

Toni Silvonen

**SÄHKÖTEKNINEN TYYPPIRATKAISU LAITTEELLE NEXTROM DEUTERIUM
TREATMENT SYSTEM (NDS)**

**SÄHKÖTEKNINEN TYYPPIRATKAISU LAITTEELLE NEXTROM DEUTERIUM
TREATMENT SYSTEM (NDS)**

Toni Silvonen
Opinnäytetyö
Kevät 2019
Automaatiotekniikan koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK), Automaatiotekniikan koulutusohjelma

Tekijä: Toni Silvonen

Opinnäytetyön nimi: Sähkötekkinen tyypiratkaisu laitteelle Nextrom Deuterium Treatment System (NDS)

Työn ohjaaja: Manne Tervaskanto

Työn valmistuslukuksi ja -vuosi: Kevät 2019

Sivumäärä: 34 + 2

Tämä opinnäytetyö on tehty Profil-Bau Industrial Oy:lle sekä sen suurimmalle asiakkaalle Rosendahl Nextrom Oy:lle samalla, kun opinnäytetyön tekijä työskenteli Profil-Bau Industrial Oy:llä konsulttina. Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella sähkötekkinen tyypiratkaisu NDS-laitteelle niin, että sitä voidaan hyödyntää tulevaisuudessa asiakasprojekteissa ja siten minimoida suunnitteluun kuluva aikaa. NDS-laite on Rosendahl-Nextrom Oy:n kehittämä valokuidun deuteriumkäsittelylaite.

Tässä opinnäytetyössä esitellään tuotekehitysprojekti ja sen vaiheet sekä sen sähkösuunnitteluun liittyvät seikat. Lisäksi opinnäytetyössä käydään läpi optisen valokuidun ominaisuuksia ja rakennetta.

Opinnäytetyön lopputuloksena saavutettiin sähkötekkinen tyypiratkaisu ja tyypiosaluettelo NDS-laitteelle, joka täyttää voimassa olevat standardit.

Asiasanat: valokuitu, deuteriumkäsittely, yksimuoto

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Bachelor Degree of Automation Engineer

Author: Toni Silvonen

Title of thesis: Electrical type solution for Nextrom Deuterium Treatment System

Supervisor: Manne Tervaskanto

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2019 Number of pages: 34 + 2

The purpose of this bachelor thesis was to design an electrical type solution for Rosendahl-Nextrom Oy. The aim was to design a new electrical type solution for Nextrom Deuterium Treatment System (NDS). This new type solution can be used in customer projects and will reduce design time and by that reducing project costs in future. The author of this thesis participated in the project as an electrical engineer.

NDS is used to enhance optical properties in single-mode optical fiber. With a new design, NDS can recycle premixed nitrogen-deuterium gas and reduce annual costs of treatment process.

This thesis provides an overview of the electrical design and process of NDS.

Keywords: optical fiber, deuterium treatment, single-mode

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	6
2 VALOKUITU.....	8
2.1 Valokuidun ominaisuudet ja käyttökohteet.....	8
2.2 Valokuidun rakenne	8
2.3 Yksi- ja monimuotokuidut.....	9
2.4 Valokuidun valmistus	10
2.5 Valokuidun laatuun vaikuttavia tekijöitä	12
2.6 Valokuidun deuteriumkäsittely	13
3 NEXTROM DEUTERIUM TREATMENT SYSTEM ELI NDS	15
3.1 Tuotekehitysprojektin tausta ja tavoitteet.....	15
3.2 Laitteiston toiminta.....	17
3.3 NDS-laitteen modulaarisuus	18
3.4 Turvallisuus ja turvatoiminnot	19
4 TUOTEKEHITYSPROJEKTIN KULKU ROSENDAHL-NEXTROM OY:SSA.....	20
5 SÄHKÖTEKNINEN RATKAISU	22
5.1 Sähkösuunnittelu Rosendahl-Nextrom Oy:ssä	22
5.2 Projektin hallinta ja tuntiraportointi	23
5.3 Sähkösuunnittelussa käytössä olevat ohjelmistot	23
5.4 NDS-laitteen piirikaavioratkaisut.....	24
5.5 Osaluettelo osana tyyppiratkaisua	30
6 PROJEKTIN LOPPUTULOKSET JA POHDINTA	33
LÄHTEET.....	34
LIITTEET	35

1 JOHDANTO

Internetin ja suoratoistopalveluiden yleistyessä maailmalla, etenkin kehittyvässä Aasiassa, on tärkeää, että tarjolla on laadukasta ja luotettavaa valokuitua. Valokuitu mahdollistaa kustannustehokkaan ja nopean tiedonsiirron ympäri maailman. Valokuidun mahdollisuudet eivät rajoitu ainoastaan tiedonsiirtoon vaan sitä voidaan käyttää myös esimerkiksi mittaustekniikassa. Valokuitua pidetään tehokkaana tiedonsiirron välineenä, koska laadukkaalla valokuitukaapelilla on lähes rajaton tiedonsiirtokapasiteetti ja valmiudet myös tulevaisuuden kehitykseen.

Tässä opinnäytetyössä keskitytään NDS-laitteen sähkötekniiseen tyyppiratkaisuun. NDS-laite on Rosendahl-Nextrom Oy:n kehittämä valokuidun deuteriumkäsittelylaite. Sähkötekniisen tyyppiratkaisun tavoite on tehdä NDS-laitteesta mahdollisimman modulaarinen, jotta laitteen kammio- ja osat voidaan toimittaa Rosendahl-Nextrom Oy:n asiakkaille tehokkaammin asiakkaan tarpeen mukaan, minimoiden sähkötekniiset muutokset asiakasprojekteissa. Tyyppiratkaisun tavoite on myös tarjota hyvä piirikaavio ja osaluettelopohja asiakasprojekteihin. Tämä pienentää suunnitteluun käytettävää aikaa tulevaisuuden asiakasprojekteissa. Tästä työstä on rajattu pois sähköiset mitoitus- ja suunnittelut.

Tämä opinnäytetyö on tehty Profil-Bau Industrial Oy:lle sekä sen suurimmalle ja tärkeimmälle asiakkaalle Rosendahl-Nextrom Oy:lle. Profil-Bau Industrial Oy on toiminut jo vuosikymmeniä Rosendahl-Nextrom Oy:n konsulttina sähkö-, automaatio- ja mekaniikkasuunnittelussa. Profil-Bau Industrial on suomalainen, keskisuuri insinööritoimisto, joka toimittaa asiakkailleen korkealaatuisia teollisuuden automaatio-, mekaniikka- ja sähkösuunnittelupalveluita sekä käyttöönotto- ja testauspalveluita.

Rosendahl-Nextrom Oy kehittää, suunnittelee ja valmistaa valokuidun ja valokuitukaapelien valmistukseen käytettäviä laitteita ja koneita. Yhtiön laitteet, koneet ja palvelut voidaan jaotella pääpiirteittäin seuraaviin: valokuitupreformien eli lasisten esiaihioiden valmistuksessa käytettäviin koneisiin, valokuidun vetotorneihin, valokuitukaapelilinjoihin, valokuitunauhan valmistuskoneisiin, valokuidun laadunvarmistukseen sekä valokuidun jälkikäsittelykoneisiin ja -laitteisiin.

Valokuitupreformin valmistustapoja ja -koneita on useita erilaisia, mutta kaikkien lopputuote on sama, eli lasinen esiaihio, jota käytetään valokuituvetotorneissa. Valokuituvetotornit valmistavat

lasipreformista yksisäikeistä akrylaatilla päällystettyä valokuitua. Valokuitukaapelilinjat valmistavat monisäikeistä valokuitukaapelia ja valokuitusäikeiden määrä riippuu linjaston koosta ja asiakkaan tarpeista. Jälkikäsittelyn laitteilla, esimerkiksi opinnäytetyössä käsiteltävällä NDS-laitteella, on tarkoitus parantaa valokuituvetotornista tulevan valokuidun ominaisuuksia ja laatua. (Nextrom Oy, 2014).

Rosendahl-Nextrom Oy:n asiakkaita ovat valokuitua valmistavat ja myyvät yritykset ympäri maailman. Myös suuret yliopistot ostavat laitteita ja linjastoja erilaisiin kehitystyötarpeisiinsa. Yritys tuottaa asiakkailleen kattavasti konevalmistuksen käyttöönottoa ja tukea sekä lisäksi laitepäivityksiä ja huoltoja. Yrityksen palveluihin kuuluu myös varaosapalvelua, koulutusta sekä tuotekehitystä ja tutkimusta. (Nextrom Oy, 2014, 23.)

2 VALOKUITU

2.1 Valokuidun ominaisuudet ja käyttökohteet

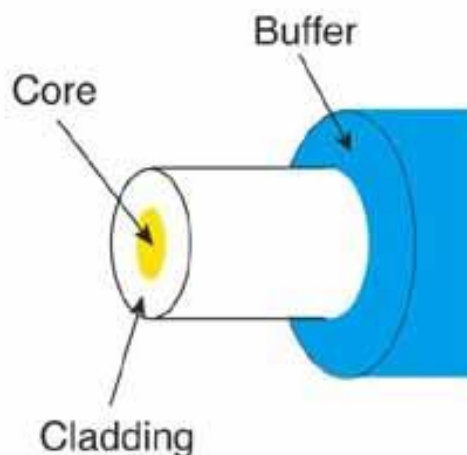
Valokuitu on taipuisa, muovista tai lasista valmistettu valoa johtava kuitu. Lasista valmistetun valokuidun yleisin ja ehkä tärkein käyttötarkoitus on tietoliikenteen tiedonsiirrossa. Valokuitu mahdollistaa perinteistä sähköjohtoa suuremmat väylänopeudet ja pienemmät häviöt pitkillä matkoilla. Valokuitu on myös immuuni sähkömagneettiselle säteilylle, joka indusoiuessaan sähkökaapeliin aiheuttaa häiriötä, mikä puolestaan näkyy tiedonsiirtonopeuksien ja maksimikaapelipituuden laskuna.

Suoratoistopalveluiden yleistyessä ja internetin käyttäjämäärän kasvaessa on tärkeää, että tietoliikenneverkot pystyvät vastaamaan kasvanutta tiedonsiirron määrää. Matalan vesipiikin valokuitu mahdollistaa suuremman kaistanleveyden, koska se mahdollistaa E-alueen käytön. E-alueita käsitellään tarkemmin luvuissa 2.5 ja 2.6.

Valokuidun muita käyttökohteita ovat muun muassa sisustuksessa käytettävät kohdevalot. Kohdevaloilla on yleensä yksi valolähde, josta jakautuu useampi valokuitu valaisemaan haluttuja kohteita. Muita prosentuaalisesti pienempiä käyttökohteita löytyy muun muassa mittaustekniikan, lääke- ja sotateollisuuden aloilta.

2.2 Valokuidun rakenne

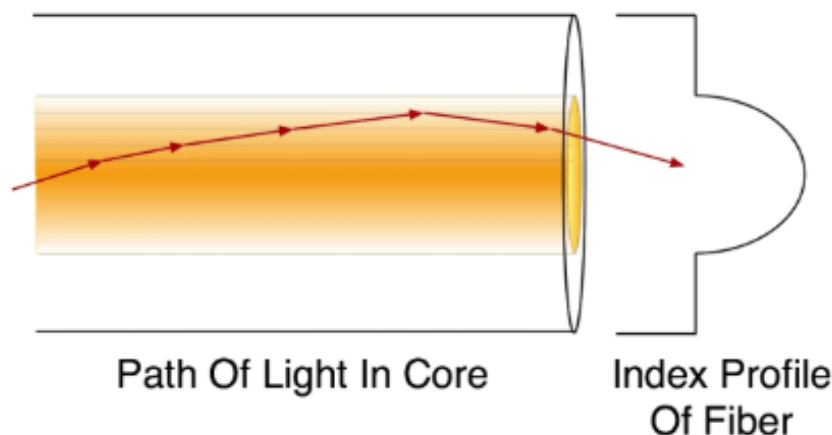
Valokuitu voidaan jakaa kolmeen eri osaan: ytimeen (core), kuoreen (cladding) ja suojapäälystykseen (buffer). Kuvassa 1 on havainnollistettu valokuidun rakenne. (The Fiber Optic Association Inc., 2019).



KUVA 1. Valokuidun poikkileikkaus (The Fiber Optic Association Inc., 2019).

Ytimen päämateriaalina käytetään kvartsia (SiO_3). Lisäämällä kvartsin sekaan muita ainesosia kuten titaniumoksidia (TiO_3), voidaan valokuidun aaltojohdettavuutta ja muita rakenneominaisuuksia muokata paremmin tarkoitukseen sopiviksi. Myös valokuidun kuori on tehty lasista, mutta sillä pitää olla alhaisempi taitekerroin kuin ytimellä, jotta kokonaisheijastuminen toteutuu. (The Fiber Optic Association Inc., 2019). Tässä työssä keskitytään yksimuotovalokuituun.

Valo kulkee valokuidun ytimessä kokonaisheijastumalla kuoren lasista. Sekä valokuidun ydin että kuori ovat lasia. Kuorella on kuitenkin alhaisempi taitekerroin kuin ytimellä, mistä seuraa kokonaisheijastuminen. Valokuidun suojapäälysteen tarkoitus on suojata ydintä ja kuorta ulkoisilta vaurioilta ja kosteudelta. Kuvassa 2 on havainnollistettu valon liike valokuidun ytimessä. Fotonit eivät pääse karkaamaan ytimestä, koska kuoren taitekerroin on alhaisempi kuin ytimen. (The Fiber Optic Association Inc., 2019).



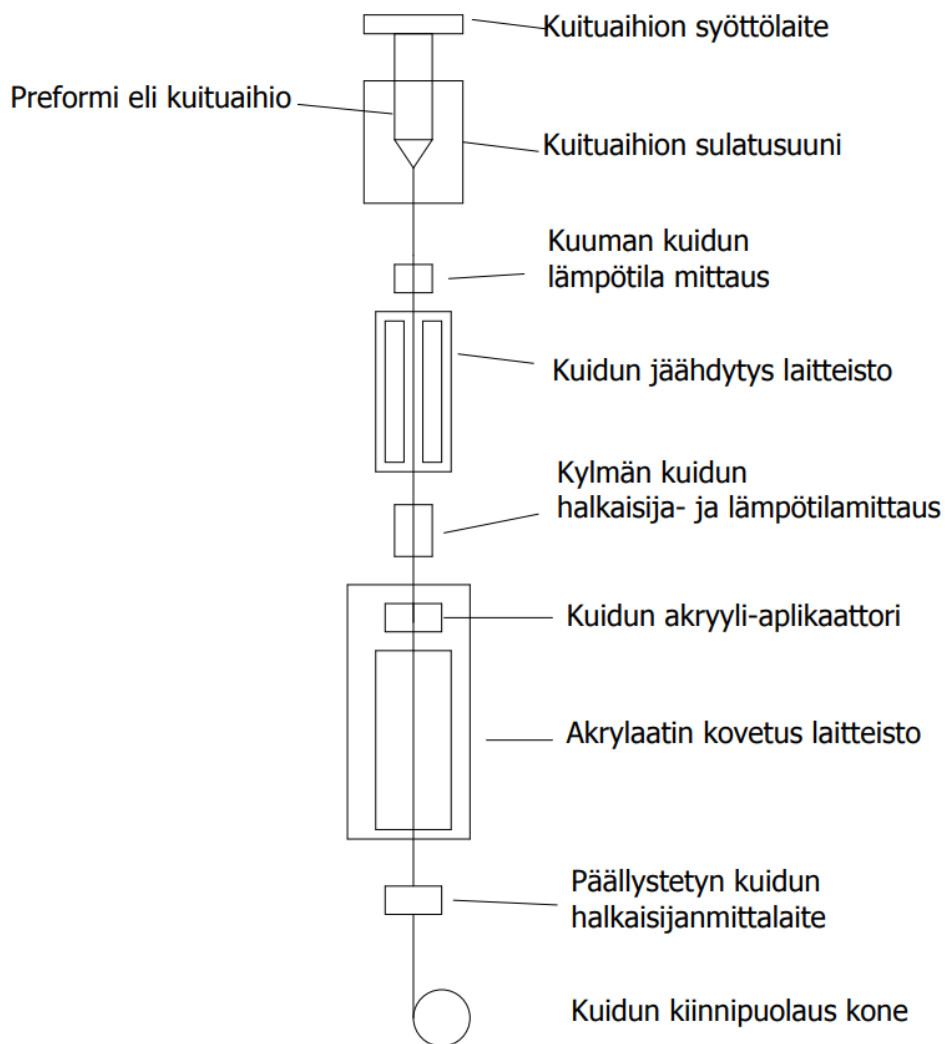
KUVA 2. Valon liike valokuidun ytimessä (The Fiber Optic Association Inc., 2019).

Nykyään valokuitua voidaan valmistaa myös muovista. Muovin osuus valokuidun valmistusmateriaalina on tosin hyvin pieni ja sitä käytetään vain lyhyillä matkoilla (esim. rakennuksien sisäiset valokuidut). Muovista valmistettu valokuitu on rajattu opinnäytetyöstä pois, sillä NDS-laitteen prosessi ei vaikuta muovikuituun.

2.3 Yksi- ja monimuotokuidut

Valokuitua voidaan valmistaa niin yksi- kuin monimuotokuituna. Yksimuotokuidun ydin on paljon pienempi kuin monimuotokuidun. Yksimuotokuidun ydin on niin pieni (5 - 10 μm), että valo kulkee

Valokuitua valmistetaan syöttämällä valokuidun kuituaihiota, eli preformia, preformin sulatusuuniin, jonka lämpötila nostetaan preformin sulamispisteen tasolle. Kun preformi alkaa sulaa, painovoima alkaa vetää sitä alaspäin. Aluksi sulaa valokuitua valutetaan jäteastiaan, kunnes saavutetaan haluttu paksuus. Halutun paksuuden saavuttamisen jälkeen valokuitu syötetään vetotornin (kuva 5) seuraaville laitteille. Aloituksen jälkeen prosessissa vedetään valokuitua puolaimien avulla kuituke-laajan kelalle. Lasisen valokuidun pinnalle lisätään valmistuksessa myös ohut akrylaattikerros, joka kovetetaan ultraviolettivalolla. Akrylaattikerroksen tarkoitus on suojata valokuitua epäpuhtauksilta ja mekaaniselta stressiltä, sillä suojaamaton valokuitu on hyvin haurasta. Akrylaattikerros antaa valokuidulle elastisuutta ja se tuntuukin käsin kosketeltaessa lähes kalastussiimalta. Valmistuksen aikana valokuidun halkaisijaa voidaan säädellä muuttamalla sulatusuunin lämpötilaa ja puolaimien nopeutta. Prosessin eri vaiheilla olevat mittalaitteet tarkastelevat vedettävän valokuidun lämpötilaa ja halkaisijaa. (Pajunen 2018, 11).

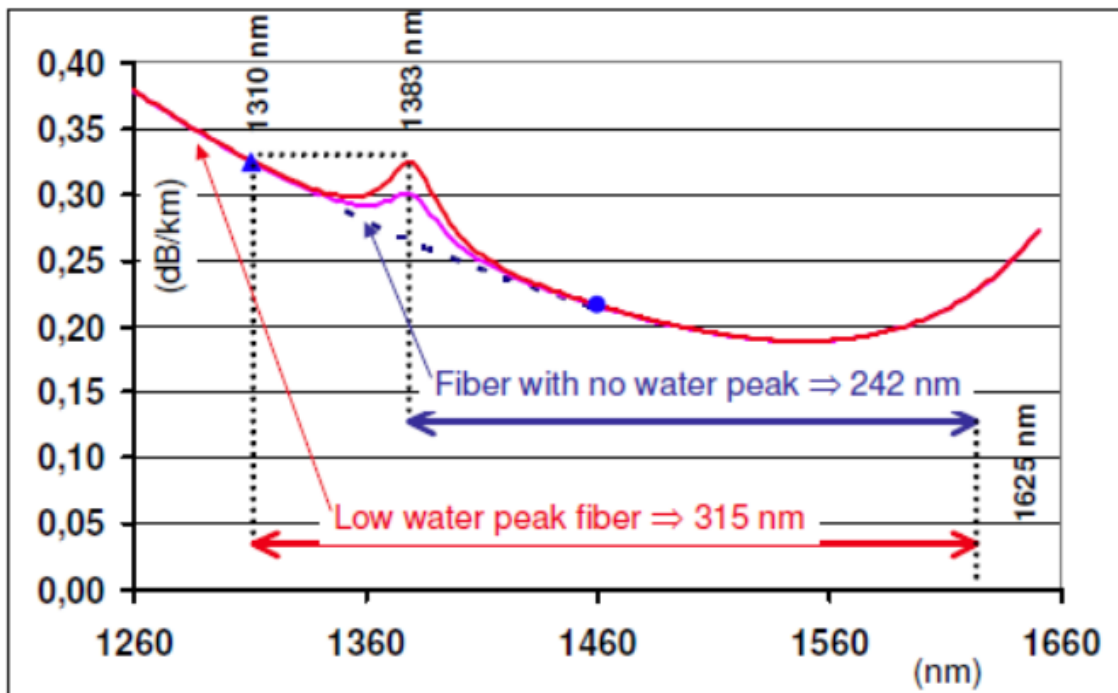


KUVA 5. Valokuidun vetotorni (mukaillu lähteestä Pajunen 2018, 11).

2.5 Valokuidun laatuun vaikuttavia tekijöitä

Kansainvälinen televiestintäliitto (engl. International Telecommunication Union, lyhenne ITU) on YK:n alla toimiva televiestintäverkkoja ja -palveluita kansainvälisesti koordinoiva järjestö. ITU:n yhtenä tehtävä on määrittää standardit erilaisille valokuiduille. Opinnäytetyössä käsiteltävä ITU G.652D -standardin valokuitu on yksi näistä. Kyseisen tyyppin valokuidun on täytettävä liitteessä 1 esitetyt ehdot ja määritykset ollakseen standardin täyttävä valokuitu. Valokuidun laatuun ja ominaisuuksien arvoihin voidaan vaikuttaa muuttamalla ytimestä ja kuoressa käytettäviä materiaaleja sekä muuttamalla valokuidun vetoprosessin asetuksia. (International Telecommunication Union ITU, 2019).

ITU G.652D on niin sanottu matalan vesipiikin valokuitu. Matalan vesipiikin valokuidulla tarkoitetaan sitä, että valokuidun ikääntyessä valokuidussa aallonpituuksilla 1360 – 1460 nm esiintyvä vaimennus ei kasva liian suureksi. Tarkemmin sanottuna ITU G.652D -standardi määrittää, että kyseisen tyyppin valokuidun vaimennus aallonpituudella 1383 nm ei saa ylittää 1310 nm alueella tapahtuvaa vaimennusta. Kuvassa 6 on havainnollistettu tyypillisen G.652D-kuidun vaimennus. (FOSCO Connect, 2019).



KUVA 6. Tyypillinen G.652D-kuidun vaimennus (FOSCO Connect, 2019.)

E-alueetta, eli 1360-1460 nm aallonpituuksilla olevaa aluetta, ei ole voitu käyttää ilman matalan vesipiikin valokuitua, koska kuidun ytimen ja kuoren välissä esiintyvät -OH-ryhmän vetyatomit ovat absorboineet liikaa valoa aiheuttaen liian paljon vaimennusta. Kyseisiä G.652D-valokuituja voidaan myös kutsua täyden spektrin valokuiduksi. Kuvassa 7. on esitetty alueet aallonpituuden mukaan. (FOSCO Connect, 2019).

Name	O	E	S	C	L	U/XL
Wavelength range (nm)	1260 - 1360	1360 - 1460	1460 - 1530	1530 - 1565	1565 - 1625	1625 - 1675
Note	Original band	Water peak band		Bands used by the higher performance systems		Not used

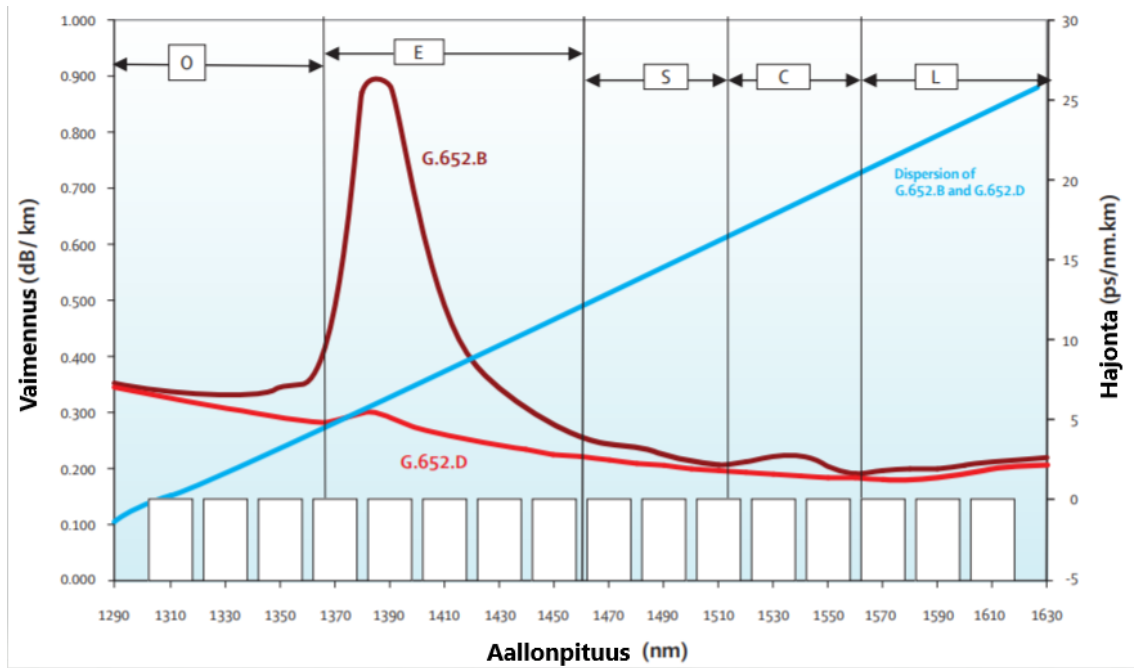
Table 1: ITU-T definition of telecom optical wavelength bands. The arrow stands for the wavelength increase and the general trend toward higher performance systems

KUVA 7. Aallonpituuden alueet (FOSCO Connect, 2019).

Vesipiikki johtuu valokuidun valmistusvaiheessa tapahtuvasta vedyn ja hapen muodostaman ionin (OH) absorboitumisesta valokuidun ytimen ja kuoren rajapintaan. Myös valokuidun tai valokuitukaapelin väärä asennus tai kaapelin kuoren sisään päässyt kosteus lisää OH-ionien määrää valokuidussa. Myös ikääntyminen itsessään lisää kuidussa tapahtuvaa vaimennusta. (FOSCO Connect, 2019).

2.6 Valokuidun deuteriumkäsittely

Valokuidun deuteriumkäsittelyn tarkoitus on altistaa valokuitu tai yleensä valokuitukela deuteriumtyypiseokselle. Tarkoituksena on vaihtaa -OH-ryhmän vetyatomit -OD-ryhmään, joka absorboi valoa eri aallonpituudella kuin -OH-ryhmän atomit. Tämä mahdollistaa E-alueen käytön tiedonsiirrossa, koska valon vaimeneminen tapahtuu nyt E-alueen ulkopuolella (>1625nm). Kuvassa 8. nähdään, kuinka suuri ero käsittelemättömällä G.652B-tyypin valokuidulla on G.652D-kuituun. G.652B E-alueella esiintyvä vaimennuspiikki tekee kyseisestä valokuitutypistä kelvottoman, mikäli halutaan käyttää koko E-alueetta. (Chang, Kai 2005, 1-2).



KUVA 8. Vesipiikin omaava ITU G.652B verrattuna vesipiikittömään G.652D valokuituun. Mukailtu lähteestä Sterlite Tech 30.04.2019.

3 NEXTROM DEUTERIUM TREATMENT SYSTEM ELI NDS

Tässä luvussa perehdytään Nextrom deuterium treatment system -laitteiston eli NDS:n toimintaan. NDS on Rosendahl-Nextrom Oy:n valmistama laite, jonka tarkoituksena on altistaa valokuitu deuterium-tyypiseokselle. Deuterium-tyypiseoksessa typpi toimii suojakaasuna, sillä deuterium (D) on räjähdysherkkä aine. Valokuidun altistuessa deuteriumille valokuidussa olevat OH-ionit vaihtuvat kemiallisen reaktion ansiosta OD-ioneiksi. Tällä menetelmällä voidaan valmistaa matalan vesipiikin valokuitua, sillä käsittelyn jälkeen OD-ionien aiheuttama vaimennus tapahtuu E-alueen ulkopuolella.

3.1 Tuotekehitysprojektin tausta ja tavoitteet

Tuotekehitysprojekti aloitettiin, koska vanhanmallinen deuterium-käsittelylaite ei vastannut nykyisten asiakkaiden tarpeita. Vanhanmallisessa NDS-laitteessa (Kuva 9) ei esimerkiksi ollut deuterium-tyypiseoksen (N₂/D₂) talteenottoa ja kierrätystä. Se ei ollut myöskään riittävän modulaarinen, jotta sitä olisi voitu räätälöidä kustannustehokkaasti vastaamaan asiakkaan G.652D-valokuidun tuotantokapasiteettia.

Tuotekehitysprojektin sähkö-, mekaniikka-, automaatio- ja prosessisuunnittelusta vastasi Rosendahl-Nextrom Oy. Myös laitekokonaisuuden sähköinen ja mekaaninen kasaaminen sekä kokonaisuuden testaaminen kuului Rosendahl-Nextromille. Alihankkijoita tässä projektissa käytettiin muun muassa sähkökaapin kalustukseen sekä erinäisten mekaniikkaosien valmistukseen. Lähtökohtainen tavoite tuotekehitysprojektissa oli suunnitella NDS-laitteen sähkötekniinen tyyppiratkaisu asiakasprojektin pohjaksi.



KUVA 9. Vanhanmallinen NDS-laite (Rosendahl-Nextrom Oy, 2019).

Uudenmallisen NDS-laitteen (kuva 10) kehityksessä keskityttiin saamaan laite mahdollisimman modulaariseksi niin mekaanisesti kuin sähköisestikin. Toisena tärkeänä kehityskohtana pidettiin deuterium-typiseoksen talteenottoa ja kierrätystä. Esisekoitetun deuterium-typiseoksen kustannukset muodostavat merkittävän osan kokonaiskuluista vuositasolla. Uudenmallisella laitteella pyrittiin kierrättämään jopa yli 95 % esisekoitetusta kaasusta.



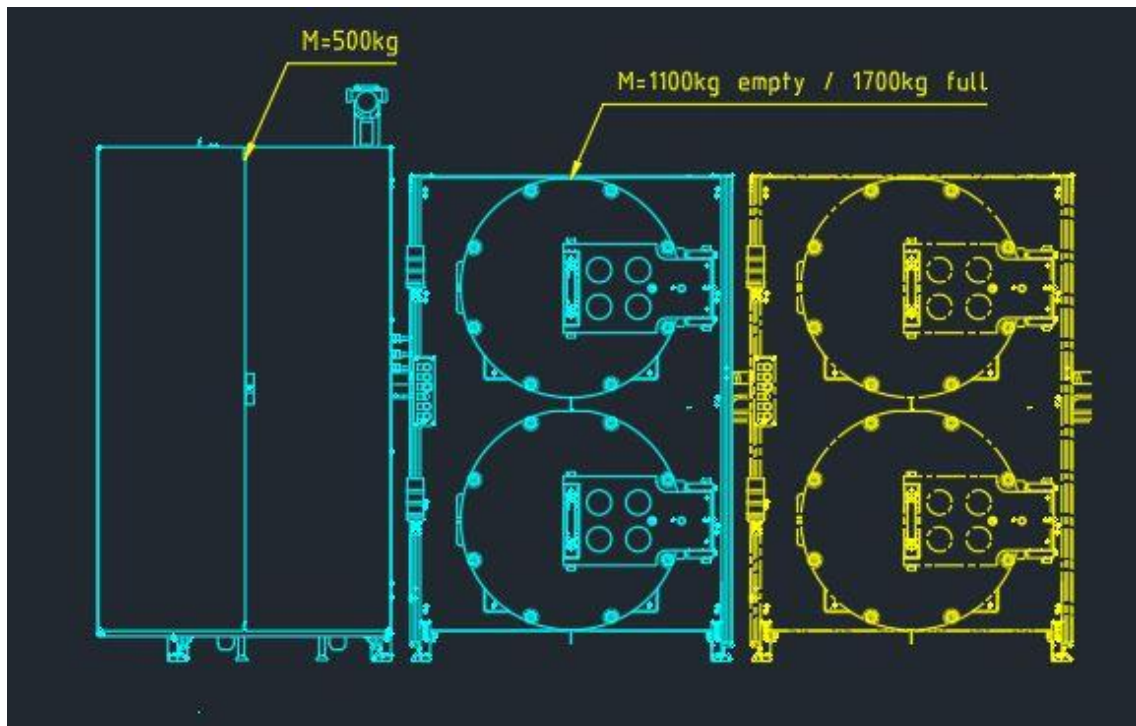
KUVA 10. Uudenmallinen NDS neljällä moduulilla (Rosendahl-Nextrom Oy, 2019).

3.2 Laitteiston toiminta

Deuteriumkäsittely aloitetaan valitsemalla käyttöpaneelista kammio, johon valokuitukela laitetaan. Valokuitukela voidaan ladata kammioon joko käsin tai käyttämällä siihen suunniteltua kelan nostinta. Valokuitukelan ollessa kammiossa prosessi aloitetaan pumpaamalla kyseinen kammio lähes vakuumiin. Kun vakuumi on saavutettu, pumpataan kammioon deuterium-typiseosta ja aloitetaan kammion lämmitys. Käsittelyn kesto riippuu kammion lämpötilasta ja paineesta. Tavallisesti kammion lämpötila pidetään noin 35 celcius-asteessa ja paine ~ 0.5 bar:n ylipaineella, jolloin käsittelyn kesto on noin 24 tuntia. Käsittelyn lähestyessä loppua toiseen, tyhjänä olevaan, kammioon ladataan valokuitukela. Toinen kammio pumpataan vakuumiin ja kaasu siirretään valmistuvasta kammioista vakuumissa olevaan kammioon. Siirtovaiheessa siirrettävän kaasun deuteriumpitoisuutta mitataan kaasuanalysointilaitteella ja tuoretta kaasua lisätään tarpeen mukaan. Näin ensimmäinen kammio vapautuu ja sinne voidaan ladata uusi valokuitukela. Vapautunut kammio voidaan vakuuimoinnin jälkeen täyttää tuoreella kaasulla tai odottaa, että toinen kammio on valmis ja aloittaa kaasuseoksen kierrätys.

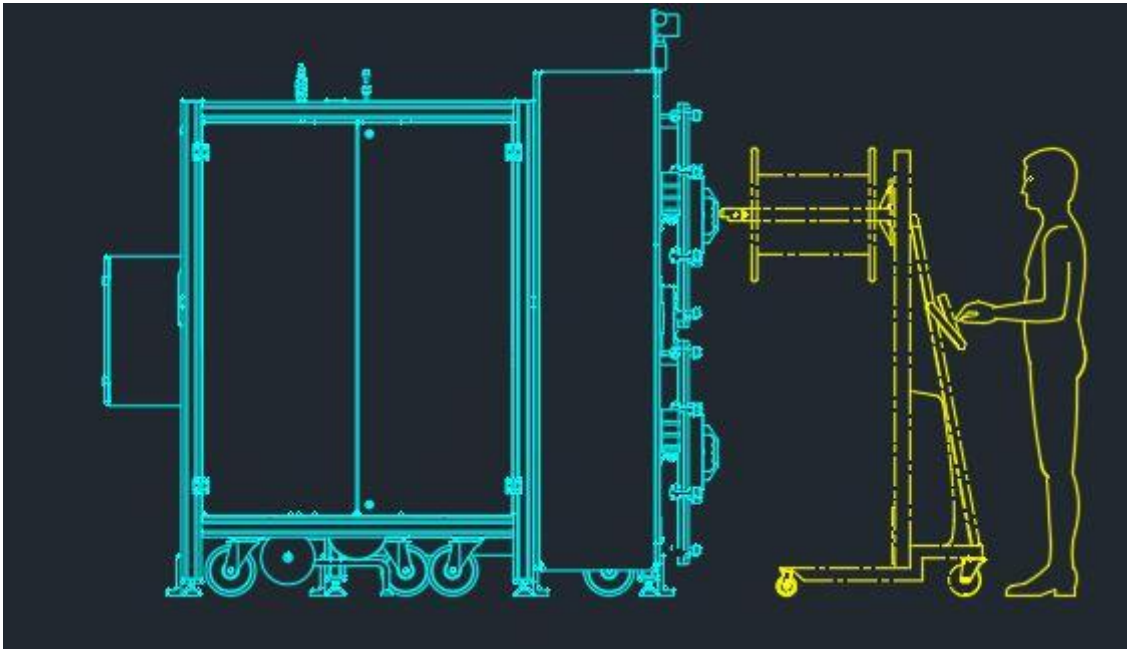
3.3 NDS-laitteen modulaarisuus

Sähköisesti ja mekaanisesti NDS-laite koostuu pääyksiköstä, johon voidaan liittää yhdestä kuuteen moduulia. Pääyksikköön kuuluvat sähköpääkeskus, kaasun siirtoon tarvittavat yli- ja alipainepumput, syöttöventtiilit, käyttöpaneeli sekä mahdollinen muuntaja, riippuen asiakkaan sähköverkosta. Pääyksikön sähkökeskuksen tarkoitus on yhdistää laitteen toiminnan kannalta tärkeät komponentit ja piirit yhteen kompaktiin tilaan siten, että moduuleja voidaan liittää ja irrottaa mahdollisimman vähällä työllä. Toimintoihin kuuluu virran jakelu ja syöttö, turvatoiminnot sekä prosessin ohjaus PLC:n eli ohjelmoitavan logiikan avulla. Kuvassa 11 näkyy sinisellä pääyksikkö ja ensimmäinen kammio pari. Keltaisella piirretty moduuli kuului asiakkaan valittaviin kammiomääräoptioihin.



KUVA 11. NDS-laitteen pääyksikkö ja kaksi moduulia.

Moduuli koostuu kahdesta erillisestä kammioista, kammioiden lämmitysvastuksista, kaasun siirtoon tarvittavista venttiileistä, indikaatiovaloista sekä sähkökaapista. Moduulin toimilaitteet on kytketty moduulin sähkökeskuksessa olevaan Siemensin hajautettuun I/O:hon, jota ohjataan Profinet-kenttäväylää pitkin pääyksikön PLC:ltä. Käyttämällä hajautettua I/O:ta, moduulien toimilaitteita ei tarvitse johdottaa pääyksikön sähkökeskukseen. Tällä tavoin voidaan vähentää johtojen määrää ja asennukseen tarvittavaa aikaa. Kuvassa 12 nähdään sivulta kuvattu tilanne, jossa operaattori nostaa kelakärryllä kela moduulin ylempään kammioon. Vasemmalla on nähtävissä moduulin sähkökotelo.



KUVA 12. Moduuli ja nostolaite

3.4 Turvallisuus ja turvatoiminnot

Laitesuunnittelun alkuvaiheessa konsultoitiin Advancetec Oy:ta turvallisuuteen liittyvissä asioissa. Turvallisuutta koskevissa palavereissa selvitettiin mitä konedirektiivejä tulee soveltaa laitetta suunniteltaessa. Laitesuunnittelussa päädyttiin soveltamaan painelaitedirektiiviä tehtyjen tarkasteluiden perusteella. Palavereissa otettiin esille myös deuteriumin ja mahdollisten deuteriumvuotojen aiheuttamat vaarat. Palo- tai räjähdysvaaraa deuterium ei aiheuta, koska kaasu on valmiiksi sekoitettua ja deuteriumin määrä on hyvin vähäinen. Laite päätettiin suunnitella ja testata täyttämään heliumille asetetut toleranssit, sillä heliumatomin halkaisija on hieman pienempi kuin vetyatomin ja noin kolme kertaa pienempi kuin typpi-atomien. Mahdollisten vuotojen varalta laitteeseen lisättiin myös ympäröivän ilman hapenmittaus sekä asetettiin minimi-ilmanvaihtomäärät tilaan, johon laite asennetaan. Toimilaitteet, kuten venttiilit, valittiin siten, että ne ohjautuvat turvalliseen tilaan virratomina. Tämä on myös prosessin kannalta hyödyllistä, sillä valokuidun altistuminen deuteriumille jatkuu, vaikka virrat katkeaisivat. Häätä-seis-tilanteessa syöttöventtiilit suljetaan ja pumppaus keskeytetään.

4 TUOTEKEHITYSPROJEKTIN KULKU ROSENDAHL-NEXTROM OY:SSA

Tuotekehitysprojekti lähti liikkeelle asiakkaan tarpeesta saada uudenlainen, kustannustehokkaampi laite. Tuotekehitysprojekti aloitettiin pitämällä niin kutsuttu kick-off-palaveri eli aloituspalaveri, jossa käytiin läpi myyjien laatima myyntisopimus. Myyntisopimus piti sisällään laitteen ja tilauksen perustiedot, ominaisuudet ja optiot eli lisäominaisuudet. Aloituspalaverissa käytiin projektin suunnitelma läpi projektipäällikön, tuotepäällikön, myyjän, prosessi-insinöörin, sähkö- ja mekaniikkasuunnittelijoiden, automaatio suunnittelijan ja tuotannonsuunnittelijoiden kanssa. Paikalla olivat mahdollisuuksien mukaan kaikki projektiin osallistuvat ja projekti käytiin palaverissa läpi niin aika- ja tilollisesti kuin mahdollisten haasteidenkin osalta. Mahdollisia haasteita tässä projektissa olisivat voineet olla esimerkiksi koneeseen tarvittavien komponenttien odotettua pidemmät toimitusajat ja niiden saatavuus tai odottamaton suunnittelutyön määrä.

Projektin edetessä pidettiin myös niin kutsuttuja riskianalyysipalavereita, joissa konsultoitiin Advantec Oy:n koneturvallisuuden asiantuntijaa, Raimo Hevosmaata. Näissä palavereissa pohdittiin valittujen ratkaisujen toimivuutta esimerkiksi voimassaolevan painelaitedirektiivin pohjalta. Esiinnoukseista riskeistä on kerrottu tarkemmin luvussa 3.4.

Varsinainen sähkösuunnittelu voitiin aloittaa, kun mekaaniset ratkaisut ja suurin osa toimilaitteistosta oli päätetty. Projektin sähkösuunnittelusta kerrotaan tarkemmin tämän opinnäytetyön 5. luvussa. Laite oli sähkötekniisesti valmis ostettavaksi, kun tarvittavat tuotantomateriaalit oli saatu valmiiksi. Tämän jälkeen tuotantomateriaalit lähetettiin käsittelyyn tuotannonsuunnittelijalle. Tuotantomateriaalit sisälsivät kokonaisuudessaan piirikaaviot, osaluettelot, riviliitinkoonnat, sijoittelukuvat, sähkö- ja testausohjeet sekä raporttipohjan. Tämän pohjalta tuotannonsuunnittelija tekee projektiin ostoehdotuksen.

Rosendahl-Nextrom Oy:n tuotantohalli sijaitsee Vantaalla. Kyseisellä tuotantohallilla sekä kasataan että testataan myytävät laitteet ennen kuin ne lähetetään asiakkaalle. Tuotantohalliin tehdään niin kutsuttu hallimateriaali, jossa on tiedot hallissa tehtäviä sähköasennuksia varten. Tuotekehitysprojektiin seuraavassa vaiheessa tehtävänäni oli olla tukena sähköasennuksessa, kun koneen osat olivat saapuneet tuotantotilaan. Sähköasennuksen tukena minun tehtäviini kuului mahdollisten piirikaaviovirheiden ja osapuutosten selvittäminen. Myös projektin edetessä havaittujen toiminnallisten ongelmien ratkaiseminen kuului toimenkuvaani. Tämän projektin kohdalla ei ilmennyt suuria

sähkötekniisiä ongelmia eikä osapuutteita. Laitteen asennuksen ja testaamisen jälkeen se lähetettiin asiakkaalle. Asiakas voi halutessaan asentaa koneet ja laitteet itse, mutta tällä kertaa asiakas oli tilannut Rosendahl-Nextrom Oy:ltä laitteen käyttöönoton.

5 SÄHKÖTEKNINEN RATKAISU

5.1 Sähkösuunnittelu Rosendahl-Nextrom Oy:ssä

Rosendahl-Nextrom Oy:ssä sähkösuunnitteluprojektit jaetaan viiteen eri luokkaan riippuen arvioituista suunnitteluun käytettävistä tunneista. Perusluokkaan kuuluvat suunnitteluprojektit liittyen koneisiin tai laitteisiin, joissa myydään peruskone, eli tyyppirakenne, jossa sähköpiirikaaviot ovat jo valmiina. Perusluokan suunnitteluprojekteissa asiakas ei ole määritellyt erillisiä vaatimuksia koneen tai laitteen myyntispesifikaatioon. Päivitysluokkaan kuuluvat ne suunnittelutehtävät, joissa asiakkaalle on aiemmin toimitettu peruskone. Suunnitteluprojektiin lisätään tällöin jälkeinpäin optio, joka on jo suunniteltuna koneen tyyppirakenteeseen ja tyyppikuviin. Jos optioita on tyyppirakenteessa paljon, on kyse räätälöintiluokan suunnittelutehtävästä, jolloin suunnittelutehtävään menee tyypillisesti enemmän aikaa, vaikka optiot olisivatkin suunniteltuina tyyppirakenteisiin. Tällöin selvitystyö ja erilaisten optioiden selvittäminen voi olla aikaa vievää. Modernisointisuunnitteluluokka tarkoittaa aiemmin toimitetun koneen modernisointia. Tällöin esimerkiksi jokin koneen osa voidaan päivittää uudemmalla mallilla. Lisäksi Rosendahl Nextrom Oy:n sähkösuunnitteluluokkiin kuuluu tuotekehitys, jolloin kyse on kokonaan uuden koneen tai laitteen suunnittelusta. Opinnäytetyössä toteutettava NDS-laitteen sähköteknisen ratkaisun suunnittelu voidaan luokitella tuotekehitykseksi, sillä kyseessä oli aivan uuden tyyppinen laite.

Sähkösuunnittelijan vastuualueisiin Rosendahl-Nextrom Oy:ssä kuuluu sähkökaappien layout-suunnittelu, sähköiset mitoitus, sähköpiirikaavioiden suunnittelu, riviliittimien määrittelyt, kenttäkaapeliin määrittelyt sekä koneisiin liittyvä sähködokumentointi. Sähködokumentteihin kuuluvat sähköpiirikaaviot, riviliittimien määrittelyt, koneiden ja laitteiden testiraportit, kaupallisten tuotteiden testiraportit sekä mahdolliset käyttölisenssit. Sähkösuunnittelussa tulee aina noudattaa voimassa olevia määräyksiä, standardeja ja hyväksi havaittuja suunnittelutapoja. Käytettävät standardit ja määräykset määräytyvät asiakasprojektin kohdemaan mukaan. Esimerkiksi Yhdysvaltoihin myytävässä projektissa asiakas saattaa vaatia, että käytettävät komponentit täyttävät UL-vaatimukset. Kuitenkin yleensä käytettävä standardi on SFS-EN60204-1, joka on Suomen Standardisoimisliitto SFS ry:n vahvistama standardi.

5.2 Projektin hallinta ja tuntiraportointi

Rosendahl-Nextrom käyttää projektin hallintaan selainpohjaista Nextrom Project Portal -sivustoa, johon projektipäällikkö on nimennyt kaikki käytettävät resurssit sekä projektin spesifikaatiot. Projektissa mukana olevien työntekijöiden arvioidut ja kuluneet työtunnit kirjataan Nextrom Project Portaliin. Myös tehdyt tehtävät ja tehtävien alle luodut alitehtävät löytyvät kyseisestä paikasta. Tällä tavoin voidaan seurata tehtyjä tehtäviä ja projektin kulkua. Mikäli projektiin tulee isoja muutoksia, voi projektipäällikkö tai osastopäällikkö muokata työhön käytettäviä tunteja ja aikamääreitä. Näin saattaa käydä esimerkiksi silloin, jos asiakas vaatii muutoksia tai asiakkaalle on myyty ns. lisämyynnillä optioita.

5.3 Sähkösuunnittelussa käytössä olevat ohjelmistot

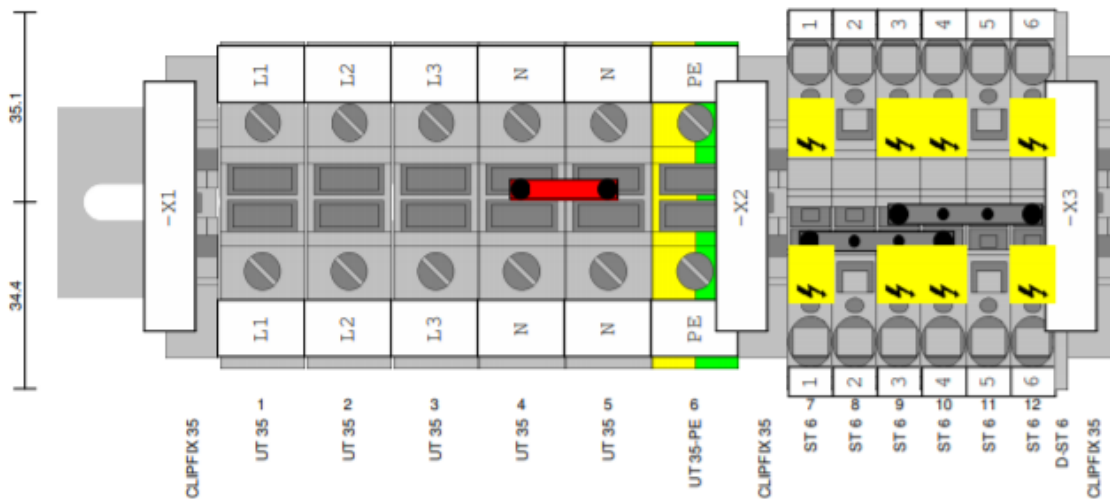
Sähkösuunnitteluun kuuluu paljon muutakin kuin pelkästään piirikaavioiden luominen. Esimerkiksi riviliittimet, osaluettelot ja testausohjeet tehdään eri ohjelmistoilla kuin piirikaaviot. Periaatteessa olisi mahdollista integroida riviliittimien ja osaluettelon suunnittelu osaksi käytössä olevaa Eplan P8-ohjelmistoa, mutta näiden tehtävien implementointi osaksi Eplan P8:sa on osoittautunut liian hankalaksi. Tämä johtuu siitä, että eri ohjelmistojen tietokantojen synkronointi on liian monimutkaista ja kallista saavutettuun hyötyyn nähden.

Sähkösuunnitteluohjelmisto Eplan on saksalainen, alun perin autoteollisuuteen kehitetty sähkösuunnitteluohjelmisto. Nykyään Eplan-ohjelmistolla voidaan suunnitella sähkö-, automaatio-, hydraulikka- ja pneumatiikkakaavioita sekä 3D-sähkökeskuksia. Eplan P8:sa hyödynnetään tietokantapohjaista suunnittelujärjestelmää, jossa suunnitteluprojektit ovat keskitetyllä, päivittäin varmuuskopioituvalla palvelimella. Suunniteltava projekti synkronoituu palvelimelle reaaliajassa eikä sitä tarvitse erikseen tallentaa. Yrityksen kaikki sähkösuunnittelijat pääsevät kaikkiin valmiisiin ja keskeneräisiin suunnitelmiin käsiksi. Suurena hyötynä on se, että projektit löytyvät samasta paikasta, ilman että suunnittelijan täytyy tallentaa ne sinne erikseen. Suunnittelijat voivat myös kätevästi tarkistaa ja ottaa mallia muista tekeillä tai valmiina olevista suunnitteluprojekteista.

Osaluetteloita, dokumentteja ja tuotteita hallitaan ATON-nimisellä tuotetietojen hallintaohjelmistolla. ATON-järjestelmään voidaan luoda nimikkeitä, jotka sisältävät erilaista tietoa riippuen nimikkeen tyypistä. Nimikkeitä voidaan luoda esimerkiksi tuotteille, jotka linkitetään osaksi osaluetteloa. Muita nimikkeitä ovat esimerkiksi testiraportteille luotavat nimikkeet, joihin skannataan testaajan

tekemä testiraportti. ATON-järjestelmällä hallinnoidaan myös kokonaisesti projekteihin liittyvät koneet ja laitteet. Tässä projektissa ei ollut kuin yksi laite, koska se ei ole osa kokonaista linjastoa. Tarpeen vaatiessa ATON-järjestelmään voidaan luoda kokonaisen linjaston koko dokumentaatio, johon kuuluvat muun muassa sähköiset ja mekaaniset osaluettelot, piirikaaviot, riviliitinkoonnat, asennukseen tarvittavat piirustukset ja testiraportit.

Osa sähkösuunnittelua on luoda sähkökeskuksessa olevat riviliittimet, joihin johtimet ja kaapelit kytketään. Riviliittimet luodaan myös Eplan P8-ohjelmistolla, jotta voidaan generoida kytkentäkaaviot. Eplan P8:sta voidaan ajaa riviliitinkoonta, mutta ATON-järjestelmä ei sovellu sen käyttämiseen. Tämän vuoksi riviliitinkoonnat tehdään erillisellä Phoenix Clip Project -ohjelmistolla. Kyseiseen ohjelmistoon määritetään Eplan P8:ssa suunnitellut riviliittimet ja niiden silloitukset, jonka jälkeen ajetaan riviliitinkoonnan osaluettelo ulos. Kuvassa 13 on esitetty NDS-laitteen riviliitinryhmät -X1, -X2 ja -X3.



KUVA 13. Phoenix Clip Project riviliitinkoonta

5.4 NDS-laitteen piirikaavioratkaisut

Pyrin laatimaan tyyppi- ja osaluettelot niin, että niitä voidaan hyödyntää tulevaisuudessa asiakasprojekteissa mahdollisimman tehokkaasti riippumatta siitä, mitä optioita on myyty. Kokonaisuudessaan tämän projektin piirikaaviot on dokumentoitu ATON-järjestelmään ja niitä ei piirikaavioiden suuren määrän kannalta ole järkevää esittää tässä opinnäytetyössä. Neljällä moduulilla piirikaaviot muodostui yli sadan sivun verran ja ne ovat Rosendahl-Nextrom Oy:n sisäistä materiaalia. Tässä luvussa on esitetty muutamia ratkaisuja NDS-laitteen piirikaavioista, joille yhtiö on myöntänyt julkaisuluvan.

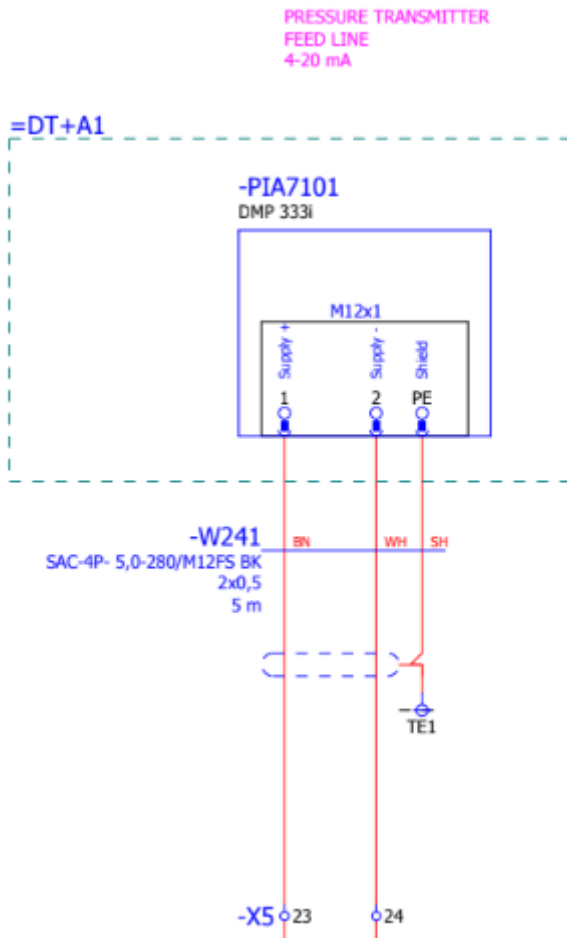
Rosendahl-Nextrom Oy:n sähkösuunnittelussa sähkökaappien lokaatiot on nimetty suunniteltavan laitteen, käyttötarkoituksen ja paikan mukaan. Tässä tapauksessa =DT tarkoittaa NDS-laitteen pääyksikköä ja =DT1 – DT4 tarkoittaa moduulia. +A2 tarkoittaa sähköpääkeskusta, joka yleensä sisältää sähkönsyötön ja -jakelun sekä ohjauslogiikan. +A4 tarkoittaa kenttäkoteloa, jonka sähkönsyöttö tulee sähköpääkeskuksesta (+A2). Jos kenttäkotelossa on hajautettu I/O tai erillinen PLC, sitä ohjataan sähköpääkeskuksen logiikalta kenttäväylää pitkin. +A1 tarkoittaa kyseisen lokaation runkoa, ja esimerkiksi toimilaitteet merkitään tällä tavoin. Kuvassa 14 ja liitteessä 2 on esitetty sähkökaappien lokaatiot. Kuvassa 15 on esitetty toimilaitte pääyksikön rungossa.

Kuvassa 16 on esitetty yksiviivapiirroksena, kuinka pääyksikkö ja moduulit liittyvät toisiinsa. Sähköpääkeskus on suunniteltu käyttämään 400V:n vaihtojännitettä 50 hertsillä. Mikäli asiakkaan virransyöttöverkko eroaa tästä, tarvitaan väliin muuntaja. Muuntajaoptio on esitetty kuvassa 17.

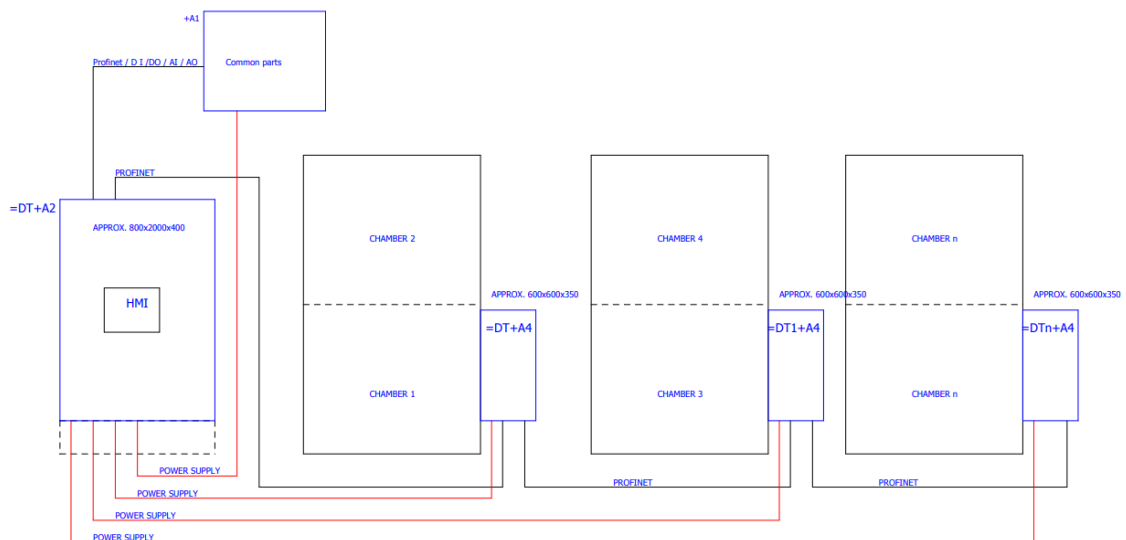
LOCATIONS:

=DT+A2	= MAIN CABINET
=DT1+A4	= CHAMBER 1&2
=DT2+A4	= CHAMBER 3&4
=DT3+A4	= CHAMBER 5&6
=DT4+A4	= CHAMBER 7&8

KUVA 14. Sähkökaappien lokaatiot piirikaavioissa

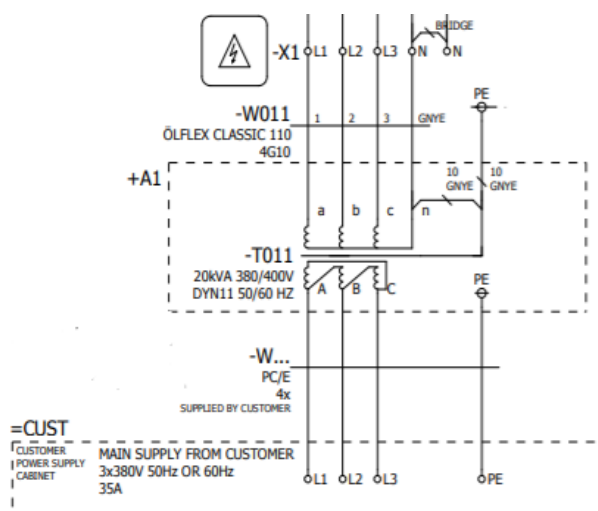


KUVA 15. Toimilaite piirrettynä pääyksikön runkoon.



LOC: =DT +A1	APPL. DES. 9.2.2011 TSH	CUSTOMER Nextrom	OTSIKKOTAULUT NDS CIRCUIT DIAGRAM TITLE 1	PIIRIKAAVIO TITLE 2		EN/ FI	PAGE / NEXT 2 / 3	DOC. NO. NXXXXXX	REV. 0
SCALE 1:10	REV.	WOQ							

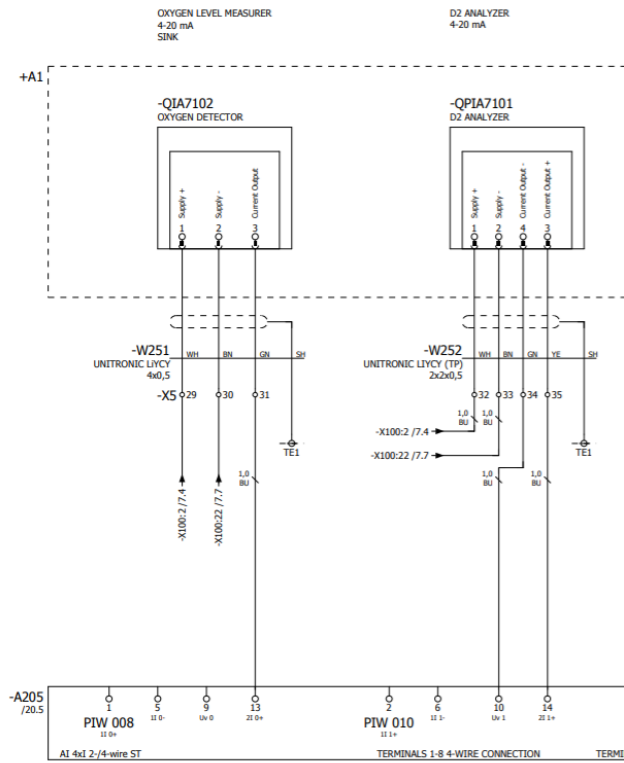
KUVA 16. NDS-laitteen sähkösuunnittelun konseptikuva



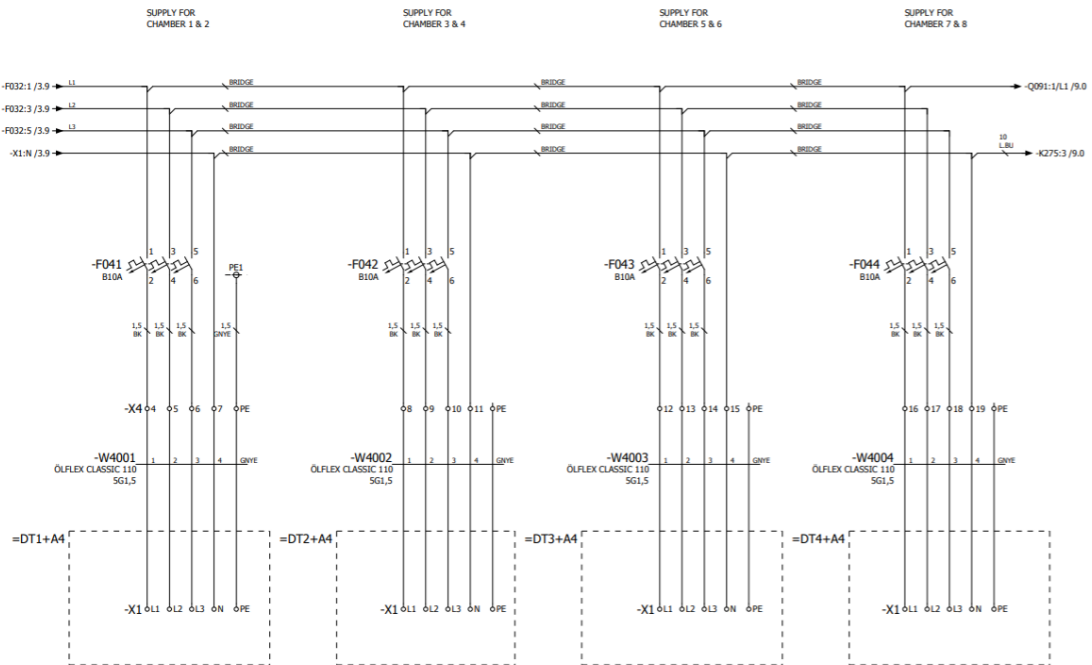
KUVA 17. Muuntaja optio

Tämän jälkeen sähköpiiri jatkuu pääkytkimelle. Pääkytkimeltä virta syötetään tarkoituksen mukaisen suojen kautta pumpuille, moduuleille, sähkökaapin ilmanvaihto- ja lämmityslaitteille sekä 24VDC-muuntajalle.

Sähköpääkeskuksen ohjelmoitavaksi logiikaksi valittiin automaatio suunnittelijan suosituksesta Siemensin SIMATIC ET 200SP 1512SP ja käyttöpaneeliksi Siemens Comfort TP1200. Logiikka saa virransyöttönsä varavirtalähteen eli UPS:n (engl. Uninterruptible Power Supply) kautta, joka varmistaa PLC:n toimivuuden sähkökatkoksen aikana. Kriittisimmät toiminnot PLC:n ja prosessin kannalta on PLC:ssä olevat ajastimet, jotka laskevat deuteriumkäsittelyn aikaa. Pääyksikön toimilaitteet ja anturit ovat johdotettu riviliittimen kautta ET 200SP 1512SP -logiikan I/O-korteille. Esimerkkinä tästä on kuvassa 18 näkyvä piirikaavioiden sivu 25. Moduulien virransyöttö on esitetty sähköpääkeskuksen piirikaavioissa seuraavasti kuvassa 19.

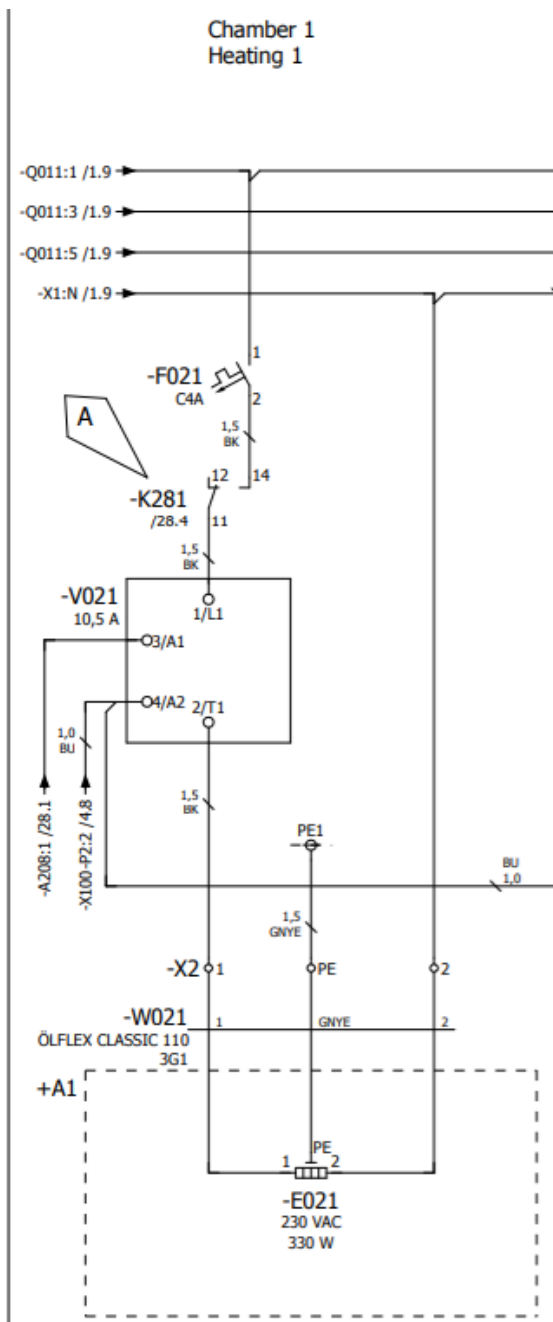


KUVA 18. Antureiden kytkentä analogiselle tulokortille



KUVA 19. Moduulien virransyöttö

Kuvassa 19 esitettyjen F04x johdonsuojien jälkeen johtimet kytkeytyvät riviliittimille -X4, joihin on kätevä kytkeä moduuleja. Moduulin sähkökeskus +A4 koostuu lähinnä kammioiden lämmityselementtien säätöpiiristä, venttiilien ohjauksista, antureista ja 24VDC:n muuntajasta. Lämmityselementtien teho saatiin lämmityselementtien valmistajalta, joille mekanisti oli toimittanut halutut spesifikaatiot. Minun tehtäväni oli suunnitella toimiva lämmityselementtien sähkönsyöttö ja puolijohdeleillä ohjattava säätöpiiri. Piirikaaviossa ollut lämmityspiiri on esitetty kuvassa 20. Yhdessä kammiossa on kolme erillistä lämmityselementtiä eli moduulissa näitä on yhteensä kuusi kappaletta. NDS-laitteessa lämmityselementit ovat suurin tehon kuluttaja.



KUVA 20. Kammion lämmityspiiri

Moduulien hajautetut I/O:t valittiin automaatio suunnittelijan kanssa. Hajautetuksi I/O:ksi valittiin Siemens IM-155-6 PN ja sille tarvittavat I/O-kortit. Hajautettua I/O:ta ohjataan sähköpääkeskuksen ET200 SP 1512 PLC:itä Profinet-kenttäväylää pitkin. Mikäli moduuleja on enemmän, ketjutetaan Profinet-kenttäväylä moduulilta seuraavalle, kuten kuvassa 16 on esitetty. Kuvassa 21 näkyy kammimoduulin kenttäkotelo +A4 asennusvaiheessa. Moduulien kenttäkotelot ovat kaikki identtisiä ja ainoastaan moduulien lokaatiotunnukset vaihtuvat piirikaaviosivuilla.



KUVA 21. Kenttäkotelo +A4 asennusvaiheessa

5.5 Osaluettelo osana tyyppiratkaisua

Pyrin tekemään osaluettelon mahdollisimman selkeäksi, jotta suunnittelijan on helppo ottaa tyyppiratkaisu seuraavan asiakasprojektin pohjaksi. Neljällä moduulilla sähköosaluetteloon kertyi osia noin 450 kappaletta. Loin osaluetteloa sitä mukaa kun työ eteni. Osaluettelo on jaoteltu kolmeen eri osaan: sähköpääkeskuksen osat, kenttäkotelon osa sekä runkoon tarvittavat sähköosat, joita ovat esimerkiksi liittimet. Kuvassa 22 on esitetty ATON-järjestelmässä olevan osaluettelon pää rakenne. Punaisella ympyröityyn määrä-sarakkeeseen (Pcs) määritellään, kuinka monta kammimoduulia laitteeseen halutaan.

Desc 1: ELECTRICAL ASSEMBLY													
Desc 2: NDS													
	*	Partno	...	...	...	Desc 1	Desc 2	...	...	...	Modif...	QTY	Pcs
	+	10		S	0	ELECTRICAL PARTS	NDS, FRAME	D	E	2	21.05.		1
	+	20		S	0	ELECTRICAL PARTS	NDS, CABINET +A2	D	E	2	21.05.		1
	+	30		S	0	ELECTRICAL PARTS	NDS, CABINET +A4	D	E	2	21.05.		

KUVA 22. ATON sähköosaluettelon päänäkymä

Nämä kolme pääosaluetteloa on jaettu alaluetteluihin selkeyden takia. Kuvassa 23 on esitetty kenttäkotelon alaluettelot.

Desc 1: ELECTRICAL PARTS										
Desc 2: NDS, CABINET +A4										
	*	Partno	...	...	...	Desc 1	Desc 2	...	...	...
	+	10		S	0	BASIC PARTS	NDS, CABINET +A4			
	+	20		S	0	PLC PARTS	NDS, CABINET +A4			
	+	30		S	0	CABINET PARTS	NDS, CABINET +A4			
	+	40		S	0	PUSH BUTTON BOX P	NDS, CABINET +A3			

KUVA 23. Kenttäkotelon alaluettelot

Alaluetteloitten alla ovat varsinaiset osat, jotka on nimetty piirikaaviosivuilla määritettyjen tunnusten mukaan sekä valittu haluttu määrä. Tämä on esitetty kuvassa 24.

Desc 1:		BASIC PARTS											
Desc 2:		NDS, CABINET +A4											
*	Partno	...	...	...	Desc 1	Desc 2	...	...	...	Modif...	QTY	Pcs
+	10	S	0		TERMINAL BLOCKS	NDS, CABINET +A4	E	0		21.05.		1	
-	A051	C	0		POWER SUPPLY UNIT	TRIO-PS/1AC/24DC/5	No	K	Ti	2	13.09.	1	
-	F021...F	C	0		CIRCUIT BREAKER	5SY6104-7 1 POLE C 4A			P	2	10.01.	6	
-	F021...F	C	0		MCB BUSBAR 1 PHAS	5ST3600			F	P	0	03.07.	3
-	F041	C	0		BASE ELEMENT FOR C	CB 1/10-1/10 UT-BE No.28			P	2	12.10.	1	
-	F041	C	0		ELECTRONIC CIRCUIT	CB E1 24DC/6A NO P No.2	6		P	0	01.12.	1	
-	F042	C	0		CIRCUIT BREAKER	5SX2106-8 1 POLE D 6A			P	2	10.01.	1	
-	K261-K2	C	0		RELAY,INTERMEDIATE	PLC-RSC-24DC/21			O	0	15.05.	12	
-	K291...K	C	0		RELAY SOCKET, PRO	P2RF-05E / RELAY G2R-1			R	0	15.05.	6	
-	K291...K	C	0		RELAY, INTERMEDIAT	G2R-1SND-AP3 (S) 24VDC			R	1	13.02.	6	
-	Q011	C	0		LOAD SWITCH	OT 25F3 BASE FIXING			2	P	0	10.01.	1
-	Q011	C	0		SHAFT, LOAD SWITCH	OX86X330 330mm			P	1	10.01.	1	
-	Q011	C	0		TURN HANDLE, LOAD	OHBS2PJ BLACK			(C	P	1	29.01.	1
-	V021-VC	C	0		SOLID-STATE CONTACT	3RF2310-1AA02			1	R	2	29.06.	6
-	X100	C	0		POWER DISTRIBUTOR	VIP-2/SC/PDM-2/24			N	P	0	10.01.	1

KUVA 24. Alaluettelon varsinaiset osat

Oston kannalta alaluetteloita ei tarvitse käyttää, mutta suunnittelun kannalta se on järkevää. Alaluettelot teettävät hieman lisää työtä, mutta kokonaisuuden kannalta niiden käyttäminen on selkeämpää.

6 PROJEKTIN LOPPUTULOKSET JA POHDINTA

Tyypikuvien pohjalta tehty asiakasprojekti otettiin käyttöön noin vuosi laitteen valmistumisen jälkeen. Tämä johtui siitä, että asiakkaan tila, johon laite asennettiin, ei ollut valmis aiemmin. Käytönotossa huomattiin, että lämmitysvastukset eivät olleet riittävän tehokkaat, mikä johtui alihankkijan tekemästä laskuvirheestä. Tämä aiheutti muutoksia johtimien, johtojen sekä suojiin mitoituksissa eikä lämmitysvastuksia voitu vaihtaa tekemättä kyseisiä muutoksia. Myös mekaanisia ongelmia havaittiin venttiileiden mitoituksissa. Painepiikit putkistoissa aiheuttavat venttiileiden lukkiutumisen, koska venttiilien solenoidit eivät ole riittävän tehokkaat. Sähkötekniisiä virheitä projektin käytönotossa ei tullut ilmi, mikä viittaa siihen, että sähkötekniinen testaus onnistui hyvin ja laite toimii suunnitellulla tavalla.

Sähkötekniisen ratkaisun osalta projekti sujui suunnitelmien mukaan, vaikkakin viivästykset mekaanisissa ratkaisuissa aiheuttivat pientä kiirettä sähkösuunnittelun kannalta. Mekanistien valitsemat osat ja toimilaitteet vaikuttavat nimittäin suoraan sähkötekniiseen ratkaisuun, joten sähkösuunnitelua ei voitu viedä loppuun ennen kuin kaikki mekaaniset ratkaisut olivat valmiit.

Projektin tekeminen oli erittäin mielenkiintoista ja opin sen aikana paljon niin sähkösuunnittelusta kuin projektinhallinnasta. Koen tämän erittäin hyödylliseksi työurani kannalta, koska automaatio-suunnittelu pohjautuu paljolti sähkösuunnittelijan tekemiin ratkaisuihin ja valintoihin. Koen myös, että pystyn paremmin ymmärtämään nykyisessä automaatio-suunnittelijan työssäni sähkösuunnittelijan tekemiä ratkaisuja ja valintoja. Toisaalta pystyn myös paremmin auttamaan sähkösuunnittelijaa tarpeen vaatiessa. Kehitystyöprojektin aikana näin koko projektin elinkaaren, suunnittelupalaverista käyttöönottoon asti. Projektin eri vaiheiden aikana opin myös tuntemaan monenlaisia työskentelytapoja ja toimimaan osana suunnitteluryhmää.

Lähteet

The Fiber Optic Association Inc. 2019. Optical Fiber. Saatavissa: <http://www.thefoa.org/tech/ref/basic/fiber.html>. Hakupäivä 3.5.2019.

Fidanboyu & Efendioglu 2009. Fiber Optic Sensors and Their Applications. International Advanced Technologies Symposium (IATS09).

Pajunen, Petrus 2018. Control Architecture of Optic Fiber-Draw Process. Diplomityö, Aalto yliopisto.

International Telecommunication Union (ITU). About International Telecommunication Union (ITU). Saatavissa: <https://www.itu.int/en/about/Pages/default.aspx>. Hakupäivä 20.4.2019.

International Telecommunication Union (ITU). Saatavissa: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.652-201611-I/en>. Hakupäivä 20.4.2019.

FOSCO Connect. Saatavissa: <https://www.fiberoptics4sale.com/blogs/archive-posts/95050054-what-is-zero-water-peak-fiber>. Hakupäivä 1.5.2019.

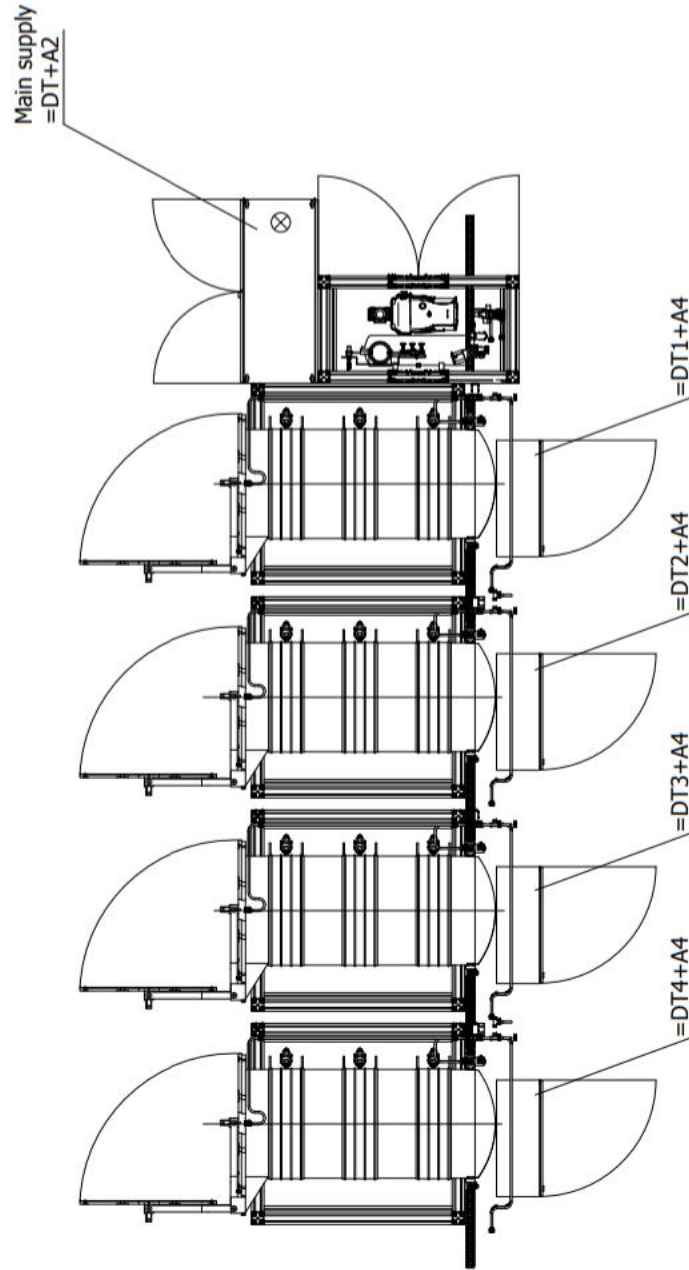
Chang, Kai 2005. The Importance of Minimizing Hydrogen Aging Losses and Alkali Impurities OFS AllWave Zero Water Peak Fiber. Saatavissa: <https://fiber-optic-catalog.ofsoptics.com/Asset/MinimizingHydrogenAgingLosses.pdf>. Hakupäivä 21.4.2019.

Rosendahl-Nextrom Oy. Deuterium Treatment and Hydrogen Testing System. Saatavissa: http://www.rosendahlnextrom.com/fiber-optics/file/2015/10/OFC-02_neu-Ansicht.pdf Hakupäivä 10.4.2019.

Rosendahl-Nextrom Oy. Deuterium Treatment and Hydrogen Testing System. Saatavissa: http://www.rosendahlnextrom.com/fiber-optics/file/2018/03/OFC-02_Deuterium-Treatment.pdf. Hakupäivä: 10.4.2019

ITU G.652D kuidun ominaisuudet			
Ominaisuus	Tarkennus	Arvo	Yksikkö
Ytimen halkaisija	Aallonpituus	1310	nm
	Nimellisarvo	8.6-9.2	µm
	Toleranssi	± 0.4	µm
Kuoren halkaisija	Nimellisarvo	125.0	µm
	Toleranssi	± 0.7	µm
Ytimen samankeskeisyys virhe	Maksimi	0.6	µm
Kuoren epäpyöreys	Maksimi	1.0	µm
Kaapelin katkeamis aallonpituus	Maksimi	1260	µm
Makrotaivutuksen häviö	Säde	30	mm
	Kääntöjen määrä	100	mm
	Maksimi 1625nm aallonpituudella	0.1	dB
Tarkistuksen voima	Minimi	0.69	GPa
Kromaattinen hajonta 3-termin Sellmeier sovitus	λ0min	1300	nm
	λ0max	1324	nm
	S0min	0.073	ps/(nm ² × km)
	S0max	0.092	ps/(nm ² × km)
Lineaarinen sovitus (1460 nm – 1625 nm)	Minimi 1550 nm	13.3	ps/(nm ² × km)
	Maksimi 1550 nm	18.6	ps/(nm ² × km)
	Minimi 1625 nm	17.2	ps/(nm ² × km)
	Maksimi 1625 nm	23.7	ps/(nm ² × km)

TAULUKKO 1. G.652D Valokuidun ominaisuudet, mukailtu lähteestä International Telecommunication Union ITU



LOC = DT + A2	APPL	CUSTOMER	SCALE	REV.	PAGE / NEXT 304 / =DT1+A4/1	DOC. NO.	REV.
	DES.	TSI						WOQ
DEUTERIUM TREATMENT SYSTEM NDS-607 ARRANGEMENT DRAWING							0



KUVA 25. Sijoittelukuva NDS-laitteesta