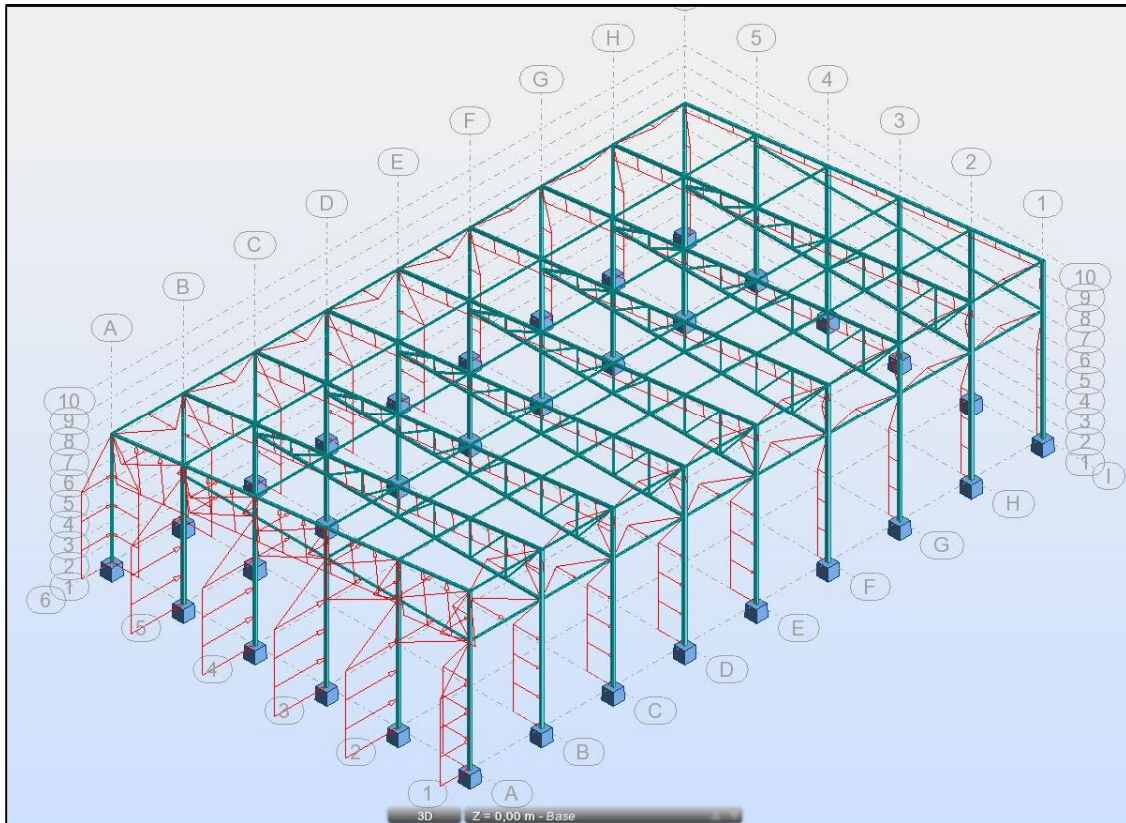


Lastfall 3: Vind från syd, undertryck

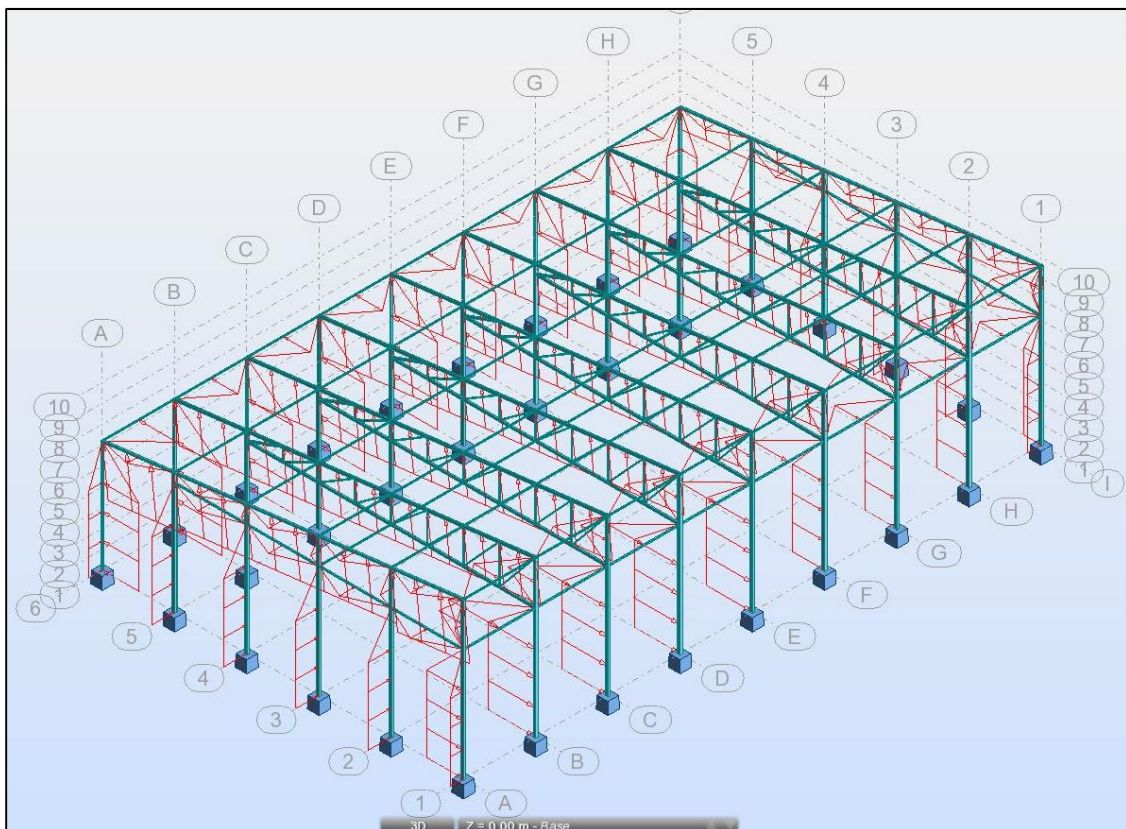


Lastfall 4: Vind från syd, övertryck

Bilaga 6
Autodesk ROBOT Structural Analysis - Lastfallskombinationer

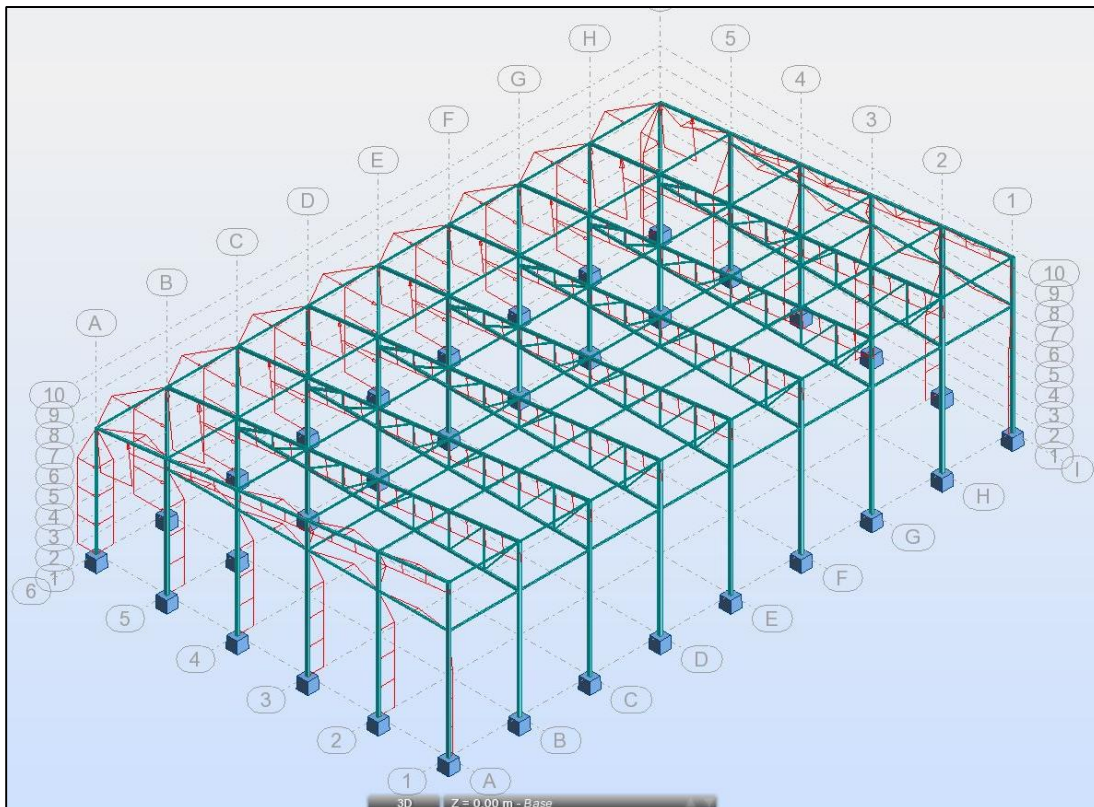


Lastfall 5: Vind från väst, undertryck

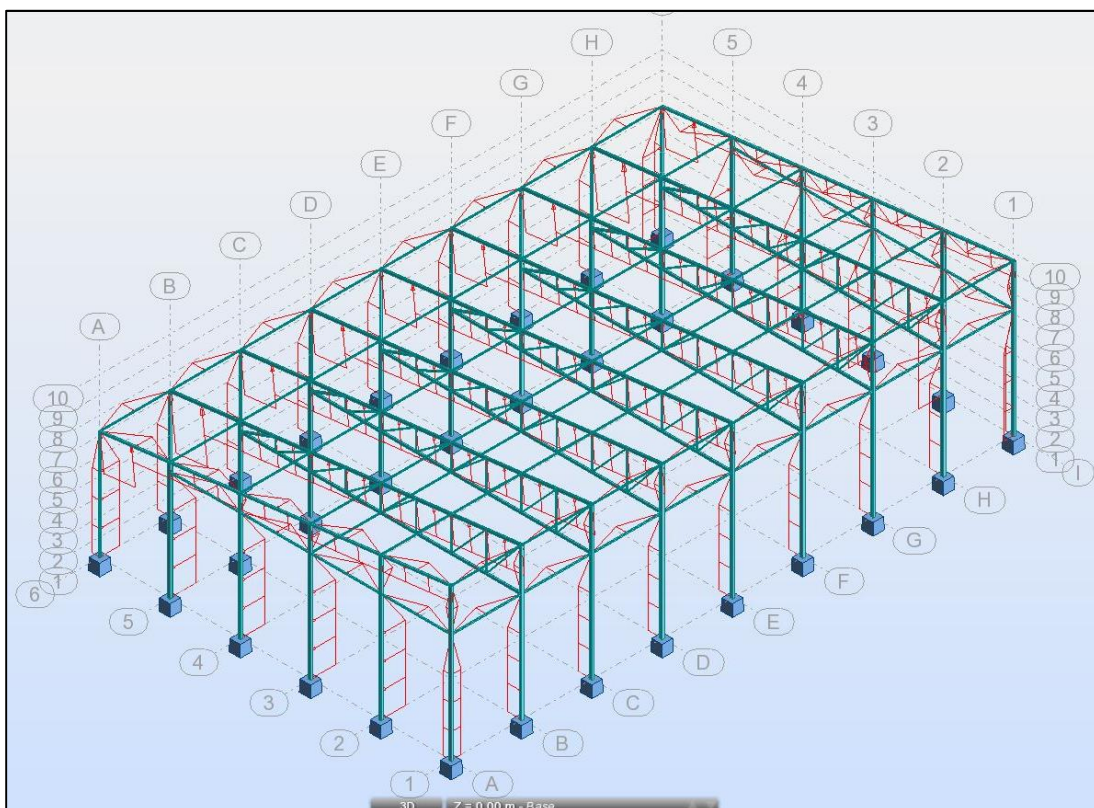


Lastfall 6: Vind från väst, övertryck

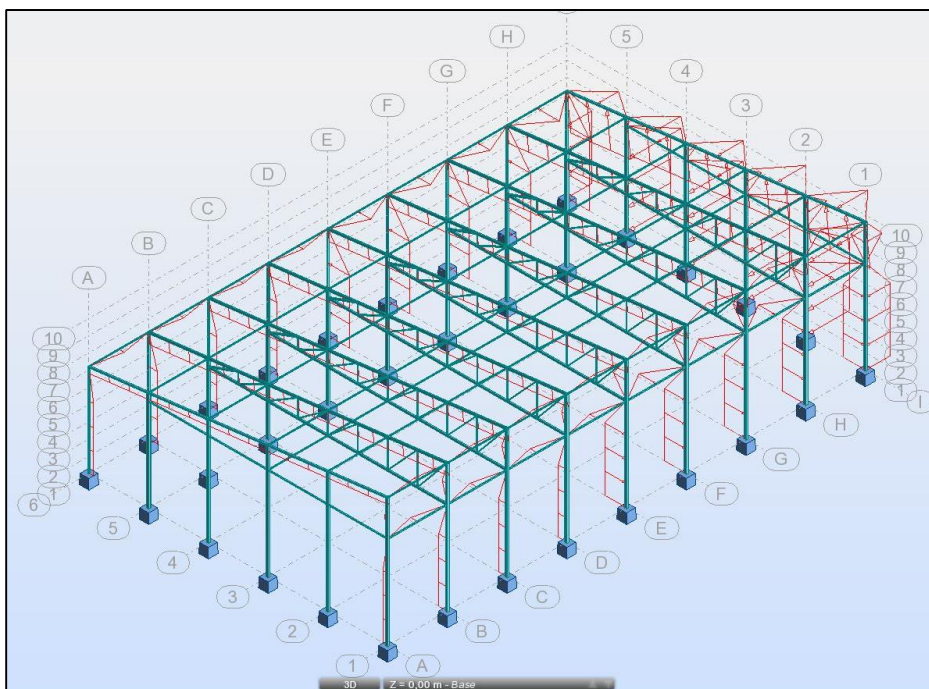
Bilaga 6
Autodesk ROBOT Structural Analysis - Lastfallkombinationer



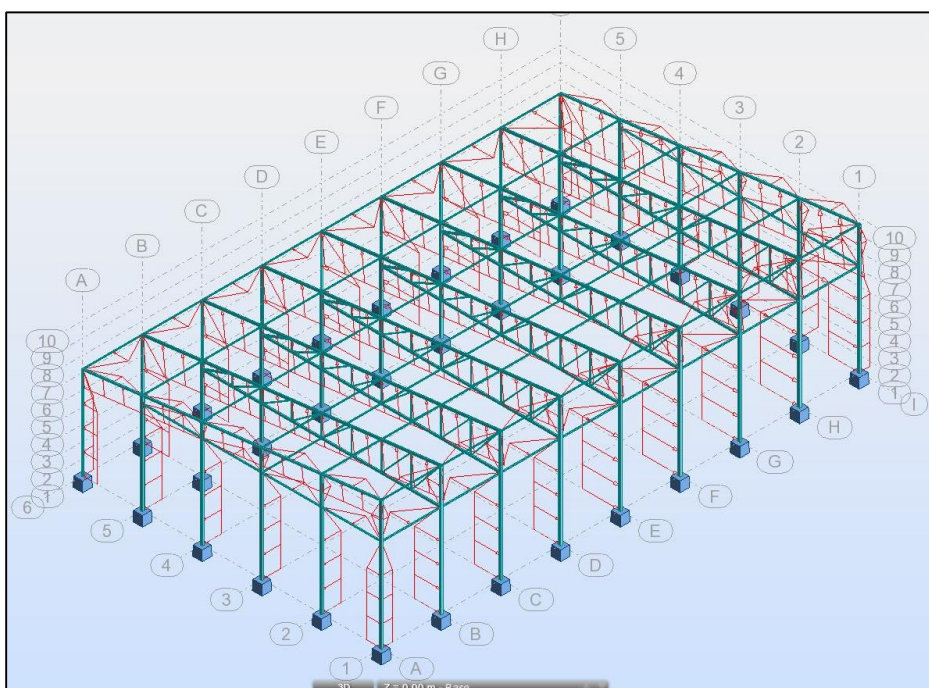
Lastfall 7: Vind från norr, undertryck



Lastfall 8: Vind från norr, övertryck



Lastfall 9: Vind från öst, undertryck



Lastfall 10: Vind från öst, övertryck

Dessa är de lastfallskombinationer som användes för att ta fram last lämpliga dimensioner för stomdelarna. Därefter analyserades krafterna som uppkom av de mest påfrestande lastfallen för att dimensionera alla de anslutningar som ROBOT inte beaktade, såsom fotplåtar, bultade RHS-RHS anslutningar samt de ledade anslutningarna mellan reflektor och pelare.

Filnamn:

C:\Users\bjh49728\Documents\Slutarbete\Poimu\LBS.pmu

Dimensioneringsnorm: SFS-EN 1993-1-3:2006+AC:2009, Finnish NA/NAD

* * * ALLMÄNT OM KONSTRUKTIONEN * * *

Grunddata

Byggnadens längd:	32000 mm
Byggnadens bredd:	20000 mm
Skivbredd (sidvinden):	20000 mm
Skivlängth i vänstra gavel:	13333 mm
Plåt på huvudbalkar	
Avstånd from långsida:	500 mm
Säkerhetsklass:	RC1
Kombination typen i bruksgränstillstånd	Sällsynt kombination
Konstruktionstyp:	Isolerat tak
Nedböjningskrav:	L/150 (L<=4.5m), 30mm (4.5<L<=6.0m), L/200 (L>6.0m)
Takets lutning:	6.8°
Stöden vrider sig med plåten	
Ändbeslag vid gavelbalkar	
Plåt:	Ruukki T130M-75L-930
- material:	Konstruktionsstål
- förzinkning:	Zn275
- elasticitetsmodul:	210000 N/mm2
- perforerad plåt:	Ingen perforering

Upplag och skarvar

- stöd balkarnas material:	Plåten fästs till stålbalk
- sträckgräns hos upplagsbalkar:	355 N/mm2
- godstjocklek hos upplagsbalkar:	8 mm

Stöd	Upplagsbredd	Skarvtyp	Upplagsplåt
A	120	Ändstöd	Nej
B	160	Kontinuerlig över stödet	Nej
C	160	Omlottskarvning 400/400	Nej
D	160	Kontinuerlig över stödet	Nej
E	160	Omlottskarvning 400/400	Nej
F	160	Kontinuerlig över stödet	Nej
G	160	Omlottskarvning 400/400	Nej
H	160	Kontinuerlig över stödet	Nej
I	120	Ändstöd	Nej

Väster ändstöd:	Lodrätt stöd
Höger ändstöd:	Lodrätt stöd

Valda plåtar

T130M-75L-930 Smal fläns mot stödet

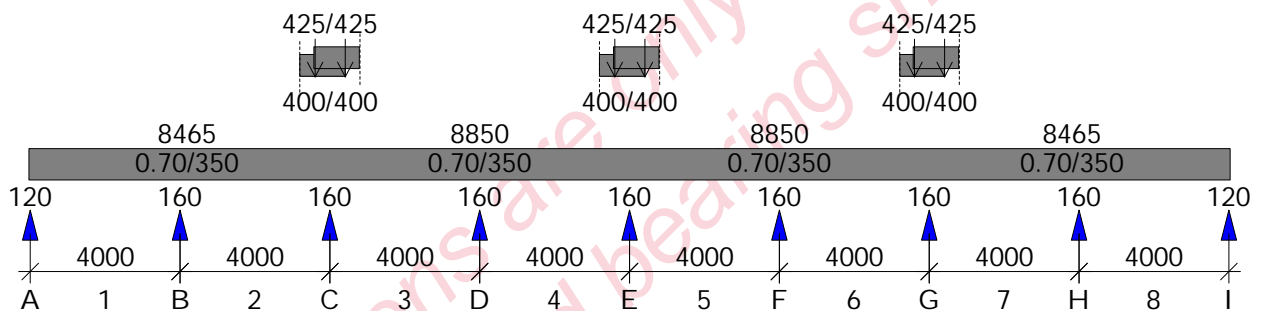
Nr	Tjocklek/Hållfast [mm]/[N/mm ²]	Överlappning* [Ant vågor]	Längd [mm]	Vikt [kg/st]
1	0.70/350	0	8465	69.77
2	0.70/350	0	8850	72.95
3	0.70/350	0	8850	72.95
4	0.70/350	0	8465	69.77

Plåtarnas totala vikt: 9.57 kg/m²

*Antal extra överlapp i sidled

- Valda plåtar uppfyller dimensioneringskrav. Största utnyttjandegrad: 67.3 %
- Valda fästelement uppfyller dimensioneringskrav. Största utnyttjandegrad: 99.6 %

Modell



*** BERÄKNINGSRESULTAT ***

Utnyttjandegrader hos varje plåt

T130M-75L-930 Smal fläns mot stödet

Plåt Nr	Tjocklek/Hållfast [mm]/[N/mm ²]	Fält [%]	Stöd [%]	Nedböjning [%]	Skivverkan [%]
1	0.70/350	31.0	67.3	23.7	8.7
2	0.70/350	16.4	57.4	9.4	8.7
3	0.70/350	16.4	57.4	9.4	3.7
4	0.70/350	30.9	67.2	23.6	8.6

Största utnyttjandegrad: 67.3 %

Dimensionerande fall: Momentets och stödreaktionens interaktion vid stöd (M+R)

Utnyttjandegrader i varje fack

T130M-75L-930 Smal fläns mot stödet

Fack/ Stöd	M [%]	R/V/N [%]	Interaktion [%]	Nedböjning [%]
A	0.0	25.2 R	0.3 R+V+N	
1	31.0 (1601)			23.7 (1601)
B	38.1	60.0 R	67.3 M+R	
2	21.4 (421)			4.2 (2000)
C	16.1	26.6 R	29.5 M+R	
3	16.4 (2000)			9.4 (2000)
D	29.4	52.5 R	57.4 M+R	
4	15.1 (2000)			8.0 (2000)
E	17.2	27.5 R	30.8 M+R	
5	15.1 (2000)			8.0 (2000)
F	29.4	52.5 R	57.4 M+R	
6	16.4 (2000)			9.4 (2000)
G	15.9	26.6 R	29.4 M+R	
7	21.4 (3579)			4.2 (2000)
H	38.1	59.9 R	67.2 M+R	
8	30.9 (2399)			23.6 (2399)
I	0.0	23.4 R	0.1 R+V+N	

(Dimensionerande snitt inom parantes)

Största utnyttjandegrad: 67.3 %

Dimensionerande fall: Momentets och stödreaktionens interaktion vid stöd (M+R)

Dimensioneringsvärden per fack

Fack/ Stöd	Moment kNm/m		Punktlast kapacitet kN/m		Nedböjning mm	
	Msd	Mc,rd	Fsd	Rw,rd	f	f,tillåten
A	0.00	10.40				
1	3.23	10.40	4.08	16.20		
B	-4.07	10.68	11.57	19.30	-6.3	26.7
2	-2.28	10.68			-1.1	26.7
C	-1.72	10.68	5.13	19.30		
3	1.70	10.40			-2.5	26.7
D	-3.14	10.68	10.14	19.30		
4	1.57	10.40			-2.1	26.7
E	-1.84	10.68	5.31	19.30		
5	1.57	10.40			-2.1	26.7
F	-3.14	10.68	10.14	19.30		
6	1.70	10.40			-2.5	26.7
G	-1.69	10.68	5.13	19.30		
7	-2.28	10.68			-1.1	26.7
H	-4.07	10.68	11.57	19.30		
8	3.22	10.40			-6.3	26.7
I	0.00	10.40	3.79	16.20		

* * * SKIVVERKAN * * *

Skivlaster av vindlast (maximum)

Last	Gavel		Långsida		Skjuvflöde [kN/m]
	Upplagskraft [kN]	Normalkraft [kN]	Upplagskraft [kN]	Normalkraft [kN]	
1	0.0	15.7	42.0	0.0	2.99
2	67.2	0.0	0.0	26.9	2.94

Dimensionerande fall: 1

Utnyttjandegrader hos varje plåt

T130M-75L-930 Smal fläns mot stödet

Plåt Nr	Tjocklek/Hållfast [mm]/[N/mm ²]	Vsd [kN/m]	Tau [%]	Vw,Rd/M+Vw [%]	Vf,Rd/M+Vf [%]	Vg,Rd/Vg+Vf [%]
1	0.70/350	3.0 (1)	5.2	8.7/ -	6.8/ -	3.2/ -
2	0.70/350	3.0 (1)	5.2	8.7/ -	6.8/ -	3.2/ -
3	0.70/350	1.3 (2)	2.2	3.7/ -	2.9/ -	1.3/ -
4	0.70/350	2.9 (2)	5.1	8.6/ -	6.7/ -	3.1/ -

(Inom parantes anges dimensionerande vindlastfall)

Övre flänsens rörelse är förhindrad

- Väster ändstöd:

- Höger ändstöd:

* * * FÄSTELEMENT * * *

Infästning i stöd

Stöd balkarnas material: Plåten fästs till stål balk
 Sträckgräns hos upplagsbalkar: 355 N/mm²
 Godstjocklek hos upplagsbalkar: 8 mm
 Skruvmaterial, tätbricka: Kolstål, sätthärdat
 Skruvtyp: SD14-H15-5.5*32
 Tillverkare: SFS intec Oy
 Antal fästelement/breddmeter: 32 st/m

Stöd	Antal/ Profilbotten	Utnyttjandegrad [%]	Vd [kN/m]	Fd [kN/m]	Fv [kN]	FvRd [kN]	Ft [kN]	FtRd [kN]
A	1	85.9	3.0	0.8	0.9	1.4	0.3	1.5
B	1	68.1	0.9	2.3	0.3	1.4	0.7	1.5
C	1	89.6	3.0	2.0	0.9	1.4	0.6	3.0
D	2	61.7	3.0	2.0	0.5	1.4	0.3	1.2
E	1	31.4	0.4	2.1	0.1	1.4	0.6	3.0
F	1	62.1	0.9	2.0	0.3	1.4	0.6	1.5
G	1	69.2	2.1	2.0	0.7	1.4	0.6	3.0
H	1	68.0	0.9	2.3	0.3	1.4	0.7	1.5
I	1	83.3	3.0	0.8	0.9	1.4	0.2	1.5

Omlottskarv och led

Skruvmaterial, tätbricka: Kolstål, sätthärdat
 Skruvtyp: SL2-H15-6.3*20
 Tillverkare: SFS intec Oy
 Antal fästelement/breddmeter: 39 st/m

Stöd	Antal	Utnyttjandegrad [%]	Vd [kN/m]	Fv [kN]	FvRd [kN]	Ft [kN]	FtRd [kN]	
C	1+1	48.2	4.5	0.7	1.4	0.0	0.9	5
E	1+1	51.8	4.8	0.7	1.4	0.0	0.9	5
G	1+1	47.5	4.4	0.7	1.4	0.0	0.9	5

Sidöverlapp

Skruvmaterial, tätbricka:

Kolstål, sätthärdat

Skruvtyp:

SL2-H15-6.3*20

Tillverkare:

SFS intec Oy

Antal fästelement/breddmeter:

70 st/m

Fack	c/c [mm]	Utnyttjandegrad [%]	Fv [kN]	FvRd [kN]	
1	480	99.3	1.4	1.4	5
2	480	99.3	1.4	1.4	5
3	480	99.3	1.4	1.4	5
4	500	14.5	0.2	1.4	5
5	500	14.5	0.2	1.4	5
6	500	43.5	0.6	1.4	5
7	500	72.6	1.0	1.4	5
8	490	99.6	1.4	1.4	5

Dimensionerande kriterium: -5) Hålkantbrott

-7) Kombinerad belastning, genomdragsbrott och hålkantbrott

* * * SKIV LISTAN * * *

Plåt: T130M-75L-930

	Tjocklek/Hållfast [mm]/[N/mm ²]	Totallängd [mm]	Totalvikt [kg]
1	0.70/350	34630	285.4

Filnamn:

C:\Users\bjh49728\Documents\Slutarbete\Poimu\LBS-RS.pmu

Dimensioneringsnorm: SFS-EN 1993-1-3:2006+AC:2009, Finnish NA/NAD

* * * ALLMÄNT OM KONSTRUKTIONEN * * *

Grunddata

Byggnadens längd:	10000 mm
Byggnadens bredd:	32000 mm
Skivbredd (sidvinden):	1000 mm
Skivlängth i vänstra gavel:	10000 mm
Plåt på huvudbalkar	
Avstånd from långsida:	500 mm
Säkerhetsklass:	RC1
Kombination typen i bruksgränstillstånd	Sällsynt kombination
Konstruktionstyp:	Isolerat tak
Nedböjningskrav:	L/150 (L<=4.5m), 30mm (4.5<L<=6.0m), L/200 (L>6.0m)
Takets lutning:	15.0°
Stöden vrider sig med plåten	
Ändbeslag vid gavelbalkar	
Plåt:	Ruukki T70-57L-1058
- material:	Konstruktionsstål
- förzinkning:	Zn275
- elasticitetsmodul:	210000 N/mm2
- perforerad plåt:	Ingen perforering

Upplag och skarvar

- stöd balkarnas material:	Plåten fästs till stålbalk
- sträckgräns hos upplagsbalkar:	355 N/mm2
- godstjocklek hos upplagsbalkar:	10 mm

Stöd	Upplagsbredd	Skarvtyp	Upplagsplåt
A	180	Ändstöd	Nej
B	180	Omlottskarvning 500/500	Nej
C	180	Ändstöd	Nej

Väster ändstöd:	Lodrätt stöd
Höger ändstöd:	Lodrätt stöd

Valda plåtar

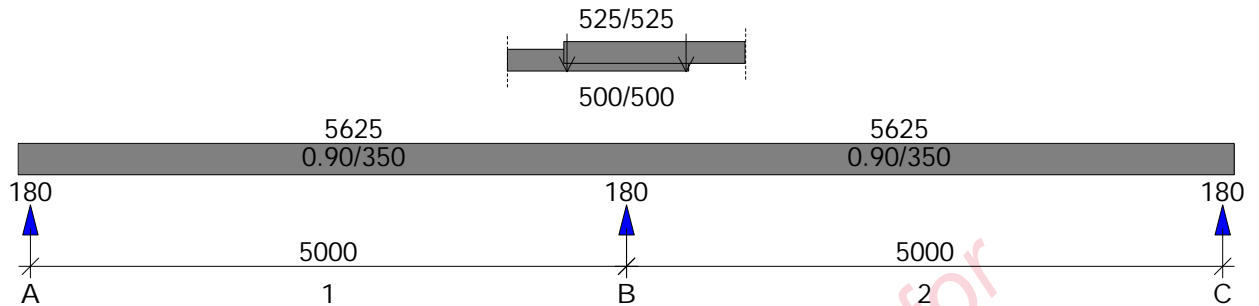
T70-57L-1058 Smal fläns mot stödet

Nr	Tjocklek/Hållfast [mm]/[N/mm2]	Överlappning* [Ant vågor]	Längd [mm]	Vikt [kg/st]
1	0.90/350	0	5625	59.61
2	0.90/350	0	5625	59.61

Plåtarnas totala vikt: 11.05 kg/m2

*Antal extra överlapp i sidled

- Valda plåtar uppfyller dimensioneringskrav.	Största utnyttjandegrad:	98.7 %
- Valda fästelement uppfyller dimensioneringskrav.	Största utnyttjandegrad:	98.6 %

Modell

***** BERÄKNINGSRESULTAT *****
Utnyttjandegrader hos varje plåt

T70-57L-1058 Smal fläns mot stödet

Plåt Nr	Tjocklek/Hållfast [mm]/[N/mm ²]	Fält [%]	Stöd [%]	Nedböjning [%]	Skiivverkan [%]
1	0.90/350	46.7	56.0	98.7	19.1
2	0.90/350	46.7	56.2	98.7	19.1

Största utnyttjandegrad: 98.7 %

Dimensionerande fall: Nedböjning i fält

Utnyttjandegrader i varje fack

T70-57L-1058 Smal fläns mot stödet

Fack/Stöd	M [%]	R/V/N [%]	Interaktion [%]	Nedböjning [%]
A	0.0	22.2 R	17.7 M+R	
1	46.7 (2004)			98.7 (2004)
B	47.3	15.1 R	56.2 R+V+N	
2	46.7 (2996)			98.7 (2996)
C	0.0	22.2 R	17.7 M+R	

(Dimensionerande snitt inom parantes)

Största utnyttjandegrad: 98.7 %

Dimensionerande fall: Nedböjning i fält

Dimensioneringsvärden per fack

Fack/ Stöd	Moment kNm/m		Punktlast kapacitet kN/m		Nedböjning mm	
	Msd	Mc,rd	Fsd	Rw,rd	f	f,tillåten
A	0.00	8.30	4.31	19.42		
1	3.87	8.30			-29.6	30.0
B	-3.92	8.30	7.60	50.35		
2	3.87	8.30			-29.6	30.0
C	0.00	8.30	4.31	19.42		

***** SKIVVERKAN *****
Skivlaster av vindlast (maximum)

Last	Gavel		Längsida		Skjuvflöde [kN/m]
	Upplagskraft [kN]	Normalkraft [kN]	Upplagskraft [kN]	Normalkraft [kN]	
1	11.3	28.8	36.0	28.1	9.11

Utnyttjandegrader hos varje plåt

T70-57L-1058 Smal fläns mot stödet

Plåt Nr	Tjocklek/Hållfast [mm]/[N/mm ²]	Vsd [kN/m]	Tau [%]	Vw,Rd/M+Vw [%]	Vf,Rd/M+Vf [%]	Vg,Rd/Vg+Vf [%]
1	0.90/350	6.6 (1)	8.8	6.2/ -	4.1/ -	19.1/ -
2	0.90/350	6.6 (1)	8.8	6.2/ -	4.1/ -	19.1/ -

(Inom parantes anges dimensionerande vindlastfall)

Övre flänsens rörelse är förhindrad

- Väster ändstöd:

- Höger ändstöd:

***** FÄSTELEMENT *****
Infästning i stöd

Stöd balkarnas material:	Plåten fästs till stål balk
Sträckgräns hos upplagsbalkar:	355 N/mm ²
Godstjocklek hos upplagsbalkar:	10 mm
Skruvmaterial, tätbricka:	Kolstål, sätthärdat, med tätningsbricka
Skruvtyp:	SD14-T15-5.5*32
Tillverkare:	SFS intec Oy
Antal fästelement/breddmeter:	14 st/m

Stöd	Antal/ Profilbotten	Utnyttjandegrad [%]	Vd [kN/m]	Fd [kN/m]	Fv [kN]	FvRd [kN]	Ft [kN]	FtRd [kN]	
A	1	80.5	7.6	0.0	1.6	2.0	0.0	2.0	5
B	1	90.5	8.6	0.0	1.8	2.0	0.0	3.9	5
C	1	80.5	7.6	0.0	1.6	2.0	0.0	2.0	5

Omlottskarv och led

Skruvmaterial, tätbricka: Kolstål, sätthärdat
 Skruvtyp: SL2-4.8*20
 Tillverkare: SFS intec Oy
 Antal fästelement/breddmeter: 19 st/m

Stöd	Antal	Utnyttjandegrad [%]	Vd [kN/m]	Fv [kN]	FvRd [kN]	Ft [kN]	FtRd [kN]	
B	1+1	50.9	9.0	1.0	1.9	0.0	0.9	5

Sidöverlapp

Skruvmaterial, tätbricka: Kolstål, sätthärdat
 Skruvtyp: SL2-4.8*20
 Tillverkare: SFS intec Oy
 Antal fästelement/breddmeter: 34 st/m

Fack	c/c [mm]	Utnyttjandegrad [%]	Fv [kN]	FvRd [kN]	
1	280	98.6	1.9	1.9	5
2	280	98.6	1.9	1.9	5

Dimensionerande kriterium: -5) Hålkantbrott

*** SKIV LISTAN ***

Plåt: T70-57L-1058

	Tjocklek/Hållfast [mm]/[N/mm ²]	Totallängd [mm]	Totalvikt [kg]
1	0.90/350	11250	77.3

Filnamn:

C:\Users\bjh49728\Documents\Slutarbete\TrayPan\RF.ltr

Dimensioneringsnorm:: SFS-EN 14509 + SFS 7030, Suomen NA/NAD

ALLMÄNT OM KONSTRUKTIONEN

Grunddata

Konstruktion typ	Panel, yttervägg	
Kombination typen i bruksgränstillstånd	Sällsynt kombination	
Nedböjningskrav:	L/100	
Plåt:	① SPA230E ENERGY	
- thermal insulating capacity:	0.17 W/m ² K	
- sound reduction index:	31 dB	
Temperaturdifferensen beaktas	Fall 1	Fall 2
- inre ytans temperatur	20	20
- yttre ytans temperatur	55	-30

Upplag och skarvar

Stöd	dY	Upplagsbredd	Skarvtyp	Upplagsplåt
A	-	150	Ändstöd	Nej
B	-	150	Avbrott på stödet	Nej
C	-	150	Avbrott på stödet	Nej
D	-	150	Avbrott på stödet	Nej
E	-	150	Avbrott på stödet	Nej
F	-	150	Avbrott på stödet	Nej
G	-	150	Avbrott på stödet	Nej
H	-	150	Avbrott på stödet	Nej
I	-	150	Ändstöd	Nej

Valda plåtar

Nr	T _y / T _i	Längd	Vikt	
	[mm] / [mm]	[mm]	[kg/st]	
1	① SPA230E ENERGY	0.60 / 0.50	3980	172.89
2	① SPA230E ENERGY	0.60 / 0.50	3980	172.89
3	① SPA230E ENERGY	0.60 / 0.50	3980	172.89
4	① SPA230E ENERGY	0.60 / 0.50	3980	172.89
5	① SPA230E ENERGY	0.60 / 0.50	3980	172.89
6	① SPA230E ENERGY	0.60 / 0.50	3980	172.89
7	① SPA230E ENERGY	0.60 / 0.50	3980	172.89
8	① SPA230E ENERGY	0.60 / 0.50	3980	172.89

 Plåtarnas totala vikt: 36.04 kg/m²

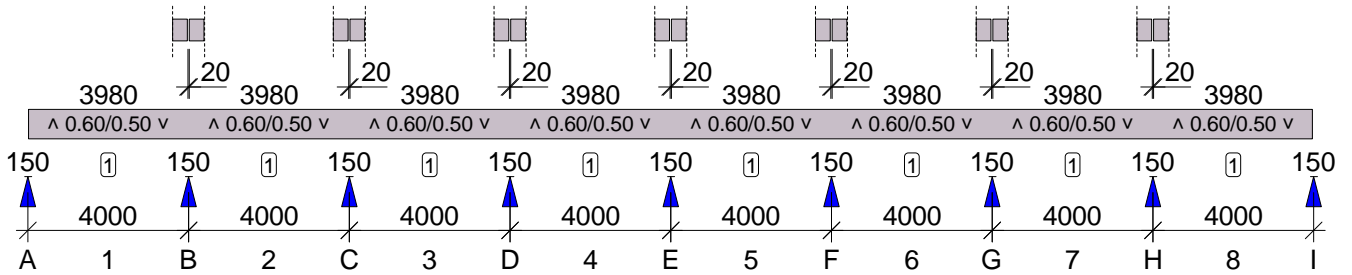
- Valda plåtar uppfyller dimensioneringskrav.

Största utnyttjandegrad: 74.0 %

- Valda fästelement uppfyller dimensioneringskrav.

Största utnyttjandegrad: 32.4 %

Modell



BELASTNINGAR

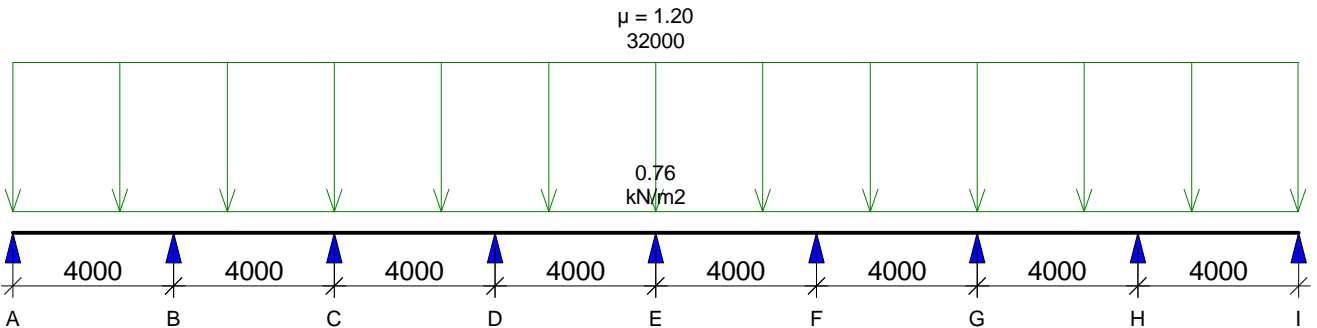
Vindlast

Vindlastens grundvärde

0.63 kN/m²

Last: 1

- Formfaktorer

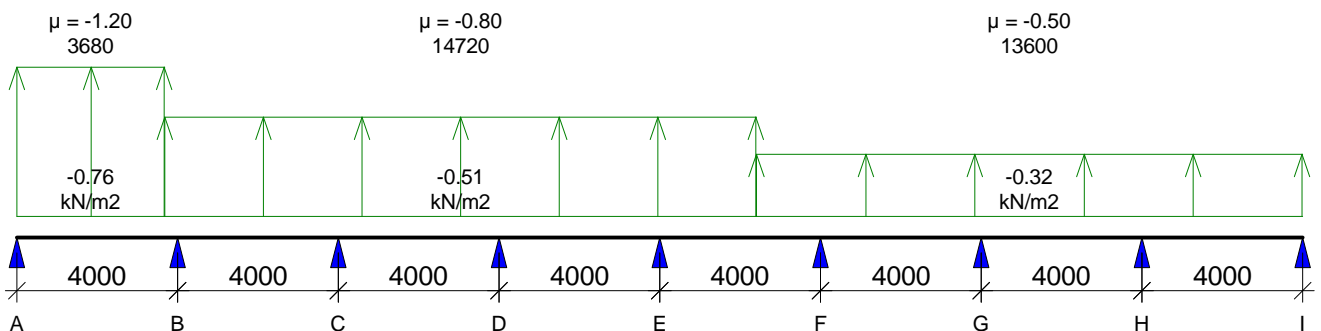


- Övriga laster

Typ	Stöd	F1	F2	F3	F4	Rörlighet
1 Jämn last	A	0.50		0	4000	-

Last: 2

- Formfaktorer



- Övriga laster	Stöd	F1	F2	F3	F4	Rörlighet
1 Jämn last	A	0.32		0	8000	-
2 Jämn last	G	0.32		0	8000	-

Förklaringen av lastparameter F1, F2, F3 och F4

- Jämn last:
 - F1 lastens storlek [kN/m²]
 - F3 lastens avstånd från stöd [mm]
 - F4 lastens bredd [mm]
 - Trapetslast:
 - F1 lastens storlek i lastens begynnelsepunkt [kN/m²]
 - F2 lastens storlek i lastens slutpunkt [kN/m²]
 - F3 lastens avstånd från stöd [mm]
 - F4 lastens bredd [mm]
 - Linjelast:
 - F1 lastens storlek [kN/m]
 - (transversal) F3 lastens avstånd från stöd [mm]
 - F4 lastens bredd [mm]
- OBS! lasterna är inlagt i 1 m bred strip remsa

Partialkoefficienter för laster:	Brottgränstillstånd			Bruksgränstillstånd		
	Max	Min	Komb.	Max	Min	Komb.
Egentyngd:	1.35	1.00		1.00	1.00	
Snölast:	1.50	0.00	0.70	1.00	0.00	0.70
Vindlast:	1.50	0.00	0.60	1.00	0.00	0.60
Nyttig last:	1.50	0.00	0.70	1.00	0.00	0.70
Temperaturlaster:	1.50	0.00	0.60	1.00	0.00	0.60

BERÄKNINGSRESULTAT

1 SPA230E ENERGY

Utnyttjandegrader hos varje plåt

Plåt Nr	T _y / T _i [mm] / [mm]	Fält [%]	Stöd [%]	Nedböjning [%]
1	0.60 / 0.50	32.2	74.0	17.4
2	0.60 / 0.50	19.4	44.7	15.0
3	0.60 / 0.50	19.4	44.7	15.0
4	0.60 / 0.50	19.4	44.7	15.0
5	0.60 / 0.50	19.4	44.7	15.0
6	0.60 / 0.50	19.4	44.7	15.0
7	0.60 / 0.50	19.4	44.7	15.0
8	0.60 / 0.50	19.4	44.7	15.0

Största utnyttjandegrad: 74.0 %
 Dimensionerande fall: Stödreaktion

Utnyttjandegrader i varje fack

Fack/ Stöd	M [%]	R [%]	Interaktion [%]	Nedböjning [%]
A	0.5	74.0 R	0.0 M+V	
1	32.2 (2000)			17.4 (2000)
B	0.4	71.3 R	0.0 M+V	
2	19.4 (2000)			15.0 (2000)
C	0.5	44.7 R	0.0 M+V	
3	19.4 (2000)			15.0 (2000)
D	0.5	44.7 R	0.0 M+V	
4	19.4 (2000)			15.0 (2000)
E	0.5	44.7 R	0.0 M+V	
5	19.4 (2000)			15.0 (2000)
F	0.4	44.7 R	0.0 M+V	
6	19.4 (2000)			15.0 (2000)
G	0.3	44.7 R	0.0 M+V	
7	19.4 (2000)			15.0 (2000)
H	0.0	44.7 R	0.0 M+V	
8	19.4 (2000)			15.0 (2000)
I	0.0	44.7 R	0.0 M+V	

(Dimensionerande snitt inom parantes)

Största utnyttjandegrad: 74.0 %

Dimensionerande fall: Stödreaktion

Dimensioneringsvärden per fack

Fack/ Stöd	Moment [N/mm ²]		Punktlast kapacitet [kN/m]		Nedböjning [mm]	
	Msd	Mc,rd	Fsd	Rw,rd	f	f,tillåten
A	0.4	84.0	3.78	5.11		
1	27.0	84.0			-6.9	40.0
B	0.4	84.0	3.64	5.11		
2	16.3	84.0			-6.0	40.0
C	0.5	84.0	2.28	5.11		
3	16.3	84.0			-6.0	40.0
D	0.5	84.0	2.28	5.11		
4	16.3	84.0			-6.0	40.0
E	0.5	84.0	2.28	5.11		
5	16.3	84.0			-6.0	40.0
F	0.4	84.0	2.28	5.11		
6	16.3	84.0			-6.0	40.0
G	0.3	84.0	2.28	5.11		
7	16.3	84.0			-6.0	40.0
H	0.0	84.0	2.28	5.11		
8	16.3	84.0			-6.0	40.0
I	0.0	84.0	2.28	5.11		

FÄSTELEMENT
Infästning i stöd

Sträckgräns hos upplagsbalkar:

355 N/mm²

Godstjocklek hos upplagsbalkar:

5 mm

Skruvmaterial, tätbricka:

Kolstål, sätthärdat, med tätningsbricka

Skruvtyp:

SDT14-S19-5,5*280

Tillverkare:

SFS intec Oy

Totalantal fästelement/kalkylremsa:

40 st/m (whole calculation model)

Stöd	Antal ¹⁾	Avståndet ²⁾	Utnyttjandegrad [%]	Dimensionerande kriterium
A	3	30	28.1	Genomdragsbrott och genomstansning
B	3/3	30	25.6	Genomdragsbrott och genomstansning
C	3/3	30	32.4	Genomdragsbrott och genomstansning
D	3/3	30	32.4	Genomdragsbrott och genomstansning
E	3/3	30	32.4	Genomdragsbrott och genomstansning
F	3/3	30	24.6	Genomdragsbrott och genomstansning
G	3/3	30	24.1	Hålkantbrott
H	3/3	30	24.1	Hålkantbrott
I	3	30	24.1	Hålkantbrott

¹⁾ antal fästelement/skivans ändor

²⁾ avståndet mellan fästelement och panelände

Förklaring	symbol	storlek	enhet
Krafter, moment och excentricitet			
Normalkraft	N_{Ed}	138,22	kN
Moment	M_{Ed}	5,01	kNm
Tvärkraft	V_{Ed}	5,13	kN
Tvårsnittparametrar			
Tröghetsmotstånd	I_y	8078200	mm ⁴
Böjhållfasthet	$W_{el,y}$	107710	mm ³
Tvårsnittsarea	A	2295	mm ²

Dimensioner och klasser	symbol	storlek	enhet
Längd, fotplåt	a_p	310	mm
Bredd, fotplåt	b_p	310	mm
Tjocklek, fotplåt	t_p	30	mm
Excentricitet 1	e_1	40	mm
Excentricitet 2	e_2	40	mm
Hjälpmått	d	270	mm
Svetstjocklek	a	6	mm
Längd, pelare	a_b	150	mm
Bredd, pelare	b_b	150	mm
Tjocklek, pelare	t_b	4	mm
Hållfasthet	f_y	355	MPa
Hållfasthet, sträckgräns	f_u	490	MPa
Hållfasthet, ankarstång	f_{yb}	640	MPa
Hållfasthet, ankarstång, sträckgräns	f_{ub}	800	MPa
Säkerhetskoefficienter	γ_{M0}	1	
	γ_{M2}	1,25	
	β_w	0,9	

>	150	mm	ok
>	150	mm	ok

Betong, C30/37	symbol	storlek	enhet
Hållfasthet	f_{ck}	30	N/mm ²
	$f_{ck,cube}$	37	N/mm ²
Koefficienter	γ_C	1,5	
	α_{cc}	0,85	
Betongens bärförmåga	f_{jd}	11,3	N/mm ²
Förlängning av bärarea	c	96,9	mm
Innanför pelartvårsnittet	$2c$	193,9	mm
Utanför pelartvårsnittet	$b+2c$	343,9	mm
	$h+2c$	343,9	mm

>	142	mm	ok
>	310	mm	ok
>	310	mm	ok

Ankarstång, M30x380 8.8	symbol	storlek	enhet
Längd	l	380	mm
Spänningsarea	A_s	519	mm ²
Böjmotstånd	W	1668	mm ³
Dimensionerande böjmoment	$M_{Rd,s}$	1280,8	Nm
Nominellt montagejup	h_{nom}	270	mm
Inbördes avstånd	s	230	mm
Kantavstånd	c	240	mm

h_{akt}	270	mm
$s_{cr,N}$	540	mm
s_{min}	135	mm
$c_{cr,N}$	270	mm
c_{min}	135	mm

ok	$s_{min} < s < s_{cr,N}$	ok
ok	$c_{min} < c < c_{cr,N}$	ok

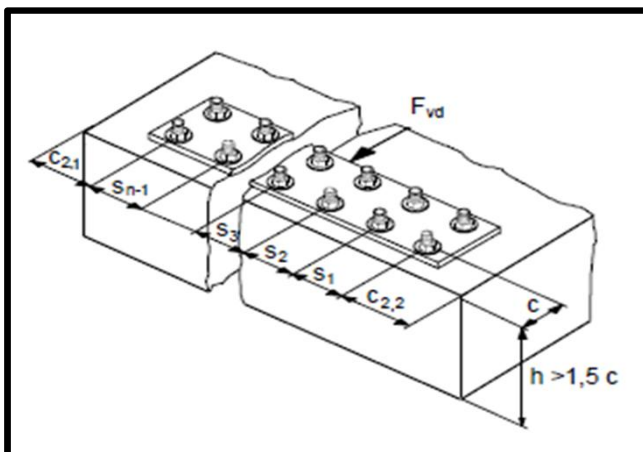
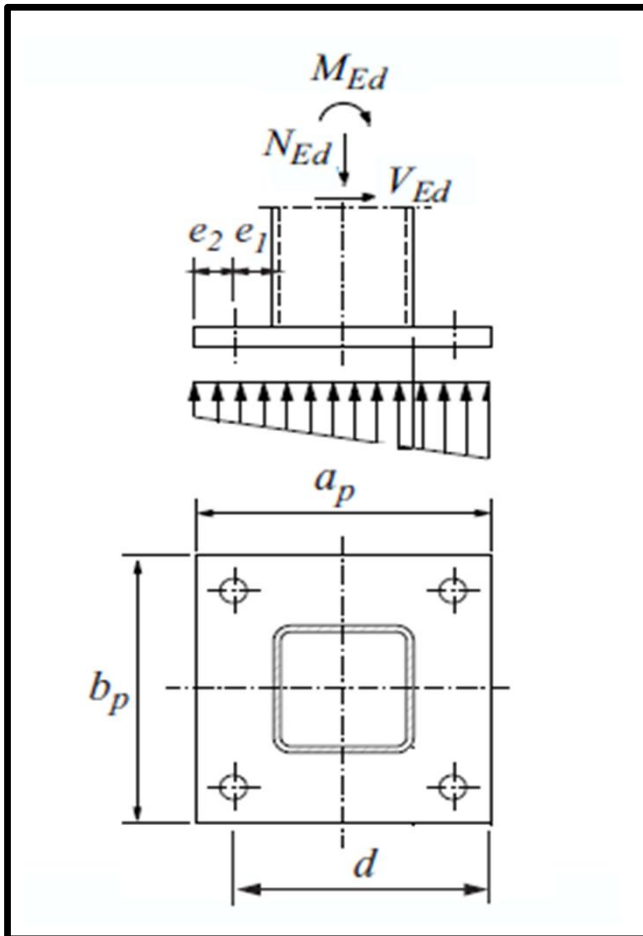
Fotplåt	symbol	storlek	enhet	
Tryck				
Effektiv längd	$l_{\text{eff}} = b_p$	310	mm	hela fotplåten är effektiv.
Förlängd tryckzon	$s = e_1 + e_2$	80	mm	< 96,9 mm ok
Dimensionerande böjmoment	$M_{p,Ed}$	11,24	kNm	
Designkrav	$t_p \geq *$	24,8	mm	< 30 mm ok
Drag				
Tension at ULS	y	23,0	mm	(or 517,0 mm)
Tryck	N_c	80,9	kN	
Drag	N_s	-57,3	kN	

* $(6 * M_{p,Ed} / l_{\text{eff}} * f_{yp} * y_{m0}) ^{0,5}$

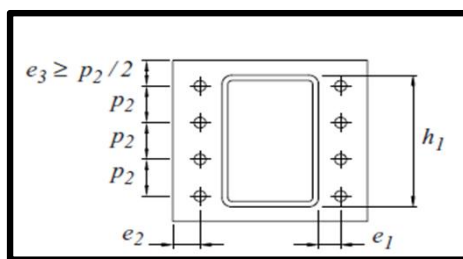
Ankarstång	symbol	storlek	enhet	
Draglast				
Draghållfasthet	F_{td}	120,7	kN	> -57,3 kN ok
Hållfasthet mot stålbrott	$F_{td,s}$	276,8	kN	För vald ankarstång.
Hållfasthet mot betongbrott	$F_{td,c}$	120,7	kN	För vald ankarstång.
Dimensionerande draglast	$F_{td,cp}^{\circ}$	145,6	kN	För vald ankarstång.
Påverkan av montagedjup	f_T	1		
Påverkan av betonghållfasthet	$f_{B,N}$	1,12		
Påverkan av inbördes avstånd	$f_{A,N}$	0,74		
Påverkan av kantavstånd	$f_{R,N}$	1		
Tvärlast				
Tvärhållfasthet	F_{vd}	57,6	kN	> 1,28 kN ok 0,02
Hållfasthet mot stålbrott	$F_{vd,s}$	199,3	kN	För vald ankarstång.
Hållfasthet mot betongbrott	$F_{vd,c}$	57,6	kN	
Dimensionerande betongkanthållfasthet	$F_{vd,c}^{\circ}$	30,2	kN	För vald ankarstång.
Påverkan av betonghållfasthet	$f_{B,N}$	1,22		
Påverkan av riktning	$f_{B,V}$	1		
Påverkan av inbördes- och kantavstånd	$f_{AR,V}$	1,56		
Kombinerad drag- och tvärlast				
	F_{std}	138,12	kN	
	F_{svd}	5,13	kN	
		0,66		< 1,2 ok 0,55

Svetsar	symbol	storlek	enhet	
Pelare - fotplåt	τ_{par}	76,8	N/mm ²	
	τ_{ort}	26,2	N/mm ²	
	σ_{ort}	26,2	N/mm ²	< 353 N/mm ² ok 0,07
Krav		143,0	N/mm ²	< 435,6 N/mm ² ok 0,33
Kylningsgrad av svets	a	6	mm	> 4,98 mm ok 0,83

Resultat	fasad	center	norr	enhet
Pelarsprofil	180x180x8	150x150x5	150x150x5	mm
a_p	340	310	310	mm
b_p	340	310	310	mm
t_p	30	30	30	mm
a	6	6	6	mm
e_1	45	40	40	mm
e_2	45	40	40	mm
Grundbult	M30x380	M24x290	M24x290	mm
d_0	35	28	28	mm



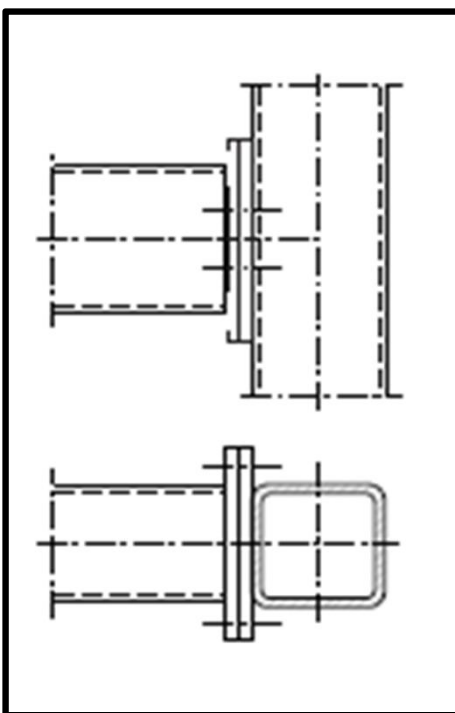
Förklaring	symbol	storlek	enhet
Krafter och moment			
Normalkraft i pelare	$N_{0.Ed}$	233,7	kN
Kraft i balkände	$N_{1.Ed}$	39,4	kN
Moment från pelare	$M_{0.Ed}$	23,8	kNm
Moment i balkände	$M_{1.Ed}$	0,0	kNm
Böjmotstånd, el, pelare	$W_{el.y.0}$	282870	mm ³
Böjmotstånd, el, balk	$W_{pl.v.1}$	155330	mm ³



Dimensioner och klasser	symbol	storlek	enhet
Hållfasthet, stål	f_y	355	MPa
Hållfasthet, stål, sträckgräns	f_u	490	MPa
Hållfasthet, bult	f_{yb}	640	MPa
Hållfasthet, bult, sträckgräns	f_{ub}	800	MPa
Säkerhetskoefficienter	γ_{M0}	1,0	
	γ_{M2}	1,25	
	γ_{M5}	1,0	
	ϵ	0,81	

S355JH
S355JH
8,8
8,8

Geometri	symbol	storlek	enhet
Pelare	b_0	180	mm
	h_0	180	mm
	t_0	8	mm
	A_0	5284	mm ²
Balk	b_1	140	mm
	h_1	140	mm
	t_1	6	mm
	A_1	3123	mm ²
Plåt	Θ	1,6	rad
	b_p	320	mm
	h_p	260	mm
	t_p	15	mm
Bultar	A_p	83200	mm ²
	d	16	mm
	d_0	18	mm
	d_m	23	mm
Anslutning	A_s	157	mm ²
	n	4	st
	e_1	50	mm
	e_2	40	mm
	e_3	65	mm
	p_2	130	mm
	a	4	mm



$4 \leq n \leq 2(h_1/p_2)+2$			
	4	ok	
	4,15	ok	
\geq	21,6	mm	ok
\geq	21,6	mm	ok
\leq	62,5	mm	ok
\geq	65	mm	ok
\geq	43,2	mm	ok
\leq	200	mm	ok

Allmänna villkor och faktorer	symbol	storlek	enhet		
β	b_1/b_0	0,78	>	0,25	ok
	b_1/t_1	23,3	\leq	35	ok
	h_1/t_1	23,3	\leq	35	ok
	h_0/b_0	1	$0,5 \leq x \leq 2,0$		
	h_1/b_1	1	$0,5 \leq x \leq 2,0$		
	b_0/t_0	22,5	\leq	35	ok
	h_0/t_0	22,5	\leq	35	ok
	η	h_1/b_0	0,8		
n		0,4			
k_n		1,0	\leq	1,0	ok
b_{eff}		83,0 mm	\leq	140	ok
$b_{e,p}$		62,2 mm	\leq	140	ok

Normalkapacitet	symbol	storlek	enhet			$\beta = 0,78$
Bomytans kapacitet	$N_{1,Rd}$	351,8 kN	\geq	39,4 kN	ok	$\beta \leq 0,85$
Knäckningmotstånd	$N_{1,Rd}$	1022,4 kN	\geq	39,4 kN	ok	$\beta = 1$
Strävans kapacitet	$N_{1,Rd}$	898,7 kN	\geq	39,4 kN	ok	$\beta \geq 0,85$
Genomstansningskapacitet, bom	$N_{1,Rd}$	663,2 kN	\geq	39,4 kN	ok	w

Böjmotstånd	symbol	storlek	enhet			
Bomytans kapacitet	$M_{ip,1,Rd}$	26,7 kNm	\geq	23,8 kN	ok	$\beta \leq 0,85$
Knäckningmotstånd	$M_{ip,1,Rd}$	46,0 kNm	\geq	23,8 kN	ok	$0,85 \leq \beta \leq 1,0$
Strävans kapacitet	$M_{ip,1,Rd}$	38,9 kNm	\geq	23,8 kN	ok	$0,85 \leq \beta \leq 1,0$

Skjuvmotstånd, pelare	symbol	storlek	enhet			
	h_0/t_0	22,5	\leq	78,3	ok	
Effektiv area	A_v	2642 mm ²				
Skjuvmotstånd	$V_{pl,Rd}$	541,5 kN	\geq	233,7 kN	ok	0,43
Momenthållfasthet	M_{Rd}	72,6 kNm	\geq	23,8 kNm	ok	0,33

Flänsplåt och bultar, balk	symbol	storlek	enhet		
Bultar					
Dragmotstånd, bult	$F_{t,Rd}$	90,4 kN			
Stanskapacitet	$B_{p,Rd}$	254,9 kN			
Flänsplåt					
	δ	0,86			
	b'	48 mm			
	K	0,0042 mm ² /N			
Designkrav, t_p	min	14,2 mm	\leq	15 mm	ok
	max	19,4 mm	\geq	15 mm	ok
	α_{Rd}	0,4	\geq	0	ok
	$F_{t,Rd}$	144,5 kN			
	Z_1	192,0 mm			
Slutligt böjmotstånd	M_{Rd}	27,7 kNm			

Flänsplåt och bultar, pelare	symbol	storlek	enhet				
Bultar							
Samma som ovan.							
Flänsplåt							
	δ	0,86					
	b'	50	mm				
	K	0,0043	mm ² /N				
Designkrav, t_p	min	14,5	mm	\leq	15	mm	ok
	max	19,8	mm	\geq	15	mm	ok
	α_{Rd}	0,4		\geq	0		ok
	$F_{t,Rd}$	142,4	kN				
	z_1	192	mm				
	M_{Rd}	27,3	kNm				
Slutligt böjmotstånd	$M_{Rd,fin}$	26,7	kNm	\geq	23,8	kNm	ok

0,89

Svetsar	symbol	storlek	enhet				
Pelare - skjuvplåt	τ_{par}	112,4	N/mm ²				
	τ_{ort}	111,6	N/mm ²				
	σ_{ort}	111,6	N/mm ²				
Krav		296,2	N/mm ²	$<$	435,6	N/mm ²	ok
	σ_{ort}	111,6	N/mm ²	$<$	353	N/mm ²	ok
Balk - skjuvplåt	τ_{par}	18,9	N/mm ²				
	τ_{ort}	0,0	N/mm ²				
	σ_{ort}	0,0	N/mm ²				
Krav		32,8	N/mm ²	$<$	435,6	N/mm ²	ok
	σ_{ort}	0,0	N/mm ²	$<$	353	N/mm ²	ok
Kylningsgrad av svetsar	a	4	mm	\geq	2,83	mm	ok
	a	4	mm	\geq	2,45	mm	ok

0,68

0,32

0,08

0,00

Krafter: Linje B - 6,2m				
Linje	N _{0.Ed}	N _{1.Ed}	M _{0.Ed}	Max η
2	113,69	25,08	8,5	0,32
3	122,63	17,2	7,39	0,28
4	122,63	18,19	7,41	0,28
5	119,33	23,09	6,8	0,25
6	118,57	23,18	8,81	0,33
7	122,63	17,75	7,55	0,28
8	141,06	45,41	11,21	0,42

Resultat - Linje F		
plåt	20x260x12	mm
bultar	M16	
e1	50	mm
e2	40	mm
e3	65	mm
p2	120	mm
n	4	st

Krafter: Linje F - 6,2m				
Linje	N _{0.Ed}	N _{1.Ed}	M _{0.Ed}	Max η
2	168,2	36,28	17,57	0,66
3	96,98	30,41	8,29	0,31
4	98,13	30,18	8,36	0,31
5	172,1	34,3	17,55	0,66
6	172,13	34,37	17,59	0,66
7	96,96	30,13	8,43	0,32
8	233,71	39,38	23,82	0,89

Resultat - Linje B		
plåt	80x240x12	mm
bultar	M16	
e1	40	mm
e2	30	mm
e3	60	mm
p2	120	mm
n	4	st

Krafter, moment och excentricitet	symbol	storlek	enhet				
Kraft i balk	$N_{1,Ed}$	17,59	kN				
Kraft i pelare	$N_{0,Ed}$	93,4	kN				
Moment i pelare	$M_{0,Ed}$	0,22	kNm				
Excentricitet 1	e_1	25	mm	\geq	14,4	mm	ok
Excentricitet 2	e_2	30	mm	\geq	14,4	mm	ok
	M_{Ed1}	0,44	kNm				
Moment som uppkommer pga excentricitet	M_{Ed2}	1,14	kNm				
	M_{Ed3}	0,53	kNm				
	M_{Ed4}	0,44	kNm				

Dimensioner och klasser	symbol	storlek	enhet				
Antal bultar	n	2	pcs				
Bultdimension	M10	10	mm				
Balkbredd	$b_{1,b}$	80	mm				
Balkhöjd	$b_{1,h}$	80	mm				
Balktjocklek	$b_{1,t}$	4	mm				
Area	A_1	1175	mm ²				
Pelare	$b_{0,b}$	180	mm				
	$b_{0,h}$	180	mm				
	$b_{0,t}$	8	mm				
Area	A_0	5240	mm ²				
Skjuvplåt, pelare	$pl_{0,t}$	10	mm	0,06	\leq	0,2	ok
	$pl_{0,h}$	120	mm				
	$pl_{0,b}$	80	mm				
Skjuvplåt, balk	$pl_{1,t}$	10	mm				
	$pl_{1,h}$	100	mm				
	$pl_{1,b}$	200	mm				
Hållfasthet, stål, sträckgräns	f_y	355	N/mm ²				
Hållfasthet, stål, brott	f_u	510	N/mm ²				
Hållfasthet, brott, bult	f_{ub}	800	N/mm ²				
Säkerhetskoefficienter	γ_{M0}	1,00					
	γ_{M2}	1,25					
	γ_{M5}	1,00					

Anslutningsgeometri	symbol	storlek	enhet				
Bultstorlek	d	10	mm				
Hålstorlek	d_0	12	mm				
Avstånd mellan bultar	p_1	50	mm	\geq	26,4	mm	ok
	p_2	0	mm	\geq	28,8	mm	ok
Svetstjocklek	a	4	mm				N/A

Bultar, skjuvhållfasthet	symbol	storlek	enhet				
Effektiv area	A_s	58	mm ²				
Hållfasthet - två bultar, ett skär	$F_{v,Rd}$	44,5	kN	$>$	17,59	kN	ok

0,39

Skjuvplåtar, bärförmåga	symbol	storlek	enhet					
Parallellt med kraften:								
Ändbultar	α_b	0,69						
Innerbultar	α_b	1,00						
Ortogonal mot kraften:								
	k_I	2,5						
Ändbult	$F_{b,Rd}$	70,8	kN	>	22,3	kN	ok	0,31
Innerbult	$F_{b,Rd}$	102,0	kN	>	22,3	kN	ok	0,22

En rad, endast ändbultar.

Skjuvplåtar; blockhållfasthet	symbol	storlek	enhet					
Tryck	A_{nv}	570	mm ²					
Drag	A_{nt}	240	mm ²					
	$V_{eff,2,Rd}$	165,8	kN	>	17,59	kN	ok	0,11

Skjuvplåtar; skjuvhållfasthet, netto	symbol	storlek	enhet					
	$A_{v,net}$	960	mm ²					
	$V_{pl,net,Rd}$	196,8	kN	>	17,59	kN	ok	0,09

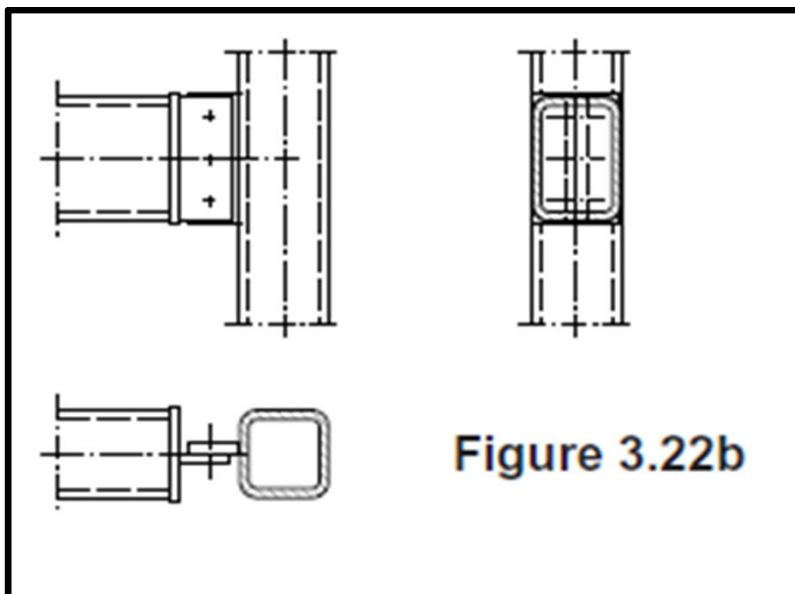
Skjuvplåtar; hållfasthet, gross	symbol	storlek	enhet					
Skjuvhållfasthet	A_v	1200	mm ²					
	$V_{pl,Rd}$	246,0	kN	>	17,59	kN	ok	0,07
Böjhållfasthet	$W_{el,p10}$	24000	mm ³					
	$M_{el,p10,Rd}$	8,5	kNm	>	0,22	kNm	ok	0,03
	$W_{el,p11}$	16667	mm ³					
	$M_{el,p11,Rd}$	5,9	kNm	>	0,22	kNm	ok	0,04
Kombinerat	V_{Ed}	123,0	kN	>	17,59	kN	ok	0,14

Skjuvkraften reducerar ej böjhållfastheten för plåten.

Hållfasthet för anslutning	symbol	storlek	enhet					
	n	0,05						
	k_m	1,00						
	$N_{1,Rd}$	118,6	kN	>	17,59	kN	ok	0,15
	$M_{1,Rd}$	7,12	kNm	>	0,22	kNm	ok	0,03

Svetsar; hållfasthet för svetsar	symbol	storlek	enhet					
Pelare - skjuvplåt	τ_{par}	18,3	N/mm ²					
	τ_{ort}	8,1	N/mm ²					
	σ_{ort}	8,1	N/mm ²					
Krav		35,6	N/mm ²	<	453,3	N/mm ²	ok	0,08
	σ_{ort}	8,1	N/mm ²	<	367,2	N/mm ²	ok	0,02
Balk - skjuvplåt	τ_{par}	11,0	N/mm ²					
	τ_{ort}	11,7	N/mm ²					
	σ_{ort}	11,7	N/mm ²					
Krav		30,1	N/mm ²	<	453,3	N/mm ²	ok	0,07
	σ_{ort}	11,7	N/mm ²	<	367,2	N/mm ²	ok	0,03
Kylningsgrad av svetsar	a	4	mm	\geq	3,16	mm	ok	0,79

Resultat - Linje 1, 9, F - 6,20m			
Pelare	symbol	storlek	enhet
Bredd	b_0	180	mm
Höjd	h_0	180	mm
Tjocklek	t_0	8	mm
Balk			
Bredd	b_1	80	mm
Höjd	h_1	80	mm
Tjocklek	t_1	4	mm
Skjuvplåt			
Bredd	b_{p0}	80	mm
Höjd	h_{p0}	120	mm
Tjocklek	t_{p0}	10	mm
Skjuvplåt			
Bredd	b_{p1}	150	mm
Höjd	h_{p1}	100	mm
Tjocklek	t_{p1}	10	mm
Fästen			
Svetstjocklek	a	4	mm
Avstånd	e_1	25	mm
	e_2	-	mm
	p_2	50	mm
Bult		M10	
Hål	d_0	12	mm



Krafter och moment	symbol	storlek	enhet
Kraft i balk	F_{Ed}	22,2	kN
Moment i anslutning	$M_{Ed,0}$	0,19	kNm
Moment från excentricitet	$M_{Ed,1}$	7,77	kNm
Böjmotstånd, el	W_{el}	155000	mm ³

Dimensioner och klasser	symbol	storlek	enhet
Hållfasthet, stål	f_y	355	MPa
Hållfasthet, stål, sträckgräns	f_u	490	MPa
Hållfasthet, bult	f_{yp}	640	MPa
Hållfasthet, bult, sträckgräns	f_{up}	800	MPa
Säkerhetskoefficienter	γ_{M0}	1	
	γ_{M2}	1,25	
	$\gamma_{M6,sls}$	1	
Elasticitetsmodul	E	210000	MPa

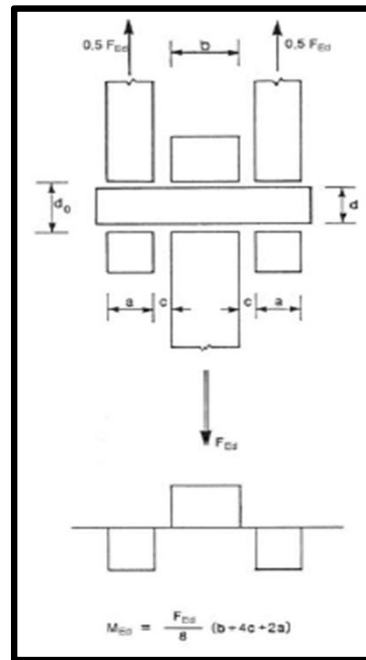


Bild 2. Statisk modell över led.

Given tjocklek, typ A

Geometri	symbol	storlek	enhet
tjocklek	t	10	mm
avstånd, kant - hål	a	25	mm
avstånd, kant - hål	c	25	mm
M16	d	16	mm
hål	d_0	18	mm
area	A	157	mm ²

\geq	5,5	mm	ok
\geq	12,0	mm	ok
\geq	6,0	mm	ok
\leq	25,0	mm	ok

se bild 1 för beteckningar.

Plåttjocklekar	a	10	mm
	b	10	mm
	c	2	mm

se bild 2 för beteckningar.

hållfasthet, anslutning	symbol	storlek	enhet
skjuvmotstånd, bult	$F_{v,Rd}$	60,3	kN
hållfasthet, anslutning	$F_{b,Rd}$	85,2	kN
böjmotstånd	M_{Rd}	148,8	kNm
kombinerat skjuv och moment	*	0,14	

\geq	22,2	kN	ok	0,37
\geq	22,2	kN	ok	0,26
\geq	7,77	kNm	ok	0,05
\leq	1		ok	0,14

* $(M_{ed}/M_{Rd})^2 + (F_{v,Ed}/F_{v,Rd})^2$

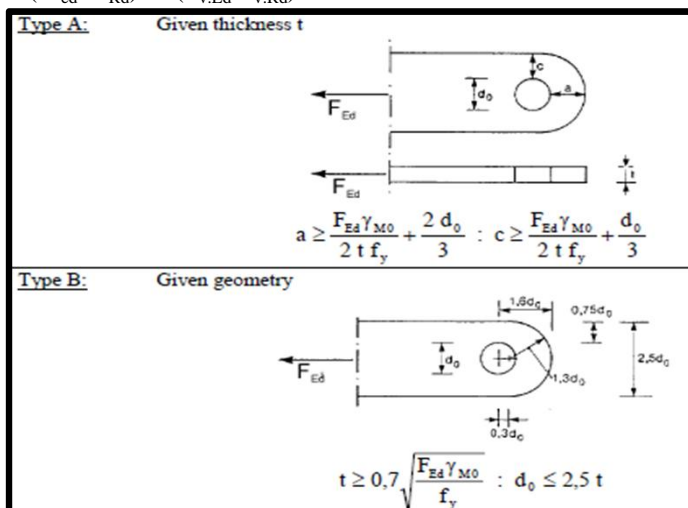


Bild 1. Tillvägagångssätt för beräkning.

Linje A	F _{ed}	Max η
1	23,85	0,40
2	32,58	0,54
3	34,41	0,57
4	34,79	0,58
5	34,83	0,58
6	34,79	0,58
7	34,41	0,57
8	32,56	0,54
9	23,86	0,4

Linje 1	F _{ed}	Max η
A	22,26	0,37
B	30,47	0,51
C	30,77	0,51
D	30,52	0,51
E	22,24	0,37

Linje 9	F _{ed}	Max η
A	21,57	0,36
B	31,55	0,52
C	32,88	0,55
D	31,07	0,52
E	22,21	0,37

Resultat	storlek	enhet
a	26	mm
c	26	mm
t	10	mm
d	16	mm
d ₀	18	mm

Sammanfattning för största belastning						
F _{v,Rd}	60,3	kN	≥	34,79	kN	0,58
F _{b,Rd}	85,2	kN	≥	34,79	kN	0,41
M _{Rd}	282,2	kNm	≥	12,18	kNm	0,04
*	0,33		≤	1,00		0,33

$$* (M_{Ed} / M_{Rd})^2 + (F_{v,Ed} / F_{v,Rd})^2$$

Table 3.10: Design criteria for pin connections

Failure mode	Design requirements
Shear resistance of the pin	$F_{v,Rd} = 0,6 A f_{up} / \gamma_{M2} \geq F_{v,Ed}$
Bearing resistance of the plate and the pin	$F_{b,Rd} = 1,5 t d f_y / \gamma_{M0} \geq F_{b,Ed}$
If the pin is intended to be replaceable this requirement should also be satisfied.	$F_{b,Rd,ser} = 0,6 t d f_y / \gamma_{M6,ser} \geq F_{b,Ed,ser}$
Bending resistance of the pin	$M_{Rd} = 1,5 W_{et} f_{yp} / \gamma_{M0} \geq M_{Ed}$
If the pin is intended to be replaceable this requirement should also be satisfied.	$M_{Rd,ser} = 0,8 W_{et} f_{yp} / \gamma_{M6,ser} \geq M_{Ed,ser}$
Combined shear and bending resistance of the pin	$\left[\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \right]^2 + \left[\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} \right]^2 \leq 1$
<i>d</i>	is the diameter of the pin;
<i>f_y</i>	is the lower of the design strengths of the pin and the connected part;
<i>f_{up}</i>	is the ultimate tensile strength of the pin;
<i>f_{yp}</i>	is the yield strength of the pin;
<i>t</i>	is the thickness of the connected part;
<i>A</i>	is the cross-sectional area of a pin.

Krafter och moment	symbol	storlek	enhet
Normalkraft i bom	$N_{0.Ed}$	10,6	kN
Normalkraft i sträva	$N_{1.Ed}$	204,4	kN
Tvärkraft i sträva	$N_{2.Rd}$	195,5	kN
Nettokraft i bom	$N_{p.Ed}$	-195,5	kN
Moment från bom	$M_{0.Ed}$	0,6	kNm
Moment från sträva	$M_{1.Ed}$	7,3	kNm
Moment från sträva	$M_{2.Rd}$	2,3	kNm
Skjuvkraft	V_{Ed}	0,0	kN
Skjuvmotstånd, pl	$V_{pl.Rd}$	1329,4	kN
Böjmotstånd, bom	$W_{el.y}$	188000	mm ³
Böjmotstånd, pl, sträva 1	$W_{pl.y.1}$	78330	mm ³
Böjmotstånd, pl, sträva 2	$W_{pl.y.2}$	53300	mm ³
Spänning i bom	$\sigma_{0.Ed}$	5,5	N/mm ²
Spänning i bom, netto	$\sigma_{p.Ed}$	-42,1	N/mm ²

Dimensioner och klasser	symbol	storlek	enhet
Hållfasthet, stål	f_y	355	MPa
Hållfasthet, sträckgräns	f_u	490	MPa
Säkerhetskoefficienter	γ_{M0}	1,0	
	γ_{M2}	1,25	
	γ_{M5}	1,0	
Faktor	β_w	0,9	
Faktor	χ	1,924	
Faktor	λ	0,057	
Faktor	Φ	0,466	
Faktor	α	0,49	

Geometri	symbol	storlek	enhet
Bom	b_0	150	mm
	h_0	150	mm
	t_0	5	mm
	A_0	4324	mm ²
Sträva 1	b_1	120	mm
	h_1	120	mm
	t_1	4	mm
	A_1	1815	mm ²
Vinkel	Θ_1	1,01	rad
Sträva 2	b_2	100	mm
	h_2	100	mm
	t_2	4	mm
	A_2	1495	mm ²
Vinkel	Θ_2	1,05	rad
Svetstjocklek	a	4,00	mm
Mellanrum	g	58,9	mm
Excentricitet	e	80,9	mm
		$-0,55 < e/h_0 < 0,25$	

58 °

60 °

\geq	9	mm	ok
\geq	-82,5	mm	ok
\leq	37,5	mm	check

De valda måtten uppfyller inte kraven för excentricitet, varför anslutningen dimensioneras som Y-typ istället för K.

Allmänna villkor och faktorer	symbol	storlek	enhet			
	b_1/b_0	0,8		\geq	0,35	ok
	b_2/b_0	0,67		\geq	0,35	ok
	b_1/t_1	30		\leq	35	ok
	b_2/t_2	25		\leq	35	ok
	h_1/t_1	30		\leq	35	ok
	h_2/t_2	25		\leq	35	ok
	h_0/b_0	1		ok	$0,5 \leq x \leq 2,0$	ok
	h_1/b_1	1		ok	$0,5 \leq x \leq 2,0$	ok
	h_2/b_2	1		ok	$0,5 \leq x \leq 2,0$	ok
	b_0/t_0	30		\leq	35	ok
	h_0/t_0	30		\leq	35	ok
	g/b_0	0,39		\geq	0,13	ok
				\leq	0,40	ok
				\geq	8,0	ok
	β	0,73				
	γ	15				
	n	0,016				
	k_n	1,00		\geq	1,0	ok
	A_v	1555				
	α	0,073				
	$b_{eff.1}$	50 mm		\leq	120 mm	ok
	$b_{eff.2}$	41,7 mm		\leq	100 mm	ok
	$b_{e.p.1}$	40 mm		\leq	120 mm	ok
	$b_{e.p.2}$	33,3 mm		\leq	100 mm	ok

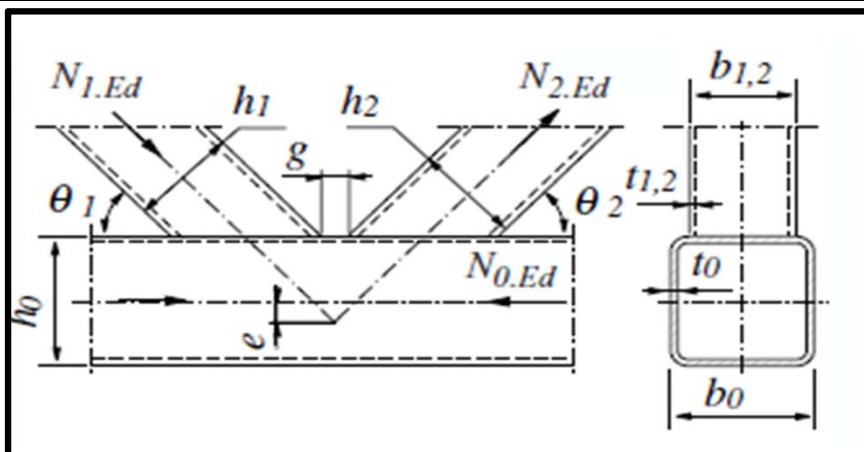
Värdet på β ger vilken sorts brott som är kritiskt.

Normalkapacitet	symbol	storlek	enhet			
Bomytans kapacitet	$N_{1,Rd}$	264,5	kN	\geq	204,4	kN ok
	$N_{2,Rd}$	259,0	kN	\geq	195,5	kN ok
Strävans skjuvkapacitet	$N_{0,Rd}$	1535,0	kN	\geq	10,6	kN ok
	$N_{1,Rd}$	375,8	kN	\geq	204,4	kN ok
	$N_{2,Rd}$	368,0	kN	\geq	195,5	kN ok
Strävans kapacitet	$N_{1,Rd}$	559,5	kN	\geq	204,4	kN ok
	$N_{2,Rd}$	462,4	kN	\geq	195,5	kN ok
Genomstansningskapacitet för bom	$N_{1,Rd}$	1155,0	kN	\geq	204,4	kN ok
	$N_{2,Rd}$	969,9	kN	\geq	195,5	kN ok

$\beta = 0,73$

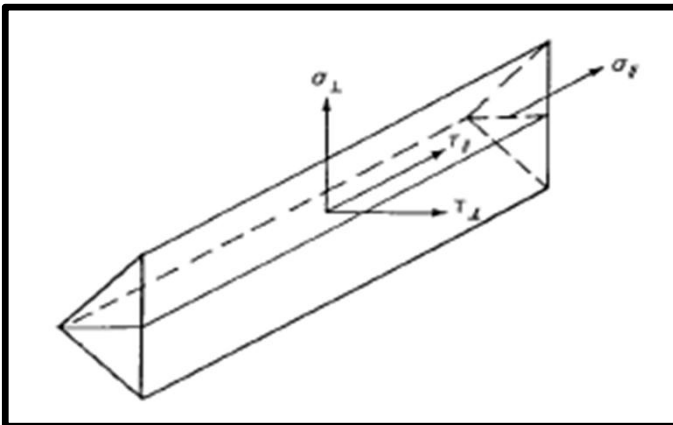
$\beta \leq 0,85$

$\beta \leq (1-1/\gamma)$

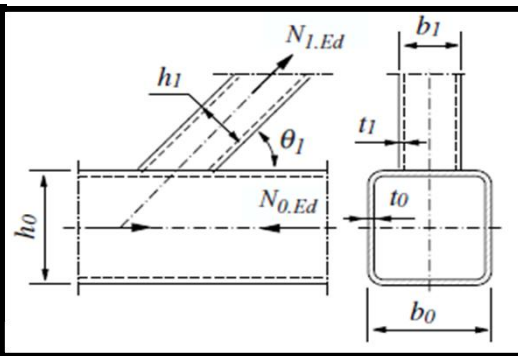


Svetsar	symbol	storlek	enhet					
	σ_x	3,0	N/mm ²	→ drag				
Rekommenderad svetstjocklek	a	5,6	mm					
Skjuvpåverkan, parallellt	τ_{par}	203,6	N/mm ²					
Skjuvpåverkan, ortogonalt	τ_{ort}	1,1	N/mm ²					
Normalpåverkan, parallellt	σ_{par}	-	N/mm ²	N/A				
Normalpåverkan, ortogonalt	σ_{ort}	1,1	N/mm ²	<	352,8	N/mm ²	ok	0,00
Designkrav	*	352,7	N/mm ²	<	435,6	N/mm ²	ok	0,81
Kylningsgrad av svetsar	a	5	mm	≥	2,24	mm	ok	0,45
	a	4	mm	≥	2,00	mm	ok	0,50

* $(\sigma_{ort}^2 + 3 \times (\tau_{ort}^2 + \tau_{par}^2))^{0,5}$



Krafter och moment	symbol	storlek	enhet
Normalkraft i bom	$N_{0.Ed}$	201,4	kN
Normalkraft i sträva	$N_{1.Ed}$	199,8	kN
Tvärkraft i sträva	$V_{1.Ed}$	1,1	kN
Moment i bom	$M_{0.Ed}$	12,1	kNm
Nettonormalkraft i bom	$N_{0p.Ed}$	101,5	kN
Böjmotstånd, el, bom	$W_{el.y.0}$	217650	mm ³
Böjmotstånd, pl, sträva	$W_{pl.y.1}$	51410	mm ³



Dimensioner och klasser	symbol	storlek	enhet
Hållfasthet, stål	f_y	355	MPa
Hållfasthet, sträckgräns	f_u	510	MPa
	f_b	355	MPa
	$f_{b,\chi}$	184	MPa
	$N_{pl.Rd}$	8,8	MPa
	n	22,89	
Säkerhetskoefficienter	γ_{M0}	1,0	
	γ_{M2}	1,25	
	γ_{M5}	1,0	
Faktor	β_w	0,9	
Faktor	χ	0,52	
Faktor	λ	1,04	
Faktor	Φ_{LT}	1,24	
Faktor	α_{LT}	0,49	

tension
compression

≤ 1,0 ok

Geometri	symbol	storlek	enhet
Bom	b_0	140	mm
	h_0	140	mm
	t_0	6	mm
	A_0	3123	mm ²
Sträva	b_1	90	mm
	h_1	90	mm
	t_1	5	mm
	A_1	1175	mm ²
	Θ_1	1,05	rad
Svetstjocklek	a	4	mm

60

Allmänna villkor	symbol	storlek	enhet
β	b_1/b_0	0,64	
	b_1/t_1	18,0	
	h_1/t_1	18,0	
	h_0/b_0	1,00	
	h_1/b_1	1	
	b_0/t_0	23,33	
η	h_1/b_0	0,64	
	n	0,34	
	k_n	1	
Effektiv bredd, sträva	b_{eff}	46	
Effektiv bredd, punching shear	$b_{e.p}$	38,57	

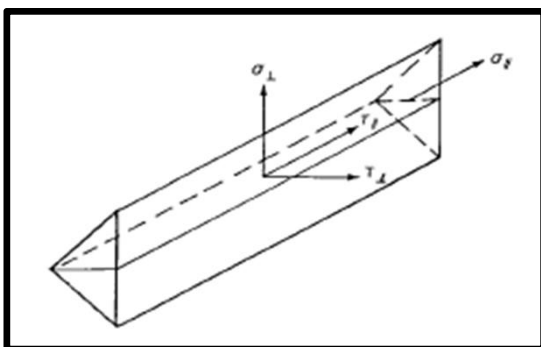
< 0,25 ok
 ≤ 35 ok
 ≤ 35 ok
 ok 0,5 ≤ x ≤ 2,0 ok
 ok 0,5 ≤ x ≤ 2,0 ok
 ≤ 35 ok
 ≤ 1 ok
 ≤ 90 ok
 ≤ 90 ok

Normalkapacitet	symbol	storlek	enhet					η	$\beta = 0,64$
Bomytans kapacitet	$N_{1,Rd}$	160,1	kN	\geq	199,8	kN	check	1,25	$\beta \leq 0,85$
Knäckningsmotstånd	$N_{1,Rd}$	658,8	kN	\geq	201,4	kN	ok	0,31	$\beta = 1$
Strävans kapacitet	$N_{1,Rd}$	448,3	kN	\geq	199,8	kN	ok	0,45	$\beta \geq 0,85$
Genomstansningskapacitet, bom	$N_{1,Rd}$	404,7	kN	\geq	199,8	kN	ok	0,49	

$0,85 \leq \beta \leq (1-1/y)$

Svetsar	symbol	storlek	enhet					
	σ_x	53,15	N/mm ²	→ tension				
Rekommenderad svetstjocklek	a	5,55	mm	t_1	5,5	mm		
Skjuvpåverkan, parallellt	τ_{par}	1,53	N/mm ²	t_0	6,6	mm		
Skjuvpåverkan, ortogonalt	τ_{ort}	104,02	N/mm ²					
Normalpåverkan, parallellt	σ_{par}		N/mm ²	N/A				
Normalpåverkan, ortogonalt	σ_{ort}	104,02	N/mm ²	<	367,2	N/mm ²	ok	0,28
Designkrav	*	208,05	N/mm ²	<	453,3	N/mm ²	ok	0,46
kylningsgrad av svetsar	a	4	mm	\geq	2,45	mm	ok	0,61
	a	3	mm	\geq	2,45	mm	ok	0,82

$$* (\sigma_{ort}^2 + 3 \times (\tau_{ort}^2 + \tau_{par}^2))^{0,5}$$



Förstärkning av bom	symbol	storlek	enhet				
Hållfasthet, plåt	f_{yp}	355	MPa	\geq	355	MPa	ok
Bredd	b_p	110	mm	\leq	128	mm	ok
Tjocklek	t_p	10	mm	\geq	10	mm	ok
Längd	L_p	330	mm	\geq	150,8	mm	ok
				\geq	155,9	mm	ok
Faktor	β_p	0,82					
Faktor	η_p	0,82					
Effektiv bredd, genonstansning	$b_{e,p}$	81,8	mm	\leq	90	mm	ok
Effektiv bredd	b_{eff}	90,0	mm	\geq	90	mm	ok

Normalkapacitet	symbol	storlek	enhet						
Bomytans kapacitet	$N_{1,Rd}$	810,5	kN	\geq	199,8	kN	ok	0,25	$\beta \leq 0,85$
Knäckningskapacitet	$N_{1,Rd}$	658,8	kN	\geq	201,4	kN	ok	0,31	$\beta = 1$
Strävans kapacitet	$N_{1,Rd}$	603,5	kN	\geq	199,8	kN	ok	0,33	$\beta \geq 0,85$
Genomstansningskapacitet, bom	$N_{1,Rd}$	1522,8	kN	\geq	199,8	kN	ok	0,13	

$0,85 \leq \beta \leq (1-1/y)$

Resultat - Linje 2, övre bom								
avstånd [m]	diagonal	N _{0.Ed} [kN]	N _{1.Ed} [kN]	V _{1.Ed} [kN]	M _{0.Ed} [kNm]	α [°]	gap [mm]	max η
0	pelare	136,2	116,9	11,9	0,0	97		0,59
0,2	-	136,4	216,3	10,4	28,9	39	286	0,61
1,41	vänster	37,0	154,3	8,7	7,6	51	163	0,56
	höger	217,8	110,3	1,5	3,5	46		0,41
2,82	vänster	216,6	65,0	0,5	0,1	47	195	0,25
	höger	289,7	45,9	0,5	5,2	52		0,24
4,43	vänster	288,3	40,9	0,2	1,1	45	182	0,19
	höger	321,9	19,5	0,0	3,6	58		0,11
6,24	vänster	320,1	17,7	0,1	0,7	44	169	0,08
	höger	319,4	37,4	0,2	0,8	64		0,23
8,26	vänster	314,2	43,3	0,2	3,7	44	155	0,2
	höger	324,2	75,0	0,3	5,4	68		0,48
10,47	vänster	318,5	85,7	0,2	4,0	44	147	0,39
	höger	209,1	118,9	1,1	11,4	67		0,76
13,09	vänster	202,3	138,0	0,2	17,6	45	124	0,51
	höger	39,4	199,8	1,1	30,2	66		0,91
15,9	-	103,4	203	4,2	32,2	49	80	0,77
16	pelare	103,6	171,2	12,5	16,2	83		0,87

Resultat - Linje 2, undre bom								
avstånd [m]	diagonal	N _{0.Ed} [kN]	N _{1.Ed} [kN]	V _{1.Ed} [kN]	M _{0.Ed} [kNm]	α [°]	gap [mm]	max η
1	vänster	11,7	216,3	10,4	3,1	32	165	0,67
	höger	265,2	154,3	8,7	17,2	56		0,95
2,2	vänster	265,2	110,3	1,5	4,1	39	175	0,52
	höger	390,7	65,0	0,5	5,1	54		0,45
3,6	vänster	390,7	45,9	0,5	2,1	46	168	0,38
	höger	448,7	40,9	0,2	6,3	52		0,44
5,2	vänster	448,7	19,5	0,0	2,6	52	148	0,19
	höger	469,0	17,7	0,1	4,1	51		0,18
7	vänster	469,0	37,4	0,2	4,9	57	132	0,43
	höger	437,3	43,3	0,2	2,5	51		0,41
9	vänster	437,3	75,0	0,3	6,6	61	117	0,92
	höger	347,1	85,7	0,2	0,2	51		0,72
11,4	vänster	347,1	118,9	1,1	4,1	60	94	0,88
	höger	201,4	138,0	0,2	6,3	52		0,90
14,2	vänster	201,4	199,8	1,1	12,1	60	86	1,25
	höger	17,2	203,0	4,2	1,0	56		1,19

plåt:

0,46

0,55

Krafter och moment	symbol	storlek	enhet
Kraft, tryck	$F_{c.Ed}$	30,5	kN
Kraft, drag	$F_{t.Ed}$	2,74	kN
Kraft, skjuv	$F_{v.Ed}$	1,7	kN
Moment	M_{Ed}	3,2	kNm
Böjmotstånd	$W_{el.y.0}$	294000	mm ³
Böjmotstånd	$W_{el.y.1}$	106000	mm ³
Spänning i anslutning	$\sigma_{0.Ed}$	498,7	N/mm ²

Dimensioner och klasser	symbol	storlek	enhet
Hållfasthet, stål	f_y	355	MPa
Hållfasthet, stål, sträckgräns	f_u	490	MPa
Hållfasthet, bult	f_{yb}	640	MPa
Hållfasthet, bult, sträckgräns	f_{ub}	800	MPa
Säkerhetskoefficienter	γ_{M0}	1,0	
	γ_{M2}	1,25	
	γ_{M5}	1,0	
	γ_{M7}	1,1	
	β_w	0,9	
Elasticitetsmodul	E	210000	MPa

Geometri	symbol	storlek	enhet
Balk	b_0	180	mm
	h_0	171	mm
	$h_{0.w}$	151	mm
	$t_{0.w}$	10	mm
	$t_{0.f}$	6	mm
	A_0	4530	mm ²
	Sträva	b_1	120
h_1		114	mm
$h_{1.w}$		96	mm
$t_{1.w}$		5	mm
$t_{1.f}$		8	mm
A_1		2530	mm ²
Ändplåt		b_p	152
	h_p	65	mm
	t_p	8	mm
Bultar	L_b	50	mm
	a_b	0,77	
	A_s	84,3	mm ²
	p_1	60	mm
	d	12	mm
	d_0	14	mm
	d_m	19	mm
	k_1	2,5	
	k_2	0,9	
	Anslutning	e_1	32,5
e_2		32,5	mm

$2,2d_0 < p_1 < 14t \text{ or } 200 \text{ mm}$

$30,8 < 60 < 70$

$1,2d_0 < e_1 < 4t + 40 \text{ mm}$

$1,2d_0 < e_2 < 4t + 40 \text{ mm}$

$16,8 < 32,5 < 72$

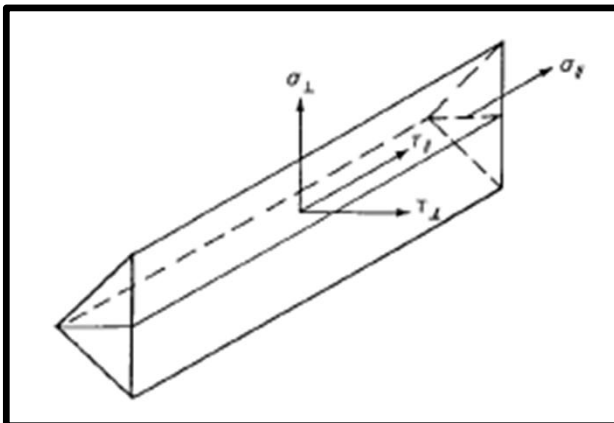
Bultar	symbol	storlek	enhet					
Designhållfasthet								
Skjuvhållfasthet	$F_{v,Rd}$	32,4	kN	\geq	1,7	kN	ok	0,05
Bärförmåga	$F_{b,Rd}$	72,8	kN	\geq	30,5	kN	ok	0,42
Draghållfasthet	$F_{t,Rd}$	48,6	kN	\geq	30,5	kN	ok	0,63
Stanshållfasthet	$B_{p,Rd}$	70,9	kN	\geq	1,7	kN	ok	0,02
Rotationskapacitet								
designkrav	t	13		\geq	6,5	mm	ok	0,5

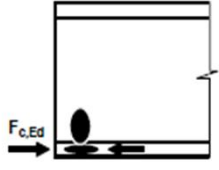
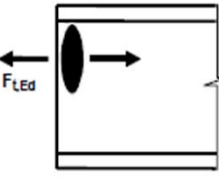
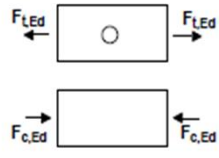
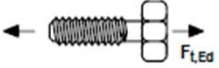
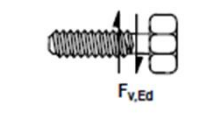
Ändplåt	symbol	storlek	enhet					
Designhållfasthet								
Bärförmåga, tryck	$N_{c,Rd}$	35,1	kN	\geq	30,5	kN	ok	0,87
Bärförmåga, drag	$N_{t,Rd}$	35,1	kN	\geq	2,7	kN	ok	0,08
Blockskjuvningshållfasthet	$V_{eff,Rd}$	25,2	kN	\geq	1,7	kN	ok	0,07

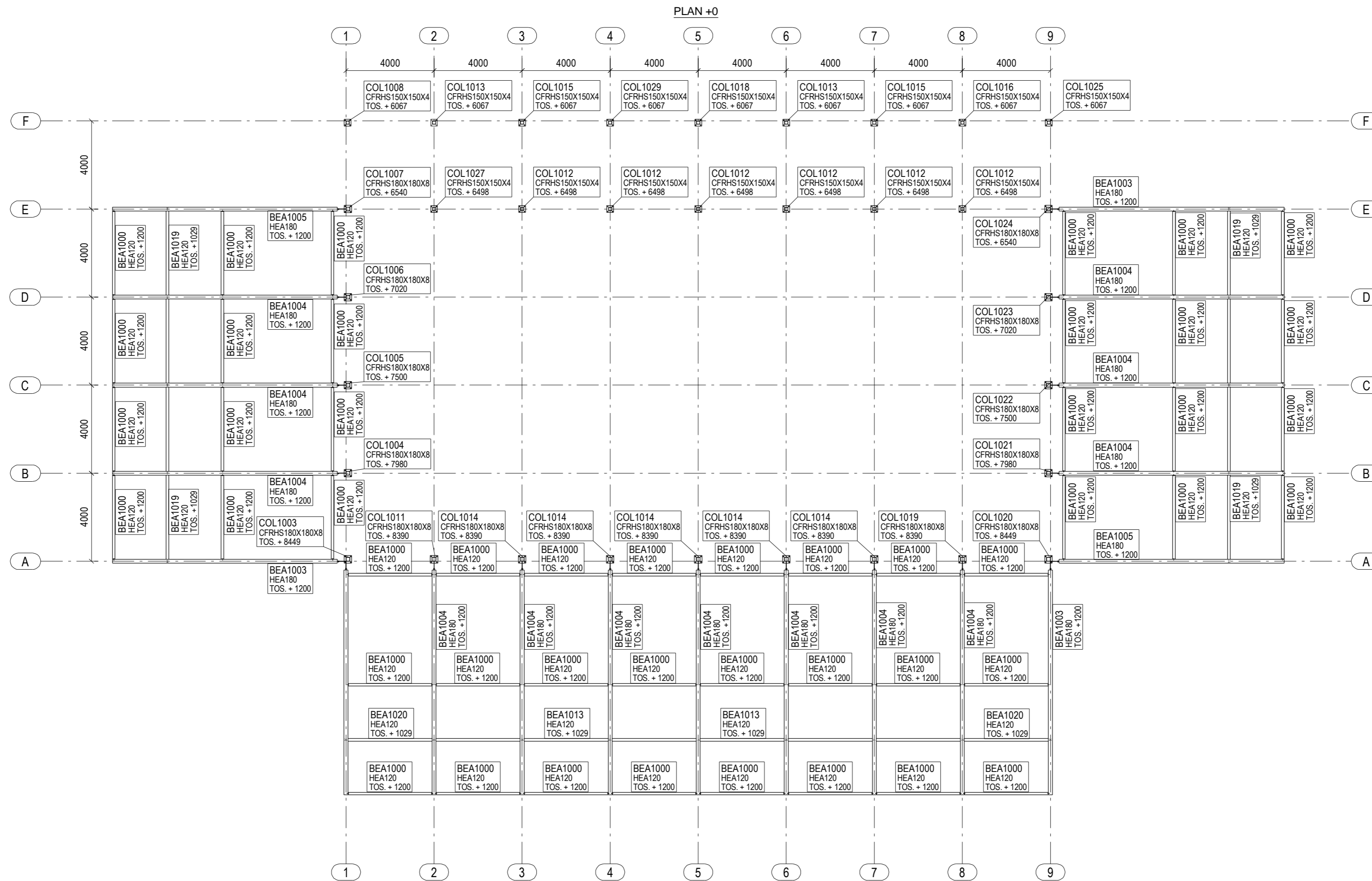
Sträva	symbol	storlek	enhet					
Designhållfasthet								
Bärförmåga, tryck	$F_{c,wb,Rd}$	384,0	kN	\geq	30,5	kN	ok	0,08
Bärförmåga, drag	$F_{t,wb,Rd}$	115,4	kN	\geq	2,7	kN	ok	0,02
Blockskjuvningshållfasthet	$V_{eff,Rd}$	25,2	kN	\geq	1,7	kN	ok	0,07

Svetsar	symbol	storlek	enhet					
Svetsjocklek	a	4	mm					
Skjuvpåverkan, parallellt	τ_{par}	1,4	N/mm ²					
Skjuvpåverkan, ortogonalt	τ_{ort}	63,1	N/mm ²					
Normalpåverkan, parallellt	σ_{par}	-	N/mm ²	N/A				
Normalpåverkan, ortogonalt	σ_{ort}	63,1	N/mm ²	<	352,8	N/mm ²	ok	0,18
Designkrav	*	4,2	N/mm ²	<	435,6	N/mm ²	ok	0,01
Kylningsgrad av svets	a	4	mm	<	3,2	mm	ok	0,79

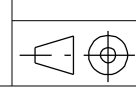
* $(\sigma_{ort}^2 + 3 \times (\tau_{ort}^2 + \tau_{par}^2))^{0,5}$



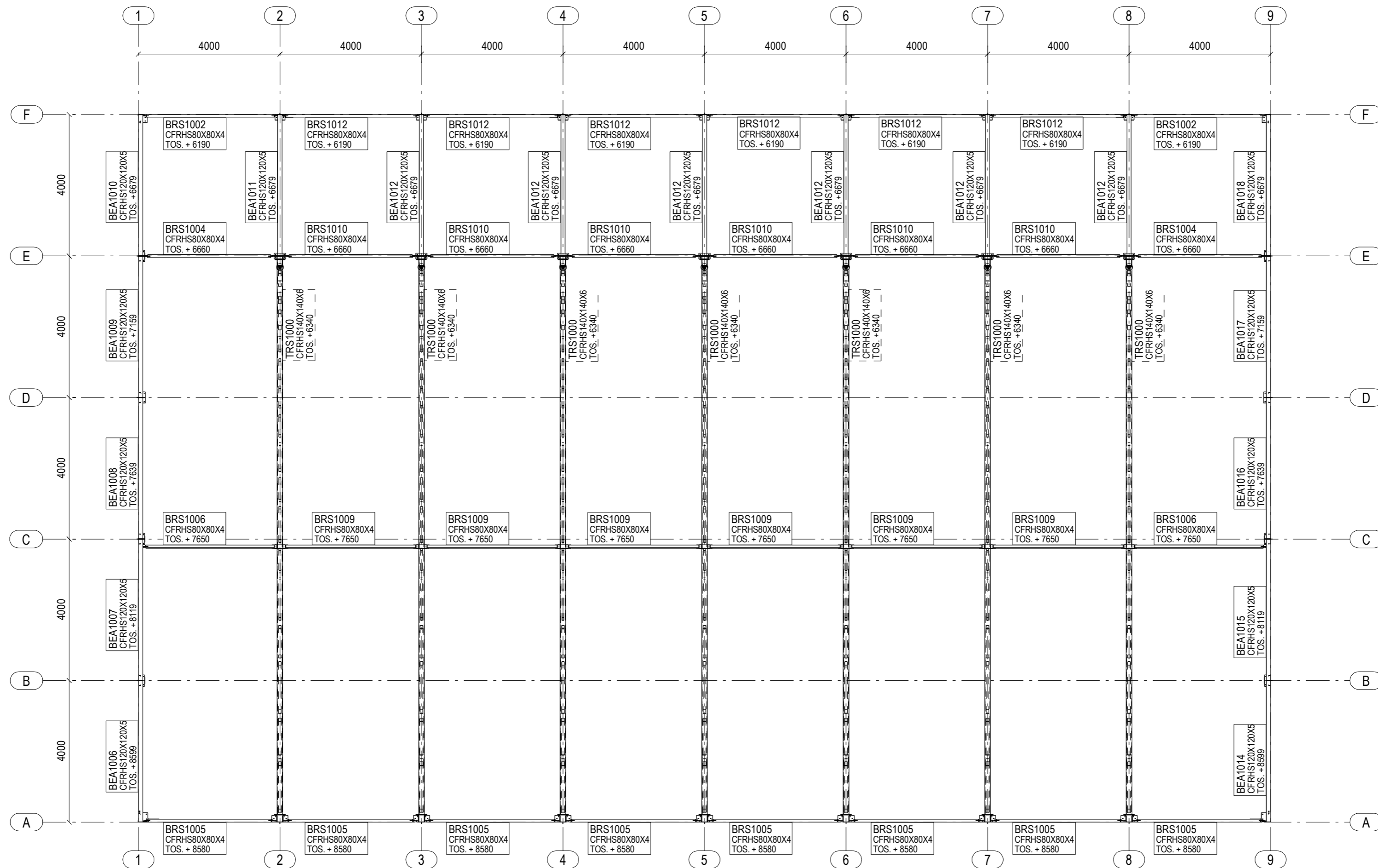
Component		Reference to application rules		
		Design Resistance	Stiffness coefficient	Rotation capacity
Beam or column flange and web in compression		6.2.6.7	6.3.2	*)
Beam web in tension		6.2.6.8	6.3.2	*)
Plate in tension or compression		in tension: - EN 1993-1-1 in compression: - EN 1993-1-1	6.3.2	*)
Bolts in tension		With column flange: - 6.2.6.4 with end-plate: - 6.2.6.5 with flange cleat: - 6.2.6.6	6.3.2	6.4.7
Bolts in shear		3.6	6.3.2	6.4.2



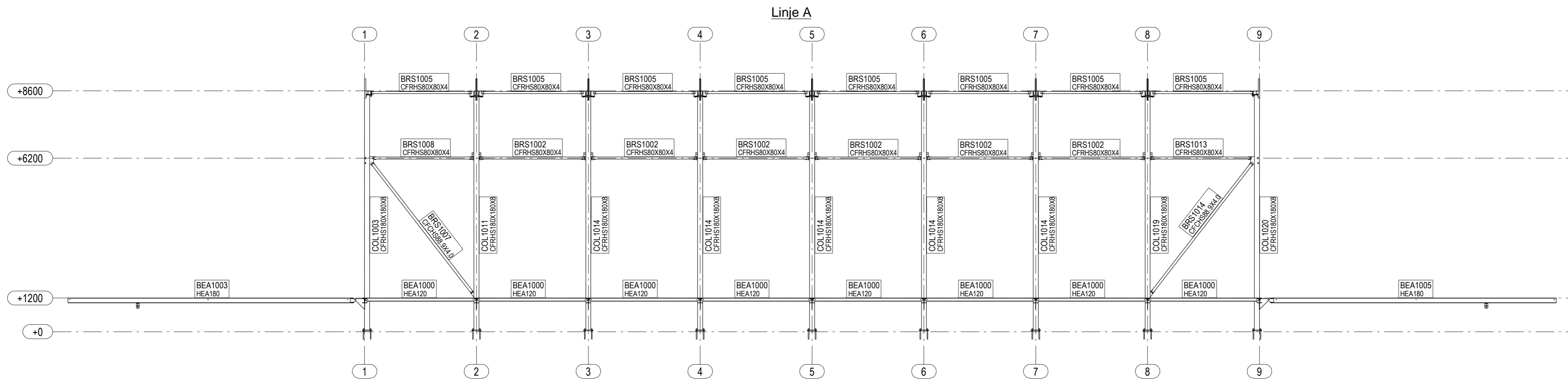
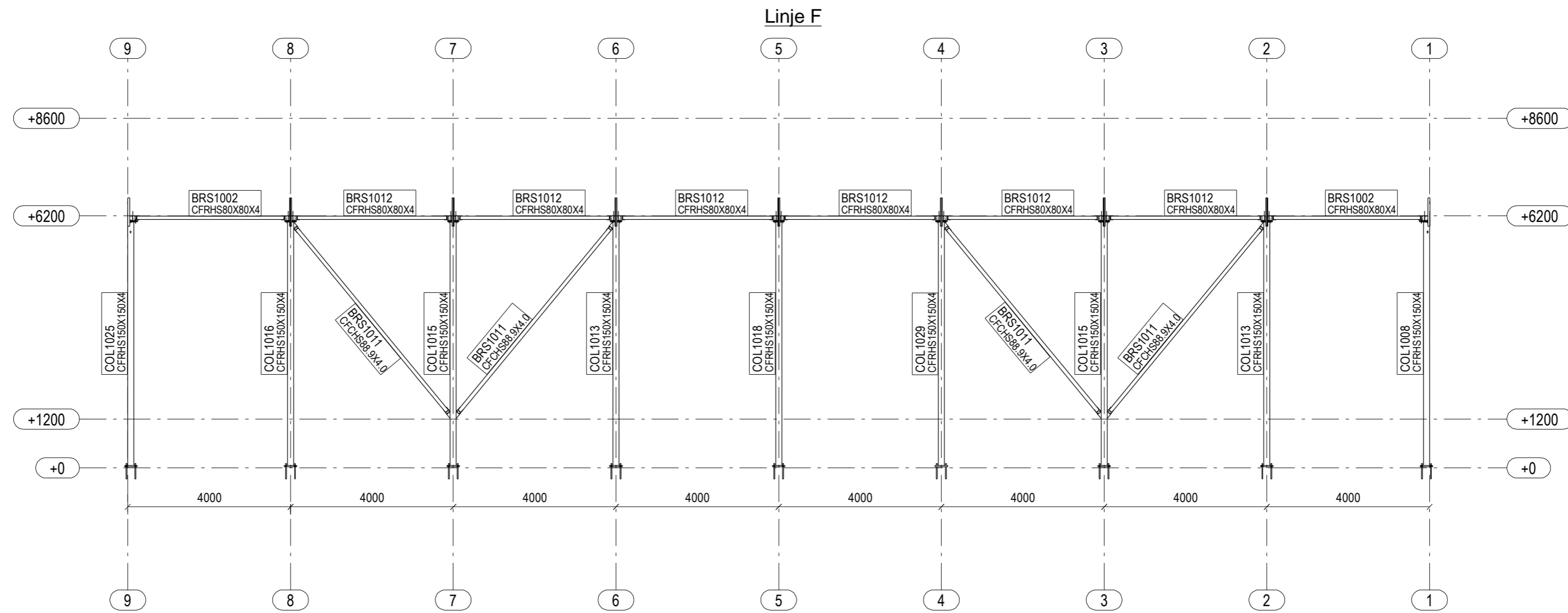
Mark	Revision	Created	Date	Checked	Approved
District/village	Block/estate	Building lot	Building permit code		
Building action		Drawing category		Running number	
Construction site and address		Content of drawing		Scale	
Refleksionsväxthus - Konceptmodell		PLAN + 0 Stål		1:150	
Drawn by H Björkqvist		Designed by H Björkqvist		Drawing type	
Date 12.05.2017		Approved by		Project number 1	
Drawing number RF-1-1			Revision		



PLAN +8600



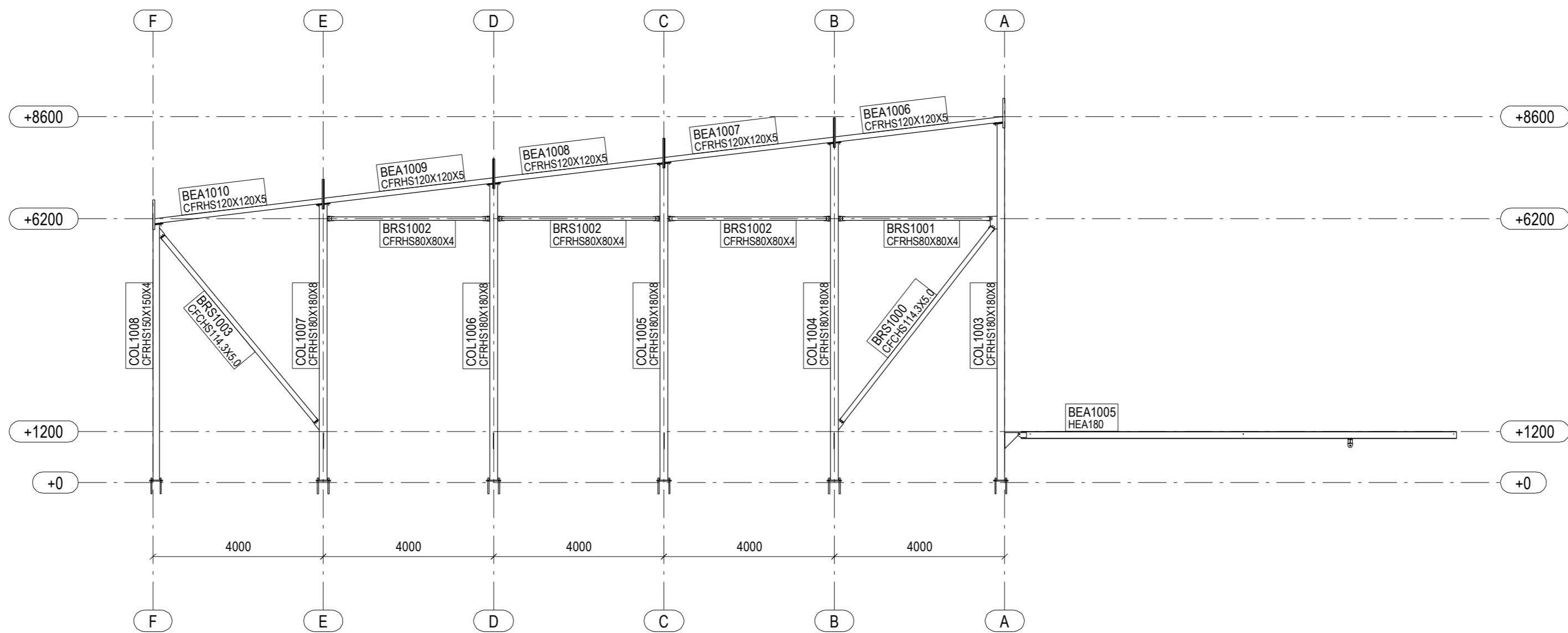
Mark	Revision	Created	Date	Checked	Approved
District/village	Block/estate	Building lot	Building permit code		
Building action		Drawing category		Running number	
Construction site and address		Content of drawing		Scale	
Refleksionsväxthus - Konceptmodell		PLAN + 8600 Stål		1:100	
Drawn by H Björkqvist		Designed by H Björkqvist		Drawing type	
Date 12.05.2017		Approved by		Project number 1	
Drawing number RF-1-2				Revision	



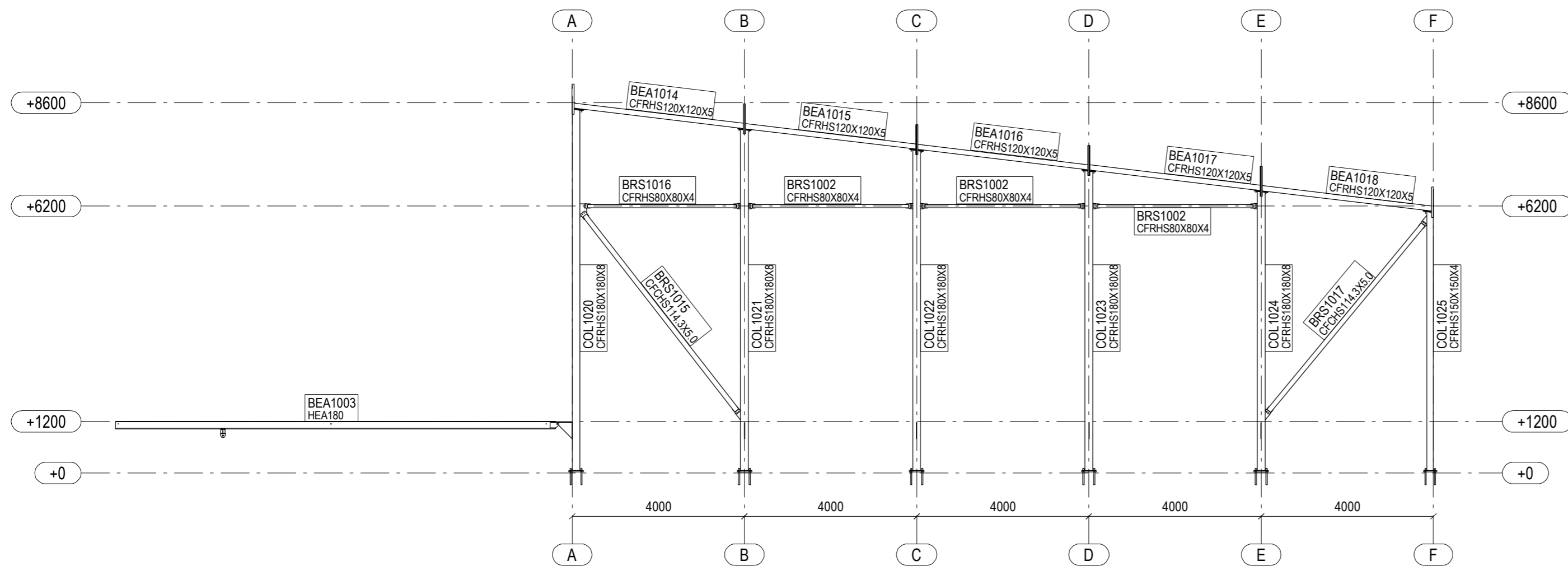
Mark	Revision	Cre.	Date	Check.	Appr.
District/village	Block/estate	Building lot	Building permit code		
Building action		Drawing category			
Construction site and address		Content of drawing			Running number
Refleksionsväxthus - Konceptmodell		Fasadstål Linje A och F			Scale 1:100
Drawn by H Björkqvist		Designed by H Björkqvist		Drawing type	Project number
Date 12.05.2017	Approved by		Drawing number RF-1-3		Revision



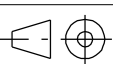
Linje 1

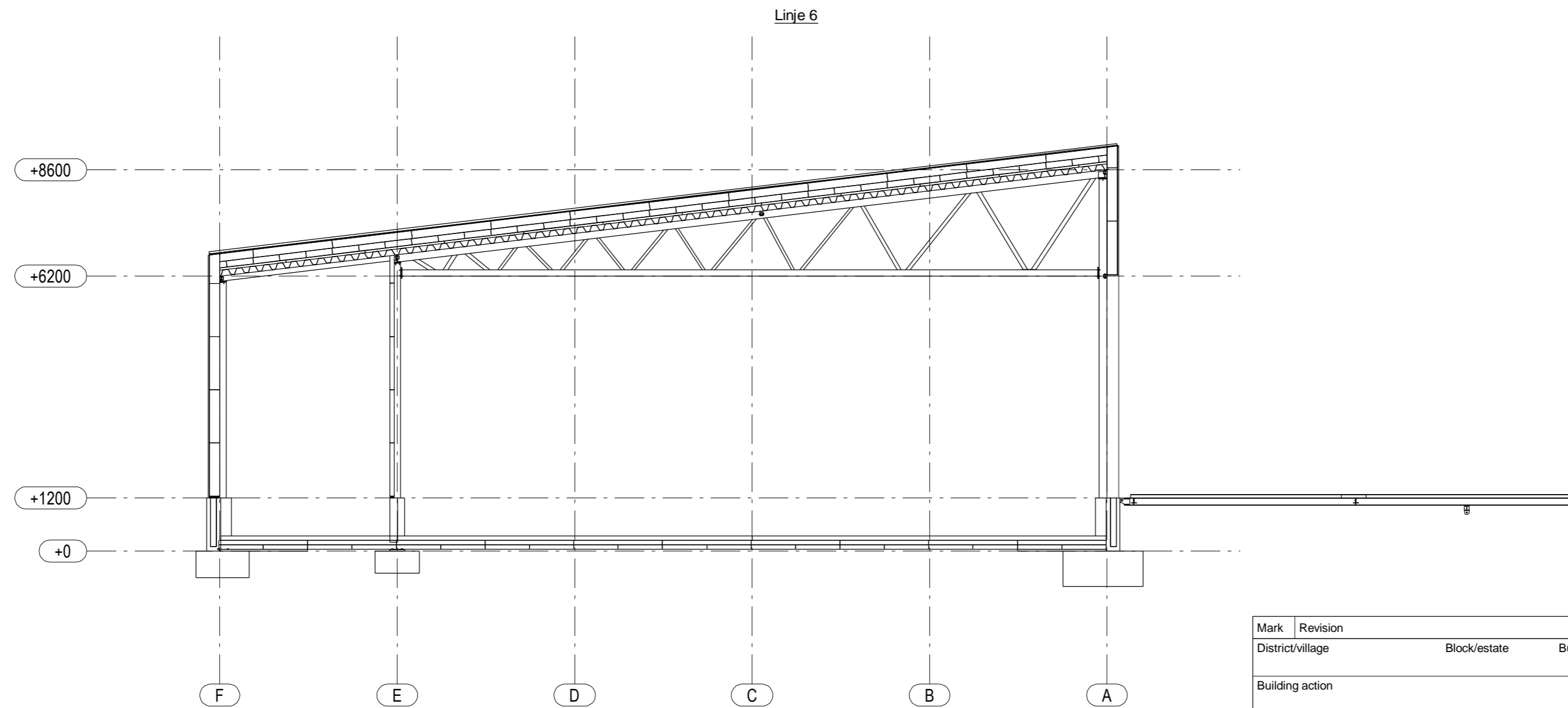
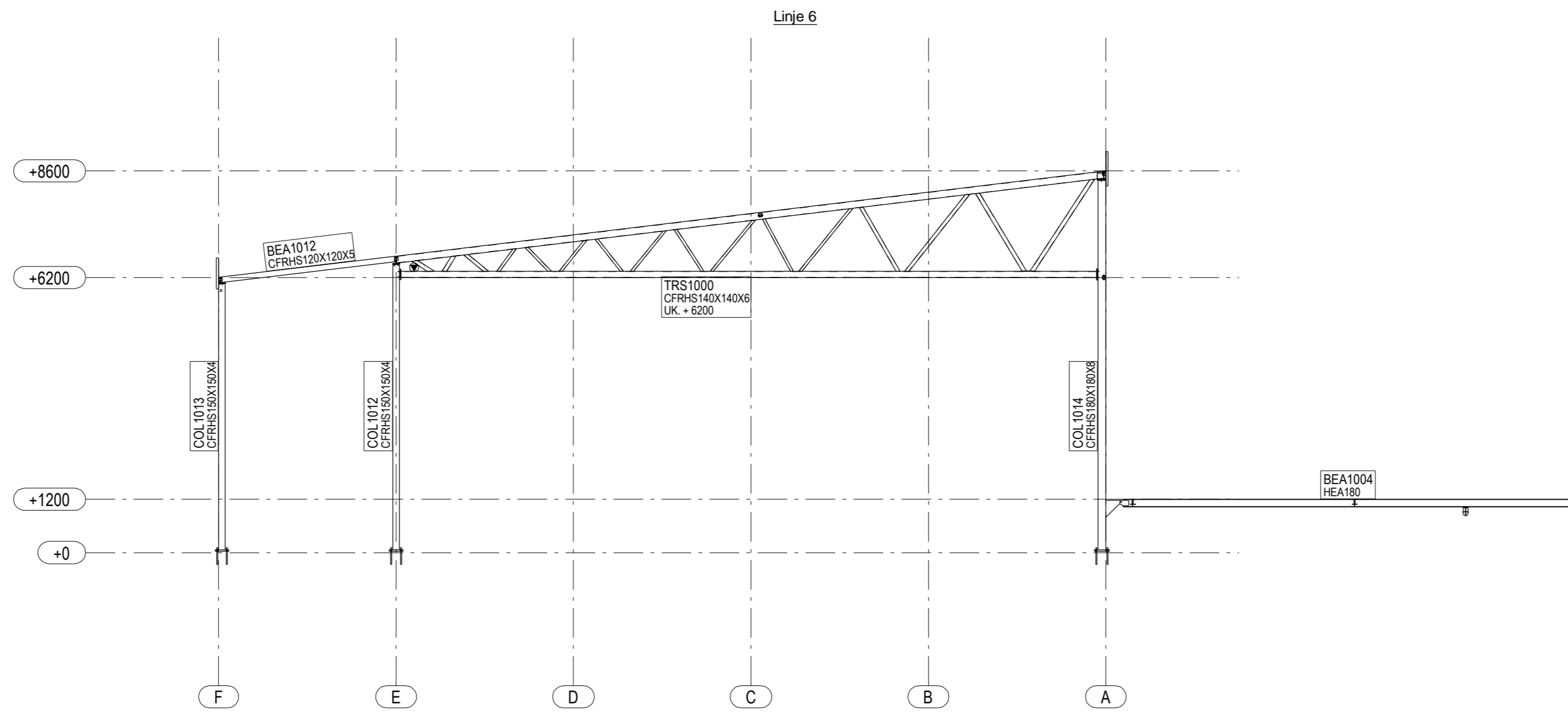


Linje 9

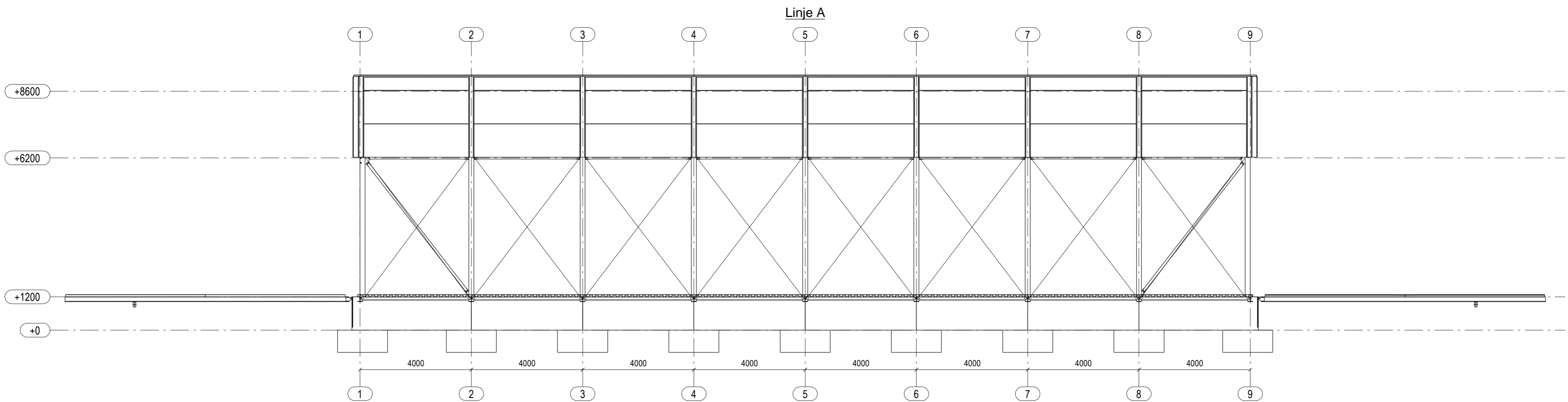
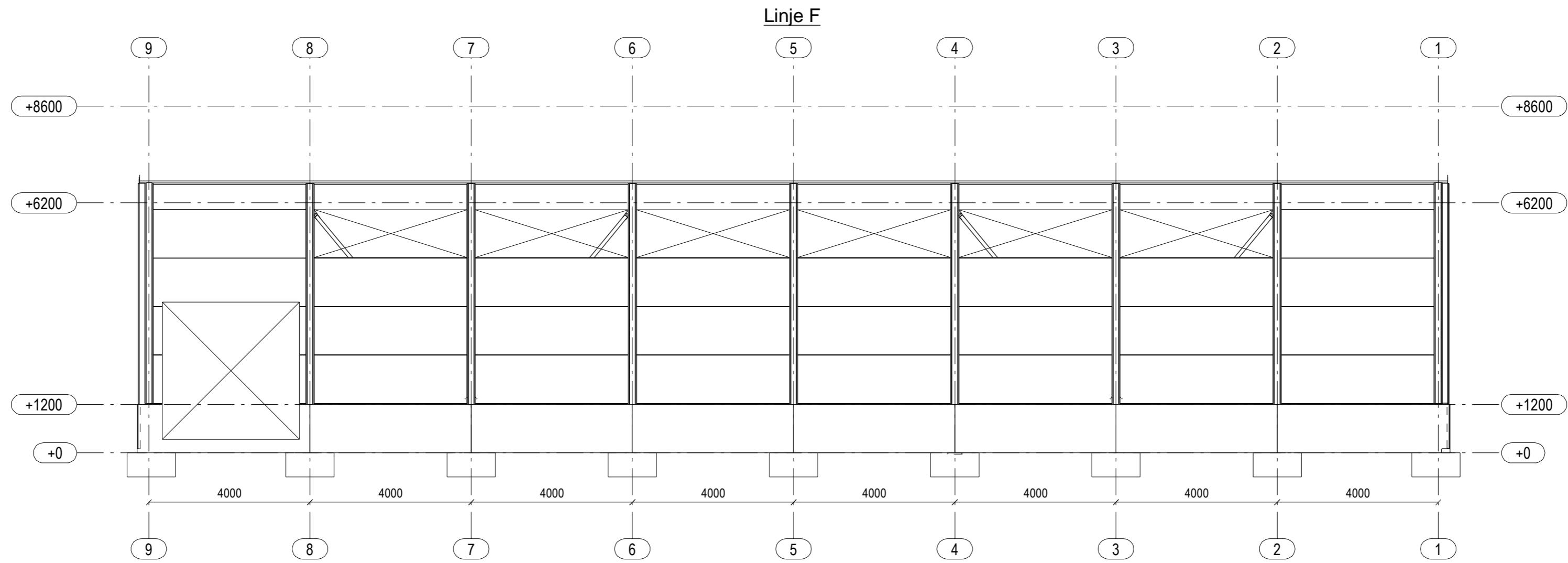


Mark	Revision	Created	Date	Checked	Approved
District/village	Block/estate	Building lot	Building permit code		
Building action			Drawing category	Running number	
Construction site and address Reflektionsväxthus - Konceptmodell			Content of drawing Fasadstål Linje 1 och 9		Scale 1:100
Drawn by H Björkqvist			Designed by H Björkqvist		Drawing type Project number 1
Date 17.05.2017			Approved by		
			Drawing number RF-1-4		Revision

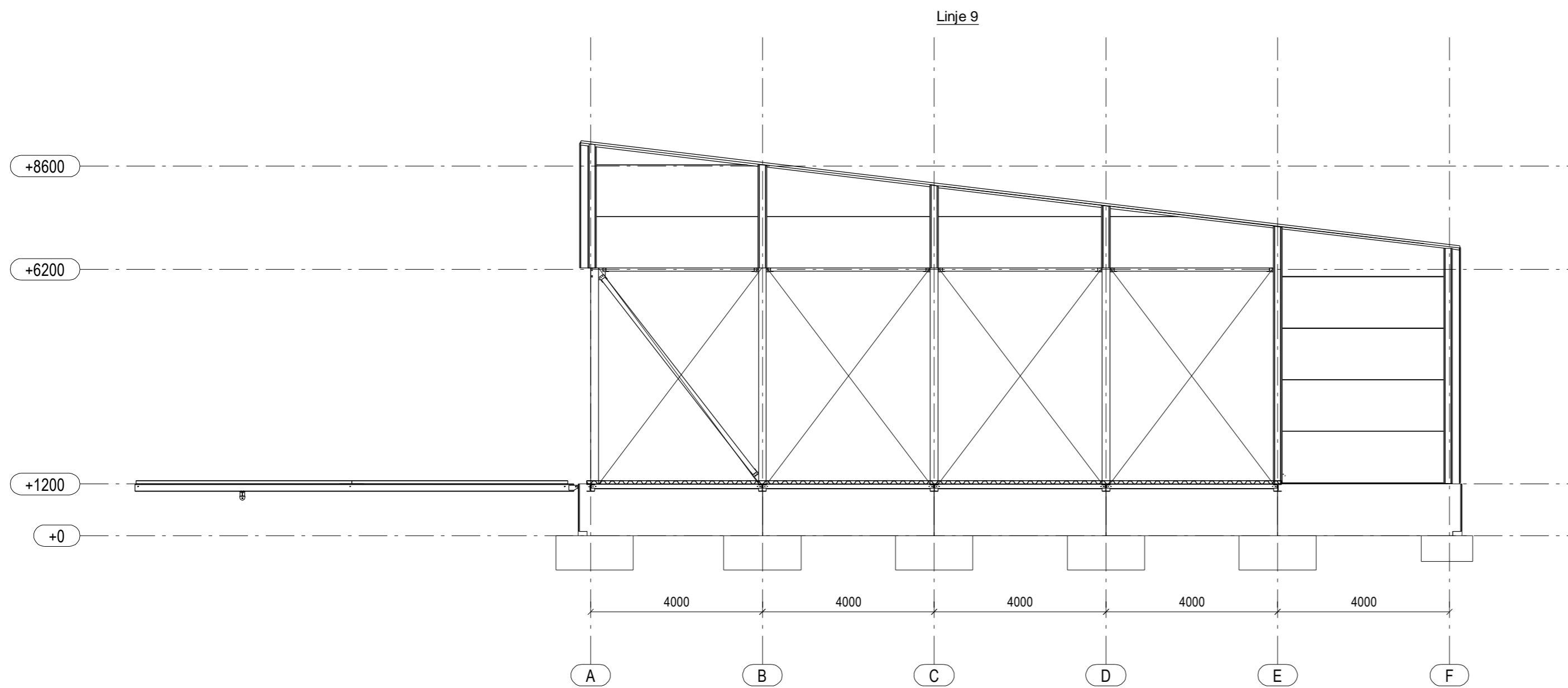
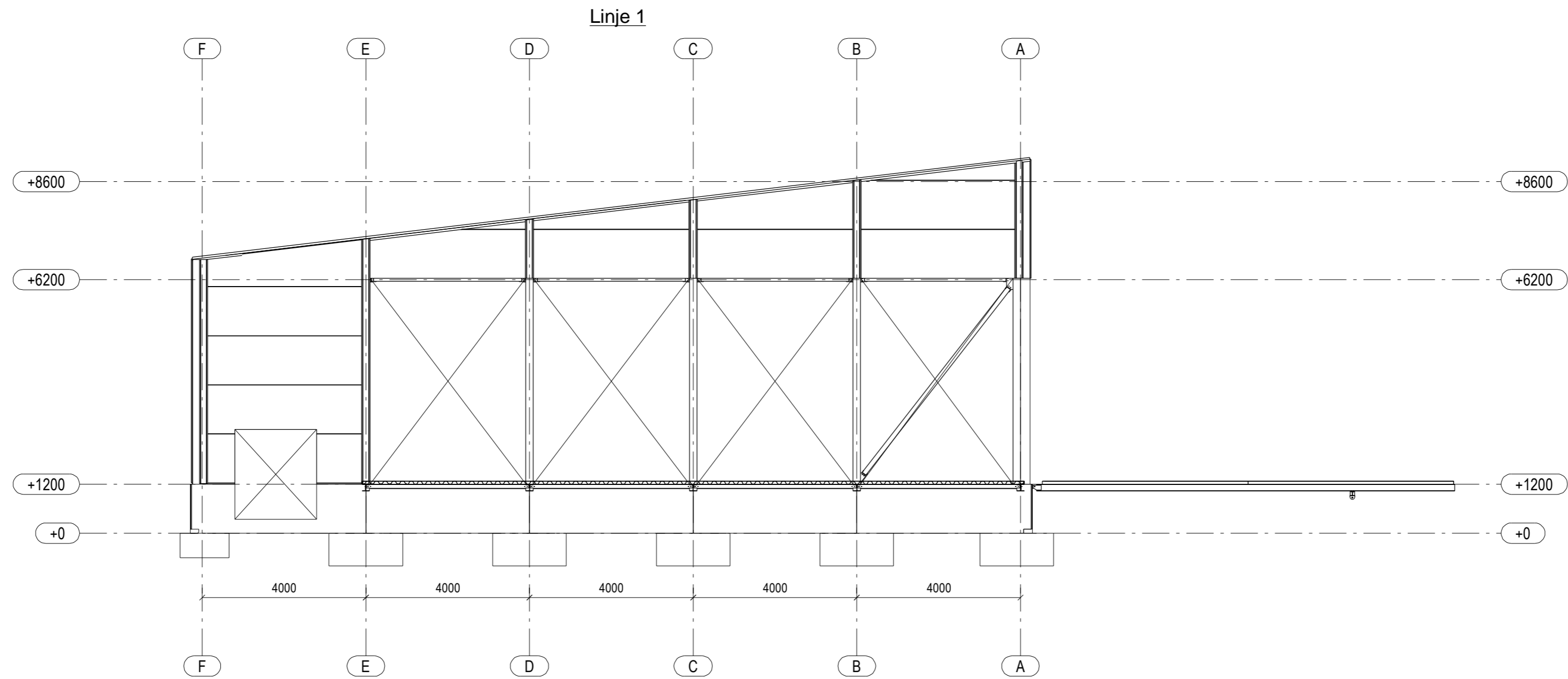




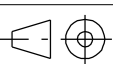
Mark	Revision	Created	Date	Checked	Approved
District/village	Block/estate	Building lot	Building permit code		
Building action			Drawing category	Running number	
Construction site and address Reflektionsväxthus - Konceptmodell			Content of drawing Fasadstål och element Linje 6		Scale 1:100
Drawn by H Björkqvist			Designed by H Björkqvist	Drawing type	Project number 1
Date 17.05.2017	Approved by		Drawing number RF-1-5		Revision



Mark	Revision	Block/estate	Building lot	Building permit code	Crete.	Date	Check.	Appr.
Building action				Drawing category	Running number			
Construction site and address Reflektionsväxthus - Konceptmodell				Content of drawing Fasadelement Linje A och F	Scale 1:100			
Drawn by H Björkqvist				Designed by H Björkqvist	Drawing type	Project number 1		
Date 17.05.2017		Approved by		Drawing number RF-1-6		Revision		

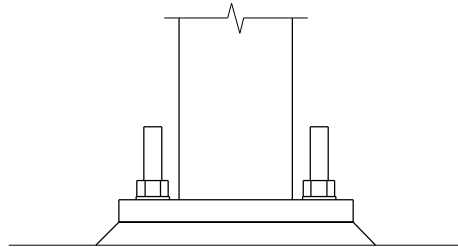
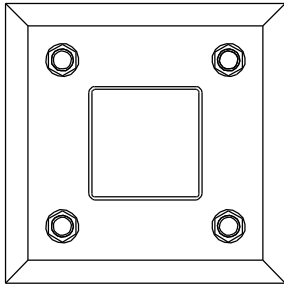


Mark	Revision	Block/estate	Building lot	Building permit code	Cre.	Date	Check.	Appr.
Building action				Drawing category		Running number		
Construction site and address Refleksionsväxthus - Konceptmodell				Content of drawing Fasadelement Linje 1 och 9			Scale 1:100	
Drawn by H Björkqvist				Designed by H Björkqvist		Drawing type		Project number 1
Date 17.05.2017				Approved by		Drawing number RF-1-7		Revision

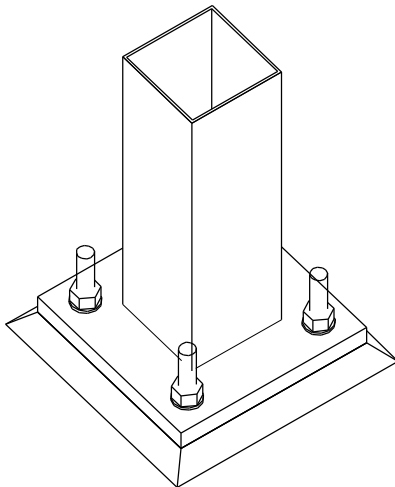


Construction site and address Reflektionsväxthus - Konceptmodel	Content of drawing DETALJ Anslutning Pelarfästning		Scale 1:10	Page
	Drawn by H Björkqvist	Designed by H Björkqvist	Drawing number RF-1-8	Revision
	Date 16.05.2017	Approved by	Project number 1	

A →



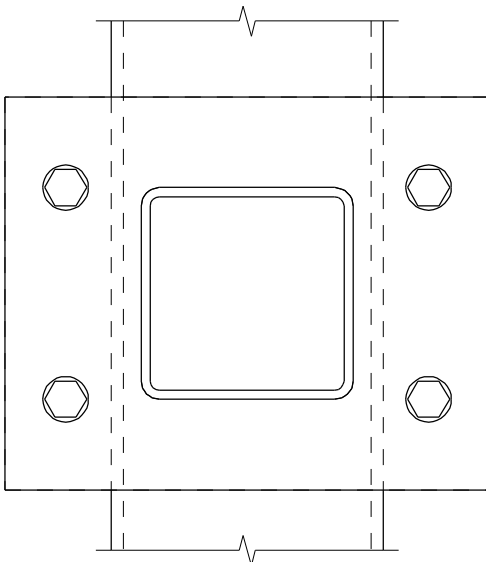
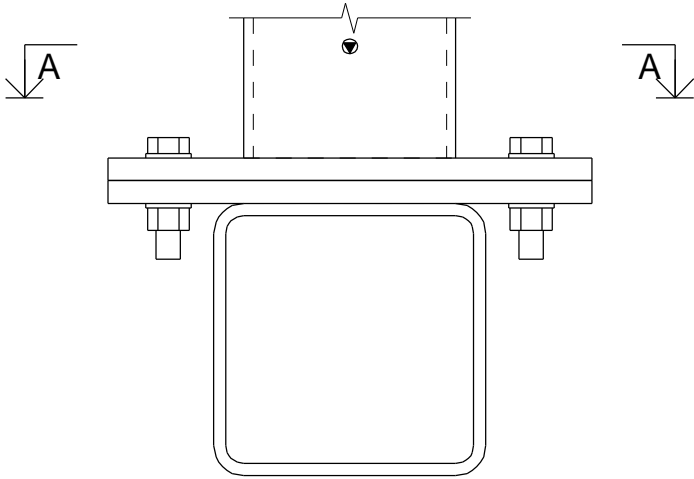
A →



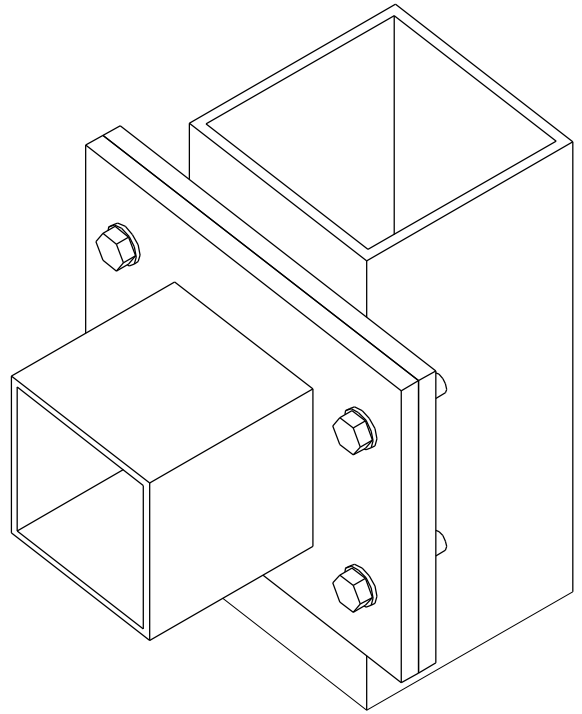
3D
1:10

A - A
1:10

Construction site and address Reflektionsväxthus - Konceptmodel	Content of drawing DETALJ Anslutning Pelare - undre bom		Scale 1:5	Page
	Drawn by H Björkqvist	Designed by H Björkqvist	Drawing number RF-1-9	Revision
	Date 16.05.2017	Approved by	Project number 1	

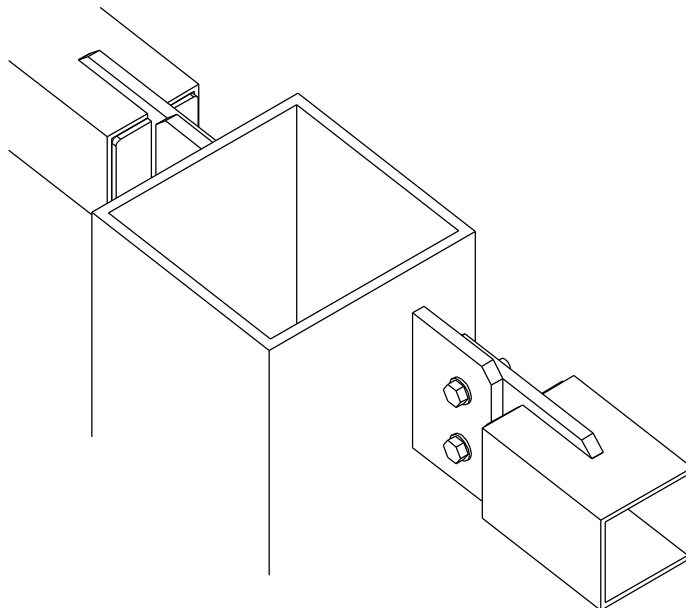
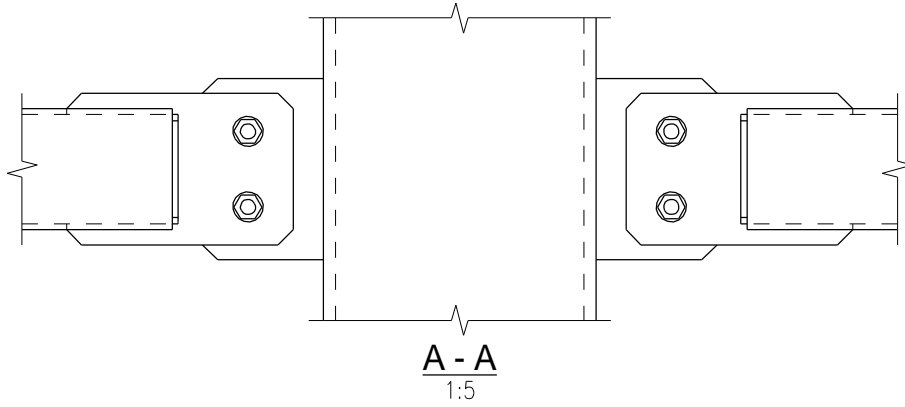
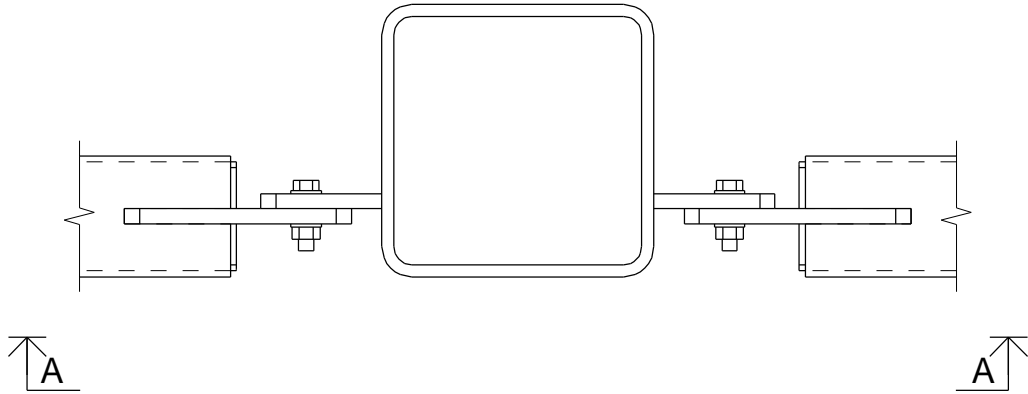


A - A
1:5



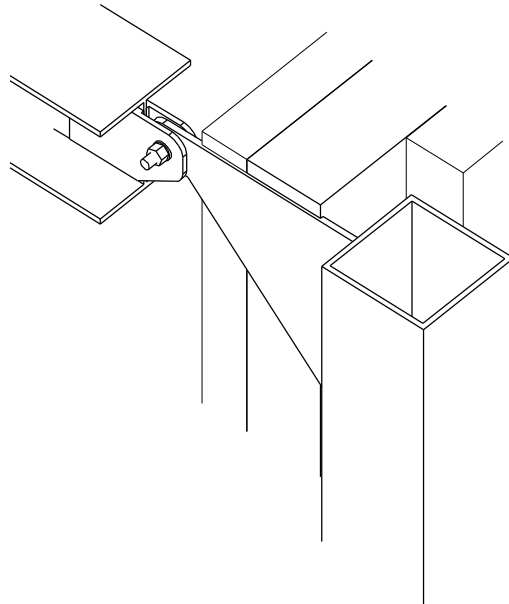
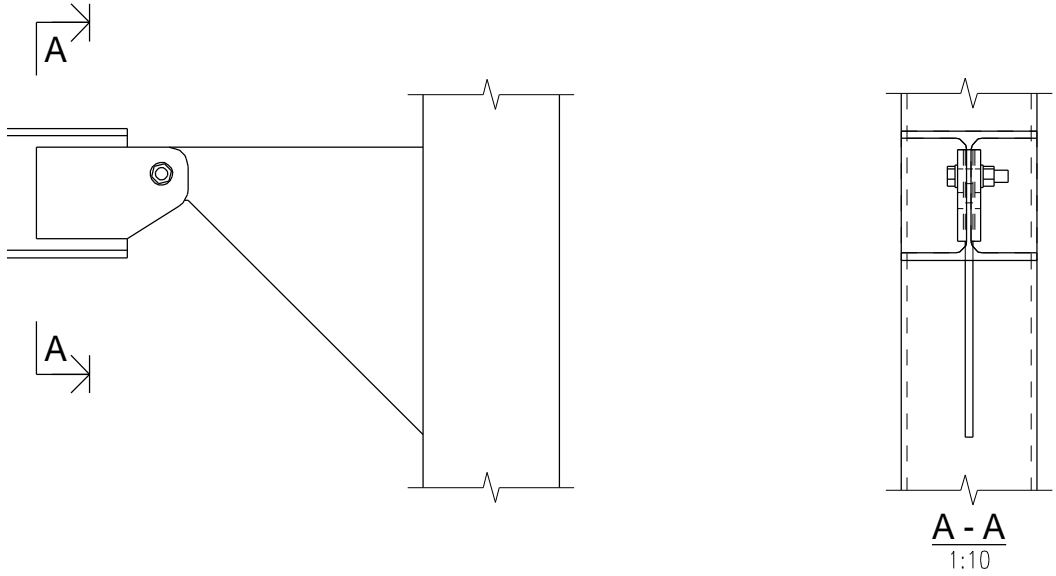
3D
1:5

Construction site and address Reflektionsväxthus - Konceptmodel	Content of drawing DETALJ Anslutning Pelare - strävor		Scale 1:5	Page
	Drawn by H Björkqvist	Designed by H Björkqvist	Drawing number RF-1-10	Revision
	Date 16.05.2017	Approved by	Project number 1	



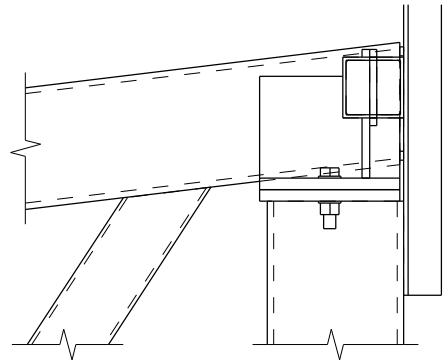
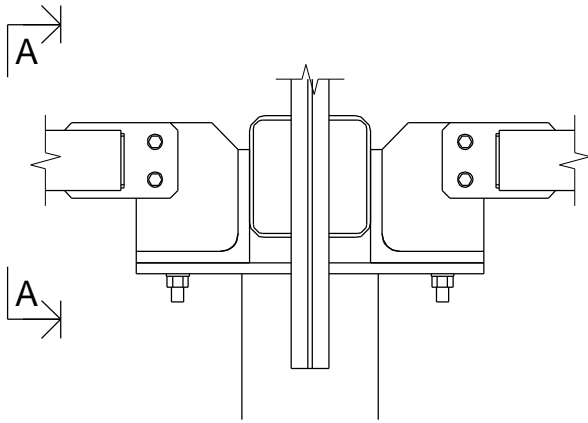
3D
1:5

Construction site and address Reflektionsväxthus - Konceptmodel	Content of drawing DETALJ Anslutning Pelare - reflektorbalk		Scale 1:10	Page
	Drawn by H Björkqvist		Drawing number RF-1-11	Revision
	Date 16.05.2017	Designed by H Björkqvist	Project number 1	
		Approved by		

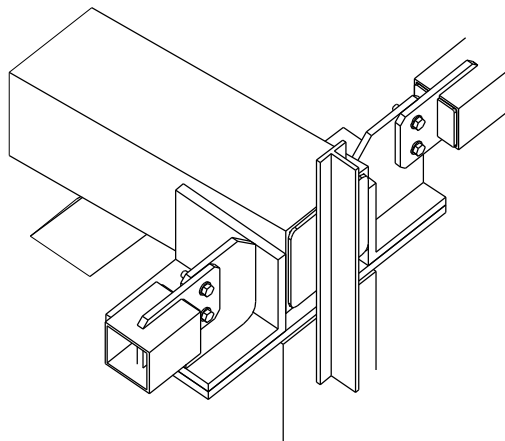
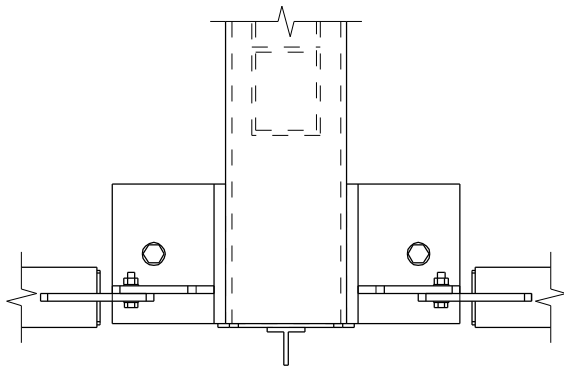


3D
1:10

Construction site and address Reflektionsväxthus - Konceptmodel	Content of drawing DETALJ Anslutning Pelartopp - Linje A		Scale 1:10	Page
	Drawn by H Björkqvist	Designed by H Björkqvist	Drawing number RF-1-12	Revision
	Date 18.05.2017	Approved by	Project number 1	

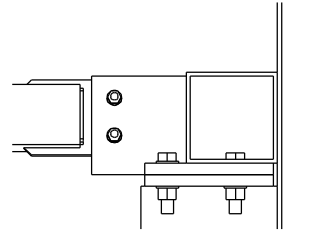
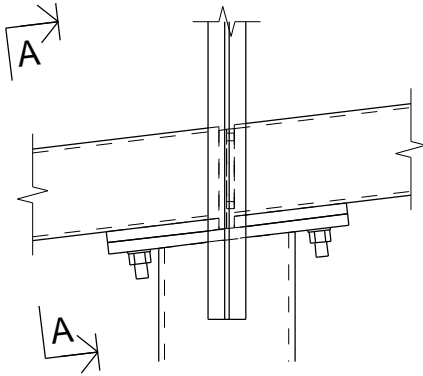


A - A
1:10

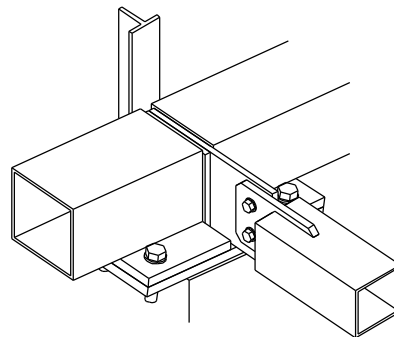
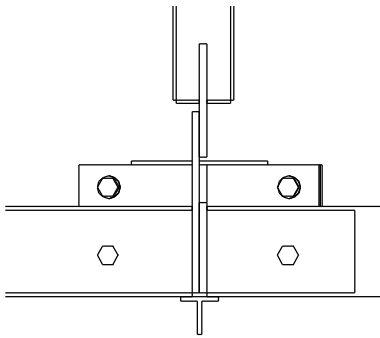


3D
1:10

Construction site and address Reflektionsväxthus - Konceptmodel	Content of drawing DETALJ Anslutning Pelartopp - Linje 1 och 9		Scale 1:10	Page
	Drawn by H Björkqvist		Drawing number RF-1-13	Revision
	Date 18.05.2017	Designed by H Björkqvist	Project number 1	
		Approved by		

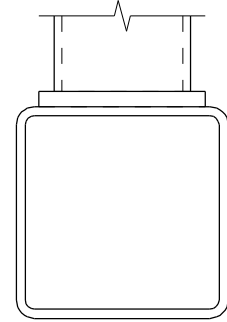
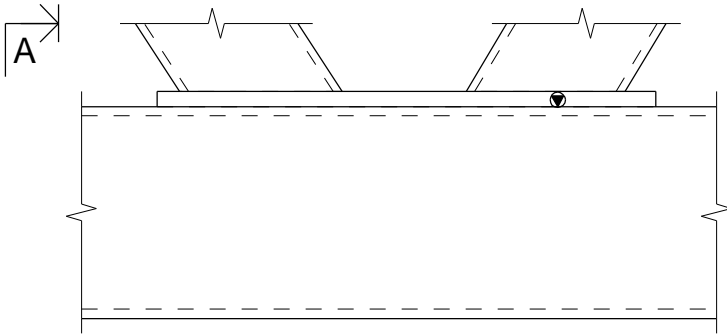


A - A
1:10

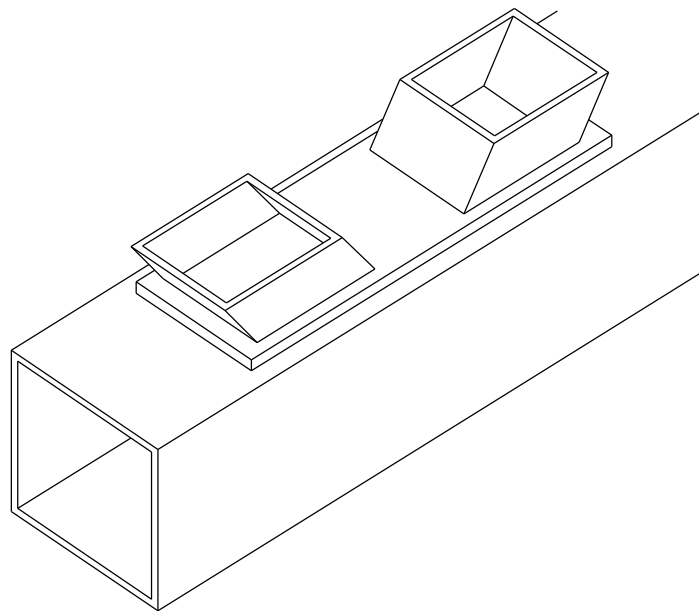
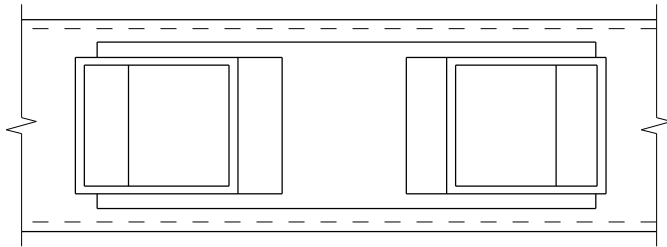


3D
1:10

Construction site and address Reflektionsväxthus - Konceptmodel	Content of drawing DETALJ Anslutning Fackverk - diagonaler		Scale 1:5	Page
	Drawn by H Björkqvist	Designed by H Björkqvist	Drawing number RF-1-14	Revision
	Date 17.05.2017	Approved by	Project number 1	

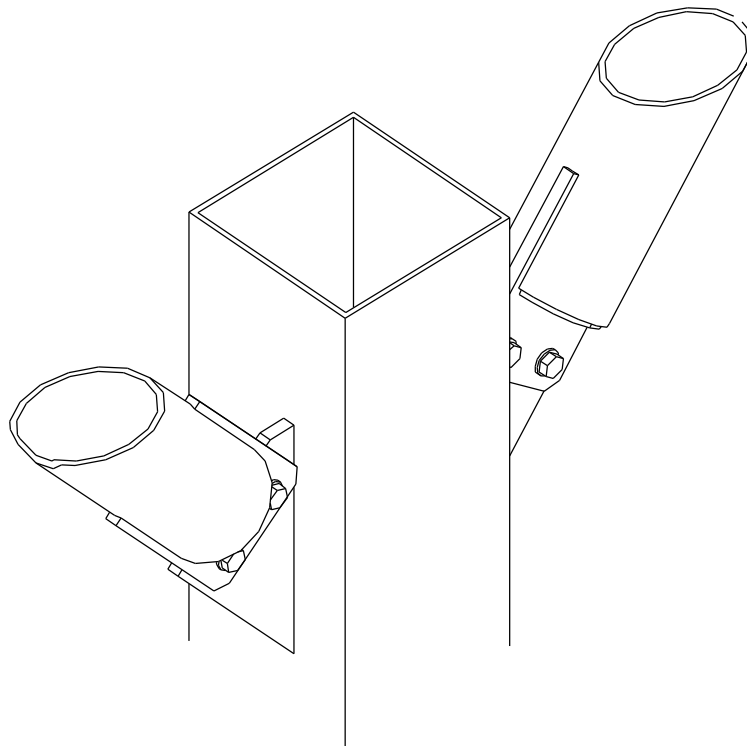
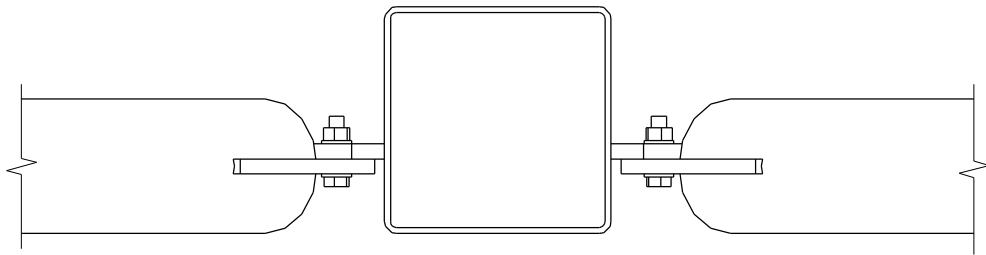
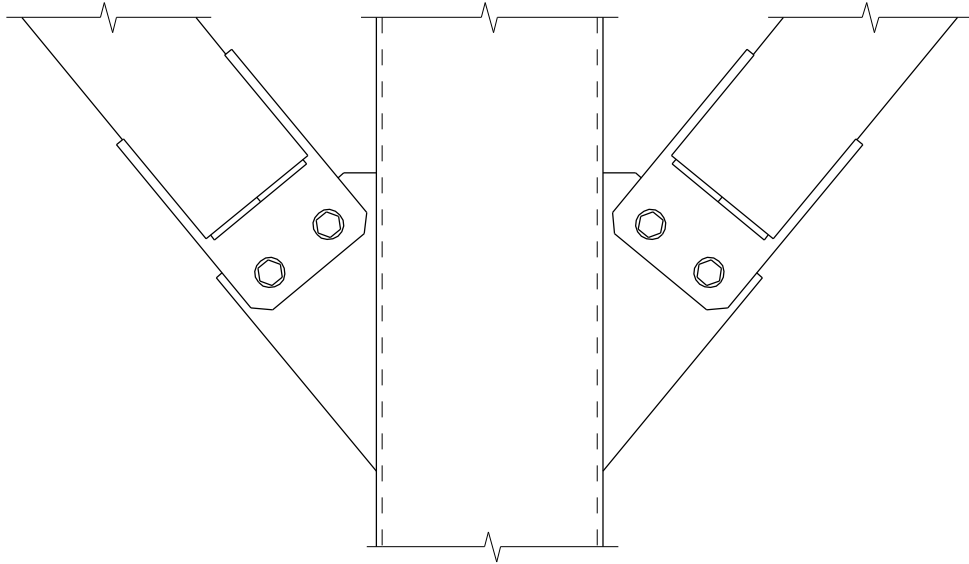


A - A
1:5



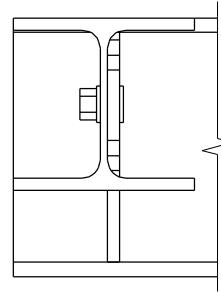
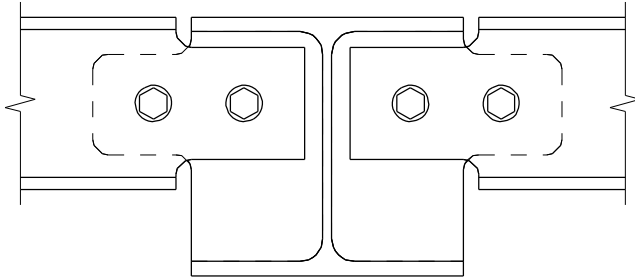
3D
1:5

Construction site and address Reflektionsväxthus - Konceptmodel	Content of drawing DETALJ Anslutning Pelare - vindstag		Scale 1:5	Page
	Drawn by H Björkqvist		Designed by H Björkqvist	Revision
Date 18.05.2017		Approved by	Drawing number RF-1-15	
			Project number 1	

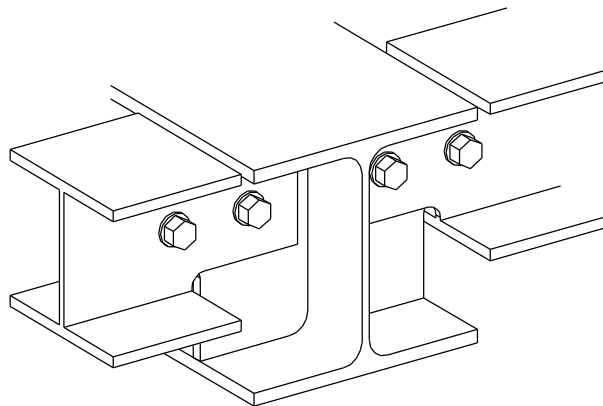
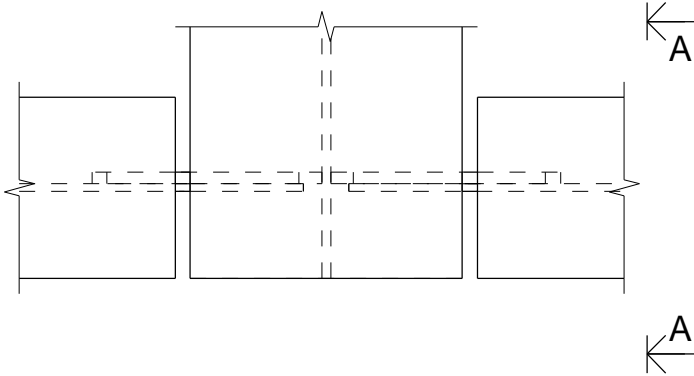


3D
1:5

Construction site and address Reflektionsväxthus - Konceptmodel	Content of drawing DETALJ Anslutning Reflektorbalk		Scale 1:5	Page
	Drawn by H Björkqvist	Designed by H Björkqvist	Drawing number RF-1-16	Revision
	Date 18.05.2017	Approved by	Project number 1	



A - A
1:5



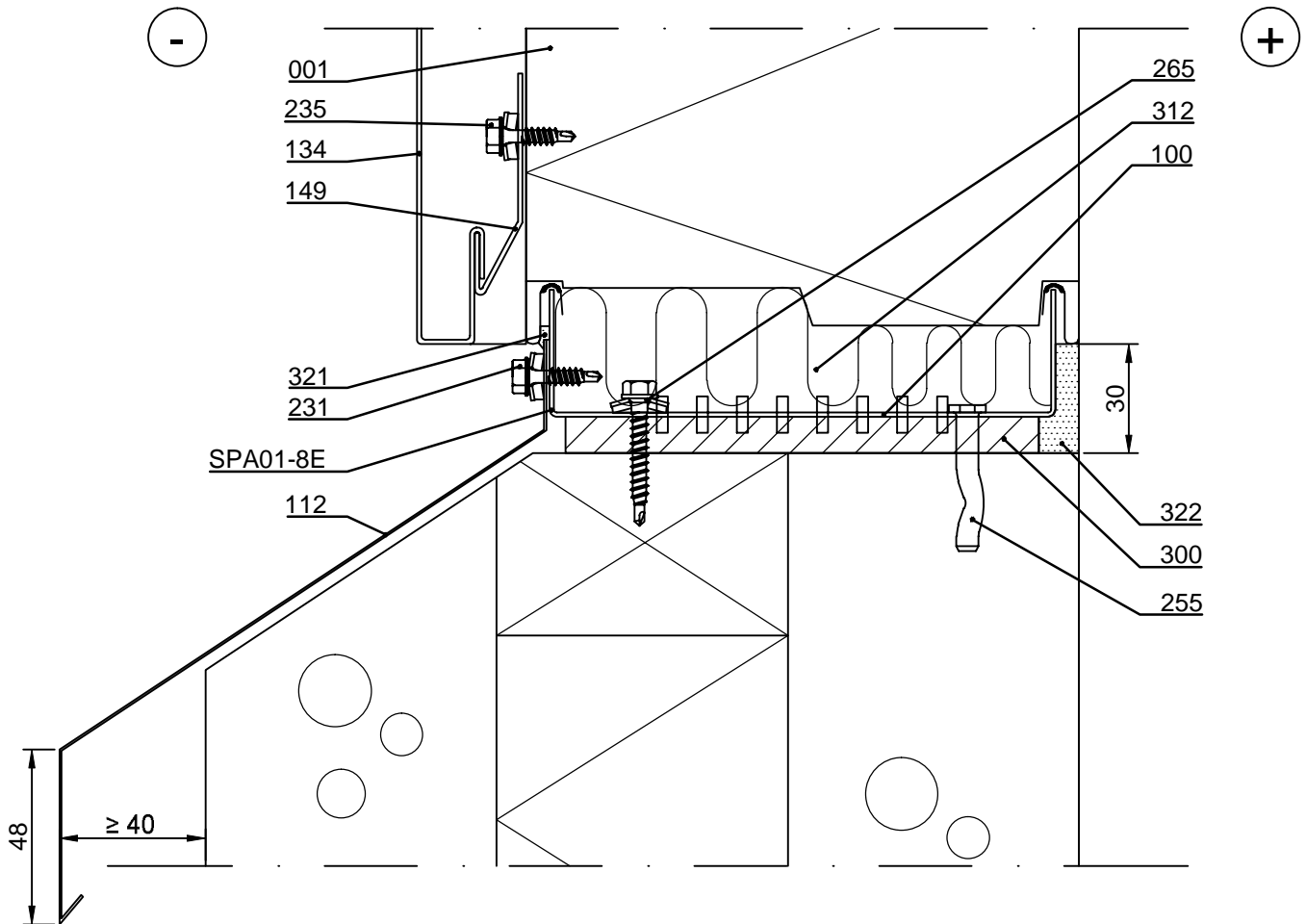
3D
1:5

RUUKKI

Contents of drawing

Sandwich panel SPA, horizontal installation
Plinth, vertical section
Option 2

Date 22.01.2010	Rev. date 20.08.2015	Work nr.	Drawing nr. SPA01-2E-EN
Drawn by Ruukki	Rev. A		
Scale 1:2	Building	File nr.	



- 001. Sandwich panel SPA
- 100. /EA1U___/ Starter track
- 112. /EA1P1-___/ Cill flashing (can be installed after element installation)
- 134. /EA1JV10-11/ Vertical joint panel
- 149. /EA1SF1/ Joint panel starting fillet
- 231. Flashing fastener, washer with sealing
- 235. Joint panel fastener, stainless steel, washer with sealing
- 255. /S5R63___/ Spike-fastener, concrete c/c600
- 265. /S3H55044WA4B/ Fastener, wood c/c600 | or
- 300. /EA3SP___10/ Plinth sealing
- 312. /EAWS___/ Mineral wool band
- 321. /EA3SM310___/ Elastic sealant
- 322. /EA3SM310___/ Elastic sealant, if necessary

Ruukki's delivery

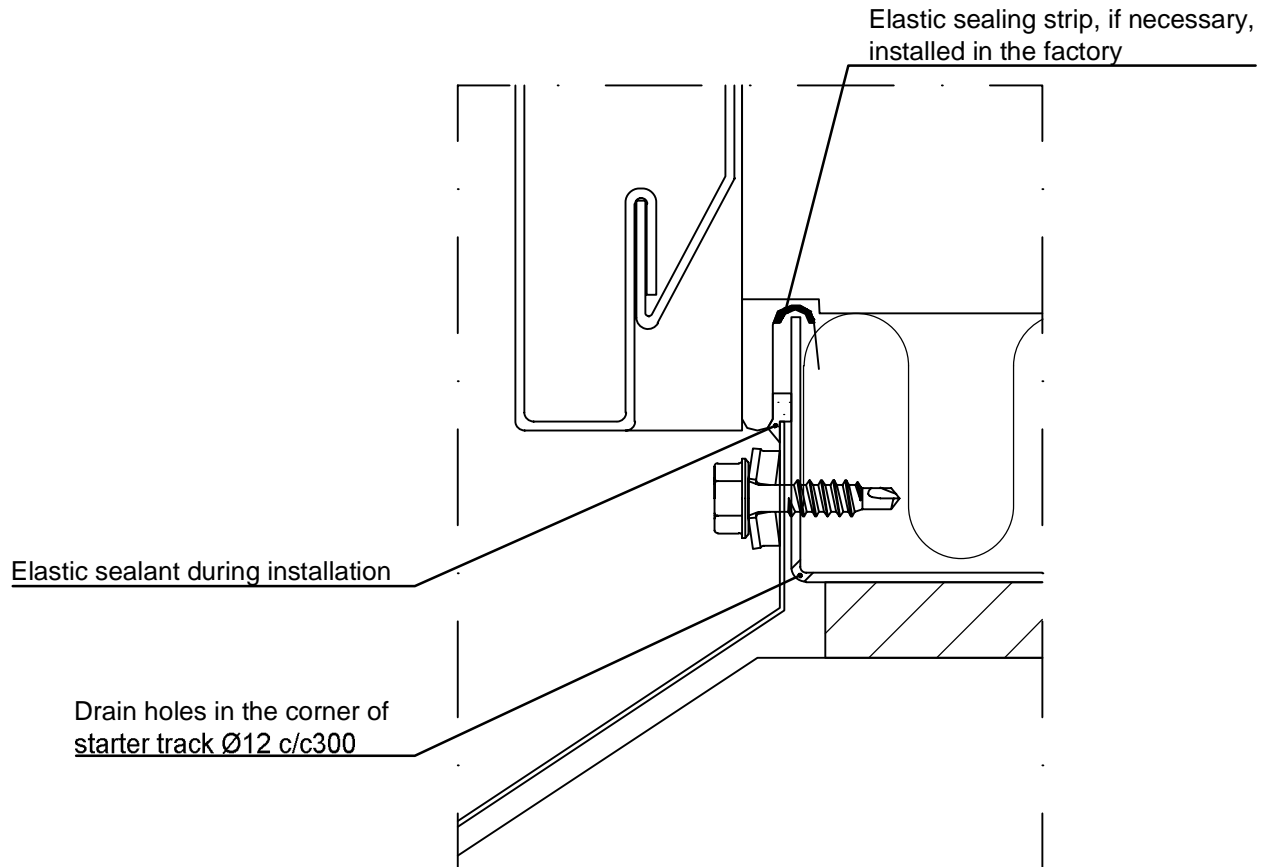
Copyright © Ruukki Construction Oy. Allowed only for designs with Ruukki's products.



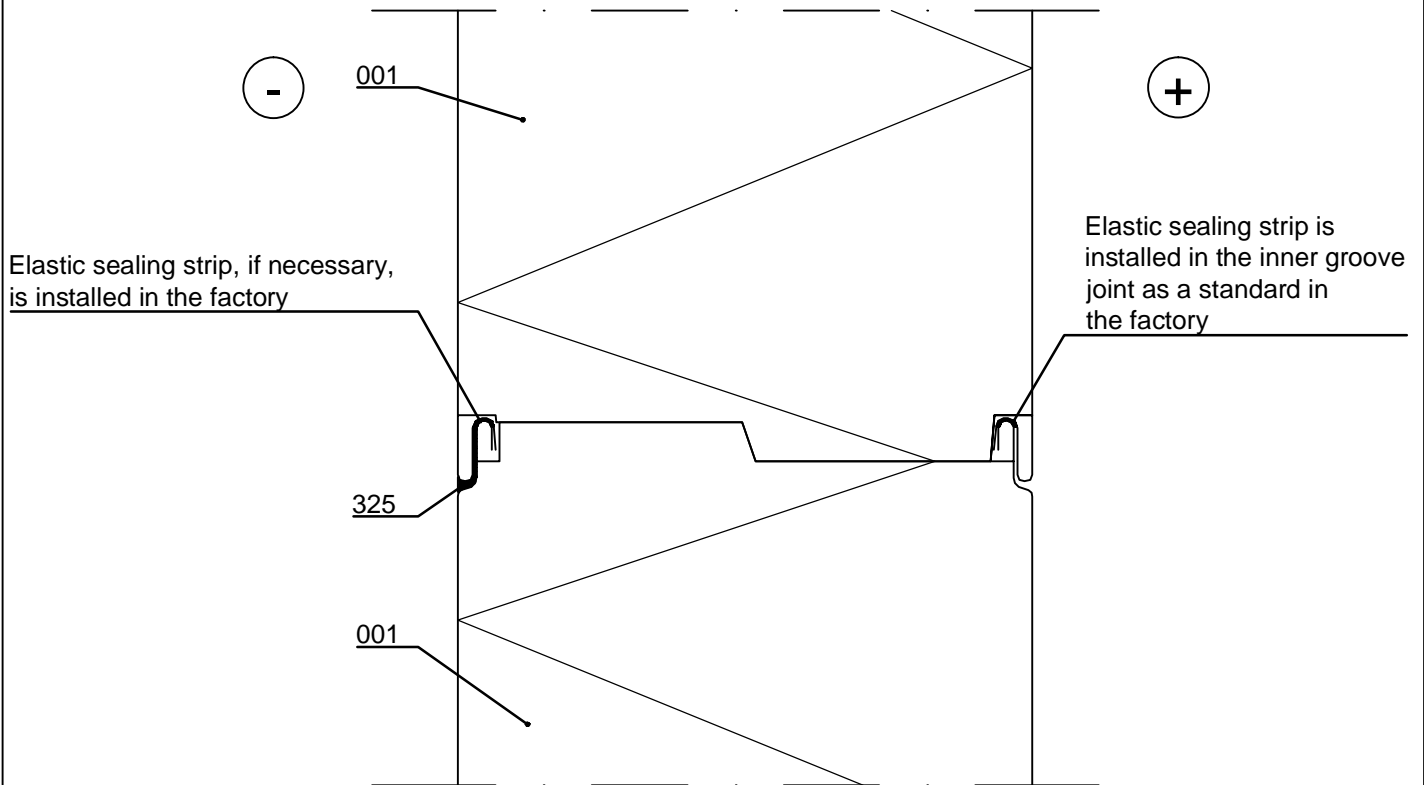
Contents of drawing

Sandwich panel SPA, horizontal installation
Plinth, detail

Date 20.08.2015	Rev. date	Work nr.	Drawing nr. SPA01-8E-EN
Drawn by Ruukki	Rev.		
Scale 1:1	Building	File nr.	



Date 22.01.2010	Rev. date 20.08.2015	Work nr.	Drawing nr. SPA02-1E-EN
Drawn by Ruukki	Rev. A		
Scale 1:2	Building	File nr.	



When force of windpressure is $> 0,6 \text{ kN/m}^2$, element groove sealant is needed.
If sealant is needed, it must be documented in the element order form.

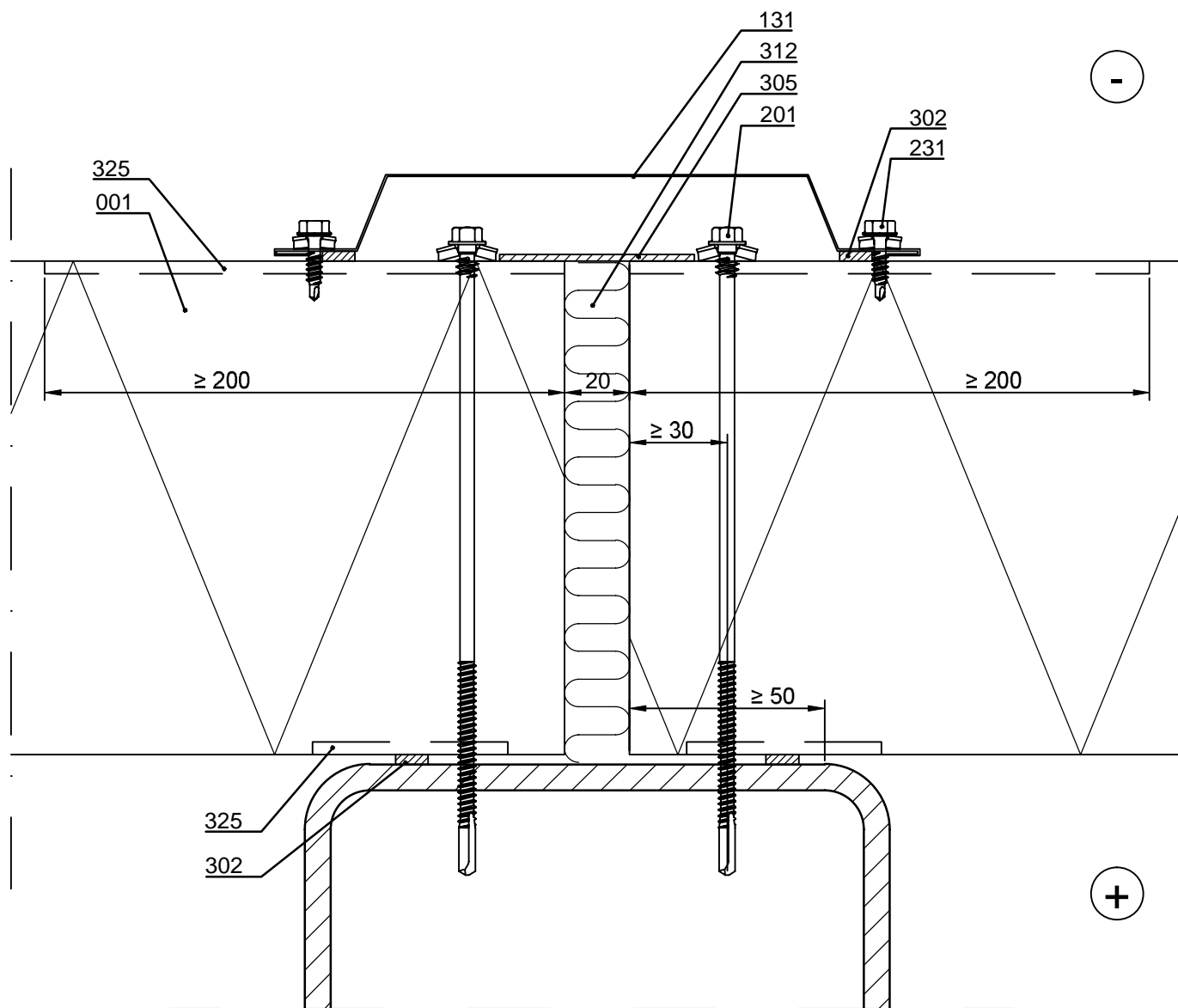
- 001. Sandwich panel SPA
- 325. /EA3SM310___/ Elastic sealant during installation to outer male groove $\geq 200 \text{ mm}$ in length and inner male groove 60 mm in length
- Ruukki's delivery

RUUKKI

Contents of drawing

Sandwich panel SPA horizontal installation
Vertical joint, horizontal section
Rectangle hollow section column, option 1

Date 22.01.2010	Rev. date 20.08.2015	Work nr.	Drawing nr. SPA03-1E-EN
Drawn by Ruukki	Rev. A		
Scale 1:2	Building	File nr.	

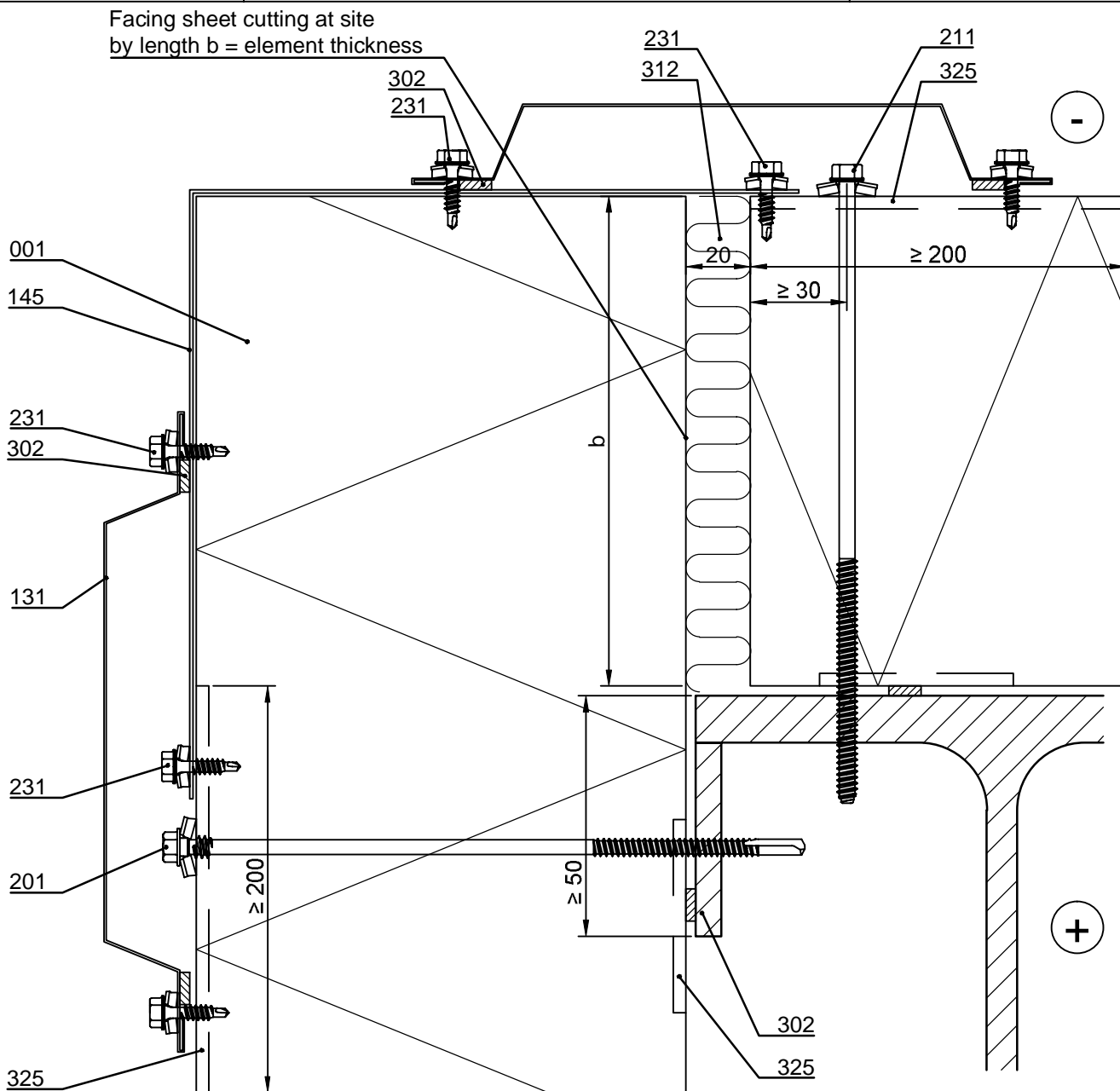


- 001. Sandwich panel SPA
- 131. /EA1JV1/ Vertical joint flashing
- 201. Self-drilling element screw, washer with sealing
- 231. Flashing fastener, washer with sealing
- 302. /EA3SS410/ Sealing
- 305. /EA3RBS06/ Butyl rubber sealant
- 312. /EAWS___/ Mineral wool band
- 325. /EA3SM310___/ Elastic sealant during inst. to outer male groove ≥ 200 mm in length and inner male groove 60 mm in length

Ruukki's delivery

Copyright © Ruukki Construction Oy. Allowed only for designs with Ruukki's products.

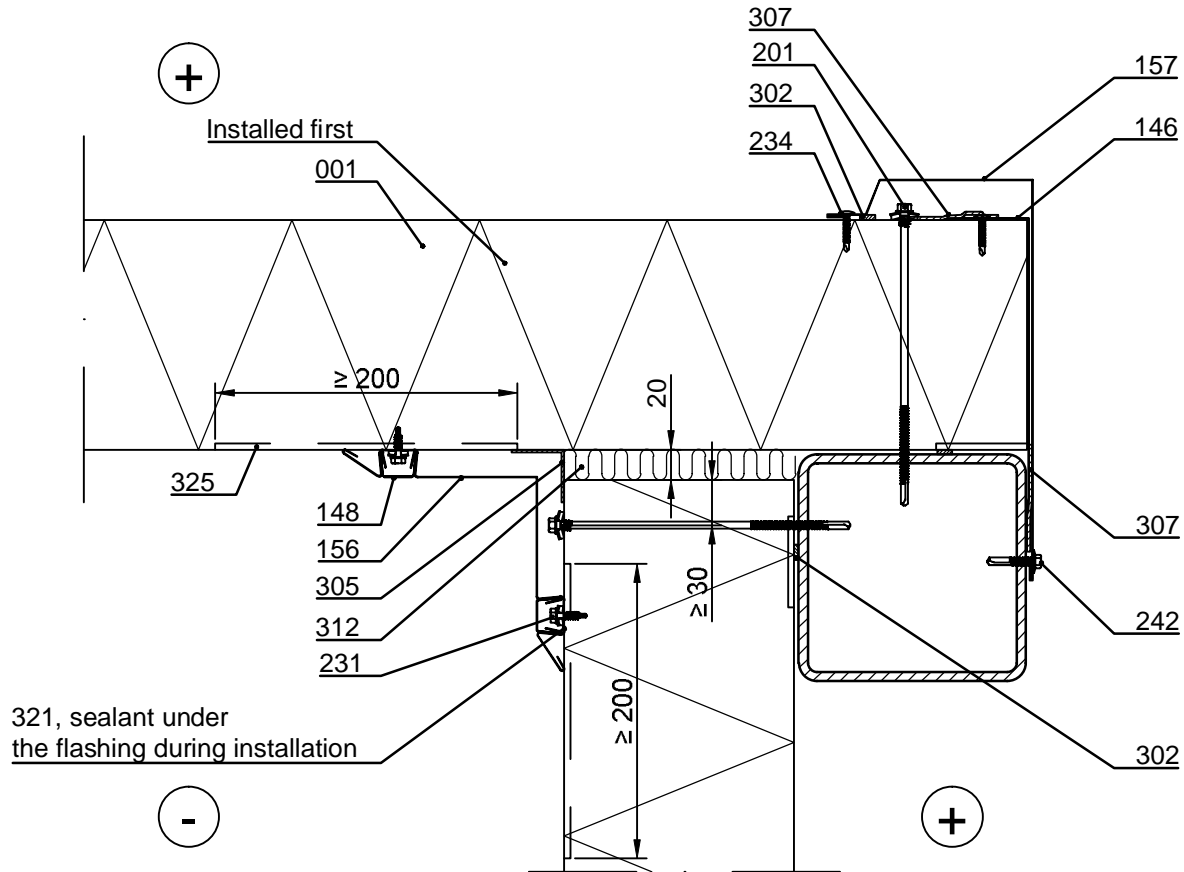
Date 22.01.2010	Rev. date 20.08.2015	Work nr.	Drawing nr. SPA04-2E-EN
Drawn by Ruukki	Rev. A		
Scale 1:2	Building	File nr.	



- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> 001. Sandwich panel SPA | <input type="checkbox"/> 302. /EA3SS410/ Sealing |
| <input type="checkbox"/> 131. /EA1JV1/ Vertical joint flashing | <input type="checkbox"/> 312. /EAWS___/ Mineral wool band |
| <input type="checkbox"/> 145. /EA1EC10-___/ External corner flashing,
(limited range of colours) | <input type="checkbox"/> 325. /EA3SM310___/ Elastic sealant during inst.
to outer male groove ≥ 200 mm in length and
inner male groove 60 mm in length |
| <input type="checkbox"/> 201. Self-drilling element screw, washer with sealing | |
| <input type="checkbox"/> 211. Self-threading element screw, washer with sealing | |
| <input type="checkbox"/> 231. Flashing fastener, washer with sealing | |

Ruukki's delivery

Date 22.01.2010	Rev. date 20.08.2015	Work nr.	Drawing nr. SPA05-2E-EN
Drawn by Ruukki	Rev. A		
Scale 1:5	Building	File nr.	



- 001. Sandwich panel SPA
- 146. /EA1EC9-___/ External corner flashing
- 148. /EA1VCO/ Vertical cover flashing
- 156. /EA1IC9/ Internal corner flashing
- 157. Cover flashing, t = 0.6 mm, according to project
- 201. Self-drilling element screw, washer with sealing
- 231. Flashing fastener, washer with sealing
- 234. Flat head flashing fastener
- 242. Fastener screw, without washer
- 302. /EA3SS410/ Sealing
- 305. /EA3RBS06/ Butyl rubber sealant
- 312. /EAWS___/ Mineral wool band
- 321. /EA3SM310___/ Elastic sealant
- 325. /EA3SM310___/ Elastic sealant during installation to outer male groove ≥ 200 mm in length and inner male groove 60 mm in length

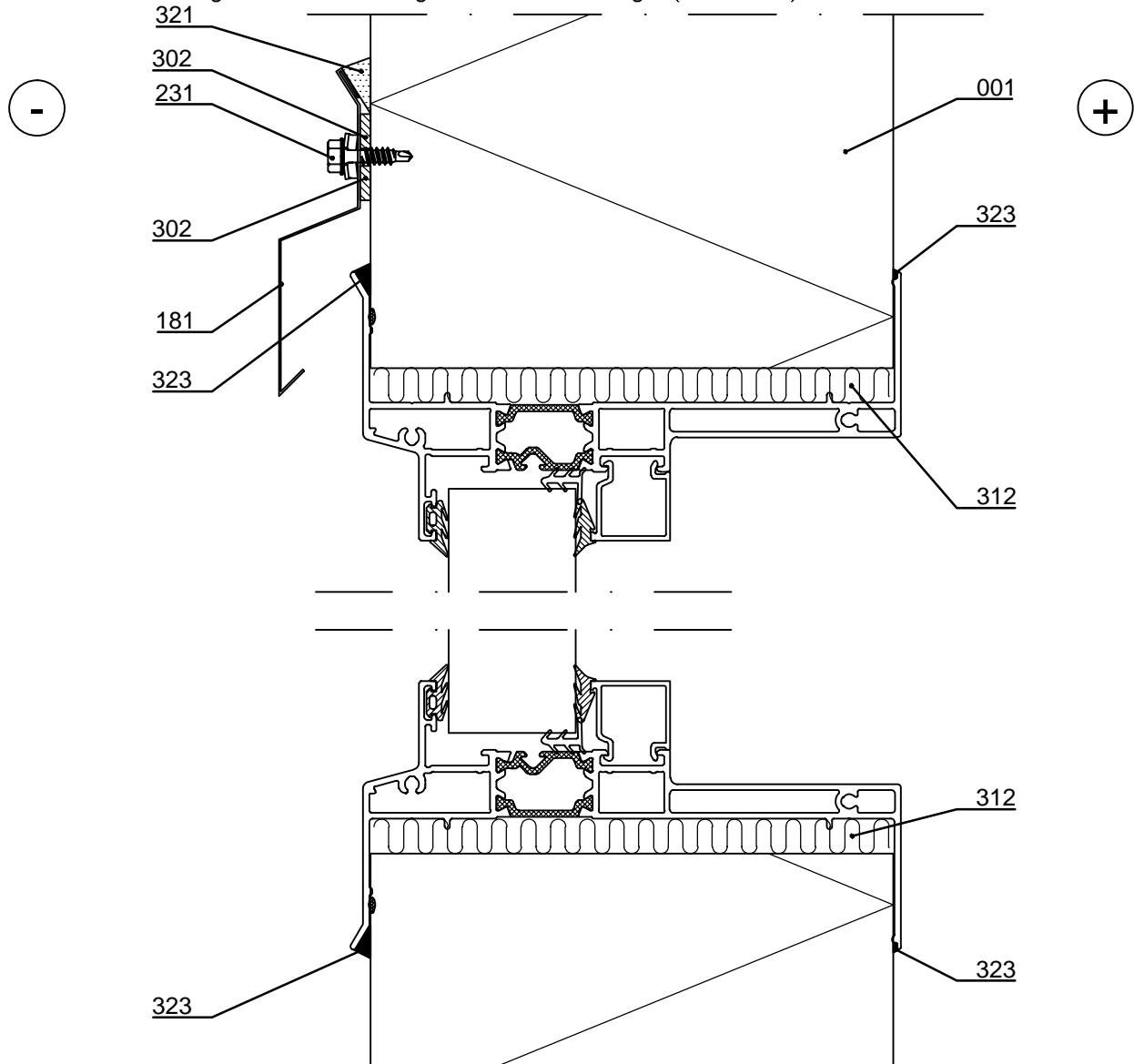
Ruukki's delivery

Date 22.01.2010	Rev. date 20.08.2015	Work nr.	Drawing nr. SPA08-1E-EN
Drawn by Ruukki	Rev. A		
Scale 1:2	Building	File nr.	

Note! Openings must be taken into account in dimensioning of elements.

Note! System window is installed during installation of elements. Fastening according to window manufacturers instructions.

Note! Remember to seal the grooves of the elements joining the window during the installation with sealant to outer male groove ≥ 200 mm in length and inner male groove 60 mm in length (SPA02-1E).



- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> 001. Sandwich panel SPA | <input type="checkbox"/> 312. /EAWS___/ Mineral wool band |
| <input type="checkbox"/> 181. Drip flashing, t = 0.6 mm, according to project | <input type="checkbox"/> 321. /EA3SM310___/ Elastic sealant |
| <input type="checkbox"/> 231. Flashing fastener, washer with sealing | <input type="checkbox"/> 323. Elastic sealant |
| <input type="checkbox"/> 302. /EA3SS410/ Sealing | |

Ruukki's delivery



Contents of drawing

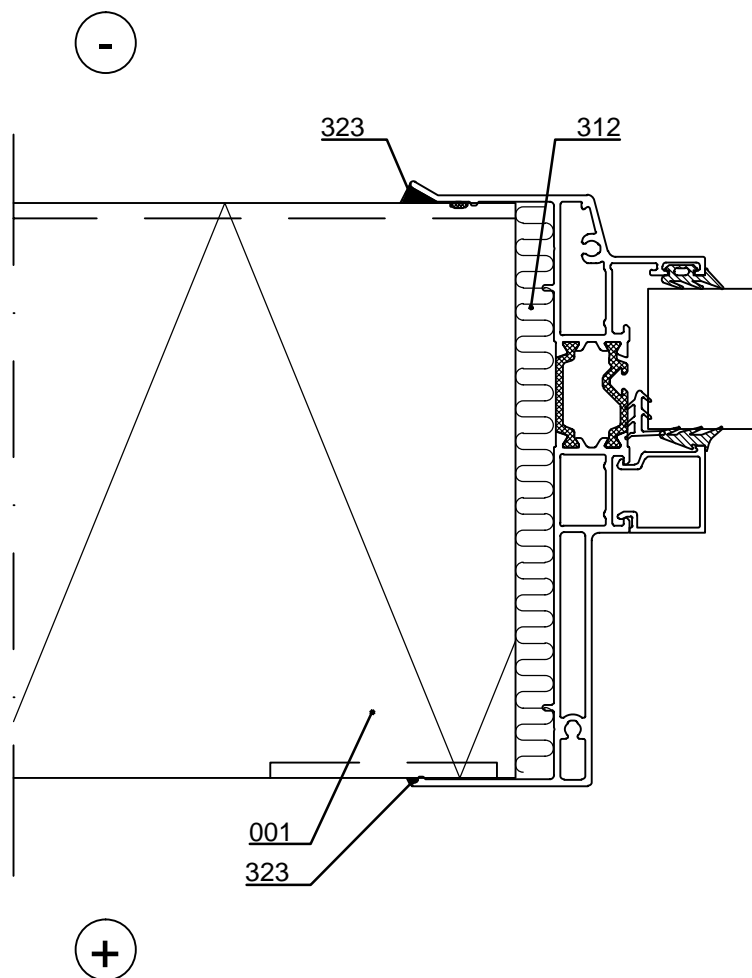
Sandwich panel SPA, horizontal installation
System window, horizontal section
Small window

Date 22.01.2010	Rev. date 20.08.2015	Work nr.	Drawing nr. SPA08-2E-EN
Drawn by Ruukki	Rev. A		
Scale 1:2	Building	File nr.	

Note! Openings must be taken into account in dimensioning of elements.

Note! System window is installed during installation of elements. Fastening according to window manufacturers instructions.

Note! Remember to seal the grooves of the elements joining the window during the installation with sealant to outer male groove ≥ 200 mm in length and inner male groove 60 mm in length (SPA02-1E).



- 001. Sandwich panel SPA
- 312. /EAWS___/ Mineral wool band
- 323. Elastic sealant

Ruukki's delivery

Copyright © Ruukki Construction Oy. Allowed only for designs with Ruukki's products.



Contents of drawing

Sandwich panel SPA, horizontal installation
System window, vertical section
Large window, supporting structure

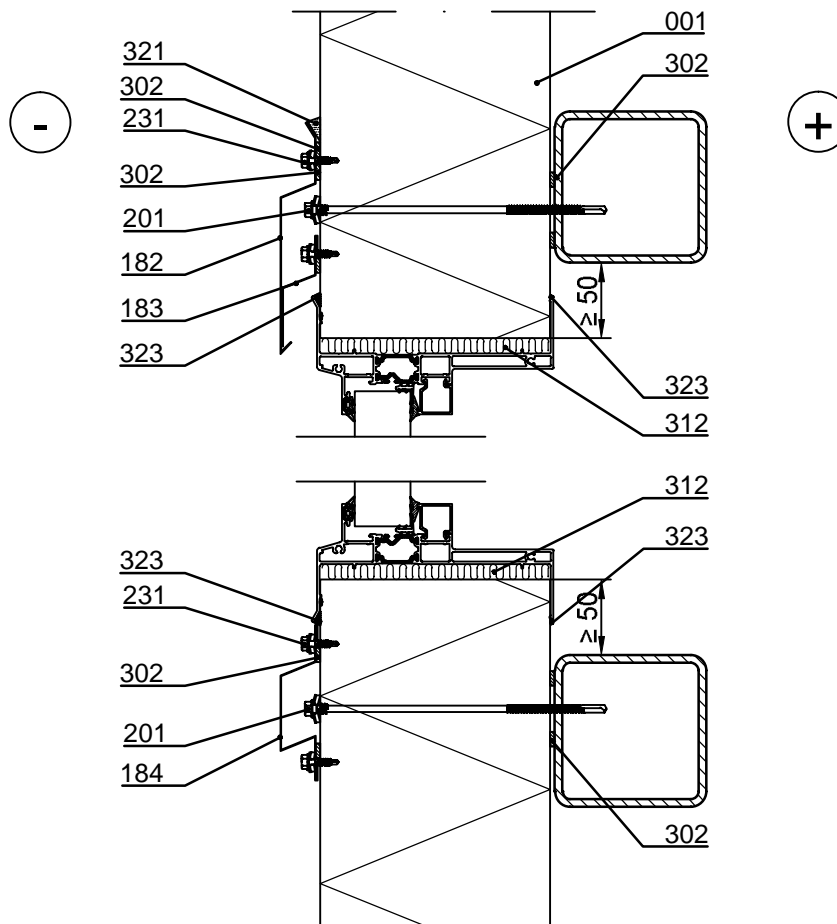
Date 22.01.2010	Rev. date 20.08.2015	Work nr.	Drawing nr. SPA08-3E-EN
Drawn by Ruukki	Rev. A		
Scale 1:5	Building	File nr.	

Note! Openings must be taken into account in dimensioning of elements.

Note! System window is installed during installation of elements. Fastening according to window manufacturers instructions.

Note! Remember to seal the grooves of the elements joining the window during the installation with sealant to outer male groove ≥ 200 mm in length and inner male groove 60 mm in length (SPA02-1E).

Supporting structures according to structural designer.



- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> 001. Sandwich panel SPA | <input type="checkbox"/> 231. Flashing fastener, washer with sealing |
| <input type="checkbox"/> 182. Drip flashing, t = 0.6 mm, according to project | <input type="checkbox"/> 302. /EA3SS410/ Sealing |
| <input type="checkbox"/> 183. Storm flashing, t = 0.6 mm, according to project | <input type="checkbox"/> 312. /EAWS___/ Mineral wool band |
| <input type="checkbox"/> 184. Cover flashing, t = 0.6 mm, according to project | <input type="checkbox"/> 321. /EA3SM310___/ Elastic sealant |
| <input type="checkbox"/> 201. Self-drilling element screw, washer with sealing | <input type="checkbox"/> 323. Elastic sealant |

Ruukki's delivery

Copyright © Ruukki Construction Oy. Allowed only for designs with Ruukki's products.

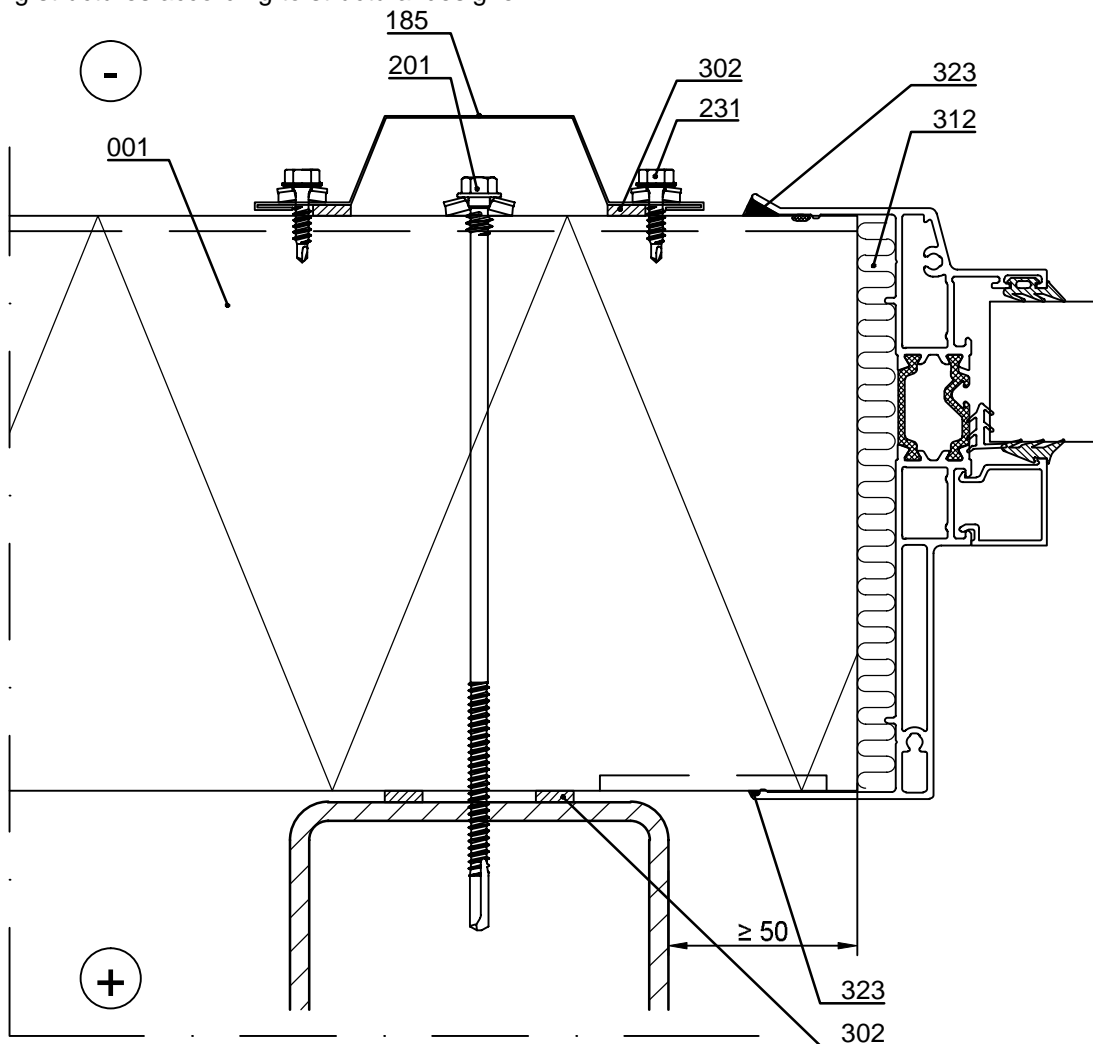
Date 22.01.2010	Rev. date 20.08.2015	Work nr.	Drawing nr. SPA08-4E-EN
Drawn by Ruukki	Rev. A		
Scale 1:2	Building	File nr.	

Note! Openings must be taken into account in dimensioning of elements.

Note! System window is installed during installation of elements. Fastening according to window manufacturers instructions.

Note! Remember to seal the grooves of the elements joining the window during the installation with sealant to outer male groove ≥ 200 mm in length and inner male groove 60 mm in length (SPA02-1E).

Supporting structures according to structural designer.



- 001. Sandwich panel SPA
- 185. Cover flashing, t = 0.6 mm, according to project
- 201. Self-drilling element screw, washer with sealing
- 231. Flashing fastener, washer with sealing
- 302. /EA3SS410/ Sealing
- 312. /EAWS___/ Mineral wool band
- 323. Elastic sealant

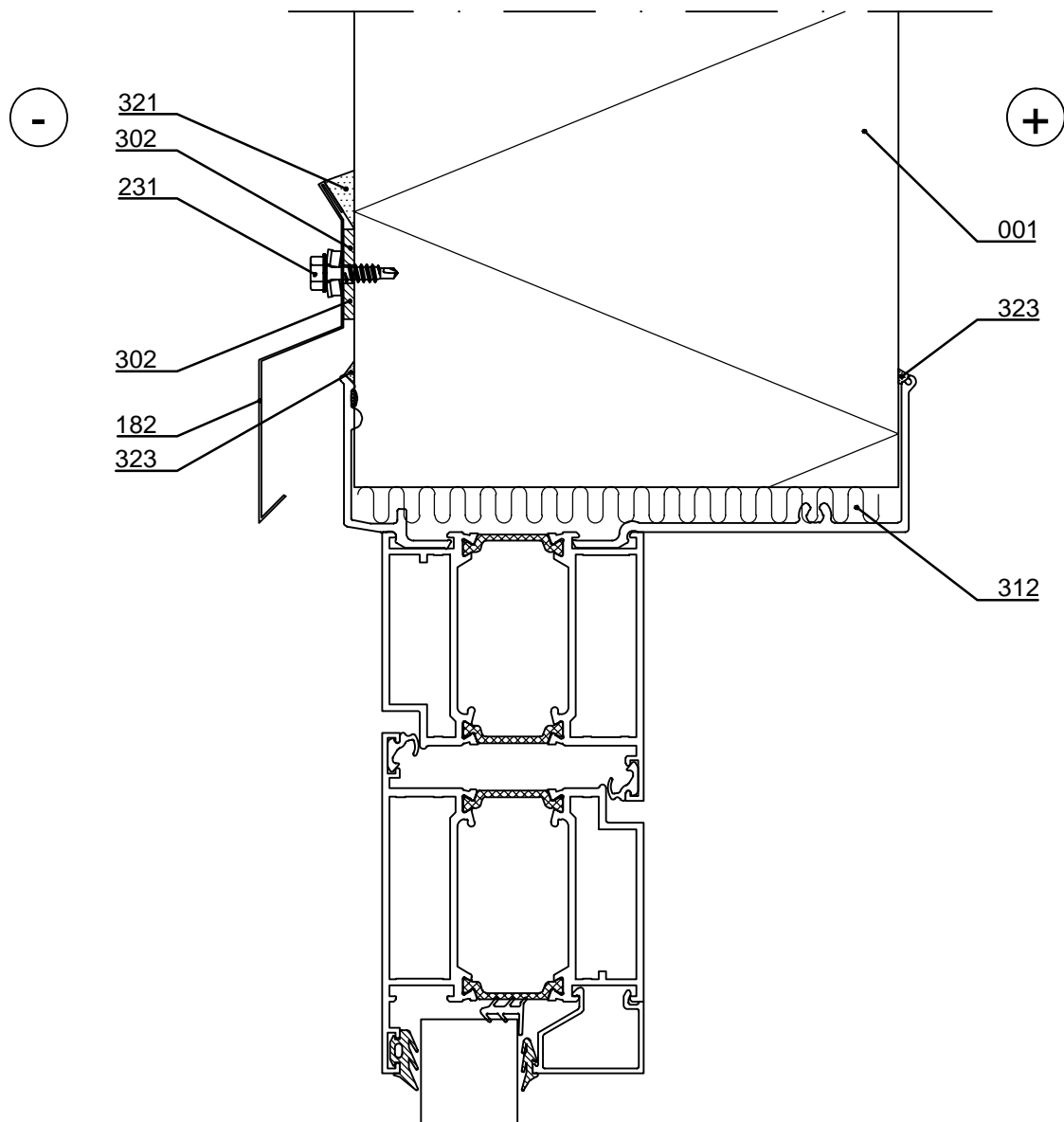
Ruukki's delivery

Date 22.01.2010	Rev. date 20.08.2015	Work nr.	Drawing nr. SPA09-1E-EN
Drawn by Ruukki	Rev. A		
Scale 1:2	Building	File nr.	

Note! Openings must be taken into account in dimensioning of elements.

Note! System door is installed during installation of elements. Fastening according to door manufacturers instructions.

Note! Remember to seal the grooves of the elements joining the door during the installation with sealant to outer male groove ≥ 200 mm in length and inner male groove 60 mm in length (SPA02-1E).



- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> 001. Sandwich panel SPA | <input type="checkbox"/> 312. /EAWS___/ Mineral wool band |
| <input type="checkbox"/> 182. Drip flashing, t = 0.6 mm, according to project | <input type="checkbox"/> 321. /EA3SM310___/ Elastic sealant |
| <input type="checkbox"/> 231. Flashing fastener, washer with sealing | <input type="checkbox"/> 323. Elastic sealant |
| <input type="checkbox"/> 302. /EA3SS410/ Sealing | |

Ruukki's delivery



Contents of drawing

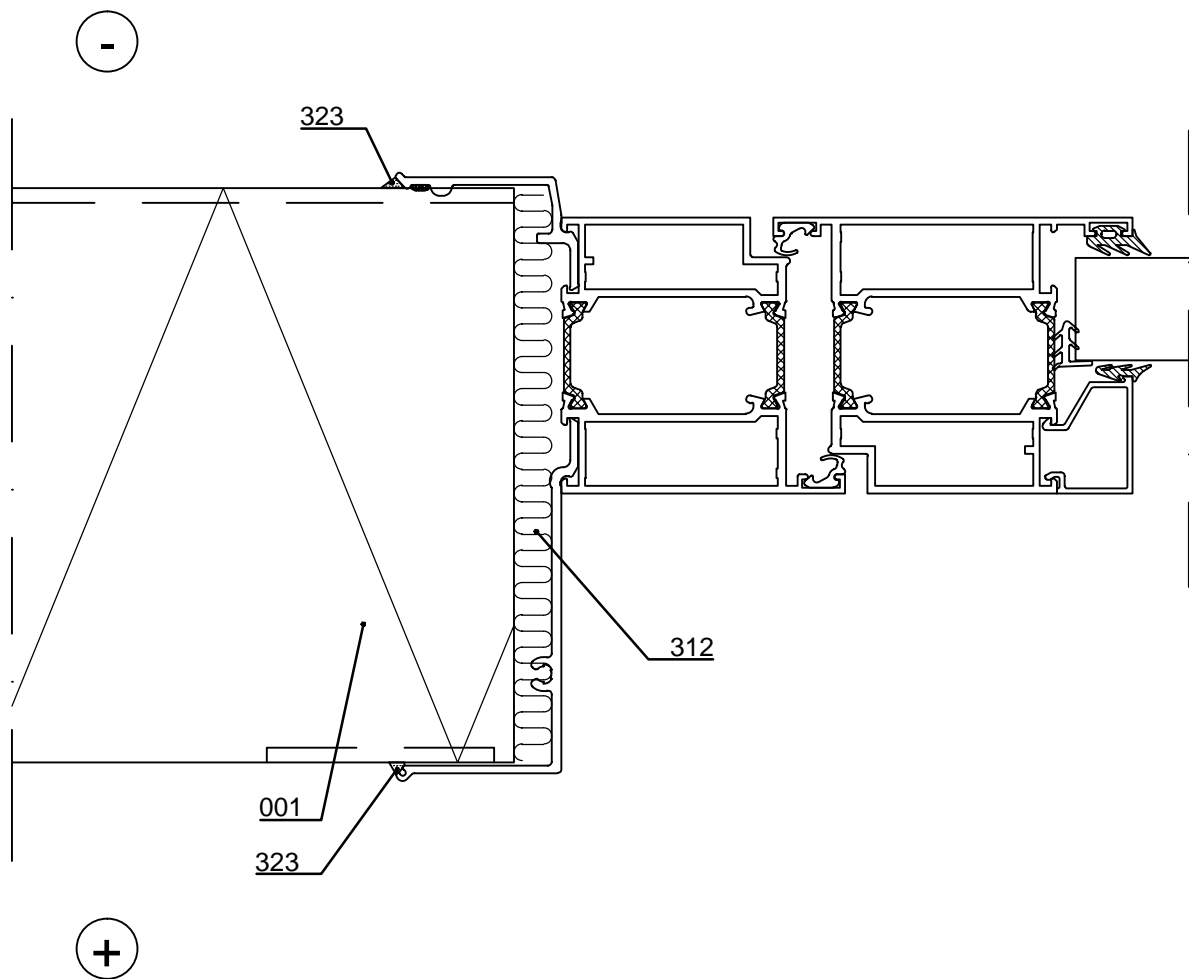
Sandwich panel SPA, horizontal installation
System door, horizontal section
Single door

Date 22.01.2010	Rev. date 20.08.2015	Work nr.	Drawing nr. SPA09-2E-EN
Drawn by Ruukki	Rev. A		
Scale 1:2	Building	File nr.	

Note! Openings must be taken into account in dimensioning of elements.

Note! System door is installed during installation of elements. Fastening according to door manufacturers instructions.

Note! Remember to seal the grooves of the elements joining the door during the installation with sealant to outer male groove ≥ 200 mm in length and inner male groove 60 mm in length (SPA02-1E).



- 001. Sandwich panel SPA
- 312. /EAWS___/ Mineral wool band
- 323. Elastic sealant

Ruukki's delivery

Copyright © Ruukki Construction Oy. Allowed only for designs with Ruukki's products.

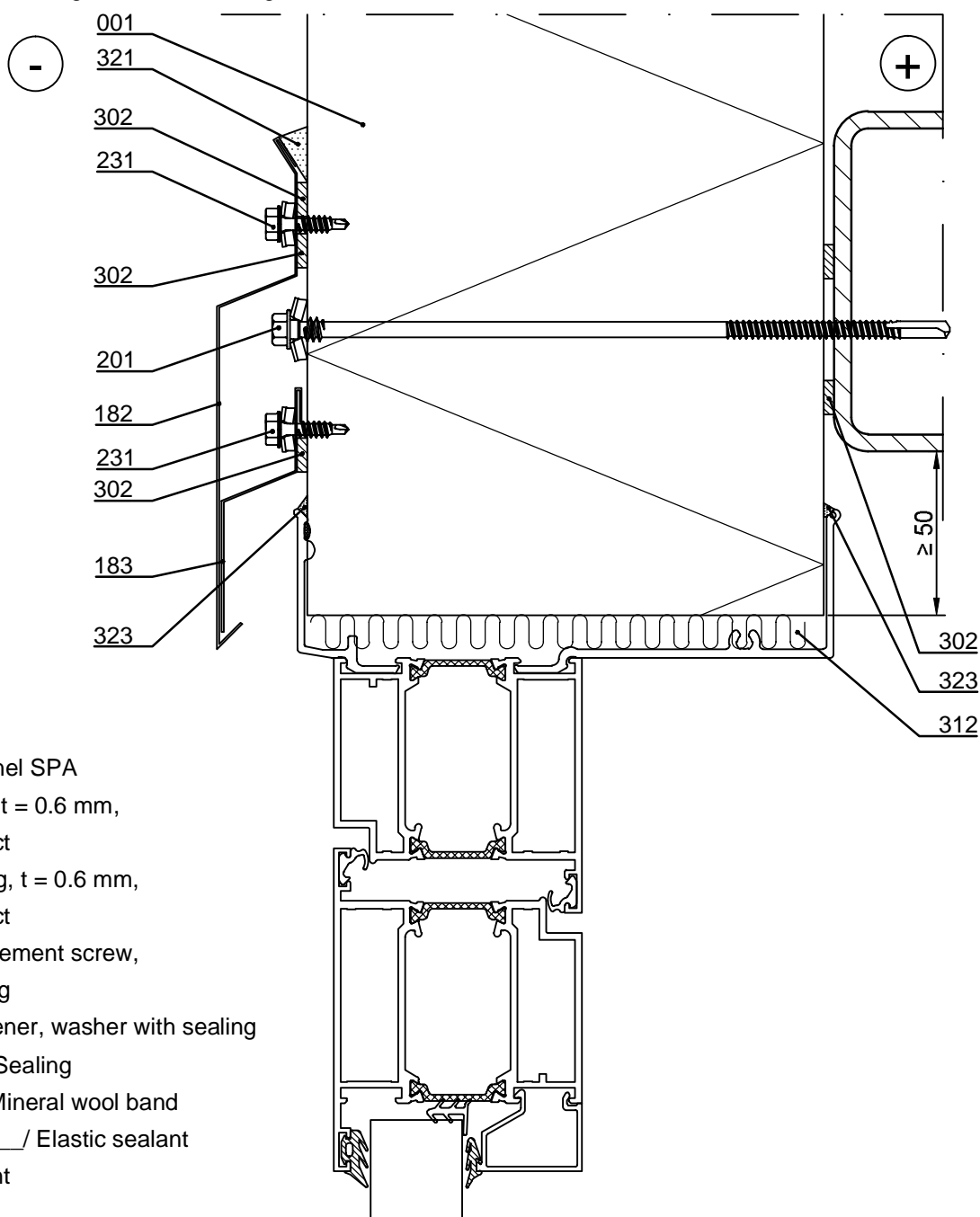
Date 22.01.2010	Rev. date 20.08.2015	Work nr.	Drawing nr. SPA09-3E-EN
Drawn by Ruukki	Rev. A		
Scale 1:2	Building	File nr.	

Note! Openings must be taken into account in dimensioning of elements.

Note! System door is installed during installation of elements. Fastening according to door manufacturers instructions.

Note! Remember to seal the grooves of the elements joining the door during the installation with sealant to outer male groove ≥ 200 mm in length and inner male groove 60 mm in length (SPA02-1E).

Supporting structures according to structural designer.



- 001. Sandwich panel SPA
- 182. Drip flashing, $t = 0.6$ mm, according to project
- 183. Storm flashing, $t = 0.6$ mm, according to project
- 201. Self-drilling element screw, washer with sealing
- 231. Flashing fastener, washer with sealing
- 302. /EA3SS410/ Sealing
- 312. /EAWS___/ Mineral wool band
- 321. /EA3SM310___/ Elastic sealant
- 323. Elastic sealant

Ruukki's delivery

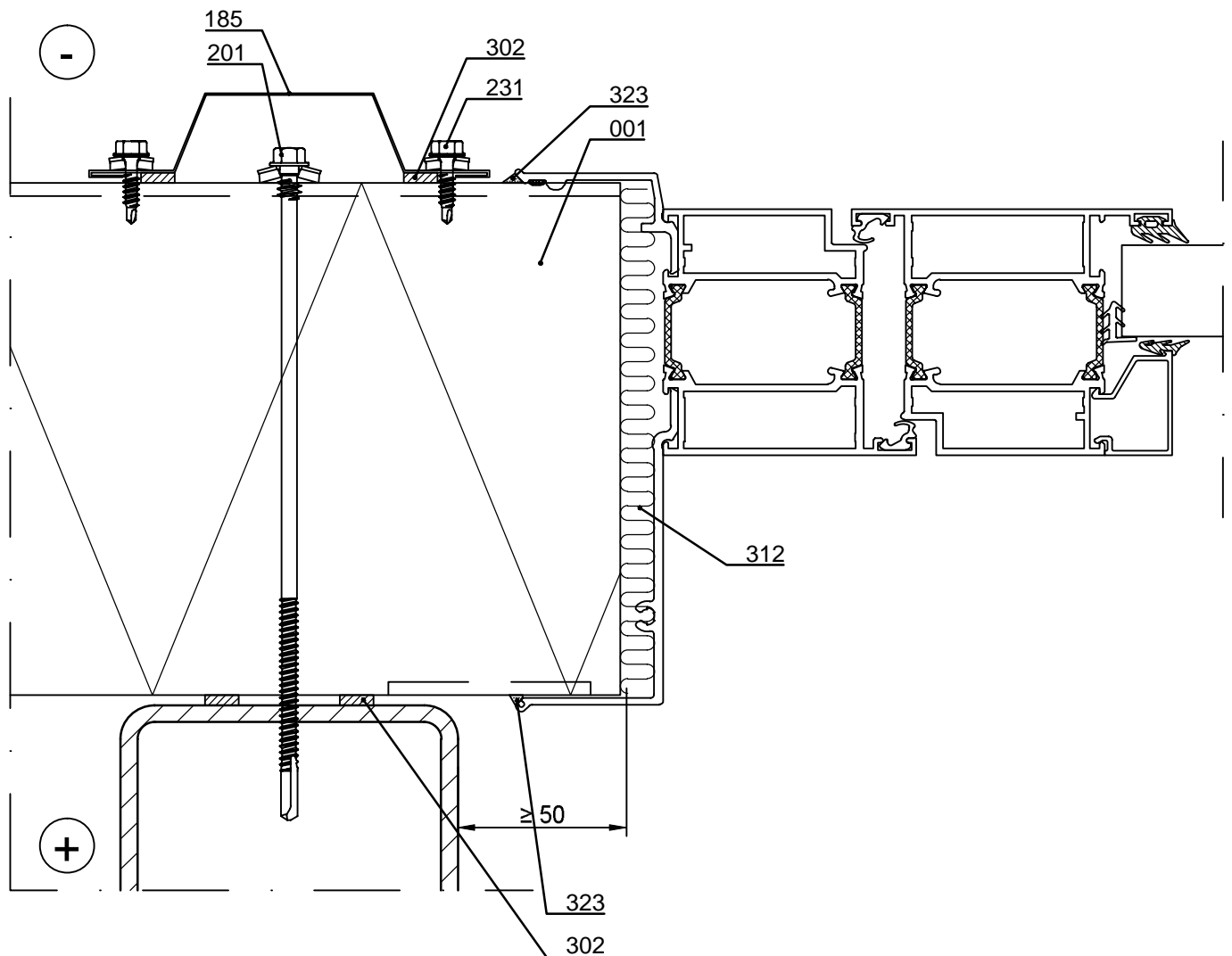
Date 22.01.2010	Rev. date 20.08.2015	Work nr.	Drawing nr. SPA09-4E-EN
Drawn by Ruukki	Rev. A		
Scale 1:2	Building	File nr.	

Note! Openings must be taken into account in dimensioning of elements.

Note! System door is installed during installation of elements. Fastening according to door manufacturers instructions.

Note! Remember to seal the grooves of the elements joining the door during the installation with sealant to outer male groove ≥ 200 mm in length and inner male groove 60 mm in length (SPA02-1E).

Supporting structures according to structural designer.



- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> 001. Sandwich panel SPA | <input type="checkbox"/> 302. /EA3SS410/ Sealing |
| <input type="checkbox"/> 185. Cover flashing, t = 0.6 mm, according to project | <input type="checkbox"/> 312. /EAWS___/ Mineral wool band |
| <input type="checkbox"/> 201. Self-drilling element screw, washer with sealing | <input type="checkbox"/> 323. Elastic sealant |
| <input type="checkbox"/> 231. Flashing fastener, washer with sealing | |

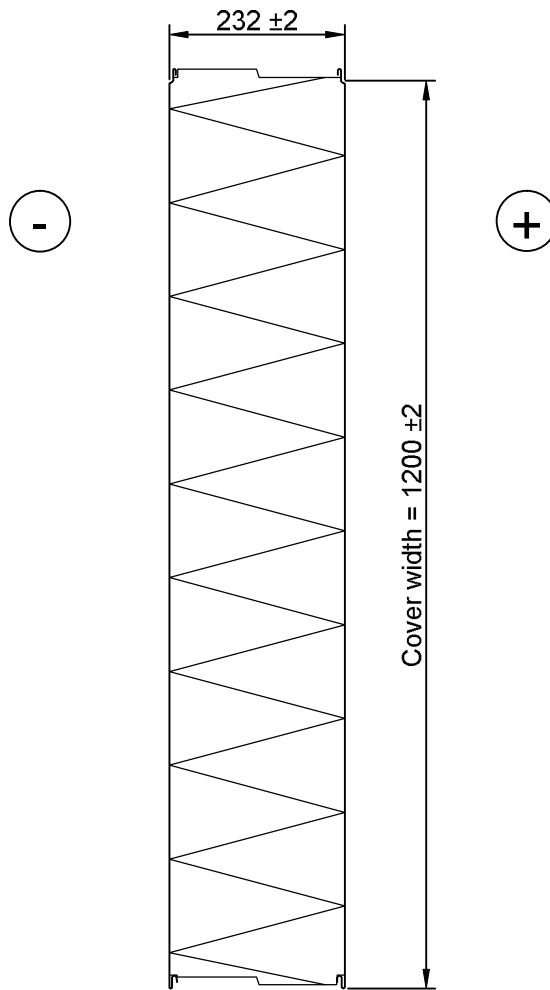
Ruukki's delivery



Contents of drawing

Sandwich panel SPA230

Date 20.08.2015	Rev. date	Work nr.	Drawing nr. SPA10-7E-EN
Drawn by Ruukki	Rev.		
Scale 1:10	Building	File nr.	



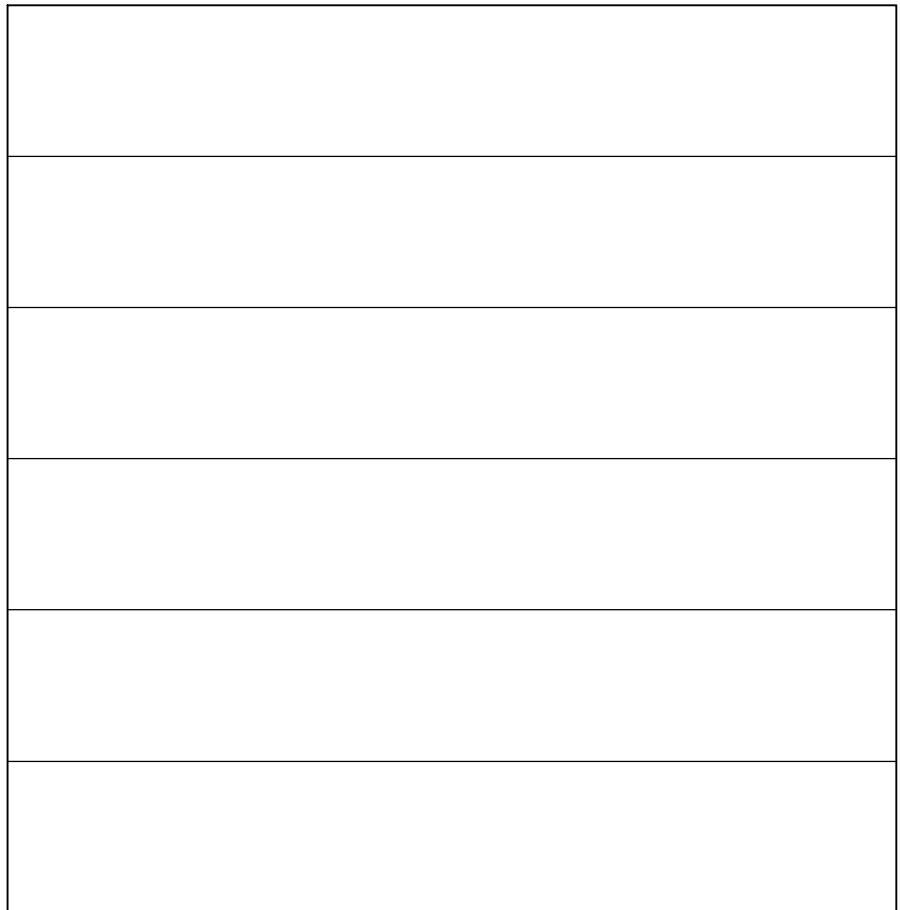
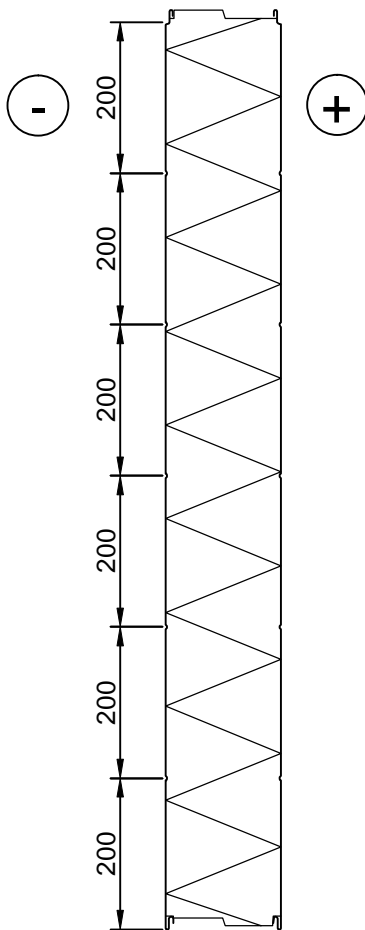


Contents of drawing

Sandwich panel SPA
Rib R200 surface profiling

Date 20.08.2015	Rev. date	Work nr.	Drawing nr. SPA11-2E-EN
Drawn by Ruukki	Rev.		
Scale 1:10	Building	File nr.	

Available for external and internal facings.



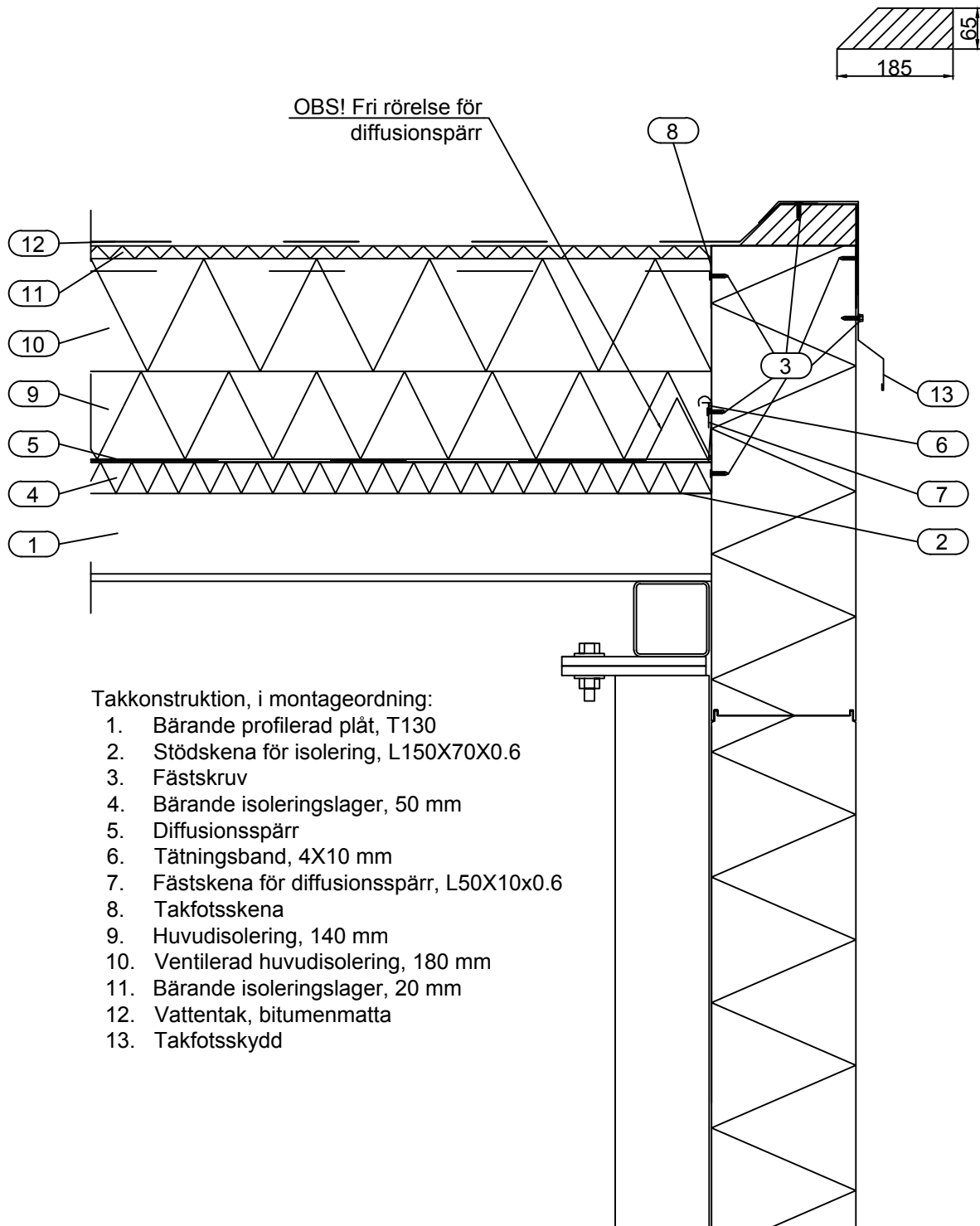
Content of drawing
TAKFOT, RIKTNING X
VERTICAL SECTION

Scale
1:10
 Drawing number
 -

Construction site and address

Drawn by
H Björkqvist
 Date
5.5.2017

Revised by
 -
 Revised date
 -



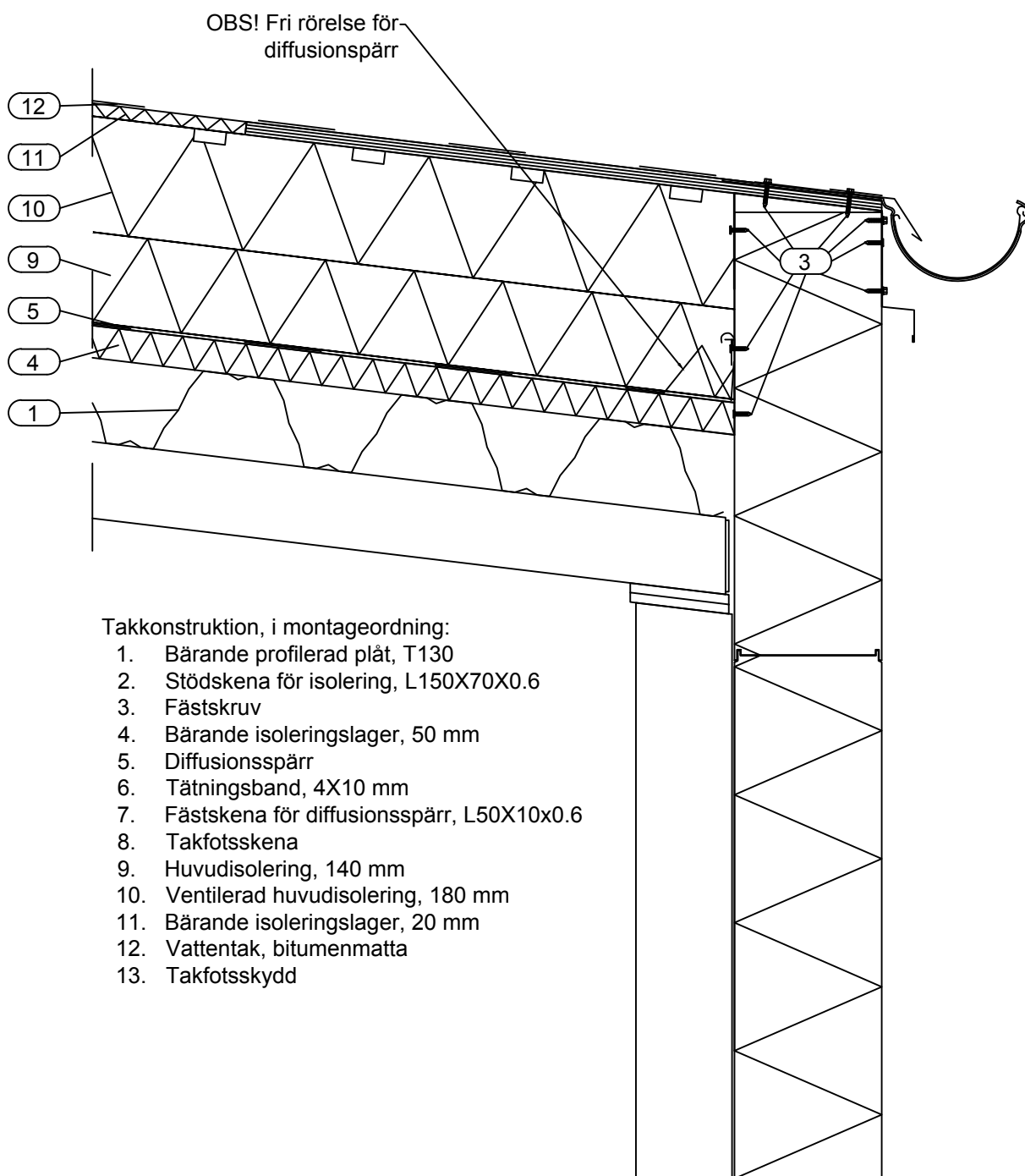
Content of drawing
TAKFOT, RIKTNING Y
VERTICAL SECTION

Scale
1:10
Drawing number
-

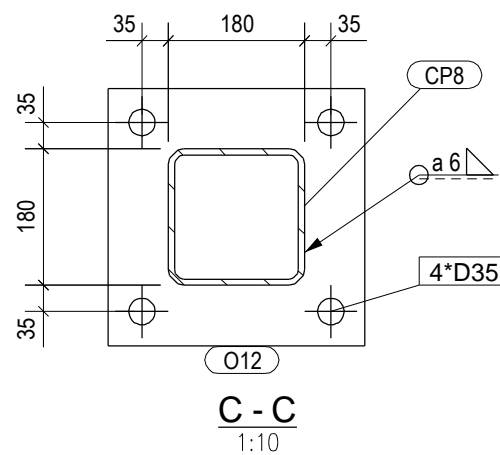
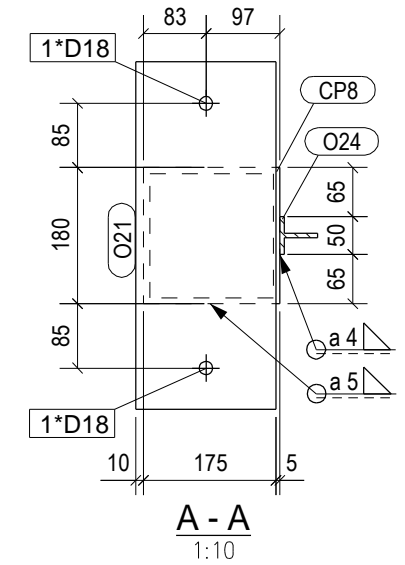
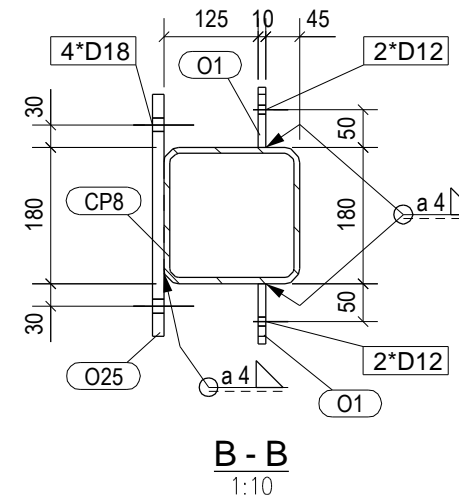
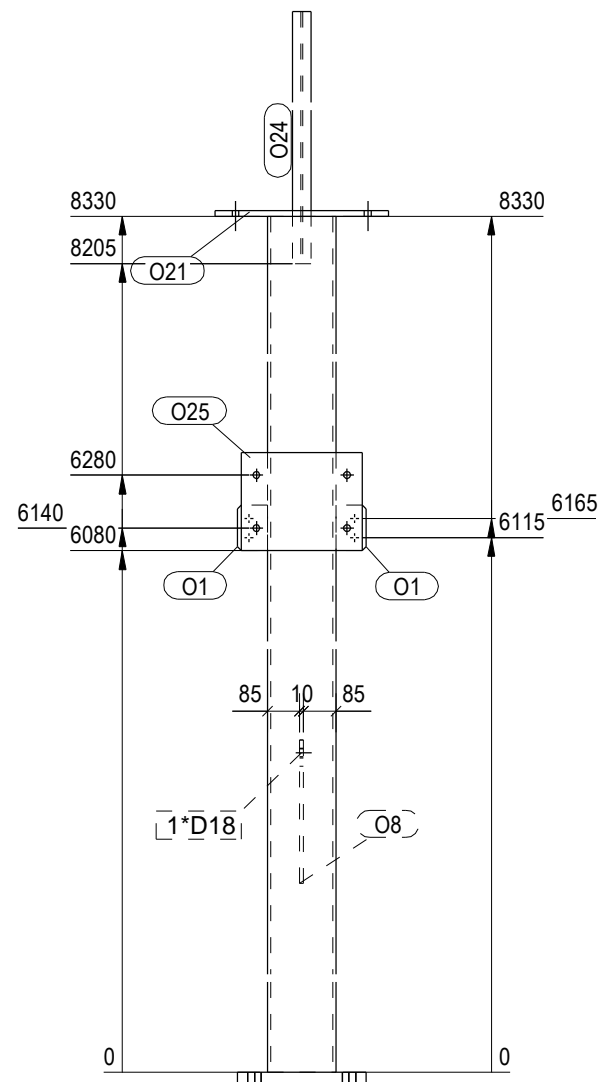
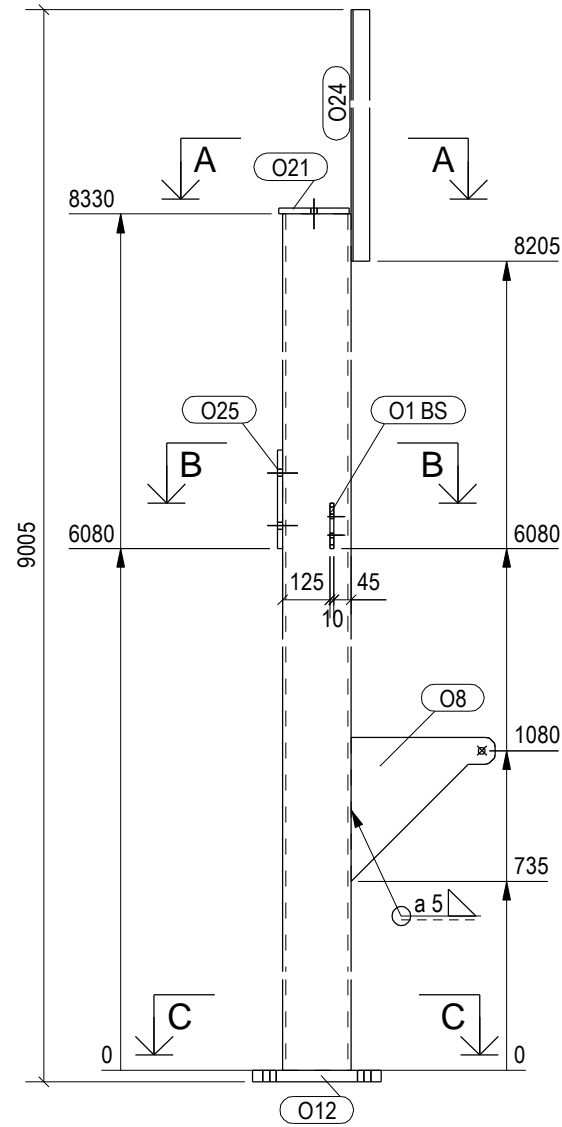
Construction site and address

Drawn by
H Björkqvist
Date
5.5.2017

Revised by
-
Revised date
-



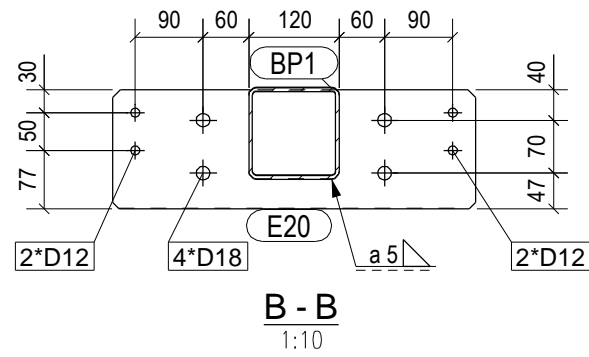
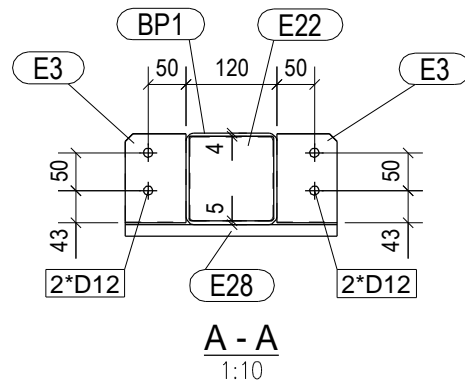
GRID LOCATION	
COL1014	3/A
COL1014	4/A
COL1014	5/A
COL1014	6/A
COL1014	7/A



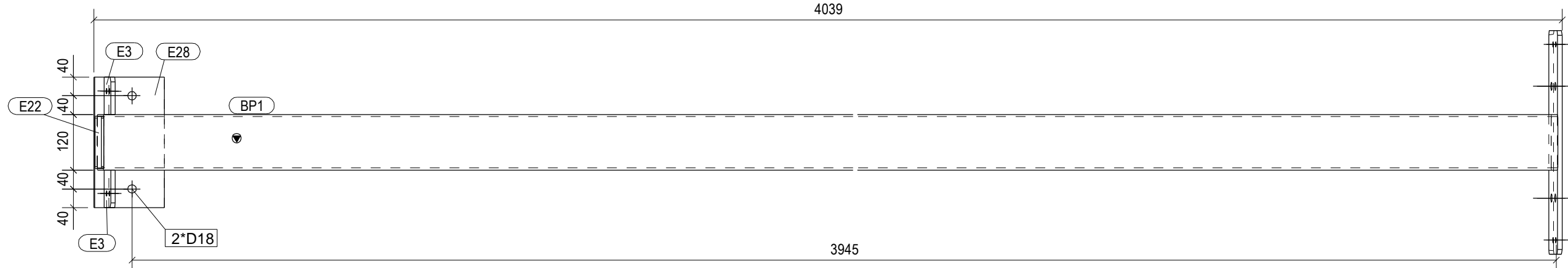
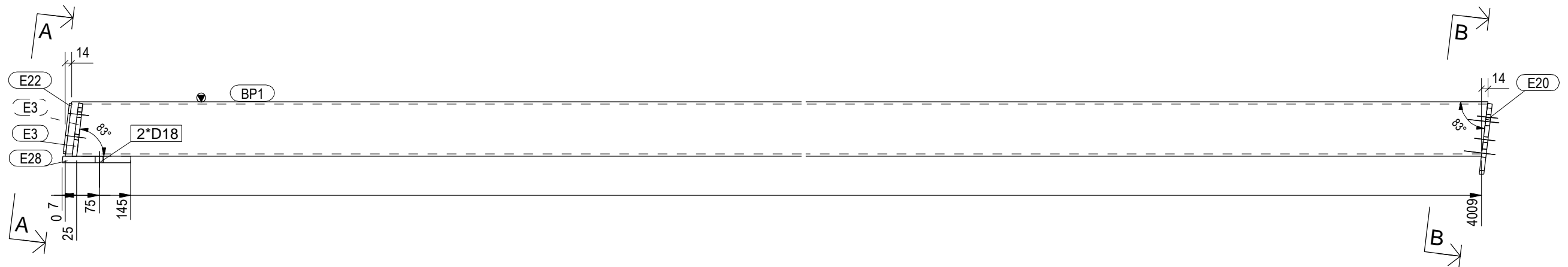
Quality control according to quality plan		Execution class: EXC2			
Structural class: RC1/CC1		Tolerance class: Class 1			
Preparation grade: P2		Fabrication tolerances: Normal			
Welding class: C		- length tolerance			
Thermal cutting class: 442		Pre-camber:			
Surface treatment: C3		Welds, if not otherwise noted:			
Colour:					
Part	Profile	Length (mm)	Material	Pcs	kg/Pcs
CP8	CFRHS180X180X8	8330	S355J2H	1	345.5
O1	PL10X80	120	S355J2	2	0.7
O8	PL10X381	380	S355J2	1	5.9
O12	PL30X340	340	S355J2	1	27.2
O21	PL15X185	460	S355J2	1	10.0
O24	T50	770	S355J2	1	3.4
O25	PL15X260	320	S355J2	1	9.8
COL1014		TOTAL WEIGHT OF ASSEMBLY [kg]			403
		ASSEMBLIES TO BE MANUFACTURED [pcs]			5

Mark	Revision	Created by	Date
Construction site and address Refleksionsväxthus - Konceptmodell		Content of drawing R-COLUMN	
		Scale 1:10 1:20	
Drawn by H Björkqvist		Designed by H Björkqvist	
Date 12.05.2017		Approved by	
		Drawing type Project number 1	
		Drawing number COL1014	
		Revision	

Identification label at this end

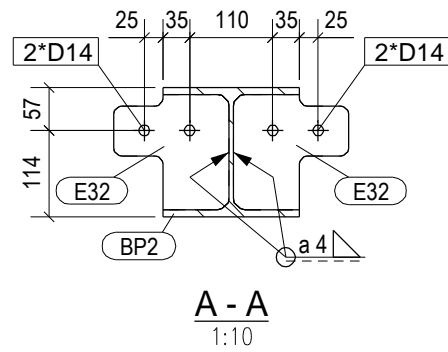


Quality control according to quality plan		Execution class: EXC2			
Structural class: RC1/CC1		Tolerance class: Class 1			
Preparation grade: P2		Fabrication tolerances: Normal			
Welding class: C		- length tolerance			
Thermal cutting class: 442		Pre-camber:			
Surface treatment: C3		Welds, if not otherwise noted:			
Colour:					
Part	Profile	Length (mm)	Material	Pcs	kg/Pcs
BP1	CFRHS120X120X5	4023	S355J2	1	70.6
E3	PL10X80	118	S355J2	2	0.7
E20	PL10X157	480	S355J2	1	5.9
E22	PL5X112	112	S355J2	1	0.5
E28	PL15X152	280	S355J2	1	5.0
BEA1012		TOTAL WEIGHT OF ASSEMBLY [kg]		83	
		ASSEMBLIES TO BE MANUFACTURED [pcs]		6	

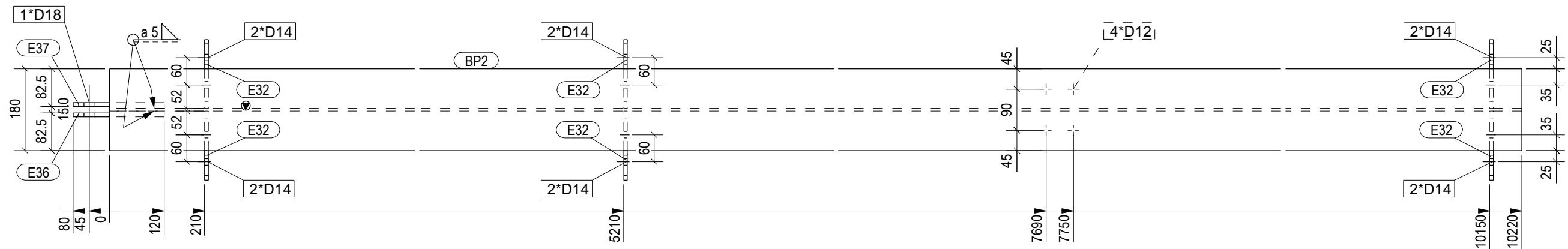
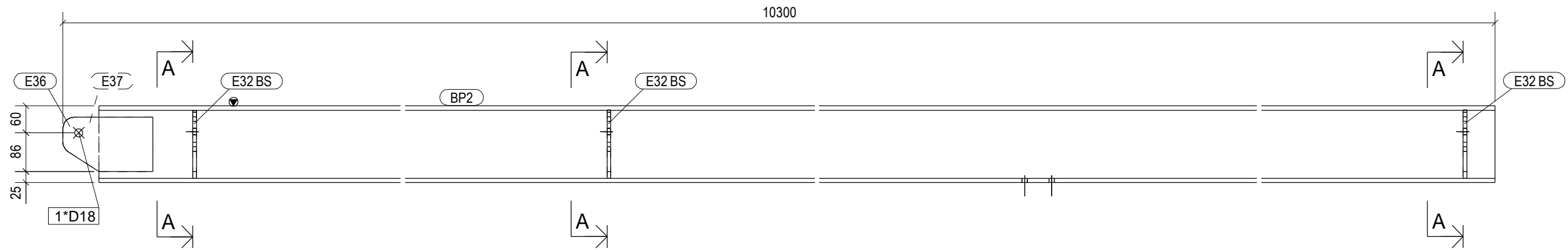


Mark	Revision	Created by	Date
Construction site and address Reflektionsväxthus - Konceptmodell		Content of drawing R-BEAM	
		Scale 1:10	
Drawn by H Björkqvist		Designed by H Björkqvist	
Date 12.05.2017		Approved by	
		Drawing type 1	
		Project number 1	
		Drawing number BEA1012	
		Revision	

Identification label at this end

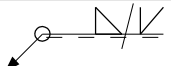


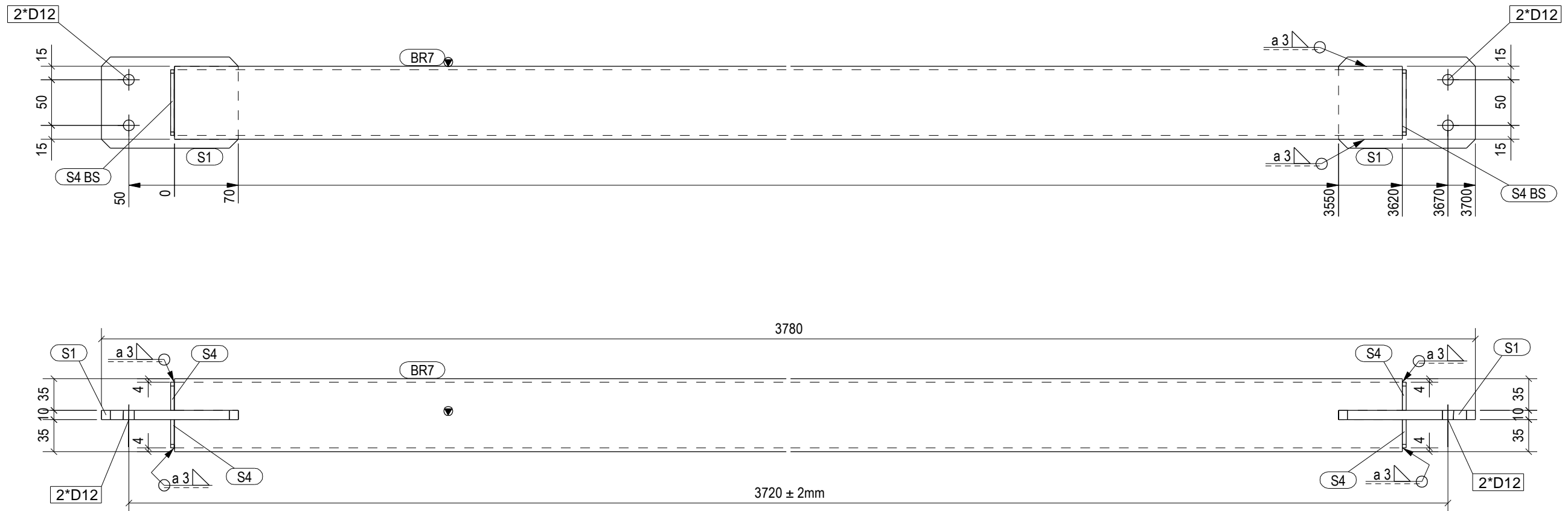
Quality control according to quality plan		Execution class: EXC2			
Structural class: RC1/CC1		Tolerance class: Class 1			
Preparation grade: P2		Fabrication tolerances: Normal			
Welding class: C		- length tolerance			
Thermal cutting class: 442		Pre-camber:			
Surface treatment: C3		Welds, if not otherwise noted:			
Colour:					
Part	Profile	Length (mm)	Material	Pcs	kg/Pcs
BP2	HEA180	10220	S355J2	1	363.0
E32	PL8X152	152	S355J2	6	1.1
E36	PL12.5X200	121	S355J2	1	1.9
E37	PL12.5X200	121	S355J2	1	1.9
BEA1004	TOTAL WEIGHT OF ASSEMBLY [kg]				373
	ASSEMBLIES TO BE MANUFACTURED [pcs]				13



Mark	Revision	Created by	Date
Construction site and address Reflektionsväxthus - Konceptmodell		Content of drawing R-BEAM	
		Scale 1:10	
Drawn by H Björkqvist		Designed by H Björkqvist	
Date 12.05.2017		Approved by	
		Drawing type 1	
		Project number 1	
		Drawing number BEA1004	
		Revision	

Identification label at this end

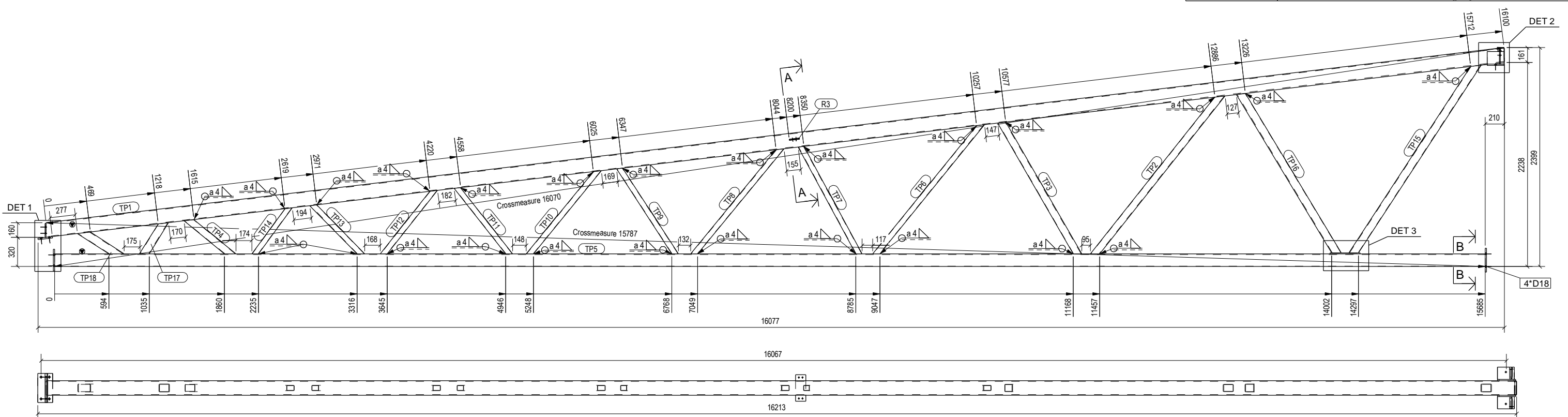
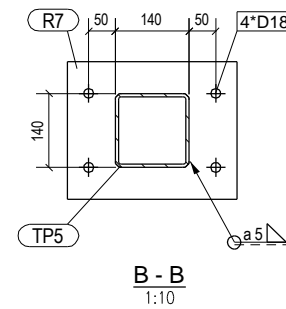
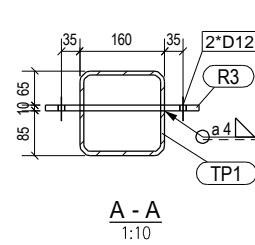
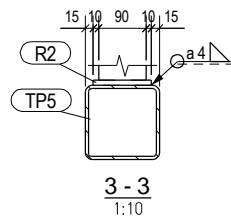
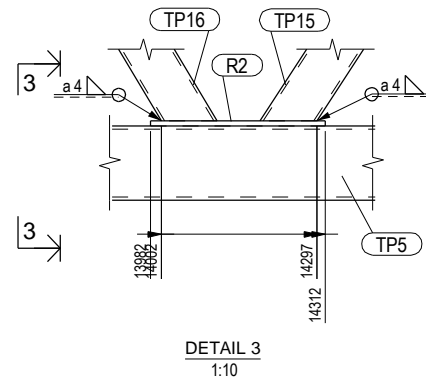
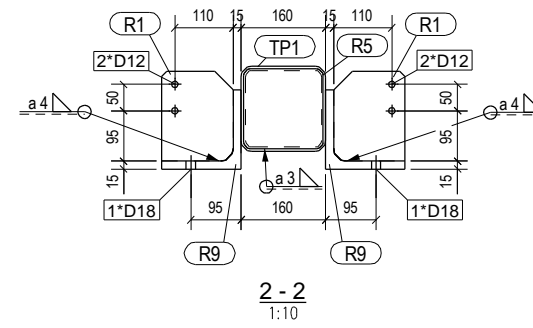
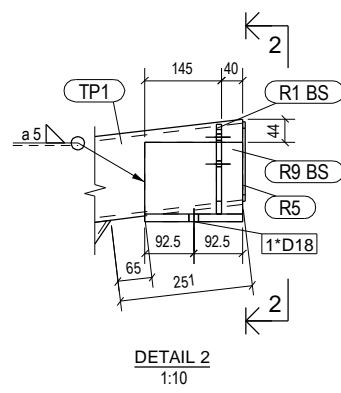
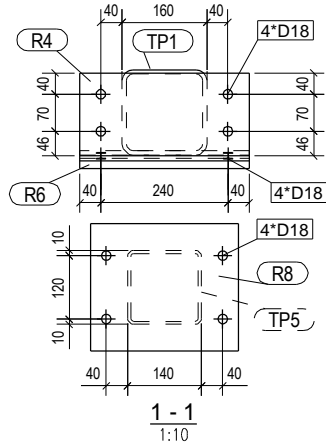
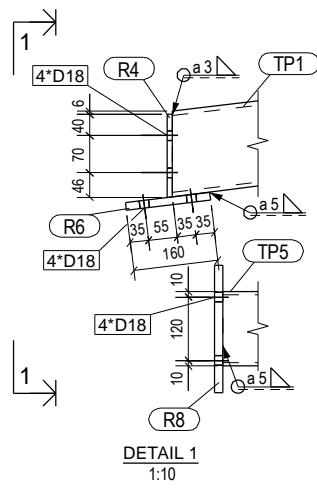
Quality control according to quality plan		Execution class: EXC2			
Structural class: RC1/CC1		Tolerance class: Class 1			
Preparation grade: P2		Fabrication tolerances: Normal			
Welding class: C		- length tolerance			
Thermal cutting class: 442		Pre-camber:			
Surface treatment: C3		Welds, if not otherwise noted: 			
Colour:					
Part	Profile	Length (mm)	Material	Pcs	kg/Pcs
BR7	CFRHS80X80X4	3620	S355J2	1	33.4
S1	PL10X100	150	S355J2	2	1.2
S4	PL4X31	72	S355J2	4	0.1
BRS1002	TOTAL WEIGHT OF ASSEMBLY [kg]				35
	ASSEMBLIES TO BE MANUFACTURED [pcs]				14



Mark	Revision	Created by	Date
Construction site and address Reflektionsväxthus - Konceptmodell		Content of drawing R-BRACE	
		Scale 1:5	
Drawn by H Björkqvist		Designed by H Björkqvist	
Date 12.05.2017		Approved by	
		Drawing type 1	
		Project number 1	
		Drawing number BRS1002	
		Revision	

Identification label at this end

Quality control according to quality plan		Execution class: EXC2			
Structural class:	RC1/CC1	Tolerance class:	Class 1		
Preparation grade:	P2	Fabrication tolerances:	Normal		
Welding class:	C	- length tolerance			
Thermal cutting class:	442	Pre-camber:			
Surface treatment:	C3	Welds, if not otherwise noted:			
Colour:					
Part	Profile	Length (mm)	Material	Pcs	kg/Pcs
R1	PL10X135	170	S355J2	2	1.7
R2	PL10X110	330	S355J2	1	2.8
R3	PL10X110	290	S355J2	1	2.5
R4	PL10X156	320	S355J2	1	3.9
R5	PL5X150	150	S355J2	1	0.9
R6	PL15X160	320	S355J2	1	6.0
R7	PL15X260	320	S355J2	1	9.8
R8	PL15X240	280	S355J2	1	7.9
R9	L150X150X15	185	S355J2	2	6.2
TP1	CFRHS160X160X8	16119	S355J2	1	587.7
TP2	CFRHS80X80X4	2274	S355J2	1	21.0
TP3	CFRHS80X80X4	1701	S355J2	1	15.7
TP4	CFRHS80X80X4	670	S355J2	1	6.2
TP5	CFRHS140X140X6	15685	S355J2	1	384.2
TP6	CFRHS60X60X3	1869	S355J2	1	9.7
TP7	CFRHS60X60X3	1363	S355J2	1	7.1
TP8	CFRHS60X60X3	1540	S355J2	1	8.0
TP9	CFRHS60X60X3	1151	S355J2	1	6.0
TP10	CFRHS60X60X3	1225	S355J2	1	6.4
TP11	CFRHS60X60X3	961	S355J2	1	5.0
TP12	CFRHS60X60X3	937	S355J2	1	4.9
TP13	CFRHS60X60X3	797	S355J2	1	4.1
TP14	CFRHS60X60X3	670	S355J2	1	3.5
TP15	CFRHS90X90X5	2517	S355J2	1	32.3
TP16	CFRHS90X90X5	2080	S355J2	1	26.7
TP17	CFRHS90X90X5	458	S355J2	1	5.9
TP18	CFRHS90X90X5	550	S355J2	1	7.1
TRS1000		TOTAL WEIGHT OF ASSEMBLY [kg]		1190	
		ASSEMBLIES TO BE MANUFACTURED [pcs]		7	



Mark	Revision	Created by		Date
Construction site and address		Content of drawing		Scale
Refleksionsväxthus - Konzeptmodell		TRUSS		1:10
				1:30
Drawn by		Designed by	Drawing type	Project number
H Björkqvist		H Björkqvist		1
Date		Approved by	Drawing number	Revision
12.05.2017			TRS1000	