

Even Thoresen
Thomas A Nilsen

Fremtidens ladestasjon

Ladetre

Bacheloroppgave i Ingeniørfag-bygg

Veileder: Jan Steinar Egenes

Mai 2024

NTNU
Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for ingeniørvitenskap
Institutt for vareproduksjon og byggingteknikk



Even Thoresen
Thomas A Nilsen

Fremtidens ladestasjon

Ladetre

Bacheloroppgave i Ingeniørfag-bygg
Veileder: Jan Steinar Egenes
Mai 2024

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for ingeniørvitenskap
Institutt for vareproduksjon og byggingsteknikk



Kunnskap for en bedre verden

Oppgavens tittel:	Dato: 14.05.24		
Fremtidens Ladestasjon - Ladetre	Antall sider: 175		
	Masteroppgave	Bacheloroppgave	X
Navn: Even Thoresen og Thomas A Nilsen			
Veileder: NTNU Jan Steinar Egenes			
Eventuelle eksterne faglige kontakter/ veiledere: Ecogo André Veie Engh			

Sammendrag:

Tradisjonelle ladestasjoner mangler ofte harmoni med omgivelsene og tar ikke hensyn til estetisk appell i lys av den raskt utviklende infrastrukturen for elektriske kjøretøy (EV), bacheloroppgaven om "Ladetre" er en løsning som kombinerer funksjonalitet med bærekraft og estetisk tiltrekningskraft. Å endre elektriske ladestasjoner til bærekraftige, visuelt tiltalende installasjoner som kan forbedrer lokale landskap, oppmuntrer til miljøansvar og fremmer bruk av elektriske kjøretøy.

"Ladetre" er laget av laminert tømmer, et miljøvennlig materiale som gir utmerkede mekaniske egenskaper og bærekraftige fordeler som karbonsekvestrering. For å fremme grønne områder i byer, inkluderer strukturdesignet solcellepaneler og sedummatter. Dette prosjektet kan hjelpe det praktiske ved ladning av elektriske kjøretøy, det kan også hjelpe den økologiske og sosiale infrastrukturen på stedet som betjenes.

En av egenskapene til "Ladetre" er dens modulære design, som gjør det enkelt å montere og demontere, noe som gjør det mulig for gjenbruk og resirkulering. Denne funksjonen er godt i samsvar med retningslinjene for den sirkulære økonomien, som er ment å øke levetiden til brukte materialer og redusere mengden avfall som genereres. Det inneholder også grønn teknologi som solcellepaneler og biologisk aktive sedumtak. Konstruksjonen vil fremme biologisk mangfold og samtidig redusere karbonavtrykket på EV-ladestasjonene.

Prosjektet "Ladetre" er et eksempel på hvordan arkitekt- og ingeniørdesign kan møtes ved å kombinere bærekraft, strukturell integritet og estetikk samtidig. Denne oppgaven gjør det mulig å bruke en skalerbar modell for bærekraftig urban utvikling. Inkludering av "Ladetre" vil være fordelaktig på grunn av deres funksjonalitet og visuelle appell. De kan føre til at ladeinfrastrukturen blir mer distinkt ved å gi større fleksibilitet for elektriske kjøretøy.

Stikkord:

Dimensjonering	Limtre
Ombruk	Stål
Bærekraft	Betong
Innovasjon	Estetikk

Thomas A. Nilsen (sign.)

Even Thoresen (sign.)

Forord

Denne bacheloroppgaven er utført av to byggingeniørstudenter ved Norges Teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU) i Gjøvik som en del av den avsluttende fasen av studiet i konstruksjonsteknikk. Arbeidet ble gjennomført over en periode på 20 uker i vårsemesteret 2024.

Etter en lang gjennomgang av alle oppgavene som var tilgjengelig for oss, så landet vi på oppgaven som handler om ladetreet. Da den handlet om å prosjektere og dimensjonere en konstruksjon, syntes vi den virket mest interessant. Denne utfordringen går innom alle temaene som man har lært seg i disse 3 årene og passer godt innenfor rammene for konstruksjonsteknikk.

Vi ønsker å rette en takk til vår interne veileder Jan Steinar Egenes for god hjelp i oppstartsfasen og for å være tilgjengelig for oss når det har vært behov for det. Det er blitt bidratt med gode diskusjoner, veiledning og henvisninger. Takk til ekstern veileder i Ecogo, André Veie Engh for hjelp og tillit til oss iht. oppgaven som ble gitt.

Abstract (engelsk)

In the context of a rapidly evolving electric vehicle (EV) infrastructure, traditional charging stations often lack integration with their environments and do not consider aesthetic appeal. This bachelor thesis, presented by students at the Norwegian University of Science and Technology, introduces "Ladetre" (Charging Tree), an innovative solution that marries functionality with sustainability and esthetic appeal. The project's core idea is to change EV charging stations into sustainable, visually appealing structures that enhance local landscapes and promote environmental stewardship.

The "Ladetre" is conceived from an environmentally friendly material—essentially, laminated timber that gives excellent mechanical properties and sustainability benefits, like carbon sequestration. The structure design is made with solar panels and sedum mats to be independent in energy production, while promoting urban green spaces. This project could give support to the practical dimension of the charging of electric vehicles, but it can also add to the ecological and social infrastructure of the location served.

Modular design is one of the important characteristics of the "Ladetre," which allows it to be easily assembled and disassembled, thus enabling reuse and recycling. This feature nicely is in line with the guidelines of the circular economy, which is targeted at the reduction of waste and increasing the life of second-hand materials. Besides that, it has green technology built into it, which includes solar panels and biologically active sedum roofs. The construction will also serve in minimizing the carbon footprint in the EV charging stations and, at the same time, encouraging biodiversity.

The project "Ladetre" is an example of how engineering and architectural design can meet, taking comfort and aesthetics to sustainability. It is this present thesis that makes such an application on a scalable model for sustainable development in urban areas possible. The inclusion of "Ladetre" will be of value and help in the functionality and visual appeal of such chargers. They can turn into one of the characterizing elements in charging infrastructure, allowing the possibility for more adaptation of electric cars.

Innholdsfortegnelse

Forord	iii
Abstract (engelsk)	iv
Innholdsfortegnelse	v
Figurliste.....	viii
Tabelliste	ix
Symbol liste.....	x
1 Innledning.....	1
1.1 Bakgrunn	1
1.2 Hovedmålsetning.....	2
1.3 Problemstilling	2
1.4 Omfanget.....	2
2 Prosjekteringsgrunnlag.....	3
3 Programvare	4
3.1 Robot Structural Analysis	4
3.2 Solibri Anywhere	4
3.3 Microsoft Excel	4
3.4 SketchUp	4
4 Teori	5
4.1 Limtre.....	5
4.2 Stålslisseyplate	6
4.3 Lavkarbonbetong.....	6
4.4 Solcellepanel	7
4.5 Sedumtak.....	7
4.6 Laster og lastkombinasjoner.....	8
4.6.1 Egenlaster	8
Limtre.....	8
Sedum/Grønn-tak	8
Solcellepanel	8
4.6.2 Snølaster	8
4.6.3 Nyttelaster	9
4.6.4 Vindlaster	9

4.6.5	Lastkombinasjoner	10
	Kontroller i bruddgrensetilstanden.....	10
	Branndimensjonering	11
4.7	Bøyning i konstruksjonen.....	12
4.8	Takkonstruksjon	13
	Tverrsnittskontroll	13
	Skjærkontroll.....	14
4.9	Søylekonstruksjon	14
	Tverrsnittskontroll og stabilitet	15
4.10	Knutepunkter	15
	Forbindelsesgruppe	16
	Bruddformer	16
	Bolteforbindelse	17
	Forbindelseskontroll.....	19
	Slisseplate av stål	19
4.11	Fundament.....	21
5	Resultater.....	24
5.1	Laster på konstruksjonen.....	24
5.2	Dimensjonering	25
5.2.1	Tak og søyle konstruksjon.....	25
5.2.2	Bøyning	25
5.2.3	Knutepunkter.....	26
5.2.4	Opplager	32
5.2.5	Fundament.....	33
5.2.6	Brann	34
6	Optimalisering.....	35
6.1.1	Produksjon	35
6.1.2	Pakking og transport.....	36
6.1.3	Montering og demontering.....	38
7	Diskusjon og analyse.....	39
7.1	Utfordringer.....	39
7.2	Lokasjon	39
7.3	Resultater.....	40

7.4	Fundament og opplager	40
7.5	Knutepunkter	41
7.6	Takkonstruksjon	41
7.7	Påkjørsel	41
8	Konklusjon	42
	Referanseliste	43
	Vedlegg	46

Figurliste

Figur 1: Skisse grunnlag (Vedlegg: [1]).....	3
Figur 2: Konsepttegning (Vedlegg: [1]).....	3
Figur 3: Tverrsnitt av Limtre og konstruksjonsvirke (SINTEF, 2011).....	5
Figur 4: Typisk fagverksknutepunkt med innslissede plater og dybler. (Bell & Liven, 2015)..	6
Figur 5: Solceller på tak (Sintef, 2022).....	7
Figur 6: Sedumtak (Bergknapp, 2024).....	7
Figur 7: Definisjon av resttverrsnitt og effektivt tverrsnitt (Eurokode 5 del 1-2, 4.2.2).....	11
Figur 8: Nedbøyningskomponenter (Eurokode 5 del 1-1, Tabell 7.2).....	12
Figur 9: 3D modell av takkonstruksjonen.....	13
Figur 10: 3D modell av søylekonstruksjonen.....	14
Figur 11: Skisse av konstruksjonens knutepunkt (Vedlegg: [1]).....	15
Figur 12: Bruddform (f), (g), (h) for forbindelser stål mot tre (Eurokode 5 del 1-1, Figur 8.3)	16
Figur 13: Tegning av tenkt fundament med innlagt armering.....	21
Figur 14: Tegning av navn på komponenter.....	24
Figur 15: Knutepunkt oversikt.....	26
Figur 16: Tegning av tverrsnittet for 1 bolt.....	27
Figur 17: Tegning av minimumsavstander med bolter.....	28
Figur 18: Tegning av knutepunkt 3, med stålplate og bolte hull.....	29
Figur 19: Tegning av knutepunkt 4, med stålplate og boltehull.....	29
Figur 20: Knutepunkt 5 Slisseplate Figur 21: Knutepunkt 6 Slisseplate.....	30
Figur 22: Knutepunkt 5 Slisseplate montert i limtre.....	30
Figur 23: Tegning av festemetode og BT280 Stål komponent (Simpson Strong-Tie, 2024) ..	31
Figur 24: Knutepunkt 7 Bjelkebærer montert inn i limtre.....	31
Figur 25: Opplager for søylekonstruksjon i stål med utsparing for El-kabler.....	32
Figur 26: Illustrasjon av ferdig innlagt armering i fundament.....	33
Figur 27: Tegning av påtenkt ferdigmontering i Limtre komponent.....	35
Figur 28: Tegning av påtenkt ferdigmontert søylekonstruksjon.....	35
Figur 29: Tegning av kryss stålet og feste innretningen med fundament vedsiden.....	36
Figur 30: Tegning av påtenkt lastsituasjon på henger for frakt, sett fra siden.....	37
Figur 31: Tegning av påtenkt lastsituasjon på henger for frakt, sett bakfra.....	37
Figur 32: Tegning av påtenkt lastsituasjon på henger for frakt, sett ovenfra.....	38
Figur 33: Tegning av påtenkt monterings rekkefølge.....	38

Tabelliste

Tabell 1: Grenseverdier for nedbøyninger av bjelker (Eurokode 5 del 1-1, Tabell 7.2).....	12
Tabell 2: Minste avstander mellom bolter innbyrdes og fra bolter til kant og ende (Eurokode 5 del 1-1, Tabell 8.4)	17
Tabell 3: Valg av deler til bruk i bolteforbindelsen	18
Tabell 4: Opplager krefter i konstruksjonen (Excel [2])	24
Tabell 5: Dimensjons tabell for delene i konstruksjon (Excel [2])	25
Tabell 6: Resultat bøyning av søylekonstruksjon (Excel [2])	26
Tabell 7: Kontroll av bøyning (Excel [2]).....	26
Tabell 8: Resultat fra beregning på kapasitet i slisseplater	27
Tabell 9: Kontroller for dimensjonering av fundament (Excel [2])	33
Tabell 10: Resultat på brannberegningen til limtre komponenten [2]	34
Tabell 11: Sammenlikning av opplagerkrefter.....	40

Symbol liste

Store latinske bokstaver

A	Stålets fulle tverrsnitt
A_d	På ført tilleggslast pga. ulykken (brann), (påkjøringslast på brusøyler, etc.)
A_{fund}	Fundamentets areal
A_{net}	Netto tverrsnitt areal
A_{sw}	Summen av begge bøylerne
A_v	Stålplatens skjærareal
B	Bredden på fundamentet
C_{alt}	Faktor for vindøkning med høyden over havet
C_e	Eksponeringskoeffisienten
C_{pe}	Formfaktoren for det utvendige trykket
C_{prob}	Returperiodefaktor
C_t	Termiske koeffisienten
$E_{0,05}$	5% fraktilen for elastisitetsmodulen
$F_{ax,Rk}$	forbindelsens karakteristiske uttrekkskapasitet
F_d	Dimensjonerende aksialkraft
$F_{v,ef,Rk}$	Effektive karakteristiske kapasiteten til en rad med forbindere i fiberretningen
$F_{v,Rd}$	Dimensjonerende kapasiteten til hver forbindelse i fiberretningen
$F_{v,Rk}$	Karakteristiske kapasiteten til hver forbinder i fiberretningen
$G_{k,j}$	Egenlast/permanent last
M_{Ed}	Dimensjonerende moment
M_{Stab}	Stabiliserende motstandsmoment
M_{Velt}	Dimensjonerende veltemoment
$M_{y,Rk}$	Forbindelsens karakteristiske flytemoment
N_{Ed}	Aksialkraften som virker på søylen
P	Forspenningslast i forspente konstruksjoner
$Q_{k,1}$	Dominerende variabel last
$Q_{k,i}$	Øvrige variable laster, $i = 1, 2, 3, 4 \dots$
S	Bredden på søylen i fundamentet
S	Senter avstanden mellom bøylerne
S_k	Karakteristisk verdi for snølast på mark
$S_{r,max}$	Største rissavstand
S_{Velt}	Stabiliserings krav
$V_{b,0}$	Referansevindhastighet
Z_e	Referansehøyden for det utvendige trykket

Små latinske bokstaver

a_1	Avstanden mellom boltene i fiberretningen
b_w	Bredden
d	Boltediameteren [mm]
d_{bolt}	Bolte diameteren
f_{cd}	Dimensjonerende trykkfasthet
f_{ck}	Karakteristiske trykkfasthet
$f_{c,0,d}$	Dimensjonerende trykkfasthet i fiberretning.
$f_{c,0,k}$	Karakteristisk trykkfasthet i fiberretning.
$f_{h,0,k}$	Karakteristiske hullkantfastheten i fiberretningen [N/mm ²]
$f_{h,1,k}$	Karakteristiske hullkantfastheten til tredelen
$f_{m,y,d}$	Dimensjonerende bøyefasthet om y-akse.
$f_{m,z,d}$	Dimensjonerende bøyefasthet om z-akse.
$f_{t,0,d}$	Dimensjonerende strekkfasthet i fiberretning.
f_u	Stålets bruddspenning
$f_{u,k}$	Karakteristiske strekkfastheten [N/mm ²]
$f_{x,0,d}$	Dimensjonerende strekkfastheten i fiberretningen
f_y	Stålets flytespenning
f_{yd}	Dimensjonerende stålspenning
f_{yk}	Karakteristiske stålspenning
$f_{v,d}$	Dimensjonerende skjærfastheten
h_{min}	Minimums høyde til fundamentet
h_{sliss}	Slissehøyden
i	Moment, skjær eller Trykk/strekk
k_m	Modifikasjonsfaktor for fasthet.
k_w	Vindkasthastighetstrykk
m	Faktor i β (Dimensjonerings konstant)
n	Antallet bolter i raden
n_{ef}	Effektive antallet forbindere i rad i fiberretningene
n_{bolt}^{rad}	Antall rader med bolter
n_{sliss}	Antall slisser
$q_{m,Ed}$	Dimensjonerende overliggende masser
$q_p(Z_e)$	Toppkastighetstrykket
t	Tykkelsen på stålet
t_{sliss}	Slissebredden
t_1	Tykkelse til tredelen
w_{pl}	Stålplatens plastiske motstandsmoment

Små greske bokstaver

α	Vinkelen mellom last og fiberretning
$\gamma_{M,i}$	Materialets partialkoeffisient
$\gamma_{M,0}$	Materialets partialkoeffisient
ε_{cm}	Midlere tøyning i betongen mellom riss
ε_{sm}	Midlere tøyning i armering for den aktuelle lastkombinajsonen
$\lambda_{rel,y}$	Relativ slankhet
λ_y	Relativ slankhetstall
λ_z	Relativ slankhetstall
μ_i	Snølastens formfaktor
ρ_k	Trevirkets karakteristiske densitet [kg/m^3]
$\sigma_{c,0,d}$	Dimensjonerende trykkspenning i fiberretning.
$\sigma_{g,Ed}$	Dimensjonerende grunntrykk-spenning
$\sigma_{g,Rd}$	Dimensjonerende maks grunntrykk
$\sigma_{m,y,d}$	Dimensjonerende bøyespenning om y-akse.
$\sigma_{m,z,d}$	Dimensjonerende bøyespenning om z-akse.
$\sigma_{t,0,d}$	Dimensjonerende strekkspenning i fiberretning.
$\sigma_{x,0,d}$	Dimensjonerende spenning i fiberretningen
τ_d	Dimensjonerende skjærspenningen.
$\Psi_{0,i}$	Kombinasjonsfaktor, avhengig av lasttype
$\Psi_{1,1}$	Kombinasjonsfaktorer / sannsynlighetsfaktorer
$\Psi_{2,1}$	Kombinasjonsfaktorer / sannsynlighetsfaktorer

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

I en verden der bærekraft og miljøbevissthet i økende grad tar del i den offentlige og private beslutningsprosessen, er elektriske kjøretøyer (EV-er) et av de mange verktøyene i forkant av overgangen til grønnere transport. Norge er landet i verden som leder an i denne overgangen, med en av verdens høyeste andeler av elektriske kjøretøy per innbygger (Board, 2022). Selv om dette er sant, har utviklingen av infrastruktur for ladning av elbiler stort sett ikke holdt tritt (Amundsen, et al., 2021). I tradisjonelle ladepunkter har det kun vært fokus på det funksjonelle med å lade elektriske kjøretøy, de er utført og prosjektert uten tanke på estetikk eller hvordan de faktisk kan bidra til det visuelle i bymiljøet.

Bakgrunnen for prosjektet “Ladetre”, som man har fått fra bedriften Ecogo, er en ambisiøs innsats for å ikke bare utvide tilgjengeligheten av ladepunkter, men også gjøre dem til verdifulle bidragsytere i lokale samfunn. Målet er å transformere de tradisjonelle og kjedelige designene av vanlige ladestasjoner til noe visuelt tiltalende og inspirerende. Ladetreet søker å introdusere et unikt og gjenkjennelig symbol for ladestasjoner, som vil være karakteristisk for hver kunde og automatisk assosieres med elektriske kjøretøyers ladepunkter.

I dette prosjektet ønsker man å omdefinere oppfatningen av ladestasjonene. De skal ikke kun betraktes som bare funksjonelle nødvendigheter, men heller som komponenter i samfunnets fysiske og sosiale infrastruktur. Fra valg av materialer som Lavkarbonbetong og limtre til designløsningene som søker å fremme demontering og gjenbruk, så kan ladetreet sette en ny standard for hvordan slike konstruksjoner kan være effektive og integrert i miljøet rundt oss.

Ved å endre ladestasjonene fra navnløse deler av veikanten til ikonisk og gjenkjennelige konstruksjoner, vil ladetreet gjerne gi lokalbefolkningen og turister en følelse av tilhørighet. Dette prosjektet markerer ikke bare et skritt inn i en mer bærekraftig fremtid, men et tilbud til samfunnet om å omfavne overgangen til grønnere transportløsninger.

1.2 Hovedmålsetning

Ladetreet til syvende og sist utformes med mål om estetikk i sin hovedfunksjon, men også tilfredsstillende konstruksjonskrav i henhold til standarder. Prosjektet kan også være med på å sette nye standarder for hvordan ladestasjoner kan integreres som medvirkende elementer i by- og landskapsmiljøet. Prosjektet vil etablere innovative designløsninger og byggemetoder, som støtter ideen om sirkulærøkonomi og som samtidig gir et karakteristisk symbol for grønt transportalternativ. Vi skal vise hvordan ladestasjoner kan transformeres fra vanlige deler av infrastruktur til en bærekraftig struktur som bidrar til estetikk gjennom nøye utforming, materialvalg og konstruksjonsmetoder som får samfunnet til å akseptere alternativer innen elektrisk transport.

1.3 Problemstilling

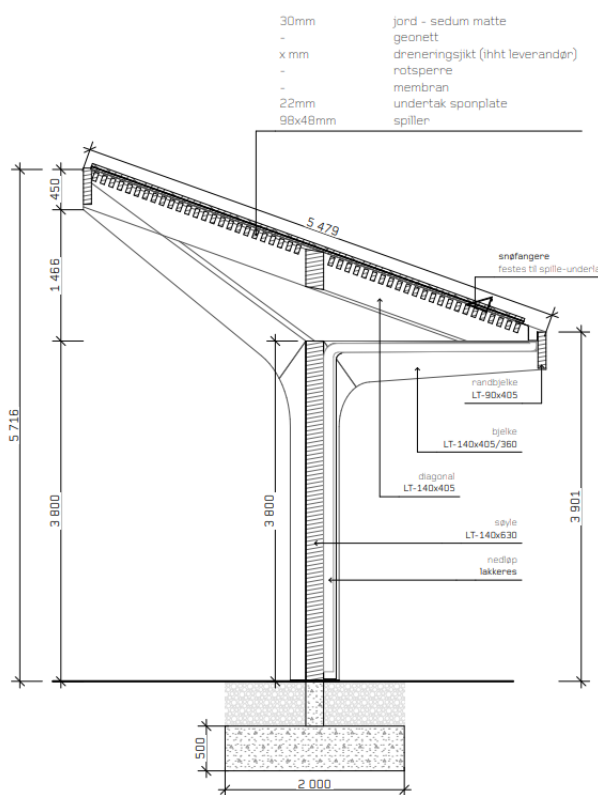
Hvordan kan "Ladetreet" utformes for å optimalisere balansen mellom estetisk tiltalende design og funksjonalitet, samtidig som det oppfyller krav til ombruk, lett monterbart/demonterbart?

1.4 Omfanget

Prosjektets omfang tar sikte på å utvikle en innovativ ladestasjon som transformerer tilnærmingen til design og funksjonalitet i ladestasjonens infrastruktur, med en sterk vektlegging på estetikk og tekniske løsninger. Uten å fokusere alt for mye på det økonomiske aspektet, vil prosjektet dykke dypt inn i utforskningen og implementeringen av designkonsepter som integrerer med både urbane og naturlige omgivelser for å fremme brukervennlighet. Sentralt står teknisk implementering, inkludert dimensjonering av konstruksjon for å motstå lokale værforhold, optimalisering av knutepunkter for å håndtere belastninger, og utvikling av robuste løsninger for fundament.

2 Prosjekteringsgrunnlag

Prosjekteringsgrunnlaget levert av Ecogo for utforming og realisering av ladestasjonen er detaljert, og dekker tekniske, estetiske og funksjonelle krav. Dette grunnlaget skisserer spesifikasjoner for valg av materialer som limtre og Lavkarbonbetong, og mulighetene for å integrere solcellepaneler eller grønne tak, og viser en ambisjon om å blande innovasjon med bærekraft. I tillegg inkluderer det tekniske kriterier for dimensjonering av konstruksjonen for å sikre stabilitet mot lokale værforhold, og detaljer rundt optimalisering av ladesystemene for å møte behovene til et spekter av elektriske kjøretøy.



Figur 1: Skisse grunnlag (Vedlegg: [1])

Selv om prosjektet ikke direkte fokuserer på økonomien eller miljømessige hensyn som en sentral del av sitt omfang, antyder valget av materialer og designbeslutninger en bevissthet om disse aspektene. Dette prosjekteringsgrunnlaget representerer derfor en helhetlig tilnærming for prosjektutviklingen, med mål om å skape en fremtidsrettet ladestasjon som fremmer brukervennlighet, estetisk verdi, og teknologisk innovasjon.



Figur 2: Konsepttegning (Vedlegg: [1])

3 Programvare

3.1 Robot Structural Analysis



Det blir benyttet Robot Structural Analysis for å utføre belastningsberegninger på deler av konstruksjonen. Robot lar oss simulere forskjellige lasttilfeller og lager detaljerte analyser av konstruksjonens respons på disse belastningene. Resultatene fra Robot blir brukt til å sammenligne med våre manuelle beregninger for å bekrefte nøyaktighet og sørge for at man er på den sikre siden i beregningene.

3.2 Solibri Anywhere



Solibri Anywhere blir bruk til å visualisere 3D-modellen som man har fått i prosjekteringsgrunnlaget fra Ecogo. I 3D-modellen så kan man ta direkte avstandsmål i 1:1 målestokk, og dette gir en bedre forståelse av prosjektet når man kan visualisere det i 3D.

3.3 Microsoft Excel



For de manuelle beregningene så blir det gjort i Microsoft Excel slik at man får det gjort på en effektiv og organisert måte. Excel gjør det mulig for å systematisere og forenkle komplekse beregninger som involverer en rekke med formler og tabeller relatert til de forskjellige konstruksjonskomponentene i prosjektet. Ved bruk av Excel så kan vi også enkelt gjøre justeringer og oppdateringer av beregninger underveis i prosjektet.

3.4 SketchUp



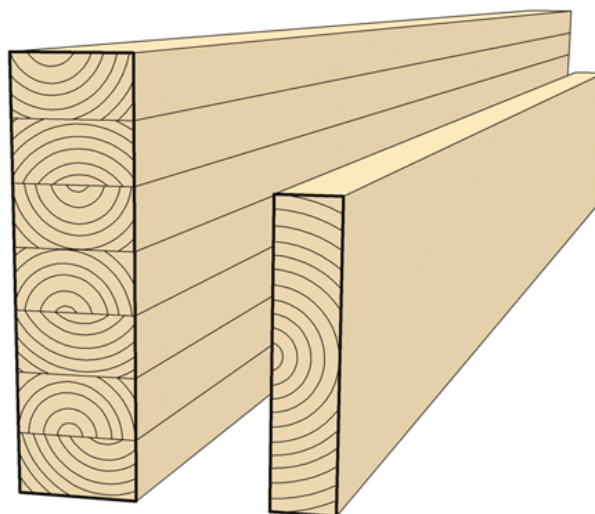
SketchUp er en programvare som blir brukt i prosjektet til å tegne illustrasjonsfigurer av komponenter som skal brukes i konstruksjonen.

4 Teori

La oss gå dypere inn i detaljene rundt oppbyggingen av selve konstruksjonen med fokus på det teoretiske grunnlaget som er avgjørende for selve designet. Man begynner med en gjennomgang av de forskjellige materialene man planlegger å bruke. Å forstå disse materialene er nøkkelen siden de direkte påvirker konstruksjonens evner og egenskaper. Deretter beveger man seg over til dimensjonering. Å designe og dimensjonere denne konstruksjonen krever en god forståelse om konstruksjonsprinsipper og design. Det handler ikke bare om å skape noe som fungerer, men det handler om å lage noe som er motstandsdyktig, effektivt og fremtidsrettet.

4.1 Limtre

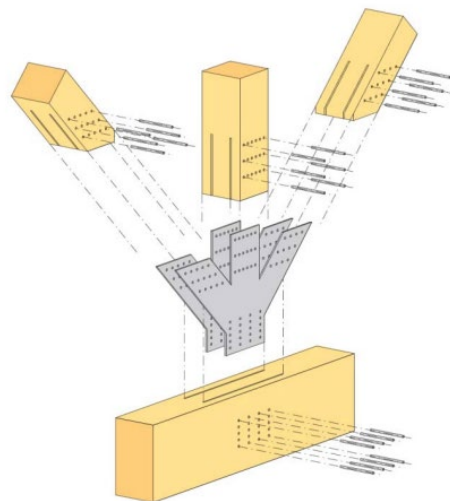
Laminert tre, også kjent som limtre, har blitt et populært valg for de som ønsker å bygge sterke, fleksible og miljøvennlige strukturer. Dette materialet lages ved å lime sammen flere lag med tre, noe som resulterer i større og tøffere komponenter. Takket være dette har limtre imponerende mekanisk styrke og muliggjør skapningen av en rekke former og størrelser, noe som baner vei for noen ganske kule arkitektoniske design. I tillegg så har det, takket være dens fornybarhet og evne til å binde karbon, et grønt fotavtrykk. Dette gjør det til et tiltrekkende valg for grønne byggeprosjekter. Limtre er også kjent for sin estetiske appell og evnen til å skape varme, innbydende rom. Dets brede bruk i alt fra små boligstrukturer til store offentlige bygninger vitner om dets allsidighet og pålitelighet som byggemateriale. (Trefokus, 2024)



Figur 3: Tverrsnitt av Limtre og konstruksjonsvirke (SINTEF, 2011)

4.2 Stålsliseplate

Stålsliseplater utgjør en essensiell komponent i moderne limtrekonstruksjoner, der de tilbyr en unik kombinasjon av styrke, stivhet og holdbarhet, som er avgjørende for strukturell integritet og langsiktig ytelse. Disse platene, som ofte er perforert eller spesialtilpasset for bestemte typer sammenføyninger, spiller en nøkkelrolle i effektiv lastoverføring mellom de forskjellige byggekomponentene. Slik lastoverføring er vital i både limtre- og betongkompositkonstruksjoner og mer komplekse flerlags tømmerkonstruksjoner som krysslimt tre (CLT) (Miotto & Dias, 2012). Forskning understreker at når disse stålforbindelsene er nøye designet og implementert, kan de ikke bare forbedre forbindelsens mekaniske ytelse gjennom økt initial glidemodul og lastkapasitet, men også bidra signifikant til strukturens seismiske resistens og generelle holdbarhet (Yang, et al., 2020). Videre muliggjør tilpasningen av faktorer som boltens diameter og bolteavstand en høy grad av skreddersydd design, noe som åpner for større design og konstruksjonsmessig fleksibilitet, og viser stålsliseplatenes rolle som en kritisk faktor i utviklingen av bærekraftige og innovative konstruksjonsløsninger.



Figur 4: Typisk fagverksknutepunkt med innslissede plater og dybler. (Bell & Liven, 2015)

4.3 Lavkarbonbetong

Lavkarbonbetong har vist seg å være et interessant alternativ til tradisjonell betong, med potensiale for å redusere karbonavtrykket assosiert med betongkonstruksjoner uten å ofre strukturell ytelse. Ved å bruke tilsetningsmaterialer som slagg og flygeaske istedenfor en del av Portland-sementen, reduseres ikke bare CO₂-utslippene knyttet til sementproduksjonen, men det kan også forbedre betongens ytelse når det gjelder trykk styrke, bøyestyrke og holdbarhet mot miljøpåvirkninger (Nukah, et al., 2022) (Lee, et al., 2021). Dette viser lavkarbonbetongens potensial som et mer bærekraftig alternativ for bygningsbransjen, med muligheter for å støtte bærekraftige byggepraksiser og samtidig møte ytelseskravene til betong.

4.4 Solcellepanel

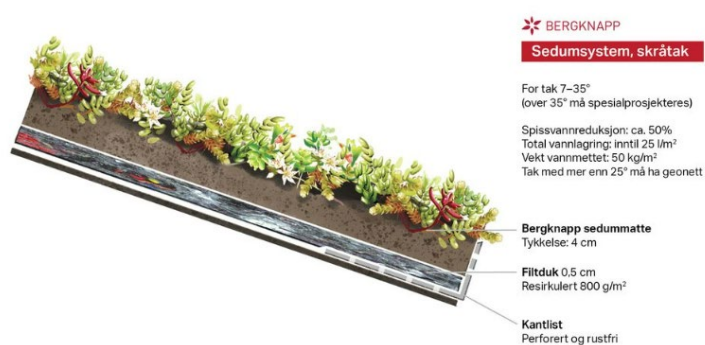
Alternativ 1 for takkonstruksjonen i prosjektet er solcellepanel innlemmet i takkonstruksjonen. Lokale skyggeforhold og vær påvirker produksjonen av strøm. I tillegg til dette vil retningen til solcellene påvirke strømproduksjonen. (Sintef, 2022)



Figur 5: Solceller på tak (Sintef, 2022)

4.5 Sedumtak

Alternativ 2 for takkonstruksjonen i prosjektet er at man kan bruke sedumtak ved bruk av høykvalitets sedummatter. Disse mattene, som veier mellom 25 og 50 kg/m², avhengig av vanninnhold, krever lite vedlikehold og tilbyr betydelige miljøfordeler, som reduksjon av overflateavrenning og forbedring av luftkvaliteten. De er enkle å legge ut på rotbestandig takmembran og bidrar til økt levetid for takmembranen gjennom sine isolerende og branngodkjente egenskaper. Ved å prioritere sedumtak, så styrker det prosjektet sitt fokus på bærekraft og estetikk, samtidig som det fremmer et mer miljøvennlig og visuelt tiltalende bymiljø (Bergknapp, 2024).



Figur 6: Sedumtak (Bergknapp, 2024)

4.6 Laster og lastkombinasjoner

4.6.1 Egenlaster

Limtre

Egenvekt for hver konstruksjonsdel blir beregnet i punkt 5. etter følgende forutsetninger:

Limtrekvalitet:	GL30C	
Klimaklasse:	2	(Tabell NA.901, Eurokode 5 del 1-1)
Densitet ρ_m :	430 kg/m ³	(Tabell 4. NS-EN 14080:2013+NA)
Partialfaktor γ_m :	1,15	(Tabell NA 2.3, Eurokode 5 del 1-1)
Modifikasjonsfaktor k_{mod} :	1,1	(Tabell 3.1, Eurokode 5 del 1-1)
Deformasjonsfaktor k_{def} :	0,8	(Tabell 3.2, Eurokode 5 del 1-1)

Sedum/Grønn-tak

Egenvekt til Sedumtak med vinkel på 7°- 35° varierer mellom 25 og 50 kg/m² avhengig av vanninnhold (Bergknapp, 2024). I beregningene så er egenvekten til Sedumtak satt til 0,5 Kn/m² som er ved maks vanninnhold for å være på den sikre siden.

Solcellepanel

Siden det ikke er spesifisert noe type solcellepanel i prosjektgrunnlaget så settes egenvekten til 0,5 Kn/m² for å være på den sikre siden under beregningene.

4.6.2 Snølaster

Snølast på tak blir beregnet på følgende måte i punkt 5. iht. (Eurokode 1 del 1-3: Allmenne laster Snølaster, 5.2 Lasttilfelle):

$$S = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_k$$

For å beregne snølaster så må man ha en stedsplassering å gå ut ifra, i prosjektet har man valgt å gå ut ifra 3 steder for å se hvordan de ulike lokasjonene påvirker konstruksjonen.

Steder:	Kristiansand	$S_k = 4,0 \text{ kN/m}^2$
	Oslo (151 - 350 m.o.h)	$S_k = 4,5 \text{ kN/m}^2$
	Namsskogan	$S_k = 7,5 \text{ kN/m}^2$

4.6.3 Nyttelaster

Det er ingen nyttelaster knyttet til prosjektet basert på grunnlaget.

4.6.4 Vindlaster

Vindlast på konstruksjonen blir beregnet på følgende måte i punkt 5. iht. (Eurokode 1 del 1-4: Allmenne laster Vindlaster, 5.2 Vindtrykk på overflater):

$$W_e = q_p(Z_e) \cdot C_{pe} \quad q_p = k_w \cdot V_{b,0}^2 \cdot (C_{alt} \cdot C_{prob})^2$$

Grunnlag for beregningene i punkt 5. iht. (Eurokode 1 del 1-4: Allmenne laster Vindlaster, Tabell NA.4(901.1) – Referansevindhastighet $V_{b,0}$ for kommunene og Tabell NA.4.1 – Terrengkategori og terrengparametre):

Fylke:	Agder	Oslo	Trøndelag
Kommune:	Kristiansand	Oslo	Namsskogan
Referansevindhastighet:	26 m/s	22 m/s	26 m/s
Byggested m.o.h:	5 m	151 m	215 m
Møne Z over grunnivået:	5,7 m	5,7 m	5,7 m
Terrengruhetskategori:	III (Område med vegetasjon eller bygninger eller med spredte hindringer med avstand minst 20 ganger deres høyde (landsbyer, forstadsterreng og permanent skog))		

For prosjektet så gjelder vindlaster på et frittstående pulttak iht. (Eurokode 1 del 1-4: Allmenne laster Vindlaster, Tabell 7.6 – Verdier av $c_{p,net}$ og c_f for frittstående pulttak)

4.6.5 Lastkombinasjoner

I prosjektet brukes lastkombinasjoner i henhold til (NS-EN 1990 Eurokode 0) for å sikre at konstruksjonen er robust og sikker under alle forhold. Det anvendes partialkoeffisientmetoden for å ta høyde for usikkerheter ved å kombinere både permanente og variable laster, som snø- og vindlast. Dette bidrar til at man får simulert lasttilfeller og sikrer at konstruksjonen kan tåle disse uten å kompromittere sikkerheten. Ved å nøye vurdere disse lastkombinasjonene, garanteres det for at konstruksjonen oppfyller alle relevante sikkerhetskrav og standarder, og er forberedt på å motstå de belastninger den vil møte gjennom sin levetid.

Kontroller i bruddgrensetilstanden

EQU: Global likevekt.

- Stabilitet – tap av likevekt (velting, gliding, oppløft ved opplegg osv.)
- Grunnens eller konstruksjonsmaterialets fasthet er av underordnet betydning.

STR: Brudd i konstruksjonen eller konstruksjonselementer.

- Motstand mot brudd eller store deformasjoner.
- De fleste kontroller (moment, skjær, knekking etc.).

GEO: Motstand mot brudd eller store deformasjoner i grunnen.

- Geoteknikk.

FAT: Motstand mot utmattingsbrudd også kalt tretthetsbrudd.

For bruddgrensetilstand så skal man bruke følgende formler iht. (NS-EN 1990 Eurokode 0, Tabell NA.A1.2(B) Dimensjonerende verdier for laster (STR)):

Formelen som påfører konstruksjonen størst belastning vil man fortsette med å bruke som den dimensjonerende belastning.

$$(6.10a): 1,35 \cdot G_{k,j} + 1,5 \cdot \Psi_{0,1} \cdot Q_{k,1} + \sum 1,5 \cdot \Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

$$(6.10b): 1,20 \cdot G_{k,j} + 1,5 \cdot Q_{k,1} + \sum 1,5 \cdot \Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Branndimensjonering

Forutsetninger til brann på konstruksjonen blir satt på følgende måte i punkt 5. iht. (TEK17) (byggkvalitet, 2017) med lastkombinasjon (6.11b):

Brannklasse:	1	(TEK17 §11-2. Brannklasser)
Risikoklasse:	1	(TEK17 §11-3 Risikoklasser)
Brannmotstand:	R30	(TEK17 §11-4 Bæreevne og stabilitet)

Konstruksjonen havner innenfor Brannklasse 1 da konsekvensen er liten og havner i risikoklasse 1 som man har kommet fram til fra tabellen under. Og får en brannmotstand på R30 ut ifra Brannklasse. Beregning av branndimensjonering blir gjort på følgende måte i punkt 5. iht. (Eurokode 5 del 1-2, 4.2.2 Reduced cross-section method):

$$d_{ef} = d_{char,n} + k_0 + d_0 \quad (4.1)$$

der:

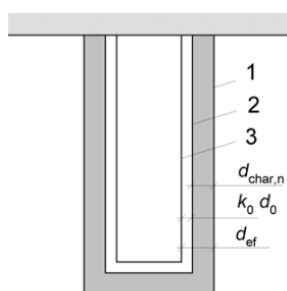
$$d_0 = 7 \text{ mm}$$

$$d_{char,n} = \beta \cdot t = \text{forkullingsdybde i mm}$$

k_0 = koeffisienten for brannforløp settes til $k_0 = 1$ hvis brannforløp er lenger en 20 min

$\beta = 0,7 \text{ mm/min}$ for limtre

t = brann tid i minutter



Key	
1	Initial surface of member
2	Border of residual cross-section
3	Border of effective cross-section

Figur 7: Definisjon av restverrsnitt og effektivt tverrsnitt (Eurokode 5 del 1-2, 4.2.2)

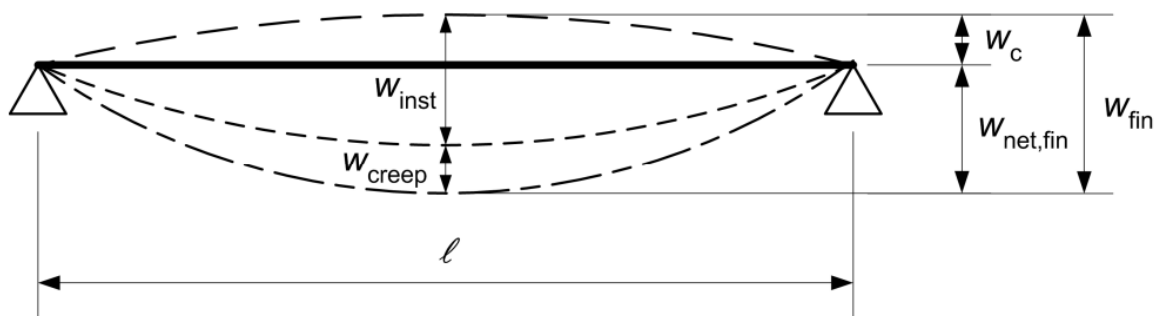
4.7 Bøyning i konstruksjonen

I prosjektet så må det tas hensyn til bøyning i konstruksjonen da den kan svinge fram og tilbake ut ifra værforholdene. Det blir bare sett på bøyning i konstruksjonens positive og negative x-retning da disse to retningene blir mest kritiske i konstruksjonens bøyning. Bøyningen blir beregnet ut ifra toppen av søylekonstruksjonen.

Følgende forutsetninger blir gjort for beregningene i punkt 5. iht. (Eurokode 5 del 1-1, Tabell 7.2):

Tabell 1: Grenseverdier for nedbøyninger av bjelker (Eurokode 5 del 1-1, Tabell 7.2)

	W_{inst}	$W_{net,inst}$	$W_{fin,inst}$
Utkragede bjelker	$L / 150$ til $L / 250$	$L / 125$ til $L / 175$	$L / 75$ til $L / 150$

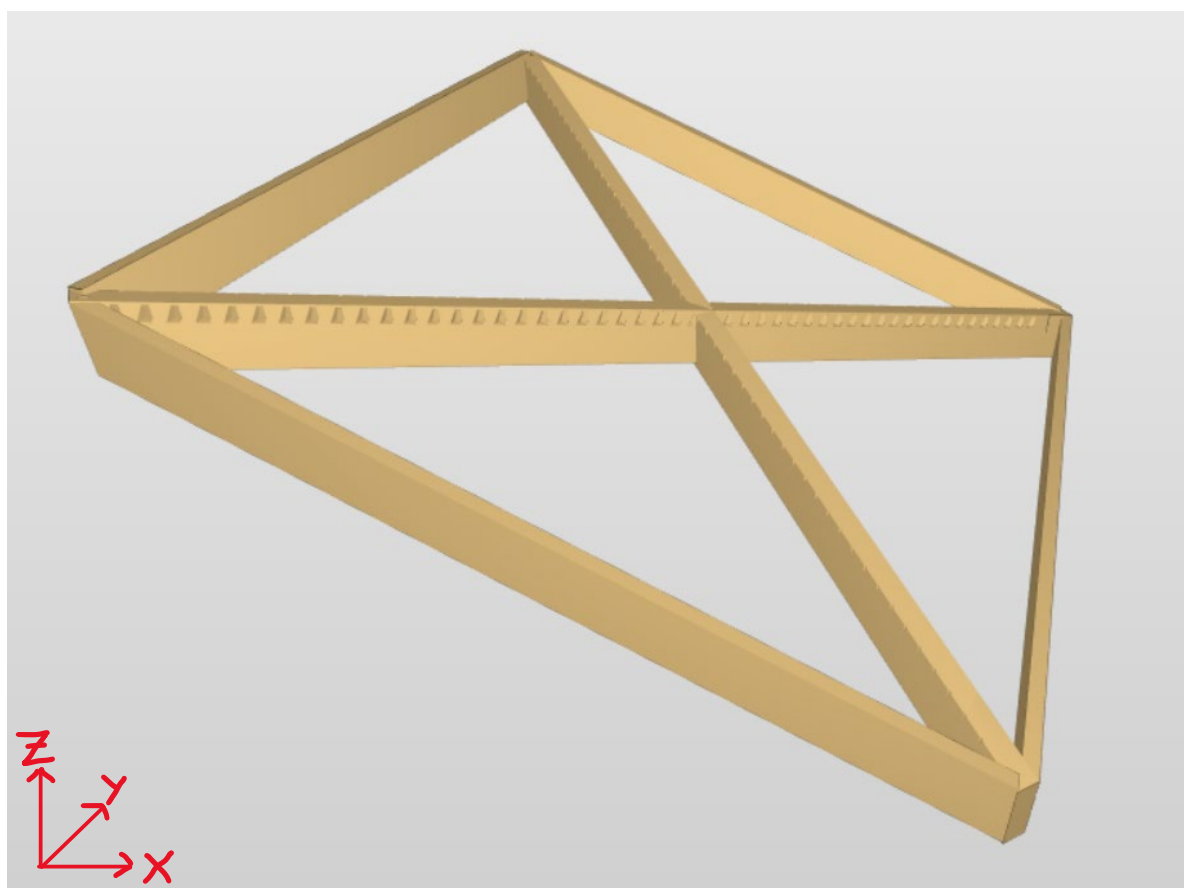


Figur 8: Nedbøyningskomponenter (Eurokode 5 del 1-1, Tabell 7.2)

4.8 Takkonstruksjon

Takkonstruksjonen blir påvirket av både snø, vind, sedummatter/solcellepaneler og dens egenvekt. Bjelkene i konstruksjonen blir da både belastet av moment og aksialkrefter.

Takkonstruksjonen er ment å enten ha et ytterste lag av solceller eller sedumtak. I selve oppgaven er det blitt gitt informasjon om hvilken sedumtak leverandør som blir brukt, men ingen info er gitt om hvilke solceller som skal bli brukt på taket. Derfor er det valgt å bruke Sedummattene sin vekt i utberegningene som da veier mere.



Figur 9: 3D modell av takkonstruksjonen

Tverrsnittskontroll

Tverrsnittkontroll av takkonstruksjonen blir gjort på følgende måter i punkt 5. iht. (Eurokode 5 del 1-1, 6.2 Dimensjonering av tverrsnitt utsatt for kombinerte spenninger) der følgende uttrykk skal være oppfylt:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (6.17)$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (6.19)$$

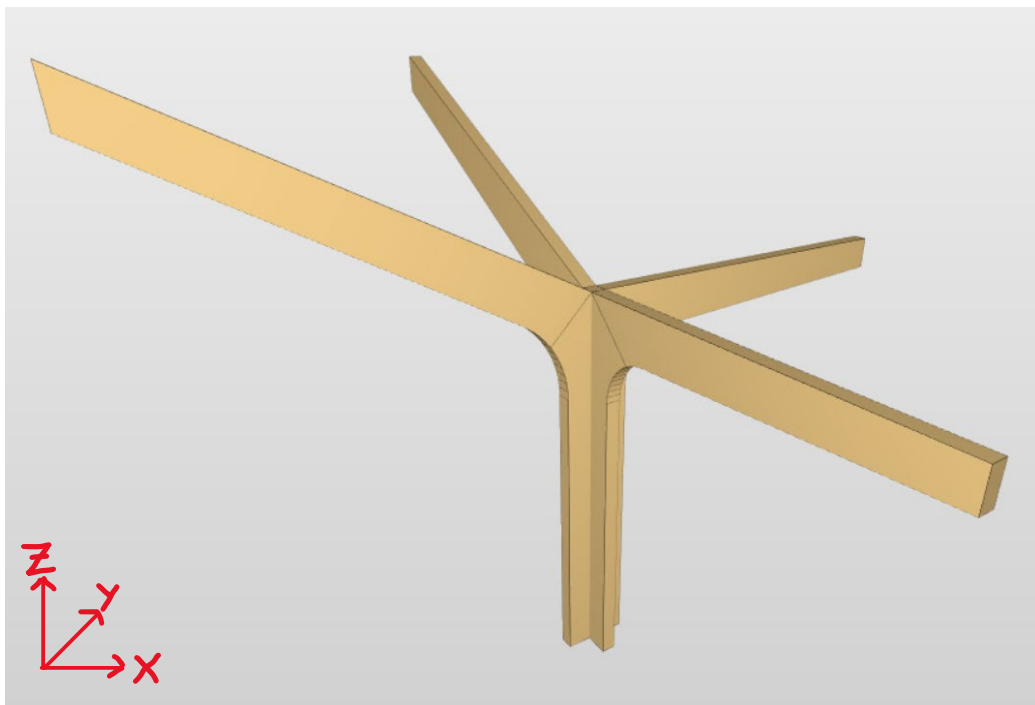
Skjærkontroll

Skjærkontroll blir gjort på følgende måte iht. (Eurokode 5 del 1-1, 6.1.7 Skjær) der følgende betingelse skal være oppfylt:

$$\tau_d \leq f_{v,d} \quad (6.13)$$

4.9 Søylekonstruksjon

Søylekonstruksjonen som holder takkonstruksjonen blir utsatt for bøyning, aksialtrykk og strekk. Aksialtrykket oppstår fra takkonstruksjonen, bøyning og strekk oppstår fra vindkrefte som påvirker konstruksjonen. Søylekonstruksjonen blir delt opp i 3 deler, en stor hoveddel og to små deler som blir skrudd sammen til hovedsøylen



Figur 10: 3D modell av søylekonstruksjonen

Tverrsnittskontroll og stabilitet

Tverrsnittkontroll og stabilitetskontroll av søylekonstruksjonen blir gjort på følgende måter i punkt 5. iht. (Eurokode 5 del 1-1, 6.2 Dimensjonering av tverrsnitt utsatt for kombinerte spenninger og 6.3 Stabilitet av bygningsdeler) der følgende uttrykk skal være oppfylt:

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} \quad (6.21)$$

$$\Lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} \quad (6.22)$$

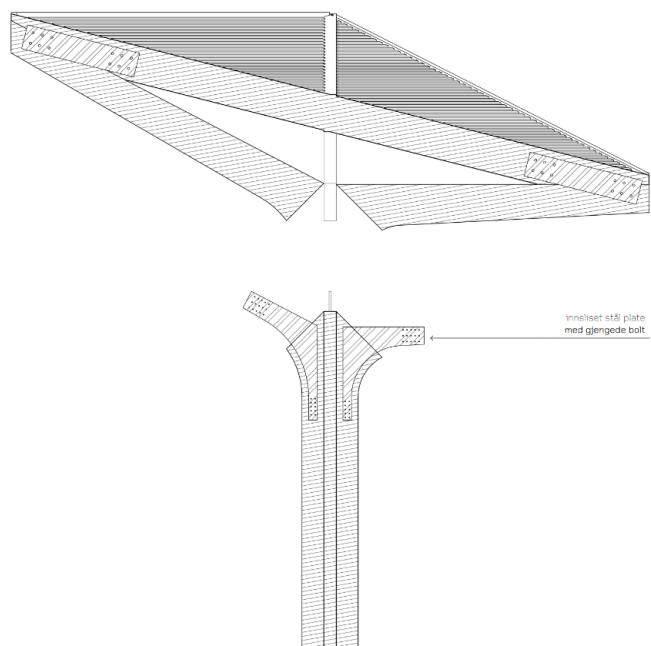
og

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (6.23)$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (6.24)$$

4.10 Knutepunkter

For knutepunktene i konstruksjonen så har man valgt å bruke bolter som festemiddel på grunn av krav til enkel montering og demontering i prosjektgrunlaget. Følgende forutsetninger til beregningene i punkt 5. iht. (Eurokode 5 del 1-1: Allmenne regler og regler for bygninger.):



Figur 11: Skisse av konstruksjonens knutepunkt (Vedlegg: [1])

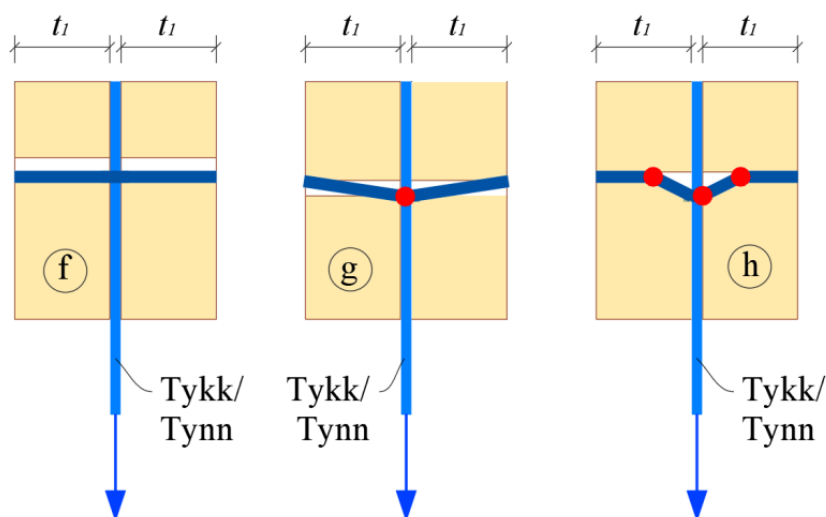
Forbindelsesgruppe

Eurokode 5 del 1-1: 8.1.2 (4): For én rad med forbindere i fiberretningen kan den effektive karakteristiske kapasiteten parallelt med raden, $F_{v,ef,Rk}$ settes lik:

$$F_{v,ef,Rk} = n_{ef} \cdot F_{v,Rk} \quad (8.1)$$

Bruddformer

Følgende forutsetninger til bruddformer for forbindelser tre mot stål iht. (8.2.3 Forbindelser stål mot tre):



Figur 12: Bruddform (f), (g), (h) for forbindelser stål mot tre (Eurokode 5 del 1-1, Figur 8.3)

Den karakteristiske kapasiteten for bolter settes lik minsteverdien for hver forbinder per snitt. For en vilkårlig tykk stålplate som den sentrale komponenten i en dobbelsnittet forbindelse så gjelder disse formlene:

$$\text{Bruddform: (f)} \quad F_{v,Rk} = f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \quad (8.11)$$

$$\text{Bruddform: (g)} \quad F_{v,Rk} = f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \left[\sqrt{2 + \frac{4M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \quad (8.11)$$

$$\text{Bruddform: (h)} \quad F_{v,Rk} = 2,3 \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \quad (8.11)$$

Bolteforbindelse

Følgende forutsetninger for bolteforbindelsen blir satt iht. (Eurokode 5 del 1-1, 8.5.1 Tverrbelastede bolter) (8.5.1.1(1)) For bolter nyttes følgende karakteristiske verdi for flytemoment:

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} \quad (8.30)$$

(2) For bolter med en diameter på opptil 30 mm nyttes følgende karakteristiske verdier for hullkantfastheten i trevirke i en vinkel α på fiberretningen:

$$f_{h,\alpha,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} \quad (8.31)$$

$$f_{h,0,k} = 0,082(1 - 0,01d)\rho_k \quad (8.32)$$

der:

$$k_{90} = 1,35 + 0,015d \quad \text{for bartrevirke} \quad (8.33)$$

(3) Minste avstander mellom bolter og kanter i trevirke blir beregnet ut ifra følgende forutsetninger iht. (Eurokode 5 del 1-1, 8.5.1.1 Tabell 8.4):

Tabell 2: Minste avstander mellom bolter innbyrdes og fra bolter til kant og ende (Eurokode 5 del 1-1, Tabell 8.4)

Innbyrdes avstand og kant-/endeavstander (se figur 8.7)	Vinkel α	Minste innbyrdes avstand og kant-/endeavstand
a_1 (i fiberretningen)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$(4 + \cos \alpha) d$
a_2 (vinkelrett på fiberretningen)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$4 d$
$a_{3,t}$ (belastet ende)	$-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	$\max [7 d; 80 \text{ mm}]$
$a_{3,c}$ (ubelastet ende)	$90^\circ \leq \alpha < 150^\circ$	$(1 + 6 \sin \alpha) d$
	$150^\circ \leq \alpha < 210^\circ$	$4 d$
	$210^\circ \leq \alpha \leq 270^\circ$	$(1 + 6 \sin \alpha) d$
$a_{4,t}$ (belastet kant)	$0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$	$\max [(2 + 2 \sin \alpha) d; 3d]$
$a_{4,c}$ (ubelastet kant)	$180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$3 d$

(4) For en rad med n bolter i fiberretningen bør kapasiteten i fiberretningen beregnes ved bruk av det effektive antallet bolter n_{ef} der:

$$n_{ef} = \min \left\{ n, n^{0.9} \cdot \sqrt[4]{\frac{a_1}{13d}} \right\}$$

Det benyttes standard bolter i de forskjellige forbindelsene. Boltene som blir brukt i prosjektet er:

Tabell 3: Valg av deler til bruk i bolteforbindelsen

Type	Dimensjon	Kvalitet
Bolt	M16 – 60 mm	8.8
Mutter	M16 – 24x16x13 mm	Kvalitet som kan benyttes med bolt
Skive	M16 – 50x17x4,8 mm	Kvalitet som kan benyttes med bolt

Bolt: (Wuerth, 2024), Mutter: (Motek, 2024), Skive: (Motek, 2024)

Til boltene så trengs det stoppskiver i begge ender, minstekravet til diameter og tykkelse blir gjort på følgende måte iht. (Eurokode 5 del 1-1, 10.4.3(2)):

Minstekrav:

Diameter skive 3,0d

Tykkelse skive 0,3d

Forbindelseskontroll

Kontroller for knutepunktsforbindelsen blir gjort på følgende måte iht. (Eurokode 5 del 1-1):
Kapasitetskontroll for effektive antall bolter, der følgende uttrykk skal være oppfylt:

$$F_{v,Rd} < F_d$$

Trykk/strekk, skjær og moment kontroller i fiberretning blir gjort etter følgende forutsetninger iht. (Eurokode 5 del 1-1, 6.1.2 Strekk i fiberretning). Der følgende uttrykk skal være oppfylt:

$$\sigma_{i,0,d} \leq f_{i,0,d}$$

$$\sigma_{i,0,d} = \frac{F_{i,d}}{A_{net}}$$

Nettotverrsnittkapasitet må kontrolleres i bolte-forbindelse gruppen, følgende forutsetninger blir gjort iht. (Limtreboka 2018 Eksempel beregninger, 21.6 Knutepunkt 1 - strekkskjøt i undergurt) (Bell & Liven, 2018)

$$A_{net} = b \cdot h - (t_{sliss} \cdot h_{sliss} \cdot n_{sliss}) - (d_{bolt}(b - (t_{sliss} \cdot n_{sliss})) \cdot n_{bolt}^{rad})$$

Slisseplate av stål

Ifølge Eurokode 5 må eventuelle stålplater som finnes i forbindelsene, kontrolleres for styrke. Slike verifikasjoner bør gjøres ved å sjekke strekk-, trykk- eller skjærspenninger som virker alene eller i kombinasjon, eller fra bøyning som kan føre til brudd i konstruksjonen. Dessuten er muligheten for ett brudd i hullkanten svært usannsynlig med kombinasjonen av platetykkelse og stangdiameter som generelt finnes i en trekonstruksjon, dermed ser man bort fra det i dette prosjektet. Slisseplatens egenskaper i forhold til kreftene som påvirker den må være større eller lik de dimensjonerende kreftene i konstruksjonen.

For beregninger av slisseplatene i knutepunktene så blir følgende forutsetninger gjort iht. (Limtreboka 2015, 14.2.5 Brudd i stålplaten) (Bell & Liven, 2015):

Strekbrudd i stålplaten:

Formelen under som får minst verdi av de to blir den som representerer platens strekkkapasitet.

$$N_{pl,Rd} = \frac{f_y \cdot A}{\gamma_{M,0}} \quad \text{Strekbrudd} \quad (14-9)$$

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 \cdot f_u \cdot A_{net}}{\gamma_{M,2}} \quad \text{Kapasitet til nettotverrsnittet i strekk} \quad (14-10)$$

Trykkbrudd i stålplaten:

Trykkbrudd i stålplaten blir gjort på følgende måte:

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M,0}} \geq N_{Ed} \quad (14-11)$$

Kontroll av knekking i stålplaten er nødvendig om følgende formler blir oppfylt:

$$a_1 \leq 9t \cdot \sqrt{\frac{235}{f_y}} \quad (14-14)$$

Bøyebrudd i stålplaten:

$$M_{c,Rd} = \frac{w_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{M,0}} \geq M_{Ed} \quad (14-12)$$

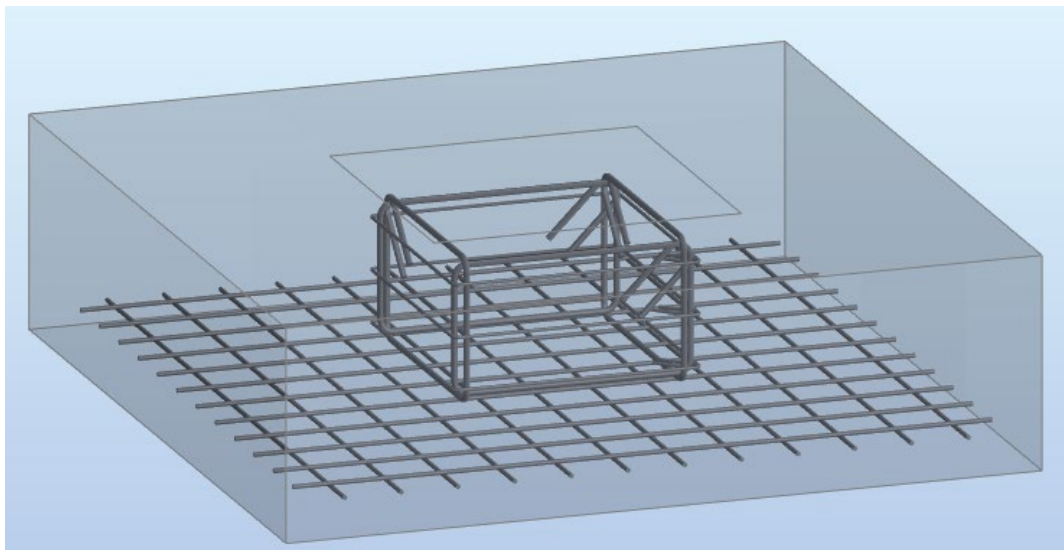
Hensyn til hullene i streksonen i stålplaten er nødvendig om følgende formler blir oppfylt:

$$\frac{0,9 \cdot f_u \cdot A_{net}}{\gamma_{M,2}} \geq \frac{f_y \cdot A}{\gamma_{M,0}} \quad (14-17)$$

Skjærbrudd i stålplaten:

$$V_{c,Rd} = \frac{A_v \cdot \left(\frac{f_y}{\sqrt{3}}\right)}{\gamma_{M,0}} \geq V_{Ed} \quad (14-18)$$

4.11 Fundament



Figur 13: Tegning av tenkt fundament med innlagt armering

For beregninger av fundament så blir følgende forutsetninger til beregningene i punkt 5. iht. (NS 3473:2003 Betongkonstruksjoner Beregnings- og konstruksjonsregler):

Armerings kvalitet	B500C
Betong kvalitet	B35
Armerings jern	Ø16

Fundamenter skal ikke ha mindre tykkelse enn ti ganger armeringsstengenes diameter og ikke mindre enn 200 mm. (NS 3473:2003, 18.6.1 Armerte fundamenter):

$$h_{min} > 10 \cdot \varnothing \text{ men } h_{min} > 200 \text{ mm}$$

Strekkarmeringen i et søylefundaments underside kan fordeles jevnt over hele fundamentets bredde dersom denne ikke er større enn fem ganger søylens tverrmål i samme retning. Er fundamentets bredde større, skal 2/3 av strekkarmeringen anbringes innenfor fundamentets midtre halvdel hvis det ikke påvises en riktigere fordeling. Det skal benyttes en minimumsarmering som for plater. Dersom fundamentet har en tykkelse større en statisk nødvendig, kan minimumsarmeringen reduseres, men skal over bredde b ikke være mindre enn det som tilsvarer (NS 3473:2003, 18.6.2):

$$B > 5 \cdot S$$

For størrelsen på fundamentet så skal følgene uttrykk være tilfredsstilt iht. (Fallsen, 2023) (Leksjon 9-8):

$$\frac{N_{Ed}}{B^2} + q_{m,Ed} \leq \sigma_{g,Rd} \rightarrow B = \sqrt{\frac{N_{Ed}}{\sigma_{g,Rd} - q_{m,Ed}}}$$

For et forsiktig overslag på høyden kan vi for enkeltfundamenter sette den til iht. (Fallsen, 2023) (Leksjon 9-8):

$$h_{min} \geq \frac{Utstikk.fund}{3,0}$$

der:

$$Utstikk.fund = \frac{1}{2} \cdot (B - S) \quad \text{Utstikkende fundamentdel}$$

Følgende formler blir brukt for å beregne nødvendig armering til fundamentet iht. (Fallsen, 2023) (Leksjon 9-8):

$$\sigma_{g,Ed} = \frac{N_{Ed}}{A_{fund}}$$

$$M_{Ed} = \sigma_{g,Ed} \cdot utstikk.fund \cdot \frac{utstikk.fund}{2}$$

$$m = \frac{M_{Ed}}{f_{cd} \cdot b \cdot d^2}$$

$$A_s = \frac{M_{Ed}}{f_{yd} \cdot \beta \cdot d}$$

der:

$$\beta = 1 - 0,610 \cdot m \quad \text{Dimensjonerings konstant}$$

For kontroll av skjærkrefter i fundamentet blir følgende formler brukt i beregningene iht. (Eurokode 2 del 1-1, 6.4.4 Skjærkraftkapasitet i plater og fundamenter uten skjærarmering ved konsentrerte laster og 6.4.2 Lastfordeling og omkrets av kontrollsnitt):

$$V_{Ed,red} = \sigma_{g,Ed} \cdot A_{red} \quad (6.48)$$

$$V_{Ed} = \frac{V_{Ed,red}}{u \cdot d} \quad (6.49)$$

$$V_{Rd} = C_{Rd,c} \cdot k(100 \cdot \rho \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} \cdot \frac{2d}{a} \quad (6.50)$$

$$V_{min} = 0,035k^{\frac{3}{2}} \cdot \sqrt{f_{ck}} \quad (\text{NA.6.3N})$$

$$V_{Rd,min} = V_{min} \cdot \frac{2d}{a} \quad (6.3N)$$

Følgende uttrykk må være tilfredsstilt:

$$V_{Rd,min} < V_{Rd}$$

$$V_{Rd} > V_{Ed}$$

Følgende formler blir brukt for å kontrollere rissvidder til fundamentet iht. (Eurokode 2 del 1.1, 7.3.4 Beregning av rissvidder):

$$W_k = S_{r,max} (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) \quad (7.8)$$

$$l_{bd} = l_{b,rqd} = \frac{1}{4} \cdot \varnothing \cdot \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}} \quad (8.3)$$

Følgende uttrykk må være tilfredsstilt:

$$l_{bd} \leq \frac{x}{2}$$

der:

$$x = \frac{h}{2}$$

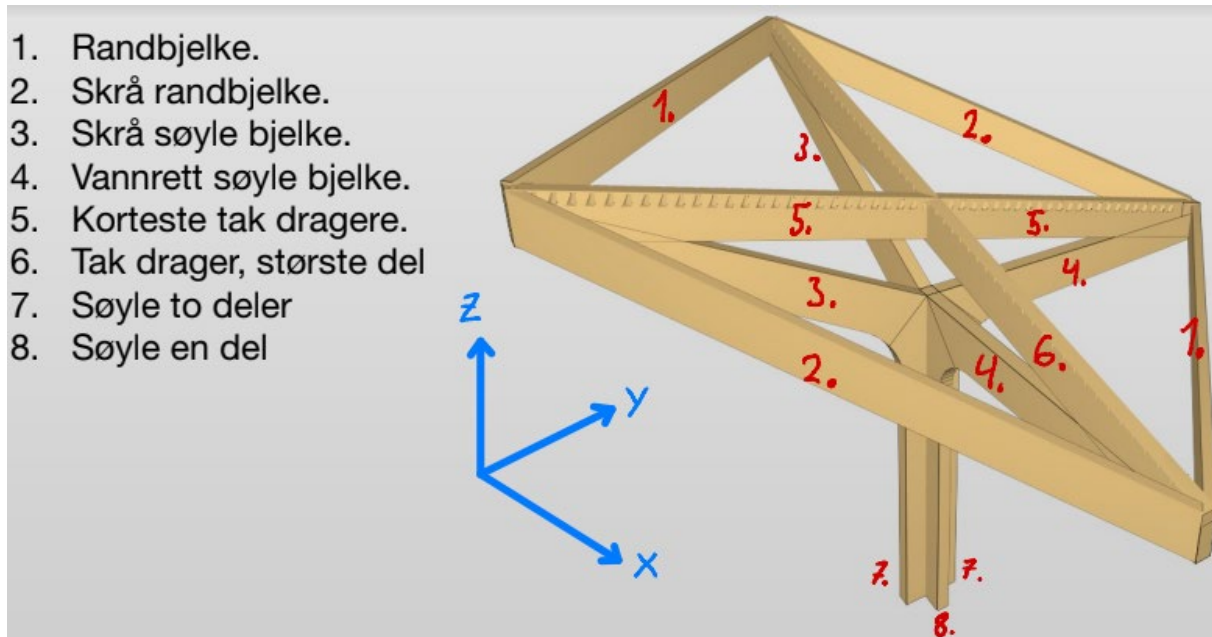
Beregninger for minimums bøyle-armering i punkt 5. blir gjort iht. (Fallsen, 2023) (Leksjon 4 Skjær, 4-3):

$$\left(\frac{A_{sw}}{S}\right)^{min} = 0,1 \cdot b_w \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$$

Beregninger for fundamentets stabilitet blir gjort basert på iht. (Fallsen, 2023) (Leksjon 10, 10-10) der følgende uttrykk må være tilfredsstilt for å ha sikkerhet mot velt i konstruksjonen:

$$S_{Velt} = \frac{M_{Stab}}{M_{Velt}} \geq 1,5$$

5 Resultater



Figur 14: Tegning av navn på komponenter.

5.1 Laster på konstruksjonen

Konstruksjonen er dimensjonert med nøye beregning av snø-, vind- og egenlaster ved bruk av (6.10b) formelen fra NS1990 - Eurokode 0. Snølasten er beregnet til å være 136,22 kN på hele taket, basert på snølast på mark 4 kN/m² (Kristiansand), justert for konstruksjonens høyde og form. Vindlaster på taket er beregnet til å utgjøre en trykkraft på 26,03 kN og en sugkraft på 33,69 kN. Egenlastene inkluderer vekten av solcellepaneler eller sedumtak, samt selve konstruksjonens vekt som totalt beløper seg til 15,32 kN (1562 kg). Aksiallasten på søylene er beregnet slik at man er sikre på at de kan bære den nødvendige vekten, med en total kraft på 185,70 kN fordelt på de enkelte søyledelene. Samlet moment på grunn av disse lastene er på 47,42 kNm. Opplager kreftene til konstruksjonen blir som følgende i tabellen under.

Tabell 4: Opplager krefter i konstruksjonen (Excel [2])

Dimensjonerende Opplager krefter		
FX	7,06	[kN]
FZ	185,70	[kN]
MY	47,42	[kN]

5.2 Dimensjonering

5.2.1 Tak og søyle konstruksjon

Basert på prosjekteringsgrunnlaget så har man fått følgende dimensjoner på komponentene i konstruksjonen som vist i tabellen under, Beregningene viser til at limtrekomponentene i tilfredsstillende kravet til tverrsnittskontroll iht. de kombinerte lastene, med det så kan man gå videre med gitte komponenter (For en mere detaljert innsikt i beregningene se vedlegg [2]).

Tabell 5: Dimensjons tabell for delene i konstruksjon (Excel [2])

Antall	Dimensjonsliste Tak del	B	H
1	Tak dragere største del	140	405
2	Randbjelke	90	405
2	Skrå randbjelke	90	405
2	Korteste tak dragere	140	405
Antall	Dimensjonsliste Søyle del	B	H
1	Søyle en del	140	630
2	Søyle to deler	140	245
2	Vannrett søyle bjelke	140	405
2	Skrå søyle bjelke	140	405

I Beregningene så ble det regnet fram til at den sammensatte søylens dimensjonerende aksialkapasitet havnet på 437,49 kN noe som er over det dobbelte av den dimensjonerende kraften som fungerer på søyle konstruksjonen.

For sammenkopling av søyledelene er det valgt å bruke gjengestag med låsemutter i hver ende. Det valgte gjengestaget er 4.8 ELF M12, hvor man da får et anbefalt strekk på 27,0 kN og anbefalt skjer på 13,5kN (Motek, 2024), med tanke på at det blir brukt 4 av disse vil dette holde. Det vil bli benyttet skiver og låsemuttere for å få dette til å holde på en god måte.

5.2.2 Bøyning

Ved beregninger av bøyning i Excel [2] iht. (Eurokode 5 del 1-1, Tabell 7.2) så får man en total utbøyning krav (W_{fin}) på 51 mm som blir den totale utbøyningen konstruksjonen kan ha i toppen av søylen i begge retninger (X-, X+). Ut ifra kontrollen så tilfredsstillende bøyningen i søylekonstruksjonen kravene.

Tabell 6: Resultat bøyning av søylekonstruksjon (Excel [2])

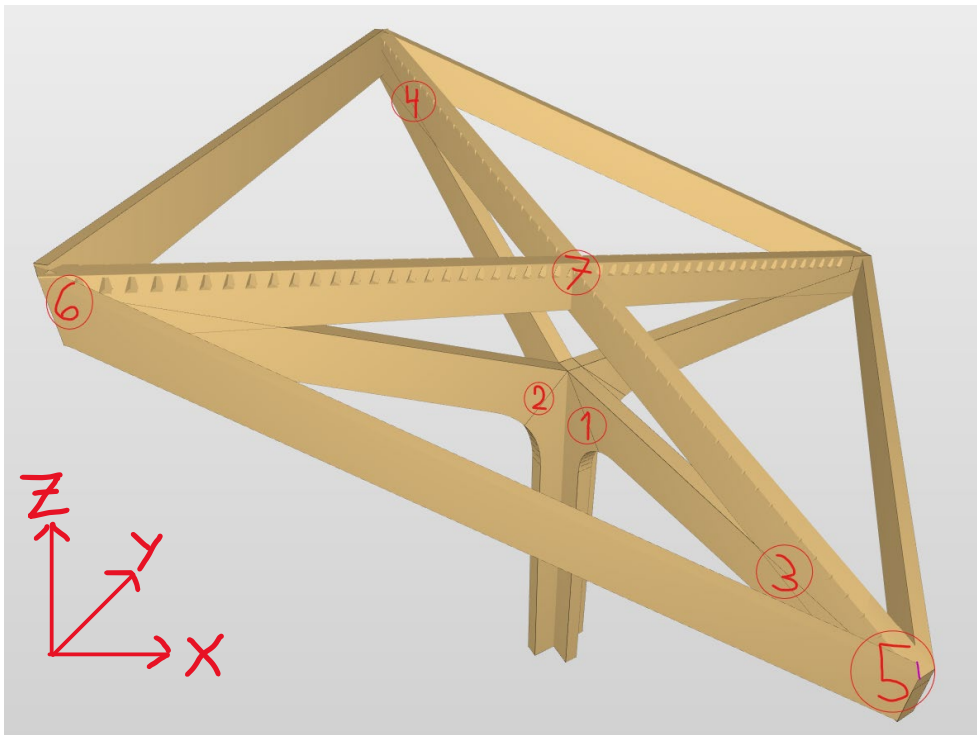
Bøyning i søyle			
U_maks,i = Total bøyning i søyle			
1	U_maks,Vind	0,6	mm
2	U_maks,Horisontal laster	3,28	mm
3	U_maks,moment	8,69	mm
	Sum U_maks	12,59	mm
	Sum U_begge (X+, X-)	25,19	mm

Tabell 7: Kontroll av bøyning (Excel [2])

KONTROLL			
W_net,fin og W_fin			
W_net,fin = L/125	=	30	mm
W_fin = L/75	=	51	mm
U_maks	<	W_net,fin	OK!
Sum U_begge (X+, X-)	<	W_fin	OK!

5.2.3 Knutepunkter

For knutepunktene så har vi 7 stykk, plasseringen til knutepunktene er vist på bildet under.



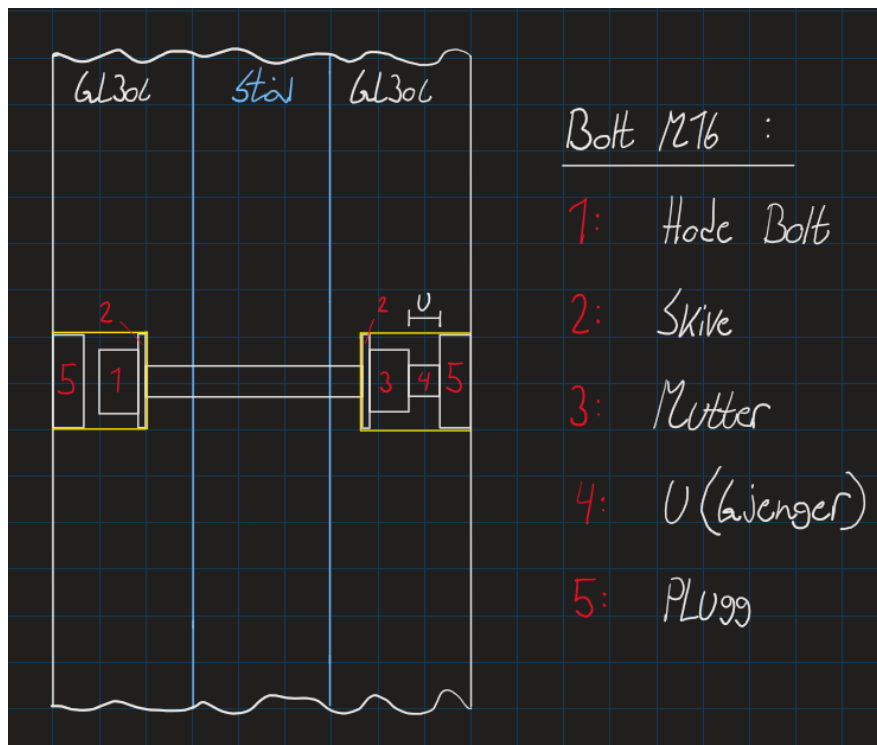
Figur 15: Knutepunkt oversikt

I beregningene for selve slisseplatene så ble det regnet ut at stålet med tverrsnittet 405x10 mm har mer en nok kapasitet til å ta opp kreftene i konstruksjonen. Det trengs ikke å kontrollere for knekking i platen med dette tverrsnittet med de brukte bolteforbindelsene. I tabellen under så kan man se de største dimensjonerende kreftene fra knutepunktene som da tilfredsstillt kravet til kapasitet i tverrsnittet. (For en mere detaljert innsikt i beregningene se vedlegg [2]).

Tabell 8: Resultat fra beregning på kapasitet i slisseplater

Største dimensjonerende Krefter fra Knutepunkt 1, 2, 3, og 4					
N (Trykk og strekk)	126,8	kN	≤	N_{Rd} [kN]	1316 OK!
M	37	kN	≤	M_{Rd} [kN]	1386 OK!
V	25	kN	≤	V_{Rd} [kN]	728 OK!

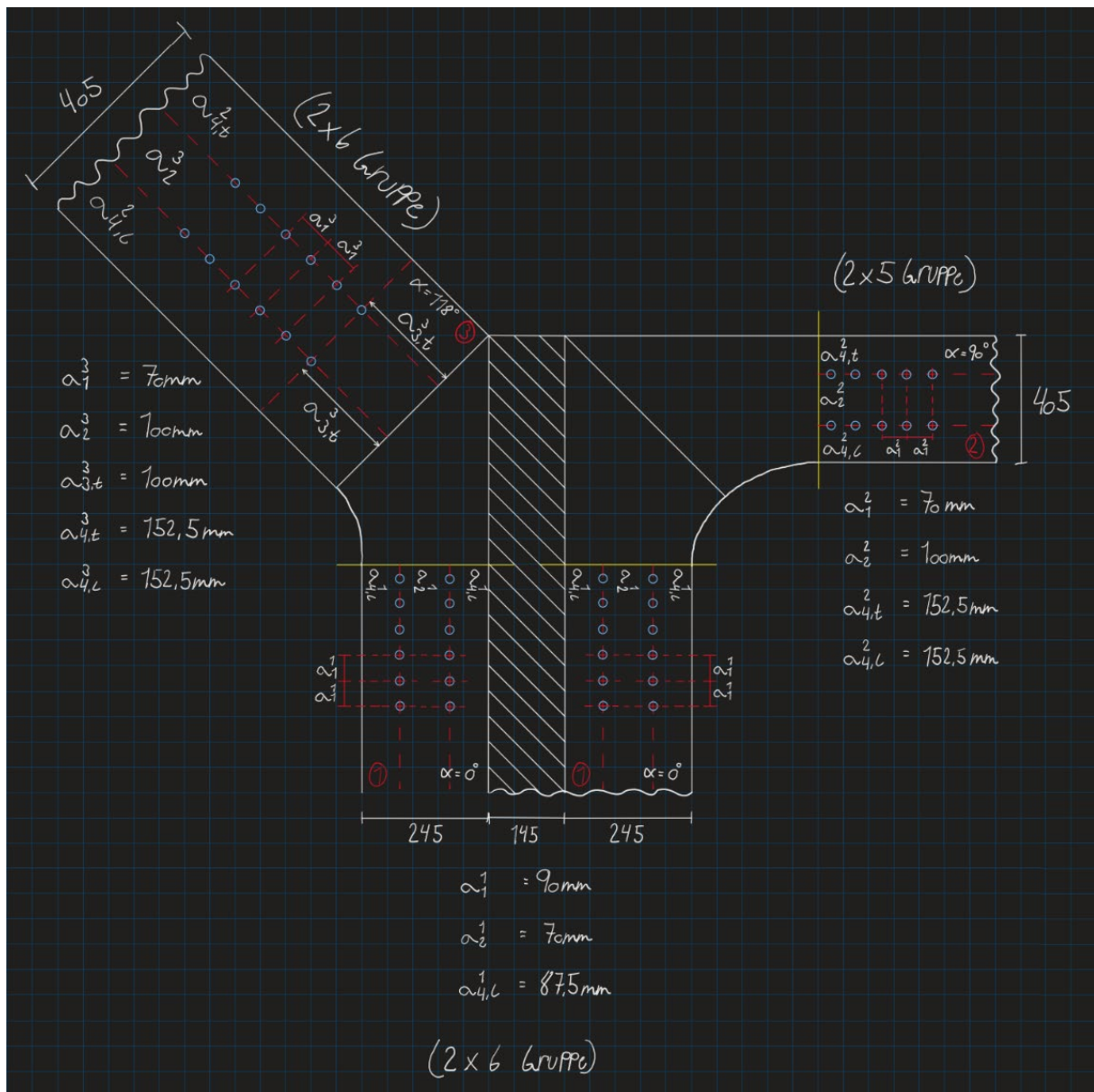
I beregningene for knutepunktene 1 til 6 ble det regnet ut at man trenger en boltegruppe med M16 for å klare å ta opp kreftene i knutepunktene. Alle boltegruppene har en restkapasitet på minst 10% og tilfredsstillt kontrollene som er oppgitt i punkt 4.8. (For en mere detaljert innsikt i beregningene se vedlegg [2]).



Figur 16: Tegning av tverrsnittet for 1 bolt

Knutepunkt 1 og 2:

I knutepunktene ble det regnet ut at man trenger en boltegruppe på (2x6) og (2x5) for knutepunkt 1 mens for knutepunkt 2 så får man en gruppe på (2x6) og (2x6) da det er litt større belastning på den skrå limtrekomponenten. Minimumsavstander til boltegruppene ble beregnet og justert til å passe limtrekomponenten som vist i bildet under.

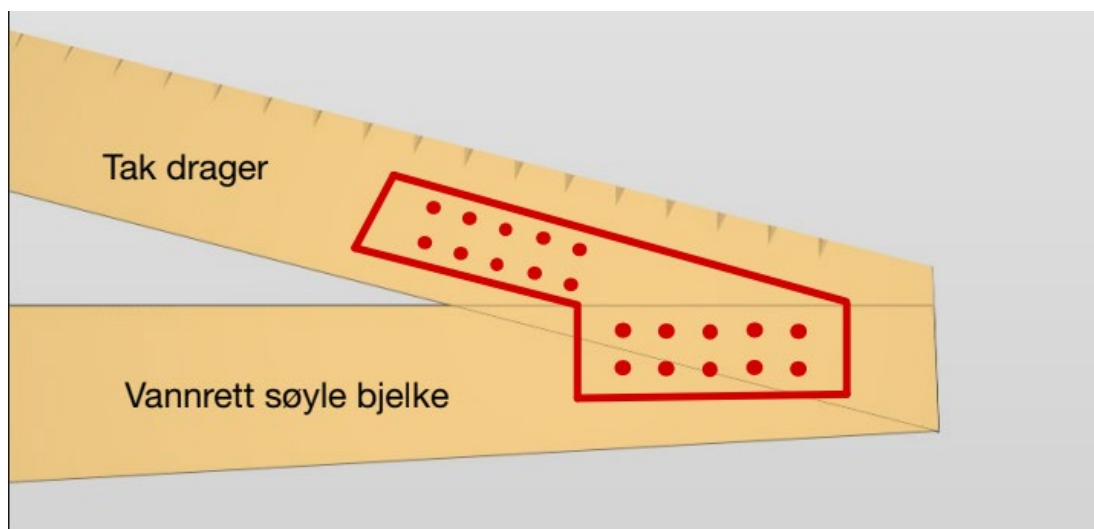


Figur 17: Tegning av minimumsavstander med bolter

Kapasiteten til boltegruppene i knutepunkt 1 ble beregnet til 232 kN for (2x6) vertikal og 126 kN for (2x5) horisontal og for knutepunkt 2 så ble det 232 kN for (2x6) vertikal og 161 kN for (2x6) vinklet som er tilfredsstillende mot de dimensjonerende kreftene i komponentene.

Knutepunkt 3:

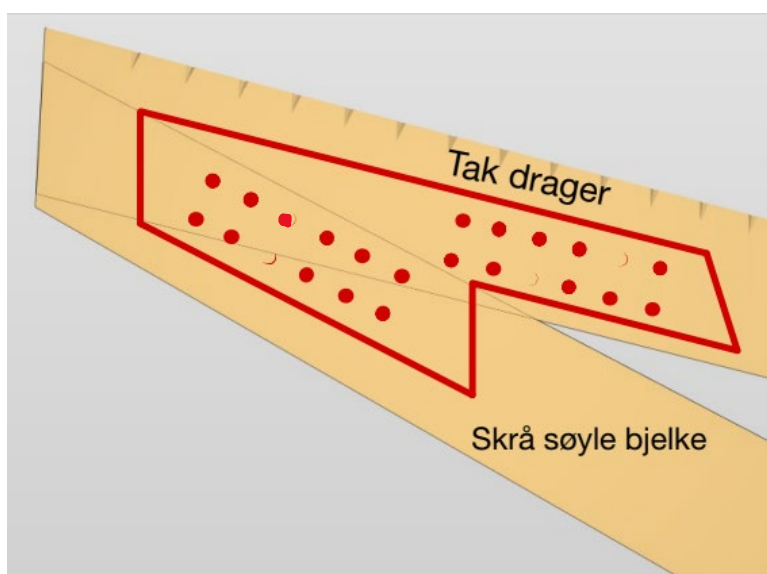
I Knutepunkt 3 så får man en bolte gruppe på (2x5) og (2x5) der kapasiteten er på 126 kN og 129 Kn noe som er tilfredsstillende da de dimensjonerende kreftene havner på 108 kN og man har da en rest kapasitet på ca. 14 - 16 %



Figur 18: Tegning av knutepunkt 3, med stålplate og bolte hull.

Knutepunkt 4:

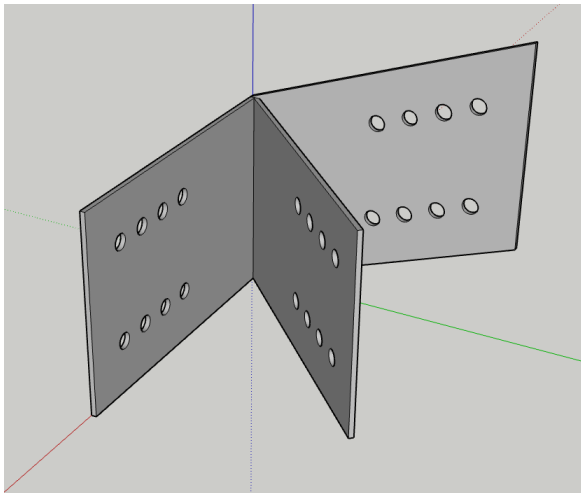
I Knutepunkt 4 så får man en boltegruppe på (2x6) og (2x6) der kapasiteten er på 161 kN og 151 Kn noe som er tilfredsstillende da de dimensjonerende kreftene havner på 127 kN og man har da en restkapasitet på ca. 16 - 21 %



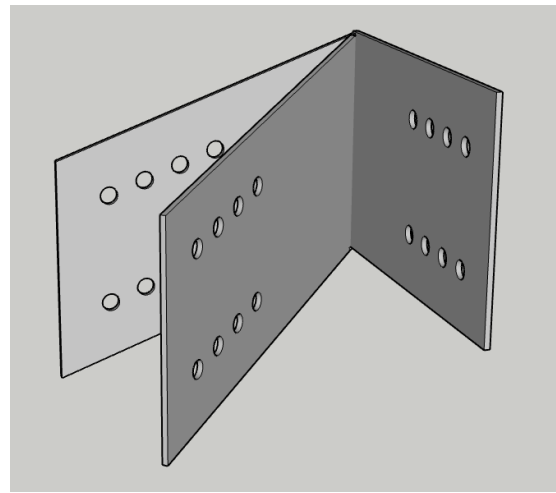
Figur 19: Tegning av knutepunkt 4, med stålplate og boltehull.

Knutepunkt 5 og 6:

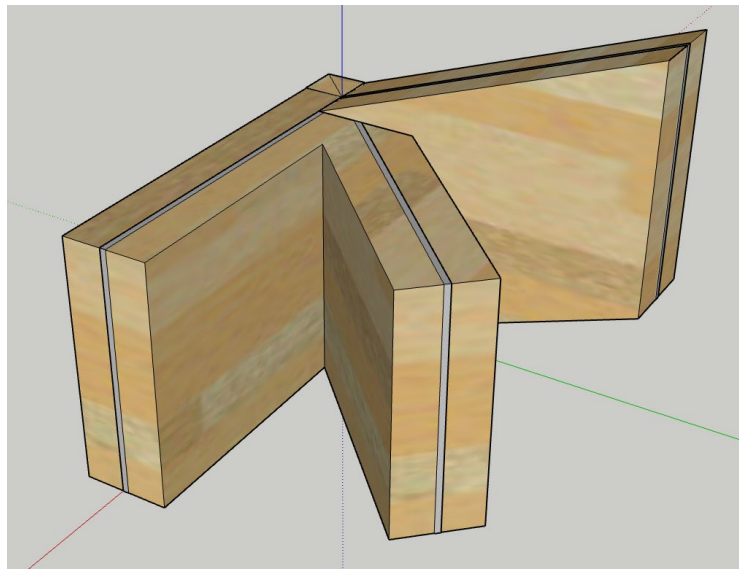
I Knutepunkt 5 og 6 så får man en boltegruppe på 3 gange (2x4) der kapasiteten er på 105 kN noe som er tilfredsstillende da de dimensjonerende kreftene havner på 74 kN. For å få skjulte innfestninger i disse to knutepunktene så har man da valgt for å bruke 3 plater som blir festet i mellom den ene takdrageren og limtrebjelken under. Bildene under viser hvordan det er tenkt med slisseplatene i disse knutepunktene.



Figur 20: Knutepunkt 5 Slisseplate



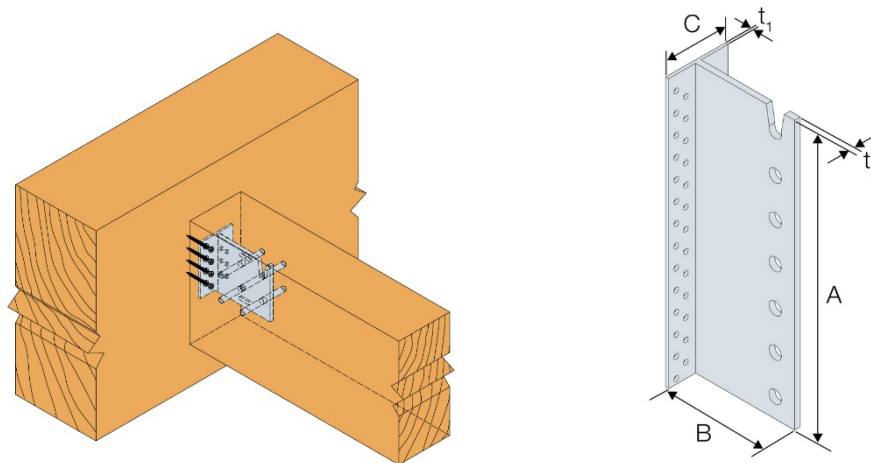
Figur 21: Knutepunkt 6 Slisseplate



Figur 22: Knutepunkt 5 Slisseplate montert i limtre

Knutepunkt 7:

I beregningene for knutepunktene 7 ble det regnet ut at man fikk en dimensjonerende kraft på 24,79 kN i skjær og et moment på 30 kNm. For å ta opp disse kreftene ble det da valgt å bruke en skjult innfestet bjelkebærer av stål av typen BT280 fra Simpson Strong-Tie (Simpson Strong-Tie, 2024). Kapasiteten til bjelkebæreren er gått ut ifra produktdatabladet som viser til at komponenten tåler en belastningsverdi på 55 kN ved bruk av 7 stykk Ø12 bolter som er 60 mm lange og med 52 stykk beslag skruer ved full utspikring.



Figur 23: Tegning av festemetode og BT280 Stål komponent (Simpson Strong-Tie, 2024)



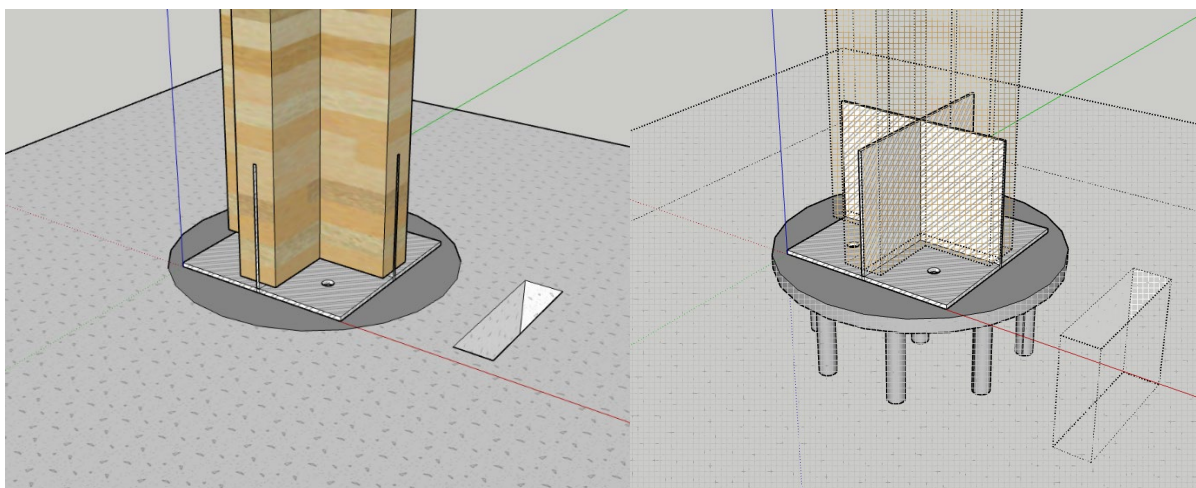
Figur 24: Knutepunkt 7 Bjelkebærer montert inn i limtre

5.2.4 Opplager

For å håndtere kreftene i opplageret på en effektiv og sikker måte, er det valgt å implementere en stålkonstruksjon bestående av et kryss av stål som er strategisk plassert inni selve søylekonstruksjonen. Dette kryssstålet hviler på en robust stålplate, som er innstøpt i fundamentet for å sikre maksimal stabilitet og holdbarhet under belastning. For å sikre en solid og varig forbindelse mellom disse to stålkomponentene, ble det etter beregninger bestemt å bruke fire M16 bolter. Disse boltene har en samlet kapasitet på 362 kN i strekk og 241 kN i avskjæringskapasitet, noe som er godt over de maksimale kreftene som forventes å påvirke konstruksjonen under normale forhold.

Videre er limtrekomponentene festet til stålkrysset ved hjelp av tolv dybler. Disse er jevnt fordelt med tre dybler per søyledel for å gi tilstrekkelig motstand mot kreftene som opplageret kan utsettes for. Fordelingen av dybler bidrar til en forbindelseskapasitet på 265 kN, og en restkapasitet på 29% som gir en god margin for sikkerhet.

I tillegg er det også tatt hensyn til detaljene rundt boltinnfestingen. Bolthullene i stålplatene skal være gjenget, noe som muliggjør enkel og sikker skruing av boltene direkte inn i platene og eliminerer behovet for ytterligere muttere eller festeanordninger. I den nederste stålplaten skal det være flere bolte hull slik at kryss stålet kan roteres i omganger på 45 grader slik at man kan ha konstruksjonen i en ønsket retning. (For en mere detaljert innsikt i beregningene se vedlegg [2]).



Figur 25: Opplager for søylekonstruksjon i stål med utsparing for El-kabler

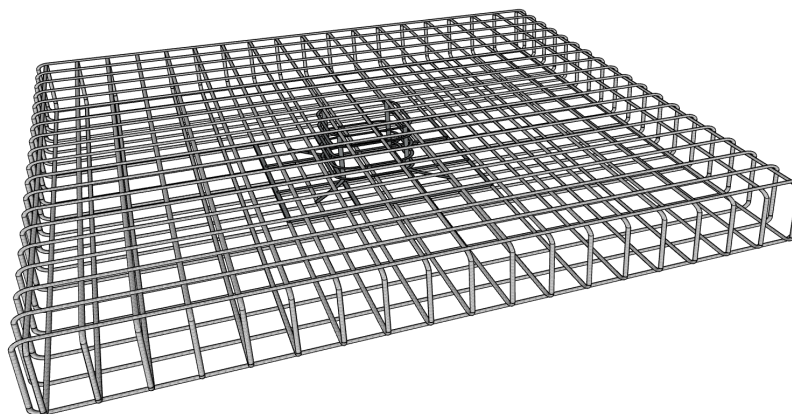
5.2.5 Fundament

Ved beregninger av fundamentet i Excel [2] iht. (Fallsen, 2023)(Leksjon 9-8) så får man et fundament på 3,0 x 3,0 x 0,4 m. Den beregnede armeringen som trengs i fundamentet, ble beregnet til $A_s = 2011 \text{ mm}^2$. Skjærkontroll for gitte A_s ble tilfredsstillt med en restkapasitet på 17% som kan ses i tabellen under. For å oppnå en A_s på den mengden så brukes det Ø16 armerings jern med en c/c - avstand på 111 som legges utover i underkant og overkant. Kontroll etter Pkt. 18.6.2 i NS3473 som sier at man må legge 2/3 av strekkarmeringen innenfor fundamentets midtre halvdel hvis bredden er 5 gange mindre enn den midtre kjerne ble ikke oppfylt og man går da videre med den beregnede A_s på 2011 mm^2 som trengs i fundamentet.

Tabell 9: Kontroller for dimensjonering av fundament (Excel [2])

Kontroll av skjær a=d			Kontroll etter Pkt. 18.6.2 i NS3473		
V_Rd	1,18	N/mm ²	B	>	5 · s
V_Rd > V_Ed	OK!		3,00	<	3,25
V_min	0,490	N/mm ²	Regelen gjelder ikke, fortsett med A_s		
V_Rd,min	0,980	N/mm ²			
V_Rd,min < V_Rd	OK!	17 %			

For beregningene av minimum bøylearmering så ble det regnet fram til at man må bruke Ø_b 8 c/c 130 i fundamentets kjerne for å kunne ta opp kreftene. Kontroll av rissvidder og forankringslengde av hovedarmeringen ble tilfredsstillt og det kan brukes den samme A_s i fundamentet. For beregningene til sikkerhet mot velt så ble det regnet fram til en $S_{velt} = 2$ som er tilfredsstillende og bekrefter at det ikke er noe fare for at konstruksjonen skal velte over.



Figur 26: Illustrasjon av ferdig innlagt armering i fundament

5.2.6 Brann

Ut ifra brannberegningene så viser det seg at alle limtrekomponentene i konstruksjonen holder brannkravet på R30. I Tabellen under kan man se hvilken deler som besto brannkravet på R30.

Tabell 10: Resultat på brannberegningen til limtre komponenten [2]

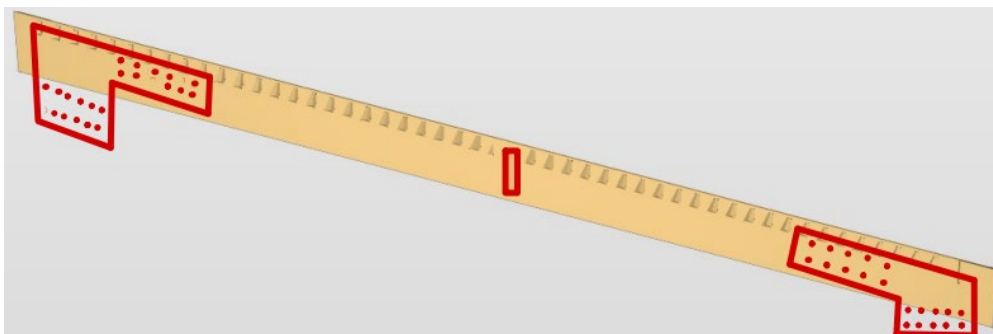
Dimensjonsliste Tak del	A _{y,fi,min} < A _{rest}			W _{y,fi,min} < W _{y,rest}		
	A _{rest} mm ²	A _{y,fi,min}		W _{y,rest}	W _{y,fi,min}	
Tak drager største del	31668	4589	OK!	1705214	343478	OK!
Randbjelke	12818	1761	OK!	690206	12816	OK!
Skrå randbjelke	31668	1733	OK!	1705214	136522	OK!
Korteste tak dragere	31668	4589	OK!	1705214	343478	OK!
Dimensjonsliste Søyde del						
Søyde en del	50568	289	OK!	4612664	135652	OK!
Søyde to deler	36456	289	OK!	1000188	135652	OK!
Vannrett søyde bjelke	31668	3373	OK!	1705214	428986	OK!
Skrå søyde bjelke	31668	2972	OK!	1705214	308986	OK!

6 Optimalisering

6.1.1 Produksjon

Takkonstruksjonen:

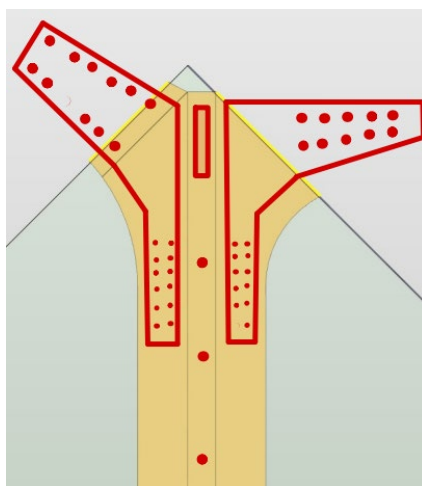
Produksjonen vil bli gjort hos de aktuelle produsentene, med noen innspill fra oppgaven. Med tanke på effektivisering av montering vil alle stålslisseplatene bli montert på komponentene før de transporteres ut på plassen. Om man ser på figuren under kan man se at det er påtegnet slisseplater og en bjelkebærer, disse er påtegnet for å vise hvor de skal være når de kommer ut fra fabrikk, samt for å vise hvordan monteringen kan gå på en kjapp og enkel måte. Slisseplatene vil bli ført inn fra oversiden for enklere montering.



Figur 27: Tegning av påtenkt ferdigmontering i Limtre komponent

Søylekonstruksjon:

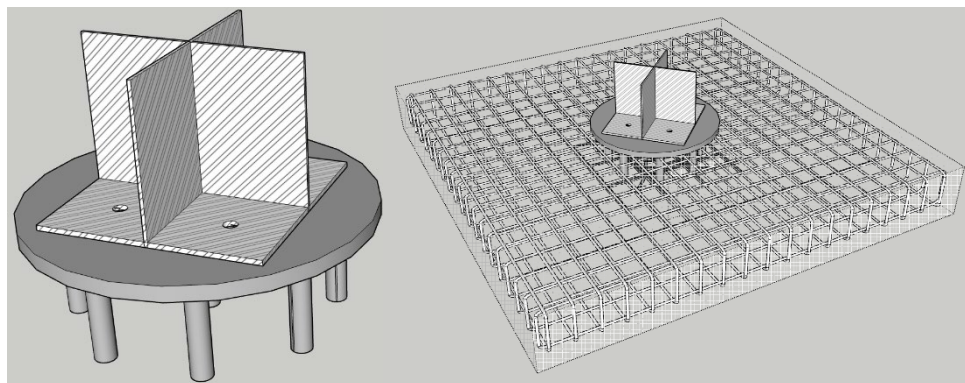
I tillegg til å montere slisseplatene på komponentene for enkel montering vil også søylen bli montert sammen. Selve søylen blir montert hos produsentene, slik at når den kommer til byggeplassen så er det bare å feste hele søylekonstruksjonen til kryssstålet i opplageret.



Figur 28: Tegning av påtenkt ferdigmontert søylekonstruksjon

Fundamentet:

Fundamentet vil ha en innstøpt stålplate som skal holde kryss stålet. Tanken med den innstøpte stålplaten er at man enkelt kan rotere konstruksjonen på hver 45 grader i ønsket retning, da det er ekstra boltehull i stålplaten. I Fundamentet må det også være ut sparret hull for EL-kabelføringen til ladestasjonene som er utført iht. produktanvisningen.



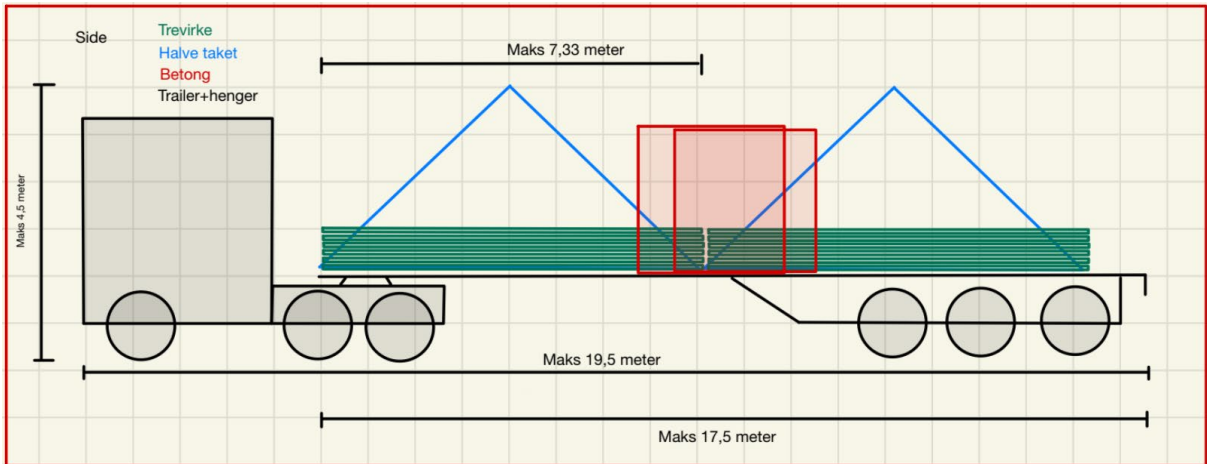
Figur 29: Tegning av kryss stålet og feste innretningen med fundament vedsiden

6.1.2 Pakking og transport

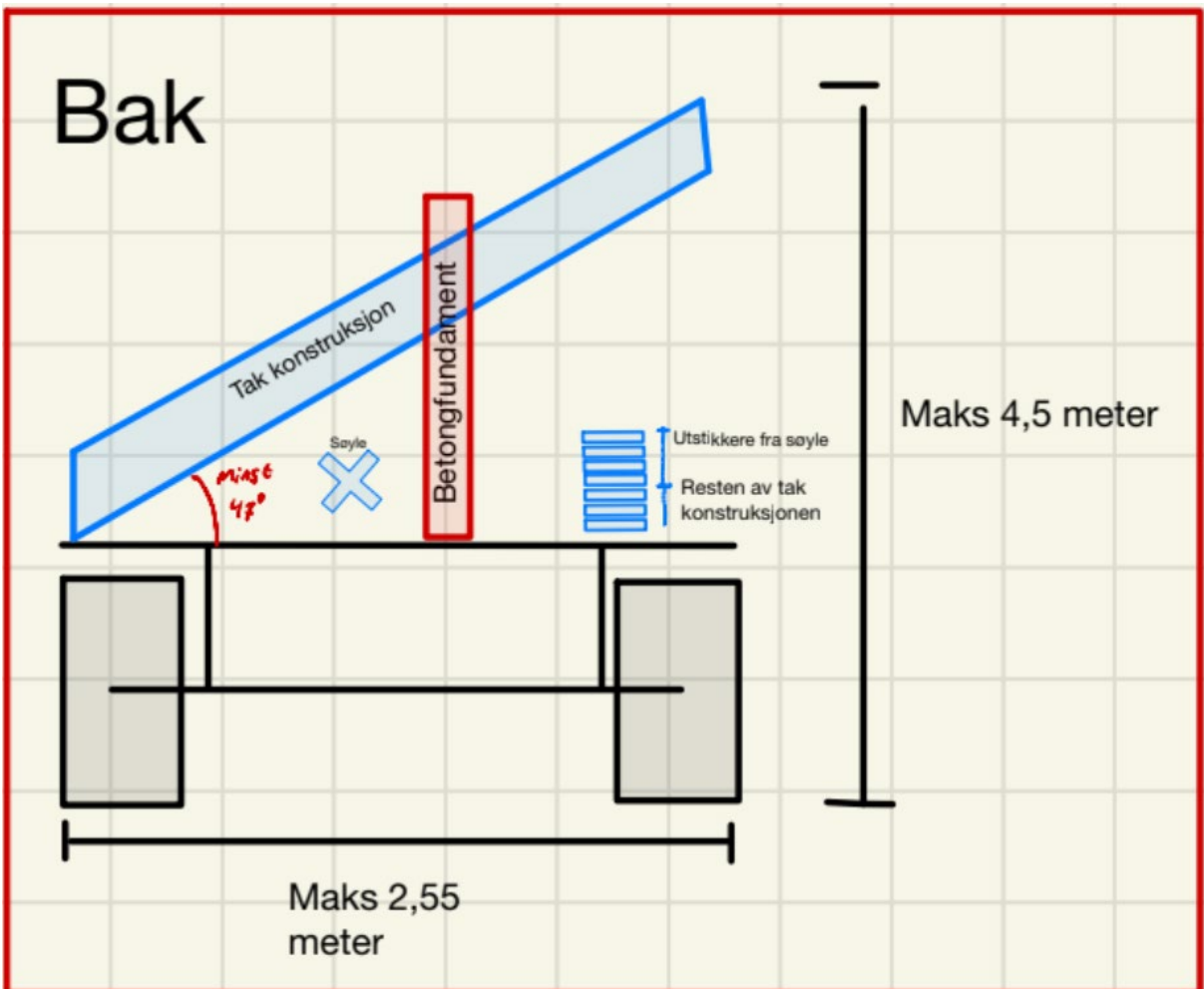
I henhold til Statens Vegvesens «*Trucker's Guide for kjøring*» i Norge (Statens Vegvesen, 2021) er det spesifisert maksimalt tillatte dimensjoner for kjøretøybredder og -lengder på offentlige veier. Det tillates en bredde på opptil 2,60 meter og en lengde på 19,5 meter for kjøretøy med isolert henger. For nye veier er maksimal høyde satt til 4,5 meter. (Statens Vegvesen, 2009) Disse reguleringene krever at Takkonstruksjonen må fraktes i flere deler og sammensettes på byggeplassen.

Konkret vil takkonstruksjonen deles i to deler. En av enkeltdragerne og utstikkerne vil fjernes, slik at taket danner en rettvinklet trekant. Resten av takkonstruksjonen vil bli montert på stedet. Utstikkerne fra søylen vil også transporteres separat og monteres på byggeplassen, det samme gjelder selve søylen som fraktes som en egen enhet. Betongfundamentet for søylen vil også transporteres som en selvstendig del.

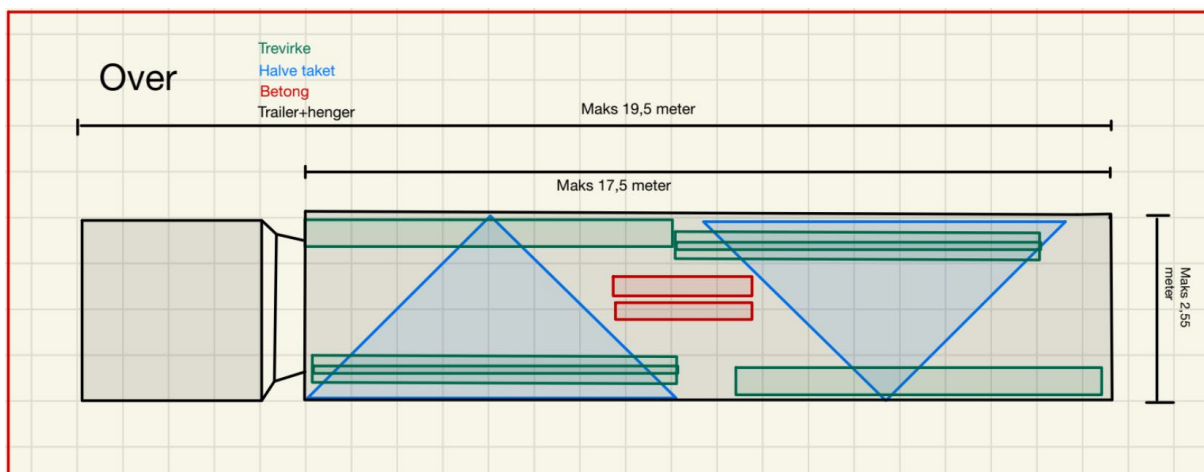
På byggeplassen vil spilene og resten av taket monteres. Under så finner man illustrasjoner av den planlagte lastemetoden på en trailer, som unngår behovet for spesialdispensasjon eller følgebil på grunn av utstikkende deler. Med denne fraktemetoden er det mulig å få to hele Ladetreekonstruksjoner på en trailer.



Figur 30: Tegning av påtenkt lastsituasjon på henger for frakt, sett fra siden.



Figur 31: Tegning av påtenkt lastsituasjon på henger for frakt, sett bakfra.

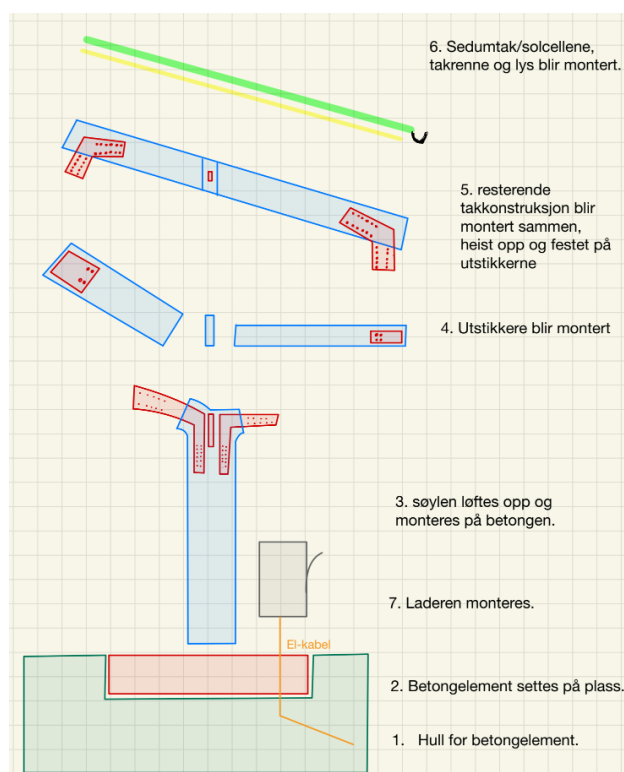


Figur 32: Tegning av påtenkt lastsituasjon på henger for frakt, sett ovenfra.

6.1.3 Montering og demontering

Store deler av konstruksjonen er forhåndsmontert i henhold til punkt 8.1.1 Produksjon, noe som resulterer i en raskere monterings- og demonterings- og demonteringstid på byggeplassen. Monteringsprosessen starter med at det graves et hull i bakken for å plassere og isolere betongelementet. Deretter roteres krysstålet til den ønskede retningen og festes til den andre stålkomponenten i betongelementet. Søylene, som allerede er sammensatt på fabrikken, heises deretter på plass i krysstålet.

Neste trinn innebærer montering av de fire utstikkerne fra søylen, som fastmonteres til slisseplatene som stikker ut fra søylekonstruksjonen. Takkonstruksjonen, som kommer i deler, monteres deretter på byggeplassen og hele enheten heises opp og boltes til den komplette søylekonstruksjonen. Til slutt monteres spilene og resten av taket, inkludert underlaget og solcellepaneler eller sedummatter. Avslutningsvis monteres laderen, takrennene og belysningen.



Figur 33: Tegning av påtenkt monterings rekkefølge.

7 Diskusjon og analyse

7.1 Utfordringer

Utfordringene er hovedsakelig relatert til designvalgene for å oppnå en visuell tilnærming hvor alle festemidler skal være usynlige. Bruken av plugg og slisseplater fremfor eksterne festemidler for å skjule innfestningen introduserer både strukturelle og monteringsmessige komplikasjoner, som utfordrer tradisjonelle byggemetoder og påvirker både konstruksjonens integritet og montasjeprosessen.

Videre kompliseres konstruksjonens utforming ved kravene til fundamentet. Opprinnelig var fundamentet planlagt som et søylefundament, men gjennomgang av monteringsanvisningen [4] avslørte at laderen må fastmonteres direkte på betongen, og ikke på asfalt som først antatt. Dette førte til en signifikant designendring, hvor fundamentet ble omformet til et betongdekke som er jevnt med asfalten for å sikre en glatt overgang.

7.2 Lokasjon

Når det kommer til lokasjoner for Ladetree, er det valgt å fokusere på tre forskjellige steder i Norge som Kristiansand, Oslo, og Namsskogan. Valget av disse lokasjonene er tilfeldig, men de representerer en stor variasjon i klimatiske forhold, spesielt med tanke på snøfall og vind. På grunn av de signifikante forskjellene mellom disse stedene, er det tatt hensyn til verst tenkelige scenarioer fra hvert område i de strukturelle beregningene. I Namsskogan, hvor tunge snøfall er vanlig, kreves det en forsterket takkonstruksjon og robuste knutepunkter i limtrekomponentene for å tåle høye snølaste, mens i Kristiansand må konstruksjonen være designet for å motstå kraftige vindkast på grunn av dens kystnære beliggenhet.

Fundamentdybden og stabiliteten er også kritisk, spesielt i Namsskogan hvor dypere frostlinjer kan påvirke fundamentets stabilitet gjennom frys/tine-sykluser, og derfor krever en mer robust og dypere isolasjon rundt fundamentet. Kristiansand og Oslo, med deres mildere klimatiske forhold, vil ha noe mindre men like krav.

Med denne konfigurasjonen som er i prosjektet, kan man plassere konstruksjonen hvor som helst så lenge den ikke overstiger en samlet verdi til lokasjonen med snølast: $S_{k,0} = 4,5 \text{ kN/m}^2$ og vindlast: $V_{b,0} = 28 \text{ m/s}^2$. Overstiger man disse verdiene for laster, så må man ta hensyn til bolteforbindelsene i knutepunktene og limtrekomponentene så man får revurdere disse etter høyere lokale forhold.

7.3 Resultater

Ved sammenligning av våre håndberegninger i Excel og programvaren robot structural analysis så ser man at det er veldig like resultater. Med tanke på disse like resultatene så føler man seg trygg på at beregningene er gjort på riktig måte og er på den sikre siden når det gjelder integriteten til konstruksjonen. I tabellen under kan man se sammenlikningen av beregningene for opplageret. (For en mere detaljert sammenlikning se vedlegg [2] og vedlegg [3]).

Tabell 11: Sammenlikning av opplagerkrefter

Opplagerkrefter			
	Excel	Robot	
FX	7,06	7,51	[kN]
FZ	185,70	186,43	[kN]
MY	47,42	48,37	[kN]

7.4 Fundament og opplager

Stålplaten som skal støpes inn i betongfundamentet må plasseres nøyaktig vannrett for å sikre at konstruksjonen som plasseres ovenpå er helt loddrett, og dermed unngå eventuelle skjevbelastninger. For å beskytte mot vanninntrengning og tilhørende frostskafer, er det avgjørende med en korrekt installasjon av en vannavvisende membran under stålplatene. Membranen må være tilstrekkelig robust til å tåle belastninger gjennom hele fundamentets levetid. Eventuelle svakheter i membranen kan lede til oppsamling av vann, som ved frysing kan forårsake skader og sprekker i komponentene.

7.5 Knutepunkter

Man må øke dimensjonen på randbjelkene fra 90x405 til 140x405 slik at man får plass til den skjulte bolte forbindelsen i knutepunkt 5 og 6, med dimensjonene 90x405 så får ikke bolte forbindelsen plass i tverrsnittet og man må da ty til andre festemetoder som dybler. Dette fører til at estetikkkravet og demonterbarhet ikke blir oppfylt på en like god måte. Ved økning i dimensjon så blir det en liten økning i kostnadene og dette må da vektlegges imot estetikk og demonterbarhet.

7.6 Takkonstruksjon

Når det gjelder valg av takmateriale, kan solceller og sedumtak velges som et alternativ. Sedum-taket, som er tyngre enn solcellepaneler, er imidlertid valgt som basis for belastningsberegningene på grunn av sin større vekt. Når man kommer på plassen hvor ladetreet skal stå er allerede halve taket ferdigmontert. Ettersom resten av taket skal monteres på den ferdige takkonstruksjonen er det viktig at overtaket og sedummattene/solcellene bare dekker halvparten av drageren på hver side. Dette er for å få både spikerslag for undertaket, og for å sørge for en sømløs overgang.

7.7 Påkjørsel

Gitt at konstruksjonen ikke er direkte dimensjonert for påkjørsel og fungerer som et samlepunkt for biler, er det fornuftig å ha en form for vern. Når det gjelder valg av påkjøringsbeskyttere, er det flere alternativer å vurdere. Siden estetikk er en viktig faktor for konstruksjonen, bør beskytteren være nøytral og ikke påfallende. Derfor anbefales en lavtliggende beskytter som kan absorbere en støyt hvis en bil skulle komme for nær.

8 Konklusjon

Problem stillingen for denne oppgaven er:

Hvordan kan "Ladetre" utformes for å optimalisere balansen mellom estetisk tiltalende design og funksjonalitet, samtidig som det oppfyller krav til ombruk, lett monterbart/demonterbart?

Ut ifra denne oppgaven har vi demonstrert hvordan konstruksjonen av "Ladetre" kan tilfredsstillere kravene til estetikk, holdbarhet og sikkerhet, i overensstemmelse med de norske standardene og Eurokodene. I prosjektet ble det utført en rekke med beregninger som tilfredsstillende at tak- og søylekonstruksjonen oppfyller alle nødvendige krav til tverrsnittskontroll, aksialkapasitet, bøyemotstand og brannsikkerhet, samtidig som den ivaretar estetiske krav om å minimere synligheten av forbindelser.

Under prosjektering og beregning av konstruksjonen, ble det benyttet analytiske metoder for å sikre nøyaktighet og pålitelighet. Dette inkluderte bruk av både håndberegninger i Microsoft Excel og verifisering gjennom tvilling modellen i Robot Structural Analysis, som ga meget like resultater. Denne tilnærmingen bekrefter kvaliteten i de tekniske løsningene og gir tillit til robustheten og sikkerheten til konstruksjonen under varierte lastbetingelser.

Prosjektet har også adressert utfordringer knyttet til plassering av konstruksjonen i områder med høyere snø- og vindlast. Ved å tilpasse design og materialvalg, er det sikret at "Ladetre" kan motstå lokale værforhold uten kompromisser med estetikk eller funksjonalitet. Det modulære designet av konstruksjonen understøtter enkel og effektiv montering og demontering, noe som er avgjørende for ombruksaspektet. Dette gjør "Ladetre" til en bærekraftig løsning som enkelt kan transporteres og installeres på nye lokasjoner.

Med resultatene og løsningene som er utviklet gjennom denne oppgaven, kan man oppnå et Ladetre som er optimalisert for en balanse mellom estetisk design og funksjonalitet. Dette inkluderer å oppfylle kravet til ombruk og letthet i montering/demontering, samt effektivitet i transport til byggeplassen. "Ladetre" representerer dermed et bærekraftige og visuelt tiltalende ladestasjoner for elektriske kjøretøy.

Referanseliste

- Amundsen, A. et al., 2021. *Lokalisering av hurtigladestasjoner*. [Online]
Available at: <https://www.tiltak.no/c-miljoeteknologi/c4-atferdspaavirkning/lokalisering-av-hurtigladestasjoner/>
[Senest hentet eller vist den 25 Mars 2024].
- Bell, K. & Liven, H., 2015. *Limtreboka*. [Online]
Available at: https://www.moelven.com/globalassets/moelven-limtre/limtreboka_2015_el2.pdf
[Senest hentet eller vist den 26 Mars 2024].
- Bell, K. & Liven, H., 2018. *Limtreboka Beregningseksempler*. [Online]
Available at: https://www.moelven.com/globalassets/moelven-limtre/limtre_eksmpl_digital.pdf
[Senest hentet eller vist den 24 Mars 2024].
- Bergknapp, 2024. *Sedummatter*. [Online]
Available at: <https://www.bergknapp.no/sedummatte>
[Senest hentet eller vist den 25 Mars 2024].
- Board, E. E., 2022. *Evmarketsreports*. [Internett]
Available at: <https://evmarketsreports.com/ev-readiness-index-2022-2/>
[Funnet 25 Mars 2024].
- byggkvalitet, D. f., 2017. *Byggteknisk forskrift (TEK17) med veiledning*. [Online]
Available at: <https://www.dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17>
[Senest hentet eller vist den 27 Mars 2024].
- Fallsen, H. B., 2023. *BYGG2254 Betongkonstruksjoner Leksjoner 1 - 11 (2023 VÅR)*. Gjøvik: NTNU.
- Fortum, 2021. *fortum.com*. [Online]
Available at: <https://www.fortum.com/no/om-oss/var-bedrift/var-energiproduksjon/solenergi>
[Senest hentet eller vist den 05 April 2024].
- Lee, J., Lee, T., Jeong, J. & Jeong, J., 2021. *Sustainability and performance assessment of binary blended low-carbon concrete using supplementary cementitious materials*. [Online]
Available at:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652620344188?via%3Dihub>
[Senest hentet eller vist den 23 Mars 2024].
- Miotto, J. L. & Dias, A. A., 2012. *Evaluation of perforated steel plates as connection in glulam-concrete composite structures*. [Online]
Available at:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061811004788?via%3Dihub#pre>

view-section-introduction

[Senest hentet eller vist den 23 Mars 2024].

Motek, 2024. *motek.no*. [Online]

Available at:

[bWFzdGVyfGZpbGVzfDU0Nzg4M3xhcHBsaWNhdGlvbi9wZGZ8ZmlsZXMvaDc2L2gwYS84ODAxMzY2MDE2MDMwLnBkZnw1NWlxZWVmZGE4NzI2MGQ2ZmNhMDc5ZTZjMDFmOGM0MDIzYjI1ODgyOGMxZjBmMTA0NjAxZWUzNzc1NTZkNzM1](https://www.motek.no/Festemidler/Metriske-produkter/Muttere-og-skiver/Sekskantsmutter/Sekskantmutter-Motek-varmforsinket-kl-8/p/55612)

[Senest hentet eller vist den 18 April 2024].

Motek, 2024. *Sekskantmutter varmforsinket*. [Online]

Available at: <https://www.motek.no/Festemidler/Metriske-produkter/Muttere-og-skiver/Sekskantsmutter/Sekskantmutter-Motek-varmforsinket-kl-8/p/55612>

[Senest hentet eller vist den 29 Mars 2024].

Motek, 2024. *Skive stor varmforsinket*. [Online]

Available at: [https://www.motek.no/Festemidler/Metriske-produkter/Muttere-og-skiver/Skive-rund/Skive-Stor-varmforsinket-](https://www.motek.no/Festemidler/Metriske-produkter/Muttere-og-skiver/Skive-rund/Skive-Stor-varmforsinket-DIN9021/p/58792?_gl=1*1r335d4*_up*MQ..*_ga*MzIxMzYyMDE2MDMwLnBkZnw1NWlxZWVmZGE4NzI2MGQ2ZmNhMDc5ZTZjMDFmOGM0MDIzYjI1ODgyOGMxZjBmMTA0NjAxZWUzNzc1NTZkNzM1)

[DIN9021/p/58792?_gl=1*1r335d4*_up*MQ..*_ga*MzIxMzYyMDE2MDMwLnBkZnw1NWlxZWVmZGE4NzI2MGQ2ZmNhMDc5ZTZjMDFmOGM0MDIzYjI1ODgyOGMxZjBmMTA0NjAxZWUzNzc1NTZkNzM1](https://www.motek.no/Festemidler/Metriske-produkter/Muttere-og-skiver/Skive-rund/Skive-Stor-varmforsinket-DIN9021/p/58792?_gl=1*1r335d4*_up*MQ..*_ga*MzIxMzYyMDE2MDMwLnBkZnw1NWlxZWVmZGE4NzI2MGQ2ZmNhMDc5ZTZjMDFmOGM0MDIzYjI1ODgyOGMxZjBmMTA0NjAxZWUzNzc1NTZkNzM1)

[Senest hentet eller vist den 29 Mars 2024].

Nukah, P., Abbey, S., Booth, C. & Oti, J., 2022. *Evaluation of the Structural Performance of Low Carbon Concrete*. [Online]

Available at: <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/24/16765>

[Senest hentet eller vist den 23 Mars 2024].

Simpson Strong-Tie, 2024. *Bjelkebærer*. [Online]

Available at: <https://www.strongtie.no/no-NO/produkter/bjelkebaerere-bt>

[Senest hentet eller vist den 12 April 2024].

SINTEF, 2011. *bjelker av tre. dimensjonering*. [Online]

Available at: https://www.byggforsk.no/dokument/304/bjelker_av_tre_dimensjonering

Sintef, 2022. *Solcellepanel på taket – er det lønnsomt?*. [Online]

Available at: <https://blogg.sintef.no/sintefenergy-nb/solcellepanel-pa-taket-er-det-lonnsomt/>

[Senest hentet eller vist den 06 April 2024].

Statens Vegvesen, 2009. *vegvesen.no*. [Online]

Available at:

https://www.vegvesen.no/globalassets/fag/horinger/2010/2009242803_frist_20100321/horing_snotat.pdf

[Senest hentet eller vist den 05 April 2024].

Statens Vegvesen, 2021. *vegvesen.no*. [Online]

Available at:

https://www.vegvesen.no/globalassets/kjoretøy/yrkestransport/truckersguide/donnadiesel_truc

kersguide_2021-web-no.pdf

[Senest hentet eller vist den 03 April 2024].

Trefokus, 2024. *limtre*. [Online]

Available at: <http://www.trefokus.no/proff/artikler/materialer/limtre>

[Senest hentet eller vist den 26 Mars 2024].

Wuerth, 2024. *Sekskantskrue delgjenget*. [Online]

Available at: <https://nettbutikk.wuerth.no/festemidler/sekskantskrue/sekskantskrue-delgjenget-din-931-varmforsinket-8-8>

[Senest hentet eller vist den 29 Mars 2024].

Yang, R. et al., 2020. *Mechanical behaviour of steel timber composite shear connections*. [Online]

Available at:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S095006182031610X?via%3Dihub>

[Senest hentet eller vist den 26 Mars 2024].

Eurokode 0 Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner

Eurokode 1 del 1-4 Allmenne laster Vindlast

Eurokode 2 del 1-1 Prosjektering av betongkonstruksjoner

Eurokode 3 del 1-1 Prosjektering av stålkonstruksjoner

Eurokode 3 del 1-8 Knutepunkter og forbindelser

Eurokode 5 del 1-1 Allmenne regler og regler for bygninger

Eurokode 5 del 1-2 Brannteknisk dimensjonering

NS-EN 14080:2013+NA (Trekonstruksjoner Limtre og limt laminert heltre Krav)

NS 3473:2003 Betongkonstruksjoner Beregnings- og konstruksjonsregler

Vedlegg

[1] Ecogo Prosjekteringsgrunnlag

[2] Excel Ladetree beregninger

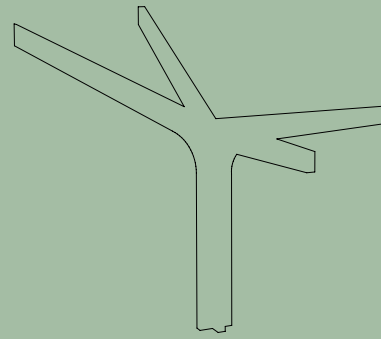
[3] Robot Ladetre Resultater

[4] Installasjons manual Blueberry Cluster R2

[5] KI - Deklarasjon

VEDLEGG 1

Ecogo Prosjekteringsgrunnlag.pdf



Ecogo // LADESTASJON

INTRO
BENSINSTASJON TYPOLOGI





TIDLIGE KONSEPTSKISSER

LADETRÉ



Skisse - tre som holder solcellepaneller



Skisse - tre som holder solcellepaneller



Referanser ladepunkt

TIDLIGE KONSEPTSKISSER
LADETRÉ - FLERE LADEPUNKT

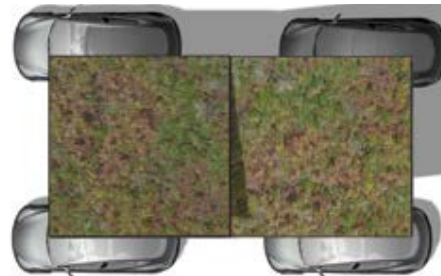


TIDLIGE KONSEPTSKISSER
LADETRÉ



LADESTASJON

KONSEPT - SYSTEM OG VARIASJONER



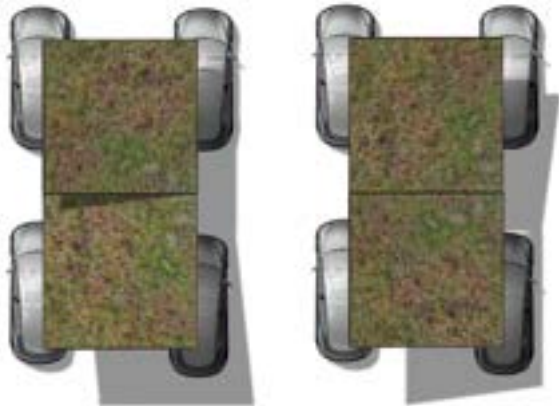
01.
1 TRE - 2 ladepunkter

02.
2 TRÆR - 4 ladepunkter

03.
2 TRÆR - 2 selvask med skjerm i midten

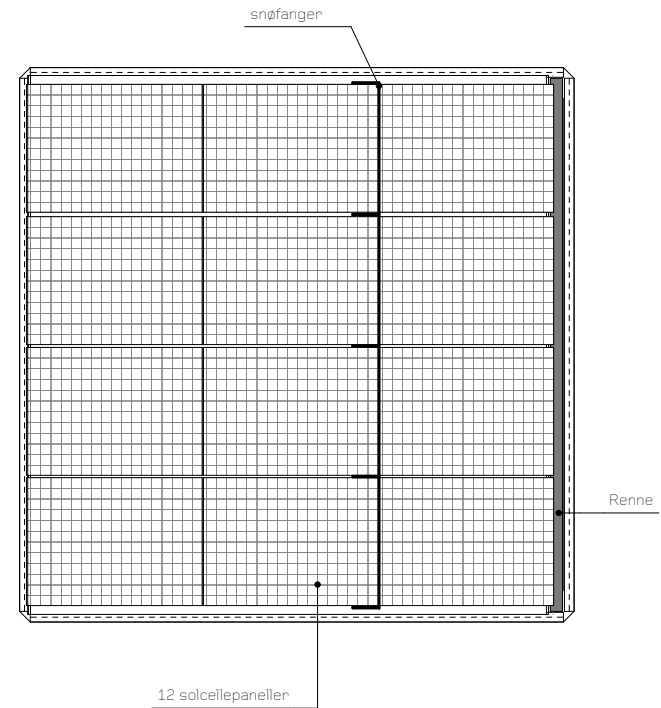
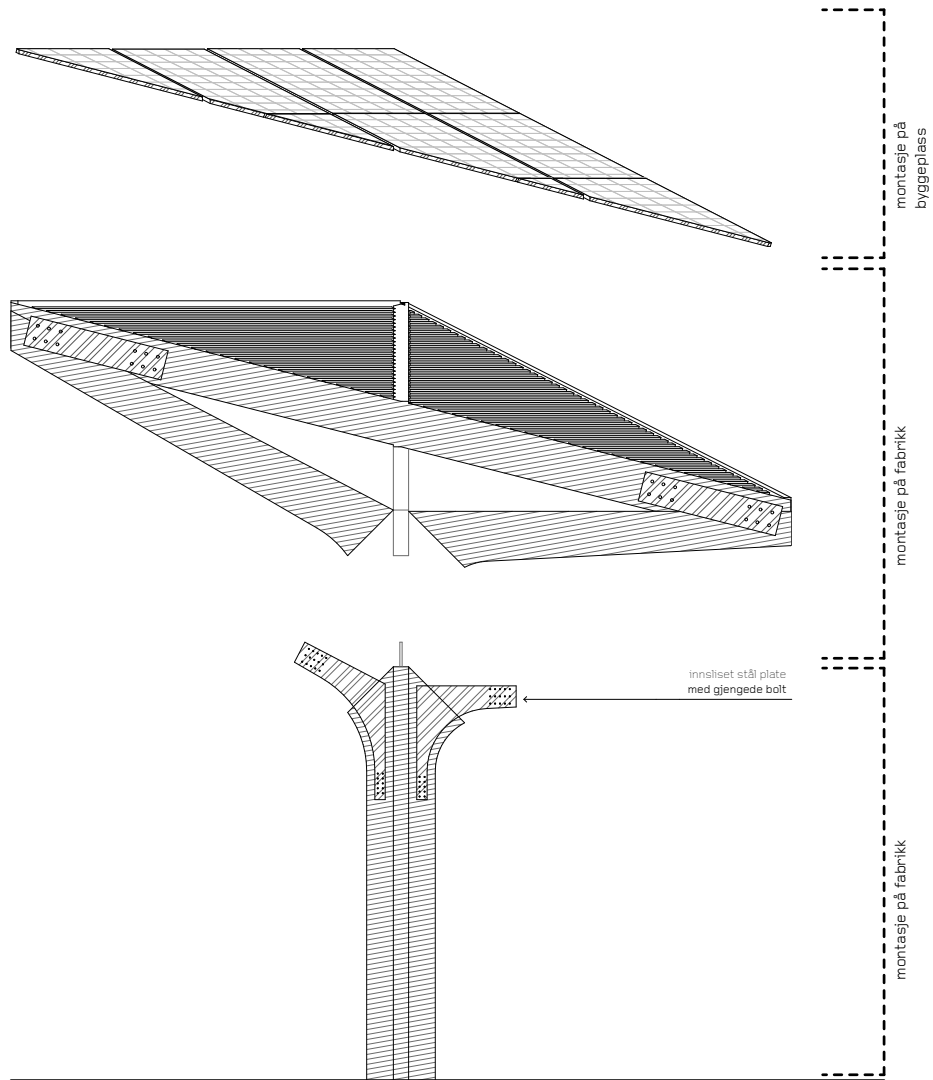
ORGANISERING LADESTASJON

4 TRÆR - 8 ladepunkter



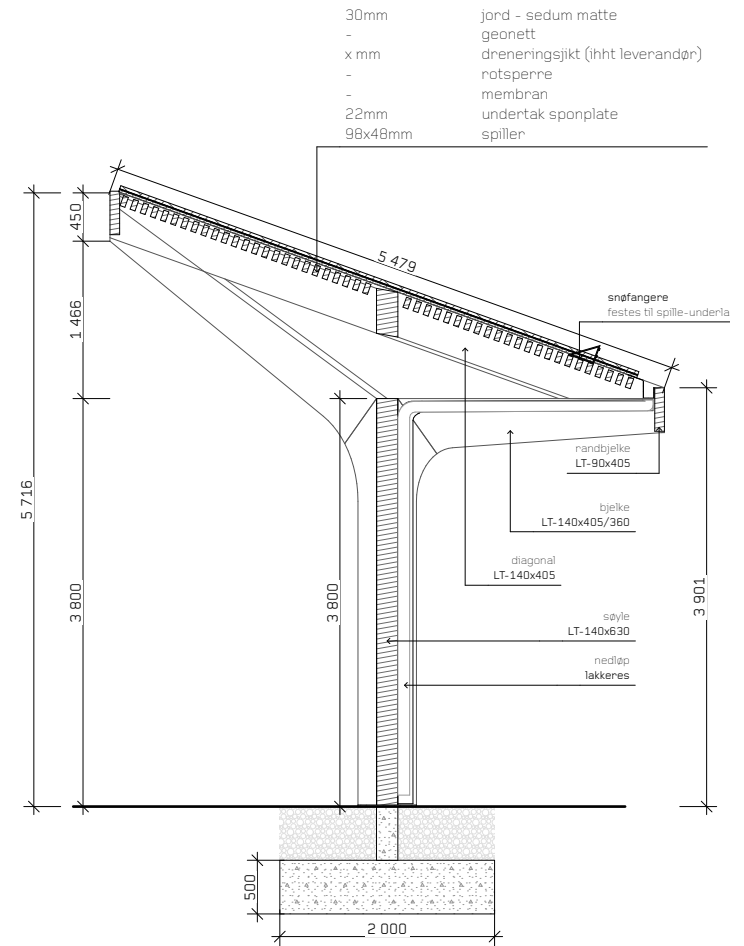
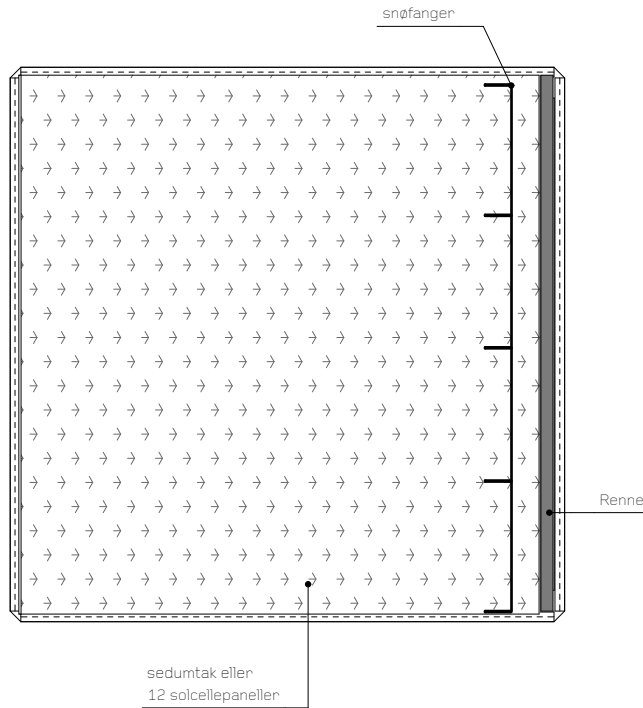
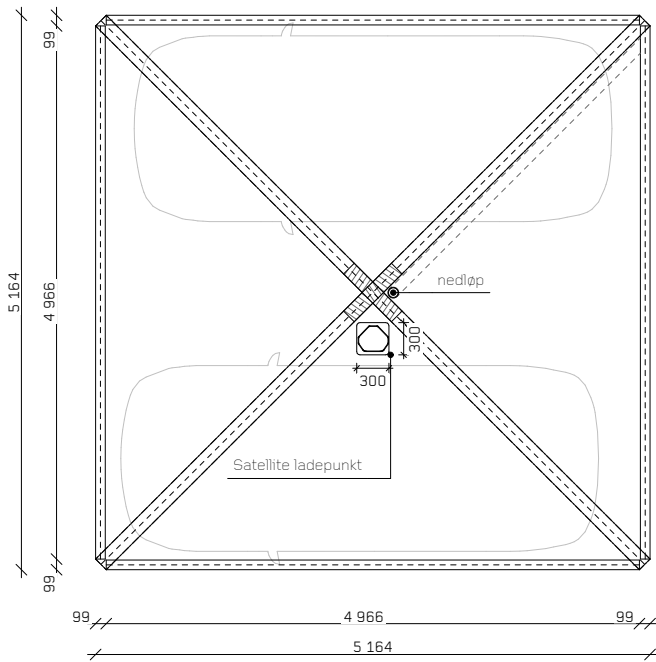
KONSTRUKSJON

DIMENSJONER OG TAKOPPBYGGING MED SOLCELLEPANELER



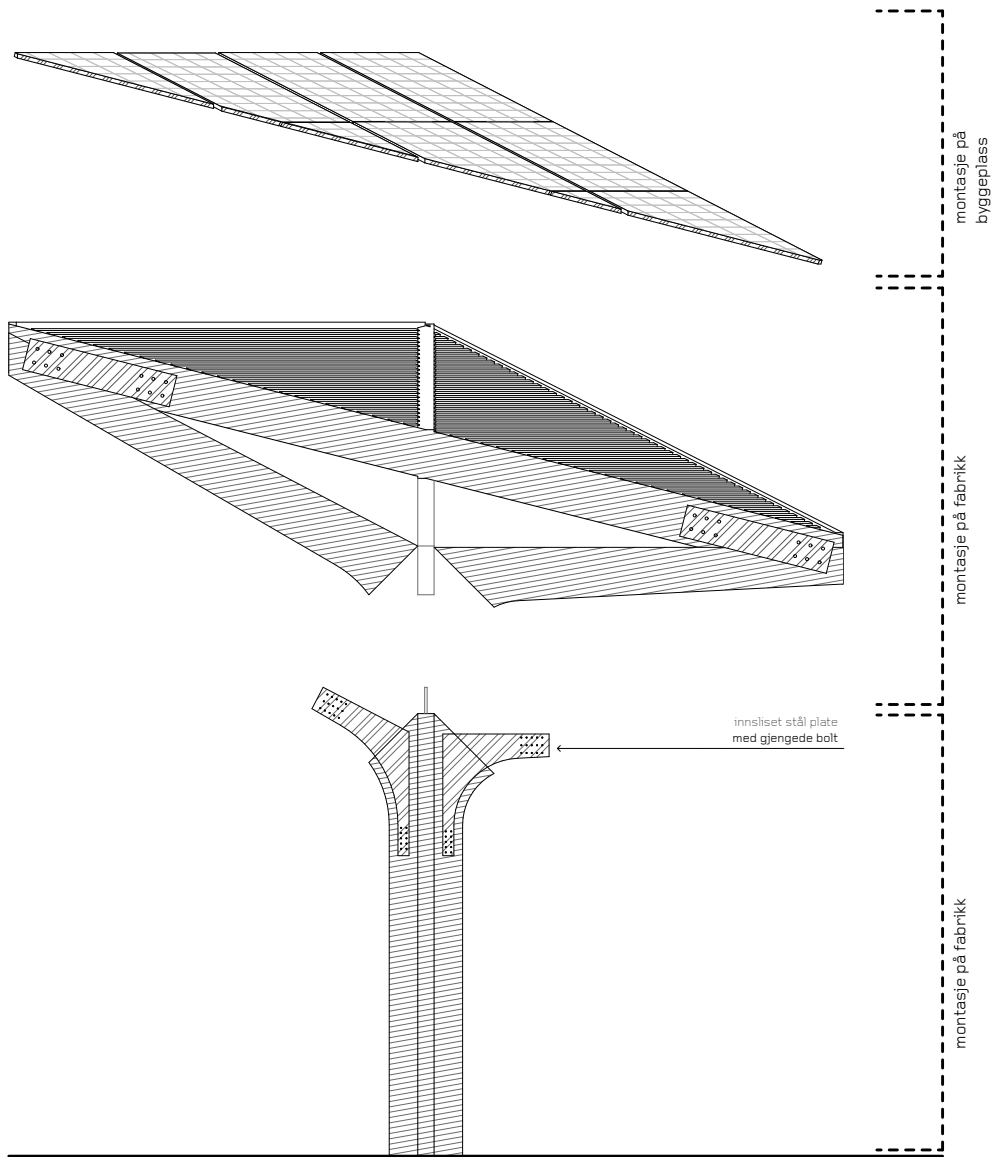
KONSTRUKSJON

DIMENSJONER OG TAKOPPBYGGING



KONSTRUKSJON

DEMONTÉBARHET ALT01



KONSTRUKSJON

KNUTEPUNKTER MED DEMONTEREBARE FESTEMIDLER



gjengete bolter

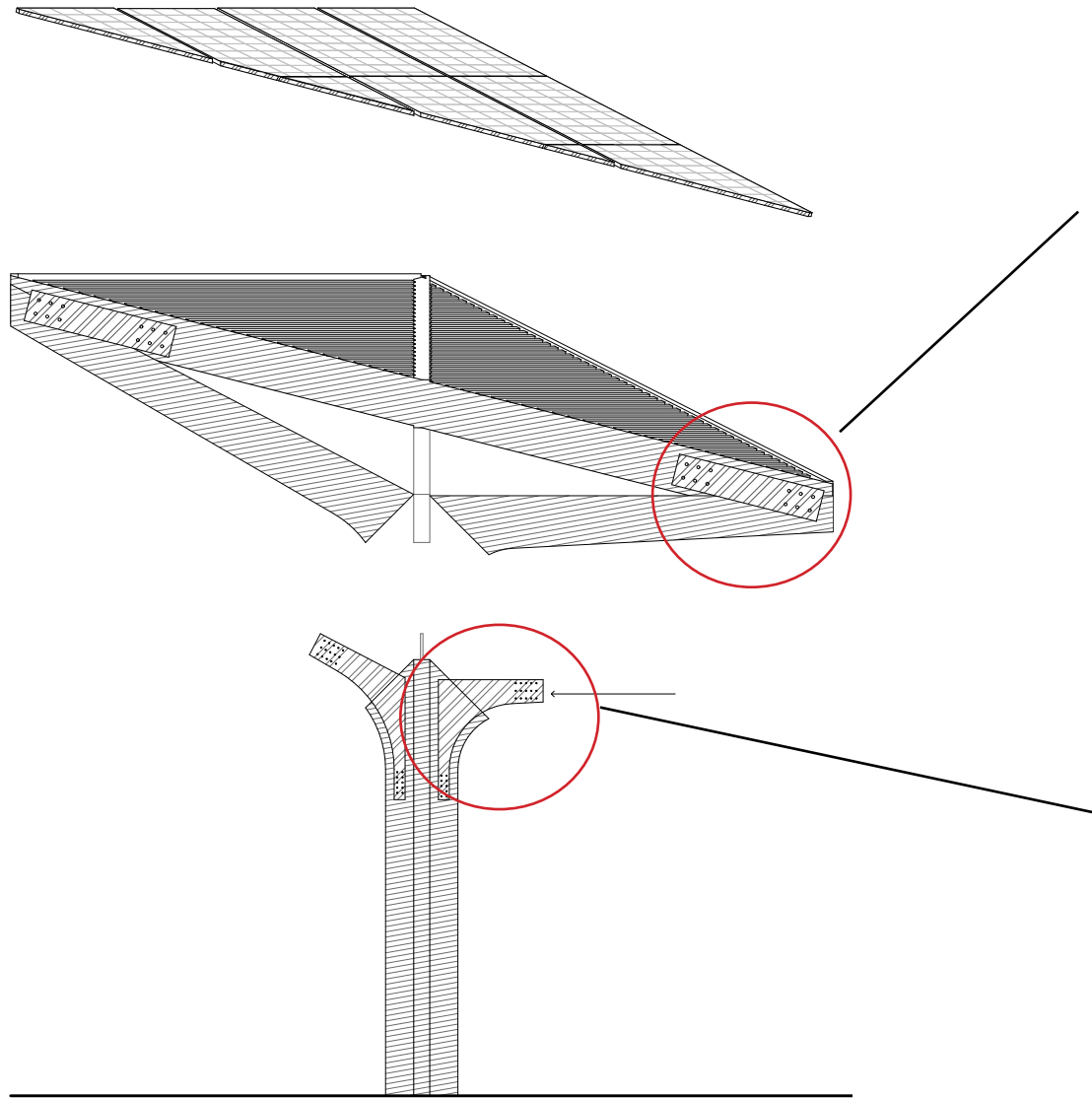


dybler



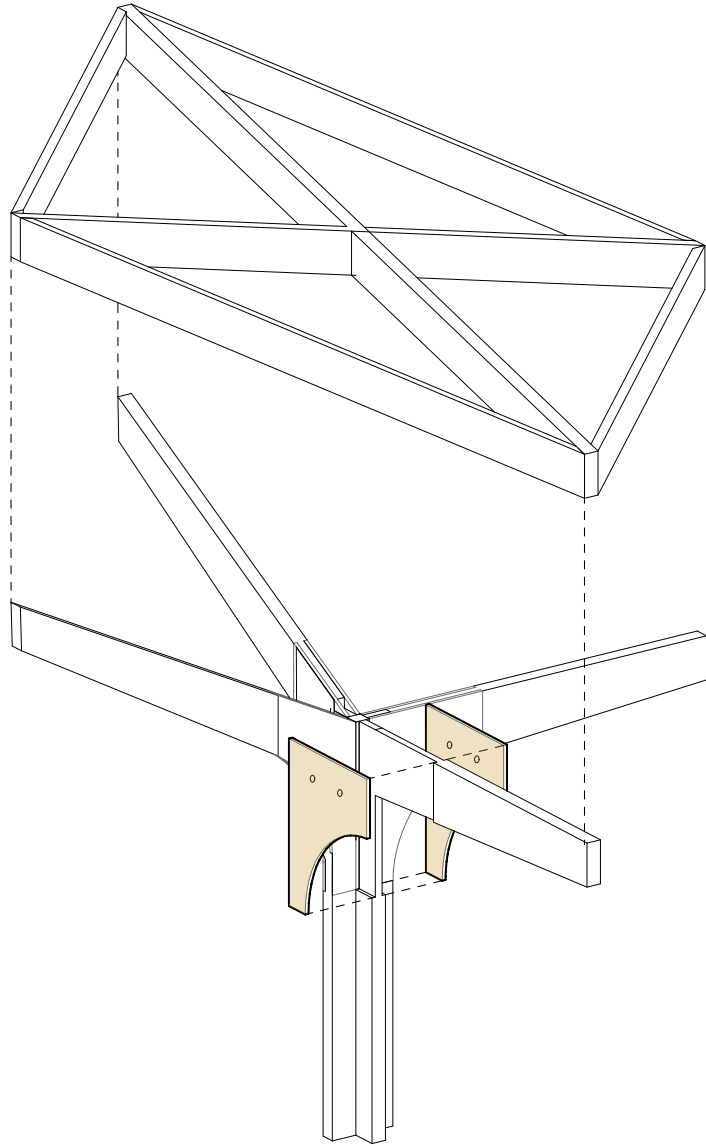
dybler

KONSTRUKSJON
DEMONTREBARHET ALT02



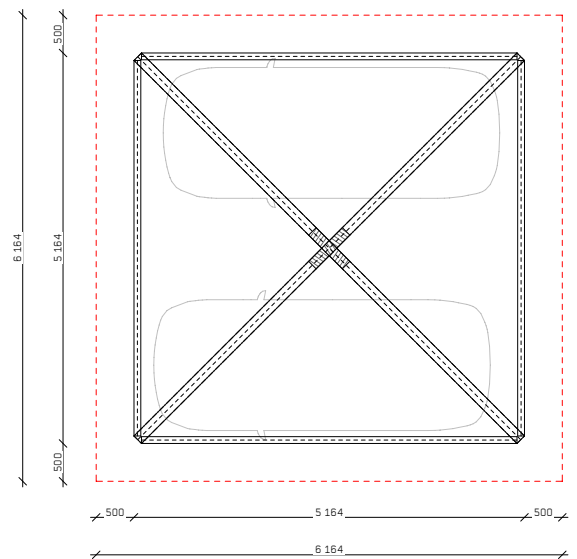
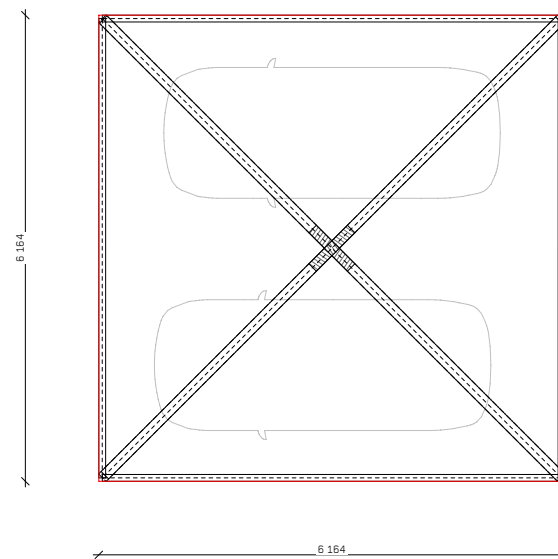
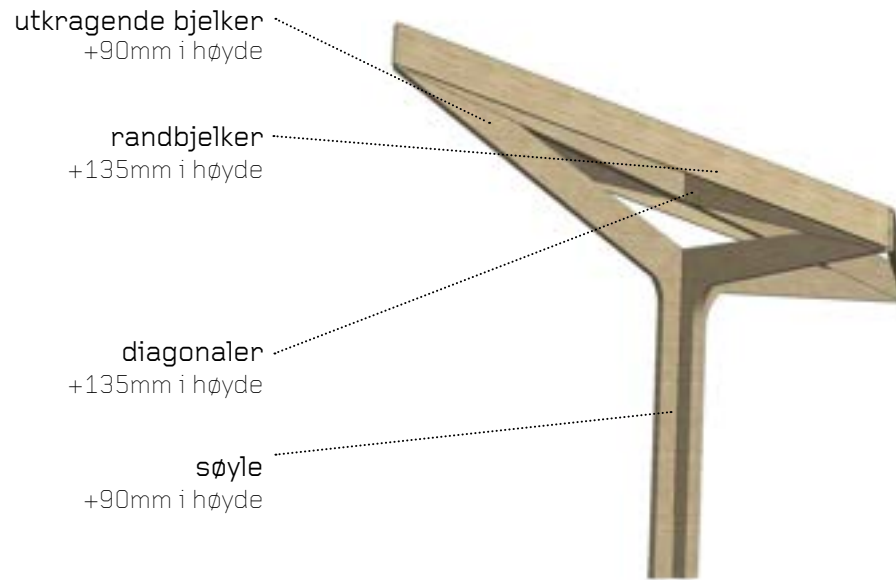
Innslissede plater endres fra stål til plater av bjørkefinér festet med tredybler

KONSTRUKSJON
DEMONTREBARHET ALT03



KONSTRUKSJON

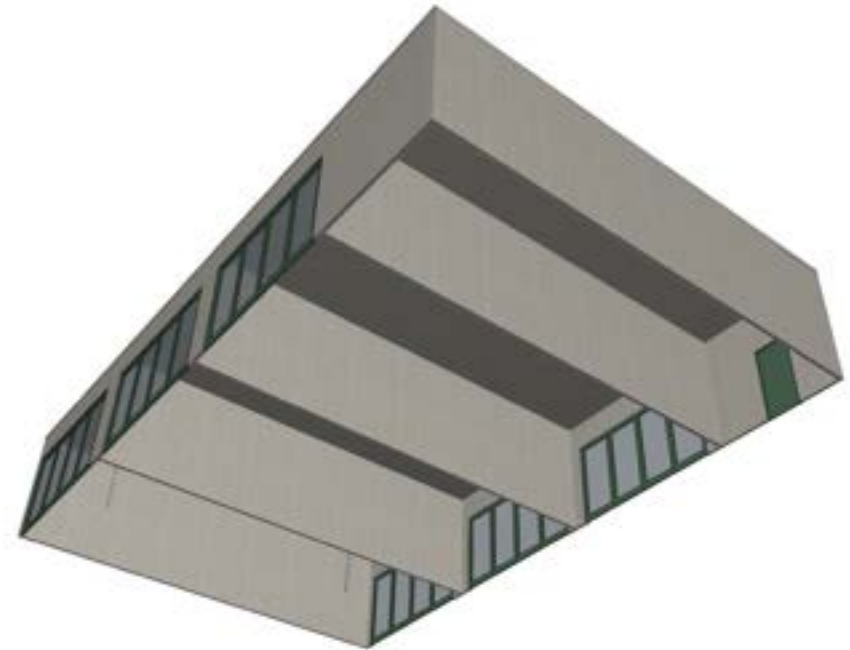
VURDERING DIMENSJONER

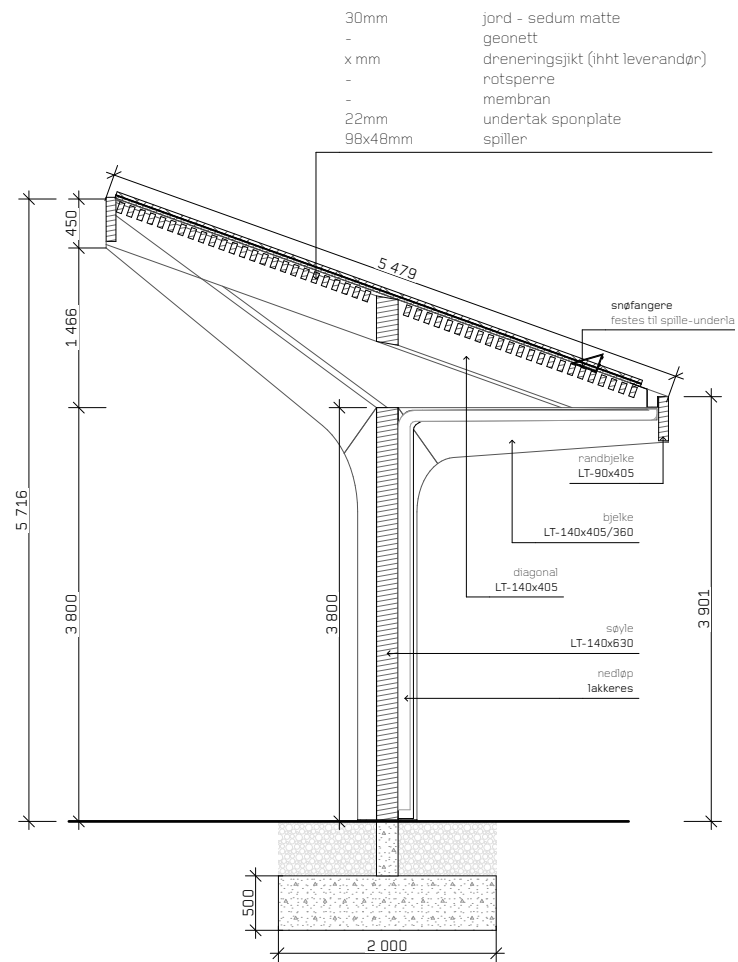


Et større fotavtrykk (500mm) rundt vil gi en økning i volum av tre som vist i skissen. Som vil da øke pris pga mengde økning. Kost/nytte effekt kan vurderes i neste fase



X-fix - forutsetter 100mm min CLT tykkelse





Forankring av tresøyer mot betongfundamenter gjøres ved bruk av stålplater som lakkeres grønne RAL 6020 (med egnet behandling til utendørsbruk)

Ladestasjon fundamenteres med punktfundament i betong som dekkes med tunge masser. Alle betongarbeider skal utføres i lavkarbonbetong klasse A eller bedre. Et grovt anslag som gjelder for de fleste steder gir en betongmengde på ca. 2,5m³ betong. Dette forutsetter fyllmasser over.

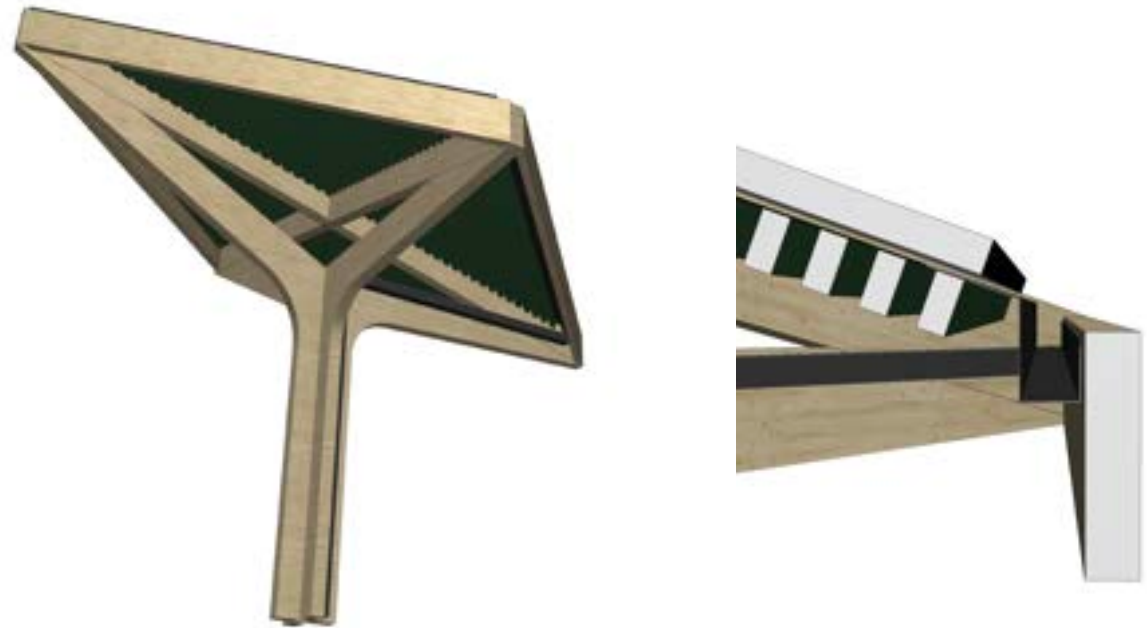
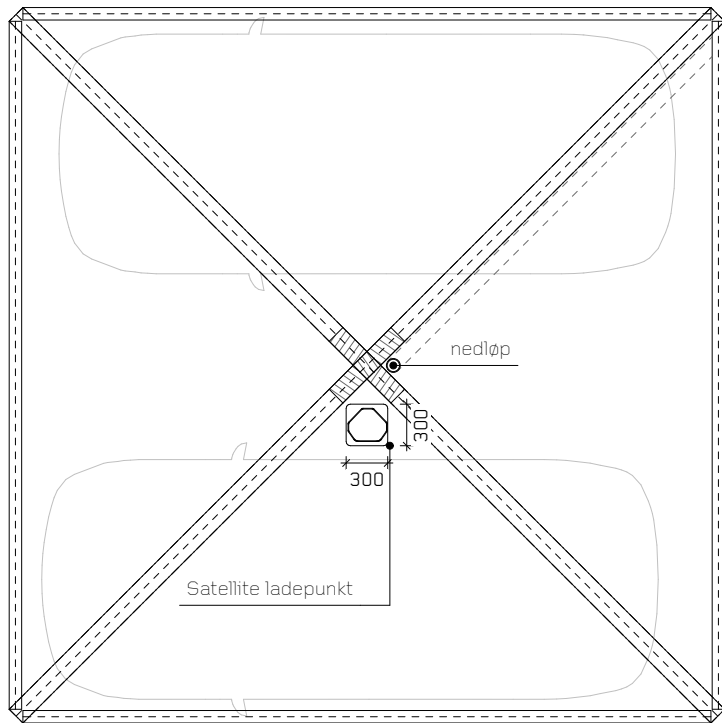


Søylefot i stål

Forankring mot grunn - detaljeres
Avstand fra trevirke til grunnen ivaretas

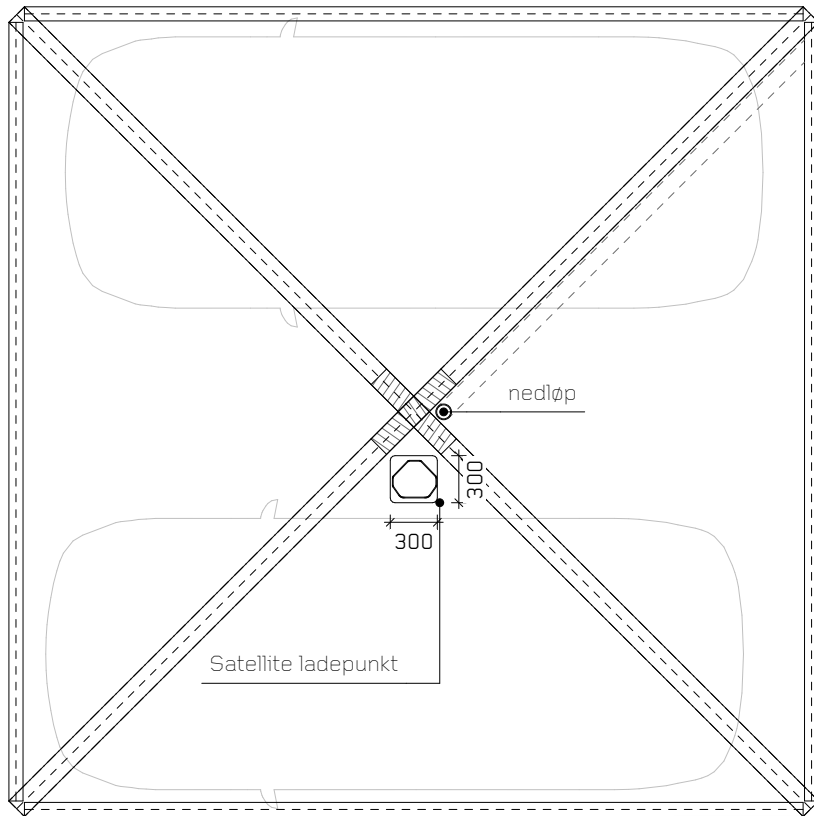
TEKNISK

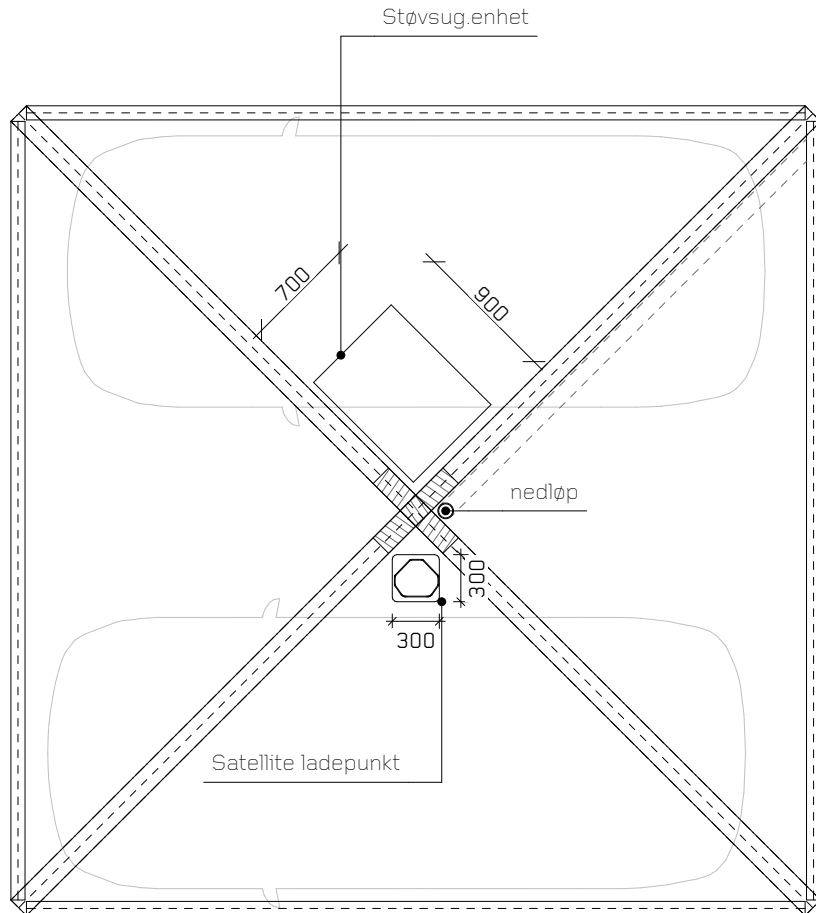
FORSLAG RENNE OG NEDLØP



Renne og nedløp

Langs nedre kant av taket ligger en renne som lakeres i grønn RAL 6020 farge. Taknedløp kobles til renne som vist på illustrasjonene. Nedløpet går langs bjelken med fall $> 2\text{ mm} / \text{løpometer}$ og videre i vertikalt nedløpsrør ved søylen.





Støvsugeenhet 70 x 90 cm

Bygges inn i kassen og kles med lik kledning, profiler og behandling som vaskehall.

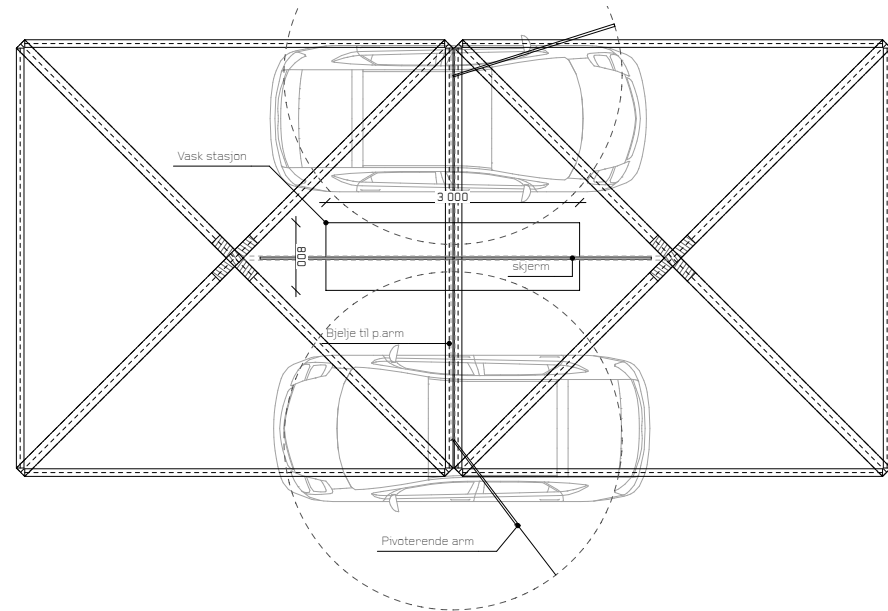
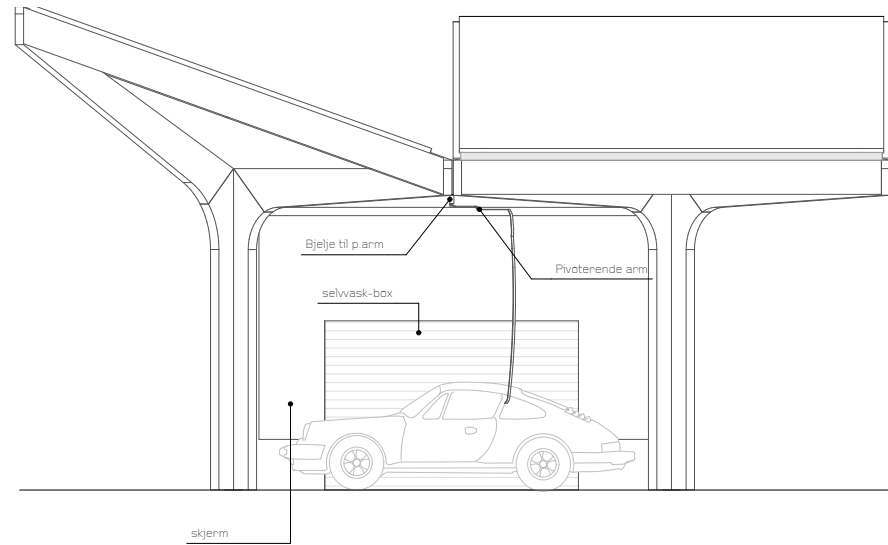
TEKNISK

SELVASK 01



Selvask-enhet

For utendørs selvask plasseres det en enhet mellom to trær. De tekniske installasjonene bygges inn i kassen og kles med lik kledning, profiler og behandling som vaskehall.

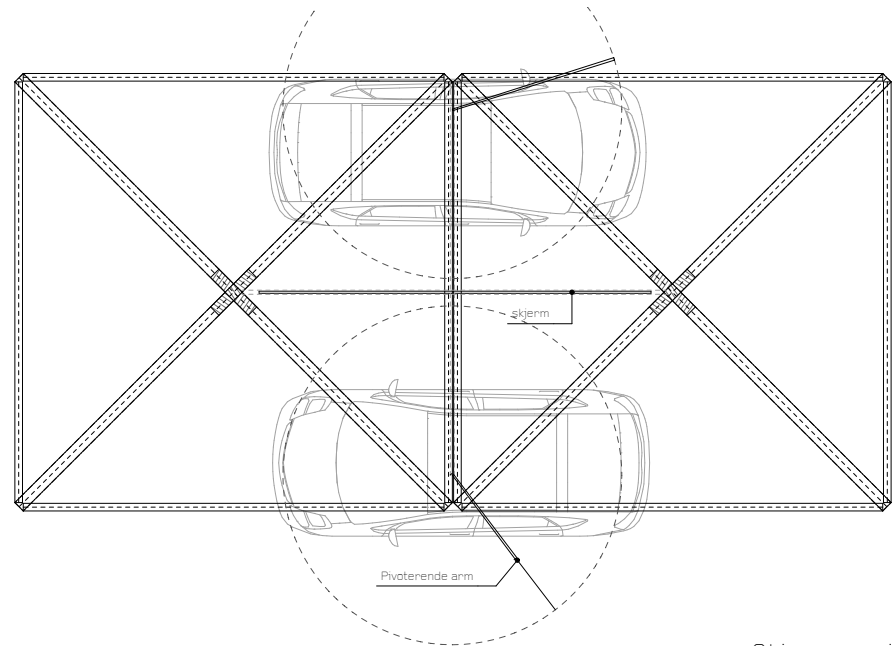
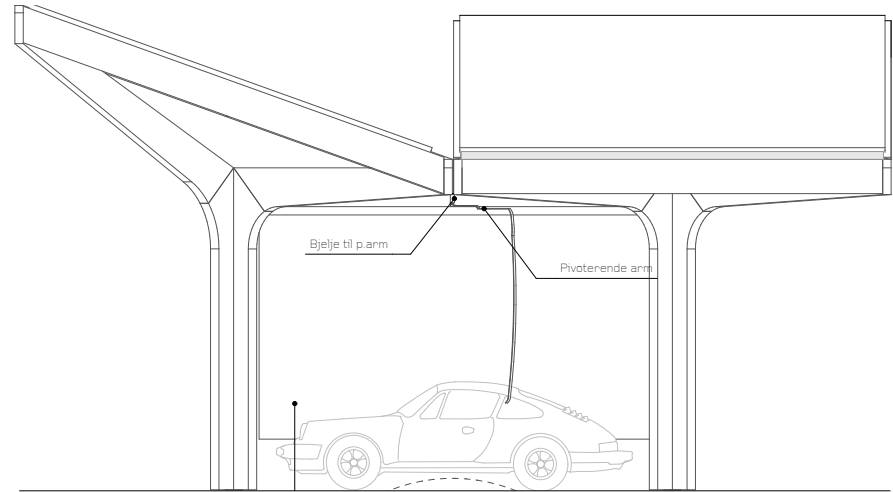


TEKNISK
SELWASK 02



Selwask boks

Kan alternativt plasseres i teknisk rom dersom avstanden tillater det.



LADESTASJON
BILDE



VEDLEGG 2

Excel Ladetree beregninger

Antall	Dimensjonsliste Tak del	B	H	L	m ²	m ³	Egenvekt [Kn]
1	Tak drager største del	140	405	7390	56700	0,42	1,77 KN
2	Randbjelke	90	405	5160	72900	0,38	1,59 KN
2	Skrå randbjelke	90	405	5280	72900	0,38	1,62 KN
2	Korteste tak dragere	140	405	3440	113400	0,39	1,65 KN
Antall	Dimensjonsliste Søyلة del	B	H	L	m ²	m ³	Egenvekt [Kn]
1	Søyلة en del	140	630	3800	88200	0,34	1,41 KN
2	Søyلة to deler	140	245	3800	68600	0,26	1,10 KN
2	Vannrett søyلة bjelke	140	405	3550	113400	0,40	1,70 KN
2	Skrå søyلة bjelke	140	405	3960	113400	0,45	1,89 KN

Limtre GL30C	m/s ²
430 kg/m ³	9,81

Limtre: W_y 140x405	3827250
---------------------	---------

Total M ³	3,02 m ³
----------------------	---------------------

Total egenvekt	15,28 kn
----------------	----------

Vekt i tonn 1,56

Søyلة tverrsnitt data fra Robot	
Tverrsnitt areal Søyلة	156800
Seksjonsbredde søyلة	544
Areal på siden av bjelke	2,07
Tregghetsmoment	
Ix	1130486435
Iy	3029261667
Iz	3029261667
Skjær areal	
Av,y	121304
Av,z	119281
Motstandsmoment (Elastisk)	
Wely	11127332
Welz	11127332
Motstandsmoment (Plastisk)	
Wply	19322192
Wplz	19322192

Grunnlag	
Risikoklasse	1
Brannklasse	1
Brannmotstand	R30
Lastkombinasjon	(6.11b)

Kombinasjonsfaktorer	
Snølast $\Psi_{1,1}$	0,5
Vindlast $\Psi_{2,1}$	0,2

Ulykkesgrensetilstand	
γ_m	1,0
k_{mod}	1,0
γ_f	1,0

Verdier for K_{fi}	
Konstruksjonsdeler	K_{fi}
Limtre	1,15

Karakteristisk fasthet $f_{fi,d}$	
$f_{md,fi}$	34,5 N/mm
$f_{vd,fi}$	4,03 N/mm

Forkullingsdybde for ubeskyttede konstruksjoner		
Material	β_0 (mm/min)	β_n (mm/min)
Limtre GL30c > 290 kg/m ³	0,65	0,7

Beregning av forkullingsdybde for ubeskyttede konstruksjoner	
$d_{ef} = d_{char,n} + k_0 \cdot d_0$	mm
$d_{char,n} = \beta_n \cdot t$	mm
d_0	7,0 mm
k_0	1,0
t	30 min
$d_{char,n}$	21 mm
d_{ef}	28 mm

Må beregnes hver for seg i de forskjellige tverrsnittene				Fra robot analyse		$A_{y,fi,min} < A_{rest}$		$W_{y,fi,min} < W_{y,rest}$		
Dimensjonsliste	Tak del	B	H	L	A_{rest} mm ²	$W_{y,rest}$	$M_{Ed,fi}$ [kNm]	$V_{Ed,fi}$ [kN]	$A_{y,fi,min}$	$W_{y,fi,min}$
Tak drager største del	140		405	7390	31668	1705214	11,85	9,85	4589 OK!	343478 OK!
Randbjelke	90		405	5160	12813	690206	4,42	3,78	1761 OK!	128116 OK!
Diagonal randbjelke	90		405	5280	12813	690206	4,71	3,72	1733 OK!	136522 OK!
Korteste tak dragere	140		405	3440	31668	1705214	11,85	9,85	4589 OK!	343478 OK!
Dimensjonsliste Søyler del	B	H	L							
Søyler en del	140		630	3800	50568	4612664	4,68	0,62	289 OK!	135652 OK!
Søyler to deler	140		245	3800	36456	1000188	4,68	0,62	289 OK!	135652 OK!
Vannrett søyle bjelke	140		405	3550	31668	1705214	14,80	7,24	3373 OK!	428986 OK!
Skrå søyle bjelke	140		405	3960	31668	1705214	10,66	6,38	2972 OK!	308986 OK!

Bjelkene som har "OK!" klarer kravet på R30 mens de som står "IKKE OK!" klarer ikke kravet på R30

Dimensjonering av Betongfundament (Leksjon 9-8)		
	B	L
Syldedimensjoner	650	650
Syldedimensjoner (m)	0,65	0,65
Betongkvalitet	B35	
F _{ck}	35	N/mm ²
F _{ed}	19,8	N/mm ²
Armeringskvalitet	B500C	
Maks. grunntykk	240	Kn/m ²
Overdekning c	50	mm
eksponeringsklasse	XC2	
Reisviddekrav	0,33	W · k < 0,39
N _{ed}	185,70	Kn
Moment	47,42	Knm
Tyngde betong	25	Kn/m ²
Ø	16	mm
Fyk _{stål}	500	N/mm ²
F _{yd}	435	N/mm ²
Fundament størrelse	2,99	m
Braker B	3,00	m (3,0 × 3,0 m)
Utstikk fundament	1,08	m
h _{min}	0,39	m
prøver h	400	mm
prøver h (m)	0,40	m
d _{snitt}	392	mm
d _{snitt (m)}	0,392	m
σ _{B,Ed}	20,63	Kn/m ²
M _{Ed}	18,24	Knm
m	0,0056	
A _s	95	mm ² /m
Kontroll etter Pkt. 18.6.2 i NS3473		
B	>	5 · s
	3,00	<
		3,25
Regelen gjelder ikke, fortsatt med A _s		

A_s = 2011

Kontroll av skjær a=1d		Fallsen Leksjon 9-8		Kontroll av Skjær a=2d	
u	2089	mm		U	4684,96
u ² d (kontroll-areal)	693421	mm ²		u ² d (kontroll-areal)	1555406,72
A _{red}	7,37	m ²		A _{red}	0,16
V _{Ed,red}	152,0	Kn		V _{Ed,red}	127,07
V _{Ed}	0,22	N/mm ²		V _{Ed}	0,08
C _{Rd,c}	0,12			C _{Rd,c}	0,12
k	1,76	< 2,0	OK!	k	1,79
p ₁	0,00006	< 0,02	OK!	p ₁	0,00006
V _{Rd}	1,13	N/mm ²		V _{Rd}	0,59
V _{Rd} > V _{Ed}	OK!			V _{Rd} > V _{Ed}	OK!
V _{min}	0,496	N/mm ²		V _{min}	0,490
V _{Rd,min}	0,380	N/mm ²		V _{Rd,min}	0,490
V _{Rd,min} < V _{Rd}	OK!			V _{Rd,min} < V _{Rd}	OK!
					17 %
Må bruke h = 500 med armering Ø 16 u/c111 A _s = 2011 mm ² for at fundamentet skal klare skjærkontrollen					

Beregning av minimum bøyel-armering (Leksjon 4 Skjær, 4-3)	
$\left(\frac{A_s}{s}\right)_{min} = 0,1 \cdot b_w \cdot \sqrt{\frac{f_{td}}{f_{tk}}}$	0,769
e	65,4
h'	263,2
S _{Limax} (Vertikalt)	158
Diameter på armering	Ø8
S	131
Må bruke Ø 8 bøyel-armering med c/c130	

Kontroll av rissvidder	
M _{TP}	14,07
A _S	201,1
Utombus/ukttig B35 →	n = 17,69
σ _B	0,2083
σ	0,368
h _{cef} - min	170
h _{cef}	170
c	50
Ø	16
c/c	200
s	200
S _{r,max}	399,94
σ _r	28,01
E _s	200000
E _{cm}	34000
(E _{sm} - E _{cm})	0,000459
(E _{sm} - E _{cm})	0,000072
c _{min,dur}	15
k _c	1,07
Grunnlag fra NA.7.3.1 Generelt	
W _k	<
W _k	0,075
Bruk h = 500 mm, Ø 16 u/c200 A _s = 1005 mm ²	

Kontroll av hovedarmering forankringslengde - l _{bd} :	
h	600
Ø	16
F _{bd}	2,805
X	200
Z _e	1,05
Z _l	0,30
R	4,13
F _s	14,50
Q _{sd}	7,21
l _{bd}	10,28
l _{bd,min}	160
l _{bd} < l _{bd,min}	OK!
Eurokode 2 pkt. 8.4.4	

Vetremoment og Stabilitet	
M _{veit} = M _{Max}	91

M-Stab	186	Knm		
S-Vekt	2,0	>	1,5	OK!

Plassering	Diameter	Antall jern
Underkant	Ø16	27
Overkant	Ø16	27
Byggle i kjerne	Ø8	3
Armering i kjerne	Ø16	4

Kapasitet til stålplatene i opplager				
Strekbrudd i stålplaten				
N _{pl,Rd}	1690 Kn			
Kapasiteten til nettotverrsnittet i strekk				
N _{u,Rd}	1538 Kn			
Trykkbrudd i stålplaten				
N _{c,Rd}	1690 Kn			
Bøyebrudd i stålplaten				
M _{c,Rd}	1057 knm			
Skjørbrudd i stålplaten				
V _{c,Rd}	851 Kn			
Trengs det kontroll for knekking i platen ?				
a ₁	70 mm	≤	9t · ε	146 mm
Trengs ikke kontroll!				
Er det nødvendig å ta hensyn til hullene i strekksonen?				
$\frac{A_{net}}{A_{g2}} \cdot 0,9 \cdot \frac{f_u}{Y_{t2}}$	1538208	≥	$\frac{A \cdot f_y}{Y_{t2}}$	1690476
Må ta hensyn til hullene i strekksonen				
Største dimensjonerende krefter fra Knutepunkt 1, 2, 3, og 4				
N (Trykk og strekk)	185,70 Kn	≤	N _{Rd} [Kn]	1538 OK!
M	47,42 Kn	≤	M _{Rd} [Kn]	1057 OK!
V	7 Kn	≤	V _{Rd} [Kn]	851 OK!
Tverrsnittskapasitet				
$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \leq 1$				
0,17		≤	1	
OK!				

bolt	
Bolt:	M16
d:	16
d ₀ :	18
Klasse	8,8

	Minimums avstander stål	Optimale avstander
e1	21,6 mm	54 mm
e2	21,6 mm	27 mm
p1	39,6 mm	67,5 mm
p2	43,2 mm	54 mm

	Min-avstander	Vanlig praksis	Optimale avstander	Maks-avstander
e ₁	1,2d ₀	2d ₀	3d ₀	4t+40mm
p ₁	2,2d ₀	3d ₀	3,75d ₀	min av 14t eller 200mm
e ₂	1,2d ₀	1,5d ₀	1,5d ₀	4t+40mm
p ₂	2,4d ₀	<3d ₀	3d ₀	min av 14t eller 200mm

Kapacitet for en bolt	
Bolt	M16
h	10
F _{0,2}	193
Klasse	8.8

Skrueens kapaciteter		Forbindelsens kapacitet	
Aviskæringkapacitet		Aviskæringkapacitet	
F _{0,2} [kN]	95	F _{0,2} [kN]	241
Hulkanttryk		Hulkanttryk	
F _{0,2} [kN]	314	F _{0,2} [kN]	110
Strekkapacitet		Strekkapacitet	
F _{0,2} [kN]	95	F _{0,2} [kN]	95

Fasthedstals for bolt		
Fasthedsklasse		
Fasthedsgrense / N/mm ²	4,6	8,8
Strekfasthed - f _{yk}	490	800
Fløjtespenning - f _{yk}	240	640
σ _v	0,6	0,6

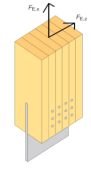
Dimensionsnødvendige oplysninger	
F _{0,2}	2,05
F _{0,2}	18,20
F _{0,2}	47,20

Hulkanttryk [N/mm ²]		Fløjtemoment [Nm]	
$f_{yk} = 0,082(1 - 0,014f_{yk})$		$M_{yk} = 0,3V_{yk}d^{1,8}$	
$f_{yk} = \frac{f_{yk}}{k_{yk} \cdot n \cdot \sigma_{v, \text{eff}}}$			
for C-kvaliteter:			
$k_{yk} = 1,35 - 0,015d$			
for D-kvaliteter:			
$k_{yk} = 0,90 - 0,015d$			
		0,30	1,25

Areal	M16	M18	M20	M22	M24
A [mm ²]	201	254	314	380	452
A _c [mm ²]	157	193	245	303	353

b ₁	1. Linerkrue	23,10
b ₁		2,5
b ₁		2,00
b ₂	2af Innerskruer	19,20
b ₂	2af/b ₁	1,63
b ₂		1,0

14 FORBINDELSER



Figur 14-13
Søjle ledet ved hjælp af innlisset stålplade og dybiler.

14.3.2 Innspnt søjlefot

Trevirkets lave styrke tværs på fiberretningen sammen med fugtkindholdets sterke innvirkning på utvidelse og sammentrekning tværs på fibre, medfører betydelige utfordringer knyttet til momentive forbindelser i søjlefoten. Mulige løsninger er utvendige stålplater som skrues eller boltes til søjlen, innlimte bolter, lange gjengestenger eller flere innlissede stålplater som festes til søjlen med dybiler. For å få størst mulig momentarm, og dermed kunne ta større tværs moment i forbindelsen, er det ønskelig å få stålplatene/stengene lengst mulig fra hverandre. Dette favoriserer utvendige stålplater rent styrkemessig, men en slik løsning har dårligere brannegenskaper.

<https://www.rothoblaas.com/products/fastening/brackets-and-plates/pillar-bases>

Kapazität til stålplatene i Knutepunkt 1, 2, 3, og 4				
Strekbrudd i stålplaten				
N _{pl,Rd}	1369	Kn		
Kapasiteten til nettotverrsnittet i strekk				
N _{u,Rd}	1316	Kn		
Trykkbrudd i stålplaten				
N _{c,Rd}	1369	Kn		
Bøyebrudd i stålplaten				
M _{c,Rd}	1386	Knm		
Skjærbrudd i stålplaten				
V _{c,Rd}	728	Kn		
Trengs det kontroll for knekking i platen ?				
a ₁	70	mm	≤	9t · ε
				73
Trengs ikke kontroll!				
Er det nødvendig å ta hensyn til hullene i strekksonen?				
$\frac{A_{net} \cdot 0,9 \cdot f_u}{Y_{M2}}$	1315944		≥	$\frac{A \cdot f_y}{Y_{M0}}$
				1369286
Må ta hensyn til hullene i strekksonen				
Største dimensjonerende Krefter fra Knutepunkt 1, 2, 3, og 4				
N (Trykk og strekk)	126,8	Kn	≤	N _{Rd} [Kn]
				1316
M	37	Kn	≤	M _{Rd} [Kn]
				1386
V	25	Kn	≤	V _{Rd} [Kn]
				728
Tverrsnittkapasitet				
$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \leq 1$				
0,16	≤	1		
OK!				

Kapazität til stålplatene i Knutepunkt 5 og 6				
Strekbrudd i stålplaten				
N _{pl,Rd}	1369	Kn		
Kapasiteten til nettotverrsnittet i strekk				
N _{u,Rd}	1316	Kn		
Trykkbrudd i stålplaten				
N _{c,Rd}	1369	Kn		
Bøyebrudd i stålplaten				
M _{c,Rd}	1386	Knm		
Skjærbrudd i stålplaten				
V _{c,Rd}	728	Kn		

Stål	S355
f _y	355
f _u	490
y _{m0}	1,05
y _{m2}	1,25

Stålplate (Slisseplate)	
t	10 mm
h	405 mm
A	4050 mm ²
A _{net}	3730 mm ²
W _{pl}	4,10 mm ³

Stål	S355
f _y	355
f _u	490
y _{m0}	1,05
y _{m2}	1,25

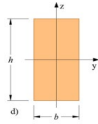
Stålplate (Slisseplate)	
t	10 mm
h	405 mm
A	4050 mm ²
A _{net}	3730 mm ²
W _{pl}	4,10 mm ³

Dimensjonerende materiafasthet $f_{c,0,g,d}$	
$f_{c,0,g,d} = f_{c,0,g,k} / (K_{mod} / \gamma_m) * \gamma_{k,sys}$	
$f_{c,0,g,d}$	23,43

Klimaklasse 2 (RF < 60%, NS-EN 1995-1-1 tabell NA.901)	
GL30c - Limtre Km0d:	1,10

Knekkellengde $L_k = \beta^* L$	
7600	mm

Stor del	
Knekker om svak Z - akse	
Treghetsradius $I_z = 0,289^* b$	
40,46	mm
Slankhet $\lambda_z = L_k / i_z$	
187,84	
Relativ slankhet $\lambda_{rel,z}$	
2,85	



Knekkfaktor	
K_z	4,68 Stor del
K_cz	0,12 Stor del

Nødvendig areal søyle stor del	
A_min	44371 mm ² OK
b_min	317 mm OK

Aksial kapasitet stor del	
N_Rd	346,09 kn

Små deler	
Knekker om svak Z - akse	
Treghetsradius $I_z = 0,289^* b$	
40,46	mm
Slankhet $\lambda_z = L_k / i_z$	
187,84	
Relativ slankhet $\lambda_{rel,z}$	
2,85	

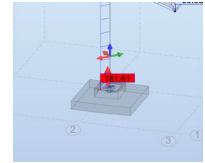
Knekkfaktor	
K_z	4,68 Liten deler
K_cz	0,12 Liten deler

Nødvendig areal søyle liten deler	
A_min	22185 mm ² OK
b_min	158 mm OK

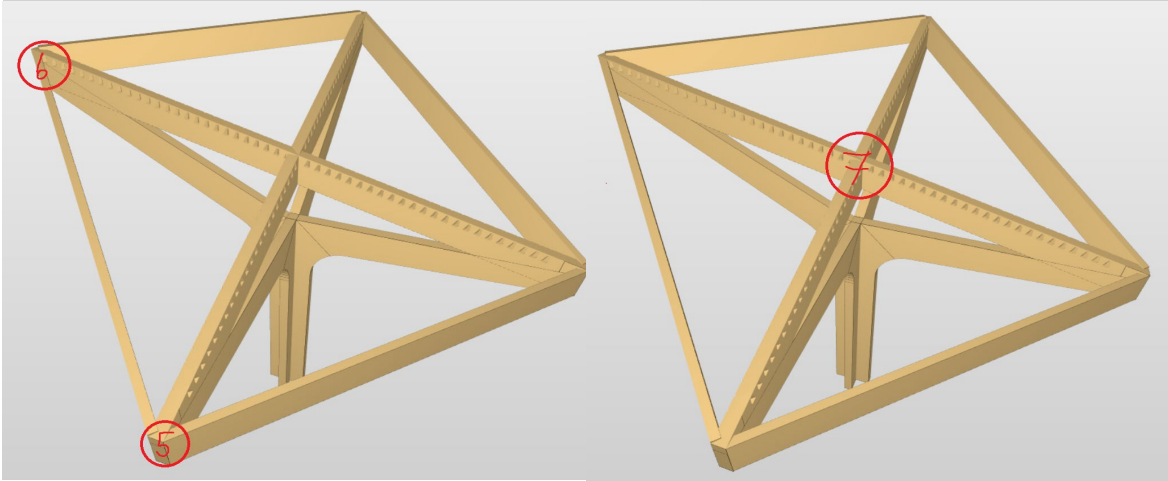
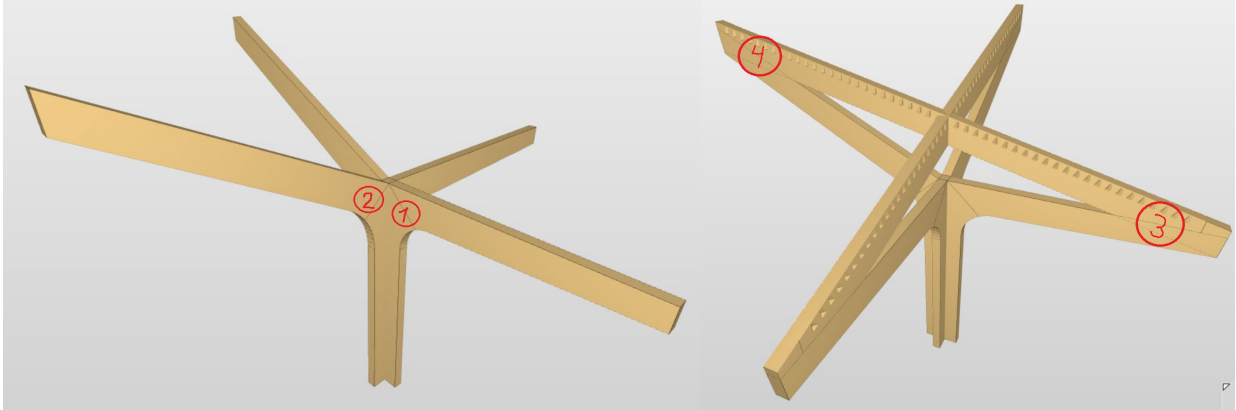
Aksial kapasitet liten deler	
N_Rd	191,40 kn

Knekkellengder for søyler			
Teoretisk p-verdi	1,00	2,00	0,70
	1,00	2,15 - 2,25	0,75 - 0,85
Anbefalt p-verdi			
			0,60 - 0,70

Søylens dimensjonerende aksialkapasitet	
Kontroll:	$N_{Rd} > N_d$
N_d:	185,70 kn
N_Rd:	437,43 kn
	OK



NS 1995-1-1 (7.2) Tabell 7.2														
Bøyingskrav		Max mulig bøyning til sammen (X_y, X_z)												
W_{fin}	til $L/75$	51 mm												
<table border="1"> <tr> <td>1</td> <td>$U_{maks} = \frac{qL^4}{8EI}$</td> <td>$\varphi_B = \frac{qL^3}{6EI}$</td> <td>$\delta = \frac{17}{384} \frac{qL^4}{EI}$</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>$U_{maks} = \frac{FL^3}{3EI}$</td> <td>$\varphi_B = \frac{FL^2}{2EI}$</td> <td>$\delta = \frac{5}{48} \frac{FL^3}{EI}$</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>$U_{maks} = \frac{ML^2}{2EI}$</td> <td>$\varphi_B = \frac{ML}{EI}$</td> <td></td> </tr> </table>		1	$U_{maks} = \frac{qL^4}{8EI}$	$\varphi_B = \frac{qL^3}{6EI}$	$\delta = \frac{17}{384} \frac{qL^4}{EI}$	2	$U_{maks} = \frac{FL^3}{3EI}$	$\varphi_B = \frac{FL^2}{2EI}$	$\delta = \frac{5}{48} \frac{FL^3}{EI}$	3	$U_{maks} = \frac{ML^2}{2EI}$	$\varphi_B = \frac{ML}{EI}$		<p>Figur 7.1 - Nedbøyingskomponenter</p>
1	$U_{maks} = \frac{qL^4}{8EI}$	$\varphi_B = \frac{qL^3}{6EI}$	$\delta = \frac{17}{384} \frac{qL^4}{EI}$											
2	$U_{maks} = \frac{FL^3}{3EI}$	$\varphi_B = \frac{FL^2}{2EI}$	$\delta = \frac{5}{48} \frac{FL^3}{EI}$											
3	$U_{maks} = \frac{ML^2}{2EI}$	$\varphi_B = \frac{ML}{EI}$												
Bøyning i søyle														
U_maks,j = Total bøyning i søyle														
1	U_maks, Wind	0,6 mm												
2	U_maks, Horisontal laster	3,28 mm												
3	U_maks, moment	8,69 mm												
Sum U_maks		12,59 mm												
Sum U_begge (X_y, X_z)		25,19 mm												
KONTROLL														
$W_{net,fin}$ og W_{fin}														
$W_{net,fin} = L/125$	=	30 mm												
$W_{fin} = L/75$	=	51 mm												
U_maks	<	$W_{net,fin}$ OK!												
Sum U_begge (X_y, X_z)	<	W_{fin} OK!												



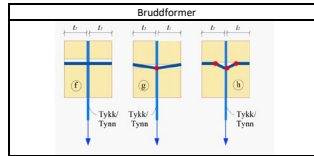
Kapazität for en bolt/dybel	
Bolt:	M16
d:	16
Klasse	8,8
Flytemomentet EKS 8.5.1.1(1)	
M _{v,Rk}	32428,2 Nmm
Hullkantfasthet α = 0	
f _{h,0,k}	29,61 N/mm ²
Hullkantfasthet α = 0	
f _{h,α,k}	29,61 N/mm ²
Kapazität for kraft parallelt med fiberretningen α = 0	
Bruddformer	
f: F _{v,Rk}	30803 N
g: F _{v,Rk}	39542 N
h: F _{v,Rk}	28512 N
F _{v,Rk,d}	29 Kn
F _{0,bolt,k}	57,02 Kn
F _{0,bolt,d}	54,55 Kn
(Minst)	
Kapazität for kraft parallelt med fiberretningen α = 0	
Bruddformer	
f: F _{v,Rk}	30803 N
g: F _{v,Rk}	39542 N
h: F _{v,Rk}	28512 N
F _{v,Rk,d}	29 Kn
F _{0,bolt,k}	57,02 Kn
F _{0,bolt,d}	54,55 Kn
(Minst)	

Fasthetsdata for bolt		
	Fasthetsklasse	
Fasthetsgrenser i N/mm ²	4,6	8,8
Strekfasthet - f _{u,k}	400	800
Flytespenning - f _{yb}	240	640
	10,9	1000
	900	

Hullkantrykk (N/mm ²)	Flytemoment (Nmm)
$f_{h,0} = 0,082(1 - 0,01d)\rho_k$	$M_{f,h} = 0,3f_{h,d}l^2d$
$f_{h,\alpha} = \frac{f_{h,0}}{k_{90}\sin^2\alpha + \cos^2\alpha}$	
for C-kvaliteter: $k_{90} = 1,35 + 0,015d$	
for D-kvaliteter: $k_{90} = 0,90 + 0,015d$	

Cos (vinkel)*2	1,000
Cos (vinkel)	1,000
Sin (vinkel)*2	0,000
Sin (vinkel)	0,000
Vinkel	0 grader

Cos (vinkel)*2	1,000
Cos (vinkel)	1,000
Sin (vinkel)*2	0,000
Sin (vinkel)	0,000
Vinkel	0 grader

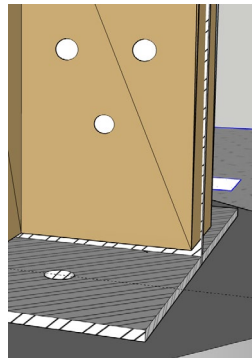


t ₁	65	K ₉₀	1,59
----------------	----	-----------------	------

Dimensjonerende Krefter	
F _{x,d}	2 Kn
F _{z,d}	47 Kn
F _{m,d}	12 Knm

Effektive antall bolter iht. EC5 ligning 8.34			
N _{ef,min}		n	N _{ef} α = 0
1,6	Stykk α = 0	1	0,81
1,6	Stykk α = 0	2	1,51
		3	2,18
N _{ef,total}		4	2,82
1,5	Stykk α = 0	5	3,45
0,8	Stykk α = 0	6	4,07
		7	4,67
F _{v,Rd,KP1}		8	5,27
43	Kn α = 0	9	5,86
23	Kn α = 0	10	6,44

66	OK!	29 %	OK!
265	kN	Hele opplageret	

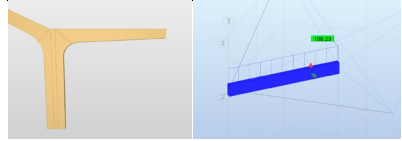


Kapasetet for en bolt	
Bolt:	M16
d:	16
Klasse:	8.8
Flytemoment EKS 8.5.1.1[1]	
M _{v,Rk} :	324282 Nmm
Hullkantfasthet α = 0	
f _{h,0,k} :	59,62 N/mm ²
Hullkantfasthet α = 90	
f _{h,0,k} :	18,63 N/mm ²
Kapasetet for kraft parallelt med fiberretningen α = 0	
Bruddformer	
f _{v,Rk} :	30803 N
g _{v,Rk} :	39542 N
h _{v,Rk} :	28512 N
F _{v,Rk,d} :	29 Kn (Minst)
F _{0,bolt,k} :	57,02 Kn
F _{0,bolt,d} :	54,53 Kn
Kapasetet for kraft parallelt med fiberretningen α = 90	
Bruddformer	
f _{v,Rk} :	19373 N
g _{v,Rk} :	27603 N
h _{v,Rk} :	22612 N
F _{v,Rk,d} :	19 Kn (Minst)
F _{0,bolt,k} :	38,75 Kn
F _{0,bolt,d} :	37,06 Kn

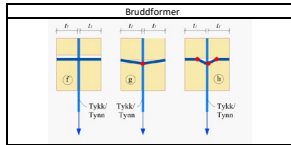
Fasthetsdata for bolt			
Fasthetsgrenser I N/mm ²	4.5	8.8	10.9
	400	800	1000
Strekfasthet - f _{u,k}	240	640	900
Flytespenning - f _{yb}			

Hullkantrykk [N/mm ²]	Flytemoment [Nmm]
$f_{h,0} = 0,082(1 - 0,01d/p)$	$M_{fa} = 0,3f_{u,d}d^{1,4}$
$f_{h,0} = \frac{f_{u,0}}{k_0 \sin^{\alpha} + \cos^{\alpha}}$	
for C-kvaliteter $k_0 = 1,35 + 0,015d$	
for D-kvaliteter $k_0 = 0,90 + 0,015d$	

Cos (vinkel) ²	0,000	Cos (vinkel) ²	1,000
Cos (vinkel)	0,000	Cos (vinkel)	1,000
Sin (vinkel) ²	1,000	Sin (vinkel) ²	0,000
Sin (vinkel)	1,000	Sin (vinkel)	0,000
Vinkel	90 grader	Vinkel	0 grader



Dimensjonerende Krefter	
F _{v,d}	108,45 Kn
F _{0,d}	16,79 Kn
F _{m,d}	37 Knm



L 1	65	K 90	1,59
-----	----	------	------

Effektive antall bolter iht. ECS ligning 8.34			
N _{ef,min}		n	N ef α = 0
6,5	Stykk α = 0	1	0,81
5,6	Stykk α = 90	2	1,51
		3	2,18
		4	2,82
N _{ef,total}		5	3,45
8,1	Stykk α = 0 (Zx)	6	4,07
6,5	Stykk α = 90 (Zx)	7	4,67
		8	5,27
		9	5,86
		10	6,44
F _{v,Rd,KP1}			
232	Kn α = 0		
OKI	Restkap 20 %	OKI	
126	Kn α = 90		
OKI	Restkap 14 %	OKI	

Minimumsavstander for bolter (Overstyrt og justert)		
Parallelt med fiberretningen α = 90		
OKI	a ₁	70 mm
OKI	a ₂	100 mm
OKI	a _{3,t}	80 mm
OKI	a _{3,c}	115 mm
OKI	a _{4,t}	152,5 mm
OKI	a _{4,c}	152,5 mm
Parallelt med fiberretningen α = 0		
OKI	a ₁	90 mm
OKI	a ₂	70 mm
OKI	a _{3,t}	Uendelig mm
OKI	a _{3,c}	Uendelig mm
OKI	a _{4,t}	87,5 mm
OKI	a _{4,c}	87,5 mm

Minimumsavstander for bolter iht. ECS 8.5.1.1[3]		
Parallelt med fiberretningen α = 90		
a ₁	64 mm	Avstand mellom boltene
a ₂	64 mm	Avstand mellom boltene
a _{3,t}	80 mm	Avstand fra bolt til skjøyt
a _{3,c}	112 mm	Avstand fra bolt til skjøyt
a _{4,t}	48 mm	Avstand fra bolt til topp
a _{4,c}	48 mm	Avstand fra bolt til bunn
Parallelt med fiberretningen α = 0		
a ₁	80 mm	Avstand mellom boltene
a ₂	64 mm	Avstand mellom boltene
a _{3,t}	80 mm	(Uendelig i dette tilfellet)
a _{3,c}	16 mm	(Uendelig i dette tilfellet)
a _{4,t}	32 mm	Avstand på sidene (Strekk)
a _{4,c}	48 mm	Avstand på sidene (Trykk)

Netto Tverrsnittet til bolteforbindelse	
h _{sliss}	405
t _{sliss}	10
n _{sliss}	1
d _{bolt}	17,6
n _{rad,bolt}	2
n _{snitt}	1
A _{net}	41220 mm ²
Strekk Kontroll:	
σ _{t,0,d}	2,63 N/mm ²
f _{t,0,d}	18,65 N/mm ²
σ _{t,0,d}	< f _{t,0,d} OKI
Skjær Kontroll:	
σ _{v,d}	0,31 N/mm ²
f _{v,d}	3,35 N/mm ²
σ _{v,d}	< f _{v,d} OKI
Moment Kontroll:	
σ _{m,d}	9,67 N/mm ²
f _{m,d}	28,70 N/mm ²
σ _{m,d}	< f _{m,d} OKI

Kapasetet til forbinder gruppe	
F _{v,ef,Rd} α = 0	232 Kn
F _{v,ef,Rd} α = 90	126 Kn
Kontroll	
F _{v,ef,Rd} α = 0	> F _d
OKI	
F _{v,ef,Rd} α = 90	> F _d
OKI	

Kapazität for en bolt	
Bolt:	M16
a:	16
Klasse	8,8
Flytemoment EKS 8.5.1.1(1)	
M _{y,Rk}	324282 Nmm
Hulkantfasthet α = 0	
f _{h,0,k}	29,62 N/mm ²
Hulkantfasthet α = 118	
f _{h,α,k}	30,29 N/mm ²
Kapazität for kraft parallelt med fiberretningen α = 0	
Bruddformer	
f: F _{v,Rk}	30803 N
g: F _{v,Rk}	39542 N
h: F _{v,Rk}	28512 N
F _{v,Rk,d}	29 Kn (Minst)
F _{0,bolt,k}	57,02 Kn
F _{0,bolt,d}	54,55 Kn
Kapazität for kraft parallelt med fiberretningen α = 118	
Bruddformer	
f: F _{v,Rk}	21099 N
g: F _{v,Rk}	29431 N
h: F _{v,Rk}	23597 N
F _{v,Rk,d}	21 Kn (Minst)
F _{0,bolt,k}	42,20 Kn
F _{0,bolt,d}	40,36 Kn

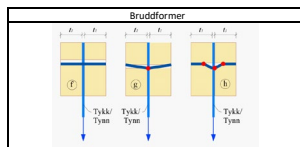
Effektive antall bolter iht. EKS ligning 8.34			
N _{ef,min}		n	N _{ef} α = 0
6,5 Stykk α = 0		1	0,81
6,0 Stykk α = 118		2	1,51
		3	2,18
		4	2,82
N _{ef,total}		5	3,45
8,1 Stykk α = 0 (2x6)		6	4,07
7,6 Stykk α = 118 (2x6)		7	4,67
		8	5,27
		9	5,86
		10	5,44
F _{v,Rd,KP1}	α = 0		
233 Kn			
OK!	Restkap	20% OK!	
161 Kn			
OK!	Restkap	21% OK!	

Netto Tverrsnittet til bolteforbindelse	
h _{sliss}	405
t _{sliss}	10
n _{sliss}	1
d _{bolt}	17,5
n _{rad,bolt}	2
n _{snitt}	1
A _{net}	41220 mm ²
Strekk Kontroll:	
σ _{t,0,d}	3,08 N/mm ²
f _{t,0,d}	18,64 N/mm ²
σ _{t,0,d}	< f _{t,0,d} OK!
Skjær Kontroll:	
σ _{v,d}	0,28 N/mm ²
f _{v,d}	3,35 N/mm ²
σ _{v,d}	< f _{v,d} OK!
Moment Kontroll:	
σ _{m,d}	3,27 N/mm ²
f _{m,d}	28,70 N/mm ²
σ _{m,d}	< f _{m,d} OK!

Kapazität til forbinde gruppe		
F _{v,ef,Rd} α = 0	232	Kn
F _{v,ef,Rd} α = 118	161	Kn
Kontroll		
F _{v,ef,Rd} α = 0	>	F _d
F _{v,ef,Rd} α = 118	>	F _d
OK!		

Fasthetsdata for bolt		
Fasthetsgrense N/mm ²	4,8	8,8
Strekfasthet f _{yk} N/k	400	800
Flytespenning f _{yb}	240	640
	640	900

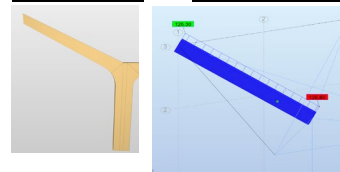
Hulkanttrykk N/mm ²	Flytemoment (Nmm)
$f_{h,α} = 0,082(1 - 0,01d)p_k$	
$f_{h,α} = \frac{f_{yk}}{k_{90} \sin \alpha + \cos \alpha}$	$M_{yk} = 0,3f_{yk}d^{2,4}$
for C-kvaliteter: $k_{90} = 1,35 + 0,015d$	
for D-kvaliteter: $k_{90} = 0,90 + 0,015d$	



t ₁	65	t ₂	1,59
----------------	----	----------------	------

Minimumsavstander for bolter (Overstyrt og justert)		
Parallelt med fiberretningen α = 118		
OK!	a ₁	70 mm
OK!	a ₂	100 mm
OK!	a _{3,t}	100 mm
OK!	a _{3,c}	105 mm
OK!	a _{4,t}	152,5 mm
OK!	a _{4,c}	152,5 mm
Parallelt med fiberretningen α = 0		
OK!	a ₁	90 mm
OK!	a ₂	70 mm
OK!	a _{3,t}	Uendelig mm (Uendelig i dette tilfelle)
OK!	a _{3,c}	Uendelig mm (Uendelig i dette tilfelle)
OK!	a _{4,t}	87,5 mm
OK!	a _{4,c}	87,5 mm

Cos (vinkel)*2	0,220	Cos (vinkel)*2	1,000
Cos (vinkel)	-0,469	Cos (vinkel)	1,000
Sin (vinkel)*2	0,780	Sin (vinkel)*2	0,000
Sin (vinkel)	0,883	Sin (vinkel)	0,000
Vinkel	118 grader	Vinkel	0 grader



Dimensjonerende Krefter	
F _{x,d}	126,8 Kn
F _{z,d}	15,61 Kn
F _{m,d}	35,46 Knm

Minimumsavstander for bolter iht. EKS 8.5.1.1(3)		
Parallelt med fiberretningen α = 118		
a ₁	56 mm	Avstand mellom boltene
a ₂	64 mm	Avstand mellom boltene
a _{3,t}	80 mm	Avstand fra bolt til skjøyt
a _{3,c}	101 mm	Avstand fra bolt til skjøyt
a _{4,t}	48 mm	Avstand fra bolt til topp
a _{4,c}	48 mm	Avstand fra bolt til bunn
Parallelt med fiberretningen α = 0		
a ₁	80 mm	Avstand mellom boltene
a ₂	64 mm	Avstand mellom boltene
a _{3,t}	80 mm	(Uendelig i dette tilfelle)
a _{3,c}	16 mm	(Uendelig i dette tilfelle)
a _{4,t}	32 mm	Avstand på sidene (Strekk)
a _{4,c}	48 mm	Avstand på sidene (Trykk)

Kapazität for en bolt	
Bolt:	M16
d:	16
Klasse	8.8
Flytemoment EKS 8.5.1.1(1)	
M _{v,Rk}	3242,2 Nmm
Hullkantfasthet α = 90	
f _{t,b,α,k}	18,63 N/mm ²
Hullkantfasthet α = 104,4	
f _{t,b,α,k}	19,07 N/mm ²
Kapazität for kraft parallelt med fiberretningen α = 90	
Bruddformer	
f _{t,v,Rk}	19373 N
g _{t,v,Rk}	21603 N
h _{t,v,Rk}	22612 N
(Minst)	
F _{v,Rk,d}	10 Kn
F _{0,bolt,k}	38,75 Kn
F _{0,bolt,d}	37,06 Kn
Kapazität for kraft parallelt med fiberretningen α = 104,4	
Bruddformer	
f _{t,v,Rk}	19828 N
g _{t,v,Rk}	28098 N
h _{t,v,Rk}	28970 N
(Minst)	
F _{v,Rk,d}	20 Kn
F _{0,bolt,k}	39,66 Kn
F _{0,bolt,d}	37,93 Kn

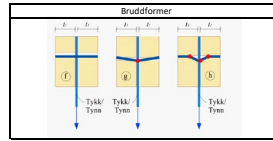
Effektive antall bolter iht. EKS ligning 8.34				
N _{ef,min}		n	N _{ef} α = 90	N _{ef} α = 104,4
5,6	Stykk	α = 90	1	0,76
5,6	Stykk	α = 104,4	2	1,42
N _{ef,total}		3	2,05	2,65
6,5	Stykk	α = 90	(2x5)	5
6,5	Stykk	α = 104,4	(2x5)	6
F _{v,Rd,RP1}		7	4,39	4,39
120	Kn	α = 90	8	4,95
OKI	Restkap	α = 104,4	9	5,50
OKI	Restkap	α = 104,4	10	6,05
OKI	Restkap	α = 104,4		

Netto Tverrsnittet til bolteforbindelse	
b _{sliss}	402
t _{sliss}	10
n _{sliss}	1
d _{bolt}	17,0
n _{rad,bolt}	2
n _{snitt}	3
A _{net}	4120 mm ²
Strekk Kontroll:	
σ _{1,0,d}	2,93 N/mm ²
f _{1,0,d}	19,60 N/mm ²
σ _{1,0,d}	< f _{1,0,d} OKI
Skjær Kontroll:	
σ _{v,d}	0,44 N/mm ²
f _{v,d}	3,39 N/mm ²
σ _{v,d}	< f _{v,d} OKI
Moment Kontroll:	
σ _{m,d}	3,67 N/mm ²
f _{m,d}	26,70 N/mm ²
σ _{m,d}	< f _{m,d} OKI

Kapazität til forbinde gruppe	
F _{v,ef,Rd} α = 90	120 Kn
F _{v,ef,Rd} α = 104,4	120 Kn
Kontroll	
F _{v,ef,Rd} α = 90	> F _d
F _{v,ef,Rd} α = 104,4	> F _d
OKI	

Fasthetsdata for bolt			
Fasthetsklasse			
Fasthetsgrenser N/mm ²	4,6	8,8	10,9
Strekkfasthet - f _{u,k}	400	800	1000
Flytespenning - f _{y,b}	240	640	900

Hullkanttrykk (N/mm ²)	Flytemoment (Nmm)
$f_{t,α} = 0,082(1 - 0,01d)ρ_k$	$M_{v,α} = 0,3f_{t,d}d^3$
$f_{t,α} = \frac{f_{t,α}}{k_{90} \sin α = \cos α}$	
for C-kvaliteter: $k_{90} = 1,35 + 0,015d$	
for D-kvaliteter: $k_{90} = 0,90 + 0,015d$	

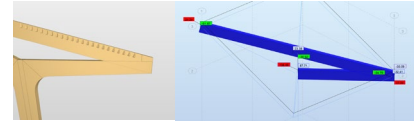


l ₁	65	l ₂	90	l ₃	150
----------------	----	----------------	----	----------------	-----

Minimumsavstander for bolter (Øverst og justert)		
Parallelt med fiberretningen α = 104,4		
OKI	a ₁	70 mm
OKI	a ₂	100 mm
OKI	a _{3,t}	100 mm
OKI	a _{3,c}	120 mm
OKI	a _{4,t}	152,5 mm
OKI	a _{4,c}	152,5 mm
Parallelt med fiberretningen α = 90		
OKI	a ₁	70 mm
OKI	a ₂	70 mm
OKI	a _{3,t}	80 mm
OKI	a _{3,c}	115 mm
OKI	a _{4,t}	87,5 mm
OKI	a _{4,c}	87,5 mm

Cos (vinkel) ²	0,062
Cos (vinkel)	-0,249
Sin (vinkel) ²	0,938
Sin (vinkel)	0,969
Vinkel	104,40 grader

Cos (vinkel) ²	0,000
Cos (vinkel)	0,000
Sin (vinkel) ²	1,000
Sin (vinkel)	1,000
Vinkel	90,00 grader



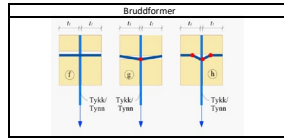
Dimensjonerende Krefter	
F _{v,d}	108,45 Kn
F _{z,d}	24,78 Kn
F _{m,d}	37 kNm

Minimumsavstander for bolter iht. EKS 8.5.1.1(3)		
Parallelt med fiberretningen α = 104,4		
a ₁	60 mm	Avstand mellom boltene
a ₂	64 mm	Avstand mellom boltene
a _{3,t}	80 mm	Avstand fra bolt til skjøyt
a _{3,c}	109 mm	Avstand fra bolt til skjøyt
a _{4,t}	48 mm	Avstand fra bolt til topp
a _{4,c}	48 mm	Avstand fra bolt til bunn
Parallelt med fiberretningen α = 90		
a ₁	64 mm	Avstand mellom boltene
a ₂	64 mm	Avstand mellom boltene
a _{3,t}	80 mm	(Uendelig i dette tilfelle)
a _{3,c}	112 mm	(Uendelig i dette tilfelle)
a _{4,t}	48 mm	Avstand på sidene (Strekk)
a _{4,c}	48 mm	Avstand på sidene (Trykk)

Kapazität for en bolt	
Bolt:	M16
d:	16
Klasse:	8.8
Flytemoment EK5 8.5.1.1(1)	
M _{v,Rk} :	324282 Nmm
Hullkantfasthet α = 118	
f _{h,α,k} :	20.29 N/mm ²
Hullkantfasthet α = 104,4	
f _{h,α,k} :	19.07 N/mm ²
Kapazität for kraft parallelt med fiberretningen α = 118	
Brudformer	
t: F _{v,Rk} :	21099 N
g: F _{v,Rk} :	20431 N
h: F _{v,Rk} :	23597 N
F _{v,Rk,d} :	21 Kn
F _{0,bolt,k} :	42.20 Kn
F _{0,bolt,d} :	40.32 Kn
(Minst)	
Kapazität for kraft parallelt med fiberretningen α = 104,4	
Brudformer	
t: F _{v,Rk} :	19929 N
g: F _{v,Rk} :	19286 N
h: F _{v,Rk} :	22876 N
F _{v,Rk,d} :	20 Kn
F _{0,bolt,k} :	39.68 Kn
F _{0,bolt,d} :	37.93 Kn
(Minst)	

Fasthetsdata for bolt		
Fasthetsklasse		
Fasthetsgrenser I N/mm ²	4,6	8,8
Strekfasthet - f _{u,k}	400	800
Flytespenning - f _{yb}	240	640

Hullkantrykk (N/mm ²)	Flytemoment (Nmm)
$f_{h,α} = 0,082(1 - 0,01d)p_k$	
$f_{h,α} = \frac{f_{u,k}}{k_p \sin^α + \cos^α}$	$M_{k,α} = 0,3 f_{h,α} d^3$
for C-kvaliteter: $k_p = 1,35 + 0,015d$	
for D-kvaliteter: $k_p = 0,90 + 0,015d$	

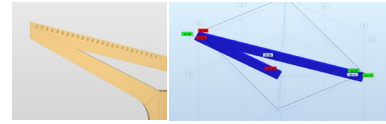


t: 1 65 K: 90 1,50

Cos (vinkel)*2	0,062	Cos (vinkel)*2	0,220
Sin (vinkel)*2	-0,249	Cos (vinkel)	-0,469
Sin (vinkel)	0,938	Sin (vinkel)*2	0,780
	0,969	Sin (vinkel)	0,883

Vinkel: 104,40 grader

Vinkel: 118,00 grader



Dimensionerende Krefter	
F _{x,d}	126,8 Kn
F _{z,d}	24,79 Kn
F _{m,d}	35,72 Knm

Effektive antall bolter iht. ECS ligning 8.34			
N _{ef,min}		n	N _{ef} α = 118
6,0	Stykk	1	0,76
6,4	Stykk	2	1,42
		3	2,05
		4	2,65
N _{ef,total}		5	3,24
7,6	Stykk	6	3,82
7,6	Stykk	7	4,39
		8	4,95
F _{v,Rd,KP1}		9	5,50
161	Kn	10	6,05
OK!	Restskap	OK!	OK!
15,8	Kn	OK!	16 % OK!

Minimumsavstander for bolter (Overstyrt og justert)		
Parallelt med fiberretningen α = 104,4		
OK!	a ₁	70 mm
OK!	a ₂	100 mm
OK!	a _{3,t}	100 mm
OK!	a _{3,c}	120 mm
OK!	a _{4,t}	152,5 mm
OK!	a _{4,c}	152,5 mm
Parallelt med fiberretningen α = 118		
OK!	a ₁	70 mm
OK!	a ₂	70 mm
OK!	a _{3,t}	80 mm
OK!	a _{3,c}	112 mm
OK!	a _{4,t}	87,5 mm
OK!	a _{4,c}	87,5 mm

Minimumsavstander for bolter iht. ECS 8.5.1.1(3)		
Parallelt med fiberretningen α = 104,4		
a ₁	60 mm	Avstand mellom boltene
a ₂	64 mm	Avstand mellom boltene
a _{3,t}	80 mm	Avstand fra bolt til skjøyt
a _{3,c}	109 mm	Avstand fra bolt til skjøyt
a _{4,t}	48 mm	Avstand fra bolt til topp
a _{4,c}	48 mm	Avstand fra bolt til bunn
Parallelt med fiberretningen α = 118		
a ₁	56 mm	Avstand mellom boltene
a ₂	64 mm	Avstand mellom boltene
a _{3,t}	80 mm	(Uendelig i dette tilfellet)
a _{3,c}	101 mm	(Uendelig i dette tilfellet)
a _{4,t}	48 mm	Avstand på sidene (Strekk)
a _{4,c}	48 mm	Avstand på sidene (Trykk)

Netto Tverrsnitt til bolteforbindelse	
h _{sliss} :	405
t _{sliss} :	10
n _{sliss} :	3
d _{bolt} :	17,0
n _{rad,bolt} :	2
n _{snitt} :	1
A _{net} :	41220 mm ²
Strekk Kontroll:	
σ _{L0,d} :	3,00 N/mm ²
f _{L0,d} :	18,65 N/mm ²
σ _{L0,d} :	< f _{L0,d} OK!
Skjær Kontroll:	
σ _{v,d} :	0,44 N/mm ²
f _{v,d} :	3,35 N/mm ²
σ _{v,d} :	< f _{v,d} OK!
Moment Kontroll:	
σ _{m,d} :	9,33 N/mm ²
f _{m,d} :	28,70 N/mm ²
σ _{m,d} :	< f _{m,d} OK!

Kapazität til forbindegruppe	
F _{v,ef,Rd} α = 118	161 Kn
F _{v,ef,Rd} α = 104,4	151 Kn
Kontroll	
F _{v,ef,Rd} α = 118	> F _d
OK!	
F _{v,ef,Rd} α = 104,4	> F _d
OK!	

Kapasitet for en bolt	
Bolt:	M16
d:	16
Klasse:	8.8
Flytemoment EK5 8.5.1.1(1)	
M _{v,Rk} :	324282 Nmm
Hullkastfasthet α = 90	
f _{h,a,k} :	38,63 N/mm ²
Hullkastfasthet α = 104,4	
f _{h,a,k} :	39,07 N/mm ²
Kapasitet for kraft parallellt med fiberretningen α = 90	
Bruddformer	
f: F _{v,Rk} :	19973 N
g: F _{v,Rk} :	27603 N
h: F _{v,Rk} :	22612 N
F _{v,Rk,d} :	19 Kn (Minst)
F _{0,bolt,k} :	38,75 Kn
F _{0,bolt,d} :	37,06 Kn
Kapasitet for kraft parallellt med fiberretningen α = 104,4	
Bruddformer	
f: F _{v,Rk} :	19828 N
g: F _{v,Rk} :	28086 N
h: F _{v,Rk} :	22876 N
F _{v,Rk,d} :	20 Kn (Minst)
F _{0,bolt,k} :	39,66 Kn
F _{0,bolt,d} :	37,93 Kn

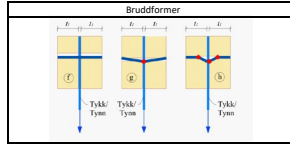
Effektive antall bolter iht. EC5 ligning 8.34			
N _{ef,min}		n	N _{ef} α = 90
3,8	Stykk α = 90	1	0,76
3,0	Stykk α = 104,4	2	1,42
N _{ef,total}		3	2,05
N _{ef,total}		4	2,65
5,3	Stykk α = 90 (2x4)	5	3,24
5,3	Stykk α = 104,4 (2x4)	6	3,82
F _{v,Rd,KP1}		7	4,39
103	kn α = 90	8	4,95
OK!	Restskap α = 28 %	9	5,50
105	kn α = 104,4	10	6,05
OK!	Restskap α = 29 %		

Netto Tverrsnittet til bolteforbindelse	
n _{sliss} :	405
t _{sliss} :	10
n _{sliss} :	1
d _{bolt} :	17,6
n _{rad,bolt} :	2
n _{snitt} :	1
A _{net} :	41220 mm ²
Strekk Kontroll:	
σ _{t,0,d} :	1,20 N/mm ²
f _{t,0,d} :	18,65 N/mm ²
σ _{t,0,d} :	< f _{t,0,d} OK!
Skjær Kontroll:	
σ _{v,d} :	1,10 N/mm ²
f _{v,d} :	3,35 N/mm ²
σ _{v,d} :	< f _{v,d} OK!
Moment Kontroll:	
σ _{m,d} :	6,73 N/mm ²
f _{m,d} :	28,70 N/mm ²
σ _{m,d} :	< f _{m,d} OK!

Kapasitet til forbinde gruppe	
F _{v,ef,Rd} α = 90	103 Kn
F _{v,ef,Rd} α = 104,4	109 Kn
Kontroll	
F _{v,ef,Rd} α = 90	> F _d
OK!	
F _{v,ef,Rd} α = 104,4	> F _d
OK!	

Fasthetsdata for bolt	
Fasthetsklasse	
Fasthetsgrenser I N/mm ²	4,5 8,1 10,9
Strekkfasthet - f _{u,k}	400 800 1000
Flytespenning - f _{yb}	240 640 900

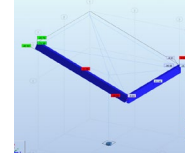
Hullkasttrykk [N/mm ²]	Flytemoment [Nmm]
$f_{h,a} = 0,082(1 - 0,01d) f_u$	
$f_{h,a} = \frac{f_{h,a}}{k_{90} \sin \alpha + \cos \alpha}$	$M_{Ed} = 0,3 f_{h,a} d^{1,4}$
for C-kvaliteter: $k_{90} = 1,35 + 0,015d$	
for D-kvaliteter: $k_{90} = 0,90 + 0,015d$	



L 1	65	K 90	1,59
-----	----	------	------

Minimumsavstander for bolter (Overstyrt og justert)		
Parallellt med fiberretningen α = 104,4		
OK!	a ₁	70 mm Avstand mellom boltene
OK!	a ₂	100 mm Avstand mellom boltene
OK!	a _{3,t}	100 mm Avstand fra bolt til skjøyt
OK!	a _{3,c}	120 mm Avstand fra bolt til skjøyt
OK!	a _{4,t}	152,5 mm Avstand fra bolt til topp
OK!	a _{4,c}	152,5 mm Avstand fra bolt til bunn
Parallellt med fiberretningen α = 90		
OK!	a ₁	70 mm Avstand mellom boltene
OK!	a ₂	70 mm Avstand mellom boltene
OK!	a _{3,t}	80 mm (Uendelig i dette tilfelle)
OK!	a _{3,c}	115 mm (Uendelig i dette tilfelle)
OK!	a _{4,t}	87,5 mm Avstand på sidene (Strekk)
OK!	a _{4,c}	87,5 mm Avstand på sidene (Trykk)

Cos (vinkel) ²	0,062	Cos (vinkel) ²	0,000
Cos (vinkel)	-0,249	Cos (vinkel)	0,000
Sin (vinkel) ²	0,938	Sin (vinkel) ²	1,000
Sin (vinkel)	0,969	Sin (vinkel)	1,000
Vinkel	104,40 grader	Vinkel	90,00 grader



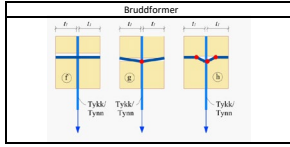
Dimensjonerende Krefter	
F _{x,d}	74,38 Kn
F _{z,d}	62,52 Kn
F _{m,d}	25,75 kNm

Minimumsavstander for bolter iht. EC5 8.5.1.1(3)		
Parallellt med fiberretningen α = 104,4		
a ₁	60 mm	Avstand mellom boltene
a ₂	64 mm	Avstand mellom boltene
a _{3,t}	80 mm	Avstand fra bolt til skjøyt
a _{3,c}	109 mm	Avstand fra bolt til skjøyt
a _{4,t}	48 mm	Avstand fra bolt til topp
a _{4,c}	48 mm	Avstand fra bolt til bunn
Parallellt med fiberretningen α = 90		
a ₁	64 mm	Avstand mellom boltene
a ₂	64 mm	Avstand mellom boltene
a _{3,t}	80 mm	(Uendelig i dette tilfelle)
a _{3,c}	112 mm	(Uendelig i dette tilfelle)
a _{4,t}	48 mm	Avstand på sidene (Strekk)
a _{4,c}	48 mm	Avstand på sidene (Trykk)

Kapazität for en bolt		
bolt:	M16	
d:	16	
Klasse:	8.8	
Flytemoment EK5 8.5.1.1(1)		
M _{v,Rk} :	324282 Nmm	
Hullkastfasthet α = 90		
f _{h,α,k} :	38,63 N/mm ²	
Hullkastfasthet α = 104,4		
f _{h,α,k} :	39,07 N/mm ²	
Kapazität for kraft parallelt med fiberretningen α = 90		
Bruddformer		
f _{v,Rk} :	19973 N	
g _{v,Rk} :	27603 N	
h _{v,Rk} :	22612 N	
f _{v,Rk,d} :	19 Kn	(Minst)
F _{0,bolt,k} :	38,75 Kn	
F _{0,bolt,d} :	37,06 Kn	
Kapazität for kraft parallelt med fiberretningen α = 104,4		
Bruddformer		
f _{v,Rk} :	19828 N	
g _{v,Rk} :	28086 N	
h _{v,Rk} :	22876 N	
f _{v,Rk,d} :	20 Kn	(Minst)
F _{0,bolt,k} :	39,66 Kn	
F _{0,bolt,d} :	37,93 Kn	

Fasthetsdata for bolt	
Fasthetsklasse	
Fasthetsgrense f _N /mm ²	4,6 8,8 10,9
Strekfasthet - f _{u,k}	400 800 1000
Flytespenning - f _{y,b}	240 640 900

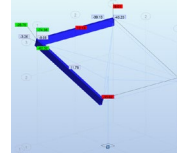
Hullkasttrykk [N/mm ²]	Flytemoment [Nmm]
$f_{h,α} = 0,082(1 - 0,01d)ρ_k$	$M_{v,k} = 0,5f_{h,d}d^{1,4}$
$f_{h,α} = \frac{f_{h,k}}{k_{90} \sin \alpha + \cos \alpha}$	
for C-kvaliteter: $k_{90} = 1,35 + 0,015d$	
for D-kvaliteter: $k_{90} = 0,90 + 0,015d$	



L 1	65	K 90	1,59
-----	----	------	------

Cos (vinkel) ²	0,062
Cos (vinkel)	-0,249
Sin (vinkel) ²	0,938
Sin (vinkel)	0,969
Vinkel	104,40 grader

Cos (vinkel) ²	0,000
Cos (vinkel)	0,000
Sin (vinkel) ²	1,000
Sin (vinkel)	1,000
Vinkel	90,00 grader



Dimensjonerende Krefter	
F _{x,d}	74,38 Kn
F _{z,d}	62,52 Kn
F _{m,d}	25,75 Knm

Effektive antall bolter iht. EC5 ligning 8.34				
N _{ef,min}		n	N _{ef} α = 90	N _{ef} α = 104,4
3,8	Stykk α = 90	1	0,76	0,76
3,8	Stykk α = 104,4	2	1,42	1,42
N _{ef,total}		3	2,05	2,05
		4	2,65	2,65
5,3	Stykk α = 90	(2x4)	5	3,24
5,3	Stykk α = 104,4	(2x4)	6	3,82
		7	4,39	4,39
		8	4,95	4,95
		9	5,50	5,50
OK!	Restkap α = 28 %	OK!	10	6,05
OK!	Restkap α = 104,4	OK!		
OK!	Restkap	OK!		
OK!	Restkap	OK!		

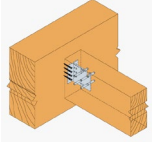
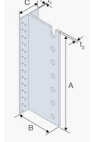
Minimumsavstander for bolter (Overstyrt og justert)			
Parallelt med fiberretningen α = 104,4			
OK!	a ₁	70 mm	Avstand mellom boltene
OK!	a ₂	100 mm	Avstand mellom boltene
OK!	a _{3,t}	100 mm	Avstand fra bolt til skjøyt
OK!	a _{3,c}	120 mm	Avstand fra bolt til skjøyt
OK!	a _{4,t}	152,5 mm	Avstand fra bolt til topp
OK!	a _{4,c}	152,5 mm	Avstand fra bolt til bunn
Parallelt med fiberretningen α = 90			
OK!	a ₁	70 mm	Avstand mellom boltene
OK!	a ₂	70 mm	Avstand mellom boltene
OK!	a _{3,t}	80 mm	(Uendelig i dette tilfellet)
OK!	a _{3,c}	115 mm	(Uendelig i dette tilfellet)
OK!	a _{4,t}	87,5 mm	Avstand på sidene (Strek)
OK!	a _{4,c}	87,5 mm	Avstand på sidene (Trykk)

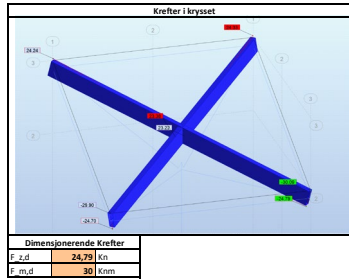
Minimumsavstander for bolter iht. EC5 8.5.1.1(3)			
Parallelt med fiberretningen α = 104,4			
a ₁	60 mm	Avstand mellom boltene	
a ₂	64 mm	Avstand mellom boltene	
a _{3,t}	80 mm	Avstand fra bolt til skjøyt	
a _{3,c}	109 mm	Avstand fra bolt til skjøyt	
a _{4,t}	48 mm	Avstand fra bolt til topp	
a _{4,c}	48 mm	Avstand fra bolt til bunn	
Parallelt med fiberretningen α = 90			
a ₁	64 mm	Avstand mellom boltene	
a ₂	64 mm	Avstand mellom boltene	
a _{3,t}	80 mm	(Uendelig i dette tilfellet)	
a _{3,c}	112 mm	(Uendelig i dette tilfellet)	
a _{4,t}	48 mm	Avstand på sidene (Strek)	
a _{4,c}	48 mm	Avstand på sidene (Trykk)	

Netto Tverrsnittet til bolteforbindelse		
b_sliss	405	
f_sliss	10	
n_sliss	1	
d_bolt	17,6	
n_rad_bolt	2	
n_snitt	1	
A_net	41220 mm ²	
Strek Kontroll:		
σ _{t,0,d}	1,90 N/mm ²	
f _{t,0,d}	18,65 N/mm ²	
σ _{t,0,d}	<	OK!
Skjær Kontroll:		
σ _{v,d}	1,10 N/mm ²	
f _{v,d}	3,35 N/mm ²	
σ _{v,d}	<	OK!
Moment Kontroll:		
σ _{m,d}	6,73 N/mm ²	
f _{m,d}	28,70 N/mm ²	
σ _{m,d}	<	OK!

Kapazität til forbinde gruppe		
F _{v,ef,Rd} α = 90	103	Kn
F _{v,ef,Rd} α = 104,4	109	Kn
Kontroll		
F _{v,ef,Rd} α = 90	>	F _d
OK!		
F _{v,ef,Rd} α = 104,4	>	F _d
OK!		

Bjelke bærere, med 12mm bolter
<https://www.strangtie.no/no-NO/produkter/bjelkebaerere-bt>

Teknisk data: Dimensjoner									
									
Art. nr.	Bjelkestørrelse		Dimensjoner [mm]					Hull, HB	Hull, SB
	Bredde Minimu m	Høyde Min β=0	A	B	C	t ₁	t ₂	Ø5	Ø13
BT280	60	312	280	103	62	3	6	52	7
BT320	60	352	320	103	62	3	6	60	8
BT360	60	392	360	103	62	3	6	68	9
BT400	60	432	400	103	62	3	6	76	10
BT440	60	472	440	103	62	3	6	84	11
BT480	60	512	480	103	62	3	6	92	12
BT520	60	552	520	103	62	3	6	100	13
BT560	60	592	560	103	62	3	6	108	14
BT600	60	632	600	103	62	3	6	116	15



Art. nr.	Utspikring				Karakteristisk bæreevne [kN]																
	Antall	HB	Type	Antall	SB	1 k								2 k							
						Lengden på boltene [mm]								Lengden på boltene [mm]							
BT280	52	CNA4.0x50	7	STD12	64,6	68	71,7	76,4	81,7	87,2	93,4	99,8	106,3	112,9	119,6	126,2	132,9	139,6	146,6	153,8	
BT320	60	CNA4.0x50	8	STD12	77	81	85,5	91,2	97,5	104,1	111,1	118,3	125,7	133,3	141,1	149,1	157,3	165,7	174,3	183,1	
BT360	68	CNA4.0x50	9	STD12	89,1	93,8	99	105,8	113,3	121,1	129,2	137,9	146,6	155,7	165,1	174,7	184,5	194,6	204,9	215,4	
BT400	76	CNA4.0x50	10	STD12	100,8	106,4	112,3	119,2	127	135,9	145,1	154,7	164,6	174,7	185,1	195,7	206,5	217,6	228,9	240,4	
BT440	84	CNA4.0x50	11	STD12	112,1	118	124,2	131,4	139,6	148,4	157,9	167,3	177,1	187,1	197,4	208,1	219,1	230,4	241,9	253,6	
BT480	92	CNA4.0x50	12	STD12	122,8	129,3	137,7	148,2	159,7	171,3	183,6	196,3	209,4	222,9	236,7	250,8	265,1	279,7	294,5		
BT520	100	CNA4.0x50	12	STD12	122,8	129,3	138,4	150,5	163,1	175,8	189,3	203,3	217,7	232,4	247,4	262,7	278,3	294,1	310,1		
BT560	108	CNA4.0x50	12	STD12	122,8	129,3	138,4	150,7	164,9	179,1	193,8	209,1	224,8	240,8	257,1	273,6	290,3	307,2	324,3		
BT600	116	CNA4.0x50	12	STD12	122,8	129,3	138,4	150,7	164,9	180,4	196,8	213,7	231,1	248,8	266,8	285,1	303,6	322,3	341,2		

HB: Hovedbjelken / SB: Sekundærbjelken Lengden av av dybelen er lik bredden av sekundærbjelken. Ved bjelker med vinkel β skal bæreevne verdiene ganges med faktoren.

β	0°	15°	30°	45°
faktor	1,0	0,99	0,9	0,85

R_{yk} belastningsverdier er utregnet på følgende måte: R_{yk} = R_{yk} x (antall dybler - 1) / (antall dybler). Den øverste dybelen tas ikke med i beregningen av verdiene for løft da den er plassert i et åpent hull. For mer detaljert informasjon se gjeldende ETA.

Belastningsverdi	
R _{yk} = R _{yk}	>
Dimensjonerende krefter	OK!

Bruk BT280 Med Ø12 bolter

Dimensjonerende situasjoner	γ_c for betong	γ_s for armeringsstål	γ_s for spennstål	γ_s for GL30c
Vedvarende og forbigående	1,5	1,15	1,15	1,15
Ulykkessituasjon	1,2	1	1	1

Betong

Table with columns for concrete strength classes (B12 to B50) and various mechanical properties like fck, ftd, fctm, fctm,0.95, fctm,0.05, fctm,0.95, fctm,0.05, fctm,0.95, fctm,0.05, fctm,0.95, fctm,0.05, fctm,0.95, fctm,0.05, fctm,0.95, fctm,0.05, fctm,0.95, fctm,0.05.

Tables for design parameters: Design strength (Beton) and Modulus of elasticity (Modulus elastisitas beton). Includes values for different concrete classes and design parameters like alpha and beta.

Main table for material properties: Strength (N/mm²) and Modulus of elasticity (kN/mm²). Columns include concrete strength (fck, ftd, fctm, fctm,0.95, fctm,0.05), modulus of elasticity (Ec), and density (rho). Rows are categorized by concrete strength (B12 to B50) and material type (Betong, MassivTrie).

Table for design parameters: Design strength (Beton) and Modulus of elasticity (Modulus elastisitas beton). Includes values for different concrete classes and design parameters like alpha and beta.

Armeringstabell	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	← Antall [Stk./Jern]						
Ø [mm]	1000	800	600	400	200	175	150	125	100	100	← c/c [mm]						
8	0,395	50	101	144	151	168	183	201	223	251	287	302	335	352	402	452	503
10	0,617	79	157	224	236	262	286	314	349	391	449	471	524	550	628	707	785
12	0,888	113	226	321	339	377	411	452	503	565	646	679	754	792	905	1018	1131
14	1,21	154	308	445	462	513	560	616	684	770	880	924	1026	1078	1232	1385	1539
16	1,58	201	402	574	603	670	731	804	894	1005	1149	1206	1340	1407	1608	1810	2011
20	2,47	314	628	898	942	1048	1142	1257	1396	1571	1795	1885	2094	2199	2513	2827	3142
25	3,85	491	982	1402	1473	1636	1785	1962	2182	2454	2805	2945	3275	3436	3927	4418	4909
32	6,31	804	1608	2413	2527	2770	3017	3317	3683	4121	4625	4825	5630	6434	7238	8042	8846
40	9,86	1257	2513	3770	3942	4307	4673	5140	5607	6203	6940	7240	8196	9342	10588	11834	12566

Bet.kval	Ecm	fc	fc/cube	fctm	fctd	fctk,0.05	fctm	fctd
B20	30.000	20	25,0	28	11,3	1,5	2,2	0,85
B25	31.000	25	30,0	33	14,2	1,8	2,6	1,02
B30	33.000	30	37,0	38	17,0	2,0	2,9	1,13
B35	34.000	35	45,0	43	19,8	2,2	3,2	1,25
B45	36.000	45	55,0	53	25,5	2,7	3,8	1,53
B55	38.000	55	67,0	63	31,2	3,0	4,2	1,70
B65	40.000	65	80,0	73	36,8	3,2	4,5	1,79
B75	41.500	75	90,0	83	42,5	3,3	4,7	1,87
B85	43.000	85	100,0	93	48,2	3,5	4,9	1,96

Bet.kval	m cd	β.cd=2.c/d	β
B20-B45		0,2952	0,82
B55		0,2317	0,9966118

ARMERINGSTABELL i mm

Ø	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
kg/m	1000	800	600	400	200	175	150	125	100	100
8	0,395	50	101	144	151	168	183	201	223	251
10	0,617	79	157	224	236	262	286	314	349	391
12	0,888	113	226	321	339	377	411	452	503	565
14	1,21	154	308	445	462	513	560	616	684	770
16	1,58	201	402	574	603	670	731	804	894	1005
20	2,47	314	628	898	942	1048	1142	1257	1396	1571
25	3,85	491	982	1402	1473	1636	1785	1962	2182	2454
32	6,31	804	1608	2413	2527	2770	3017	3317	3683	4121
40	9,86	1257	2513	3770	3942	4307	4673	5140	5607	6203

Dimensjoneringskonstanter for slt. betongkvaliteter når ARM.KVAL. = B500C

Bet.kval	m cd	β.cd=2.c/d	β
B20-B45	0,2952	0,82	1-0,610·m
B55	0,2317	0,8222	1-0,595·m
B65			
B75			

Dimensjoneringskonstanter TIDL ARM.KVAL. K400FS

C25-C55	0,304	0,813	1-0,615·m
---------	-------	-------	-----------

Betongfastheter i N/mm², f_{cm} = α_c · f_{ck} / γ_c = 0,85 · f_{ck} / 1,5

Bet.kval	E _{cm}	f _{cm}	f _{ctm}	f _{ctd}	f _{ctk,0.05}	f _{ctm}	f _{ctd}
B20	30.000	20	25	28	11,3	1,5	2,2
B25	31.000	25	30	33	14,2	1,8	2,6
B30	33.000	30	37	38	17,0	2,0	2,9
B35	34.000	35	45	43	19,8	2,2	3,2
B45	36.000	45	55	53	25,5	2,7	3,8
B55	38.000	55	67	63	31,2	3,0	4,2
B65	40.000	65	80	73	36,8	3,15	4,5
B75	41.500	75	90	83	42,5	3,3	4,7
B85	43.000	85	100	93	48,2	3,45	4,9

β_{cm} = 22.000 [E_{cm}/10]^{0,2}, f_{ctm} = α_c · f_{cm,28} / γ_c = 0,85 · f_{cm,28} / 1,5

Momentsdimensjoneringskonstanter
 $M_{Rd} \leq M_{ed} = m_{ed} \cdot f_{ctd} \cdot b \cdot d^2$
 $m = \frac{M_{Rd}}{f_{ctd} \cdot b \cdot d^2}$
 $\lambda_1 = \frac{M_{Rd}}{f_{ctd} \cdot b \cdot d}$
 $M_{Rd} \geq M_{ed}$
 $\lambda_1 = \frac{M_{Rd}}{f_{ctd} \cdot b \cdot d} \geq \frac{AM}{f_{ctd} \cdot b \cdot d}$

Minimumsarmering i lør- og fæ-veiddekor: Pkt. 9.3.1.1 (1) i EC 2
 $A_{s,min} = 0,26 \cdot \frac{f_{cm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d \geq 260 \cdot d \cdot \frac{f_{cm}}{f_{yk}}$ (mm²/m)
 i tillegg sier pkt. 9.3.1.1 (2) at svins- og fordelingsarmering bør være minst 20% av hovedarmeringen
 Hovedarmering: $s_{lør,min} = 2h \leq 250$
 Svins-/Fordelings-arm.: $s_{fæ,min} = 3h \leq 400$

Minimum lengdearmering i bjelker: Pkt. 9.2.1.1 (1) i EC 2
 Rektangulære bjelker ber på strekk- og trykklend minst ha armering som svarer til: $A_{s,min} = 0,26 \cdot \frac{f_{cm}}{f_{yk}} \cdot b_v \cdot d \geq 0,0013 \cdot b_v \cdot d$
 Her er b_v midlere bredde av strekkkom. Bjelker: $b_v = b_c$

Minimum skjesarmering (overlert) i bjelker: Pkt. 9.2.2 (5) i EC 2
 NB! Bjelker vertikale bøyler:
 $\left(\frac{A_{sv}}{s_v} \right)_{min} = \rho_{sv,min} \cdot b_v = 0,1 \cdot \sqrt{\frac{f_{cm}}{f_{yk}}} \cdot b_v$ (mm²/mm)
 Her er: A_{sv} = avstand mellom bøyler
 $\rho_{sv,min} = 0,6 \%$

Tabell NA.A1.1 Kombinasjonsfaktorer

Last	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Kategori A	0,7	0,5	0,3
Kategori B	0,7	0,5	0,3
Kategori C	0,7	0,7	0,6
Kategori D	0,7	0,7	0,6
Kategori E	1	0,9	0,8
Kategori F	0,7	0,7	0,6
Kategori G	0,7	0,5	0,3
Kategori H	0	0	0
Snø	0,7	0,5	0,2
Vind	0,6	0,2	0
Temperatur	0,6	0,5	0

¹⁾ Modifiseres etter geografiske data

Fasthetsfaktor k_{mod} for Konstruksjonstre, Limtre og LVL henhold til EKS							
Materiale	Standard	Klima-klasse	Lastvarighetsklasser				
			Permanent last (P)	Langtids last (A)	Halvårs last (B)	Korttids last (C)	Øyeblikks last (I)
Konstruksjonstre	NS-EN 1481-1	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,70	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,55	0,55	0,65	0,70	0,90
Limtre	NS-EN 14080	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,70	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,55	0,55	0,65	0,70	0,90
Prall-ell-finer (LVL)	NS-EN 14374 og NS-EN 14279	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,70	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,55	0,55	0,65	0,70	0,90

K_{sys} (NS-EN 1995-1-1 pkt. 6.6)	
K _{sys}	1

Egenvekt Sponplate 22mm	
	0,62 m ³
	0,04 Kn

Brukscategorier - Laster		
Kategori:	qk [kN/m ²]	Qk [kN]
A _{Gulv}	2	2
A _{Trapp}	3	2
A _{Balkong}	4	2
A _{Loft}	1	1,5
B	3	2
C1	3	4
C2	4	4
C3	5	4
C4	5	7
C5	5	4
D1	5	4
D2	5	7
Tak	0	0

Nytte laster (går som Egenlast da det er permanent fast til konstruksjon)		
Kategori:	qk [kN/m ²]	Qk [kN]
Sedum	0,49	
Solcellepanel	0,50	

Eksempel på vekt til solpanel				
solcellepanel	L i mm	B i mm	Vekt i kg	Vekt i Kn/m ²
Oprinnelig	2094	1038	23,5	0,23
Tilpasset	1000	1000	10,82	0,11

Sedumtak		
Vekt	50 kg/m ²	l vtt

Brukscategorier – Laster

Tabell 6.2

Kategorier for belastede områder	Flatelast [kN/m ²]	Punktlast [kN]
Kategori A		
- Gulv	2,0	2,0
- Trapper	3,0	2,0
- Balkonger og verandaer ¹⁾	4,0	2,0
- Loft med liten takhøyde eller begrenset adgang	1,0	1,5
Kategori B	3,0	2,0
Kategori C		
- C1	3,0	4,0
- C2	4,0	4,0
- C3	5,0	4,0
- C4	5,0	7,0
- C5	5,0	4,0
Kategori D		
- D1	5,0	4,0
- D2	5,0	7,0

¹⁾ Tattensens, se kategori I

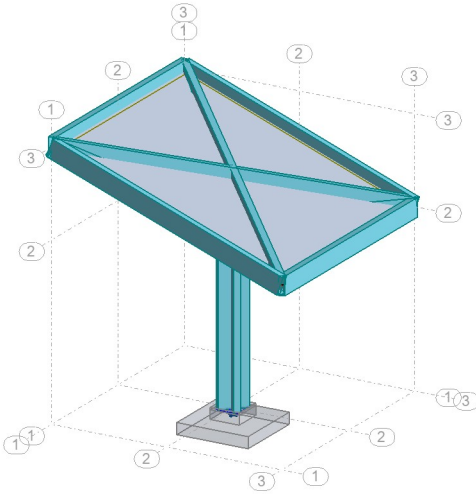
Punktlasten Q_k oppgitt i tabellene skal kunne plasseres hvor som helst på et areal på 50x50 mm.

Kategori	Spesifikk bruk	Eksempel
A	Arealer for innadstilte og hjemmekontorer	Rom i boligbygg, sengerom og behandlingsrom i sykehus, soverom i hoteller og gjestgiverier, kjøkken og toiletter
B	Kontorarealer	
C	Arealer der personer kan samles (med unntak av arealer som er definert i kategori A, B og D) ¹⁾	<p>C1 Arealer med bord osv., f.eks. i skoler, kaféer, restauranter, spisesteder, leserom, rosepjoer osv.</p> <p>C2 Arealer med faste seter, f.eks. arealer i kirker, bøtler eller krossaler, konferanseroom, forelesningsaler, forsamlingsarealer, verandaer med regnet forhall på jernbanestasjon osv.</p> <p>C3 Arealer uten hindringer for personer i bevegelse, f.eks. arealer i museer, utstillinger osv. og arkitektkontorer i offentlige bygg og administrasjonsbygg, hoteller, sykehus, jernbanestasjonshaller</p> <p>C4 Arealer med mulighet for fysiske aktiviteter, f.eks. dansesaler, gymnastikksal, scener osv.</p> <p>C5 Arealer som lett overføres, f.eks. i bygg for offentlig bruk, som konsertaler, idrettshaller med regnet tribuner og allmennevåler og jernbaneperronger</p>
D	Forettingsarealer	<p>D1 Arealer i vanlig detaljhandel</p> <p>D2 Arealer i varehus</p>

VEDLEGG 3

Robot Ladetre Resultater

Structure view



Calculation noteProject properties: **bachelor**

Structure type: Shell

Structure gravity center coordinates:

X = -0.020 (m)

Y = -0.000 (m)

Z = 4.119 (m)

Central moments of inertia of a structure:

Ix = 4122.029 (kg*m²)Iy = 3812.418 (kg*m²)Iz = 7513.018 (kg*m²)

Mass = 1410.595 (kg)

Structure description

Number of nodes:	8
Number of members:	12
Member finite elements:	13
Planar finite elements:	0
Volumetric finite elements:	0
No of static degr. of freedom:	42
Cases:	31
Combinations:	5

Table of load cases / analysis types**Case 1** : DL1**Analysis type: Static - Linear****Case 2** : SN1**Analysis type: Static - Linear****Case 3** : LL1**Analysis type: Static - Linear****Case 4** : Wind X+ 26 m/s (f =1.00) Simulation**Analysis type: Static - Linear****Data:**

Wind velocity	: 26.00m/s
Terrain level	: 1.00m
Wind profile	: Constant - 1.00
Exposed elements	: Whole structure
Openings	: Closed for the wind flow
Stop criterion	: Automatic

Sum of main forces : 5.79kN
Sum of perpendicular forces : 0.09kN
Sum of vertical forces : 7.62kN
Precision : 0.50%
Sum of forces may differ due to model simplification (forces on panel/cladding sidewalls and member top/bottom side are neglected)
Loading based on pressure maps.

Case 5 : Wind X+Y+ 26 m/s (f =1.00) Simulation
Analysis type: Static - Linear

Data:

Wind velocity : 26.00m/s
Terrain level : 1.00m
Wind profile : Constant - 1.00
Exposed elements : Whole structure
Openings : Closed for the wind flow
Stop criterion : Automatic
Sum of main forces : 4.25kN
Sum of perpendicular forces : 1.57kN
Sum of vertical forces : 5.85kN
Precision : 0.50%
Sum of forces may differ due to model simplification (forces on panel/cladding sidewalls and member top/bottom side are neglected)
Loading based on pressure maps.

Case 6 : Wind Y+ 26 m/s (f =1.00) Simulation
Analysis type: Static - Linear

Data:

Wind velocity : 26.00m/s
Terrain level : 1.00m
Wind profile : Constant - 1.00
Exposed elements : Whole structure
Openings : Closed for the wind flow
Stop criterion : Automatic
Sum of main forces : 2.17kN
Sum of perpendicular forces : 0.48kN
Sum of vertical forces : 1.26kN
Precision : 0.50%
Sum of forces may differ due to model simplification (forces on panel/cladding sidewalls and member top/bottom side are neglected)
Loading based on pressure maps.

Case 7 : Wind X-Y+ 26 m/s (f =1.00) Simulation
Analysis type: Static - Linear

Data:

Wind velocity : 26.00m/s
Terrain level : 1.00m
Wind profile : Constant - 1.00
Exposed elements : Whole structure
Openings : Closed for the wind flow
Stop criterion : Automatic

Sum of main forces : 4.12kN

Sum of perpendicular forces : -1.84kN

Sum of vertical forces : -5.98kN

Precision : 0.50%

Sum of forces may differ due to model simplification (forces on panel/cladding sidewalls and member top/bottom side are neglected)

Loading based on pressure maps.

Case 8 : Wind X- 26 m/s (f =1.00) Simulation

Analysis type: Static - Linear

Data:

Wind velocity : 26.00m/s

Terrain level : 1.00m

Wind profile : Constant - 1.00

Exposed elements : Whole structure

Openings : Closed for the wind flow

Stop criterion : Automatic

Sum of main forces : 4.68kN

Sum of perpendicular forces : 0.01kN

Sum of vertical forces : -7.21kN

Precision : 0.50%

Sum of forces may differ due to model simplification (forces on panel/cladding sidewalls and member top/bottom side are neglected)

Loading based on pressure maps.

Case 9 : Brudd X+

Analysis type: Linear combination

Case 10 : Brudd X-

Analysis type: Linear combination

Case 11 : Brudd Y+

Analysis type: Linear combination

Case 12 : Brudd X+Y+

Analysis type: Linear combination

Case 13 : Brudd X-Y+

Analysis type: Linear combination

Case 14 : ULS

Analysis type:

Case 15 : ULS+

Analysis type:

Case 16 : ULS-

Analysis type:

Case 17 : SLS
Analysis type:

Case 18 : SLS+
Analysis type:

Case 19 : SLS-
Analysis type:

Case 20 : SLS:CHR
Analysis type:

Case 21 : SLS:CHR+
Analysis type:

Case 22 : SLS:CHR-
Analysis type:

Case 23 : SLS:FRE
Analysis type:

Case 24 : SLS:FRE+
Analysis type:

Case 25 : SLS:FRE-
Analysis type:

Case 26 : SLS:QPR
Analysis type:

Case 27 : SLS:QPR+
Analysis type:

Case 28 : SLS:QPR-
Analysis type:

Case 29 : FIRE
Analysis type:

Case 30 : FIRE+
Analysis type:

Case 31 : FIRE-
Analysis type:

Section properties**Section properties:**

Øvre del LT 140x405

·
HY=140, HZ=405 [mm]
AX=56700 [mm²]
IX=289755018, IY=775018125, IZ=92610000 [mm⁴]
Material=GL30c

Nedre del LT 140x405

·
HY=140, HZ=405 [mm]
AX=56700 [mm²]
IX=289755018, IY=775018125, IZ=92610000 [mm⁴]
Material=GL30c

Søyle LT (45) 140x630

·
HY=140, HZ=630 [mm]
AX=88200 [mm²]
IX=495536980, IY=2917215000, IZ=144060000 [mm⁴]
Material=GL30c

Tvers over LT 140x405

·
HY=140, HZ=405 [mm]
AX=56700 [mm²]
IX=289755018, IY=775018125, IZ=92610000 [mm⁴]
Material=GL30c

Ramme LT 140x405

·
HY=140, HZ=405 [mm]
AX=56700 [mm²]
IX=289755018, IY=775018125, IZ=92610000 [mm⁴]
Material=GL30c

Søyle LT (-45) 140x630

·
HY=140, HZ=630 [mm]
AX=88200 [mm²]
IX=495536980, IY=2917215000, IZ=144060000 [mm⁴]
Material=GL30c

Project properties

Project name : bachelor

Address:

City:

Phase:

Revision no.:

Comment:

Code combinations

**Code Combinations
 according to the regulation: NS-EN 1990:2002/NA:2016**

Parameters of code combination generation

Code combination type: full

Active case list:

1: DL1	STRC	G1	1.00		DL1
2: SN1	snow	S1	1.00		SN1
3: LL1	CAT_H	Q1	1.00		LL2
4: Wind X+ 26 m/s (f =1.00) Simulation	WIND1	wind	W1	1.00	
5: Wind X+Y+ 26 m/s (f =1.00) Simulation	WIND2	wind	W1	1.00	
6: Wind Y+ 26 m/s (f =1.00) Simulation	WIND3	wind	W1	1.00	
7: Wind X-Y+ 26 m/s (f =1.00) Simulation	WIND4	wind	W1	1.00	
8: Wind X- 26 m/s (f =1.00) Simulation	WIND5	wind	W1	1.00	

Combination template list:

ULS	STR
ULS	STR
SLS	characteristic (CHR)
SLS	frequent (FRE)
SLS	quasi-permanent (QPR)
ACC	accidental
ACC	seismic
ACC	seismic
FIRE	FIRE

Defined group list:

dead:	G1	and,
live:	Q1	or (incl),
wind:	W1	or (excl),
snow:	S1	or (excl),

Defined relation list:

dead:	G1 and G2
live:	Q1
wind:	W1
snow:	S1

Properties - Members

	Section name	Member list	AX (mm2)	AY (mm2)	AZ (mm2)
	Øvre del LT 140x405	6 7	56700	47250	47250
	Nedre del LT 140x405	4 5	56700	47250	47250
	Søyle LT (45) 140x630	1	88200	73500	73500
	Tvers over LT 140x405	2 8	56700	47250	47250
	Ramme LT 140x405	9to12	56700	47250	47250
	Søyle LT (-45) 140x63	15	88200	73500	73500

	IX (mm4)	IY (mm4)	IZ (mm4)
	289755018	775018125	92610000
	289755018	775018125	92610000
	495536980	2917215000	144060000
	289755018	775018125	92610000
	289755018	775018125	92610000
	495536980	2917215000	144060000

Properties - Materials

	Material	E (MPa)	G (MPa)	NI	LX (1/°C)	RO (kN/m3)	Re (MPa)
1	GL30c	13000,00	650,000,00		0,00	3,82	30,00

Combinations**- Cases: 9to13**

Combinations	Name	Analysis type	Combination	Case nature
9 (C)	Brudd X+	Linear Combinatio	ULS	Structural
10 (C)	Brudd X-	Linear Combinatio		Structural
11 (C)	Brudd Y+	Linear Combinatio		Structural
12 (C)	Brudd X+Y+	Linear Combinatio		Structural
13 (C)	Brudd X-Y+	Linear Combinatio		Structural

Combinations	Definition
9 (C)	$(2+3+4)*1.50+1*1.20$
10 (C)	$1*1.20+(3+2+8)*1.50$
11 (C)	$1*1.20+(2+3+6)*1.50$
12 (C)	$1*1.20+(2+3+5)*1.50$
13 (C)	$1*1.20+(2+3+7)*1.50$

reactions: global extremes

in the coordinate system: global - Cases: 1to13 15to30By3 16to31By3

	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kNm)
MAX	6,34	0,11	183,15	17,73
Node	1	1	1	1
Case	10 (C)	ULS/62	10 (C)	12 (C)
MIN	-7,51	-2,75	-7,66	-0,57
Node	1	1	1	1
Case	ULS/62	11 (C)	4	ULS/62

	MY (kNm)	MZ (kNm)
MAX	33,62	0,34
Node	1	1
Case	10 (C)	13 (C)
MIN	-46,47	-2,85
Node	1	1
Case	ULS/62	ULS/64

displacements: global extremes

- Cases: 1to13 15to30By3 16to31By3

	UX (mm)	UY (mm)	UZ (mm)	RX (Rad)
MAX	152,430	113,212	170,799	0,031
Node	8	10	8	8
Case	ULS/62	13 (C)	ULS/62	ULS/62
MIN	-121,728	-119,462	-171,352	-0,026
Node	7	8	6	10
Case	13 (C)	ULS/64	ULS/62	13 (C)

	RY (Rad)	RZ (Rad)
MAX	0,035	0,035
Node	8	8
Case	ULS/62	ULS/64
MIN	-0,028	-0,005
Node	6	7
Case	13 (C)	ULS/62

forces: global extremes**- Cases: 1to13 15to30By3 16to31By3**

	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kNm)
MAX	181,61	5,60	24,33	18,15
Member	1	1	2	11
Node	1	2	8	7
Case	10 (C)	ULS/62	10 (C)	10 (C)
MIN	-74,38	-31,59	-62,52	-2,85
Member	11	11	11	1
Node	7	7	7	1
Case	10 (C)	13 (C)	10 (C)	ULS/64

	MY (kNm)	MZ (kNm)
MAX	37,00	32,96
Member	4	1
Node	5	1
Case	10 (C)	ULS/62
MIN	-35,81	-27,60
Member	1	1
Node	1	1
Case	ULS/64	13 (C)

stresses: global extremes

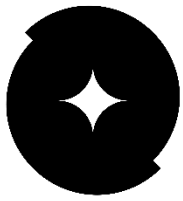
- Cases: 1to13 15to30By3 16to31By3

	S max (MPa)	S min (MPa)	S max(My) (MPa)	S max(Mz) (MPa)
MAX	19,79	0,27	9,67	16,01
Member	1	1	4	1
Node	1	2	5	1
Case	ULS/62	SLS/31	10 (C)	ULS/62
MIN	-0,01	-19,40	0,0	0,0
Member	5	1	1	1
Node	6	1	1	1
Case	4	ULS/62	3	3

	S min(My) (MPa)	S min(Mz) (MPa)	Fx/Ax (MPa)
MAX	0,0	0,0	2,24
Member	1	1	6
Node	1	1	2
Case	3	3	10 (C)
MIN	-9,67	-16,01	-1,31
Member	4	1	11
Node	5	1	7
Case	10 (C)	ULS/62	10 (C)

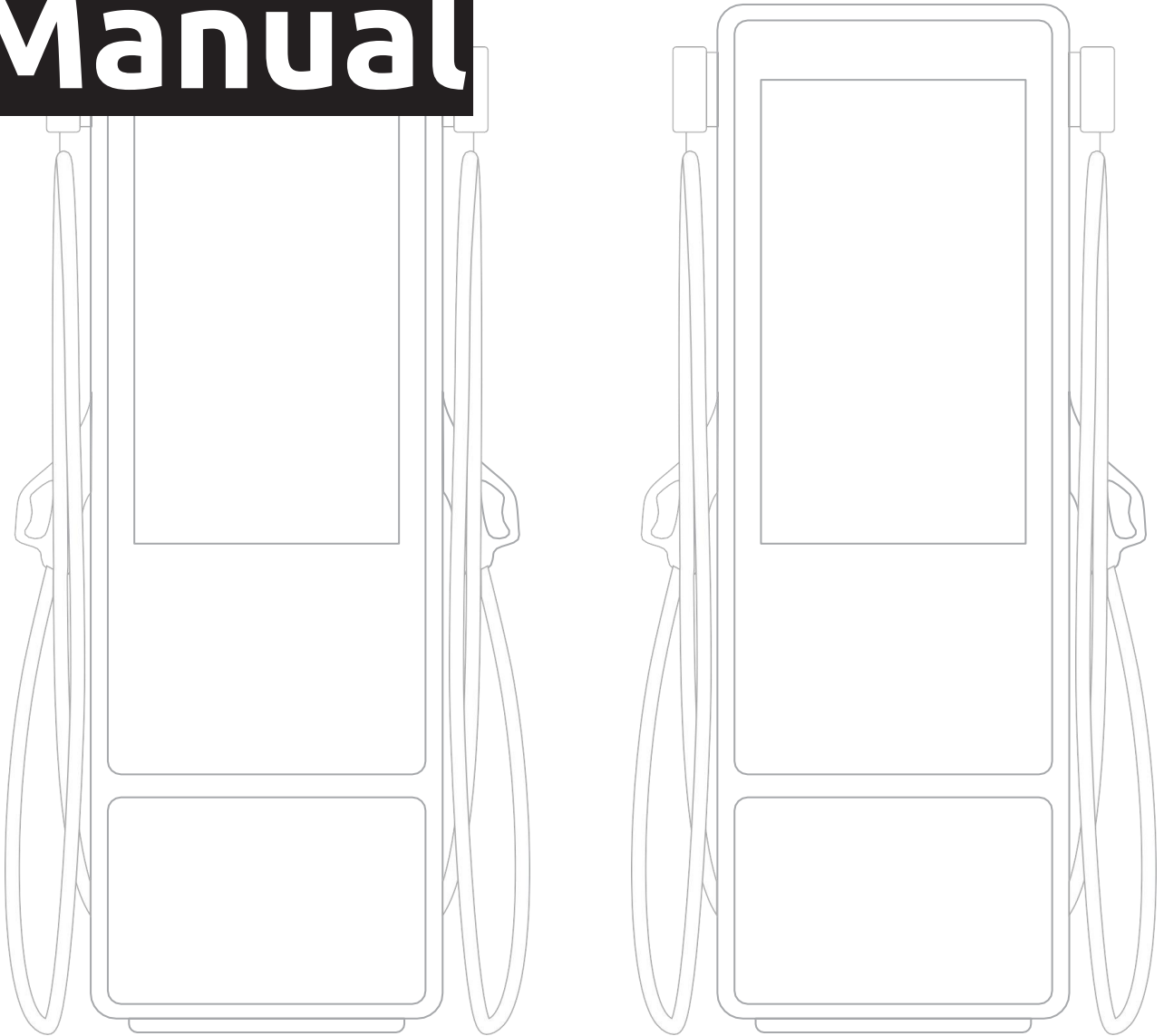
VEDLEGG 4

Installasjons manual Blueberry Cluster R2



blueberry
CLUSTER

Installation Manual



MANUFACTURER

Address

Rua de Serralves, 351 4150-707
Porto, Portugal

Phone

+351 221 150 960

E-mail

info@i-charging.pt

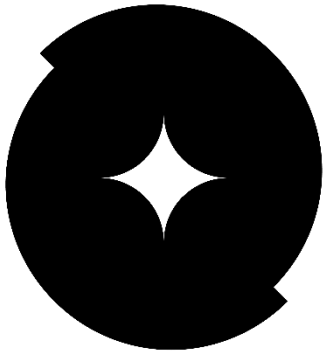
Website

www.i-charging.pt

CUSTOMER CARE

E-mail

customer.care@i-charging.pt



blueberry

CLUSTER



INDEX

1.	ABOUT THE MANUAL	7
2.	IMPORTANT SAFETY INSTRUCTIONS	8
2.1.	Safety Notices	10
3.	PRODUCT INFORMATION	11
3.1.	Electrical Properties	11
3.2.	Mechanical properties	12
3.3.	HMI properties	12
3.4.	Communications	13
3.5.	Environment properties	13
3.6.	Standards	13
3.7.	Product overview	14
3.7.1.	blueberry PLUS – User Units	14
3.7.2.	Power Unit	15
4.	HANDLING	16
5.	INSTALLATION REQUIREMENTS	18
5.1.	Site configuration	18
5.2.	Foundation	22
5.2.1.	blueberry PLUS – User Units	22
5.2.2.	Power Unit	23

5.3.	Upstream Protection	24
5.4.	Cabling and Interconnections	25
6.	INSTALLATION	29
6.1.	blueberry PLUS - User Unit I	29
6.2.	blueberry PLUS - User Unit II	33
6.3.	Power Unit	37
7.	COMMISSIONING	43
7.1.	Installation Validation	43
7.2.	Start Up	44



1. ABOUT THE MANUAL

The purpose of this manual is to provide the steps and settings required for mechanical and electrical installation of blueberry CLUSTER with two kiosks charging station.

Please make sure that this manual is carefully read and ensure that all safety notices given are followed.

All technical details, specifications and design characteristics of the product may change without prior notice. The content of this document was carefully checked, however, in case of any inaccuracy, the user is asked to report it to i-charging. This manual should be saved for future reference.



2. IMPORTANT SAFETY INSTRUCTIONS

SAVE THESE INSTRUCTIONS

This manual must be read carefully before the installation and operation of the blueberry CLUSTER with two kiosks system. Incorrect operation as a result of non-compliance with the instructions provided by this manual may lead to severe injuries or damages.

The working steps described must only be carried out by qualified personnel who, based on their knowledge and experience, can assess, and carry out all steps described in this installation manual and recognize potential hazards. The blueberry CLUSTER with two kiosks system shall be installed, connected, and approved for operation according to local codes and regulations. Under no circumstances does the compliance with the information in this manual relieve the user to comply with all applicable local codes and safety standards.

FIRE PROTECTION

To avoid fire, the following rules must be observed:

- The user must under no circumstances make any changes to the blueberry CLUSTER with two kiosks system or use it in a manner that was not designed for. Any disregard of this instruction represents a safety risk and will void the warranty with immediate effect.
- It is forbidden to use blueberry CLUSTER with two kiosks when is technically inoperative or which does not correspond to its intended use or to the conditions specified by the manufacturer or which are not subject to periodic checks.

Damages that may occur resulting from custom installations, that are not described in this document are not i-charging responsibility.

GROUNDING INSTRUCTIONS

Each cabinet of the blueberry CLUSTER with two kiosks system shall be connected to an equipment grounding conductor or a grounded, metal, and permanent wiring system.

BEFORE CHARGING

Before operating any cabinet of the blueberry CLUSTER with two kiosks system, make sure that the surrounding environment is free from hazards, that the blueberry CLUSTER with two kiosks does not have any error message on the display and that the charging cable(s) are not damaged.

SAFE CHARGING SESSION

Perform the charging process as described in the User Manual. Once the process is completed, the plug must be placed in the correspondent holder.

IN CASE OF FIRE

In case of an emergency, the main switch of the switchboard power supply shall be turned off.

In case of fire, the main switch of the switchboard power supply shall also be turned off and the source of the flame must be eliminated with a class C fire extinguisher. All components of blueberry CLUSTER with two kiosks system are self-extinguishable which means that in case of fire, once the source of the flame has been removed, it will cease burning.

END OF LIFE DISPOSAL

Do not dispose blueberry CLUSTER with two kiosks at public landfill sites. According to the European directive 2012/19/EU (WEEE2) on waste electrical and electronic equipment, the device is excluded from the scope of application, being classified as a large-scale stationary industrial tool. Act in accordance with the local waste utilization regulations. The equipment should be dismantled by specialized companies.

2.1. Safety Notices

Special warnings and safety measures may appear throughout this document or on the equipment to warn of potential hazards or to call attention.

The symbols carry the following meanings:



RISK OF ELECTRIC SHOCK!

Procedures marked with this symbol must not be carried out under any circumstances before following the “DANGER” instructions.

Actions contrary to these safety notices may lead to severe injury and death.



WARNING!

Procedures marked with this symbol should be carried out with special care. Hazards that may lead to personal injuries.



CAUTION!

Procedures marked with this symbol must be carried out with special care. Hazards that may lead to damage in the equipment itself or to other electric devices.



PLEASE NOTE!

Sections marked with this symbol are intended to draw attention to important information that is necessary for the reliable operation of the blueberry charging station.

3. PRODUCT INFORMATION

The blueberry CLUSTER with two kiosks charging station represents the current state of technology and complies with all current technical safety requirements to power plug-in electric vehicles (PHEV) and battery electric vehicles (BEV) today. It is designed for fast or ultra-fast charging in both public and private locations, indoor or outdoor, such as retail and commercial parking spaces, fleet charging stations, highway rest areas and workplace. blueberry CLUSTER with two kiosks allows sequential and simultaneous charging, through dynamic power allocation to each output. The system has up to 4 outputs and Power Units of 200kW or 300kW. The two Power Unit models can be combined up to a maximum of 600kW. Due to its modularity, it is possible to add 50kW power modules at any time, up to a maximum of 600kW.

All values below @25 °C (77 °F) except where indicated.

3.1. Electrical Properties

	INPUT	
	CE	North America
Input Voltage [V a.c.]	3x 340 - 530 +PE	3x 340 - 530 +PE
Nominal Input Current @ Pnominal [A]	$N_{pm} * 76 @ 400V$	$N_{pm} * 63 @ 480V$
Input Power [kVA]	$N_{pm} * 53$	$N_{pm} * 53$
Input Frequency [Hz]	45 - 66	45 - 66
Efficiency [%]	95	95
Power Factor	0.99	0.99
THDi [%]	< 4	< 4
		OUTPUT
Voltage Range [V d.c.]	150 to 1000	150 to 1000
Max. Current [A d.c.]	250, 300 ¹	300 ¹
Max. Power [kW]	$N * 50$	$N * 50$
		GENERAL
Rated Diversity Factor	1	1
Pollution Degree	3	3
Installation systems	TT and TN-S	TT

* N_{pm} – number of power modules – up to twelve
¹300A continuous with a peak performance of 500A

3.2. Mechanical properties

Dimensions [H x D x W]	Power Unit [200kW]:	1600x605x1500 mm	62.99x23.82x59.06in
	Power Unit [300kW]:	2000x605x1500mm	78.74x23.82x59.06in
	blueberry PLUS - User Units:	2032x405x690 mm	80x15.94x27.16 in
Weight	Power Unit [200kW]:	Up to 700 Kg	up to 1543 lbs
	Power Unit [300kW]:	Up to 1050 Kg	up to 2314.85 lbs
	blueberry PLUS - User Units:	271 Kg	575.41 lbs
Dimensions of package [H x D x W]	Power Unit [200kW]:	1850x850x1650mm	72.83x33.46x64.96in
	Power Unit [300kW]:	2220x850x1650mm	87.40x33.46x64.96in
	blueberry PLUS - User Units:	2220x840x1240mm	87.40x33.07x48.82in
Weight including package	Power Unit [200kW]:	up to 710Kg	up to 1565 lbs
	Power Unit [300kW]:	up to 1065 Kg	up to 2347.9 lbs
	blueberry PLUS - User Units:	315 Kg	694.46 lbs
Impact protection	IK10		
Housing	Steel		
Corrosion protection	C5 according to ISO12944:2018		

3.3. HMI properties

Contactless card specification	ISO/IEC 14443A/B, ISO/IEC 15393, Mifare, NFC reader mode; Optional: Credit card reader, GooglePay and ApplePay
Local Interface	Touch screen 32"/ Mobile App


3.4. Communications

Communication protocol	OCPP1.6 / 2.0
Network Connection	2G/3G/4G (LTE) Modem; 10/100 Base-T Ethernet ; Wi-Fi

3.5. Environment properties

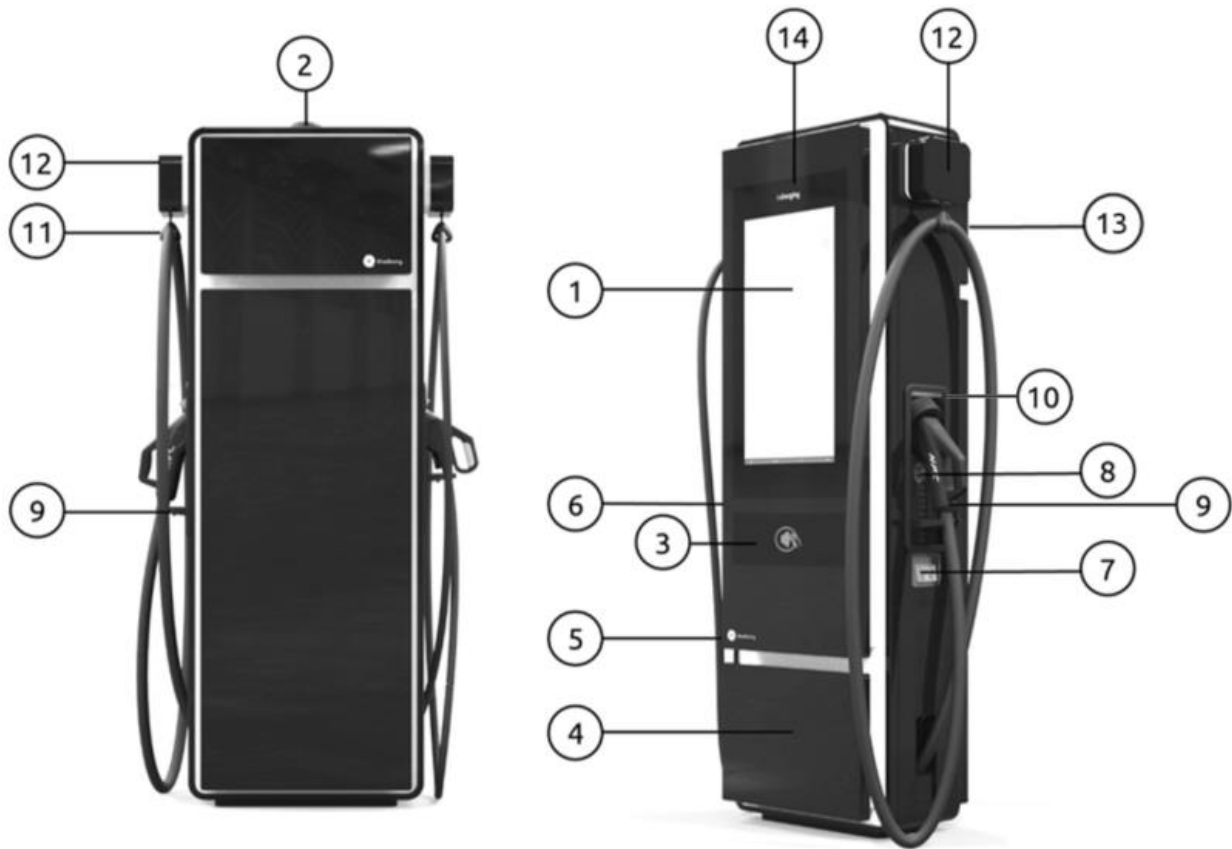
Operating Temperature	-35 °C; +50 °C -31°F; 122°F
Maximum Elevation	2000 m 6561 feet
Protection Degree	IP54/ "Rainproof"
Humidity [%]	5 to 95, non-condensing
Operating Noise Level [dBA]	<53 - blueberry PLUS - User Unit <65 - Power Unit

3.6. Standards

DC Charging	EN IEC 61851-1/ EN61851-23 / IEC61851-21-2/ CHAdeMO DIN70121/ ISO15118 including Plug&Charge  OS UL 2231-1/ UL 2231-2/ UL 2202 (under certification)
Connection	CCS2 (IEC 62196-3) / JEVS (G105) SAE J1772
EMC emission	IEC 61000-6-4
EMC Immunity	IEC 61000-6-2
Usability	ADA

3.7. Product overview

3.7.1. blueberry PLUS – User Units



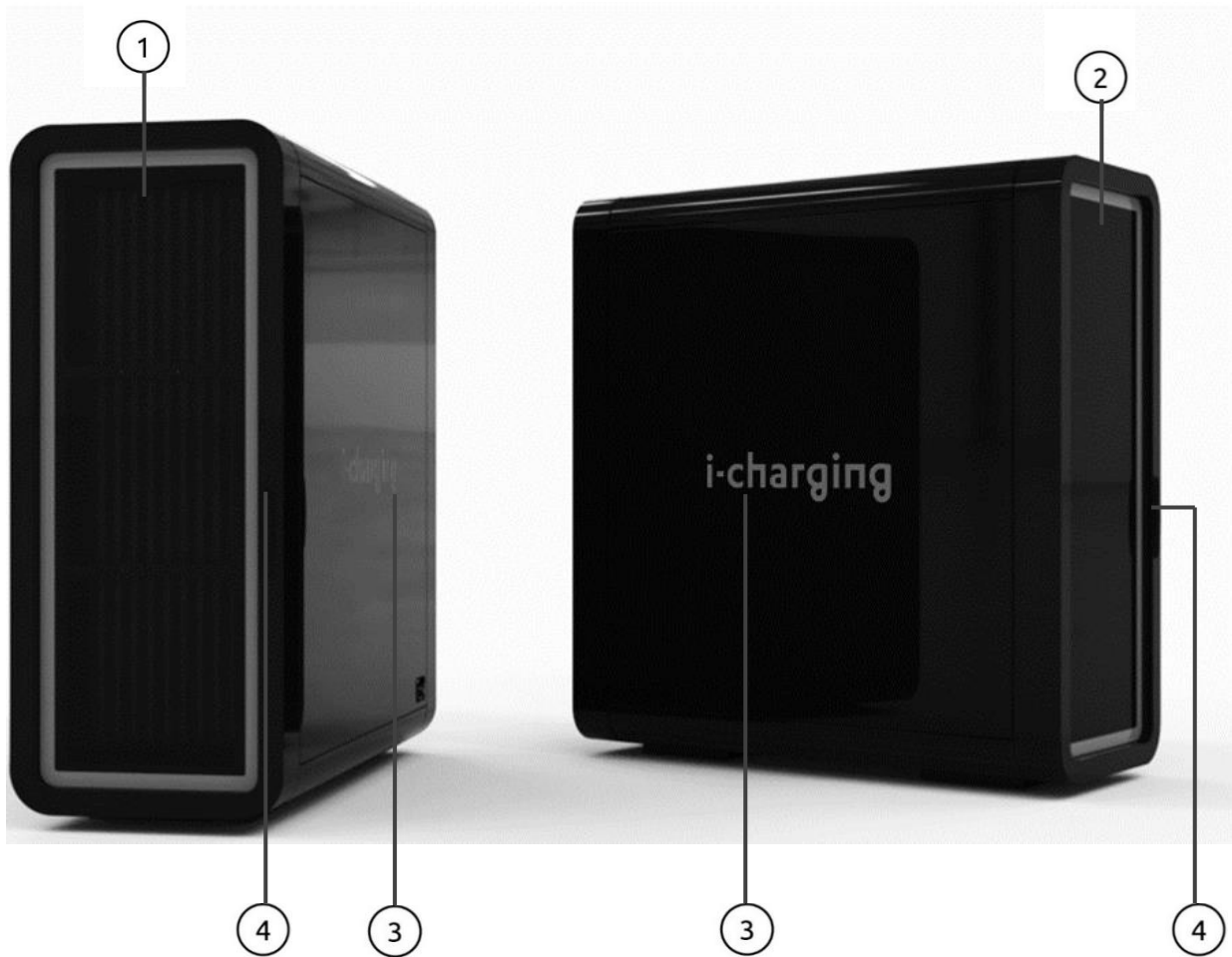
- | | | | |
|---|---------------------------------------|---|-------------------------|
| ① | Touch screen display | ⑧ | Fast stop button |
| ② | External antenna | ⑨ | Connector support |
| ③ | Authentication Payment system | ⑩ | Status led |
| ④ | Air inlet area | ⑪ | Cable clamp |
| ⑤ | blueberry logo | ⑫ | Cable management system |
| ⑥ | Locking system (DIN 18252) (optional) | ⑬ | Air outlet area |
| ⑦ | Energy meter (optional) | ⑭ | i-charging logo |



PLEASE NOTE!

The **blueberry CLUSTER** with two kiosks charging station can have up to two **blueberry PLUS – User unit** and up to 4 outputs.

3.7.2. Power Unit



1 Air inlet area

2 Air outlet area

3 i-charging logo

4 Locking system (DIN 18252)
(optional)



PLEASE NOTE!

The blueberry CLUSTER with two kiosks charging station can have up to three power units of 200kW or two power units of 300kW.

It can also have a mix of power units of 200kW and power units of 300kW, but the maximum power cannot exceed 600kW.

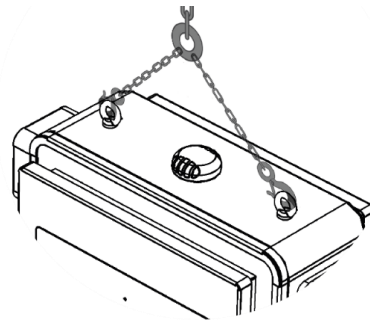
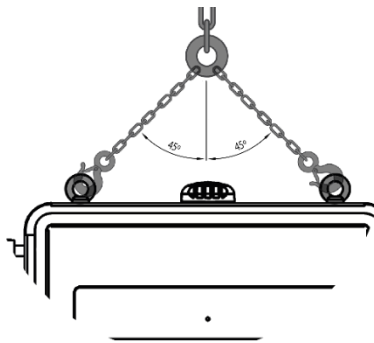
4. HANDLING

The blueberry CLUSTER with two kiosks charging station is delivered in a package with the following dimensions [H x D x W] and weight:

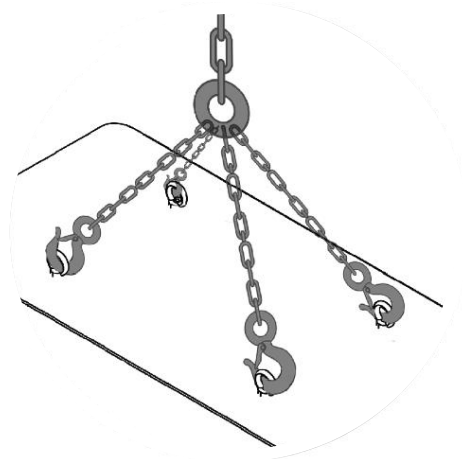
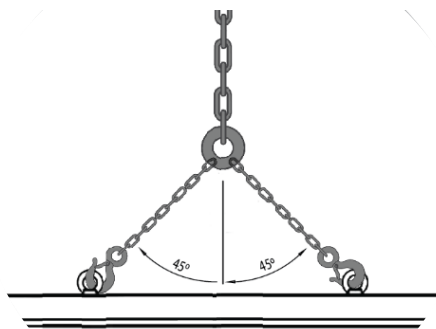
- blueberry PLUS – User Units: 2220mm x 840mm x 1240mm – 315 Kg
(87.40in x 33.07in x 48.82in – 694.46 lbs)
- Power Unit [200kW]: 1850mm x 850mm x 1650mm – up to 710 Kg
(84.64in x 63.78in x 35.83 in – up to 2017 lbs)
- Power Unit [300kW]: 2220mm x 850mm x 1650mm – up to 1065 Kg
(87.40x33.46x64.96in – up to 2347.9 lbs)

blueberry CLUSTER with two kiosks can only be transported vertically, using a forklift, pallet jacket, or using a crane and the eyebolts in the top of the equipment. In this case, the angle must be 45° for the weight to be evenly distributed between the eyebolts.

blueberry PLUS – User Units



Power Unit



**WARNING!**

Be careful when moving the equipment. Due to its heavy weight, incorrect transportation may lead to personal injuries or can damage the equipment itself.

i-charging strongly recommends unpacking the blueberry CLUSTER with two kiosks charging station only in the installation site and as close as possible to the commissioning date.

Before unpacking, it is important to check that there is no damage in the package, and after it, it is critical to verify that the equipment is in good condition and unharmed.

Once the blueberry CLUSTER with two kiosks is already placed in the installation site, the eyebolts must be replaced with stop ends, supplied by i-charging.

**PLEASE NOTE!**

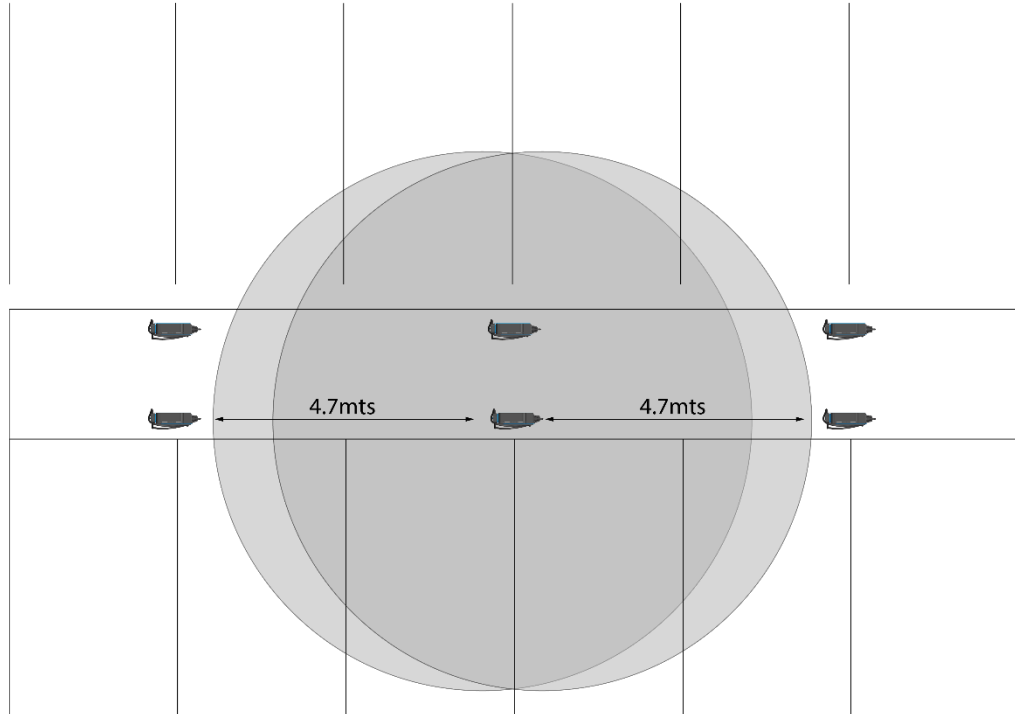
If any problem has been identified in the equipment, please, make a formal complaint to the carrier and notify customer care.

5. INSTALLATION REQUIREMENTS

5.1. Site configuration

The blueberry CLUSTER with two kiosks charging station is a fixed stationary equipment and it is intended to be used both indoor and outdoor. For the placement of the charger there are several factors, such as the configuration of the parking areas, vehicles to charge and the reach of the charging cables, that can influence the suitability of the site.

The blueberry CLUSTER with two kiosks charging station is equipped with a cable management system for the DC cable that prevents it from touching the floor. With this system, the total cable reach of the charger is 4.7m (185 in). The charger should be positioned considering the parking spots and the cable reach.



WARNING!

The installation of blueberry CLUSTER with two kiosks shall not be made in a commercial garage (repair facility) or closer than 6,1m (20 feet) of an outdoor motor fuel dispensing device.



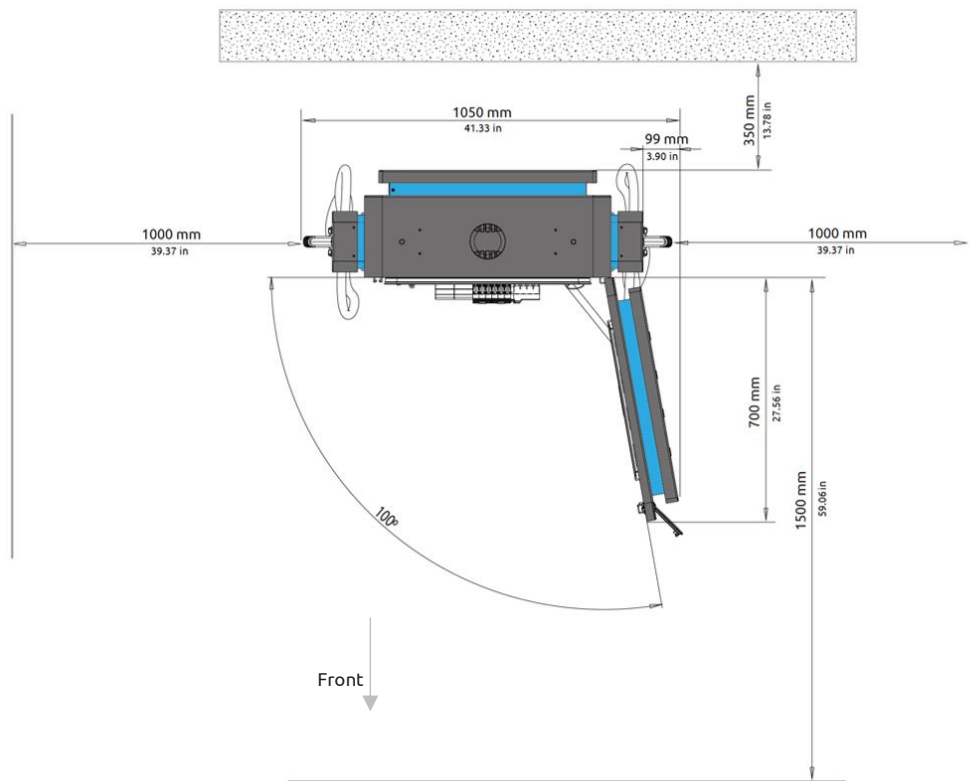
PLEASE NOTE!

To ensure the access for maintenance and free air circulation in the ventilation system, a clearance around the blueberry CLUSTER with two kiosks charging station must be kept.

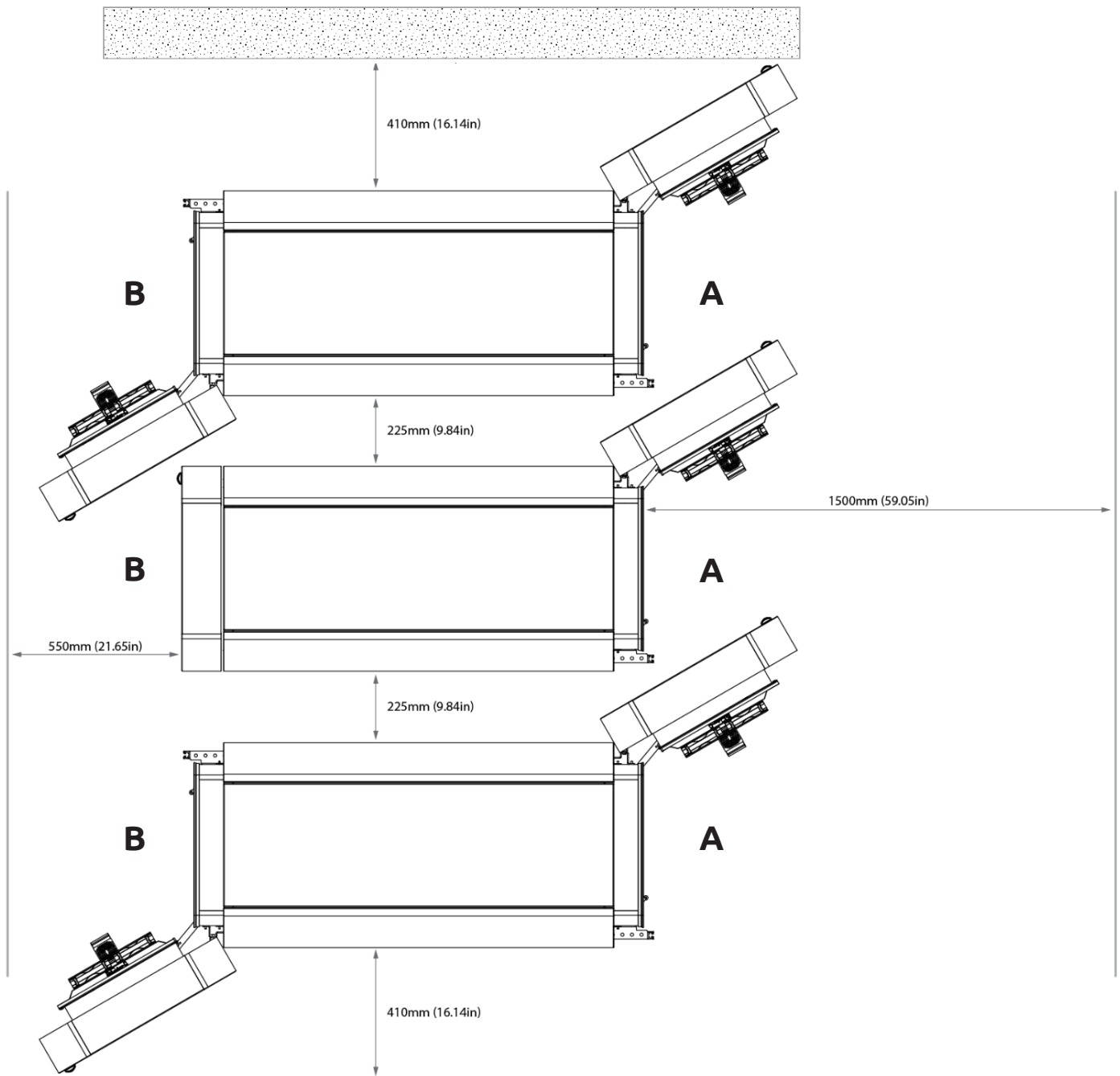
The blueberry CLUSTER with two kiosks charging station has a service door in the front, and it also has an air inlet in the front and an air outlet in the rear. Do not install any objects near the inlets and outlets and, if necessary, take precautions to prevent snow blocking them.

Please make sure that the distances presented below are satisfied and that there are no road barriers that prevent the door from opening.

blueberry PLUS – User Units



Power Unit



PLEASE NOTE!

A and B side are identified on chapter 5.2.2.

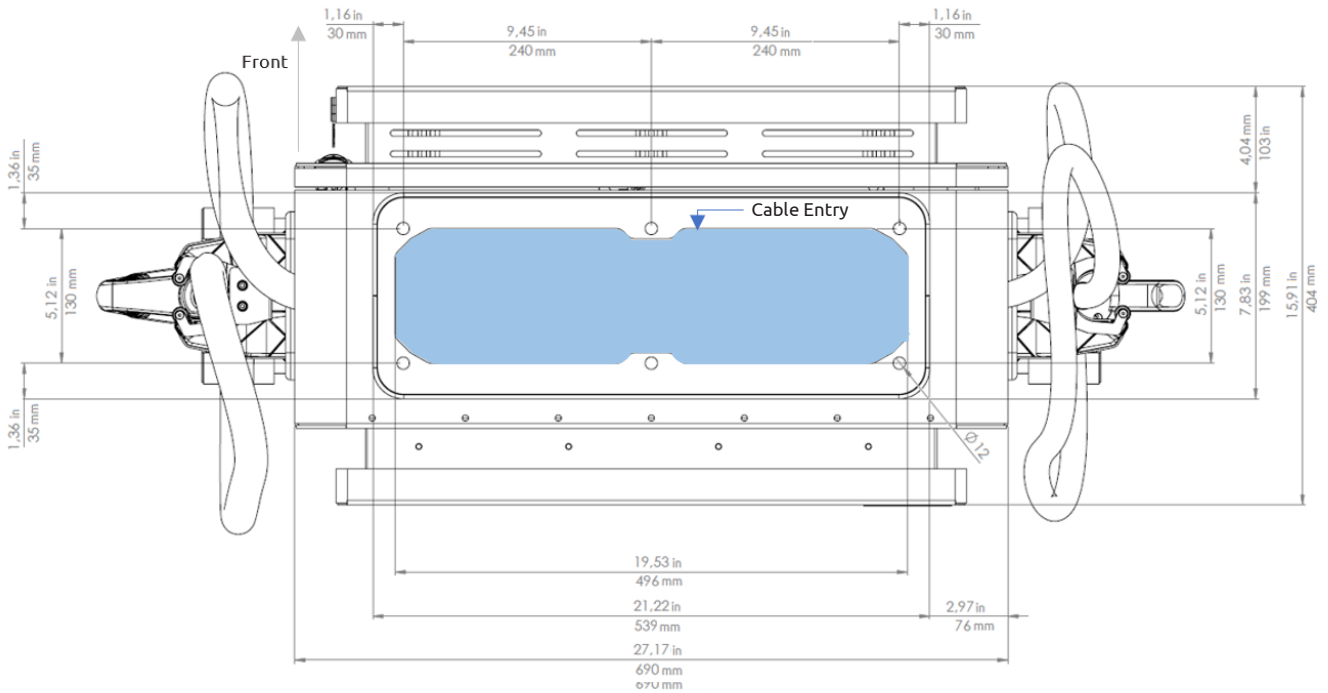
For harsh environments, i-charging strongly recommends installing the blueberry CLUSTER with two kiosks charging station under a shelter. It will ensure the performance and longevity of the equipment and it will provide a comfortable environment for users during periods of high and low temperatures, rain, snow and heavy dust.



5.2. Foundation

The blueberry CLUSTER with two kiosks charging station shall be mounted in a solid ground, concrete foundation/floor. The foundation shall be dimensioned according to the drill layout and local standards. The drilling layout is presented below.

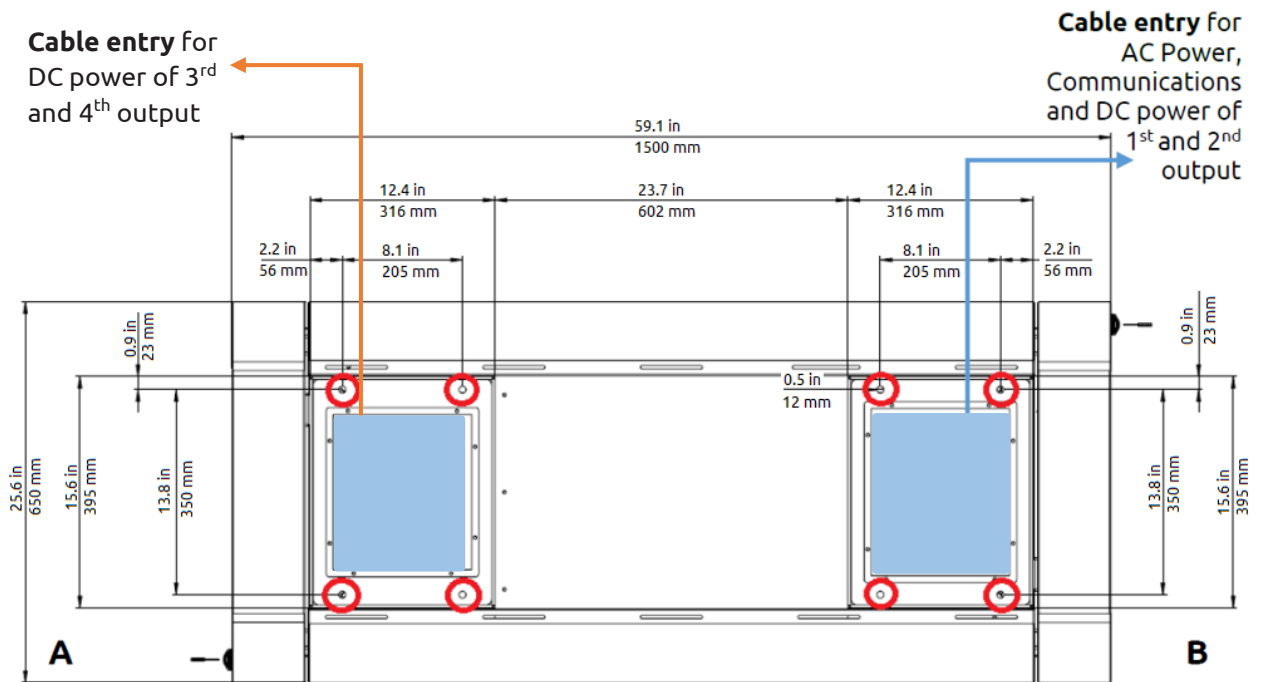
5.2.1. blueberry PLUS – User Units



To fix the blueberry PLUS - User Unit, 6 x M8 chemical anchors shall be applied in the concrete foundation, with a maximum outside length of 25mm (0.98in). Please be aware that the cable shall be routed through the area positioned in the center of the equipment base.

To route the cable through the equipment cable glands, i-charging recommends a ground mounting base with the dimensions of the blue area 100mm x 450mm (3.94in x 17.72in) and 400mm (15.75in) deep.

5.2.2. Power Unit

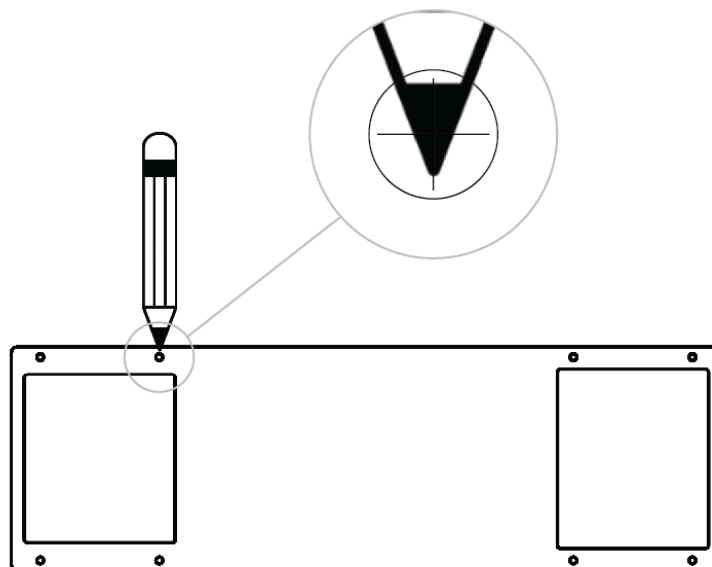


To fix the Power Unit, 8 x M12 chemical anchors shall be applied in the concrete foundation, with a maximum length of 25mm (0.98in).



PLEASE NOTE!

i-charging can supply a metal drilling layout template to assist on making the holes in the right position. Please contact our commercial department for more information on this drilling template.



5.3. Upstream Protection



CAUTION!

The blueberry CLUSTER with two kiosks charging station protection devices outside the charger are to be done according to the local regulations and codes.

Power Unit

i-charging recommends an upstream short circuit protective device for each power unit according to the following table:

CE		North America	
Power	Short circuit protective device	Power	Short circuit protective device
50kW	125A 3P C curve, >16kA	50kW	125A 3P C curve, >16kA
100kW	250A 3P C curve, >16kA	100kW	200A 3P C curve, >16kA
150kW	320A 3P C curve, >16kA	150kW	300A 3P C curve, >16kA
200kW	400A 3P C curve, >16kA	200kW	400A 3P C curve, >16kA
250kW	>500A 3P C curve, >16kA	250kW	>500A 3P C curve, >16kA
300kW	>600A 3P C curve, >16kA	300kW	>600A 3P C curve, >16kA

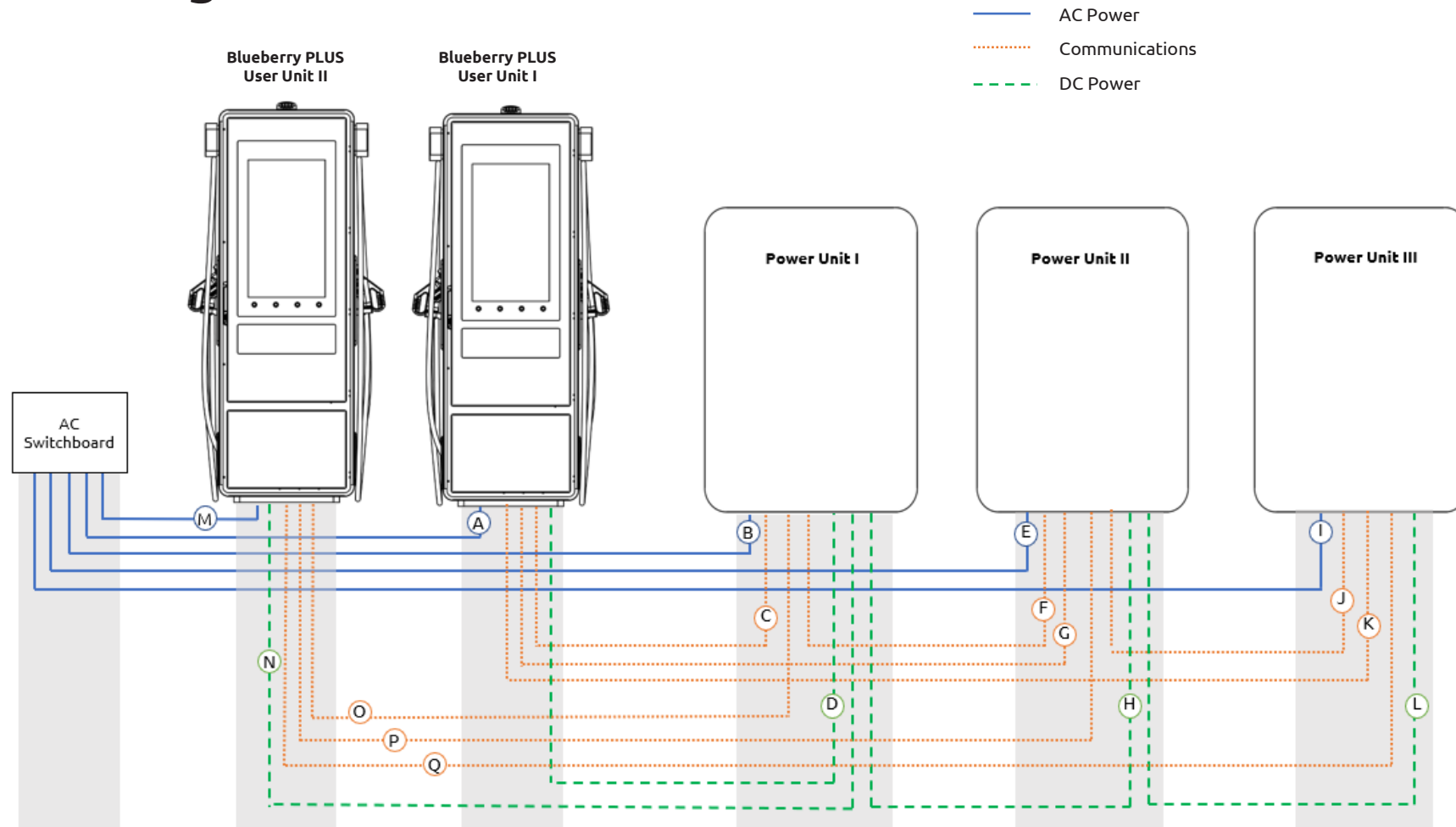
i-charging also recommends using a residual current device of 300mA Type A.

blueberry PLUS – User Units

i-charging recommends an upstream installation of a short circuit protective device of 10A 3P C curve, 10kA rated short-circuit breaking capacity.

i-charging also recommends using a residual current device of 30mA Type A.

5.4. Cabling and Interconnections



PLEASE NOTE!

blueberry CLUSTER with two kiosks can only have up to four outputs.

blueberry CLUSTER with two kiosks can have up to three power units of 200kW or two power units of 300kW.

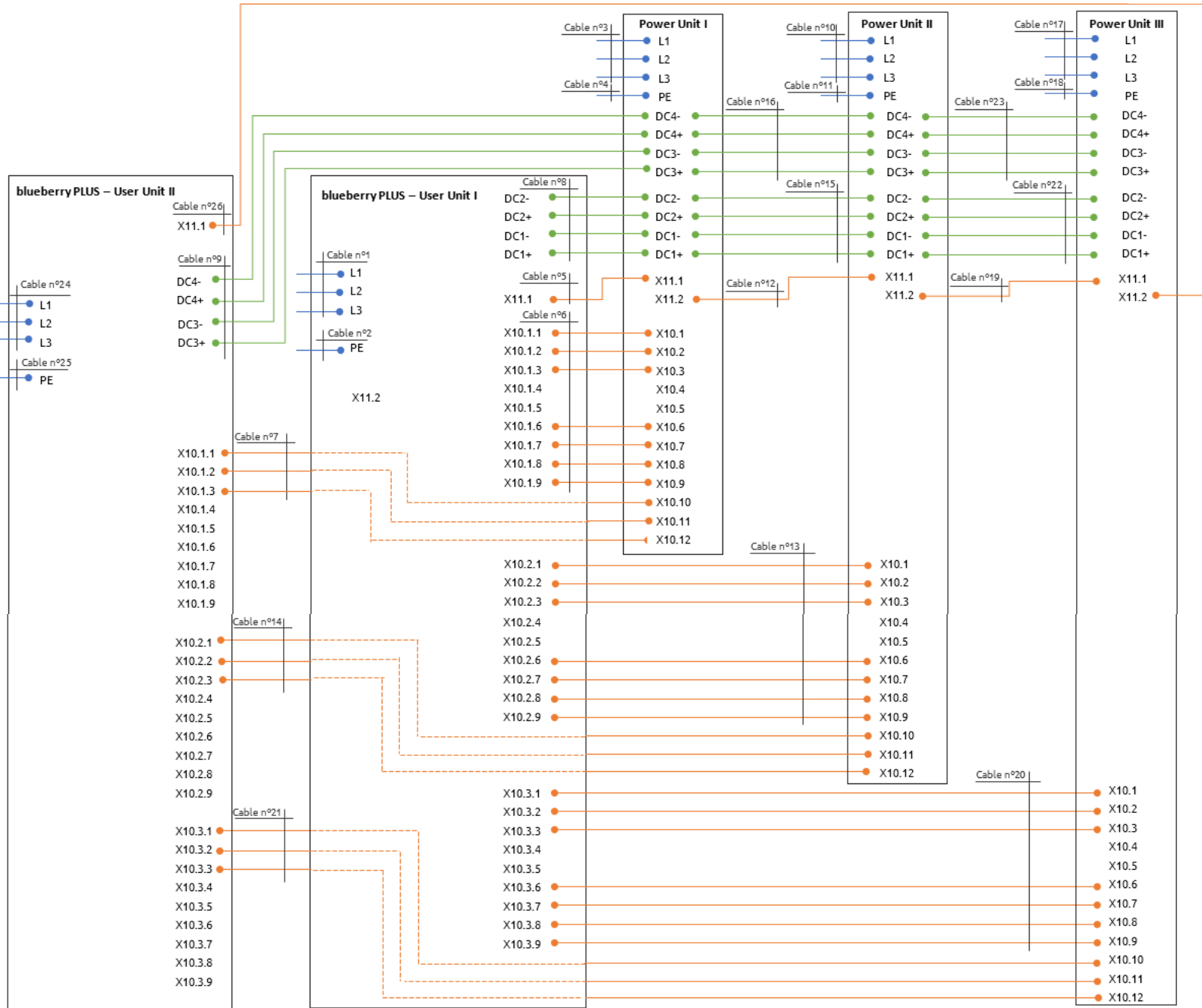
It can also have a mix of power units of 200kW and power units of 300kW, but the maximum power cannot exceed 600kW.

Caption:

- AC Power + PE
- Communication
- DC Power

AC Switchboard

Please Note: Every physical unit must have L1, L2 and L3 connected to an AC Switchboard



For installations no longer than 50m (164 feet), considering the maximum output power (600kW) and four 300A outputs, i-charging recommends:

Pipe	Cables	Source	Destination	
1 st Power Unit	A: AC Supply (electronics)	n°1: 1x 3phase cable (copper) 2,5 mm ² (14AWG)	AC switchboard L1 ○ ———○ S1.L1 L2 ○ ———○ S1.L2 L3 ○ ———○ S1.L3	
		n°2: 1x earth cable (copper) 50 mm ² (1 AWG)	AC switchboard PE ○ ———○ PE	
	B: AC Supply Power Unit I (Power)	n°3: 3 x conductor (copper) If Power Unit 200kW: 150 mm ² (300 MCM) If Power Unit 300kW: 240 mm ² (500 MCM)	AC switchboard L1 ○ ———○ S1.L1 L2 ○ ———○ S1.L2 L3 ○ ———○ S1.L3	
		n°4: 1x earth cable (copper) 95 mm ² (3/0 AWG)	AC switchboard PE ○ ———○ PE	
	C: Communications	n°5: 1x Ethernet cable CAT6 FTP / STP	Power Unit I X11 ○ ———○ X11.1	
		n°6: 1x shielded cable (copper) 7x 1,5 mm ² (16 AWG)	Power Unit I X10.1 ○ ———○ X10.1.1 X10.2 ○ ———○ X10.1.2 X10.3 ○ ———○ X10.1.3 X10.6 ○ ———○ X10.1.6 X10.7 ○ ———○ X10.1.7 X10.8 ○ ———○ X10.1.8 X10.9 ○ ———○ X10.1.9	
	n°7: 1x shielded cable (copper) 2x 1,5 mm ² (16 AWG)		Power Unit I X10.10 ○ ———○ X10.1.1 X10.11 ○ ———○ X10.1.2 X10.12 ○ ———○ X10.1.3	
	D: DC Power 1 st and 2 nd Output	n°8: 4x conductor (copper) 150 mm ² (300 MCM) 1000V	Power Unit I DC1+ ○ ———○ DC1+ DC1- ○ ———○ DC1- DC2+ ○ ———○ DC2+ DC2- ○ ———○ DC2-	
	N: DC Power 1 st and 2 nd Output	n°9: 4x conductor (copper) 150 mm ² (300 MCM) 1000V	Power Unit I DC3+ ○ ———○ DC1+ DC3- ○ ———○ DC1- DC4+ ○ ———○ DC2+ DC4- ○ ———○ DC2-	
	2 nd Power Unit	E: AC Supply Power Unit II (Power)	n°10: 3 x conductor (copper) If Power Unit 200kW: 150 mm ² (300 MCM) If Power Unit 300kW: 240 mm ² (500 MCM)	AC switchboard L1 ○ ———○ S1.L1 L2 ○ ———○ S1.L2 L3 ○ ———○ S1.L3
			n°11: 1x earth cable (copper) 95 mm ² (3/0 AWG)	AC switchboard PE ○ ———○ PE
		F: Communications	n°12: 1x Ethernet cable CAT6 FTP / STP	Power Unit I X11 ○ ———○ X11
		G: Communications	n°13: 1x shielded cable (copper) 7x 1,5 mm ² (16 AWG)	Power Unit II X10.1 ○ ———○ X10.2.1 X10.2 ○ ———○ X10.2.2 X10.3 ○ ———○ X10.2.3 X10.6 ○ ———○ X10.2.6 X10.7 ○ ———○ X10.2.7 X10.8 ○ ———○ X10.2.8 X10.9 ○ ———○ X10.2.9
				Power Unit II X10.10 ○ ———○ X10.2.1 X10.11 ○ ———○ X10.2.2 X10.12 ○ ———○ X10.2.3
		P: Communications	n°14: 1x shielded cable (copper) 2x 1,5 mm ² (16 AWG)	Power Unit II X10.10 ○ ———○ X10.2.1 X10.11 ○ ———○ X10.2.2 X10.12 ○ ———○ X10.2.3
		H: DC Power 1 st and 2 nd Output	n°15: 4x conductor (copper) 150 mm ² (300 MCM) 1000V	Power Unit II DC1+ ○ ———○ DC1+ DC1- ○ ———○ DC1- DC2+ ○ ———○ DC2+ DC2- ○ ———○ DC2-
H: DC Power 3 rd and 4 th Output		n°16: 4x conductor (copper) 150 mm ² (300 MCM) 1000V	Power Unit II DC3+ ○ ———○ DC3+ DC3- ○ ———○ DC3- DC4+ ○ ———○ DC4+ DC4- ○ ———○ DC4-	

Pipe	Cables	Source	Destination		
3 rd Power Unit	I: AC Supply Power Unit III (Power)	n°17: 3 x conductor (copper) If Power Unit 200kW: 150 mm ² (300 MCM) If Power Unit 300kW: 240 mm ² (500 MCM)	AC switchboard	Power Unit III	
			L1	S1L1	
			L2	S1L2	
	J: Communications	n°18: 1x earth cable (copper) 95 mm ² (3/0 AWG)	AC switchboard	Power Unit III	
			PE	PE	
	K: Communications	n°19: 1x Ethernet cable CAT6 FTP / STP	Power Unit II	Power Unit III	
			X11	X11	
			Power Unit III	blueberry PLUS - User Unit I	
				X10.1	X10.3.1
				X10.2	X10.3.2
X10.3				X10.3.3	
X10.6				X10.3.6	
X10.7				X10.3.7	
X10.8				X10.3.8	
X10.9				X10.3.9	
Q: Communications	n°21: 1x shielded cable (copper) 2x 1,5 mm ² (16 AWG)	Power Unit III		blueberry PLUS - User Unit II	
		X10.10	X10.3.1		
		X10.11	X10.3.2		
L: DC Power 1 st and 2 nd Output	n°22: 4x conductor (copper) 150 mm ² (300 MCM) 1000V	Power Unit III	Power Unit II		
		DC1+	DC1+		
		DC1-	DC1-		
		DC2+	DC2+		
L: DC Power 3 rd and 4 th Output	n°23: 4x conductor (copper) 150 mm ² (300 MCM) 1000V	Power Unit III	Power Unit II		
		DC3+	DC3+		
		DC3-	DC3-		
		DC4+	DC4+		
M: AC Supply Power Unit III (Power)	n°24: 1x 3phase cable (copper) 2,5 mm ² (14AWG)	AC switchboard	blueberry PLUS - User Unit II		
		L1	S1L1		
		L2	S1L2		
O/P/Q: Communications	n°25: 1x earth cable (copper) 50 mm ² (1 AWG)	AC switchboard	blueberry PLUS - User Unit II		
		PE	PE		
blueberry PLUS - User Unit II	n°26: 1x Ethernet cable CAT6 FTP / STP	Last Power Unit	blueberry PLUS - User Unit II		
		X11.2	X11.1		

For both cabling configurations, if the equipment has outputs with currents below 300A and it is not relevant for the customer a future proof installation, then consult the table below with the minimum cross section per output:

ID configuration	Output current	Minimum cross section per output Positive + Negative
1	125A	50mm ² (1/0 AWG) + 50mm ² (1/0 AWG)
2	250A	70mm ² (4/0 AWG) + 70mm ² (4/0 AWG)
3	300A up to 500A Future proof solution	150mm ² (300 MCM) + 150 mm ² (300 MCM)

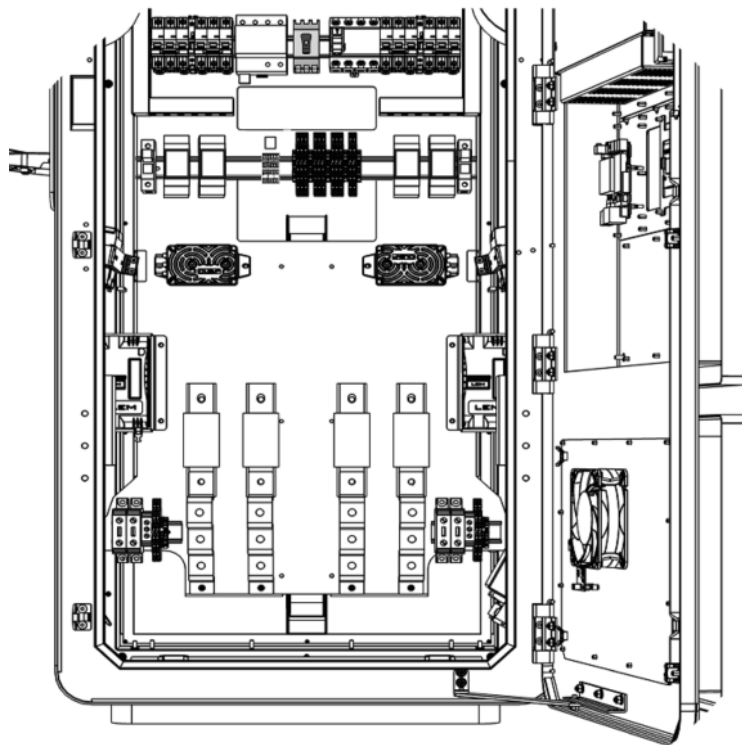


PLEASE NOTE!

The cable needs above are per output. Depending on the cable characteristics, the nominal current may differ for the same cross section. **Please make sure that the chosen cable complies with the output current specified on the table above.**

6. INSTALLATION

6.1. blueberry PLUS - User Unit I



TOOLS:

- Ratchet Wrench size 8 and 13
- Wire stripper pliers
- Crimping pliers
- Screwdriver

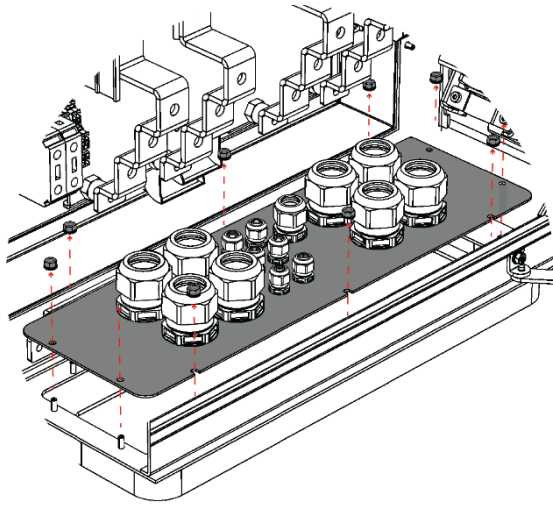
FASTENERS:

- 6 x M8 Hexagon Nuts
- 11 x M8 Washers
- 5 x M8 x 20 screw
- 7 x Insulated single end terminals, 1,5 mm² (16 AWG)
1,5 mm² (16 AWG) for User Unit II
- 3 x Insulated single end terminals, 2,5 mm² (14 AWG)
- 1 x M8 Ring terminal, 50mm² (1/0 AWG)
- 4 x M8 Ring Terminal, 150mm² (300 MCM)
or according to DC cables cross section

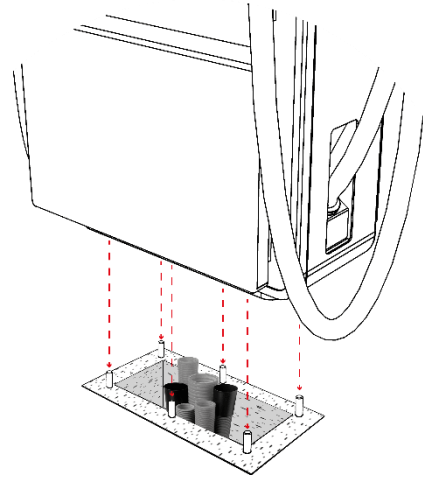


DANGER!

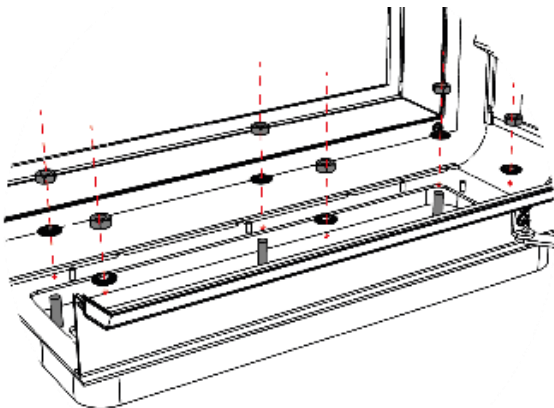
Make sure that the main switch of the Switchboard power supply that feeds the blueberry charger product is set to the off position.



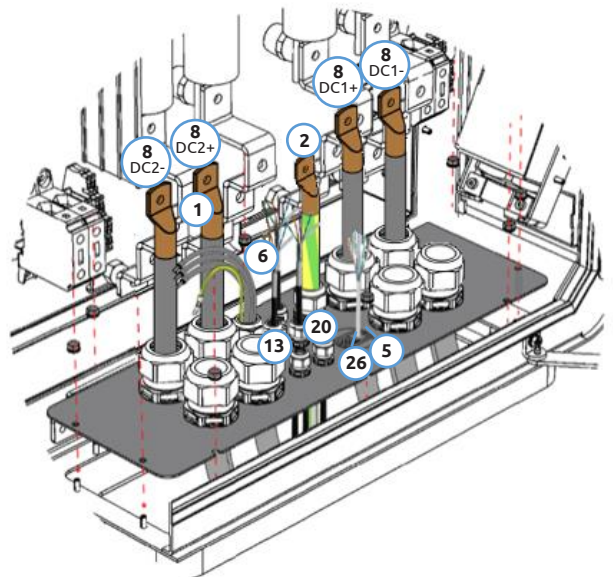
Step 1 – Remove the bottom plate from the blueberry PLUS - User Unit I. It is necessary to untight 10x M5 hexagon nuts with a ratchet wrench size 8. Save the fasteners for tightening the DC cable glands plate again after STEP 9.



Step 2 – Place the blueberry PLUS - User Unit I on the ground floor, matching the bottom holes with the chemical anchors.



Step 3 – Place the matching washers and tight the hexagonal nuts to fix the blueberry to the ground. Use a ratchet wrench size 13.

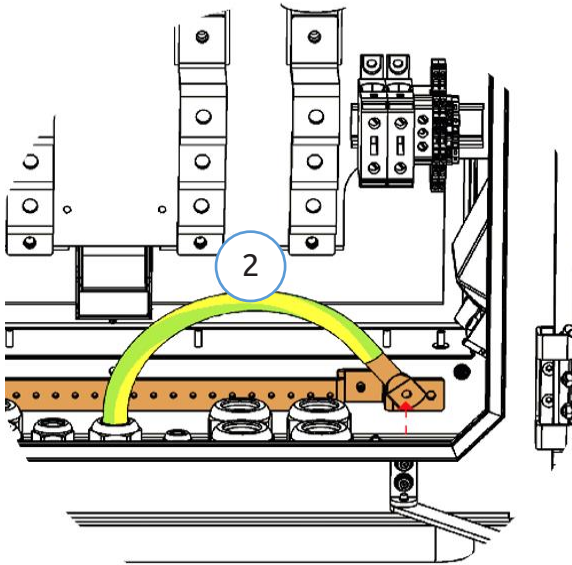


Step 4 – Route the cables through the cable glands and make sure that the cable number is the correct one (Refer to **Chapter 5.4** for interconnections).

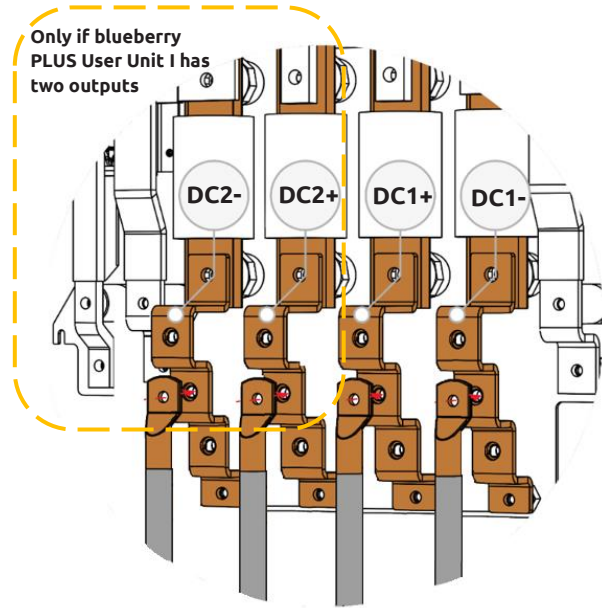


DANGER!

Make sure that the main switch of the Switchboard power supply that feeds the blueberry charger product is set to the off position.

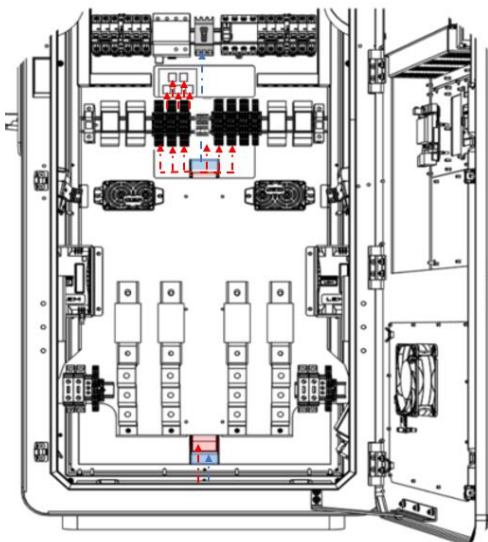


Step 5 - Connect the earth cable (cable n°2) to the busbar placed in the bottom of blueberry PLUS – User Unit I, as shown in the image. For that, it is necessary to **crimp an M8 ring terminal** on the cable and then to **tight it with an M8 x 20 screw** on the busbar, with a **tightening torque of 28 N.m**.

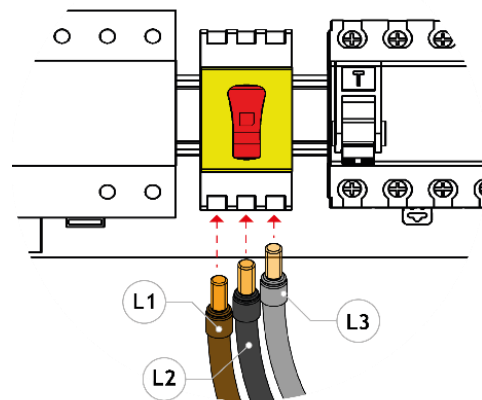


Step 6 - Connect the DC power conductors to the busbars placed in the bottom of blueberry PLUS – User Unit I, as shown in the image.

For that, it is necessary to **crimp an M8 ring terminal** on the cables and then to **tight it with a M8 x 20 screw** with its matching washer, applying a **tightening torque of 28 N.m**.



Step 7 – Guide communications from Power Unit(s) (cables n°5, 6, 13, 20) **and from blueberry PLUS – User Unit II** (cable n°26), through the **conduit marked in red** and **cable n°1** through the **conduit marked in blue**, both placed behind the plate. Refer to **Chapter 5.4** for details on the **cabling numbers**.

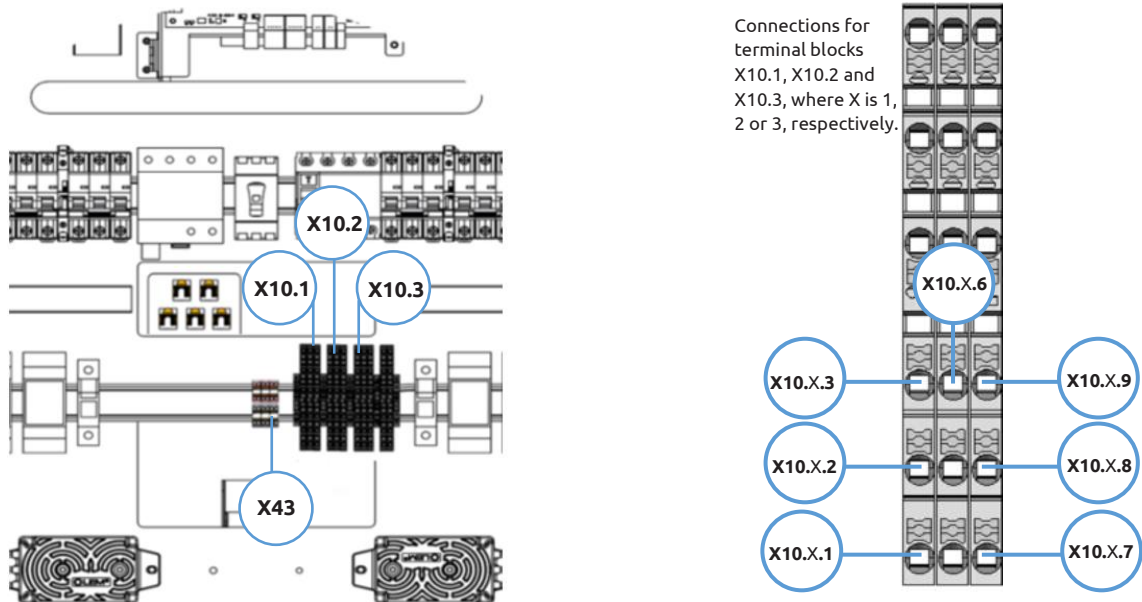


Step 8 - Connect the AC power conductors to the **switch disconnector (S1)**. For that, it is necessary to **crimp an insulated single end terminal** on each cable. Connect the conductors with a **tightening torque between 1.8 N.m and 2 N.m**.

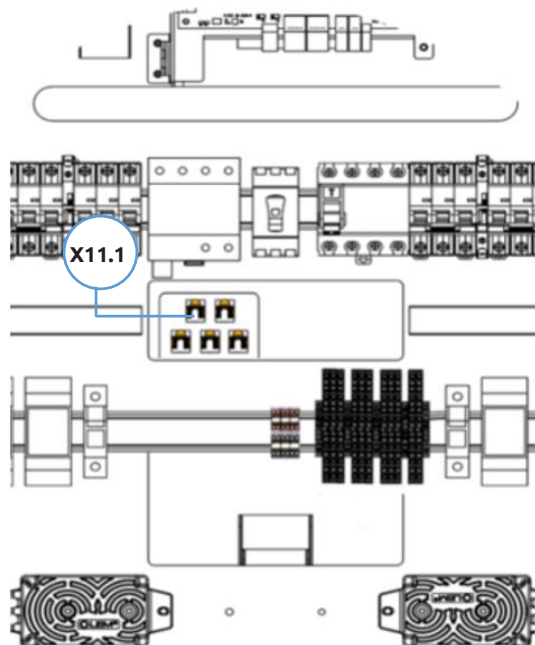


DANGER!

Make sure that the main switch of the Switchboard power supply that feeds the blueberry charger product is set to the off position.



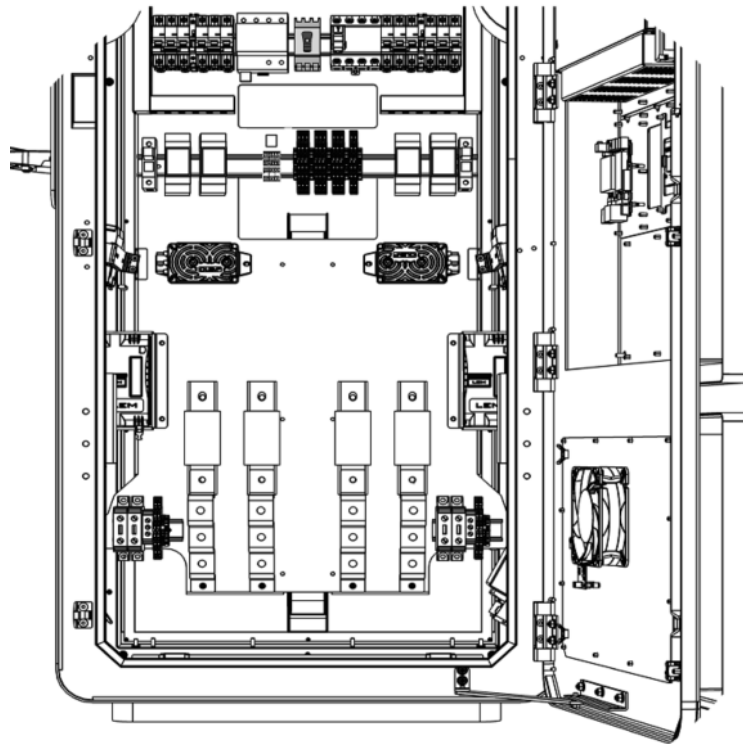
Step 9 - Connect the signal conductors to the terminal blocks **X10.1, X10.2** (if applicable – 2nd Power Unit), **X10.3** (if applicable – 3rd Power Unit), as shown in the image (Refer to Chapter 5.4 for interconnections details). For that, it is necessary to crimp single end terminals on each line of the shielded cable.



Step 10 - Connect the ethernet cables to **X11.1** (from Power Unit I) as shown in the image (Refer to Chapter 5.4 for interconnections details).

After that, place the bottom plate that was removed in step 1 with the same fasteners.

6.2. blueberry PLUS - User Unit II



TOOLS:

- Ratchet Wrench size 8 and 13
- Wire stripper pliers
- Crimping pliers
- Screwdriver

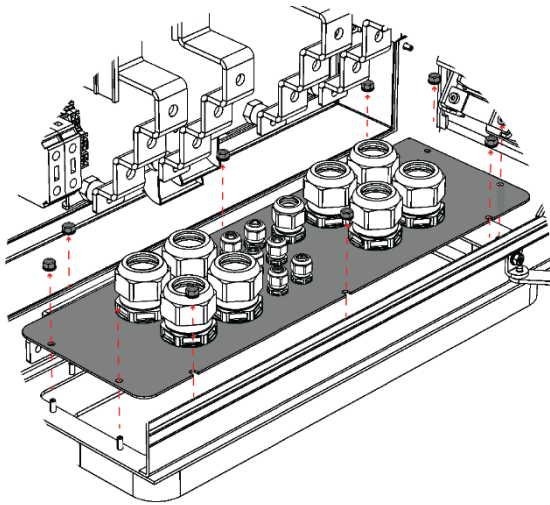
FASTENERS:

- 6 x M8 Hexagon Nuts
- 11 x M8 Washers
- 5 x M8 x 20 screw
- 3 x Insulated single end terminals, 1,5 mm² (16 AWG)
1,5 mm² (16 AWG) for User Unit II
- 3 x Insulated single end terminals, 2,5 mm² (14 AWG)
- 1 x M8 Ring terminal, 50mm² (1/0 AWG)
- 4 x M8 Ring Terminal, 150mm² (300 MCM) or according to DC cables cross section

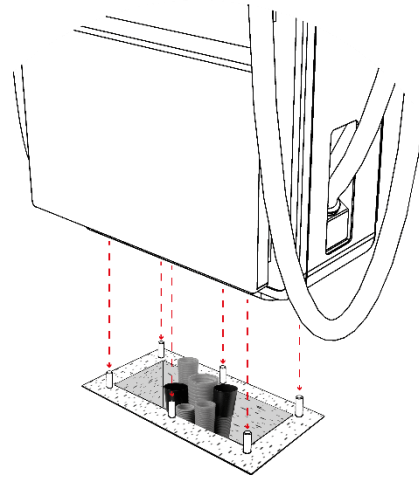


DANGER!

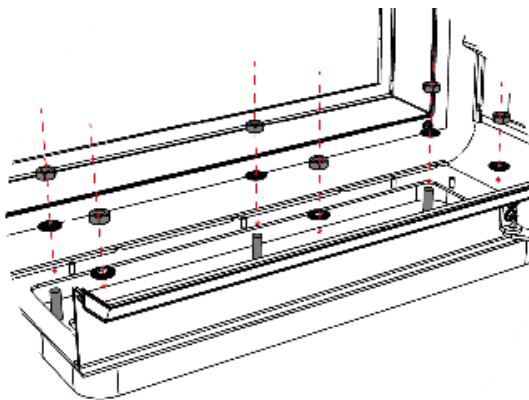
Make sure that the main switch of the Switchboard power supply that feeds the blueberry charger product is set to the off position.



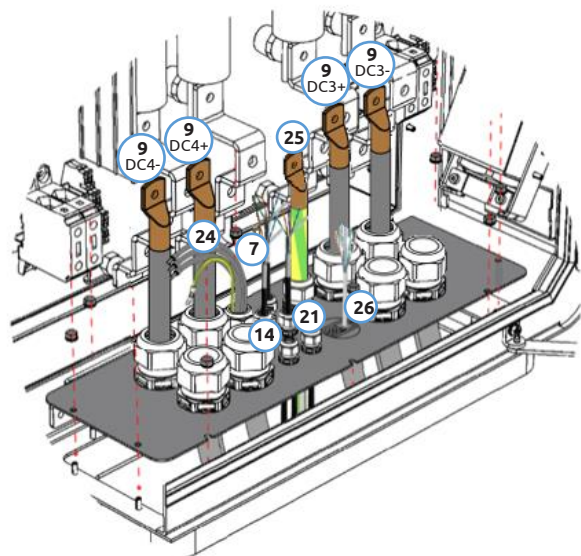
Step 1 – Remove the bottom plate from the blueberry PLUS - User Unit II. It is necessary to untight 10x M5 hexagon nuts with a ratchet wrench size 8. Save the fasteners for tightening the DC cable glands plate again after STEP 9.



Step 2 – Place the blueberry PLUS - User Unit II on the ground floor, matching the bottom holes with the chemical anchors.



Step 3 – Place the matching washers and tight the hexagonal nuts to fix the blueberry to the ground. Use a ratchet wrench size 13.

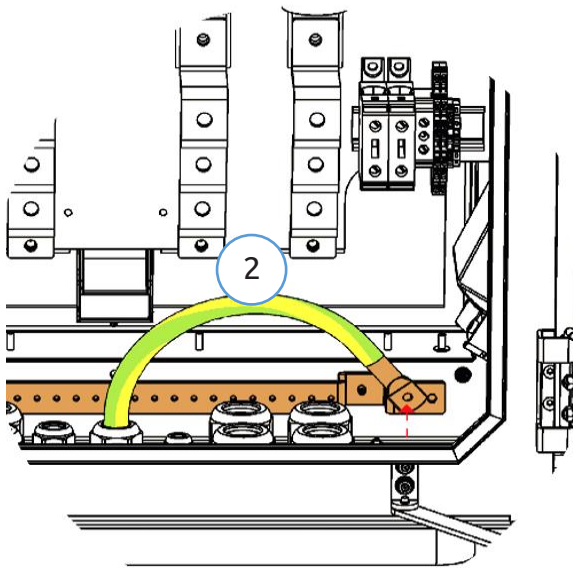


Step 4 – Route the cables through the cable glands and make sure that the cable number is the correct one (Refer to **Chapter 5.4** for interconnections).

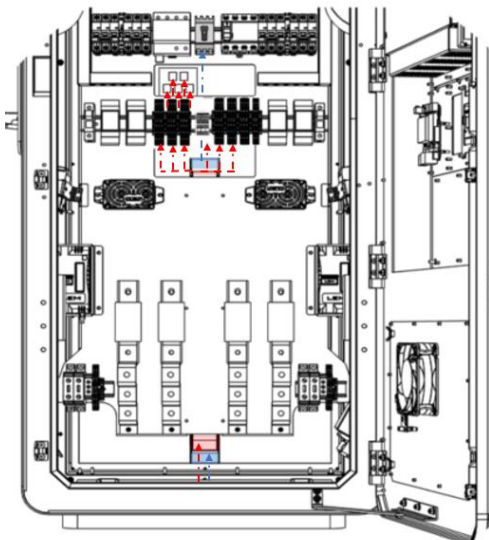


DANGER!

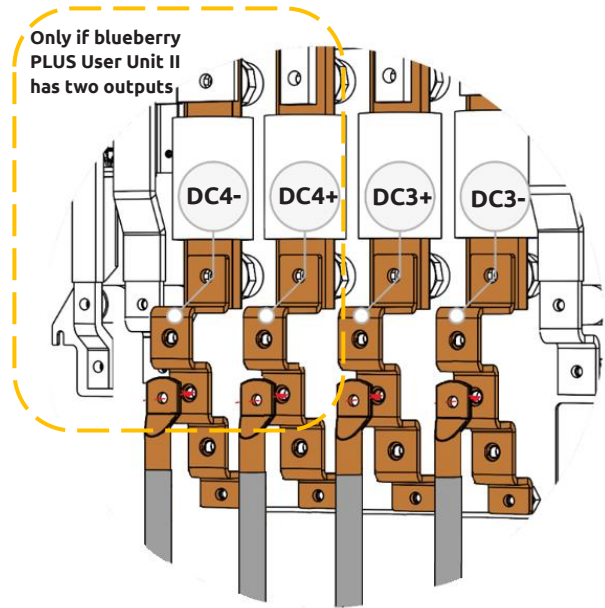
Make sure that the main switch of the Switchboard power supply that feeds the blueberry charger product is set to the off position.



Step 5 - Connect the earth cable (cable n°25) to the busbar placed in the bottom of blueberry PLUS – User Unit, as shown in the image. For that, it is necessary to **crimp an M8 ring terminal** on the cable and then to tight it with an **M8 x 20 screw** on the busbar, with a **tightening torque of 28 N.m.**

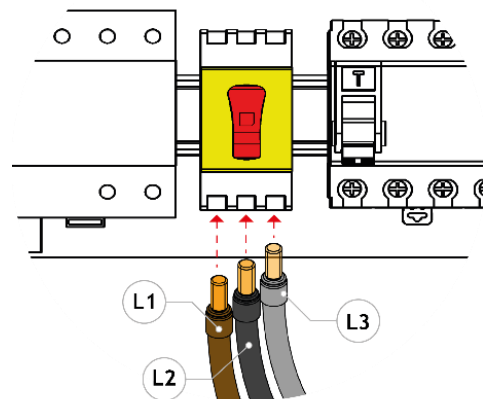


Step 7 – Guide communications from Power Unit(s) (cables n°7, 14, 21) **and from blueberry PLUS – User Unit I** (cable n°26), through the **conduit marked in red** and **cable n°24** through the **conduit marked in blue**, both placed behind the plate. Refer to **Chapter 5.4** for details on the **cabling numbers.**



Step 6 - Connect the DC power conductors to the busbars placed in the bottom of blueberry PLU User Unit, as shown in the image.

For that, it is necessary to **crimp an M8 ring terminal** on the cables and then to tight it with a **M8 x screw** with its matching washer, applying **tightening torque of 28 N.m.**

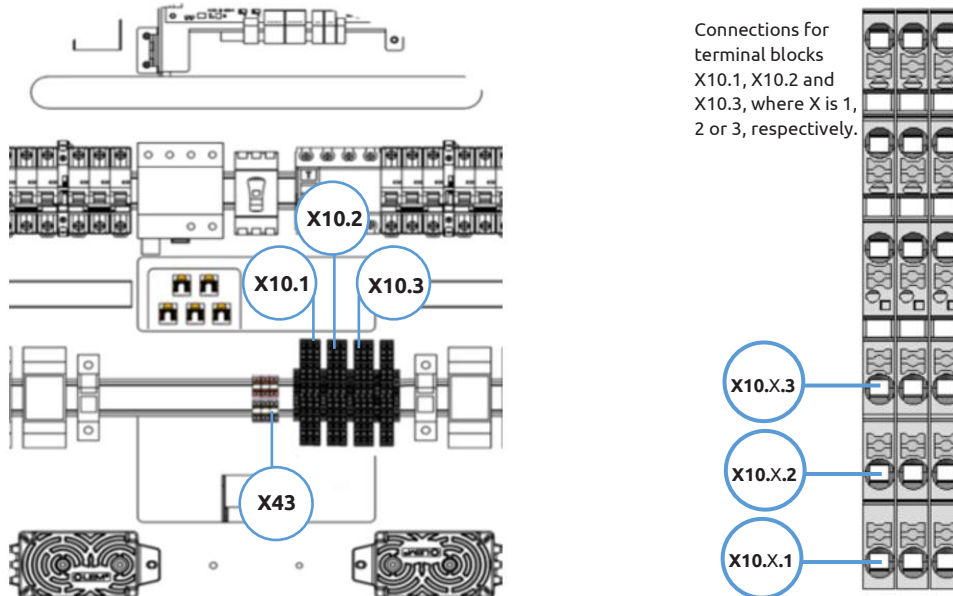


Step 8 - Connect the AC power conductors to the **switch disconnecter (S1)**. For that, it is necessary to **crimp an insulated single end terminal** on each cable. Connect the conductors with a **tightening torque** between **1.8 N.m and 2 N.m.**

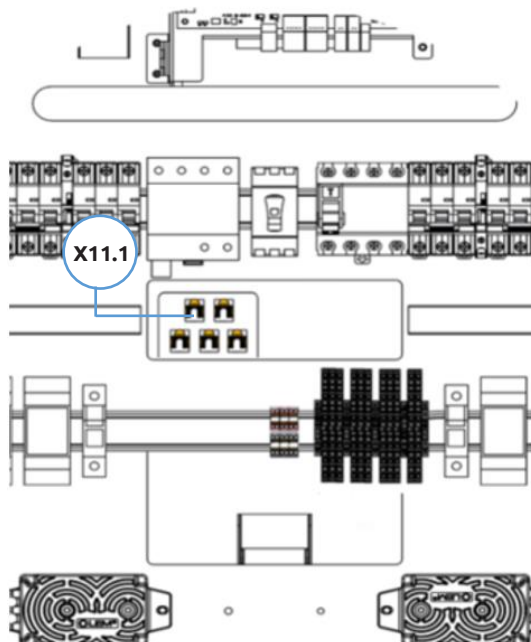


DANGER!

Make sure that the main switch of the Switchboard power supply that feeds the blueberry charger product is set to the off position.



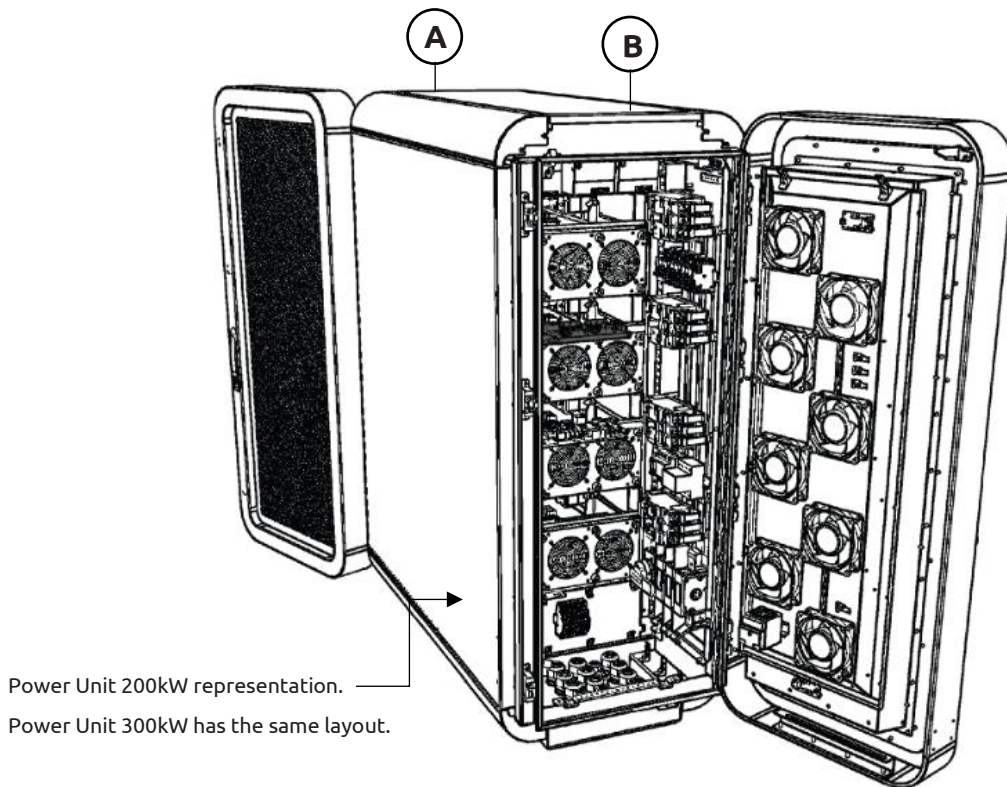
Step 9 - Connect the **signal conductors** to the terminal blocks **X10.1**, **X10.2** (if applicable – 2nd Power Unit), **X10.3** (if applicable – 3rd Power Unit), as shown in the image (Refer to Chapter 5.4 for interconnections details). For that, it is necessary to crimp single end terminals on each line of the shielded cable.



Step 10 - Connect the **ethernet cable** to **X11.1** (from last Power Unit), as shown in the image (Refer to Chapter 5.4 for interconnections details).

After that, place the bottom plate that was removed in step 1 with the same fasteners.

6.3. Power Unit



TOOLS:

- Ratchet Wrench size 8, 13 and 18
- Wire stripper pliers
- Crimping pliers
- Screwdriver
- Phase sequence meter

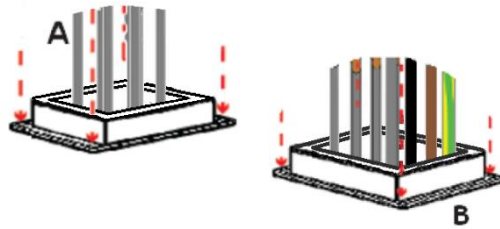
FASTENERS:

- 3 x M10 Hexagon Nuts
- 3 x M10 Washers
- 8 x M8 Hexagon Nuts
- 8 x M8 Washers
- 1 x M8 x 20 screw
- 1 x M6 Washers
- 8 x M6 x 20 screw
- 12 x Insulated single end terminals, 1,5 mm² (16 AWG)
- 1 x M6 Ring terminal, 95mm² (3/0 AWG)
- 8 x M8 Ring Terminal, 120mm² (4/0 AWG) or according to DC cables cross section
- 3 x M10 Ring Terminal, 150mm² (300 MCM) for Power Unit 200kW or 240mm² (500 MCM) for Power Unit 300kW

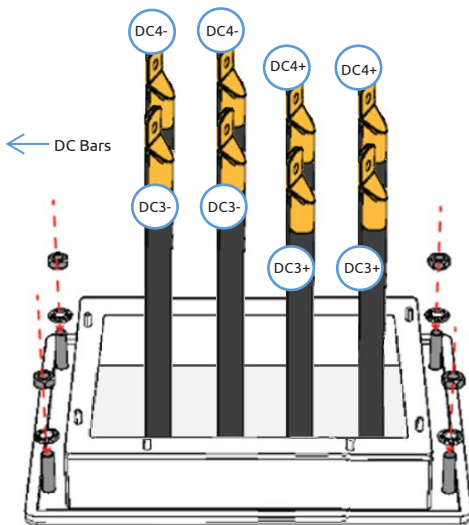


DANGER!

Make sure that the main switch of the Switchboard power supply that feeds the blueberry charger product is set to the off position.



Side A



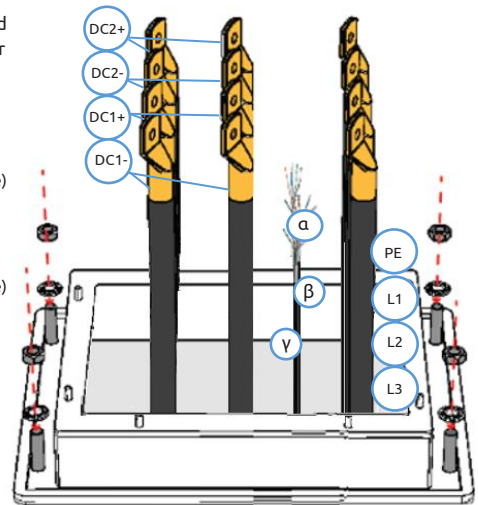
Side B

The cables ID of α , β and γ depends on the Power Unit:

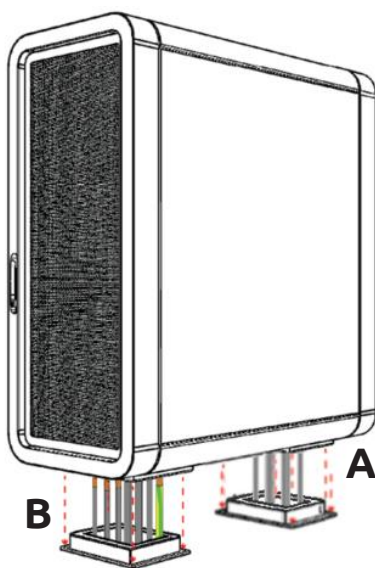
Power Unit I
 α – Cable n°6
 β – Cable n°5
 γ – Cable n°11 (If applicable)

Power Unit II
 α – Cable n°12
 β – Cable n°11
 γ – Cable n°16 (If applicable)

Power Unit III
 α – Cable n°17
 β – Cable n°16



Step 1 – Place boxes A and B on the ground floor, matching the holes of each box with the chemical anchors, and route the AC, DC and communication cables through side B, according to the image above (Refer to **Chapter 5.4** for **interconnections**).



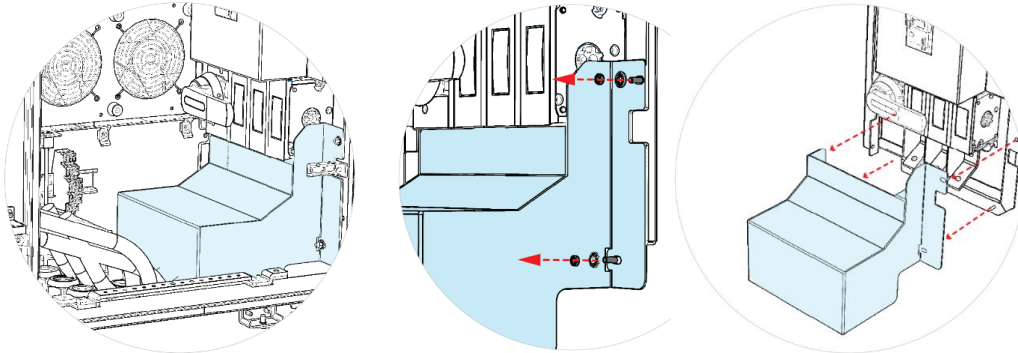
Step 2 – Place the power unit on the ground floor, matching the bottom holes with the chemical anchors and boxes that are already installed.

Place the matching washers and tight the hexagonal M12 nuts to fix the two boxes to the ground, from both sides. Use a ratchet wrench size 18.

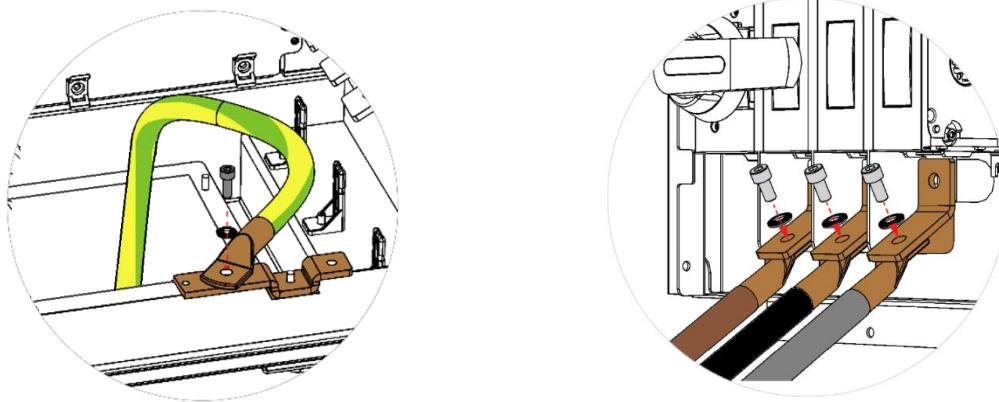


DANGER!

Make sure that the main switch of the Switchboard power supply that feeds the blueberry charger product is set to the off position.

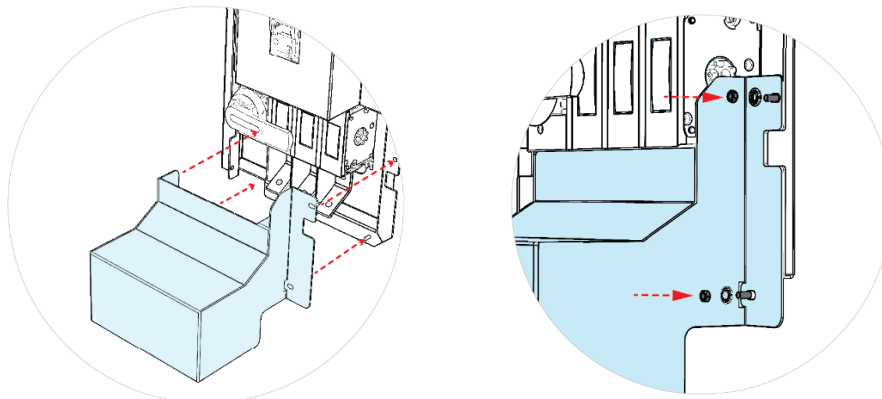


Step 3 – Remove IP2XB protection placed on the bottom of Power Unit (side B) and save the fasteners to assemble it again in Step 6



Step 4 - Connect the earth cable to the busbar placed in the bottom of Power Unit (side B). For that, it is necessary to crimp an M6 ring terminal on the cable and then to tight the ring terminal with a M6 x 20 screw on the busbar, with a tightening torque of 9 N.m. Please route the cable in a way that it will be possible to assemble the IP2XB protection again (Step 6).

Step 5 – Connect the AC power conductors to the switch disconnecter (S1) placed on the bottom of Power Unit. For that, it is necessary to crimp a M10 ring terminal on each cable. Ensure that the phases are connected in a clockwise direction. Ring terminals shall be placed below the switch disconnecter bars (as shown in the image above) with an M10 screw with its matching washer and nut. Apply a tightening torque between **30 N.m** to **37 N.m**.

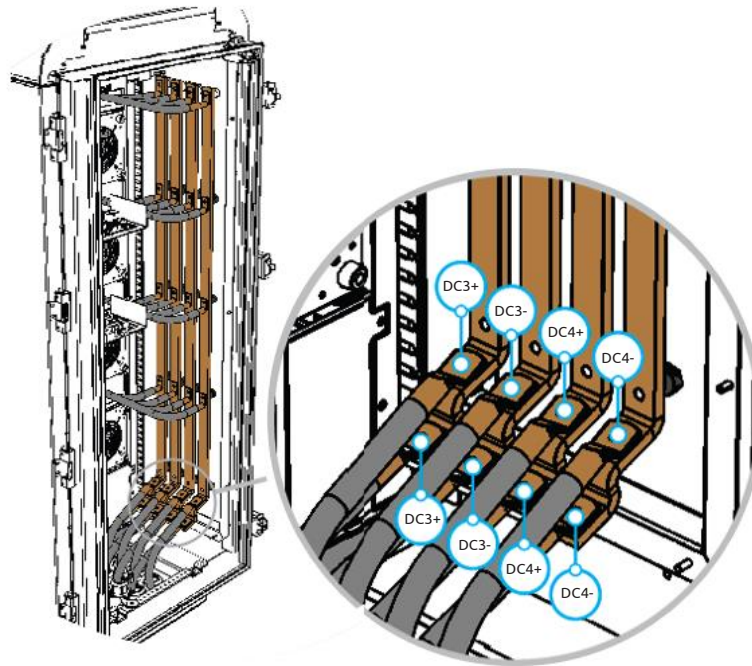


Step 6 - To ensure IP2XB, the switch disconnecter protection shall be assembled again with the same fasteners.

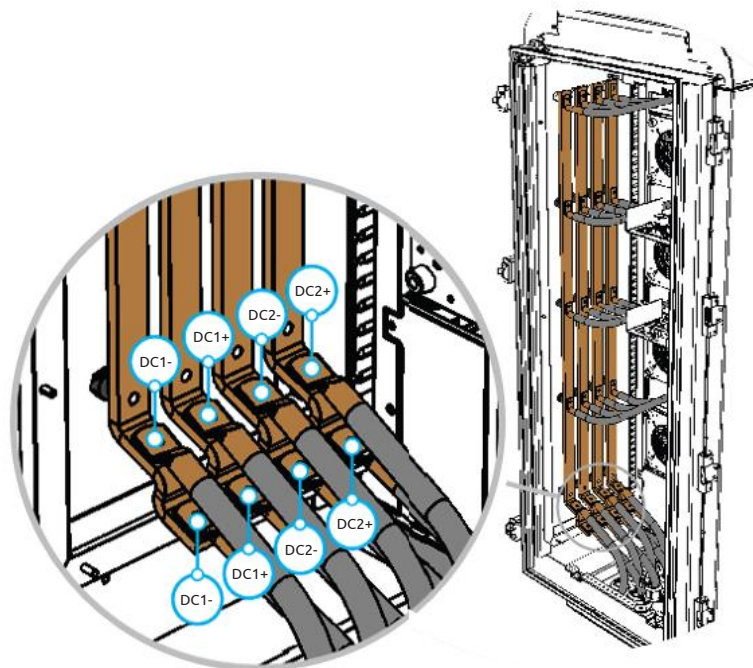


DANGER!

Make sure that the main switch of the Switchboard power supply that feeds the blueberry charger product is set to the off position.



Step 7 - Remove DC bars protection and connect the DC power conductors to the busbars placed in the A of the Power Unit, as shown in the image. For that, it is necessary to crimp an M8 ring terminal on the cable and then to tight it with an M8 screw and its matching washer and nut, applying a tightening torque of **28 N.m**. After that, assemble the protection again with the same fasteners.

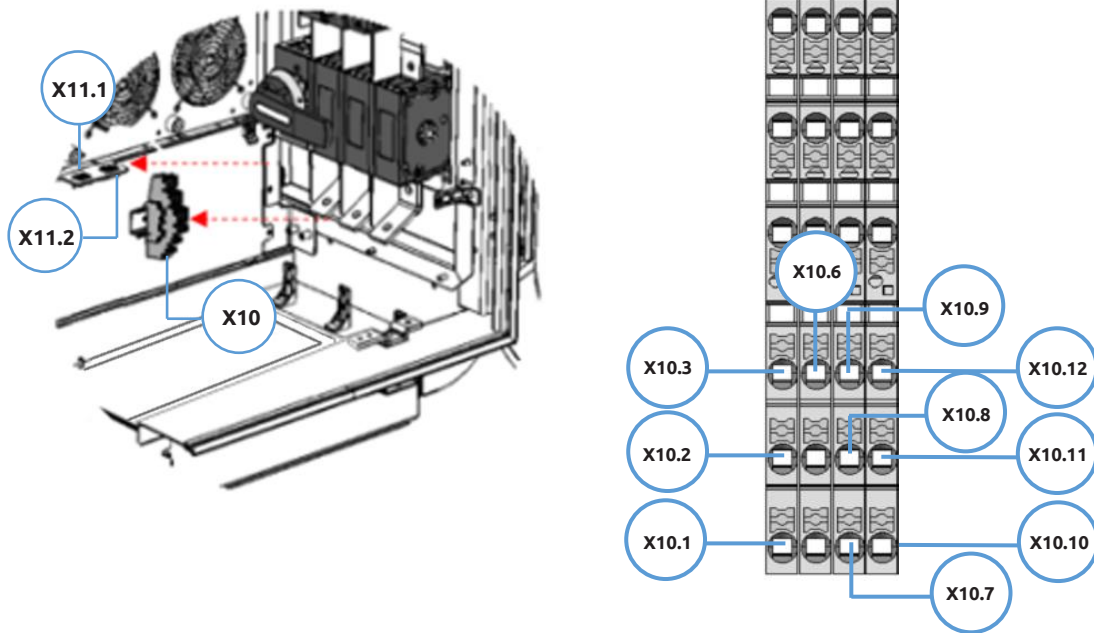


Step 8 - Connect the DC power conductors to the busbars placed in the B of the Power Unit, as shown in the image. For that, it is necessary to crimp an M8 ring terminal on the cable and then to tight it with an M8 screw and its matching washer and nut, applying a tightening torque of **28 N.m**.



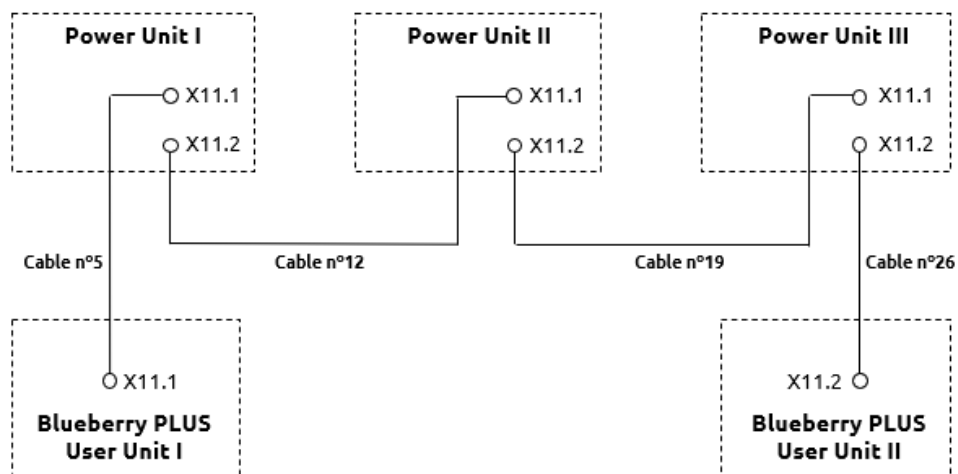
DANGER!

Make sure that the main switch of the Switchboard power supply that feeds the blueberry charger product is set to the off position.



Step 8 - Connect the signal conductors to the **X10** terminal block and the **ethernet cable** (see figure below) to **X11.1 and/or X11.2**, placed in the bottom of the Power Unit, as shown in the image. For that, and only for the signal conductors, it is necessary to crimp single end terminals on each line of the shielded cable.

The connection of each ethernet cable depends on the power Unit ID, as shown in the figure below. The ethernet cable that comes from blueberry PLUS User unit II is always connected on X11.2 of the last Power Unit.



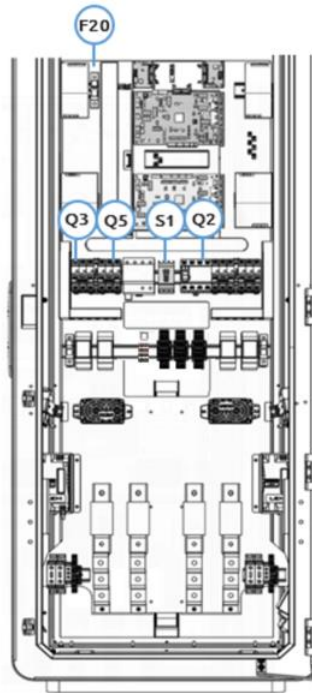
Step 9 – After connecting all cables, apply polyurethane expansion foam at the base of the cables to ensure sealing.



PLEASE NOTE!

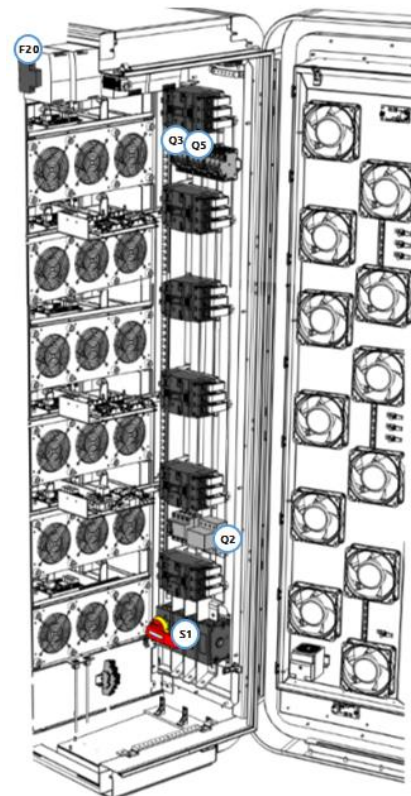
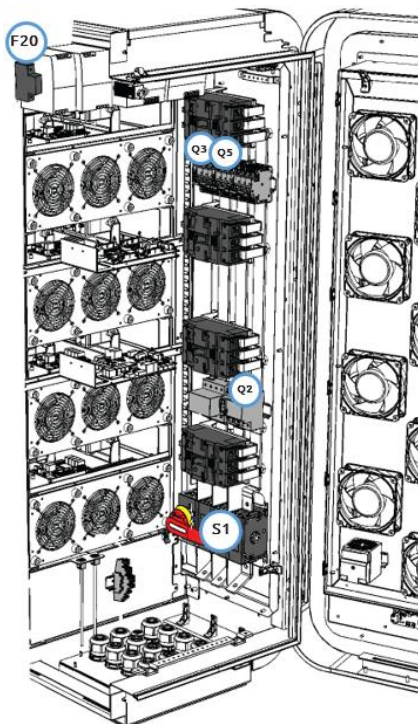
To avoid water condensation inside the power Unit cabinet and the blueberry PLUS - User Unit, the switch disconnector **S1**, the residual current device **Q2** and the circuit breakers **Q3** (electronics), **Q5** (climate system) shall be left **switched on** in both equipment, allowing the heating resistances to turn on if necessary. See the image below to check where are located these components inside the cabinets. **Make sure that fuse F20 is opened in both equipment.**

blueberry PLUS – User Unit I and II



Power Unit 300kW

Power Unit 200kW



7. COMMISSIONING

7.1. Installation Validation

Before starting up blueberry charging station:

- Must be done the following inspections:

#	TOPIC:	OK/NOK
1.	Site complying with clearance conditions and safety requirements	
2.	Absence of physical and structural damage	
3.	Charger ground fixation and leveling complies with manual requirements	
4.	Locking system is closing adequately	
5.	Upstream protection rating in Low voltage distribution board is according with the manual (refer chapter 5.3)	

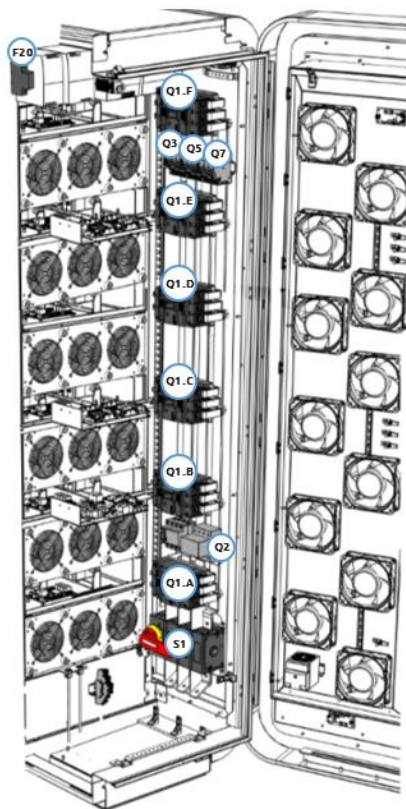
- Must be done the following measurements:

#	TOPIC:	OK/NOK
6.	Confirm AC voltage between phases and phases and ground. The voltage must be according to the local grid and within blueberry charger range (refer chapter 3.1)	
7.	Confirm DC Power Interconnections (refer chapter 5.4)	
8.	Confirm communications interconnections (refer chapter 5.4)	

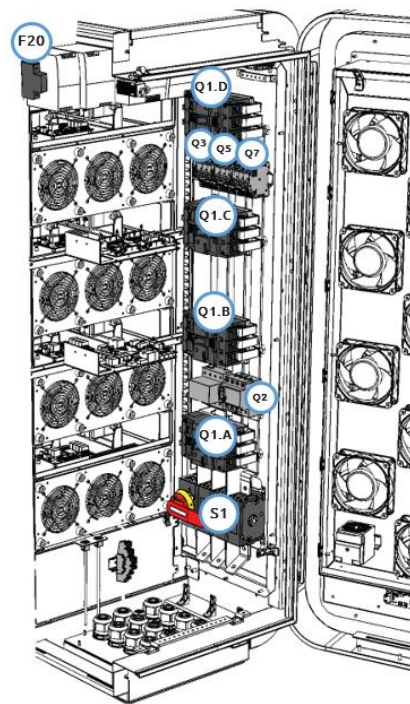
7.2. Start Up

The start-up of the blueberry PLUS charging station shall begin by **switching on** the circuit breakers **Q1.A, Q1.B, Q1.C, Q1.D, Q1.E and Q1.F** (power circuit - according to the number of power modules), circuit breaker **Q7** and the fuse **F20** in the **power Unit**. In the **blueberry PLUS - User Unit**, the circuit breakers **Q4** (HMI), **Q6** (cable retractor) and the fuse **F20** must also be **switched on**.

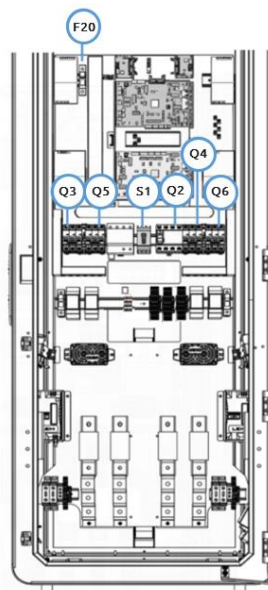
Please make sure that the switch disconnecter **S1**, the residual current device **Q2** and the circuit breakers **Q3, Q5** are already switched ON, as stated in chapter 6.



Power Unit 300kW



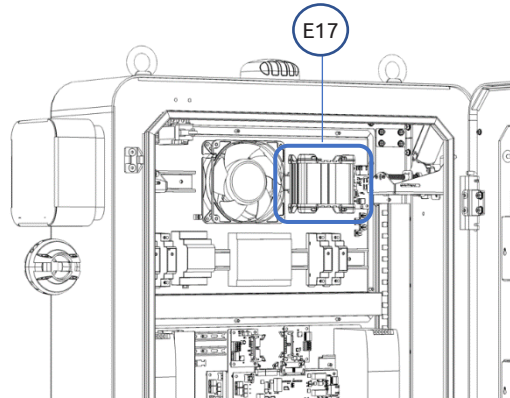
Power Unit 200kW



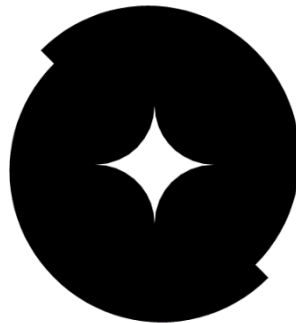
blueberry PLUS - User Unit

The next step of commissioning is the **configuration** of the charger on the maintenance tool which can be accessed by one of two ways described in the **Service Manual**.

For that, check below the router position on blueberry PLUS – User Unit I and II:



For the **user guide** please refer to **blueberry User Manual document**.



blueberry
powered by **i-charging**

Copyright © 2023 i-charging mobilidade elétrica, s.a.

All rights reserved.

This document is protected by copyright laws and its content is proprietary of i-charging. It may not be reproduced, republished, distributed, or otherwise exploited in any manner without written permission of i-charging. The information in this document may be subject to change without notice.

VEDLEGG 5

KI - Deklarasjon

Deklarasjon om KI-hjelpemidler

Har det i utarbeidingen av denne rapporten blitt anvendt KI-baserte hjelpemidler?

Nei

Ja

Hvis ja: spesifiser type av verktøy og bruksområde under.

Tekst

Stavekontroll. Er deler av teksten kontrollert av:
Grammarly, Ginger, Grammarbot, LanguageTool, ProWritingAid, Sapling, Trinkai.ai eller lignende verktøy?

Tekstgenerering. Er deler av teksten generert av:
ChatGPT, GrammarlyGO, Copy.AI, WordAi, WriteSonic, Jasper, Simplified, Rytr eller lignende verktøy?

Skriveassistanse. Er en eller flere av ideene eller fremgangsmåtene i oppgaven foreslått av:
ChatGPT, Google Bard, Bing chat, YouChat eller lignende verktøy?

Hvis ja til anvendelse av et tekstverktøy - spesifiser bruken her:

Brukt til å gi tips og ideer til oppsett og struktur i tekst oppgaven med tanke på alle kategoriene og underkategoriene. Sammendraget i side: ii er generert av KI (ChatGPT) og er kontrollert og verifisert av oss.

Kode og algoritmer

Programmeringsassistanse. Er deler av koden/algoritmene som i) fremtrer direkte i rapporten eller ii) har blitt anvendt for produksjon av resultater slik som figurer, tabeller eller tallverdier blitt generert av: *GitHub Copilot, CodeGPT, Google Codey/Studio Bot, Replit Ghostwriter, Amazon CodeWhisperer, GPT Engineer, ChatGPT, Google Bard* eller lignende verktøy?

Hvis ja til anvendelse av et programmeringsverktøy - spesifiser bruken her:

Bilder og figurer

Bildegenerering. Er ett eller flere av bildene/figurene i rapporten blitt generert av:
Midjourney, Jasper, WriteSonic, Stability AI, Dall-E eller lignende verktøy?

Hvis ja til anvendelse av et bildeverktøy - spesifiser bruken her:

Andre KI verktøy. har andre typer av verktøy blitt anvendt? Hvis ja spesifiser bruken her:

Jeg er kjent med NTNUs regelverk: *Det er ikke tillatt å generere besvarelse ved hjelp av kunstig intelligens og levere den helt eller delvis som egen besvarelse.* Jeg har derfor redegjort for all anvendelse av kunstig intelligens enten i) direkte i rapporten eller ii) i dette skjemaet.

Thomas A. Nilssen, Eivind Thoresen / 09.05.24 / Gjøvik
Underskrift/Dato/Sted

