

Viljami Kauppinen

LIIKENNEJÄRJESTELYJEN SUUNNITTELEMINEN TUULIVOIMAKULJETUKSIA VARTEN

LIIKENNEJÄRJESTELYJEN SUUNNITTELEMINEN TUULIVOIMAKULJETUK- SIA VARTEN

Viljami Kauppinen
Opinnäytetyö
Kevät 2024
Yhdyskuntatekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma, yhdyskuntatekniikka

Tekijä: Viljami Kauppinen

Opinnäytetyön nimi: Liikennejärjestelyjen suunnitteleminen tuulivoimakuljetuksia varten

Työn ohjaaja: Jarmo Erho

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2024

Sivumäärä: 30

Tuulivoimaloiden fyysinen koko on kasvanut ja jatkaa kasvamistaan. Opinnäytetyössä perehdyttiin liikennejärjestelyjen suunnitteluun erikoispitkiä ja -painavia tuulivoimakuljetuksia varten. Tavoitteena oli perehtyä erikoiskuljetuksiin ja erityisesti tuulivoimakuljetuksiin sekä kehittää mahdollisia ratkaisuja kuljetusten kohtaamiin ja luomiin ongelmiin ja haasteisiin yleisesti ja liikennesuunnittelun kannalta.

Opinnäytetyössä perehdyttiin aluksi tuulivoimaloiden historiaan ja taustoihin sekä tuulivoimakuljetuksissa käytettyihin kuljetusmenetelmiin ja -kalustoon. Työssä kävi ilmi, että tuulivoimaloiden koko ja kapasiteetti on kasvanut merkittävästi viimeisten kahdenkymmenen vuoden aikana, minkä vuoksi myös kuljetuskaluston koko on kasvanut ja kuljetusten haastavuus lisääntynyt. Lisäksi perehdyttiin tuulivoimakuljetusten kohtaamiin ongelmiin sekä yleisesti että liikennesuunnittelun näkökulmasta. Liikennesuunnittelun vaatavuus esiteltiin käytännön esimerkillä työmaalta. Raahessa kesän 2023 aikana Raahen sataman kuljetusreitit -työmaalla rakennettiin neljään risteykseen levennykset ja yhteen risteykseen muutettiin tievalaistus lisääntyneiden tuulivoimakuljetusten tarpeisiin. Kommunikaation puute kuljetusyriytysten ja urakoitsijan välillä aiheutti pieniä ongelmia työn aikana. Vastaavat kommunikaatio-ongelmat ovat yleisiä erikoiskuljetusten kohtaamia ongelmia. Opinnäytetyössä pohdittiin mahdollisia ratkaisuja myös kyseisiin kommunikaatio-ongelmiin erikoiskuljetusten eri osapuolten välillä sekä muihin tuulivoimakuljetusten kohtaamiin ongelmiin.

Asiasanat: Tuulivoima, liikennesuunnittelu, erikoiskuljetus

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree Programme in Civil Engineering, Option of Municipal Engineering

Author: Viljami Kauppinen
Title of thesis: Designing Organization of Traffic for Windmill Transportation
Supervisor: Jarmo Erho
Term and year when the thesis was submitted: Spring 2024
Number of pages: 30

The size of wind turbines has grown and continues to grow. The demand for renewable energy is increasing and wind turbines are a popular option. This thesis introduces the history of wind turbines in Finland, wind turbines in general and the equipment and methods used in the transportation process of the turbines and the possible problems these transportations can face.

As a practical example, in this thesis experiences from a work site from the summer of 2023 are used. This project includes widening of four intersection lanes near the Port of Raahe, from which a significant amount of wind turbines is unloaded and transported for the needs of wind farms in Northern Finland. The examples given include different kinds of work required for these transports before, during and after the transportations happen.

The last part of the thesis discusses possible solutions for some of the challenges and problems that turbine transportations face.

Keywords: Wind power, organization of traffic, special transport

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	TUULIVOIMA YLEISESTI.....	7
2.1	Tuulivoiman historiaa Suomessa.....	7
2.2	Tuulivoimalan rakenne	8
3	TUULIVOIMAKULJETUKSET.....	10
3.1	Erikoiskuljetusreitit Suomessa.....	10
3.2	Kuljetusten reitit ja niiden valitseminen.....	11
3.3	Kuljetukset tuulivoimahankkeissa.....	13
3.4	Tuulivoimakuljetusten yleiset ongelmat	16
4	TUULIVOIMAKULJETUSTEN HUOMIOIMINEN LIIKENNESUUNNITTELUSSA.....	19
4.1	Ennakkotyöt.....	20
4.2	Kuljetusten aikaiset työt.....	23
4.3	Kuljetusten jälkeen tehtävät työt.....	25
4.4	Kehitysehdotukset.....	26
4.4.1	Osapuolten vuoropuhelu.....	26
4.4.2	Portaalit ja liikenteenohjauslaitteet.....	26
5	YHTEENVETO	29
	LÄHTEET.....	30

1 JOHDANTO

Tuulivoima on yleistynyt energiamuoto. Aikana, jolloin ihmiskunta pyrkii eroon fossiilisista energiamuodoista, on tuulivoiman kysyntä puhtaana energiamuotona kasvanut merkittävästi maailmalla. Suuren kysynnän vuoksi tuulivoimaloiden koko, määrä sekä kapasiteetti ovat kasvaneet merkittävästi viimeisten kahdenkymmenen vuoden aikana. Tämä on lisännyt tuulivoimakuljetusten haastavuutta. Opinnäytetyössä perehdytään tuulivoimakuljetuksiin, niihin liittyviin ongelmiin ja haasteisiin sekä esitellään keinoja tuulivoimakuljetusten huomioimiseksi liikennesuunnittelussa.

Oulun seudulla merkittävä määrä tuulivoimaloista tuodaan Suomeen meriteitse Raahen sataman kautta: vuonna 2017 tämä määrä oli 27 tuulivoimalaa sekä yli sata tuulivoimalan lapaa (Raahen satama 2017). Raahen satamasta nämä voimalat kuljetetaan erikoiskuljetuksina rakennuspaikoille. Tuulivoimakuljetukset ovat erikoiskuljetuksia, eli normaaliliikenteelle sallittujen massa- ja mittarajojen ylittäviä kuljetuksia (ELY-keskus 2024). Massiivisina yhdistelminä nämä kuljetukset vaativat tarkkaa reittisuunnittelua ja varovaisuutta sekä ammattitaitoa kuljetusta suorittavilta työntekijöiltä. Opinnäytetyössä perehdytään tuulivoimaloiden rakenteeseen, tuulivoimakuljetuksiin, kuljetusten reitteihin, käytettyyn kuljetuskalustoon sekä ongelmiin, joita nämä kuljetukset kohtaavat.

2 TUULIVOIMA YLEISESTI

Uusiutuvana energiamuotona tuulivoima on merkittävässä roolissa ihmiskunnan pyrkiessä eroon uusiutumattomista energiamuodoista, kuten hiili- ja öljyvoimasta. Tuulivoima on lähes päästötön energiamuoto ja sen rooli Suomen ilmastotavoitteissa on merkittävä. Tavoitteena Suomessa on nostaa tuulivoiman osuus kansallisesta energiantuotannosta 50 prosenttiin Suomen energiantuotannosta. (Motiva Oy 2021.) Tuulivoima myös lisää Suomen energiaomavaraisuutta, kun sähköä tuotetaan maan sisällä.

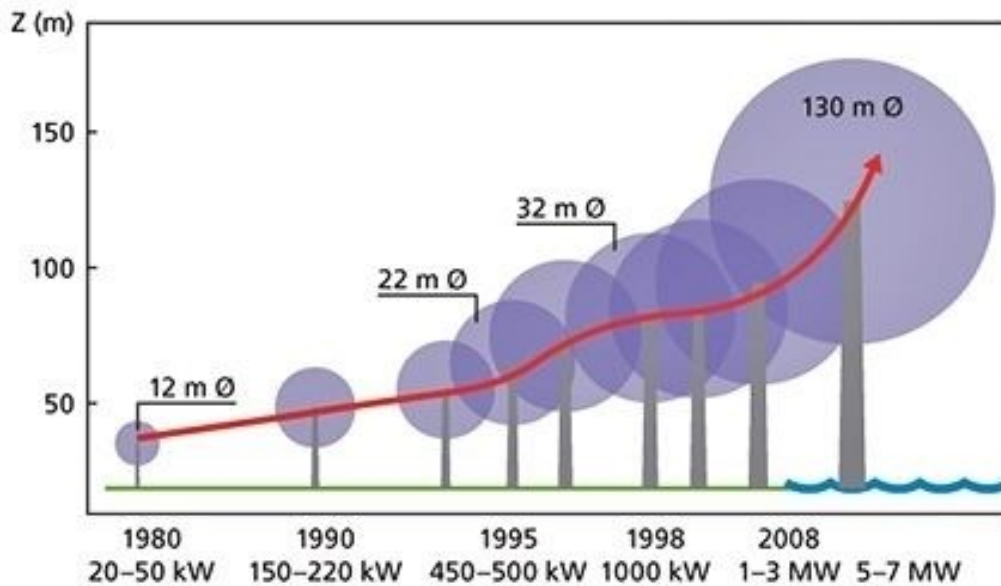
2.1 Tuulivoiman historiaa Suomessa

Suomen ensimmäinen tuulivoimala rakennettiin vuonna 1986 Imatran voima Oy:n omistamalle koe-laitokselle Kopparnäsiin. Ensimmäinen tuulipuisto rakennettiin Korsnäsiin, joka sijaitsee Pohjanmaalla. Tuulipuistossa oli neljä kahdensadan kilowatin tuulivoimalaa. 1990-luvulla rakennettiin myös tuulivoimatutkimukselle merkittävät voimalat Siikajoelle, Kemiin sekä Kalajoelle. Nämä ensimmäiset voimalat olivat tärkeässä roolissa tuulivoiman kehityksessä. Pohjois-Pohjanmaan voimaloista saatiin merkittävää tietoa tuulivoimaloiden toimivuudesta arktisissa olosuhteissa. (Suomen tuulivoimayhdistys ry.)

Vuonna 1996 kauppaja- ja teollisuusministeriön energiainvestointien tukijärjestelmä sai aikaan harppauksen suomalaisessa tuulivoimassa. Tukijärjestelmä tarjosi tuulivoiman rakennushankkeille 40 prosentin investointitukea, joka kannusti panostamaan tuulivoimaan. Vuosina 1994–1996 Suomessa rakennettiin tuulivoimaa suunnilleen kolmen megawatin verran. Vuonna 1999 Suomen tuulivoiman määrä kaksinkertaistui tukijärjestelmän tultua voimaan. 2000-luvulla tuulivoimarakentaminen hiipui vuoden 1999 määrästä. (Suomen tuulivoimayhdistys ry.)

Vuonna 2009 Suomen hallitus antoi esityksen syöttötariffilainsäädännöstä. Syöttötariffijärjestelmän tultua käytäntöön alkoi 2010-luvulla merkittävä tuulivoiman rakentaminen Suomessa. Vuonna 2015 ylitettiin 1000 megawatin raja Suomen tuulivoimakapasiteetissa ja 2000 megawatin raja taas ylitettiin jo vuonna 2018. Vuonna 2018 julkaistiin ensimmäinen markkinaehtoinen tuulivoimahanke Suomen historiassa. (Suomen tuulivoimayhdistys ry.)

Tuulivoimaloiden koko ja kapasiteetti on kasvanut merkittävästi vuodesta 1986. Korsnäsiin vuonna 1986 rakennettu voimala oli kapasiteetiltaan 200 kilowattia. (Suomen tuulivoimayhdistys ry.) 2020-luvulla rakennettavista voimaloista suurimmat ovat kapasiteetiltaan 10 megawattia (Motiva Oy 2023). Kuva 1 havainnollistaa tuulivoimaloiden kokoluokan kasvua vuodesta 1980 vuoteen 2008. Kasvu on ollut suurta ja voimaloiden ja siipien pituuden kasvaessa myös tuulivoimakuljetukset ovat muuttuneet haastavammiksi.



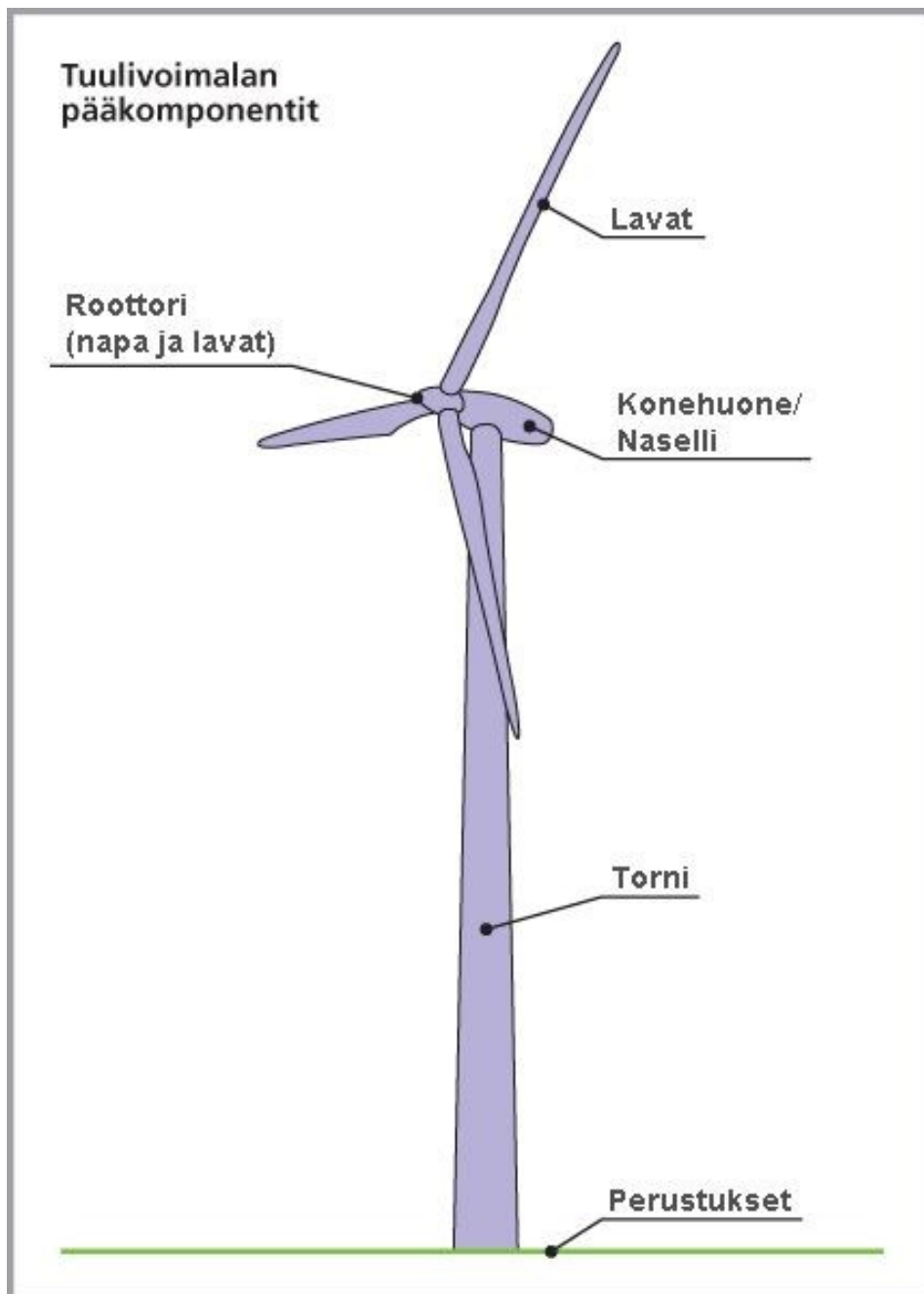
KUVA 1. Tuulivoimaloiden koon kehitys (Motiva Oy 2023)

2.2 Tuulivoimalan rakenne

Tuulivoimalat rakennetaan komponenteista, jotka rakennetaan tehtaissa ja kuljetetaan voimalan alueelle kukin erikseen, lukuun ottamatta perustuksia, jotka rakennetaan paikan päällä. Tuulivoimalan rakenteeseen kuuluu viisi pääkomponenttia:

- perustukset
- torni
- konehuone
- roottori
- lavat.

Tuulivoimaloiden koot vaihtelevat. Teolliset voimalat ovat korkeudeltaan 50–180 metriä ja roottorit ovat halkaisijaltaan 40–150 metriä. Voimalat rakennetaan teräksisistä runkokomponenteista, jotka ovat muodoltaan putkia. Nämä tornit kiinnitetään betoniin tai teräsrakenteisiin perustuksiin, joiden on oltava riittävän kestäviä kannattelemaan voimalan suuri massa. Yksittäinen tuulivoimalan lapa painaa kymmeniä tonneja. Kuva 2 havainnollistaa tuulimyllyn rakenteen.



KUVA 2. Tuulimyllyn rakenne (Motiva Oy 2023)

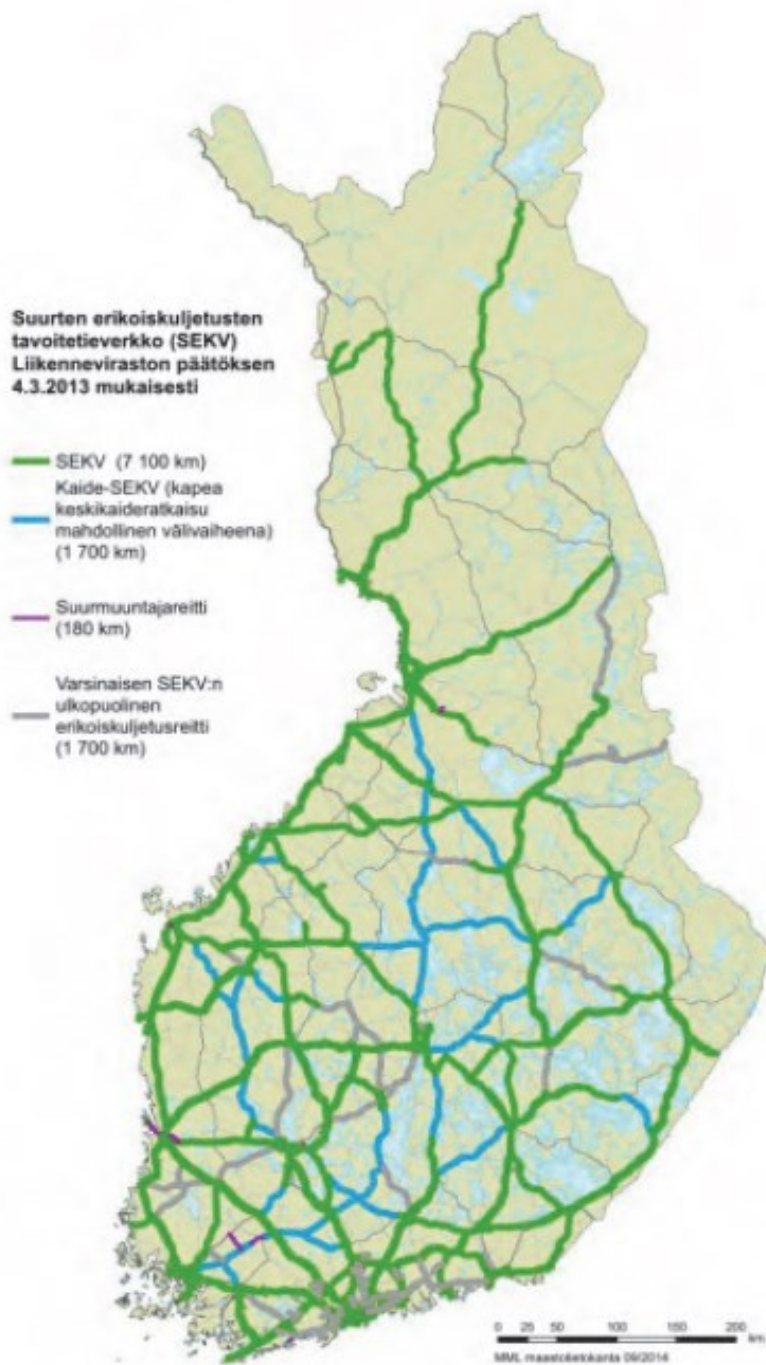
3 TUULIVOIMAKULJETUKSET

Tuulivoimakuljetukset ovat erikoiskuljetuksia, eli ne ylittävät normaaliliikenteelle sallitut mitta- tai massarajat. Tällaiset kuljetukset tulevat kyseeseen silloin, kun kuljetettavaa kohdetta ei voida kohdittuullisin kustannuksin tai vahinkoa aiheuttamatta jakaa useampiin erillisiin kuljetuksiin. (Peteri 2024.) Muista erikoiskuljetuksista tuulivoimakuljetukset eroavat erityisesti siipikuljetusten pituuden vuoksi.

3.1 Erikoiskuljetusreitit Suomessa

Erikoiskuljetusten reitit suunnitellaan yhdessä viranomaisten kanssa ja ne kulkevat pääosin suurten erikoiskuljetusten verkkoa (SEKV) täydentäviä reittejä pitkin. Näiden reittien mitoitus perustuu 7x7x40 metrin kokoiseen kuljetukseen. Mikäli kuljetus on massaltaan erittäin suuri, voi olla tapauskohtaisesti tarpeen etsiä vaihtoehtoisia reittejä, jotka kiertävät mahdolliset heikot sillat. (Peteri 2024.)

Vuonna 2013 liikennevirasto teki päätöksen valtakunnallisesta suurten erikoiskuljetusten tavoitetieverkon perustamisesta. Suomessa varsinaista SEKV:a on 7130 kilometriä sekä kaide-SEKV-reittiä 1740 kilometriä. ELY-keskukset ovat täsmentäneet verkkoa alueillaan. (Traficom 2013.) Suurten erikoiskuljetusten verkkoon kuuluu maanteitä, yksityisteitä ja katuja. Verkosto kattaa lähes koko maan pohjoisinta Lappia lukuun ottamatta. Kuva 3 havainnollistaa suurten erikoiskuljetusten verkostoa Suomessa.



KUVA 3. Suurten erikoiskuljetusten verkko Suomessa (Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus 2018)

3.2 Kuljetusten reitit ja niiden valitseminen

Erikoiskuljetusten reitit valitaan kohteiden sijainnin mukaan. Tämän vuoksi reittien vaihtoehdot ovat yleensä varsin rajalliset. Yleisesti ottaen tuulivoimakuljetusten kannalta parhaita reittejä ovat mah-

dollisimman leveät ja avarat tiet. Usein kuitenkin erimerkiksi siltojen aiheuttamat kantavuus- ja ulotumarajoitteet pakottavat kuljetukset pienemmille teille ja kuntien katuverkoille. Mahdollisuuksien mukaan suositellaan käyttämään suurten erikoiskuljetusten verkkoa, mutta usein tältä joudutaan poikkeamaan. Tuulivoimahankkeet sijaitsevat usein syrjäseuduilla, joten joskus kuljetukset voivat joutua kulkemaan pitkiäkin matkoja pienillä metsäteillä. (Peteri 2024.)

Erikoiskuljetukset tarvitsevat erikoiskuljetusluvan, joita on kahdentyyppisiä. On reittikohtaisia lupia, jotka haetaan aina tietyn hankkeen tarpeeseen tietylle reitille. Reittikohtaiset luvat ovat aina voimassa vain menosuuntaan. Luvat myöntää Pirkanmaan ELY-keskus Suomessa Ahvenanmaata lukuun ottamatta. Kuljetuksen tarvitsemat luvat haetaan ELY-keskukselta sähköisen asiointipalvelun kautta. On myös reitistö lupia, joissa tiet ja alueet, joilla luvalla saa liikkua, on rajoituksineen määritelty ennakkoon. (Peteri 2024.) Lupatyyppin valinnassa luvanhakijaa auttamaan on ELY-keskuksella verkkosivuillaan erikoiskuljetusapuri, jossa valitaan kuljetuksen tyyppi sekä tarpeet vaihe vaiheelta, jonka jälkeen apuri antaa suosituksia lupatyyppin valintaan.

ELY-keskus lähettää myönnetystä luvista tiedon Fintrafficille. Mikäli kuljetuksen korkeus tai leveys ylittää 7 metriä tai pituus 40 metriä, on tiedon oltava Fintrafficin tieliikennekeskuksessa vähintään kaksi päivää ennen kuljetuksen lähtöä. Erikoiskuljetuksen vetäjän tulee olla koko matkan ajan säännöllisesti yhteydessä Fintrafficin tieliikennekeskukseen raportoiden kuljetuksen sijainnista ja tilanteesta. Fintrafficin liikennekeskus tiedottaa tilanteesta medialle, tienkäyttäjille sekä tarvittaessa viranomaisille. Lisäksi tieliikennekeskus ylläpitää tilannekuvaa reaaliajassa ja koordinoi tietoja ja pyyntöjä eri tahoilta oikeaan paikkaan. (Peteri 2024.)

Pohjois-Pohjanmaalla suurten erikoiskuljetusten verkko kulkee länsirannikkoa pitkin haarautuen itään neljässä kohdassa. Tuulivoimakuljetukset lähtevät satamista, joten reitit alkavat rannikolta. Pohjois-Pohjanmaalla tuulivoimakuljetukset pääsevät suurten erikoiskuljetusten verkostoa pitkin toimivasti kohtuullisen lähelle kohdettaan riippumatta sen sijainnista. Tästä poikkeuksena on valtatie 20 eteläpuolinen alue, jossa kuljetukset voivat joutua poikkeamaan suurten erikoiskuljetusten verkolta merkittävästi. Kuva 4 havainnollistaa suurten erikoiskuljetusten verkon reitit Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskuksen alueella.



KUVA 4. Suurten erikoiskuljetusten verkko Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskuksen alueella (Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus 2018)

3.3 Kuljetukset tuulivoimahankkeissa

Tuulivoimahankkeissa kuljetusten määrä on suuri, sillä voimala kuljetetaan osissa tuulivoimalan suuresta koosta ja painosta johtuen. Jokainen siipi vaatii oman kuljetuksensa, kuten myös jokainen

tornin elementti ja konehuone. Tuulivoimahankkeiden kuljetuksissa käytetään suurten erikoiskuljetusten verkkoa kuten kaikissa muissakin erikoiskuljetuksissa. Tuulivoimakuljetus on mittava operaatio, erityisesti siipikuljetusten kohdalla, sillä yhden siiven mitta voi ylittää sata metriä. Tällainen kuljetus vaatii useita saattoautoja sekä merkittäviä valmisteluja reitin varrelle ennen kuljetusten alkamista. Reitin varrella olevat portaalit, liikennemerkkit, valaisinpylväät sekä mahdollisesti tienvarren puusto tulee huomioida ja tarvittaessa raivata tai kaataa, jotta sekä kuljetettava siipi että portaalit, liikennemerkkit ja valaisinpylväät säilyvät ehjinä ja toimivina (Peteri 2024). Kuva 5 havainnollistaa tuulivoimalan siipikuljetuksen pituutta ja kokoa.



KUVA 5. Siipikuljetus (Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus 2023)

Tuulivoimakuljetuksissa, kuten kaikissa muissakin tieverkolla tehtävissä töissä, erityisen tärkeää on liikenneturvallisuuden säilyminen hyvänä koko kuljetuksen ajan. Erityishuomiota vaaditaan ras-

kaasti liikennöidyillä teillä, kuten valta- ja moottoriteillä, joita pitkin kuljetukset usein kulkevat. Kuljetukset ovat usein myös leveydeltään niin suuria, että kuljetuksen ohittaminen on usein vaarallista. Ohitusten estäminen tarvittaessa on saattoautojen tehtävä. Tuulivoimalan tornia kuljetettaessa kuljetuksen leveys ylittää usein sallitut rajat ja aiheuttaa haasteita ja mahdollista vaaraa ohitustilanteissa. Kuva 6 havainnollistaa tuulivoimalan tornielementin kuljetuksen kokoa.



KUVA 6. Tuulivoimalan tornielementti kuljetuksessa (Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus 2023)

Tuulivoimahankkeiden sijainti on usein kaukana asutuksesta ja tämän vuoksi kuljetusten loppuvaiheessa joudutaan usein poikkeamaan suurten erikoiskuljetusten verkolta. Tällöin joudutaan kaatamaan paljon metsää metsäteiden varrelta, rakentamaan täysin uusia teitä ja vahvistamaan entisiä metsäteitä, jotta niiden kantavuus riittää tuulivoimakuljetusten ajan. Hankkeen valmistuttua alueella liikkuu lähinnä huoltoliikennettä, joka ei vaadi toimintaansa näitä vahvistettuja ja levennettyjä tierakenteita. (Peteri 2024.)

3.4 Tuulivoimakuljetusten yleiset ongelmat

Tuulivoimaloiden siipikuljetukset ylittävät suurten erikoiskuljetusten verkon mitoituksen, mikä luo mahdollisia haasteita esimerkiksi jyrkissä mutkissa. Siipikuljetusten pituuden vuoksi reitin varrelta joudutaan usein kaatamaan metsää sekä väliaikaisesti siirtämään valaisinpylväitä sekä opasportaaaleja. Usein nämä portaalit jäävät tien varrelle odottamaan pystytystä pitkäksi aikaa, jolloin ne kärsivät luonnonvoimista ja korroosiosta, eivätkä välttämättä ole rakenteellisesti kestäviä ja turvallisia. (Peteri 2024). Mitoituksen ylityksen vuoksi tuulivoimakuljetuksille aiheutuu ylimääräisiä menoeriä, kuluja sekä työtä. Metsän kaataminen ja pylväiden sekä portaalien siirto on työlästä ja aikaa vievää. Lisäksi portaalien ja pylväiden irrottaminen ja siirtäminen sekä takaisin paikoilleen nostaminen turvallisesti vaatii nostokalustoa ja liikenteenohjausta sekä ammattitaitoiset ja pätevät työntekijät.

Ongelmat kommunikaatiossa tuulivoimakuljetusten eri osapuolten välillä ovat merkittäviä. Vuoropuhelu tuulivoimatoimijan ja tienpitäjän välillä jää usein liian myöhäiseen vaiheeseen, jonka vuoksi kuljetuksen vaatimiin järjestelyihin, eli lupaprosessiin ja suunnittelu- ja toteuttamissopimuksen tekemiseen, jää liian vähän aikaa. (Peteri 2024.) Kaikkien hankkeen osapuolten tulee olla tietoisia omista ja muiden tehtävistä tuulivoimakuljetukseen liittyen. On tärkeää, että jokainen tietää, milloin hänen tulee olla aktiivinen tuulivoimakuljetuksen aikana ja keneen olla tarvittaessa yhteydessä. Tämän varmistamiseksi suositellaan tuulivoimakoordinaattorin nimeämistä ELY-keskukselle ja tienpitokoordinaattorin nimeämistä tuulivoimatoimijalle. (Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus 2023.) Tuulivoimatoimijoiden vaihtuvuus on yleistä. Usein hankkeen alussa tuulivoimatoimijaksi valittu urakoitsija jää pois hankkeesta sen aikana ja tämän tilalle joudutaan hankkimaan uusi toimija kesken hankkeen. (Peteri 2024.) Tämän vuoksi lausunnot, suunnitelmat ja muut olennaiset dokumentit joudutaan päivittämään moneen kertaan ja puutteiden mahdollisuus kasvaa. Lisäksi tämä vaihtuvuus luo hankaluuksia kommunikoinnissa, sillä osapuolten väliset yhteydet ovat vakautuneet ja toimijat tulleet tutuiksi keskenään. Kun yksi osapuoli poistuu, voi korvaajaksi tulleen olla vaikeaa päästä mukaan hankkeeseen riittävän sujuvasti.

Ongelmia on usein myös tarvittavien lausuntojen, liikenneselvitysten, tarvittavien lupien ja sopimusten kohdalla. Tuulivoimatoimijat toimittavat tarvittavat asiakirjat usein liian myöhään ja valmiiksi tiukasti aikataulutettu tuulivoimahanke myöhästyy helposti. Tarvittavien lupien haku tehdään myöhään tai väärällä tavalla, eikä lupia ehditä myöntää ajoissa. ELY-keskus on kehittänyt apuvälineitä

luvanhakuprosessin yksinkertaistamiseksi ja näiden ongelmien vähentämiseksi verkkosivuilleen, josta hakija pystyy etsimään kuljetustyyppinsä tarpeisiin. (Peteri 2024.)

Tuulivoimahankkeissa toimijoina on paljon ylikansallisia ja ulkomaisia, esimerkiksi tanskalaisia yhtiöitä, jotka eivät usein ole tietoisia Suomen käytännöistä tai keliolosuhteista. Esimerkiksi kelirikko ja liukkaat ajoradat ovat tuntemattomia asioita näille toimijoille, mikä aiheuttaa helposti vaaratilanteita ja mahdollisia kalustorikkoja sekä vaurioita kuljetettaviin tuulivoimaloiden osiin. Kelirikko on myös merkittävä ongelma alemman maantieverkon teillä, joiden kunto on varsin huono. Tästä aiheutuu kantavuusongelmia, joiden ratkaiseminen vie aikaa ja resursseja. (Peteri 2024.)

Ympäristölle aiheutuvat haitat tuulivoimahankkeissa jäävät usein vähemmälle huomiolle tuulivoiman ollessa uusiutuvaa energiaa ja täten erittäin haluttua. Tuulivoimakuljetusten vuoksi joudutaan kaatamaan verrattain paljon metsää uusien metsäautoteiden tieltä sekä itse tuulipuistoalueelta tuulivoimaloiden perustusten rakentamisen vuoksi. Nämä tiet pilkkovat metsäalueita pienempiin osiin ja vaikuttavat alueen luonnon koskemattomuuteen negatiivisesti. Hankkeen valmistuttua nämä leveät tiet jäävät pysyviksi, mutta tarpeettoman suuriksi. Asiaa havainnollistaa hyvin kuva 7, jossa on varsin leveä soratie tuulivoimapuistolle Lapissa.



KUVA 7. Tuulipuistoon vievä metsätie Lapissa (Suomen tuulivoimayhdistys ry)

Tuulivoimakuljetusten aikataulut ovat tiukkoja ja aikaikkunat, jolloin ne voivat kulkea, ovat lyhyet. Kuljetukset pyritään järjestämään sellaisina aikoina, kun liikennemäärät ovat pieniä, esimerkiksi öisin. Kuitenkin kuljetuksista aiheutuu haittaa kuljetuksiin käytettävien tiealueiden muille käyttäjille sekä reitin varren asukkaille ja toiminnoille. Hankkeen ensimmäisen ja viimeisen kuljetuksen aikaväli voi myös olla pitkä, jolloin esimerkiksi reitin varrelta kaadetut valaisinpylväät tai opastusportaalit ovat poissa käytöstä pitkään. (Peteri 2024.) Erityisesti valaisinpylväiden kohdalla tämä on ongelma, sillä pylväiden tulee olla toiminnassa elokuun puolivälistä alkaen. Katuvalaistuksen siirto oli osa Raahen sataman kuljetusreitit -työmaata kesällä 2023. Tämä oli kiireisin työvaihe, sillä urakka-aikaa työmaalla oli elokuun loppuun, mutta valaistuksen tuli olla käytössä elokuun puolessa välin. Tällainen pysyvä siirto valaisinpylväille tehtiin, jotta Raahen satamasta lähtevät tuulivoimakuljetukset, erityisesti voimaloiden siivet, mahtuisivat kulkemaan niille tarkoitettua reittiä osumatta valaisinpylväisiin.

4 TUULIVOIMAKULJETUSTEN HUOMIOIMINEN LIIKENNESUUNNITTELUSSA

Opinnäytetyössä perehdytään käytännön tasolla tuulivoimakuljetusten huomioimiseen liikennesuunnittelussa tarkastelemalla kesän 2023 aikana toteutettua työmaata Raahessa Raahen sataman ja valtatie 8 välisellä alueella. Työmaalla levennettiin viisi risteysaluetta kyseisellä alueella. Urakkaan kuului myös valaisinpylväiden ja muiden rakenteiden siirtoa, kuivatusrakenteiden rakentamista sekä risteysalueiden kiveyksien madaltamista. Kyseessä oli Raahen sataman kuljetusreitit -kokonaisurakka, jonka pääurakoitsijana toimi Peab Industri oy. Kyseessä oli EU-rahoitteinen Raahen kaupungin urakka, jota Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus valvoi. EU-rahoitus kattoi puolet urakkasummasta Raahen kaupungin kustantaessa vastavuoroisesti puolet.

Kesän aikana urakka-alueella kulki säännöllisesti tuulivoimakuljetuksia, jotka jouduttiin huomioimaan rakentamisessa. Kuljetukset lähtivät iltapäivällä, joten päivän aikana avattu kaivanto täytyi saada illaksi täytettyä. Tämä hidasti osaltaan rakentamisen edistymistä, mutta tuulivoimakuljetukset pääsivät kulkemaan. Kuvassa 8 on esitetty työmaan sijainti Raahessa viidellä eri värein merkityllä ympyrällä.



KUVA 8. Raahen sataman kuljetusreitit -työmaan kohteiden sijainnit (Peab Industri Oy 2023)

4.1 Ennakkotyöt

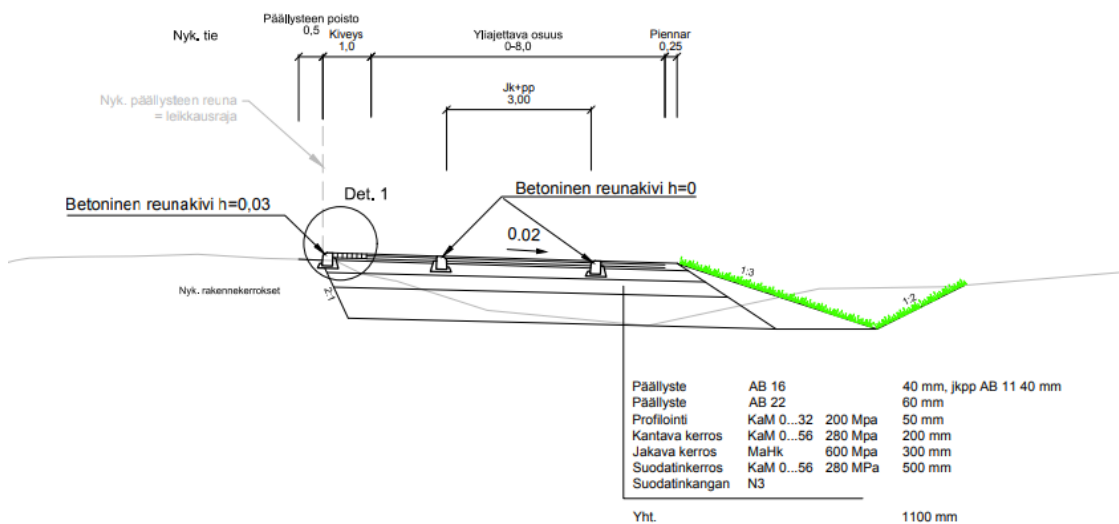
Tuulivoimakuljetukset ovat erittäin suuria erikoiskuljetuksia, jotka vaativat ennakkotöitä teillä, joilla ne kulkevat. Tierakenteet on todella harvoin valmiiksi mitoitettu kestämään niin raskaita kuormia, jolloin niitä täytyy vahvistaa esimerkiksi massanvaihdolla. Raahan sataman kuljetusreitit -työmaalla rakennettiin kesän 2023 aikana neljä levennyskaistaa risteysalueille. Rakenteista tuli pysyviä ja niiden tulee kestää suuri määrä tuulivoimakuljetuksia. Kyseisillä risteysalueilla siirrettiin myös ka-
tuvalaisimia ja liikennemerkkejä.

Risteyksille oli aiemmin rakennettu tuulivoimakuljetusten tarpeisiin väliaikaiset levennysrakenteet, jotka purettiin uuden pysyvän levennyksen tieltä. Koko kesän jatkuneet tuulivoimakuljetukset hidastivat työtä, sillä kuljetusten vuoksi rakentajien tuli saada täytettyä päivän aikana kaivamansa massa vaihdettavalla rakenteella, eikä avoimia kaivantoja voitu jättää, mikäli seuraavana iltana satamasta oli lähdössä tuulivoimakuljetuksia. Kuvassa 9 näkyy tuulivoimalan runkoelementti kuljetuksessa työmaa-alueella kesällä 2023.



KUVA 9. Erikoiskuljetus Raahan satamasta (Peab Industri Oy 2023)

Levennyksiin rakennettiin vahvat pohjarakenteet, jotka sopivat kuitenkin olemassa olevaan tierakenteeseen. Ongelmia aiheutui tietyissä kohdissa, joissa vanha tierakenne oli masuunikuonaa. Tämä kuona oli vuosien saatossa kovettunut lähes betonimaisen kovaksi rakenteeksi ja rakenteen rikkominen kaivinkoneella oli todella hidasta. Uusi rakenne sisälsi useita rakennekerroksia, hiekkaa, masuunihiekkaa, palakuonaa sekä erikokoisia murskekerroksia. Rakenteet olivat paksuudeltaan yli yhden metrin. Kerrosten alle asennettiin N3-laatuinen suodatinkangas estämään rakennekerrosten sekoittuminen kaivannon pohjan maa-ainekseen. Rakenteisiin tullut masuunihiekka- ja kuona saatiin SSAB:n terästehtaalta Raahesta, joka sijaitsi työmaan läheisyydessä. Myös käytetty kiviaines saatiin työmaan läheltä Raahen Hummastinvaaralta. Kuva 10 havainnollistaa yhden työmaalla rakennetun levennyksen rakenteen.



KUVA 10. Levennysrakenteen poikkileikkaus (Peab Industri Oy 2023)

Liikenneturvallisuuden lisäämiseksi rakennetuissa levennyksissä oli betonikiveys, joka erottaa levennyksen ajokaistasta ja ohjaa liikennettä pysymään sille tarkoitetulla kaistalla. Reunakiveys on kolme senttimetriä korkeammalla kuin viereinen ajokaista. Reunakiveyksen lisäksi rakennettiin yhden metrin levyinen kaistale sauvakiveystä visuaalista ohjausta varten. Tämän kiveyksen lisäksi suunnitelmaan kuului yliajon kestävät pollarit estämään liikennettä ajautumasta levennykselle, mutta näitä pollareita ei kesän aikana asennettu. Pollareiden kestävydestä heräsi epäilyksiä, sillä ne todettiin suunnitellun kaupunkialueille esimerkiksi hälytysajoneuvojen yliajettaviksi. Erittäin raskaita tuulivoimakuljetuksia ne tuskin kestäisivät. Kuljetuksia edeltäviin töihin kuului myös risteysalueen liikennemerkkien uusiminen sellaisiksi, jotka ovat kätevästi irrotettavissa ja takaisin asennettavissa. Tämä toteutettiin, jotta kuljetusten aikana saattoautot pystyvät nopeasti ja tehokkaasti irrottamaan liikennemerkit ja viimeisenä tuleva saattoauto saisi ne nopeasti ja ehjänä paikoilleen.

hidastamatta kuljetuksen kulkua. Kuvassa 11 näkyy rakennettu betonikiveys sekä kiveyksen viereistä asfaltointityötä.



KUVA 11. Betonikiveys risteyksen levennyksessä (Peab Industri Oy 2023)

Levennysrakenteisiin levitetty asfalttikerros rakennettiin kahtena kerroksena, jotta se kestäisi varmasti tuulivoimakuljetusten aiheuttaman rasituksen. Alempi asfalttikerros tehtiin kohteesta riippuen joko AB22-asfaltista tai ABK32-asfaltista. Tällä työmaalla asfaltointi tehtiin vaiheittain, sillä levennysrakenteet haluttiin saada käyttöön mahdollisimman nopeasti. Esimerkiksi kohteen 2 levennys asfaltoitiin samalla, kun kohteella 4 vasta suoritettiin massanvaihtoja. Tällä toimintatavalla helpotettiin kesän tuulivoimakuljetuksia mahdollisimman paljon ja vähennettiin työmaasta niille aiheutuva haittaa. Kuvassa 12 näkyy kohteen 2 asfaltointia.



KUVA 12. Levennysrakenteen asfaltointia (Peab Industri Oy 2023)

4.2 Kuljetusten aikaiset työt

Tuulivoimakuljetukset ovat vaativia ja suuria operaatioita. Hyvin usein erityisesti voimaloiden siipiä kuljetettaessa joudutaan reitin varrelta kaatamaan liikennemerkkejä sekä portaaleja. Raahan työmaan aikana kuljetusten saattoautoilla nämä kaadetut liikennemerkit jäivät usein palauttamatta kunnolla paikoilleen. Tämän vuoksi liikennemerkit asennettiin suunnitelmien mukaisesti helposti irrotettavalla tavalla. Aiempi pysyvä jalusta oli särkynyt, kun liikennemerkki oli voimaa käyttäen irrotettu. Uusilla jalustoilla pyrittiin siihen, ettei näin kävisi.

Työmaalla suurin haaste olivat kesän aikana liikkuneet tuulivoimakuljetukset. Näiden vuoksi aiemmin rakennettuja väliaikaisia levennysrakenteita ei voitu suoraan poistaa, vaan niiden tilalle oli vaiheittain rakennettava välittömästi uutta. Tämä oli omiaan hidastamaan työn kulkua. Ongelmia ilmeni myös yhteydenpidossa työmaan rakentamista suorittavan urakoitsijan sekä kuljetusurakoitsijan välillä. Kesän aikana pyrittiin selvittämään viikoittaiset kuljetusaikataulut työn suunnittelun ja rakentamisen jouhevuuden edistämiseksi. Kuitenkaan kuljetuksista ei aina saatu ajoissa tietoa ja

kuljetukset saattoivat ilmaantua työmaalle aiemmin kuin oli ilmoitettu. Pääsääntöisesti kuljetukset lähtivät Raahen satamasta noin kello 17.00, jolloin työt työmaalla oli kyseisen päivän osalta saatu tehtyä. Kuljetusaikataulujen selvittämiseksi jouduttiin joka maanantai soittamaan kuljetuksista ja kyselemään lähtevien kuljetusten määrää sekä aikatauluja.

Levennyksen asfaltointit jouduttiin myös tekemään osaksi kuljetusten aikana. Karkearakeisempi pohjamassa pyrittiin levittämään jokaiseen kohteeseen mahdollisimman nopeasti, jotta kuljetukset eivät rikkoisi rakennekerroksia. Joitain kertoja kuljetukset menivät, kun pintana oli pelkkä jakava murskekerros, jota jouduttiin jokaisen kuljetuksen jälkeen tasoittamaan ja tiivistämään uudelleen. Kun levitettiin pohjamassa-asfalttia, rakenteet eivät enää kuljetusten painosta häiriintyneet ja särkyneet. Tätä asfaltointia seurasi kiveyksen rakentaminen. Levennyksiin rakennettiin alkuperäiseen tienpintaan kolmen senttimetrin korotus betonisella reunakivellä sekä yhden metrin levyinen kais-tale sauvakiveä visuaalista ohjausta varten. Massanvaihtojen aikana ongelmaksi muodostunut vanha masuunihiekkakerros hidasti myös kiveyksen rakentamista. Kuvassa 13 näkyy kohteen 4 toinen levennys, johon on levitetty pohjamassa-asfalttia, sekä levennysrakenteen koko ja leveys. Kuvassa näkyy myös punaisella merkattu reunakivilinja.



KUVA 13. Levitetty pohjamassa levennysrakenteessa (Peab Industri Oy 2023)

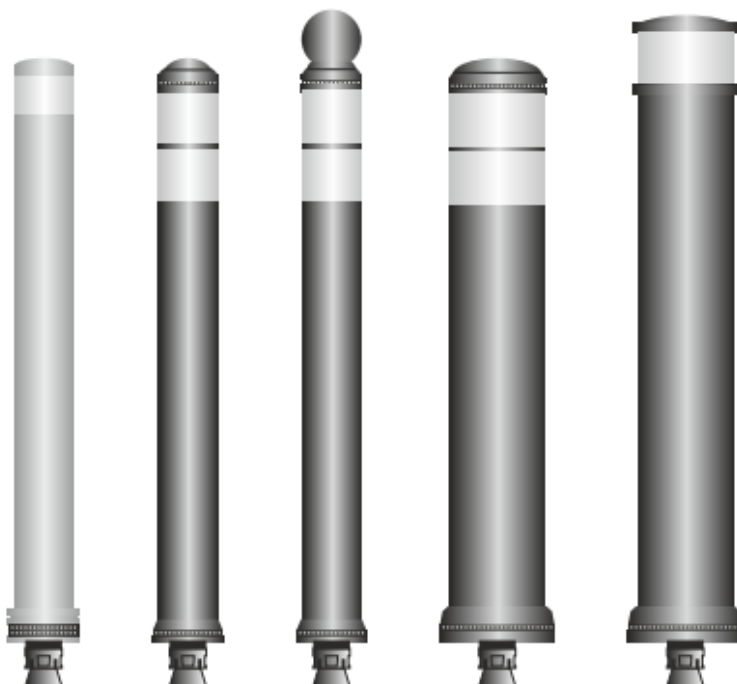
4.3 Kuljetusten jälkeen tehtävät työt

Kuljetusten jälkeisenä työnä saattoautoista viimeisenä tuleva palauttaa kuljetuksen tieltä kaadetut tai siirretyt tienvarren laitteet, kuten liikennemerkkit, takaisin paikoilleen. Usein tämä tehtiin kiireellä ja hieman huolimattomasti ja levennysrakenteiden kanssa työskentelevät työntekijät joutuivat näitä korjaamaan. Muita kuljetusten jälkeisiä töitä olivat uusien, helposti irrotettavien liikennemerkkien asentaminen risteysalueille ja päältä ajettavien liikenteenohjauspollareiden asentaminen betonikävelykkeeseen. Näitä pollareita ei lopulta asennettu, sillä niiden todettiin olevan tarkoitettu esimerkiksi kaupunkien keskusta-alueille erottamaan ajoneuvoliikennöidyt tiet kävelykaduista, jossa lähinnä hälytysajoneuvot tulevat ajamaan niiden yli. Erittäin raskaat tuulivoimakuljetukset olisivat lähes varmasti rikkoneet pollarit, joten ne jätettiin toistaiseksi asentamatta. Kyseessä oli suomalaisen Elpac Oy:n taipuisa CITY-pollari. Merkittävin ongelma pollarissa tuulivoimakuljetusten kannalta oli pollarin yläosan kova muovirakenne, joka olisi varmasti murtunut, kun sen päältä olisi ajettu raskaan kuorman kanssa. Kuva 14 havainnollistaa kyseiset pollarit.

Taipuisat pollarit

JISLON CITY-pollari

Asennusohjeet



KUVA 14. Taipuisat pollarit (Elpac Oy)

Kuten opinnäytetyössä on aiemmin todettu, liikenteenohjausportaaleja kaadetaan usein tuulivoimakuljetusten ajaksi. Nämä portaalit jäävät usein tien varren ojiin makaamaan pitkiksi ajoiksi, jolloin ne altistuvat luonnonvoimille ja korroosiolle (Peteri 2024.) Portaalit ovat kalliita rakenteita ja niiden altistuminen korroosiolle luo liikenneturvallisuusriskin sekä vältettävissä olevia kustannuksia.

4.4 Kehitysehdotukset

Opinnäytetyön lopuksi pohditaan mahdollisia ratkaisuja sekä kehitysehdotuksia aiemmin esille tuotuihin epäkohtiin ja ongelmiin. Näiden ehdotusten ei ole tarkoitus olla lopullisia ratkaisuja, vaan ne ovat pohdintaa mahdollisista tavoista ratkaista ongelmia tai kehittää toimintaa tuulivoimakuljetusten kannalta.

4.4.1 Osapuolten vuoropuhelu

Tuulivoimakuljetusten yhteydessä on usein ongelmia osapuolten välisessä vuoropuhelussa, mikä vaikeuttaa tuulivoimakuljetusten suunnittelua sekä järjestelyä ja hidastaa tuulivoimaprojektien etenemistä. Tämän ongelman ratkaisemiseksi voitaisiin kehittää esimerkiksi ELY-keskuksen hankkeena sähköinen järjestelmä, joka olisi saatavilla kaikille kuljetusten osapuolille sekä niille työmaille ja muille mahdollista tietoa tarvitseville, jotka kuljetusreitien varrella toimivat. Yksi vaihtoehto olisi älypuhelinsovellus, johon tuulivoimatoimija, tienpitäjä tai kuljetusyrittäjä kirjaisivat tuulivoimahankekohtaisesti kuljetukset sekä niiden reitit ja ajankohdat. Interaktiivinen kartta, josta näkisi kuljetusten reitit ja mahdolliset työmaat tai heikkokuntoiset sillat sekä muut kuljetuksiin vaikuttavat olennaiset asiat, olisi myös kätevä ja helppokäyttöinen. Sovellus voisi olla myös käytännöllinen kantavuusmitausten selvittämiseen, lausuntojen antamiseen sekä tarvittavien lupa-asioiden selventämiseen. Tällainen sovellus helpottaisi myös mahdollisen tuulivoimatoimijoiden vaihtumisen aiheuttamia ongelmia, kun kaikki tiedot olisivat uudelle toimijalle helposti saatavilla sovelluksesta.

4.4.2 Portaalit ja liikenteenohjauslaitteet

Portaaleja siirretään usein pois tuulivoimakuljetusten tieltä ja yleensä ne sijoitetaan tien vierellä kulkevaan ojaan pitkäksi aikaa. Kuten aiemmin opinnäytetyössä on todettu, tämä aiheuttaa korroosiota sekä muita luonnonvoimien aiheuttamia vaurioita ja ongelmia portaalien rakenteessa. Erityi-

sesti korroosion välttämiseksi kaadetuille portaaleille voitaisiin rakentaa yksinkertainen lautaraken-
teinen teline. Tämä teline nostaisi portaalin pois maan tasolta ja täten jättäisi tilaa ilman liikkumiselle
portaalin ja maan välissä vähentäen korroosiota. Rakenteen ei tarvitsisi olla monimutkainen, mutta
sen tulisi kestää portaalin massa sekä ainakin tuuli- ja sadekuorma ja mahdollisesti lumikuorma,
mikäli portaali jäisi sen varaan talveksi. Tämänkaltaisen rakenteen rakennus- ja purkukustannukset
tulisivat olemaan huomattavasti pienemmät kuin uuden portaalin hankkiminen ja asentaminen en-
tisen korrosiovaurioiden vuoksi. Kuva 15 havainnollistaa liikenneportaalin rakenteen.



KUVA 15. Liikenneportaali (Tehomet Oy)

Tuulivoimakuljetusten saattoautot joutuvat irrottamaan ja asentamaan takaisin paikoilleen useita
liikennemerkkejä jokaisen kuljetuksen aikana. Pääsääntöisesti liikennemerkkit on asennettu kiinte-
ästi, eikä niitä ole helppoa tai käytännöllistä irrottaa lyhyeksi aikaa ja palauttaa paikoilleen. Ainakin

yleisimmin käytössä oleville tuulikuljetusten reiteille tulisi asentaa helposti irrotettavalla kiinnityksellä olevia liikennemerkkejä. Merkkien jalusta voisi olla sellainen, että merkki on helppo irrottaa, esimerkiksi merkin jalassa ja jalustassa voisi olla kierteet. Tällaiset kierteet tosin kärsivät helposti korroosiosta. Toinen mahdollinen ratkaisu olisi liikennemerkin jalan tekeminen kaksiosaiseksi. Alempi osa merkin jalkaa olisi pysyvä ja se olisi ylhäältä kapeampi, jolloin se sopii lujasti ja helposti irrottavasti liikennemerkkiin kiinnitettyyn ylempään ja onttoon jalan osaan. Pysyvän kiinnityksestä saisi käytännöllisesti pultilla ja mutterilla, jolla merkki pysyisi hyvin paikoillaan. Tämänkaltainen teleskooppivarsi olisi käytännöllinen, sillä saattoautoissa on varmasti tarvittavat työkalut pulttikiinnityksen avaamiseksi. Teleskoopin korroosiosuojauksena vaseliini tai jonkinlainen rasvaus säännöllisesti esimerkiksi tien kunnossapitäjän toimesta olisi toimiva.

5 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli perehtyä tuulivoimaan, sen historiaan Suomessa sekä tuulivoimakuljetuksiin sekä käytännön osuutena esitellä tuulivoimakuljetusten tarpeisiin tehty rakennushanke Raahessa kesältä 2023. Aluksi esiteltiin tuulivoimaa yleisesti, tuulivoiman historiaa Suomessa sekä voimalan rakenne. Tuulivoiman historia alkoi Suomessa vuonna 1986, kun ensimmäinen voimala rakennettiin. 1990-luvun lopulla Suomen tuulivoimakapasiteetti kasvoi merkittävästi, mutta hiipui 2000-luvulla. 2010-luvulla voimaloiden rakentaminen lisääntyi ja vuoteen 2018 mennessä kapasiteetti ylitti 2000 megawattia.

Toisena vaiheena perehdyttiin erikoiskuljetuksiin Suomessa sekä niiden valitsemiseen ja kulkuun. Opinnäytetyötä varten haastateltiin Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskuksen tienpidon asiantuntijaa Kaarlo Peteriä. Peterin haastattelusta saatiin tietoa sekä lähteiksi ELY-keskuksen julkaisuja. Esille tuotiin suurten erikoiskuljetusten verkko sekä sen reitit ja erikoiskuljetuksiin tarvittavat luvat, joita on kahdentyyppisiä. Seuraavaksi perehdyttiin kuljetuksiin tuulivoimahankkeissa, sekä niiden osapuoliin ja vaiheisiin sekä yleisiin ongelmiin, joita ne kohtaavat. Merkittävimmän ongelman tuulivoimakuljetuksissa todettiin olevan kommunikaatio- ja vuoropuheluvaikeudet eri osapuolten välillä. Ongelmia löytyi myös muita, esimerkiksi ylikansallisten toimijoiden tottumattomuus Suomen olosuhteisiin ja käytäntöihin sekä yleiset ongelmat lupaprosessien kanssa.

Käytännön osuutena perehdyttiin työmaahan Raahen sataman kuljetusreitit, jossa rakennettiin levennysrakenteita risteysalueille Raahen sataman ja valtatie 8:n välille. Työmaan vaiheita ja olennaisia työtapoja ja rakenteita esiteltiin. Useat kuvat työmaalta havainnollistavat rakenteiden sekä kuljetusten laatua ja kokoluokkaa hyvin. Työmaa suoritettiin Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskuksen valvomana, mutta työmaa oli EU-rahoitteinen Raahen kaupungin urakka.

Opinnäytetyön loppuun pyrittiin kehittämään ratkaisuja ja ehdotuksia opinnäytetyössä esille tulleisiin ongelmiin ja epäkohtiin. Ehdotuksia kehitettiin tuulivoimahankkeen osapuolten välisten kommunikaatio- ja vuoropuheluvaikeuksien hoitamiseen käytännöllisellä puhelinsovelluksella. Lisäksi kehitettiin ratkaisuehdotukset tuulivoimakuljetusten tieltä kaadettujen liikenteenohjausportaalien kuljetusten aikaiseen säilyttämiseen ja liikennemerkkien kiinnitystapaan, sillä tuulivoimakuljetusten tieltä joudutaan kaatamaan ja palauttamaan useita liikennemerkkejä useita kertoja.

LÄHTEET

Raahen satama 2017. Raahen satamalla tärkeä rooli tuulivoimaloiden kuljetuksessa. Hakupäivä 8.1.2024. <https://www.raahensatama.fi/tiedotteet/raahen-satamalla-tarkea-rooli-tuulivoimaloiden-kuljetuksissa>.

Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus 2024. Erikoiskuljetukset. Hakupäivä 8.1.2024. <https://www.ely-keskus.fi/erikoiskuljetukset>.

Motiva Oy 2021. Tuulivoima. Hakupäivä: 8.1.2024. https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/tuulivoima.

Suomen tuulivoimayhdistys ry. Tuulivoima Suomessa. Hakupäivä 8.1.2024. <https://tuulivoimayhdistys.fi/tietoa-tuulivoimasta-2/tietoa-tuulivoimasta/tuulivoima-suomessa-ja-maailmalla/tuulivoima-suomessa>.

Motiva Oy 2023. Tuulivoimateknologia. Hakupäivä 8.1.2024. https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/tuulivoima/tuulivoima_suomessa/tuulivoimateknologia.

Peteri, Kaarlo 2024. Tienpidon asiantuntija. Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus. Haastattelu 19.2.2024.

Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus 2023. Tuulivoimarakentaminen tienpitäjän näkökulmasta. Hakupäivä 28.2.2024. https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/186659/Raportteja_10_2023.pdf?sequence=3&isAllowed=y.

Traficom 2023. Raskaan liikenteen erikoisasiat. Hakupäivä 28.2.2024. <https://tieto.traficom.fi/fi/tilastot/raskaan-liikenteen-erityisasiat>.

Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus 2018. Suurten erikoiskuljetusten tavoitetieverkon verkoselvitys. Hakupäivä 28.2.2024. https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/164159/Raportteja_29_2018.pdf?sequence=5.

Suomen tuulivoimayhdistys ry. Hakupäivä 17.3.2024. <https://tuulivoimayhdistys.fi/tietoa-tuulivoimasta-2/tuulivoimasta-kunnille/tuulivoima-ymparistossa/vaikutukset-elaimistoon-ja-kasvillisuuteen>.

Peab Industri oy 2023. Raahen sataman kuljetusreitit kokonaisurakka. Suunnitelma-aineisto.

Elpac Oy. Jislon City-pollari asennusohjeet. Hakupäivä 2.4.2024. <https://elpac.fi/fi/wp-content/uploads/city-pollareiden-asennusohje.pdf>.

Tehomet Oy. Liikenne rakenteet. Hakupäivä 2.4.2024. <https://www.tehomet.com/tuotteet/liikenne rakenteet/>.