



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Henri Hautala

# SIEMENSIN KORVAAVAN TASAVIRTARE- LEEN TUTKIMUS

Tekniikka  
2022

## TIIVISTELMÄ

Tekijä	Henri Hautala
Opinnäytetyön nimi	Siemensin korvaavan tasavirtareleen tutkimus
Vuosi	2022
Kieli	suomi
Sivumäärä	37 + 1 liite
Ohjaaja	Marko Iskala ja Janne Lepistö

---

Opinnäytetyö tehtiin toimeksiantona Ratatek Oy:lle. Työn tarkoituksena oli luoda testipenkki näyttämään uuden tasavirtareleen toimintaa ja tutkimaan uuden releen toimintaa vanhaan verrattuna.

Tämän opinnäytetyön päätavoitteena oli tutkia uuden releiden eroavaisuuksia sekä ratkaista yhteensopivuusongelmat, jonka jälkeen pystyttiin tekemään päätelmä korvaavan tasavirtareleen käytettävyydestä. Lisäksi tavoitteena oli listata työssä käytettävät komponentit ja suunnitella testipenkki kuvaamaan raidevirtapiirin toimintaa.

Laaditun opinnäytetyön tuloksena saatiin toimiva testipenkki, suoritettiin uuden releen testaus ja vertaus vanhaan releeseen. Näin ollen työn tavoitteet saavutettiin. Haastavin osuus oli suunnitella testipenkki, sillä raidevirtapiirin toiminta ja raideturvalaitteet eivät olleet ennestään tuttuja. Uuden tasavirtareleen testaus auttaa tulevaisuudessa, sillä vanhat tasavirtareleet tulevat poistumaan käytöstä ja uusi Mors Smitt-rele on yksi potentiaalinen vaihtoehto korvaamaan vanha.



# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

KUVALUETTELO

TAULUKKOLUETTELO

LIITELUETTELO

TERMIT JA MÄÄRITERMÄT

1	JOHDANTO.....	9
	1.1 Tarkoitus ja tavoitteet.....	9
	1.2 Ratatek Oy.....	10
2	RAIDEVIRTAPIIRIN TOIMINTA.....	11
	2.1 Ratakiskot.....	12
	2.2 Virransyöttölaitteet .....	13
	2.3 Eristykset.....	14
	2.4 Raidereleet.....	15
	2.5 Johtimet .....	16
	2.6 Raidevirtapiirien viat.....	17
	2.6.1 Varmuusvika.....	18
	2.6.2 Käyttövika.....	18
	2.6.3 Varmuusvika lepovirtakäytössä .....	19
	2.6.4 Käyttövika lepovirtakäytössä .....	19
3	RAIDEVIRTAPIIRIEN ULKOISET HÄIRIÖT.....	20
	3.1 Viereisten raidevirtapiirien aiheuttamat häiriöt.....	20
	3.2 Maasulkuvirtojen aiheuttamat häiriöt.....	20
	3.3 Magneettiset häiriöt .....	21
4	TURVAVAATIMUSTASOT .....	22
5	KOMPONENTTILISTA .....	24
6	TESTIPENKKI.....	27
7	MORS SMITT- TASAVIRTARELEEN TUTKIMUS .....	31

8 YHTEENVETO .....	33
LÄHTEET .....	34
LIITTEET .....	36

## KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO

<b>Kuva 1.</b> Raidevirtapiiri. <sup>2</sup> .....	12
<b>Kuva 2.</b> Ratakiskot.....	13
<b>Kuva 3.</b> UPS-virransyöttölaite .....	14
<b>Kuva 4.</b> Raidevirtapiirin eristysjatkos.....	15
<b>Kuva 5.</b> Siemens K50-tasavirtarele. ....	16
<b>Kuva 6.</b> Johtimet ennen niiden peittämistä.....	17
<b>Kuva 7.</b> Komponentit: 1) Suojaerotusmuuntaja 2) Lankapotentimetri 3) Säädetty lankavastus 4) Paneelijännite/virtamittari 5) Punainen LED 6) Diodisilta 7) Siemens K50-tasavirtarele 8) Mors Smitt TY153/GRP05-tasavirtarele .....	25
<b>Kuva 8.</b> Komponentit: 9) Käämikuristin 10) valo-opastinmuuntaja .....	26
<b>Kuva 9.</b> Piirikaaviokuva raidevirtapiiristä.....	27
<b>Kuva 10.</b> Filmivaneri ja siihen tuleva kuva raidevirtapiiristä. ....	28
<b>Kuva 11.</b> Komponenttien kiinnitys ja suunnittelu alkuvaiheessa. ....	29
<b>Kuva 12.</b> DIN-kiskot levyn takana. ....	30
<b>Kuva 13.</b> Komponenttien kiinnitys ja johdotus.....	30
<b>Kuva 14.</b> Mors Smitt-tasavirtareleen tietolomake. ....	31
<b>Kuva 15.</b> Siemens-tasavirtareleen tietolomake.....	32
<b>Taulukko 1.</b> SIL-tilaustaulukko.....	22
<b>Taulukko 2.</b> Tarkistusvaatimukset SIL-luokille.....	23
<b>Taulukko 3.</b> Komponenttiluettelo.....	24

## **LIITELUETTELO**

**LIITE 1.** Mors Smitt-tasavirtareleen testitulokset. Piilotettu.

## TERMIT JA MÄÄRITELMÄT

Lyhytkiskoraide	Raide, jossa kiskon pituus on $1 \leq 25$ metriä.
Jatkuvakiskoraide	Raide, jossa kiskon pituus on $1 > 300$ metriä.
Raideosuus	Raideosuus on se osuus raiteesta, joka on rajattu yhdeksi kokonaisuudeksi raide-eristyksillä tai akselinlaskijoilla.
Vastus	Elektroniikassa käytettävä komponentti, joka vastustaa tasa- ja vaihtovirran kulkua. Vastuskomponentin sähkövastus eli resistanssi mitataan ohmeissa.
Suojaerotusmuuntaja	Muuntaja, joka erottaa galvaanisesti toisiopuolelle kytketyn laitteen verkkovirrasta ja käytännössä estää sähköiskun maan ja vaiheen välillä.
Diodisilta	Tasasuuntaaja, on elektroniikan komponentti, joka muuttaa vaihtovirran tasavirraksi.
Virta/jännitemittari	Mittaa sähkövirran suuruutta ampeereina ja jännitteen arvoa voltteina.
Kuristin	Ilma- tai rautasydämissä käämejä, jotka toimivat induktiivisina reaktansseina. Kuristimia käytetään virran rajoittamiseen sekä loistehon synnyttämiseen.



# 1 JOHDANTO

## 1.1 Tarkoitus ja tavoitteet

Rautatieinfrassa ja tarkemmin sen osa-alueessa ”turvalaitteet” on havaittu saata-  
vuusongelma. Käytössä oleva Siemens-tasavirtareleen valmistaminen on lope-  
tettu 90-luvun puolivälissä ja kierrätetyt sekä kunnostetut osat alkavat olla elin-  
kaaren päässä. Tässä opinnäytetyössä tutkitaan markkinoilla olevan/olevien vas-  
taavien tuotteiden käytettävyyttä korvaavana tuotteena.

Opinnäytetyön päätavoitteena oli tutkia vanhan Siemens K50-tasavirtareleet kor-  
vaavan Mors Smitt TY153/GRP05-tasavirtareleen vastaavaisuuksia, suunnitella  
sille testipenkki kuvastamaan raidevirtapiirin toimintaa ja konfiguroida siihen ky-  
seinen rele.

Opinnäytetyössä suunniteltiin työn eri vaiheet sekä suoritettiin ratatyöturvalli-  
suuspätevyyskurssi, jossa käytiin rautatiejärjestelmien peruskäsitteet, perehdytys  
sähkörataan ja käsiteltiin rataverkon hallintaa sekä vaaratekijöitä. Tämä havain-  
nollisti hyvin tulevan testipenkin ja raidevirtapiirin toimintaa, sekä antoi hyvän  
pohjan raidevirtapiirin tuntemukselle.

## 1.2 Ratatek Oy

Ratatek on ratasähköistyksiin ja rataturvalaitteisiin erikoistunut yhtiö. Ratatek perustettiin vuonna 2008 ja heidän päätoimialueinaan toimii Suomi ja Ruotsi. Yrityksen pääkonttori sijaitsee Nurmijärvellä<sup>1</sup>. Konsernin liikevaihto oli 25.5 miljoonaa euroa vuonna 2021.

Ratatek tarjoaa ammattiapua mm. ratajohto-, syöttöasema- ja vahvavirtajärjestelmien suunnitteluun, asennukseen ja kunnossapitoon. Aluevalaistusurakat sekä jännitekatko- ja konsultointipalvelut ovat myös osa heidän tarjontaansa.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Ratatek Oy. Ratasähköistyksen alansa osaajalta. Kotisivu 2022.

## 2 RAIDEVIRTAPIIRIN TOIMINTA

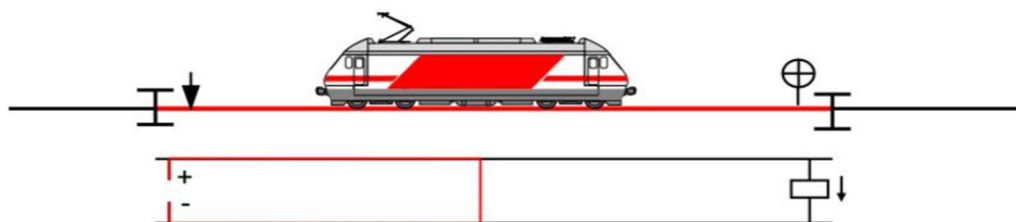
Raidevirtapiiri voidaan jakaa viiteen osaan: kiskot, virransyöttölaitteet, eristyksset, raidereleet ja johtimet.

Raidevirtapiirin toimintaperiaatteena on, että raide on jaettu raide-eristyksillä sähköisiksi kokonaisuuksiksi. Raideosuuden kiskot muodostavat virtapiirin, johon syötetään virtaa toisesta päästä. Toisessa päässä raidevirtapiiriä virta kulkee releen kautta, joka havaitsee, jos kiskot oikosulkeutuvat tai virtapiiri katkeaa vian johdosta. Raidevirtapiiri havaitsee raideosuuden varatuksi, kun junan yksikin pyöräkerta oikosulkee raidevirtapiirin.<sup>2</sup>

Sähköisen virtapiirin ominaisuutena on, että virta kulkee aina pienimmän mahdollisen vastuksen kautta. Virta, joka muuten kulkisi koko raidevirtapiirin läpi releen kautta, pääsee lyhyempää reittiä pyöräkertojen kautta, jolloin rele ei havaitse enää raidevirtapiirissä virtaa ja raideosuus tulkitaan varatuksi. Pidemmällä raideosuuksilla on aiemmin käytetty keskeltä syötettyä raidevirtapiiriä, jolloin raideosuuden molemmissa päissä on raiderele. Raidereleisiin perustuvissa raiteen vapaanaolon järjestelmissä suurin yhden raideosuuden pituus on n. 2 km. Raidevirtapiirin vasemmalla puolella on syöttöpää ja oikealla relepää **(Kuva 1.)**.<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> Härkönen, A., Järvinen, L., Katajala, M., Koro, M., Lehikoinen, H., Matikainen L., Sorsimo, T., Tuomi, J. & Viitanen, J. 2018 Liikennevirasto- Rautatieturvalliset 2. painos. Otavan Kirjapaino Oy Keuruu 2018



**Kuva 1.** Raidevirtapiiri.<sup>2</sup>

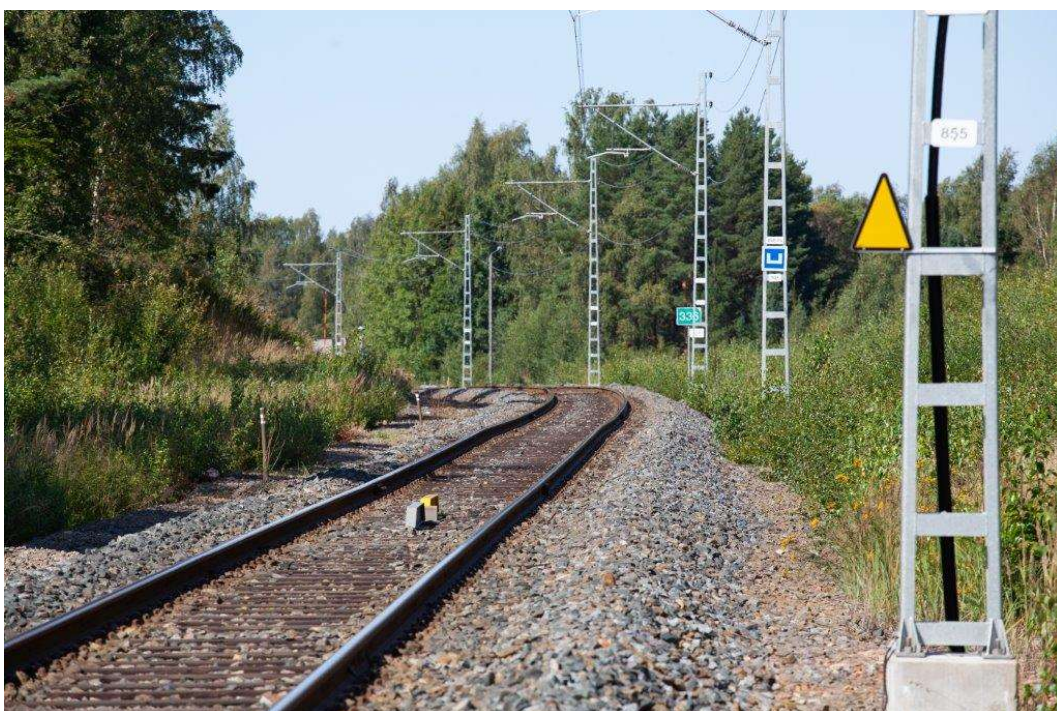
Raidevirtapiirien vuoksi kiskoilla liikkuvalla kalustolla vaaditaan, että akselien on oikosuljettava raidevirtapiiri. Tämä edellyttää riittävän pientä vastusta pyöräkerran pyörien läpi. Kun pyöräkerta oikosulkee virtapiirin, rele päästää ja raideosuus tulkitaan varatuksi.<sup>2</sup>

## 2.1 Ratakiskot

Ratakiskot toimivat kulkupintana ja tukipalkkina liikkuvalla kalustolle. Ratakiskojen päätehtävänä on antaa kiskopyörille hyvä kontakti, kantaa kuormitus ja antaa tasainen kulkupinta. Lisäksi kiskojen on kestettävä lämpötilojen aiheuttama jännitysten vaihtelu. Kiskojen tulee olla hitsattavia ja hyvin sähköä johtavia. Kiskot ovat osa raidevirtapiiriä. Ratakiskot esitetty kuvassa 2.<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> Ratakiskot, tarkoitus ja tehtävät. Väylä ohje 2021.



**Kuva 2.** Ratakiskot

## 2.2 Virransyöttölaitteet

Turvalaitejärjestelmän virransyöttölaitteisto on järjestelmä, jonka tehtävä on taata tasainen virransyöttö lyhyissä katkoksissa. Sähköä syötetään turvalaitteille esimerkiksi UPS-laitteistolla tai dieselaggregaatilla. UPSin mitoituksessa tärkeänä kriteerinä on varmistaa tarvittava oikosulkuvirran syöttökyky. Dieselaggregaatti on yleensä turvalaitejärjestelmän varavoimana.<sup>4</sup>

UPS-varavoimaan ei saa kytkeä esimerkiksi turvalaitetilojen vaatimia lämmityksiä tai ilmastointia, koska niitä ei lasketa turvalaitteisiin liittyviksi järjestelmiksi.<sup>4</sup> Ku-  
vassa 3 havainnekuva UPS-virransyöttölaitteesta.

---

<sup>4</sup> Virransyöttö. Väylä. Ratatekniset ohjeet 2021.



**Kuva 3.** UPS-virransyöttölaite

### 2.3 Eristykset

Raidevirtapiiriin kuuluvat raiteet eristetään muista raiteista kisko jatkoksiin sijoituilla pitkittäiseristyksillä. Raidevirtapiirin äärimmäisten eristysten välistä raiteen tai raiteiston osaa sanotaan raideosuudeksi.

Eristysjatkoksia käytetään vaihteiden vapaanaolon valvontaan. Niiden avulla muodostetaan raidevirtapiirejä. Raidevirtapiirin oikosulkeutuessa tiedetään, että kyseisellä kohdalla vaihdetta tai raidetta on jokin kalustoyksikkö. Yhdessä vaihteessa ja sen vaihdealueella saattaa olla jopa 11 eristysjatkosta, usein kuitenkin neljästä kymmeneen. Vaihteissa tulee käyttää vahvistettuja jatkuvakiskoraiteen eristysjatkoksia riippumatta, onko kyseessä lyhytkisko- vai jatkuvakiskoraide<sup>5</sup>. Eristysjatkos raidekiskossa kuvassa 4.



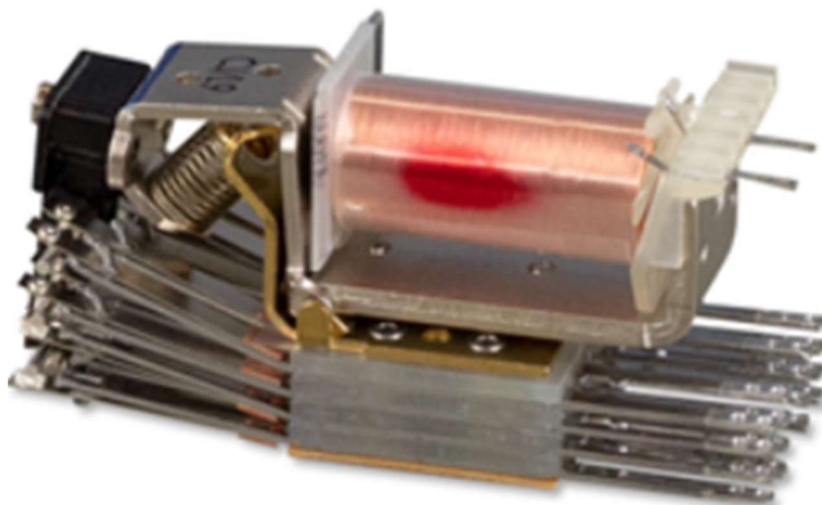
**Kuva 4.** Raidevirtapiirin eristysjatkos

## 2.4 Raidereleet

Raidereleinä käytetään neutraalia tai polarisoitua tasavirtarelettä. Neutraalissa tasavirtareleessä releen käämin lävitse kulkeva virta magnetoii käämin rautasydämen. Syntyvä magneettikenttä vetää releen ankkurin puoleensa aiheuttaen liikkeellään releen koskettimien liikkeen. Rele toimii siis aivan tavallisen releen tavoin riippumatta käämin lävitse kulkevan virran suunnasta. Polarisoitussa tasavirtareleessä releen toiminta on riippuvainen virran suunnasta ja toimii vain määrätyn suuntaisella virralla.<sup>5</sup> Kuvassa 5 Siemens-tasavirtarele ja sen koskettimet.

---

<sup>5</sup> Turvalaitetekniikka 1, Raidevirtapiirit, Tasavirtakäyttö



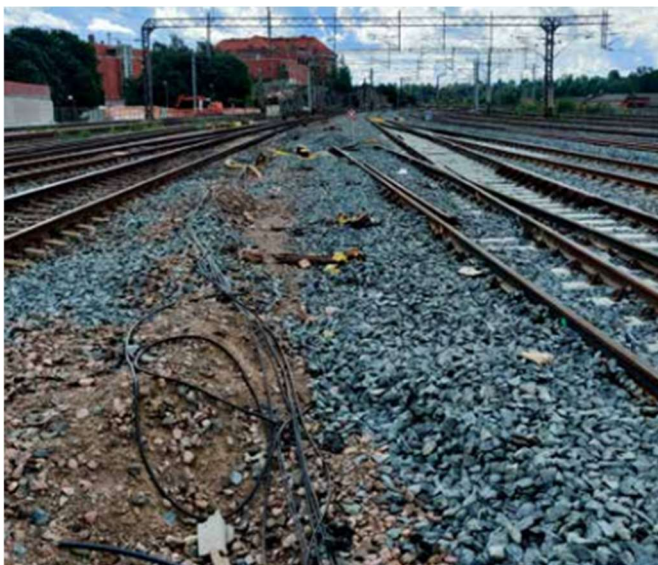
**Kuva 5.** Siemens K50-tasavirtarele.

## 2.5 Johtimet

Kuten raidevirtapiirin nimestäkin ilmenee, muodostavat raiteet osan virtapiiristä. Kyseessä olevan raideosuuden raiteet on sähköisesti eristetty viereisistä raiteista tai raideosuuksista. Raideosuuden sitä päätä, johon syöttö tulee, sanotaan syöttöpääksi (**Kuva 1.**) Jotta kiskot muodostaisivat varman ja luotettavan osan virtapiiristä, yhdistetään peräkkäiset kiskot toisiinsa kiskonyhdistysjohdolla.<sup>5</sup>

Raideosuuden toista päätä sanotaan relepääksi, josta virta johdetaan raidereleelle relejohdoilla. Raiderele sijaitsee yleensä lähellä relepäättä. Relejohtoina käytetään maakaapeleita, jonka päätteeseen kiskot yhdistetään relepään kiskonyhdyntäjohtimilla.<sup>5</sup> Kuvassa 6 johtimia ennen niiden peittämistä.





**Kuva 6.** Johtimet ennen niiden peittämistä.

## 2.6 Raidevirtapiirien viat

Raidevirtapiirivikojen syistä usein puolet tai jopa yli ovat eristysjatkosten metallilastuvikoja. Ne ovat pieniä metallihiukkasia, jotka muodostavat sähköisen sillan kiskon jalalle päätyeristelevyn yli (**Kuva 4.**). Metallilastuvika estää kulkutieasettelun ja automatiikan toiminnan. Metallilastuvikaa esiintyy eniten huhtikuusta syyskuun loppuun. Vesisade ja lumi huuhtovat lastun ja pölyn pois.<sup>6</sup> Toinen merkittävä vika on rautatiekiskojen lämpölaajeneminen. Kiskojen lämpölaajenemista estetään kiinnittämällä kisko ratapölkkyihin, jolloin lämpötilanmuutokset aiheuttavat kiskoihin lämpöjännityksiä. Kylmä aiheuttaa vetojännitystä ja kuuma puristusjännitystä.<sup>7</sup> Lämpöjännitys aiheuttaa eristysjatkoksen puristumista, mikä voi painaa eristysjatkoksen kasaan, mikä aiheuttaa raidevirtapiiriin häiriön. Tällöin myös rele voi vikaantua. Turvalaiteviat eivät ensisijaisesti aiheuta vaaraa. Tilastojen mukaan

---

<sup>6</sup> Nummelin, M. 2020 väylävirasto. Rautatievaihteet. 2020

<sup>7</sup> Lämpölaajeneminen. Wikipedia 2020

viime vuosina Suomen rautateillä tapahtuu kuitenkin merkittäviäkin onnettomuuksia noin 12–18 vuosittain.<sup>8</sup>

### **2.6.1 Varmuusvika**

Varmuusvika on vaaran aiheuttava vika. Turvalaitteiden suunnittelussa ja rakenteissa pyritään siihen, että varmuusvikojen mahdollisuus saataisiin 100 % poistetuksi, sillä varmuusvian esiintyessä syntyvän vaarallisen tilanteen vallitessa on edellytykset onnettomuudelle olemassa. Yleensä varmuusvika ei ”ilmaise itseään”. Varmuusvian esiintyessä raidevirtapiirissä toimivat raidereleen ohjaamat virtapiirit siten, kuin raideosuus olisi vapaa, vaikka siellä olisi juna.<sup>5</sup> Varmuusvikojen osuus nykyään on harvinaista, koska kolmas osapuoli, esimerkiksi turvahenkilö, joka on yleensä organisaation ulkopuolelta todentaa, että kytkennät, piirikaaviot ja testit ovat tehty oikein. Tällöin minimoidaan kytkennässä tehdyt virheet, joten varmuusvikojen esiintyminen vähenee.

### **2.6.2 Käyttövika**

Käyttövika on vaaraa aiheuttamaton vika. Sen sijaan käyttövika aiheuttaa yleensä vaarattoman epänormaalin toiminnan, josta usein aiheutuu myös häiriöitä liikenteen hoidolle. Useimmiten käyttövika ilmenee jollain tavalla. Esimerkiksi jos juna on tullut raideosuudelle ja rele on päästänyt, ja kun juna jättää raideosuuden eikä rele kykenekään enää vetämään, eli palaamaan normaaliasentoon. Useampi samanaikainen käyttövika saattaa yhdessä aikaansaada vaarallisen tilanteen, eri varmuusvian.<sup>5</sup>

---

<sup>8</sup> Väylä. 2022. Rautatietoimintojen turvallisuuspoikkeamatilastot

### 2.6.3 Varmuusvika lepovirtakäytössä

Varmuusvian esiintyessä raidevirtapiirissä, se ”ilmoittaa” raideosuuden olevan vapaana, vaikka se on varattu. Tämä on mahdollista silloin, kun raiderele ei päästä raideosuuden ollessa varattu (juna ei tee tarpeeksi hyvää kosketusta kiskojen välille). Raidereleille asetetaan tästä syystä erittäin suuret vaatimukset, joita käsitellään enemmän kappaleessa 4.<sup>5</sup>

### 2.6.4 Käyttövika lepovirtakäytössä

Raidevirtapiiri ilmoittaa raideosuuden olevan varattu, vaikka se on vapaa. Harvinaisen relevian lisäksi sen voi aiheuttaa katkos tai oikosulku virtapiirissä. Yleisimmät näistä ovat virransyötön katkeaminen, kiskoliityntä- tai kiskoyhdistysjohdon katkeama tai irtoaminen, eristysvika, aiheeton oikosulku kiskojen tai kiskoliityntäjohtojen välillä ja liian alhainen vuotovastus kiskojen välillä.<sup>5</sup>

### **3 RAIDEVIRTAPIIRIEN ULKOISET HÄIRIÖT**

Raidevirtapiiriin toimintaan vaikuttavat häiritsevästi myös ulkopuolelta tulevat häiriöjännitteet. Vaikka ne eivät aina olekaan varsinaisen vian aiheuttamia, voivat ne aikaansaada varmuusvikaan verrattavan raidevirtapiirin virheellisen toiminnan. Näitä ulkoisia häiriöitä ovat mm. viereisten raidevirtapiirien aiheuttamat häiriöt, maasulkuvirtojen aiheuttamat häiriöt ja magneettiset häiriöt.<sup>5</sup>

#### **3.1 Viereisten raidevirtapiirien aiheuttamat häiriöt**

Raidevirtapiiriin pääsee viereisestä raidevirtapiiristä merkitystä omaava häiriövirta vain niiden välisen eristyksen rikkoutuessa. Esimerkiksi eristyksen rikkoutuessa ja junan ollessa raideosuudella voi raiderele pysyä vetäneenä tällaisen häiriövirran vaikutuksesta. Rele pysyy vetäneenä sitä helpommin, mitä kauempana juna on relepäästä, ja mitä huonomman oikosulun se aiheuttaa kiskojen välille.<sup>5</sup>

Raiderele voi myös oman syöttönsä lisäksi saada virtaa viereisestä raideosuudesta junan pyörien, sekä rungon kautta välieristyksen yli. Tämä tilanne vastaa välieristyksen oikosulkua ja vaikutus voi olla suuri, jos akseleiden toisen puolen pyörät tekevät huonon yhdistyksen kiskoihin.<sup>5</sup>

#### **3.2 Maasulkuvirtojen aiheuttamat häiriöt**

Voimansiirtojohtojen maasulut saattavat aiheuttaa niin suuria maavirtoja, että niiden kiskojen välille indusoima jännite pystyy pitämään raiderelettä vetäneenä huolimatta raideosuudella olevasta junasta. Vaara on sitä suurempi, mitä huonomman oikosulun juna saa aikaan kiskojen välille. Onneksi tällaiset maavirrat ovat kuitenkin hyvin lyhytaikaisia.<sup>5</sup>

### 3.3 Magneettiset häiriöt

On todettu, että runsaan auringonpilkkujen esiintymisen aikana maan magneettikentässä esiintyy muutoksia, jotka puolestaan aiheuttavat maavirtoja. Nämä maavirrat voivat käyttää kiskoja oikotienään silloin, kun esimerkiksi sähköistetyillä rataosilla paluukiskot ovat pitkiä matkoja yhdistetty hyvin johtaviksi, ja maaperän ominaisvastus on suuri, kuten Skandinaviassa on. Tällainen virta voi raiteisiin induoida niin suuren virran, että se häiritsee raidevirtapiirien toimintaa.<sup>5</sup>

## 4 TURVAVAATIMUSTASOT

Turvavaatimustaso (Safety integrity level), eli SIL-taso, on turvallisuuden eheystaso, joka perustuu kansainvälisiin turvallisuusstandardeihin. SIL on tapa, jolla määritellään turvajärjestelmien turvatasoa. SIL4 on tämän asteikon korkein taso, ja julkisella rataverkolla operoivien täytyy täyttää tämä taso. Tällä hetkellä markkinoilla on vähän turvalaitevalmistajia, jotka kykenevät valmistamaan rautatieverkkojen kriteerien täyttäviä turvalaitteita.<sup>9</sup> Suomessa poiketaan tästä, koska Suomessa käytetään DrS-tekniikan asetinlaitteita, kuten K50-releitä, jotka eivät kuulu SIL-tasoon. Mutta esimerkiksi Suomessa tasoristeykset rakennetaan tavoitellen vähintään SIL3-luokitusta. Mainittakoon, että erilaisia SIL-vaatimuksia on lähemmäs tuhat. Mitä korkeampi SIL-luokitus, sitä tiukemmat vaatimukset laitteille on, ja laitteen turvatoiminto peittää vähemmän, mikä tekee laitteesta paremmin käytettävissä olevan. Alla olevassa taulukossa 1 kuvattuna IEC 61508 SIL-luokitukset 1–4.

**Taulukko 1.** SIL-taulukko

Safety Integrity Level	Risk Reduction Factor	Probability of Failure on Demand
SIL 4	100,000 to 10,000	$10^{-5}$ to $10^{-4}$
SIL 3	10,000 to 1,000	$10^{-4}$ to $10^{-3}$
SIL 2	1,000 to 100	$10^{-3}$ to $10^{-2}$
SIL 1	100 to 10	$10^{-2}$ to $10^{-1}$

<sup>9</sup> Miksi radan turvalaitteita tarvitaan. Väylä 2020.

Jokaisen osa/turvajärjestelmän on täytettävä seuraavat vaatimukset:

- Laitteiston turvallisuuden eheyttä koskevat rakenteelliset rajoitukset
- Vaarallisten satunnaisten laitevikojen pienentäminen alle raja-arvon
- Järjestelmällinen turvallisuuden eheys (vikojen välttämistä koskevat vaatimukset ja systemaattisten virheiden koskevat vaatimukset)

Ennen kuin laite/laitteet otetaan käyttöön, on kolmannen osapuolen tarkistettava, että ne toimivat oikein. Mitä suurempi SIL-luokitus halutaan, sitä laajempi kolmannen osapuolen tarkistus täytyy olla. Taulukosta 2 näkyy, että jos laitteelle halutaan SIL 1 tai 2- luokitus, voi yksittäinen kolmannen osapuolen henkilö tarkistaa kytkennät ja kaaviot. 2–3 taso vaatii osastotason tarkistuksen ja 3–4 organisaatiotason tarkistuksen.<sup>10</sup>

**Taulukko 2.** Tarkistusvaatimukset SIL-luokille.

Safety Integrity Level				
Minimum Level of Independence	1	2	3	4
Independent person	✓	✓	✗	✗
Independent department	-	✓	✓	✗
independent organization	-	-	✓	✓

<sup>10</sup> Kuinka suunnittele turvatoiminnon. 2021. Suomi.

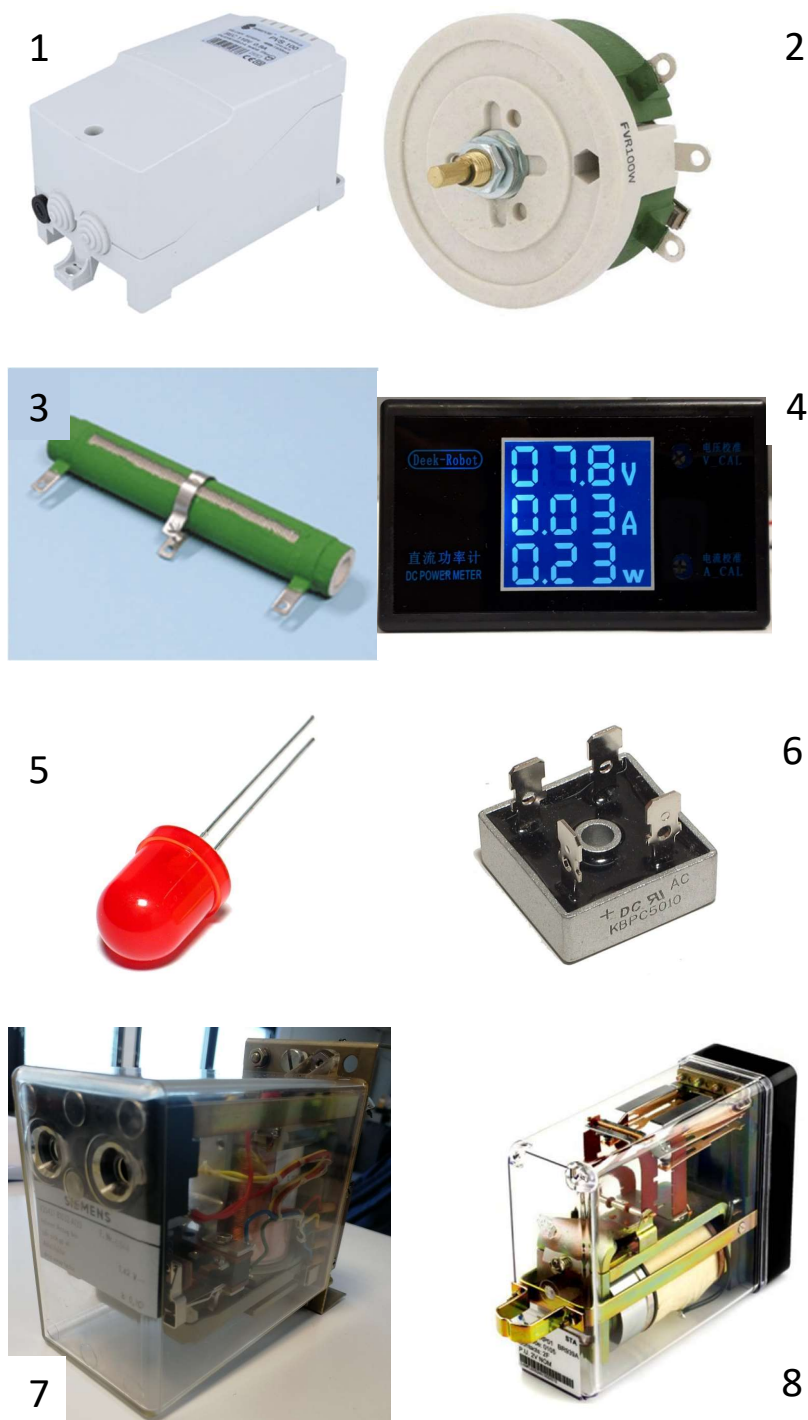
## 5 KOMPONENTTILISTA

Opinnäytetyössä tehtiin testipenkki filmivanerille. Testipenkki maalattiin valkoiseksi, sekä liitettiin työssä käytettävät komponentit (**Kuva 13.**). Käytetyistä komponenteista tehtiin luettelo (**Kuvat 7. ja 8.**).

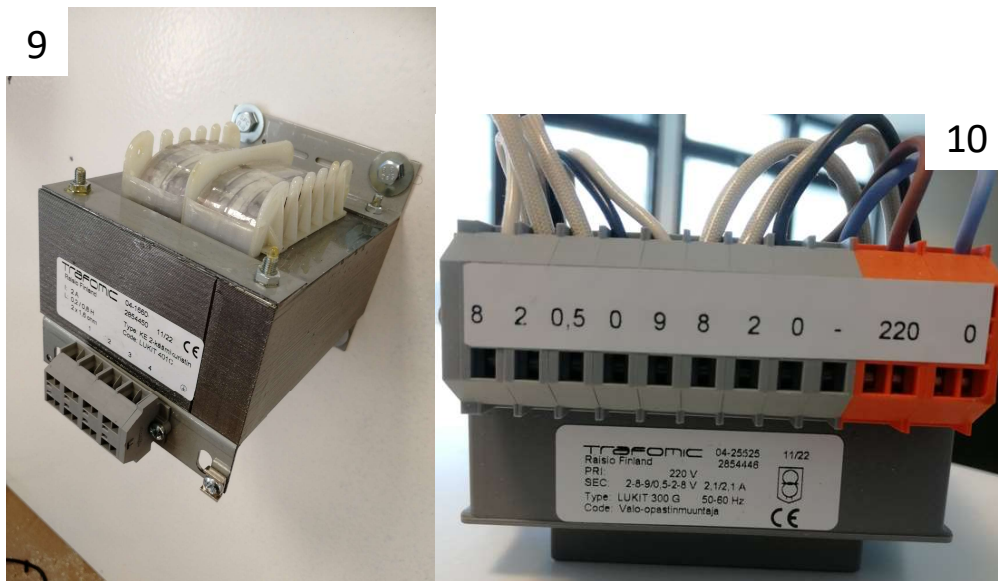
**Taulukko 3.** Komponenttiluettelo

Komponentti	Tunnus
Suojaerotusmuuntaja	PVS-160-230V
Lankapotenttiometri	FVR100-25R
Säädettävä lankavastus	200W RDS200N-220R
Säädettävä lankavastus	200W RDC200N-10R
Paneelijännite/virtamittari	0-50V
LED	10 mm Punainen
Diodisilta	35A 1000V
Siemens-tasavirtarele	K50
Mors Smitt-tasavirtarele	TY153/GRP05
Käämikuristin	KE2
Valo-opastinmuuntaja	LUKIT 300G





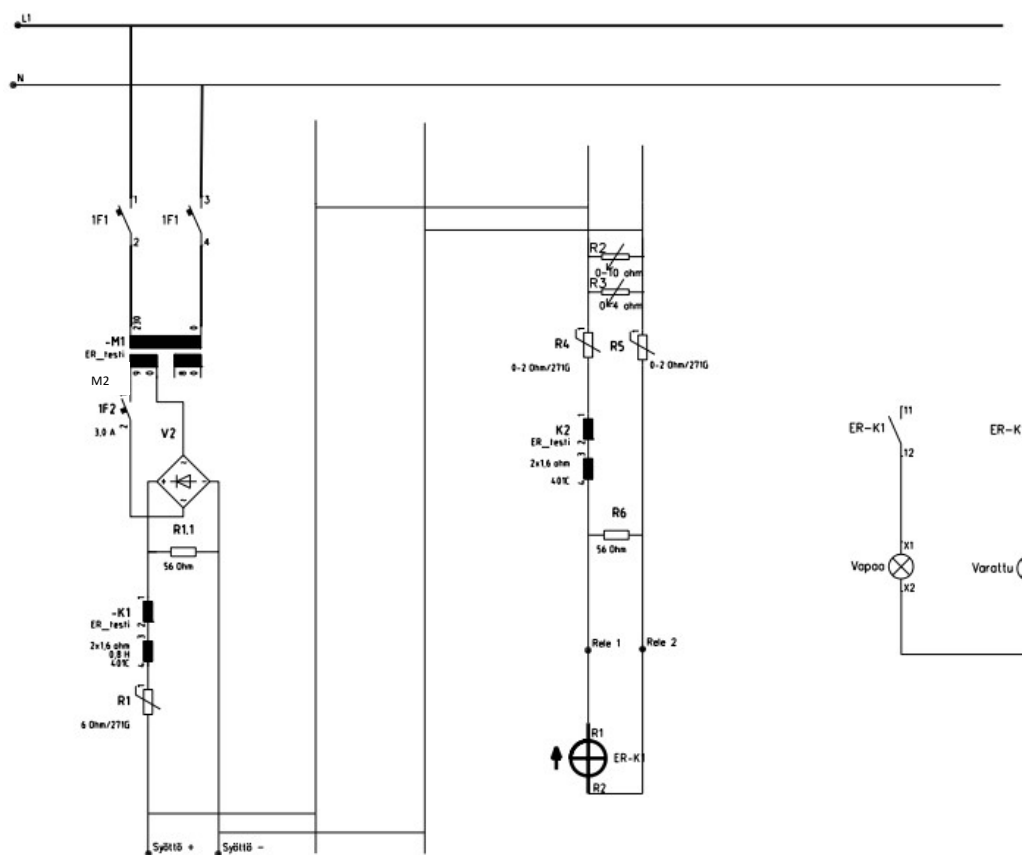
**Kuva 7.** Komponentit: 1) Suojaerotusmuuntaja 2) Lankapotiometri 3) Säädettävä lankavastus 4) Paneelijännite/virtamittari 5) Punainen LED 6) Diodisilta 7) Siemens K50-tasavirtarele 8) Mors Smitt TY153/GRP05-tasavirtarele



Kuva 8. Komponentit: 9) Käämikuristin 10) valo-opastinmuuntaja

## 6 TESTIPENKKI

Yksi osa opinnäytetyöstä oli suunnitella Seinäjoen yksikölle testipenkki, joka kuvastaa raidevirtapiirin toimintaa. Tehtävänä oli suunnitella kokonaisuus sisältäen komponenttien paikat ja työssä käytettävät materiaalit. Elektroniset komponentit oli tilattu jo aiemmin. Testipenkkiin lisättiin vielä kaksi LED-valoa näyttämään milloin rele päästää, kun raideosuus on varattuna. **(Kuva 9).**



**Kuva 9.** Piirikaaviokuva raidevirtapiiristä

Virtapiirin syöttö sijaitsee vasemmalla puolella, josta ensin virta menee suojaerotusmuuntajalle M1, joka erottaa galvaanisesti toisiopuolelle kytketyn laitteen verkkovirrasta. Siitä jännite kulkee opastinmuuntajan M2 kautta diodisillalle V2, joka muuttaa vaihtosähkön tasasähköksi. Sen jälkeen jännite kulkee kuristimen

vastuksen R1.1 ja kuristimen K1 kautta relepuolen kiskoyhdistysvastukselle R2, joka kuvaa junan saapumista raidevirtapiirille yhdistäen kiskot. R3 kuvastaa vuotovastusta raidevirtapiirissä. Esimerkiksi vuotoa voi tapahtua kiskosta toiseen sekä ratapölkkyjen että ratapenkereen kautta. Mainittakoon, että vuotovastukseen vaikuttaa kosteusolosuhteet, jotka vaihtelevat suuresti. R4 ja R5 ovat kiskovastuksia. Kiskojen suuresta poikkipinnasta johtuen kiskovastus on pieni (0-2ohm). Kuten syöttöpuolella, myös relepuolella on kuristin K2, joka rajoittaa virtaa, ja sen vastus R6, jonka kautta virta kulkee releelle ER-K1, joka on normaalitilassa vetäneenä. **(Kuva 9.)**

Opinnäytetyö lähti siitä, että ensin piirrettiin piirikaaviokuva ja painettiin kuvat pleksille. Seuraavaksi hankittiin sopivan kokoinen filmivaneri. Kuvassa 10 näkyy filmivaneri, sekä raidevirtapiirin pleksit.



**Kuva 10.** Filmivaneri ja siihen tuleva kuva raidevirtapiiristä.

Tämän jälkeen filmivaneri maalattiin valkoiseksi ja alettiin suunnitella komponenttien paikkoja, kiinnitystä ja muiden komponenttien hankintaa.

Sijoittelussa päädyttiin lähtökohtaan, että raidevirtapiirin syöttöpuoli oli vasemmalla puolella vaneria ja relepuoli oikealla. Keskelle tuli LED-valot, jotka indikoivat onko raidevirtapiiri varattu vai vapaa (**Kuva 11.**).



**Kuva 11.** Komponenttien kiinnitys ja suunnittelu alkuvaiheessa.

Filmivanerin taakse kiinnitettiin kolme DIN-kiskoa vahvistamaan vaneria, ettei vaneri katkeaisi (**Kuva 12.**).



**Kuva 12.** DIN-kiskot levyn takana.

Sen jälkeen kiinnitettiin loput komponentit, raidevirtapiirin syöttö ja relepuolen väliin luonnosteltiin kiskot havainnollistamaan raideosuutta, jolla raidevirtapiiri sijaitsee **(Kuva 13.)**.



**Kuva 13.** Komponenttien kiinnitys ja johdotus.

Lopputuloksena saatiin toiminnallinen testipenkki, joka kuvastaa raidevirtapiirin toimintaa **(Kuva 13.)**.

## 7 MORS SMITT- TASAVIRTARELEEN TUTKIMUS

Korvaavaksi releeksi oli valittu Mors Smitt-tasavirtarele. Testeissä mitattiin uuden ja vanhan releen eroavaisuuksia ja sitä kuinka hyvin uusi rele olisi korvaamaan nykyisen releen. Testit toteutettiin mittaamalla virtaa. Myös vastuksia ja jännitettä testattiin eri arvoilla ja tutkittiin milloin rele vetää, milloin päästää. Katsottiin myös, että saadut arvot ovat sallittujen raja-arvojen sisällä. Raiderele oli tulkittava vetäneeksi vasta, kun se on ollut 2 s vetäneenä ja päästäneeksi heti, kun se oli päästänyt. Kuvassa 14 Mors Smitt-tasavirtareleen tietolomake.

Testitulokset ovat salattuja, mutta voidaan sanoa, että testit onnistuivat ja Mors Smitt-tasavirtarele on yksi potentiaalinen korvaaja Siemens releelle.

Mors Smitt Catalogue Number	Coil Resistance	Operate	Full Operate	Release	Contact Rating	Contact Resistance	Weight
TY153/GRP01	20 $\Omega$	81 mA - 92 mA	115 mA	0.68 x Operate (mA)	3 A	0.2 $\Omega$	1.6 kg
TY153/GRP02 TY153/GRP03	9 $\Omega$	120 mA - 140 mA	175 mA	0.68 x Operate (mA)	3 A	0.2 $\Omega$	1.6 kg
TY153/GRP04	70 $\Omega$	2.8 V - 4.0 V	5.0 V	0.68 x Operate (mA)	3 A	0.2 $\Omega$	1.6 kg
TY153/GRP05	9 $\Omega$	120 mA - 140 mA	175 mA	0.68 x Operate (mA)	3 A	0.2 $\Omega$	1.6 kg

**Kuva 14.** Mors Smitt-tasavirtareleen tietolomake.<sup>11</sup>

<sup>11</sup> Mors smitt rele tietolomake BRBF2&F9

**Allgemein**

Isolationsgruppe nach VDE 0110 . . .	A/60 V
Schutzart nach DIN 40050	IP 54
Temperaturbereich	253 . . . 343 K (– 20 . . . + 70° C)
Anschlußart	steckbar
Einbaulage	siehe Maßbild
Gewicht	ca. 1100 g

**Erregerseite**

Ansprecherregung	130 AW
Ansprechleistung	ca. 65 mW
Betriebserregung	ca. 160 AW
Nichtanzugserregung bei Umpolung der Ansprecherregung	$\geq 1040$ AW
Thermische Dauerbelastbarkeit	6,5 W
Wickelfläche	ca. 6 cm <sup>2</sup>
Wickelraum	ca. 49 cm <sup>3</sup>
Abfallfaktor = $\frac{\text{Abfallstrom}}{\text{Anzugsstrom}}$	$\geq 0,7$

**Kuva 15.** Siemens-tasavirtareleen tietolomake.

Tietolomakkeiden perusteella releiden toiminta-ajat ja tekniset arvot ovat lähellä toisiaan (**Kuva 15.**).



## 8 YHTEENVETO

Opinnäytetyön päätavoitteet, joita kappaleessa 1.1 käsiteltiin, tulivat täytettyä. Testipenkki saatiin toimivaksi ja raidevirtapiirin oli oltava säädettävissä siten, että raidereleen päästäessä kiskojen välinen jännite on vähintään 1,0V.

Työ kasvatti ymmärtämystäni rautatieturvallitteista ja raidevirtapiirin toiminnasta. Tasavirtareleiden vertailussa saatiin tarvittavat tiedot ja todettiin, että rele toimii halutulla tavalla. Kuitenkin todetaan, että vastusarvot oli erilaisia verrattuna Siemens K50-tasavirtareleeseen. Arvot eivät olleet niin kaukana toisistaan, etteikö korvaavaa Mors Smitt-tasavirtareleettä voisi jopa käyttää tulevaisuudessa. Jos arvot olisivat olleet kaukana toisistaan, olisi todettu rele käyttökelvottomaksi raidevirtapiirissä, koska vaihto johtaisi isoihin muutoksiin koko raidevirtapiirissä.

Opinnäytetyön aihe oli mielenkiintoinen, koska rautatieinfra on alana jännittävä ja opittavaa on todella paljon. Suurin haaste työssä oli suunnitella testipenkki, sillä raidevirtapiirin toiminta ei ollut ennestään tuttu. Tulevaisuudessa testipenkkiä voidaan käyttää esimerkiksi oppimisvälineenä uusille työntekijöille tai muille opinnäytetyöntekijöille. Testipenkillä voidaan tulevaisuudessa testata useampia releitä, mikäli halutaan testata niiden sopivuutta raidevirtapiiriin. Kokemuksena tämä oli todella arvokas ja mielenkiintoinen, joten kiitän Ratatekin työntekijöitä opastuksesta, erityisesti ohjaajaani Janne Lepistöä.

## LÄHTEET

Härkönen, A., Järvinen, L., Katajala, M., Koro, M., Lehikoinen, H., Matikainen L., Sorsimo, T., Tuomi, J. & Viitanen, J. 2018 Liikennevirasto- Rautatieturvallitteet 2. painos. Otavan Kirjapaino Oy Keuruu 2018

Kuinka suunnittele turvatoiminnon. Suomi 2021. Viitattu 20.5.2022

<https://www.pilz.com/fi-FI/support/knowhow/law-standards-norms/functional-safety/en-iec-62061>

Lämpölaajeneminen. Wikipedia 2020. Viitattu 6.5.2022

<https://fi.wikipedia.org/wiki/L%C3%A4mp%C3%B6laajeneminen#:~:text=Nykyisin%20tekniikan%20kehittymisen%20my%C3%B6t%C3%A4%20ratakiskot,aiheuttaa%20vetoj%C3%A4nnityst%C3%A4%20ja%20kuuma%20puristusj%C3%A4nnityst%C3%A4.>

Miksi radan turvalaitteita tarvitaan. Väylä 2020. Viitattu 18.5.2022

<https://vayla.fi/-/miksi-turvalaitteita-tarvitaan->

Mors Smitt rele tietolomake. RBR966 F2&F9. Viitattu 6.5.2022

<https://www.morssmitt.com/uploads/files/catalog/products/datasheet-qt2-signalling-relay.pdf>

Nummelin, M. 2020 Väylävirasto, Rautatievaihteet. Helsinki 2020

Ratakiskot, tarkoitus ja tehtävät. Väylä ohje. Viitattu 24.5.2022

[https://julkaisut.vayla.fi/pdf11/vo\\_2021-29\\_rato11\\_web.pdf](https://julkaisut.vayla.fi/pdf11/vo_2021-29_rato11_web.pdf)

Ratatek Oy. Ratasähköistykset alansa osaajalta. Viitattu 30.3.2022

<https://ratatek.fi/ratatek-oy/>

Turvalaitetekniikka 1, Raidevirtapiirit, Tasavirtakäyttö. Viitattu 13.4.2022

[Turvalaitetekniikka-raidevirtapiirit tasavirtakäyttö HIGHLIGHTS.pdf](#)

Virransyöttö. Väylä. Ratatekniset ohjeet 2021. Viitattu 24.5.2022

[https://julkaisut.vayla.fi/pdf11/vo\\_2021-18\\_rato6\\_web.pdf](https://julkaisut.vayla.fi/pdf11/vo_2021-18_rato6_web.pdf)

Väylä. 2022. Rautatietoimintojen turvallisuustilastot. Viitattu 30.5.2022

<https://vayla.fi/vaylista/aineistot/tilastot/turvallisuustilastot/rautatietoimintojen-turvallisuustilastot>

**LIITTEET**

LIITE 1 Mors Smitt-tasavirtareleen testitulokset. Piilotettu.

