

# **Eldistribution för laddningsinfrastruktur**

Laddningsinfrastrukturens inverkan på distributionsnätet

Simon Wikström

Examensarbete för ingenjör (YH)-examen

El- och automationsteknik

Vasa 2024

## EXAMENSARBETE

Författare: Simon Wikström

Utbildning och ort: El- och automationsteknik, Vasa

Inriktning: Elkraft och automationsteknik

Handledare: Henrik Järveläinen

Titel: Eldistribution för laddningsinfrastruktur

---

Datum: 30.4.2024 Sidantal: 26

Bilagor: 3

---

### Abstrakt

Detta examensarbete har utförts åt Hangö Elektriska från maj 2023 till april 2024. Arbetet omfattar allt från laddningsstationer och fördelningscentraler till transformatorer, samt funktionaliteten mellan dessa. Syftet var att få en djupare kunskap kring laddningsinfrastruktur, effektbehov och lastbalansering. Detta för att skapa en grund för framtida projekt.

Bakgrunden till arbetet är den ökade efterfrågan på laddningsinfrastruktur och miljövänligare lösningar. Detta erbjöd ett utmärkt tillfälle till att lära sig mer om planering, effektberäkning gällande laddningsstationers eldistribution samt lastbalansering.

Den teoretiska delen behandlar de eldrivna fordon som är mest förekommande och som kommer att ha störst betydelse inför framtida projekt. Det viktigaste gällande laddningsstationer och deras effektklasser, samt elnätet som helhet tas även upp i den teoretiska delen.

I den praktiska delen av arbetet tas kabeldimensionering och planering av laddningsstationer upp. Till kabeldimensioneringen hör allt från fördelningscentralerna till transformatorstationen. Examensarbetet inkluderar inte kabeldimensionering för mellanspänningsnätet, men man tar med beräkningar för dimensionering av transformatorer, samt beräkningar för eldrivna fordons energiförbrukning.

Arbetets slutresultat är en laddningsanläggning som uppnår kraven och de framtida behoven för kunden. Arbetet kommer även att fungera som botten inför framtida projekt. Men slutmätningar samt spänningssättning av laddningsinfrastrukturen kvarstår till september 2024.

---

Språk: svenska

Nyckelord: Cadmatic, Febdok, laddningsstation, lastbalansering

## OPINNÄYTETYÖ

Tekijä: Simon Wikström

Koulutus ja paikkakunta: Sähkö- ja automaatiotekniikka, Vaasa

Suuntautumisvaihtoehto: Voimasähkö ja automaatiotekniikka

Ohjaaja: Henrik Järveläinen

Nimike: Sähkönjakelu latausinfrastruktuuriin

---

Päivämäärä: 30.4.2024

Sivumäärä: 26

Liitteet: 3

---

### Tiivistelmä

Tämä opinnäytetyö on suoritettu Hangon sähkön puolesta toukokuusta 2023 huhtikuuhun 2024. Työ kattaa kaiken latausasemista ja jakokeskuksista muuntajiin, sekä niiden toiminnallisuuden. Tavoitteena oli saada syvempää tietämystä latausinfrastruktuurista, tehontarpeesta ja kuormituksen tasapainottamisesta. Tämä luodakseen pohjan tuleville projekteille.

Työn taustalla oli kasvava kysyntä latausinfrastruktuurille ja ympäristöystävällisille ratkaisuille. Tämä tarjosi erinomaisen tilaisuuden oppia lisää suunnittelusta, tehon laskemisesta latausasemien sähköjakelun ja kuormituksen tasapainottamisen suhteen.

Teoreettinen osa käsittelee yleisimpiä sähkökäyttöisiä ajoneuvoja, jotka ovat merkittävimpiä tulevia projekteja ajatellen. Tärkeimmät asiat koskien latausasemia ja niiden teholuokkia sekä sähköverkko kokonaisuudessaan käsitellään teoreettisessa osuudessa.

Työn käytännön osassa käsitellään kaapelien mitoitus ja latausasemien suunnittelua. Kaapelien mitoituksen osalta käsitellään kaikkea jakokeskuksista muuntajalle, opinnäytetyö ei sisällä kaapeleiden mitoitus keskijänniteverkolle. Kuitenkin työ sisältää muuntajien mitoituslaskelmat sekä sähkökäyttöisten ajoneuvojen energiankulutuslaskelmat.

Työn lopputulos on latauslaitos, joka täyttää asiakkaan nykyiset ja tulevat tarpeet. Työ toimii myös perustana tuleville projekteille. Kuitenkin lopulliset mittaukset ja latausinfrastruktuurin jännitteen saaminen on vielä kesken syyskuuhun 2024 asti.

---

Kieli: ruotsi

Avainsanat: Cadmatic, Febdok, latausasema, sähköinen kuormantasaus

## **BACHELOR'S THESIS**

Author: Simon Wikström

Degree Programme: Electrical and automation technology, Vaasa

Specialisation: Power and automation engineering

Supervisor: Henrik Järveläinen

Title: Electricity Distribution for Charging Infrastructure

---

Date: 30.4.2024    Number of pages: 26

Appendices: 3

---

### **Abstract**

This thesis has been carried out for Hangon Sähkö from May 2023 to April 2024. The work covers everything from charging stations and distribution boards to transformers, as well as the functionality between them. The purpose is to gain a deeper understanding of charging infrastructure, power requirements, and load balancing. This is to lay the groundwork for future projects.

The reasoning for the work is the increased demand for charging infrastructure and more environmentally friendly solutions. The work provided an excellent opportunity to learn more about planning, power calculation regarding the electrical distribution of charging stations, and load balancing.

The theoretical part deals with the most common electric vehicles, which will have the greatest significance for future projects. The most important aspects regarding charging stations and their power classes, as well as the electric grid are addressed in the theoretical part.

In the practical part of the work, cable sizing and planning of charging stations are addressed. Cable sizing includes everything from distribution boards to transformer stations, the thesis does not include cable sizing for the medium-voltage network. However, calculations for transformer sizing and calculations for the energy consumption of electric vehicles are included.

The result of the work is a charging facility that meets the requirements and future needs of the customer. The work will also serve as a foundation for future projects. However, final measurements and commissioning of the charging infrastructure will remain until September 2024.

---

Language: Swedish

Key words: Cadmatic, Febdok, charging station, load balancing

## Innehållsförteckning

1	Introduktion .....	1
1.1	Hangö Elektriska .....	1
2	Problem .....	1
3	Allmänt om fordon .....	2
3.1	Elbilar .....	3
3.2	El-lastbilar .....	4
4	Allmänt om laddare .....	5
4.1	Kategori 1 .....	5
4.2	Kategori 2 .....	6
4.2.1	Nivå 1-laddare .....	6
4.2.2	Nivå 2-laddare .....	7
4.3	Laddningskurvor .....	8
5	Allmänt om elnät .....	9
5.1	Stamnät och regionnät .....	9
5.2	Distributionsnät .....	10
6	Planeringsprogram .....	10
6.1	Cadmatic .....	10
6.2	Febdok .....	11
6.3	Dalux .....	11
7	Planering av lågspänningsnät .....	11
7.1	Planering av laddningsstationer .....	12
7.2	Dimensionering av kablar .....	12
7.3	Förväntad belastning från laddningen .....	13
7.3.1	Grunduppskattning av förbrukning .....	14
7.3.2	Verklig uppskattning .....	15
7.3.3	Uppskattning för lastbilar .....	16
7.4	Belastningskompensering .....	19
7.4.1	Solpanelers inverkan .....	21
8	Fördelningstransformator .....	21
8.1	Planering av mellanspänning .....	23
9	Praktiskt utförande .....	23
10	Resultat .....	24
11	Diskussion .....	24
12	Referenser .....	25

## 1 Introduktion

Detta examensarbete har utförts åt Hangö Elektriska. Målet med examensarbetet var att få en bättre förståelse för laddningsinfrastrukturen och hur den påverkar utbyggnaden av eldistributionen. Man vill även hjälpa kunden förstå kraven för olika mängder laddningsstationer.

Kunskapen som kommer från praktiskt utförande och problemlösningar är väldigt viktig inför framtida planeringar av liknande projekt.

### 1.1 Hangö Elektriska

År 1937 grundades Hangö Elektriska Ab, företaget är specialist inom totalentreprenader och har projekt huvudsakligen i både Sverige och Finland. Försäljningen av Hangö Elektriska till Bravida Finland ledde till att företagsverksamheten och de cirka 100 anställda delades upp mellan de två företagen. Bravida Finland tog över all verksamhet i Finland, medan verksamheten i Sverige fortsatte under Hangö Elektriska.

Totalentreprenaderna är oftast logistikhallar, vilka vanligtvis varierar i storlek mellan 10 000 m<sup>2</sup> och 35 000 m<sup>2</sup>. Men det största projektet år 2024 är cirka 180 000 m<sup>2</sup> och består av två byggnader av olika storlek. Författaren av detta examensarbete är placerad på detta projekt. (Hangö Elektriska, 2024).



Figur 1. Hangö Elektriska logon. (Hangö Elektriska, 2024).

## 2 Problem

Med flera fordon som är elektriska behövs laddningsinfrastruktur både hemma och på jobbet, detta orsakar problem eftersom elnäten samt tidigare elinstallationer inte är byggda för detta. För nybyggnation kan man bygga de laddningsstationer som behövs i nutid och planera

utbyggnad inför snar framtid, detta är vad Hangö Elektriska skall åstadkomma med nuvarande och framtida projekt.

Målet för examensarbetet var att få bättre förståelse för laddningsinfrastrukturen och hur den påverkar utbyggnaden av eldistributionen, samtidigt skapa några scenarion för att hjälpa kunden förstå kraven för olika mängder laddningsstationer.

Alla ritningar och beräkningar som är bifogade i detta examensarbete innehåller inget som skulle kunna identifiera eller avslöja projektets kund.

### **3 Allmänt om fordon**

I dagens samhälle är användningen av fordon ytterst omfattande. Tåg, bussar och personbilar är bland de vanligaste transportmedlen för pendling för de dagliga behoven, så som till och från arbetsplatsen. Det krävs även olika slags fordon, exempelvis truckar och lastbilar, för att underlätta logistik och materialhantering vid industriella och kommersiella arbetsplatser.

Något som alla dessa fordon har gemensamt är att de behöver en energikälla. Vilken energikälla som är optimal att använda beror på vilka krav som ställs på fordonet. Diesel är den mest förekommande energikällan för tunga fordon, exempelvis lastbilar, som används vid materialtransporter. Denna trend syns tydligt i Figur 3 nedan. Bensin, å andra sidan, används oftast i fordon som transporterar personal. Till exempel personbilar och paketbilar, både privat och kommersiellt. Men tyvärr är produktionen och användningen av diesel och bensin är inte hållbart, ur en miljösynvinkel.

En annan energikälla är elektricitet, som historiskt endast använts för mindre energiintensiva behov. Men högre kapacitet litium-jon batterier har nu möjliggjort material transport även för längre distanser, som hittills varit dominerad av diesel lastbilar. Därför har det år till år skett en märkbar ökning i antalet nya eldrivna lastbilar i Europa, denna trend kan tydligt ses i Figur 3. (ACEA, 2024).

För att sammanfatta, användningen av fordon är en viktig del av vårt samhälle, både för personlig transport och för att stöda annan verksamhet och industrier. Dagens val av drivmedel visar en ökad strävan mot hållbarhet och minskad miljöpåverkan.

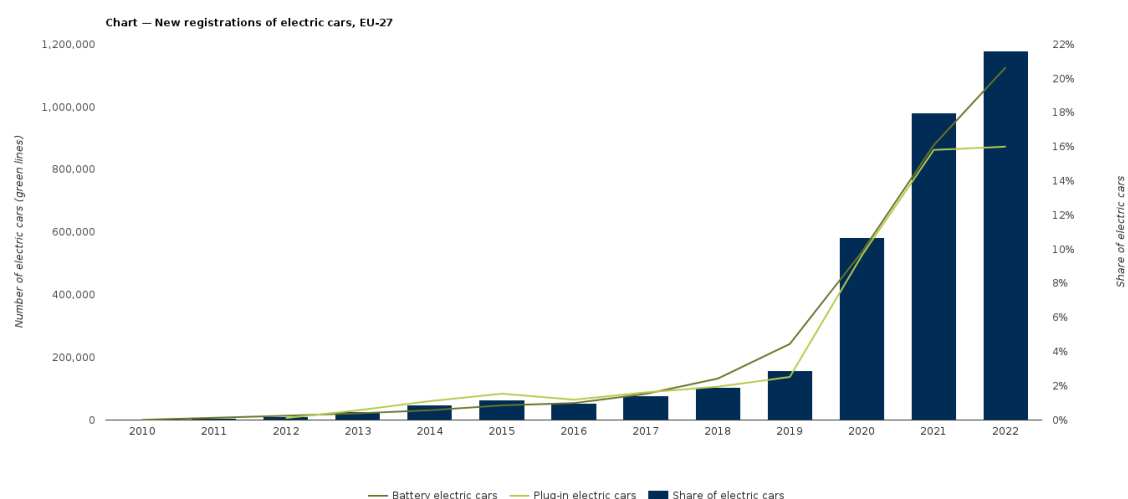
### 3.1 Elbilar

Trenden för elbilar i Europa har fortsatt att accelerera, detta tack vare den ökade medvetenheten om miljöpåverkan och hållbara transportalternativ. Regeringar har även haft en stor påverkan då det kommer till att accelerera införandet av eldrivna fordon. Elbilar har blivit alltmer vanliga både i storstäder och på landsbygden, mest tack vare prisvärdigheten, men flera faktorer har bidragit till trenden. (AFIR, 2021; EEA, 2023).

För det första har förbättringar i batteritekniken ökat kapaciteten och en ökad tillgänglighet till laddningsinfrastruktur har även gjort elbilar mer praktiska och bekväma för konsumenter. Den ökade kapaciteten och laddningsinfrastrukturen har även bidragit till att räckviddsångesten minskat. Samt har tillverkningen av billigare modeller av elbilar även ökat tillgängligheten för hushåll med lägre inkomst. (EAFO, 2024a).

För det andra har regeringar infört olika stimulansåtgärder, såsom subventioner och skatteförmåner, samt striktare utsläppsstandarder. Dessa åtgärder har ökat efterfrågan på elbilar och minskat efterfrågan på fossildrivna bilar. Det vill säga, politiska åtgärderna har stimulerat marknaden genom prissänkningar vilket gjort elbilar förmånligare, vilket gör dem attraktiva för konsumenter. (ACEA, 2023).

För att sammanfatta, ser elbiltrenden i Europa ut att växa fortsättningsvis, drivet av innovationerna inom batteriteknik, det politiska stödet samt medvetenheten om miljöpåverkan för att minska utsläppen och främja hållbar transport.



**Figur 2. Trenden för eldrivna bilar. (EEA, 2023).**

### 3.2 El-lastbilar

Eldrivna lastbilar representerar steget mot hållbar godstransport med minskade koldioxidutsläpp i en högutsläpps industri. Med ökad medvetenhet om behovet av att minska miljöpåverkan samt strängare bestämmelser för utsläpp har intresset för eldrivna lastbilar ökat. (AFIR, 2021).

El-lastbilar kan erbjuda fördelar men även nackdelar i jämförelse med sin dieseldrivna motpart. Fördelar kan anses vara minskade driftskostnader och underhållsbehov. Dessutom renare luft och mindre bullerföroreningar i stadsmiljöer är en exklusiv fördel för eldrivna fordon.

Batterier för el-lastbilar har utvecklats snabbt, då flera tillverkare har börjat investera i forskningen och utvecklingen för att förbättra laddningstiden, räckvidden och batterikapaciteten. Eftersom utvecklingen samt produktionen av eldrivna lastbilar har ökat har även attraktiviteten och konkurrenskraften ökat gentemot traditionella lastbilar.

Trots att eldrivna lastbilar gjort framsteg finns det fortfarande en del nackdelar som måste lösas innan de kan bli en större andel av flottan. Dessa nackdelar är kostnaderna för laddningsinfrastrukturen och de ökade inköpskostnaderna för fordonen, jämfört med dieseldrivna lastbilar. Det vill säga för att accelerera övergången till eldrivna lastbilar krävs investeringar i laddningsinfrastruktur och incitament för företagen eller operatörerna av fordonen.

Sammanfattningsvis är el-lastbilar den trend som transport sektorn behöver för att övergå till en mer hållbar och miljövänlig framtid. Med fortsatt investering och forskning samt stöd från regeringen kan man förvänta sig en fortsatt ökning av el-lastbilar på vägen.

TOTAL NEW TRUCK<sup>1</sup> REGISTRATIONS

	ELECTRICALLY CHARGEABLE <sup>2</sup>			HYBRID ELECTRIC <sup>3</sup>			OTHERS <sup>4</sup>			PETROL			DIESEL			TOTAL		
	2021	2022	% change	2021	2022	% change	2021	2022	% change	2021	2022	% change	2021	2022	% change	2021	2022	% change
Austria	59	705	+1188.3	0	0	0	14	28	+100.0	0	0	0	17,920	6,262	-65.3	8,008	7,079	-13.1
Belgium	113	24	-78.3	0	0	0	96	155	+61.5	7	8	+14.3	9,842	8,379	-14.8	10,058	8,566	-14.8
Bulgaria	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Croatia	1	0	-100.0	0	0	0	0	1	+100.0	0	0	0	2,047	1,507	-26.4	2,048	1,508	-26.4
Cyprus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	159	94	-40.9	159	94	-40.9
Czechia	10	4	-60.0	0	0	0	954	951	-0.3	0	0	0	9,444	8,916	-5.6	10,408	8,971	-13.1
Denmark	316	89	-71.5	0	0	0	70	23	-67.1	1	0	-100.0	4,588	4,760	+3.7	4,973	4,972	-0.0
Estonia	1	1	+0.0	0	0	0	2	6	+200.0	0	2	+100.0	869	931	+7.1	872	940	+7.8
Finland	43	15	-65.1	29	8	-72.4	98	94	-4.1	88	100	+14.3	3,694	3,122	-15.5	3,942	3,339	-15.3
France	595	166	-72.1	0	1	+100.0	3,241	2,973	-8.3	6	0	-100.0	48,771	41,627	-14.7	49,813	44,567	-10.7
Germany	2,169	804	-63.0	2	2	+0.0	1,385	1,518	+9.5	22	32	+45.5	91,242	73,862	-19.1	94,820	76,218	-19.6
Greece	2	1	-50.0	0	0	0	10	5	-50.0	0	0	0	714	670	-6.1	726	676	-6.9
Hungary	30	4	-86.7	0	2	+100.0	12	5	-58.3	0	0	0	6,317	6,698	+6.0	6,369	5,707	-10.5
Ireland	16	7	-56.3	0	12	+100.0	18	20	+11.1	0	0	0	2,620	2,164	-17.4	2,654	2,003	-24.5
Italy	72	17	-76.4	249	12	+1975.0	549	948	+72.7	0	0	0	27,758	24,713	-11.0	28,628	25,688	-10.3
Latvia	1	0	-100.0	0	0	0	9	33	+266.7	0	0	0	1,858	1,838	-1.1	1,868	1,872	+0.2
Lithuania	7	0	-100.0	0	0	0	17	34	+100.0	0	0	0	10,638	9,907	-6.8	10,662	9,941	-6.8
Luxembourg	15	2	-86.7	0	0	0	1	7	+600.0	2	4	+100.0	1,814	1,412	-22.2	1,832	1,425	-22.2
Malta	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Netherlands	1,148	116	-89.7	62	27	+129.6	43	235	+544.4	0	0	0	14,886	12,913	-13.2	16,139	13,291	-17.3
Poland	85	6	-93.0	2	0	-100.0	348	599	+71.6	3	0	-100.0	35,034	34,271	-2.2	35,472	34,876	-1.7
Portugal	14	1	-92.9	0	0	0	25	35	+40.0	0	0	0	6,883	4,871	-29.1	6,922	4,707	-32.0
Romania	13	5	-61.5	0	0	0	1	9	+800.0	0	2	+100.0	6,475	7,059	+9.0	6,489	7,115	+9.6
Slovakia	12	2	-83.3	0	0	0	13	35	+169.2	0	0	0	3,914	3,123	-19.9	3,939	3,160	-19.5
Slovenia	6	1	-83.3	0	0	0	0	1	+100.0	0	0	0	2,520	2,394	-4.9	2,526	2,396	-5.1
Spain	341	160	-53.1	5	0	-100.0	1,283	1,080	-15.8	0	0	0	27,056	22,222	-17.8	28,085	23,462	-16.5
Sweden	292	164	-43.8	3	6	+100.0	819	518	-36.7	0	0	0	6,070	5,336	-12.1	7,194	6,024	-16.3
<b>EUROPEAN UNION</b>	<b>6,341</b>	<b>2,352</b>	<b>-63.1</b>	<b>352</b>	<b>0</b>	<b>+0.0</b>	<b>9,003</b>	<b>8,011</b>	<b>-11.0</b>	<b>123</b>	<b>143</b>	<b>+16.2</b>	<b>322,120</b>	<b>266,920</b>	<b>-17.4</b>	<b>346,858</b>	<b>286,407</b>	<b>-17.4</b>
Iceland	1	1	+100.0	0	0	0	14	4	-71.4	1	3	+200.0	309	229	-26.0	423	207	-51.1
Norway	705	364	-48.4	0	0	0	419	247	-41.1	5	3	-40.0	5,361	4,989	-7.1	6,480	5,603	-13.5
Switzerland	385	175	-54.3	0	0	0	25	37	+48.0	0	0	0	4,056	3,504	-13.6	4,462	3,716	-16.9
<b>EFTA</b>	<b>1,106</b>	<b>540</b>	<b>-50.6</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>472</b>	<b>288</b>	<b>-39.2</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>+0.0</b>	<b>9,969</b>	<b>8,722</b>	<b>-12.5</b>	<b>11,368</b>	<b>9,666</b>	<b>-15.6</b>
United Kingdom	1,506	809	-46.5	5	1	+100.0	1,001	674	-32.6	13	15	+15.4	50,746	44,360	-12.5	53,271	45,859	-14.1
<b>EU + EFTA + UK</b>	<b>7,978</b>	<b>3,797</b>	<b>-52.5</b>	<b>357</b>	<b>1</b>	<b>+100.0</b>	<b>10,481</b>	<b>9,873</b>	<b>-5.8</b>	<b>148</b>	<b>169</b>	<b>+14.2</b>	<b>392,891</b>	<b>348,862</b>	<b>-11.2</b>	<b>411,662</b>	<b>353,872</b>	<b>-14.3</b>

Figur 3. Nya lastbilar 2022 till 2023. (ACEA, 2024).

## 4 Allmänt om laddare

Det finns flera olika laddningskontakter som används runt om i världen men de två mest använda är Combined Charging System (CCS) och North American Charging Standard (NACS), av dessa är CCS den standarden som används inom EU. (EAFO, 2024b).

För CCS finns två olika laddningskontakter, J1772 (type 1) och J3068 (type 2), vilka har utvecklats av Society of Automobile Engineers, SAE. Skillnaden mellan dessa två kontakter är att den senare nämnda (type 2) är ämnad för elsystem med trefas, som finns i EU och den förstnämnda (type 1) är ämnad för elsystem som använder sig av enfas, som finns exempelvis i Nordamerika och Japan. Ytterligare till CCS hör likström snabbladdnings extensionen som är två kraftstift på undre sidan av kontakterna, dessa kallas för Combo-kontakter och möjliggör en snabbare laddning jämfört med växelspänning. Benämningarna för type 1 och type 2 laddningskontakterna med likström snabbladdningsextensionen på är CCS1 respektive CCS2. (EAFO, 2024b).

NACS används enbart av Tesla i Nordamerika för tillfället, men även andra tillverkare inom snar framtid. Denna standard används eftersom Tesla utvecklat den för eget behov och eftersom de har en stor del marknaden i Kanada och USA. Kontakten är ungefär samma storlek som type 1 men är betydligt mindre än CCS1 eftersom samma kraftstift som används vid växelspänning kan användas vid likspänning. Dock kan kontakten bara användas av enfas växelspänning vilket inte gör den lämplig inom EU. (EAFO, 2024b).

Laddare inom EU skall klassas inom kategori 1 eller kategori 2, detta är enligt Alternativ Fuels Infrastructure Regulation (AFIR), dessa klassificeringar hittas inom direktiv 2014/94/EU bilaga 3. (AFIR, 2021).

### 4.1 Kategori 1

Laddare som använder växelspänning hör till kategori 1 laddare och använder type 2 kontakten utan Combo 2 kraftstiften. Denna kategori är uppdelad i tre delar: enfas långsam laddning, trefas medium laddning och trefas snabb laddning. (AFIR, 2021).

Enfasig långsam laddning innebär laddare med en effekt under 7,4 kW. Dessa är vanligtvis mobila laddare som kan anslutas till Schuko-uttag. Eftersom Schuko-uttag oftast har en maxström på 16A, vilket inte skulle ge maximal effekt för denna laddare, är de lämpliga för

laddning av plug-in hybrider, elbilar som används mer sällan eller situationer var en liten laddning behövs för att nå närmsta laddningsstation. (AFIR, 2021).

Medium laddare som använder trefasström har en maxeffekt mellan 7,4 kW och 22 kW, där 22 kW motsvarar 32 A per fas. Hemladdare är oftast antingen 11 kW eller 22 kW och är vanligtvis monterade på stolpar eller väggar. Dessa laddare är tillräckliga för daglig körning, men det bör noteras att vissa elbilar har en mindre växelströmsriktare än 22 kW, vilket begränsar laddningen till en lägre effekt. (EAFO, 2024b).

Snabba trefas-laddare har en maxeffekt över 22 kW. De använder strömmar över 32 A, vilket gör dem olämpliga för hemmabruk. Dessutom har flesta elbilar inte så pass stora växelströmsriktare att de kan dra nytta av så stora effekter. (AFIR, 2021).

## **4.2 Kategori 2**

Likströmsladdare klassificeras som kategori 2-laddare och använder Combo 2-kontakten. Dessa laddare används inte för hemmaladdning, men är vanligtvis återfunna på butiksparkeringar eller andra snabbbladdningsstationer. Denna kategori är uppdelad i fyra delar: långsam laddning, likströms snabbbladdning, laddare av nivå 1 och laddare av nivå 2. (AFIR, 2021).

Långsam laddning, i detta fall laddare under 22 kW, används sällan eftersom kategori 1-laddare är lämpliga för sådana effekter. De behövs endast om bilens interna växelriktare har en mycket låg effekt. (AFIR, 2021).

Likströms snabbbladdning har en effekt på minst 50 kW och högst 150 kW. Allt över 150 kW klassificeras som nivå 1 eller nivå 2 laddare. Snabbbladdare av denna typ finns vanligtvis runt om i Finland på platser som butiksparkeringar eller laddningsstationer. (AFIR, 2021).

### **4.2.1 Nivå 1-laddare**

Ultra-snabb laddning, eller laddare av nivå 1, har en maxeffekt mellan 150 kW och 350 kW och används främst för snabb laddning av personbilar. Trots den lockande snabbheten är det viktigt att vara medveten om potentiella nackdelar. Att förlita sig enbart på ultrasnabb laddning kan på lång sikt skada batterierna genom de höga strömmarna, vilket resulterar i kapacitetsdegradering och försämrade batteriprestanda. (AFIR, 2021).

Laddare av denna nivå anses vara minimeffekterna som krävs för att ladda lastbilar, vars batterikapacitet ofta är betydligt större än personbilar. Det innebär att den totala laddningstiden för lastbilar kan vara flera timmar även med en konstant effekt på 150 kW. (Volvo, 2024).

Det finns flera tillverkare av dessa stationer, sådana som ABB, Siemens, Kempower för att nämna några. Största laddningsstations nätet i Finland är antagligen S-kedjans stationer som har en max effekt på 150 kW, K-kedjan har även ett mycket stort nätverk.

#### **4.2.2 Nivå 2-laddare**

Ultrasnabb laddning, som erbjuder effekter över 350 kW, klassas som nivå 2 laddare. För närvarande är antalet laddningsstationer som erbjuder dessa effekter begränsat. De få stationer som faktiskt erbjuder laddning över 350 kW står för en utmaning: effekten delas mellan flera laddningsstationer. (AFIR, 2021; ABB, 2024).

Detta betyder den effekten varje användare får är beroende på antalet andra som laddar sina fordon samtidigt på samma station. När flera fordon laddas samtidigt kan den tillgängliga effekten per fordon minska avsevärt, vilket resulterar i längre laddningstider. (ABB, 2024).

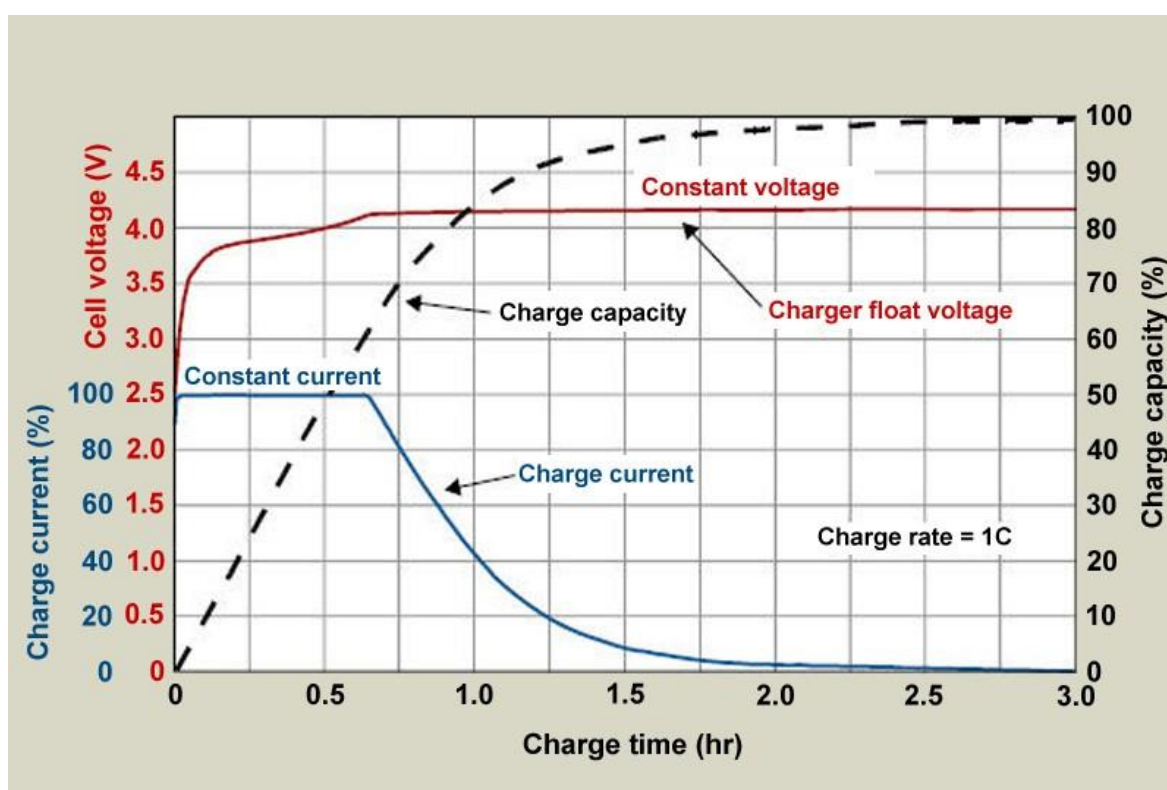
Situationer som dessa bevisar hur viktigt det är att bygga ut laddningsinfrastrukturen. Att effektivt hantera och fördela tillgängliga effekten för att minimera väntetider är en utmaning som alla företag måste överkomma för att främja övergången till elfordon.

Tillverkare som Kempower erbjuder lösningar för ultra-snabba laddningsstationer med delad effekt. Deras system tillåter en maximal effekt på 1200 kW, detta använder dock en annan kontakt än CCS2. Deras CCS2 laddningsstation kan ge ut en max effekt på 560 kW för fordon som kan ta emot laddningsspänningar på 1250 V, CCS2 är vanligen begränsad till 400 kW vid 800 V. (Kempower, 2024).

### 4.3 Laddningskurvor

Under laddning av ett eldrivet fordon spelar effekten man få ut från laddaren en viktig roll, men det mest avgörande är hur mycket effekt fordonet kan ta emot. Detta påverkas huvudsakligen av batterikemin, eller ifall fordonet laddas med växelspänning är det den interna likströmsriktaren som är en begränsning.

Litiumjonbatterier har en tendens att ta emot mindre laddning desto närmare full kapacitet de är, vilket i sin tur påverkar den maximala effekten som levereras till batterierna. Detta minskar effektiviteten i laddningsprocessen, vilket man kan se utifrån laddningskurvorna för litiumjonbatterier i Figur 4.



Figur 4. Litiumjonbatteri laddningskurvor. (Cadex, 2021).

Enligt kurvorna ovan kan vi observera att kapaciteten från 0 till 80 % har nästan ingen resistans mot laddningen, vilket kräver att laddningsströmmen begränsas för att skydda batteriet. Detta har i sin tur en betydande inverkan på laddningshastigheten för bilbatterierna. Dessutom påverkas även laddningen mellan 80 och 100%, där laddningen blir långsammare och mindre effektiv. Denna förändring i laddningshastigheten är en viktig faktor att beakta vid utformningen av laddningsinfrastrukturen, då den påverkar laddningstiden och effekten från nätet.

## 5 Allmänt om elnät

Huvudsakliga funktionen av elnätet är att transportera elektriska energin från kraftverken till elkonsumenterna via effektiva nätverk. I Finland är elnätet uppbyggt av flera delar, bland annat kraftverk, stamnät, regionalnät och elkonsumenter. Utöver dessa finns även andra komponenter så som el stationer och fördelningstransformatorer, som effektivt kan distribuera och leverera elektriska energin till olika delar av landet. (Fingrid, 2023)

Genom att samordna och hantera alla dessa olika delar och komponenter av elnätet möjliggörs en stabil och pålitlig tillförsel av elenergi till hushåll, industri och alla andra delar av samhället.

### 5.1 Stamnät och regionnät

Stamnätet i Finland förvaltas och underhålls av Fingrid, där den största ägaren är den finska staten. Finland är även integrerat i det nordiska synkronområdet tillsammans med Svergie, Norge och östra Danmark. Dessutom har Finland en högspännings likströms eller High Voltage Direct Current (HVDC) förbindelse med Estland. Totalt består Finlands stamnät av mer än 14 000 kilometer kraftledningar och över 120 elstationer.

Enligt Fingrid är stamnätet uppdelat på följande sätt:

- 5400 km kraftledning för 400 kV
- 1000 km kraftledning för 220 kV
- 7600 km kraftledning för 110 kV
- 320 km HVDC-kablar (ägande och förvaltning tillsammans med en motpart)
- Över 120 elstationer.

Alla dessa delar av elnätet är kritiska för att säkerställa en stabil elförsörjning över hela Finland och genom det nordiska synkronområdet möjliggörs en smidig och pålitlig överföring av elektricitet i hela Norden. (Fingrid, 2023)

## 5.2 Distributionsnät

Distributionsnät utgör den sista länken för överföringen av elenergi till elkonsumenten, i Finland är spänningen på dessa nät mellan 0,4 och 110 kV och är uppdelade i olika segment. Dessa segment inkluderar lågspänningsnät (0,4 kV), mellanspänningsnät (20 kV) och högspänningsnät (110 kV). Hushåll är normalt anslutna till lågspänningsnäten och industriområden eller företag med högre energibehov är ofta anslutna till mellanspänningsnäten, men i vissa fall kan de även vara anslutna till högspänningsnätet.

## 6 Planeringsprogram

Flera program har använts i planeringen av, samt utförandet av detta projekt. I detta kapitel presenteras dessa program samt deras ändamål.

### 6.1 Cadmatic

Utvecklingen av Cadmatic's 3D-program påbörjades året 1983 och har under flera års tid ökat funktionaliteten genom förvärvet av olika bolag. Året 2019 förvärvades finska bolaget Kyndata som hade programmet CADS Planner, ett program som Hangö Elektiska har använt för ritandet av elanläggningar och centralscheman.

Nu mera heter programmet Cadmatic Electrical som används för 3D byggnads informationsmodeller (BIM), ritningarna för elanläggningar och centralscheman.



Figur 5. Cadmatic Logo. (Cadmatic, 2024).

## 6.2 Febdok

Febdok är ett program avsett för dimensionering och dokumentation av lågspänningsinstallationer. Dimensionering, dokumentation och kontrollen av skyddet från standardöverensstämmelser i SFS 6000 görs i detta program.



Figur 6. Febdok Logo. (Sähköinfo, 2024).

## 6.3 Dalux

Dalux har utvecklats sedan 2005 för att distribuera 3D BIM för entreprenörer, byggare och konsulter. Plattformen används främst för att dela ut ritningar och 3D BIM till personalen på projekten. Modellerna är samman ordnade med andra företags modeller för att överkomma problem i planerings- och projekteringskedet av projektet.



Figur 7. Dalux Logo. (Dalux, 2024).

## 7 Planering av lågspänningsnät

Lågspänningsnätet matas från en fördelningstransformator, vars vanligaste spänningsomsättning i Finland är 20 kV / 0,4 kV. För laddningsstationerna och centralerna används jordkablar. Laddningsstationerna behöver kablar som klarar av stationens maximala belastning, medan fördelningscentralerna behöver kablar dimensionerade enligt den förväntade belastningen av stationerna.

## 7.1 Planering av laddningsstationer

Man har beslutit med kunden att den större byggnadens parkering skall ha 60 parkeringsplatser med laddningspunkter, samt att det skall finnas möjlighet att bygga ut laddningsinfrastrukturen för ytterligare 60 parkeringsplatser. Man har även beslutit att den mindre byggnaden skall ha lika många parkeringsplatser med laddningspunkter som den större byggnaden, det vill säga 60, och att det skall vara möjligt att bygga ut laddningsinfrastrukturen för 40 parkeringsplatser till. Avslutningsvis har man också planerat en 150kW snabbbladdare vid parkeringen för vardera byggnaden.

För laddningsinfrastrukturen har man beslutit att installera antingen 2 eller 4 laddningspunkter per stolpe, detta effektiviserar arbetet genom att minska mängden stolpar och stationer som skall installeras. Med en bredd på 2,5 m per parkeringsplats skall alltså en stolpe installeras med 5 meters mellanrum. Se Bilaga A

Detta system minimerar användningen av utrymme, effektiviserar kabeldragningen och förkortar tiden det tar för installation av hela laddningsinfrastrukturen. En nackdel är att om det uppstår fel i en kabel eller en laddare, så påverkas flera laddningspunkter samtidigt. Detta kan minska tillgängligheten för laddning, särskilt när parkeringen är full.

Tidigare projekt har använt laddaren Zaptec Pro och planeringen har gått enligt dessa. Laddningsstationen har en laddningspunkt styck och flera stationer bör användas på en stolpe för att få den önskade mängden laddningspunkter. Eftersom projektets kund ingick ett samarbete med företaget Mer, har man från och med februari 2024 beslutat att använda laddningsstationer av modellen Alfen Eve Double Pro-line. Den nya modellen har dubbla laddningspunkter per station jämfört med den gamla, detta ändrar ändå inte på planeringen eller utförandet av lågspänningsnätet.

## 7.2 Dimensionering av kablar

Dimensioneringen av alla kablar sker i Febdok men detta kunde även göras för hand med riktlinjerna från SFS 6000. Belastningsförmågan för jordkablar i rör samt jordkablar utan rör kan hittas från tabell B.52.4 i kolumn D1 respektive kolumn D2, i SFS-handbok 600–1–1:2018:sv eller SFS-handbok 600–1:2022: sv. (SFS, 2018; SFS, 2022).

Dimensionerna på kablarna baserar sig på den totala effekten laddningspunkterna på en stolpe får ta. Effekten per punkt är 11 kW vilket då betyder 22 kW på stolpar med dubbla laddningspunkter eller 44 kW på stolpar med fyra laddningspunkter. Det kan även noteras

att en laddningsstation av modellen Zaptec Pro kan ta upp till 22 kW fastän den endast har en laddningspunkt. Men om två Zaptec Pro laddningsstationer är placerade på samma stolpe kan dessa dra totalt 22 kW tack vare användningen av lastbalansering.

För dubbla laddningspunkter behövs 32A ström för att uppnå en effekt på 22 kW, Febdok har räknat ut att en koppar jordkabel på 4x6/6mm<sup>2</sup> räcker för detta ändamål. För fyra laddningspunkter med en total effekt på 44 kW behövs då 64A men säkringar uppgår till endast 63A eller sedan 80A. I detta fall är kabeln dimensionerad för 63A vilket Febdok ger ut som antingen en jordkabel av koppar på 4x16/16mm<sup>2</sup> eller en jordkabel av aluminium på 4x25al/16cu. Vid tillfället av planeringen var priset på aluminiumkabeln betydligt mycket billigare och därför har denna använts för att spara på materialkostnader.

Dessa kablar skall sedan anslutas till en fördelningscentral som har korrekta säkringarna för kablarna, det vill säga 32A säkringar för dubbla stationer och 63A säkringar för fyra stationer.

Matningskablarna till fördelningscentralerna skall klara cirka 80% av maximala effekten från dessa laddningsstationer, enligt Febdok kan cirka 20 stationer matas med en 4x240al/72cu kabel eller cirka 22 stationer med en 4x300al/88cu kabel. Den tidigare nämnda matningskabeln är billigare, går jämnt ut på stolpar med fyra stationer och används för andra centraler på bygget. Detta gör då 4x240al/72cu kabeln det optimala valet för fördelningscentralerna till laddningsinfrastrukturen. Se Bilaga A

### **7.3 Förväntad belastning från laddningen**

Att räkna ut en exakt belastning på laddningsinfrastrukturen är utmanande, men det är möjligt att göra uppskattningar genom att använda medelvärdet för körsträcka och energiförbrukningen per kilometer från en varierande fordonsflotta. Man kan även ta hänsyn till var arbetstagarna bor.

Medel förbrukningen för elbilar ligger kring 187 Wh/km. Detta ger oss en grundläggande förståelse för energibehovet och kan användas som underlag för att uppskatta laddningsbehovet. (Ev-database, 2024).

Förutom förluster i kablarna måste förlusterna från laddare också beaktas i beräkningarna. I detta fall har förlusterna hämtats från den mest framträdande tillverkarens bil, där det tog 87,868 kWh för att ladda batteriet med 77,702 kWh. Det innebär att förlusterna är 13% i detta fall. (EPA, 2020).

### 7.3.1 Grunduppskattning av förbrukning

Arbetsresor runt om i Finland är i genomsnitt 14,1 km, vilket innebär att finländare åker minst 28,2 km per dag till och från arbetet. För att inkludera en del extra körsträcka kan denna siffra avrundas till 30 km, detta kommer vara basvärdet för uppskattningarna framöver. (Tilastokeskus, 2015).

Med genomsnittlig körning är batterianvändningen 5,61 kWh, ifall arbetstagarna enbart laddar på arbetsplatsen, dock exkluderar detta möjliga extra körningar som skulle påverka den verkliga batterianvändningen.

Med hänsyn till förlusterna från laddaren, uppgår energikonsumtionen till 6,45 kWh. En laddare med effekten på 11 kW skulle det ta cirka 35 minuter att ladda tillbaka den använda kapaciteten.

I de kommande uppskattningsberäkningarna används följande symboler:

- $d$  – distansen
- $E_d$  – energikonsumtionen per km
- $L$  – laddningsförluster
- $E$  – energikonsumtionen
- $T$  – laddningstiden
- $P$  – laddarens effekt.

$$\begin{aligned}
 d &:= 30 \text{ km} & L &:= 15\% \\
 E_d &:= 187 \frac{\text{W} \cdot \text{hr}}{\text{km}} \\
 P &:= 11 \text{ kW} \\
 E &:= d \cdot E_d \cdot (1 + L) = 6.452 \text{ kW} \cdot \text{hr} \\
 T &:= \frac{E}{P} = 0.587 \text{ hr}
 \end{aligned}$$

Figur 8. Grunduppskattning.

$E_d$  beror på bilmodellen, medelhastigheten samt hur chauffören kör, intervallet för detta värde är 139–286 Wh/km. (Ev-database, 2024).

### 7.3.2 Verklig uppskattning

För det aktuella projektet är resan till en större stad en sträcka på 42 km enkel väg, vilket blir totalt 84 km dagligen. Genom att runda upp för extra körning kan vi anta att arbetstagarna kör cirka 90 km per dag till och från arbetsplatsen.

Med en energiförbrukning på 187 Wh per kilometer och en laddningsförlust på 15%, något högre än den ursprungliga uppskattningen för att vara på den säkra sidan, kommer det behövas 19,36 kWh från laddningspunkten under dagen. Detta motsvarar en laddningstid på ungefär en timme och 46 minuter från en laddare med en effekt på 11 kW.

$$\begin{aligned}
 d &:= 90 \text{ km} & L &:= 15\% \\
 E_d &:= 187 \frac{\text{W} \cdot \text{hr}}{\text{km}} \\
 P &:= 11 \text{ kW} \\
 E &:= d \cdot E_d \cdot (1 + L) = 19.355 \text{ kW} \cdot \text{hr} \\
 T &:= \frac{E}{P} = 1.76 \text{ hr}
 \end{aligned}$$

**Figur 9. Verklig uppskattning.**

Antaganden för denna beräkning är att arbetstagaren inte laddar bilen hemma, laddningsförlusterna är enbart 15%, effekten bilen tar från laddningsstationen är konstant 11 kW samt att bilens energiförbrukning är 187 Wh/km.

### 7.3.3 Uppskattning för lastbilar

Lastbilar kör betydligt längre sträckor än personbilar och har en större frontalarea samt lastkapacitet, vilket gör dem mer energikrävande. Den högre energiförbrukningen påverkar batteristorleken, som är flera gånger större än för personbilar för att möta lastbilarnas behov.

Ett exempel är Volvos lastbilar, vars största batterikapacitet är 540 kWh, nästan 7 gånger större än medeltalet för personbilar. Med tanke på hur mycket lastbilarna kör, måste dessa batterier laddas minst en gång om dagen för att upprätthålla räckvidden. Med full last ger detta batteri en räckvidd på cirka 300 km, något som är lätt överkomligt för chaufförerna. (Volvo, 2024).

Enligt Volvo skulle en lastbil med batterikapaciteten på 360 kWh ta cirka 1,5 h att laddas till full kapacitet med en laddare som levererar en konstant effekt på 250 kW. Dessa batterier är så pass stora att de klarar av den konstanta effekten från laddaren under hela laddningsprocessen, till skillnad från personbilar där effekten har en tendens att minska närmare batteriets fulla kapacitet.

Det är också troligt att totala kapaciteten i batterierna begränsas till någonstans mellan 80 och 90% av den maximala kapaciteten för att minska på slitage och bibehålla kapaciteten

över batteriets livslängd. Detta är en vanlig för att förbättra batteriets hållbarhet och prestanda på lång sikt samt för att snabba upp laddningstiden och effektiviteten.

Följande beräkningar är en uppskattning av elförbrukningen av en Volvo FH Aero Electric lastbil. Batteripaketet på 540 kWh har en räckvidd på cirka 300 km med en total vikt på 44 ton, per kilometer är detta 1,8 kWh. Ett antagande är att likströmsriktaren samt kylningen har samma förluster som personbilar på 15%. (Volvo, 2024).

$$d := \begin{bmatrix} 150 \text{ km} \\ 200 \text{ km} \end{bmatrix} \quad L := 15\%$$

$$E_d := 1800 \frac{\text{W} \cdot \text{hr}}{\text{km}}$$

$$P := 150 \text{ kW}$$

$$E := d \cdot E_d \cdot (1 + L) = \begin{bmatrix} 310.5 \\ 414 \end{bmatrix} \text{ kW} \cdot \text{hr}$$

$$T := \frac{E}{P} = \begin{bmatrix} 2.07 \\ 2.76 \end{bmatrix} \text{ hr}$$

**Figur 10. Energiförbrukning, lokala transporter.**

Scenariot ovan är för lokala transporter på 150–200 km körsträckor, i Sverige består 21% av alla lastbilstransporter av dessa. Volvos FH Aero Electric kunde vara en bra kandidat för detta ändamål, även om den typiska totalvikten för dessa transporter är 3,5–16 ton. (Power Circle, 2021).

$$\begin{aligned}
 d &:= \begin{bmatrix} 300 \text{ km} \\ 400 \text{ km} \end{bmatrix} & L &:= 15\% \\
 E_d &:= 1800 \frac{\text{W} \cdot \text{hr}}{\text{km}} \\
 P &:= 150 \text{ kW} \\
 E &:= d \cdot E_d \cdot (1 + L) = \begin{bmatrix} 621 \\ 828 \end{bmatrix} \text{ kW} \cdot \text{hr} \\
 T &:= \frac{E}{P} = \begin{bmatrix} 4.14 \\ 5.52 \end{bmatrix} \text{ hr}
 \end{aligned}$$

**Figur 11. Energiförbrukning, regionala transporter.**

Scenariot ovan är för regionala transporter på 300–400 km körsträckor, i Sverige är dessa transporter en majoritet av alla lastbils transporter på 63%. Volvos FH Aero Electric lastbil kunde möjligen ersätta traditionella lastbilar för dessa sträckor, men det kräver extra planering för att ladda batterierna på vägen. Ifall lastbilarna inte är fullt lastade kan räckvidden på dessa vara tillräcklig. (Power Circle, 2021).

$$\begin{aligned}
 d &:= \begin{bmatrix} 400 \text{ km} \\ 600 \text{ km} \end{bmatrix} & L &:= 15\% \\
 E_d &:= 1800 \frac{\text{W} \cdot \text{hr}}{\text{km}} \\
 P &:= 150 \text{ kW} \\
 E &:= d \cdot E_d \cdot (1 + L) = \begin{bmatrix} 828 \\ 1242 \end{bmatrix} \text{ kW} \cdot \text{hr} \\
 T &:= \frac{E}{P} = \begin{bmatrix} 5.52 \\ 8.28 \end{bmatrix} \text{ hr}
 \end{aligned}$$

**Figur 12. Energiförbrukning, fjärrtransporter.**

Scenariot ovan är för fjärrtransporter på 400–600 km körsträckor, 16% av alla lastbilstransporter i Sverige består av dessa fjärrtransporter. Volvos lastbil i detta scenario hade behövt ladda flera korta laddningar eller behövt en full laddning under dagen, detta vore ineffektivt ifall laddaren inte hade effekter över 350 kW. (Power Circle, 2021).

Med nuvarande laddningsinfrastruktur samt eldrivna lastbilar kan detta scenario inte rekommenderas. Hade batterikapaciteten varit större eller laddningsstationer med tillräckliga effekter varit mera förekommande kunde en rekommendation göras.

## 7.4 Belastningskompensering

Huvudsakliga funktionen av belastningskompensering är att hantera och balansera den ständigt förändrande elektriska belastningen på elanläggningen eller på ett elnät. Syftet är att undvika överbelastning och säkerställa stabiliteten för anläggningen. (NERC, 2021).

En annan funktion av belastningskompensering möjliggör effektivare användning av den tillgängliga elenergin och minimering av förluster. Effektivare användning kunde i detta fall vara exempelvis laddning av elbilar enbart med den solenergi kunden producerar eller laddning medan elpriserna är låga.

Användningen av belastningskompensering blir allt viktigare desto fler laddningsstationer man har. Om man endast har en eller två laddningsstationer har lasten ingen betydande påverkan på elnätet. Men med ett tiotal laddningsstationer kan man påverka stabiliteten av elnätet genom att öka eller minska belastningen från laddningsanläggningen.

Genom att balansera strömförsörjningen mellan laddningsstationerna är det möjligt att minska kabeldimensionerna från fördelningstransformatorn till fördelningscentralen. Med andra ord är det möjligt att dimensionera en kabel för 150A, i stället för 250A, till centralen. Eftersom laddningsstationerna kan öka eller minska belastningen sinsemellan, för att aldrig överskrida kabelns begränsning på 150A. Detta tillvägagångssätt är inte så långsökt om man tar i beaktande att laddningsstationernas användning förväntas vara 28,2% under en 8 timmars arbetsdag.

I beräkningen nedan används följande symboler:

- $E$  – från energiförbrukning i verklig uppskattning
- $P_{max}$  – maximal effekt för en laddningsstation
- $I$  – för olika strömmar
- $I_{max}$  – för den maximala mängden ström som laddningsinfrastrukturen skulle kunna använda
- $T$  – tiden för en normal arbetsdag
- $P$  – effekten för en enskild laddningsstation som funktion av max strömbelastning

Från den slutgiltiga beräkningen får man procentuella användningen av stationen. Detta genom att ta energiförbrukningen dividerat med effekten från laddningsstationen och detta delat med arbetsdagens längd.

$$\begin{array}{ll}
 E := 19.355 \text{ kW} \cdot \text{hr} & I := \begin{bmatrix} 150 \text{ A} \\ 250 \text{ A} \end{bmatrix} \\
 P_{max} := 11 \text{ kW} & T := 8 \text{ hr} \\
 I_{max} := \frac{I}{320 \text{ A}} & P := P_{max} \cdot I_{max} \\
 \frac{\left(\frac{E}{P}\right)}{T} = \begin{bmatrix} 0.469 \\ 0.282 \end{bmatrix}
 \end{array}$$

Figur 13. Laddarens totala användning under en 8 h arbetsdag.

Största delen av belastningskompenseringen görs genom att kommunicera med laddare, som i sin tur kommunicerar med fordonet, detta sker enligt IEC61851 standarden. Men en sak görs också när man installerar flera stationer, detta är rotation av faser. När man roterar faserna flyttas fasföljden med ett steg, exempelvis flyttar man L1-L2-L3 till L3-L1-L2. Men rotationen av faser spelar endast någon roll om man laddar plug-in fordon som använder sig av enfas laddning. Eftersom deras batterier är mindre, vilket gör att likströmsriktaren inte behöver lika stor effekt för att ladda upp batterierna.

Belastningskompensering blir oundvikligt då även lastbilar skall använda laddningsinfrastrukturen. Eftersom belastningen från en lastbils laddningseffekt är så stor och plötslig att den kan destabilisera eller överbelasta elnätet. Belastningskompensering blir också väsentlig i de fall där man vill spara på kostnader genom att använda mindre dimensioner på transformatorer. Eftersom detta kan betyda att man inte har tillräckligt med kapacitet för alla vanliga laddningsstationer samt lastbilars laddningsstationer, vilka orsakar en stor belastning under relativt kort tid. (NERC, 2021)

#### **7.4.1 Solpanelers inverkan**

Energiproduktion från solpaneler blir alltmer förekommande, men är oregelbunden som en energikälla, detta orsakar problem för elnätet eftersom det kan uppstå drastiska svängningar i energiproduktionen. Den normala belastningen på elnätet ökar eller minskar relativt långsamt jämfört med dessa skillnader. (NERC, 2022)

Laddningsinfrastrukturen erbjuder en stor och flexibel belastning på elnätet, vilket kompletterar de stora skillnader i energiproduktionen från solpanelerna. Detta stabiliserar elnätet samt ökar användningen av lokal förnybar energi och minskar överföringsförluster.

För att summera, genom anpassningen av laddningen kan användningen av lokal förnybar energi ökas och stabiliteten av elnätet förbättras.

## **8 Fördelningstransformator**

Transformatorerna dimensioneras enligt den totala belastningen som laddningsinfrastrukturen har, även reservkapacitet för framtida laddningsstationer skall tas i beaktande i denna beräkning. Laddningsstationerna har en fasvinkel mycket nära noll, så för att beräkna skenbara effekten kan  $\cos \varphi = 0,99$  användas. Man bör observera att beräkningar i detta arbete inte är exakta, eftersom man endast snabbt vill visa vad de olika effektbehoven är. Mer djupgående och exakta beräkningar har gjorts i Febdok, av vilka en del tas med som bilagor.

Första transformatorn har totalt 120 laddningspunkter på 11 kW, om alla dessa laddningspunkter används blir de begränsade till max 80% av den effekten. Det finns även en snabbbladdningsstation på 150 kW. Totala effekten för denna transformator blir 1206 kW som i skenbar effekt blir 1218 kVA, transformatorn närmast till denna effekt är 1250 kVA.

$$\begin{aligned}
 L &:= 120 & \phi &:= 0.99 \\
 P &:= 11 \text{ kW} \cdot 80\% & P_S &:= 150 \text{ kW} \\
 P_{tot} &:= L \cdot P + P_S \\
 S &:= \frac{P_{tot}}{\phi} = 1218.182 \text{ kV} \cdot \text{A}
 \end{aligned}$$

Figur 14. Skenbar effekt (förenklad).

Andra transformatorn har totalt 100 laddningspunkter på 11 kW, om alla dessa laddningspunkter används blir de begränsade till max 80% av den effekten. Även här finns en snabbladdningsstation på 150 kW. Totala effekten för denna transformator är 1030 kW som i skenbar effekt blir 1040 kVA, i detta fall är närmaste transformator 1000 kVA. Vi anser detta vara tillräckligt för ändamålet, eftersom en minimal tillfällig effektminskning inte skulle påverka laddningstiden drastiskt mellan alla laddningsstationer.

$$\begin{aligned}
 L &:= 100 & \phi &:= 0.99 \\
 P &:= 11 \text{ kW} \cdot 80\% & P_S &:= 150 \text{ kW} \\
 P_{tot} &:= L \cdot P + P_S \\
 S &:= \frac{P_{tot}}{\phi} = 1040.404 \text{ kV} \cdot \text{A}
 \end{aligned}$$

Figur 15. Skenbar effekt (förenklad).

Transformatorstationen som valdes för transformatorerna ovanför är Elkamos ELMO 1600 KXP, denna station har plats för en transformatorstorlek på max 1600 kVA. På mellanspänningssidan skall en ABB Safering CCV200 installeras som skydd för stationen.

Lågspänningssidan har planerats med ett ställverk med 10 moduler av modellen ABB ZLBM, den här modellen använder NH1 greppsäkringar på 250A för överströmsskydd och kortslutningsskydd för kablarna till fördelningscentralerna.

Se Bilaga C för transformatorstation samt Bilaga B för Febdok beräkningar och linjeschema.

## 8.1 Planering av mellanspänning

Detta examensarbete omfattar inte planeringen av mellanspänningsnätet, men det är fortfarande en viktig del av helheten. Mellanspänningsnätet planerades i samband med alla transformatorstationer för fastigheterna.

## 9 Praktiskt utförande

Alla relevanta ritningar över markarbeten skickades till markentreprenören. Överenskommelsen med markentreprenören är att de gräver ett dike för kablar och rörlägger. De skall även placera fundamenten för laddare och utebelysningen.

Markentreprenören påbörjade våra markarbeten i maj 2023, i första hand omfattade arbetena för det mesta mellanspänningskablar och i andra hand matningskablar för fastigheterna. Laddningsinfrastrukturens markarbeten påbörjades i oktober 2023. Först placerades fundamenten för laddningsstolparna ut och sedan rörlade man från fundamenten till fördelningscentralerna. Kablarna från fördelningstransformatorn till fördelningscentralerna lades runt samma tidpunkt som rören mellan fundamenten och fördelningscentralerna.

Efter att rören till fundamenten blivit färdigt lagda drogs kablarna för laddningsstationerna och sedan installerades både transformatorstationerna och fördelningscentralerna. Därefter blev man tvungen att avvakta vidare arbeten gällande laddningsinfrastrukturen, eftersom betongplattor och asfalt behövde färdigställas innan man kunde fortsätta.

I februari 2024 inledde kunden ett samarbete med företaget Mer. Detta påverkade inte själva planeringsunderlaget, men man var tvungen att beställa en annan typ av laddningsstationer och stolpar. Eftersom beställningarna ändrades ledde detta till förseningar.

Betongplattorna och asfalten blev färdiga i mars 2024, vilket då betydde att man kunde fortsätta arbetet med laddningsinfrastrukturen, det vill säga installation av laddningsstationer och stolpar. Men tyvärr hade dessa ännu inte levererats. Leveransen av laddningsstationer respektive stolpar kom vid slutet av mars 2024.

Installationen av laddningsstationerna påbörjades i början av april 2024, men problem uppstod. En komponent till stolparna hade ännu inte blivit levererad och laddarna passade inte på stolparnas plåtar. Detta eftersom plåtarna egentligen var för en annan typ av laddare. Man var då tvungen att anpassa plåtarna för att rymma laddarna, vilket inverkar på installationen en aning, men det var snabbare än att beställa nya plåtar. Efter detta var

laddningsinfrastrukturen så klar som den kunde bli, i avsaknad av komponenten som inte blivit levererad.

För nuvarande är laddningsstationerna inte spänningssatta eftersom mellanspänningsnätet inte är komplett förrän september 2024, vilket betyder att man varken kan utföra slutmätningar eller besikta installationen.

## **10 Resultat**

Resultatet av arbetet blev en laddningsinfrastruktur som uppfyller kundens alla krav och framtida behov. Men arbetet är inte komplett eftersom slutmätningar och spänningssättning fortfarande kvarstår. Laddningsinfrastrukturen som den är i dagens läge torde ändå vara funktionsduglig.

## **11 Diskussion**

Trots att en del ändringar och problem gällande laddningsstationerna uppstod mot slutet av arbetet, så gick ändå alla steg smidigt till. Samt har planeringen och installeringen av laddningsinfrastruktur i denna skala varit mycket intressant. Slutresultatet av arbetet är något man kan vara stolt över.

En sak som skulle vara intressant är data över hur lastbalanseringen fungerar och hur noggrann den är under en dag med full produktion från anläggningens solpaneler. Det skulle även vara intressant att få data på hur snabbt lastbalanseringen justerar lasten, med tanke på hur oregelbunden elproduktionen från solpanelerna är. Allt detta kan först göras efter september, eftersom det är först då som anläggningen spänningssätts, vilket blir för sent för att komma med i detta examensarbete.

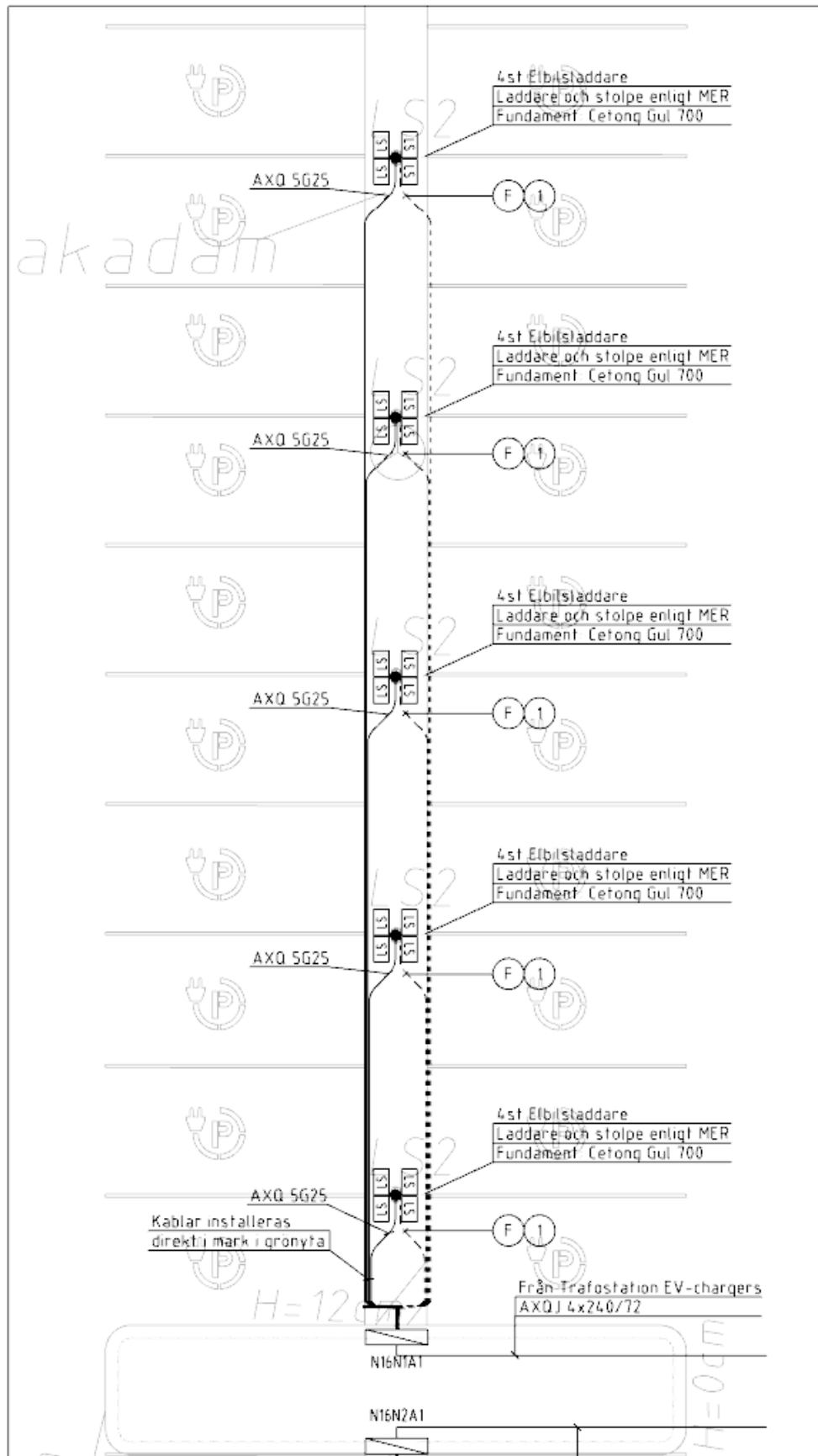
I framtiden skulle det vara lärorikt att planera och installera lastbilsaddare på en större skala, med tanke på effektkraven, lastbalansering och infrastruktur.

## 12 Referenser

- ABB. (2024). *High Power Charging*. Hämtat från ABB: <https://new.abb.com/ev-charging/high-power-charging>
- ACEA. (2023). *Tax benefits and purchase incentives*. Hämtat från ACEA: [https://www.acea.auto/files/Electric\\_cars-Tax\\_benefits\\_purchase\\_incentives\\_2023.pdf](https://www.acea.auto/files/Electric_cars-Tax_benefits_purchase_incentives_2023.pdf)
- ACEA. (den 26 1 2024). *Commercial vehicle registrations 2023*. Hämtat från European Automobile Manufacturers Association: [https://www.acea.auto/files/Press\\_release\\_commercial\\_vehicle\\_registrations\\_2023.pdf](https://www.acea.auto/files/Press_release_commercial_vehicle_registrations_2023.pdf)
- AFIR. (den 14 7 2021). *Directive 2014/94/EU*. Hämtat från EUR-Lex: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=CELEX%3A52021PC0559>
- Cadex. (den 25 10 2021). *Charging Lithium-ion*. Hämtat från Battery University: <https://batteryuniversity.com/article/bu-409-charging-lithium-ion>
- Cadmatic. (2024). *Main page*. Hämtat från Cadmatic: <https://www.cadmatic.com/en/>
- Dalux. (2024). *Main page*. Hämtat från Dalux: <https://www.dalux.com/en-gb/>
- EAF0. (2024a). *Electric vehicle model statistics*. Hämtat från EAF0: <https://alternative-fuels-observatory.ec.europa.eu/policymakers-and-public-authorities/electric-vehicle-model-statistics>
- EAF0. (2024b). *Recharging systems*. Hämtat från European Alternative Fuels Observatory: <https://alternative-fuels-observatory.ec.europa.eu/general-information/recharging-systems> Februari 2024
- EEA. (den 24 10 2023). *New registrations of electric vehicles in Europe*. Hämtat från European Environment Agency: <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/new-registrations-of-electric-vehicles>
- EPA. (den 9 10 2020). Hämtat från EPA: [https://dis.epa.gov/otaqpub/display\\_file.jsp?docid=51303&flag=1](https://dis.epa.gov/otaqpub/display_file.jsp?docid=51303&flag=1)
- Ev-database. (2024). *Energy consumption of full electric vehicles*. Hämtat från Electric Vehicle Database: <https://ev-database.org/cheatsheet/energy-consumption-electric-car-2024>
- Fingrid. (2023). *Finlands elsystem*. Hämtat från Fingrid: <https://www.fingrid.fi/sv/grid/stamnatet-och-dess-utveckling/finlands-elsystem/>
- Hangö Elektriska. (2024). *Om företaget*. Hämtat från Hangö Elektriska: <https://www.hangonsahko.fi/sv/foretag>
- Kempower. (2024). *Mega satellite*. Hämtat från Kempower: <https://kempower.com/solution/kempower-mega-satellite/>

- NERC. (2021). *Balancing and Frequency Control*. Atlanta: NERC. Hämtat från [https://www.nerc.com/comm/OC/ReferenceDocumentsDL/Reference\\_Document\\_NERC\\_Balancing\\_and\\_Frequency\\_Control.pdf](https://www.nerc.com/comm/OC/ReferenceDocumentsDL/Reference_Document_NERC_Balancing_and_Frequency_Control.pdf) 2023
- NERC. (2022). *Odessa Disturbance*. Atlanta: NERC. Hämtat från [https://www.nerc.com/comm/RSTC\\_Reliability\\_Guidelines/NERC\\_2022\\_Odessa\\_Disturbance\\_Report%20\(1\).pdf](https://www.nerc.com/comm/RSTC_Reliability_Guidelines/NERC_2022_Odessa_Disturbance_Report%20(1).pdf)
- Power Circle. (2021). *Elektrifiering och laddning av tunga transporter*. Power Circle. Hämtat från <https://powercircle.org/elektrifieradelastbilar.pdf>
- Sähköinfo. (2024). *Febdok*. Hämtat från Sähköinfo: <https://severi.sahkoinfo.fi/Software/Febdok>
- SFS. (2018). *SFS-handbok 600-1-1:2018:sv*. Helsingfors: SFS.
- SFS. (2022). *SFS-handbok 600-1:2022:sv*. Helsingfors: SFS.
- Tilastokeskus. (2015). *Keskimääräinen työmatka 2015*. Hämtat från Tilastokeskus: [https://www.stat.fi/til/tyokay/2015/03/tyokay\\_2015\\_03\\_2017-09-27\\_tau\\_002\\_fi.html](https://www.stat.fi/til/tyokay/2015/03/tyokay_2015_03_2017-09-27_tau_002_fi.html)
- Volvo. (2024). *Electric trucks*. Hämtat från Volvo Trucks: <https://www.volvotrucks.com/en-en/trucks/electric.html>

# Bilaga A



Detalj J





## Beräkningsresultat

Grupp nr. 1

Fördelning	: N15N1A1	Fördelningstyp	: TN-S
Lastbeskrivning	: Elbilsladdning väst om WH1 längst upp Inget jordtag		
Märkspänning	: 400 V	Antal faser	: 3
Lastström	: 245,40 A	Faskoppling	: L1-L2-L3-N
Cos phi	: 1	Temperatur i fördelning	: 30 °C
Märkeffekt, Pn	: 170,000 kW	Grupp nr matning	:
Märkeffekt, Sn	: 170,000 kVA	Z <sub>s</sub>	: 0,0589 [Ω]
Sammanlagd ström	: L1: 32,00 A	L2: 32,00 A	L3: 32,00 A N: 0,00 A
Total förlust nedströms	: 0,664 [kW]		
	:		

Spänningsfall totalt	: 7,2 V	1,79 %	Polspänning	: 392,8 V
...till sista fördelning	: 0,0 V	0,00 %		
...över sista Kabel	: 4,9 V	2,11 %	Maximal längd	: 184,5 m

Kabel	:			
Kabeltyp/-Ledarlösning	: AXQJ 4x240/72 Al			
Förläggning	: D1			
Omgivningstemperatur	: 20,0 °C	Ingen parallell grupp		
Kabellängd	: 110,0 m	Egen korrektionsfaktor	1	
Förlust i kabel	: 3184,89 W	28,95 W/m		
Strömförmåga	: 265,70 A	Lastström i kabel	245,40 A	

Kombinerat skydd, märkning	:			
Fabrikat	: SIBA	Artikel nummer	:	
Brytarenhet	: 2000413_GG_500V_2	Iu: 250 A / EAN-nummer	:	
Utlösarenhet	: 2000413.250_GG_500V_250A_2	Brytförmåga	: 120,00 kA Ic	
Märkström	: 250,00 A	1p I2-värde	: 375,00 A	
		I5-(Im-) värde	:	
Kabel, största längd som ger utkoppling vid jordfel inom tillåten tid				: 271,8 m

## Beräkningsresultat

Grupp nr. 1

Variabel last	: FEBDOK_39		
Lastbeskrivning	:		
	: Inget jordtag		
Märkspänning	: 400 V	Antal faser	: 3
Lastström	: 32,00 A	Faskoppling	: L1-L2-L3-N
Cos phi	: 0.9		
Märkeffekt, Pn	: 19,980 kW	Utnyttjandegrad	: 1
Märkeffekt, Sn	: 22,200 kVA	Sammanlagringsfaktor	: 1
		Z <sub>s</sub>	: 0,532 [Ω]

Spänningsfall totalt	: 16,7 V	4,16 %	Polspänning	: 383,3 V
...till sista fördelning	: 7,2 V	1,79 %		
...över sista Kabel	: 6,0 V	2,59 %	Maximal längd	: 97,8 m

Kabel	: LADDSTOLPPE LÄNGST BORT		
Kabeltyp/-Ledarlösning	: FXQ Easy 5G6 Cu		
Förläggning	: D2		
Omgivningstemperatur	: 20,0 °C	Ingen parallell grupp	
Kabellängd	: 55,0 m	Egen korrektionsfaktor	1
Förlust i kabel	: 663,56 W 12,06 W/m		
Strömförmåga	: 49,00 A	Lastström i kabel	32,00 A

Kombinerat skydd, märkning	:		
Fabrikat	: IEC	Artikel nummer	:
Brytarenhet	: IEC_gG Iu: 32 A / B	EAN-nummer	:
Utlösarenhet	: 32A	Brytförmåga	: 120,00 kA Ic
Märkström	: 32,00 A	1p I2-värde	: 51,20 A
		I5-(Im-) värde	:
Kabel, största längd som ger utkoppling vid jordfel inom tillåten tid			: 141,9 m

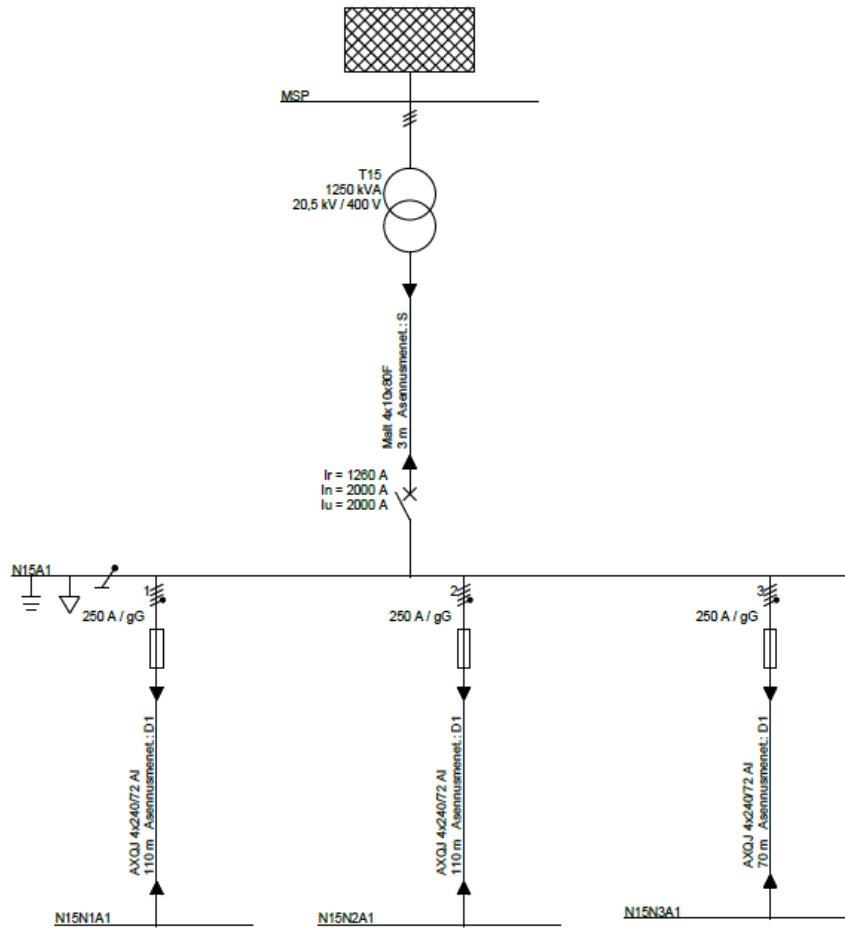
# Bilaga B

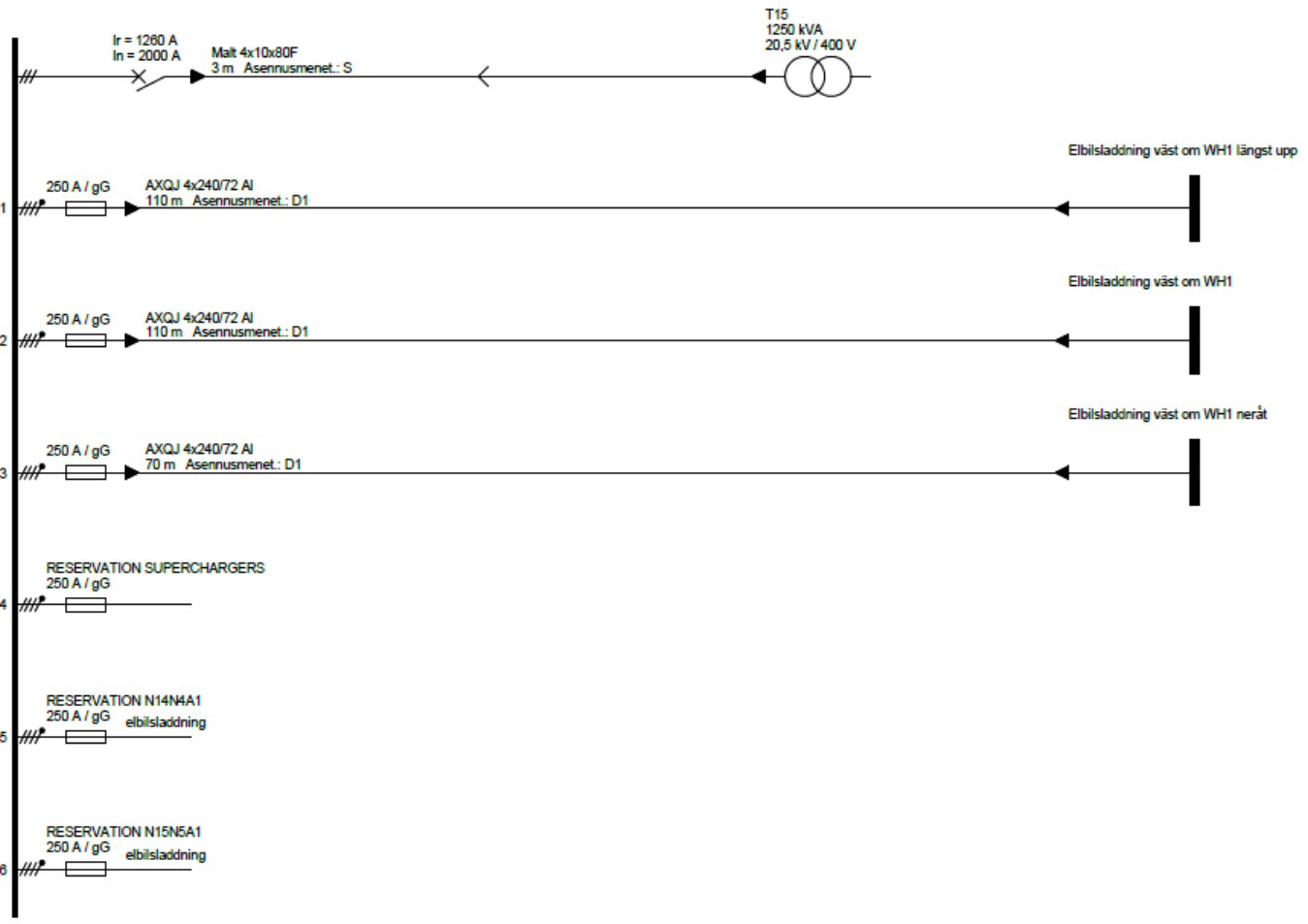
## Huvuddata

Data för transformatorfördelningen	
Identifikation	N15A1
Lastbeskrivning	T15
Dim. villkor	SS 4364000:2017
Fördelningssystem / Systemspänning	TN-S / 400 [V]
Nätfrekvens	50 Hz
Antal faser	3
Faskoppling	L1-L2-L3-N
Dimensionerande lastström	0,00 A
Temperatur i fördelning	30,00 °C
Behörig person	Behörig person
Jordning/Utjämning	Ospecificerad / Utjämning
Sammanlagrad ström [A]	L1: 96,0 L2: 96,0 L3: 96,0 N: 0,0
Summa förlust [kW]	10,50

Spänningsfall	
Aktuell spänning vid startpunkt	20500 V
Gränsvärde spänningsfall totalt	6 %
Gränsvärde spänningsfall till "sista" fördelning	3 %
Spänningsfall till fördelning beräknas med basis av dimensionerande belastningsström i fördelningen	

Data för fördelningsnätet före fördelningstransformator(er)			
Nätspänning	: 20,5	kV	
Max kortslutningseffekt	: 300,0	MVA	I <sub>kmax</sub> : 9,294 kA
Min kortslutningseffekt	: 150,0	MVA	I <sub>kmin</sub> : 4,225 kA
Referens nätagare	:		Datum angett :

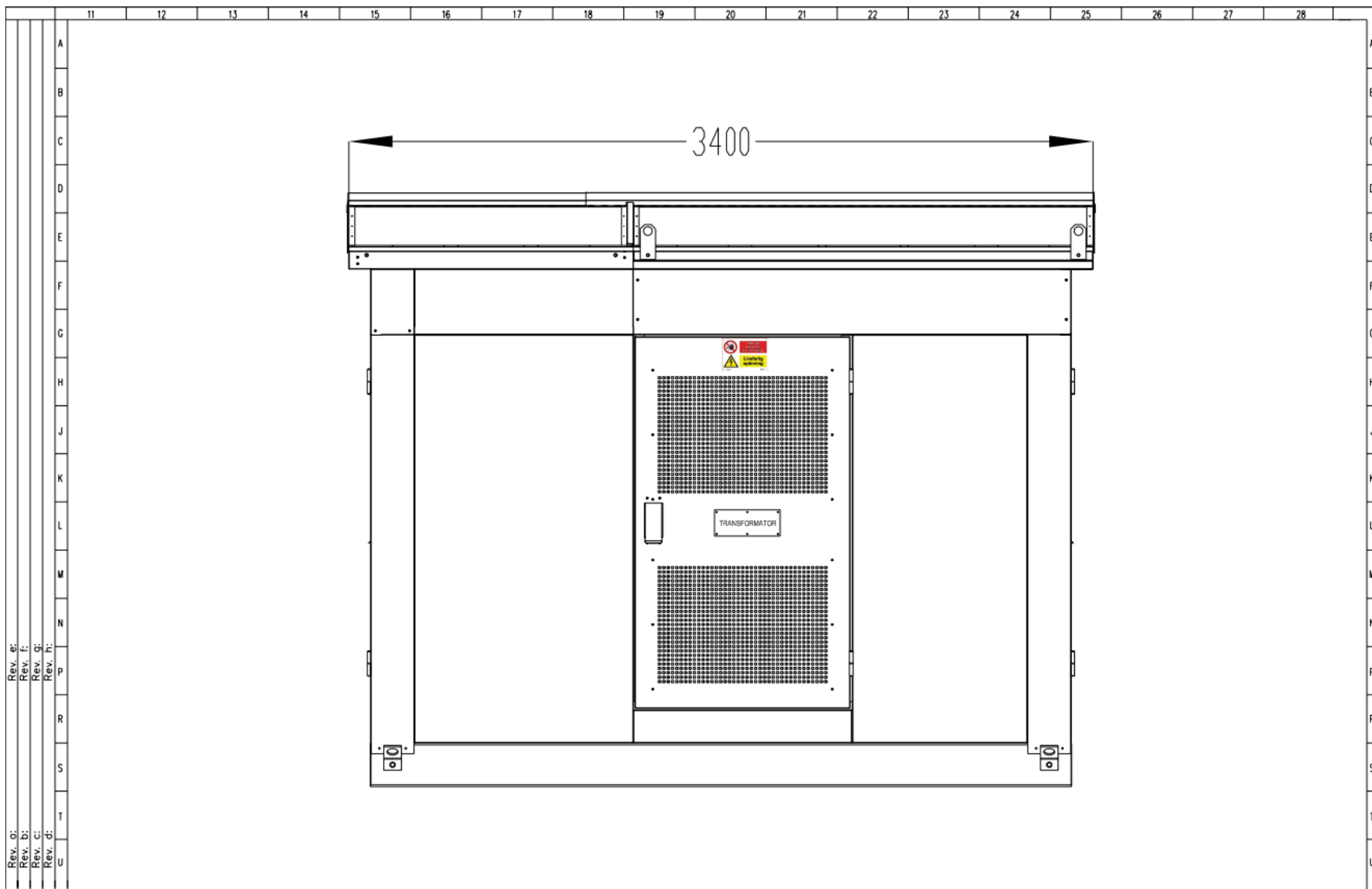




## Detaljerad Gruppförteckning

Behörig person		Maximala felströmmar och impedanser i			Fördelning			Minimala felströmmar och impedanser i			Fördelning		
Fördelningstyp: TN-S		$I_{k3pmax}$ [kA] : 29,486	$\cos \phi$ : 0,15	R+ [Ω] : 0,0013	$I_{k3pmin}$ [kA] : 22,712	$\cos \phi$ : 0,15	R+ [Ω] : 0,0014						
Jordelektrod: Ospecificerad		$I_{k2pmax}$ [kA] : 25,536	$\cos \phi$ : 0,15	X+ [Ω] : 0,0085	$I_{k2pmin}$ [kA] : 19,669	$\cos \phi$ : 0,15	X+ [Ω] : 0,0090						
Utjämningsförbindelser		$I_{k1pmax}$ [kA] : 28,380	$\cos \phi$ : 0,15	$R_{0N}$ [Ω] : 0,0016	$I_{k1pmin}$ [kA] : 22,318	$\cos \phi$ : 0,16	$R_{0N}$ [Ω] : 0,0017						
Sammanlagrad ström [A]: L1: 96,00 A L2: 96,00 A L3: 96,00 A N: 0,00 A		$I_{fmax}$ [kA] : 28,380	$\cos \phi$ : 0,15	$X_{0N}$ [Ω] : 0,0095 $R_{0PE}$ [Ω] : 0,0016 $X_{0PE}$ [Ω] : 0,0100	$I_{fmin}$ [kA] : 22,318	$\cos \phi$ : 0,16	$X_{0N}$ [Ω] : 0,0095 $R_{0PE}$ [Ω] : 0,0017 $X_{0PE}$ [Ω] : 0,0100	$Z_s$ [Ω] : 0,0093					
Grupp nr.	Identifikation Lastbeskrivning Jordning/Utjämnning	Lasttyp Faskoppling Fördelningstyp	Kabelmärkning Kabeltyp/-Ledarlösning Förläggning	Längd [m]	$k_t$ $k_p$ $k_f$	$I_z$ [A] $I_b$ [A] $\Delta U$ [%]	Utrustning	$I_{kmax}$ [kA] $I_{kmin}$ [kA] $I_{jmin}$ [kA]	Skyddets Id Fabrikat Typ	$I_N$ [A] $I_c$ [kA] $I_{Im}$ [m]			
1	N15N1A1 Elbilsladdning väst om WH1 längst upp	Fördelning L1-L2-L3-N TN-S	AXQJ 4x240/72 Al D1	110	1,00 1,00 1,00	265,70 245,40 1,79		29,486 4,268 3,264	SIBA 2000413_GG_500V_2 250 A	250 120 271,8	1p Ic		
2	N15N2A1 Elbilsladdning väst om WH1	Fördelning L1-L2-L3-N TN-S	AXQJ 4x240/72 Al D1	110	1,00 1,00 1,00	265,70 245,40 1,79		29,486 4,268 3,264	SIBA 2000413_GG_500V_2 250 A	250 120 271,8	1p Ic		
3	N15N3A1 Elbilsladdning väst om WH1 neråt	Fördelning L1-L2-L3-N TN-S	AXQJ 4x240/72 Al D1	70	1,00 1,00 1,00	265,70 245,40 1,14		29,486 6,220 4,934	SIBA 2000413_GG_500V_2 250 A	250 120 271,8	1p Ic		
4		Reservgrupp L1-L2-L3-N						29,486 19,669 22,318	RESERVATION SUPERCHARG SIBA 2000413_GG_500V_2 250 A	250 120 0,0	1p Ic		
5	elbilsladdning	Reservgrupp L1-L2-L3-N						29,486 19,669 22,318	RESERVATION N14N4A1 SIBA 2000413_GG_500V_2 250 A	250 120 0,0	1p Ic		
6	elbilsladdning	Reservgrupp L1-L2-L3-N						29,486 19,669 22,318	RESERVATION N15N5A1 SIBA 2000413_GG_500V_2 250 A	250 120 0,0	1p Ic		

# Bilaga C



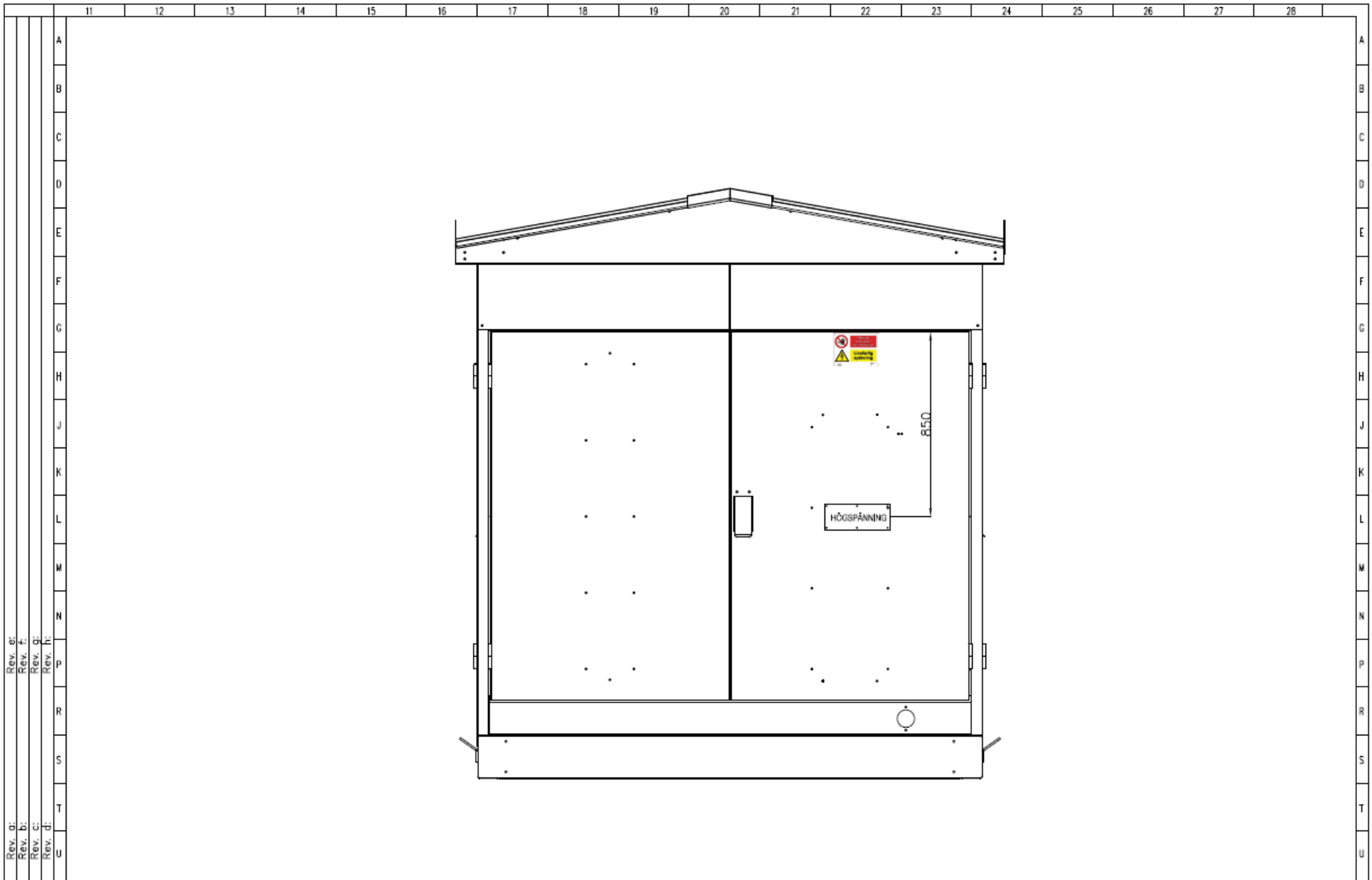
Rev. a:  
Rev. b:  
Rev. c:  
Rev. d:  
Rev. e:  
Rev. f:  
Rev. g:  
Rev. h:  
Rev. i:



Date  
Datum 2.10.2023  
Designer  
Planerare TO  
Checker  
Granskare  
Approver  
Godkännare

N16A1  
ELMO 1600 KXP

LSP del				MSP del				Drw. no. Ritn.nr.	
Typ	KKBM	Un	400 V	Typ	ABB	Un	24 kV	Work no. Arb.nr.	
InA	2000	Icw(1s)	36 kA	In	630 A	Icw(1s)	16 kA	Page	1
IP	20	Ipk	80 kA	IP	20	Ipk	40 kA	Scale	1:20 A3
								REV.	

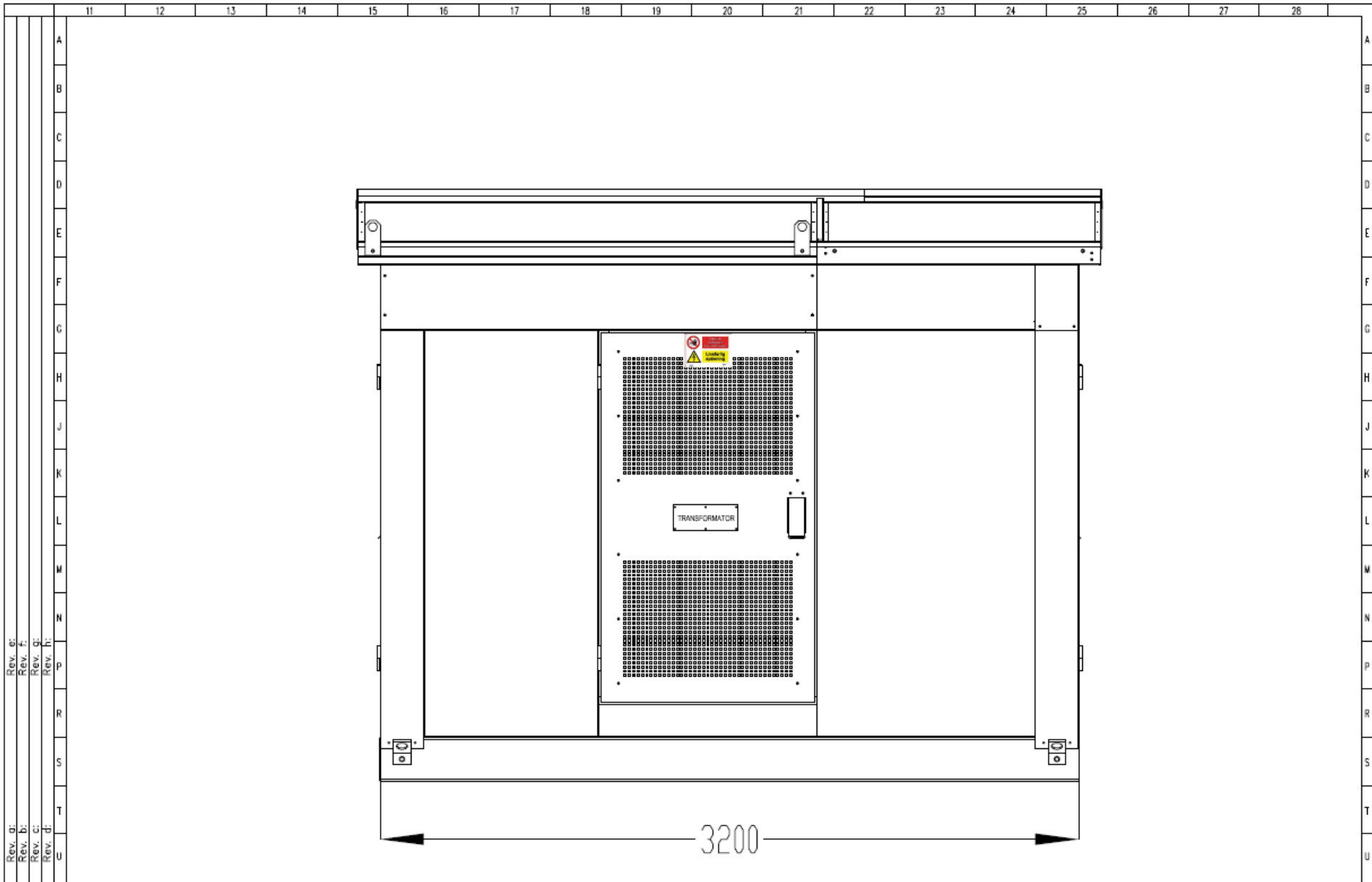


Rev. a:  
 Rev. b:  
 Rev. c:  
 Rev. d:  
 Rev. e:  
 Rev. f:  
 Rev. g:  
 Rev. h:  
 Rev. i:  
 Rev. j:  
 Rev. k:  
 Rev. l:  
 Rev. m:  
 Rev. n:  
 Rev. o:  
 Rev. p:  
 Rev. q:  
 Rev. r:  
 Rev. s:  
 Rev. t:  
 Rev. u:

	Date Datum	2.10.2023
	Designer Planerare	TO
	Checker Granskare	
	Approver Godkännare	

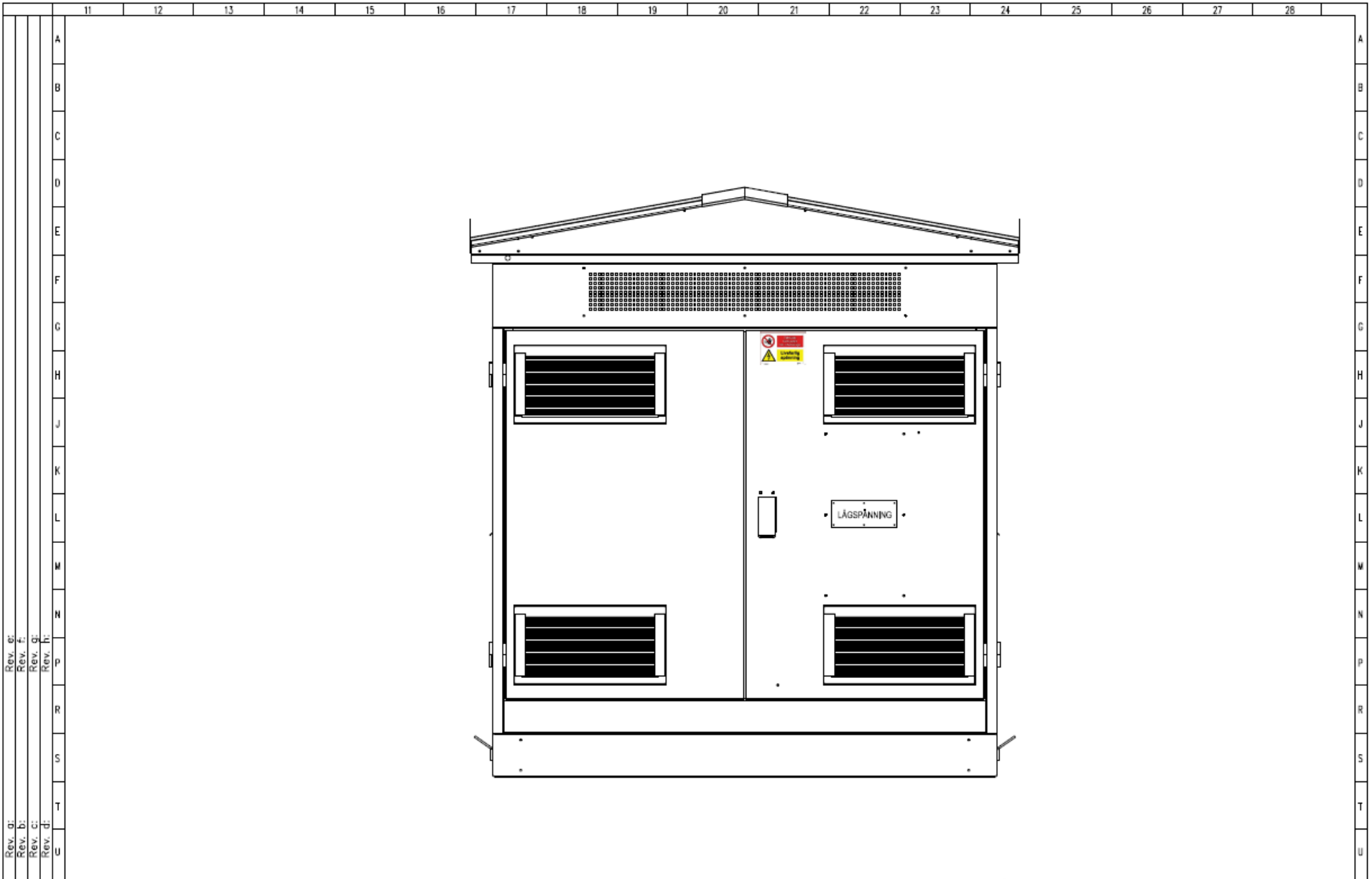
N16A1  
 ELMO 1600 KXP

LSP del			MSP del			Drw. no. Ritm. nr.	
Typ	KKBM	Un 400 V	Typ	ABB	Un 24 kV	Work no. Arb. nr.	
InA	2000	Icw(1s) 36 kA	In	630 A	Icw(1s) 16 kA	Page blad	2
IP	20	Ipk 80 kA	IP	20	Ipk 40 kA	Scale Skala	1:20 A3
						REV.	



Rev. A:  
 Rev. B:  
 Rev. C:  
 Rev. D:  
 Rev. E:  
 Rev. F:  
 Rev. G:  
 Rev. H:  
 Rev. I:  
 Rev. J:  
 Rev. K:  
 Rev. L:  
 Rev. M:  
 Rev. N:  
 Rev. O:  
 Rev. P:  
 Rev. Q:  
 Rev. R:  
 Rev. S:  
 Rev. T:  
 Rev. U:

	Date	2.10.2023	LSP del		MSP del		Drw. no.			
	Designer	TO	Typ	KKBM	Un	400 V	Typ	ABB	Un	24 kV
	Checker	Granskare	InA	2000	Icw(1s)	36 kA	In	630 A	Icw(1s)	16 kA
	Approver	Godkännare	IP	20	Ipk	80 kA	IP	20	Ipk	40 kA
			N16A1				Work no.			
			ELMO 1600 KXP				Arb. nr.			
							Page	3		
							Blad			
							Scale	1:20 A3		
							REV.			

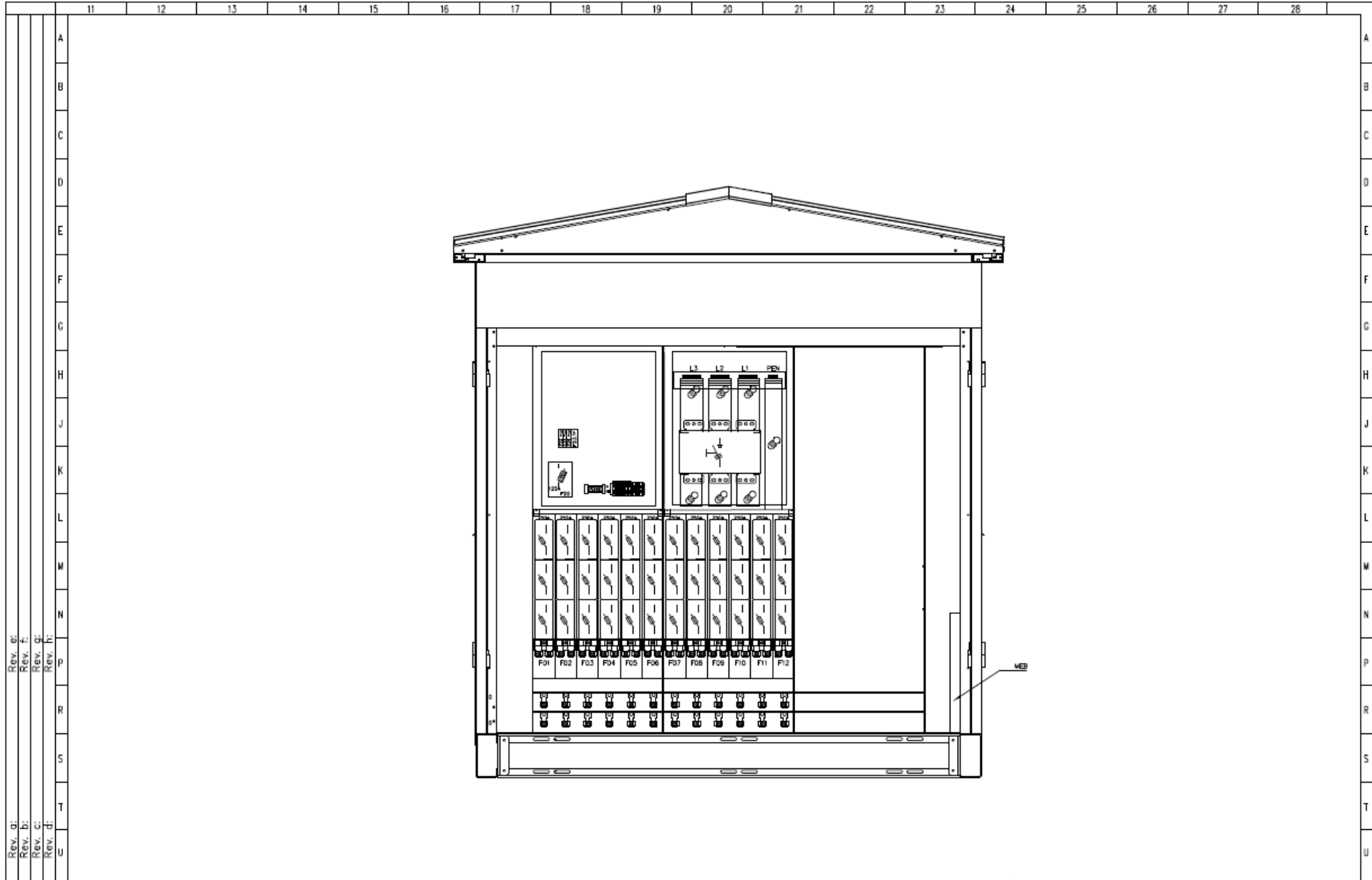


Rev. g:  
Rev. f:  
Rev. e:  
Rev. d:  
Rev. c:  
Rev. b:  
Rev. a:

	Date Datum	2.10.2023
	Designer Planerare	TO
	Checker Granskare	
	Approver Godkännare	

N16A1  
ELMO 1600 KXP

LSP del				MSP del				Drw. no. Ritm. nr.	
Typ	KKBM	Un	400 V	Typ	ABB	Un	24 kV	Work no. Arb. nr.	
InA	2000	Icw(1s)	36 kA	In	630 A	Icw(1s)	16 kA	Page Blad	4
IP	20	Ipk	80 kA	IP	20	Ipk	40 kA	Scale Skala	1:20 A3
								REV.	



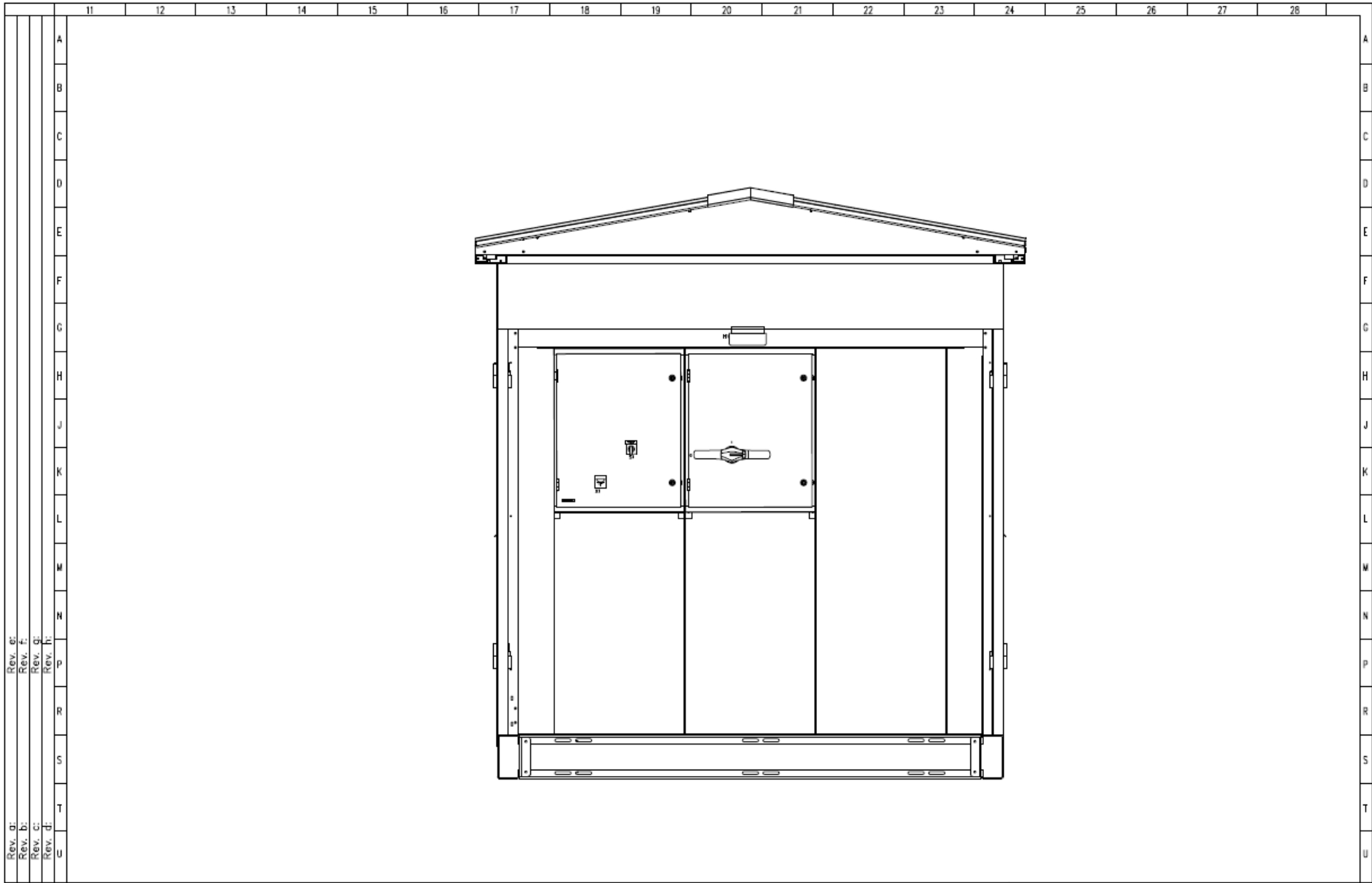
Rev. a:  
Rev. b:  
Rev. c:  
Rev. d:  
Rev. e:  
Rev. f:  
Rev. g:  
Rev. h:



Date  
Datum 2.10.2023  
Designer  
Planerare TO  
Checker  
Granskare  
Approver  
Godkännare

N16A1  
ELMO 1600 KXP

LSP del			MSP del			Drw. no. Ritn.nr.	
Typ	KKBM	Un 400 V	Typ	ABB	Un 24 kV	Work no.	
InA	2000	Icw(1s) 36 kA	In	630 A	Icw(1s) 16 kA	Page	5
IP	20	Ipk 80 kA	IP	20	Ipk 40 kA	Scale	1:20 A3
						REV.	

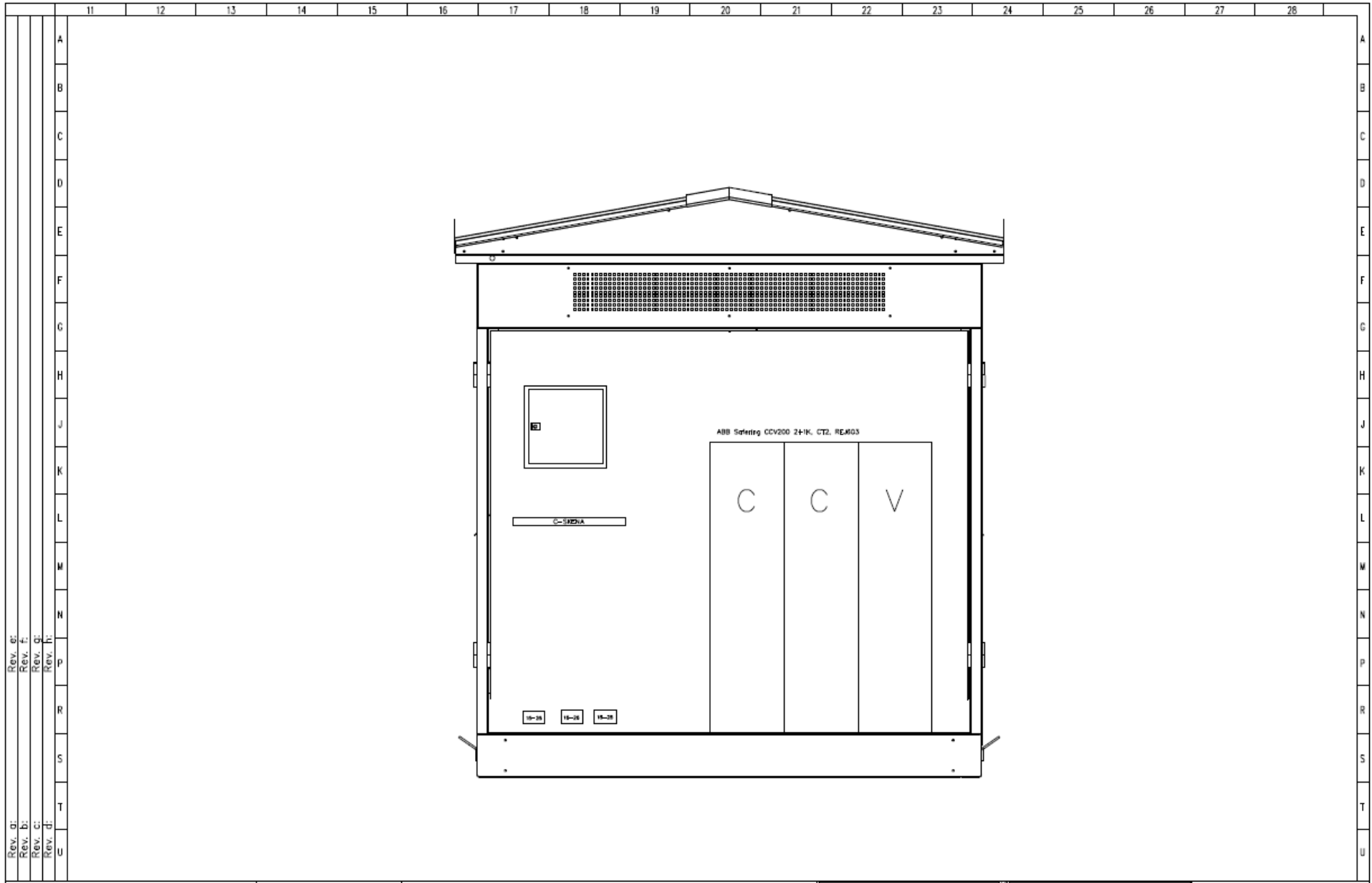


Rev. d:  
 Rev. c:  
 Rev. b:  
 Rev. a:

	Date Datum	2.10.2023
	Designer Planerare	TO
	Checker Granskare	
	Approver Godkännare	

N16A1  
ELMO 1600 KXP

LSP del			MSP del			Dra. no. Ritn. nr.	
Typ	KKBM	Un 400 V	Typ	ABB	Un 24 kV	Work no. Arb.nr.	
InA	2000	lcw(1s) 36 kA	In	630 A	lcw(1s) 16 kA	Page	6
IP	20	lpk 80 kA	IP	20	lpk 40 kA	Blad	
						Scale	1:20 A3
						REV.	



Rev. a:  
 Rev. b:  
 Rev. c:  
 Rev. d:  
 Rev. e:  
 Rev. f:  
 Rev. g:  
 Rev. h:  
 Rev. i:  
 Rev. j:  
 Rev. k:  
 Rev. l:  
 Rev. m:  
 Rev. n:  
 Rev. o:  
 Rev. p:  
 Rev. q:  
 Rev. r:  
 Rev. s:  
 Rev. t:  
 Rev. u:



Date	2.10.2023
Designer	TO
Planerare	TO
Checker	
Granskare	
Approver	
Godkännare	

N16A1  
ELMO 1600 KXP

LSP del				MSP del				Drw. no. Rikt.nr.	
Typ	KKBM	Un	400 V	Typ	ABB	Un	24 kV	Work no.	
InA	2000	lcw(1s)	36 kA	In	630 A	lcw(1s)	16 kA	Page	7
IP	20	lpk	80 kA	IP	20	lpk	40 kA	Scale	1:20 A3
								REV.	