

Tomi Kirves

## **Heikennettyjen tievalopylväiden lahonneisuuden selvitys**

# **Heikennettyjen tievalopylväiden lahonneisuuden selvitys**

Tomi Kirves  
Opinnäytetyö  
Kevät 2019  
Sähkötekniikan tutkinto-ohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Sähkö- ja automaatiotekniikka, Sähkötekniikka

---

Tekijä: Tomi Kirves

Opinnäytetyön nimi suomeksi: Heikennettyjen tievalopylväiden lahonneisuuden selvitys

Opinnäytetyön nimi englanniksi: Degradation of Frangible Lighting Poles

Työn ohjaaja: Yliopettaja Pekka Rantala

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2019

Sivumäärä: 36 + 1 liite

---

Selvityksessä tarkasteltiin tievalopylväiden lahoamista ja kuinka nopeasti lahoaminen on edennyt Tan-E kyllästeaineen käyttöönoton jälkeen. Tavoitteeksi otettiin selvittää lahoamisnopeus, lahoamista edesauttavat olosuhteet sekä arvioida maaperusteisesti asennetun tievalaistuspylvään kestoa.

Selvityksessä pylväitä tutkittiin ottamalla porausnäytteitä kasvukairan avulla. Kasvukairan näytteet yksilöitiin ja kuvattiin myöhempää selvitystä varten. Näyttepylväät valittiin satunnaisesti vuosien 2007 ja 2012 välisenä aikana rakennetuilta valaistusjaksoilta, jotka oli heikennetty käyttäen Maansiirto Junttila -menetelmää. Näytteitä tutkittiin silmämääräisesti ja käsin tutkimalla. Puu oletettiin lahoksi, mikäli näytteen rakenne mureni selkeästi.

Selvityksessä saatiin seuraavanlaisia tuloksia. Pylväiden asennuskorkeus vaikuttaa selkeästi lahon esiintyvyyteen ja laajuuteen. Heikennyksen olleessa maanpinnan alapuolella lahonneisuus on suurempaa kuin pylväissä, joissa heikennys on maanpinnan yläpuolella.

---

Asiasanat: tievalaistuspylväs, lahoisuustarkastus, Maansiirto Junttila -heikennys, kyllästeaine, Tan-E.

## ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Degree in Electrical and Automation Engineering, Electrical

---

Author: Tomi Kirves  
Title of thesis: Degradation of Frangible Lighting Poles  
Supervisor: Principal Lecturer Pekka Rantala  
Term and year when the thesis was submitted: Spring 2019  
Pages: 36 + 1 appendices

---

The study investigated the decay of the road lighting poles and how fast it has progressed since the use of the new impregnating agent. The aim was to determine the rate of decay, the conditions conducive to decay and to make an estimate of the lifetime of a ground-mounted poles as a roadside lighting poles.

In the study, the poles were examined by taking samples with core drilling. Samples were identified and described for subsequent examination. Sample poles were randomly selected from period between 2007 and 2012 and attenuated of using the Maansiirto Junttila method. Samples were examined visually and by hand. The wood was assumed to be decomposed when the sample structure was splintering.

The results of the study were as follows: the degree of the decay was clearly influenced by the extent of below ground level part of the pole. Decay is smaller in poles with frangibility above the ground. Than with those that are mounted deeper into the ground.

---

Keywords: Road lighting poles, decay inspection, Junttila-method, impregnating agent, Tan-E

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
SISÄLLYS	5
1 JOHDANTO	6
2 TIEVALOPYLVÄÄN HEIKENNYS	7
2.1 Maansiirto Junttila -menetelmä	7
2.2 JRK tekniikka Oy:n menetelmä	11
2.3 Safepole	12
2.4 Sektorisahattu pylväs	12
3 TIEVALOPYLVÄÄN LAHOAMINEN	14
3.1 Lahon aiheuttajat	15
3.2 Epäsuorat lahon aiheuttajat	17
4 TIEVALOPYLVÄÄN KYLLÄSTÄMINEN	18
4.1 CCA–kylläste	18
4.2 Tanalith® E–kylläste	20
5 SELVITYKSEN TEKEMINEN	21
5.1 Näytteiden otto	22
5.2 Selvityksen rajaukset	24
6 TULOKSET	26
7 TULOSTEN TARKASTELU	28
7.1 Virheanalyysi	28
7.2 Tuloksista tehtävät johtopäätökset	29
8 YHTEENVETO	30
LÄHTEET	32
TIEVALOPYLVÄISTÄ OTETUT NÄYTTEET	

# 1 JOHDANTO

Liikenneviraston ohjeessa Tievalaisinpylväiden ja jalustojen laatuvaatimukset 11.10.2010 on mainittu vaatimus tievalaisinpylväiden säänkestävyydestä. Kyseisen ohjeistuksen mukaan ELY-keskus ja liikennevirasto olettavat, että kyllästeaineen vaihdoksen myötä suorassa maakosketuksessa olevien pylväiden kestoikä on alustavien arvioiden mukaan lyhyempi kuin CCA -kyllästetyllä pylväällä (1, s. 13). Tästä syystä vuoden 2010 jälkeen uusissa tiehankkeiden suunnitelmissa ja toteutuksissa tievalaistuspylväät pitää perustaa betoni – tai metallijalustaan. Suoraa maaperäistä asennusta ei enää hyväksytä uusissa hankkeissa. Ainoana poikkeuksena on jo olemassa olevien valaistusjaksojen korjaukset. Tällöin tievalopylväs voidaan asentaa suoraan maaperusteisesti.

Tienpientareella pylväät joutuvat kestävänsä huomattavaa ympäristöllistä kuormaa. Pylväitä rasittaa teiden suolaus, aeraus, tieliikenteestä johtuva värinä ja rajut olosuhteiden vaihtelut, jotka myös vaikuttavat pylväiden lahoamisnopeuteen. Pylväissä on käytetty kuparikyllästettä (Tan-E) vuodesta 2007 lähtien. On huolestuttavaa, että käytännössä ei vielä tiedetä kauanko kuparikyllästeiset pylväät kestävät aggressiivisissa tieolosuhteissa. Sähköverkkoasennuksissa C-kyllästettyjä pylväitä on jo tutkittu. On todettu, että jäykissä pylväissä, jotka on kyllästetty C-kyllästeellä, ei saavuteta 50 vuoden kestoja suuren huuhtoutuman ja hajonnan takia (2, s. 5).

Opinnäytetyön tavoitteena on saada käsitys Tan-E kyllästeaineella kyllästettyjen heikennettyjen tievalopylväiden lahoamisen nopeudesta. Lisäksi halutaan selvittää kyseisten tievalopylväiden tämän hetkinen kunto.

Työn tilaajana on HSK Sähkö Oy ja se on täyden palvelun sähköurakointiyritys. Yritys toimii koko Suomen alueella ja palvelee yrityksiä sekä yksityisiä henkilöitä. HSK Sähkö Oy rakentaa ja huoltaa tievalaistusta, suunnittelee ja toteuttaa talotekniikan, teollisuuden sekä maatalouden sähköasennukset. Yrityksellä on myös vankka kokemus sähköjakeluverkkojen suunnittelusta, dokumentoinnista, rakentamisesta aina kunnossapitoon asti.

## 2 TIEVALOPYLVÄÄN HEIKENNYS

Nykyisen lainsäädännön mukaan tievalopylväiden tulee olla törmäysturvallisia, jos tieosuuden nopeus on yli 40 km/h. Ainoina poikkeuksina ovat vähäliikenteiset tiet (KVL <700 ajon. /vrk) ja tieosuudet, joilla nopeusrajoitus on 40 km/h tai tämän alle (3, s. 98). KVL on lyhennys keskimääräisestä vuorokausiliikennemäärästä. Tievalopylvääksi kutsutaan puupylvästä, joka on pystytetty tienpientareelle ja sen pääsääntöinen tarkoitus on kannatella tievalaistusvalaisinta.

Käytännössä suurin osa liikenneviraston hallinnoimista pylväistä on heikennetty. Vuosituhannen vaihteessa toteutettiin suuri hanke, jossa nykyiset liikenneviraston hallinnoimat pylväät muutettiin heikennetyiksi (4, s. 2). Kyseisen hankkeen aikana heikennettiin myös paljon kuntien omistamia jäykkiä tievalopylväitä ELY-keskuksen johtamana. Kuntien omistamien tievalaisinpylväiden heikennykset rajoittuivat pylväisiin, jotka sijaitsivat suurien teiden varsilla tai vilkkaasti liikennöidyillä tieosuuksilla. ELY on lyhennys Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuk- sen nimestä.

Tievalopylväitä on heikennetty useilla eri menetelmillä 1990-luvulta lähtien. Heikennyksiä tehtiin paljon jo olemassa oleviin tievalopylväisiin. Vuoden 2005 jäl- keen pylvään heikennystä ei ole saanut tehdä tievalopylvään kyllästämisen jäl- keen, vaan heikennys tulee tehdä ennen pylvään kyllästämistä (4, s. 1). Heiken- nyksellä tarkoitetaan sitä, että tievalopylväs sorvataan tai koverretaan ontoksi. Heikentäminen tekee jäykästä puupylvästä kolariturvallisen, koska se katkeaa onnettomuustilanteessa pienemmällä iskuenergialla kuin jäykkä tievalopylväs. Li- säksi heikennys vähentää autossa oleviin henkilöihin kohdistuvaa törmäysener- giaa. Törmäyksessä tievalopylväs katkeaa heikennyksen kohdalta. (5, s. 5.)

### 2.1 Maansiirto Junttila -menetelmä

Maansiirto Junttilan heikennysmenetelmässä pylväs koverretaan ontoksi maan- pinnan yläpuolelta 0,6–1,2 metrin matkalta. 1990-luvulla pylväs koverrettiin 1,2 metrin korkeudelle asti, mutta myöhemmin havaittiin 0,6 metrin matkan olevan riittävä törmäysturvallisuuden kannalta. Koverttäminen suoritetaan tienpientareen puolelta nosturiin kiinnitetyllä jyrsimellä. Jyrsimisen jälkeen pylvään seinämän

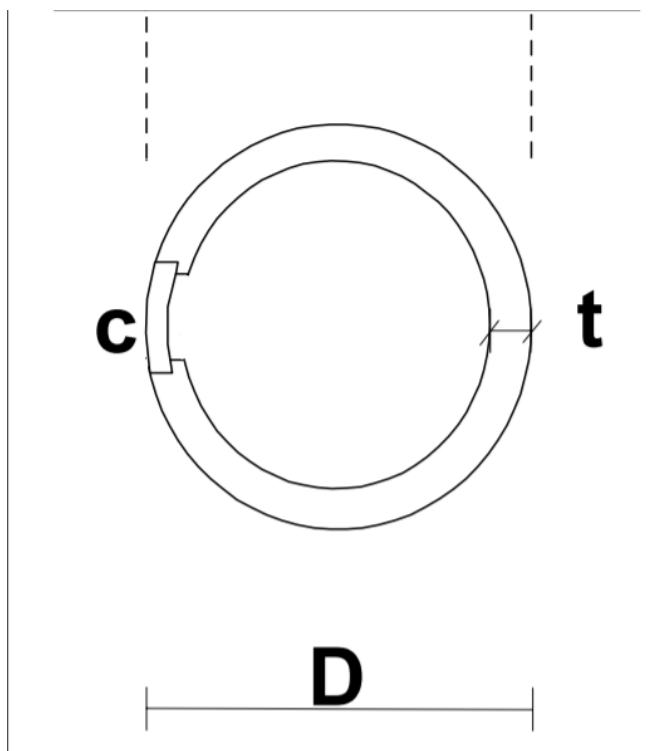
paksuus vaihtelee 20 ja 55 millimetrin välillä ja on keskimäärin 30–45 millimetriä. Kovertamisen jälkeen koverrusaukko peitetään erillisellä peitelaudalla (kuva 1).



*KUVA 1. Maansiirto Junttila –menetelmällä heikennetty tievalopuupylväs (6, s. 5).*

Maansiirto Junttila -menetelmällä heikennetyn tievalopylvään koverretun osion tulee patentin mukaan olla maanpinnan yläpuolella (7). Tässä selvityksessä liian syvällä olevilla tievalopylväillä tarkoitetaan Maansiirto Junttila –menetelmällä koverrettuja pylväitä, joissa heikennys on maanpinnan alapuolella. Junttilan menetelmällä heikennetyn pylvään tunnistaa helposti koverruksen peittävästä peitelaudasta. Kuva 2 esittää Maansiirto Junttila –menetelmällä koverrettua pylvästä ylhäältä katsottuna.





*KUVA 2. Maansiirto Junttila -menetelmällä koverrettu pylväs (5, s. 5).*

Kuvassa 2 on seuraavia suureita:

D = pylvään halkaisija

C = koverruksen kolon peitelauta

t = pylvään seinämän paksuus.

Tekniikkaa käytettiin jo aiemmin olemassa olevien pylväiden heikennykseen ja se on edelleen käytössä parilla puupylväsvalmistajalla. Uusissa pylväissä heikennys on koverrettu ennen pylvään kyllästämistä (4, s. 3). Kuvassa 3 havainnollistetaan Maansiirto Junttila -menetelmän patenttia.

## Junttila puupylväs (sähköpylväs)

Jäykän puuvalaisinpylvään korjaaminen törmäysturvalliseksi kovertamalla. Tuote soveltuu ilmajohto- että maa-kaapeli-asennuksiin.

Työ suoritetaan sivuojan puolelta nosturiin kiinnitetyllä jyrsimellä. Jyr-sintäaukko peitetään muotoon höylätyllä kestopuisella peiterimalla.

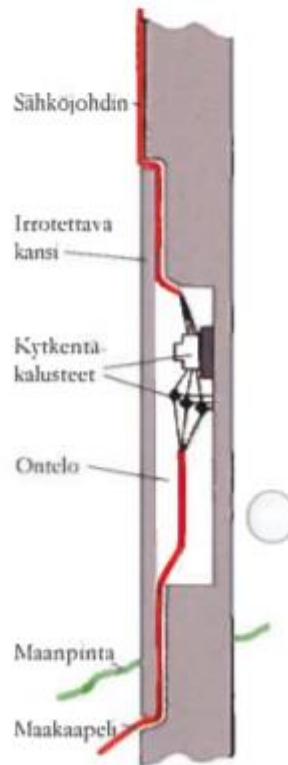
Mittaamista varten valittuihin pylväisiin porataan säteittäin neljästä suunnasta 3mm reiät.

Kaikki pylvään työvaiheet voidaan tehdä ilman maan kaivutöitä.

Tyyppihyväksyntä 09.05.2000.

Pylväskalusteiden asentaminen sivusta koverrettuun pylvääseen; pylvään sähkökytkennät ja kaapeleiden suojaukset puulla. Nimellisjännite 230/400 V~, napaluku 3/N/PE, kotelointiluokka IP34.

Tyyppihyväksyntä 04.04.1996.



KUVA 3. Maansiirto Junttilan patentoima menetelmä (7).

## 2.2 JRK tekniikka Oy:n menetelmä

JRK tekniikka Oy:n kehittämää menetelmää käytettiin tuhansiin pylväisiin vuodesta 1999 alkaen. Olemassa olevaan tievalopylvääseen porattiin maanpinnan tasosta ylöspäin viisi 110–160 millimetrin kokoista reikää (kuva 4). Reiät porattiin pylvään sivusta ja lopuksi peitettiin suojapellillä. Menetelmä ei ilmeisesti ole enää käytössä tievalopylväiden heikennyksessä uusissa tievalopylväissä. (4, s. 3.)



*KUVA 4. JRK tekniikan menetelmällä heikennetty pylväs. Kuvasta puuttuu reikien päälle tuleva peitepelti (6, s. 5).*

### 2.3 Safepole

Vierumaan Teollisuus Oy (nykyään Versowood) valmistaa Safepole-nimistä turvapylvästä. Safepole-pylväitä on asennettu vuodesta 1992 alkaen ja uusia asennetaan edelleen. Safepole-heikennys toteutetaan kovertamalla pylväs alapäästä pituussuunnassa ontoksi 1,2 metrin korkeudelle. Koverruksen jälkeen seinämä paksuus vaihtelee 20 ja 50 millimetrin välillä. Kuvassa 5 on Versowoodin kovertamana tievalopylväs.



*KUVA 5. Versowoodin valmistama Safepole (8).*

### 2.4 Sektorisahattu pylväs

Aiemmin hyvin yleinen heikennystapa oli sektorisahaus. Olemassa olevaan pylväeseen sahattiin 11 kappaletta pystysahauksia. Sahauksen jälkeen pylväs täytettiin uretaanivaahdolla ja sahausaukot tilkittiin erillisillä rimoilla. Lopuksi rimojen kiinnipysyminen varmistettiin kahdella pylvään ympäri menevällä teräsruuvilla (kuva 6) (4, s. 3).

Jäykkiä eli käsittelemättömiä tievalopylväitä muutettiin heikennetyiksi sektorisahaamalla vuosien 1993 ja 1998 välisenä aikana. Menetelmä koettiin tällöin hyväksi, mutta sektorisahaaminen nopeutti kyseisten pylväiden lahoamista. Elinkaaren lyhentyminen nähtiin kuitenkin pienempänä pahana kuin tieliikennekuolemat, joita jäykät tievalopylväät aiheuttivat onnettomuustilanteissa. Kyseinen heikennystapa ei ole enää käytössä uusissa tievalopylväissä.



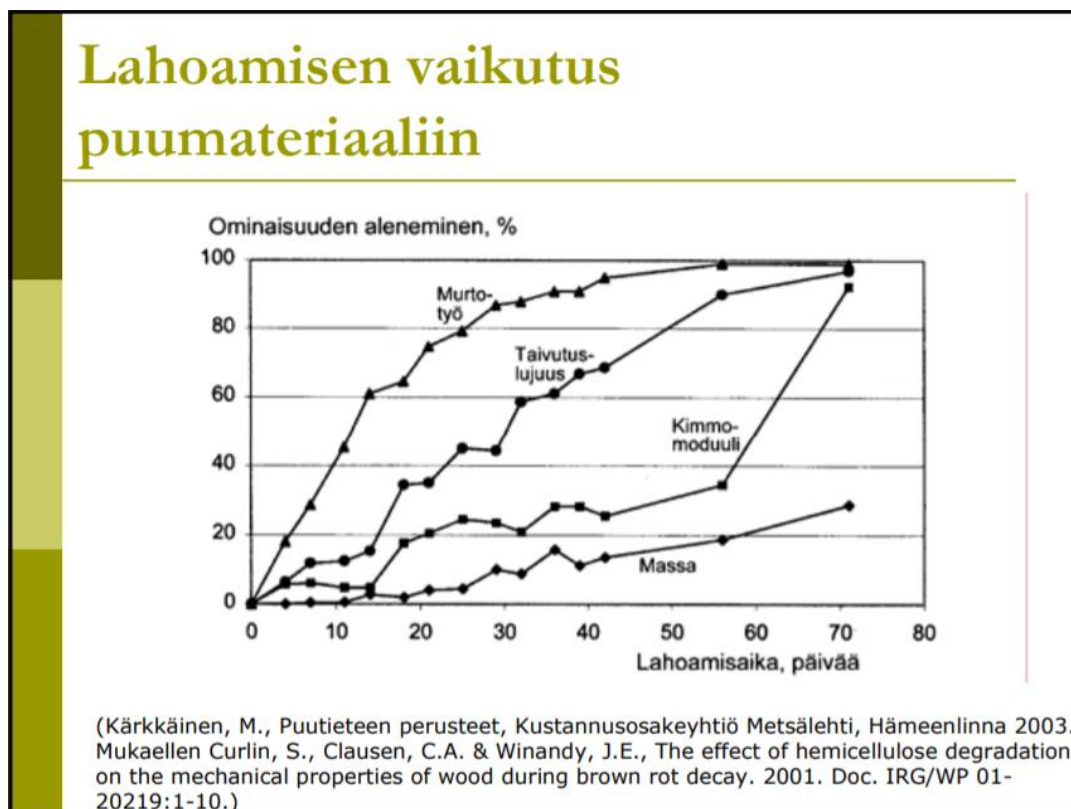
*KUVA 6. Sektorisahattu pylväs (5, s. 6).*



### 3 TIEVALOPYLVÄÄN LAHOAMINEN

Tievalopylvään suoraan maahan perustaminen on ollut yleisesti käytössä vuosikymmeniä (9, s. 14). Suorassa maakosketuksessa pylvään kosteus vaihtelee maaperän kosteuden mukaan. Kosteuden vaihtelut liuottavat pylväistä pieniä määriä kyllästeainetta maaperään ja tämä nopeuttaa pylvään lahoamista (10, s. 7).

Kuvassa 7 esitetään lahon vaikutuksia puuainekseen. Kuvasta nähdään selkeästi, että puun ominaisuudet heikkenevät lahoisuuden kasvaessa. Kaikkien puuta hajottavien organismien toiminnalle on yhteistä se, että puuaines pilkkoutuu eli sen huokoisuus kasvaa ja lujuus heikkenee (11).



KUVA 7. Lahoamisen vaikutus puumateriaaliin (10).

Lahotessaan pylvään puuaines muuttuu pehmeämmäksi. Pahasti lahonnut tievalopylväs ei kestä siihen kohdistuvia voimia ja pahimmassa tapauksessa se voi kaatua (10, s. 11).

### 3.1 Lahon aiheuttajat

Lahoamiseksi kutsutaan tapahtumaa, kun hajottavat organismit hajottavat kuollutta eliötä hapellisessa ympäristössä (12). Puuta hajottavia organismeja ovat hyönteiset, sienet ja bakteerit (11). Hajoaminen eli lahoaminen voi olla mikrobista tai entsyymaattista.

Tievalopylväisiin lahoamiseen ja lahosienen esiintyvyyteen vaikuttavia tekijöitä on esitetty kuvassa 8. Tievalopylvään lahoamisen oletetaan olevan suurinta maanpinnantasolla ja sen alapuolella noin 45 senttimetrin syvyyteen asti (10, s. 8). Maanpinnassa pylvään kosteus on suuri ja hapetta pääsee kosketuksiin tievalopylvään kanssa. Tievalopylväs sopeutuu ympäröivään kosteuspitoisuuteen. Tämä aiheuttaa tievalopylväessä suurta kosteuden vaihtelua, mikä altistaa tievalopylvään lahoattajasienille (2, s. 27). Mitä suuremmat ovat kosteuspitoisuuksien vaihtelut, sitä aggressiivisemmin tievalopylväs lahoaa.



KUVA 8. Tievalopylvään lahoamiseen vaikuttavia tekijöitä (10, s. 11).

Maaperässä olevat ravinteet vaikuttavat oleellisesti lahoamisnopeuteen. Tien pientareelle kertyy vuosittain suuria määriä eri ravinteita. Suurimmat määrät tulevat talvikaudella. Talvella tien liukkauden torjunnassa käytettävät kalsiumkloridi ja natriumkloridi ajautuvat auruksen ja lumen sulamisen seurauksena tien laitaan ja pientareelle (13, s. 55). Natriumkloridin on todettu nostavan maaperän pH-arvoa voimakkaasti. pH-arvon nousu tekee maaperästä emäksisen ja aiheuttaa maaperän vedenläpäisevyyden huonontumista (13, s. 58).

Maaperän kalsium- ja natriumkloridipitoisuuksien välillä on selvä yhteys tienvarsikasvustossa havaittuihin vaurioihin. Tiesuolauksen vaikutuksista tienvarsikasvillisuuteen on tehty useita tutkimuksia. Niiden perusteella on havaittu, että kalsiumkloridin haitalliset vaikutukset johtuvat nimenomaan sen sisältämistä Cl<sup>-</sup>-ioneista. Kalsiumkloridi vapauttaa natriumkloridia enemmän kloridi-ioneja moolia kohden. Koska merkittävimmät tienvarsikasvuston vauriot johtuvat nimenomaan kloridi-ioneista, on kalsiumkloridi teoriassa natriumkloridia haitallisempaa. (13, s. 56.)

Teiden suolauksen suoraa vaikutusta tievalopylväiden lahoamiseen on vaikea todentaa. Tienvarsikasvien kyllästys kalsium- ja natriumkloridilla on todettu hidastavan kasvien kasvua ja jopa tuhoavan niiden soluja. Kasvien kuoleminen luo paremmat edellytykset lahottajasienille. Kasvit nostavat tienpientareen pintaa maatuessaan (13, s. 56).

Edellä mainittujen syiden lisäksi lahoamiseen vaikuttavat monet muutkin syyt. Esimerkiksi pelkästään auringonvalo lisää puun lahoamista. Auringon aiheuttama lahoaminen on nimeltään fotokemiallista hajoamista. Auringonvalo ja ultraviolettisäteily aiheuttavat kosteuden vaihtelua puuaineessa. Lisäksi, varsinkin keväällä, auringosta tuleva lämpö sulattaa lunta ja jäätä tievalopylväissä ja pimeään aikaan pylväässä oleva vesi jäätyy uudelleen. Jään muodostuminen ja sulaminen muuttaa veden tilavuutta. Veden jäätyessä sen tilavuus kasvaa ja jäätyminen voi vahingoittaa tievalopylvään rakennetta ja halkaista tievalopylvään pintaa. Tievalopylväiden halkeilu auttaa lahon aiheuttajia etenemään syvemmälle pylvään rakenteisiin. (11.)



### 3.2 Epäsuorat lahon aiheuttajat

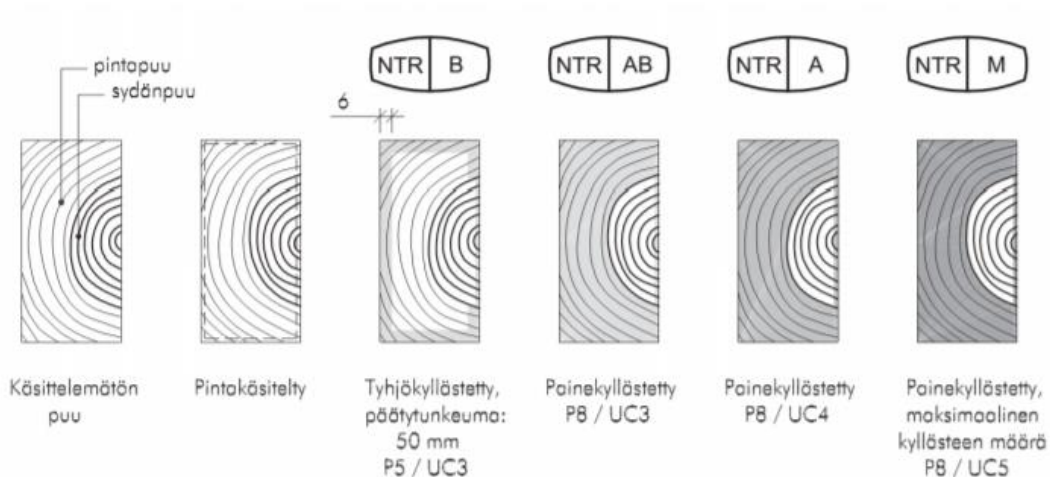
Tievalopylväiden lahoamiseen vaikuttavia epäsuoria tekijöitä on useita. Yksi näistä on tien poikkileikkauksessa tapahtuvat muutokset. Suomen maanteiden profiilit ja tienpohjaan käytettävät materiaalit ovat vakiintuneita. Tienpientareen pintamaat koostuvat moreenista ja hiekasta, jonka päällä on ohut multakerros. Voidaan siis olettaa, että tievalopylväiden asennusolosuhteet ovat samankaltaiset ja tievalopylväät ovat kosketuksissa samanlaisiin maaperäaineisiin. Tien kallistukset ovat myös uusissa tiehankekohteissa samankaltaiset (14, s. 35).

Ajan kuluessa tien poikkileikkaus muuttuu. Tähän vaikuttavia tekijöitä ovat mm. tien routiminen, tien rakenteiden painuminen, liikenteestä aiheutuva tien väsyminen (15, s. 14) ja kosteuden muutokset rakenteissa (16 s. 5). Poikkileikkauksen muutoksilla tarkoitetaan käytännössä tien päällystetyn osuuden vajoamista, kun samalla piennaralueen pinta kohoaa. Pientareen nousua tapahtuu, koska pientareella maa kohoaa nopeammin kuin päällystetyllä tieosuudella. Lisäksi vuosittain tehtävät pientareen hoitotyöt nostavat maanpintaa. Tienvarsikasvuston niittämissä yhteydessä syntyvä leikkuujäte nostaa maanpintaa maatuessaan. Tämä maanpinnan nousu voi aiheuttaa heikennetyille tievalopylväille vaaralliset olosuhteet, koska routa ei nosta tievalopylvästä samassa tahdissa maaperän kanssa. Heikennetty osio jää osittain maanpinnan alapuolelle ajan saatossa.

Heikennetyn osion seinämä tievalopylväessä on yleensä 20–46 millimetriä paksu riippuen koverruksesta ja mistä kohdasta pylvästä tutkitaan (7). Ohuempi puun seinämä on yhteydessä pylvään lyhyempään keston. Heikennyksen kohdalla lahoaminen on aggressiivisempaa, sillä heikennyksessä oleva puu altistuu todennäköisesti suuremmalle määrälle lahottamisen tekijöitä ja lahoavaa puuta on vähemmän.

## 4 TIEVALOPYLVÄÄN KYLLÄSTÄMINEN

Tievalopylväs altistuu puuta hajottavien organismien ja ympäristöolosuhteiden vaikutuksille. Näiden vaikutuksia pyritään vähentämään ja kompensoimaan kyl-  
lästämällä puuainees. Suomessa tievalopylväät kyllästetään vastaamaan NTR A-  
luokan vaatimuksia. NTR-luokituksia havainnollistetaan kuvassa 9. NTR-luokat  
vaihtelevat käytetyn kyllästeaineen tyypin ja määrän mukaan (2, s.42). NTR on  
lyhenne Pohjoismaiden puunsuojausneuvoston nimestä Nordiska Träskyddsrå-  
det.



KUVA 9. Kyllästysluokat (10).

### 4.1 CCA-kylläste

CCA-kylläste on sekoitus kromia, kuparia ja arseenia ja se on suolakylläste. CCA on lyhenne sanoista Chromated copper arsenate. CCA-kyllästeen keksi intialainen Sonti Kamesam vuonna 1933. Suomessa kyllästettä on käytetty vuodesta 1952 lähtien (14, s.12). CCA-kyllästetty puu on tyypillisesti väriltään vihreää (kuva 10).

CCA-kyllästeet luokitellaan eri tyyppeihin niiden sisältämän arseenimäärän mukaan. Tyyppejä ovat A-, B- ja C-tyypit. Suomessa on käytetty sen kahta eri koostumusta: B-tyyppiä aina vuoteen 1982 asti, jolloin C-tyyppi otettiin käyttöön. C-tyyppi eroaa B-tyypistä siinä, että C-tyypissä on arseenia vähemmän ja kromia enemmän, jolloin kylläste pysyy paremmin pylväässä. Näin myös ympäristön turvallisuus parantui. Lisäksi puupylväistä liukeneminen on pienempää kuin esimerkiksi sahatavarasta. (10, s. 12.)

Tievalopylväissä CCA-kyllästeen käyttö kiellettiin vuonna 2006 syksystä alkaen EU-asetuksella ja hieman myöhemmin Suomen lainsäädännöllä (2, s. 2). Nähtiin, että pylvästä maaperään irtoava kyllästeaine aiheutti liikaa haittoja. Myös korkein oikeus on ottanut kantaa CCA-kyllästeeseen ja CCA-kyllästettyjen pylväiden uusiokäyttöön ja todennut CCA:n olevan ihmiselle ja ympäristölle haitallista (17). Korkein oikeus on todennut, että suurin osa kyllästeaineesta poistuu pylvästä ensimmäisten vuosien aikana. Tästä syystä vielä olemassa olevia CCA-kyllästeisiä pylväitä voidaan käyttää niiden elinkaaren loppuun asti. Tyypillinen elinkaari CCA-kyllästetyllä tievalopylväällä on 35–55 vuotta (2, s. 67).

CCA-kyllästeen arseenin on todettu aiheuttavan keuhkosityöpää. Kuparioksidi voi ärsyttää silmiä, ihoa ja limakalvoja. Lisäksi kuparioksidi on erittäin myrkyllistä vesielioille. (10, s.13.)



*KUVA 10. CCA-kyllästettyjä puupylväitä (18).*

## 4.2 Tanalith® E–kylläste

Tanalith® E eli lyhennettynä Tan-E–kylläste on vesipohjainen kuparikylläste. Tanalith® on Arch Wood Protection –nimisen yhtiön tavaramerkki. Tan-E sisältää kuparia ja orgaanisia biosideja. Tan-E–kyllästetty puu on väritykseltään ruskea (kuva 11). Tan-E–kyllästeen sanotaan olevan ihmiselle ja ympäristölle turvallisempi kuin CCA–kyllästeen. (19.) Turvallisuutta perustellaan pitkälti Tan-E–kyllästeen ainesosilla. Kyllästeessä ei ole käytetty kromia tai arseenia, jotka johtivat CCA -kyllästeen kieltoon. Tan-E–kyllästeellä käsitelty puu kestää Cape Reed –nimisen puunkyllästysyrityksen mukaan 15 vuotta käytössä (19).

Tan-E–kylläste on kehitetty Euroopassa 1980–luvulla, josta sen käyttö on levinnyt ympäri maailmaa. Suuri suosio perustuu ihmiselle ja ympäristölle turvallisiin aineisiin. Lisäksi Tan-E–kylläste suojaa puuta hyvin erilaisilta lahottajasieniltä ja termiiteiltä. (20.)



*KUVA 11. Tan-E–kyllästysaineella kyllästettyä puutavaraa (21, s. 1).*

## 5 SELVITYKSEN TEKEMINEN

Aluksi selvitettiin, kuinka paljon vuosien 2007 ja 2012 välisenä aikana on rakennettu uusia valaistusjaksoja, joissa pylväsmateriaalina on puu. Käyttämällä Autori-tietokantaa pystyttiin selvittämään rakennetut valaistusjaksot. Tietojen perusteella voitiin todeta, että kyseisenä aikana on rakennettu riittävästi valaistusjaksoja, joista näytteet voidaan kerätä.

Selvitys toteutettiin Pohjois-Pohjanmaalla, Oulun eteläisen tievalaistuksen palvelusopimuksen alueella. Oulun eteläisellä alueella tarkoitetaan Ylivieskan, Nivala-Haapajärven ja Haapaveden-Siikalatvan muodostamaa seutukunta-alueita, johon kuuluu 14 kuntaa. Nykyisellään Oulun eteläisen tievalaistuksen palvelusopimusalueeseen kuuluvat myös Oulun, Raahen ja Iin kunnan alueet (22).

Näytteitä kerättiin eri tieluokitusten tieosuuksilta, jotta tuloksista saatiin alueellinen keskiarvo. Selvityksessä ja näytteiden ottamisessa noudatettiin liikenneviraston antamia ohjeita liittyen ajokaistan ulkopuolella paikallaan tehtäviin töihin (23, s. 15).

Tuloksien kuvaajissa on otettu huomioon pylvään tyvihalkaisija maapinnalla, joka on noin 230 millimetriä eli tievalopylvään säde on 115 millimetriä. Lahoisuutta selvitetään yhdeltä suunnalta, joten jäykän osuuden vertailukelpoisen näytteen pituus voi suurimmillaan olla tievalopylvään tyvihalkaisijan säteen pituinen eli tässä tapauksessa 115 millimetriä. Tutkimusmenetelmällisistä syistä tievalopylväistä ei saatu tasan 115 millimetrin pituisia näytteitä, joten selvityksessä kaikki yli 46 millimetriä pitkät näytteet on oletettu 115 millimetriä pitkeksi. Tämä perustuu Maansiirto Junttila -menetelmään, jossa heikennyksen jälkeen pylvään seinämä on 20–45 millimetriä paksu. Yli 46 millimetriä pitkän näytteen on oltava heikennyksen alapuolisesta heikentämättömästä osiosta ja näin sen pituuden voidaan olettaa olevan 115 millimetriä.

## 5.1 Näytteiden otto

Näytteitä otettiin yhteensä 89 kappaletta. Näytteistä karsittiin pois CCA–kyllästytyt pylvää ja tuntemattomana vuonna vaihdettujen pylväiden näytteet. Tuntemattomia kohteita ovat kolaritapausten johdosta vaihdetut tievalopylvää. Vertailukelpoisia näytteitä tuli yhteensä 56 kappaletta.

Selvityksessä näytteiden ottamiseen käytettiin kasvukairaa (kuva 12). Kasvukairalla pylvästä saadaan otettua tasapaksu, lieriön muotoinen lastutikkunäyte. Näytteiden pituus vaihtelee. Jos yksittäinen näyte otettiin tievalopylvästä, jossa heikennys on maanpinnan alapuolella, näyte on lyhempi kuin pylvästä, jonka heikennys on maanpinnan yläpuolella.

Työssä kerättiin näytteitä vuosien 2007–2012 välillä rakennetuilta tievalaistusjaksoilta. Näytteet otettiin 5 senttimetriä maanpinnan alapuolelta, jossa lahoamisen oletettiin olevan kaikkein nopeinta. Näyte otettiin poraamalla kasvukairalla vaakasuoraan tievalopylvääseen nähden.

Kasvukairalla saatiin vertailukelpoisia poranäytteitä, jotka kuvattiin, mitattiin ja otettiin talteen myöhempää analysointia varten. Näytteiden analysointi suoritettiin silmämääräisesti, puristamalla näytteitä kasaan käsin ja mittaamalla näytteet viivoittimella.





*KUVA 12. Kasvukaira.*

Saadusta aineistosta muodostettiin graafisia kuvaajia osoittamaan pylväiden keskimääräistä lahonaisuutta eri vuosina. Graafien perusteella selvitettiin pylväiden elinkaaren pituutta. Kuvassa 13 on esimerkki otetusta näytteestä.

Kuvaajien avulla pystytään havainnoimaan tievalopylväiden lahonaisuutta. Kuvaajat havainnollistavat lahoamisen nopeutta, laajuutta ja lahoamisen luonnetta. Lahoaminen tapahtuu joko eksponentiaalisesti tai lineaarisesti.



*KUVA 13. Valtatie 4:n valopylväästä otettu näyte.*

## **5.2 Selvityksen rajaukset**

Selvitys rajattiin koskemaan vain Tan-E-kyllästeaineella käsiteltyjä, maaperustaisia ja Maansiirto Junttila -menetelmällä heikennettyjä pylväitä, jotka on otettu käyttöön 2007 ja 2012 välisenä ajankohtana Oulun eteläisen tievalaistusurakan alueella. Tan-E-kyllästetyistä pylväistä otettiin yhteensä noin 90 näytettä satunnaisista pylväistä. Näytteistä selvitettiin pylväiden ulkoista lahoamista ja arvioitiin



pylväiden lahoamiseen johtavia syitä. Orgaanisia lahottajia ja lahoutumisen olo-  
muotoja ei analysoitu, vaan arvioitiin aistinvaraisesti.

Vuosina 2012 ja 2013 puupylväät rakennettiin käyttäen erillistä metallista jalustaa  
(kuva 14), jossa ei ole vastaavanlaista maakosketusta kuin edellisten vuosien  
asennuksissa. Tästä syystä vuonna 2012 rakennetuista valaistusjaksoilta ei ole  
kerätty näytteitä.



*KUVA 12. Pylväs metallijalustalla. Ei suoraa maakosketusta.*

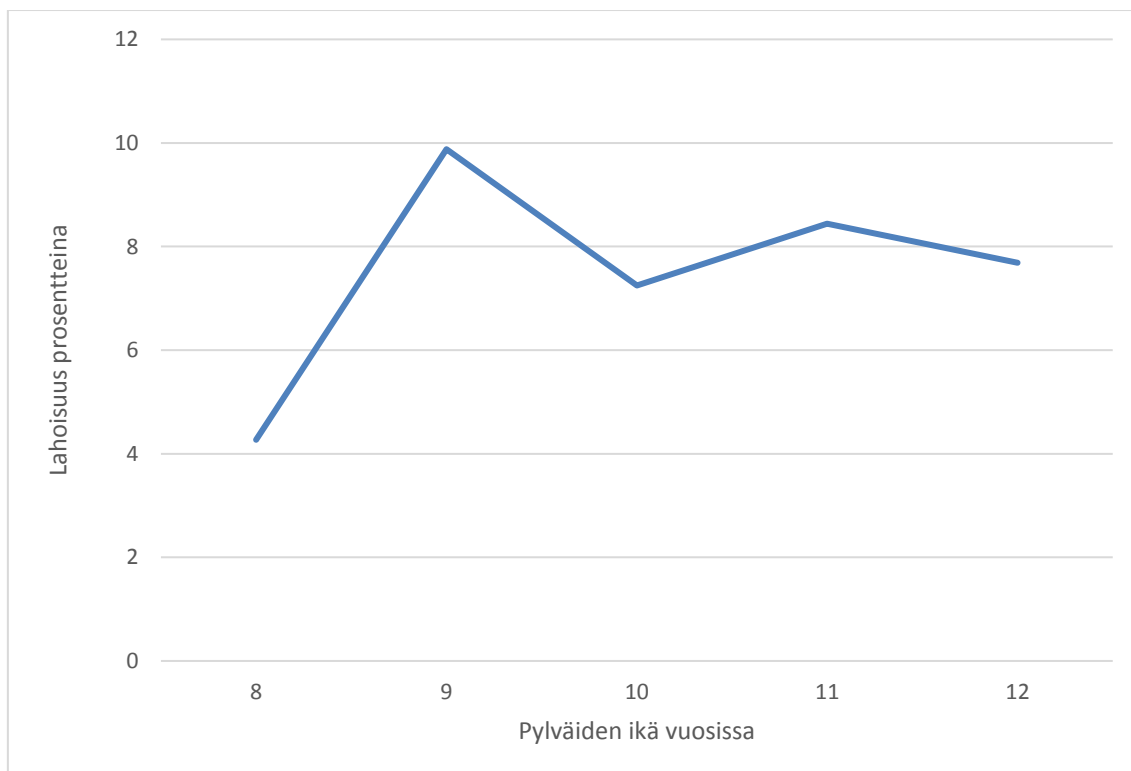
## 6 TULOKSET

Tuloksien kuvaajissa esitetään tutkittujen tievalopylväiden keskiarvollista lahoamista. Keskiarvillisella lahoamisella tarkoitetaan samana vuonna rakennettujen tievalopylväiden näytteistä saatua lahoamisen keskiarvollista nopeutta. Tuloksissa lahonneeksi puuksi oletettiin puuaines, joka painettaessa murenee ja on selkeästi pehmeämpää kuin vastaavan uuden tievalopylvään näytteen puuaines.

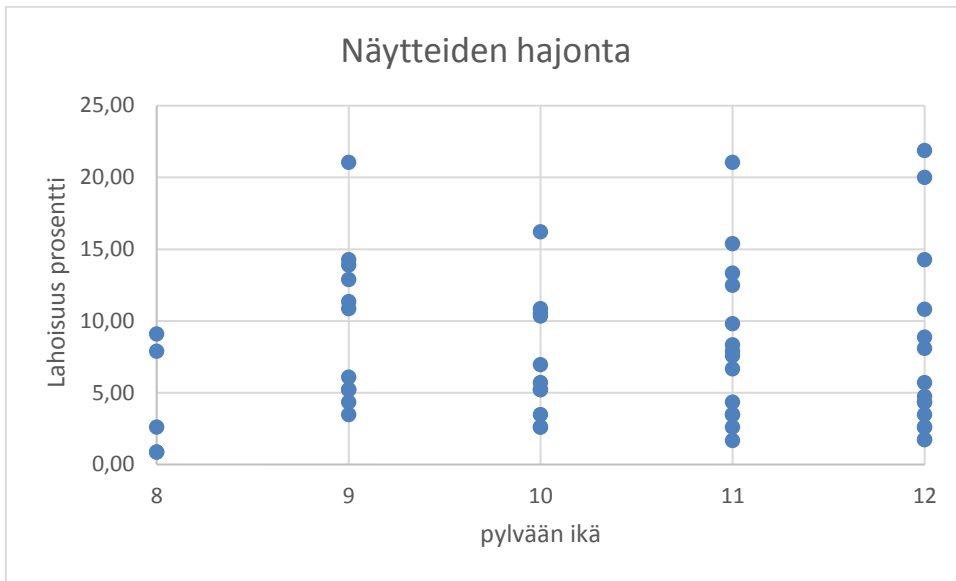
Kuvaajissa otettiin huomioon kaikki 56 näytettä, jotka olivat vertailukelpoisia keskenään. CCA-kyllästeisiä ja kolaripylväistä otettuja näytteitä ei ole mukana kuvaajissa. Tulokset ovat taulukkomuodossa liitteessä 1.

Kuvassa 15 kuvaaja esittää tievalopylväiden lahon määrää näytteiden kokonaispituuksista. Lahon puuaineen määrä on ilmoitettu prosentteissa. Prosenttimäärä on samana vuonna asennettujen tievalopylväiden lahon määrän keskiarvo. Kuvaajassa otettiin huomioon kaikki 56 näytettä.

Lisäksi kuvassa 16 näkyy näytteiden hajonta.



*KUVA 15. Kaikkien näytteiden tievalopylväiden lahon määrä prosentteina.*



*KUVA 16. Kaikkien näytteiden lahonneisuus prosentteina.*

## 7 TULOSTEN TARKASTELU

### 7.1 Virheanalyysi

Selvityksen tuloksissa on hajontaa ja epätarkkuustekijöitä. Työssä käytettiin seuraavia työkaluja ja menetelmiä, joilla on seuraavanlaisia epätarkkuuksia:

- viivoitin, tarkkuus  $\pm 1$  millimetri
- tulokset keskiarvoina, tarkkuus vaihtelee
- käsin ja silmin suoritettu analysointi, tarkkuutta vaikea arvioida.

Tuloksien voidaan olettaa olevan suuntaa-antavia. Eri työvaiheissa käytetyt työkalut ja työskentelytavat aiheuttavat tuloksiin hajontaa, mikä vaikuttaa suoraan selvityksessä saatavan tiedon epätarkkuuteen.

Käsin ja silmämääräisesti tehdyn näytteiden analysoinnin takia tarkkaa virhearviointia ei voida luotettavasti suorittaa. Tämän selvityksen tulokset ovat liian epätarkkoja käytettäväksi ainoana lähteenä. Selvityksen tuloksia voidaan pitää suuntaa-antavina ja niiden pohjalta voidaan suorittaa tarkempia selvityksiä tulevaisuudessa.

## 7.2 Tuloksista tehtävät johtopäätökset

Kuvissa 15 ja 16 lahoisuusprosentteissa on piikki 9 vuoden ikäisissä pylväissä. Tämä voi johtua vuonna 2010 asennettujen pylväiden korkeasta lahonneisuudesta. Pientareen maaperä on mahdollisesti ollut tavanomaista haastavampi tievalopylväälle. Lisäksi paikalliset erot maaperän kosteudessa, ravinteissa sekä kyllästyksen epätasaisuus voivat aiheuttaa lahoamisen nopeuden vaihtelua. Lisäksi tulee muistaa, että tievalopylväät ovat yksilöllisiä. Tievalopylväiden tiheydessä voi olla eroja, jolloin lahoaminen pääsee mahdollisesti etenemään nopeammin verrattuna toiseen tievalopylvääseen. Ei voida myöskään täysin poissulkea huonoa tuotantoerää. Tämä voisi johtua esimerkiksi epäonnistuneesta kylästysprosessista.

Vanhaa valaistusjaksoa saa korjata vanhaan tapaan eli korjatessa pylvään saa asentaa suoraan maahan. Tämä on luonut vaikean tilanteen, sillä muuten terveellä valaistusjaksolla voi olla yksittäisiä hyvin pahasti lahonneita tievalopylväitä. Tilanne syntyy esimerkiksi, kun kolaroidun CCA-kyllästeisen pylvään tilalle laitetaan Tan-E-kyllästetty pylväs. Tan-E-kyllästetty pylväs voi lahota ympärillä olevia pylväitä nopeammin.

Kyllästeaineen vaihtaminen toiseen ei ole suotavaa. Tan-E-kyllästetyt pylväät kestävät paremmin, jos ohjeistusta muutetaan korjauksien osalta. Puupylväät voidaan kohteesta riippuen korvata metallipylväällä, jos kohde sen sallii. Jalustan asennuksen vuoksi kustannusero puupylvään ja metallipylvään välillä pienenee selkeästi.

## 8 YHTEENVETO

Tässä opinnäytetyössä selvitettiin Tan-E–kyllästeaineella kyllästettyjä tievalopylväitä, jotka on rakennettu vuosien 2007 ja 2012 välisenä aikana. Tievalopylväissä havaittiin lahoamista jokaisessa näytteessä. Tievalopylvään lahoamiseen vaikuttavat useat tekijät. Yksittäisistä tekijöistä tärkeimpinä voidaan pitää maaperän kosteuden – ja lämmön vaihtelua sekä ravinteita.

Yksinkertaista syytä tai syitä liian syvällä oleviin tievalopylväisiin ei voida tulosten perusteella päätellä. Tievalaistuspylväät lahoavat monen eri syyn takia ja usein yksilöllisesti tievalaistuspylvääseen kohdistuvien tekijöiden mukaan. Todennäköisesti lahoamiseen vaikuttavat eniten maaperän normaali maankohoaminen, tienprofiilin tasaantuminen sekä pientareen kasvuston leikkausjätteen maatumisen.

Asennus- ja rakennusvirheitä asennuksessa ei voida täysin poissulkea, mutta näiden osoittaminen on vaikeaa, ellei mahdotonta. Rakentamisen aikaiset virheet olisi todennäköisesti huomattu luovutustarkastusta tehtäessä.

Selvityksen tulokset koskevat vain Tan-E–kyllästeaineella kyllästettyjä tievalopylväitä, jotka on asennettu suoraan maahan. Liikenneviraston uudistuneiden ohjeiden mukaan tievalopylvästä ei saa enää asentaa suoraan maavaraisesti, vaan asentamisessa pitää käyttää erillistä pylväsjalustaa. Pylväsjalusta on esimerkiksi betonista valmistettu jalusta, jonka sisään asennettava pylväs asetetaan. Jalustan käytöllä suora maakosketus poistuu. Tämän myötä heikennetyt tievalopylväät kestävät paremmin ja niiden käyttöikä on korkeampi.

Olemassa oleviin suunnitelmiin tulee päivittää tieto jalustan käyttöpakosta puupylväs–asennuksissa. Näillä keinoin pystytään hillitsemään tulevaisuudessa lahoamisen haittoja.

Jo asennettuja tievalopylväitä voidaan yrittää suojata tyvestä esimerkiksi pintaan valeltavalla lisäkyllästeaineella. Lisäksi suosittelen, että kaikki heikennetyt Tan-E-kyllästetyt tievalaistuspylväät käydään läpi ja tarvittaessa maa-ainesta poistetaan pylvään ympäriltä, jos heikennys on maanpinnan alapuolella tai hyvin lähellä maanpintaa.

Hyvänä jatkotutkimusaineena voisi olla vaihtoehtoisten suojausmenetelmien keilut, joilla Tan-E-kyllästetyt pylväät saadaan kestämään 35 vuotta tieolosuhteissa. Samalla tutkimukseen voisi yhdistää Tan-E-kyllästettyjen pylväiden sydänpuun lahoamisnopeuden määrittämisen. Toinen ajankohtainen jatkotutkimus on maastossa heikennettyjen pylväiden lahoisuuden määrittäminen ja selvittäminen. Vuosituhannen vaihteessa heikennetyt tievalopylväät voivat olla huonossa kunnossa ja tulevat vaatimaan saneerausta lähivuosina.

## LÄHTEET

1. Liikennevirasto. – Liikenneviraston ohjeita 2010. Tien valaisinpylväiden ja jalustojen laatuvaatimukset 11.10.2010. Saatavissa: [https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf3/lo\\_2010-14\\_tien\\_valaisinpylvaiden\\_web.pdf](https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf3/lo_2010-14_tien_valaisinpylvaiden_web.pdf). Hakupäivä 21.1.2019.
2. Boren, Hannu 2010. Tulevaisuuden sähköpylväs. Saatavissa: [https://energia.fi/files/1043/Tulevaisuuden\\_sahkopylvaat\\_loppuraportti.pdf](https://energia.fi/files/1043/Tulevaisuuden_sahkopylvaat_loppuraportti.pdf). Hakupäivä 21.11.2018.
3. Liikennevirasto. – Liikenneviraston ohjeita 2015. Maantie- ja rautatiealuiden valaistuksen suunnittelu 13.5.2015. Saatavissa: [https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo\\_2015-16\\_maantie\\_rautatiealueiden\\_web.pdf](https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2015-16_maantie_rautatiealueiden_web.pdf). Hakupäivä 21.11.2018.
4. Tiehallinto, tekniset palvelut 2005. Tievalaistus/sähkö tiedote nro 11E. Saatavissa: [https://julkaisut.vayla.fi/thohje/ttiens/11e\\_tor05.pdf](https://julkaisut.vayla.fi/thohje/ttiens/11e_tor05.pdf). Hakupäivä 4.3.2019.
5. Väylä. – Väyläviraston ohjeita. Tievalaistus/sähkö tiedote nro 13, Julkaisija: Tiehallinto, tie- ja liikennetekniikka 15.11.2001. Saatavissa: <https://julkaisut.vayla.fi/thohje/pdf/tvaltd13.pdf>. Hakupäivä 8.3.2019
6. Liikennevirasto. – Liikenneviraston ohjeita 2017. Törmäysturvallisten valaisinpylväiden tunnistaminen ja kiipeämisrajoitukset 13.7.2017. Saatavissa: [https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/ohje\\_2017\\_tormaysturvallisten\\_valaisinpylvaiden\\_web.pdf](https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/ohje_2017_tormaysturvallisten_valaisinpylvaiden_web.pdf). Hakupäivä 22.2.2019
7. Junttila Yrjö 1996. Maansiirto Junttilan heikennystapa. Hakupäivä 14.12.2018



8. Versowood. Kyllästetyt puupylväät kestävään rakentamiseen. Saatavissa: <https://www.versowood.fi/fi/tuotteet/maa-ja-tierakentamisen-tuotteet/pylvaat>. Hakupäivä 8.3.2019
9. Ilvesmäki, Jarno 2008. 0,4kV ja 20kV:n jakeluverkkojen tarkastustuotteet. Diplomityö. Tampere: Tampereen ammattikorkeakoulu, sähkötekniikan koulutusohjelma. Saatavissa: <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/9781/Ilvesm%C3%83%3Fki.Jarmo.pdf?sequence=2>. Hakupäivä 21.11.2018
10. Avikainen, Jarkko 2015. Sähkönjakeluverkon puupylväiden lahoaminen eri ympäristöissä. Diplomityö. Helsinki: Aalto-yliopisto, sähkötekniikan korkeakoulu. Saatavilla: [https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/16239/master\\_Avikainen\\_Jarkko\\_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/16239/master_Avikainen_Jarkko_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Hakupäivä 21.11.2018
11. Puukemia. Puuaineksen tuhoutuminen, lahoaminen ja puun väri. Saatavissa: <http://puukemia.tkk.fi/fi/opinnot/kurssit/19-1000/luennot/L14.pdf>. Hakupäivä 12.3.2019
12. Wikipedia. Lahoaminen. Saatavissa: <https://fi.wikipedia.org/wiki/Lahoaminen>. Hakupäivä 12.3.2019
13. Tiehallinto. – Tiehallinnon selvityksiä 38/2006. Kalsiumkloridin sivuvaikutukset. Saatavissa: [https://julkaisut.vayla.fi/pdf/3201014-vkalsiumkloridin\\_sivuvaik.pdf](https://julkaisut.vayla.fi/pdf/3201014-vkalsiumkloridin_sivuvaik.pdf). Hakupäivä 3.3.2019
14. Liikennevirasto. – Liikenneviraston ohjeita 2013. Tien poikkileikkauksen suunnittelu 11.6.2013. Saatavissa: [https://julkaisut.vayla.fi/pdf3/lo\\_2013-29\\_tien\\_poikkileikkauksen\\_web.pdf](https://julkaisut.vayla.fi/pdf3/lo_2013-29_tien_poikkileikkauksen_web.pdf). Hakupäivä 1.3.2019.

15. Liikennevirasto. – Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 2017. Tierakenteen ja maaperän kantokyky selvitykset, Liikenneviraston tutkimus 4/2017. Saatavissa: [https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/134184/its\\_2017-04\\_978-952-317-352-1.pdf?sequence=2](https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/134184/its_2017-04_978-952-317-352-1.pdf?sequence=2).  
Hakupäivä 25.2.2019
16. Tiehallinto. – Tiehallinnon selvityksiä 34/2009. Sivukaltevuustunnusluku. Saatavissa: <https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf2/3201148-v-sivukaltevuustunnusluku.pdf>. Hakupäivä 25.2.2019
17. KKO 2015:54. Päätös koskien CCA kyllästeellä käsitellyllä puulla rakennetusta laiturista. Saatavissa: <https://www.kho.fi/fi/index/paatoksia/vuosikirjapaatokset/vuosikirjapaatos/1427972009322.html>. Hakupäivä 25.2.2019
18. Npic. Regulation of CCA Treated Wood. Saatavissa: <http://npic.orst.edu/ingred/ptype/treatwood/ccareg.html>. Hakupäivä 3.3.2019
19. Van Niekerk, Louise 2017. TanE Timber Treatment – why we use it. Saatavissa: <https://capereed.com/tane-timber-treatment-use/>. Hakupäivä 18.2.2019
20. Tpa. Tanalith E Key Benefits. Saatavissa: <http://www.tpa.com.au/services-view/tanalith-e/>. Hakupäivä 26.2.2019
21. Lonza. Wood protection Australia 2016. Saatavissa: <https://www.lonza-woodprotection.com/apac/wp-content/uploads/2016/09/Au-WP-Tanalith-E-May16.pdf>. Hakupäivä 3.3.2019.

22. Wikipedia. Oulun eteläinen alue. Saatavissa:  
[https://fi.wikipedia.org/wiki/Oulun\\_Etel%C3%A4inen](https://fi.wikipedia.org/wiki/Oulun_Etel%C3%A4inen). Hakupäivä  
6.3.2019.

23. Liikennevirasto. – Liikenneviraston ohjeita 2015. Liikenne tietyömaalla -  
Kunnossapitotyöt 03-2015. Saatavissa:  
[https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lo\\_2015-03\\_kunnossapito-tyot\\_web.pdf](https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lo_2015-03_kunnossapito-tyot_web.pdf). Hakupäivä 10.12.2018.

## TIEVALOPYLVÄISTÄ OTETUT NÄYTTEET

Näyte nro	Rakennus- vuosi	Näytteen pituus (mm)	Lahon pituus (mm)	Lahoisuus (%)
1	2007	37	3	8,11
2	2007	35	2	5,71
3	2007	45	9	20,00
4	2007	115	5	4,35
5	2007	115	3	2,61
6	2007	115	2	1,74
7	2007	115	2	1,74
8	2007	115	3	2,61
9	2007	45	4	8,89
10	2007	35	5	14,29
11	2007	37	4	10,81
12	2007	32	7	21,88
13	2007	115	4	3,48
14	2007	115	5	4,35
15	2007	42	2	4,76
16	2008	115	4	3,48
17	2008	24	2	8,33
18	2008	19	4	21,05
19	2008	115	3	2,61
20	2008	38	3	7,89
21	2008	39	6	15,38
22	2008	40	5	12,50
23	2008	115	5	4,35
24	2008	115	4	3,48
25	2008	45	6	13,33
26	2008	45	3	6,67
27	2008	115	10	8,69
28	2008	115	2	1,74
29	2008	115	15	13,04
30	2009	115	3	2,61
31	2009	115	4	3,48
32	2009	115	3	2,61
33	2009	115	6	5,22
34	2009	115	6	5,22
35	2009	46	5	10,87
36	2009	37	6	16,22
37	2009	115	8	6,96
38	2009	29	3	10,34

## LIITE 1

39	2009	38	4	10,53
40	2009	35	2	5,71
41	2010	115	4	3,48
42	2010	44	5	11,36
43	2010	35	5	14,29
44	2010	36	5	13,89
45	2010	115	5	4,35
46	2010	115	7	6,09
47	2010	115	6	5,22
48	2010	115	6	5,22
49	2010	19	4	21,05
50	2010	46	5	10,87
51	2010	31	4	12,90
52	2011	115	3	2,61
53	2011	38	3	7,89
54	2011	115	1	0,87
55	2011	115	1	0,87
56	2011	44	4	9,09

