

Turvatuuli hankkeen opintojakso: Merituulivoiman erityiskysymyksiä Merituulipuiston sähkönsiirto

Koulutus on rahoitettu Euroopan unionin elpymis- ja palautumistukivälineellä (RRF), joka on EU:n elpymisvälineen (Next Generation EU) suurin ohjelma. Rahoituksen on myöntänyt Jatkuvan oppimisen ja työllisyyden palvelukeskus (Jotpa). Palvelukeskus edistää työikäisten osaamisen kehittämistä ja osaavan työvoiman saatavuutta. Palvelukeskuksen toimintaa ohjaavat opetus- ja kulttuuriministeriö sekä työ- ja elinkeinoministeriö



Rakennusaikaisen melun minimointi



KytKentä mantereelle

- Lyhin matka puistosta mantereelle usein paras vaihtoehto, mutta
- TSO tekniset valmiudet
- Missä sähkö kulutetaan?
 - Kokonaistaloudellisesti edullisempi vaihtoehto voi olla vetää kallista merikaapelia enemmän, mutta pienentää näin tulevia sähkön siirtokustannuksia.



Fingrid utreder var el från havet ska tas i land

• Om vindkraft byggs i havet är det bäst att ta i land sjökablarna i Vasa- och Närpesregionen, enligt stamståmsbolaget Fingrid. Då tas sikte på elstationer i Kristinestad och Korsholm. "Vi har många förfrågningar" säger Laura Ihamäki på Fingrid.

Fingrid utreder var det är lämpligast att ansluta framtida stora havsvindkraftsparker till det nationella stamnätet. Det är stamståmsbolaget som bestämmer till vilken elstation anslutningen ska ske. En preliminär utredning har namngett fem lämpliga områden. Två finns i Österbotten, Vasa och Närpes. De övriga orterna är Brahestad, Ushby utanför Björneborg och Reso. Inga finns också med, men i den regionen finns inga planer på havsvindkraft.

VASA NÄRPE som anslutning för vindkraftsparker antingen i södra Bottniken eller norra Bottniken. Brahestad beskrivs som det mest självklara alternativet för Bottniken. Närpes, Ushby och Reso kan ta emot el producerad i Bottniken. I en del sammanhang nämns Vasa och Närpes. Andra med tillägget -regionen. Och i själva verket ska man räkna blickarna mot grannkommunerna. Anslutningen ska nämligen ske till befintliga elstationer.

Därmed riktas blickarna mot Fingrids nuvarande elstationer i Kristinestad och i Toby i Korsholm samt framför allt mot den helt nya elstation som ska byggas i Åback i nordöstra delarna av Kristinestad. Åback är en del i Fingrids storprojekt där en helt ny 400 kilovolt kraftledning ska byggas från Kristinestad till Nokia. Den väntas stå klar 2028. Därmed ökar kapaciteten för överföring från Österbotten till södra Finland.

För Österbottens del, Toby, Kristinestad, Åback?
-En bra gissning, säger specialsakkunniga Laura Ihamäki på Fingrid.

Hon betonar att det handlar om preliminära övriken. Detaljerna klarar under bosten. Då får man veta till vilka elstationer Fingrid vill mata in elen från framtida havsvindkraft.

-Vi utgår från det befintliga stamnätet. Det krävs enorma investeringar att bygga på jungfrulig mark, säger Ihamäki.

Det finns förstås också elstationer längre inåt landet, i bland annat Östermark och Storå. Fingrid beräknas under de närmaste tio åren investera fyra miljarder euro i stamnätet, och de för-



Fingrids elstation norr om Kristinestads centrum har byggts ut i flera skeden. En helt ny elstation planeras i Tjock för att svara mot den ökade elproduktionen i Österbotten. FOTO: MATS EKMAN



Bolagen skissar på alternativ för kraftledningar utan att veta vilken elstation som gäller. Det skapar oro helt i onödan, säger Laura Ihamäki vid stamståmsbolaget Fingrid. FOTO: FINGRID

stärkingar som krävs för att klara trycket från havsvindkraft kräver ytterligare 600 miljoner euro. Enligt prognoser kan elförbrukningen fördubblas fram till 2035. Nu är den närmare 80 terawattimmar

"Vi utgår från det befintliga stamnätet. Det krävs enorma investeringar att bygga på jungfrulig mark."
LAURA IHAMÄKI
spécialsakkunnig på Fingrid

En stor del av tillväxten väntas komma från havsvindkraft. Därifrån har Fingrid fått anslutningsförfrågningar på cirka 50 000 megawatt.

I själva verket betylligt mer än så, men då handlar det om överlappningar, där två eller flera bolag konkurrerar om samma område. -Vi har många förfrågningar, säger Ihamäki.

VINDBOLAGEN HAR egentligen inget att säga efter. Saken är nämligen den att stamståmsbolaget Fingrid har sista ordet - och det i ett läge där inte ens första ordet är yttrat.

Fingrid har fortfarande inte bett ut var elen från vindkraft på Forststyrelsens vattenområden i Korsnäs eller Närpes kunde kopplas till stamnätet, än mindre tagit ställning till de projekt som flera bolag skissat på den ekonomiska zonen.

I det senare fallet är det ingen bräddka. En ny lag ska stiftas för vindkraft i den ekonomiska zonen och när den är godkänd kommer de bästa områdena att bjudas ut till tillståndsutgivning i en öppen konkurrensutsättning.

Under 2030-talet bedöms Fingrid ha kapacitet att ansluta omkring fem stora vindkraftsparker till stamnätet.

Det projekt som är längst på väg är Vattenfalls och Forststyrelsens utanför Korsnäs som kan få en effekt på upp till 2 500 megawatt. Forststyrelsen upphandlar projektet Edith utanför Närpes (1 600 megawatt) och Ebba utanför Brahestad-Pyhäiski (1 500 megawatt).

En enskild anslutningspunkt får inte ha en produktionskapacitet på över 1 500 megawatt, så därmed skulle Korsnäs betraktas som två vindkraftsparker.

FINGRID AVVAKTAR med besked, men ändå kryllar det av alternativa sträckningar för nya kraftledningar från planerade vindkraftsparker i havet, också sådana som aldrig kommer att bli verklighet.

Vindbolagen och myndigheterna har presenterat de här för allmänheten som del av pågående miljökonsekvensbedömningar. Bekymrade österbottningar protesterar genom namninsamlingar.

När bolagen inte vet vilken elstation som gäller tar de alla alternativ i betraktande. Därifrån kan det finnas kortor med tio olika sträckningar till olika elstationer. Det är förstärkt att det här skapar oro hos lokalbefolkningen, helt i onödan, säger Laura Ihamäki.

Fingrids nya utredning ska därför ge den helhetsbild som i dag saknas.

Mats Ekman
mats.ekman@vasabladet.fi
06 7848 732



Anni Lassila HS

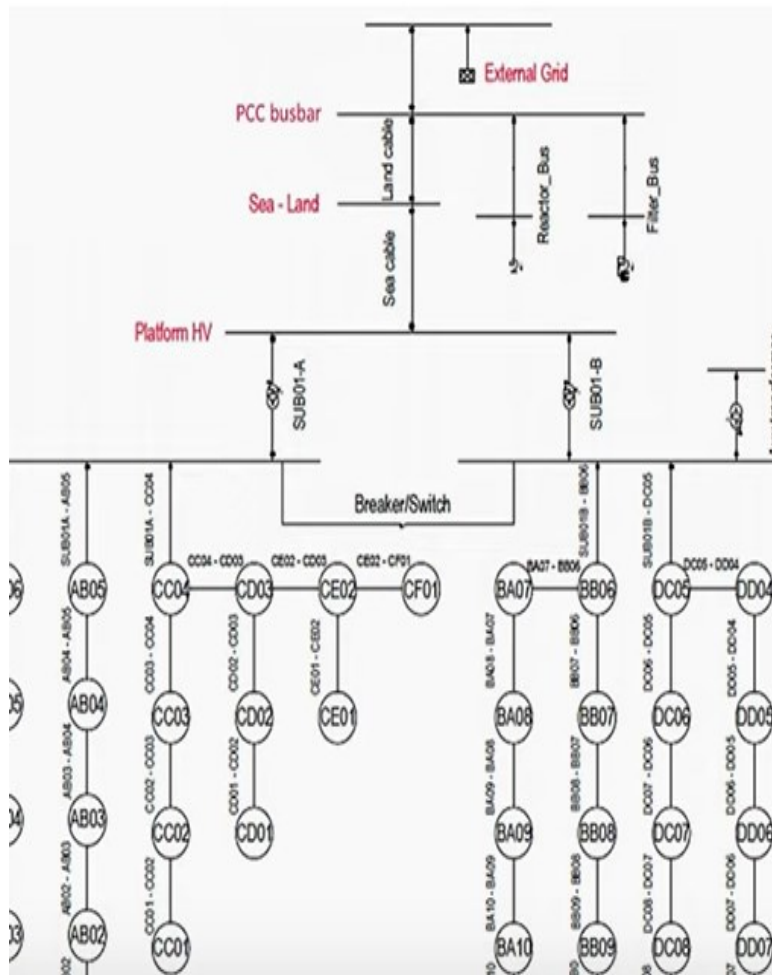
22.6. 20:00

MERITUULIVOIMAN yhtälö näyttää vaikealta. Kantaverkkoyhtiö Fingridiin on tullut merituulivoiman liittymätiedusteluja jo 95 000 megawattia. Uusia verkkoliittymiä on kuitenkin näillä näkymin tarjolla yhteensä vain 6 500 megawattia.

Kantaverkkoyhtiö Fingrid on laatinut kevään aikana suunnitelman siitä, missä kohdissa merituulipuistot voisivat aikanaan liittyä Suomen kantaverkkoon.

Liityntäpisteet olisivat Raision, Ulvilan, Närpiön, Vaasan ja Raahen lähistöllä.

Kantaverkon siirtokyky – tilanne kehittyy



• Kuvalähde:

<https://www.youtube.com/watch?v=G9IBtyp9yC0>

15.20

82%

< Etusivulle

Merituulivoimalle tulisi kuusi liityntäpistettä kantaverkkoon

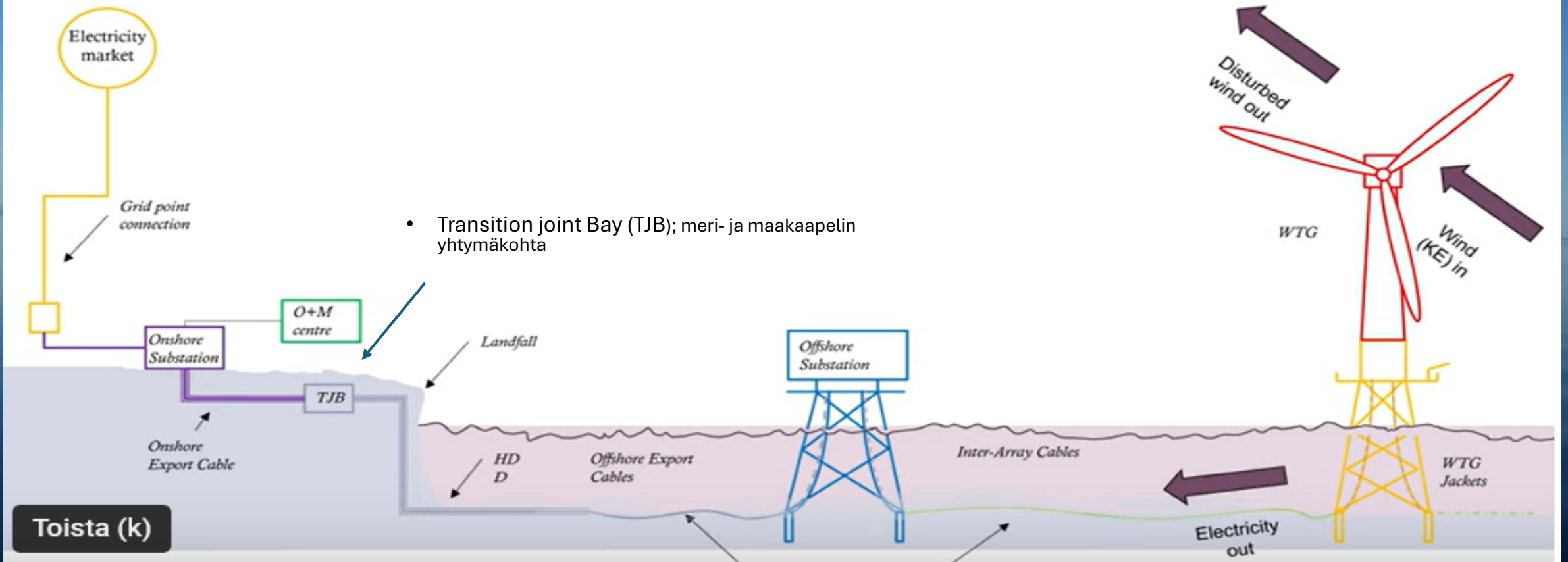


VIIDEN uuden pisteen lisäksi Uudellemaalle Inkooseen voisi liittää ison merituulipuiston vaikka heti, koska rannassa oli aikoinaan Fortumin iso kivihiilivoimala ja verkkoyhteydet ovat siksi olemassa. Puolustusvoimat ei ole kuitenkaan halunnut tuulivoimaa Suomenlahdelle.

”Inkoo olisi hyvä paikka sikäli, että se olisi lähellä Etelä-Suomen suuria sähkön kulutuskohteita”, sanoo strategisen verkkosuunnittelun päällikkö **Mikko Heikkilä** Fingridistä.

Puiston verkkoliityntä

SCHEMATIC OF A WIND FARM (RECAP)



Jännitetason nostaminen 33kV 66 kV pienentää siirtohäviöitä, mutta lisää kuluja ja tilantarvetta.

Puiston sisäinen kaapelointi vähintään metrin syvyyteen

puistohäviöiden minimointi, WTG etäisyyksien kasvattaminen

versus

Kaapeloinnin tarpeen minimointi; etäisyyksien lyhentäminen (suunnitteluohjelman algoritmit)

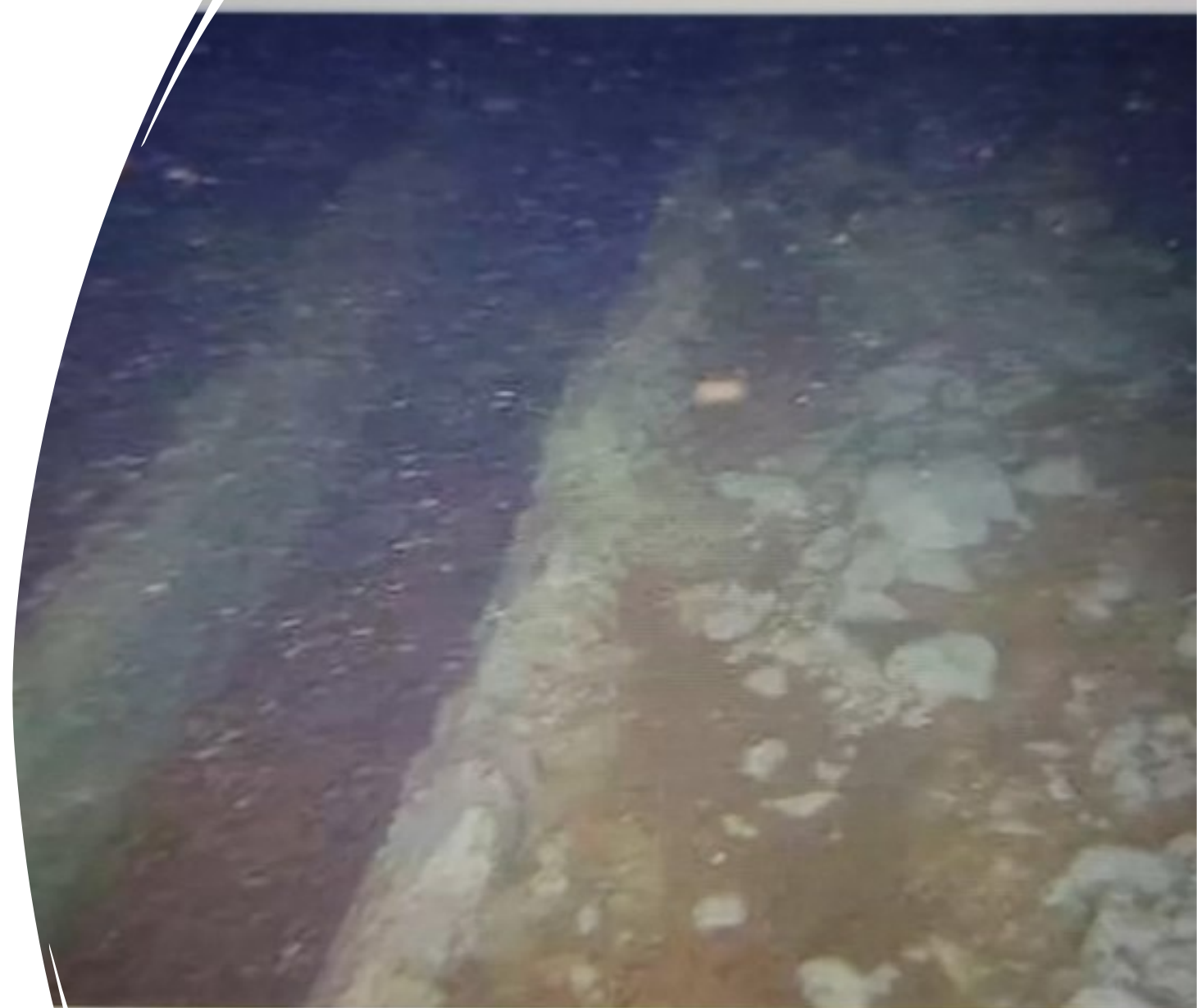
Puiston Kaapelointi



Kuvalähde: <https://www.cbnme.com/news/rosatom-to-support-new-container-transportation-service-between-china-and-russia-via-the-northern-sea-route/>

Kaapelikaivanto

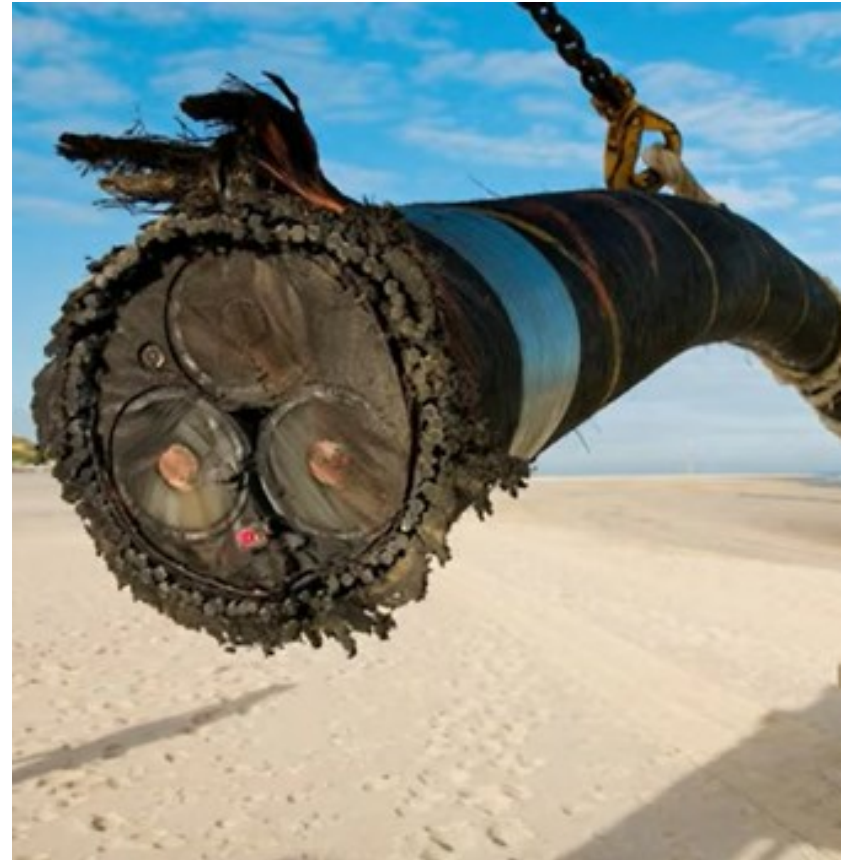
- Kaapelit lämpenevät ja lämpö siirtyy kaapelikaivannon hiekkaan ja meriveteen, kaapeleissa lämpötila-anturit.
- Kaapelin ulkohalkaisija 10-15 cm, kupari tai alumiini johtimena
- Kaapelireittien minimointi ja Kaapeloinnin ristikkäisyyttä vältetään



tui tutkimuksissa selvä raahausjälki, joka jatkui kymmeniä

Kaapeli mantereelle

- Kaapelien tilausvaiheessa hinta on yleensä sidottu kuparin tai alumiinin markkinahintaan
- Kaapelin paino 20-50 kg/m
- Kaapeleissa myös valokuitua datan siirtoon



Kaapeleiden kuljetus



Kuvalähde: Prysmian

Säteinen verkkokaapelointi

Säteinen verkko (String)

- Halvempi toteuttaa, säteet voivat olla pitkiä, sateen päässä riittää pienempi kaapelin koko
- Jos kaapeli vioittuu, koko säde on poissa käytöstä.
- Voimalaitoksen oman käytön sähkön saanti on turvattu jotenkin (diesel generaattori)

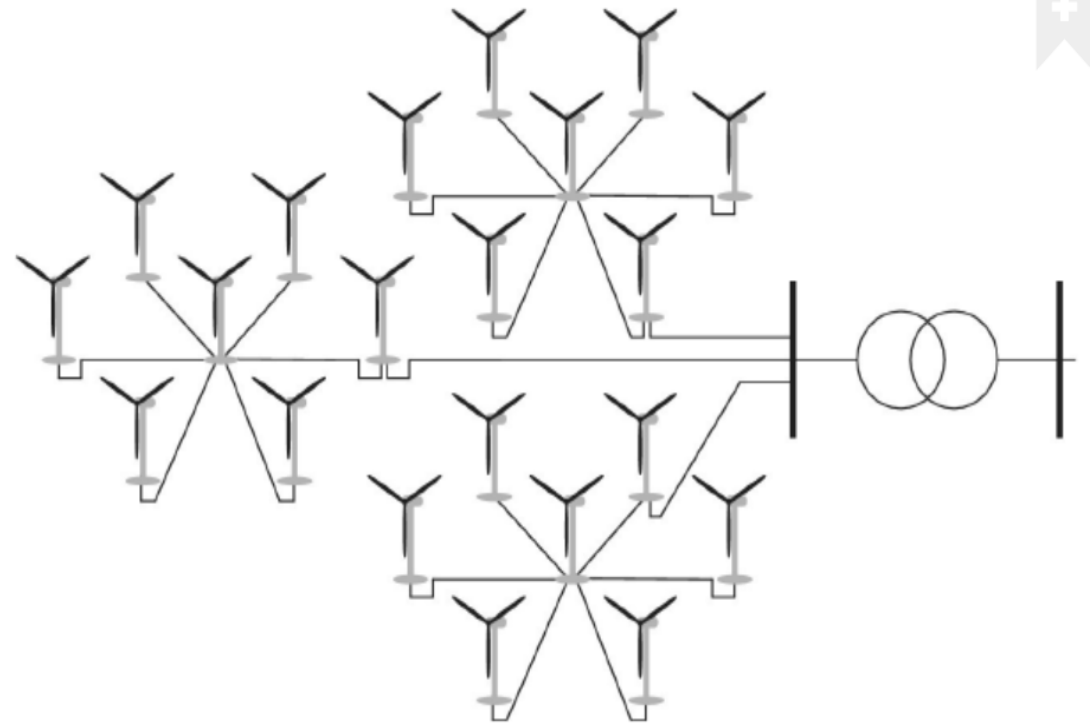
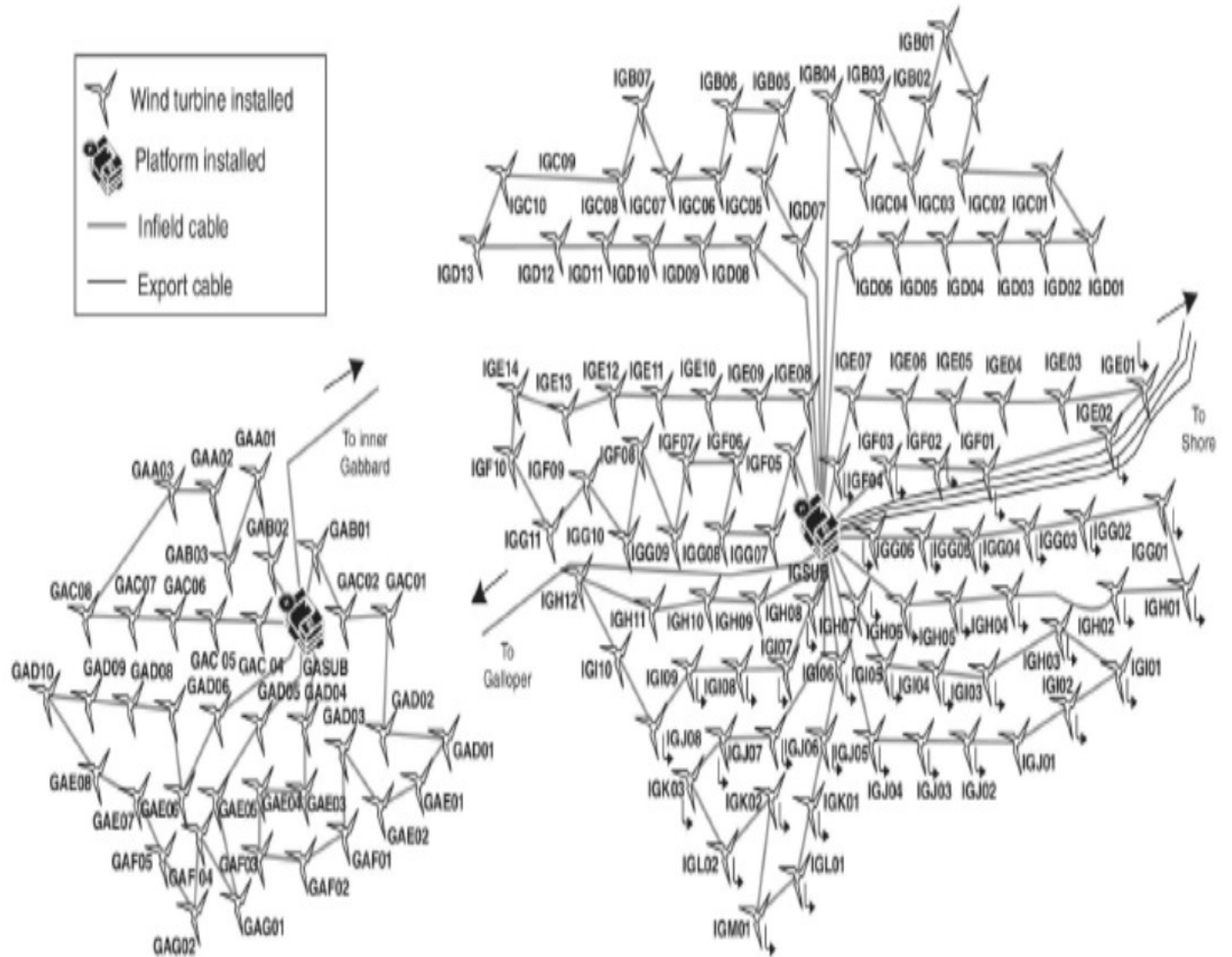


Figure 6.4 Star topology.

Rengasverkko (loop)

- Rengasverkossa ainakin teoriassa on kaksi vaihtoehtoista reittiä ja oman käytön sähkön saanti on turvattu.
- Rengasverkkojen osuus 50%



Avomeri sähköasema (OffShore Substation; OSS)

Yleensä vähintään kaksi erillistä
66kV/220 kV muuntajaa (50 hZ)

Sisältää myös kaikkea muuta
tarvittavaa (aallon mittaustutka etc.)

Isoissa puistoissa voi sisältää
verstaan ja henkilöstötilat

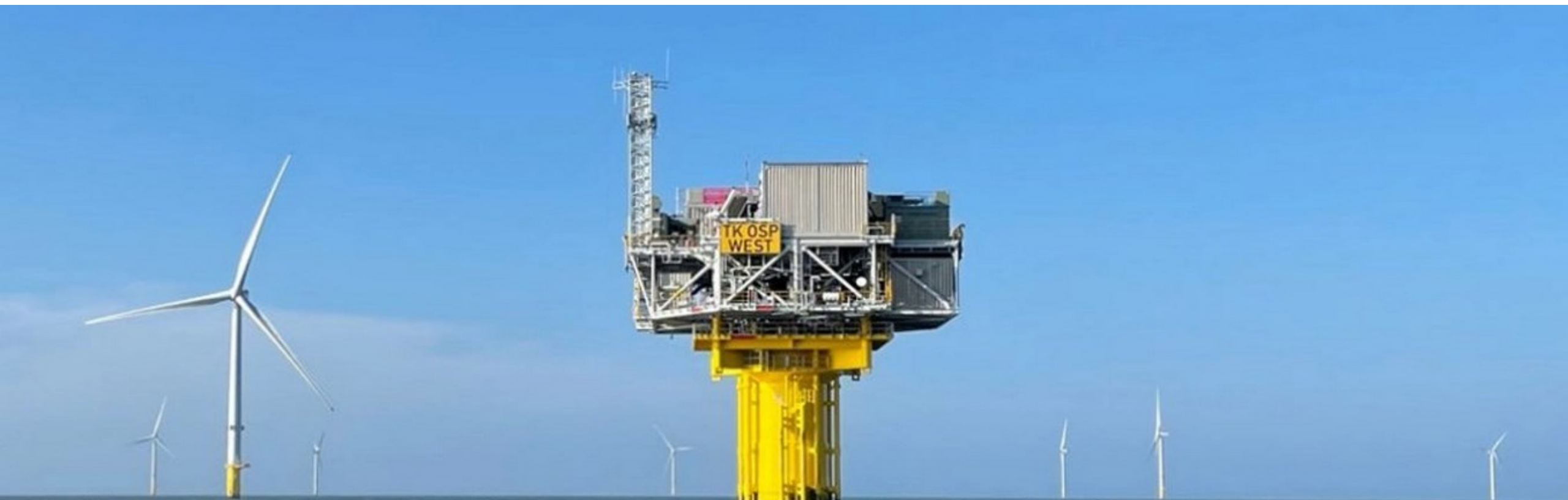
Voi sisältää myös HVDC aseman



Kuvalähde: Alstom

Triton Knoll (2022) wind farm, 90 WTG

Kuvalähde.
<https://www.arup.com/projects/etepco-offshore-transmission-owner-ofto/>



Sähköasema maissa

- Muuntajat, kj- kytkimet...
- Valvomo
- Varasto
- Tekninen tila
- Laitteistot harmonisten (harmonic filters) yliaaltojen ja loistehon hallintaan verkkovaatimusten (grid code) täyttämiseen (esim. STATCOM)

Kuvalähde: [Industrial Sector: Offshore Wind Farm - Onshore Substation - LAM Associates](#)



Kytkimet sähkön siirrossa

- Kytкимиä on yleensä 4-6 WTG ja sähköverkon liityntäpisteen välissä.
- Kytkimet on eristetty sulfur hexafluoride (SF6) kaasulla, joka on todella merkittävä ilmastokaasu (23 000 pahempi kuin CO2), noin prosentin vuosittain vuoto, mutta merkitys vähäinen.



Kuvalähde: HITACHI-ABB power grid website just for show (72.5 kV PASS M00-Wind hybrid switchgear)

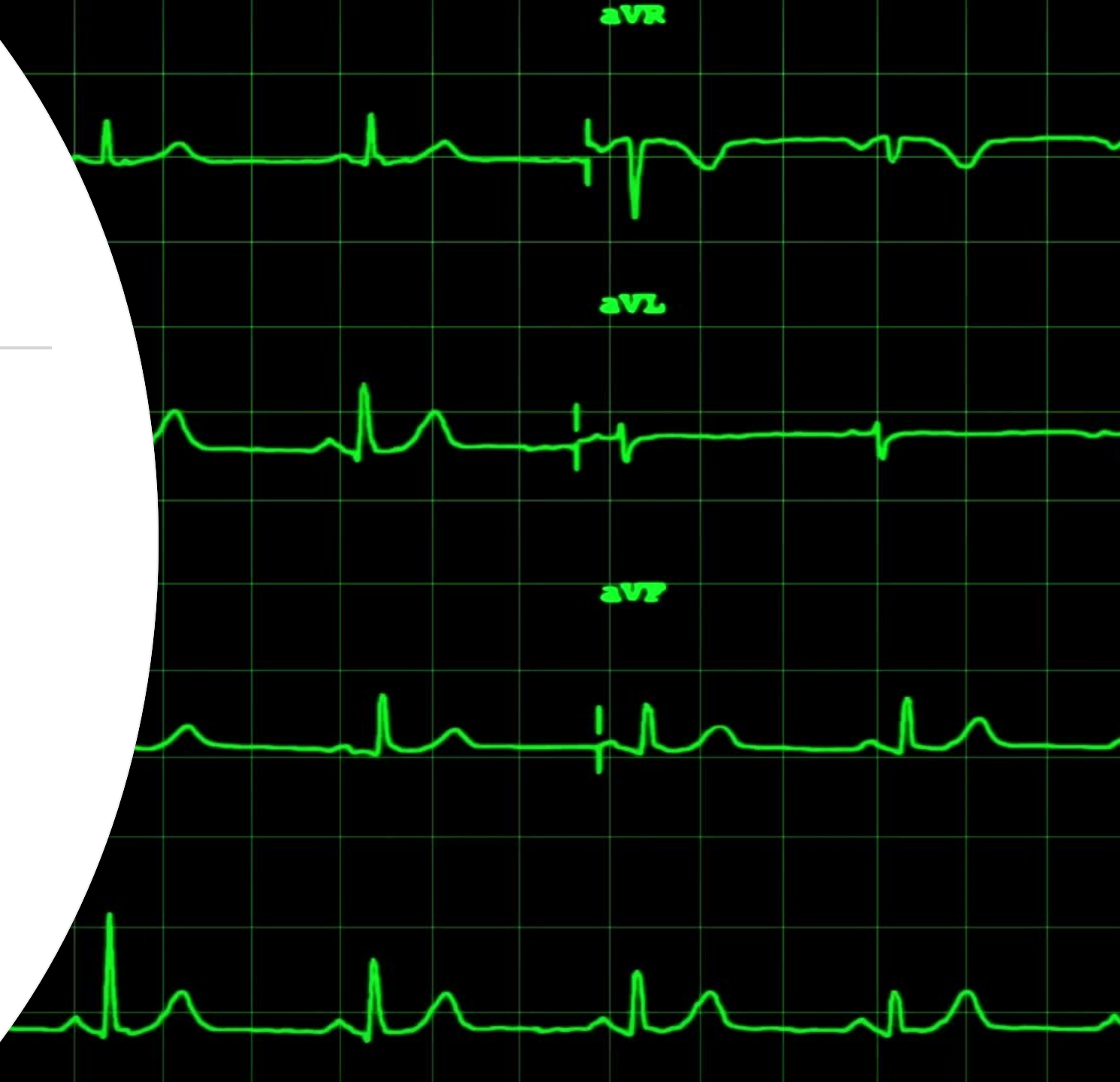
Valvontajärjestelmät



- Korkeajänniteverkko
- Tuulivoimalan oma
- Tuulipuiston kokonaisuus
- Oheislaitteiden valvontajärjestelmät
- Tietoliikenneyhteyksien valvontajärjestelmät
- Yleensä SCADA yhteys voimalaitosvalmistajaan

Suurjännitteinen vaihtosähkö (HVAC)

- Yleisin n. vuoteen 2010 asti
- Haasteita kaapeleiden merivedenkestävyydessä ja sähkön laadussa (esim. Voltage shape).
- Kasvattaa siirtohäviöitä ja vähentää päätötehon siirtoa sekä kasvattaa loistehon tarvetta (loistehon kompensatioyksiköt kalliita, static VARcompensators (SVCs) or static synchronous compensators (STATCOMs))



Puiston sähköasemalta (OSS) maissa olevalle sähköasemalle

- Jännitetason nostaminen jo merellä (OSS)
33/66kV → 110-400kV
- Sekä merituulivoiman että maissa olevan
sähköverkon häiriöt välittyvät toiselle
osapuolelle

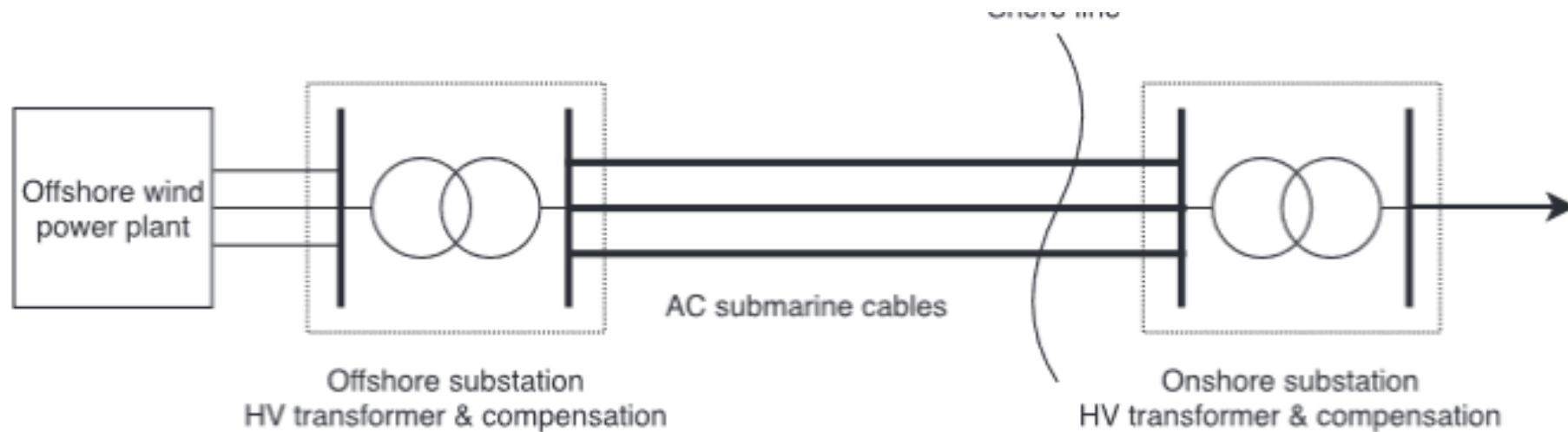


Figure 4. Offshore wind power plant high voltage alternating current (HVAC) transmission system.

High Voltage DC (High voltage direct current (HVDC))

- Mitä pidempi etäisyys rannikkoon sitä kilpailukyisempi vaihtoehto
- Terminaaliasemien kustannus
- Puiston sisäinen verkko kokonaan DC, meriterminaalin tarve?

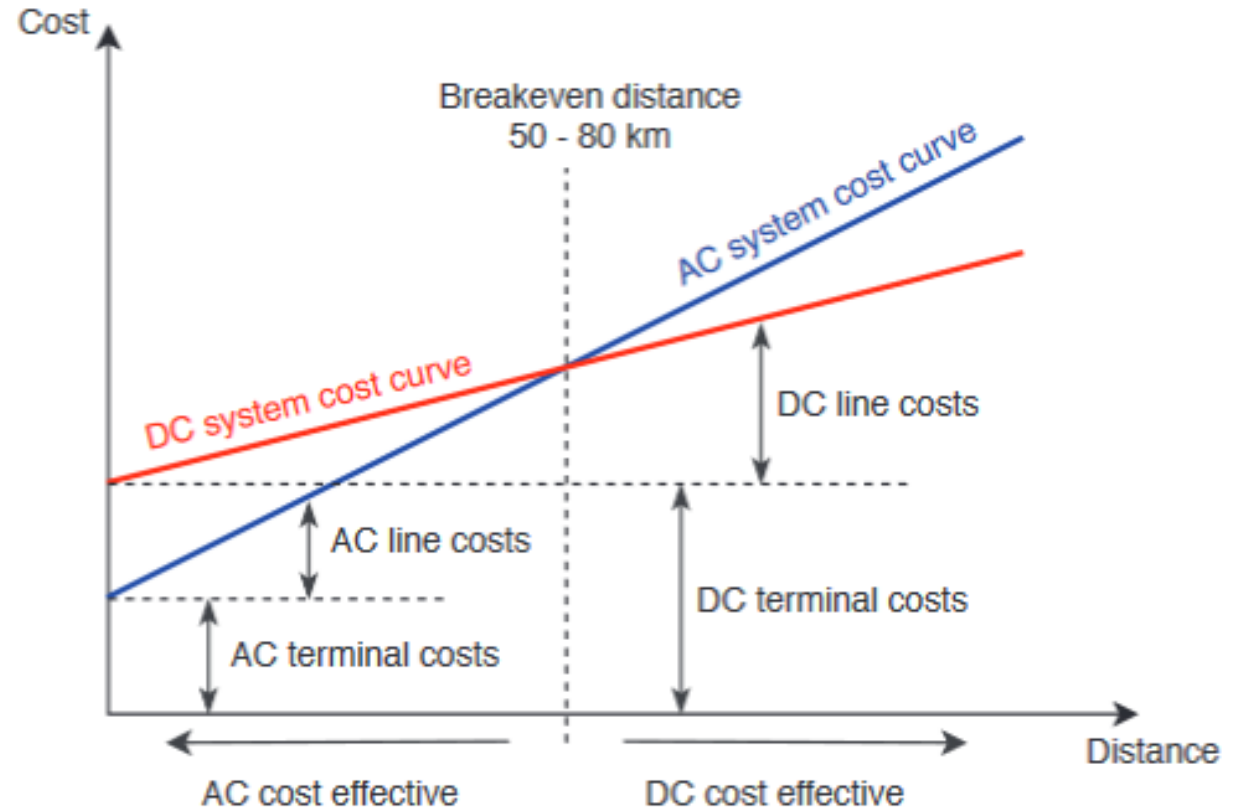


Figure 5. AC and DC system costs based on the transmission distances.

High Voltage DC tehomuokkaimet

- Line-commutated converters (LCCs)
- based on thyristors and voltage-source converters (VSCs) based on insulated gate bipolar transistors(IGBTs)
- Ei konsensusta kumpi teknologia on parempi, molemmissa omat vahvuutensa

Table 2. Comparison between line-commutated converter (LCC) and voltage-source converter (VSC) HVDC technologies.

Technology	LCCs	VSCs
Semiconductor	Thyristor	IGBT
Control	Turn on	Turn on/off
Power control	Active	Active & Reactive
AC filters	Yes	No
Blackstart capability	No	Yes

Shore line
\
→



Tulevaisuus

- Kelluvat voimalat yleistyvät
- Jaetut avomerasemat (OSS) puistojen välillä
- BESS ratkaisut yleistyvät (inertia, FFR)
- Vedyllä merkittävä rooli tavalla tai toisella



Yhteenveto

- HVDC yleistyvät siirrossa ja hybridiratkaisut (maiden välinen siirtoyhteys + puisto)
- Turbiinikoko kasvaa edelleen
- Jännitetasot kasvavat edelleen
- DC ratkaisu suoraan voimalasta?



Kiitos!

Ossi Koskinen
Yliopettaja,

Ossi.koskinen@turkuamk.fi