



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Teemu Kylmä

MARKKINATUTKIMUS HAJAUTETUN ENER-  
GIAN PIENTUOTANNON MAHDOLLISUUK-  
SISTA PIENJÄNNITEGNERAATTOREILLE

Tekniikka  
2021

## TIIVISTELMÄ

Tekijä	Teemu Kylmä
Opinnäytetyön nimi	Markkinatutkimus hajautetun energian pientuotannon mahdollisuuksista pienjännitegeneraattoreille.
Vuosi	2021
Kieli	suomi
Sivumäärä	57 + 2 liitettä
Ohjaaja	Ossi Koskinen, Heidi Skjäl

---

Opinnäytetyön aiheena oli suorittaa markkinatutkimus pienjännitegeneraattoreiden mahdollisuuksista hajautetussa energian tuotannossa. Toimeksiantajana työlle toimi ABB Oy, jonka tuotteisiin myös työssä käsitelty generaattori lukeutuu. Työn tavoitteena oli tuottaa toimeksiantajayritykselle tietoa pienjännitegeneraattorien markkinatilanteesta Euroopassa sekä arvioida energia-alalla vaikuttavia trendejä ja niiden vaikutuksia pienjännitegeneraattoreiden menekkiin tulevina vuosina. Työn tarpeellisuus tunnustettiin koska pienjännitegeneraattoria ei ole aiemmin aktiivisesti markkinoitu ja haluttiin selvittää, olisiko tuotteelle enemmän kysyntää, mikäli markkinointiin suunnattaisiin aiempaa enemmän resursseja.

Opinnäytetyön teoriaosuudessa käsiteltiin sähkökoneita sekä moottoria, että generaattoria yleisellä tasolla. Työn tutkimusosuutta pohjustettiin keräämällä tietoa luotettavista kotimaisista ja kansainvälisistä lähteistä generaattorien yleisistä käyttökohteista energian pientuotannossa. Osana työtä suoritettiin sähköpostilla jaettu kyselytutkimus. Sen kohderyhmänä toimi joukko ABB:n myyntiorganisaatiossa toimivia henkilöitä. Tämän kyselytutkimuksen avulla pyrittiin keräämään tietoa generaattorimarkkinoiden tilanteesta nyt ja tulevaisuudessa. Vastausten analysointiin käytettiin Exceliin tehtyä koostetta, jossa vastaukset ryhmiteltiin kysymyksittäin.

Suoritetun kyselytutkimuksen vastauksista havaittiin markkinoiden olevan hyvin kilpaillut niiltä osin mistä tietoa on onnistuttu keräämään. Tärkeimpänä huomiona voidaan pitää markkinoiden yhtenevää tarvetta räätälöitävälle tuoteratkaisuille. Tutkimuksessa ilmeni myös tarvetta tuottaa markkinointimateriaalia asiakasviereisille sekä alan trendejä seuraaville sidosryhmille.

---

Avainsanat markkinatutkimus, sähkögeneraattori, uusiutuvat energialähteet, trendit

## ABSTRACT

Author	Teemu Kylmä
Title	Market Research on the Opportunities of Distributed Energy Production for Low Voltage Generators.
Year	2021
Language	Finnish
Pages	57 + 2 Appendices
Name of Supervisor	Ossi Koskinen, Heidi Skjäl

---

The topic of the thesis was to conduct a market research on the possibilities of low voltage generators in decentralized energy production. The client for the work was ABB Oy, whose products also include the generator dealt with in the thesis. The aim of the thesis was to provide the client company with information on the market situation of low voltage generators in Europe and to assess the trends in the energy sector and their effects on the sales of low voltage generators in the coming years. The need for the thesis was identified because the low-voltage generator has not been actively marketed before and the purpose was to find out whether there would be more demand for the product if more resources were directed to marketing.

The theoretical part of the thesis dealt with both electrical motor and the generator at a general level. The research part of the thesis was primed by collecting data from reliable domestic and international sources on the general uses of generators in small-scale energy production. As part of the thesis, an e-mail survey was conducted. Its target group was a number of people in ABB's sales organization. The aim of this survey was to get gather information on the current and future situation of the generator market. A summary made in Excel was used to analyse the answers, in which the answers were grouped by questions.

From the responses to the survey, it was found that the market was highly competitive in terms of where data has been successfully collected. The focus can be on the converging market need for customized product solutions. The study also revealed the need to produce marketing material for customer visits as well as for stakeholders following industry trends.

---

Keywords     Market research, electric generators, renewable energy sources, and trends

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	8
2	SÄHKÖKONEET.....	10
	2.1 Konetyypit ja perusrakenne.....	10
	2.2 Sähkökoneen toimintaperiaate .....	12
	2.3 Vaihtovirtageneraattori energian pientuotannossa.....	14
	2.4 Hajautetun energiatuotannon tarpeet .....	17
	2.4.1 Generaattorin erilliskäyttö.....	18
	2.4.2 Generaattorin saarekekäyttö.....	18
	2.4.3 Generaattorin käyttö verkkoon kytkettynä .....	19
	2.4.4 Pientuulivoima .....	19
	2.4.5 Pienen kokoluokan CHP- voimalat maataloudessa.....	22
	2.4.6 Hybridijärjestelmät.....	22
3	MARKKINATUTKIMUS.....	24
	3.1 Tutkimuksen menetelmät.....	24
	3.2 Kvalitatiivinen markkinatutkimus prosessina .....	25
4	TRENDIT ENERGIA-ALALLA .....	27
	4.1 Ilmastonmuutos.....	27
	4.2 Energiatehokkuus .....	28
	4.3 Älykkäät sähköverkot.....	29
5	LAIT JA SÄÄDÖKSET PIENJÄNNITEGENERAASTOREILLE .....	31
	5.1 Yleiset lait ja säädökset EU:ssa .....	31
	5.2 Suomi markkina-alueena .....	32
	5.3 Saksa markkina-alueena .....	34
	5.4 Ruotsi markkina-alueena .....	35
	5.5 Italia markkina-alueena .....	37

5.6	Ranska markkina-alueena .....	38
6	OPINNÄYTETYÖN PROSESSI.....	40
6.1	Tutkimuksen suunnittelu .....	40
6.2	Työn toteuttaminen.....	40
6.3	Tulosten analysoinnin suunnitelma.....	41
7	TULOSTEN YHTEENVETO .....	43
7.1	Haastattelun vastausten analysointi.....	43
7.2	Markkinapotentiaali.....	48
7.3	Luotettavuuden arviointi .....	50
7.4	Jatkokehityskohteet.....	50
	LÄHTEET .....	52

## KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

<b>Kuva 1.</b> Roottorin sekä staattorin uritukset. ....	11
<b>Kuva 2.</b> Havainnekuva ABB halkileikatusta oikosulkumoottorista. /3/ .....	11
<b>Kuva 3.</b> Vaihtosähkökoneen toimintaperiaate. /4/ .....	12
<b>Kuva 4.</b> Liikkuvassa johtimessa syntyvä jännite. /6/ .....	13
<b>Kuva 5.</b> 2kW 48 V AC Kestomagneetti generaattori. /8/ .....	16
<b>Kuva 6.</b> 2kW 48 V AC Induktiogeneraattori. /9/ .....	17
<b>Kuva 7.</b> Eritehoisten tuulivoimaloiden kokoluokkia. /12/ .....	21
<b>Kuva 8.</b> Malli tuuli- aurinko hybridituotantojärjestelmän kokoonpanosta. /14/ .	23
<b>Kuva 9.</b> Suomen energiatuotannon hiilidioksidipäästöt 2000–2020. /28/.....	33

## **LIITELUETTELO**

**LIITE 1.** Cover letter

**LIITE 2.** Survey questions

## 1 JOHDANTO

Vaihtoehtoisten energiantuotantomuotojen ja etenkin hajautetun energian pientuotannon tarvetta tulee tarkastella tulevaisuudessa yhä lähemmin fossiilisten polttoaineiden käytön vähentyessä eettisten, ympäristöllisten sekä taloudellisten tekijöiden vuoksi. Hajautettua energian pientuotantoa pidetään yhtenä vaihtoehtona, jolla voidaan turvata yhteiskunnan sähkön saantia tai alentaa sähkön hankinta kustannuksia tulevaisuudessa. Energian pientuotanto auttaa osallaan myös lähemmäksi kunnianhimoisia tavoitteita, jotka on määritetty Pariisin ilmastopöytäkirjassa fossiilivapaasta energiantuotannosta. Hajautetun energian pientuotannon yleistyessä globaalisti avautuu laajat markkinat pienjännite generaattoreille, joiden käyttöä osana energiatehokkaita järjestelmiä voidaan pitää edistysaskeleena kohti vihreämpää tulevaisuutta.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tuottaa tietopohja markkinatutkimuksen keinoin pienjännitegeneraattoreiden markkinoiden lähitulevaisuudesta, markkinoiden nykytilanteesta, siellä vaikuttavista trendeistä sekä mahdollisista haasteista. Markkinatutkimukseen valittiin viisi kohdemaata Euroopan talousalueelta valitut maat ovat: Ranska Saksa Italia Suomi ja Ruotsi. Markkinatutkimuksen tarkoituksena oli tarjota kattava selvitys ja vastaus avainkysymyksiin markkinoiden nykytilanteesta, potentiaalin kehittymisestä viiden vuoden aikavälillä, ja lisäksi tarjottava yleiskuva loppukäyttäjistä unohtamatta markkinoiden potentiaalisimpien sektoreiden määrittelyä.

Tutkimusmenetelmäksi valittiin kvalitatiivinen markkinatutkimus, jossa haastattelujen avulla kerättiin tietoa Euroopassa toimivilta myyntiyhtiöiltä kulloinkin kyseessä olevan kohdemaan viimeisimmistä trendeistä pienjännitegeneraattorimarkkinoilla. Lisäksi kerättiin tietoa generaattoreiden valmistukseen ja käyttöön vaikuttavista asetuksista ja standardeista. Myös markkinoiden kehityksestä ja tulevaisuuden näkymistä pyrittiin saamaan tietoa suoraan myyntitapahtumasta ja sitä edeltävistä tarjouksista.



Työn toimeksiantajana toimi ABB oy, joka on globaali teollisuuskonserni, jonka toiminta keskittyy sähkövoima sekä automaatiotekniikan osa-alueille. Konsernilla on toimipisteitä yli 100 maassa ja maakohtaisesti useissa kaupungeissa. Suomessa ABB:llä toimipisteitä on kirjoitushetkellä 20 eri paikkakunnalla, joissa työskentelee noin 5 000 henkilöä. ABB on yksi suomen suurimmista teollisen alan työnantajista ja pääkaupunkiseudulla suurin. /1/

## 2 SÄHKÖKONEET

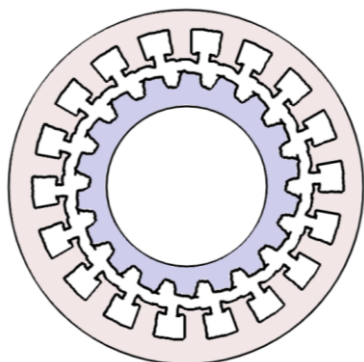
Sähkökone on yleisnimitys laitteelle, joka muuntaa energiaa muodosta toiseen. Sähkämoottori muuttaa siihen syötetyn sähköenergian mekaaniseksi energiaksi. Generaattorin toiminta on saman kaltaista mutta energian kulkusuunta on päinvastainen, jolloin generaattoriin syötetty mekaaninen energia muuttuu sähköenergiaksi. Useimmissa tapauksissa sähkökone voi toimia sekä moottorina että generaattorina riippuen energian kulkusuunnasta.

### 2.1 Konetyypit ja perusrakenne

Sähkökoneita on monia eri tyyppisiä. Yleisimmät konetyypit ovat tahti-, epätahti- ja tasavirtakoneet. Näistä tahti- ja epätahtikoneiden ollessa vaihtosähkökoneita. Jokainen edellä mainituista konetyypeistä voidaan toteuttaa usealla eri tavalla, jonka seurauksina niiden mekaaniset sekä sähköiset ominaisuudet ovat toisistaan poikkeavia. Mainittujen konetyyppien lisäksi on olemassa myös lukuisia erikoiskoneita. /2/

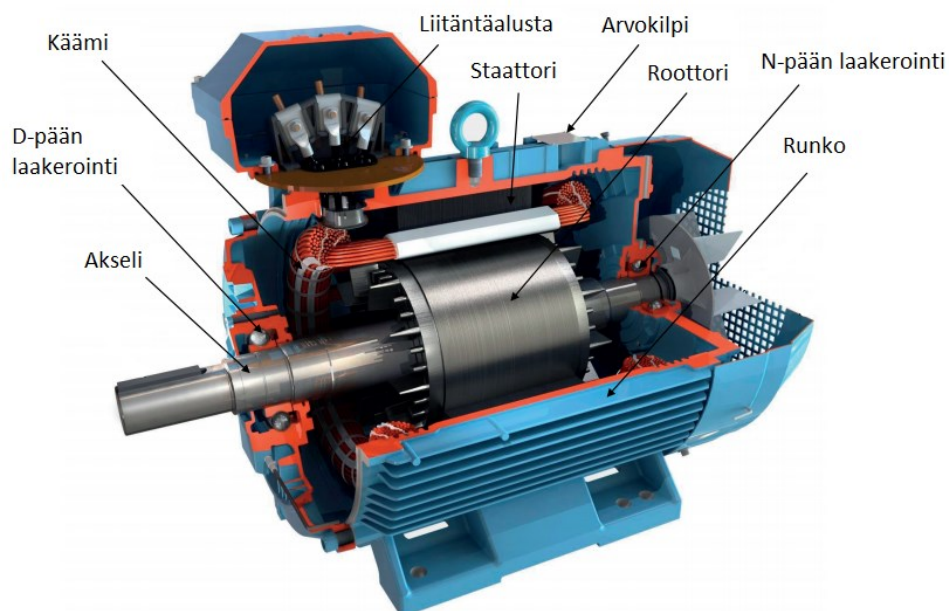
Huolimatta koneiden lukuisista eri tyypistä, kyetään kaikista perusrakenteisista koneista erottamaan perusosat: pyörijä akselineen (roottori), seisija (staattori), laakerikilvet sekä laakerit. /2/ Roottori on vapaasti pyörivä osa, joka lepää laakeroinnillaan staattorin sisässä. Roottorin ja staattorin asettelu voi myös olla myös päinvastainen, tällöin on kyse ulkoroottori koneesta. Roottorista koneen rungon ulkopuolelle tuleva osa on yleisnimitykseltään akseli. Akselin ulostulo määrittää myös koneen päädyille nimet, jotka ovat yleisnimityksiltään D- ja N-pää. Lyhenteet D ja N tulevat englannin kielen sanoista Drive end ja Non-drive end ilmoittaen kummasta päästä moottoria akseli työntyy rungon ulkopuolelle mahdollistaen koneen kytkemisen. Laakerointi on kiinnitettyä koneen runkoon laakerikilvillä. Sähköjohtimien kiinnitykseen koneessa on yleensä liitäntäkotelo, jonka sisällä liitäntäalusta sijaitsee. Mahdollista on myös asentaa johtimet suoraan käämin päähän siten, ettei erillistä liitäntäkoteloa tarvita lainkaan. Koneen staattori sekä roottori valmistetaan uritetusta sähkölevystä. Kuvassa 2 roottorin ja staattorin rakenne.

Sekä roottorin ja staattorin erottava ilmapäli. Uritus sijaitsee roottorin ulkopinnalla sekä staattorin sisäpinnalla. Kuvassa 1 näkyvät urat toimivat asennuskohteena urakäämitykselle.



**Kuva 1.** Roottorin sekä staattorin uritukset.

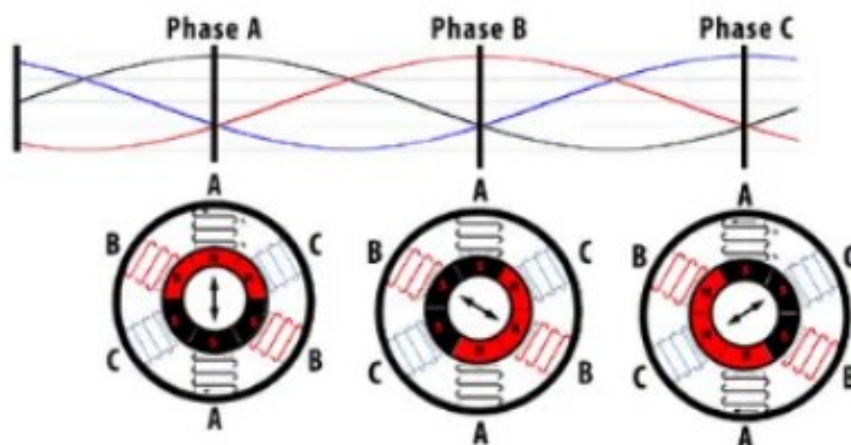
Staattori sekä roottorikäämi voidaan valmistaa lukuisista eri materiaaleista. Yleisimpänä käytetään staattorikäämissä kuparilankaa ja roottorikäämissä alumiiniväluä. Kuvaan 2 on havainnollistettu poikkileikkauksen avulla miltä sähkökoneen komponentit voivat todellisuudessa näyttää.



**Kuva 2.** Havainnekuva ABB:n halkileikatusta oikosulkumoottorista. /3/

## 2.2 Sähkökoneen toimintaperiaate

Erikoistapauksia huomioon ottamatta kaikkien sähkökoneiden toiminta pohjautuu magneettikentän ja sen vaikutuksen alla olevaan virrallisen johtimen välisiin voimavaikutuksiin. Käämityksistä puhuttaessa erotetaan toisistaan magnetointi- ja työvirtakäämitys. Magnetointikäämityksen tehtävänä on luoda koneelle toiminnan kannalta ratkaiseva magneettikenttä. Työvirtakäämityksessä kulkee koneen sähköteho. Koneen toimiessa generaattorina kone tuottaa sähkötehoa eli virran suunta on koneesta ulospäin. Virran kulkiessa koneeseen päin kone toimii moottorina. Kun käämiin syötetään vaihtojännitettä alkaa magneettikenttä koneen sisällä pyöriä kuvan 3 osoittamalla tavalla.

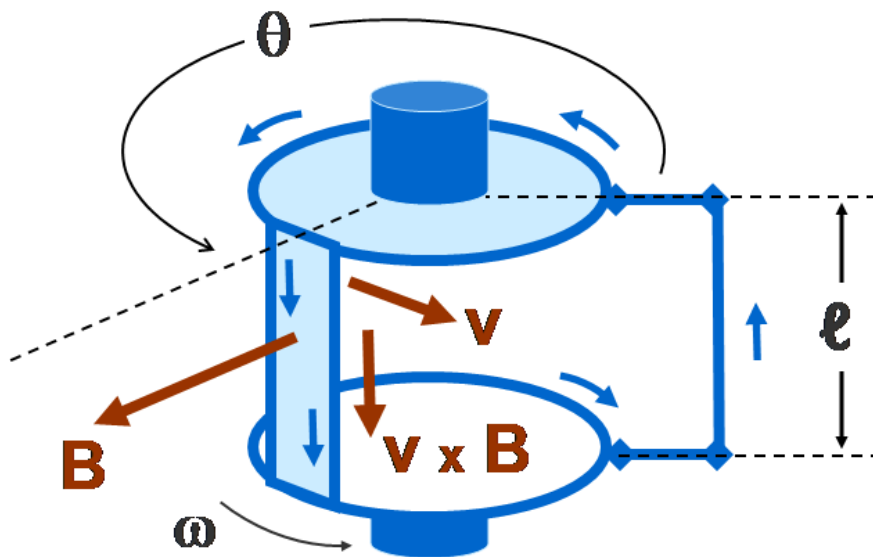


**Kuva 3.** Vaihtosähkökoneen toimintaperiaate. /4/

Vaihtovirtakoneen ja tässä tapauksessa epätahtikoneen tarkemmin induktiogeneraattorin toimintaperiaate pohjautuu roottoria pyörittävään ulkoiseen voimaan, jonka johdosta roottorin aiheuttama magneettikenttä pyörii nopeammin kuin koneen synkroninen nopeus, tässä tapauksessa kone alkaa tuottamaan sähkövirtaa. Kun roottori pyörii synkronista nopeutta nopeammin, voidaan puhua myös negatiivisesta jättämästä. Vaihtoehtoisesti moottorikäytössä on kyse jättämästä. Toimiakseen sähköverkossa induktiogeneraattori täytyy magnetoida johta-

valla jännitteellä, tämä tehdään yleensä kytkemällä generaattori verkkoon ja hiljalleen nostamalla roottorin pyörintänopeutta, jolloin roottori alkaa edistää staattorin sisällä pyörivää magneettikenttää ja näin ollen sähköenergia alkaa kulkea verkkoon päin. Toinen vaihtoehto generaattorin magnetoimiseen on vaiheenkorjaus kondensaattorien käyttäminen, mutta tätä vaihtoehtoa ei käytetä yleisesti suuremmissa käyttökohteissa. /5/

Generaattorin toiminta pohjautuu magneettikentässä liikkuvaan johtimeen syntyvään sähkömagneettiseen voimaan kuvan 4 osoittamalla tavalla. Kuvan ilmiöstä voidaan muodostaa kaavan 1 mukainen lauseke kuvaamaan tapahtumaa.



**Kuva 4.** Liikuvassa johtimessa syntyvä jännite. /6/

$$- E = (v \times B)l \quad E = \text{sähkömagneettinen voima} \quad (1)$$

$$v = \text{nopeus}$$

$$B = \text{magneettikenttä}$$

$$l = \text{johtimen pituus}$$

Sähkömagneettisen voiman kannalta ei näin ole merkitystä liikkuko magneettikenttä vai johtimet sen sisällä. Vaihtovirtageneraattorissa järjestys on seuraavan-

lainen. Vyyhdet ovat asennettuina kiinteästi staattoriin ja magneettinavat ovat tällöin ulkoisen voimakoneen pyörittämässä roottorissa. Edellä kuvatussa tapauksessa kun magneettinavat ovat roottorissa aiheutuu staattorikäimitykseen muuttuva magneettikenttä roottorin pyöriessä. Kun generaattori on kytkettynä ulkoiseen kuormaan aiheuttaa staattoriin indusoituva sähkömagneettinen voima suljettuun virtapiiriin virran  $I$ . Yhdessä tämä virta sekä napojen magneettivuo aiheuttavat roottorin pyörintää vastustavan vääntömomentin. Tämä vääntömomentti on ulkoisen voimakoneen voitettava. /2/

Teoriassa häviöttömän generaattorin antama sähköteho on yhtä suuri sitä pyörittävän voimakoneen mekaanisen tehon kanssa. /2/ Todellisuudessa tällaista häviöttöntä konetta ei ole sillä generaattoreissa syntyy aina häviöitä, jotka pienentävät generaattorin tuottamaa sähkötehoa. Tällaisia häviöitä ovat muun muassa laakeroinnin ja tiivisteiden hankaushäviöt, tuulettimen vaatima teho sekä käämien lämpenemä. Häviöiden suhteet vaihtelevat keskenään riippuen koneen kokoluokasta sekä rakenteesta johtuvista seikoista. Tuulettimen aiheuttaman häviön voi poistaa, mikäli konetta voidaan jäähdyttää joko pelkästään ympäröivällä ilmalla tai käyttämällä vesijäähdytystä.

### **2.3 Vaihtovirtageneraattori energian pientuotannossa**

Energian pientuotannolla tässä työssä tarkoitetaan IEC 60050-151:2001 mukaan standardoitua pienjännitettä, joka tarkoittaa alle 1 kV vaihtojännitettä tai 1 500 V tasajännitettä tuottavia tai hyödyntäviä järjestelmiä ja koneita. Pienjännite määrittely kyseisessä standardissa koskee kiinteän asennuksen sähkölaitteistoja ja niihin liitetyjä sähkökoneita. /7/ Tämä rajaa pois ajoneuvoissa sekä sähköratajärjestelmissä käytettävät sähköjärjestelmät.

Epätahtigeneraattoria käytetään pienen mittakaavan energiantuotannossa yleisesti. Epätahtigeneraattorit voidaan jaotella kahteen ryhmään magnetointitavan perusteella, verkko ja kondensaattorimagnetoituihin. Verkkomagnetoidut gene-

raattorit vaativat sähköverkkoliitännän, sillä generaattori ottaa sähköverkosta tarvitsemansa magnetointivirran. Tästä aiheutuu tarve jatkuvalla verkkoliitännälle, joten verkkomagnetoitu generaattori ei kykene tuottamaan virtaa kuin jo jännitteelliseen verkkoon. Käyttökohteina tällaisille verkkomagnetoituille generaattoreille ovat esimerkiksi pienvesivoimalat ja pienet tuulivoimalat.

Kun kyse on kondensaattorimagnetoitusta generaattorista, kykenee generaattori toimimaan itsenäisesti irrallaan verkosta. Tämä on seurauksena generaattorin liittimiin kytketyistä kondensaattoreista, jotka tarjoavat magnetointiin tarvittavan virran. Näiden generaattoreiden yleisiä käyttökohteita on bensiini ja dieselvoimakoneiden yhteydessä niiden liikuteltavuuden takia. Toiminnan ehtona on kuitenkin, että generaattorin rautaosien on oltava magneettisesti kyllästyviä, jotta generaattorin heräämiselle pakollinen remanenssivuo on olemassa. /2/

Tahtigeneraattorien käyttö energian pientuotannossa ei ole niin yleistä kuin epätahtigeneraattorien. Syynä tähän on tahtigeneraattorin toimintaperiaate. Tahtikoneen toiminnan edellytys on pyörintä tahtinopeudella, joka on sidoksissa generaattorin syöttötaajuuteen kaavan 2 havainnollistamalla tavalla.

$$n = 60f/p \qquad f = \text{verkon taajuus} \qquad (2)$$

$$n = \text{pyörimis nopeus}$$

$$p = \text{napaparien lukumäärä}$$

energian pientuotannossa on hankalaa saada voimakone toimimaan tasaisella nopeudella, jolloin tahtigeneraattori toimisi generaattorina eikä moottorina. Hankaluuden syyt riippuvat useimmin käyttökohteesta ja siitä että generaattoria pyörittää voima, jonka syntyä ei kyetä täysin hallitsemaan kuten tuulivoimassa tai säätelemättömässä vesivoimalaitoksessa, joissa ilman ja veden virtaukseen vaikuttavat vain ympäristötekijät. Tilanteissa, joissa generaattori pyörii tahdistaa eriävällä nopeudella, on generaattori irrotettava verkosta. Erona epätahtikoneisiin on root-

torin magnetointiin tarvittava ulkoinen tasavirta. Tasavirta voidaan tuottaa generaattorin tuottamasta vaihtovirrasta tasasuuntaajan avulla, jolloin ulkoista tasavirtalähdettä ei tarvita. Tämä johdettu tasavirta synnyttää roottorin magneettinapaan pysyvän magneettivuon, vaikka roottori pyöriikin. Tällöin magneettikenttä pyörii roottorin mukana. /2/

Kestomagneettigeneraattorin käyttö energian pientuotannossa on yleistä ja perusteltua sen verrattain korkean hyötysuhteen ansiosta pienemmillä kierronopeuksilla. Siinä missä induktio generaattorin täytyy pyöriä kovemmillä nopeuksilla riippuen napapariluvusta, useimmin yli 1 000 kierrosta minuutissa tuottaakseen virtaa tehokkaasti. Induktiogeneraattoriin verrattuna on kestopagnetoidun generaattorin kierroslukualue selvästi matalampi alkaen jopa 150 kierroksesta minuutissa. Tämän matalamman pyörimisnopeuden suoma etu on käyttökohteiden laajentuminen sellaisille osa-alueille, joissa generaattorin asennuskohteessa roottorin pyörimisnopeutta ei saada joko kustannusteknisten tai asennus kohteen ominaisuuksien puolesta järkevin keinoin nostettua. Kestomagneettigeneraattorin ja induktiogeneraattorin välisen pyörimisnopeuden eron havainnollistaa kuvat 5 ja 6.

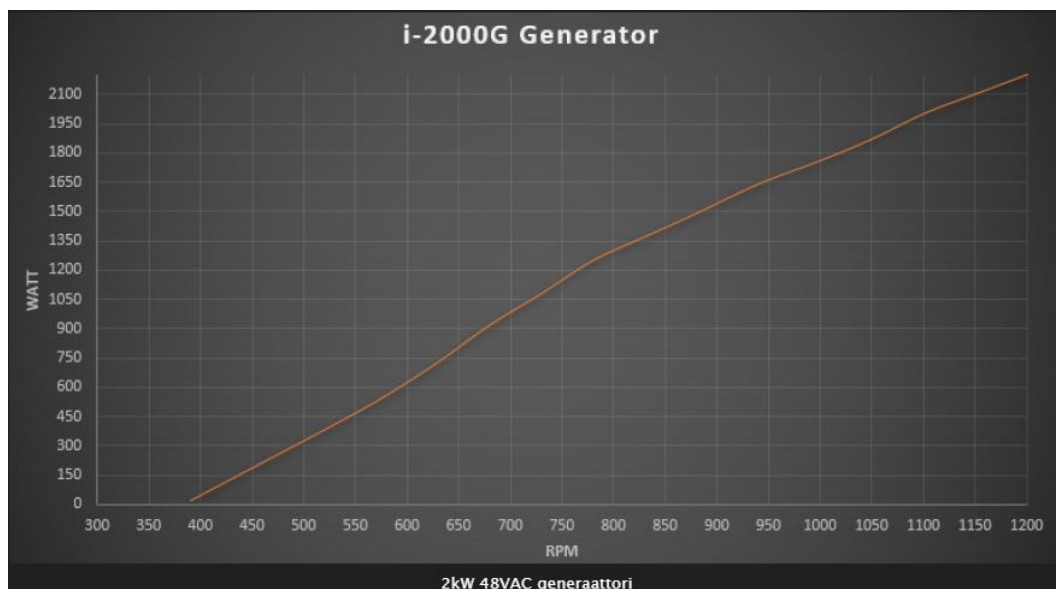


**Kuva 5.** 2 kW 48 V AC -kestopagneettigeneraattori. /8/

Kuvatut teho-kierronopeuskäyrät havainnollistavat kuinka kestopagneetti generaattorin onnistuu tuottaa tehoa selvästi matalimmilla kierrosluvuilla verrattuna



nimelliseltä teholtaan identtiseen saman valmistajan vastaavaan induktiogeneraattoriin 1-2000G.



**Kuva 6.** 2 kW 48 V AC -induktiogeneraattori. /9/

Kuten generaattori valmistajan tarjoamista tuottokäyristä voidaan todeta, on tässä tapauksessa kestopagneettigeneraattorin toiminnallinen kierrosalue vain 180–520 rpm mikäli generaattoria ei pyöritetä yli 2 kW nimellistehon alueen. Tämä ei kuitenkaan ole ongelma esimerkiksi tuulivoimalassa, jossa kierrosnopeuteen voidaan vaikuttaa paljolti lavan profiloinnilla.

#### 2.4 Hajautetun energiatuotannon tarpeet

Hajautetun energian pientuotannon tarpeita tarkastellessa voidaan vaatimuksia listat esimerkiksi seuraavilla kysymyksillä. Millainen on laitteiston suunniteltu sijainti ja käyttöympäristö? Onko laitteiston oltava kiinteä vai siirrettävä? Kuinka suurta kuormitus on? Kuinka herkkää kuormittava laitteisto on jännitteen ja taajuuden vaihtelulle?

Suurimman hyödyn hajautetusta tuotannosta saa sijoittamalla energian tuotanto mahdollisimman lähelle kulutuskohteita. Näin ollen verkon häviöt saadaan minimoitua, kun muuntovaiheita voidaan vähentää välimatkojen ollessa pienempiä kuin tavanomaisella verkolla.

#### **2.4.1 Generaattorin erilliskäyttö**

Erillistuotannolla tarkoitetaan energian tuotannon tilannetta, jossa sähkö tuotetaan täysin irrallaan verkosta. Esimerkiksi saareen rakennetun mökin sähkölaitteisto voi toimia dieselgeneraattorin avulla täysin omillaan eikä liityntää yleiseen sähköverkkoon näin tarvita. Erillisen sähköjärjestelmän rakentamisella saavutettu etu on pääasiassa rahallinen, sillä joissakin tapauksissa yleiseen verkkoon tehtävä liityntä edellyttää mittavia investointeja, ja joissain tapauksissa se ei edes ole mahdollista. Investoinnin suuruus vaihtelee kohteen sijainnin sekä sähköliittymää jakavien kohteiden määrän mukaan liittymän ollessa sitä halvempi mitä lähempänä muuntamoaa tai valmista liittymää kohde sijaitsee sekä mitä useampi käyttäjä hyötyy samasta liittymästä.

Erillistuotannossa generaattorin tuottaman sähkön laatu nousee avainkysymysten joukkoon. Tuotetun sähkön laatuun voidaan vaikuttaa generaattorivalinnalla sekä generaattorijärjestelmän sisältämällä suojaus- ja ohjaus laitteistolla. Heikkolaatuinen sähkö voi aiheuttaa vikatilanteita ja rikkoa sähkölaitteita sähköverkossa. Eri-tyisesti verkon kuormituksen muutokset voivat aiheuttaa verkkojännitteen sekä taajuuden muutoksia, jotka rikkovat herkkää elektroniikkaa kuten televisioita.

/10/

#### **2.4.2 Generaattorin saarekekäyttö**

Saarekekäytöllä tarkoitetaan tilannetta, missä eräs tietty verkon osa on kytkettynä irti ympäröivästä verkosta ja tätä irtonaista verkkoa syöttää jokin yhtä lailla ulkopuolisesta verkosta erillään oleva laite. Epätahtigeneraattorin ollessa saarekekäytössä tulee tuotetun ja kulutetun tehon olla jatkuvasti yhtä suuria, mikäli käytössä

ei ole tehon ja jännitteen säätäjää. Säätäjillä varustetussa järjestelmissä voimakoneen tehoa ja nopeutta säätämällä voidaan tasata kuormituksen mukaan. Ilman säätäjiä voi verkon jännite heitellä kuormitushuippujen muutoksissa. Mikäli käytettävä laitteisto ei ole soveltuva saarekekäyttöön (säätäjällä varustettu), tulisi saarekekäyttötilanne purkaa välittömästi. /11/

### **2.4.3 Generaattorin käyttö verkkoon kytkettynä**

Kun epätahtigeneraattori on liitettyä jakeluverkkoon, sen toiminta on verrattain yksinkertaista. Verkon suuren oikosulkutehon takia verkko pakottaa generaattorin toimimaan samalla taajuudella ja jännitteellä verkon kanssa. Generaattorin liittäminen yleiseen jakeluverkkoon on kuitenkin säädelyä ja generaattorista tulee löytyä vaatimusten mukaiset suojaus- ja mittauslaitteistot, ettei kytkettävästä generaattorista mahdollisessa vikatilanteessa aiheutuisi haittaa muille kytketyille sähkölaitteille. /11/

### **2.4.4 Pientuulivoima**

Pientuulivoiman tavallisimpia käyttökohteita ovat omakotitalojen sekä mökkien sähköntuotanto. Pientuulivoima ei eroa juurikaan suurtuulivoimasta toimintaperiaatteen ollessa täysin sama. Ainoastaan tuulivoimalan koko sekä tuotetun sähkön määrä ovat ratkaisevasti eriävät. Pientuulivoimalla on laite, joka voidaan asentaa joko alentamaan sähköyhtiöltä ostetun sähkön kokonaiskustannusta tai korvaamaan kokonaan tarve sähköliittymälle esimerkiksi vapaa-ajan asunnolla, jos käytössä on akustojärjestelmä, jota voidaan ladata tuulivoimalla myös silloin, kun vapaa-ajan asunnolla ei ole käyttöä. /12/

Generaattorivalinnalla on merkitystä tuulivoimalan kannalta. Matalan ominaispainon omaava generaattori voidaan asentaa kevyempirakenteiseen mastoon, jolloin tuulivoimalan valmistuskustannukset eivät nouse rakenteiden osalta. Tuulivoimaloissa suositaan matalan kierrosnopeuden generaattoreita niiden vähäisemmän

melutuoton vuoksi. On myös tuulivoimalan tuotannon kannalta edullisempää, mikäli generaattori kykenee tuottamaan sähköä jo matalilta kierroksilta lähtien. Tuulivoimalan tehokerroin tarkoittaa paljonko energiaa tuulesta saadaan talteen. Tehokertoimeen vaikuttaa tuulivoimalan komponenttien suunnittelu sekä käytettävän generaattorin hyötysuhde. Teoreettinen maksimi tuulivoimalan hyötysuhteelle on 59 % tehokerroin ja suurin osa tuulivoimaloista toimii häviöistä johtuen noin 30–40 % tehokertoimella /12/

Tuulivoiman teoreettinen teho voidaan määrittää laskennallisesti kaavalla 3. Mikäli tuulivoimalan tehoa halutaan kasvattaa, onnistuu se esimerkiksi kasvattamalla lavan pituutta, jolloin pyyhkäisyypinta-ala nelinkertaistuu, mikäli lavan pituus kaksinkertaistuu.

$$P = \frac{1}{2} * \rho * C_p * A * V^3 \quad \rho = \text{ilman tiheys} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad (3)$$

$$C_p = \text{tehokerroin}$$

$$R = \text{lavan pituus}$$

$$A = \pi * R^2, \text{pyyhkäisyypinta - ala}$$

$$V = \text{tuulen nopeus} \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Kuvaan 7 on havainnollistettu tuulivoimalan roottorin halkaisijan ja generaattorikoon suhdetta. Tästä havaitaan selkeästi, kuinka lavan pituuden kasvattaminen vaikuttaa tuotetun tehon määrään. Lavan pituuden ollessa 1–1,5 metriä suositeltu generaattorikoko on maksimissaan 1 kW, jolloin jäädyään vuositasolla alle 1 000 kWh tuotantoon. Kasvattaessa lavan pituutta puolella voidaan havaita tuotannon olevan vuositasolla minimissään 1 000 kWh ja maksimissaan 3 000 kWh, mikä on huomattava kasvu verrattuna pienempi roottoriseen voimalaan samalla tuulen nopeudella.

Roottorin halkaisija (m)	Generaattorin teho (kW)	Vuosituotanto (kWh)
2–3	0,2–1	<1 000
3–4	1–3	1 000–3 000
4–6	3–5	3 000–7 000
6–10	5–10	7 000–25 000

**Kuva 7.** Eritehoisten tuulivoimaloiden kokoluokkia. /12/

Tuulivoimalan teoreettinen maksimitehokerroin on 59 % ja tätä rajoittaa fysikaaliset ominaisuudet. Kaikkea tehoa ei voida tuulesta viedä, sillä silloin ilmassa pysähtyisi täysin lapojen taakse. Käytännössä pientuulivoimalan hyvä tehokerroin vaihtelee 30–40 % välillä. Tuulivoiman tehokertoimeen vaikuttavat seuraavat tekijät. Lapakulma vaikuttaa eniten siihen miten eri tuulennopeuksilla voimala tuottaa sähköä. Generaattorin tyyppi ja laatu ovat yleistyneet tekniikan kehittyessä. Yleisimmin pientuulivoimassa käytetään kestmagnetoitua generaattoria, jonka tuottaman tehon määrä on riippuvainen pääosin kahdesta asiasta, magneettien vahvuudesta ja kierrosnopeudesta. Käytettävien magneettien vahvuus nostaa tuotetun tehon määrää jo pienemmiltä kierroksilta lähtien. Toinen tapa on pyörittää generaattoria nopeammin, jolloin korkeampi kierrosluku kompensoi magneettien heikkoutta. Korkeita kierrosnopeuksia vaativa voimala ei ole kovinkaan tuotava sisämaassa, sillä korkeat kierrosnopeudet vaativat usein korkeampia tuulennopeuksia. Käyttämällä korkeita pyörimisnopeuksia aiheutuu voimalasta useimmiten myös suurempi meluhaitta, joka voi vaikuttaa viihtyisyyteen voimalan asennuspaikan läheisyydessä. Kun generaattorissa käytetään tehokkaita magneetteja kasvaa myös usein generaattorin paino. Lisääntynyt paino aiheuttaa materiaaliku- luja voimalan mastoon ja voi hankaloittaa pystytystä. /12/

Tuulivoimalan tuottamasta sähköstä on suomessa voimassa asetus, jonka mukaan maksimissaan 3,7 kW:n tehoiset voimalat saavat syöttää sähköverkkoon yksivaihevirtaa. Tätä suurempien voimaloiden on syötettävä kolmivaihevirtaa. Tuulivoimalan mitoittamisessa omaan käyttöön kannattaa huomioida tuuliolosuhteet

sekä asennuspaikka. Keskimäärin pientuulivoiman vuoden aikana tuottaman tehon kapasiteetti on noin 15 % voimalan nimellistehosta. Tämä tarkoittaa sitä että 5 kW:n voimala tuottaisi 750 W sähköä vuoden jokaisena tuntina. /12/

#### **2.4.5 Pienen kokoluokan CHP- voimalat maataloudessa**

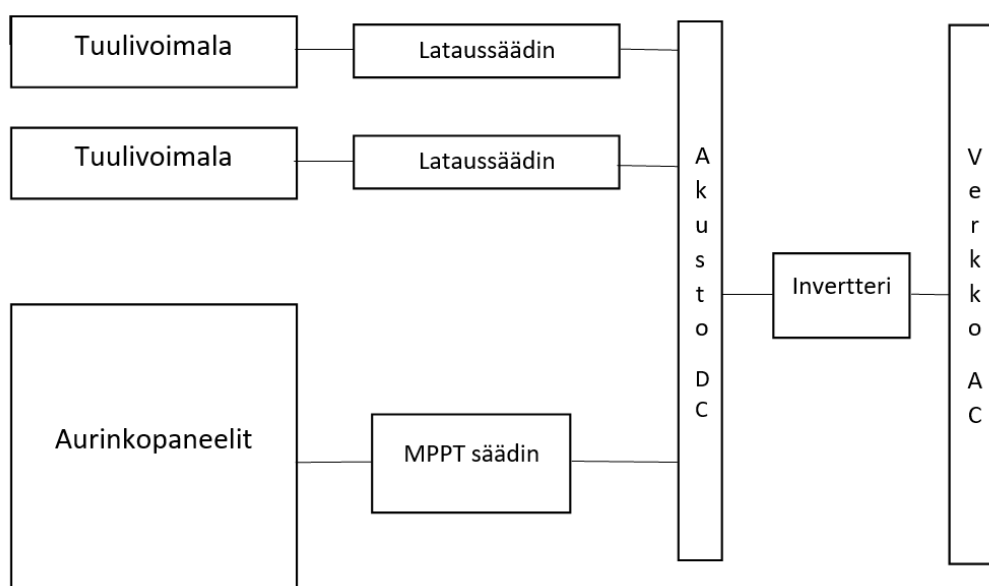
Maatalouteen on viime aikoina kehitetty erilaisia ratkaisuja korvaamaan ostosähköä ja auttamaan tuotantotilojen lämmityskuluissa. Eritoten pienet CHP- voimalat ovat olleet ahkerasti markkinoituja ratkaisuja ongelmaan. CHP- voimala on yhdistelmä sähkön sekä lämmön tuotantoa. CHP- voimalassa voidaan käyttää laajalti eri polttoaineita kulloinkin käytössä olevan teknologian mukaan. Pienen kokoluokan CHP- voimaloissa voimakoneena toimii usein tavallinen mäntämoottori. Mäntämoottorin ongelmana on kuitenkin verrattain matala hyötysuhde. Valtaosa hukkaan menevästä energiasta muuttuu moottorissa lämmöksi, joka poistetaan moottorista jäähdytyksen sekä pakokaasujen mukana. CHP- voimalassa tätä hukkalämpöä on pyritty hyödyntämään ja nykyisillä ratkaisuilla kokonaishyötysuhteet pienen kokoluokan CHP- laitoksella liikkuvat jopa yli 100 %. Riippuen käytetystä polttoaineesta. /13/

Riippumatta teknisestä ratkaisusta generaattorin kannalta CHP- laitoksen toimintaperiaate on kuitenkin seuraavanlainen. Voimakone pyörittää generaattoria, joka puolestaan tuottaa sähköä. Järjestelmässä syntynyt lämpö otetaan talteen ja ohjataan edelleen jakelujärjestelmään, jolloin sitä voidaan käyttää kulloinkin halutulla tavalla. /13/

#### **2.4.6 Hybridijärjestelmät**

Hybridijärjestelmällä tarkoitetaan tässä työssä uusiutuvan energian tuotantoon käytettävää järjestelmää, joka hyödyntää useampaa kuin yhtä energian tuotantotapaa. Hybridijärjestelmiä voidaan käyttää vastaamaan itsenäisten kohteiden energian tuotannosta irti ympäröivästä verkosta. Hybridijärjestelmää rakennettaessa voidaan oikeanlaisilla ratkaisuilla kyetä sulauttamaan aiemmin käytössä ollut

sähköntuotantojärjestelmä osaksi uutta kokonaisuutta. Esimerkkinä sulauttamisratkaisusta voidaan vanhan dieselgeneraattorin tuotantoa tukea tuulivoimalalla ja tuotettua energiaa säilötään akkuun, joka palvelee verkkoa sähkökatkoksien tai muiden tuotannon pysäyttävien vikojen seurauksena. Tuulivoimalaa voidaan käyttää myös lisäämään aurinkovoimalan tuotantoa talviaikaan ja näin ollen voidaan osaltaan ratkaista aurinkovoiman kausiluontoisuutta. Kuvassa 8 on havainnollistettuna tuulivoimaloiden ja aurinkovoimalan hybridijärjestelmän kokoonpano mukaan lukien energian säilömissäilymahdollisuus.



**Kuva 8.** Malli tuuli-aurinko-hybridituotantojärjestelmän kokoonpanosta. /14/

Hybridijärjestelmille tyypillistä on myös tapa varastoida energiaa esimerkiksi akkuihin tai fyysiseen varastoon kuten vesivoimalan patoaltaaseen. Hybridijärjestelmien hyödyntäminen luo kestävyyttä energian jakeluun ja auttaa omalla osallaan korvaamaan fossiilisia polttoaineita. Energian varastointimahdollisuus luo hybridijärjestelmälle myös kyvyn toimia osittaisena säätövoimana. Tämä ominaisuus on elintärkeää kestäväälle sähköverkolle, jotta kulutushuippuja voidaan tasata vaarantamatta verkon stabiiliutta.

### 3 MARKKINATUTKIMUS

Markkinatutkimuksen tavoitteena on tarjota tietoa markkinoiden koostumuksesta, markkinoilla vaikuttavista tahoista, kilpailusta, trendeistä sekä ennustaa tulevaa markkinatilannetta. /15/Markkinatutkimus on työkalu, jolla voidaan hankkia tietoa päätöksenteon tueksi. Päätöksentekoon liittyviä riskejä voidaan osallaan pienentää tuottamalla kyllin kattava tutkimustulos. /16/

#### 3.1 Tutkimuksen menetelmät

Markkinatutkimus voidaan toteuttaa kirjoituspöytämenetelmällä tai kenttätutkimuksena. Näiden menetelmien nimet kuvaavat ansiokkaasti tutkimustapaa, sillä kirjoituspöytä tutkimus voidaan suorittaa poistumatta työpöydän äärestä tutustumalla valmiiseen aineistoon esimerkiksi internethauilla sekä kirjallisuuden tutkimisella. Kirjoituspöytä tutkimuksen etuna on kustannustehokkuus. Kenttätutkimuksessa tietoa kerätään niin ikään kentällä, joka voi tarkoittaa kansainvälisessä ympäristössä messuvierailuja, seminaareja ja tutkimuksen kohdemaahan tutustumista. Vaikka tutkimustavat eroavatkin toisistaan eivät ne silti ole poissulkevia toisiaan kohtaan vaan molempia menetelmiä voidaan hyödyntää samassa tutkimuksessa. Joissain tapauksissa parhaan mahdollisen tuloksen saavuttamiseksi on tukeuduttava molempiin menetelmiin. /16/

Tutkimusmenetelmät voidaan erottaa toisistaan myös näiden sisältämän tiedon nojalla. Kun kirjoituspöytä tutkimuksessa hankitaan sekundääristä tietoa markkinoista kenttätutkimuksessa, pyritään hankkimaan empiirisin keinoin ennestään tuntematonta ja välitöntä primääristä tutkimustietoa. Usein käytetty keino kenttätutkimuksessa on kerätä tietoa haastattelujen tai kyselyiden avulla. /16/

Markkinoista voidaan hakea tietoa pääsääntöisesti kolmesta eri lähteestä. Yrityksen omat tietolähteet ja verkostot, voittoa tavoittelemattomien järjestöjen ja instituutioiden laatimat julkiset tietolähteet, sekä kaupalliset tietolähteet. Tiedon



hankkiminen tulisi tehdä em. järjestyksessä, jotta tietojen oikeellisuus voidaan todentaa. Kotimaiset julkiset tietolähteet ovat yleisesti erittäin luotettavia, sillä tieto on useimmiten tuoretta. Ulkomaisten julkisten tietolähteiden tuottamat tiedot voivat olla epätarkkoja ja jopa harhaanjohtavia, joten niiden tarkastelussa on käytettävä harkintaa ja tietoon on suhtauduttava kriittisesti. /16/

### **3.2 Kvalitatiivinen markkinatutkimus prosessina**

Markkinatutkimuksen perusvaiheina voidaan pitää seuraavia kohtia. Markkinatutkimus alkaa tutkimusongelman määrittelemisellä ja tavoitteiden asettamisella. Tarkalla tutkimusongelman rajaamisella voidaan selvittää kaikkein olennaisin tieto ja kyetään suuntaamaan tutkimus sellaiselle osa-alueelle, jota ei aiemmin ole tutkittu tai josta tiedetään vain vähän. Aiemmin tutkittua tietoa tai tutkimuksen kannalta epäolennaista tietoa ei kannata tutkimukseen sisällyttää. Seuraava askel on tutkimussuunnitelman laatiminen, johon tarkennetaan käytettävät tutkimus- sekä tiedonkeruumenetelmät. Näiden jälkeen määritellään tutkimuksen perusjoukko ja otos. /16,17,18/

Tutkimuksen toteutusvaiheessa kerätään tietoa valituin menetelmin. Ensimmäisenä on laadittava tiedonkeruuväline. Kyselylomakkeella tietoa kerättäessä on lomake suunniteltava huolella, jotta mahdollisista väärinymmärryksistä tai kysymysten virheasetteluista ei koituisi haittaa tutkimuksen kululle. Ratkaisevana tekijänä on sisällöllisesti oikeat kysymykset tilastollisesti oikealla tavalla esitettyinä. /19/ Kerätyn tiedon analysointi on aloitettava vaiheittain. Ensin pintapuolisemmin tarkastelemalla, onko kaikkiin kyselyn kohtiin vastattu ja onko vastaus oleellinen tutkimuksen kannalta. Näin ollen epäoleellinen tieto ja tyhjät saadaan poistettua otoksesta jo varhain eivätkä nämä enää kuluta resursseja myöhemmillä tarkastelukierroksilla. Kvalitatiivisessa tutkimuksessa kyselylomakkeita analysoidaan niiden sisältämän tiedon perustella. Vastauksia voidaan luokitella teemoittain tai tulkita suoraan yksittäisotoksina. /16,18,20/

Raportoitaessa tutkimusta tulee käydä läpi koko tutkimusprosessi ja sen tulokset. Raporttia voidaan kuvittaa, mikäli vastausten määrä ja laatu mahdollistavat graafien muodostamisen. Raportille ei ole määrättyä kaavaa mutta siihen olisi hyvä sisällyttää tutkimusongelman määrittely, kuinka ongelmaa lähestytään, tutkimus suunnitelma, toteutuksen eri vaiheet, tulosten käsittely ja analysointitavat, tutkimuksen tulos sekä mahdolliset rajoitteet. Tutkimuksesta tehdyn raportin tulisi olla selkeä, jotta sen antamaa tietoa voidaan tehokkaasti hyödyntää. /21/

Tutkimusprosessi päättyy toimintaehdotukseen, mikäli näin ei ole on tutkimus silloin puutteellinen. Johtopäätösten teko voidaan tapauskohtaisesti määrittää joko tutkijan tai tutkimuksen tilanneen yrityksen tehtäväksi. Tutkimustuloksia tulkittaessa on keskeistä ymmärtää kysymysten todellinen merkitys ja miten vastaaja on kysymyksen tulkinnut, tietää miten suurista kohderyhmistä voi tehdä yleistäviä johtopäätöksiä ja ymmärtää vastaajien taustatiedot sekä vastaustilanteeseen vaikuttaneet taustatekijät. /21/

## 4 TRENDIT ENERGIA-ALALLA

Trendillä tarkoitetaan ilmiötä tai joukkoa ilmiöitä, jotka määrittävät tulevaisuuden suunnan tai ohjastavat kokonaislaatusesti kehitystä. /22/ Viimevuosina havaittuja vahvoja energiamarkkinoilla vaikuttavia trendejä ovat olleet ilmastonmuutos sen torjuminen sekä energiatehokkuus osana ilmastonmuutoksen vastaisia toimia. Näiden lisäksi energian tuotannon monimuotoistuesssa uusiutuvien energian lähteiden kasvattaessa osuuttaan kokonaisenergiantuotannosta tulee väistämättä myös sähköverkkojen kehittyä, jotta uusista markkinoille tulevista energian tuotantomuodoista saadaan suurin mahdollinen hyöty verkon kaikille osapuolille.

### 4.1 Ilmastonmuutos

Ilmastonmuutos on globaalilla tasolla vaikuttavimpia trendejä energia-alalla. Valtiot ympäri maailman ovat kasvattaneet kiinnostustaan puhtaampaan ja tehokkaampaan energiantuotantoon. Suurimpia yksittäisiä syitä on yhteinen ilmasto ja sen globaalisti tuntuvat muutokset. Ilmaston lämmitessä joutuu lähitulevaisuudessa suuri joukko ihmisiä painimaan ilmastonmuutoksen vaikutuksia vastaan. Suuria teollisuusmaita onkin yritetty sitoa keskinäisiin sopimuksiin, joiden avulla pyritään hidastamaan ilmastonmuutosta ja minimoimaan sen vaikutuksia. Nimekkäin näistä sopimuksista on YK:n ilmastopopimus, jota täydentämään on laadittu myöhemmin Kioton pöytäkirja sekä Pariisin ilmastopopimus. YK:n ilmastopopimuksen tavoitteena on ilmakehän kasvihuonekaasujen eli ihmistoiminnan aiheuttamien päästöjen pitoisuuden stabilointi turvalliselle tasolle. /23/

Sopimuksen ensin mainittu Kioton pöytäkirja on hyväksytty vuonna 1992 Ympäristö ja kehityskonferenssissa Earth Summitissa. Pöytäkirja astui voimaan vuonna 2005 ja sen tarkoituksena on hidastaa ihmisten aiheuttamaa ilmaston lämpenemistä. Pöytäkirjan ratifioineet teollisuusmaat sitoutuivat vähentämään viiden vuoden aikavälillä 2008–2012 kasvihuonekaasupäästöjään alle määrätyn prosenttiosuuden vuoden 1990 päästöistään. Vähennys laskettiin tämän viiden vuoden ajalta, jolloin yksittäisen vuoden päästövähennys ei riittänyt tavoitteeseen. Kunkin

teollisuusmaan osuudet määritettiin hiilidioksidiekvivalenttitonneina. Kioton pöytäkirja oli ensimmäinen kansainvälisesti sitova sopimus vähentää kasvihuonepäästöjä. Kaikki 36 sopimuksen osapuolimaata onnistuivat savuttamaan tavoitteensa. Täten yleissitovia sopimuksia on laadittu myöhemmin lisää niiden toimiessa erinomaisena ohjeena yhteisessä ilmaston muutosta vastaan käytävässä taistelussa. /24/

Pariisin ilmastosopimus on hyväksytty vuonna 2015 ja jatkaa Kioton pöytäkirjan aloittamaa trendiä ilmaston ja ympäristönsuojelusta. Pariisin ilmastosopimus korvasi Kioton ilmastosopimuksen vuodesta 2020 eteenpäin. Kioton pöytäkirjaan verrattuna Pariisin sopimus on kattavampi, sillä sen vaikutuksen alaisena on 36 teollisuusmaan sijasta 191 valtiota, joista kaikki ovat sitoutuneet noudattamaan yhteisiä säädöksiä ilmaston lämpenemisen rajoittamiseksi alle 2 °C asteeseen. /23/ Tämän lämpenemisen tavoitteen saavuttamiseksi sopimuksen allekirjoittaneet maat on sidottu kehittämään olemassa olevaa tekniikkaa ja keksimään uusia tapoja vähentää aiheuttamiaan hiilidioksidipäästöjä.

#### **4.2 Energiatehokkuus**

Energiatehokkuus on luettavissa osaksi ilmastopoliittista hiilidioksidi päästöjä vähentämistrendiä. Energiatehokkuudella tarkoitetaan jonkin laitteen tai prosessin energian käytön tehokkuutta. Mitä energiatehokkaampi jokin laite on, sitä vähemmän prosessin tai laitteen kulloinkin käyttämästä energiasta menee hukkaan. Euroopan unionin alueella energiatehokkuutta pyritään edistämään ilmastopoliitikalla. Tavoitteena on vähentää kokonaisvaltaisesti yhteiskunnan kuluttamaa energiamäärää. Koska nykypäivänä kaikki prosessit, palvelut ja tuotteiden tuotantomäärät kasvavat on energiatehokkuuden parannuttava, jotta sama energiamäärä riittää useampaan käyttökohteeseen. Samaan aikaan kun tuotantomäärät ja palveluiden käyttö lisääntyvät, tulisi energiantuotannosta aiheutuvia päästöjä pystyä pienentämään. Ratkaisuna tähän on parantaa energiatehokkuutta. Parempi energiatehokkuus pienentää energiankulutusta ja tuottaa prosessissa taloudellisia säästöjä.

Yrityksille energiansäästäminen sekä energiatehokkuus ovat olleet viime aikoina usein esillä olleita markkinointikeinoja. Etenkin hiilineutraalius on saanut jalansijaa yritysten mainonnassa ja osittain johtuen juuri hiilidioksidi päästöjen hyvittämisestä yritykset ovat pyrkineet tehostamaan prosesseja sekä muuttamaan käytäntöjään, jotta ne ovat voineet pysytellä asiakaan silmissä hyväksyttävänä vaihtoehtona. Yritystoiminnassa kannattavuuden kehittäminen on jatkuva taisto kuluja vastaan, sillä investoiminen energiatehokkaaseen uuteen teknologiaan on usein kertaluontoisesti verrattain kalista ja uuden teknologian tuottamat säästöt verrattain pieniä suhteessa investoinnin kokoon. Yrityksien satsatessa energiatehokkuuteen on taustalla tehokkuuden kasvattamisen lisäksi myös eettisiä syitä ja usein näiden kahden syyn yhteisvaikutus on kyllin vahva viemään päätöstä eteenpäin.

### **4.3 Älykkäät sähköverkot**

Digitalisaation myötä sähköverkkoja voidaan tulevaisuudessa hyödyntää yhä joustavammin tukemaan uusiutuvien energianlähteiden vaihtelevia tuotantomääriä. Älykkääseen sähköverkkoon liittyvät sähkön kulutus ja tuotanto sekä tulevaisuudessa lisäksi sähkövarastoja. Älykkäiden sähköverkkojen ansiosta kuluttajat ja tuottajan osat voivat vaihdella sekä yksityisasiakkaan mahdollisuudet osallistua sähkömarkkinoille kasvavat.

Uusiutuvien energianlähteiden kuten aurinko ja tuulivoiman huonona puolena vaakaan sähköverkon kannalta on ollut aina niiden tuotannon säästä riippuva epätasaisuus kulloinkin vallitsevaan kulutukseen verrattuna. Älykäs sähköverkko voi tulevaisuudessa toimia ratkaisun välikätenä siirtäessä energiaa varastoon kuten akkujärjestelmiin verkon kulutuksen ollessa matala. Lisäksi yksittäisiä kulutuspiikkejä voidaan tasata käyttämällä sähköä näistä varastoista ilman tarvetta käynnistää mahdollisesti kallista lisätuotantoa dieselgeneraattorilla.

Älykkäiden sähköverkkojen yleistyessä ympäri maailman tulee mahdolliseksi myös yksityisen pientuotannon helpompi liittyminen osaksi verkkoa. Suurten toimijoi-

den ohella energian kulutuksen kasvaessa myös yksityisen sähköntuotannon mahdollistava sähköverkko on vakaampi ja esimerkiksi sähköautojen akustoja voidaan käyttää takaamaan sähkönjakelua alueellisen häiriön tapahtuessa. Parhaillaan kehityksessä olevaa kaksisuuntaista lataustekniikkaa hyödyntävä ABB:n V2G-tekniologia mahdollistaa entistä kustannustehokkaamman sähköautoilun, sillä sähköautosta on mahdollista hyötyä jopa 20 euroa kuukaudessa hyödynnettäessä älykästä kaksisuuntaista latausta. ABB:n V2G-tekniologiaa on jo käytössä Ranskassa ja tulevaisuudessa myös muissa Keski- ja Pohjois-Euroopan maissa. /25/

## 5 LAIT JA SÄÄDÖKSET PIENJÄNNITEGENERAATTOREILLE

### 5.1 Yleiset lait ja säädökset EU:ssa

Euroopan unioni on säätänyt generaattoreita varten asetuksen (EU) 2016/631, tuottajien verkkoliitäntävaatimuksia koskevasta verkkosäännöstä. Tämän asetuksen tarkoituksena on harmonisoida käytössä olevia standardeja generaattorien verkkoliitännöistä. Verkkosääntö asettaa vaatimuksen kaikille uusille voimajärjestelmään liitettäville tahtikone- ja suuntaajakäyttöisille voimalaitoksille. /26/ Vaatimukset ulottuvat myös offshore-käyttöihin. Jo olemassa olevaa tuotantoa varten säädös koskettaa ainoastaan uusittavien komponenttien osalta. Verkkosääntö ei kosketa varavoimalaitoksia, joita ei käytetä tahtikäyttöjärjestelmässä. /27/

Verkkosääntöjen tekniset vaatimukset eritellään neljään eri kategoriaan A, B, C ja D tuotantokapasiteetin mukaan. Tutkimuksen kohteena olevaa pienjännitegeneraattoria aiemmista kategorioista koskettaa vain A, jonka kapasiteetti on 800 W – 1 MW ja joka on liitetty alle 1 kV sähköverkkoon. Pois lukien Baltian maat, joissa kapasiteetin yläraja on 0,5 MW sekä Irlanti ja Pohjois-Irlanti, joissa kapasiteetti on 0,1 MW. /27/

Yleisenä vaatimuksena kategorian A tuotantolaitokselle on kyky toimia verkkosäännössä eritellyn taajuusalueen sisäpuolella määritellyn ajan. Nämä taajuusalueet sekä käyttöajat vaihtelevat aina käyttöalueittain kunkin siirtoverkon haltijan määräysten mukaisesti yleisen vaihteluvälin ollessa 0,5–2 Hz. /27/

Markkinoilla on saatavilla valtuutettujen kolmansien osapuolien tarjoamia yhdenmukaisuus todistuksia. Luokituslaitokset tarjoavat palveluna sertifiointeja tuotantolaitoksille. Kategorian A tuotantolaitoksen tulee kyetä toimintaan eri taajuuksilla. Tuotantolaitoksessa tulee olla aktiivinen tehon rajoitus taajuusalueella, taajuusasetusten muutosnopeuden on oltava vähintään 1 Hz sekä asetus katkaista tuotanto viidessä sekunnissa. /27/

EU-säädösten lisäksi IEC määrittää useita standardeja generaattorikäyttöille riippuen kulloinkin käytössä olevasta voimakoneesta. Yleisesti ottaen generaattorien kuten muidenkin sähkökoneiden osalta noudatetaan standardia IEC 60034. Tämä standardi määrittelee tärkeimmät ominaisuudet pyöriville sähkökoneille pois lukiin muissa standardeissa määritellyt sähkökoneet. EU ei määrittele hyötysuhde-luokkia generaattoreille kuten moottoreille on määritelty.

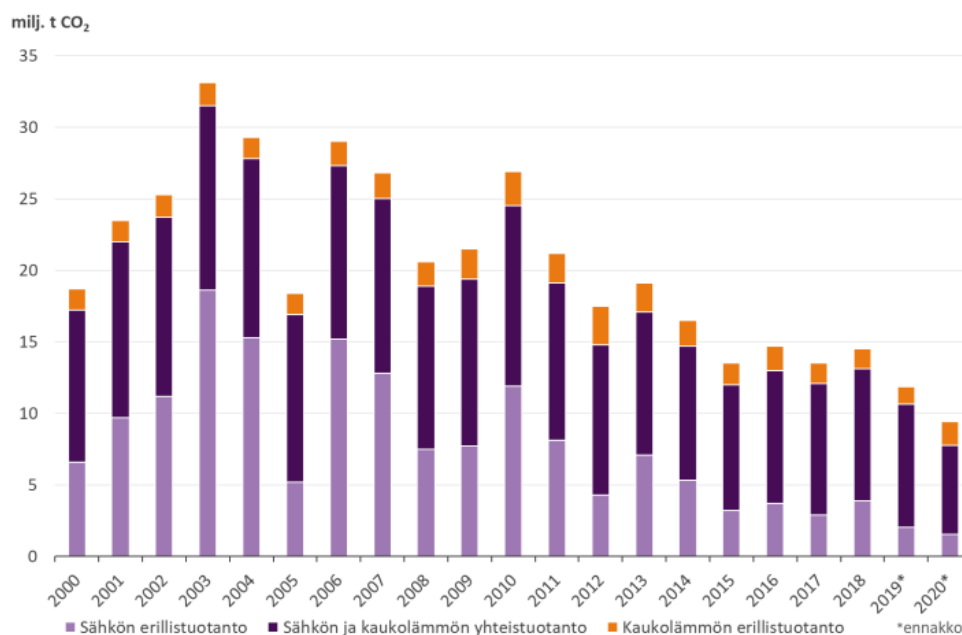
## 5.2 Suomi markkina-alueena

Suomessa on lähtökohtaisesti erinomaiset puitteet energian pientuotannon kehittämiseksi. Hajautetun energiantuotannon kulmakivenä toimiva älykäs sähköverkko on Suomessa jo toimiva ja mahdollistaa pientuotannon ja siitä kertyvän ylijäämän myynnin takaisin verkkoon.

Suomessa sähkön asiakashinnat ovat Euroopan tasoon verrattuna edulliset. Alhaisemmalla kokonaishinnalla kotitaloussähköä tarjosivat vuonna 2020 Energiategolisuuden selvityksen mukaan vain Norja, Islanti sekä Alankomaat. Suomen maantieteellinen sijainti kuitenkin aiheuttaa sen, että etenkin talvikuukausina sähköä kuluu mittavia määriä yksityisten sekä julkisten tilojen lämmitykseen. Vaihtoehtoisia lämmitysmuotoja on saatavilla, joiden avulla kotitalouksien ja yritysten sähkönkulutusta voidaan hillitä. Energian pientuotantoon Suomen rannikkoalueet sekä saaristo tarjoavat mahdollisuuksia pientuulivoimalle. Kovinkaan kustannustehokasta pientuulivoima ei ole ja sitä kannattaakin suosia vain kohteissa, joissa muuten sähköä ei voida tuottaa tai tuulivoima voidaan integroida osaksi muuta tuotantjärjestelmää esimerkiksi aurinkovoimaa. /28/

Suomi lukeutuu maailman johtaviin maihin uusiutuvien energianlähteiden käytössä. Etenkin kotimaista bioenergiaa hyödynnetään mittavasti. Uusiutuvien energianlähteiden käyttö vähentää hiilidioksidipäästöjä merkittävästi. Kuvaan 9 on mallinnettu suomen energiatuotannon hiilidioksidi päästöt vuodesta 2000 vuoteen 2020. /28/





**Kuva 9.** Suomen energiatuotannon hiilidioksidipäästöt 2000–2020./28/

Tulevaisuudessa Suomen tulisi kehittää entisestään käytössä olevaa teknologiaa bioenergian hyödyntämiseen sekä pyrkiä luomaan uusia tekniikoita ja keksintöjä, joilla voidaan nostattaa suomen vientimarkkinoita. /29/ VTT:n mukaan tärkeimmät energian tuotannon teknologiat joihin tutkimus ja kehityspanokset tulisi suomesta suunnata ovat: Leijukerrosteknologia, kaasutusteknologia biomassalle ja mustalipeälle. Biopoltonesteiden valmistus ja käyttö. Hajautettu energiantuotanto: Pienet CHP-laitokset, tuulivoima, järjestelmäintegrointi. Uudet CHP-ratkaisut pieni kokoluokka, korkea rakennusaste, kaukojäähdytys. Integroidut ratkaisut sekä monituotelaitokset. /29/

Pienjännitegeneraattorille Suomessa suurin markkinapotentiaali olisi arviolta pienen kokoluokan biopolttolaitoksissa, joita voidaan integroida maa ja metsätalouden tuotantolaitosten yhteyteen. Suomen sähköverkon ominaisuudet kestävät paikallisen energian pientuotannon sekä sähköyhtiöt tarjoavat tuotetusta ylimääräisestä sähköstä korvauksen tuottajalle tai vaihtoehtoisesti vähentävät kuluvan sopimuskauden sähkölaskun loppusummasta myydyn sähkön osuuden.

### 5.3 Saksa markkina-alueena

Saksa on asettanut tavoitteekseen olla lähes hiilineutraali vuoteen 2050 mennessä. Osana Euroopan ilmastopimusta Saksa on asettanut tavoitteensa vähentää kasvihuonekaasu päästöjään vuoteen 2030 mennessä 55 % vuoden 1990 tasoon nähden. Tämä tavoite on erittäin kunniahimoinen ottaen huomioon vuoden 2020 välitavoitteen, joka oli vähentää päästöjä 40 % vuoden 1990 tasoon verrattuna. Saksa jäi vuoden 2020 tavoitteestaan 9 prosenttiyksikköä. Syynä tavoitteen täyttymättömyydestä pidetään yleisesti eroja eri kulutus sektoreiden välillä. Suurimpia hankaluuksia kohdattiin liikenteen ja lämmityksen osalta. Näistä syistä johtuen Saksan päättäjäelinten onkin ryhdyttävä toimiin laajemman uuden strategian laatimiseksi, jotta tulevat tavoitteet saavutetaan. /30/

Saksassa verrattain pitkään laajassa käytössä ollut hiilivoima on nyt jäämässä pois uusiutuvien energiamuotojen tieltä. Tämä ei kuitenkaan yksistään riitä ja tulevaisuudessa saksan onkin ryhdyttävä entistä tiukempin toimiin päästöjen vähennystavoitteidensa saavuttamiseksi. Maaliskuussa 2019 Saksan hallitus muodosti niin kutsutun ilmasto kabinetin, jota johtaa kansleri. Kabinetin tarkoituksena on kehittää uusi ilmastopaketti, jonka avulla Saksan onnistuu saavuttaa vuodelle 2030 asetetut päästövähennykset. /30/

Saksassa kotitaloussähkön hinta on euroalueen korkeinta tasoa. Vuonna 2020 ostovoimaan suhteutettu kotitaloussähkön hinta oli Saksaa korkeampi vain Romaniassa ja kotitaloussähkön verollinen kokonaishinta oli Saksassa samaisena vuonna Euroopan korkein 31 snt / kWh. /28/ Ilmastokabinetin laatiman suunnitelman mukaan verokevennyksiä sekä tukijärjestelmiä tarjotaan niille tahoille, jotka omalla osallaan auttavat saavuttamaan yhteisen päästöjen vähennystavoitteen. Tällaisia tukijärjestelmiä on otettu käyttöön kotitalouksien ja yritysten energian verotukseen ja siirtomaksujen pienentämiseen.

Vuonna 2017 tuulivoimalla tuotetun energian määrä ohitti maakaasun sekä ydinvoiman sähkön tuotannon siirtyen toiseksi suurimmaksi sähkön tuotantomuodoksi

Saksassa. Ongelmaksi tulivoiman riittävydessä muodostuu kuitenkin sähköverkon rajoitteet. Tuulivoiman tuotannon sijaitessa suurilta osin Saksan pohjoisosissa ei verkko kykene siirtämään kaikkea tehokkaasti maan eteläiseen osaan sekä metropoleihin Etelä- ja Länsi Saksassa. Tämä yhdistettynä maan tavoitteeseen vähentää ydinvoima tuotantoa aiheuttaa kestävämmän tilanteen maan eteläiseen sekä läntisiin osiin. Tuotantovajetta paikkaamaan täytyy kehittää uusia strategioita ja hallituksen agendalla onkin priorisoida verkon kehitystä. /30/ Kehitystyöt sähköverkossa tulevat aiheuttamaan kuluja ja tulevaisuudessa onkin mitä todennäköisintä, että energian hinnat jatkavat nousuaan valtion tarjoamista avusteista huolimatta. Sähkön hintojen nousu sekä yleinen teknologian halpeneminen ajaa kuluttajat sekä yritykset pohtimaan korvaavia vaihtoehtoja ostosähkölle. Korkea sähkön hinta laskee uusien järjestelmien takaisinmaksuaikojä huomattavasti ja tuo näin ollen energian pientuotantojärjestelmien hankinnan ajankohtaiseksi entistä suuremmalle yleisölle.

#### **5.4 Ruotsi markkina-alueena**

Ruotsi on maailman johtava maa hiilestä irtautumisessa. Ruotsin tavoitteena on vähentää kasvihuonekaasupäästöjään 59 % vuoden 1990 tasosta vuoteen 2030 mennessä. Täysin hiilineutraali Ruotsi aikoo olla vuoden 2045 lopussa. Suurin osa ruotsin sähköntuotannosta tulee vesivoimasta sekä ydinvoimasta. Tuulivoiman osuus on kasvanut vuosi vuodelta saavuttaen vuonna 2020 kolmanneksi suuriman tuotantomuodon paikan 20 % osuudella energiankokonaistuotannosta. Ruotsin maantieteellinen sijainti aiheuttaa suuren tarpeen kiinteistöjen lämmitykselle, lämpöä tuotetaan pääasiallisesti jätteitä ja biomassaa hyödyntävän kaukolämmön sekä lämpöpumppujen kautta. /31/

Suurin osa Ruotsin kasvihuonekaasupäästöistä tulee liikenteestä. Liikenteen riippuvaisuus öljystä onkin Ruotsissa tulevaisuudessa yksi kehityksen kulmakivistä. Hallituksen tavoitteena onkin vähentää liikenteen päästöjä 70 % vuodesta 2010 vuoteen 2030 mennessä ja se tukee liikenteen hiilestä irtautumista sähköistymisen sekä kehitettyjen biopolttoaineiden avulla. /31/

Ruotsissa kuluttajasähkö on Suomen tasoon verrattuna keskimäärin 2 snt /kWh kalliimpaa. Ollen näin Euroopan hinnoissa keskitasolla. /28/ Ruotsi tukee kotitalouksien lisäksi teollisuuden irtautumista hiilestä ja on yksi ensimmäisistä vetyä hyödyntävän teräksentuotannon kannattajista. /31/ Yleisesti ottaen Ruotsissa uusien energiatehokkaiden teknologioiden käyttöönotto ja kehitys on pidemmällä kuin muissa vertailumaissa.

Ruotsi on kehittänyt sähkösertifikaattijärjestelmän vuonna 2003, jonka tarkoituksena on tuottaa sähkön tuottajille sertifikaatti jokaista uusiutuvalla energiamuodolla tuotettua megawattituntia kohti 15 vuoden aikana. Sertifikaateille on järjestetty kysyntä sitomalla lailla sähköntuottajat sekä tietyt asiakkaat ostamaan sertifikaatin täyttääkseen tietyn kiintiöosuuden laskennallisesta sähköntuotannosta sekä kulutuksestaan. Tämä on aikaansaanut sähkösertifikaateille omat markkinat, joilla hinnan määrää kysyntä ja tarjonta. Sähkön tuottajille sertifikaattien myynti markkinoilla tarkoittaa lisätuloa. Tästä johtuen uusiutuvien energiamuotojen kehityksen maksaa loppukäyttäjä, sillä sähkön tuottaja sisällyttää sertifikaatin hinnan sähkölaskuihin. Ruotsin parlamentti on vuonna 2017 päättänyt sertifikaattijärjestelmän käytöstä aina vuoteen 2045 asti. /32/ Yleisesti ottaen Ruotsissa uusien energiatehokkaiden teknologioiden käyttöönotto ja kehitys on pidemmällä kuin muissa vertailumaissa. Vesivoiman käytöstä Ruotsissa on keskusteltu kriittisessä sävyssä ja tulevaisuudessa uusiutuvan energian tuotanto Ruotsissa pyritäänkin toteuttamaan muutoin kuin suurilla vesivoimalaitoksilla. Potentiaalisten jäljellä olevien suurten jokien suojele estää rakentamasta uusia suuren kokoluokan vesivoimalaitoksia. /32/

## 5.5 Italia markkina-alueena

Italia eroaa tyypillisestä eurooppalaisesta valtiosta energiatuotannoltaan siten että Italiassa ei ole käytetty ydinvoimaa vuoden 1990 jälkeen. /33/ Syynä tähän on Tshernobylin ydinvoimalaonnettomuuden jälkeen pidetty kansanäänestys ydinvoiman käytöstä Italiassa. Valtaosa eli noin 80 prosenttia Italian energiasta on peräisin uusiutumattomista lähteistä kuten maakaasusta, öljystä sekä kivihielestä. /34/ 2010-luvun taitteessa Italian uusiutuvan energian tuotanto koki harppauksen, jolloin tuuli- ja aurinkoenergian tuotanto kasvoi muutamissa vuosissa lähes nykyiselle tasolle. Vuoden 2018 sähköntuotannosta Italiassa tuotettiin 39,8 % uusiutuvilla energiamuodoilla, joista muiden kuin vesivoiman osuus oli 23,5 prosenttiyksikköä. /35/

Uusiutuvien energianlähteiden tuotantoa Italiassa on pyritty lisäämään verokevennyksillä sekä yleissopimuksilla verkkoyhtiöiden sekä tuotantolaitoksien omistajien välillä. Verkkoyhtiöiden on priorisoitava uusiutuvia energialähteitä hyödynnettävien tuotantolaitoksien verkkoliittymien rakentaminen sekä tarjottava näille mahdollisuuksia verkon laajennukseen, mikäli laitos ei ole valmiiksi sopivan verkon saavutettavissa. Tällä määräyksellä pyritään helpottamaan uusien tuotantolaitosten sijoittelua sekä mahdollistetaan hajautettu tuotanto. /36/

Italian sähköverkkoa voidaan pitää älykkäänä sähköverkkona sen monipuolisten ominaisuuksien vuoksi. Verkkoon on liitetty lukuisia eri toimintatyyppien voimalaitoksia ja niiden johdonmukainen käyttö sekä kuormitus mahdollistavat kestävän energianjakeluun koko maan alueella. Tunnistettavia pullonkauloja ei ole ja valtion tarjoamalla tuilla verkon kehitys tulee jatkumaan yhä pidemmälle. Tästä kertovat lukuisat kehityshankkeet Italian verkkoa hallinnoivan yhtiön Terna:n kotisivulla. Kunnianhimoisena tavoitteena on tuplata tuuli- ja aurinkoenergian asennettu kokonaiskapasiteetti vuoteen 2030 mennessä, jolloin asennetun kokonaiskapasiteetin määrä olisi 80 GW. /37/

Italian sähköverkkoyhtiö on havainnut muutosta kohti uusiutuvien energialähteiden hajautettua mallia. Tämän uuden mallin yleistyessä arvioidaan verkkoon kytkettävien laitteiden määrän kasvavan eksponentiaalisesti. Tästä tuotantolaitteiston määrällisestä kasvusta aiheutuu usein haasteita verkkoyhtiöille, kun kysynnän ja tuotannon tarpeiden ennustaminen hankaloituu. Tässä ennustamisessa auttavat pitkälle kehitetyt ennuste ja suunnittelu työkalut, joilla verkon tasapainotus on mahdollista myös tulevaisuudessa. /38/

## 5.6 Ranska markkina-alueena

Ranskassa kuten muissakin EU-maissa on selkeät tavoitteet hiilidioksidipäästöjen vähentämiseksi sekä uusiutuvien energialähteiden tuotantokapasiteetin lisäämiseksi. Vuoden 2020 lopussa Ranskan energiantuotannosta 26,9 % oli peräisin uusiutuvista energialähteistä. /39/ Ranskassa kotitaloussähkön verollinen kokonaishinta on 19 snt/ kWh, joka sijoittuu Euroopan hintatasossa keskivaiheille ollen suomeen verrattuna muutamia senttejä kalliimpi. /28/

Ranska on toiminut pioneerinä EU-maista aaltovoiman kehittämisessä sekä käyttöönotossa. Ranskassa käyttöön otettiin vuonna 1969 ensimmäisenä maailmassa vuoroveden liikettä hyödyntävä aaltovoimala La Rance Barrage. Aaltovoimalan etuina ovat halpa tuotantohinta 1,8 snt/kWh verrattuna ydinvoimalan 2,5 snt/kWh hintaan. Vuorovettä hyödyntävän voimalan rakentaminen on myös helpompaa kuin perinteisten tuotantolaitosten eikä se useinkaan vaadi yhtä mittavia rakenteita kuin perinteiset vesivoimalat. /40/ Vuorovesi-ilmiötä hyödyntävä voimala voidaan myös rakentaa rasittamatta liiaksi kohteen ekosysteemiä, tämä tuo todistettavia etuja verrattuna perinteisiin vesivoimalaitoksiin. /41/ Ranskan maantieteellinen sijainti Atlantin rannalla antaa hyvät puitteet aaltovoiman käytölle etenkin maan Länsi ja Pohjoisrannikolla, jossa vuoroveden vaihteluväli on 4–5 metriä. /42/ Ranska on jo pitkään tuottanut suuren osan energiastaan ydinvoimalla, eikä tulevaisuudessa näy suurta muutosta ydinvoiman tuotanto-osuuden vähentämiseksi. Ydinvoiman pysyvyyttä Ranskassa enteilee osallaan suuri investointivaraus pienten kapasiteetiltaan alle gigawatin ydinvoimaloihin /43/. Tämän

investoinnin toteutuessa Ranskan kuluttajasähköhinnat tuskin nousevat eikä sitä kautta tarvetta mittavalle pientuotannolle ole näkyvissä.

## 6 OPINNÄYTETYÖN PROSESSI

### 6.1 Tutkimuksen suunnittelu

Tämän opinnäytetyön tavoitteeksi asetettiin tuottaa tietoa toimeksiantajana toimivalle yritykselle, jonka pohjalta voidaan tehdä päätös, onko pienjännite generaattorien tuotteistamiseen järkevää panostaa. Tätä päätöstä varten kerättiin tietopohjaa itse tuotteesta, markkinoista sekä niiden vaatimuksista tuotteistamisen kannattavuuden kannalta. Ennen tutkimuksen alkua toimeksiantajalla ei ollut selvää kuvaa markkinoiden tarpeesta pienjännitegeneraattoreille.

### 6.2 Työn toteuttaminen

Työn toteutusmetodiksi valittiin kirjoituspöytä tutkimus sen kustannustehokkuuden ja maailmalla vallitsevan pandemian vuoksi. Tutkimusta toteutettiin vuoden 2021 kesä- syyskuussa keräämällä tietoa internetlähteistä sekä yrityksen sisäisiä tietokannoista. Kirjoituspöytä tutkimuksen lisäksi valmisteltiin ja suoritettiin kirjallinen kysely. Kysely oli avoinna 18. kesäkuuta – 1. lokakuuta välisen ajan. Pitkällä vastausajalla pyrittiin varmistamaan mahdollisimman monen vastauksen kerääminen. Kirjallinen kysely valittiin suullisen kyselyn sijasta sen tasapuolisuuden vuoksi. Suullisen kyselyn aikana vastaajan käsitys kysymyksestä voi muuttua vastakysymyksien vaikutuksesta ja tästä syystä suoraa vuorovaikutusta kysyjän ja vastaajan välillä ei haluttu. Samalla mahdollistettiin vastaajien vapaampi aikataulu tuottaa vastaus eikä lomakkeeseen kerättävää tietoa tarvinnut kiirehtiä parantaen näin vastausten laatua.

Ennen kyselylomakkeen jakamista eteenpäin järjestettiin verkkotapaaminen, johon osallistujiksi kutsuttiin työn toimeksiantajan kanssa yhteistyössä ennalta päätettyjen tutkimukseen osallistuvien maiden avainhenkilöitä myynnin osalta. Nämä avainhenkilöt valittiin heidän keskeisen asemansa vuoksi myyntiorganisaatiossa. Tapaamisessa esiteltiin tutkimuksen aihe ja sen taustatekijät pintapuolisesti sekä



kuvailtiin haluttua tutkimuksen lopputuotosta. Tapaamisen jälkeen tutkimuskoh- teeksi valittujen maiden edustajille jaettiin sähköpostitse Liitteen 1 mukainen tiiv- vistelmä tutkimuksen aiheesta ja vastausohje sekä tutkimuksen suorittajan yh- teystiedot. Liitteen 2 mukainen kyselylomake jaettiin yhdessä vastausohjeen kanssa.

Lomakkeeseen laadittiin 20 kappaletta kysymyksiä, joissa pyrittiin selvittämään pienjännitegeneraattorien markkinoiden tilannetta kussakin kohdemaassa sekä markkinoiden tulevaisuutta ja mahdollisesti markkinoihin vaikuttavia paikallisia sekä globaaleja trendejä. Myös markkinoilla vaikuttavien kilpailijoiden tilannetta pyrittiin selvittämään ja muodostamaan kuvaa näin mahdollisista vahvuuksista, joilla markkinaa voisi vallata tehokkaasti. Kyselystä saatujen vastausten perus- teella muodostettiin yleiskuva markkinoiden tilanteesta ja mahdollisesti tulevai- suudessa markkinoihin niin positiivisesti kuin negatiivisestikin vaikuttavista teki- jöistä.

### **6.3 Tulosten analysoinnin suunnitelma**

Tutkimustiedon analysointi aloitettiin keräämällä kohderyhmältä saadut kyselyn vastaukset yhteen ja muodostamalla niistä helppolukuinen Excel-taulukko. Tällä tavoin vastauksien käsittely nopeutui ja vastauksia pystyttiin vertaamaan keske- nään yhdessä dokumentissa. Kyselylomakkeen kysymysten jäsentely pyrittiin te- kemään niin yksiselitteiseksi kuin mahdollista analysoinnin helpottamiseksi, pää- tymättä kuitenkaan pelkkiin kyllä-ei-vaihtoehtoihin. Kyselyn jakelua oli varauduttu suurentamaan, jolloin vastausten koontiin olisi käytetty joko Google Forms -ohje- maa tai MS Teamsin Forms -sovellusta. Tähän ei kuitenkaan tarvinnut lähteä koh- deryhmän ollessa näin suppea.

Suurimpana haasteena tehokkaalle analysoinnille ovat tyhjät vastaukset, joiden osalta analysointia hankaloittaa tiedon puute syystä, jonka takia vastaaja jättää kyseisen kohdan tyhjäksi. Toisekseen suurimmaksi haasteeksi arvioitiin kyselyn

otannan suppeus, joka aiheuttaa väistämättä vääristymää yleisilanteesta markkinoiden todellisuuteen verrattuna. Edellä mainittujen haasteiden vaikutusta pyrittiin minimoimaan ottamalla vastaukset huomioon kootusti siten että vastaukset niputetaan kysymyksittäin yhteen eikä niitä käsitellä yksittäin. Tällä tavoin myös yksittäisten henkilöiden mielipiteet eivät pääse vaikuttamaan liiaksi kyselyn kokonaistulokseen.

## 7 TULOSTEN YHTEENVETO

### 7.1 Haastattelun vastausten analysointi

Kysymys 1. Mitä mieltä olet ABB-generaattoritarjonnasta nyt?

Asiakaskunta ei pidä ABB:tä suurten massojen toimittajana, suurten kokoluokkien sekä räätälöityjen ratkaisujen ollessa kysynnän ja tarjonnan kohtaamisasteessa.

Kysymys 2. Haluatko, että tarjontaa kehitetään? Jos kyllä, miten?

Etenkin pienten teholuokkien <1MW osalta markkinoille tulisi tarjota enemmän vaihtoehtoja ABB:ltä. Kuitenkin markkinoilla jo vaikuttavien valmistajien kanssa kilpailu tulisi tapahtumaan suureksi osaksi hinnalla unohtamatta räätälöityjä tuoteratkaisuja. Vaikka markkinoilla on jo muita toimijoita, on kuitenkin todennäköistä, että ala laajenee tulevaisuudessa ja uusille markkina-alueille on tulossa tilaa.

Kysymys 3. Kuinka tarpeelliseksi koet generaattoritarjonnan kehittämisen?

Vastaajien kesken tarjonnan kehittämistä pidettiin pääsääntöisesti tärkeänä tulevaisuutta ajatellen. Tuleville vuosille ennakoitaan kasvua, mutta kasvun suuruudesta ei tiedetä. Ennakoidut luvut vaihtelevat vastanneiden välillä.

Kysymys 4. Luuletko, että nykyinen markkinointi tavoittaa kaikki mahdolliset asiakkaat. Jos et, niin arvio, kuinka monta potentiaalista asiakasta jää tavoittamatta.

Nykyisellään markkinointi ei tavoita potentiaalista asiakaskuntaa, ja osa vastanneista oli sitä mieltä, ettei tuotetta ole saatavilla lainkaan. Generaattorisettien valmistajat sekä pienien kokoluokkien tuuli ja vesivoimavalmistajille ei ole tarjolla sopivia vaihtoehtoja.

Kysymys 5. Onko generaattorien markkinointi mielestäsi tärkeää tulevaisuuden kannalta?

Vastaajat olivat yksimielisiä siitä, että tarjonnan tulisi kehittyä ja etenkin pienten kokoluokkien osalta. Tulevaisuuden sähköntuotanto tulee väistämättä monipuolistumaan ja useampia tuotantolaitoksia tarvitaan täyttämään alati kasvavaa energian tarvetta.

Kysymys 6. Jos asiakkaalle tarjotaan generaattoreita, Kohtaatteko jotain tiettyjä ominaisuuksia useimmin?

Erinäiset suojausluokat sekä nopea toimitus nousevat tärkeimmiksi ominaisuuksiksi. Joitain maakohtaisia vaatimuksia löytyy myös generaattorisettien käyttöön otolle sekä verkkoon kytkemiselle. Myös merikäyttöihin on huomattu ajoittaista kysyntää, joka vaatii oman sertifiointinsa luokituslaitoksilta. Osa asiakkaista tilaa pitkälti räätälöidyllä omalla designillaan, joten tuotteen räätälöitävyys voidaan lukea yhdeksi toivotuista ominaisuuksista.

Kysymys 7. Mitkä ovat olleet 3–5 yleisintä ominaisuutta / tekijää, jonka takia generaattori on ostettu?

Toimitusnopeus on noussut viimeisten 10 vuoden aikana avaintekijäksi kaikessa kaupankäynnissä. Projekteissa ei ole enää puskuriaikoja kuten esimerkiksi 10–15 vuotta sitten ja myyjän tulisi kyetä vastaamaan asiakkaan tarpeeseen erittäin lyhyellä viiveellä. Asiakkaat myös vaativat tuotteelle teknistä tukea sekä erinäisiä palveluja kuten testaamista ja tuotekehitystä. Myös kilpailukykyinen hinta nousi esille vastauksista toivottuna ominaisuutena yhdessä luotettavuuden ja nopean toimitusajan kanssa.

Kysymys 8. Jos tarjous on menetetty, onko tietoa palautunut miksi näin on tapahtunut?

Suurimmaksi puutteeksi koettiin tarjouskilpailussa korkeahko hinta kilpailijoihin nähden. Myös pitkähköt vasteajat niin myynnin kuin toimituksen suhteen ovat aiheuttaneet menetettyjä tarjouksia. Ottamalla asiakkaan tarpeet huomioon alkuvaiheesta lähtien kyetään voittamaan kilpailijat tarjoamalla paremmin muotoiltuja

ratkaisuja kuin markkinoiden muut toimijat. Asiakaskohtaisen ratkaisun löytäminen ja viimeistely on erittäin tärkeää, jotta tuotteita saadaan myytyä suurille OEM-toimittajille.

Kysymys 9. Mitkä ovat olleet generaattorin 5 halutuinta ominaisuutta? Teho, runkokoot jne.

Tällä hetkellä tarjottavien generaattorien on oltava suoraan yhteensopivia markkinoilla olevien polttomoottorien kanssa, jolloin generaattorien vaihto onnistuu suoraan edellisen tilalle tekemättä muita muutoksia järjestelmään. Korkea hyötysuhde sekä korkeat teholuokat pienimmässä mahdollisessa rungossa eli niin kutsuttu teho – koko suhde tulisi olla mahdollisimman korkea. Myös matalien kiertonopeuksien kuten 50 rpm tarvetta ei sovi unohtaa. Matalille kierrosnopeuksille etenkin kestmagneetoitu pienjännitegeneraattori olisi tervetullut tuote markkinoilla.

Vastausten perusteella top 5 -ominaisuudet olivat:

1. Yhteensopivuus jo olemassa olevien laitteiden ja kilpailijoiden tuotteiden kanssa.
2. Korkea teho- paino suhde.
3. Tuotteen räätälöitävyys.
4. Korkea hyötysuhde.
5. Kestomagneetti teknologia pienet runkokoot.

Kysymys 10. Jos markkinointia lisätään, miten luulet sen vaikuttavan myyntimääriin tulevaisuudessa?

Mikäli markkinointia lisätään, tulee tuotetarjontaan saada laajuutta. Etenkin pienet teholuokat tulee ottaa huomioon aina 1 500 kVA saakka. Markkinoiden ollessa nykyään verrattain kapeat tulee myyntitapahtuma olla kasvokkain tapahtuvaa ja

käynteihin perustuvaa toimintaa. Etenkin asiakaskäyntejä ajatellen markkinointi materiaalin laajuutta tulisi kasvattaa videotarjonnalla sekä lehtisillä, joissa esitellään mahdollisia teknisiä ratkaisuja.

Kysymys 11. Yksi tulevaisuuden energia-alan keskustelunaiheita ovat olleet alueelliset verkot eli ns. Mikroverkkojärjestelmät. Koetko, että tällaiset ratkaisut ovat mahdollisia maassasi?

Mikroverkkojärjestelmät olivat vastanneiden kesken vielä todella kaukaisia eikä niitä nähdä tapahtuvaksi seuraavien viiden vuoden aikana. Tällaisten alueverkkojen aikaansaamiseksi sähköverkon tulee olla joko erittäin kehittyntä tai kehitystä tulee ajaa voimakkaasti esimerkiksi politiikan avulla.

Kysymys 12. Mitä maakohtaisia vaatimuksia tai standardeja maassasi on asetettu matalajännitteisille generaattoreille?

IEC-standardointi on käytössä Euroopassa yleisesti. OEM-valmistajille myytävät generaattorit luetaan kohdemaan standardisoinnin piiriin ja itse generaattorille ei näin ollen vielä vaadita laajempaa standardisointia tai tyyppi hyväksyntää. Maailmalla käytössä olevat standardit koskevat lähinnä verkkoon liittymistä ja generaattorin ohjainlaitteistoa eikä näin ollen itse generaattoria.

Kysymys 13. Miksi asiakas ostaa ABB:n generaattorin? Tunnistatko yhteneviä syitä?

Asiakkaan syitä ABB-generaattorin valitsemiselle olivat vastaajien mukaan brändi sekä valmiin ratkaisun tarjoaminen. Räätelöidyn ratkaisun tuottaminen asiakkaan tarpeeseen on selvästi tunnistettu vahvuus. Myös ABB:n kyky toimittaa kokonaisratkaisu on saanut asiakkaan valitsemaan ABB:n.

Kysymys 14. Kenelle ABB:n generaattoreita myydään?

Generaattoreita myydään lähinnä OEM-valmistajille, jotka integroivat generaattorin omaan tuotteeseensa. Tuoteskaalaa on tavoitettuna suhteellisen laajalti maamootoreista uusiutuvien energianlähteiden kuten tuulivoiman ja vesivoiman komponenttivalmistajiin. Myös innovoivia uusia toimijoita on tunnistettu markkinoilla ja heidän kanssaan yhteistyön aloittaminen nopeasti toisi hyvän jalansijan laajenevilla markkinoilla.

Kysymys 15. Miten kuvailisit loppukäyttäjää yleisesti?

Loppukäyttäjistä saadaan tietoa hyvin vähän sillä tuotetta ei suoranaisesti myydä loppukäyttäjille vaan konevalmistajille, jotka käyttävät generaattoria omassa laitteessaan, joka itsessään myydään eteenpäin. Tiedossa on kuitenkin, että suurin osa markkinoista tällä hetkellä koostuu niin kutsutuista varavoimageneraattori toimittajista.

Kysymys 16. Kuinka paljon kilpailua generaattorimarkkinoilla on nykyään? Entä kolmen – viiden vuoden aikavälillä?

Nykyisiä markkinoita pidettiin erittäin kilpailtuna. Optimoituja ratkaisuja tarjoavia valmistajia on olemassa Euroopassa ja uudet tulokkaat pyrkivät Euroopan markkinoille Kiinasta. Eurooppalaiset asiakkaat ovat kuitenkin skeptisiä kiinalaisten valmistajien tuotteita kohtaan eikä niitä suosita vielä halvemmasta hinnasta huolimatta.

Kysymys 17. Ketkä ovat suurimmat kilpailijat tällä hetkellä ja entä lähitulevaisuudessa? Tuotemerkki ja niiden suurimmat edut verrattuna ABB-tuotteeseen.

Vastaajien mielestä suurinta kilpailua tulee olemaan lähivuosina eurooppalaisten valmistajien kesken. Monet eurooppalaiset valmistajat ovat vuosien saatossa optimoineet tuoteskalaansa suurimpien asiakkaidensa mukaan, joten selvää kansainvälistä markkinajohtajaa ei ole päässyt syntymään. Alalla on myös paljon paikallisia pieniä toimijoita, joilla on arvostusta pitkäaikaisten kumppaneidensa kanssa. Näiden valmistajien tarjonta onkin enemmän syväluotaavaa kuin laajaa.

Kysymys 18. Nimeä kolme megatrendiä, jotka todennäköisesti vaikuttavat pienjännitegeneraattoreihin seuraavien 5 vuoden aikana.

Kasvava energian tarve kaupungillistumisen johdosta, sähköautot, datakeskukset, uusituvan energiantuotannon kasvu sekä korkea hyötysuhde olivat vastanneiden mukaan keskeisimpiä teemoja ja kehityssuuntia tulevaisuudessa. Tietoliikenteen lisääntyminen ja maailman sähköistyminen on jatkunut jo hyvän tovin mutta kehityspiikki on vielä kaukana tulevaisuudessa, kun katsotaan esimerkiksi itäisen sekä eteläisen Euroopan maita puhumattakaan Aasian suurmaista ja Etelä-Amerikasta.

Kysymys 19. Mikä on nykyinen trendi vakiintuneessa generaattorimyynnissä, kuinka monta generaattoria myydään nyt verrattuna kolmen vuoden takaiseen?

Markkinoiden huomattiin supistuneen koronana aikana ja nyt tapahtuneen nousun johdosta alamme olla samalla tasolla kuin ennen pandemiaa. Myyntimäärät ovat edelleen marginaalisia eikä niistä sen vuoksi pidetä erityisesti kirjaa. Kehitystä odotetaan kuitenkin tapahtuvaksi mutta nykyisellään suuria hyppyjä ei tulla näkemään seuraavien kolmen- viiden vuoden aikana.

Kysymys 20. Näetkö kasvupotentiaalia generaattorimyynnissä tulevan 3 vuoden kuluessa? Jos kyllä, kuinka paljon tämä kasvu on MEUR?

Tulevaisuudessa uusia toimijoita odotetaan asiakaskuntaan. Kasvun oletetaan kuitenkin olevan verrattain maltillista eikä uusien toimijoiden tulevaisuuden näkymistä voida tehdä sitovia päätöksiä myynnin saralla. Ennakoidut kumppanuudet koskevat pienen kokoluokan yrityksiä, jotka ovat olleet markkinoilla kapealla tuoteskaalalla erittäin lyhyen aikaa.

## **7.2 Markkinapotentiaali**

Pienjännitegeneraattoreille on väistämättä markkinapotentiaalia. Arviolta suurinta potentiaalia on generaattori seteille, jotka sisältävät generaattorin lisäksi ohjain sekä suojauslaitteiston. Mikäli tämän pakettiratkaisun kaupallistaminen sekä



tekniset ratkaisut onnistuttaisiin sovittamaan esimerkiksi markkinoilla olevien suurten dieselvoimakoneiden valmistajien vaatimuksiin, on markkinoille mahdollista päästä vielä mukaan kovasta kilpailusta huolimatta. ABB:n brändi on kuitenkin viime aikoina suuntautunut yhä enemmän energiatehokkuuteen ja sitä kautta kestävään kehitykseen ja uusiutuvaan energia tuotantoon. Mahdollisuuksia markkinoiden sillä segmentillä on tällä hetkellä pienjännitegeneraattoreille niukasti. Tämän voi osaltaan selittää sillä, että elämme vahvaa muutoksen vaihetta. Merkkejä on kuitenkin ilmassa talouden kehityksestä ja tämä kehitys omalla osallaan sysää eteenpäin myös valtavirrasta poikkeavien energiantuotantotapojen kehitystä. Mahdollisuuksista puhuttaessa on kuitenkin tunnistettava nykyään vaikuttavat trendit, jotka tulevat ohjaamaan maailman energian tuotantoa pois totutuista malleista ja tavoista kohti ekologisempaa vaihtoehtoa. Nykyään pienyrityksinä esiintyvät toimijat voivat mahdollisesti luoda uusia trendejä ja muotivillityksiä, jotka auttavat uusia teknologioita yleistymään.

Energian pientuotannossa erittäin mielenkiintoisia suuntia ovat pienen kokoluokan CHP-laitokset sekä kuluttajamarkkinoille suunnatut laitokset, joiden käyttöön-otto ja ylläpito olisi helppoa eikä huoltoa juuri tarvittaisi. Kuluttajille tärkeimpinä piirteinä voidaan pitää juuri toimintavarmuutta, joka takaa helpon ja huolettoman käytön laitteelle. Korkean hyötysuhteen ja jo alhaisilla kierrosnopeuksilla sähköä tuottavat kestmagnetoidut generaattorit omaavat laajimmat käyttökohdemahdollisuudet, koska usein energian pientuotannossa korkeiden kierrosnopeuksien saavuttaminen vaatisi laajempaa laitteistoa, johon lukeutuisi usein myös vaihteistoja sekä sitä kautta ylimääräisiä häviöitä, jotka sekä laskisivat käytettävän tuotantolaitoksen hyötysuhdetta että nostaisivat sen hankintakustannuksia. Tuotantolaitosta voikin ajatella viimekädessä sijoituskohteena ja sen takaisinmaksuajan tulisi olla mahdollisimman lyhyt rahallisen hyödyn maksimoimiseksi. Tästä syystä generaattorin, jonka halutaan pärjäävän markkinoilla, tulisi olla mahdollisimman halpa sekä sillä tulisi olla korkea hyötysuhde laajalla kierrosnopeusalueella.

### 7.3 Luotettavuuden arviointi

Opinnäytetyön tutkimuksen otanta oli työn laajuuteen nähden erittäin suppea. Tämä riski tiedostettiin heti kyselyn alussa, mutta käytettyyn ratkaisuun päädyttiin silti. Kyselytutkimukseen vastanneet maat edustavat vain läntisen Euroopan markkinoita. Tutkimukseen valitut maat edustavat Euroopan varakkaampia maita eikä näin ollen laajaa läpileikkausta voida muodostaa sen osalta millainen on koko Euroopan markkinatilanne. Kuitenkin valituista maista saatiin tietoa generaattoreita myyvän yrityksen näkökulmasta verrattain hyvin. Markkinoita kokonaisuutena ajatellen on muistettava, ettei tämän tutkimuksen tuloksista voida kuitenkaan päätellä liiaksi asiakkaiden näkökulmaa pienjännitegeneraattoreiden markkinatilanteesta. Asiakkaan näkökulmaa kartoittaakseen olisi työhön pitänyt lisätä oma osa-alueensa eikä siihen haluttu lähteä työn tarpeettoman pitkittämisen vuoksi.

Tutkimuksessa käytetty kyselylomake oli pyritty laatimaan mahdollisimman yksiselitteiseksi ja siten että kysymyksiin vastaaminen ei olisi vienyt liiaksi aikaa. Kohderyhmästä kahden maan Suomen ja Ranskan vastauslomaketta ei koskaan palautettu, joten tuloksien analysoinnissa käytettiin vain kolmen kohdemaan vastauksia. Tämä osallaan vaikuttaa tutkimuksista saatuihin tuloksiin ja ohjaa kiistämättä tutkimuksen johtopäätöstä sekä jatkokehityskohteita vastauksen toimittaneiden kohdemaiden tarkoitusperiin paremmin sopiviksi.

### 7.4 Jatkokehityskohteet

Tämän tutkimuksen johdosta tunnistettiin kehityskohteita pienjännitegeneraattorin markkinoinnissa seuraavasti:

Markkinointimateriaalin luominen myyjien käyttöön sekä verkkosivuille. ABB:n nykyinen materiaali keskittyy keski- ja korkeajännitteisiin generaattoreihin. Pienjännitegeneraattoreille ei koeta olevan kylliksi materiaalia. Materiaalin tulisi olla hel-

posti asiakasta puhuttelevaa ja mainostyyppistä. ABB:n brändi on jo tunnettu Euroopassa mutta generaattorien tarjonnan esille tuominen myös pienjännite luokassa olisi toivottua.

Työn tulokset eivät ota kantaa Aasian, Pohjois- eikä Etelä-Amerikan markkinoihin ja niitä analysoidakseen täytyisi tutkimus suunnata uusiin alueisiin. Tutkimusta laajentamalla voitaisiin generaattoritarjonnan kehitykseen ottaa mukaan myös asiakkaiden ääni niiltä osin, kun se koetaan tarpeelliseksi. Esimerkiksi prototyyppien kehittäminen asiakkaiden kanssa yhteistyössä juuri heidän sovelluksiinsa sopivaksi toisi selvän markkinaedun kilpailijoihin nähden. Tämä tuottaisi vastavuoroisesti myös ABB:lle jatkuvaa tietoa markkinoiden kehityksestä ja mahdollisista muutoksista pienjännitegeneraattorien alalla.

## LÄHTEET

- /1/ ABB Suomessa 2021 ABB Oy Viitattu 16.5.2021 <https://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/suomessa>
- /2/ Sähkövoimatekniikkaopus 14.10.1998, Leena Korpinen. Viitattu 17.5.2021 <http://leenakorpinen.com/fi/julkaisut/opetusaineistoja/>
- /3/ ABB (2019). Low voltage motors: Motor guide. 4th edition. ABB oy. s.60 ISBN 952-91-0728-5.
- /4/ What is a 3- phase motor Viitattu 24.5 2021 <https://www.electrical4u.com/working-principle-of-three-phase-induction-motor//>
- /5/ Aura, L & Tonteri, A. J. 2005. Teoreettinen sähkötekniikka ja sähkökoneiden perusteet. WSOY.
- /6/ Liikuvassa johtimessa syntyvä jännite. Viitattu 17.5.2021 [https://en.wikipedia.org/wiki/Electromagnetic\\_induction#/media/File:Spindle.PNG](https://en.wikipedia.org/wiki/Electromagnetic_induction#/media/File:Spindle.PNG)
- /7/ IEC 60050—826:2004 IEV 836 12-30 Kansainvälinen sähkötekniinen sanasto (IEV) - Osa 826: Sähköasennukset Viitattu 22.5.2021
- /8/ 2kW 48VAC Kestomagneetti generaattori. Viitattu 22.5.2021 <https://verkkokauppa.saaristotekniikka.com/product/311/2kw-48vac-kestomagneetti-generaattori>
- /9/ 2kW 48AC generaattori. Viitattu 22.5.2021 <https://verkkokauppa.saaristotekniikka.com/product/312/2kw-48vac-generaattori>
- /10/ Ajankohtaista tietoa aggregaateista Viitattu 24.5.2021 <https://www.aggregaatit.com/ajankohtaista/>
- /11/ Puusaari, K. Pienvesivoimalaitos ja epätahtikone sen generaattorina. Licensiaatintutkimus. Tampereen Teknillinen Yliopisto. Sähkötekniikan osasto. Tampere 2005.
- /12/ Jokamiehen opas pientuulivoiman käyttöön Viitattu 24.5.2021 [https://www.motiva.fi/files/6010/Joka\\_miehen\\_opas\\_pientuulivoiman\\_kayttoon.pdf](https://www.motiva.fi/files/6010/Joka_miehen_opas_pientuulivoiman_kayttoon.pdf)
- /13/ 2G tuotekatalogi Viitattu 25.5.2021 [https://www.2-g.com/module/designvorlagen/downloads/2g\\_product\\_range.pdf](https://www.2-g.com/module/designvorlagen/downloads/2g_product_range.pdf)

- /14/ Hybridi järjestelmän kokoonpano Viitattu 26.5.2021 [https://en.wikipedia.org/wiki/Hybrid\\_renewable\\_energy\\_system#/media/File:Block diagram.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/Hybrid_renewable_energy_system#/media/File:Block_diagram.jpg)
- /15/ Raatikainen, L. 2004. Tavoitteellinen markkinointi. Helsinki: Edita.
- /16/ Vaarnas, M., Virtanen, J. & Hirvensalo, I. 2005. Menestyjä kilpailee tiedolla - markkinatieto kansainvälistymisen tueksi. Helsinki: Multikustannus Oy
- /17/ Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 2009. Tutki ja kirjoita. 15. painos. Helsinki: Tammi.
- /18/ Rope, T. & Vahvaselkä, I. 1994. Suunnitelmallinen markkinointi. Espoo: Weiling + Göös
- /19/ Westwood, J. 2011. Marketing your business. London: Kogan Page
- /20/ Lahtinen, J., Isoviita, A. & Heikkilä, M. 1998. Markkinointitutkimus. Tampere: Avaintulos.
- /21/ Kyselytutkimuksen mittarit ja menetelmät Kimmo Vehkalahti Viitattu 25.5.2021 <https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/305021/Kyselytutkimuksen-mittarit-ja-menetelmat-2019-Vehkalahti.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- /22/ Trendianalyysi tulevaisuudentutkimuksen menetelmänä Viitattu 6.10.2021 <https://tulevaisuus.fi/menetelmat/toimintaympariston-muutosten-tarkastelu/trendianalyysi-tulevaisuudentutkimuksen-menetelmana/>
- /23/ Sopimukset ohjaavat kansainvälistä ilmastopolitiikkaa Viitattu 6.10.2021 <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/hillinta/-/artikkeli/f65a78bb-dc8e-41a5-b09a-6fa36661880b/sopimukset-ohjaavat-kansainvalista-ilmastopolitiikkaa.html#h> Kioton p yt kirja velvoittaa siviin p st v hennyksiin
- /24/ Pariisin ilmastopimus Viitattu 3.10.2021 <https://ym.fi/pariisin-ilmastopimus>
- /25/ ABB:n kaksisuuntaisella latausteknologialla sähköautot voivat pian syöttää virtaa takaisin sähköverkkoon News | Zurich, Switzerland | 2020-10-13 Viitattu 10.10.2021 <https://new.abb.com/news/fi/detail/68887/abbn-kaksisuuntaisella-latausteknologialla-sahkoautot-voivat-pian-syottaa-virtaa-takaisin-sahkoverkkoon>

- /26/ Liityntäsäännöt Viitattu 10.10.2021 <https://www.fingrid.fi/sahkomarkkinat/markkinoiden-yhtenaisyyys/verkkosaannot/liityntasaannot/>
- /27/ KOMISSION ASETUS (EU) 2016/631, annettu 14 päivänä huhtikuuta 2016, tuottajien verkkoliitântävaatimuksia koskevasta verkkosäännöstä <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016R0631&from=PL>
- /28/ [https://energia.fi/files/4428/Sahkovuosi\\_2020\\_netti.pdf](https://energia.fi/files/4428/Sahkovuosi_2020_netti.pdf)
- /29/ Suomen Energiavisio 2030, Viitattu 10.10.2021 <https://www.vttresearch.com/sites/default/files/julkaisut/muut/2002/viisiokirja.pdf>
- /30/ Germany 2020 Energy Policy Review, Viitattu 14.10.2021 <https://www.iea.org/reports/germany-2020>
- /31/ Sweden Country profile Viitattu 14.10.2021 <https://www.iea.org/countries/sweden>
- /32/ ENERGY POLICIES OF IEA COUNTRIES Sweden 2019 Viitattu 14.10.2021 [https://iea.blob.core.windows.net/assets/abf9ceee-2f8f-46a0-8e3b-78fb93f602b0/Energy\\_Policies\\_of\\_IEA\\_Countries\\_Sweden\\_2019\\_Review.pdf#page=100&zoom=100,98,452](https://iea.blob.core.windows.net/assets/abf9ceee-2f8f-46a0-8e3b-78fb93f602b0/Energy_Policies_of_IEA_Countries_Sweden_2019_Review.pdf#page=100&zoom=100,98,452)
- /33/ Nuclear Power in Italy Viitattu 30.10.2021 <https://world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-g-n/italy.aspx>
- /34/ Key energy statistics, ITALY Viitattu 30.10.2021 2019 <https://www.iea.org/countries/italy>
- /35/ Energy mix in Italy in 2018 Viitattu 30.10.2021 <https://www.statista.com/statistics/873552/energy-mix-in-italy/>
- /36/ LEGAL SOURCES ON RENEWABLE ENERGY Italy: Summary Viitattu 30.10.2021 <http://www.res-legal.eu/search-by-country/italy/summary/c/italy/s/res-e/sum/152/lpid/151/>
- /37/ THE NATIONAL ELECTRICITY TRANSMISSION GRID DEVELOPMENT PLAN Viitattu 3.11.2021 <https://www.terna.it/en/electric-system/grid/national-electricity-transmission-grid-development-plan>

- /38/ ITALIAN NATIONAL GRID Viitattu 3.11.2021 <https://www.terna.it/en/about-us/business/italian-national-grid>
- /39/ Renewable Energy Market Viitattu 3.11.2021 <https://iclg.com/practice-areas/renewable-energy-laws-and-regulations/france>
- /40/ La Rance Tidal Barrage Viitattu 3.11.2021 <https://web.archive.org/web/20150204062904/http://www.wyretidalenergy.com/tidal-barrage/la-rance-barrage>
- /41/ La Rance Tidal Barrage <https://tethys.pnnl.gov/project-sites/la-rance-tidal-barrage>
- /42/ <https://www.tideschart.com/France/>
- /43/ <https://www.connexionfrance.com/Practical/Environment/France-looks-to-small-scale-nuclear-plants-for-its-future-Small-modular-reactors-SMR-would-be-a-major-shift-in-France-s-nuclear-power-policy>

## LIITTEET

### LIITE 1

#### **Cover letter:**

Dear ABB colleague,

I am inviting you and your teams to take part in this questionnaire to gather the latest knowledge and thoughts about the ongoing and future low voltage generator market. This survey is conducted as a part of thesis work: Market research on the opportunities of distributed energy production for low voltage generators. The results of this questionnaire are used to evaluate the market and its demands for low voltage generators. Result of this thesis is used to develop ABB generator offering. The questionnaire is open from June 18th to July 2nd, am hoping to collect thorough and professional answers and are trusting you to deliver.

Am looking forward to receiving your valued answers regarding the subject. The survey is strictly confidential and gathered answers will not be shared outside company limits nor to third parties.

#### **Tips for answering:**

Please mark your answers with corresponding question number to ensure correct processing of statistics.

After you have answered all the questions, please send your answers to: [teemu.kylmala@fi.abb.com](mailto:teemu.kylmala@fi.abb.com) with subject: Market study questionnaire.

Thank you for participating.

Teemu Kylmä



## LIITE 2

### Survey questions:

1. How do you feel about ABB generator supply now?
2. Would you like the supply to be developed? If yes, how?
3. How necessary do you consider the development of the generator supply?
4. Do you consider that current marketing reaches all the potential customers. If not please anticipate how many of potential customers is left out of reach.
5. Do you consider the marketing of generators to be important for the future?
6. If generators are offered to the customer, is there a particular spec that you encounter more often?
7. What have been the top 3-5 features / factors for which the generator was purchased?
8. If the offer has been lost, has the information been recovered, why has this happened?
9. What have been the top 5 features that have been desired of the generator? Power, frame sizes, etc.
10. If marketing is increased, how do you think it will affect sales volumes in the future?
11. One of the topics for discussion in the future energy sector has been regional networks, or so-called "microgrid" systems. Do you feel that such solutions are possible in your country?
12. What country-specific requirements or standards have been set for low voltage generators in your country?
13. Why does the customer end up buying an ABB generator? Do you identify congruent causes?
14. To whom are ABB generators sold?
15. How would you describe the end user in general?
16. How much competition is there in the generator market today? What about three to five years?
17. Which are the biggest competitors right now and what about in the near future? Brand and their biggest advantages compared to ABB product.
18. Name three megatrends that are most likely to have effect on low voltage generators within the following 5 years.
19. What is the current trend in established generator sales, how many generators are sold now compared to 3 years ago?
20. Do you see growth potential in generator sales within 3-year scope. If yes how much is this growth in MEUR?