



# Mistä lisäjoustoja sähköjärjestelmään?

- ÅF Consultin selvitys Energiateollisuus ry:lle ja Fingrid Oy:lle

# Selvityksen tavoite ja toteutus

Selvityksen tavoitteena oli

- Määritellä säätövoimaan liittyvät keskeiset termit ja käsitteet
- Arvioida suuruusluokka säätötarpeen kasvulle
  - Oletus: vuonna 2030 tuulivoimaa Suomessa 4000 MW (vuosituotanto noin 10 TWh)
- Tarkastella kotimaisia vaihtoehtoja lisätä säätökykyä
- Arvioida säätökapasiteetin kustannuksia ja ympäristövaikutuksia

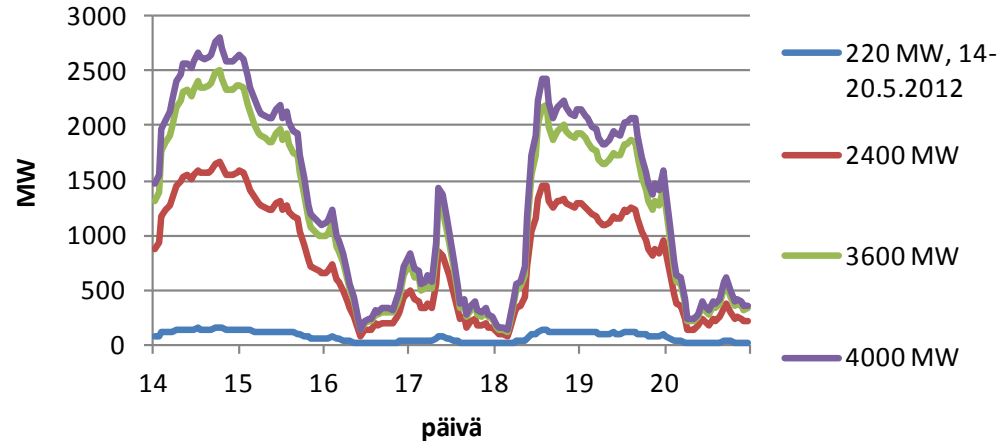
Selvityksen toteutti ÅF Consult Oy Energiateollisuus ry:n ja Fingrid Oyj:n toimeksiannosta.

# Energiateollisuus ry:n suositukset säättövoiman kestävästä lisäämisestä

# Tuulivoiman lisääntyvän tuotannon hyödyntäminen vaatii tueksi säätövoimaa

- Pohjoismaissa säätökyky on ollut hyvä erityisesti Norjan vesivoiman ansiosta:
  - 62 % pohjoismaisesta ylössäädöstä ja 63 % alassäädöstä toteutetaan Norjan vesivoimalla
- Pohjois- ja Länsi-Euroopassa tuuli- ja aurinkosähkön osuuden odotetaan nousevan yhteensä 32 %:iin vuoteen 2030 mennessä
- Markkinoiden yhdyttyessä Pohjoismaiden säätökykyistä vesivoimatuotantoa pystytään hyödyntämään entistä laajemmin koko Keski- ja Pohjois-Euroopan tarpeisiin

Tuulivoimatuotannon toteutunut ja arvioitu vaihtelu tunneittain eri kapasiteeteilla



Esimerkki selvityksen arvioista:  
Tuulivoimatuotanto 14.–20.5.2012 ja arvioitu tuulivoimatuotannon vaihtelu vastaavissa tuuliolosuhteissa suuremmalla tuotantokapasiteetilla

➤ Suomen oman sähköjärjestelmän säätökyvyn kehittäminen on huomioitava kansallisessa energiapolitiikassa

# Säätövoimakapasiteetti tulee rakentaa vähäpäästöisesti ja kustannustehokkaasti

- Selvityksen tarkastelujen perusteella vesivoima tarjoaa parhaimmat mahdollisuudet hiilidioksidipäästöjen kannalta puhtaan säätökapasiteetin tuottamiseen.
- Eryteisesti tunnin sisäiseen säätöön vesivoima on teknisesti paras vaihtoehto
- Vesivoima on kustannuksiltaan edullisinta eikä tarvitse yhteiskunnan taloudellista tukea
- Säätöön soveltuvaa vesivoimaa on lisättävissä vielä noin 10 % nykyisestä vuoteen 2030 mennessä, lähinnä konetehoja nostamalla.
- Sen jälkeen vesivoiman säätökapasiteettia voidaan lisätä merkittävästi rakentamalla varastoaltaat Kemi- ja Iijoelle. Näin saataisiin säätötehoa nimenomaan sellaisiin aikoihin, jolloin siitä on suuri puute.

**Erityisesti vesivoiman säätökyvyn lisäämiseen tulee luoda edellytyksiä energia- ja ympäristöpolitiikalla**

# Lämpövoimalaitoksia kehittämällä voidaan saada merkittävä lisä säätösähkökapasiteettiin

- Investoinnit erilliseen lämpövoiman tuotantoon, jota voitaisiin käyttää tuulivoiman rinnalla säätövoimana, ovat kalliita.
- Olemassa olevan lämpövoimakapasiteetin muokkaus paremmin säätökäyttöön sopivaksi on edullisempi tapa huomattavaan säätösähkön lisätuotantoon.
- Energian varastointiin soveltuu hyvin sähkön ja kaukolämmön yhteistuotanto, jos sen yhteyteen rakennetaan lämpöakkukapasiteettia.
  - Tällöin tuotanto voidaan ajoittaa säätötarpeen mukaisesti. Lämpöakkujen lisärakentaminen on varsin edullista verrattuna mihin tahansa sähkön varastointiin.
- Yhteistuotantolaitosten tehonsäätöominaisuuksia voidaan parantaa myös lisäjähdyttimien avulla, jolloin ääritilanteissa kaukolämmön tuotantoa voidaan siirtää lämpökattiloille ja siirtyä CHP-voimalaitoksilla yhteistuotannosta lauhdetuotantoon.

➤ Energiayritysten tulisi arvioida mahdollisuudet lisätä säätövoimakapasiteettia yhteistuotannossaan

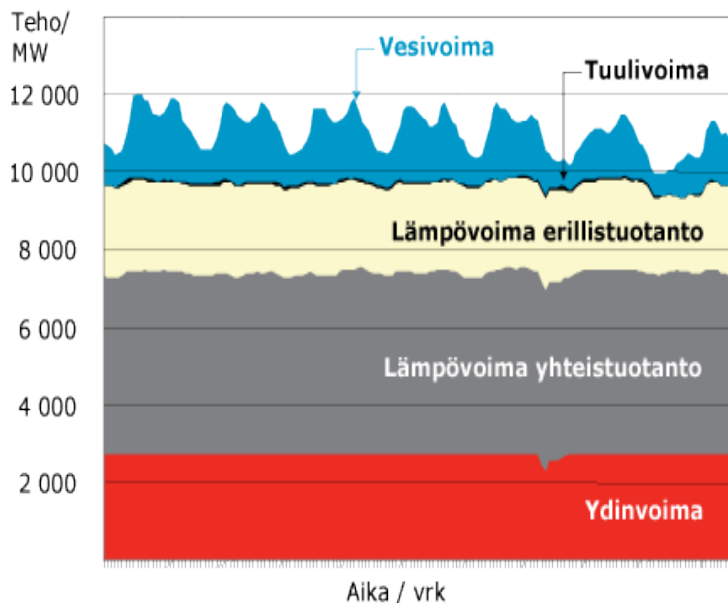


# Sähkön varastoinnin ja kysyntäjoustop avulla voitaisiin merkittävästi pienentää muuta säättövoiman tarvetta

- Kysyntäjoustop ja sähkön varastointi ovat keskeisiä keinoja tasata tuotannon vaihteluita.
- Kysyntäjoustopilla voidaan hyödyntää kasvavia sähkön markkinahinnan vaihteluita.
  - Sähkönkäyttäjien ja myyjien tulee kehittää ratkaisuita kysyntäjoustopien kasvavan kannattavuuden hyödyntämiseksi
  - Kysyntäjoustopien hyödyntäminen edellyttää myös tiedonlevitystä ja kehityspanostuksia
- Pumpatut vesivarastot (pumppuvesivoima) on toistaiseksi ainoa laajasti hyödynnetty ja kaupallinen teknologia sähkön varastointiin.
- Muita kehitteillä olevia varastointitekniikoita ovat mm.:
  - Paineilmavarastot, vauhtipyörät, erilaiset akut, superkondensaattorit, suprajohtavat magneettiset varastot
  - Varastointitekniologioiden kehittämistä tulee tukea myös



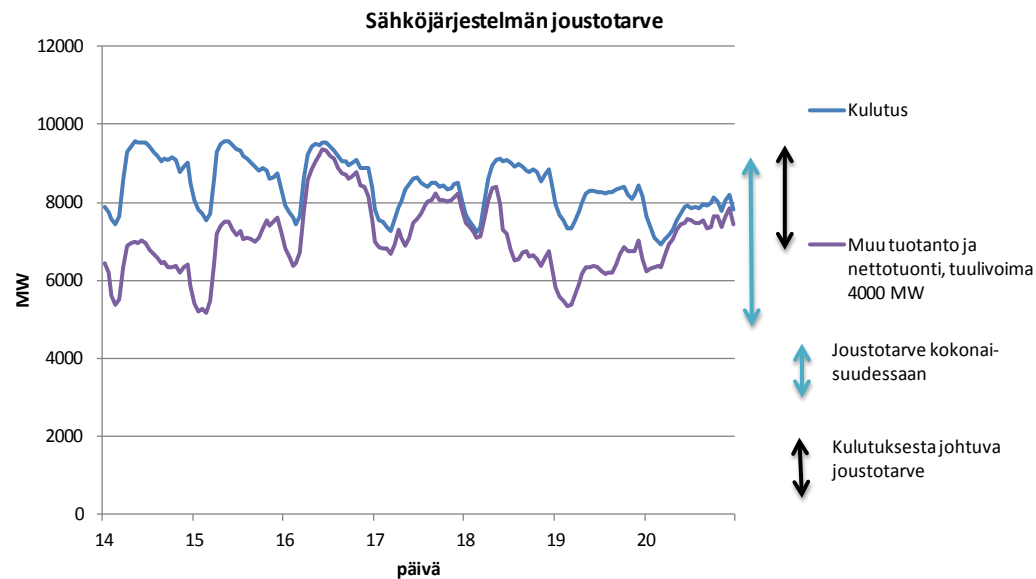
# Mitä on säätövoima/joustava sähköntuotanto ?



Vuorokausisäädön tarve viikolla 5 vuonna 2010. (Kemijoki Oy 2012)



**Energiateollisuus**



*Esimerkki: Joustotarve 4000 MW tuulivoimakapasiteetilla, perustuu viikon 14-20.5.2012 kulutukseen ja tuulisuuden vaihteluihin*



# Säätöön liittyvät käsitteet

- **Viikon sisäinen säätö**
  - tarvitaan vuorokausien välisen tuotannon ja kulutuksen vaihtelun tasapainottamisessa
  - säädössä hyödynnetään pohjoismaisia sähkömarkkinoita (spot-markkinat), vastuu markkinaosapuolilla
- **Vuorokausisäätö**
  - hyödynnetään tuntien välisen tuotannon ja kulutuksen vaihtelun tasapainottamisessa
  - säädössä hyödynnetään spot-markkinan lisäksi tasesähkömarkkinoita, vastuu markkinaosapuolilla
- **Tunnin sisäinen säätö**
  - tarvitaan kunkin, meneillään olevan tunnin sisäisen tuotannon ja kulutuksen vaihtelun tasapainottamiseen
  - säädössä hyödynnetään säätömarkkinoita ja reservejä, vastuu kantaverkkoyhtiöllä

# Selvitetyt vaihtoehdot tarjoavat erilaisia mahdollisuuksia

## Sähköntuotanto

- **Vesivoima** - edullisinta ja teknisesti parasta erityisesti tunnin sisäiseen säätöön
- **Kaukolämpölaitokset** - lämpöakkujen lisärakentamisen avulla saatavissa lisää säätövoimakapasiteettia
- **Lauhdevoimalaitokset** - Uusien hiilivoimalaitosten säätöominaisuuksia ollaan parhaillaan kehittämässä mm. minimitehon osalta. Myös vanhoja laitoksia on mahdollista muuntaa paremmin säätökäyttöön sopiviksi ja biopolttoaineita hyödyntäviksi
- **Dieselmoottorit** - soveltunevat parhaiten pieneen huipputehon tuotantoon liitettynä kaukolämpöverkkoihin.
- **Ydinvoima** - säätökäyttö teknisesti mahdollista, muttei mielekästä talouden, ympäristön eikä ydinturvallisuuden kannalta
- **Tuulivoima** - säätökäyttö vaatii tuotannon rajoittamista
- **Pumppuvoima** - soveltuvuus Suomeen vaatii lisäselvityksiä

**Kysyntäjousto** - potentiaalia on runsaasti, roolin kasvu edellyttää sähkön hinnan vaihtelun kasvua ja sähkönkuluttajien aktivointia

**Varastointi** - laajamittainen varastointi on vielä kehitysasteella, potentiaalia on runsaasti

# Suomen sähköntuotantokapasiteetti vuonna 2012 ja arvioidut muutokset

Tuotantomuoto	nykyinen tilanne		tilanne 2030	
	perusvoima MW	säätövoima MW	perusvoima MW	säätövoima MW
Ydinvoima	2 660	-	4000 – 6000	-
Teollisuus-chp	3 300	500	vähenee hieman	ennallaan
Kaukolämpö-chp	4 400	1 000 – 3 000*	vähenee hieman	ennallaan
Lauhde	-	3 300	-	vähenee
Vesivoima	3 100	2 000 *	3 300 -3 370	2 200 – 2 270
Kaasuturbiinit	-	780 + 300	-	kasvaa?
Tuulivoima	220	-	4 000	-
Tuonti				
<i>Venäjä</i>	1 000	-	loppuu?	-
<i>Ruotsi</i>		1 500		vähenee

\*käytettävissä oleva kapasiteetti vaihtelee mm. sään, lämpötilan ja vuodenajan mukaan

# Selvityksessä arvioitu tuotannonvaihtelu ja siitä aiheutuva säädön tarve 2030

- Esitettävät luvut perustuvat tarkasteltuihin esimerkkiviikkoihin, eikä niiden siten voida olettaa kuvaavan keskimääräistä tilannetta tai ääritilanteita, joita esiintyy harvoin.

<b>Tuulivoimakapasiteetti, MW</b>	<b>212</b>	<b>2400</b>	<b>3600</b>	<b>4000</b>
Tuotannon maksimaalinen vaihtelu 6h sisällä, MW	93	1056	1584	1760
Tuotannon maksimaalinen vaihtelu 24 h sisällä, MW	153	1728	2592	2880

- Mikäli oletetaan, että tuulivoiman tunnin sisäinen vaihtelu voi olla maksimissaan 16 %, kuten Fingrid oletti omassa arviossaan säätövoiman tarpeesta, muodostuisi tunnin sisäiseksi vaihteluksi oletetuilla tuulivoimakapasiteeteilla:
  - tuulivoimakapasiteetti 2400 MW, tunnin sisäinen vaihtelu 384 MW
  - tuulivoimakapasiteetti 3600 MW, tunnin sisäinen vaihtelu 576 MW
  - tuulivoimakapasiteetti 4000 MW, tunnin sisäinen vaihtelu 640 MW

# Yhteenvertotaulukko tuloksista 1/2

Vaihtoehto	Ominaisuudet			Hinta		Vaikutukset	
	Yksikkökoko /MW	Minimikuorma (%)	Kuormanmuutosnopeus (% / min)	1000 € /MW	€/MWh	CO <sub>2</sub> -päästöt	Työllisyys polttoaine + laitevalmistus
Höyryvoimalaitos	600 - 900	40	3 - 6			ETS***	
Biolauhde				1800	100 – 200 **		suuri
Bioyhteistuotanto				1800	65 – 160 **		suuri
Kombivoimalaitos	60 - 400	40 - 50	4 - 6	700	90 – 170 **	ETS***	pieni
Kaasuturbiini-chp	10 - 300	50	5 - 10	300	115 – 150 **	ETS***	pieni
Moottori	1 - 20	30	25	600			suuri (kotim. valmistus)
Diesel					110-180**		
Kaasu					90– 160**		
Vesivoima	1 - 100	15 - 20	suuri	800 - 4000 *	20 - 50	0	suuri (kotim. rakentamispanos)
Pumppuvoima	kymmenistä useisiin satoihin	5 - 20	suuri	1000 (500 - 3600)	45 – 145 ** (1)	1)	suuri (kotim. rakentamis-
Ydinvoima	1000 - 1600	(15-)30	2,5 - 5	3000 - 4000	40 - 46	0	suuri
Tuulivoima	2 - 5				83,5	0	pieni (jos ulkomainen valmistaja)

\*alaraja tehonnostolle, yläraja uudelle vesivoimalle

\*\* säätötuotannossa, käyttöaika 1 500 - 500 h/a

\*\*\* päästökaupan piirissä fossiilisten päästöjen osalta

1) riippuu varastointiin käytettävän sähkön hinnasta, hyötysuhdetappio



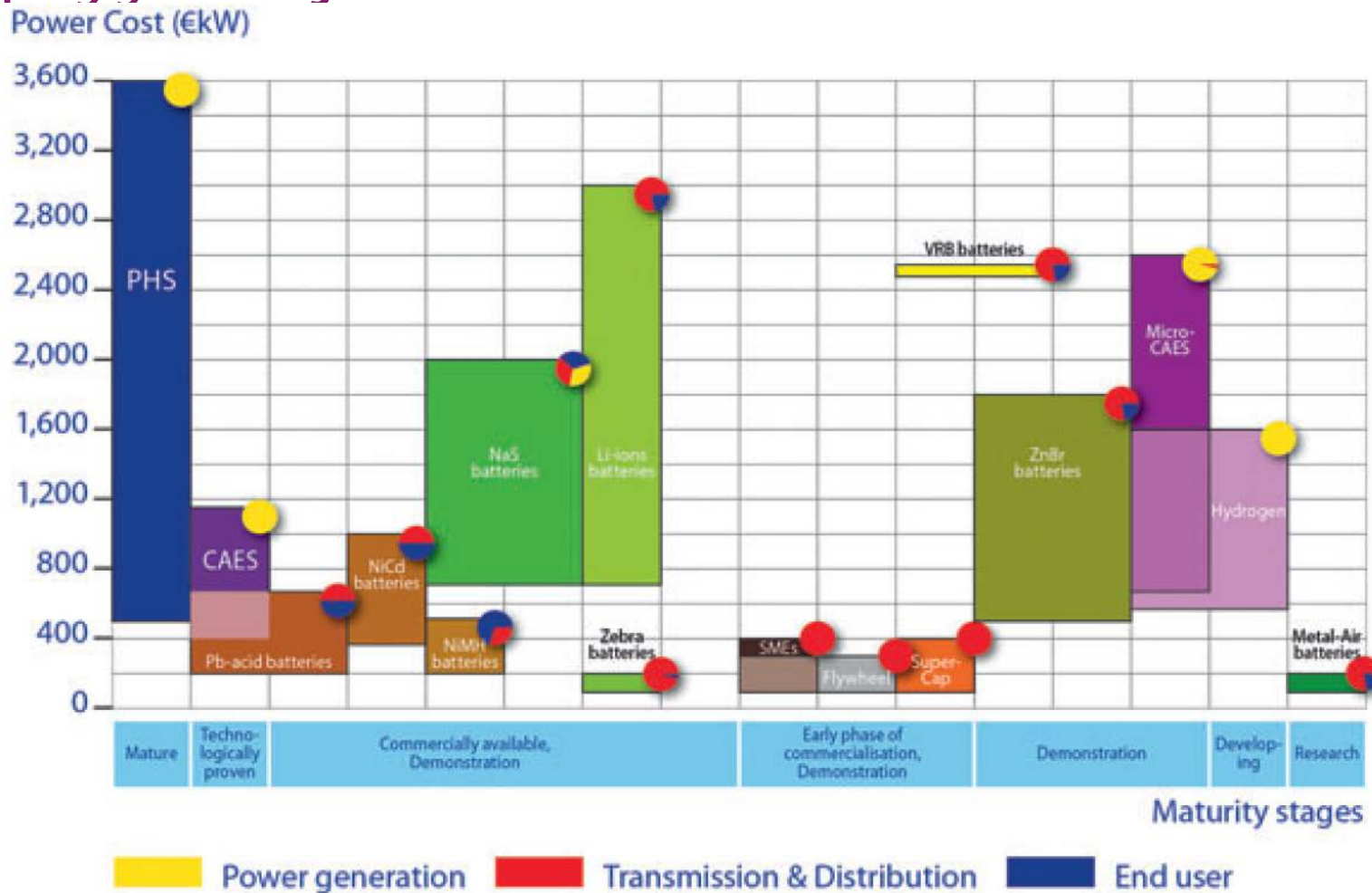
# Yhteenvetotaulukko tuloksista 2/2

Vaihtoehto	Ominaisuudet			Hinta		Vaikutukset	
	Yksikkökoko /MW	Minimikuorma (%)	Kuormanmuutosnopeus (% / min)	1000 € /MW	€/MWh	CO <sub>2</sub> -päästöt	Työllisyys polttoaine + laitevalmistus
Akut	kilowateista kymmeneen megawatteihin			200 – 2000 +	2)	3)	
CAES	kymmeniä megawatteja			400 - 1200	2)	3)	
Suprajohtavat kelat	megawattiluokkaa			300 - 400	2)	3)	
Superkondensaattorit	kymmeniä – satoja kilowatteja			100 - 400	2)	3)	
Vauhtipyörä	kymmenistä kilowateista megawatteihin			200	2)	3)	
Kesyntäjousto			suuri	pieni	?	vähenee	
teollisuus	500 – 1000	-				...	
kotitaloudet	600 - 1200	-				ennallaan	

2) riippuu varastointiin käytettävän sähkön hinnasta, hyötysuhdetappio lisättävä

3) riippuu varastointiin käytettävän sähkön tuotantotavasta, hyötysuhdetappio lisättävä

# Sähkön varastointitekniologioiden teknisiä kypsyyskysymyksiä ja kustannuksia



Source: JRC