

SAVONIA

ammattikorkeakoulu

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

E18 MUURLA-LOHJA- HANKKEEN VALAISTUSMUUTOS

Tutkimus

TEKIJÄ Mikko Riipinen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Tutkinto-ohjelma Energiatekniikan tutkinto-ohjelma			
Työn tekijä Mikko Riipinen			
Työn nimi E18 Muurla-Lohja -hankkeen valaistusmuutos			
Päiväys	13.3.2023	Sivumäärä	31
Toimeksiantaja TYLE18			
Tiivistelmä			
<p>Nyky maailmassa vihreät arvot rakentuvat energiansäästön ja energiankulutuksen ympärille ja ne ovat jatkuvasti enemmän esillä taloudessa ja politiikassa. Tämä on luonut sekä tarpeen että kysynnän myös valaistusjärjestelmien energiatehokkuuden ja elinkaaren parantamiselle. Energiatehokkuutta sekä käyttöikää voidaan parantaa vaihtamalla vanhat lamput uusiin ja paranneltuihin malleihin. Tie- ja tunnelivalaistuksessa tämä voidaan nähdä erilaisten kaasupurkauslamppujen korvaamisena LED-lampuilla, joka oli pohja-ajatuksena tässä lopputyössä. Tavoitteena oli löytää mahdollisia ratkaisuja lamppujen vaihtoon.</p> <p>E18 Muurla-Lohja –hankkeessa, jota TYLE18 ylläpitää, taloudelliseen toimintaan ja kustannuksiin kiinnitetään aiempaa tarkemmin huomiota. Sekä talous- että ympäristönäkökulmat ovat luoneet tarpeen valaistusjärjestelmien energiatehokkuuden ja elinkaaren parantamiselle.</p> <p>Opinnäytetyön aineisto kerättiin tutkimalla dokumentteja rakennussuunnitelmista ja liikenneviraston julkaisuista. Valaisinurakoitsijaa ja valaisinvalmistajan edustajaa, joilla oli tietoa E18- tien tunneleiden olemassa olevista valaisimista ja niiden energiatehokkuudesta haastateltiin. Näistä tiedoista koostettiin tutkimusaineisto, johon yhdistettiin omaa työkokemukseni kautta hankkimaani sekä opintojeni myötä laajentunutta tietoa.</p> <p>Opinnäytetyö osoitti, että energiatehokkuutta ja valaisimen elinikää on mahdollista parantaa vaihtamalla vanhat valaisimet uudempiin parempiin malleihin. Tie- ja tunnelivalaistuksessa tämä voidaan nähdä selkeimmin vanhojen kaasupurkauslamppujen korvaamisena LED-lampuilla.</p>			
Avainsanat Energia, tunneli, liikenne, LED, tievalaistus			

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Energy Engineering	
Author Mikko Riipinen	
Title of Thesis Lighting Modification of E18 Muurla-Lohja Project	
Date 13 March 2023	Pages 31
Client Organisation TYLE18	
<p>Abstract</p> <p>In today's world, green themes are built around energy saving and energy components, and they are constantly more visible both in the economy and in the politics. This has created a demand for improving the energy efficiency and life cycle of lighting systems. Energy efficiency and service life can be improved by replacing old lamps with new and improved models. In road and tunnel lighting, this can be seen in replacement of gas discharge lamps with LED lamps, which was the basic idea in this thesis. The target was to find possible solutions for changing the lamps.</p> <p>In the E18 Muurla-Lohja project, which is maintained by TYLE18, more attention is paid to financial operations and costs than before. Both environmental and economic aspects have created the need for improvement of energy efficiency and life cycle of lighting systems.</p> <p>The material for the thesis was collected by studying documents of building plans and publications of the Finnish Transport Agency. A lighting contractor and a representative of the lighting manufacturer, who had information about the existing lighting in the E18-motorway's tunnels and their energy efficiency were interviewed. The study was compiled from the information collected from these materials and the information acquired through the author's work experience and studies.</p> <p>The thesis showed that energy efficiency and service life can be improved by replacing old lamps with new and improved models. In road and tunnel lighting, this can be seen most clearly as gas discharge lamps are replaced with LED lamps.</p>	
<p>Keywords Energy, tunnel, traffic, LED, road lighting</p>	

Esipuhe

Opinnäytetyön kokoaminen oli kokonaisuutena erittäin raskas, kuten myös koulun maaliin saattaminenkin. Tein opinnäytetyön ja koulunkäyntini työni ohessa. Onnekseni opinnäytetyö liittyy hyvin vahvasti omaan työhön ja "omaan" työmaahan.

Suurin kiitos onnistumisesta kuuluu luonnollisesti perheelleni, kiitos myötäelämisestä ja tuesta. Haluan kiittää myös työnantajaani Skanska Infraa, työyhteisöni TYLE18:sta ja esimiehiäni Teuvo Suomista (Skanska) ja Matti Heikkistä (YIT) luottamuksesta. Kiitos Tieyhtiö Ykköstie ja Timo Sokka yhteistyöstä ja avusta. Kiitos US-asennus ja Kimmo Eräranta neuvoista ja kontakteista. Kiitos pitkäaikaiselle työkaverilleni Ville Itkoselle kärsivällisyydestä ja avusta.

Kiitokset myös tämän opinnäytetyön ohjaajille, yliopettaja Harri Heikuralle ja yliopettaja Olli-Pekka Kähköselle sekä englannin kielen lehtorille Satu Huusarille.

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	7
2	YLEISTÄ HANKKEESTA.....	8
2.1	E18 Muurla-Lohja.....	8
2.2	Turvallisuus	9
3	VALAISTUSSUUREISTA	10
3.1	Perussuureet	10
4	TUNNELIVALAISTUS	11
4.1	Valaistuksen ohjaus luonnonvalon mukaan	11
4.2	Tunnelivalaisimien vaatimukset.....	13
5	TUNNELEIDEN VALAISINTAULUKKO	15
6	TUNNELIT.....	16
6.1	Hepomäki.....	16
6.2	Lakiamäki.....	17
6.3	Tervakorpi.....	17
6.4	Pitkämäki	17
6.5	Orosmäki.....	17
6.6	Karnainen.....	17
6.7	Lehmihaka.....	18
7	VALAISINTYYPIT	19
7.1	Suurpainenatriumvalaisimet.....	19
7.2	Led-valaisimet	19
8	ESIMERKKISUUNNITELMA.....	21
8.1	Schreder OMNIStar	21
8.2	Schreder GL2 Compact.....	22
9	ESIMERKKITUNNELIN TIEDOT	23
9.1	Tunnelin pituussuuntainen näkymä	23
9.2	Osion kuvaus.....	24
9.3	Suunnitelman valaisimet.....	25
9.4	Base 1.....	26

9.5	Base 50 %.....	27
9.6	Valaisinyhteenveto	28
9.7	Valaisinryhmät	28
9.8	Valaisimien asemointi	29
10	POHDINTA.....	30
	LÄHTEET	31

KUVALUETTELO

KUVA 1.	Tunnelit Muurla-Lohja (Tieyhtiö Ykköstie)	8
KUVA 2.	Valaistussuureiden vaikutusalueet (Arend Lighting)	10
KUVA 3.	Siirtymäalueen luminanssi (Liikennehallinto E18 Muurla-Lohja EKM palvelusopimus liite nro 8 tekniset vaatimukset)	12
KUVA 4.	Luminanssimittari Hagner TLS 420 (Tunnel entrance photometer, Hagner)	14
KUVA 5.	Hepomäen tunneli, läntinen suuaukko (E18 Rakentaminen moottoritienä Muurla-Lohja EKM Palvelusopimus Valaistussuunnitelma)	16
KUVA 6.	Hepomäen tunneli, itäinen suuaukko (E18 Rakentaminen moottoritienä Muurla-Lohja EKM Palvelusopimus Valaistussuunnitelma)	16
KUVA 7.	Lehmihaan tunneli, länsipää. Valaisimien sijoittelu ja valaisinryhmät. (E18 Rakentaminen moottoritienä Muurla-Lohja EKM Palvelusopimus Valaistussuunnitelma)	18
KUVA 8.	Lehmihaan tunneli 12.10.2022 kello 18:30, vasemman kaistan sulkusekvenssi käynnissä (Riipinen).	18
KUVA 9.	Suurpainenatriumlampun spektri (https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=7868441 , CC BY-SA 3.0)	19
KUVA 10.	LEDin toimintaperiaate (https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=710851 , CC BY-SA 2.5)	20
KUVA 11.	Schreder OmniStar mitat (Schreder)	21
KUVA 12.	Schreder GL2 mitat (Schreder)	22
KUVA 13.	100 metrin esimerkkitunnelin pituussuuntainen näkymä (Schreder)	23
KUVA 14.	Tunnelin kuvaus ja valaisimien sijoittelu (Schreder)	24
KUVA 15.	Tunneli ja tunnelin suuaukot. (Schreder)	24
KUVA 16.	GL2-valaisin ja valaisimen spektri. (Schreder)	25
KUVA 17.	Base 1-vyöhyke ylhäältä päin kuvattuna. (Schreder)	26
KUVA 18.	Vyöhyke Base 1 sivusta päin kuvattuna (Schreder)	26
KUVA 19.	Base 50 %-vyöhyke ylhäältä päin kuvattuna. (Schreder)	27
KUVA 20.	Base 50 %-vyöhyke sivusta päin kuvattuna. (Schreder)	27

1 JOHDANTO

Olen työskennellyt E18 Muurla-Lohja –hankkeen teknisessä kunnossapidossa 12 vuotta. Näiden kahdentoista vuoden aikana moni asia on muuttunut, sekä työn sisällä että toimintaympäristössä. Tarve syvemmälle ja laajemmalle tiedolle ja ymmärrykselle on lisääntynyt. Työ sisältää entistä enemmän raportointia ja seuranta. Taloudelliseen toimintaan ja kustannuksiin kiinnitetään aiempaa tarkemmin huomiota. Hankkeen teknisen kunnossapidon toiminta muuttui viime kesänä ja sen myötä myös oma työnantaja. Tämä toi osaltaan muutoksia työn tekemiseen.

Sekä talous- että ympäristönäkökulmat ovat luoneet tarpeen valaistusjärjestelmien energiatehokkuuden ja elinkaaren parantamiselle. E18 Muurla-Lohja –hankkeen valaistusjärjestelmän kehittäminen energiatehokkaammaksi on ollut puheissa jo pitkin matkaa. Kun aloin pohtia työhöni liittyvää opinnäytetyöaihetta, valaistusjärjestelmien kehittäminen tuntui luontevalta valinnalta.

Aineisto on kerätty tutkimalla dokumentteja rakennussuunnitelmista ja Liikenneviraston julkaisuista. Olen myös haastatellut valaisinurakoitsijoita, joilla on ollut tietoa olemassa olevista valaisimista ja niiden energiatehokkuudesta. Työyhteisliittymän henkilökunta, erityisesti Matti Heikkinen YIT:ltä on puolestaan antanut arvokasta tietoa hankkeen tekniikkapuolesta. Keräämäni tiedot ovat muodostaneet tutkimusaineiston, johon olen yhdistänyt omaa työkokemukseni kautta hankkimaani sekä opintojeni myötä laajentunutta tietoa.

Käytän opinnäytetyössäni runsaasti kuvia ja kaavioita havainnollistaakseni asioita selkeämmin. Käsitelen tietoa työssäni niiden avulla, joten ilmaisutapa on minulle entuudestaan tuttu ja selkeä.

Energiatehokkuutta ja valaisimien elinikää voidaan parantaa vaihtamalla vanhat valaisimet uudempiin parempiin malleihin. Tie- ja tunnelivalaistuksessa tämä voidaan nähdä selkeimmin vanhojen kaasupurkauslamppujen korvaamisena LED-lampuilla.

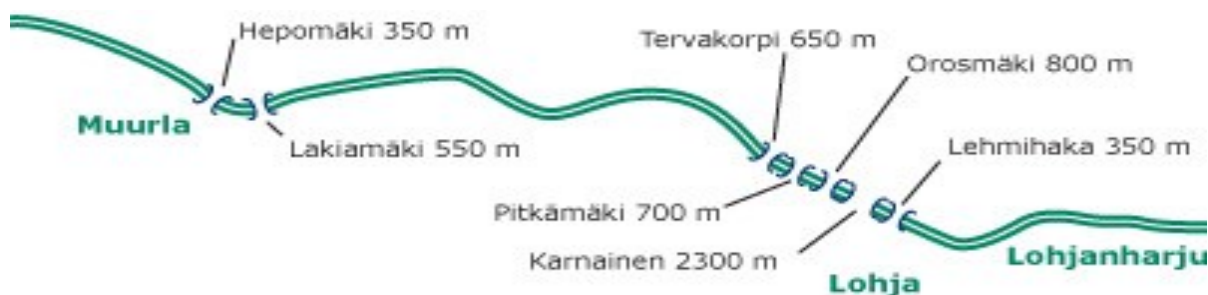
Aineistoa kerätessä kävi kuitenkin ilmi, että hankkeen elinkaari on siinä vaiheessa, ettei muutostöitä sen aikana kannata enää tehdä. E18 Muurla-Lohja –hanke päättyy vuonna 2029, jolloin hankkeen hallinta ja kunnossapito siirtyy liikennevirastolle ja ELY-keskukselle. Mahdolliset muutostyöt jäävät siten tulevaisuuteen ja uuden toimijan päätettäväksi ja toteutettaviksi.

2 YLEISTÄ HANKKEESTA

2.1 E18 Muurla-Lohja

Hankkeessa rakennettiin Muurlan ja Lohjan välille noin 50 kilometriä pitkä kaksiratainen ja nelikais-tainen moottoritie risteysjärjestelyineen. Hankkeen piiriin kuului lisäksi Lohjan läntinen sisääntulo-väylä Karnaisten liittymästä Routioon päin.

Muurlan ja Lohjan välillä on seitsemän tunnelia, kokonaispituudeltaan yli viisi kilometriä. Pisin tunneli on Karnaisten tunneli, joka on 2,3 kilometriä pitkä. (Kuva 1.) Tien rakentamisen yhteydessä raken- nettiin myös meluntorjuntaa, pohjavesien suojelua ja useita maisemasiltoja.



KUVA 1. Tunnelit Muurla-Lohja (Tieyhtiö Ykköstie)

Hankkeen hoito ja ylläpito kilpailutettiin elinkaarimallin mukaisesti kokonaispalveluna eli yhtenä ko- konaisuutena. Sopimus tehtiin vuonna 2005 Tieyhtiö Ykköstien kanssa. Tien valmistuminen tapahtui vuonna 2009 ja tieyhtiön kanssa solmittu sopimus jatkuu vuoteen 2029 saakka.

Tien rakentamisen lisäksi tieyhtiö vastaa 25 vuoden ajan rahoituksesta sekä tien hoidosta ja kunnos-apidosta, sisältäen myös mahdolliset peruskorjaukset kohteessa.

Väyläviraston Ykköstielle maksama palvelukorvaus sisältää tien käytettävyydestä sekä sen käyttä- miseksi tarvittavista palveluista koostuvan maksun. Kokonaisarvoltaan hanke on noin 700 miljoonaa euroa.

Vuonna 2009 valmistunut tieosuus Muurla-Lohja välillä on pituudeltaan 51,3 kilometriä. Suunnittelun ja rakentamisen osalta tämä osuus vastaa nykypäivän luonto- ja ympäristöarvoja.

Muurla-Lohja- osuudella on paljon tekniikkaa, joka on turvaamassa tunneliosuuksien kohdalla liiken- teen sujuvuutta ja turvallisuutta. Muurlan ja Lohjan välisellä tieosuudella on seitsemän tunnelia, joissa liikenneturvallisuutta kohtaan on osoitettu erityisesti huomiota.

Moottoritie on sovitettu ympäristöön. Ympäristönäkökohdat korostuvat tien suunnittelussa ja raken- tamisessa. Tien ympäristövaikutukset kevenyvät tunneleilla, meluntorjunnalla ja pohjavesien suo- jaamisella sekä pitkillä laaksosilloilla. Maaston omat kivimateriaalit ja metsitetyt alueet sovittavat tietä maisemaan. Liikenteen räsistä kestävä ja vihreä ympäristö on saatu aikaan alueen luonnon- mukaisten kasvien taimikannalla ja istutustavalla.

Meluntorjunnassa käytetyt meluvallit on tehty tien rakentamisessa syntyneistä maa- ja kiviaineksista, jonka ansiosta ne istuvat luontevasti maisemaan. Osa meluaidoista on läpinäkyviä, joten ympäröivät maisemat näkyvät myös tienkäyttäjille.

2.2 Turvallisuus

Liikenne on turvallisempaa ja ajaminen sujuvampaa aikaisempaan "vanhaan turuntiehen" nähden moottoritien ansiosta. Liikenneonnettomuuksien määrät ovat vähentyneet ja Turun ja Helsingin välinen matkustusaika on lyhentynyt huomattavasti. Liikenneturvallisuus on parantunut eritasoliittymillä ja toisistaan erotetuilla ajoradoilla sekä riista-aidoilla ja tien muotoilulla. Useat tunnelit mahdollistavat riistaeläinten luonnollisen liikkumisen, tunneleiden päällä on riistalle ylikulkureittejä. E18 Mu-Lo-osuuden valmistuttua liikenneturvallisuus on lisääntynyt muillakin lähialueiden teillä, osan liikenteestä siirryttyä moottoritielle.

Erilaiset liikenteenseurantalaitteet keräävät ja jakavat tietoa liikenteen ohjausjärjestelmille, joiden avulla voidaan antaa esimerkiksi tarkkoja keli- ja liikennetiedotteita sekä ohjata liikennettä ja hallita mahdollisia häiriötilanteita turvallisella sekä tehokkaalla tavalla.

Tunnelien turvallisuudesta Suomessa vastaavat tunnelin hallinnoijat. Yleensä hallinnoijana ovat ELY-keskukset, mutta poikkeuksia on. E18 tieosuudella hallinnoijana toimii Tieyhtiö Ykköstie Oy. Hallintaviranomaisena taas Suomen tieosuuksilla on Traficom eli liikenne- ja viestintävirasto. Se vastaa viime kädessä siitä, että tunneleissa toimijat toimivat olemassa olevien ohjeiden ja säädösten mukaan.

Liikenteenhallintajärjestelmä tuo turvallisuutta moottoritien käyttäjille, erityisesti tunneliosuuksilla. Liikenteenseuranta ja -ohjaus perustuu videokameroiden ja lukuisten mittausanturoiden antamaan tietoon. Tunneleiden liikennettä seurataan kellon ympäri Liikenneviraston liikennekeskuksissa Helsingissä ja Turussa. Liikennepäivystäjä havaitsee ja paikallistaa järjestelmän avulla poikkeustilanteet ja tekee päätöksen tarvittavista toimenpiteistä. (Ykköstien verkkosivusto 2009)

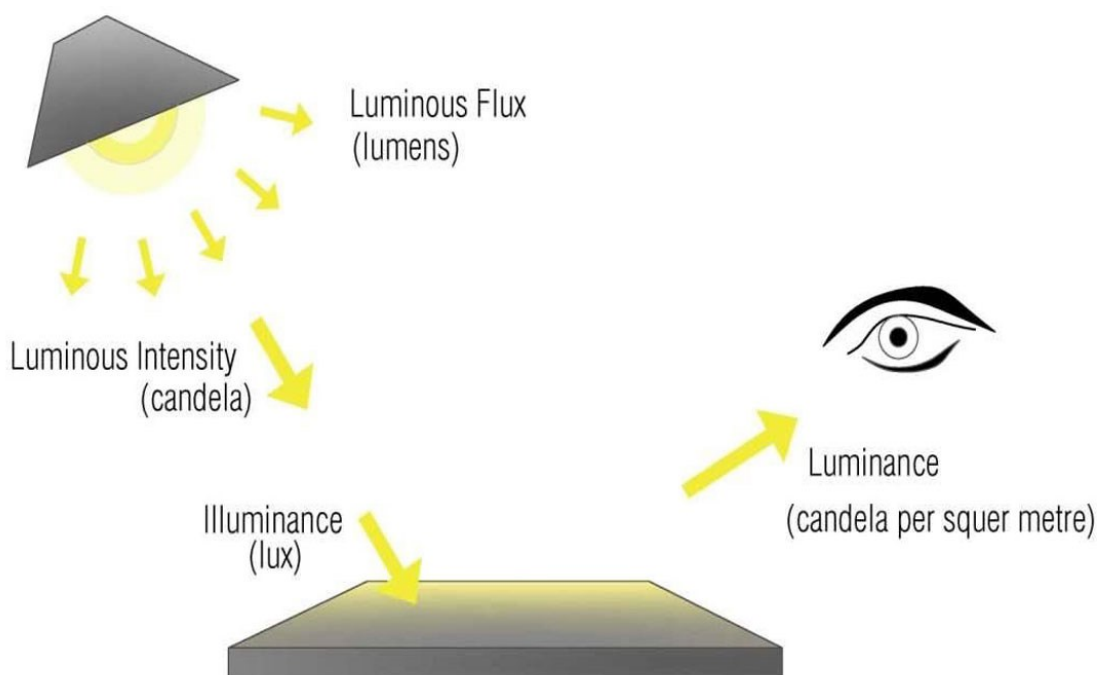
3 VALAISTUSSUUREISTA

3.1 Perussuureet

Kuten esimerkiksi sähkötekniikassa, myös valolla on omat suureet, joilla sitä voidaan käsitellä (Arend lighting 2023). Muun muassa valaistuksen suunnittelussa ja lamppujen vertailussa perussuureiden ymmärtäminen on avain laadukkaaseen lopputulokseen. Taulukossa 1 on esitetty muutamia tärkeimpiä valaistuksen perussuureita. Kuvasta 2 voi katsoa, millä tavalla ja missä eri valaistussuureet vaikuttavat.

TAULUKKO 1. Valaistuksen perussuureita (Wikipedia)

Suure	Tunnus	Yksikkö	Lyhenne
Valovirta	Φ	lumen	lm
Valovoima	I_v	kandela	cd
Valaistusvoimakkuus	E	luksi	lx
Luminanssi	L	kandela/neliömetri	cd/m ²



KUVA 2. Valaistussuureiden vaikutusalueet (Arend Lighting)

4 TUNNELIVALAISTUS

4.1 Valaistuksen ohjaus luonnonvalon mukaan

Luonnonvalon vaihtelun mukaisesti ohjattava päivävalaistus toteutettiin kaikissa tunneleissa

Hepomäen ja Lakiämäen tunneleissa valaistuksen mitoituksen lähtökohtana on 120 km/h ajonopeus. Muiden tunneleiden ajonopeutena käytetään 100 km/h.

Opinnäytetyön tekemisen aikana myös Hepomäen ja Lakiämäen ajonopeudeksi asetettiin 100 km/h.

Lähestymisluminanssi määritellään L_{20} -menetelmällä. Menetelmä tarkoittaa pysähtymismatkan etäisyydelle ennen suuaukkoa asetetun 20 asteen kartion sisällä vallitsevaa luminanssia. Kynnysalueella tarvittava luminanssi (kaava 1) määritellään liikenteellä painotetulla L_{20} -menetelmällä, jonka kaava on

$$L_k = k * L_{20}, \quad (1)$$

jossa L_k on kynnysalueen luminanssi, k on luminanssikerroin ja L_{20} on lähestymisalueen luminanssi.

Luminanssikerroin (k) määräytyy seuraavasti liikennemäärien ja -olojen mukaan taulukosta 2.

TAULUKKO 2. Liikennemääräluokka ja tunneliluokka tunnelissa, jossa on vain autoliikennettä. (Liikennehallinto E18 Muurla-Lohja EKM palvelusopimus liite nro 8 tekniset vaatimukset)

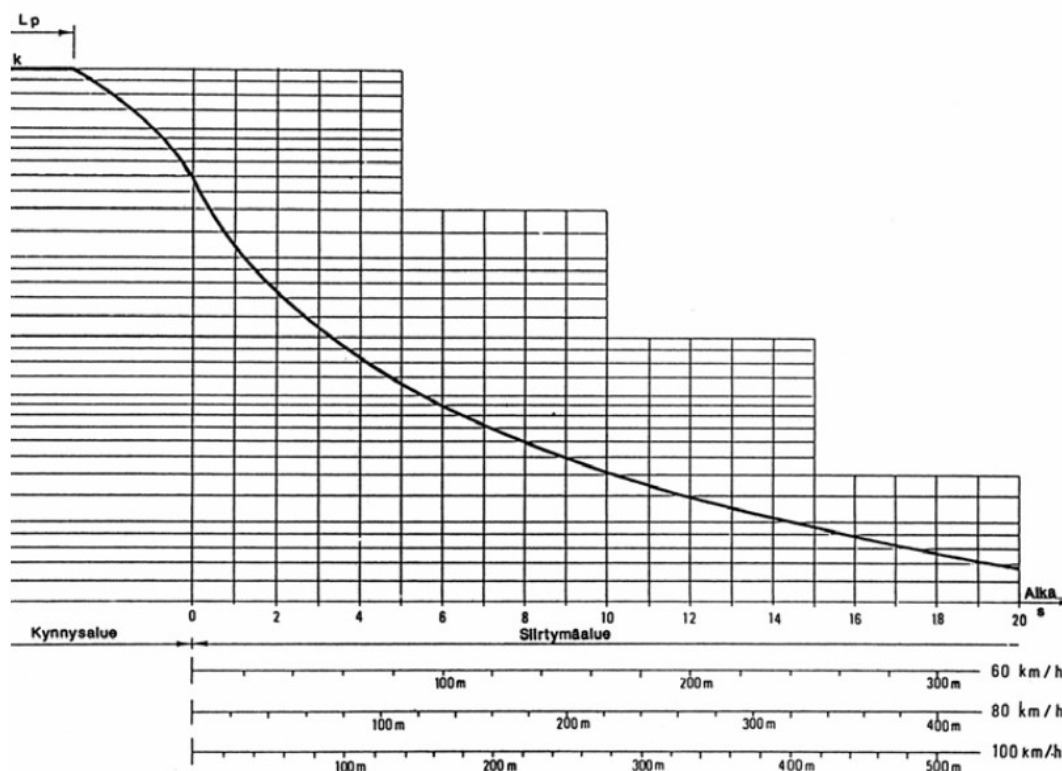
Liikennemääräluokka	Tunneliluokka	Yksisuuntainen (ajon. /h · kaista)	Kaksisuuntainen (ajon. /h · kaista)
Pieni	1	<500	<100
Kohtalainen	2	500–1500	100–400
Suuri	3	>1500	>400

Luminanssikerroin valitaan tunneliluokan arvoilla taulukosta 3.

TAULUKKO 3. Luminanssikerroin (Liikennehallinto E18 Muurla-Lohja EKM palvelusopimus liite nro 8 tekniset vaatimukset)

Tunneliluokka	Pysähtymismatka			
	60	100	160	260
3	0,04	0,05	0,07	0,1
2	0,03	0,04	0,05	0,07
1	Ei vaatimuksia			

Kynnysalue on saman pituinen kuin pysähtymismatkan pituus. Kynnysalueen ensimmäisellä puoliskolla keskimääräisen luminanssin on oltava täyden arvon suuruinen ja tämän jälkeen sitä voidaan pienentää noudattamalla kuvan 3 käyrää. Luminanssin tulee täyttää vaaditut arvot koko tien leveydellä eli ajorata ja pientareet mukaan lukien. Esteet siirtymäalueella näkyvät, jos alenevaan luminanssiin mukautuminen tapahtuu kuvan 3 käyrän mukaan. Luminanssia tiputetaan asteittain (3:1 suhteella) tai portaattomasti kuitenkin niin, että arvo ei putoa käyrän alapuolelle missään kohdassa. Valaistuksen tulee täyttää vaatimukset ajokaistojen koko leveydellä. Siirtymäalue päättyy kohtaan, missä luminanssi on puolitoistakertainen sisäalueen arvoon verrattuna.



KUVA 3. Siirtymäalueen luminanssi (Liikennehallinto E18 Muurla-Lohja EKM palvelusopimus liite nro 8 tekniset vaatimukset)

Tunnelin sisäalueen luminanssi on vähintään 2-kertainen avoimen tieosuuden valaistustasosta ollen 2 cd/m^2 . Tunneliluokissa 3 ja 2 tulee pientareen ja seinien luminanssin olla 2 m korkeuteen 60% ajoradan luminanssista keskimääräisesti. Luminanssivaatimus ei koske alle 0,5 m leveitä ohjausta ja kontrastia lisääviä raitoja. Luminanssivaatimuksia ei ole luokassa 1, mutta seinien luminanssin tulee olla 25 % ajoradan arvoon verrattuna. Valaistuksen toteutuksessa ja ohjauksessa tulee huomioida häiriötilanteiden sekä niiden hallinnan ja muun telematiikan asettamat vaatimukset mm. valaistuksen voimakkuudessa ja tasaisuudessa. Muutoin on valaistuksen pitkittäistasaisuus $UL = 0,6$ ja yleistasaisuus $U0 = 0,4$. Estohäikäisy (TI) tulee rajata alle 15 %. Päiväaikaan ulostulo-osuudella em. raja-arvo ei ole voimassa. Valaisimet tulee sijoitella niin, ettei mitoitusnopeudella ajettaessa luminanssivaihtelun vilkkumisessa esiinny taajuuksia 4–11 Hz. Em. vilkkumisjakso ei saa kestää yli 20 s. Jos tunnelin ulostuloaukon läheisyydessä on tavallista suurempi onnettomuusriski, niin luminanssia

lisätään päivällä pysähtymisnäkemän matkalla 20 metriä ennen suuaukkoa viisinkertaiseen arvoon sisäalueen luminanssiin nähden. (Liikennehallinto E18 Muurla-Lohja EKM palvelusopimus liite nro 8 tekniset vaatimukset)

4.2 Tunnelivalaisimien vaatimukset

Väyläviraston oppaan (2019, 10) mukaan hyväksytyt tunnelivalaisimia ovat AEC Galileo, Schreder GL2 ja OMNIstar sekä Signify FlowStar ja TubePoint. (Väyläviraston opas Hyväksytyt tievalaisimet 2019, 10)

Tapaamisessa valaistusurakoitsija Kimmo Erärannan kanssa keskusteltiin Schrederin GL2-sarjan valaisimista, jotka myös valittiin tähän työhön esimerkivalaisimiksi.

E18 Rakentaminen moottoritienä Muurla-Lohja EKM palvelusopimuksen liitteen R11-1 Tie- ja tunnelivalaistus, mukaan tunnelivalaisimien tulee olla ruostumattomasta teräksestä valmistettuja. Valaisimien tulee olla korroosion kestäviä sekä helppoasenteisia ja huoltoystävällisiä. Kotelointiluokan on oltava vähintään IP65, eli valaisimien on oltava tiiviitä ja lujia. Alimman portaan (ST-70S) valaisimien on oltava valonjako-ominaisuuksiltaan symmetrisiä, kun muut valaisimet taas toimivat vastavaloperiaatteella. Moottoritien Mu-Lo- osuuden rakennusaikana esitettiin valaisimiksi esim. Schreder AF4, Idman Oy:n TATU, Sitecon Alstrada 5NA 802. Lamput suunniteltiin ST-70S, -150S, -250S ja -400S- suurpainenaatriumlamppuja.

Liitteessä esitettiin lisäksi seuraavaa: Alimman portaan (ST-70S) valaisimien täytyy olla himmennettäviä (70/50W), jolloin syntyy yöporras. Himmennys voidaan tehdä esim. kaksitehokuristimilla. Valaisimissa olevaa relettä ohjataan ulkoisella jännitteellä (230VAC). Valaisimet varustetaan valaisinkohdaisilla huoltokytkimillä sekä liitäntälaitteilla ja läpivienneillä, jotka mahdollistavat MMJ 5x6 mm²-ketjutuksen. Alimman portaan (ST-70S) valaisimet varustetaan kaksin läpimenevin läpiviennein.

Tunnelivalaistusta ohjataan viidessä portaassa (4-0) avoimella tiellä vallitsevien valoisuusolojen mukaan mittaamalla molempien suuaukkojen lähestymisluminanssit L₂₀. Luminanssimittarit kytkettiin liikenteen hallintajärjestelmän logiikkayksiköihin 4...20 mA vakiovirtaviestiliitännällä. Jokaista sisäänajosuaukkoa varten asennettiin kuvassa 4 esitetyt L₂₀ -luminanssimittarit Hagner TLS 420, mittausalue 0-6000 cd/m².



KUVA 4. Luminanssimittari Hagner TLS 420 (Tunnel entrance photometer, Hagner)

Mittareihin laitettiin lasinpesulaitteet, joiden säiliön tilavuus on 5 litraa. Pesuväli ohjelmoitiin asennuksen yhteydessä. Valaistusportaat, kynnysalueiden luminanssivaatimukset ja näitä vastaavat lähestymisluminanssin L_{20} -arvot on esitetty rakennussuunnitelmassa. Tunnelivalaistuksen ohjaus on liitetty liikenteen hallintajärjestelmän serveriin ja tunnelivalaistusta ohjataan normaalitilanteessa liikenteen hallintajärjestelmän logiikkayksiköiden avulla. Nämä laitteet sijoitetaan tunnelin valaistuskeskukseen. Liikennehäiriö- ja huoltotilanteessa valaistusta voidaan ohjata valaistuskeskuksessa olevista A-0-K- ohjauskytkimistä, jotka ohittavat automaattisen ohjauksen. Portaiden raja-arvot hienosäädettiin koekäytön yhteydessä ja tarkistettiin ensimmäisen käyttövuoden jälkeen. Järjestelmässä on valaistuksen ohjaussivut (vallitseva L_{20} , valaistusportaat, portaiden käyttötunnit), raja-arvojen määrittelysivu ja lähestymisluminanssien trendisivu. Edelleen järjestelmä tuottaa valaistuksen toiminnan, kalusteiden ja laitteiden tilan seurannassa tarvittavat tiedot.

5 TUNNELEIDEN VALAISINTAULUKKO

Taulukosta 4 on luettavissa tunnelikohtaisesti valaisimien lukumäärät valaistusportaiden mukaan.

Ylärivissä on kerrottu tunnelin nimi, jonka alapuolella on mainittu H tai T-ajosuunta. Esimerkiksi Hepomäen tunnelissa täydellä valaistuksella eli kirkkaassa auringonpaisteessa, valaistustaso on portaalla 4, jolloin 400W lamppuja palaa porras 1+porras 2+porras 3+porras 4. Hepomäen tunneli on niin lyhyt, ettei siellä ole ollut tarvetta muille valaisintehoille.

TAULUKKO 4. Tunneleiden valaisinmäärät (Eräranta, Riipinen)

		Yhteensä	Hepomäki		Lakianmäki		Lehmi-haka		Karnainen		Orosmäki		Pitkämäki		Tervakorpi	
			H	T	H	T	H	T	H	T	H	T	H	T	H	T
Porras 4	400 W	702	62	58	94	94	36	36	38	38	36	36	45	45	42	42
	250 W	32				2	2	2	2	4	4	4	4	4	4	4
	150 W	42						2	2	6	6	7	7	6	6	
	100W	68				2	2			10	10	12	12	10	10	
Porras 3	400 W	700	60	58	98	98	34	34	36	36	36	36	45	45	42	42
	250 W	40			6	6	4	4	2	2	2	2	4	4	2	2
	150 W	60			4	2			8	8	6	6	7	7	6	6
	100W	66					4	6			8	8	10	10	10	10
	70 W	36							18	18						
Porras 2	400 W	686	60	56	96	96	34	34	36	36	36	36	42	42	41	41
	250 W	34			6	6	2	2	2	2	2	2	3	3	2	2
	150 W	64			6	4			8	8	6	6	7	7	6	6
	100W	68					6	6			8	8	10	10	10	10
	70 W	36							18	18						
Porras 1	400 W	686	60	56	98	98	34	34	36	36	34	34	42	42	41	41
	250 W	34			6	6	2	2	2	2	2	2	3	3	2	2
	150 W	52			4				6	6	6	6	6	6	6	6
	100W	68					6	6			8	8	10	10	10	10
	70 W								18	18						
Porras 0	70 W	1574	38	34	72	68	44	44	346	344	102	104	98	98	91	91

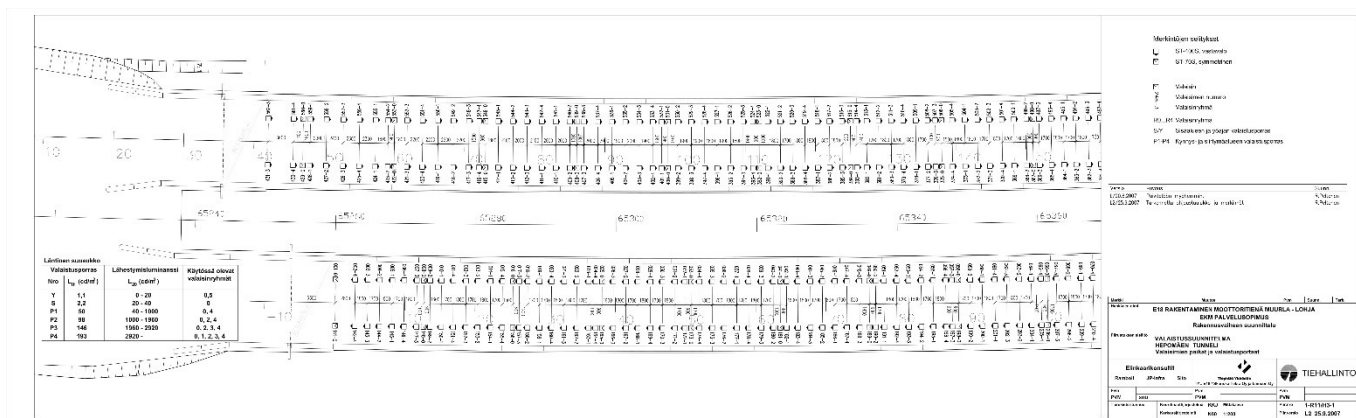
Taulukko on koostettu Kimmo Erärannan kanssa käytyjen keskustelujen ja saatujen materiaalien pohjalta. (Eräranta, 2022)

6 TUNNELIT

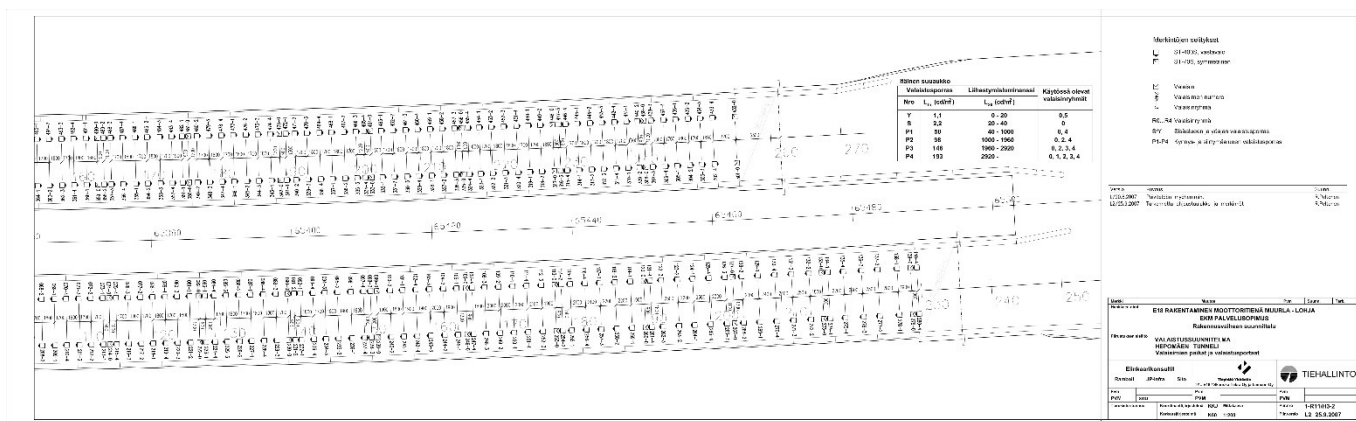
Muurlan ja Lohjan väliselle tieosuudelle on rakennettu seitsemän tunnelia. Tiealueen herkimmät luontokohteet on alitettu tunneleilla. Niiden yhteispituus on 5,7 kilometriä. Liikenneturvallisuuteen on kiinnitetty ja kiinnitetään edelleen tunneleissa erityistä huomiota. Ajosuunnilla on käytössä omat kaksikaistaiset tunnelinsa. Tunnelit ovat avaraksi louhittuja ja niiden valaistus muuttuu ulkoalueen kirkkauden mukaan automaattisesti.

6.1 Hepomäki

Kuvat 5 ja 6 esittävät Hepomäen tunnelin suuaukkoalueita. Kuvista nähdään valaisimien paikat ja valaistusportaat. Hepomäen tunneli on 350 metriä pitkä, ei teknisiä yhdyskäytäviä.



KUVA 5. Hepomäen tunneli, läntinen suuaukko (E18 Rakentaminen moottoritienä Muurla-Lohja EKM Palvelusopimus Valaistussuunnitelma)



KUVA 6. Hepomäen tunneli, itäinen suuaukko (E18 Rakentaminen moottoritienä Muurla-Lohja EKM Palvelusopimus Valaistussuunnitelma)

Hepomäen tunnelissa on Helsingin suuntaan 280 valaisinta ja Turun suuntaan 262 valaisinta, yhteensä 542. Valaisimet ovat 400 watin tehoisia, lukuun ottamatta 0-portaan valaisimia. 0-portaan valaisimet ovat 70/50W ja niitä on H-suuntaan 38 ja T-suuntaan 34 kappaletta.

6.2 Lakiämäki

Pituus 550 m, yksi tekninen yhdyskäytävä ja yksi tien ulkopuolinen laitetila.

Tunnelissa on Helsingin suuntaan 490 valaisinta ja Turun suuntaan 478 valaisinta, yhteensä 968 kappaletta. Niistä 400W valaisimia on 772, 250W valaisimia 36 ja 150W valaisimia 20. 0-portaan (70/50W) valaisimia on 140 kappaletta.

6.3 Tervakorpi

Pituus 650 metriä, kaksi teknistä yhdyskäytävää ja yksi tien ulkopuolinen laitetila.

Helsingin ja Turun suuntaan kumpaankin on valaisimia 331 kappaletta, eli yhteensä 662 kappaletta. 400W valaisimia on 332 kappaletta, 250W valaisimia on 20, 150W valaisimia 48 ja 100W valaisimia 80.

6.4 Pitkämäki

Pituus 700 m, kolme teknistä yhdyskäytävää ja yksi tien ulkopuolinen laitetila.

Valaisimia on 355 kappaletta niin Helsingin kuin Turun suuntaan, yhteensä 710 kappaletta. 400W valaisimia on 348 kappaletta, 250W valaisimia 28 kappaletta, 150W valaisimia 54 ja 100W valaisimia 84.

6.5 Orosmäki

Pituus 800 m, kaksi teknistä yhdyskäytävää ja yksi tien ulkopuolinen laitetila.

Helsingin suuntaan on 312 valaisinta ja Turun suuntaan on 314 valaisinta, yhteensä 626 kappaletta. 400W valaisimia on 284 kappaletta, 250W valaisimia 20, 150W valaisimia 48 ja 100W valaisimia 68 kappaletta.

6.6 Karnainen

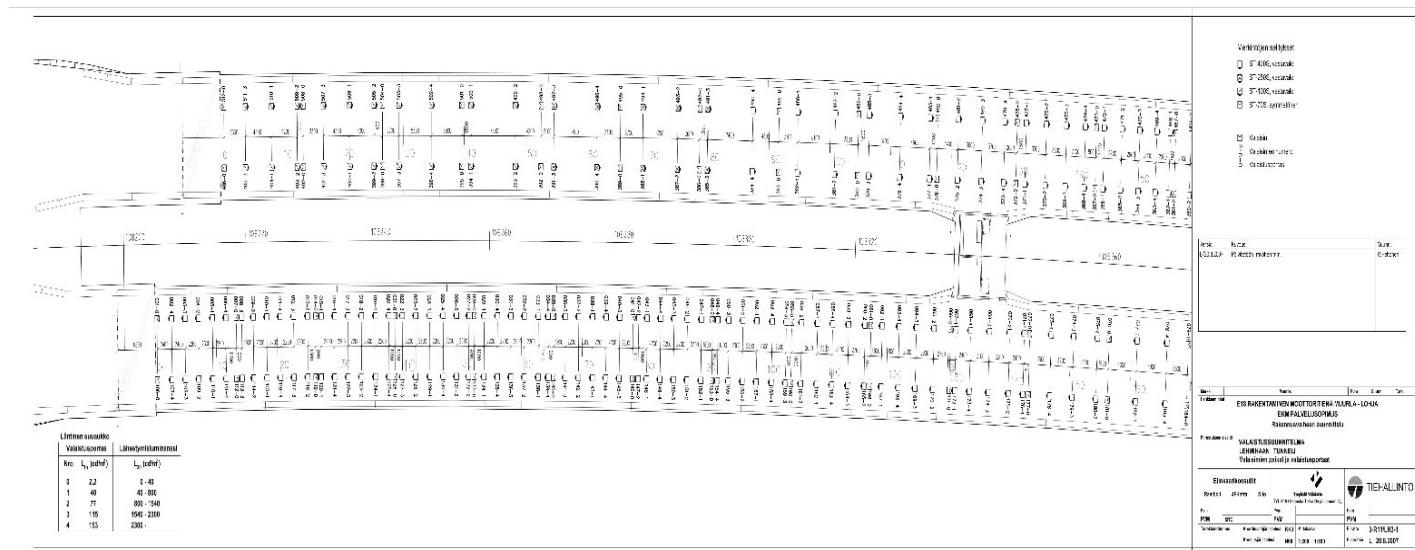
Pituus 2300 metriä, kahdeksan teknistä yhdyskäytävää.

Helsingin suuntaan on 578 valaisinta ja Turun suuntaan on 576 valaisinta, yhteensä 1154 kappaletta. 400W valaisimia on 292 kappaletta, 250W valaisimia on 16, 150W valaisimia on 48 ja 70W on 108 kappaletta.

6.7 Lehmihaka

Kuvassa 7 on esitetty Lehmihaan tunnelin läntinen suuaukko sekä valaisimien paikat ja valaistusportaat. Lehmihaka on 350 metriä pitkä, yksi tekninen yhdyskäytävä ja yksi tekninen laitetila, jota kautta toimivat myös osittain Karnaisten tunnelin järjestelmät.

Helsingin suuntaan on 210 valaisinta ja Turun suuntaan on 212 valaisinta, yhteensä 422 kappaletta. 400W valaisimia on 276 kappaletta, 250W valaisimia on 20, 100W valaisimia on 38 kappaletta.



KUVA 7. Lehmihaan tunneli, länsipää. Valaisimien sijoittelu ja valaisinryhmät. (E18 Rakentaminen moottoritienä Muurla-Lohja EKM Palvelusopimus Valaistussuunnitelma)

Kuvassa 8 on vasemman kaistan sulkusekvenssi käynnissä, kuvattuna Lehmihaan itäisen suuaukon läheisyydestä.



KUVA 8. Lehmihaan tunneli 12.10.2022 kello 18:30, vasemman kaistan sulkusekvenssi käynnissä (Riipiinen).

7 VALAISINTYYPIT

7.1 Suurpainenatriumvalaisimet

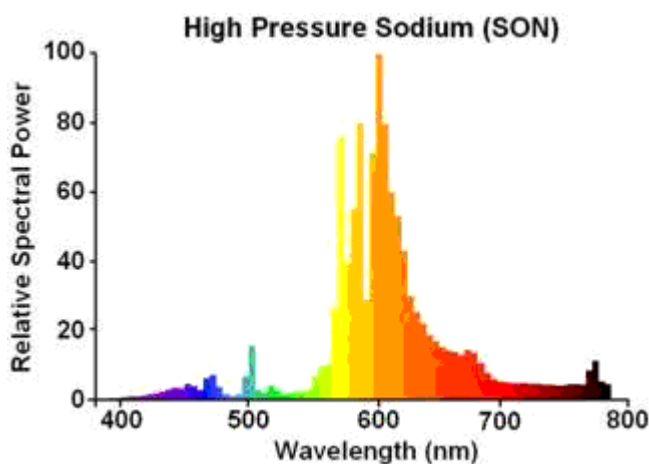
Tunneleiden nykyiset valaisimet ovat suurpainenatriumvalaisimia.

Suurpainenatriumlamppu on purkauslamppu, joka tuottaa keltaista valoa. Kaasupurkauslampussa valon synnyttää ionisoidussa kaasussa tapahtuva sähköpurkaus. Se ei saavuta lopullista väriään syntyessään heti, vaan väri on aluksi violetinsävyinen ja muuttuu vähän kerrassaan, kuitenkin minuuttien sisällä lopulliseen sävyynsä. Lamppujen toiminta perustuu siihen, että natriumhöyry lähettää silmin havaittavaa valoa. Purkausputken sisäinen paine on nimestään huolimatta vain murto-osa normaalista ilmanpaineesta. Suurpainenatriumlamppu tuli käyttöön Suomen teillä 1970-luvulla.

Suurpainenatriumlamput ovat yleensä 50–1 000 W:n tehoisia. Valotehokkuus on suuritehoisissa lamppuissa pienitehoisia parempi. Lamput ovat kestoikältään pitkiä, jopa 32 000 tuntia. Ne eivät merkittävästi himmene elinikänsä aikana. Useat muut lampputyypit himmenevät. Natriumlampun valo läpäisee sumun ja usvan erityisen hyvin.

Suurpainenatriumlampun huonoja puolia on, että se ei toista värejä luonnollisina. Suurpainenatriumlampun valo on lähellä keltaoranssia, väri vääristää ympäristön värit likaisenruskeiksi. (Kuva 9).

Suurpainenatriumvalaisimet sisältävät myös pieniä määriä myrkyllistä elohopeaa. (Wikipedia 2022)



KUVA 9. Suurpainenatriumlampun spektri (<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=7868441>, CC BY-SA 3.0)

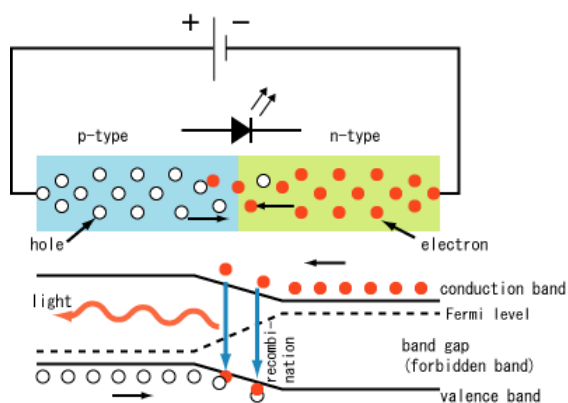
7.2 Led-valaisimet

Led on lyhenne sanoista Light Emitting Diode. Komponentti, joka säteilee valoa, kun sen kautta johdetaan sähkövirtaa. Puolijohdekomponentti on kaksiosainen ja se koostuu N-tyyppin ja P-tyyppin puolijohteesta. N-puolijohteesta eli negatiivisessa puolijohteesta on ylimääräisiä elektroneja, kun taas P-puolijohteesta eli positiivisessa puolijohteesta on elektronivajaus. Tämä tarkoittaa vapaita paikkoja, joihin voi elektronit voivat siirtyä. Puolijohdemateriaaliin on saatu elektronien lisä tai varaus lisäämällä niihin pieniä määriä sopivan elektronirakenteen omaavia alkuaineita. N ja P-

tyypin puolijohteen välistä kosketuspintaa kutsutaan rajapinnaksi tai PN-liitokseksi. Elektronit ja positiiviset aukot yhdistyvät rajapinnalla eli elektronit täyttävät positiiviset aukot, josta seuraa, että elektronit siirtyvät alemmalle energiatasolle. Tästä aiheutuu reaktio, jossa energiaa vapautuu. Siirtymässä energian tulee muuntaa energian säilymisperiaatteen mukaisesti johonkin muotoon. Tämä energia on valona tai muunlaisena säteilynä nähtävä fotoni sekä usein pienissä määrin lämpösäteilyä. (Kuva 10.)

Ledien etuja on pieni koko ja ohut rakenne. LED-valossa ei ole IR- tai UV-säteilyä. Se toimii hyvin myös kylmässä ympäristössä. Ledi suuntaa tuottamansa valon yhteen suuntaan, kun perinteiset valonlähteet tuottavat valoa säteilemällä ympäriinsä. Tämän takia osa valosta menee heijastimen sisäsiin häviöihin. LED-valoissa on suuri valoteho, jota voi muokata helposti muovilinsseillä tai heijastimilla pienillä häviöillä. Ledin sisäinen lämpötila eli PN-liitosrajapinnan lämpötila on suurempi kuin ympäristön lämpötila ja se tarvitsee tehokasta jäähdytystä, jotta käyttöikä ei lyhene. Sisäinen lämpötila vaikuttaa oleellisesti valontuottoon ja elinikään.

Ledin haittoja on sen lämpöherkkyys. Se ei luovuta lämpöä säteilynä, vaan vaatii tehokkaan jäähdytyksen. Ledin valo on monokromaattinen eli yksivärinen. Yleiset valon värit ovat punainen, vihreä ja sininen, joita yhdistämällä saadaan valkoista valoa. Nykyisellä tekniikalla ledillä voi saada aikaan lähes minkä väristä valoa tahansa ja valon väriin voi vaikuttaa ledissä käytettävillä materiaaleilla. (Hidelite LED-koulu)



KUVA 10. LEDin toimintaperiaate (<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=710851>, CC BY-SA 2.5)

8 ESIMERKKISUUNNITELMA

Suunnitelmassa tutustutaan Schrederin Omnistar ja GL2-malleihin. Nämä valaisimet ovat Väyläviraston tunnelivalaistukseen hyväksymiä. Valaistusurakoitsija Kimmo Erärannan kanssa on myös käyty keskustelua Schrederin GL2-mallista.

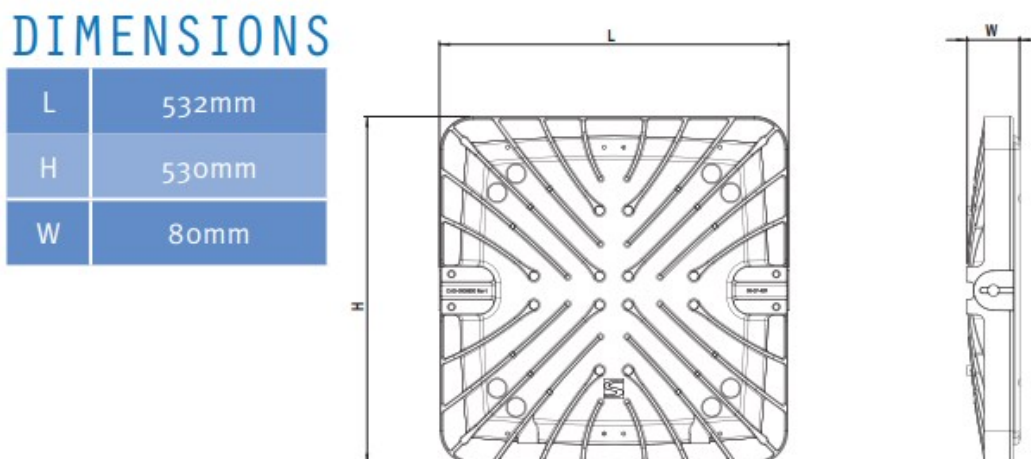
8.1 Schreder OMNIStar

Soveltuu vaihtoehdoksi purkauslampuille, niillä voidaan tuottaa tarvittava valaistusmäärä kriittisille tunnelin alueille, kuten suuaukot. OMNIStar on suunniteltu täyttämään erilaiset valovaatimukset suuaukolla, jossa vaaditaan erinomaista näkyvyyttä ja silmien mukauttamista turvallisuuden takaamiseksi. Lisäksi materiaalin kokonaiskustannukset jäävät alhaisiksi.

Kestävistä materiaaleista valmistettu OMNIStar on erittäin kestävä iskuja ja korroosiota vastaan ankarissa tunneliympäristöissä (kuva 11).

OMNIStarin ominaisuuksia:

Korkeat lumenarvot, nimellisualue on 32600–47500 lm. Väriämpötila on neutraali valkoinen. Kehikon tiiveysluokka IP66, iskunkestävyysluokka IK08. Nimellisjännite on 120–270 V 50-60Hz. Runko on valettua alumiinia. (Schreder 2021)



KUVA 11. Schreder OmniStar mitat (Schreder)

8.2 Schreder GL2 Compact

Valaisinmalli säästää kunnossapitokustannuksissa ja energiakuluissa. Valaisimessa on korkea tiiveysluokka ja hyvä lämmönjohtavuus kuumuuden poistoa ajatellen. Korkea suojaustaso korroosiota, tärinää ja iskuja vastaan.

Tämä valaisin on suunniteltu erityisesti tievalaistukseen ja myös tunnelivalaistukseen. Tämän tutkimuksen esimerkissä keskitytään pääasiassa kyseiseen valaisimeen, tämä valaisin on noussut esiin myös keskusteluissa valaisinurakoitsijan ja laitetoimittajien kanssa. Taulukossa 5 ja kuvassa 12 on esitetty Schreder GL2 Compact-valaisimen eri mallien mitat.

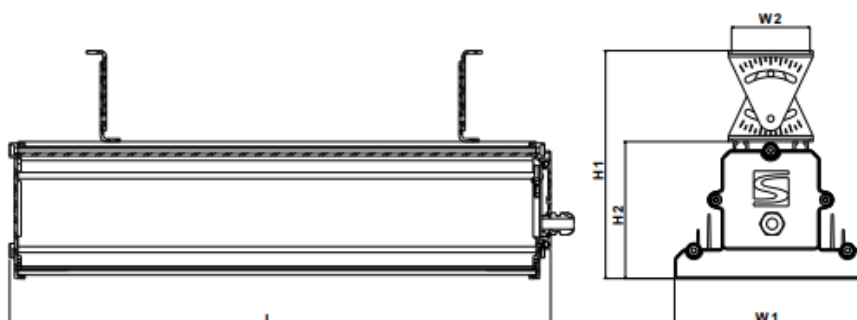
GL2 Compact voidaan asentaa kaikentyyppisiin kannakejärjestelmiin. Se voidaan asentaa ripustamalla tai kiinnittää suoraan kaapelihyllyyn. Käännettävä kannatin (-60° - 60°) mahdollistaa tarkan asennuksen paikan päällä tarvittavan valaistustason aikaansaamiseksi tielle sekä tunnelin seinille.

Valaisin on suunniteltu käytettäväksi kaikenlaisissa tunneleissa korkeudesta ja kaistojen määrästä riippumatta. (Schreder 2021)

Kiinnitys tapahtuu suoraan kaapelihyllyyn vanhojen valaisimien tilalle, ei tarvetta muille ratkaisuille. Myös vanhaa kaapelointia pystyisi käyttämään, ainakin osittain.

TAULUKKO 5. Schreder GL2 Compact-mallien mitat (Schreder)

	GL2 Compact 1	GL2 Compact 2	GL2 Compact 3	GL2 Compact 4	GL2 Compact 5
H1	228mm	228mm	228mm	228mm	228mm
H2	137mm	137mm	137mm	137mm	137mm
W1	193mm	193mm	193mm	193mm	193mm
W2	60mm	60mm	60mm	60mm	60mm
L	338mm	468mm	538mm	718mm	1058mm
Paino	4kg	5,3kg	6kg	7,5kg	11,5kg



KUVA 12. Schreder GL2 mitat (Schreder)

9 ESIMERKKITUNNELIN TIEDOT

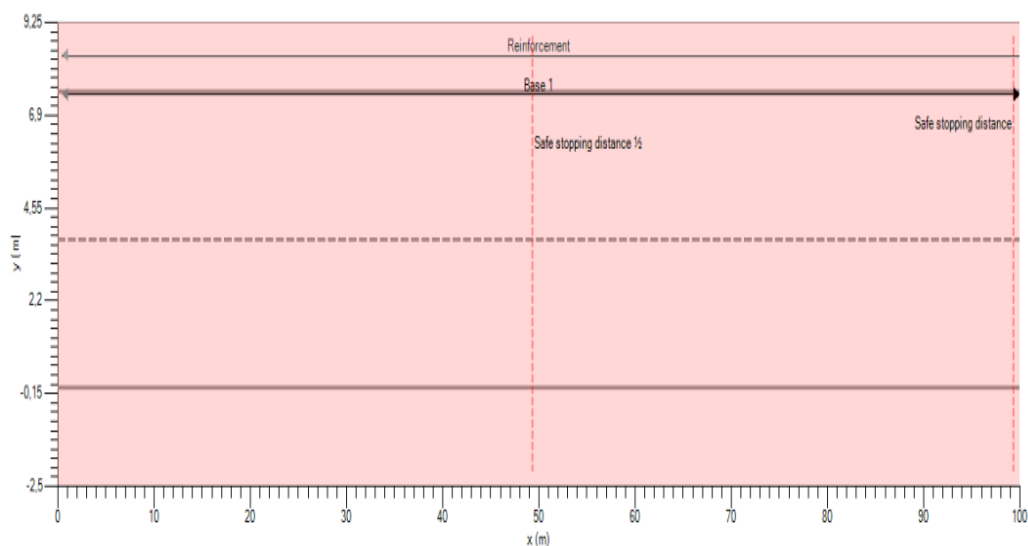
Suunnitelmassa on käytetty apuna VT1-interior lighting every second-asiakirjaa ja Schrederin valaisinsitteitä. (Schreder 2021) Asiakirja on valaisinvalmistaja Schrederin työkalulla tehty ja saatu opinnäytetyötä varten nähtäväksi Kimmo Erärannalta (US-Asennus Oy). Schrederin työkalu on tarkoitettu vain jälleenmyyjien käyttöön eikä ole julkisesti nähtävillä. Sähköpostien vaihtoa asiasta käyty myös Ensto Building Systems Finland Oy:n myyntijohtajan Jukka Tuovisen kanssa.

Suunnitelman tunneliosio:

Kaksikaistainen moottoritietunneli, jonka ajonopeus on 80 km/h. Turvallinen pysähtymismatka on 99 metriä, kuten kuvassa 13 esitetään.

9.1 Tunnelin pituussuuntainen näkymä

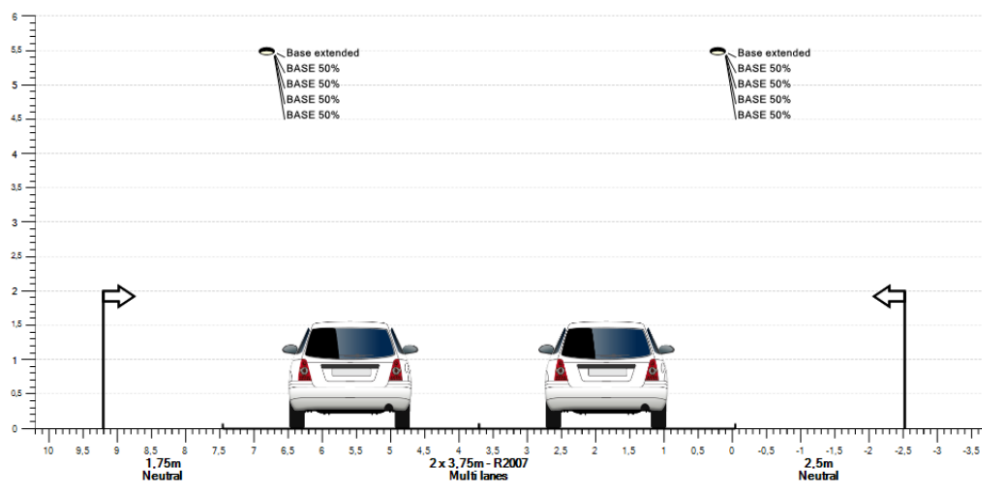
Esimerkkitunnelin pituussuuntaisessa näkymässä on esitetty 100 metriä pitkä kaksikaistainen tunnelisuus. Vaakasuorainen katkoviiva kuvaa kaistojen väliä, pystysuuntaiset punaiset katkoviivat ovat turvallisen pysähtymismatkan osoittimia.



KUVA 13. 100 metrin esimerkkitunnelin pituussuuntainen näkymä (Schreder)

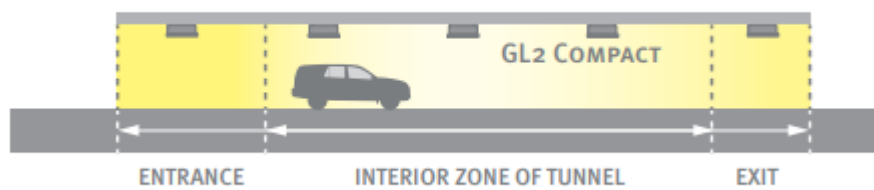
9.2 Osion kuvaus

Valaisin on sijoitettu ajokaistan päälle, kuvan 14 mukaisesti.



KUVA 14. Tunnelin kuvaus ja valaisimien sijoittelu (Schreder)

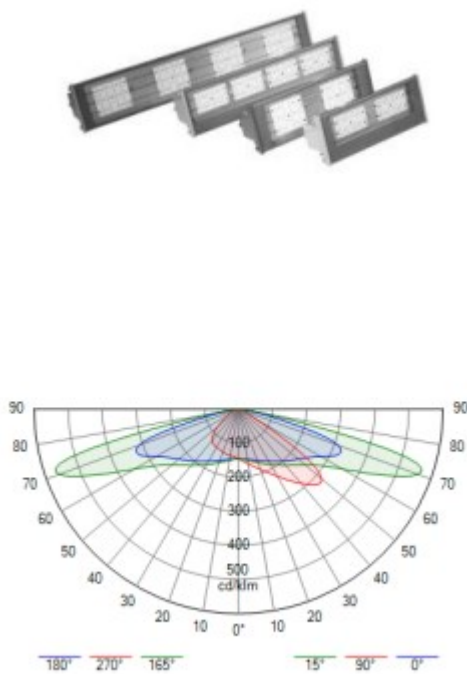
Kuvassa 15 on esitetty tunnelin sisääntuloalue, tunnelin sisäosa eli siirtymäalue ja ulostuloalue.



KUVA 15. Tunneli ja tunnelin suuaukot (Schreder)

9.3 Suunnitelman valaisimet

Esimerkkisuunnitelmaan valittiin valaisimiksi Schrederin GL2 Compact 3, jossa on 48 LED-komponenttia. Kuvassa 16 on Schrederin GL2 valaisinperheen eri kokoisia valaisimia ja GL2 valaisimen spektri.



KUVA 16. GL2-valaisin ja valaisimen spektri (Schreder)

Heijastin mallia 5117

Valolähde 48 LEDs 350mA NW

Source flux 8,5 klm

Luminaire wattage 51,5 W

Luminaire flux 7,234 klm

Efficacy 140 lm/W

9.4 Base 1

Kuvien 17 ja 18 Base 1-vyöhyke on esimerkkivyöhyke laskentaa varten. Kuvassa 17 vyöhyke on kuvattu ylhäältä päin ja kuvassa 18 sivulta päin katsottuna. Kuvasta 17 voidaan nähdä, miten valaistus jakautuu tasaisesti molemmille ajokaistoille. Kuvan 18 mukaisesti valaisimien valaisemat alueet osuvat limittäin.

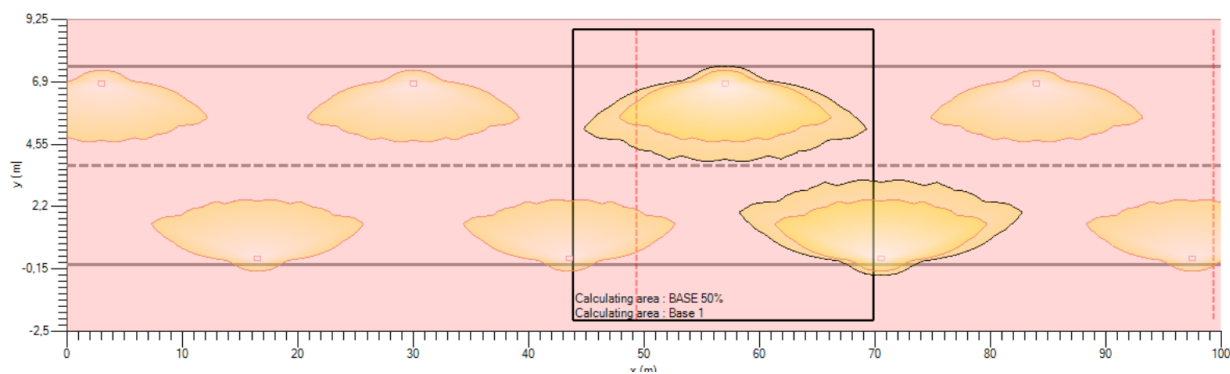
Vyöhykkeen tiedot:

Laskentapisteen alku 43,5 m

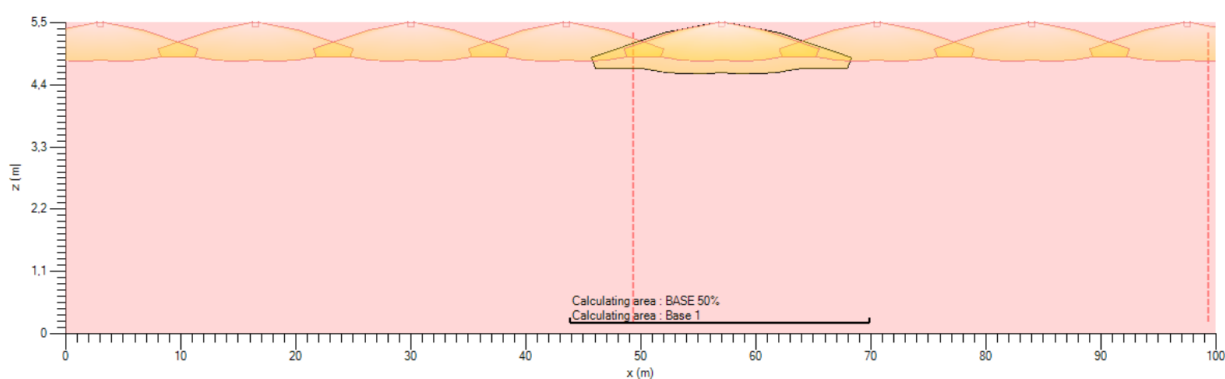
Väli 2,700 m

Määrä 10

Vyöhykkeen koko 27 m



KUVA 17. Base 1-vyöhyke ylhäältä päin kuvattuna. (Schreder)



KUVA 18. Vyöhyke Base 1 sivusta päin kuvattuna (Schreder)

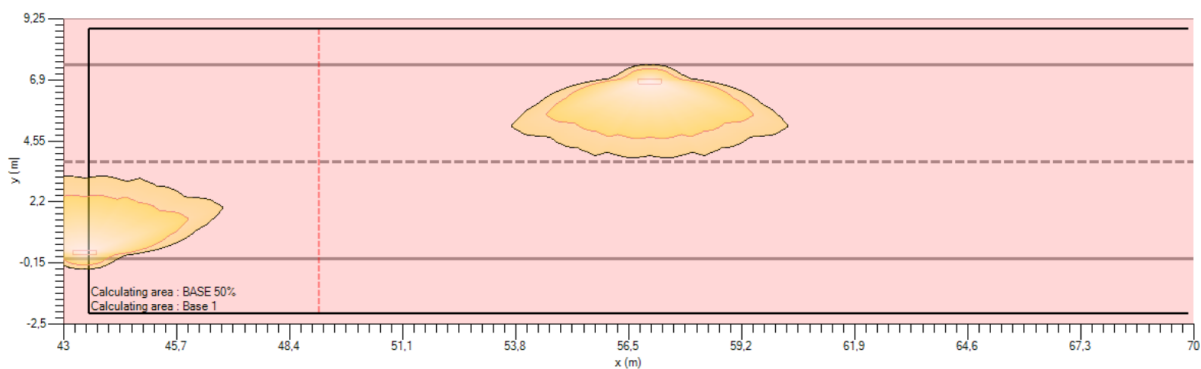
9.5 Base 50 %

Kuvissa 19 ja 20 kuvattu Base 50 %-vyöhyke on puolitettu valaistus yövalaistukseen.

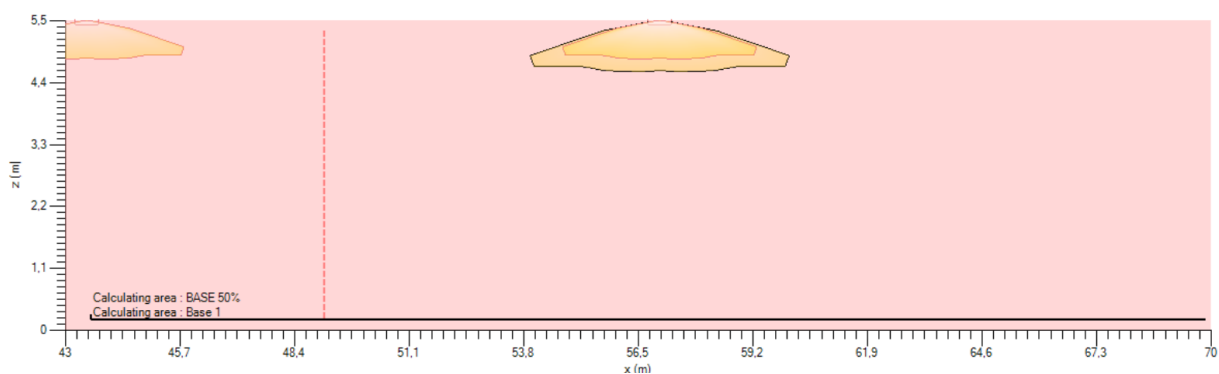
Laskentapisteen alku 43,5 m

Väli 2,700 m

Koko 27 m



KUVA 19. Base 50 %-vyöhyke ylhäältä päin kuvattuna. (Schreder)



KUVA 20. Base 50 %-vyöhyke sivusta päin kuvattuna. (Schreder)

9.6 Valaisinyhteenveto

Base 1 ja Base 50 %-vyöhykkeiden valaisimien ominaisuudet voidaan lukea taulukosta 6.

TAULUKKO 6. Valaisimien ominaisuudet (Schreder)

Valaisin	Source flux [klm]	Luminaire flux [klm]	Efficacy [lm/W]	Määrä
GL2 Compact 3 48 LEDs 350mA NW Flat glass 5117	8,5	7,2	140	8
GL2 Compact 3 48 LEDs 350mA NW Flat glass 5117 50%	4,2	3,6	132	8

9.7 Valaisinryhmät

Taulukossa 7 on esitetty valaisimien sijoittelussa käytetyt valaisinryhmät.

TAULUKKO 7. Valaisinryhmät (Schreder)

Ryhmä	Viittaus	Valaisin	Kuvaus
1	Base	Base extended Part (1)	GL2 Compact 3 48 LEDs 350mA NW Flat glass 5117
2	Base	Base extended Part (2)	GL2 Compact 3 48 LEDs 350mA NW Flat glass 5117
3	Single	Base 50%	GL2 Compact 3 48 LEDs 350mA NW Flat glass 5117 50%
4	Single	Base 50%	GL2 Compact 3 48 LEDs 350mA NW Flat glass 5117 50%

9.8 Valaisimien asemointi

Taulukon 8 mukainen valaisimien asemointi 100 metrin tunnelissa X, Y ja Z-akseleilla esitettyinä.

TAULUKKO 8. Valaisimien asemointi (Schreder)

Ryhmä #	Asemointi			Vaiheet	
	X	Y	Z	Yleis	Yö
1	3,000	6,850	5,500	100	50
3	3,000	6,850	5,500	100	50
2	16,500	0,250	5,500	100	50
3	16,500	0,250	5,500	100	50
1	30,000	6,850	5,500	100	50
3	30,000	6,850	5,500	100	50
2	43,500	0,250	5,500	100	50
3	43,500	0,250	5,500	100	50
1	57,000	6,850	5,500	100	50
3	57,000	6,850	5,500	100	50
2	70,500	0,250	5,500	100	50
3	70,500	0,250	5,500	100	50
1	84,000	6,850	5,500	100	50
3	84,000	6,850	5,500	100	50
2	97,500	0,250	5,500	100	50
3	97,500	0,250	5,500	100	50

10 POHDINTA

Vaikka tämä opinnäytetyö on vain pieni pintaraapaisu aiheeseen, kuitenkin tämä on alku mahdolliselle tulevaisuuden projektille. Tieyhtiö Ykköstien sopimus loppuu vuonna 2029. Investointikustannukset valaisimien vaihtoon ovat liian suuret, kun niitä peilaa elinkaarimallin sopimuksen keston.

Energiatehokkuutta ja käyttöikää voidaan parantaa vaihtamalla vanhat valaisimet uusiin ja paranneltuihin malleihin. Tie- ja tunnelivalaistuksessa tämä voidaan nähdä selkeimmin kaasupurkauslamppujen korvaamisena LED-lampuilla.

Aineistoa kerätessä kävi kuitenkin ilmi, että hankkeen elinkaari on siinä vaiheessa, ettei muutostöitä sen aikana kannata enää tehdä. E18 Muurla-Lohja –hanke päättyy 2029, jolloin hankkeen hallinta ja kunnossapito siirtyy liikennevirastolle (Traficomille) ja ELY-keskuksille. Mahdolliset muutostyöt jäävät siten tulevaisuuteen ja uuden toimijan päätettäväksi ja toteutettaviksi.

Valaistusmuutos olisi pitänyt aloittaa useita vuosia aikaisemmin, jotta taloudellinen hyöty Työyhteisliittymälle olisi saatu hyödynnettyä. Tosin LED-valaisimista saatava taloudellinen hyöty on vasta viime vuodet ollut sillä tasolla, että muutostyötä on edes kannattanut miettiä.

LÄHTEET

Arend Lighting 2019. Illuminance. Arend Lightingin blogi. 9.7.2019. <https://arendlighting.com/illuminance/?lang=en>. Viitattu 15.2.2023.

E18 Rakentaminen moottoritienä Muurla-Lohja EKM palvelusopimuksen liite R11-1 Tie- ja tunnelivalaistus 27.9.2007 Viitattu 15.2.2023

Eräranta, Kimmo 2022. Valaistusurakoitsija, US-Asennus Oy. Haastattelu 7.11.2022.

Hidealite Led-koulu. Verkkojulkaisu. Julkaisuaika tuntematon. <https://www.hidealite.com/fi-fi/tuki/led-koulu>. Viitattu 16.2.2023.

Liikennehallinto E18 Muurla-Lohja EKM palvelusopimus liite nro 8 tekniset vaatimukset. Viitattu 15.2.2023.

Schreder 2021. GL2 COMPACT. Esite. https://www.schreder.com/sites/default/files/2021-06/GL2_Compact_ProductSheet_EN.pdf . Viitattu 16.2.2023.

Schreder 2021. OMNISTAR. Esite. https://www.schreder.com/sites/default/files/2021-06/OMNISTAR_ProductSheet_EN.pdf. Viitattu 16.2.2023.

Schreder 2021. VT1-interior lighting every second. Viitattu 16.2.2023.

Suurpainenatriumlamppu, Wikipedia 2022. <https://fi.wikipedia.org/wiki/Suurpainenatriumlamppu> Viitattu 16.2.2023

Tuovinen, Jukka 2023. Myyntijohtaja. Ensto Building Solutions Finland Oy. E18 tunnelivalaistus. Yksityinen sähköpostiviesti 18.1.2023. Viestin saaja: Mikko Riipinen.

Väyläviraston opas Hyväksytyt tievalaisimet 4.10.2019, 10. Viitattu 15.2.2023.

Ykköstie 2009. <http://www.ykkostie.net/>. Viitattu 15.2.2023.