

Kolmivaihevirta estradivalaisussa

- Case "Vihan päivät 1918"



Tampereen ammattikorkeakoulu
Viestinnän koulutusohjelman tutkintotyö
Valoilmaisu
Toukokuu 2009
Jouni Lindgren

OPINNÄYTTEEN TIIVISTELMÄ

Jouni Lindgren

Kolmivaihevirta estradivalaisussa - Case "Vihan päivät" -

Toukokuu 2009

47 sivua

Tampereen ammattikorkeakoulu

Viestinnän koulutusohjelma

Valoilmaisu

Lopputyön muoto: Kirjallinen / mediateko

Lopputyön ohjaaja: Eero Pölönen

Avainsanat: Kolmivaihevirta, kolmivaihesähkö, voimavirta,
järjestelmäsuunnittelu, Vihan päivät 1918

Tässä opinnäytetyössä käsitellään sähkön syntyä ja kolmivaihevirtaa. Työssä käydään hyvin suurpiirteisesti läpi sähköverkon osat ja kerrotaan niiden merkityksestä keikkaluonteiselle järjestelmäsuunnittelulle. Esimerkki tapauksena käytetään Vihan päivät 1918 -esityksen järjestelmäsuunnittelua.

THESIS SUMMARY

Jouni Lindgren

Three phase current on stage lighting - Case "Vihan päivät" -

May 2009

47 pages

TAMK University of Applied Sciences

Media programme

Area of specialisation: Lighting design

Form: Project / written

Thesis supervisor: Eero Pölönen

Keywords: Three phase current, system planning, Vihan päivät 1918

This diploma is telling about three phase current and system planning wiewpoint of stage lighting. "Vihan päivät 1918" -show will be used as example.

Sisällys

1	Johdanto	6
2	Kolmivaihevirta	7
	2.1 Mitä sähkö on ?	7
	2.2 Kolmivaiheisen vaihtovirtageneraattorin toimintaperiaate 8	
	2.3 Kolmivaihejärjestelmä ja avoin kolmivaihejärjestelmä	9
3	Sähkön tuotanto ja jakelu Suomessa	11
	3.1 Kiinteistöjen sähkökeskukset	12
4	Huomionarvoisia seikkoja keikkaolosuhteissa	14
	4.1 Tehon laskukaava	16
	4.2 Vaihekohtaisen kuormituksen laskeminen	16
	4.3 Johtimien värikoodit ja ristiinkytketyt jatkojohdot	17
	4,4 Ristiinkytketyn jatkojohdon seuraukset	19
	4.5 Kuinka himmentimet purkavat vaiheet	21
	4.6 Vaihekuorman laskeminen himmentimessä	21
	4.7 Himmentimien ohjauselektroniiikan käyttö sähkö.....	23
5. Case	"Vihan päivät 1918"	
	5.1 Kuinka päädyin Vihan päivien valomestariksi	23
	5.2 Vuoroin vieraisa, valosuunnittelija ja valomestari.....	24
	5.3 Millainen esitys Vihan päivät 1918 oli ?	24
	5.4 Ennakkosuunnittelu	27
	5.5 Sähkön riittävyys	28
	5.6 Vaiheiden tasapainotus	29
	5.7 Vaihtuvat himmentimet ja muut muutokset	30

5.8 Onnistunut tekninen ennakkosuunnittelu	30
5.9 Vihan päivät 1918 lukuina, eli suurpiirteinen kalustolista	32
6. Yhteenveto.....	33
Lähteet	34

1 Johdanto

Sähkö on nykyaikaisessa valaisussa aivan yhtä tärkeä elementti kuin itse valaisinkin. Ei sähköä – ei valoa. Liian vähän sähköä – liian vähän valoa. Sähkön määrä ei saisi olla valosuunnitteluun vaikuttava tekijä mutta aivan liian usein se on tilapäisissä esitystiloiissa eniten valaisua eli toisin sanoen valonheitinten määrää rajoittava tekijä. Varsinkin siksi, että sähköä tuntuu aina olevan liian vähän. Valmiin keikkasetin valaisimia on harvoin mahdollista vaihtaa kesken kiertueen esimerkiksi vähemmän sähköä kuluttaviin led-valaisimiin. Silloin on yleensä tarkoituksenmukaista ottaa olemassa olevista sähkösyötöistä niin sanotusti kaikki irti järkevän järjestelmäsuunnittelun avulla.

Tämä tutkintotyö keskittyy sähkö- ja järjestelmäsuunnittelun kannalta merkityksellisiin seikkoihin estradivalaisussa. Tarkoitus on selvittää sähkön signaalitie sen syntypaikasta generaattorilta himmentimeen ja siitä edelleen valonheittimelle. Tästä signaalitiestä käydään kuitenkin läpi vain ne komponentit, jotka ovat valaisijan kannalta oleellisia ja joihin on mahdollista vaikuttaa. Tästä työstä on eniten hyötyä henkilöille, jotka ovat tekemisissä sähkönjakelun, keikkaluontoisen järjestelmäsuunnittelun ja tehonlaskennan kanssa.

Kiinnostuin valojen tekemisestä yläaste- ja lukioakana. Törmäsin kuitenkin hyvin äkkiä sellaiseen ongelmaan etten ymmärtänyt miten kolmivaihevirta toimii. En osannut laskea himmentimen kuormitusta ja koko termi kolmivaihevirta tuntui täydeltä mysteeriltä. Kuormien laskeminen tuntui erityisen vaikealta, koska himmentimen perään kytketyt lamput tuntuivat ”hukkaavan” osan tehostaan. Jostain syystä sulakkeet eivät palaneetkaan, vaikka himmenninkanavien yhteenlaskettu kuorma oli suurempi kuin sulakkeet sallivat.

On ylipäättään aika hassua, että käytämme sähköä päivittäin mutta harvoin tulee ajateltua miten se on syntynyt saatikka sitä miten se on sinne pistorasiaan joutunut. Itseäni on aina kiinnostanut kuinka sähkö toimii. Kiinnostusta on ruokkinut myös se, että vaikka sähkö periaatteessa on suhteellisen yksinkertainen ilmiö, niin välillä näiden asioiden kanssa tuntee olevansa todella solmussa ja ymmällään. Toivon, että tämä työ avaa lukijoiltaan ainakin ne samat solmut, joita itselläni on ollut.

2 Kolmivaihevirta

Kolmivaihevirrasta käytetään puhekielessä myös ilmaisuja voimavirta ja kolmivaihesähkö. Ennen kolmivaihevirran selittämistä on järkevää lähteä liikkeelle siitä mitä sähkö on.

2.1 Mitä sähkö on ?

Luonnossa kaikki aineet muodostuvat atomeista, jotka sisältävät elektroneja (-) ja protoneja (+). Jos kappale sisältää normaalia enemmän elektroneja, sillä on negatiivinen (-) sähkövaraus. Positiivisesti (+) varautuneella kappaleella on normaalia vähemmän elektroneja.

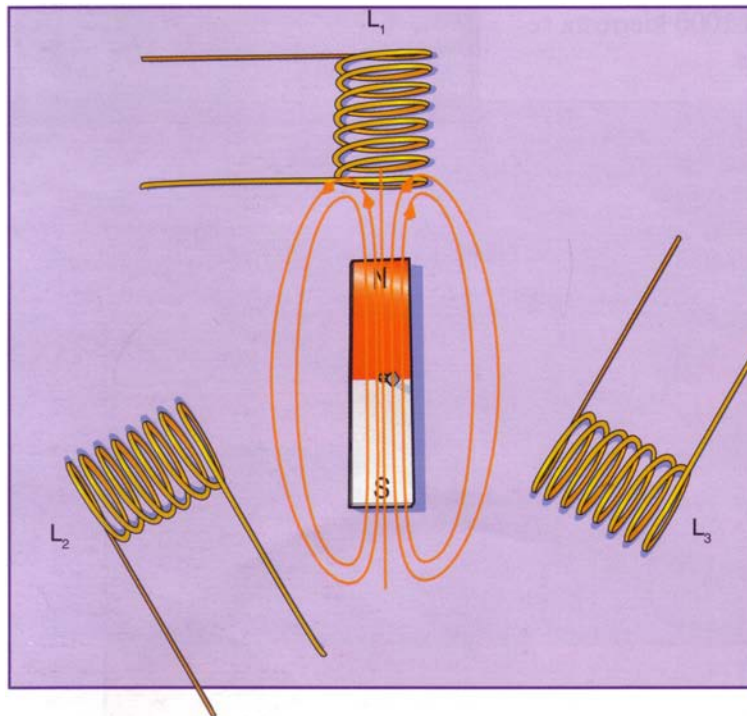
Luonnossa elektronien erilaiset määrät eri kappaleissa pyrkivät tasoittumaan, niin että elektronit lähtevät liikkeelle. Tämä elektronien liike on sähkövirtaa, jota me voimme käyttää hyväksi.

Vesi ei voi virrata astiasta toiseen, ellei vesipintojen välillä ole korkeuseroa. Sähkökään ei voi virrata johtimessa paikasta toiseen, jollei näiden paikkojen välillä ole jännitettä. Sähköstä puhuttaessa vesi korvataan varatuilla hiukkasilla eli vaikkapa elektroneilla. Johtimen päiden välille kytketty jännite pakottaa johtimessa olevat elektronit liikkeelle ja syntyy sähkövirta. Perusedellytys sähkövirran syntymiselle on, että johtimen päiden välillä on sähkökenttä. Kentän voimakkuutta kuvaa jännitteen suuruus. Mitä suurempi on jännite, sitä suuremmalla voimalla se vaikuttaa elektroneihin ja sitä suuremman sähkövirran se aiheuttaa samassa johtimessa (Toivonen & Vainionpää 1998).

Voimme käyttää esimerkiksi generaattoria luodaksemme potentiaaliero kahden eri pisteen välille. Kun yhdistämme nämä pisteet johtimella, alkavat elektronit virrata johtimessa ylijäämäisestä pisteestä kohti alijäämää. Tätä elektronien liikettä kutsutaan sähkövirraksi. Useimmiten käytetyt generaattorit ovat vaihtovirtageneraattoreita ja niillä synnytettyä virtaa kutsutaan vaihtovirraksi (AC). Toinen tapa saada aikaan sähköä on käyttää jännitepareja eli esimerkiksi akkuja tai paristoja. Niistä saatua virtaa kutsutaan tasavirraksi (DC).

Ensinmäinen sähkövalaistus otettiin käyttöön Suomessa Finlaysonin kutomosaliissa Tampereella 15. maaliskuussa vuonna 1882. Valaisimet eli hehkulamput saivat tuolloin virtansa kahdesta 110 voltin tasavirtadynamosta. Nykyaikaiset generaattorit ovat kolmivaihegeneraattoreja ja ne tuottavat vaihtovirtaa.

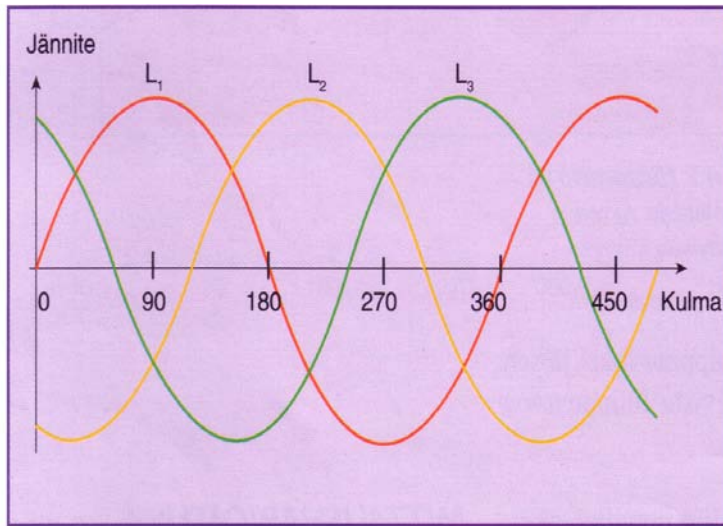
2.2 Kolmivaiheisen vaihtovirtageneraattorin toimintaperiaate



Kuva 1. Malli kolmivaihegeneraattorista

Kuvassa 1. on kolme käämiä ja niiden keskellä akseloitu magneetti. Käämejä kutsutaan vaiheiksi ja ne on nimetty tunnuksin L1, L2 ja L3. Magneetilla on kaksi magneettista napaa ja niiden vetovoimat ovat vastakkaisia toisiinsa nähden. Vetovoimakentät muodostuvat magneetin päihin. Magneetin pyöriessä käämien

keskellä niihin indusoituu jännitettä. Käämiin indusoituneen virran suunta muuttuu riippuen aina siitä kumpi pää magneetista ohittaa käämin. Virran suunnan muutoksen taajuutta mitataan Hertseinä (Hz). Suomessa vaihtovirran taajuus on 50 Hz eli virta vaihtaa suuntaa 50 kertaa yhden sekunnin aikana.



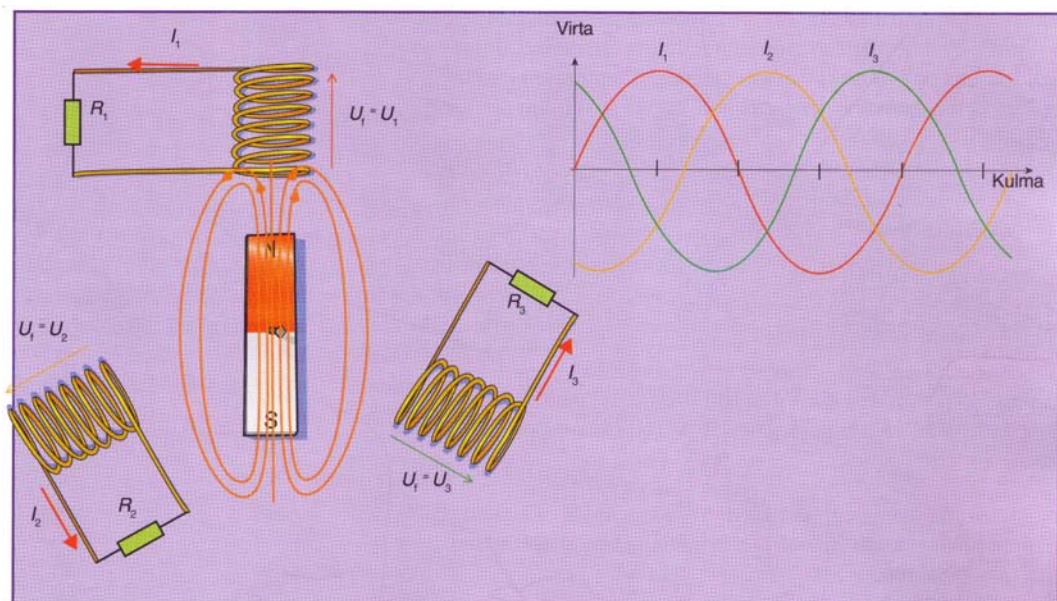
Kuva 2. Vaihejännitteet

Kuhunkin käämiin indusoitunutta jännitettä kutsutaan vaihejännitteeksi. Kun jännitettä kuvataan graafisesti ja huomioidaan virran suunnan muutokset, muodostuu taulukkoon siniaallon muotoinen kuvaaja. Koska kaikille kolmelle käämille indusoituu oma jännitteensä, myös

taulukossa on kolme eri kuvaajaa. Ne ovat muuten täysin samanlaisia mutta ajallisesti eri vaiheessa. Tämä johtuu siitä, että magneetin päät ohittavat käämit eri aikaan.

Voimme mitata esimerkiksi generaattorista tulevan johtimen ja maan välistä jännitettä. Jännitteen suuretunnus on U ja mittayksikkö voltti (V). Voimme mitata myös johtimessa kulkevan sähkövirran voimakkuutta eli virtaa. Sen suuretunnus on I ja mittayksikkö ampeeri (A). Jos kuvitellaan sähkövirta vesiputoukseksi, niin jännitteellä mitattaisiin putouksen korkeutta ja virralla virtaavan veden määrää.

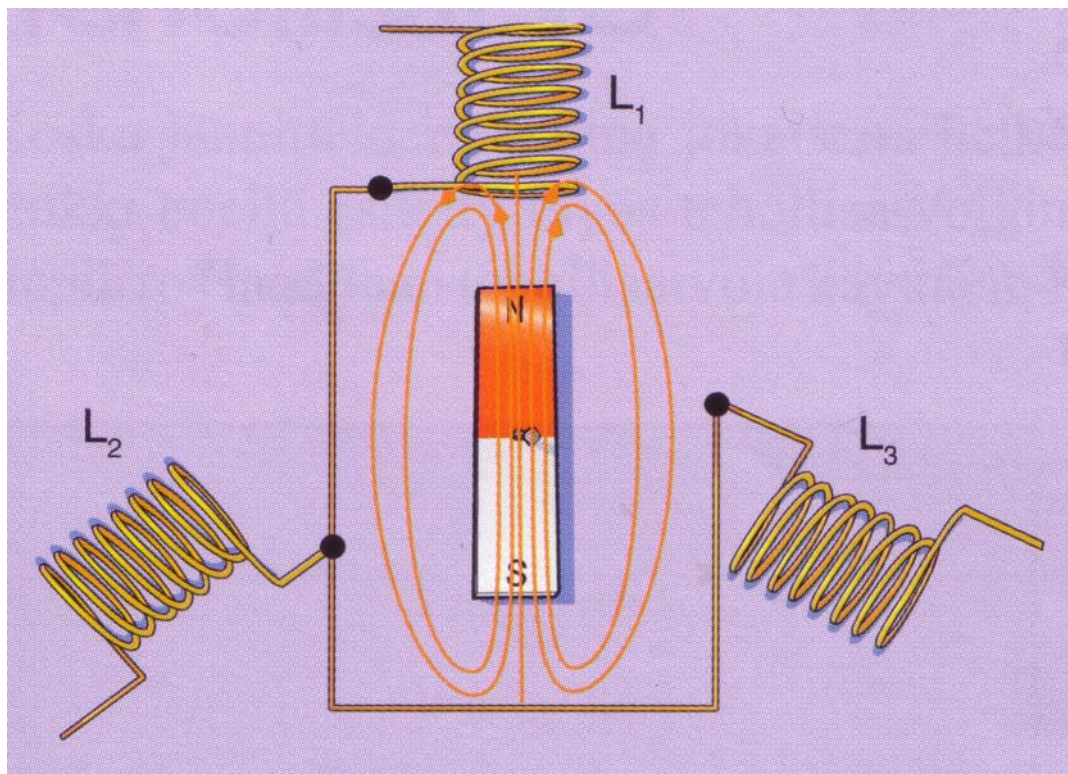
2.3 Kolmivaihejärjestelmä ja avoin kolmivaihejärjestelmä



Kuva 3. Avoin kolmivaihejärjestelmä

Kun kolmivaihegeneraattorin kunkin käämin johtimien päiden väliin kytketään yhtä suuri kuorma, muodostuu näihin kolmeen eri piiriin kuhunkin myös yhtä suuri virta (kts. kuva 3.) Näin kytkettyä järjestelmää kutsutaan avoimeksi kolmivaihejärjestelmäksi. Kuormaa kutsuaan symmetriseksi kuormaksi, sillä kaikkien vaiheiden kuormitus on yhtä suuri.

Jos vaiheiden jännitteet lasketaan matemaattisesti yhteen ottaen huomioon virran suunnan muutokset, saadaan niiden summaksi aina 0 V magneetin asennosta riippumatta.



Kuva 4. Periaatekuva kolmivaihejärjestelmän nollajohtimesta

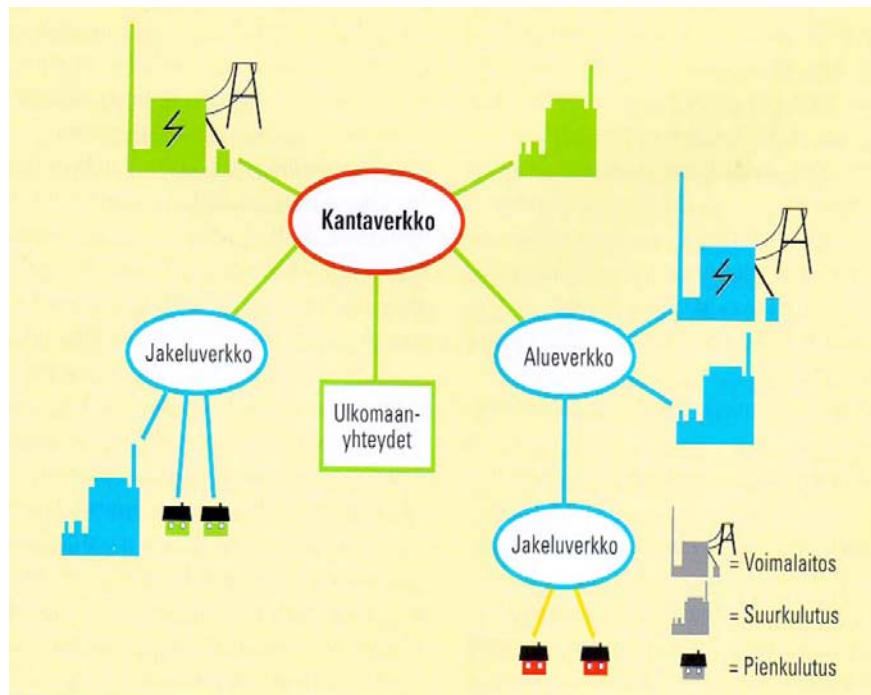
Avoimessa kolmivaihejärjestelmässä jokaiselta käämiltä pitää aina vetää kaksi johdinta kuormalle. Kaikkia vaiheita kuormitettaessa johtimia vedettäisiin tässä järjestelmässä siis yhteensä kuusi. Koska vaiheiden jännitteiden summa on kuitenkin aina 0 V, voidaan käämien toiset päät yhdistää kuvan 4. osoittamalla tavalla johtimella toisiinsa. Tätä johdinta kutsutaan nollajohtimeksi tai yleisemmin nollaksi. Nollajohtimen tunnuskirjain on N ja näin kytkettyä järjestelmää kutsutaan kolmivaihejärjestelmäksi. Kolmivaihejärjestelmän etu avoimeen kolmivaihejärjestelmään on se, että johtimia tarvitaan vain neljä.

3 Sähkön tuotanto ja jakelu Suomessa

Nykyaikainen kolmivaihegeneraattori on kolmiokytkentäinen ja sen jännite on jopa $3 \cdot 20\,000$ voltia. Korkea jännite halutaan, jotta tietyllä teholla voidaan virta ja sen ohella johtimien paksuus pitää suhteellisen pienenä. Yli 20 kV jännitteillä eristysvaikeudet kasvavat, joten nykyisin 20 kV on suurin käytettävä generaattorin lähtöjännite.

Generaattorin jännite kytketään kolmiokytkentäiseen muuntajaan, jolla se nostetaan esim. $3 \cdot 400$ kV :ksi. Muitakin siirtojännitteitä käytetään. Suurta jännitettä suositaan, jotta virta ja samalla siirtojohdon tehohäviöt voidaan pitää kohtuullisina. Suomen kantaverkon siirtojännitteet ovat $3 \cdot 110$ kV, $3 \cdot 220$ kV ja $3 \cdot 400$ kV. (Johnsson 1999, 52)

Sähkön tuottamiseen voitaisiin käyttää myös tasavirtageneraattoria mutta sähkön siirtoa ajatellen se ei ole järkevää. Kanta-, alue- ja jakeluverkossa käytetään korkeajännitelinjoja, jotta tehohäviöt olisivat mahdollisimman pieniä. Vaihtosähkön jännitettä voidaan muuttaa muuntajalla, mutta koska muuntajan toiminta perustuu sähkömagneettiseen induktioon, se ei toimi tasavirralla.



Kuva 5. Suomen sähköjärjestelmän rakenne

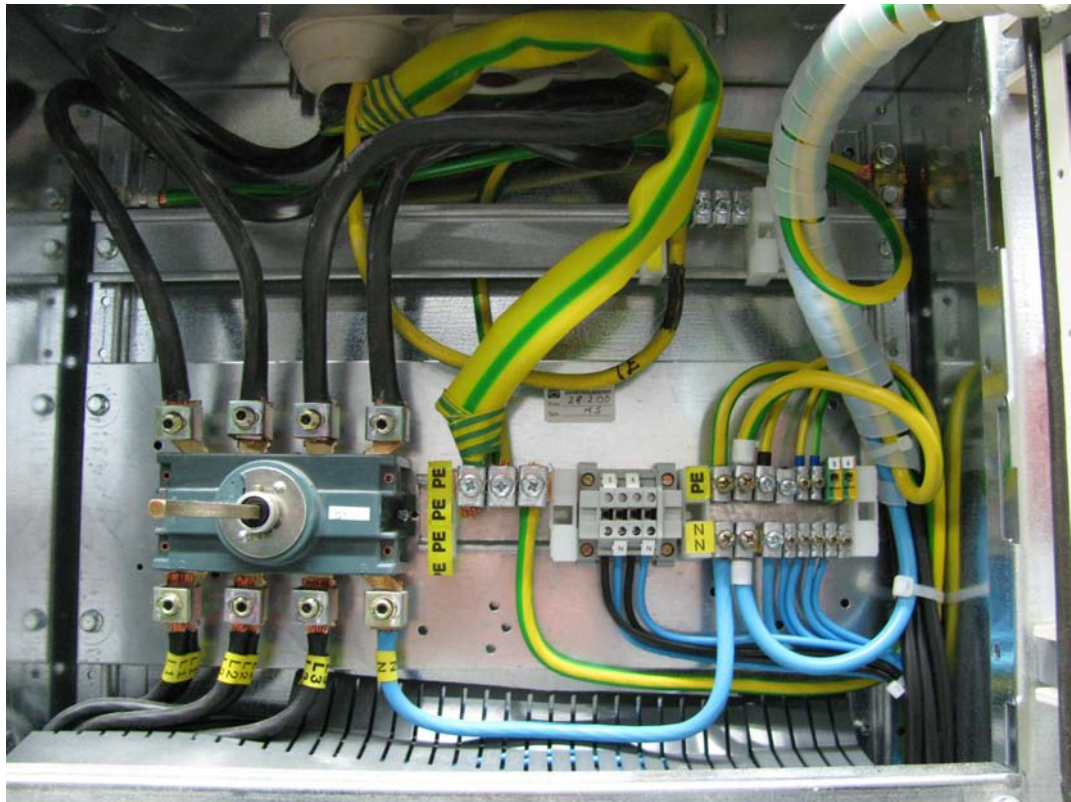
Suomessa sähkön tuottamiseen käytetään kolmivaihegeneraattoreita, koska niiden hyötysuhde on parempi kuin yksivaihegeneraattoreiden. Myös jakeluverkko on kuluttajalle asti toteutettu kolmivaiheisena. Jännitettä lasketaan kantaverkon suuresta siirtojännitteestä portaittain erilaisten muunto- ja jakeluasemien kautta. Suomessa kuluttajalle nykyisin päätyvän sähkön pääjännite eli kahden eri vaiheen välinen jännite on 400 V. Vaihejännite eli nollan ja vaiheen välinen jännite on 230 V.

3.1 Kiinteistöjen sähkökeskukset



Kuva 6. Vanhan TTVO :n studion sähkökeskuksen jakokiskot

Kanta-, alue- ja jakeluverkossa sähkön siirtoon käytetään vain kolmea johdinta. Paikallisesta muuntamosta kuluttajan sähkökeskukseen johdetaan neljä jo johdinta eli kolme vaihejohdinta (L1, L2, L3) ja PEN-johdin. PEN-lyhenne tulee sanoista protective earth neutral. Se tarkoittaa, että samassa johtimessa on sekä nollajohdin että suojamaa. Pääkeskuksessa PEN-johdin jakautuu kahteen ryhmään, nollajohtimeksi (N) ja suojamaaksi (PE). Molemmille on keskuksessa omat liitäntäkiskonsa. Nollajohtimelle on sähkökeskuksella tehty vielä käyttömaadoitus. Tämä tarkoittaa, että nollakiskoon on liitetty kuparijohdin, joka on liitetty johonkin riittävän hyvin maadoittuvaan kohteeseen esimerkiksi maahan haudattuun kupariköyteen. Kuvassa 6. näkyvät mustat vaihejohtimet (L1, L2, L3), sininen nollajohdin (N) sekä keltavihreä suojamaa (PE).



Kuva 8. Jakokeskuksen pääkatkaisija ja kytkentärimat

Kuvassa 8. on jakokeskus, jonka pääkatkaisijalle tulee kolme vaihejohtinta sekä nollajohtin. Koska käytetyssä kaapelityypissä kaikki johtimet ovat mustia, johtimien eristeisiin on painettu tunnistet, jotta johtimet erottuvat toisistaan. Koska kyseessä on jakokeskus, on PEN-johdin jo aiemmin jaettu pääkeskuksella nollajohtimeksi ja suojamaaksi. Suojamaa on vedetty pääkeskukselta omalla erillisellä keltavihreällä kaapelillaan jakokeskuksen kytkentärimalle. Nollalla ja suojamaalla on molemmilla omat kytkentärimansa.

Sähkökeskuksessa on aina pääsulakkeet, joiden kautta kaikki keskukseen tuleva virta kulkee. Pääsulakkeet varmistavat ettei sähkökeskuksesta lähtevien syöttöjen kuormitus ylitä sähkökeskusta syöttävien johtimien siirtokykyä. Vastaavasti jokaiselle lähdölle on keskuksessa oma sulakkeensa, jonka kautta lähdön virta kulkee.

Sulake on johdon suoja. Se katkaisee sähkön syötön ylikuormitus ja vikatilanteessa jottei johtimien virta kasva liian suureksi. Näin se suojaa johtimia ylikuumentumiselta ja täten eristeiden sulamiselta. Koska sähkönjakelu tapahtuu Suomessa kolmivaiheisena myös joka vaiheelle on oma sulakkeensa.

4 Huomionarvoisia seikkoja keikkaolosuhteissa

Estradivalaisussa käytettävien valonheittimien nimellisjännite Suomessa on lähes aina 230 V. Valaisimet ovat toisin sanoen yksivaiheisia. Tämä tarkoittaa sitä, että ne saavat käyttöjännitteensä yhden vaiheen ja nollan väliltä. Usein konventionaalistaen valonheittimien valotehoa halutaan säätää, joten yleensä ne on kytketty himmentimeen. Vaikka himmennintä syötetään kolmivaiheisesti, on himmenninkanavat himmentimen sisällä kytketty yksivaiheisesti. Joka kanavalle menee vaihejohdin, nollajohdin ja suojava. Kanavien jännite on siis 230 V.

Koska estradivalaisussa tarvittava sähkön määrä on usein verrattain suuri, on järkevää käyttää tässäkin sähkönjakelussa kolmivaihevirtaa. Kolmivaihesyöttöjä on kolme eri kokoa. Syötön sulakkeiden mukaan on mitoitettu johtimien poikkipinta-alat sekä liittimien kestävyys. Suomessa syöttöjen koot ovat 3 · 16A, 3 · 32A, 3 · 63A ja 3 · 125A. Syöttöjä suojaavien sulakkeiden koot ovat edellä mainittuja vastaavat, jos ei syötöille sähkökeskuksella olla jostain syystä vaihdettu pienempiä sulakkeita. Suomessa käytettävät voimavirtapistorasit ja voimavirtapistotulpat ovat CEE standardin mukaisia.

On hyvä aina käydä itse esityspaikalla varmistamassa sähkösyötöt, jos on pienintäkään epäilystä niistä tiedon toimittaneen henkilön asiantuntevuudesta. Kannattaa myös etsiä käsiinsä sähkösyöttöjen sulakkeet mahdollisten ylikuormitus- ja vikatilanteiden varalta.



Kuva 9. Sähköpääkeskuksesta lähtevän nousun K7 :n sulake- ja johdinmerkinnät

On myös hyödyllistä varmistaa ettei sulakkeita ole vaihdettu syötön nimellisarvoa pienemmiksi ja ettei sulakkeiden mitoituksessa esiinny muita kummallisuuksia.

Tampereen messu- ja urheilukeskuksen (ent. Pirkkahalli) A-halli on



Kuva 10. Nousun K7 sulakkeet sähköpääkeskuksessa

esimerkin vuoksi tällä kohtaa mainitsemisen arvoinen. Hallin reunoilla on ryhmäkeskuksia (RK), joissa kussakin on ainakin seuraavat voimavirtasyötöt: 1 · 3~125A, 2 · 3~63A, 2 · 3~32A, 1 · 3~16A sekä joukko muita pienempiä syöttöjä. Ryhmäkeskusten pääkatkaisijat ovat 250 ampeeriset. A-hallin sähköpääkeskuksesta löytyvät ryhmäkeskuksia syöttäviä nousujen sulakkeet. Nämä sulakkeet on pääkeskuksessa merkitty 100 ampeerisiksi. Jostain syystä osa niistä on vaihdettu merkintöjä isommiksi kuten nousun 7 :n sulakkeet, jotka syöttävät RK7 :ää. Ne ovat 160 ampeeriset mutta palavat aivan varmasti, jos RK7 :stä kuormitetaan yhtä 125 ampeerin sekä yhtä 63 ampeerin voimavirtasyöttöä täydellä teholla. Puhumattakaan siitä, että kuormitettaisiin vielä muitakin ryhmäkeskuksen syöttöjä. Nämä tiedot eivät käy ilmi ryhmäkeskuksilta, joista virtaa varsinaisesti otetaan vaan ainoastaan sähköpääkeskuksesta.



Kuva 11. 25 ampeerin sulake

Sulakkeita tarkastellessa kannattaa myös muistaa, että 32A voimavirtasyötön sulakkeet voivat olla keraamiset tai automaattivarokkeet. Puhekielessä automaattivarokkeista käytetään myös nimitystä automaattisulake. Keraamiset sulakkeet ovat aina 25 ampeeriset ja automaattit yleensä 32 ampeerisia. Tosin automaattisulakkeita löytyy myös 25

ampeerisina. Tämä täytyy luonnollisesti ottaa huomioon virtalaskelmia tehdessä.



Kuva 12. 32 A automaattivaroike

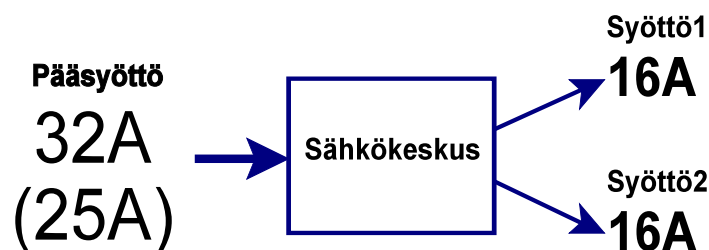
Automaattivaroikkeeseen painettu merkintä "C32" tarkoittaa, että varoke 32 ampeerinen ja että sen laukaisukäyrä on C. Laukaisukäyrä ilmaistaan kirjaintunnuksella A - D. A on herkin ja D vähiten herkkä.

4.1 Tehon laskukaava

Kun tunnetaan valonheittimeen kulkevan virran voimakkuus ja jännite, voidaan näistä laskea valoheittimen teho. Tehon suuretunnus on P ja yksikkö watti (W). Kuvitellaan, että valonheitin tarvitsee toimiakseen 10 ampeerin virran ja että valonheitin on kytketty 230 voltin jännitteeseen. Teho lasketaan kaavalla $P = U \cdot I$, jossa siis $U =$ jännite ja $I =$ virta. $230 \text{ V} \cdot 10 \text{ A} = 2300 \text{ W}$. Valonheitin siis kuluttaa virtaa 2300 wattia.

4.2 Vaihekohtaisen kuormituksen laskeminen

Ajatellaan, että meillä on 3 · 32A syöttö, joka syöttää virtaa sähkökeskukseen. Nimitetään tämä syöttö Pääsyötöksi. Pääsyöttö jaetaan sähkökeskuksella kahteen 3 · 16A syöttöön. Nimitetään nämä syötöiksi Syöttö1 ja Syöttö2. Syöttö1 ja Syöttö2 :sta voitaisiin niiden omien vaihekohtaisten sulakkeiden puolesta kuormittaa 3680 W per vaihe. Pääsyötön sulakkeet ovat kuitenkin keraamiset eli vain 25 ampeeriset jolloin sen teoreettinen maksimikuorma on 5750 wattia per vaihe. Syöttö1 ja Syöttö2 :n yhteenlaskettu vaihekuorma esimerkiksi vaiheella L2 voi siis olla maksimissaan 5750 W.



Taulukossa 1 on esitetty kuinka Syöttö1 ja Syöttö2 :n vaihekuormat voivat olla erilaisia kunhan vain pysytään tietoisina siitä kuinka paljon Pääsyötön vaiheita kuormitetaan.

Taulukko 1

Syöttö1 3 · 16A	L1	L2	L3
Kuormitus (W)	2700	1500	3000
Syöttö2 3 · 16A	L1	L2	L3
Kuormitus (W)	3000	1500	2700
Vaiheen kuormitus yhteensä (W)	5700	3000	5700
Vaiheelta jää käyttämättä (W)	50	2700	50

Huomataan siis, että Pääsyötön vaihe 1. ja vaihe 3. jäävät molemmat 50 wattia vajaaksi teorettisesta maksimikuormastaan. Vaihe 2. jää 2700 wattia vajaaksi teorettisesta maksimikuormastaan.

4.3 Johtimien värikoodit ja ristiinkytketyt jatkojohdot

Tässä työssä ei käsitellä tarkemmin sitä, mitkä sähkötyöt ovat luvanvaraisia. Sen mitä saa ja mitä ei todellakaan pidä tehdä voi tarkistaa esimerkiksi Turvatekniikan keskuksen painattamasta Kodin sähköturvallisuus opas -nimisestä teoksesta. Opas on ladattavissa myös internetistä (www.tukes.fi).

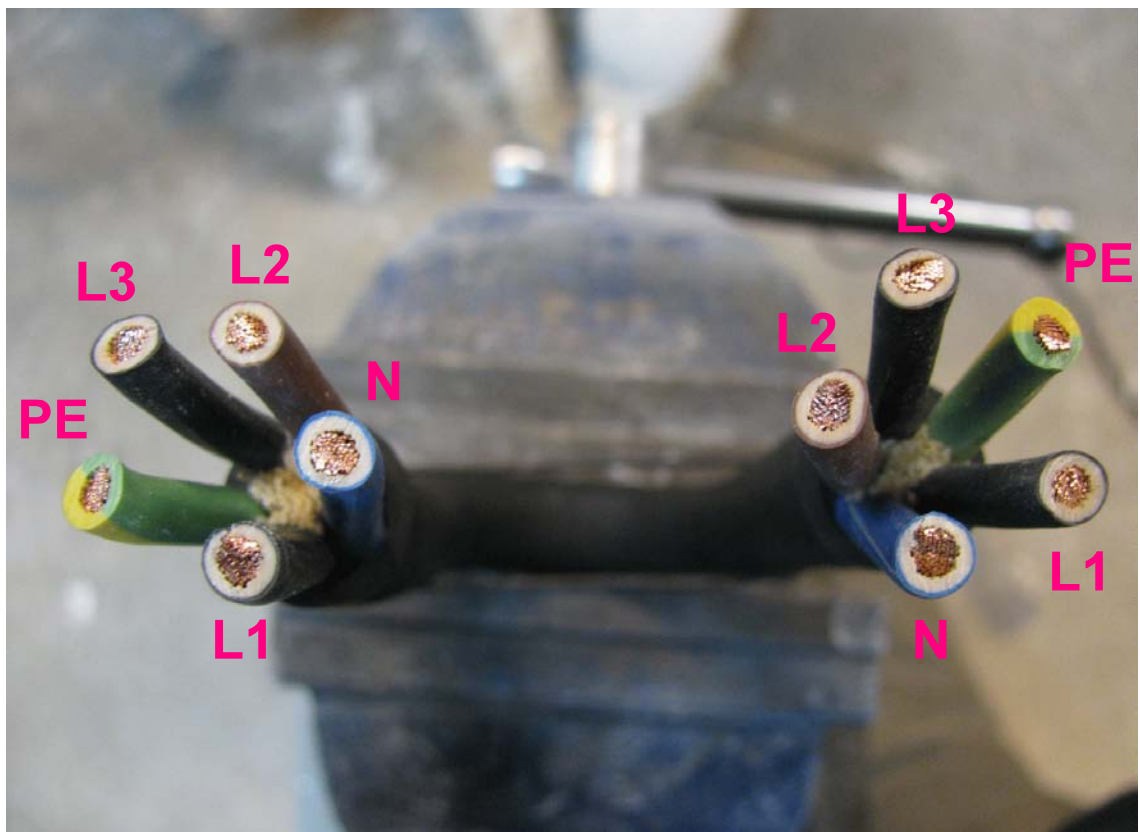
Täytyy kuitenkin mainita, että kaikki kolmivaihevirtaan liittyvät sähkötyöt ovat koulutettujen sähköammattilaisten heiniä. Niitä ei siis pidä tehdä itse ilman asianmukaista koulutusta.

Taulukossa 2 on esitetty sekä nykyisen että vanhan järjestelmän mukaiset värikoodit vaihejohtimille, nollajohtimelle ja suojamaalle.

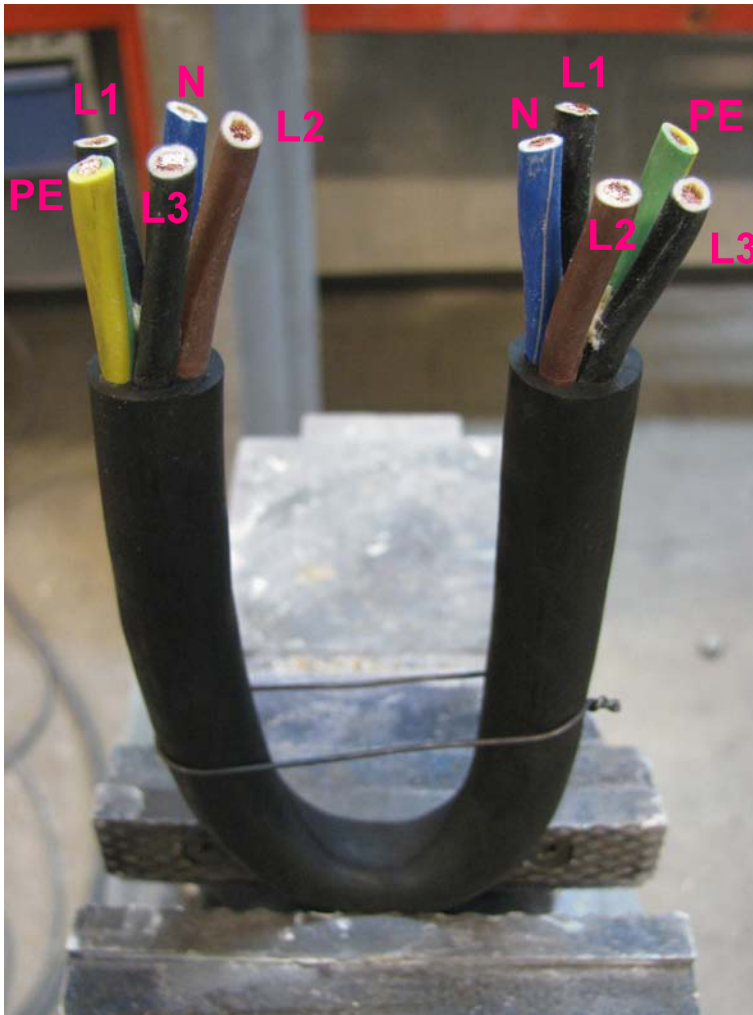
Taulukko 2

Johdin	Nykyiset värikoodit	Vanhat värikoodit
L1	Ruskea	Musta
L2	Musta	Ruskea
L3	Harmaa	Musta
Nollajohdin (N)	Sininen	Sininen
Suojamaa (PE)	Kelta-Vihreä	Kelta-Vihreä

Vanhemmassa järjestelmässä kaikille vaihejohtimille ei ollut omaa värikoodia, vaan 1. vaiheen ja 3. vaiheen johtimet olivat molemmat mustia. Huolimattomasti kytketyissä kolmivaihejatkajohdoissa, joiden johtimet ovat vanhan värikoodijärjestelmän mukaisia, voi olla kiertoja 1. vaiheen ja 3. vaiheen välillä. Tämä tarkoittaa sitä, että jatkojohdon urosliittimessä mustat johtimet on voitu kytkeä eri liitäntäkontakteihin kuin naarasliittimessä. Musta johdin voi urosliittimessä olla kontaktissa L1 ja toisessa päässä jatkojohtoa sama johdin naarasliittimessä kontaktissa L3. Tällöin vaiheet L1 ja L3 vaihtavat paikkaa.



Kuva 13. Vanhan järjestelmän mukaisen voimavirtajohdon johtimet ylhäältä päin kuvattuna



Kuva 14. Johtimet sivultapäin

Jos kolmivaihejatkojohdon kytkijällä ei ole avaruudellista hahmotuskykyä tai valokuvamuistia, hän saattaa helposti tehdä edellä kuvaillun kytkentävirheen. Johtimien järjestyshän pysyy johdon eri päissä ihan samana mutta, kun johtoa tarkastellaan eri suunnista vaikuttaa siltä kuin johtimet "vaihtaisivat paikkaa". Kuvasta 13. käy ilmi kuinka mustat vaihejohtimet voivat epähuomiossa mennä helposti sekaisin keskenään.

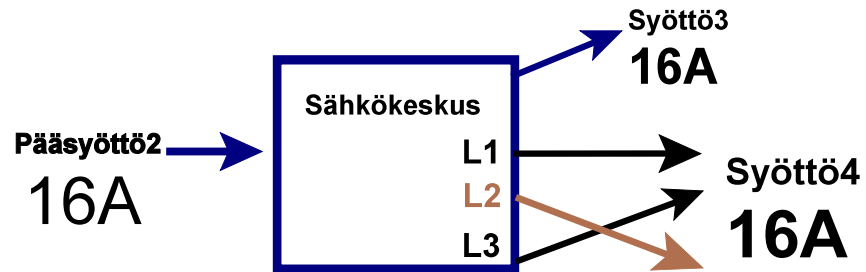
Vaiheiden kytkeminen ristiin on helppo välttää, kun mittaa yleismittarilla mustat vaihejohtimet ja tekee niihin merkit johdon molempiin päihin. Yleismittarilla mittaamalla voi myös tarkastaa onko jokin valmis jatkojohto kytketty oikein.

Jatkojohtojen kytkijälle johdon kytkeminen ei aiheuta juurikaan lisätyötä. Kysymys on enemmänkin huolellisuudesta ja viitseliäisyydestä. Silti ristiinkytkettyjä johtoja tapaa aivan liian usein.

4.4 Ristiinkytketyn jatkojohdon seuraukset

Ristiinkytketystä kolmivaihejatkojohdosta ei normaalisti ole haittaa. Yleensä käyttäjää ei kiinnosta miltä vaiheelta minkäkin valonheittimen virta tulee. Ristiinkytketty jatkojohto voi kuitenkin aiheuttaa todellista riesaa, jos kolmivaihevirta on jaettu sähkökeskukselta useampaan paikkaan ja näiden syöttöjen yhteenlasketut vaihekuormat ylittävät sulakkeiden kestäkyvyn. Seuraavana esimerkki.

Ajattellaan, että meillä on $3 \cdot 16A$ syöttö, joka syöttää virtaa sähkökeskukseen. Nimitetään tämä syöttö Pääsyöttö2 :ksi. Pääsyöttö2 :n teoreettinen maksimikuorma on 3680 wattia per vaihe. Sähkökeskuksesta lähtee ulos 2 kappaletta $3 \cdot 16A$ syöttöjä. Nimitetään nämä Syöttö3 ja Syöttö4 :ksi. Syöttö3 :n jatkojohto on kytketty oikein. Syöttö4 :n jatkojohdon 2. ja 3. vaiheet on kytketty ristiin. Vaihekuormituksia laskettaessa ei vielä tiedetä ristiinkytketystä jatkojohdosta. Taulukossa 3 on laskettu Pääsyöttö2 :n kuormitukset.



Taulukko 3

Syöttö3 $3 \cdot 16A$	L1	L2	L3
Kuormitus (W)	1500	2500	500
Syöttö4 $3 \cdot 16A$	L1	L2	L3
Kuormitus (W)	2000	500	2500
Vaiheen kuormitus yhteensä (W)	3500	3000	3000
Vaiheelta jää käyttämättä (W)	180	680	680
(Todellinen kuormitus W)	3500	5000	1000

Vaikka vaihekuormat on alun perin laskettu oikein, aiheuttaa Syöttö4 :n ristiinkytketty jatkojohto epätoivotun tilanteen. Syöttö3 :n 2. vaiheen kuorma 2500 W summautuu Syöttö4 :n 3.vaiheen kuorman 2500 watin kanssa. Todellinen kuormitus Pääsyöttö2 :n 2. vaiheelle onkin siis yhteensä 5000 wattia. Tämä aiheuttaa Pääsyöttö2 :n 2. vaiheen sulakkeen palamisen.

Ristiinkytketyt johdot on suhteellisen helppo löytää valmiista järjestelmästä. Jos sähkökeskuksen sulakkeet ovat keraamiset, ne voi ruuvata yksi kerrallaan irti ja katsoa pimeneekö sulaketta vastaava vaihe jatkojohdon toisesta päästä. Kuormitusta ei tietenkään sulaketta irroittaessa saa olla paljoa jotteivat sulakepohjat vaurioidu. Automaattivarokkeet on usein yhdistetty toisiinsa kolmen nipuiksi, joten ettei niitä ei aina saa vaihekohtaisesti pois päältä.

4.5 Kuinka himmentimet purkavat vaiheet

Eri malliset himmentimet jakavat vaiheet kanaville hieman eri tavalla. Laitteen käyttöohjeesta käy ilmi mitkä kanavat on kytketty millekin vaiheelle. Yleisin himmentimissä käytetty kanavakohtainen sulakekoko on 10 A. Silloin himmentimen kanavia voidaan sen omien sulakkeiden puolesta kuormittaa kutakin 2300 W. Taulukossa 4 on esimerkki siitä kuinka kuusikanavaisen himmentimen kanavat voisivat jakautua vaiheittain.

Taulukko 4

Vaihe	L1	L2	L3
Kanavat	1 - 2	3 - 4	5 - 6

Taulukossa 5 on ADB Microrack merkkisen himmentimen kanavajakauma vaiheittain.

Taulukko 5

Vaihe	L1	L2	L3
Kanavat	1 - 4	5 - 8	9 - 12

4.6 Vaihekuorman laskeminen himmentimessä

Kuvitellaan, että edellä mainittua Microrackia syötetään 3 · 16A voimavirtasyötöllä. Taulukossa 6 on esitetty kuinka kanavien kuormitukset voivat olla erilaisia kunhan niistä yhteenlasketut vaihekuormat eivät ylitä sulakkeen teoreettista maksimikuormaa per vaihe. Vaikka teoreettinen maksimikuorma 16 A sulakkeilla onkin 3680 wattia per vaihe, on käytännössä havaittu että himmenninkäytössä vaiheet kestävät noin 4000

watin kuorman. Tämä voi johtua siitä, että ainakin keraamiset sulakkeet kestävät noin 10 % nimellisvirtaansa suuremman kuormituksen. Ei ole missään tapauksessa järkevää eikä tarkoituksenmukaista tehdä tällaisia ylityksiä. Silloin, kun sähköä tuntuu olevan liian vähän se on kuitenkin houkutteleva ja myös kokemuksella toimivaksi havaittu vaihtoehto.

Taulukko 6

Kanava	L1 (W)	L2 (W)	L3 (W)
1	500		
2	500		
3	1000		
4	2000		
5		500	
6		500	
7		1500	
8		1500	
9			2000
10			2000
11			-
12			-
yht (W):	4000	4000	4000

Kanavakohtaiset kuormat voivat olla siis toisistaan poikkeavia kunhan niiden yhteenlaskettu kuorma ei ylitä vaihekohtaista maksimikuormaa. Kanavat 11 - 12 on jätetty tyhjiksi, jotta kanavilta 9 - 10 voidaan molemmilta ottaa 2000 wattia.

4.7 Himmentimien ohjauselektroniikan käyttösähkö

Himmentimet ottavat aina joltain vaiheelta oman ohjauselektroniikkansa vaatiman virran. Yleensä se otetaan 1. vaiheelta mutta tämäkin on täysin tapauskohtaista ja kannattaa tarkastaa himmentimen käyttöohjeista. Ohjauselektroniikan käyttämä teho on niin pieni ettei sitä tarvitse huomioida virtalaskelmissa. Ei kannata kuitenkaan ylikuormittaa sitä vaihetta, jolta himmennin ottaa ohjauselektroniikan virran sillä jos sen vaiheen sulakkeet palavat, ei himmennin enää toimi. Tämä olisi erittäin kiusallista kesken esityksen.

5. Case "Vihan päivät 1918"

5.1 Kuinka päädyin Vihan päivien valomestariksi

Noin seitsemän kuukautta ennen Vihan päivät 1918 -esityksen ensi-iltaa tuottaja Mirjä Kärnä soitti minulle ja kysyi haluaisinko lähteä valosuunnittelijaksi erääseen proggikseen. Hän kertoi, että kyseessä oli kansalaissotaa käsittelevä näytelmä, joka toteutettaisiin Tampereen tuomikirkossa keväällä 2007. Kiinnostukseni projektia kohtaan heräsi heti sillä olihan sisällissota koskettanut omiakin isovanhempiani. Kieltäydyin kuitenkin valosuunnittelijan pestistä, koska uskoin että jo keväällä 2007 tekisin lopputyötäni. Lopputyön oli sen hetkisten suunnitelmien mukaan tarkoitus käsitellä voimavirtaa ja erityisesti himmentimen triacin siniaallolle aiheuttamaa aaltomuutosta ja tästä mahdollisesti johtuvaa tehollisen kuorman vähenemistä. Ajattelin etteivät haastava lopputyö ja todennäköisesti aikaavievä valosuunnittelu millään mahtuisi yhtä aikaa elämäni. Suosittelin kuitenkin ystävääni Hannu Hautalahtea esityksen valosuunnittelijaksi sillä tiesin, että hänellä oli jo tuolloin erittäin hyvin hallussa ns. keikkaluontoisten valosuunnittelujen teko. Hannusta tulikin Vihan päivät 1918-esityksen valosuunnittelija. Jollain kohtaa syksyä 2006 Hannu pyysi minua mukaan valomestariksi. Omat suunnitelmani aiotun lopputyön suhteen olivat joka tapauksessa viivästyneet, joten saatoin aikaisemmasta vastustelustani huolimatta sanoa kyllä tälle hankkeelle. Melko pian kävi myös ilmi, että esityksen valosuunnittelu ja valojen toteutus tehtäisiin koulun projektina.

5.2 Vuoroin vieraisa, valosuunnittelija ja valomestari

Ennen Vihan päivät 1918 -projektin alkamista olin tehnyt PIRAMKille konservatorion Pyynikkisaliin Mahagonnyn kaupungin nousu ja tuho -opperan valosuunnittelun. Hannu Hautalahti oli toiminut tässä projektissa valomestarina, joten oli täysin luontevaa, että Vihan päivät 1918 -projektissa roolit vaihtuivat toisin päin eli olin itse valomestarina ja Hannu valosuunnittelijana. Jaoin Hannun kanssa tehtävät niin, että minä vastasin järjestelmäsunnittelusta ja kaikesta sähköön liittyvästä suunnittelusta sekä juoksevien asioiden hoidosta. Mitään liian jyrkkää rajaa toimenkuvien väliin ei kuitenkaan ollut tarkoituksenmukaista vetää vaan toki tehtävät menivät projektin edetessä osittain joustavasti ristikkäin. Perusajatuksena oli kuitenkin se, että valosuunnittelija pystyy keskittymään nimen omaan suunnitteluun joutumatta huolehtimaan kohtuuttomasti muista asioista.

Ennen tätä projektia en koskaan aikaisemmin ollut edes käynyt Tampereen tuomiokirkossa, mutta kuten sanottua kansalaissotaan liittyvä aihe oli kuitenkin herättänyt kiinnostukseni heti, kun olin ensimmäisen kerran kuullut hankkeesta. Vaikka minulla ei tuolloin ollut minkäänlaista käsitystä Vihan Päivät 1918 -esityksen mittakaavasta, oli minulle jo ennen projektin alkamista hahmottunut sellainen kuva, että kyseessä olisi iso urakka. Lopulliseksi tuo kuva tarkentui vasta sitten, kun ensimmäinen oikea esitys oli käynnissä. Silloin huomasin, että projekti oli osoittautunut mielikuviani paljon suuremmaksi, aikaa vievämmäksi ja työläemmäksi.

5.3 Millainen esitys Vihan päivät 1918 oli ?

Tampereen tuomiokirkossa esitetyn Vihan päivät 1918 -draaman ehti nähdä 13 500 katsojaa. Esityksistä yli puolet oli loppuunmyytyjä, keskimääräinen täyttöprosentti oli 94.

Kansalaissodan historiaa käsittelevä draama liittyi tuomiokirkon satavuotisjuhlintaan. Kirkko toimi Tampereen taistelujen aikana noin 1 700 ihmisen turvapaikkana.

Ensi-ilta oli 23. maaliskuuta. Ennakonäytökset mukaan lukien Vihan päivät näytettiin yleisölle 13 kertaa.

Draamaa oli tekemässä noin 250 henkilöä, sekä teatterin ammattilaisia että harrastajia. Hankkeessa olivat seurakunnan lisäksi mukana Tampereen Teatteri, Tampereen Työväen Teatteri ja Tampereen kaupunki. Mukana yhteistyössä olivat myös Työväenmuseo Werstas ja Vapaussodan Perinneliitto ry. (Verkkolehti Kaleva plus)



Kuva 15. Työläisperhe ja porvariperhe rinnakkain

Näin pääsiäissunnuntaina 8.4. 2007 Vihan päivät 1918 –esityksen Tampereen tuomiokirkossa. Eräässä kohtauksessa punaiset ja valkoiset ovat asemissa ja heidän rintamalinjoistaan välittämättä joukko mustavaatteisia hahmoja tanssii ympäri kirkon alttaria ja keskikäytävää, musiikki soi, tanssijat pysäyttävät milloin punakaartilaisen, milloin valkokaartilaisen, ojentavat mustan ruusun kenelle tahansa. Lopulta kukan saa jokainen.

Tytti Issakaisen käsikirjoittama esitys hämmentää ja liikuttaa. Kenties "näytelmä" ei ole oikea sana kuvaamaan teosta, joka osin pitäytyy historiallisiin dokumentteihin ja ottaa sen tavanomaisen sanailun lisäksi mukaan laulua, tanssia, musiikkia, vanhoja filmipätkiä, ääninauhuja ja valokuvia. Tuskinpa ennen on kirkon parvien vastapuolilta laulettu vuorosäkein punaisten ja valkoisten taistelulauluja.

Näytelmät on totuttu näkemään näyttämöillä, yleisön edessä. Tässä näytelmässä ei ole näyttämöä, vaan kaikki tapahtuu katsojien ympärillä ja yläpuolellakin. Niinhän oli todellisessa elämässäkin. Sisällissota oli jokaisen ympärillä, niidenkin, jotka eivät valinneet puolta ja yrittivät jatkaa aivan kuin sotatila olisi pelkkä tilapäinen häiriö maisemassa.

Tavallaan katsoja on teoksessa ja teoskin vielä teoksessa: suurin teos on tuomiokirkko, siellä Enckellin ja Simbergin freskot, ornamentit ja lasimaalaukset, niiden keskellä esitys, sen on keskellä kukin katsoja yhdessä satojen muiden katsojien kanssa.

Vihan päiviä katsoessani huomasin, ettei kaikkien yksityiskohtien tarvitse olla ollenkaan täydellisiä. Osa 'näytelmän' repliikeistä on kovin kuluneita, jotkut näyttelijöistä kenties liian tietoisia siitä että he näyttelevät, tarina sellainen, että siinä melkeinpä koko ajan tietää ennakoita, mitä tulee tapahtumaan. Kokonaisuus kantaa säröisten hetkien yli kirkkaasti. (Blogikirjoittaja Luke blogissa nono)

Kuten blogikirjoittaja Luke kirjoittaa blogissa Nono, niin esitys todella ympäröi katsojat koko kirkossa. Vaikka aktiivisimmat näyttämöalueet sijaitsivat kirkolle ominaisessa rintamasuunnassa eli alttarilla, niin yhtä lailla koko kirkko, saarnastuoli, alttarisyvennys, käytävät ja jopa 2. kerroksen parvi urkugarvea myöten toimivat näyttämönä. Läpi koko esityksen kaikilla kirkon käytävillä kuljettiin, tanssittiin, laulettiin ja juostiin. Tämä asetti paljon haasteita valosuunnittelijalle ja tekniselle toteutukselle, sillä kirkko ja teatteriksi suunniteltu näyttämötila poikkeavat hyvin paljon toisistaan. Ensimmäinen seuraus oli se, että kaikki heittimet ja niihin liityvät ripustus yms. rakenteet tuli luonnollisesti sijoittaa niin etteivät ne olleet kulkuväylillä yleisön eivätkä niillä liikkuvien esiintyjien tiellä. Samoin kaapelivedot oli mietittävä niin, että ne kulkivat mahdollisimman vähän kulkuväylillä. Pakolliset ylitykset suunniteltiin turvallisiin ja mahdollisimman vähän esitystä haittaaviin paikkoihin. Koska valaistavia alueita olivat varsinaisten "päänäyttämöiden" lisäksi myös käytävät ja tietyt alueet 2. kerroksen parvesta, oli myös tarvittavien valonheitinten määrä suuri. Lopullinen konventionaalisten heitinten määrä oli 199 ja himmenninkanavien määrä 144. Lisäksi esityksessä käytettiin kymmentä liikkuvaa valoa.

5.4 Ennakkosuunnittelu

Hannu Hautalahti oli ammatimaiseen tyyliinsä jo hyvin varhaisessa vaiheessa hahmolla siitä kuinka montaa ja minkäkin tehoista himmenninkanavaa tarvittaisiin. Se helpotti paljon minun työtäni, joten saatoin alkaa laskemaan kuinka paljon valaistukseen tarvittavan sähkön kokonaiskulutus suurin piirtein tulisi olemaan. Ennen kaikkea oli tärkeää varhaisessa vaiheessa selvittää riittäisivätkö Tuomiokirkon sähköt meidän tarpeisiimme. Tiedustelin ennakkoon kirkon henkilökunnalta minkälaisia sähkösyöttöjä paikalta löytyisi. Tiesin kuitenkin kokemuksesta, että ennakkotiedoista huolimatta oli järkevää käydä itse paikan päällä etsimässä sähkösyötöt käsiinsä. Fiksua oli myös etsiä niitä syöttävät sähkökeskukset ja kunkin syötön sulakkeet. Ajattelin, että tieto sulakkeiden sijainnista auttaa mahdollisessa vika- ja ylikuormitustilanteessa. Liitteessä 1 olen karkeasti hahmotellut sähkön riittävyttä. Johtopäätöksenä on havaittu, että sen hetkisen suunnitelman mukaan jäätiin reilusti plussan puolelle.

Valosuunnittelija oli piirtänyt kirkosta mittasuhteessa cad-pohjakuvan Wysiwygillä. Oli helppo käyttää tuota pohjakuvaa kaapelitarpeiden laskemiseen. Tiedettiin jo suurinpiirtein missä mikäkin heitin tulisi olemaan, joten saatoimme sijoittaa myös himmentimet ja sähkökeskukset pohajakuvassa omille paikoilleen. Alustavan suunnitelman mukaiset paikat himmentimille ja sähkökeskuksille näkyvät liitteestä 4. Päädyimme alusta alkaen siihen ratkaisuun, että hajasijoitimme himmentimet ympäri kirkkoa lähelle niitä pisteitä, missä himmenninkanavia tarvittiin. Tähän ratkaisuun päädyttiin, koska meillä ei ollut käytössämme tarvittavaa määrää socapex-kaapelia eikä rahaa vuokrata sitä. Sen sijaan pystyimme vuokraamaan koulun piikkiin Tampereen kaupungin materiaalikeskuksesta käytännössä rajoittamattoman määrän voimavirtakaapelia. Näin jälkeen päin ajateltuna keskitetty himmenninratkaisu olisi ollut parempi vaihtoehto ainakin 2. kerroksen osalta. Keskitetyssä ratkaisussa eli nk. dimmercityssä himmentimet ladotaan päällekkäin tiettyyn paikkaan, mistä himmenninkanavat jaellaan tyypillisesti juurikin socapex-kaapelia käyttäen valonheittimille. Tästä on se etu, että ohjaussignaalia eli DMX-kaapeleita ei silloin tarvitse vedellä pitkiä välimatkoja himmentimiltä toisille. Ohjaussignaalin osalta dimmercity parantaa järjestelmän varmuutta ja helpottaa vikatilanteessa vian etsintää.

5.5 Sähkön riittävyys

Kirkossa oli vain yksi 3 · 63A voimavirtasyöttö, joka oli alun perin kytketty Yleisradiota varten. Kellarin sähköpääkeskuksessa oli lisäksi yksi 3 · 16A voimavirtasyöttö mutta se varattiin äänilaitteiden käyttöön. Neuvoteltuamme kirkkoa remontoivan sähköurakoitsijan kanssa saimme sovittua, että sähköpääkeskuksesta kytkettäisiin meitä varten vielä yksi 3 · 63 A voimavirtasyöttö lisää. Lisäksi kirkkosalin puolella piti olla yksi 3 · 16A voimavirtasyöttö mutta tämä osoittautui täydelliseksi tornihuhuksi, sillä kyseessä olikin vain 16 A valovirta pistorasia. Suunnitelmien mukaan oltiin kuitenkin tässä vaiheessa sähkön riittävyyden suhteen varsin valoisissa tunnelmissa.

Valosuunnitelma alkoi projektin edetessä paisua ja tästä luonnollisesti seurasi valonheitinten määrän ja himmenninkanavatarpeen kasvu. Liitteenä 2 on valosuunnittelijan kokoama lista valonheittimistä ja niiden tarvitsemista himmenninkanavista. Oltiin tilanteessa, jossa sähköä oli keksittävä jostain lisää. Tiedustelin kirkkoa remontoivan Iittalan kivijaloste Oy :n (IKJ) rakennusmestarilta voisimmeko saada lisää sähköä työmaan sähkösyötöistä. Työmaalle oli kytketty kadulla sijaitsevasta sähkökaapista 250 A :n nousu. IKJ suhtautui näytelmäprojektiin hyvin myönteisesti ja yhteistyöhaluisesti, mutta sähköä emme kuitenkaan työmaalta saaneet. Laskemalla hiukan työmaan kuormituksia ja sopimalla siitä milloin me sähköä käytämme tämä olisi kuitenkin ollut ihan hyvä ja realistinen vaihtoehto. Valtaosa valotekniikan suuntauksista, näytelmän harjoituksista ja varsinaisista esityksistä tapahtui kuitenkin eri aikaan kuin työmaan työnteko enkä usko heidän kuormittaneen tätä 250 A nousua jatkuvasti maksimikuormalla.

Oli silti siis keksittävä toinen vaihtoehto, joten päädyimme tilaamaan Tampereen sähkölaitokselta lisää sähköä. Tilasimme yhden 63A kolmivaihevirran ja yhden 32A kolmivaihevirran.



Kuva 16. Sähkölaitoksen kytkemä keskus

Vihan päivät 1918 -esitys oli koko ajan kasvanut ja kasvanut muutenkin kuin vain valaistuksen osalta. Tästä oli seurannut se, että esitykseen varattu budjetti alkoi olla tiukilla, joten kaikessa pyrittiin säästämään. Niinpä myös tilaus sähkölaitokselle hoidettiin alun perin suhteiden kautta. Sähkölaitoksen miehet tulivat ja kytkivät meille kadun lyhtypylväästä tuomalleen tilapäiselle sähkökeskukselle virran. Sähkökeskus sijoitettiin työmaan viereen. Tämän sähkökeskuksen pääsulakkeet olivat kuitenkin vain $3 \cdot 63$ ampeeriset. Tilaus vahvistettiin sähkölaitoksen

asiakaspalveluun myöhemmin virallisesti, mutta koska se oli alun perin hoidettu ns. tiskin alta ja luultavasti saatu paljon normaalitaksoja halvemmalla, koin ettemme oikein voineet valittaa aiheesta. Koska sähkölaitokselta tilaamamme $3 \cdot 32A$ voimavirta jäi siis lopulta saamatta, käytössämme valon tarpeisiin oli kolme $3 \cdot 63A$ voimavirtaa ja yksi $16A$ valovirta. Liitteessä 5 on esitetty kunkin syötön lopulliset kuormitukset.

5.6 Vaiheiden tasapainotus

Valosuunnittelija oli tehnyt todella paljon töitä saaden aikaiseksi jo lähes täydellisen valosuunnitelman ja valokartan. Olin sitä mieltä, että valosuunnitelman muuttaminen siksi, että virtaa ei ole tarpeeksi on viimeinen harkittavissa oleva vaihtoehto. Siksi oltiin tilanteessa, jossa kaikkien voimavirtasyöttöjen jokaiselta vaiheelta oli puristettava kaikki mahdolliset ampeerit irti.

Alkoi hillitön laskeminen vaiheiden tasapainottamiseksi. Kokosin kaikkien himmentimien, heittimien ja sähkösyöttöjen olennaiset tiedot excel-taulukkoon (Liite 3). Jaottelin himmenninkanavat taulukkoon vaiheittain siten kuin ne oikeastikin jakautuivat himmentimillä. Taulukon sarakkeille tein taulukolaskentafunktiot, jotka laskivat kunkin himmentimen ja kunkin kolmivaihevirtasyötön vaihekohtaiset kuormat automaattisesti.

Excel-taulukko helpotti vaihekuormien laskentaa huomattavasti, mutta vaiheiden tasapainottamisessa oli silti melkoinen työ. Hankalinta oli samalla miettiä sitä kuinka vaiheet jakautuvat esimerkiksi ADB Microrackin socapex-lähdöissä. Oli yritettävä samaan aikaan miettiä sekä vaihekuormia että socapex-lähtöjä, jotta oikeat himmennin kanavat päätyisivät oikeaan paikkaan ja sukojatkojohtoja kuluisi mahdollisimman vähän.

Taulukko 7

Vaihe	L1	L2	L3
Kanavat	1 - 4	5 - 8	9 - 12

Socapex-lähdöt	Socapex 1 ch. 1 - 6
----------------	---------------------

Socapex 2 ch. 7 - 12

ADB Microrackissa on kaksi socapex-lähtöä. Himmenninkanavat jakautuvat socapexeihin seuraavasti. Socapex 1 :n "sisällä" on 1.vaiheen kanavat ja puolet 2. vaiheen kanavista. Socapex 2 :n "sisällä" on puolet 2. vaiheen kanavista ja 3. vaiheen kanavat. Tämä tavallaan aika hassua ratkaisu voi joskus aiheuttaa todellista päänvaivaa vaihekuormien kanssa.

5.7 Vaihtuvat himmentimet ja muut muutokset

Laitevuokraaja ei pystynytkään vuokraamaan meille himmentimiä, joita olimme alunperin tilanneet. Vuokralle saamiemme himmentimien kanavat, olivat tietysti vaihteittain eri järjestyksessä kuin niiden, joiden pohjalta olin tehnyt suunnitelmat. Näiden ja erinäisten muiden muutosten vuoksi jouduin muuttamaan ja päivittämään excel-taulukon ainakin viisi kertaa uudestaan ennen kuin se saavutti lopullisen muotonsa. Se oli kuitenkin kaikesta huolimatta verraton apu vaihekuormien laskemisessa ja tasapainotuksessa.

5.8 Onnistunut tekninen ennakkosuunnittelu

Vihan päivät 1918 esityksen tekniseen ennakkosuunnitteluun panostettiin huomattavan paljon jo yksistään Tampereen evankelilaisluterilaisen seurakuntayhtymän

vaatimustenkin vuoksi. Oli täysin ymmärrettävää, että historiallisesti arvokkaasta kirkosta vastuussa olevat henkilöt halusivat tietää tarkasti ennakkoon, mitä laitteita kirkkoon tuotaisiin ja mitä niillä siellä tehtäisiin. Teimme ja dokumentoimme Hannun kanssa paljon sellaistaakin ennakkosuunnittelua, jota ei niin sanotun tavallisen keikan vuoksi tulisi tehtyä. Noista hyvin tehdyistä ennakkosuunnitelmista oli kuitenkin itse toteutuksessa valtavasti hyötyä. Asioita ei enää tarvinnut ruveta pähkäilemään paikan päällä, kun ainakin tukevasti suuntaa antavat suunnitelmat oli jo tehty.

Itselleni niukka sähkön määrä tuotti eniten päänvaivaa ja työtä. Oli kuitenkin erittäin palkitseva fiilis, kun koko valokattauksen kaikki lamput ensimmäistä kertaa laitettiin päälle täysillä ja useita minuutteja kestäneen koehehkutuksen aikana nähtiin ettei mistään palanut sulakkeita. Painiminen taulokkolaskennan kanssa oli siis kannattanut.

5.9 Vihan päivät 1918 lukuina, eli suurpiirteinen kalustolista

243 m 63 A voimavirtakaapelia

154 m 32 A voimavirtakaapelia

84 m 16 A voimavirtakaapelia

150 m socapex - kaapelia

Yhteensä noin 1 000 m erimittaisia schukojatkojohtoja

144 himmenninkanavaa

199 konventionaalista valonheitintä

2 kpl	High End Cyberlight SV	liikkuva valonheitin
-------	------------------------	----------------------

2 kpl	High End Studio Color 575	liikkuva valonheitin
-------	---------------------------	----------------------

6 kpl	Martin Mac 250 Wash	liikkuva valonheitin
-------	---------------------	----------------------

1 kpl	Martin Atomic 3000	strobo
-------	--------------------	--------

1 kpl	Look Solutions Viper NT	savukone
-------	-------------------------	----------

2 kpl	Look Solutions Unique Hazer	usvakone
-------	-----------------------------	----------

1 kpl	MA lighting grandMA light	valo-ohjain
-------	---------------------------	-------------

2 kpl	DMX -splitteri	
-------	----------------	--

200 m	DMX - kaapelia	
-------	----------------	--

6. Yhteenveto

Tämän työn tarkoituksena on ollut selvittää sähköverkon oleellisia osia ja niiden merkitystä loppukäyttäjälle. Ajatuksena on ollut myös jäsentää ja jakaa edelleen sitä tietoa, mitä itselleni on kertynyt erilaisia valaistuksia toteuttaessani.

Vihan päivät 1918 oli suurin TTVO :lla tekemäni projekti. Vaikka tässä tutkintotyössä keskitytäänkin kuvaamaan lähes pelkästään sähköön liittyviä ongelmia ja niiden ratkaisemista, sisälsi tuo projekti hyvin paljon muunkinlaista tekemistä ja käytännön ongelmien ratkaisua. Jos lukija jää kaipaamaan kokonaisempaa ja sisällöllisempää kuvausta Vihan päivät 1918 -esityksestä ja projektin kulusta, kannattaa lukea Hannu Hautalahden opinnäytetyö aiheesta.

Kaiken kaikkiaan vihan päivät 1918 projektia voidaan kaikkien osatekijöiden summana pitää hyvin onnistuneena kokonaisuutena, Valosuunnittelijan ja valomestarin välinen yhteistyö oli erittäin joustavaa ja toimivaa. Lämpimän erityiskiitoksen ansaitsevat valotyöryhmän miehemme ja naisemme Tuukka Jouttimäki, Niko Roivainen, Jerita Lähteenmäki sekä Anna Martevo.

Lähteet

Www-sivut ja eletroninen media

Toivonen, Vesa & Vainionpää, Jorma 1998. Sähkö ja magnetismi - opiskele sähköä Antti Atomin kanssa. [online] [viitattu 31.3.2009]

<http://www.uta.fi/~jv46809/magne/>

Verkkolehti Kaleva plus

[online] [viitattu 31.3.2009]

<http://www.kaleva.fi/plus/index.cfm?j=650173>

Blogi nono

[online] [viitattu 31.3.2009]

<http://nono.vuodatus.net/blog/category/teatteri>

Kirjat

Johnson, Bo 2004. Sähköoppi. A ja B oppikirja. Iisalmi: IS-VET OY.

Johnson, Bo 1999. Sähköoppi 2000. 3-vaiheinen vaihtosähkö oppikirja. Iisalmi: IS-VET OY.

Kansikuva Miia Harjula

Kuvat 1 - 4

Johnson, Bo 1999. Sähköoppi 2000. 3-vaiheinen vaihtosähkö oppikirja. Iisalmi: IS-VET OY. Sivut 8, 9, 11

Kuva 5. Jussi Salo

Kuva 15 Aamulehti

Kaikki muut kuvat Jouni Lindgren

Liite 1

Varhaisia sähkölaskelmia

Tuomiokirkko

Vihanpäivät / Johannespassio

Sähkösyötöt

Määrä (kpl)

Ämpärit (A)

Himmentimet Liikkuvat yms.

2

63

Arri SmartPack + 3 x ADB

1

16

Studiocolorit + Botexit

Himmenninkanavat

Kuormitus (kW)

Määrä

Virta (A)

2

12

32

2

4

16

1

12

16

$2 \times 63A = 126 A$

$126A - 88A = 38A$

1

18

24

Voimavirtasyötöt jäävät 38 ampeeria plussan puolelle

yht:

46

88

Liite 2 - Himmenninkanavatarve



VIHAN PÄIVÄT 1918

HIMMENNINKANAVAT KERROKSITTAIN

LD: Hannu Hautalahti
044 525 69 18
hannu.hautalahti@cult.tpu.fi

VALOMESTARI
Jouni Lindgren
044 308 17 82
jouni.lindgren@cult2.tpu.fi

1. kerros

Mikä?	Teho (W)		Optimi kanavamäärä	Välttämätön tarve	Y / K	K Sum	Y Sum	HUOM!
Korokkeiden alavalot	300	4 x raksaa	2	2	2x1	600	1200	
Sivukäytävät (T-trussit):								
* L029 / L716	650	2 x acclaim pc	8	8	8x2	1300	10400	
* OW	650	2 x acclaim fresnell	8	4	8x2	1300	10400	
* Alavalot (trussien sisään)	300	1 raksaa	4	4	4x1	300	1200	
Lattia PAR								
* L201	1000	ympäriinsä omissa kanavissaan	12	10	12x1	1000	12000	
* L716	1000	voi olla	4	2	4x1	1000	4000	
* L029	1000	kaksi samassa kanavassa	4	2	4x1	1000	4000	
Gobo	1000	Pacific oma kanava	1	1	1x1	1000	1000	
Keskikäytävä	1000	Pacific oma kanava	1	1	1x1	1000	1000	
Raksat	300	8 xTyömaa raksat	2	1	2x2	600	2400	

YHTEENSÄ | | | 50 | 39 | | | 47600 |

Takatrussit

Mikä?	Teho (W)		Optimi kanavamäärä	Välttämätön tarve	Y / K	K Sum	Y Sum	HUOM!
Takavalo L716	1000	2 x 1 kW Desisti	2	1	2x1	1000	2000	
Takavalo OW	1000	2 x 1 kW Desisti	2	1	2x1	1000	2000	
Spesiaali trussin juureen	1000	1 kW Desisti	1	1	1x1	1000	1000	
Keskikäytävä	575	2 x 36 S4	2	1	2x1	575	1150	

YHTEENSÄ | | | 6 | 3 | | | 6150 |

Portaalitrussit

Mikä?			Optimi kanavamäärä	Välttämätön tarve	Y / K	K Sum	Y Sum	HUOM!
Freskot	650	2 x Acclaim fres	2	2	2x1	650	1300	
Kuoleman puutarha								
Sivut	650	2 x Acclaim zoom spot	2	2	2x1	650	1300	
Keskikäytävä	575	2 x Etc S4 19	2	1	2x1	575	1150	
Käärme								
* OW	250	4 x ACL	1	1	1x1	1000	1000	
* L181	250	4 x ACL	1	1	1x1	1000	1000	
Altтарin etuvalot	1000	4 x RVE zoom	4	2	4x1	1000	4000	
"Dream blue"	575	2 x Etc S4 36	2	1	2x1	575	1150	
Takavalot								
* OW	1000	2 x 1 kW Desisti	2	1	2x1	1000	2000	
* L201	1000	2 x 1 kW Desisti	2	1	2x1	1000	2000	

YHTEENSÄ | | | 18 | 12 | | | 14900 |

2. kerros

Mikä?			Optimi kanavamäärä	Välttämätön tarve	Y / K	K Sum	Y Sum	HUOM!
Etuvallot	575	6 x Etc S4 26	6	6	6x1	575	3450	
Käärme		Samat ACL :t kuin edellä						
* OW			1	1				Samoissa kanavissa kuin em. käärme -valot!!!!!!
* L181			1	1				
Kuoro	1000	6 x niethammer 6 kan	10	10	6x1	1000	6000	
	650	2 x selecon zoomspot 1 kan			1x2	1300	1300	
	650	2 x acclaim pc 1 kan			1x2	1300	1300	
	650	4 acclaim fres 2 kan			2x2	1300	2600	
Saarnatuoli	575	1 x Etc S4 19 iiris	2	2	1x1	575	575	
	650	1x acclaim zoomspot			1x1	650	650	
Pylväät	650	4 x acclaim pc 4 kan	4	4	4x1	650	2600	
Köynnöksenkantajat	575	4 x Etc S4 50	2	2	2x2	1150	2300	
Ristikäytävä	575	2 x Etc S4 50	4	2	2x1	575	1150	
	750	2 x Etc zoom			2x1	750	1500	
Gobopesut								
* Katto	1000	6 x Altman zoom	6	3	6x1	1200	7200	
* Eka kerros	1000	2 x pacific	1	1	1x2	2000	2000	

Kattopesut	1250	6 x aurora	12	12	6x2	1250	7500
	1000	12 x 1 kw flood			12x1	1000	12000
Kordelin	1000	2 x Rve zoom	2	1	2x1	1000	2000
Raksat	300	32 x raksa (tulevat ympäriinsä)	6	5	7x1	?	9600
Ylösousemus	1000	2 x par64	1	1	1x2	2000	2000
Keskikäytävä	750	2 x etc zoom	2	1	2x1	750	1500

YHTEENSA

59	51			67225
----	----	--	--	-------

KAIKKI YHTEENSA			133	105			135875
------------------------	--	--	------------	------------	--	--	---------------

SUORA SÄHKÖ:

9x 63 A x 230 V = 130 410 W

1. kerros

Mikä?			W	W / yht			A / kpl
2 kpl Studiocolor			2 x 700 W	1400 W			3.0 A / kpl
1 kpl Look Viper NT			1 x 1300 W	1300 W			

2. kerros

Mikä?			W / kpl	W / yht			A / kpl
6 kpl MAC 250 Wash			323 W / kpl	1938 W			1,6 A / kpl
FOH			???				
2 kpl Look Unique + fans			1500 W / kpl	1500 W + fans			

Ulos / ikkuna

Mikä?			W / kpl	W / yht			A / kpl
2 kpl Cyberlight			1300 W / kpl	2600 W			6.3 A / kpl
1 kpl Atomic 3000 strobe			1840				8 A / kpl

Liite 3 - Vaiheiden tasapainotus, kanavalista, pääsyöttökohtaiset kuormitukset



VIHAN PÄIVÄT 1918

Virtalaskelmat

LD: Hannu Hautalahti

044 525 69 18

hannu.hautalahti@cult.tpu.fi

VALOMESTARI

Jouni Lindgren

044 308 17 82

jouni.lindgren@cult2.tpu.fi

Voimavirta syötöt	Syötön nimi
1x 63 A voimavirta kellarin sähköpääkeskuksesta	1 Kellari
1x 63 A voimavirta invaliuskan seinästä	2 TV
1x 63 A voimavirta työmaalta vedetty	3 Raksa

Syöttö 3 (Raksa) 2.kerrokseen
Työmaakeskus Auto (makevan)
2 x 32 A (max 7360 W / ~)

Himmennin LSC 1 24ch
Bertta (Pikku-urkujen vieressä)
Ch 1 – 12

	DMX	Kanavat	Lamput	Vaihe 1 (W)	Vaihe 2 (W)	Vaihe 3 (W)
Takatrussi SR	1	1	Desisti Leonardo	1000		
	2	2	Desisti Leonardo	1000		
	3	3	ETC S4 36	575		
	4	4	RaksaFlood	300		
Korokkeen alavalot vas	5	5	RaksaFlood x3		900	
	6	6	RaksaFlood x3		900	
	7	7	Desisti Leonardo		1000	
	8	8	Desisti Leonardo		1000	
Alttari	9	9	ETC S4 36			575
	10	10	Desisti Leonardo			1000
	11	11	RaksaFlood			300
	12	12	Linestra x4			480
			YHT:	2875	3800	2355

Himmennin LSC 1 24ch (jatkuu)
Ch 13 – 24

	DMX	Kanavat	Lamput	Vaihe 1 (W)	Vaihe 2 (W)	Vaihe 3 (W)
Lattia parrit oikea puoli	13	13	PAR64 CP62 L716	1000		
	14	14	PAR64 CP62 L201	1000		
	15	15	PAR64 CP62 L029	1000		
	16	16	PAR64 CP62 L716	1000		
Lattia parrit vasen puoli	17	17	PAR64 CP62 L029		1000	
	18	18	PAR64 CP62 L201		1000	
	19	19	PAR64 CP62 L201		1000	
	20	20	PAR64 CP62 L201		1000	
	21	21	PAR64 CP62 L716			1000
	22	22	PAR64 CP62 L201			1000
	23	23	PAR64 CP62 L029			1000
	24	24	1,5 kW Raksaflood			1500
			YHT:	4000	4000	4500
		Vaihekuormat LSC 1		6875	7800	6855
				Ylitys 440 W		

Himmennin LSC 2 24ch
Sirkka-Liisa (Vas takaportaikko)
Ch 1 -12

	DMX	Kanavat	Lamput	Vaihe 1 (W)	Vaihe 2 (W)	Vaihe 3 (W)
Käytävätrussi 1 (Side isle 1)	25	1	Selecon Acclaim Pc x2	1300		
	26	2	Selecon Acclaim Fresnell	650		
	27	3	Selecon Acclaim Fresnell	650		
	28	4	RaksaFlood	300		
Käytävätrussi 3 (Side isle 3)	29	5	Selecon Acclaim Pc x2		1300	
	30	6	Selecon Acclaim Fresnell		650	
	31	7	Selecon Acclaim Fresnell		650	
	32	8	RaksaFlood		300	
Lattiaparrit vasen puoli keskellä	33	9	PAR64 CP62 L210 x2			2000
	34	10	PAR64 CP62 L716			1000
	35	11	PAR64 CP62 L029			1000
	36	12	Selecon Pacific			1000
			YHT:	2900	2900	5000

Himmennin LSC 2 24ch (jatkuu)
Ch 13 – 24

	DMX	Kanavat	Lamput	Vaihe 1 (W)	Vaihe 2 (W)	Vaihe 3 (W)
Lattiaparrit oikea puoli takana	37	13	PAR64 CP62 L210 x2	2000		
	38	14	PAR64 CP62 L029	1000		
	39	15	PAR64 CP62 L716	1000		
	40	16	Selecon Pacific	1000		
Käytävätrussi 2 (Side isle 2)	41	17	Selecon Acclaim Pc x2		1300	
	42	18	Selecon Acclaim Fresnell		650	
	43	19	Selecon Acclaim Fresnell		650	
	44	20	RaksaFlood		300	
Käytävätrussi 4 (Side isle 4)	45	21	Selecon Acclaim Pc x2			1300
	46	22	Selecon Acclaim Fresnell			650
	47	23	Selecon Acclaim Fresnell			650
	48	24	RaksaFlood			300
			YHT:	5000	2900	2900
		Vaihekuormat LSC 2		7900	5800	7900
				Ylitys 540 W		Ylitys 540 W

3 syötön vaihekuormat 14775 13600 14755
Teoreettinen maksimi on 14490 Wattia per vaihe Ylitys 285 W Vajaa 890 W Ylitys 265 W

Syöttö 1 (Kellari) 2.kerrokseen vasemmalle puolelle
Työmaakeskus Auto (makevan)
2 x 16 A (max 3650 W / ~)
2 x 32 A (max 5750 W / ~)

Himmennin ADB 12ch
Ilona
(syöttö 16 A)

	DMX	Kanavat	Lamput	Vaihe 1 (W)	Vaihe 2 (W)	Vaihe 3 (W)
Portaalirtussi SR	49	1	ETC S4 19	575		
	50	2	Desisti Leonardo	1000		
	51	3	Desisti Leonardo	1000		
	52	4	RaksaFlood x2	600		
	53	5	RVE Zoom		1000	
	54	6	RVE Zoom		1000	
	55	7	ACL		250	
	56	8	ACL		250	
	57	9	RaksaFlood			300
	58	10	ETC S4 36			575
	59	11	Selecon Acclaim Zoomspot			650
	60	12	Selecon Acclaim Fresnell			650

YHT: 3175 2500 2175

Himmennin ADB 12ch
Boris
(syöttö 25 A)

	DMX	Kanavat	Lamput	Vaihe 1 (W)	Vaihe 2 (W)	Vaihe 3 (W)	
Rakennusteline SR	61	1	Altman Zoom	1200			
	62	2	Altman Zoom	1200			
	63	3	Altman Zoom	1200			
	64	4	RaksaFlood x4	1200			
	65	5	Niethammer Zoom Profile		1200		
	66	6	Niethammer Zoom Profile		1200		
	67	7	Niethammer Zoom Profile		1200		
	68	8	RaksaFlood x3		900		
	69	9	Thomas Teatro Flood x2			2000	
	70	10	Thomas Teatro Flood x2			2000	
	71	11	Thomas Teatro Flood			1000	
	72	12	Thomas Teatro Flood			1000	
				YHT:	4800	4500	6000

Himmennin ADB 12ch
Mirja (mirkkeli)
(syöttö 16 A)

	DMX	Kanavat	Lamput	Vaihe 1 (W)	Vaihe 2 (W)	Vaihe 3 (W)	
Ylätrussi 1 Balcony SR 1	73	1	ETC S4 26	575			
	74	2	ETC S4 26	575			
	75	3	ETC S4 26	575			
	76	4	RaksaFlood	300			
	77	5	RaksaFlood		300		
	78	6	RVE Zoom		1000		
	79	7	Selecon Acclaim Zoomspot		650		
	80	8	Selecon Acclaim Pc		650		
	81	9	RaksaFlood			300	
	82	10	ACL			250	
	83	11	ACL			250	
	84	12	ETC S4 50			750	
				YHT:	2025	2600	1550

Himmennin ADB 2 x 12ch
Sanelma
(syöttö 32 A)

	DMX	Kanavat	Lamput	Vaihe 1 (W)	Vaihe 2 (W)	Vaihe 3 (W)	
Ylätrussi 3 (vasemmalla puolella) Balcony SR 2	85	1	Selecon Acclaim Pc	650			
	86	2	Etc Zoom 25-50	750			
	87	3	Selecon Acclaim Fresnell x2	1300			
	88	4	ETC S4 50	750			
Ylätrussi 4 (oikealla puolella) Balcony SL 2	89	5	ETC S4 50		750		
	90	6	RaksaFlood x2		600		
	91	7	Selecon Acclaim Pc		650		
	92	8	Etc Zoom 25-50				
	93	9	Selecon Acclaim Fresnell x2			1300	
	94	10	ETC S4 50			750	
	95	11	ETC S4 50			750	
	96	12	RaksaFlood x4			1200	
				YHT:	3450	2000	4000

3 syötön vaihekuormat 13450 11600 13725
Teoreettinen maksimi on 14490 Wattia per vaihe Vajaa 1040 W
Vajaa 2890 W
Vajaa 765 W

Syöttö 2 2.kerrokseen oikealle puolelle
 Työmaakeskus Kera (koulun)
 2 x 32 A (max 7360 W / ~)
 1 x 16 A (max 3650 W / ~)

Sanelma (sanelma jatkaa)
 (syöttö 25 A)

Rakennusteline urut	DMX	Kanavat	Lamput	Vaihe 1 (W)	Vaihe 2 (W)	Vaihe 3 (W)
	97	1	Selecon Acclaim Zoomspot x2	1300		
	98	2	Selecon Pacific Zoomspot x2	2000		
	99	3	ETC Zoom 25-50 x2	1500		
	100	4	Selecon Acclaim Pc	650		
	101	5	Selecon Acclaim Pc		650	
	102	6	RaksaFlood x6		1800	
	103	7	Selecon Aurora Flood		1250	
	104	8	Selecon Aurora Flood		1250	
	105	9	Selecon Aurora Flood			1250
	106	10	Selecon Aurora Flood			1250
	107	11	Selecon Aurora Flood			1250
	108	12	Selecon Aurora Groundrow			1250
			YHT:	5450	4950	5000

Himmennin ADB 12ch
 Aimo Tujaus
 (syöttö 16 A)

Ylätrussi 2 Balcony SL 1	DMX	Kanavat	Lamput	Vaihe 1 (W)	Vaihe 2 (W)	Vaihe 3 (W)
	109	1	ETC S4 26	575		
	110	2	ETC S4 19	575		
	111	3	ETC S4 26	575		
	112	4	RaksaFlood	300		
	113	5	RaksaFlood		300	
	114	6	RVE Zoom		1000	
	115	7	ETC S4 26		575	
	116	8	Selecon Acclaim Pc		650	
	117	9	RaksaFlood			300
	118	10	ACL			250
	119	11	ACL			250
	120	12	ETC S4 50			750
			YHT:	2025	2525	1550

Himmennin ADB 12ch
 Doris
 (syöttö 32 A)

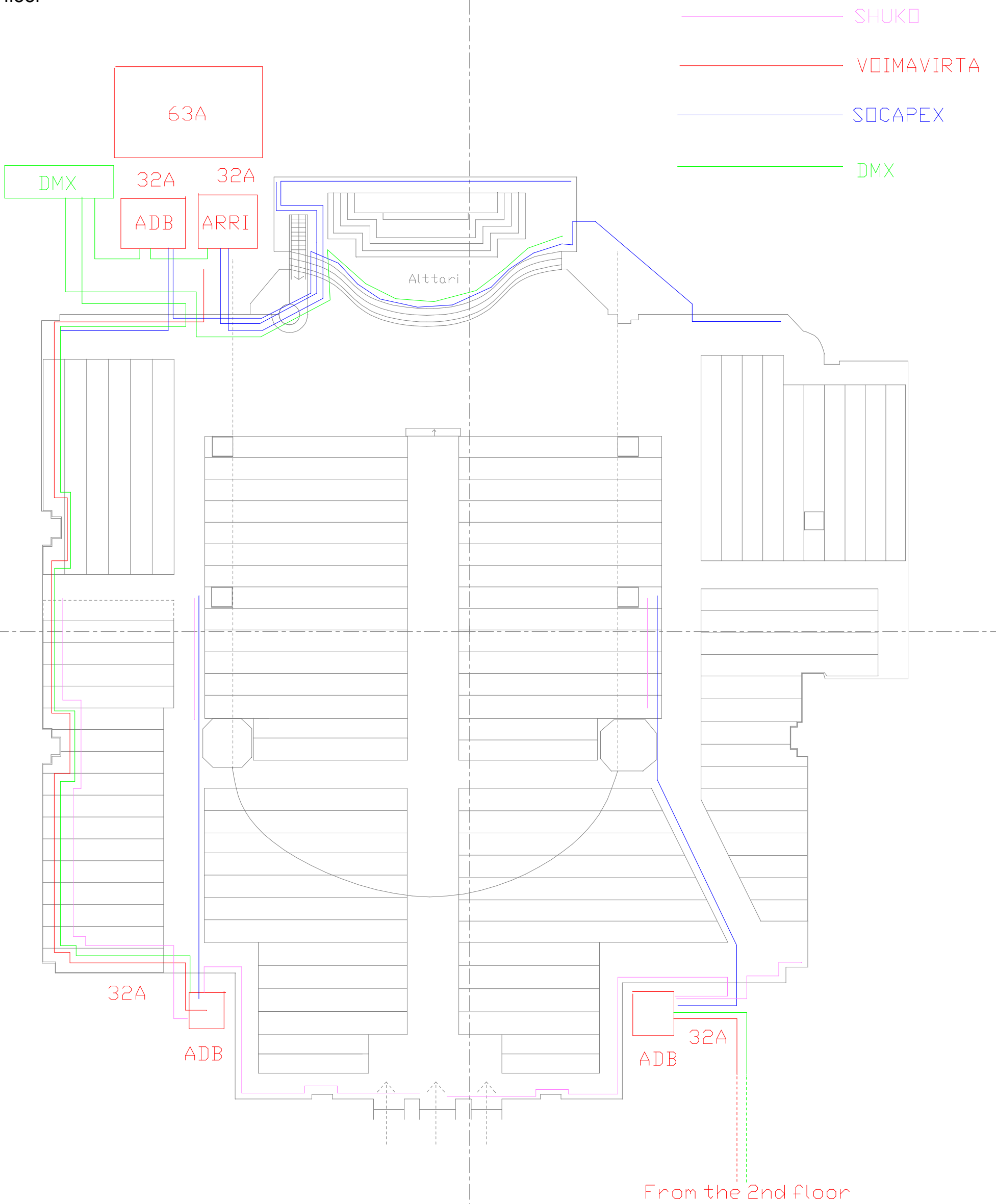
Rakennusteline SL	DMX	Kanavat	Lamput	Vaihe 1 (W)	Vaihe 2 (W)	Vaihe 3 (W)
	121	1	Altman Zoom	1200		
	122	2	Altman Zoom	1200		
	123	3	Altman Zoom	1200		
	124	4	RaksaFlood x4	1200		
	125	5	Niethammer Zoom Profile		1200	
	126	6	Niethammer Zoom Profile		1200	
	127	7	Niethammer Zoom Profile		1200	
	128	8	RaksaFlood x3		900	
	129	9	Thomas Teatro Flood x2			2000
	130	10	Thomas Teatro Flood x2			2000
	131	11	Thomas Teatro Flood			1000
	132	12	Thomas Teatro Flood			1000
			YHT:	4800	4500	6000

Himmennin ARRI Smartpack 12ch

Petteri
(syöttö 32 A)

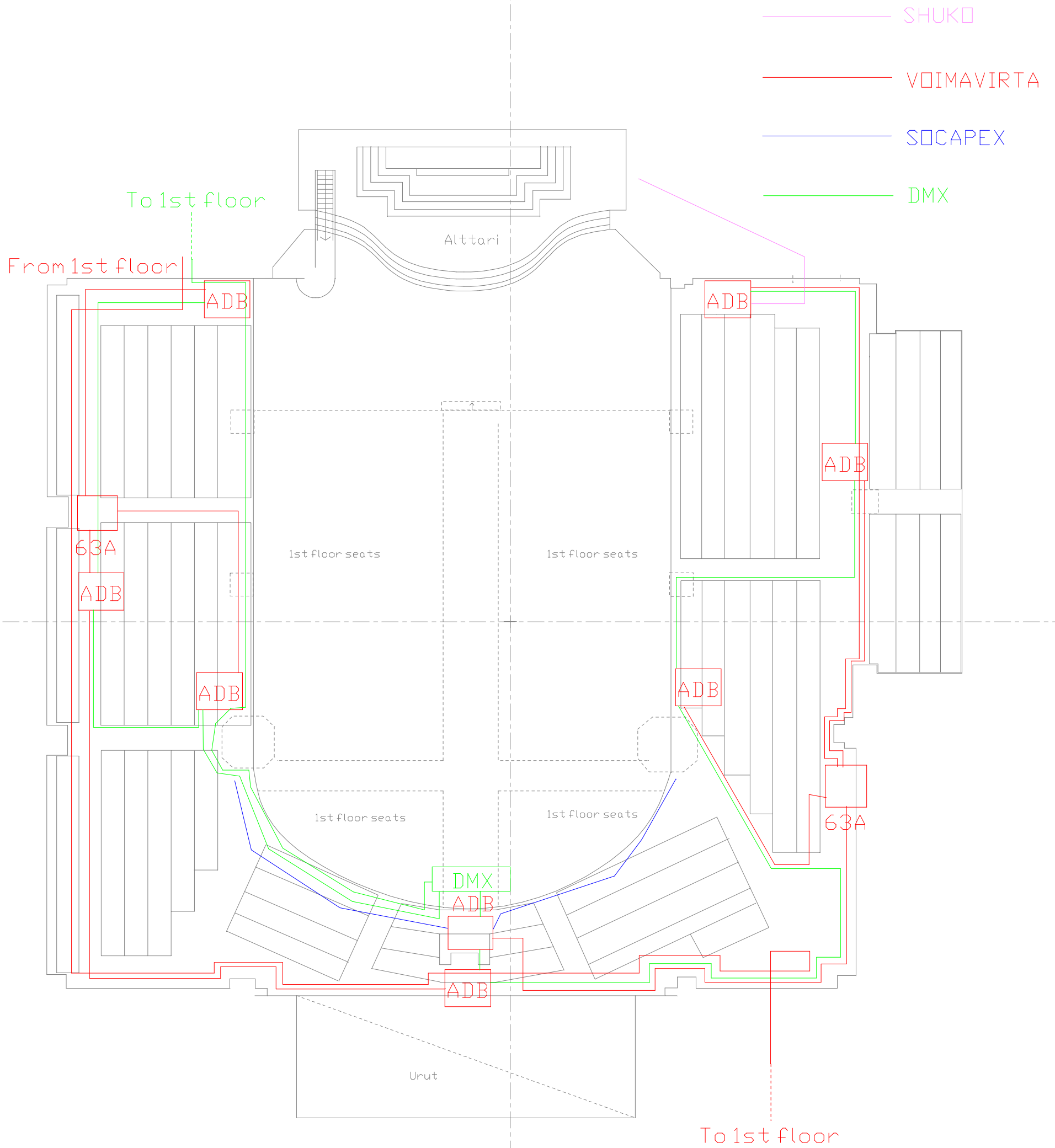
	DMX	Kanavat	Lamput	Vaihe 1 (W)	Vaihe 2 (W)	Vaihe 3 (W)	
Portaalirtussi SL	133	1	ETC S4 19	575			
	134	2	Desisti Leonardo	1000			
	135	3	Desisti Leonardo	1000			
	136	4	RVE Zoom	1000			
	137	5	RVE Zoom		1000		
	138	6	RaksaFlood x3		900		
	139	7	ETC S4 36		575		
	140	8	Selecon Acclaim Fresnell		650		
	141	9	ACL			250	
	142	10	ACL			250	
	143	11	Selecon Acclaim Zoomspot			650	
	144	12	PAR64 CP62 L202 x2			2000	
Altтарыsyvennyksen ikkunat							
				YHT:	3575	3125	3150
					15850	15100	15700
					Teoreettinen maksimi on 14490 Wattia per vaihe Ylitys 1360 W		
					Ylitys 610 W		
						Ylitys 1210	

1st floor





2nd floor



Liite 5 – Kolmivaihesyöttöjen vaihekuormat



VIHAN PÄIVÄT 1918

Virtalaskelmat

LD: Hannu Hautalahti

044 525 69 18

hannu.hautalahti@cult.tpu.fi

VALOMESTARI

Jouni Lindgren

044 308 17 82

jouni.lindgren@cult2.tpu.fi

Voimavirta syötöt	Syötön nimi	
1x 63 A voimavirta kellarin sähköpääkeskuksesta	1	
1x 63 A voimavirta invaliuskan seinästä	2	
1x 63 A voimavirta työmaalta vedetty	3	
1x 16 A valovirta alttarilla	4	2700 W

Syöttö 1 1.kerrokseen

1 syötön vaihekuormat

Teoreettinen maksimi per vaihe on 14490 Wattia

Vaihe 1 (W)	Vaihe 2 (W)	Vaihe 3 (W)
14775	13600	14755

Syöttö 2 2.kerrokseen oikealle puolelle

Teoreettinen maksimi per vaihe on 14490 Wattia

Vaihe 1 (W)	Vaihe 2 (W)	Vaihe 3 (W)
13450	11600	13725

Syöttö 3 2. kerrokseen vasemmalle puolelle

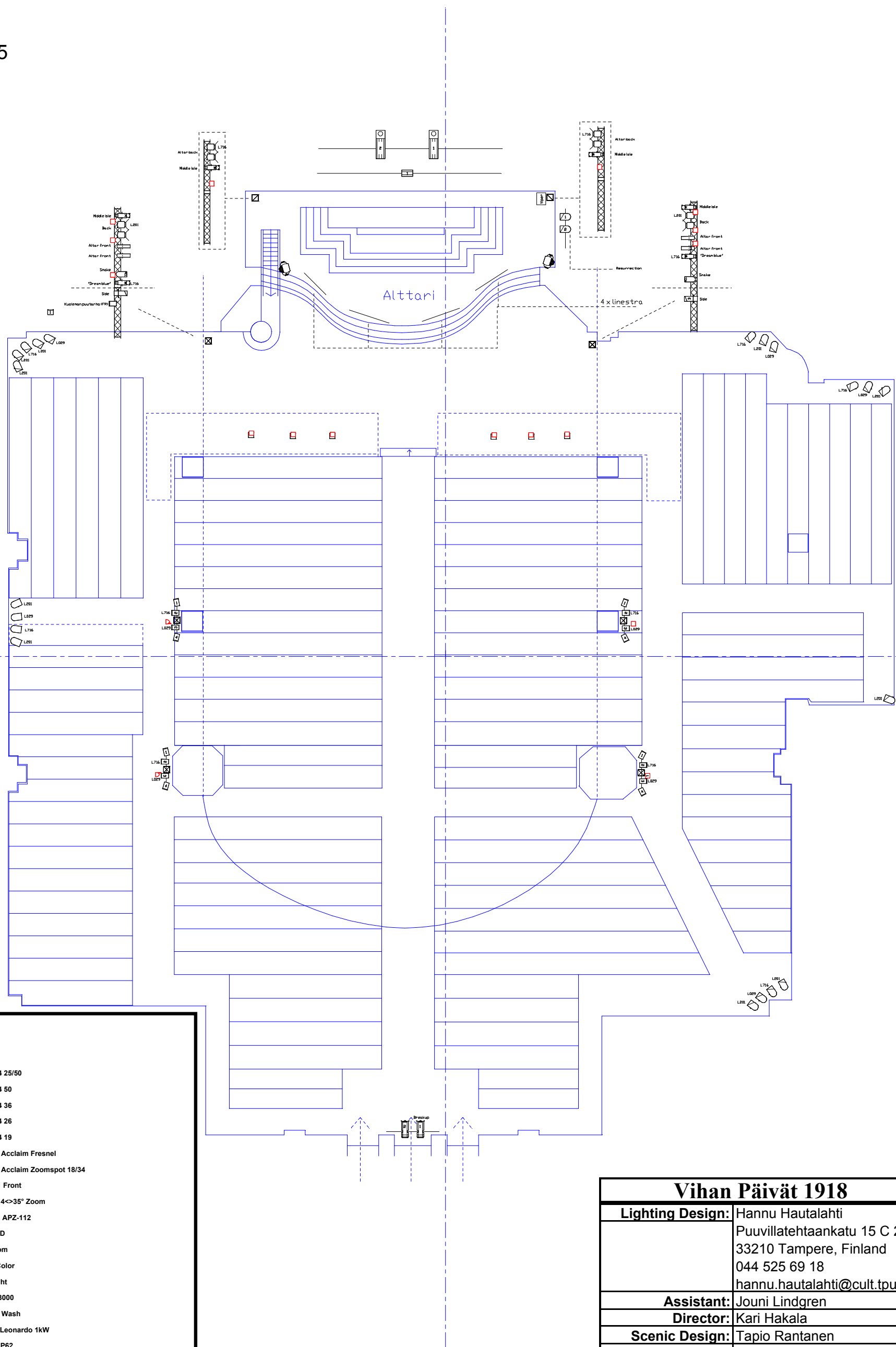
Teoreettinen maksimi per vaihe on 14490 Wattia

Vaihe 1 (W)	Vaihe 2 (W)	Vaihe 3 (W)
15850	15100	15700



1st floor

Scale 1:75



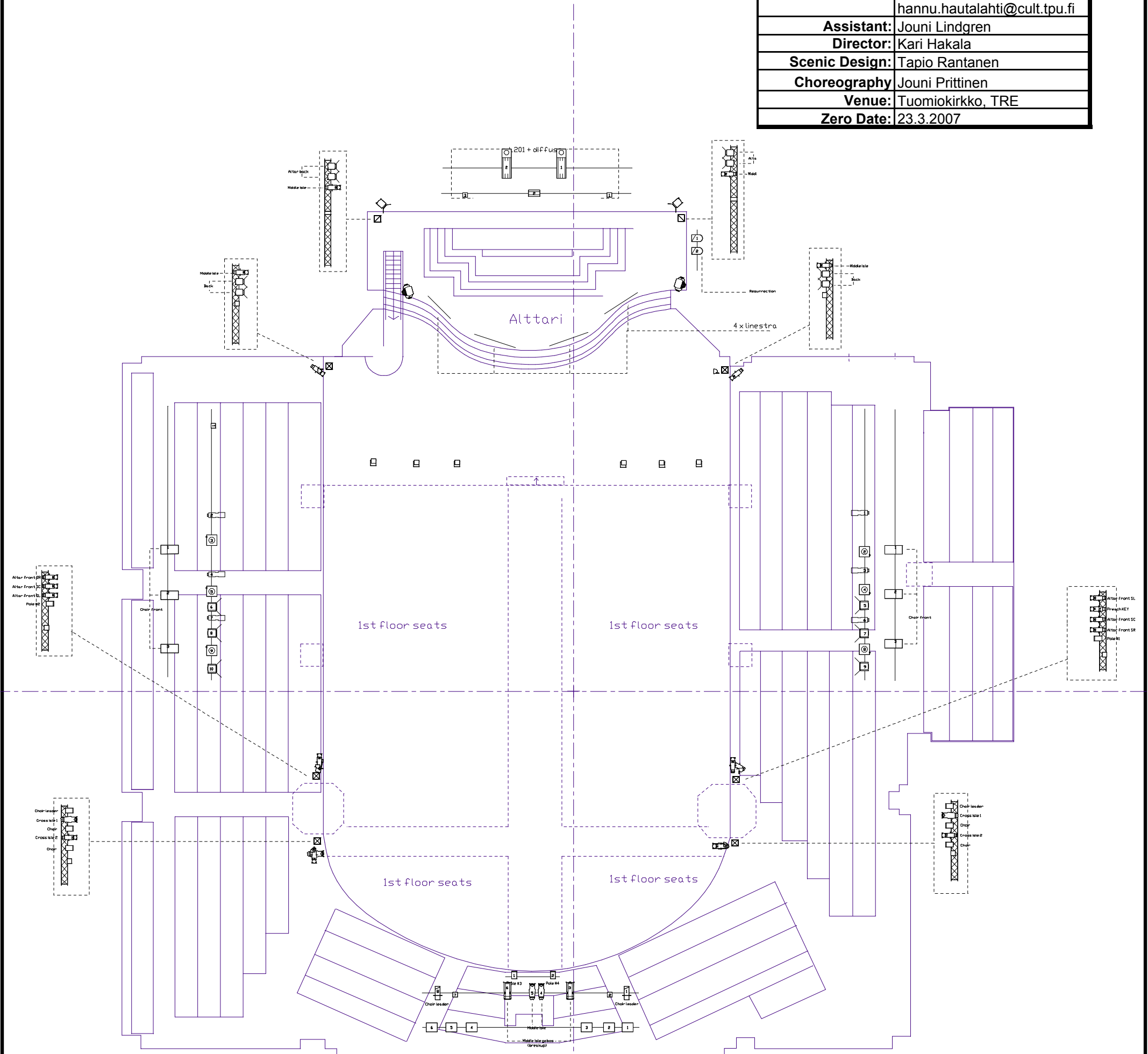
Vihan Päivät

Symbol	Name
	Source 4 25/50
	Source 4 50
	Source 4 36
	Source 4 26
	Source 4 19
	Selecon Acclaim Fresnel
	Selecon Acclaim Zoomspot 18/34
	Aurora 1 Front
	Pacific 14<->35° Zoom
	Altmann APZ-112
	HPZ 115D
	RVE Zoom
	Studio Color
	Cyberlight
	Atomic 3000
	Mac 250 Wash
	De Sisti Leonardo 1kW
	Par 64 CP62
	Teatro Wetlight Plan
	Teatro Flood 1 kW / 500 W
	ACL

Vihan Päivät 1918

Lighting Design:	Hannu Hautalahti Puuvillatehtaankatu 15 C 24 33210 Tampere, Finland 044 525 69 18 hannu.hautalahti@cult.tpu.fi
Assistant:	Jouni Lindgren
Director:	Kari Hakala
Scenic Design:	Tapio Rantanen
Choreography:	Jouni Prittinen
Venue:	Tuomiokirkko, TRE
Zero Date:	23.3.2007

Vihan Päivät 1918	
Lighting Design:	Hannu Hautalahti Puuvillatehtaankatu 15 C 24 33210 Tampere, Finland 044 525 69 18 hannu.hautalahti@cult.tpu.fi
Assistant:	Jouni Lindgren
Director:	Kari Hakala
Scenic Design:	Tapio Rantanen
Choreography:	Jouni Prittinen
Venue:	Tuomiokirkko, TRE
Zero Date:	23.3.2007



Vihan Päivät 1918

Symbol	Name
	Source 4 19
	Source 4 25/50
	De Sisti Leonardo 1kW Pole Op
	Studio Color
	Source 4 26
	Selecon Acclaim Zoomspot 18/34
	Atomic 3000
	Teatro Wetlight Plan
	Source 4 50
	Mac 300
	Selecon Acclaim Fresnel
	HPZ 115D
	Shakespeare Zoom 3055
	De Sisti Monet 2000W
	Pacific 14<->35° Zoom
	USITT Par 64 MFL
	Aurora 1 Front
	Cyberlight