



Open your mind. LUT.  
Lappeenranta University of Technology

**KESKIJÄNNITEVERKON YKSIKKÖKUSTANNUKSET  
POHJOISMAISSA**

**Unit Costs of the Medium Voltage Network in the Nordic  
Countries**

Katariina Rossi

## TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan teknillinen yliopisto  
LUT School of Energy Systems,  
Sähkötekniikka

Katariina Rossi

**Keskijänniteverkon yksikkökustannukset Pohjoismaissa  
2015**

Kandidaatintyö.  
22 s.

Tarkastaja: Tutkijatohtori Juha Haakana

Tässä kandidaatintyössä tutkittiin Sähkönjakelun yksikkökustannuksia Pohjoismaissa sekä Suomen yksikkökustannusten muuttumista viimeisen viiden vuoden aikana. Tutkimus toteutettiin kirjallisuustyönä. Tavoitteena oli selvittää onko syyskuussa 2013 muuttunut sähkömarkkinalaki vaikuttanut maakaapeliverkon ja ilmajohtoverkon kustannuksiin ja onko Pohjoismaiden välillä suuria kustannuseroja. Pohjoismaista kustannusten vertailussa olivat mukana Suomi, Ruotsi ja Norja. Tutkimuksessa vertailtiin yksittäisten sähkönjakeluverkon komponenttien kustannuksia ja lopuksi laskettiin kokonaiskustannus sähkönjakeluverkon rakentamiselle.

Tutkimuksessa havaittiin, että Pohjoismaiden välillä on kustannuseroja rakennettaessa ilmajohtoverkkoa tai maakaapeliverkkoa maaseudulle. Kaupunkiin rakennettavassa maakaapeliverkossa kustannukset olivat hyvin lähellä toisiaan kaikissa vertailu maissa. Vertailun perusteella Ruotsissa on kaikkein edullisinta rakentaa sähkönjakeluverkkoa. Suomessa ilmajohtoverkon kustannukset olivat pysyneet samana viimeisen viiden vuoden aikana ja maaseudulle rakennettava maakaapeliverkon kustannukset vastaavasti taas laskeneet.

## **ABSTRACT**

Lappeenranta University of Technology  
LUT School of Energy Systems  
Electrical Engineering

Katariina Rossi

**Unit Costs of the Medium Voltage Network in the Nordic Countries**  
2015

Bachelor's Thesis.  
22 p.

Examiner: Post-Doctoral Researcher Juha Haakana

In this Bachelor's Thesis examined the electricity distribution unit cost in the Nordic countries and changes in Finland's unit cost in the past five years. The research was conducted by means of literary analysis. The aim of the research was to find out whether in September 2013 changed Electricity Market Act affected the cost of the overhead line network and the cost of the underground cable network. And are there major cost differences between Nordic countries. Comparisons were included in Finland, Sweden and Norway. The study compared the costs of the individual components of the electricity distribution network and finally calculated total cost of the electricity distribution network construction.

Based on the results of this study there are difference between Nordic countries in the costs of overhead line network and the costs of underground cable network in countryside. When underground cable network is being built in the city the cots were close to each other. Based on the comparison Sweden is the most inexpensive place to build electricity distribution network. In Finland, the cost of the overhead line network had remained the same in past five years and the cost of the underground cable network was reduced in countryside.

## SISÄLLYSLUETTELO

1. Johdanto.....	5
1.1 Työn tavoite.....	5
2. Kustannusvertailu .....	5
2.1 Ilmakaapeli kustannusvertailu .....	6
2.1.1 Ilmakaapelin kustannukset Pohjoismaissa.....	6
2.1.2 Ilmakaapelin kustannusten kehittyminen Suomessa .....	7
2.2 Avojohtojen kustannusvertailu .....	7
2.2.1 Avojohtojen kustannusvertailu Pohjoismaissa .....	8
2.2.2 Avojohtojen kustannusten kehittyminen Suomessa .....	8
2.3 Maakaapelien kustannusvertailu.....	9
2.3.1 Maakaapelin kustannukset maaseudulla Pohjoismaissa.....	9
2.3.2 Maakaapelin kustannukset kaupungissa Pohjoismaissa .....	10
2.3.3 Maakaapelin kustannusten kehittyminen Suomessa.....	11
2.4 Muiden komponenttien kustannusvertailu.....	14
2.4.1 Pylväsmuuntamo .....	14
2.4.2 Puistomuuntamo .....	16
2.4.3 Muuntaja.....	17
3. Sähköverkon kokonaiskustannus.....	19
4. Johtopäätökset .....	21

## LÄHTEET

## **1. JOHDANTO**

Syyskuussa 2013 voimaan astui sähkömarkkinalaki, johon on kirjattu yksityiskohtaisia vaatimuksia sähkön toimitusvarmuuden parantamiseen. Laki edellyttää, että haja-asutusalueilla, vapaa-ajan asunnot pois lukien, ei saa siirtymäajan jälkeen esiintyä yli 36 tunnin sähkökatkoksia ja asemakaava-alueilla yli 6 tunnin sähkökatkoksia (Oikeusministeriö, 2013). Toimitusvarmuuden parantuminen vaatii investointeja sähköverkkoon ja siksi vertailu sähköverkon komponenttien kustannuksista on ajankohtaista. Samalla myös sähköverkko ikääntyy ja Suomessa ollaan monin paikoin tulossa siihen tilanteeseen, että sähköverkkoa täytyy uusida. Tällöin on hyvä miettiä onko kannattavaa vaihtaa vanha ilmajohtoverkko uuteen maakaapeliverkkoon.

### **1.1 Työn tavoite**

Tämän työn tavoitteena on selvittää sähköjakeluverkon komponenttien yksikkökustannuksia Pohjoismaissa sekä tehdä Suomen osalta hintavertailua viimeisen viiden vuoden ajalta. Hintavertailun avulla selvitetään onko kustannuksissa tapahtunut muutoksia ja vaikuttavatko entistä kovemmat vaatimukset sähkönjakelun toimitusvarmuudella ilmajohtojen ja maakaapelien kustannuksiin. Samalla vertaillaan myös Suomen, Ruotsin ja Norjan kustannuseroja ja pohditaan mahdollisia syitä eroihin. Työ toteutetaan kirjallisuus työnä, sähköverkko yhtiöiltä kerättyjen kustannusten avulla. Työssä keskitytään vertailemaan komponentteja keskijänniteverkossa.

## **2. KUSTANNUSVERTAILU**

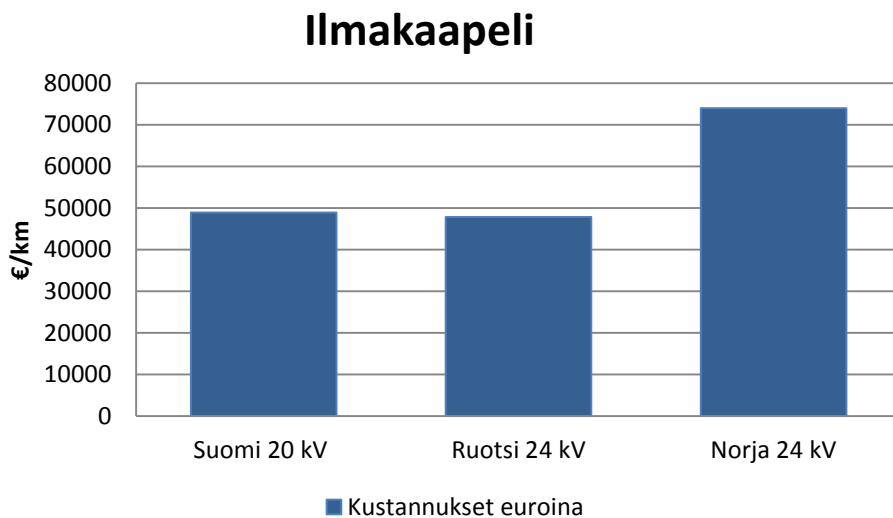
Kustannusten vertailu perustuu keskimääräisiin kustannuksiin, joita on kerätty Suomessa, Ruotsissa ja Norjassa verkkoyhtiöiltä. Keskimääräisinä kustannuksina vertailtavat kustannukset eivät vastaa tarkkaan sitä kustannusta, jonka verkkoyhtiöt joutuvat maksamaan, mutta ne antavat hyvän pohjan vertailulle. Kustannusvertailuun on valittu sähkönjakelu järjestelmän peruskomponentteja. Komponenttien valintaa on vaikuttanut lähteissä mainitut komponentit, koska kaikkia komponentteja ei ollut mukana erimaiden lähteissä.

## 2.1 Ilmakaapeli kustannusvertailu

Ilmakaapelien asentamiskustannuksia vertailtaessa otetaan huomioon työn lisäksi tarvittavat pylväät, johtimet asennustarvikkeineen, työkone- ja kuljetuskustannukset, raivaukset, johtoaluekorvaukset sekä maadoitukset että suunnittelu kustannukset. (Energiateollisuus ry, 2010)

### 2.1.1 Ilmakaapelin kustannukset Pohjoismaissa

Vertailtavat kustannukset ovat keskimääräisiä kustannuksia, joten esimerkiksi pylvästyypit ja niiden määrät ovat erilaisia kussakin maassa. Kuvassa 2.1 on esitetty ilmajohdojen kustannukset euroina Suomessa 20 kV jännitetasossa sekä Ruotsissa ja Norjassa 24 kV jännitetasossa. Vertailussa on käytetty Norjan ja Ruotsin osalta  $3 \times 95 \text{ mm}^2$  ilmakaapeli ja Suomen osalta yleiskaapeli 95 tai suurempi. Vertailtavat kaapelit on valittu siten, että ne vastaisivat toisiaan mahdollisimman hyvin.



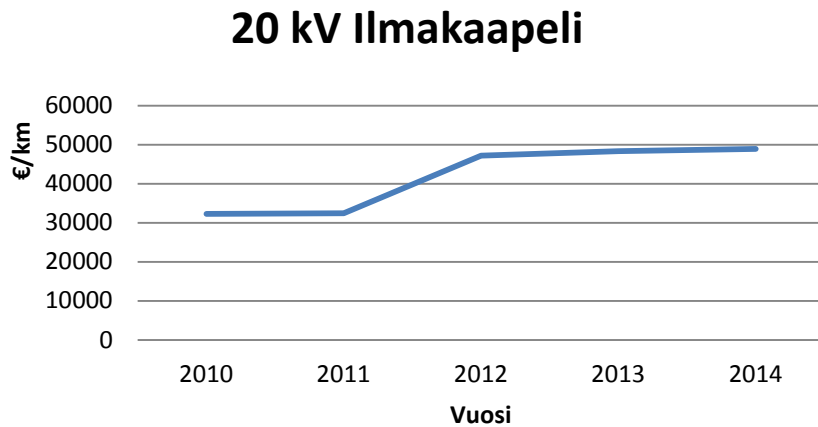
**Kuva 2.1.** Ilmakaapelien keskimääräiset kustannukset €/kilometri. (Energiavirasto, 2014), (Svensk Energi, 2014), (Sintef Energi AS, 2014)

Kuvasta nähdään, että kustannukset ovat kaikista suurimmat Norjassa. Suuret kustannukset voivat selittyä työvoimakustannuksilla, koska Norjassa työvoima on kalliimpaa kuin Suomessa ja Ruotsissa. Myös Norjan hankala maasto voi aiheuttaa kustannuksia ilmakaapelien asentamiseen. Kustannusten eroaminen toisistaan johtuu myös osaltaan siitä,

että vertailtavat kustannukset ovat keskimääräisiä ja jokaisen maan keskimääräiseen hintaa kuuluu erimäärä esimerkiksi pylviäitä ja muita asennus tarvikkeita.

### 2.1.2 Ilmakaapelin kustannusten kehittyminen Suomessa

Suomen kohdalla vertaillaan myös kustannusten kehittymistä viimeisen viiden vuoden aikana. Vertailtavat kustannukset ovat indeksi korjattuja ja ne kuvaavat sen vuoden keskimääräisiä kustannuksia. Kuvassa 2.2 on esitettyä ilmakaapelien kustannusten kehittyminen viimeisen viiden vuoden ajalta. Kustannuksia verrataan samalla kaapelilla, kuin aikaisemminkin eli 95 tai suurempi yleiskaapeli.



**Kuva 2.2.** 20 kV ilmakaapelin kustannusten kehittyminen Suomessa. (Energiavirasto, 2014)

Kuvasta havaitaan, että kustannukset ovat nousseet koko ajan viiden vuoden aikana, mutta kolmena viime vuonna nousu on ollut huomattavasti paljon hitaampaa ja vuosina 2013 ja 2014 hinnat ovat olleet melkein samat. Vuonna 2012 valvontamallia on päivitetty ja sen takia vuoden 2011 ja 2012 kustannuksissa on eroa (Energiateollisuus ry, 2010).

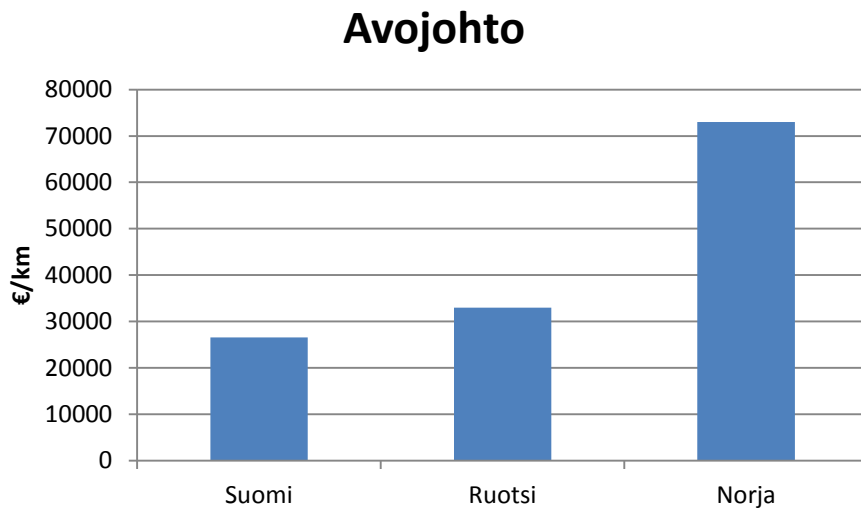
## 2.2 Avojohtojen kustannusvertailu

Vertaillaan avojohtojen kustannuksia Pohjoismaissa. Avojohtot ovat Suomessa eniten käytettyjä, kun rakennetaan ilmajohtoverkkoa. Avojohtojen kustannuksissa on otettu

huomioon materiaali- ja työkustannukset, sekä keskimäärin käytetty tolpat. Tolppien määrä vaihtelen maasta riippuen. Kustannuksissa on mukana myös johtimet asennustarvikkeineen, työkone- ja kuljetuskustannukset, raivaukset, johtoaluekorvaukset sekä maadoitukset että suunnittelu kustannukset. (Energiateollisuus ry, 2010)

### 2.2.1 Avojohtojen kustannusvertailu Pohjoismaissa

Kuvassa 2.3 on esitetty avojohtojen kustannukset euroina. Suomessa 20 kV jännitetasossa. Ruotsissa ja Norjassa 24 kV jännitetasossa. Vertailussa on käytetty Norjan osalta 80-A11 ja Suomen osalta pigeon avojohtoa. Ruotsista vertailuun on valikoitu FeAl 3\*99. Vertailtavat johdot on valittu lähteistä siten, että ne vastaisivat toisiaan mahdollisimman hyvin.



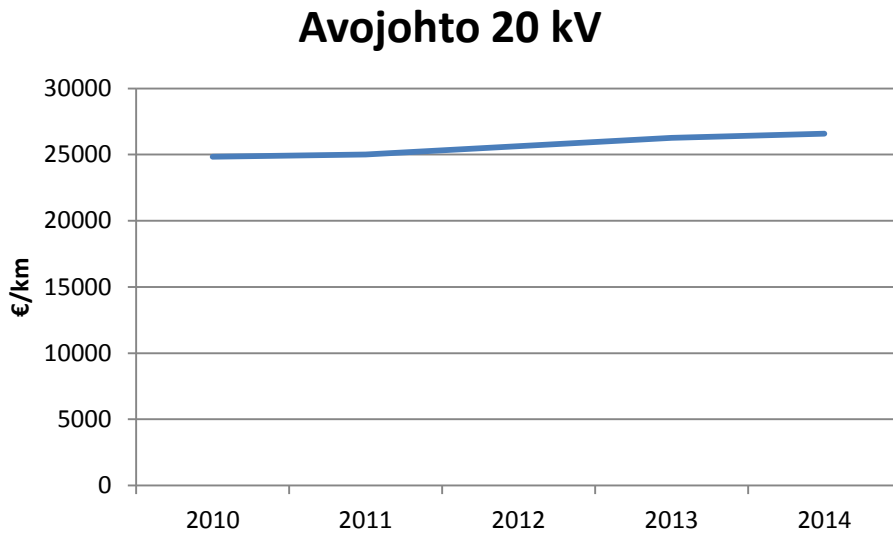
**Kuva 2.3.** Avojohtojen kustannukset Pohjoismaissa. (Energiavirasto, 2014), (Svensk Energi, 2014), (Sintef Energi AS, 2014)

Suomessa kustannukset ovat alhaisimmat ja Norjassa vastaavasti huomattavasti korkeammat kuin muissa maissa. Avojohdot vastaavat melko hyvin toisiaan, joten Norjassa avojohto on paljon kalliimpaa kuin Suomessa ja Ruotsissa. Suurempi jännite taso ei vaikutta kustannuksiin Ruotsin ja Norjan osalta, koska jännitetasot ovat käytännössä samat.

### 2.2.2 Avojohtojen kustannusten kehittyminen Suomessa

Suomen osalta vertaillaan kustannusten kehittymistä viimeisen viiden vuoden ajalta. Vertailussa on käytettynä pigeon avojohtoa. Kuvassa 2.4 on esitetty avojohtojen kustannusten kehittyminen.





**Kuva 2.4.** Ilmajohdon kustannusten kehittyminen Suomessa. (Energiavirasto, 2014)

Avojohtojen kustannukset ovat nousseet loivasti viimeisen viiden vuoden aikana. Suurin nousu on tapahtunut vuonna 2012, jolloin valvontamallia on muutettu. Tämän jälkeen kustannukset ovat nousseet tasaisesti. Vuosina 2010 ja 2011 kustannukset ovat pysyneet melko samoina.

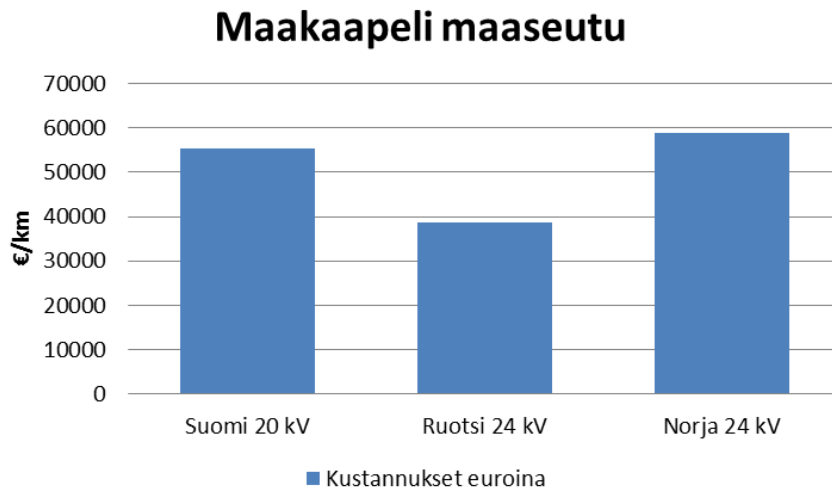
### 2.3 Maakaapeliin kustannusvertailu

Maakaapelin kustannuksia vertailtaessa otetaan huomioon kaapelin hankinta- ja asennus kustannukset sekä kaivamisesta aiheutuvat kustannukset. Kustannuksia vertaillaan, kun maakaapelia ollaan asentamassa maaseudulla sekä kaupungissa, jotta kaivauskustannusten vaikutuksesta maakaapelin asennuskustannuksiin saadaan mahdollisimman hyvä kuva. Määritetyissä kustannuksissa oletetaan, ettei kaapelin jännitetaso tai poikkileikkaus vaikuta kaivamisesta aiheutuviin kustannuksiin. Maakaapelin kustannuksiin sisältyy asennus- ja materiaalikustannukset sekä kaapelin maahan kaivamisesta aiheutuvat kustannukset (Energiateollisuus ry, 2010). Kustannuksiin ei ole sisällytettyä jatkokset, koska niitä ei ollut saatava kaikkien maiden lähteissä.

#### 2.3.1 Maakaapelin kustannukset maaseudulla Pohjoismaissa

Kuvassa 2.5 on esitetty maakaapeliin kustannukset euroina Suomessa, Ruotsissa ja Norjassa. Kuvan 2.5 maakaapeliin kustannukset on vertailtu tilanteessa, jossa maakaapeli

asennetaan normaalimaahan tai maaseudulle. Vertailtava kaapeli tyyppi ovat Norjassa ja Ruotsissa  $3 \times 95 \text{ mm}^2$  kaapeli ja Suomessa 95 - 120 yleiskaapeli.

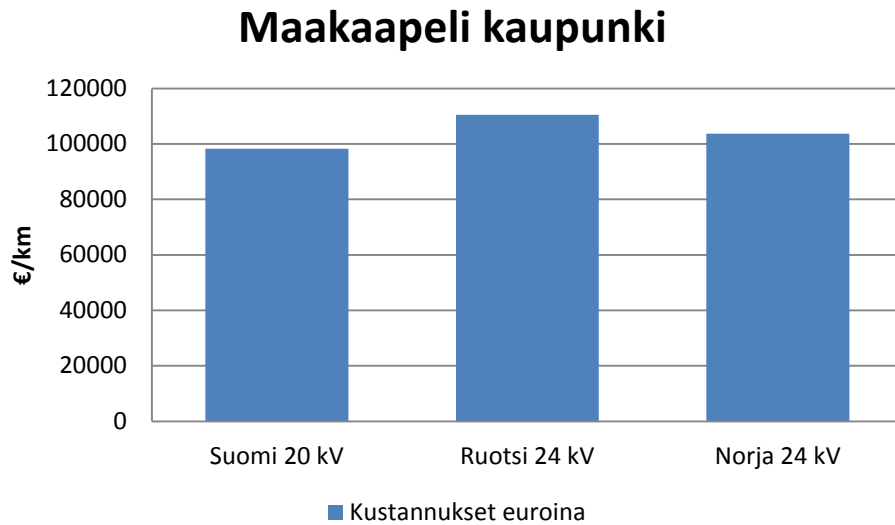


**Kuva 2.5.** Maakaapelin kustannukset €/kilometri maaseudulla. (Energiavirasto, 2014), (Svensk Energi, 2014), (Sintef Energi AS, 2014)

Kuvasta ilmenee, että Norjassa on kaikista suurimmat kustannukset asennettaessa maakaapelia ja Ruotsissa taas halvimmat. Huomattavinta on kuitenkin, että Norjassa ja Ruotsissa on halvempaa asentaa maakaapelia maaseudulle kuin keskiwerroin ilmakaapelia. Suomessa taas maakaapelin asennuskustannukset ovat suuremmat kuin ilmakaapelin kustannukset, mutta eroa ei ole paljon.

### 2.3.2 Maakaapelin kustannukset kaupungissa Pohjoismaissa

Kuvassa 2.6 on esitettyä maakaapelin asennuskustannukset, kun asennuspaikkana on kaupunkialue. Vertailtavat kaapelit ovat samoja kuin maaseudun tapauksessa.



**Kuva 2.6.** Maakaapelin kustannukset €/kilometri kaupungissa. (Energiavirasto, 2014), (Svensk Energi, 2014), (Sintef Energi AS, 2014)

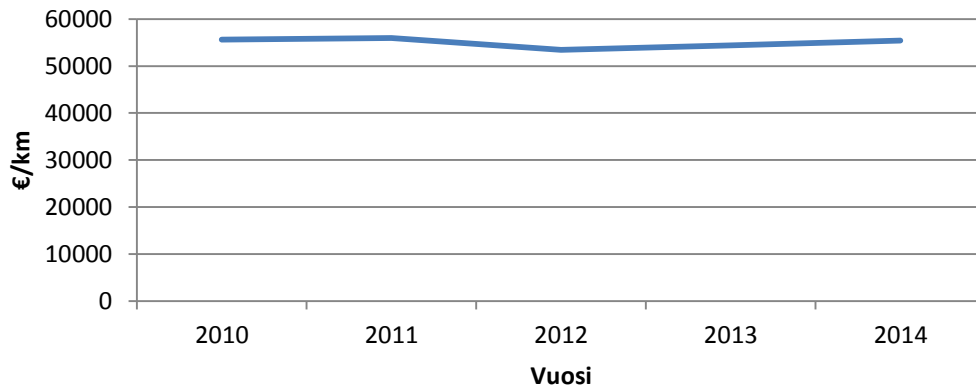
Kuvasta nähdään, että kaupungissa maakaapelin asentaminen on huomattavasti kalliimpaa kuin maaseudulla. Erona on kaivamisesta aiheutuvat kustannukset. Maaseudulla voidaan kaivaa metsään tai pellolle, minne ei kaivamisen jälkeen tarvitse tehdä esimerkiksi asfalttia.

Suomessa kustannukset ovat halvimmat, mutta tämä johtuu tilastosta, koska Suomessa tilastoituna kaivamispaikkana on vaikea maasto, kun taas Ruotsissa ja Norjassa on tilastoituna kaupunki-alue oman osanaan. Ruotsissa kustannukset ovat kuitenkin korkeammat kuin Norjassa.

### 2.3.3 Maakaapelin kustannusten kehittyminen Suomessa

Maakaapelin rakennus- ja asentamiskustannukset kehittyminen viimeisen viiden vuoden ajalta on esitetty kuvassa 2.7. Kustannuksissa on otettu huomioon asentamisesta ja materiaalista aiheutuvat kustannukset, sekä kaapelin maahan kaivamisesta aiheutuvat kustannukset.

## 20 kV Maakaapeli kustannukset maaseutu



**Kuva 2.7.** Maakaapelin kustannusten kehittyminen Suomessa normaalimaa €/kilometri. (Energiavirasto, 2014)

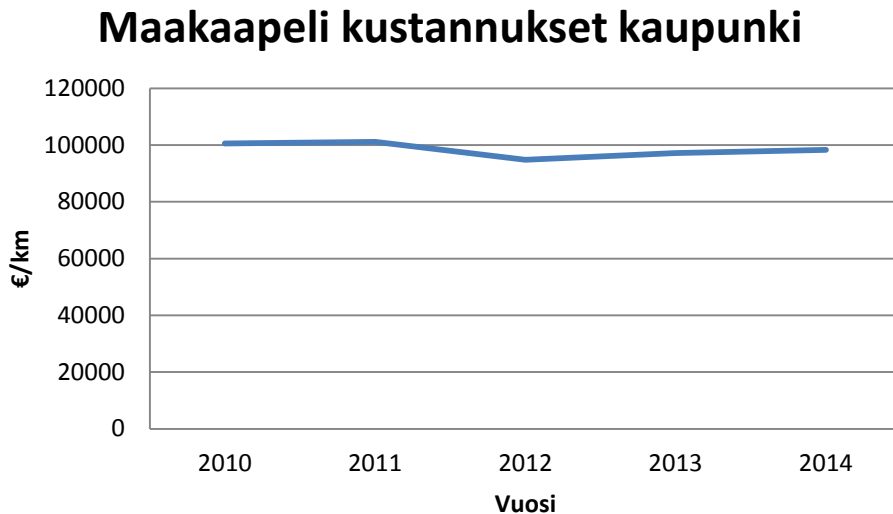
Kuvan mukaan kustannukset ovat olleet kaikista alhaisimmat vuonna 2012, joka jälkeen kustannukset ovat lähteneet nousuun. Suurimmillaan kustannukset ovat olleet vuonna 2011. Taulukossa 2.1 on esitetty kustannukset eriteltynä asennus – ja kaivauskustannuksiin.

**Taulukko 2.1** Maakaapelin kustannusten jakautuminen normaali maa. (Energiavirasto, 2014)

Vuosi	2010	2011	2012	2013	2014
20 kV Maakaapeli (Asennus) [€/km]	34200	34410	31160	31910	32290
20 kV Maakaapeli (Kaivu) [€/km]	21450	21580	22300	22480	23110

Taulukosta huomataan, että vuonna 2012 asennus- ja materiaalikustannukset ovat olleet kaikista pienimmät, kun taas kaivamisesta aiheutuvat kustannukset ovat pysyneet suurin piirtein samoina vuodesta toiseen, ainoana poikkeuksena vuonna 2011 kustannukset ovat olleet huomattavasti pienemmät. Kuitenkin vuonna 2011 materiaali- ja asennuskustannukset ovat olleet korkeammat kuin muina vuosina. Taulukosta nähdään myös, että vuodesta 2012 lähtien sekä asennuksen että kaivamisen kustannukset ovat kasvaneet vuosittain.

Kuvassa 2.8 on esitetty maakaapelin asennus- ja rakentamiskustannukset kaupungissa neljältä viime vuodelta. Kustannuksiin sisältyy asentamisesta ja kaivamisesta aiheutuvat kustannukset.



**Kuva 2.8.** Maakaapelin asennuskustannukset kaupungissa. (Energiavirasto, 2014)

Kuvasta 2.8 havaitaan, että vuonna 2012 kustannukset ovat olleet alhaisimmat, kun taas vuonna 2010 kaikista korkeimmat. Vuodesta 2012 lähtien kustannukset ovat nousseet, vaikkakin nousu on ollut maltillista. Taulukossa 2.2 on esitetty kustannusten jakautuminen asennuskustannuksiin ja kaivamisesta aiheutuviin kustannuksiin.

**Taulukko 2.2** Maakaapelin kustannusten jakautuminen kaupunki. (Energiavirasto, 2014)

Vuosi	2010	2011	2012	2013	2014
20 kV Maakaapeli (asennus) [€/km]	34200	34410	31160	31910	32290
20 kV Maakaapeli (kaivu) [€/km]	66330	66730	63690	65230	66000
20 kV Maakaapeli kaupunki yhteensä	100530	101140	94850	97140	98290

Taulukosta nähdään, että kaivamisesta aiheutuvat kustannukset ovat olleet suurimmat vuonna 2011 ja ne ovat vuoteen 2012 mennessä laskeneet huomattavasti, valvontamal-

lin päivittämisen takia, mutta sen jälkeen lähteneet taas nousuun ja vuonna 2014 kaivamiskustannukset ovat samalla tasoilla kuin vuonna 2011. Asennuskustannukset ovat olleet myös korkeimmillaan vuonna 2011 ja pudonneet vuoteen 2012 mennessä, mutta sen jälkeen lähteneet nousuun. Tämä erot vuonna 2011 johtuvat osaltaan siitä, että vuonna 2011 ja 2010 on tilastoitu kaupunki alueelle kaivaminen, kun taas muina vuosina tilastoituna on vaikea maasto. Vuosina 2010 ja 2011 on tilastoituna myös erikaapelityyppi, mutta samalla poikkileikkauksella. Huomattavinta kuitenkin on, että maakaapelien maahan kaivamisesta aiheutuvat kustannukset ovat melkein kaksinkertaiset verrattuna itse kaapelista aiheutuviin kustannuksiin.

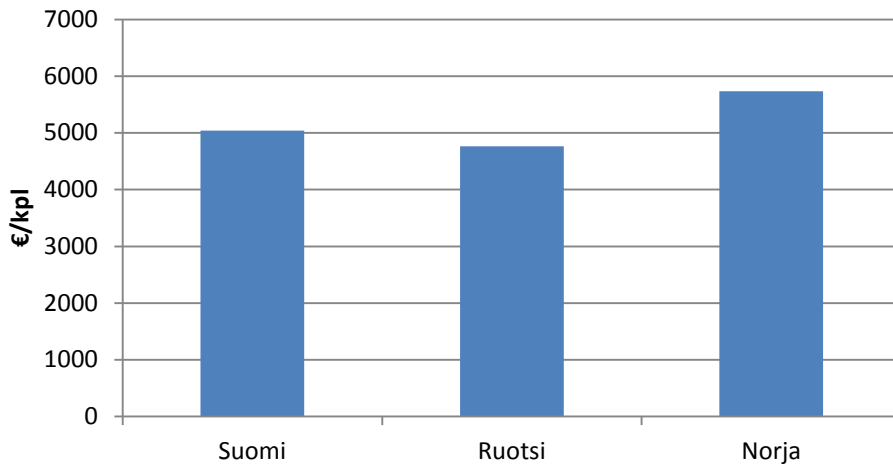
## **2.4 Muiden komponenttien kustannusvertailu**

Vertaillaan komponentteja, joita käytetään ja tarvitaan sähköverkon rakentamisessa. Komponentit on valittu siten, että ne vastaisivat toisiaan kussakin maassa. Komponenttien valintaan vaikutti kuitenkin kaikista eniten tilastot, joita Suomessa, Ruotsissa ja Norjassa on tehty, koska eri maiden tilastoissa on tilastoituna eri komponentteja, joten vertailuun kelpasivat vain ne komponentti, jotka oli tilastoitu kaikissa kolmessa maassa.

### **2.4.1 Pylväsmuuntamo**

Pylväsmuuntamot ovat oleellinen osa tämän päivän sähköverkkoa, koska suurin osa sähköverkosta on rakennettu ilmajohtona, varsinkin kaupunki alueen ulkopuolella. Kustannusvertailussa on käytetty Suomessa 1-pylväsmuuntamo ja Ruotsin sekä Norjan osalta vastaavaa pylväsmuuntamo. Muuntamon kustannuksiin on otettu mukaan kaikki muut muuntamoon kuuluvat osat paitsi kaapelijakokaappi, mukana ovat myös työkustannukset ja kuljetuskustannukset. Kuvassa 2.9 on esitetty kustannukset jakautuminen pylväsmuuntamon osalta Pohjoismaissa.

## Pylväsmuuntamo

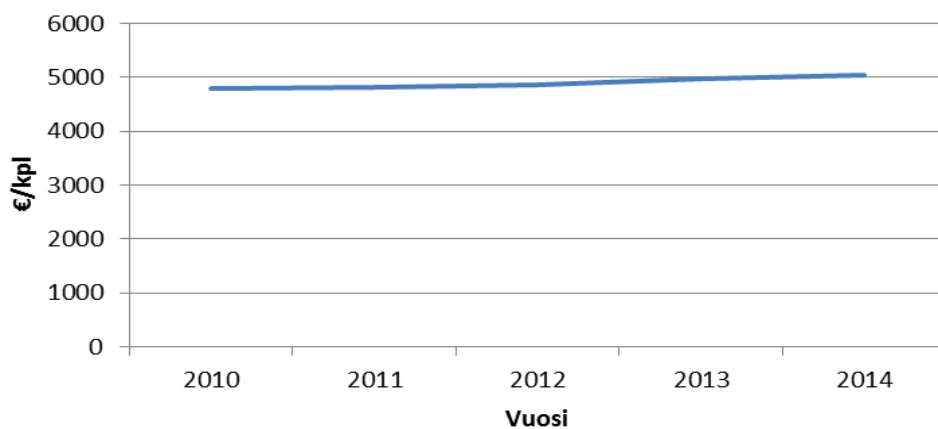


**Kuva 2.9** Pylväsmuuntamon kustannukset Pohjoismaissa. (Energiavirasto, 2014), (Svensk Energi, 2014), (Sintef Energi AS, 2014)

Kuvasta ilmenee, että pylväsmuuntamon asentaminen on kaikkein kalleinta Norjassa ja halvinta Ruotsissa. Kustannuksista voidaan kuitenkin huomata, että ne ovat hyvin lähellä toisiaan verrattaessa koko muuntamon kustannuksiin.

Suomen osalta tarkastellaan pylväsmuuntamon kustannuksia myös viimeisen viiden vuoden ajalta. Kustannusten kehittyminen on esitettyinä kuvassa 2.10.

## Pylväsmuuntamo

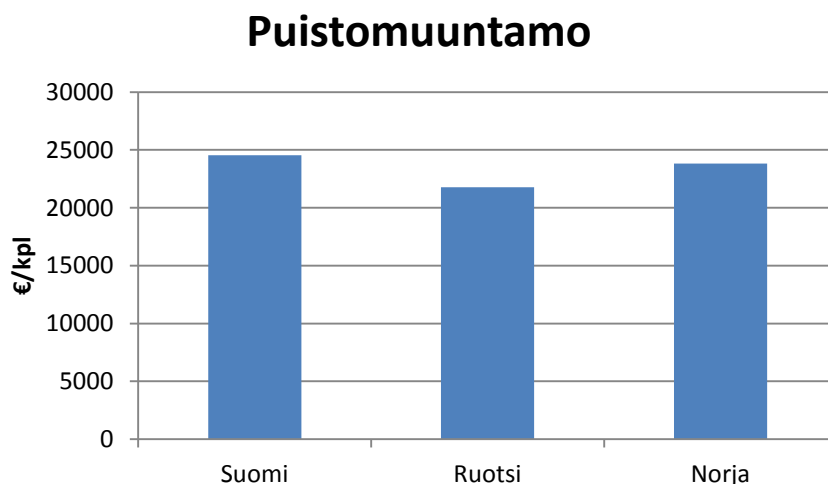


**Kuva 2.10.** Pylväsmuuntamoiden kustannusten kehittyminen Suomessa. (Energiavirasto, 2014)

Kuvasta huomataan, että pylväsmuuntamoiden kustannukset ovat pysyneet melko samana vuodesta 2010 vuoteen 2014. Kustannukset ovat koko ajan nousseet viimeisen viiden vuoden aikana, mutta nousu on ollut hyvin maltillista.

#### 2.4.2 Puistomuuntamo

Puistomuuntamot ovat oleellinen osa sähkönjakeluverkkoa rakennettaessa maakaapeli verkostoa. Vertailtaviksi puistomuuntamoiksi valittiin Suomen osalta ulkoa hoidettava puistomuuntamo ja Ruotsin ja Norjan osalta tehdasvalmisteinen puistomuuntamo, johon tulisi 315 kVA:n muuntaja. Vertailussa olevat muuntamot eivät ole täysin vertailukelpoisia keskenään, mutta vastaavat riittäväällä tarkkuudella toisiaan. Kuvassa 2.11 on esitetty puistomuuntamoiden kustannukset Pohjoismaissa vuonna 2014.

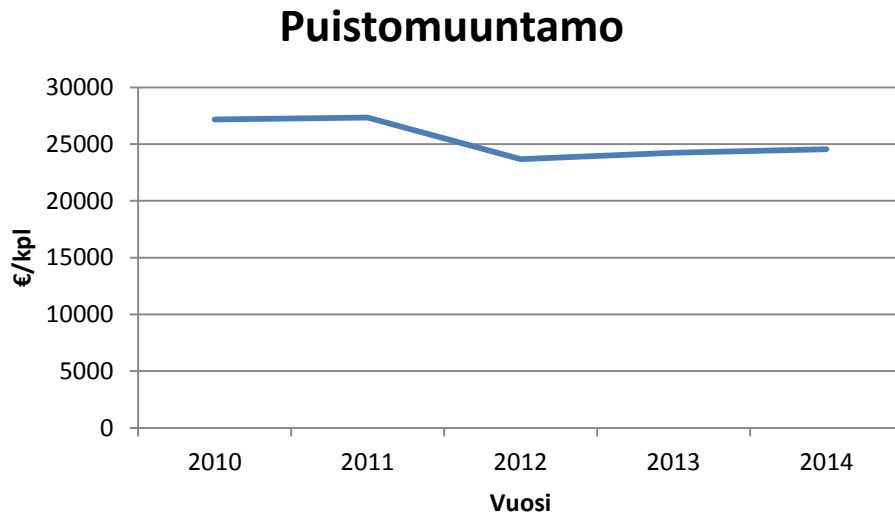


**Kuva 2.11.** Puistomuuntamon kustannukset Pohjoismaissa. (Energiavirasto, 2014), (Svensk Energi, 2014), (Sintef Energi AS, 2014)

Kuvasta havaitaan, että Suomessa puistomuuntamo on kaikista kallein, mutta tämä saattaa johtua siitä, että vertailtava muuntamo ei ole täysin samanlainen kuin Ruotsin ja Norjan muuntamo. Norjassa puistomuuntamon kustannukset ovat kuitenkin hyvin lähellä Suomen kustannuksia ja kalliimmat kuin Ruotsissa, vaikka näiden maiden puistomuuntamot ovat samoja.



Kuvassa 2.12 on esitettyä puistomuuntamon rakennuskustannusten kehittyminen Suomessa viimeisen viiden vuoden ajalta. Vertailussa oleva muuntamo on samanlainen ulkoa hoidettava muuntamo kuin Pohjoismaiden vertailussa käytetty.



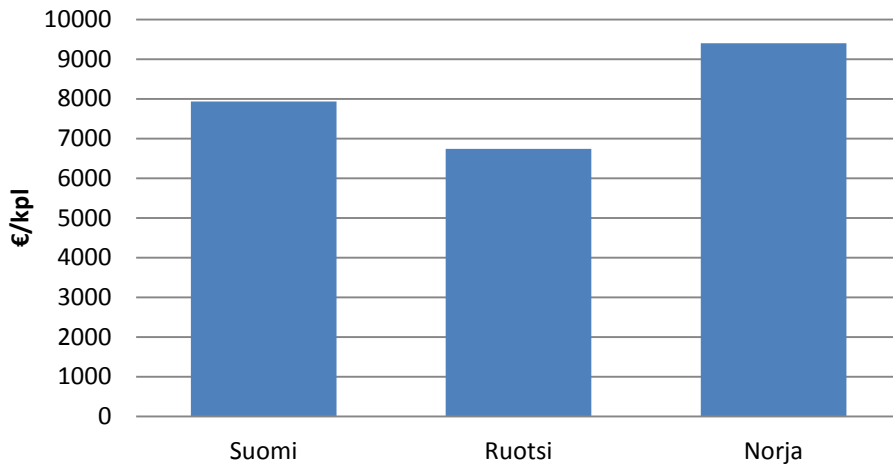
**Kuva 2.12.** Puistomuuntamoiden kustannusten kehittyminen Suomessa. ( Energiavirasto, 2014)

Kuvasta nähdään, että kustannusten kehittyminen noudattaa samaa kaavaa kuin aikaisemminkin eli vuonna 2011 kustannukset ovat kaikista korkeimmat, mutta kustannuksissa on tapahtunut roima pudotus vuoteen 2012 mennessä, jolloin kustannuksia on tarkistettu. Vuodesta 2012 lähtien kustannukset ovat lähteneet maltilliseen nousuun.

### 2.4.3 Muuntaja

Kustannusvertailuun päätyi 315 kVA:n muuntaja, koska tämä oli sellainen muuntaja tyyppi, joka oli tilastoituna kaikissa kolmessa maassa. Aikaisemmassa puistomuuntamoiden vertailussa, Ruotsin ja Norjan osalta vertailussa ollut muuntamo on suunniteltu 315 kVA:n muuntajalle. Ruotsin ja Norjan muuntaja on 24/0,4 kV 315 kVA:n muuntaja ja Suomessa tilastoituna on 300–315 kVA:n muuntaja tyyppi. Kuvassa 2.13 on esitetty muuntajan yksikkökustannukset erimaissa. Kustannuksissa on otettu huomioon materiaalista aiheutuvat kustannukset.

### 315 kVA Muuntaja kustannukset

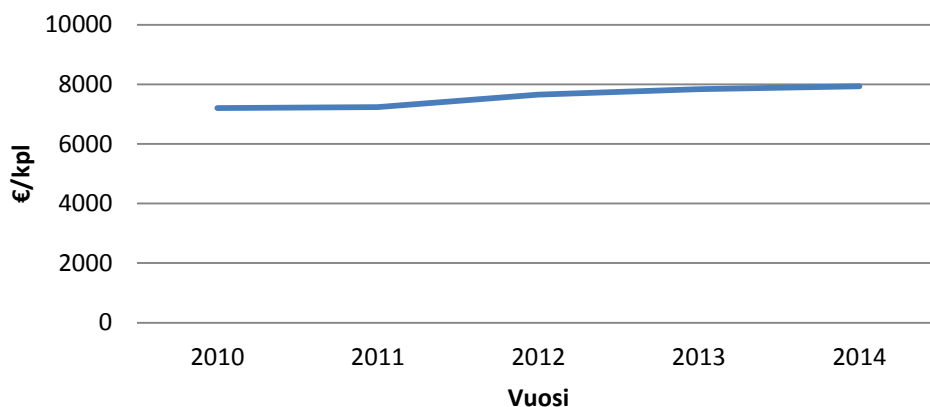


**Kuva 2.13.** 315 kVA:n muuntaja kustannukset €/kpl. (Energiavirasto, 2014), (Svensk Energi, 2014), (Sintef Energi AS, 2014)

Kuvan mukaan Norjassa kustannukset ovat kaikista suurimmat ja Ruotsissa halvimmat. Suomessa kustannukset ovat lähellä Norjan tasoa, vaikka Suomessa tilastoituna ollut muuntajatyyppe ei ole aivan samanlainen kuin muissa maissa.

Kuvassa 2.14 on esitetty miten muuntajan kustannukset ovat muuttuneet Suomessa viimeisen viiden vuoden aikana.

### Muuntaja 300-315 kVA

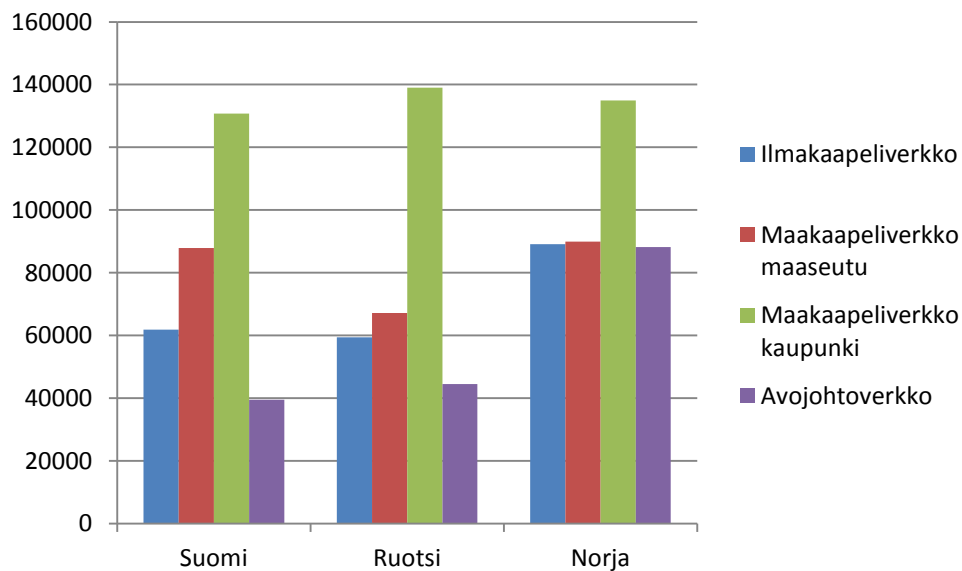


**Kuva 2.14.** 300–315 kVA:n muuntajan hintakehitys Suomessa. (Energiavirasto 2014)

Kuvasta havaitaan, että muuntajan hinta on noussut vuodesta toiseen. Vuosien 2011 ja 2012 kustannus erot johtuvat valvontamallin päivittämisestä. Kustannukset eivät ole nousseet kovin radikaalisti, vaan nousua vuodesta 2010 vuoteen 2014 on tapahtunut reilu viisi sataa euroa. Hinnan nousu voidaan selittää esimerkiksi yleisellä hintojen nousulla, jota viime vuosina on tapahtunut. Rahan arvon nousulla tai laskulla eroja ei voida selittää, koska hinnat ovat indeksi korjattuja ja siten vertailu kelpoisia keskenään.

### 3. SÄHKÖVERKON KOKONAISKUSTANNUS

Lasketaan vertailussa olleiden komponenttien avulla kokonaiskustannus yksinkertaiselle sähköverkolle, kun rakennetaan yksi kilometri sähköverkkoa. Pohjoismaiden osalta kokonaiskustannukset on esitetty kuvassa 3.1. Kuvassa on esitettyä ilmakaapeli- ja avojohtoverkon sekä maakaapeliverkon kokonaiskustannukset maaseudulla ja kaupungissa. Kokonaiskustannuksia laskiessa huomioon on otettu kaapeli, muuntamo ja muuntaja, joita on vertailtu myös erikseen.

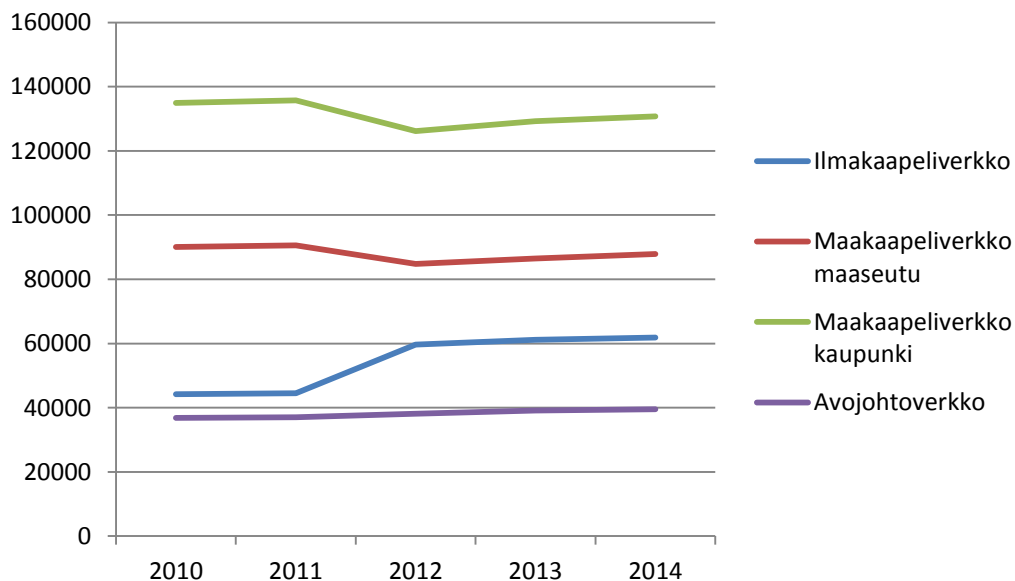


**Kuva 3.1.** Erilaisten sähköverkkojen kokonaiskustannukset Pohjoismaissa. (Energiavirasto, 2014), (Svensk Energi, 2014), (Sintef Energi AS, 2014)

Kuvasta ilmenee, että maakaapeliverkon rakentaminen kaupunkiin on kaikkein kalleinta jokaisessa maassa ja maakaapeliverkon kustannukset kaupungissa on melko samat kai-

kissa Pohjoismaissa. Suomen osalta havaitaan, että maakaapeliverkon rakentaminen maaseudulle on vielä huomattavasti paljon kalliimpaa kuin ilmajohtoverkon rakentaminen. Norjassa sekä maakaapeliverkon rakentaminen maaseudulle että avojohto- ja maakaapeliverkon rakentaminen ovat huomattavasti paljon kalliimpaa kuin muissa maissa, mutta kustannukset ovat lähellä toisiaan. Verrattaessa muihin maihin, Ruotsissa on huomattavasti paljon halvempaa rakentaa maakaapeliverkkoa maaseudulle, mutta taas ilmajohtoverkon kustannukset ovat melko samat Suomen kanssa.

Suomen osalta siirtojärjestelmä on rakennettu niin, että kilometrin matkalla on yksi muuntamo sekä siihen sopiva muuntaja. Nämä komponentit kuvaavat hyvin yksinkertaista sähköverkkoa, mutta antavat osviittaa sille, kuinka paljon sähköverkon rakentaminen maksaa. Kuvassa 3.2 on esitetty kokonaiskustannukset yksinkertaisille verkoille.



**Kuva 3.2** Erilaisten verkkotyyppien kustannusten muuttuminen Suomessa. (Energiavirasto, 2014)

Kuvasta havaitaan, että maakaapeliverkon rakentaminen kaupunkiin on kaikkein kalleinta, eikä sen kustannuksissa ole tapahtunut suuria eroja. Huomattavin ero on tapahtunut ilmakaapeliverkon osalta, jossa kustannukset ovat nousseet. Vastaavasti maakaapeliverkon osalta maaseudulle rakentamisen kustannukset ovat tippuneet hiukan ja ero ilmajohtoverkkoon on kaventunut. Avojohtoverkon kustannukset ovat vastaavasti pysyneet melko saman vuodesta toiseen, vain pientä nousua on havaittavissa kustannuksissa.

#### 4. JOHTOPÄÄTÖKSET

Pohjoismaiden osalta voidaan todeta, että kaupunkiin rakennettava maakaapeliverkko on kaikkein kalleinta verrattuna muihin keskijänniteverkko tyyppeihin. Tässä kustannus erot maiden välillä eivät ole suuret. Ruotsissa kustannukset ovat alhaisimmat, kun verrataan maaseudulle rakennettavaa maakaapeliverkkoa. Alhaiset kustannukset selittyvät osaltaan sillä, että kaikki vertailussa käytetyt komponentit ovat jo yksinään Ruotsissa halvempia kuin Suomessa ja Norjassa sekä itse maakaapelin asentaminen on Ruotsissa huomattavasti halvempaa kuin muissa vertailu maissa. Voidaan siis sanoa, että Ruotsissa yleinen hintataso on Suomea ja Norjaa alhaisempi. Norjassa vastaavasti kustannukset ovat korkealla sekä avojohto- ja ilmakaapeliverkon rakentamiskustannuksissa, että maaseudulle rakennettava maakaapelin kustannuksissa. Norjan korkea kokonaiskustannus selittyy sillä, että melkein jokainen vertailussa oleva komponentti on yksinään kallein Norjassa, joten Norjassa hintataso on ehkä Suomea ja Ruotsia korkeampi.

Suomen kustannusten erot ilmajohtoverkon ja maaseudulle rakennettavan maakaapeli verkon osalta selittyvät sillä, että maakaapeliverkon rakentamisissa tarvittavat komponentit ovat Suomessa samanhintaisia kuin Norjassa. Esimerkiksi puistomuuntamo ja maakaapelin asentaminen ovat Suomessa kalliimpia kuin Ruotsissa. Vastaavasti taas ilmajohtoverkon komponenttien kustannukset ovat Suomessa ja Ruotsissa samaa suurusluokkaa. Suomessa maaseudulla ilmassa kulkeva avojohtoverkko on edelleen käytetyin verkkomuoto, joten ehkä suuremman kysynnän vuoksi ilmajohtoverkon komponenttien kustannukset ovat alhaisemmat kuin maakaapeliverkon.

Suomen kustannukset ovat muuttuneet osaltaan odotetulla tavalla, koska maaseudulle rakennettavan maakaapeliverkon kustannukset ovat laskeneet ja ilmakaapeliverkon nousseet hieman. Avojohtoverkon kustannukset vastaavasti ovat pysyneet samassa tasossa. On hyvinkin todennäköistä, että ilmakaapeliverkon ja maakaapeliverkon komponenttien kustannukset tulevat lähenemään toisiaan tulevaisuudessa, ja maaseudulle tul- laan tekemään aikaisempaa enemmän investointeja maakaapeliverkkoon, jotta toimitus- varmuus paransi. Ilmajohtoverkon kustannukset ovat kuitenkin edelleen alhaisimmat ja ne pysyvät vallitsevana verkkomuotona maaseudulla toistaiseksi.

## LÄHTEET

Energiateollisuus ry. 2010. *Verkostotöiden kustannusluettelo KA 2:10*.

Energiavirasto. 2014. *Valvontaparametrit*. [verkkodokumentti]. [Viitattu 5.12.2014]. Saatavissa <http://www.energiavirasto.fi/valvontaparametrit1>

Oikeusministeriö. 2013. *Sähkömarkkinalaki*. [verkkodokumentti]. [Viitattu 27.10.2014] saatavissa [http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130588?search\[type\]=pika&search\[pika\]=s%c3%a4hk%c3%b6markkinalaki](http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130588?search[type]=pika&search[pika]=s%c3%a4hk%c3%b6markkinalaki)

Sintef Energi AS. 2014. *Planleggingsbok for kraftnett Kostnadskatalog distribusjonsnett*.

Svensk Energi. 2014 *Kostnadskatalog: Lokalnät 0,4-24 kV samt optionät. 2014*. EBR