

**TUULIPUISTO OY KIVIMAA**



**ESISELVITYS TUULIPUISTON  
SÄHKÖVERKKOLIITYNNÄN VAIHTOEHDOISTA**

1.10.2015  
LOPPURAPORTTI

*Pöyry Finland Oy pidättää kaikki oikeudet tähän raporttiin. Tämä raportti on luottamuksellinen ja laadittu yksinomaan Tuulipuisto Oy Kivimaan käyttöön. Tämän raportin käyttö muiden kuin Tuulipuisto Oy Kivimaan toimesta ja muuhun kuin Tuulipuisto Oy Kivimaan ja Pöyry Finland Oy:n välisessä sopimuksessa tarkoitettuun tarkoitukseen on kielletty ilman Pöyry Finland Oy:n ennalta kirjallisesti antamaa suostumusta. Raportti on laadittu noudattaen Pöyry Finland Oy:n ja Tuulipuisto Oy Kivimaan välisen sopimuksen ehtoja. Pöyry Finland Oy:n tähän raporttiin liittyvä tai siihen perustuva vastuu määräytyy yksinomaan kyseisten sopimusehtojen mukaisesti.*

*Raportin sisältämät tulkinnat ja johtopäätökset perustuvat osittain Pöyry Finland Oy:n kolmansilta osapuolilta tai ulkopuolisista lähteistä saamiin tietoihin. Pöyry Finland Oy ei ole tarkistanut minkään kolmansilta osapuolilta tai ulkopuolisista lähteistä saadun ja raportin laatimiseen käytetyn tiedon oikeellisuutta tai täydellisyyttä, koska se ei ole kuulunut Pöyry Finland Oy:n toimeksiannon laajuuteen. Pöyry Finland Oy ei anna raportin perusteella tai siihen liittyen mitään vakuutusta (nimenomaista tai konkludenttista) eikä vastaa sen mahdollisesti sisältämien kustannusarvioiden tai muiden arvioiden oikeellisuudesta.*

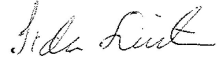
*Pöyry Finland Oy ei vastaa kolmannelle osapuolelle tämän raportin käyttämisen tai siihen luottamisen perusteella aiheutuneesta haitasta taikka mistään välittömästä tai välillisestä vahingosta.*

Copyright © Pöyry Finland Oy

*Kaikki oikeudet pidätetään Tätä asiakirjaa tai osaa siitä ei saa kopioida tai jäljentää missään muodossa ilman Pöyry Finland Oy:n antamaa kirjallista lupaa.*

# SISÄINEN TARKISTUSSIVU

- **Asiakas** Tuulipuisto Oy Kivimaa
- **Otsikko** Esiselvitys tuulipuiston sähköverkkoliittymän vaihtoehtoista
- **Työnumero** 16X272022
- **Tiedoston nimi** 16X272022\_TuulipuistoOyKivimaa\_Sahkosuunnittelu\_FINAL\_20151001.pptx
- **Järjestelmä** Microsoft PowerPoint 2010
- **Ulkoinen jakelu** Hannu Rantapää (Winda Power Oy)
- **Sisäinen jakelu** P-levy
- **Asiantuntijat** DI Ilkka Rissanen  
DI Petri Niemi
- **Vastaava yksikkö** Pöyry Finland Oy / Hydropower and Renewable Energy
- **Revisiot:**
- **Loppuraportti**
  - Dokumentin pvm 1.10.2015
  - Laatija/asema/allekirj. Petri Niemi, Tekninen konsultti  

  - Tarkistuspvm 1.10.2015
  - Tarkistanut/asema/allekirj. Iida Sointu, Tekninen konsultti  

- **A**
  - Dokumentin pvm
  - Laatija/asema/allekirj.
  - Tarkistuspvm
  - Tarkistanut/asema/allekirj.
- **B**
  - Dokumentin pvm
  - Laatija/asema/allekirj.
  - Tarkistuspvm
  - Tarkistanut/asema/allekirj.

# VERKKOLIITYNNÄN VAIHTOEHTOJEN VERTAILU

## SISÄLTÖ

- Työn taustaa
- Työn suunnitteluperusteet
- Alustava sähköverkkosuunnitelma
  - Yleiskuvat verkkoliityntävaihtoehtoista
  - Verkkoliityntä (VE1, VE2, VE3)
  - Vaihtoehtojen pääkaavioesitykset
- Kustannusarviot
  - Yhteenveto eri vaihtoehtojen kustannuksista
  - Vaihtoehdon VE1a kustannukset
  - Vaihtoehdon VE1b kustannukset
  - Vaihtoehdon VE2a kustannukset
  - Vaihtoehdon VE2b kustannukset
  - Vaihtoehdon VE3a kustannukset
  - Vaihtoehdon VE3b kustannukset
- Liitteet

# TYÖN TAUSTAA

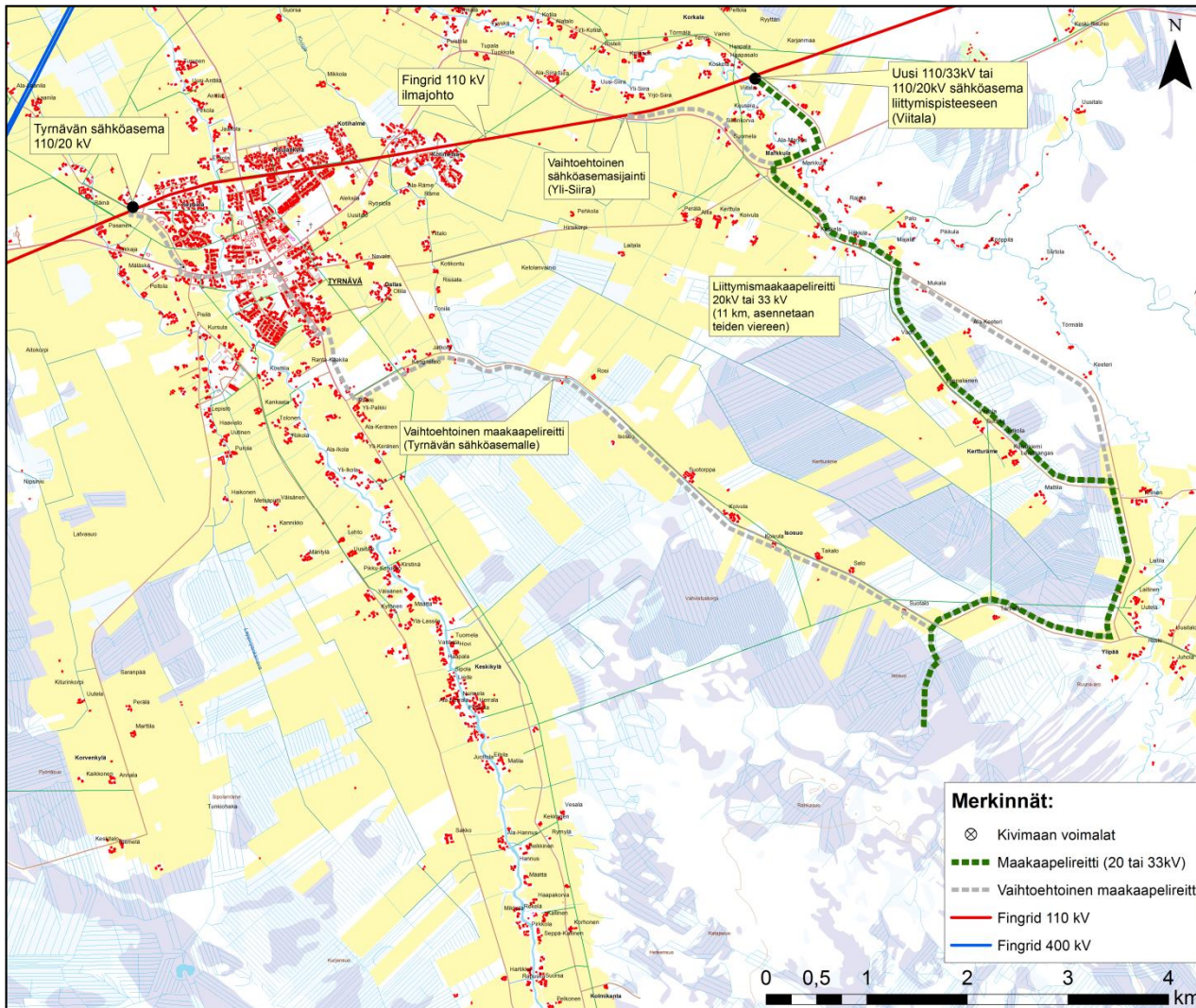
- Tuulipuisto Oy Kivimaa suunnittelee ja kehittää 8 voimalan tuulipuistoa (max 40 MW) Tyrnävän Kivimaan alueelle. Ensimmäiset neljä voimalaa on tarkoitus liittää verkkoon vaiheessa I suunnittelutarveratkaisun avulla ja loput neljä voimalaa osayleiskaavan valmistuttua vaiheessa II.
- Tämän työn tavoitteena on vertailla eri tapoja liittää tuulipuisto sähköverkkoon. Suunniteltu liittymispiste on joko Fingridin Muhos-Tyrnävä 110 kV:n voimajohto tai Muhoksen 110/20 kV sähköasema.
- Työssä huomioitu yksittäisen voimalan teho on 3,3 MW ja työssä on vertailtu seuraavia liityntävaihtoehtoja:
  - **VE1a:** 110/20 kV:n muuntosähköasema liittymispisteeseen (johdonvarsiliityntä), liityntä sähköasemaan 20 kV:n maakaapeleilla (11-14 km)
  - **VE1b:** 110/33 kV:n muuntosähköasema liittymispisteeseen (johdonvarsiliityntä), liityntä sähköasemaan 33 kV:n maakaapeleilla (11-14 km)
  - **VE2a:** 110/20 kV:n muuntosähköasema hankealueelle, liittyminen Muhos-Tyrnävä –johtoon 110 kV:n ilmajohtolla (8,5 km)
  - **VE2b:** 110/33 kV:n muuntosähköasema hankealueelle, liittyminen Muhos-Tyrnävä –johtoon 110 kV:n ilmajohtolla (8,5 km)
  - **VE3a:** 110/20 kV:n muuntosähköasema hankealueelle, liittyminen Muhoksen sähköasemaan 110 kV:n ilmajohtolla (15 km)
  - **VE3b:** 110/33 kV:n muuntosähköasema hankealueelle, liittyminen Muhoksen sähköasemaan 110 kV:n ilmajohtolla (15 km)
- Eri liityntävaihtoehdoille suunniteltiin alustavat maakaapeli- tai ilmajohtoreitit sekä laskettiin alustavat elinkaarikustannukset (investointi- ja häviökustannukset). Lisäksi vaihtoehdoista VE1a ja VE1b tarkistettiin loistehovaatimukset verkostolaskelmin.
- Työhön kuului myös potentiaalisten sähköasemasijaintien etsintä vaihtoehdolle VE1. Sopimusneuvottelut maaomistajien kanssa on raportin laatimishetkellä vielä kesken, ja tässä työssä esitetty sähköaseman sijainti voi vielä päivittyä myöhemmässä suunnitteluvaiheessa.

# TYÖN SUUNNITTELUPERUSTEET

- Ilmajohto- ja maakaapelireittien suunnittelussa otettiin huomioon alueen kulttuurihistoriallisesti tärkeät peltoalueet sekä Tyrnävän kunnan mielipiteet esitetyistä reittivaihtoehdoista (aluearkkitehti ja tekninen johtaja).
- Kaapelointiryhmät suunniteltiin niin, että tuulipuisto voidaan toteuttaa kahdessa erillisessä vaiheessa.
- Verkostolaskelmat tehtiin NEPLAN 5.5.3 –ohjelmistolla. Vaihtoehtojen VE1a ja VE1b loistehovaatimuksien tarkastelujen rajoina käytettiin Fingridin VJV2013-dokumentissa esitetyjä vaatimuksia.
- Elinkaarikustannusvertailua varten arvioidut sähköverkon alustavat häviökustannusten nettonykyarvot laskettiin 20 vuoden ajalta olettaen häviöenergian arvoksi ensimmäiseksi 12 vuodeksi tariffikorvaus 83,5 €/MWh, jonka jälkeen viimeiseksi 8 vuodeksi häviöenergian arvoksi oletettiin arvioitu sähkön hinta 60 €/MWh. Korkokertoimena  $p$  käytettiin arvoa 4 %. On kuitenkin huomioitava, että häviöenergian todellinen arvo tulee riippumaan tulevaisuuden uusiutuvan energian tukijärjestelmästä, jota ei tämän raportin kirjoittamishetkellä ole vielä valittu.
- Häviölaskennassa tarvittavana tuulisuusjakaumana käytettiin Suomen Tuuliatlaksen avulla arvioitua suuntaa-antavaa tuulisuusjakautamaa.
- Eri vaihtoehtojen investointikustannuksien arviointi perustuu sekä Energiaviraston julkaisemiin sähkönjakeluverkkokomponenttien indeksikorjattuihin yksikköhintoihin vuodelle 2015 että Pöyryn projektikokemukseen.
- Sopiva kaapelimitoitus puistolle on esimerkiksi 3x300mm<sup>2</sup> Al -kaapeli. Kaapeliin voidaan liittää 20 kV:n jännitettä käytettäessä 3x3,3 MW turbiinia, ja 33 kV:n jännitteellä 4x3,3 MW turbiinia.
- Tuulipuiston sisäisten maakaapelien pituudet ovat alustavia arvioita. Kaapelit asennetaan huoltoteiden yhteyteen, joten lopulliset pituudet riippuvat huoltotiestön rakenteesta.

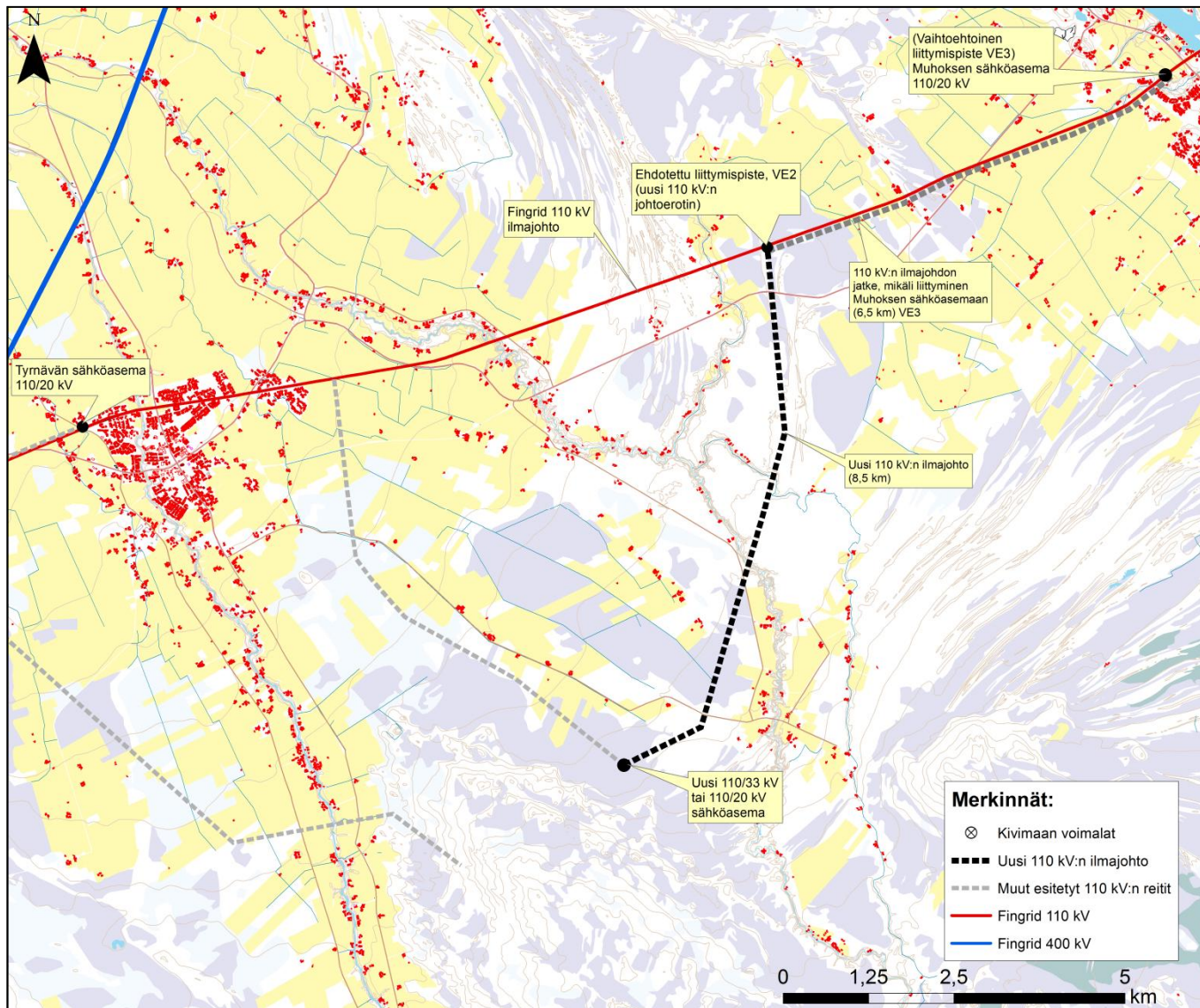


# YLEISKUVA VERKKOLIITYNNÄSTÄ (VE1)





# YLEISKUVA VERKKOLIITYNNÄSTÄ (VE2 JA VE3)





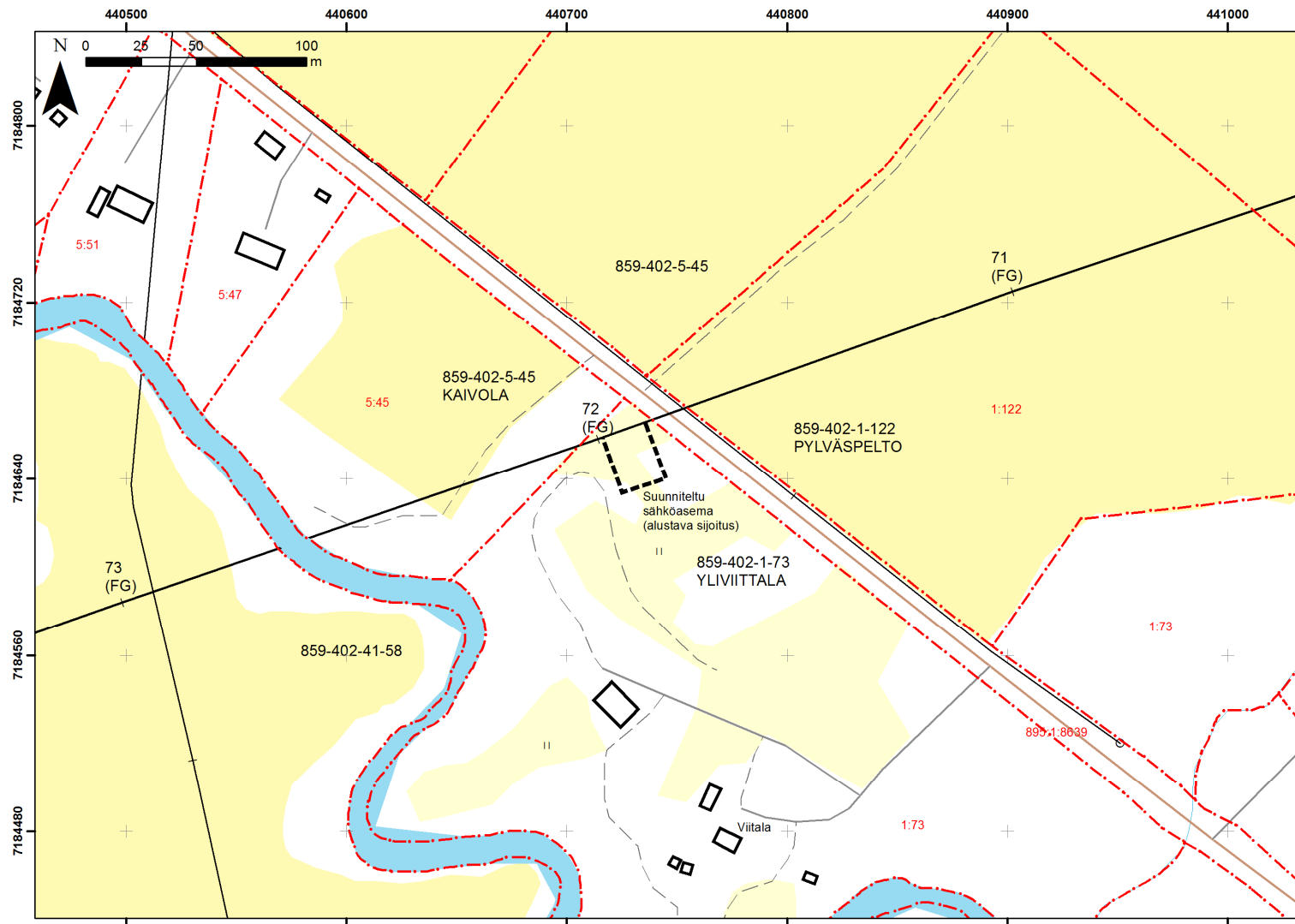
# ALUSTAVA SÄHKÖVERKKOSUUNNITELMA

## VERKKOLIITYNTÄ, VE1

- Vaihtoehdossa VE1 Fingridin Muhos-Tyrnävä 110 kV:n ilmajohdon yhteyteen rakennettaisiin uusi 110/20 kV:n (VE1a) tai 110/33 kV:n (VE1b) sähköasema, johon tuulipuiston tuulivoimalat liitettäisiin keskijännitemaakaapelein. Liittymismaakaapeliin pituudet olisivat 11-14 km.
- 3,3 MW:n voimaloita käytettäessä sopiva päämuuntajamitoitus olisi 25 MVA:n muuntaja. Täydellä tehontuotannolla muuntaja ylikuormittuisi alle 10%, mikä on Suomen ilmasto-oloissa hyväksyttävää.
- Tuulipuiston sisäinen sähköverkko voidaan toteuttaa joko 20 kV:n (VE1a) tai 33 kV:n (VE1b) nimellisjännitteellä. 20 kV:n nimellisjännitteen maakaapelit ja kojeistot ovat vastaavia 33 kV:n komponentteja edullisemmat, mutta niissä tapahtuvat häviöt ovat isommat.
- 20 kV:n jännitettä käytettäessä (VE1a) voimalat voitaisiin liittää sähköasemaan kolmena kaapelointiryhmänä, jolloin 20 kV:n maakaapelia tarvittaisiin yhteensä noin 42 km.
- 33 kV:n jännitettä käytettäessä (VE1b) voidaan useampia turbiineja liittää samaan kaapelointiryhmään, jolloin tarvittavien kaapelointiryhmien määrä on kaksi. Tällöin 33 kV:n maakaapelia tarvittaisiin yhteensä noin 29 km.
- Pitkät maakaapelit tuottavat loistehoa erityisesti tyhjäkäyvinä. Verkostolaskelmien mukaan 3,3 MW:n turbiineja käytettäessä tuulipuisto täyttää sille asetetut Fingridin teholuokan 3 loistehovaatimukset (25-100 MW tuulipuistot) liittymispisteessä, mikäli voimalat voivat tuottaa/vastaanottaa loistehoa vähintään seuraavasti:
  - 100 % pätötehontuotannolla loistehoa tehokertoimella  $PF=0,9$  / 1.6MVar (ylimagnetoitu) ja  $PF=0,98$  / 0.6MVar (alimagnetoitu)
  - 10 % pätötehontuotannolla loistehoa 0.5MVar (alimagnetoitu)
- Tuulipuiston päämuuntajassa suositellaan käytettävän automaattista käämikytkintä jännitteen säätöön. Verkostolaskelmien mukaan sisäisen verkon jännitteet voivat pysyä sallituissa rajoissa, mutta asia on varmistettava valitun turbiinivalmistajan kanssa.

# ALUSTAVA SÄHKÖVERKKOSUUNNITELMA

## SÄHKÖASEMAN ALUSTAVA SIJAINTI, VE1



# ALUSTAVA SÄHKÖVERKKOSUUNNITELMA

## VERKKOLIITYNTÄ, VE2

- Vaihtoehdossa VE2 tuulipuisto liitettäisiin Fingridin Muhos-Tyrnävä 110 kV:n ilmajohtoon johdonvarsiliitynnällä lähellä Pyöriäsuota.
- Tuulipuiston hankealueelle rakennettaisiin uusi 110/20 kV:n (VE2a) tai 110/33 kV:n (VE2b) sähköasema. Tuulipuiston sähköaseman ja liittymispisteen väliin rakennettaisiin 110 kV:n 1-Duck ilmajohto, jonka pituus olisi noin 8,5 km.
- 3,3 MW:n voimaloita käytettäessä sopiva päämuuntajamitoitus olisi 25 MVA:n muuntaja. Täydellä tehontuotannolla muuntaja ylikuormittuisi alle 10%, mikä on Suomen ilmasto-oloissa hyväksyttävää.
- Tuulipuiston sisäinen sähköverkko voidaan toteuttaa joko 20 kV:n (VE2a) tai 33 kV:n (VE2b) nimellisjännitteellä. 20 kV:n nimellisjännitteen maakaapelit ja kojeistot ovat vastaavia 33 kV:n komponentteja edullisemmat, mutta niissä tapahtuvat häviöt ovat isommat.
- 20 kV:n jännitettä käytettäessä (VE2a) voimalat voitaisiin liittää sähköasemaan kolmena kaapelointiryhmänä, jolloin 20 kV:n maakaapelia tarvittaisiin yhteensä noin 8,5 km.
- 33 kV:n jännitettä käytettäessä (VE2b) voidaan useampia turbiineja liittää samaan kaapelointiryhmään, jolloin tarvittavien kaapelointiryhmien määrä on kaksi. Tällöin 33 kV:n maakaapelia tarvittaisiin yhteensä noin 7 km.
- Tässä vaihtoehdossa maakaapelipituudet ovat lyhyet, ja voimalat täyttävät todennäköisesti Fingridin loistehovaatimukset VJV-referenssipisteessä (tuulipuiston päämuuntajan yläjännitepuoli).

# ALUSTAVA SÄHKÖVERKKOSUUNNITELMA

## VERKKOLIITYNTÄ, VE3

- Vaihtoehdossa VE3 tuulipuisto liitettäisiin Muhoksen 110/20 kV:n sähköasemaan 110 kV:n puolelle
- Tuulipuiston hankealueelle rakennettaisiin uusi 110/20 kV:n (VE3a) tai 110/33 kV:n (VE3b) sähköasema. Tuulipuiston sähköaseman ja liittymispisteen väliin rakennettaisiin 110 kV:n 1-Duck ilmajohto, jonka pituus olisi noin 15 km. 6,5 km pitkä osuus johdosta rakennettaisiin Fingridin olemassa olevan johtokadun rinnalle.
- 3,3 MW:n voimaloita käytettäessä sopiva päämuuntajamitoitus olisi 25 MVA:n muuntaja. Täydellä tehontuotannolla muuntaja ylikuormittuisi alle 10%, mikä on Suomen ilmasto-oloissa hyväksyttävää.
- Tuulipuiston sisäinen sähköverkko voidaan toteuttaa joko 20 kV:n (VE3a) tai 33 kV:n (VE3b) nimellisjännitteellä. 20 kV:n nimellisjännitteen maakaapelit ja kojeistot ovat vastaavia 33 kV:n komponentteja edullisemmat, mutta niissä tapahtuvat häviöt ovat isommat.
- 20 kV:n jännitettä käytettäessä (VE3a) voimalat voitaisiin liittää sähköasemaan kolmena kaapelointiryhmänä, jolloin 20 kV:n maakaapelia tarvittaisiin yhteensä noin 8,5 km.
- 33 kV:n jännitettä käytettäessä (VE3b) voidaan useampia turbiineja liittää samaan kaapelointiryhmään, jolloin tarvittavien kaapelointiryhmien määrä on kaksi. Tällöin 33 kV:n maakaapelia tarvittaisiin yhteensä noin 7 km.
- Tässä vaihtoehdossa maakaapelipituudet ovat lyhyet, ja voimalat täyttävät todennäköisesti Fingridin loistehovaatimukset VJV-referenssipisteessä (tuulipuiston päämuuntajan yläjännitepuoli)

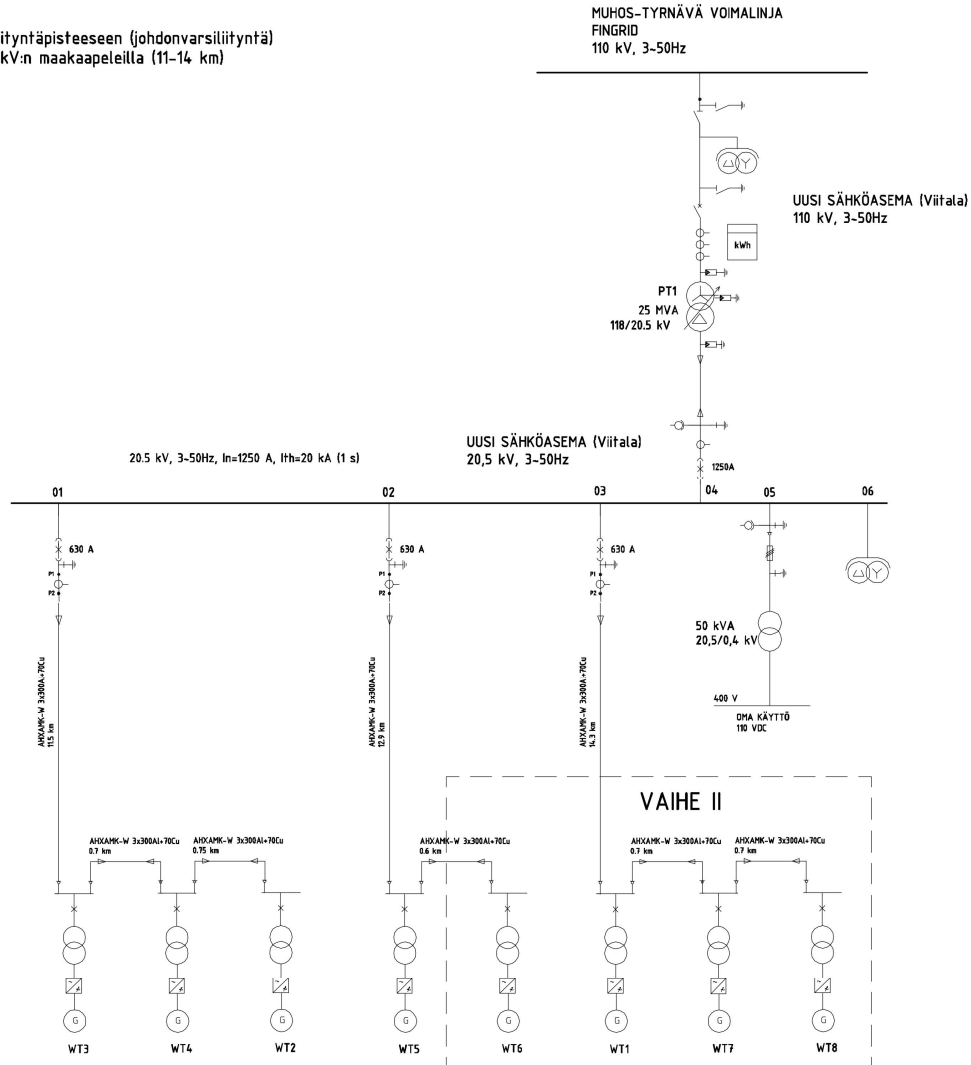
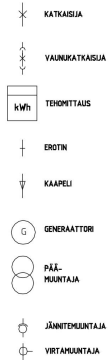
# ALUSTAVA SÄHKÖVERKKOSUUNNITELMA

## PÄÄKAAVIOESITYS, VE1a

### VAIHTOEHTO VE1a

- Tuulipuiston sähköasema liittytäpisteeseen (johdonvarsiliityntä)
- Liityntä sähköasemaan 20 kV:n maakaapeleilla (11-14 km)

#### MERKINNÄT:





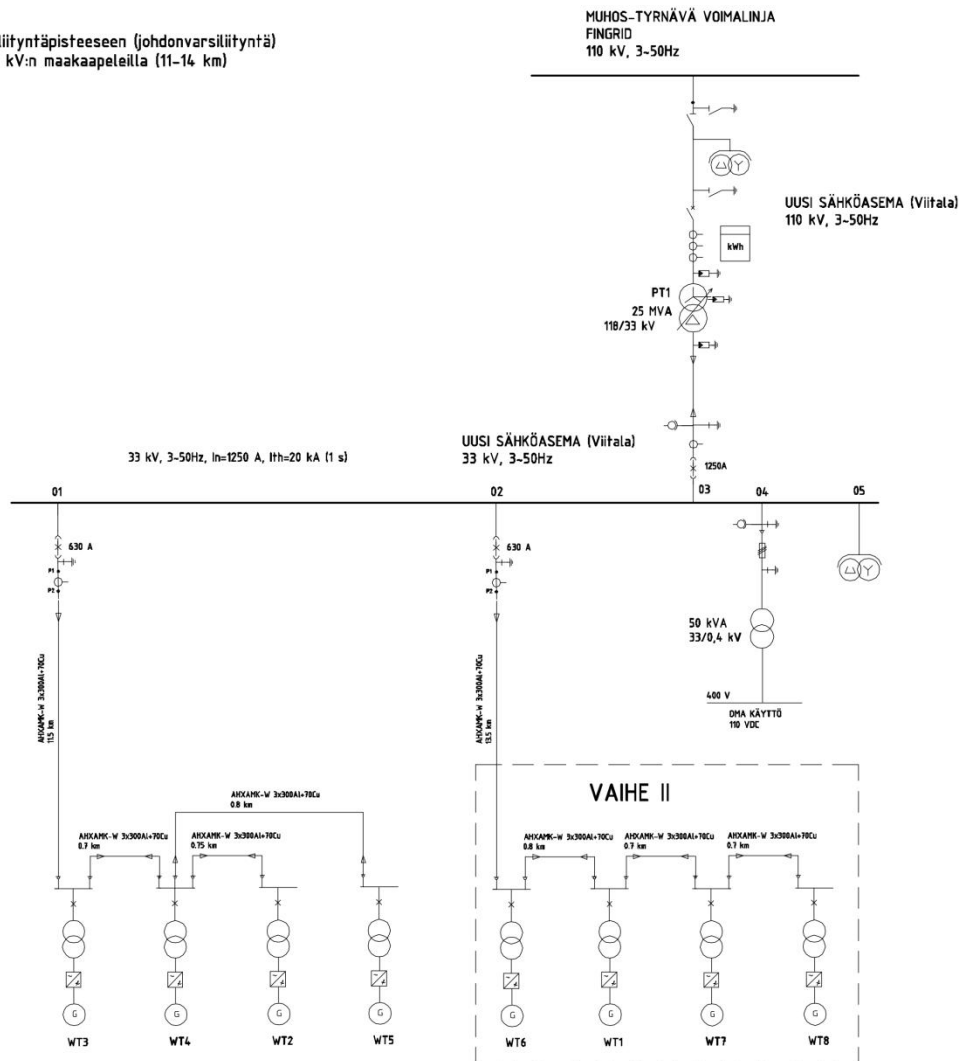
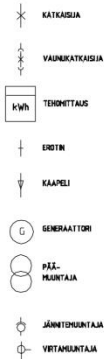
# ALUSTAVA SÄHKÖVERKKOSUUNNITELMA

## PÄÄKAAVIOESITYS, VE1B

## VAIHTOEHTO VE1b

- Tuulipuiston sähköasema liityntäpisteeseen (johdonvarsiliityntä)
- Liityntä sähköasemaan 33 kV:n maakaapeilla (11-14 km)

**MERKINNÄT:**



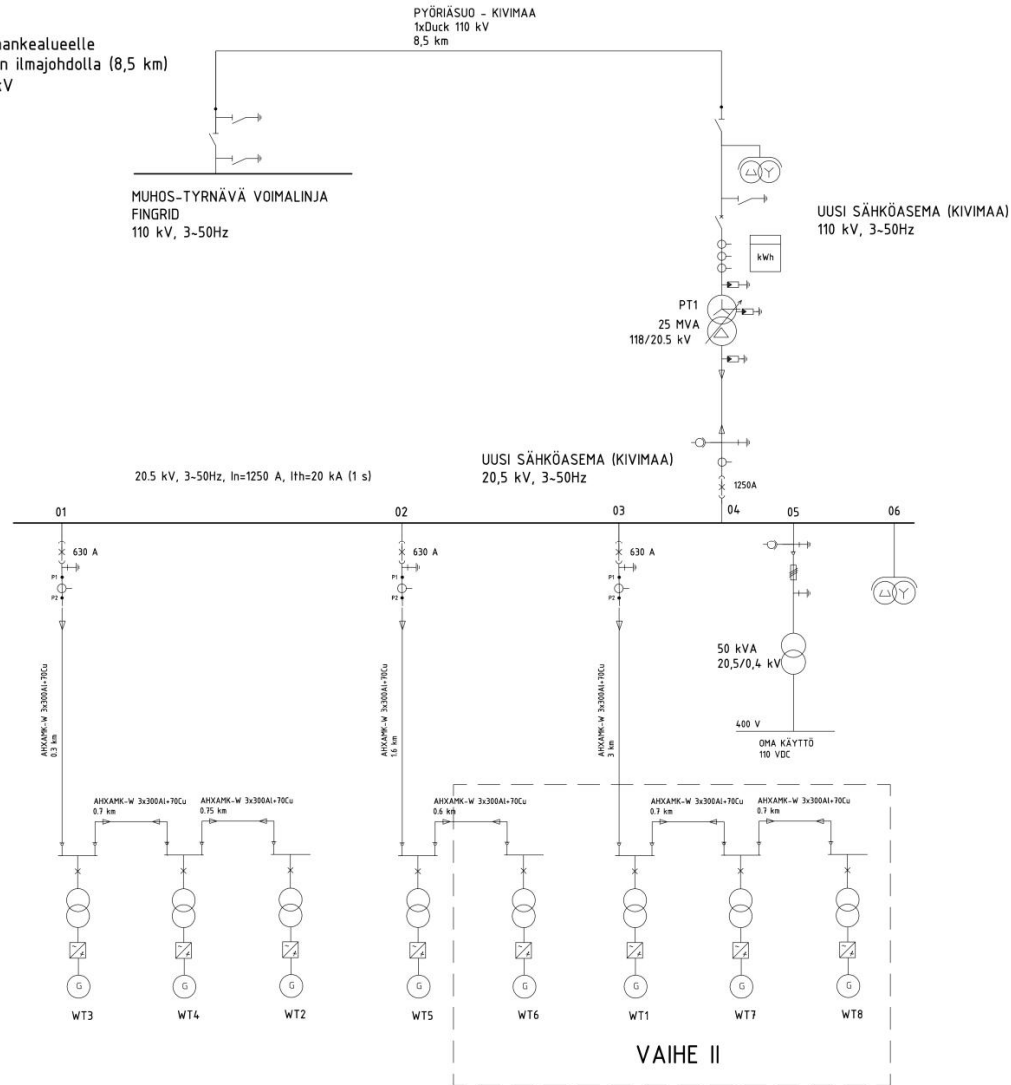
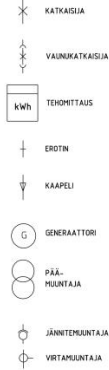
# ALUSTAVA SÄHKÖVERKKOSUUNNITELMA

## PÄÄKAAVIOESITYS, VE2a

### VAIHTOEHTO VE2a

- Tuulipuiston sähköasema hankealueelle
- Johdonvarsiliityntä 110 kV:n ilmajohdolla (8,5 km)
- Sisäinen sähköverkko 20 kV

#### MERKINNÄT:



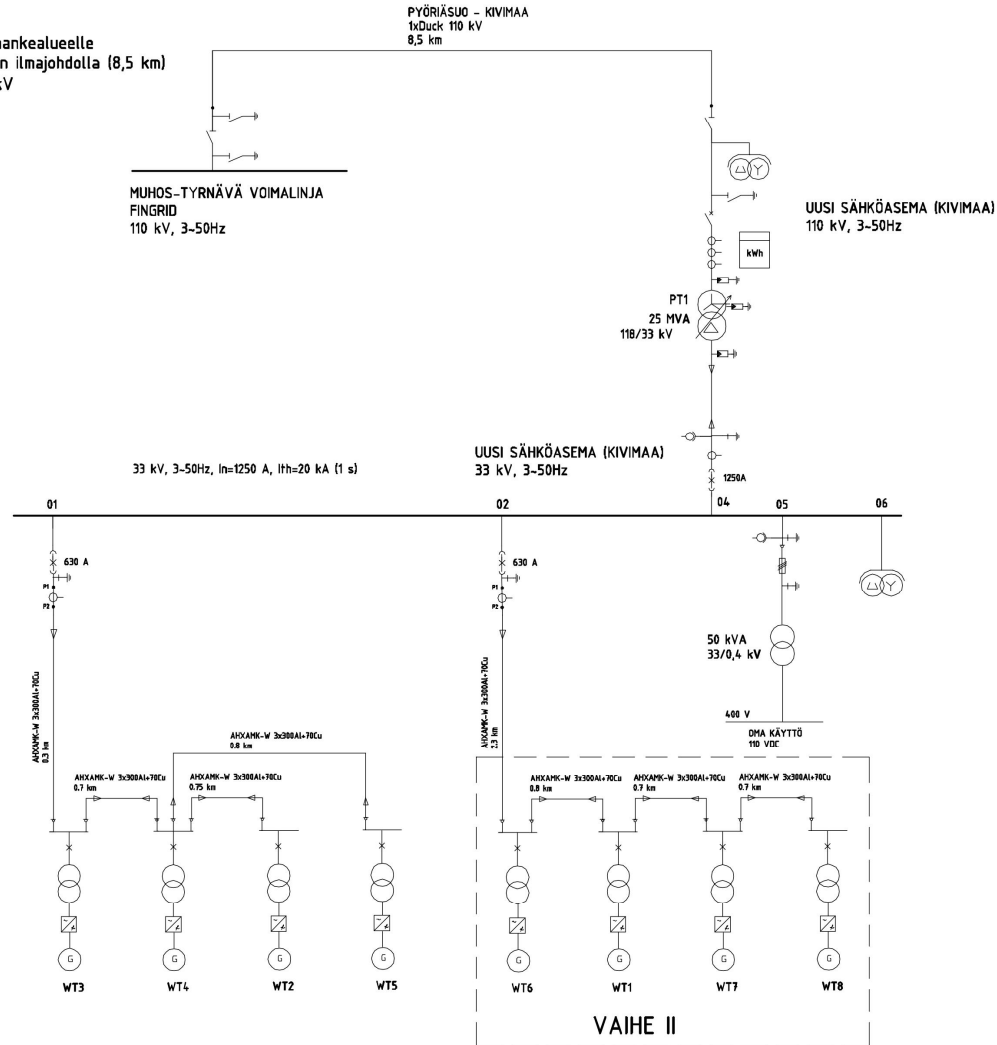
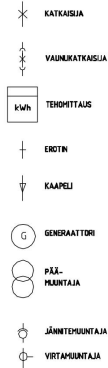
# ALUSTAVA SÄHKÖVERKKOSUUNNITELMA

## PÄÄKAAVIOESITYS, VE2B

### VAIHTOEHTO VE2b

- Tuulipuiston sähköasema hankealueelle
- Johdonvarsiliityntä 110 kV:n ilmajohdolla (8,5 km)
- Sisäinen sähköverkko 33 kV

#### MERKINNÄT:



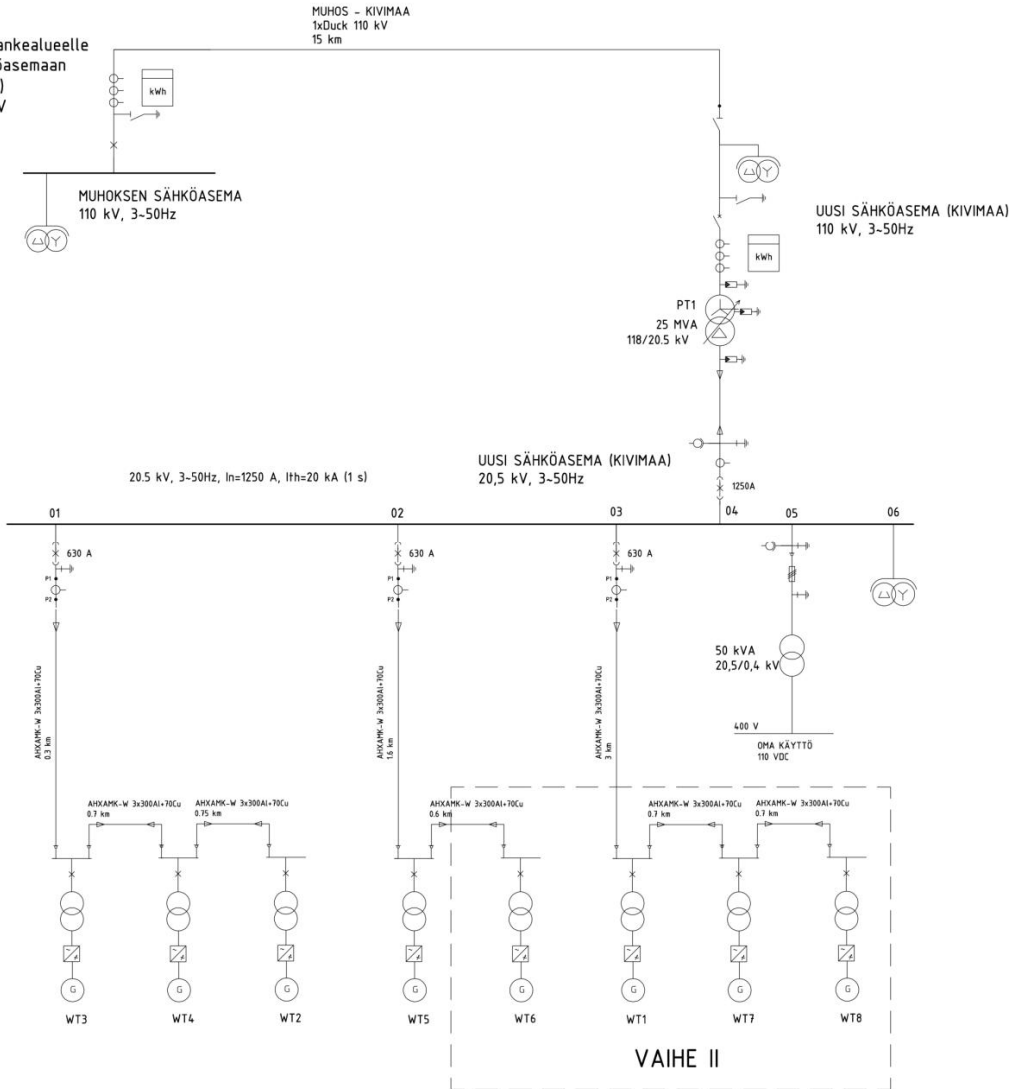
# ALUSTAVA SÄHKÖVERKKOSUUNNITELMA PÄÄKAAVIOESITYS, VE3a

## VAHTOEHTO VE3a

- Tuulipuiston sähköasema hankealueelle
- Liittyminen Muhoksen sähköasemaan  
110 kV:n ilmajohtolla (15 km)
- Sisäinen sähköverkko 20 kV

### MERKINNÄT:

- KATKAISUJA
- VAUNUKATKAISUJA
- TEHOMITTAUS
- EROTIN
- KAAPELI
- GENERAATTORI
- PÄÄ-  
ROUNTAJA
- JÄÄNNETUNTAJA
- VIRTATUNTAJA



# ALUSTAVA SÄHKÖVERKKOSUUNNITELMA PÄÄKAAVIOESITYS, VE3B

## VAIHTOEHTO VE3b

- Tuulipuiston sähköasema hankealueelle
- Liittyminen Muhoksen sähköasemaan  
110 kV:n ilmajohtolla (15 km)
- Sisäinen sähköverkko 33 kV

### MERKINNÄT:

