

ESISELVITYS

AURINKOVOIMALA HELSINGIN KAUPUNGIN ÖSTERSUNDOMIIN

2012

Eriksson Arkkitehdit Oy: *Patrick Eriksson, Anniina Korkeamäki, Satu Lavinen*

Aurinkoteknillinen yhdistys: *Christer Nyman*

NAPS systems Oy: *Mikko Juntunen*

1. TIIVISTELMÄ

Tässä esiselvityksessä tutkitaan aurinkopaneelisiin perustuvan sähkövoimalan sijoittamista Östersundomiin. Selvityksessä tarkastellaan lähtökohtia: voimalan sijoituspaikkaa, aluetta koskevia suunnitelmia ja tavoitteita sekä paikallisten olosuhteiden asettamia reunaehtoja. Lähtökohtien vastaparina tarkastellaan puolestaan voimalasuunnitelman vaikutuksia lähiympäristöönsä, ennen kaikkea kaupunkikuvaan ja siihen, mitkä ovat toimivan aurinkosähkövoimalan edellytykset maankäytölle.

Selvityksessä arvioidaan myös voimalan tuotantopotentiaalia ja tuotetun sähkön riittävyyttä alueen tulevien asukkaiden tarpeisiin. Tuotantopotentiaalin arviointi perustuu voimala-alueelle sijoitettujen paneelien pinta-alaan ja vuotuisen auringon säteilysummaan. Koska erilaisia kotitalouksia ja elämäntyyplejä on paljon, käytettiin sähkönkulutuksen/-riittävyyden arvioinnissa muutamaa esimerkkikotitaloutta.

Aurinkovoimalalle varatun alueen pinta-ala on 43,6 ha.

Paneeleille varattu pinta-ala on 40,2 ha.

Voimalan nimellisteho on 27 MW ja energian vuosituotto 22 GWh.

tämän päivän vakiomuotoisilla, piipohjaisilla aurinkopaneeleilla.

Tulevaisuudessa voimala voi laajeta mm. kattamalla moottoritie ja/tai kytkemällä alueen rakennukset osaksi voimalaa. **Tämä voi jopa kuusinkertaistaa tehon ja vuosituoton nykYTEKNIKALLAKIN. Jatkossa myös järjestelmien parempi hyötysuhde tehostaa voimalan tuottoa.** Voimalan yhteydessä voi tulla kyseeseen tavanomaisen sähköaseman lisäksi myös sähkövarasto, siis eräänlainen jättiakku, mikäli kesällä kertynyttä ylimääräistä sähköä halutaan käyttää muina vuodenaikoina energiaomavaraisuuden parantamiseksi. Taloudellisesti kannattavaa akkuratkaisua ei vielä ole olemassa, mutta akku on esitetty tässä tulevaisuuden optiona.

Työryhmän keskeinen sanoma on: Aurinkovoimala voi olla hauska, kiehtova ja kiinnostava kohde läheltä ja kaukaa saapuville vierailijoille. Se on meluton, päästötön ja turvallinen voimalaitos. Siksi sitä voi katsoa läheltäkin. Siksi se ansaitsee näyttävän muodon, eikä sitä pidä piilottaa aidatulle teollisuusalueelle. Piilossa tai näytillä, voimalalla on vaikutus paikan luonnonoloihin, kuten millä tahansa rakentamisella. Vastuullinen maankäyttö on tärkeää myös aurinkosähkön kohdalla. Selvityksessä on esitelty aurinkosähkövoimaloiden tunnettuja ympäristövaikutuksia sekä keinoja vaikutusten ennaltaehkäisemiseksi ja minimoimiseksi.

Analyysin lisäksi voimalan yhteyteen ehdotetaan lukuisia toimintoja rikastuttamaan tulevien Östersundomilaisien elämää. Voimalan yhteyteen ehdotetaan ”mini-Heurekaa”, infokeskusta, joka kertoo energian synnystä ja jakelusta. Aurinkovoimala voi olla Östersundomin portti moottoritieltä saapuville, ylpeyden aihe asukkaille ja houkutteleva naapuri pienyrityksille ja osaajille, jotka keskittyvät pohjoisten olosuhteiden aurinkoteknologiaan.

Työryhmässä olivat Eriksson Arkkitehdeilta *Patrick Eriksson, Arja Sippola, Matias Celayes, Kaisa Junkkonen, Anniina Korkeamäki, Satu Lavinen, Ebba Michelsson, Julio Orduna-Sanchez* sekä *Emma Grönholm*. Aalto-yliopistosta osallistuivat *Peter Lund, Jukka Paatero ja Kari Alanne*. Aurinkoteknisestä yhdistyksestä mukana oli *Christer Nyman* ja NAPS Systems Oy:stä *Mikko Juntunen*. Työryhmää ohjasivat tilaajan puolelta Helsingin Kaupunkisuunnitteluviraston Östersundom-projektin *Matti Visanti, Mika Heikkilä, Kari Mukala* sekä *Sakari Pulkkinen*, Helsingin kaupungin talous- ja suunnittelukeskuksesta Östersundomin aluerakentamisprojektin johtaja *Ari Karjalainen*. Työn tekijät haluavat esittää kiitokset ohjaajille aktiivisesta osallistumisesta työn eri vaiheissa. Kiitokset myös Helsingin Energian *Jouni Kivirinteelle ja Jari Lintuvuorelle* ja Etelä-Suomen Energian *Osmo Auviselle* sähkönjakeluun ja sähköasemiin liittyvistä tiedoista.

2. JOHDANTO

Useiden vuosikymmenien ajan kestäväen kehityksen ja ekologisen rakentamisen keskiössä ovat olleet energiakysymykset. Eli pyritään rakentamaan taloudellista ja kestävää ympäristöä. Energia liittyy kaikkeen ihmisen toimintaan. Erityistä huolta on tunnettu ilmastonmuutoksesta, joka aiheutuu energian käytön ja tuotannon vaikutuksesta ilmakehään. Ilmeistä on, että jatkuva fossiilisten polttoaineiden käyttö johtaa suuriin mullistuksiin ilmasto-olosuhteissa. Ilmeistä on myös, että tehokkain ratkaisu tähän ongelmaan olisi lopettaa fossiilisten polttoaineiden tuotanto tänään poliittisella päätöksellä. Ilmeistä on myös, että tällaista päätöstä ei voi tehdä. Ratkaisuksi jää korvaavan ja hinnaltaan kilpailukelpoisen energialähteen kehittäminen ennen kuin kaikki öljy- ja kivihiilivarannot on kaivettu ja siirretty maapallon ilmakehään.

Tällainen energialähde on ydinvoima ja erityisesti fuusioydinvoima, jolla ei ole nykyisin käytössä olevien ydinreaktoreiden huonoja ominaisuuksia. Ainoa tunnettu vaaraton toiminnassa oleva fuusioydinvoimala on aurinko. Haitallinen ilmastonmuutos voidaan torjua kehittämällä tekniikkaa, jolla auringon maapallolle säteilevää energiaa muutetaan ihmiselle nykyistäkin käyttökelpoisempiin muotoihin. Vesivoima on tällainen aurinkoenergian muoto, mutta sen valjastaminen sähkön tuotantoon on jo pääosin tehty. Tuulivoima on myös käyttökelpoinen aurinkoenergian muoto ja sen käyttö on yleistymässä nopeaa vauhtia. Aurinkosähkön tuotanto ja varastointi suoraan, ilman vettä ja ilmaa, on sen sijaan vasta kehityksensä alkutaipaleella.

Aurinkosähkön suhteen suomalaisella tutkimuksella voisi olla paljon annettavaa myös maailmanlaajuisesti, koska Suomi sijaitsee suhteessa aurinkoon eri tavoin kuin useimmat muut asutut maat. Meillä on intressi tehostaa tuotantotekniikkaa valoisan kesämme johdosta ja meillä on intressi kehittää aurinkosähkön varastointia pitkän pimeän talvemme johdosta. Tätä kehitystyötä varten tarvitsemme pilottiprojekteja. Östersundomin alue on kooltaan sellainen, että aurinkoenergian tutkiminen monessa roolissa on sen puitteissa mahdollinen.

Tarkoituksena on, että Östersundomin alue profiloituu aurinkosähkön (ja lisäksi muunkin suoran aurinkoenergian hyödyntämisen koe- ja testialueeksi. Aurinkoenergian tuotanto-, varastointi- ja käyttötapoja pyritään selvittämään monipuolisesti. Aurinkosähköä tutkitaan sekä hajautetussa että keskitetyssä muodossa. Siksi Östersundomin yleiskaavassa varaudutaan mahdollisuuteen rakentaa aurinkosähkövoimala Porvoonväylän pohjoispuolelle. Alueen pituus on runsaat noin 3,5 kilometriä ja pinta-ala runsaat 40 ha. Aurinkosähkön tuotanto vaatii suuria pinta-aloja, joten sen mittakaava on helposti samaa suuruusluokkaa moottoritieympäristön kanssa.

Helsingin kaupunkisuunnitteluvirasto on tilannut tämän esiselvityksen Eriksson Arkkitehdit Oy:ltä osana yleiskaavan laatimiseen liittyvää materiaalia. Tarkoitus on havainnollisesti selvittää Östersundomin paikallisilmastoon ja tähän maantieteelliseen paikkaan liittyviä erityiskysymyksiä keskitetyn aurinkosähkön tuottamisen kannalta. Lisäksi työ voi hyödyttää Östersundomin energiaratkaisuja, mutta se ei ole kuitenkaan työn päätarkoitus. Tärkeimmässä on suomalaisen osaamisen edistäminen ilmastonmuutoskysymyksen ratkaisuisissa.

Helsingissä, 30.11.2012.

Matti Visanti

3. TAUSTATIETOJA

3.1 ILMASTONMUUTOS

Maapallon ilmasto on muuttumassa. Ilmastonmuutoksen myötä maapallon keskilämpötila nousee ja jää- ja lumipeitteet hupenevat. Myös merenpinta nousee ja sään ääri-ilmiöt yleistyvät. Lämpenemisen taustalla on pääosin maapallon kasvihuoneilmiön voimistuminen. Ihmisen toiminta on lisännyt hiilidioksidin ja muiden kasvihuonekaasujen määrää ilmakehässä.

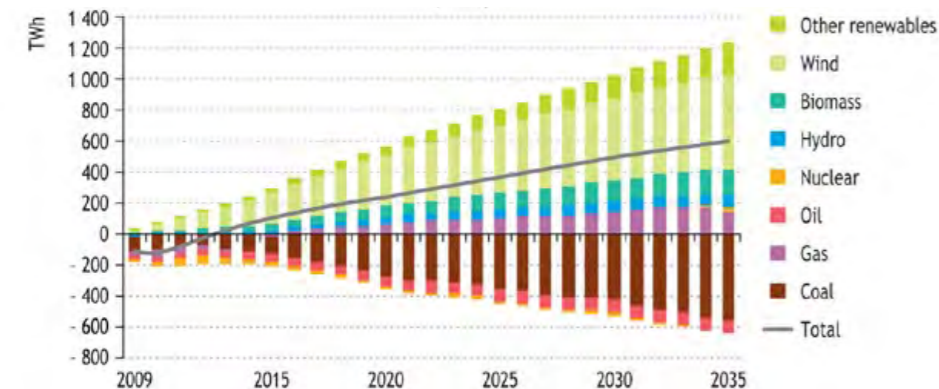
Ilmastonmuutoksen täydellinen pysäyttäminen on mahdotonta. Monet ihmisen toiminnasta syntyvät kasvihuonekaasut säilyvät ilmakehässä satoja vuosia. Ne lämmittävät ilmastoa, vaikka uusien päästöjen tuottaminen lopetettaisiin välittömästi. Ilmastonmuutosta voidaan kuitenkin periaatteessa hidastaa niin paljon, etteivät ympäristölle ja ihmisille aiheutuvat vahingot ole ylitseväsemättömiä. Ilmastonmuutos vaikuttaa poliittisiin linjauksiin paikallisella, kansallisella ja kansainvälisellä tasolla.

3.1.1 EU:n ilmastotavoitteet

EU hyväksyi vuonna 2008 ilmasto- ja energiapaketin, missä määritellään EU- ja jäsenmaakohtaiset tavoitteet. Vuoteen 2020 mennessä EU-alueella tulisi saavuttaa:

- 20 % vähennys kasvihuonekaasupäästöihin (vertailukohtana vuoden 1990 taso)
- 20 % lisäys energiatehokkuuteen
- 20 % lisäys uusiutuvien energialähteiden käyttöön

Suomen tavoite on nostaa uusiutuvien energialähteiden käyttö 38 %:iin v. 2020 mennessä (Korteniemi 2012).



Sähköntuotannon muutokset EU:ssa tuotantotavoittain jaoteltuna, vertailukohtana vuosi 2008. New Policies -skenaariossa globaalin energiankulutuksen oletetaan kasvavan 35% vuosina 2008-2035. Skenaariossa oletetaan, että eri maiden hallitukset ottavat käyttöön uusia, jokseenkin varovaisia keinoja pyrkiessään saavuttamaan jo julkistettuja sitoumuksia. (IEA 2010, 79-81, 234)

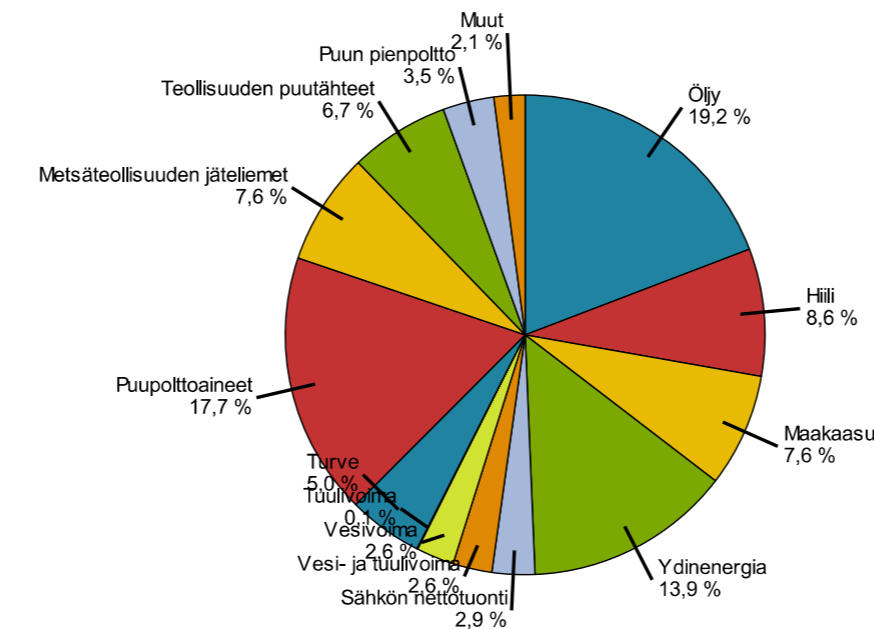
3.1.2 Energiapolitiikka Suomessa

Työ- ja elinkeinoministeriö (TEM) vastaa Suomen yrittäjyyden ja innovaatiotoiminnan toimintaympäristöstä, työmarkkinoiden toimivuudesta ja työntekijöiden työllistymiskyvystä sekä alueiden kehittymisestä. Ministeriön toimialaan kuuluvat mm.

- energiapolitiikka sekä ilmastopolitiikan kansallisen valmistelun ja toimeenpanon yhteensovittaminen
- innovaatio- ja teknologiapolitiikka, yritysten kansainvälistyminen ja tekninen turvallisuus
- alueiden kehittäminen
- markkinoiden toimivuus, kilpailun edistäminen ja kuluttajapolitiikka.

Energiapolitiikalla puututaan "Oy Suomi Ab:n" talouteen yksittäisiä voimaloita laajemmin: TEM:in mukaan nykyisellä energiapaletilla vaihtotase ei kestä öljyn hinnan jatkuvaa nousua. 2011 vaihtotase olisi ollut tasapainossa jos vajaa 1/5 tuontienergiasta olisi korvattu kotimaisella. Eurokriisin yksi opetus on painavampi huomio vaihtotasevajeisiin. Todennäköisesti tuontienergia kallistuu jatkossakin vientituotteitamme nopeammin. Energiapolitiikka ei yksin ratkaise vaihtotasetta mutta ilman sitä on vaikea saada tasetta oikeenomaan. Energia- ja ilmastopoliittisia ohjauskeinoja ovat: päästökauppa, syöttötariffi, energiaverotus, energia- ja investointituet. (Korteniemi, 2012)

Energia- ja investointituet ovat tärkeässä roolissa uusien tekniikoiden kaupallistamisessa ja siten myös Östersundomin aurinkovoimalan kaltaisissa hankkeissa, kun ennakkotapauksia ei ole. Tuet alentavat vähäpäästöisten tekniikoiden markkinoille tulon kynnyksiä. Tavoitteen tulisi tosin olla että tuet voidaan asteittain poistaa, jotta mikään tuotanto ei ole pysyvän tuen varassa. (Haasteista mahdollisuuksia – sähkön ja lämmön hiilineutraali visio vuodelle 2050, 6).



Energian kokonaiskulutus 2011 energialähteittäin. Lähde: Tilastokeskus

Työ- ja elinkeinoministeriö voi hankekohtaisen harkinnan perusteella myöntää yrityksille, kunnille ja muille yhteisöille energiatukea sellaisiin ilmasto- ja ympäristömyönteisiin investointi- ja selvityshankkeisiin, jotka

- edistävät uusiutuvan energian käyttöä
- vähentävät energian tuotannon tai käytön ympäristöhaittoja.

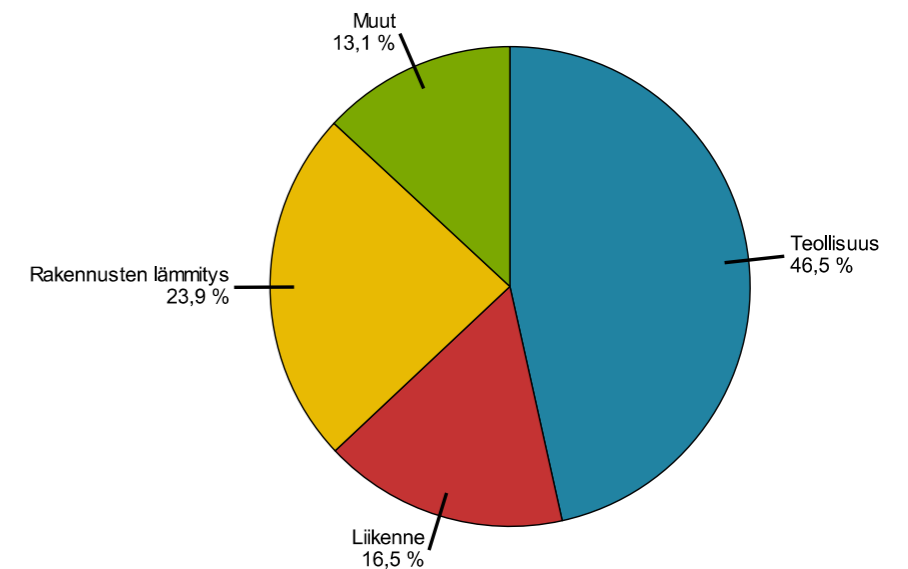
Energiatukea voidaan myöntää myös sellaisiin investointi- ja selvityshankkeisiin, jotka edistävät energiahuollon varmuutta ja monipuolisuutta. Energiatuen myöntämiseen sovelletaan yleislakina valtionavustuslakia (688/2001). (TEM verkkosivu Energiatuet). Energiatuen osuus hyväksyttävistä kustannuksista voi olla energiatuen myöntämisen yleisistä ehdoista annetun valtioneuvoston asetuksen (1313/2007) mukaan enintään:

- energiakatselmuksien, -analyysien ja selvityshankkeiden 40 %
- uusiutuviin energialähteisiin ja energiatehokkuuteen liittyvät investoinnit, uusi teknologia 40 %
- muut energiantuotannon ympäristöhaittoja vähentävät investoinnit 30 %
- energiahuollon varmuutta ja monipuolisuutta edistävät investoinnit 25 %

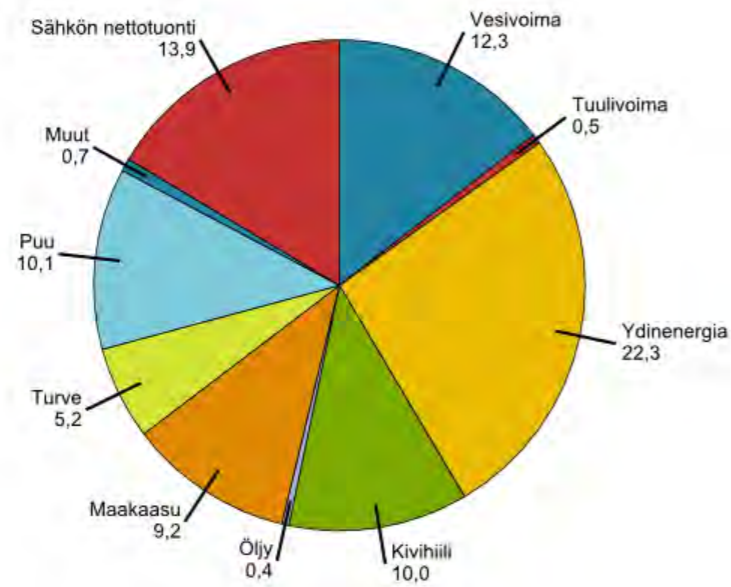
Vuonna 2012 aurinkosähkö- ja aurinkolämpöhankkeiden ohjeelliset tukiprosentit hyväksyttävistä kustannuksista vuodelle 2012 ovat 30 ja 20 %.

3.2 ENERGIANKULUTUS JA PÄÄSTÖT

Energialähteestä riippuen energiatuotanto aiheuttaa vaihtelevan määrän kasvihuonekaasupäästöjä. Päästöt puolestaan kiihdyttävät ilmastonmuutosta. Seuraavat kaksi kaaviota selventävät, mistä lähteistä Suomessa käytetty energia tuotetaan tänä päivänä ja mihin tuotettu energiaa kuluu?



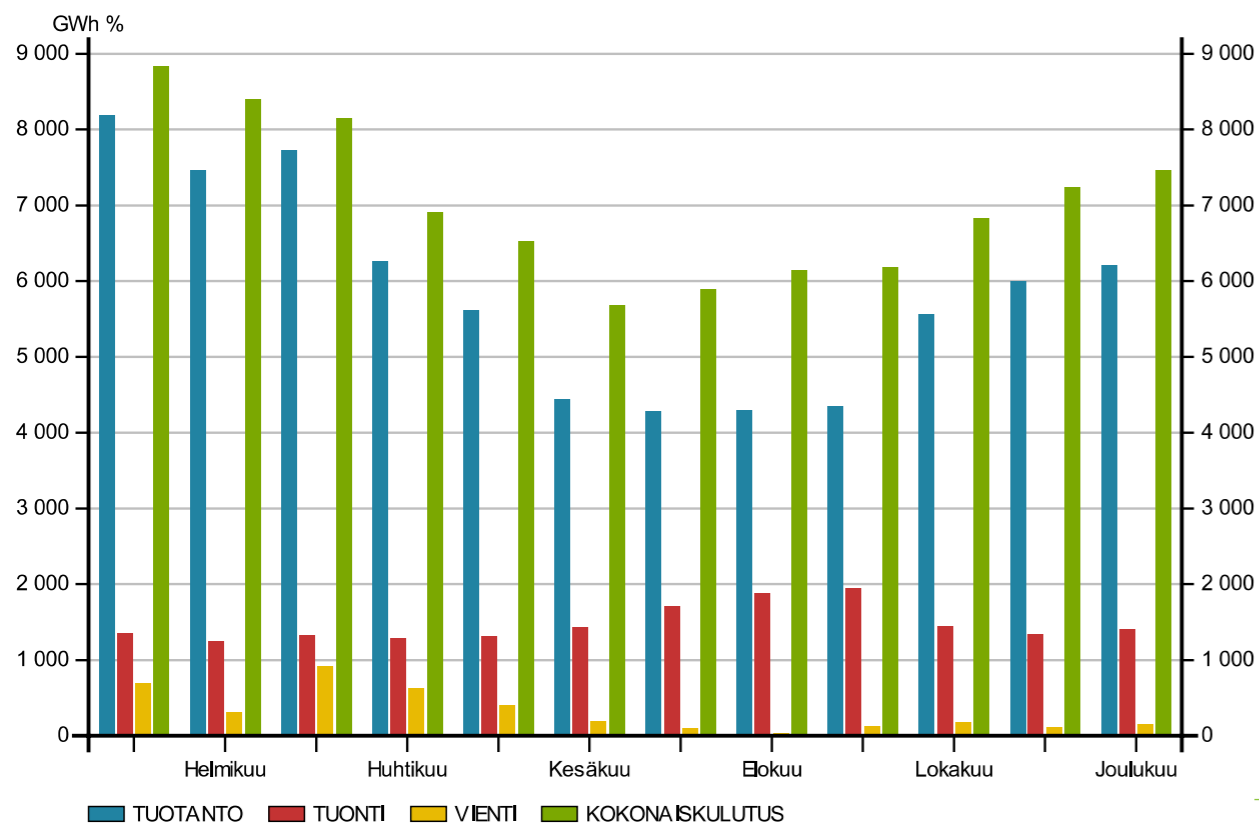
Energian loppukäyttö sektoreittain 2011. Lähde: Tilastokeskus



Yllä: Sähkötuotannossa ydin- ja vesivoima ovat suuremmissa roolissa, fossiilisten lähteiden osuus taas on pienempi kuin energiantuotannossa (ks. edellisen sivun kaavio). Lähde: Tilastokeskus.

Alla vasemmalla: Sähkön kokonaiskulutus vuodelle 2011 kuukausittain. Samassa kuviossa on esitetty myös tuonti- ja vientisähkön osuudet. Lähde: Tilastokeskus. Tuonnin suurempi osuus kesäaikaan on kiinnostava - onko ilmiö jokavuotinen? Johtuuko se esimerkiksi laitosten vuosihuolloista?

Alla oikealla: Laitekannan uusiutumisen myötä on mahdollista saavuttaa 23 % säästöpotentiaali vuonna 2020. Lähde: Kotitalouksien sähkönkäyttö 2006.



Sähkön kysyntä on kasvussa

Seuraavissa kappaleissa käsitellään lyhyesti sähkönkulutusta ja sähkönkulutuksen ennusteita. Östersundomin aurinkovoimalan esisuunnitelmassa tutkitaan nimenomaan aurinkosähköä. Perustelut aurinkosähkölle on esitetty luvussa 4.

Alla on Vattenfallin keskimääräisiä sähkönkulutuslukuja kolmelle erityyppiselle kotitaloudelle.

Kerrostalokoti, tavallinen varustelutaso: 850 kWh/hlö/vuosi

75 m², kolme henkilöä. Kotitalouden kulutus 2550 kWh/vuosi.

Luku sisältää kylmälaitteet, ruuanvalmistuksen, astianpesun, pyykinpesun, viihteen, valaistuksen ja muun kulutuksen.

Rivitalokoti, tavallinen varustelutaso: 1425 kWh/hlö/vuosi

75 m², kaksi henkilöä. Kotitalouden kulutus 2850 kWh/vuosi.

Luku sisältää kylmälaitteet, ruuanvalmistuksen, pyykinpesun, viihteen, kiukaan, valaistuksen ja muun kulutuksen.

Luku ei sisällä asunnon lämmitystä, lämmintä käyttövettä eikä taloyhtiön IV-koneiden tai autojen lämpöpistokkeiden sähköä.

Ei sähkölämmitetty omakotitalo: 1750 kWh/hlö vuosi

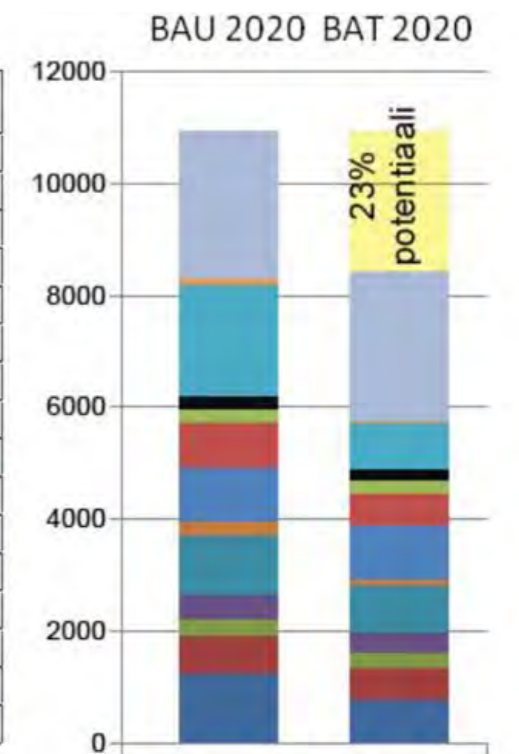
120 m², neljä henkilöä, kotitalouden kulutus 7000 kWh/vuosi.

Luku sisältää edellisten lisäksi auton lämmityksen sekä LVI-laitteet.

BAU="Business as usual". BAT= "Besta available technology"

	2006	2020	2020	SÄÄSTÖ-POTENTIAALI
	GWh	GWh	GWh	GWh
Kylmäsäilytyslaitteet1)	1 627	1 227	767	459
Ruoanvalmistus	653	693	577	116
Astianpesukone	261	290	268	22
Pyykinpesu ja -kuivaus	392	423	347	77
Viihde-eletroniikka	834	1 076	860	215
Tietotekniikkalaitteet	408	240	87	153
Sähköiuas	852	971	971	0
LVI-laitteet1)	669	809	566	243
Lattialämmitys	206	227	227	0
Auton lämmitys	218	225	225	0
Sisävalaistus	2 427	2 002	845	1 157
Ulkovalaistus	89	99	22	77
Muut	2 572	2 650	2 650	0
Yhteensä	11 207	10 931	8 412	2 519

1) Kulutus on arvioitu asuntokantaan perustuen.



Tulevaisuuden näkymiä

Tulevaisuudessa sähkönkulutus tulee kasvamaan ja eriytymään energiankulutuksesta. Tulevaisuuden rakennuskanta tulee olemaan vähintään matalaenergia-, todennäköisesti nollaenergiataloja. Suuri osa Östersundomista tulee olemaan kaukolämmön piirissä. Rakennusten lämmittämiseen tarvittavan sähkön määrä pienenee uudisrakennusten osalta merkittävästi. Erillisen sähkön tarve kasvaa sekä absoluuttisesti että suhteellisesti, sähkön ja lämmön yhteistuotantopotentiaali vähenee. Tulevaisuudessa kasvihuonekaasut ovat merkittäviä tuotantokustannuksia ja tekevät päästöttömistä tuotantomuodoista kilpailukyisiä. Kotitaloussähkön, palvelujen ja liikenteen sähkönkulutus kasvaa. Kotitaloussähkön vuotuisen kulutuksen oletetaan olevan 2050 13-14 TWh (Haasteista mahdollisuuksia – sähkön ja lämmön hiilineutraali visio vuodelle 2050, 18, 26)..

- Kotitaloussähkön kokonaiskulutuksen voi kasvu pysähtyä v. 2020 mennessä laitekannan uusiutumisen myötä. Arvioitu säästö-potentiaali BAT (Best Available Technology) vs. BAU (Business As Usual) vuodelle 2020 on 2 540 GWh (23%). Kehitys kerros- ja rivitaloissa erilaista kuin omakotitaloissa. Kotitalouden varustelutasolla on suuri vaikutus kulutukseen. (Kotitalouksien sähkönkäyttö 2006, 43-37)
- Laitteiden yleistymisen peittää teknisen kehityksen tuomia etuja. Tietokoneiden ja viihde-elektroniikan kasvu nakertaa kylmä-laitteiden ja valaistuksen tehostumisen tuomaa säästöä. Päälle-pois ja läsnäoloohjaustoiminnoista voi tulla selviä säästöjä. Pitkä tarkastelujakso vaikeuttaa arvioiden tekemistä. Laitekanta uusiutuu sen aikana kokonaan. Erityisesti viihde-elektroniikassa ja tietotekniikkalaitteissa tekninen kehitys on nopeaa ja sitä on vaikea ennakoida. (Kotitalouksien sähkönkäyttö 2006,43-37)

Liikenne

Liikenteen osuus vuosittaisesta energian loppukäytöstä on ollut viime vuosina 17-18 %. Sähkön käyttöön liikenteessä vaikuttavat erityisesti sähköverkosta ladattavien sähköautojen yleistymisen sekä liikennemäärän kasvu. Liikenteen ennakoitaan kasvavan 40 % vuosina 2006-2050.

Mikäli halutaan että liikenne sähköistyy, olisi mm. verotusta kehitettävä niin että se tukee sähköautojen ja ladattavien hybridiautojen käyttöönottoa. Henkilöautoliikenteen lisääntyessä 40 % vuoden 2006 tilanteesta sähköä kuluu liikenteessä n. 9 TWh vuodessa, jos kaikki autot ovat sähköautoja (keskikulutus 15 kWh/100km). Se vastaa noin 10-12 % 2010-luvun vuotuisesta sähköenergian kulutuksesta (85-90 TWh/a). Koska sähköautojen osuus kasvaa asteittain, hybridiautojen yleistymässä ensin, henkilöautoliikenteen vuotuinen sähköenergian kulutus voi olla 6,5 TWh luokkaa. (Haasteista mahdollisuuksia – sähkön ja lämmön hiilineutraali visio vuodelle 2050, 21-22, Sähköajoneuvot Suomessa, 15-16)

Suomalainen infrastruktuuri on varsin valmis vastaanottamaan sähköajoneuvoja. Esilämmityspistorasiat soveltuvat tai ovat muutettavissa sähköajoneuvojen latauspisteiksi. Lisäksi suomalaiset pienjänniteverkkojen suunnittelussa on huomioitu suhteellisen suuret kuormat (esim. sähkölämmitys, sähköliesi, lämminvesivaraaja). Uusia latauspaikkoja tarvitaan kaupunkialueilla ja parkkihalleissa. Toisaalta on huomattava, että sähköautojen vaikutus sähköverkkoihin ja sähköntuotantokapasiteetilta vaadittavaan hetkelliseen tehoon riippuu paljolti latauksen älykkyydestä. (Sähköajoneuvot Suomessa, 7)

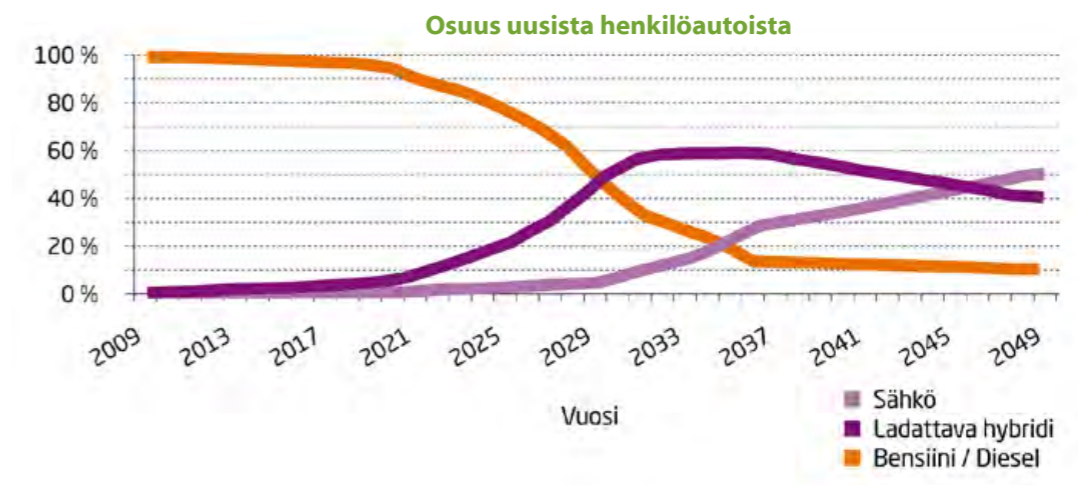
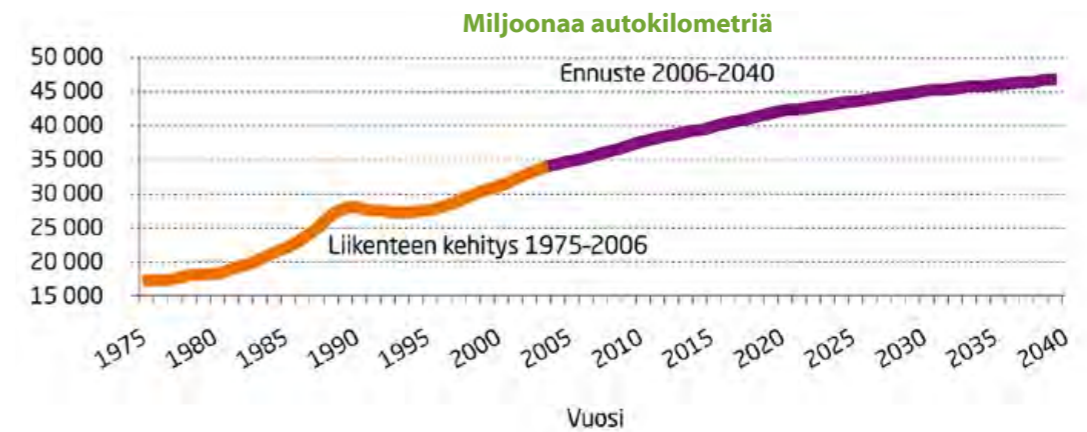
Sähköautojen latauksella voi olla vaikutuksia kaikilla verkkotasolla kiinteistön sisäverkoista valtakunnalliseen siirtojärjestelmään. Haasteellisin tilanne jakeluverkkotasolla on pienjänniteverkoissa, jossa verkonsyötön mitoituksen näkökulmasta kuormitusten ta-soittuminen on vähäistä. Pahimmillaan sähköautojen lataus voisi aiheuttaa merkittäviä investointitarpeita. "Worst case"-skenaario on tilanne, jossa yhden pienjännitemuuntopiirin sähkönkäyttäjien ja näiden vieraiden sähköautot ovat samaan aikaan täydellä teholla latauksessa ajankohtana, jolloin muuntopiirissä muutenkin kuormitus on huipussaan. (Sähköajoneuvot Suomessa, 71-72)

Sähköajoneuvoteknologioiden kehitystä, sähköajoneuvojen yleistymisen vaikutuksia infrastruktuuriin ja sähköjakeluun käsitellään tarkemmin Sähköajoneuvot Suomessa -selvityksessä.

Sektori	Sähkön käyttö vuonna 2007 (TWh/a)	Sähkön käyttö vuonna 2030 (TWh/a)	Sähkön käyttö vuonna 2050 (TWh/a)
Asuminen	23	24-26	24-27
kotitaloussähkö	11	13	13-14
rakennusten lämmitys	12	11	9-11
rakennusten jäähdytys	0,2	1	2
Teollisuus	48	49-56	48-58
Palvelut ja julkinen	15,5	22	30-40
Liikenne	0,5	3	8-10
Häviöt	3	3	4
Yhteensä	90	100-111	113-138

Yllä: Arvioitu sähkönkulutus vuosina 2030 ja 2050. Vertailukohtana 2007.

Lähde: Haasteista mahdollisuuksia -sähkön ja kaukolämmön hiilineutraali visio vuodelle 2050



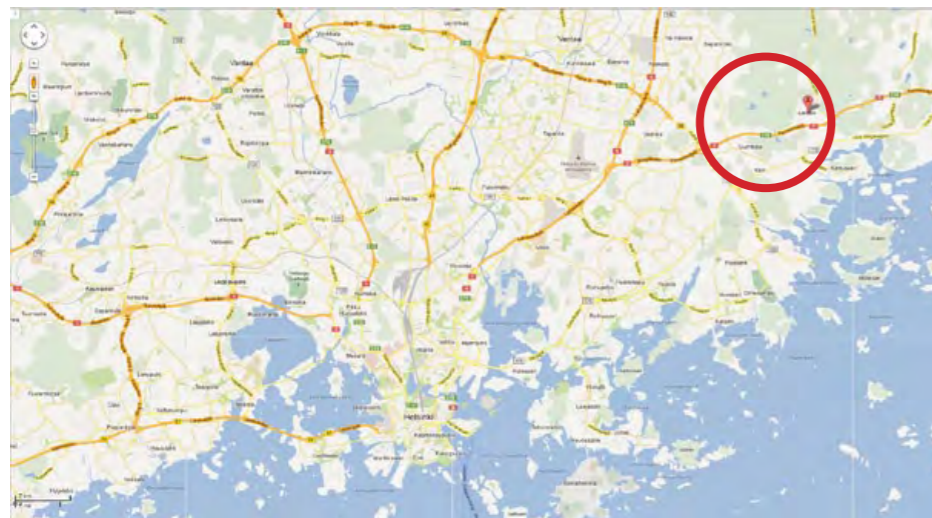
Yllä: Tieliikenteen kasvuennuste 2006- 2040 ja erityyppisten henkilöautojen osuudet uusista henkilöautoista 2009-2050. Lähde: Sähköajoneuvot Suomessa.

3.3 SUUNNITTELUALUEEN SIJAINTI

Noin 3500 m x 250 m laajuinen voimala-alue sijaitsee Helsingin kaupungin alueella, Östersundomissa. Aurinkovoimalan aluetta rajaa etelässä Porvoonväylä (joka on osa moottoritie E18:a), Idässä Knutersintie ja lännessä kunnan raja (Krapuoja Sotungintien vieressä). Pohjoisessa ei ole selkeää rajaavaa elementtiä. Voimala-alueen leveys vaihtelee 50-250 m välillä. Suunnittelualueen koko on noin 43,6 hehtaaria. Etäisyys Rautatientorille on noin 18 km ja Porvooseen 30 km.

Alueen maankäyttö ja liikennejärjestelmä ratkaistaan Helsingin, Vantaan ja Sipoon yhteisessä yleiskaavassa, joka on tätä selvitystä laadittaessa, syksyllä 2012 ehdotusvaiheessa. Östersundomin yleiskaava-alueeseen kuuluu Helsingin alueella Ultunan, Östersundomin, Karhusaaren, Talosaaren ja Salmenkallion kaupunginosat; Sipoon alueella Granön saari ja Majvikin alue (osia Östersundomin ja Immersbyn kylistä) sekä Vantaan alueella Länsisalmen kaupunginosa sekä osia Länsimäen, Vaaralan ja Ojangon kaupunginosista. Aurinkovoimala sijoitsee Ultunan alueella, joka käsittää koko Porvoonväylän pohjoispuolelle jäävän osan.

Alla: Voimalan sijainti ja voimala-alueen rajaus. Kartat: Google Maps.



3.4 SUUNNITTELUALUEEN OLOSUHTEET

Tämä luku on tiivistelmä alueen nykytilasta. Tiedot ovat pääosin peräisin Östersundomin yleiskaavaluonnoksen selostuksesta.

Alueen yleiskuvaus

Alueella on nykyisellään metsää, peltoa ja purouomia. Metsä on vaihtelevan ikäistä. Alueen yläpuolella kulkee Fingridin voimajohto. Alueen itäreunassa on muuntaja. Välittömästi suunnittelualueen vieressä on Landbon pientaloalue, jossa asuu n. 850 asukasta.

Yleiskaavaluonnoksessa osalle alueesta on osoitettu hallimaisia tilojen vaativien toimintojen korttelialueita, yhdyskuntateknisten toimintojen korttelialueita sekä viher-/virkestysaluetta. Alueen poikki on osoitettu liittymää ja ali-/ylikulkuja kevyttä liikennettä varten. Hallimaisten tilojen toimintoja on myös osoitettu välittömästi suunnittelualueen viereen, Knutersintien itäpuolelle.

3.4.1 Luonnonympäristö

Maisemarakenne, maisemakuva

Aurinkovoimalan ja sen lähialueiden näkyvimät maisemalliset elementit ovat moottoritie ja Fingridin voimalinja, joka kulkee koko aurinkovoimalalle varatun alueen läpi ja jatkaa Knutersintien kohdalta kohti koillista. Östersundomin alue on osa eteläistä viljelyseutua, jossa suuret peltoalueet ovat maisemallisesti merkittävässä roolissa. Lähimmät tällaiset maisemassa näkyvät viljelyalueet ovat Östersundomin kartanon laaja peltoalue moottoritien eteläpuolella. Länempänä moottoritien varrella on muutama pienempi peltolaikku, joilla ei ole merkitystä suurmaisemassa. Sotungintien varsi, joka muodostaa suunnittelualueen länsirajan, on seuraava suurempi yhtenäinen peltoalue, jolla on myös maisemallista merkitystä.

Suunnittelualue on maisemallisesti näkyvällä paikalla, koska se sijaitsee välittömästi moottoritien vieressä. Riippumatta voimalan toteutustavasta, sillä tulee olemaan hyvin näkyvä rooli Östersundomin kaupunkikuvassa.

Luonnonolot ja luonnon monimuotoisuus

Korkeus vaihtelee Ultunassa välillä +5 - + 58 mpy. Alavimmat alueet sijoittuvat Krapuojan laaksoon. Ultunan luoteisosa on Sipoonkorven. Metsät ovat pääosin talousmetsää. Maasto muodostuu kalliomäistä ja niiden välisistä solista ja soista. Lähistöllä on muutama lampi.

Aurinkovoimalalle varattu suunnittelualue on pääosin kumpuilevaa. Maaperä on yleiskaavaselvitysten mukaan kalliota, moreenia, hiekkaa ja silttiä. Pääosin osin rakennettavuus on hyvä tai normaali. Maaperä on tutkittava tarkemmin asemakaavoituksen ja toteutussuunnittelun yhteydessä. Alue sijaitsee moottoritien vieressä ja se on yläpuolisten sähkölinjojen vuoksi pidetty pääosin puuttomana. Alueella on muutama pelto.

Suunnittelualueella ei ole todettu erityisiä luonnonarvoja, eikä siellä ole suojelelalueita. Lähin suojelukohde on Sipoonkorven kansallispuisto, joka on lähimmillään n. 300-400 m päässä aurinkovoimalan länsipäädystä. Sipoonkorpi on merkittävä luontokohde, sillä se on yksi harvoista suurista yhtenäisistä metsäalueista pääkaupunkiseudulla. Sipoonkorven alue on luonnonolosuhteiltaan erittäin monimuotoinen.

Vesistöt ja vesitalous

Alueen poikki kulkee Pohjois-eteläsuunnassa kaksi puroa. Toinen näistä, Krapuoja on suunnittelualueen länsirajalla. Purouomat tulevat todennäköisesti toimimaan myös viheryhteyksinä.

Aurinkoenergiapotentiaali

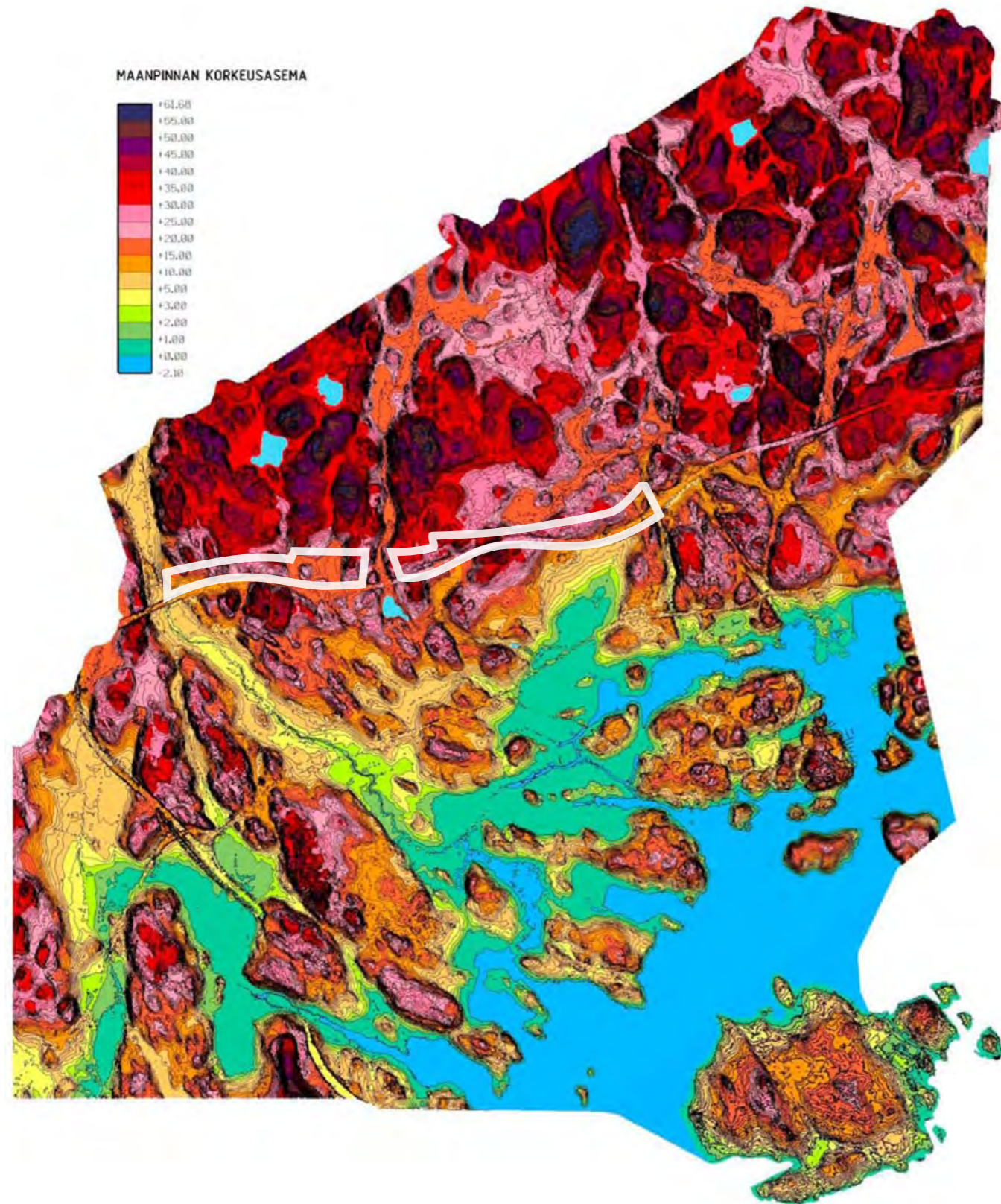
Vuositasolla auringon horisontaalisäteily on keskimäärin noin 930 kWh/m² Landbossa. Horisontaalisäteilyllä tarkoitetaan vaakatasossa olevaan pintaan osuvan suoran ja epäsuoran auringonsäteilyn summaa. Kun suunnittelualueen laajuus on 43,6 hehtaaria, koko alueen potentiaali on karkeasti 436 000 m² x 930 kWh/m² = 405 GWh. Luku on teoreettinen: koko maapinta-alaa ei voida peittää paneeleilla, ja paneeleilla on aina jokin hyötysuhde (kaikkea säteilyenergiaa ei saada talteen). Säteilyä ja tuotantopotentiaalia on käsitelty tarkemmin luvussa 4, Aurinkoenergia.

Arvo perustuu Euroopan komission JRC-IET -instituutin (The Institute for Energy and Transport) PVGIS-Classic säteilytietokantaan.

Global irradiation and solar electricity potential

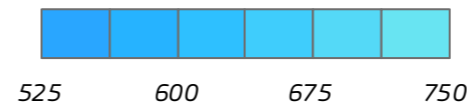
Horizontally mounted photovoltaic modules

FINLAND / SUOMI



Yearly sum of global irradiation
[kWh/m²]

700	800	900	1000
-----	-----	-----	------



Yearly sum of solar electricity generated by 1kW_p
system with performance ratio 0.75
[kWh/kW_{peak}]

- Urban area
- Water body

Projection: Lambert Azimutal Equal Area, WGS84, lat 52° lon 10°
Source of ancillary data: CORINE Land Cover
DTM SRTM 30
GISCO database
Geonames
Natural Earth

Yllä: Maanpinnan korkeusasemat Östersundomissa. Suunnittelualue osoitettu valkoisella viivalla.
Lähde: Yleiskaavaluonnoksen selostus.

Oikealla: Vuosittainen säteilypotentiali Suomessa vaakatasoon asennetuille paneeleille.
Lähde: PVGIS-karttasovellus/Joint Research Centre, Institute for Energy and Transport.

3.4.2 Rakennettu ympäristö

Pohjoisessa Sipoonkorpeen ja etelässä moottoritiehen rajautuva Ultuna on pinta-alaltaan Helsingin suurin kaupunginosa. Nimi tulee samannimisestä tilasta. Alue jakautuu kahteen osaan: Knutersintien länsipuoliseen Landbohon ja itäpuoliseen Puroniittyyn. Landbon alue on rakennettu pääosin 1990-luvulla. Suurin osa Ultunan n. 850 asukkaasta asuu Landbossa. Porvoonväylä erottaa Ultunan toiminnallisesti ja maisemallisesti muusta Östersundomista. Porvoontieltä pääsee Knutersintielle, jota pitkin pääsee pohjoiseen Sipoon Hindbyhyn ja Nikkilään, etelään Sakarinmäen ohi Östersundomin kyläkeskukseen. Ultuna on pientalovaltaista aluetta. Asutus muodostaa erillisiä saarekkeitä. Alueella ei ole yhtenäistä, kaupunkimaista ilmettä.

Palvelut, työpaikat ja elinkeinotoiminta

Lähimmät julkiset palvelut ovat Landbon päiväkoti sekä Sakarinmäen koulu- ja päiväkoti ja nuorisotalo. Lähimmät kaupalliset palvelut sijaitsevat Östersundomin kyläkeskuksessa Uuden Porvoontien varressa. Seuraavaksi lähimmät kaupalliset keskittymät sijaitsevat Vantaan Länsimäessä, Mellunmäessä, Hakunilassa, Vuosaaressa ja Söderkullassa. Itäkeskus tarjoaa kaikki palvelut. Vantaan porttipuistossa on erikoistavarakauppaa. Kaikki edellä luetellut ovat 10 kilometrin säteellä, n. 10 minuutin automatkan päässä.

Suunnittelualueella ei ole työpaikkatoimintoja. Östersundomin peltoalueista varsinaisessa viljelykäytössä ovat kaavaluonnoksen selostuksen mukaan enää luomutila Majvikissä sekä Vesterkullan peltoaukeat. Lähimmät työpaikat ovat selostuksesta päätellen Landbon päiväkoti sekä Sakarinmäen koulu- ja päiväkoti.

Virkistys

Sijaintinsa ja toimintonsa vuoksi suunnittelualue ei ole järjestelmällisessä virkistyskäytössä. Ks. kohta "luonnonolot". Östersundomin yleiskaava-alueen virkistyskäyttö on kuvattu yleiskaavaluonnoksen selostuksessa.

Liikenne

Tärkeimmät väylät ovat itä-länsi-suuntainen Porvoonväylä (vt7) ja Uusi Porvoontie (mt170). Pohjois-eteläsuuntaisia yhdynteitä ovat Sotungintie ja Knutersintie. Liikennemäärät ovat vuodelta 2009. Vt7: 25 000 ajoneuvoa/vrk, mt170: 6000 ajoneuvoa/vrk, Sotungintie 240 ajoneuvoa/vrk, Knutersintie 290 ajoneuvoa/vrk.

Joukkoliikenne perustuu bussiliikenteeseen. Alueella operoi HSL. Bussiliikenne syöttää Helsinkiin ajaviin Porvoon busseihin Östersundomin keskuksessa sekä metroon Itäkeskuksessa. Lisäksi bussilinjat palvelevat koulumatkaliikennettä.

Landbossa on alueen sisäisiä jalankulku- ja pyöräilyväyliä. Landbon ja Sakarinmäen koulun välillä on kevyen liikenteen väylä.

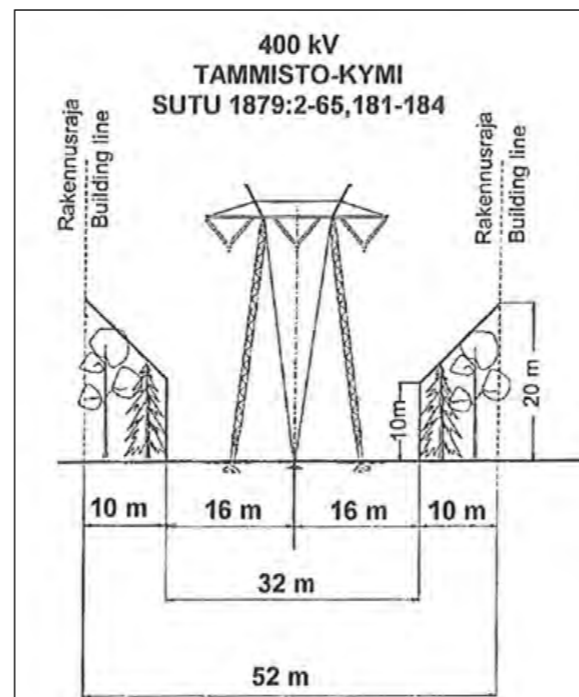
Rakennettu kulttuuriympäristö ja muinaismuistot

Suunnittelualueella ei ole rakennettua kulttuuriympäristöä tai muinaismuistoja. Östersundomin yleiskaava-alueen kohteet on esitetty yleiskaavaluonnoksen selostuksessa.

Tekninen huolto

Alueen läpi kulkee Fingrid Oyj:n kantaverkko sekä Etelä-Suomen Energian 110 kV verkko. Verkot kulkevat rinnakkain koko suunnittelualueen läpi länneestä itään. Suunnittelualueesta merkittävä osa on johtojen alapuolista aluetta. Knutersintien länsipuolella 110 kV johdot alittavat 400 kV johdot ja päättyvät Etelä-Suomen Energian omistamaan Landbon sähköasemaan. Landbon sähköasema on ilmaeristeinen. Tontti on noin 50 x 50 m ja nykyinen sähköasemarakennus noin 100 m². Aseman päämuuntaja on 31 MW. Maakuntakaavassa ja yleiskaavaluonnoksessa 110 kV linja jatkuu asemalta itään päin. Lisäksi Östersundomin alueella – mutta ei kuitenkaan suunnittelualueella – on jakeluverkkoa ja puisto- ja muuntamoita.

Suomessa ei ole ennakkotapausta aurinkopaneelikentän rakentamisesta voimajohtojen alapuolelle. Fingridin kanta on selvitysvaiheessa varautuneen kielteinen. Voimalan suunnittelussa tulisi huomioida voimavirtapylväiden harukset, turvaetäisyydet lankoihin, mahdollinen lankojen alas laskeminen, johdoista talvella tippuva jää, sekä maadoitusjohdot. Samat seikat on huomioitava myös Etelä-Suomen Energian 110 kV johtojen kanssa, mutta yhtiön mukaan paneelien sijoittaminen johtojen alle on periaatteessa mahdollista.



Yllä: Fingridin ohje voimajohtojen ympäristön käytöstä. Kuva:Fingrid.

Nykyinen runkovesijohto on Uuden Porvoontien varrella. Se on kytketty sekä Helsingin että Sipoon verkostoon. Siirtoviemäri on vesijohdon tuntumassa. Jätevedet johdetaan Helsinkiin, Viikinmäen puhdistamolle.

Ympäristöhäiriöt

Liikenne on alueen merkittävin melun ja päästöjen lähde. Tärinää ei ole. Helsinkiin liitetyn alueen maaperän taustapitoisuudet on selvitetty Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen toimesta vuonna 2009. Aurinkovoimalan suunnittelualueelta tai sen välittömässä läheisyydestä ei ole löytynyt merkkejä maaperän pilaantumisesta. Laitosalueen ulkopuolelle leviäviä ympäristövaikutuksia mahdollisesti aiheuttavista kohteista lähimmät ovat Helsingin Energian Vuosaaren voimalaitokset, Vuosaaren Satama sekä Vantaalla sijaitsevat teollisuuslaitokset.

Maanomistus

Ultunan ja Östersundomin alueet ovat osin Helsingin kaupungin, osin yksityisessä omistuksessa. Osa aurinkovoimalan alueesta sijoittuu Östersundomin kartanon omistajasuvun maille. Moottoritiealue on valtion omistuksessa, samoin Sipoonkorpi.



Yllä: Landbon nykyinen sähköasema. Kuva: Bing maps.

3.5 SUUNNITTELUTILANNE

3.5.1 Kaava-alueita koskevat suunnitelmat ja päätökset

Maakuntakaava

Maakuntakaavaa uudistetaan parhaillaan. Alueelle on voimassa useita maakuntakaavoja, mutta ne eivät ole enää ajantasaisia. Ympäristöministeriö vahvisti viimeisimmän voimassaolevankaavan 8.11.2006. 2. vaihemaakuntakaavaehdotus oli nähtävillä 14.5.-15.6.2012 ja tulee uudelleen nähtäville 21.11. - 21.12.2012.

Uudenmaan vahvistettujen maakuntakaavojen yhdistelmässä alueella on kolme eri toimintoa: Taajamatoimintojen aluetta (käytännössä asumista) (A), Maa- ja metsätalousvaltaista aluetta, joilla on erityistä ulkoilun ohjaamistarvetta (MU), sekä retkeily- ja ulkoilualueita (VR). Myös olemassa olevat voimajohdot näkyvät kartassa (z), samoin Heli-rata-varaus, joka on tuoreemmissa kaavakartoissa kumottu.

Yleiskaava

Östersundomin aluetta koskevat, voimassaolevat useat yleiskaavat eivät ole enää ajantasaisia. Alueen yleiskaavaa laaditaan Helsingin, Vantaan ja Sipoon yhteistyönä. Yleiskaavassa keskitytään kaupunkirakenteen kannalta keskeisiin asioihin, kuten asumisen, työpaikkojen ja palvelujen sijoittumiseen sekä liikenteeseen.

Yhteistä yleiskaavaehdotusta valmistellaan yleiskaavaluonnoksen 9.2.2012 päivätyn vaihtoehto B:n pohjalta. Vaihtoehtoon liikenneratkaisu pohjautuu viiden aseman metron. Luonnos hyväksyttiin kaikissa kunnissa maaliskuussa 2012. Tavoitteena on, että yleiskaavaehdotus on valmis esiteltäväksi alkuvuonna 2013. Ehdotusta laadittaessa tarkistetaan kaavamääräyksiä ja rajoituksia, sovitetaan suunnitelmia paremmin maastoon ja vietään liikenteen ja kunnallistekniikan suunnittelua eteenpäin. Kaavaehdotukseen laaditaan kartan lisäksi selostusliite.

Yleiskaavaan pyritään sisällyttämään myös aurinkoenergian edistämiseksi räätälöityjä kaavamääräyksiä. Alla poimintoja "Kuntatekniikka" -otsikon alta (tilanne 13.11.2012):

"Yleiskaava-alueella luodaan edellytyksiä suoran aurinkosähkön monipuoliseen hyödyntämiseen keskitetysti ja hajautetusti sekä aurinkolämmön hyödyntämiseen hajautetusti ja kaukolämpö- tai kaukokylmäjärjestelmissä."

"Porvoonväylän reunavyöhykkeille saadaan sijoittaa aurinkosähkön valmistamiseen ja varastointiin liittyviä laitteita."

"Koko alueella varaudutaan sijoittamaan maaperään aurinkoenergian lämpövarastoja."

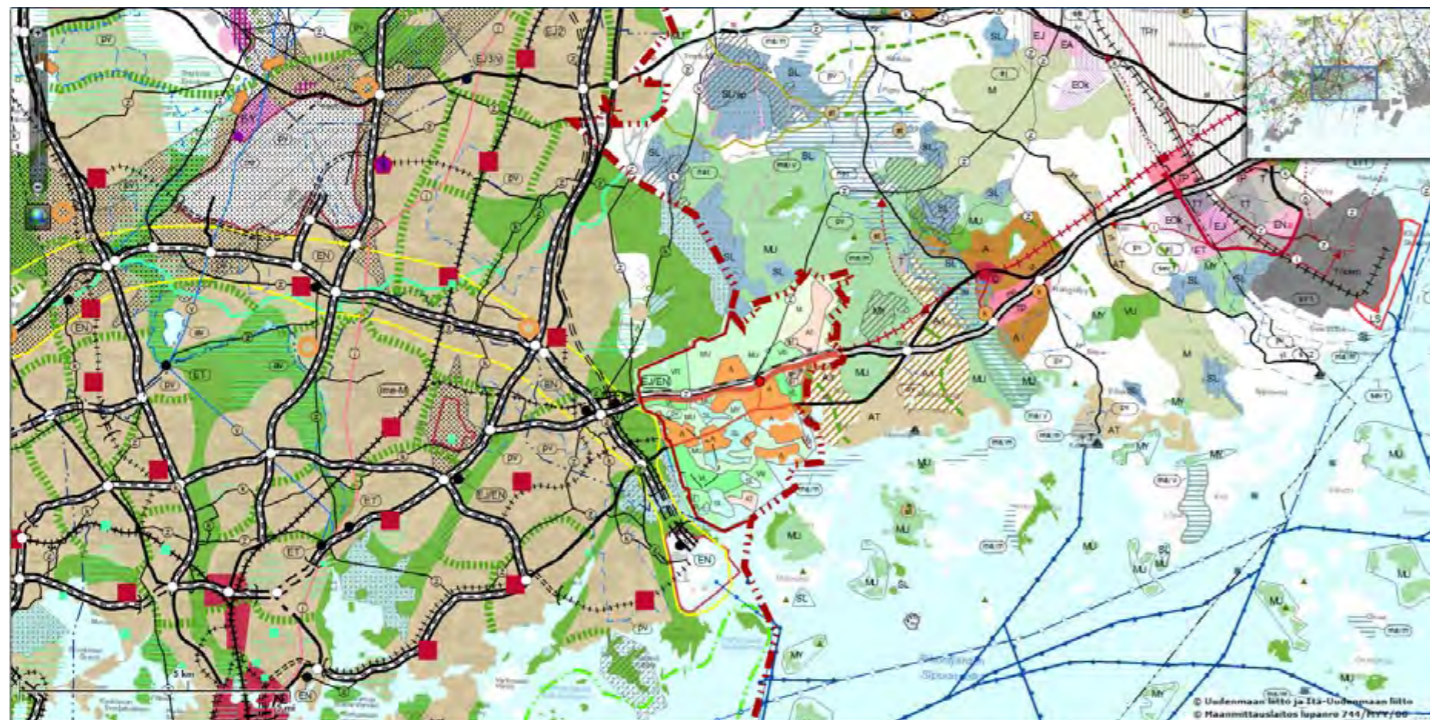
"Östersundomin alueella pyritään alhaisiin hiilidioksidipäästöihin. Niiden laskennallisessa määrittelyssä otetaan huomioon koko Östersundomin alue, ei vain yksi talo tai yksi kiinteistö."

Asemakaava

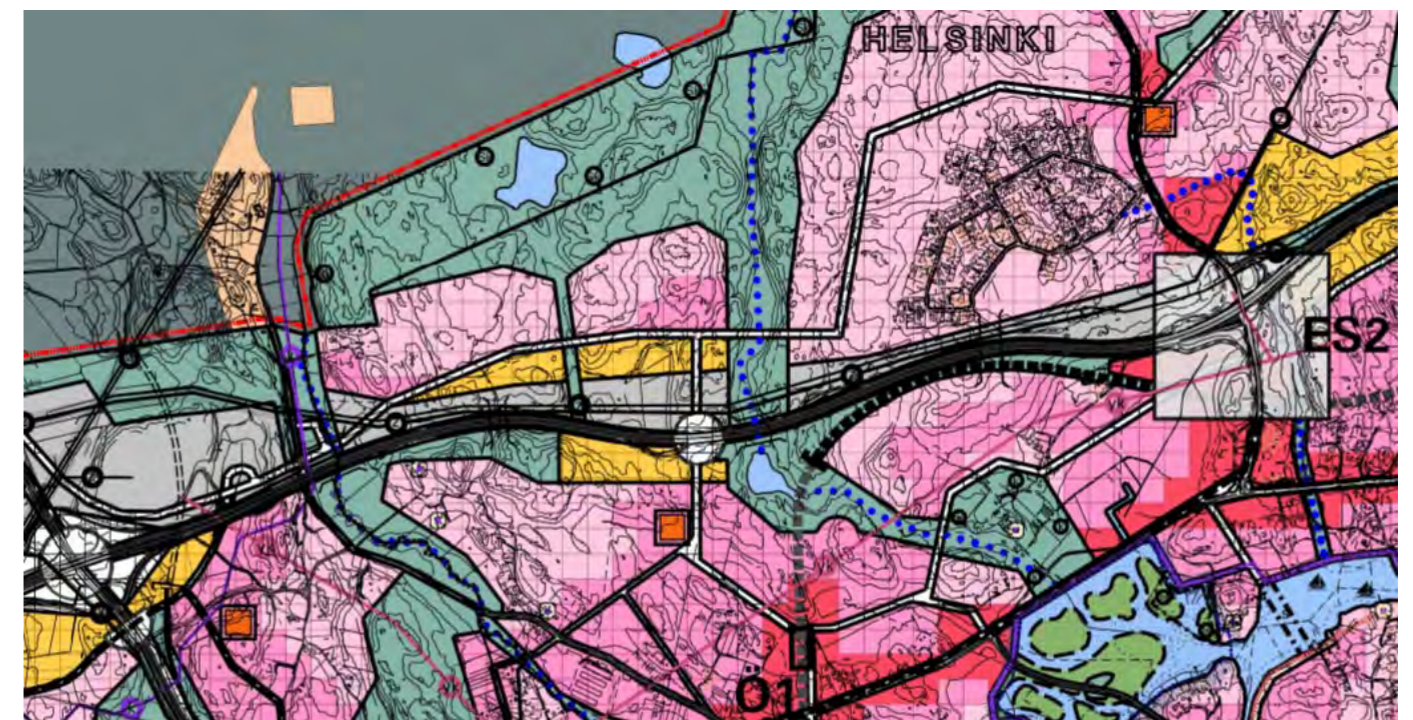
Östersundomin alueella voimassa olevia asemakaavoja aurinkovoimalan ympäristössä on Landbon, Östersundomin kartanon ja Knutersintien välisellä alueella sekä Sakarinmäen koulun alueilla. Aurinkovoimalan alueella ei ole asemakaavoja.

Muut aluetta koskevat päätökset, suunnitelmat ja ohjelmat

Helsingin kaupungin linjaamia maankäytön tavoitteita on kuvattu tarkemmin yleiskaavaluonnoksen selostuksessa. Niitä sivutaan tässä esiselvityksessä suunnitelman kuvauksessa kohdassa 4.



Yllä: Maakuntakaava, ote Uudenmaan liiton verkkopalvelusta. Kartta: Uudenmaan liitto.



Yllä: Ote yleiskaavaluonnoksesta.

4. AURINKOENERGIA

”Aurinkovoimaloiden” kokokirjo on suuri

Aurinkoenergiaa voidaan kerätä **keskitetysti suurissa yksiköissä** (aurinkopaneelikentät, -puistot tai CPV-voimalat, (Concentrated Photo Voltaic) missä valoa kerätään heijastimin) tai **hajautetusti, rakennuksiin integroituna**.

Aurinkoenergiaa voidaan kerätä eri muodoissa

- aurinkosähkönä: auringonvalon silmin havaittavat aallonpituudet muuttuvat paneelissa tasasähköksi
- aurinkolämpönä erilaisin keräimin (tyhjiöputket ym.)
- keskittämällä valoa peileillä turbiiniin, joka tuottaa sähköä

Östersundomin aurinkovoimalan esisuunnitelmassa tutkitaan nimenomaan aurinkosähköä. Keskitävät voimalat eivät sovellu Suomen oloihin. Ne edellyttävät auringonvaloa tasaisesti ympäri vuoden. Lähin tämän tyyppin voimala on Sevillan lähetyvillä Etelä-Espanjassa. Lämpökeräimet on karsittu pois, sillä suuri osa Östersundomista tulee olemaan kaukolämmön piirissä. Lisäksi tulevaisuuden rakennuskanta tulee olemaan vähintään matalaenergia-, todennäköisesti nollaenergiataloja. Sähkön kysynnän puolestaan oletetaan kasvavan.

Alla: Keskitävä voimala Espanjassa. vasemmanpuoleinen yksikkö ”PS10” on toiminnassa, viereinen PS20 rakenteilla. Laitoksen omistaa Abengoa S.A.
Lähde: Wikipedia.



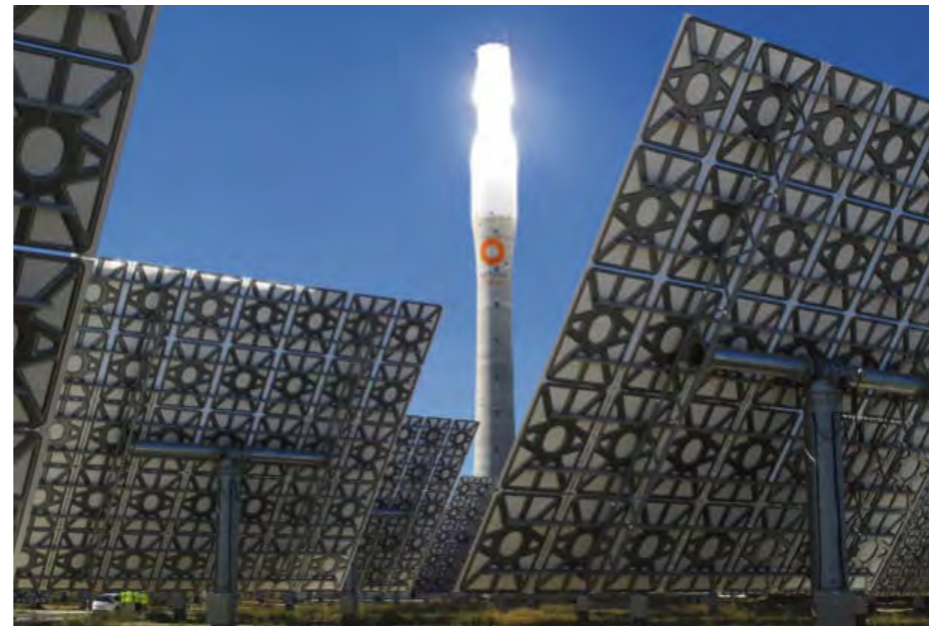
Perusteluja aurinkosähkölle

- Puhdas, ilmainen: tuotannosta ei synny päästöjä, melua eikä jätettä
- Korvaa fossiilisia polttoaineita ja vähentää energiantuotannon CO₂-päästöjä
- Kotimainen: energialähde lähellä kuluttajaa
- Luo energiariippumattomuutta (pienempi tuontienergian tarve)
- Vähentää vaarallisten ja saastuttavien polttoaineiden kuljetuksia maalla ja merellä
- Tarjonta ei ole riippuvainen energiapäätöksistä tai -kriiseistä.
- ”Ehtymätön” = sen varaan voi luoda jatkuvaa ja kestävää toimintaa
- Modulaarinen ja skaalautuva: voidaan kerätä milliwateista gigawatteihin
- Teoriassa huoltovapaa. Ilkivalta on todennäköisin syy huoltotoimenpiteille.
- Todennettu elinkaari 30+ vuotta.
- Energiantuotannon takaisinmaksuikä nykypaneeleilla alle ~2 v. (kattoasennukset Etelä-Euroopan oloissa / (1700 kWh/m²/a, kun paneelit asennettu optimaalisesti). Takaisinmaksuaika riippuu säteilymäärästä sekä järjestelmän ja sähkön hinnasta. Vuonna 2009 sähkö oli Italiassa liki kaksi kertaa kalliimpaa kuin Suomessa.

Tässä esiselvityksessä ei perehdytä tarkemmin muihin erilaisiin kennoteknologioihin, mutta niitä ovat kuvanneet mm. Alanen ym. raportissaan ”Aurinkosähkön mahdollisuudet Helsingin Östersundomin alueella”. Viimeisessä luvussa ”Tulevaisuuden visiot” on lyhyesti kuvattu muutamia kennokeksintöjä.

Paneelien toimintaperiaatetta on kuvattu havainnollisesti mm. EPIA:n julkaisussa Solar Generation 6, luvussa ”Solar Basics”.

Alla : Keskitävä voimala Espanjassa. Gamasolar-laitoksen kuumaa suolamassaa sisältävä turbiinitorni hehkuu voimakkaasti. Lähde: Torresol.



Yllä: Tyhjiöputkikeräimiä talon katolla. Lähde: AMK Collectra AG.

Keskellä: Kattoon kiinnitettyjä paneeleja. Kuva: Enfinity.

Alinna: Aurinkosähköä tuottavia kattotiiliä. Kuva: Enfinity.



Yllä: Rinteeseen asennettuja aurinkopaneeleja Saksassa. Fürth-Atzenhof on entinen kaatopaikka. Kuva: Wiegel Verwaltung GmbH & Co KG.

Keskellä ja alinna: Aurinkopaneeleja kiinteästi telineille asennettuna ja 2 akselin ympäri kääntyviä, aurinkoa seuraavia paneeleja. Kuvat: Enfinity.

4.1 AURINKOSÄHKÖVOIMALA SUOMEN OLOISSA

4.1.1 Voimalan vaatimukset maankäytölle

Tässä kappaleessa käsitellään lyhyesti aurinkosähkövoimalan tilantarvetta ja voimalan sijoituspaikalleen asettamia ehtoja. **Aurinkosähkövoimalan tärkeimmät elementit ovat: tasasähköä tuottava paneelit, tasasähkön vaihtosähköksi muuntavat invertterit, mahdollinen nostomuuntaja sekä aurinkovoimalan paikalliseen jakeluverkkoon kytkävä sähköasema. Lisäksi alueelle tarvitaan huoltoajoväyliä.**

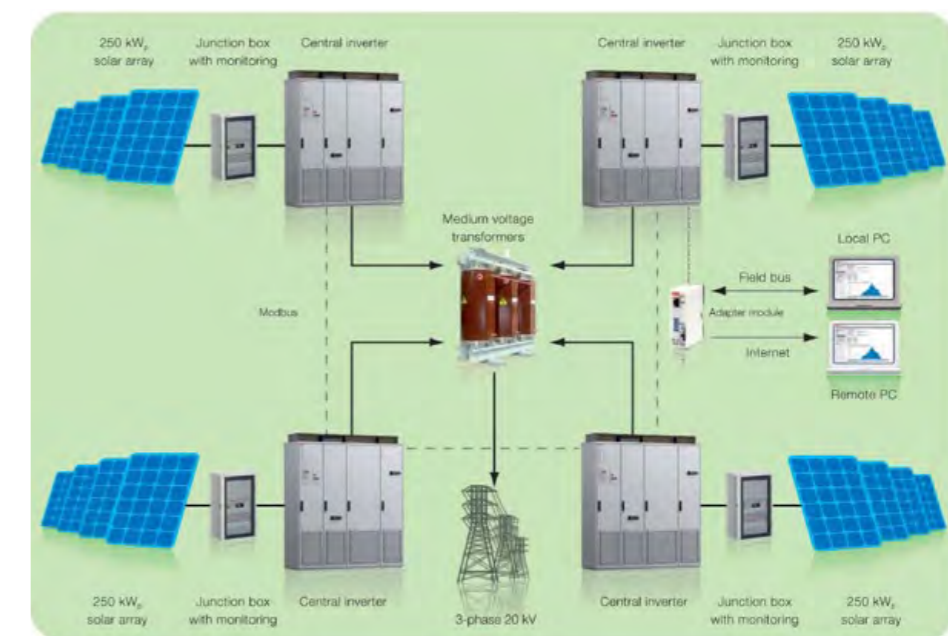
Aurinkosähkön lähde on auringonvalo. Nykysteknikalla paneelit kannattaa suunnata Etelään, kulma voi vaihdella +/-25 astetta itä-länsisuuntaan. Tämän jälkeen paneelien tuotto laskee nopeasti. Paneeleja voi pystyttää kattojen ja tasamaan lisäksi myös rinteisiin. Kattoja ja tasamaan käyttöä on puoltanut helppo ja halpa perustaminen. Paneelit tuottavat optimaalisesti 25-45 asteen kulmassa. Varjostuksen estäminen on tärkein yksittäinen paneelien tilantarpeeseen vaikuttava tekijä. Tasamaalla paneelirivistöt sijoitellaan karkeasti 1:2, eli paneelirivien väliin jää tilaa kahden paneelirivin verran. Tällöin paneelirivien keskinäinen varjostus pysyy kohtuullisena. Rinteessä välejä voi kaventaa, mutta huoltotoimenpiteille on silti jätettävä tilaa. Myös muut, voimala-alueen ulkopuolella sijaitsevat elementit voivat varjostaa paneeleja. Tämä on huomioitava suunnitteluvaiheessa. Paneelien koko vaihtelee, ja rivien mittasuhteet riippuvat siitä, kootaanko niihin yksi vai useita paneeleja päällekkäin.

Paneelit ovat kiinni telineissä, jotka perustetaan maahan. Telineiden koko vaihtelee paneelien mukaan. Tyypillinen yksittäinen aurinkopaneeli on kooltaan n. 1m*1,50 m. Paneelit painavat noin 20-40 kilon välillä, mallista riippuen. Paneeleja pyritään mahdollistamaan alueelle mahdollisimman paljon, kuitenkin siten, ettei esimerkiksi lähimpien asuinkortteleiden asukkaille aiheudu varjostushaittoja. Paneelit kytketään sarjaan (vähän samaan tapaan kuin joulukuusen valot). Näin ollen huonoimmin tuottava (tai tuottamaton) paneeli määrää koko sarjan tuoton. Paneeleissa on sisäänrakennettuna tekniikkaa suojaava ohitustoiminto, jolla eliminoidaan tuottopiikkejä ja tarvittaessa ohitetaan tuottamaton kenno tai paneeli. Paneelien tilantarve määräytyy niiden asennuskulman perusteella. Asennuskulma sanelee myös paneelirivien/ryhmien keskinäiset etäisyydet. Väri on nykyteknologialla tummansininen. Erivärisiä paneeleja osataan kyllä valmistaa, mutta niiden tuottosuhte on sinisiä heikompi. Laminoinnin laatu vaikuttaa elementtien tiiviyyteen ja siten elinkaareen (vähintään 20-25 vuotta).

Aurinkosähkövoimala on suositeltavaa aidata turvallisuussyistä. Ehjä järjestelmä on turvallinen, mutta siinä kulkee voimavirta. Rikkoontuneista laitteista (vaikkapa ilkkivallan vuoksi) voi saada sähköiskun. Ilkivalta onkin todennäköisintä vaihtaa paneeleja.

Huoltoajoväylille ei ole mitään tiettyä mitoitusohjetta, tavallisin huoltotoimenpide on kasvillisuuden niittäminen. Tällöin tilantarve riippuu käytettävistä koneista. Jokaisen paneelin luo on päästävä minimissään jalkaisin.

Invertterien koko vaihtelee ”puhelinkopista merikonttiin” Koko määräytyy jännitteen suuruuden, siis invertteriin kytkettävien paneelien lukumäärän mukaan. Kirjoitushetken perusratkaisulla toteutettuna alueelle tarvittaisiin 20-30 invertteriä. Paras tai halvin ratkaisu vaatii lisäselvitystä.



Yllä: Inverttereitä. Ylempänä keskusinvertterin kytkentäperiaate. Alla 1 MW invertteri. Kuvat: ABB.

Sähköasema yhdistää erijännitteiset voimajohdot ja muuntaa voimalan syötämän virran keski-/pienjänniteverkkoon sopivaksi. Sähköasemien rakenne vaihtelee paljon muun muassa aseman syöttämän alueen laajuudesta ja aseman sijainnista riippuen. **Sähköaseman tarvitsema tila riippuu aseman koosta ja kuormasta** (=montako suurjännitejohtoa sinne tulee ja kuinka monta keski-/pienjännitejohtoa sieltä lähtee), aseman kojeistoratkaisuista ja päämuuntajien sijainnista. Avokytkinlaitos (AIS) tarvitsee suuren tontin, mutta sähköasemarakennus voi olla varsin pienikokoinen. GIS-laitoksella varustettu asema puolestaan tarvitsee hieman suuremman rakennuksen, mutta aseman tontti voi muuten olla hyvinkin pieni (Haveri 2006, 38-39). Helsingin seudulla yleisin sähköasemarakenne on kahden päämuuntajan asema, jota syötetään kahdella 110 kV:n linjalla. AIS-tekniikalla minimipinta-ala tällaiselle asemalle on noin 3000 m². GIS-tekniikalla asema voidaan sijoittaa luolaan tai maanpäälliseen rakennukseen, jonka kerrosala voi olla pienempi kuin 1000 k-m², ja tarvittavan tontin koko riippuen rakennustehokkuudesta noin 700–1000 m² (Haveri 2006, 39). Sähköasema voidaan sijoittaa kokonaan rakennuksen sisälle. Muun muassa Helsingin Energian Lauttasaaren rakenteilla oleva sähköasema toteutetaan rakennuksena, sillä se sijaitsee tiiviin asutuksen keskellä.

Likaantuminen heikentää paneelin tuottoa (mm. moottoritien liikenteestä tuleva pöly). Paneeleja ei kannata rakentaa aivan kiinni moottoritiehen myöskään irtokivien vuoksi. Sateinen ilmastomme ratkaisee loput likaantumisongelmasta. Lumikinokset heikentävät sähköntuotantoa talvella. Paneelit on suositeltavaa sijoittaa irti maasta, jotta lumi tippuu maahan. Kun maanpintaa ei päällystetä, alueen hulevesille ei tarvita erikoisjärjestelyjä. Hulevesillä tarkoitetaan tässä sade- ja sulamisvesiä.

Voimalinjat eivät vaikuta paneelien toimintaan, mutta voimalinjojen alle rakentamiseen liittyy tiettyjä rajoituksia, joista on kerrottu paikan olosuhteista kertovassa kappaleessa. Osa rajoituksista on ratkottavissa helpommin kuin toiset. On mm olemassa haruksettomia peltopylväsmalleja.

Vaikka sähkön varastointi suuressa mittakaavassa ei ole toistaiseksi taloudellisesti kannattavaa, tulevaisuudessa, aurinkosähkön yleistyessä ja tuotantokapasiteetin kasvaessa, voi olla perusteltua sijoittaa voimala-alueelle suuri akusto tai vastaava sähköntuotannon ja -kulutuksen välisen eron tasaamiseksi. Edellytyksenä on varastointitekniikan kehittyminen ja halpeneminen. Akusto voidaan sijoittaa osittain tai kokonaan maan alle, mutta suurena rakennuksena toteutettuna (verrattavissa vaikkapa Sanomataloon, kauas näkyvään vesitorniin tai voimalaitokseen, kuten Salmisaari) se voisi toimia myös pitkälle näkyvänä maamerkinä kaupunkikuvassa.

Oikealla ylhäällä: Lauttaseereen rakenteilla oleva sähköasema tulee kokonaan rakennuksen sisään. Lähde: Helsingin Energia, kuva: Arkkitehtitoimisto Virkkunen & co.
Oikealla alhaalla: Mekaanikonkadun suuri AIS-tyypin sähköasema Herttoniemessä. Asemalla tulee useita 110 kV johtoja. Aurinkovoimala ei edellytä näin suurta asemaa.

Voimalan vaatimukset yhdyskuntatekniinalle

Nykyiset sähkönjakeluverkot jakaantuvat korkea- ja keskijännite- ja pienjänniteverkkoihin. Ne on suunniteltu siirtämään sähköä suuremmasta jännitteestä pienempään. Kuluttajien laitteet toimivat vain tietyillä jännite- ja taajuustasoilla. Kun aurinkosähkön tuotanto yleistyy - sekä keskitetyksi että hajautetusti - muuttuu sähköverkkojen kuormien hallinta haastavammaksi. Sähköä liikkuu verkossa kahteen suuntaan: muuntajista kuluttajille mutta myös toisin päin. Lisäksi aurinkosähkön tuotto heilahtelee valon määrän mukaan. Siksi aurinkosähkön varastointi on tulevaisuudessa avainasemassa, sekä hajautetussa että keskitetyssä tuotannossa. Se edellyttää yhteistyötä aurinkosähköjärjestelmiä valmistavan teollisuuden, verkkoyhtiöiden ja tuotantolaitosten yhteistyötä.



4.1.2 Voimalan hiilijalanjälki

EPIA:n mukaan Etelä-Euroopan oloissa (1700 kWh/m²/vuosi) aurinkosähköjärjestelmän hiilijalanjälki vaihtelee välillä 16-32 gCO₂ eq/kWh. Vertailun vuoksi: fossiilisista polttoaineista tuotettuna luvut ovat 300-1000 g CO₂ eq/ kWh (Fact Sheet on the Carbon Footprint). Vaikka kaas- tai hiilivoimalassa olisikin CO₂-takaisinotto (CCS), aurinkopaneelilla tuotetun olevan kilowattitunnin hiilijalanjälki on kymmenes - kahdeskymmenesosa fossiilisista lähteistä tuotetun kilowattitunnin hiilijalanjäljestä. Kun tämä suhteutetaan Etelä-Suomen oloihin lukemat eivät ole aivan yhtä tyrmäävät, mutta ero Aurinkoenergian hyväksi on silti suuri.

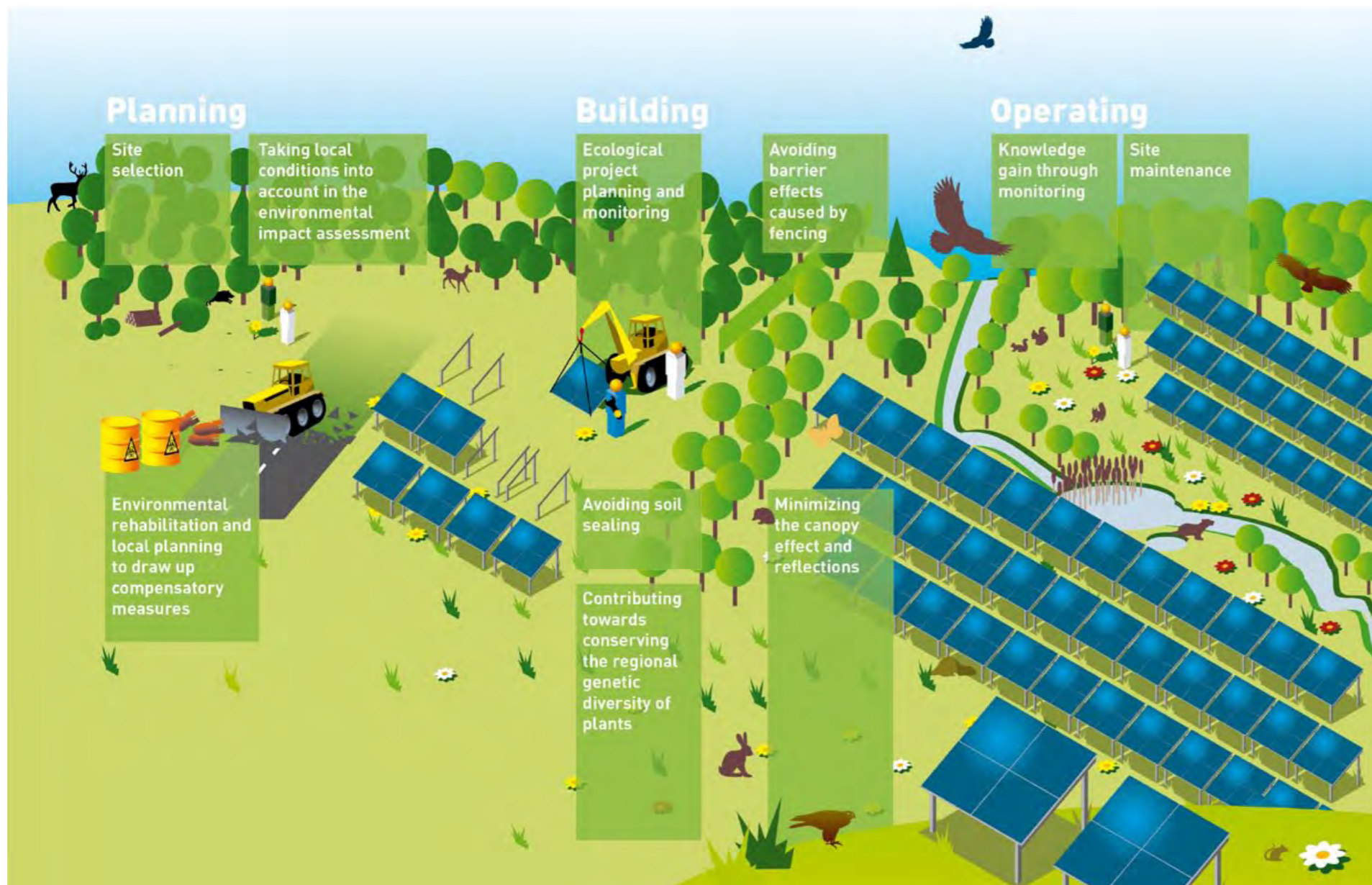
Aurinkosähköjärjestelmien hiilijalanjälki on puolittunut viimeisen 10 vuoden aikana järjestelmien hyötysuhteen kehittymisen, raaka-aineiden säästeliäämmän käytön ja valmistusprosessien tehostumisen myötä. Näiden tehostuminen jatkuu edelleen, samalla energiankäyttö tehostuu, materiaaleja kierrätetään, järjestelmien elinkaari pitenee ja logistiikkaketjut kehittyvät.

4.1.3 Voimalan vaikutus luonnonoloihin

Vastuullinen maankäyttö ja ympäristöhaittojenminimointi on tärkeää myös aurinkosähkön kohdalla. Aurinkosähkövoimala on meluton, päästötön ja turvallinen voimalaitos, mutta kuten millä tahansa rakentamisella, sillä on vaikutus paikan luonnonoloihin, mm. kasvi- ja eläinlajeihin sekä vesitaseeseen ja mikroilmastoon. Joitain ohjeita on jo laadittu. Vuonna 2005 Saksan luonnonsuojeluliitto NABU (Der Naturschutzbund Deutschland e.V.) ja aurinkoenergia-alan järjestö BSW (Bundesverband Solarwirtschaft) määrittivät seuraavat kestävä aurinkopuistorakentamisen kriteerit:

- Puistoja ei tule pystyttää suojelualueille. Etusijalla ovat alueet, jotka ovat aiemmin olleet kovassa käytössä, mm. maatalouden piirissä tai teollisuusalueena.
- Alueet ovat Euroopan lintudirektiivin mukaisia (puistot eivät uhkaa suojelualueiden ulkopuolisiakaan lintujen elinympäristöjä).
- Vältetään paljaita alueita (voimalat eivät dominoi maisemaa).
- Vettä läpäisemättömiä päällysteitä ei tulisi olla yli 5 % alueen pinta-alasta.
- Aitaaminen ei saisi toimia esteenä pienille nisäkkäille tai sammakkoeläimille.
- Synteettisten lannoitteiden tai torjunta-aineiden sijaan alueita tulisi hoitaa niittämällä tai laiduntamalla.
- Paikallinen yhteisö tulisi ottaa mukaan hankkeen valmisteluun.

Saksalaisen uusiutuvia energiamuotoja edustavan järjestön (Agentur für Erneuerbare Energien) julkaisun mukaan aurinkopuistoilla voi tutkimusten mukaan olla positiivinenkin vaikutus luonnon monimuotoisuuteen. Tämä pätee etenkin intensiivisen maanviljelyksen piirissä olleille tai lajistoltaan köyhtyneille mahdollisesti saastuneille alueille, kuten entisille teollisuus-, varastointi-, ja liikennealueille (esimerkiksi lentokentät). Vaikutus tehostuu liittämällä aurinkopuistot osaksi viheralueverkostoa.



Ympäristövaikutuksia voidaan ennakoida ja ennaltaehkäistä

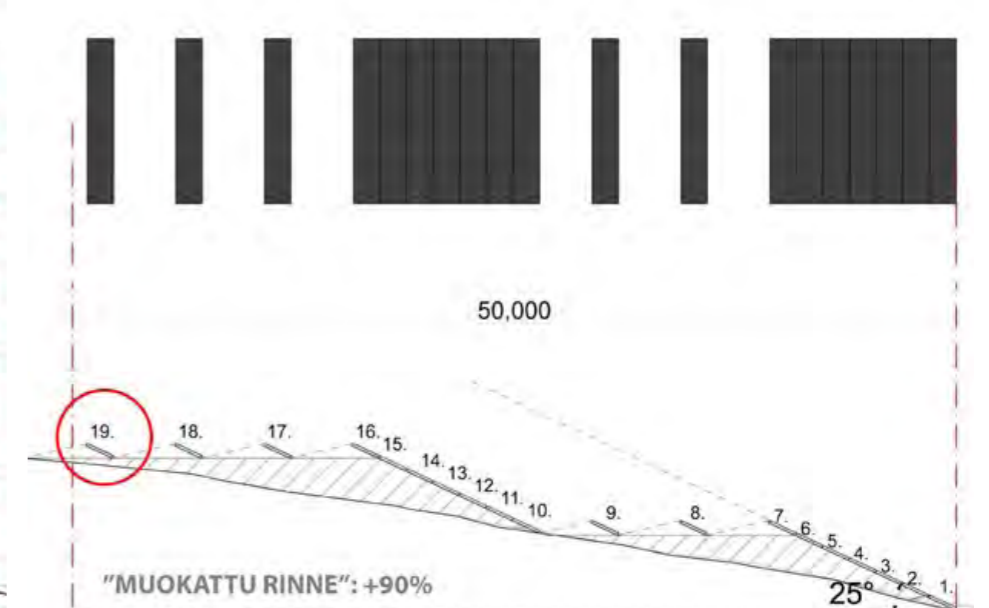
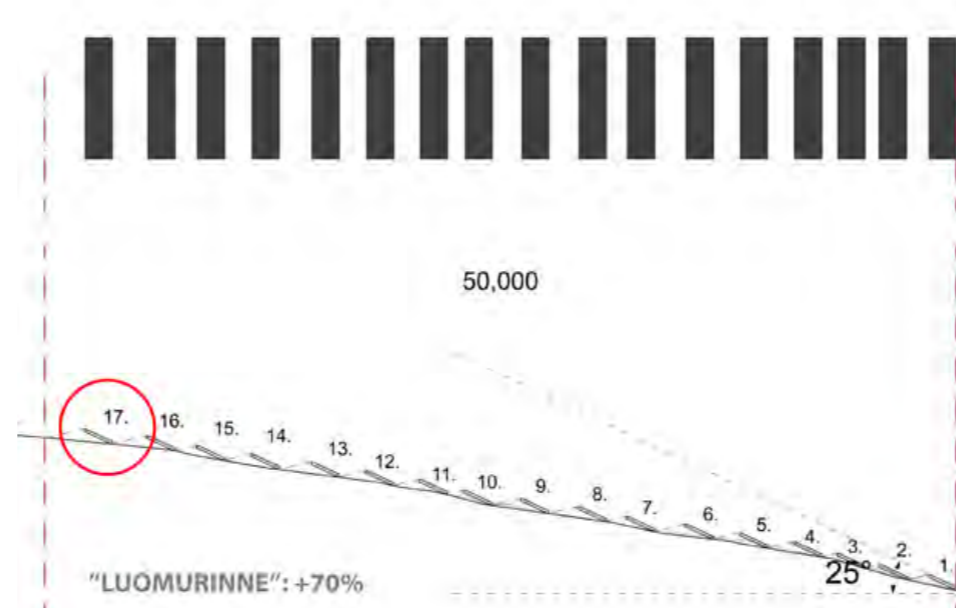
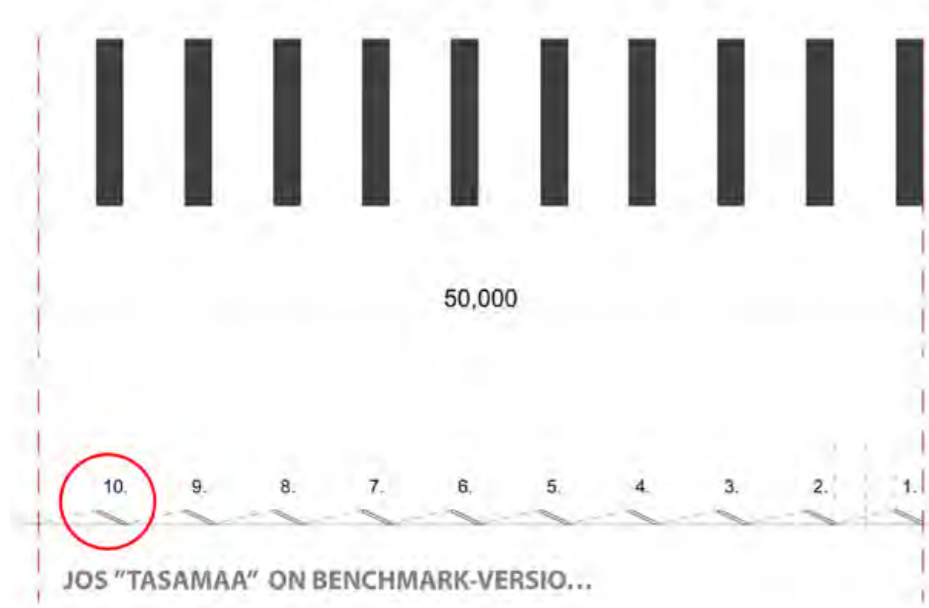
- Arvioidaan ympäristövaikutuksia jo suunnitteluvaiheessa. Aluetta seurataan sen toiminta-aikana.
- Vältetään maanpinnan peittämistä vettä läpäisemättömillä materiaaleilla. Rankamaiset rakenteet ovat tässä mielessä suositeltavia.
- Katos- ja heijastusvaikutuksia tulee vääjäämättä. Paneelit muuttavat sadan jakautumista maahan ja varjostavat maata. Suurin osa vedestä valuu maahan tukijalkoja pitkin ja imeytyy siitä maahan, maaperän ominaisuuksista riippuen. Lumivaippa jää ohuemmaksi paneelien alta. Eräät lintulajit saattavat hyötyä tästä. Ainakin niiden on Saksassa havaittu etsivän ruokaa paneelien alta. Varjostuksella on sitä suurempi vaikutus, mitä kuivemmasta ja lämpimämmästä paikasta on kyse. Kallioiden lakialueilla on siis suurempi muutos kuin savipellolla. Auringonvalon heijastuminen moduuleista houkuttelee hyönteisiä munimaan paneeleille. Tätä voidaan vähentää/estää valkoisilla merkinnöillä.

- Käytetään paikkaan sopivia kasveja, mielusti paikallisia taimia tai siemeniä. Alue voidaan myös jättää kylvämättä ja antaa luonnon hoitaa tehtävänsä. Näin alueelle tulevat kasvit ovat varmuudella paikallisia.
- Vältetään aitaamisesta johtuvaa estevaikutusta lajien liikkumisen kannalta. Aitaamisen perusteluna on turvallisuus. Jos aitaaminen on välttämätöntä, tulisi se toteuttaa siten, että eläimille jätetään kulkuaukkoja tai aidan alosaan jätetään pienten eläinten mentävä rako.

Saksassa on useita aurinkopuistoja, joissa on tutkittu ja tehty erilaisia suunnitteluratkaisuja: muun muassa *Lieberose* (lintualue vanhalla sotilasalueella), *Salmdorf* (uhanalaisen sammakolajin ekologinen käytävä), *Schneeberger Hof* (vesitaseen tutkiminen), *Waldpolenz* (hyönteistutkimusta).

Iso kuva: Ympäristövaikutusten minimointia. **Oikealla ylhäällä:** Linnut ovat mukautuneet olosuhteiden muutoksiin. Iso kuva ja yläkuva: Renewable Energies Agency.

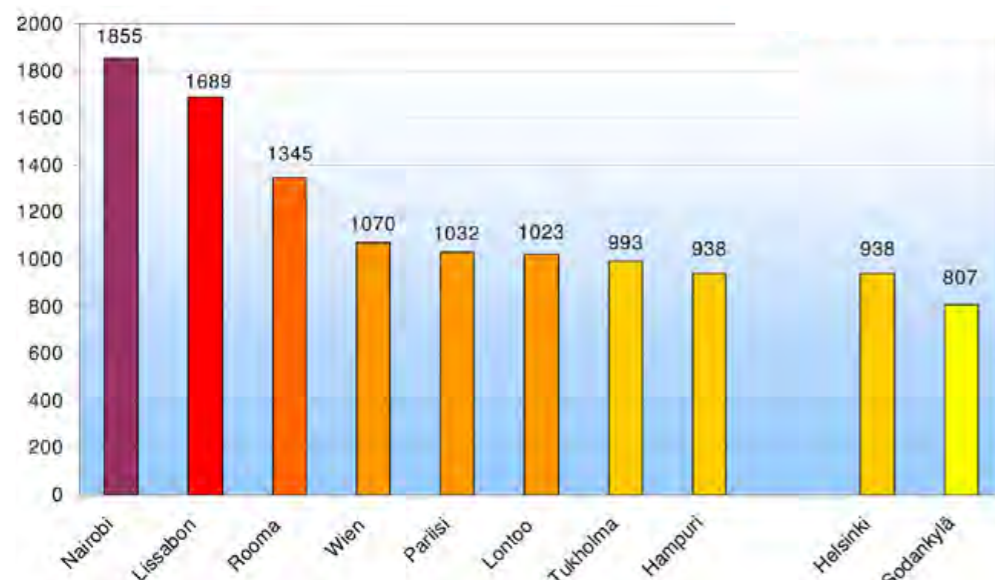
Keskellä: Atzenhofissa lampaat on pistetty maisemanhoitotöihin. Kuva: Fürthin kaupunki. **Alakuva:** Tasaisemmassa maastossa niitto onnistuu koneellisesti. Kuva: Belectric.



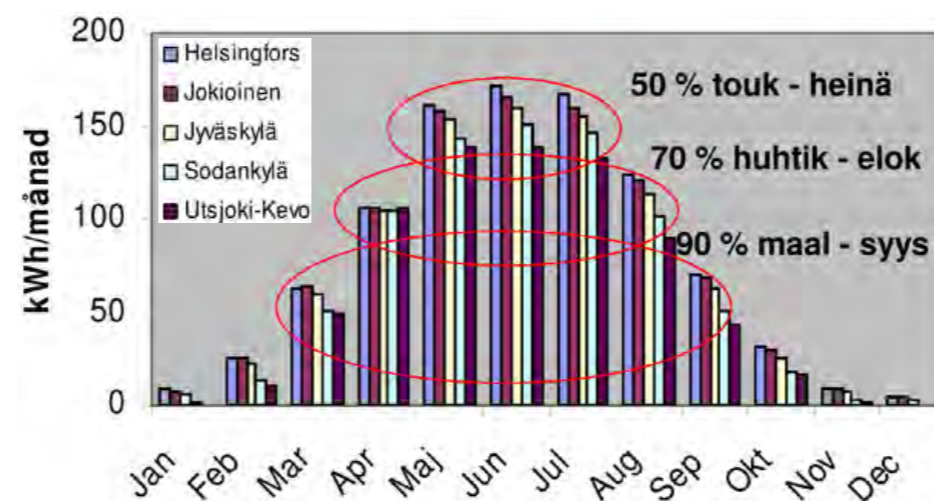
Yllä: Kaavioilla tutkittiin paneelirivien sijoittelua tasamaalle, satunnaiseen rinteeseen, sekä muokattuun rinteeseen. Kaavioissa ei oteta huomioon mm. alueen kumpuilevuutta, voimalinjoja eikä alueen epäsäännöllistä muotoa.

4.1.4 Auringon säteily Suomessa

Vuositasolla **Etelä-Suomen horisontaalisäteily** on noin **930 kWh/m²** ja **Pohjois-Suomessa** noin **800 kWh/m²**. Vertailun vuoksi, vuositasolla säteily määrä on **Pohjois-Saksassa** likimain sama kuin Suomessa, **Etelä-Ranskassa** noin **1500 kWh/m²**, **Etelä-Euroopassa** jopa **1700 kWh/m²**. Aurinkopaneelien asennus-asennolla, -kulmalla ja suuntauksella on vaikutusta paneelien sähkön tuottoon, koska ne vaikuttavat suoraan kennoon osuvan säteilyn määrään. Paras vuotuinen tuotto saadaan kun kenno on 36-43° kulmassa, suoraan etelään suunnattuna. Suomessa kuitenkin käytetään tasamaalla tai katolla tyypillisesti noin 25-30° kulmaa kompromissina parhaan tuoton ja paneelien keskinäisen varjostuksen välillä. Aurinko on matalalla ja varjot pitkiä.



Kiinteästi optimikulmaan asennettuihin paneelisiin säteilyä tulee noin 1090-1120 kWh/m². Arvo on laskettu kiinteästi suoraan Etelään päin asennetuilla paneeleilla, kun niiden kallistuskulma on 25-45°. Malli on laskettu **Euroopan komission JRC-IET -instituutin (The Institute for Energy and Transport) -karttasovelluksella, jonka perusteena on PVGIS-Classic säteilytietokanta**. Aurinkosäteilyn mallinnus perustuu mittauksiin maanpinnassa sekä satelliittitietoihin perustuviin laskelmiin.



4.2 AURINKOVOIMALAN TUOTANTOPOTENTIAALI

Voimalan tuotantopotentiaali riippuu paitsi säteilysummasta ja pinta-alasta, myös järjestelmän hyötysuhteesta. Litteät piipohjaiset kennot edustavat 94 % nykypäivänä asennetuista kennomarkkinoista (Alanen ym., 13) ja niiden oletetaan olevan markkinoiden hallitseva ratkaisu vielä vuosia. Piikennoilla on useita alakategorioita: yksikide-, monikide-, ohutkalvo- (thin film) jne. Piikennoihin perustuvien järjestelmien karkea hyötysuhde on kennojen osalta karkeasti 20 % molemmin puolin, paneelien osalta noin 16 % molemmin puolin.

Keskimäärin 1 MW aurinkopuisto edellyttää karkeasti 2,5-3,5 hehtaaria maata. Maa-alan tarve riippuu aina paikallisista lähtökohdista ja teknisistä ratkaisuista. Yllä ja viereisellä sivulla on selvityksen varhaisessa vaiheessa tehtyjä teoreettisia tutkimuksia maapinnan muotojen vaikutuksesta aurinkovoimalan tuotantopotentiaaliin. Tutkielmassa ei ole huomioitu paikan lähtökohtia ja suunnittelun reunaehtoja, muun muassa voimalinjojen alapuolelle rakentamiseen liittyviä rajoituksia. Maahan tuleva säteily tulee meille annettuna. Laskelmissa on hyvä huomioida se että paneelit "kuluvat" käytössä. Tehosta on jäljellä 93 % 10 vuoden kuluttua ja 80 % 25 vuoden kuluttua. Nopeissa laskelmissa tämä voidaan kompensoida käyttämällä keskimääräistä elinkaaren aikaista tuottoa, Helsingissä noin 900 - 930 kWh/m².

Loitompana vasemmalla: Vuosittainen säteily vaakatasolle kWh/m².

Vasemmalla: Säteilysumma jaettuna eri kuukausille Helsingissä, Jokiisissa, Jyväskylässä, Sodankylässä ja Utsjoella. Etelä-Suomen kokonaissäteily on 1000 kWh/m²/vuosi. Kaaviot: Mats Wiljander, Aurinkoteknillinen Yhdistys.



Voimala-alueen pinta-ala n. 41 ha eli 410 000 m².

"TASAMAA" 100%	"LUOMURINNE" +70%	"MUOKATTU RINNE" +90%
Paneelien pinta-ala n. 136 700 m ² Moduulin teho: 140 W/m ²	Paneelien pinta-ala n. 232 300 m ² Moduulin teho: 140 W/m ²	Paneelien pinta-ala n. 259 700 m ² Moduulin teho: 140 W/m ²
-> 19 MW -> 15200 MWh eli 15,2 GWh	-> 32 MW -> 25600 MWh eli 25,6 GWh	-> 36 MW -> 28800 MWh eli 28,8 GWh
Kattaa n. 10 000 asukkaan kotitaloussähkön eli n. 14 % Östersundomin 70 000 asukkaasta.	Kattaa n. 17 000 asukkaan kotitaloussähkön eli n. 24 % Östersundomin 70 000 asukkaasta.	Kattaa n. 19 000 asukkaan kotitaloussähkön eli n. 27 % Östersundomin 70 000 asukkaasta.

Kotitaloussähkölle tarkoitetaan tässä ei-sähkölämmitteisten asuntojen lisäksi sähkön käyttöä. Luku ei sisällä asunnon lämmityksen ja lämpimän käyttöveden valmistukseen käytettävää sähköä. Sähkötarpeeksi on arvioitu 1500 kWh/asukas.

Yllä: Alkuvaiheen suuntaa-antava laskelma voimalan tuotantopotentialista.

4.3 AURINKOSÄHKÖN TUOTANTOKUSTANNUKSET

Aurinkovoimalalla ei ole polttoainekustannuksia. Voimalan rakentamisessa syntyy pääomakustannuksia. **Aurinkosähkön kohdalla tarkastellaan usein järjestelmien hintojen kehitystä.** Vaikka järjestelmien hinta on teknologian kehityksen tärkeä mittari, osuvamman tuloksen kilpailukyisyydestä antaa aurinkosähkön tuotantohinnan vertaaminen muilla tavoin tuotettuun sähkön (kWh) kustannuksiin. Aurinkosähköjärjestelmien elinkaari on pitkä, yli 25 vuotta. Siksi "tasoitettu hintavertailu" (LCOE) on avainroolissa todellisen tuotantokustannuksen ymmärtämiseksi. LCOE-menetelmä sisältää kaikki elinkaaren aikaiset rahoitus- ja käyttökulut (sis. polttoaineet ja laitteiden uusinnat). LCOE:n avulla on mahdollista verrata aurinkosähköä kaasu- tai ydinvoimalaan. Aurinkosähkön tasoitettujen hintavertailun (Levelized cost of Energy, LCOE) kolme tärkeintä kustannusajuria ovat:

- aurinkosähköjärjestelmän pääoma- ja pystytyskulut (sis. paneelit sekä muut järjestelmän osat)
- järjestelmän vuosittain tuottama sähkö (kWh per kW, syntyy säteilyn ja paneelien funktiona)
- tekninen suorituskyky
- rahoituskustannukset

Suurten yksiköiden (joihin Östersundomin aurinkovoimala voidaan lukea) *tuotantohintojen* odotetaan painuvan tasolle 0,14-0,07 €/kWh lähes koko Euroopassa vuoteen 2020 mennessä (Solar Europe Industry Initiative Implementation Plan 2010-2012, 6). Asennettujen ja myytyjen järjestelmien määrä on ollut yhteydessä hintojen laskuun ja saman trendin voi olettaa jatkuvan edelleen. Vuoteen 2030 mennessä *järjestelmien hinnat* voivat tippua jopa tasolle 0,7 - 0,93 €/Wp, vuoteen 2050 mennessä tasolle 0,56 €/Wp. (Solar Generation 6, 31). EPIA ennustaa suurten, kiinteiden järjestelmien tuotantokustannusten tippuvan edelleen: kun vuonna 2010 hintahaarukka oli 0,15-0,29 €/kWh (kalliimpi Pohjois-Euroopassa, halvempi Etelä-Euroopassa), vuoteen 2020 mennessä hintatason odotetaan Euroopassa asettuvan tasolle 0,07-0,17 €/kWh (Solar Generation 6, 32).

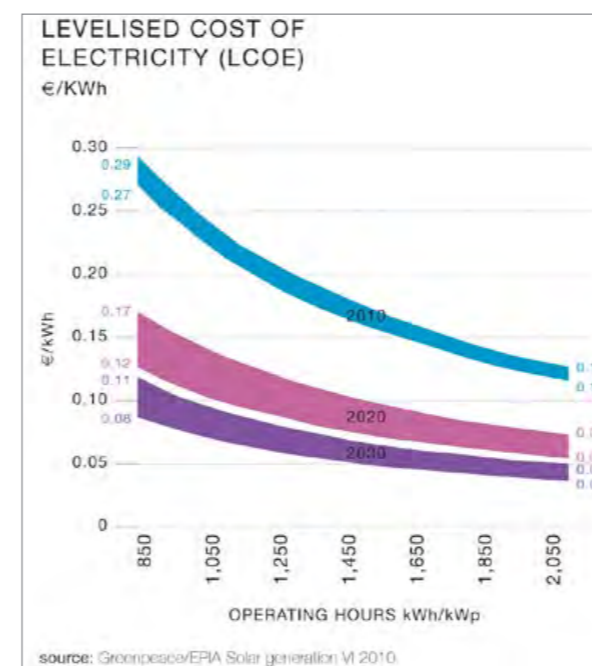
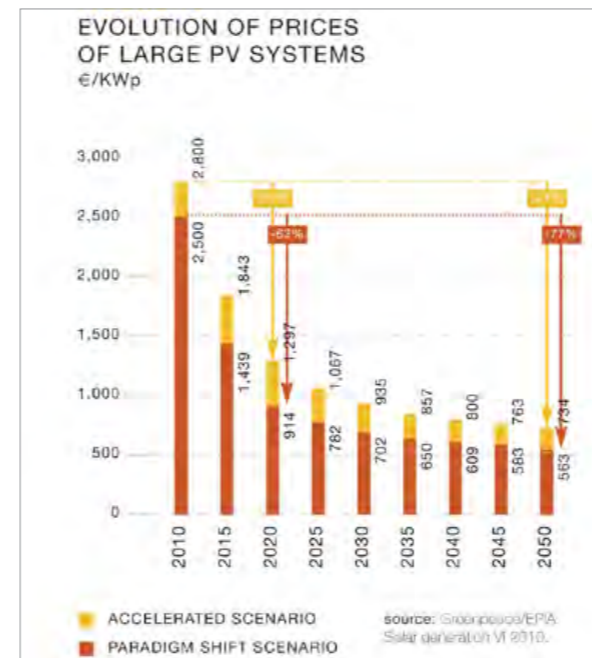
Tässä selvityksessä ei ole otettu kantaa eri lähteistä tuotetun energian suoriin tai epäsuoriin tukiin lukuunottamatta TEM:in energiapolitiikkaa (luku 3.1.2.). Kansainvälinen energiajärjestö IEA:n World Energy Outlook -raportissa on käsitelty fossiilisten polttoaineiden tukia ja tukien taloudellisia vaikutuksia.

Ylhäällä: suurten yksiköiden hintojen kehitys vuosile 2010-2050.

Alhaalla: LCOE-kustannukset.

Vuoden 2010 hinnat=Saksan hintoja.

Kaavioiden lähde: Solar Generation 6



Ylhäällä: Kolme erilaista skenaariota aurinkosähkön tuotannosta Euroopassa. PV Hoch=nopean kasvun skenaario, PV niedrig=hitaan kasvun skenaatio, PV mittel=jotain siltä väliltä.

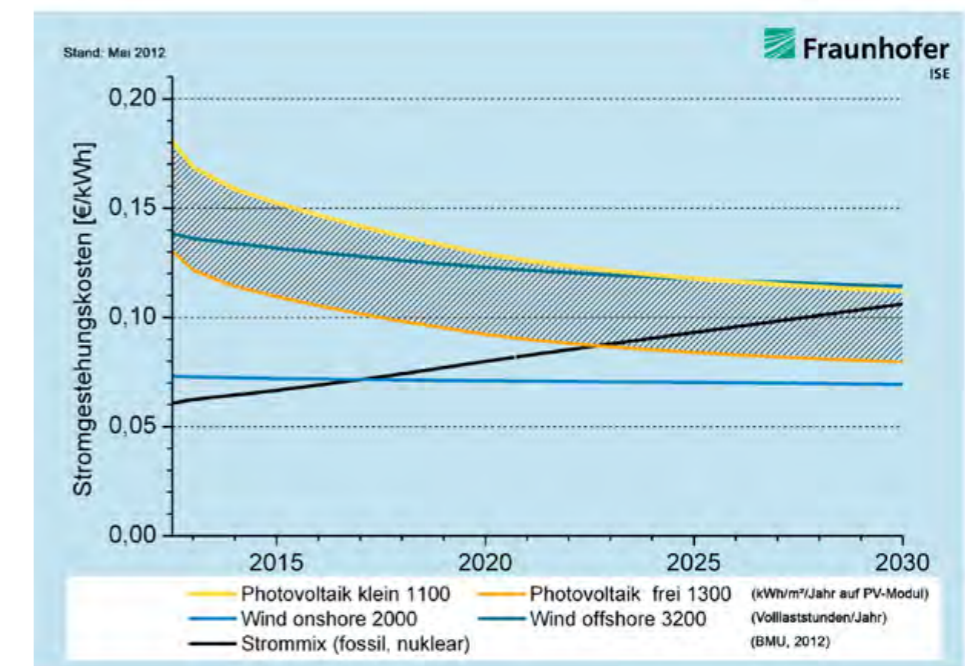
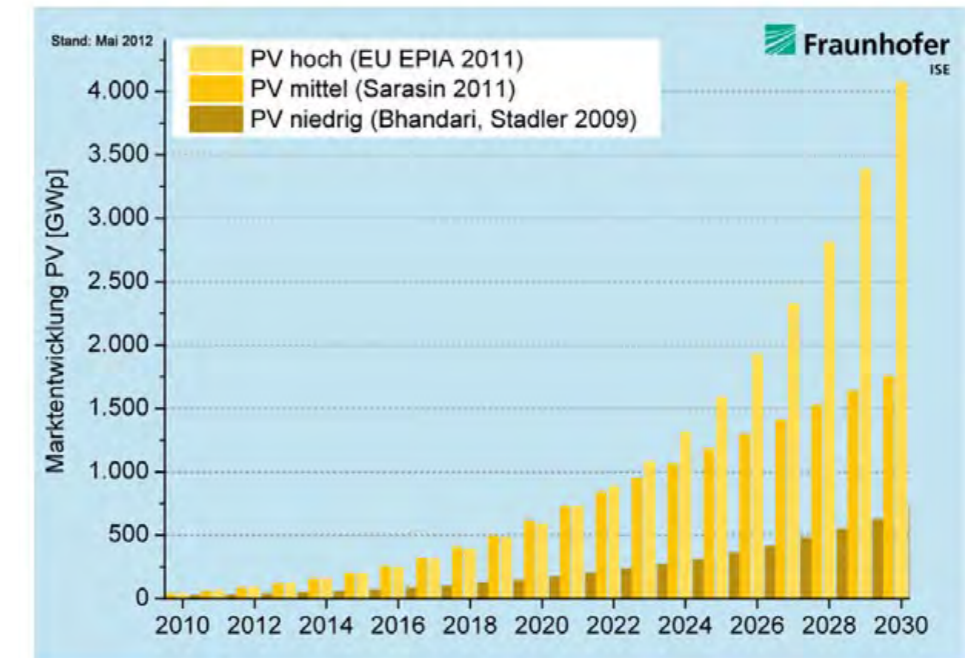
Alhaalla: Sähköntuotantokustannuksia eri tuotantotavoille.

Photovoltaik klein=pienet aurinkosähköyksiköt, kuten kotitaloudet.

Photovoltaik frei: Östersundomin tyyppiset voimalat.

Wind on/offshore=tuulivoima merellä/mantereella,

Strommix=fossiilisten ja ydinsähkön sekoitus. Kaavioiden lähde: Kost ym., 2012.



4.4 REFERENSSIHANKKEITA

4.4.1 Aurinkosähkövoimaloita

Briest, Brandenburg, Saksa

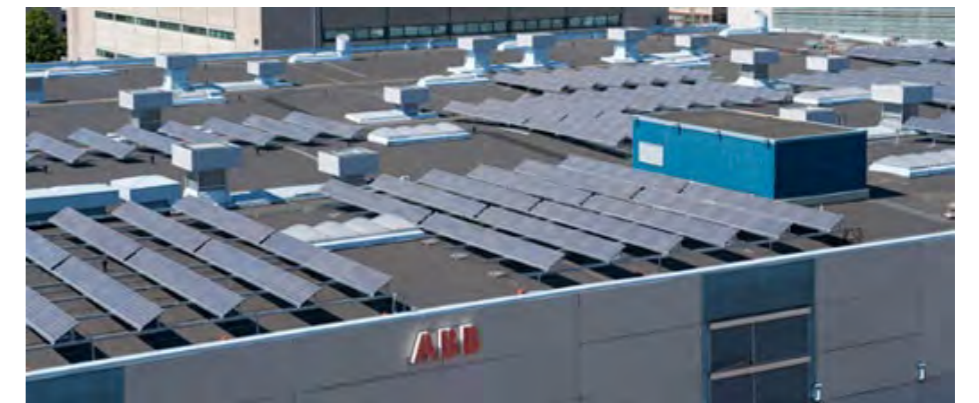
- sijainti: Brandenburg, Saksa. Alue on vanha lentokenttä.
- valmistui: 2011
- pinta-ala: ~200 ha, paneeleja 648,654 m²
- säteily vuositasolla: 1021 kWh/m²
- tuotto: 91 MWp/ ~89,500 MWh (simuloitu)

Les Mees, Ranska

- sijainti: Alpes-Haute-Provence, Ranska
- valmistui: 2010
- pinta-ala: 36 ha
- säteily vuositasolla: 1550 -1840 kWh/m²
- tuotto: 18.2 MW, 15470 MWh

ABB, Helsinki, Suomi

- sijainti: Pitäjänmäki, Helsinki
- valmistui 2010
- pinta-ala: 870 kennoa, 1 250 m²
- teho 181 kW
- tuotto 160 000 kWh/vuosi
- investointikustannukset ovat noin 500.000 €



Ylhäällä: Briest. Kuva: Luxcara GmbH.

Keskellä: Les Mees. Kuvat: Enfinity.

Alhaalla ABB. Lähde: Tekniikka ja Talous. Kuva: Utte Ekholm

4.4.2 Sähkön varastointiratkaisuja

Tuotettu sähkö kulutetaan kutakuinkin saman tien. Esiselvityksen kirjoitushetkellä ei ole tiedossa taloudellisesti toteutuskelpoista ratkaisua pitkäkestoiseen (viikkojen tai kuukausien pituiseen) sähkön varastointiin. Alla on muutama esimerkki sähkön varastoinnista. Erityyppiset ratkaisut soveltuvat erilaisiin tarpeisiin. Ratkaisujen hyötysuhteet, syklinen elinikä (eli lataus-purkaus –syklien lukumäärä), purkausajat, nimellistehot, kustannukset ja ympäristövaikutukset eroavat toisistaan merkittävästi. **Alanen ym. ovat käsitelleet akkuja raportissaan "Aurinkosähkön mahdollisuudet Helsingin Östersundomin alueella"**

Paineilmavarastot

Paineilmavarastoja käytetään ns. CAES-laitoksissa (Compressed Air Energy Storage) keskitetyssä sähköntuotannossa. Varastoidun paineilman avulla CAES-laitos tuottaa sähköä ilman kompressoria, jolloin turbiinin energia voidaan käyttää kokonaan sähkön tuottamiseen. Varastoa ladataan kompressorilla (l. toimii moottorina), kun sähkön hinta on alhainen tai kun sähkön kulutus on alhainen. Vastaavasti paineilma-varasto puretaan huippukulutustilanteissa. Paineilmavarasto soveltuu lähinnä suuren kokoluokan energian kysynnän hallintaan vaikkakin pienempiä esimerkiksi uusiutuvan energian yhteistuotantojärjestelmiin soveltuvia paineilmasäiliön avulla toimivia järjestelmiä kehitetään.

Huntorfin paineilma-voimala Pohjois-Saksassa oli ensimmäinen lajissaan. Se rakennettiin 1978. Voimala toimii edelleen ja palvelee pääosin teollisuusasiakkaita. Laitoksessa on 2 luolaa, joiden yhteistilavuus on 150,000 m³. Vuoden 2006 muutosten myötä voimala tasoittaa myös useiden tuulivoimaloiden tuotantoa. Kaasuturbiini voidaan startata ilman ulkopuolista energiaa. Täysi teho (321 MW) saavutetaan 6 minuutissa. Voimala on täysin automatisoitu.

- Kapasiteetti: 321 MW, yli 2 tuntia.
- Omistaja: E.ON Kraftwerke GmbH
- Kustannukset: ei tiedossa



Vasemmallä: Huntorf. Paineilma on varastoitu luoliin maan alle. Kuva: E.ON.

Kemialliset akut

Zhangbei National Wind and PV Energy Storage and Transmission Project aloitti toimin-tansa vuonna 2011. Järjestelmä koostuu tuulienergiasta (100 MW), aurinkosähköstä (40 MW), akuista (20-36 MW), sekä älykkästä sähköverkosta ja ohjausjärjestelmistä. Vaikka maailmalla on useita vastaavan kokoluokan hybridivoimaloita, on tämä yksi suurimmista litiumioni-akustoista. Kiinan valtion verkkoyhtiön (SGCC) pilottihankkeessa kokeillaan, miten suurten sähkömäärien syöttämistä kansalliseen siirtoverkkoon toimii vakaasti ja ennustettavasti. Akkuvalmistaja BYD:in mukaan suuri mittakaava parantaa uusiutuvat energian hyötysuhdetta 5-10 %.

- Akuston kapasiteetti: 20 MW, BYD Company litiumionirautafosfaattiakut
- Kustannukset: 1.88 miljardia dollaria (1. vaiheessa: 550 miljoonaa dollaria)

Myös **Yhdysvaltalaisella AES Energyllä on 32MW litiumioniakusto** tuuli-voimalan yhtydessä Laurel Mountain Wind Farmilla. Asema aloitti toimintansa syksyllä 2011.

Rokkasho-Futamata Wind Farmilla Japanissa on sekä tuuli- että aurinkovoimala. Kohteessa on suuri natriumakusto. Natriumrikkiakuilla on monia muita kemiallisia akkuja parempi energiatiheys, korkea hyötysuhde (89-92 %), pitkä elinkaari ja materiaalit ovat halpoja. Toimintalämpötila on 300-350°. Lämmöstä ja materiaalin syövyttävyydestä johtuen teknologia soveltuu lähinnä suuriin kohteisiin

- Akuston kapasiteetti: 34 MW (17 x2 MW) NGK Insulator NaS-akkuyksikköä
- Omistaja: Japan Wind Development Company, Ltd.
- Kustannukset: ei tiedossa



Kesellä: Arlingtonin litiumioni-akut. Kuva: AES Corporation.

Vauhtipyörät

Aurinkosähkövoimaloiden tuottaman sähkövirran määrä on altis nopeille jännitetasen muutoksille. Esimerkiksi ohi menevä pilvi voi vähentää aurinkopaneelien tuottoa jopa 80 % neljän sekunnin sisällä. Kun pilvi on ohittanut paneelit, tuotanto palautuu ennalleen. Tällaiset sähkövirran heilahtelut voivat aiheuttaa paikalliseen sähköjakeluverkkoon jännitehäiriöitä. New Yorkissa verkon kuormitusta tasataan vauhtipyörien avulla. Vauhtipyörä on mekaaninen akku, joka taltioi ja luovuttaa liike-energiaa.

Beacon Powerin Stephentown advanced Energy Storage 200 nopeaa vauhtipyörää varastoivat energiaa lyhyellä vastineajalla. Laitos tarjoaa lyhytaikaista sähköverkon taajuudensäätelypalvelua lyhyellä varoitusajalla New Yorkin verkkoon. Laitos kattaa noin 10 % New Yorkin verkon taajuudensäätelypalveluista. Laitoksen kasvihuonekaasupäästöt ovat nolla. Se ei tarvitse minkäänlaista polttoainetta. Tässä suhteessa vauhtipyörät muistuttavat vesivoimaa. Kemiallisiin akkuihin verrattuna vauhtipyörien etu on että ne kestävät tuhansia ja tuhansia latauskertoja kulumatta ja lataustehon heikkenemättä vähintään 20-vuotisen elinkaarensa aikana. Laitos myös käynnistyy verkko-operaattorin signaalista 4 sekunnissa, kun taas fossiilisiin polttoaineisiin perustuvat laitokset vaativat useiden minuuttien käynnistysajan.

- Kapasiteetti: 20 MW 4 sekunnissa sähköyhtiön signaalista, (5 MWh yli 15 minuuttia) 200 kpl Beacon Smart Energy 25 vauhtipyörää
- Omistaja: Beacon Power Corporation, LLC
- Kustannukset: 69 miljoonaa dollaria



Oikealla: Stephentownin vauhtipyöräyksikkö. Kuva: Beacon Power LLC.

5. SUUNNITELMAN KUVAUS

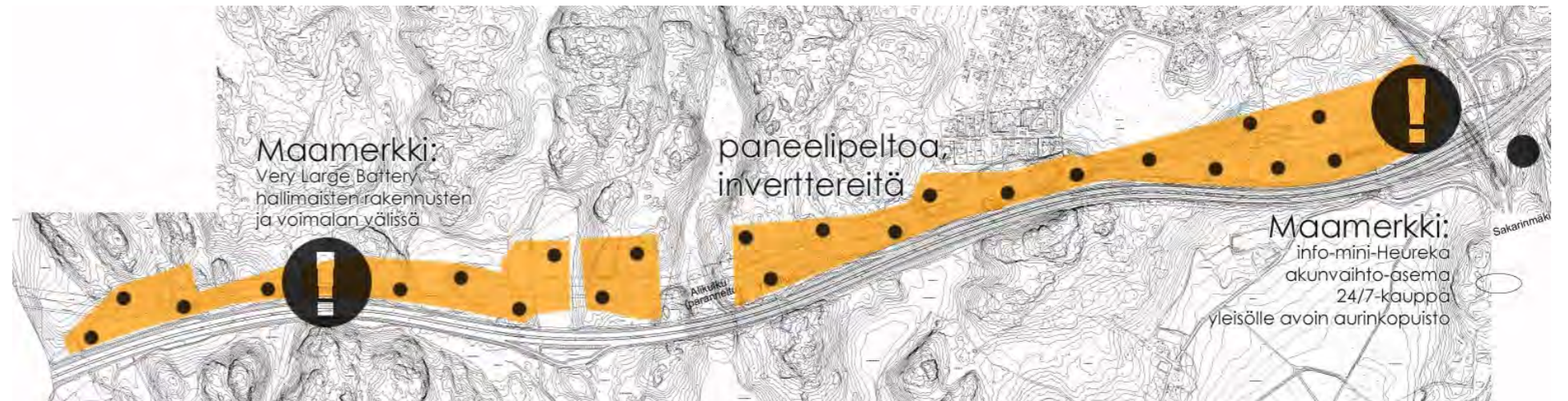
5.1 TAVOITE

Aurinkovoimala on Östersundomin ensimmäinen, tärkeä askel sen profiloituessa aurinkoenergian hyödyntämisen edelläkävijäksi. Tavoitteenamme on ollut kuvata Aurinkovoimala ainutlaatuisena ja realistisena pilottikohteena, joka tuottaa enemmän aurinkosähköä, kuin mikään muu tämän hetken aurinkosähköjärjestelmä Suomessa. Koska aurinkovoimala on turvallinen, siitä voi tulla nähtävyys, tieteellinen ja kaupallinen kohde, jota tullaan katsomaan muualta suomesta ja ulkomailta. Lisäksi voimalasta voidaan tehdä kaupunkikuvallisesti mielenkiintoinen.

5.2 KONSEPTI

Suunnitelman peruskonsepti on kolmiosainen. Alueen länsi- ja itäpäädyissä on maamerkinä toimivat elementit. Länsipäädyn maamerkki on suuri akusto, joka on tässä vaiheessa optio. Akustorakennus sijoittuu luontevasti suurten hallimaisten rakennusten ja Vantaan jätevoimalan lähistölle ja symbolisoi aurinkovoimala-alueen alkamista. Suurin osa suunnittelualueesta on "aurinkopaneelipellon" ja niihin olennaisena osana kuuluvien invertterien peitossa. Kulku akustoon ja aurinkopuistoon on estetty, paitsi puiston läpi kulkevilla, aidatuilla kevyen liikenteen väylillä. Itäisimpänä, Knutersintien risteyksessä on useita toimintoja. Myös tämä kohta toimii maamerkinä, etenkin idästä päin tulijoille. Oikaistu Knutersintie ylittää vt7:n siltana, johon liittyy kiinteästi "Mini-Heureka", tietokeskus aurinkoenergiasta. Info-keskuksen yhteydessä voi olla monia muitakin toimintoja: kahviloita, ravintoloita, 24/7 kauppa, toimistotiloja, sähköautojen lataus- ja akunvaihtoasema jne. Yhdistelmä erilaisia toimintoja tuo monenlaisia käyttäjiä paikalle. Lisäksi Knutersintien sillan alue tulee olemaan tärkeä liikenteellinen solmukohta pikaraitiotievarauksineen sekä moottoritien yhteyteen suunniteltuine linja-autopysäkkeineen.

Ulkotilat ovat erottamaton osa rakennusryhmää. Ulkotiloja ovat aurinkopuiston yleisölle avoin osa, joka aukeaa terrassin ja puiston yhdistelmänä rakennuksen länsipuolelle, sekä voimalaa palveleva sähköasema, joka jää rakennusryhmän sisään "akvaarioon". Puisto liittyy jalankulkijoita palvelevan putken yhteydellä vt7 eteläpuoleen. Puisto on siis Landbon ja Ultunan asukkaiden päivittäisessä käytössä heidän liikkuessaan moottoritien yli. Sähköasema on haluttu pitää näkyvillä. Se on olennainen osa aurinkosähkön tuotantoa ja jakelua. Koska sähköasemiin liittyy useita turvallisuusnäkökohtia, ja koska risteysalueen pinta-ala on rajallinen, muut rakennukset kietoutuvat sähköaseman ympärille jättäen sen eräänlaisen atriumpihan sisään.



Yllä Konsepti kaaviona.

5.3 VOIMALAN RAKENNE JA OSAT

Voimalan maankäytölle asettamia edellytyksiä on sivuttu yleisellä tasolla **luvussa 4**.

5.3.1 Paneelipelto

Lukumääränsä ja pinta-alansa vuoksi paneelit ovat eniten maisemaan vaikuttava voimalelementti. **Paneelipeltojen pinta-ala on 2,2+4,9+8,3+3,7+18+3,1 = 40,2 ha. Paneelija tulee voimala-alueelle noin 169 600 m². Lisäksi Knutersintien varren talojen katoille integroitavat paneelit noin 3000 m².** Luvut perustuvat kohdassa 5.4. esitettyihin taustaoletuksiin.

Voimalinjojen alle jää noin 15,9 ha / 40 % paneelipellon kokonaisalasta (40 ha) kun 400 kV johdon ympärille on jätetty 32 m leveä rakentamaton alue ja 110 kV johdon alle 26 m leveä rakentamaton alue.

5.3.2 Invertterit

Inverttereitä voi tulla esimerkiksi 20-30. Lukumäärä riippuu invertterien mitoituksista. Inverttereiden ominaisuuksia on kuvattu tarkemmin luvussa 4. Invertterit sijoitetaan alueen huoltoväylän varteen. Ne eivät näy kaukomaisemassa. Näillä määrillä invertterien vaikutus maisemaan ei ole niin merkittävä kuin paneelien.

Lisäksi saatetaan tarvita nostomuuntajaa inverttereiden ja sähköaseman väliin. Muuntajassa jännite nostetaan 20 kV:iin.

5.3.3 Sähköasema

Voimalan kytketään pienjänniteverkkoon paikalla jo olemassa olevan Etelä-Suomen Energian sähköaseman kautta. Aseman tontti on noin 50 x 50 m. Voimala ei siis tarvitse omaa sähköasemaa.

5.3.4 Muut mahdolliset toiminnot

Voimalan yhteydessä voi olla esimerkiksi seuraavan kaltaisia toimintoja:

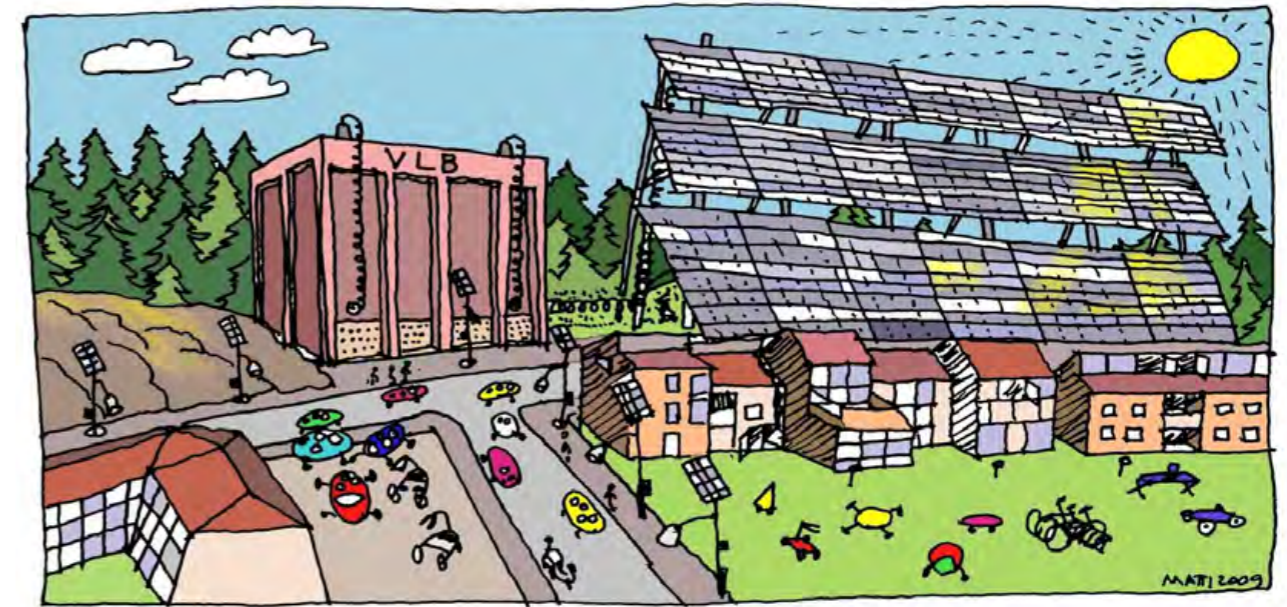
Aurinkopuisto:	1,5 ha
Knutersintien varren toiminnot:	1,9 ha
Mini-Heureka:	5500 k-m ²
Ravintola-, kahvila- ja palvelutiloja:	4 000 k-m ²
Aurinkotorni, toimistotiloja:	11 000 k-m ²
Myymälä- ja esittelytiloja, palveluja:	6000 k-m ²
Pysäköinti: noin 350 ap, josta noin 1/4 voimalinjan, 3/4 kannen alla.	

YHTEENSÄ: 26 500 k-m²

Very Large Battery: Tulevaisuuden sähköntuotannon heilahtelusta sekä tuotannon ja kulutuksen erojen tasaamiseksi osana aurinkovoimalaa on tarpeen harkita sähkön varastointia. Sähköaseman tapaan alustava tilavaraus voi olla 50 x 50 m ja rakennus voi olla huomattavan korkea (*referenssikuvia viereisellä sivulla*). Rakennukseen tulee olla huoltoyhteys. Akun lähistöllä voisi olla myös akkuteknologian yrityksiä.

Kansainvälinen aurinkotekniikan yrityspuisto: Helsinki voi profiloitua tulevaisuudessa "pohjoisten alueiden aurinkoenergian edelläkävijäksi". Alueelle voisi hyvällä syyllä houkuttaa aurinkoenergiaan liittyviä yrityksiä ja tutkimusyksiköitä, jotka keskittyisivät nimenomaan pohjoisten (tai eteläisten) alueiden aurinkoenergian tuotantoon. Esimerkiksi Very Large Batteryyn viereinen hallimaisten rakennusten alue voisi olla luonteva sijoituspaikka – yritysten tilat voisivat liittyä konkreettisesti aurinkopuistoon ja VLB-rakennukseen ja ne näkyisivät moottoritielelle. Toinen mahdollinen sijoituspaikka olisi Salmenkalliossa, lähempänä Vuosaaren satamaa.

Östersundomin rakennukset ja rakenteet osana Aurinkovoimalaa: Tulevaisuudessa vaikka kaikki Östersundomin rakennukset voisivat olla osana ja "osakkaana" aurinkosähkövoimalassa. Aurinkopaneelilla voidaan myös kattaa kevyen liikenteen väyliä ja moottoritietä. Ajatus liikenneväylien kattamisesta ei ole mitenkään tavaton, mm. Belgiassa on katettu junarataa.



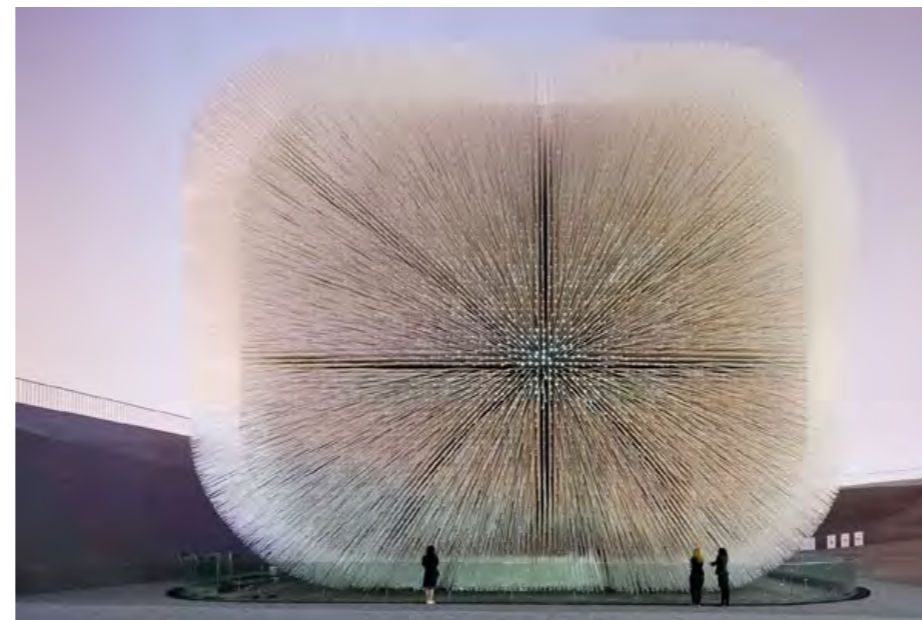
Yhdyskuntatekniikan rakennelmat voivat olla näyttävä elementti maisemassa ja kaupunkikuvassa. Arkkitehtuuri voi vaihdella huomattavasti. Tässä muutamia meitä inspiroineita kuvia matkan varrelta.

Ylinnä: Matti Visannin sympaattinen idea Very Large Battery -jättiläisakusta.

Keskellä vasemmalla: Ison-Britannian Shanghain maailmannäyttelyn "karvainen paviljonki" viehätti outoudellaan. Akryylitankojen verhoamassa paviljongissa on jotain siroa, elävää sekä luotaantyöntävää. Suunnittelu: Heatherwick Studio. Kuva: suunnittelija. **Keskellä oikealla:** Osin läpinäkyvillä paneeleilla voidaan kattaa ajoväyliä ja luoda miellyttävää ajoympäristöä. Kuva: Eriksson Arkkitehdit.

Alhaalla vasemmalla: Suomen Kirnu-paviljonki Shanghain maailmannäyttelystä 2010. Suunnittelija: JKMM Arkkitehdit. Kuva: Hanne Granberg. **Alhaalla keskellä:** Vesitorneja Kuwaitissa. Kuva: Flickr-kuvanjakopalvelu, käyttäjä Cajie/Cajetan Barretto.

Alhaalla oikealla: Moottoritien tai metron kattaminen tarjoaisi yhden mahdollisuuden lisätä aurinkosähkön tuotantoa. Katettua Inrabel-junarataa. Kuva: Enfinity.



5.4 AURINKOVOIMALAN SÄHKÖNTUOTTO

Tuottoarvio perustuu seuraaviin mallinnusperiaatteisiin:

- Koko alueen koko on 43,6 ha. Paneeleille jäävän alueen kooksi tarkentui yleisölle avoimen aurinkopuiston, Knutersintien risteyksen rakennusten sekä sähköaseman ja pohjoisrinteiden pois rajaamisen jälkeen noin 40 hehtaariin.
- Tuotannon hallitseminen edellyttää että kuhunkin invertteriin kytketyt paneelit ovat likimain samassa kulmassa keskenään. Siksi "luomurinne"-ratkaisut, joissa paneelit seurailevat maastonmuotoja pehmeästi ja jokainen paneeli on omassa kulmassaan, on tuotannollisesti vaikea ja kallis ratkaisu. Tästä syystä luomurinnettä tai täyttömaakumpareita ei tutkittu alkuvaiheen jälkeen tarkemmin.
- Noin puolet 40 hehtaarista (liitekuvien "osa-alue A") mallinnettiin kolmiulotteisesti paneelin tarkkuudella. Maastoa "höylättiin", 3D-mallissa, jotta paneeleja saatiin ryhmiteltyä samansuuntaisiin ryppäisiin. Tuottoarvio on skaalattu tämän alueen perusteella.
- Tuotanto voi vaihdella pelkästään säästä johtuen jopa 10 % vuositasolla.
- Jos voimala rakennetaan vasta 10 vuoden päästä, saman kokoiset paneelit tuottavat ehkä 10 % enemmän. Tällöin voimala tuottaa 10 % enemmän, vaikka se on fyysisesti täsmälleen samankokoinen.
- Mallissa on 1 x 2 m paneeleja riveissä, yhdessä rivissä on 2 paneelia päällekkäin.
- Paneelit on kallistettu 25 asteen kulmaan ja suunnattu +/- 25 astetta etelästä.
- Paneelirivit asennettiin niin etteivät ne varjosta toisiaan. Rivien välit vaihtelevat rinteiden kaltevuuden mukaan.
- Rinteen "lohkojen" koko vaihtelee noin tuhannen neliön ja noin hehtaarin välillä.
- Paneelien tehoksi on oletettu 155W/m² ja vuosituotoksi 130 kWh/m²/a.

Tässä esiselvityksessä ei ole otettu kantaa voimalan rakentamiskustannuksiin. Se vaatisi erillisen suunnitelman.

VERSIO MINI

Pelkkä suunnittelualue, voimalinjojen alustat käytössä (40,2 ha/172 600 m²):

VOIMALAN NIMELLISTEHO/VUOSITUOTTO= 27 MW/ 22 GWh.

Mikäli voimalinjojen alle ei voida asentaa aurinkopaneeleja, voimalan tuotto pienenee selvästi. Harusten ym. aiheuttamia rajoituksia voidaan tosin kiertää vaihtamalla voimalinjan tolpat toisentyypisiksi.

VERSIO MEDIUM

Katetaan voimala-alueen lisäksi moottoritietä viiden kilometrin matkalta. Asennuspinta-ala kasvaa esim. 350 000 m² (172 600 m² + 70 m x 5000 m):

VOIMALAN NIMELLISTEHO/VUOSITUOTTO=81 MW/68 GWh.

VERSIO MAKSI

Aurinkosähköpuisto laajenee Östersundomin rakennuksiin ja rakenteisiin. Asennuspinta-ala kasvaa 440 000 m² (172 600 + 350 000 + 440 000m²):

VOIMALAN NIMELLISTEHO/VUOSITUOTTO=149 MW/125 GWh.

Käyttökelpoinen kattopinta-ala perustuu VTT:n raporttiin (Alanen ym., ss. 56-57), missä arvioitiin alueen väestö- ja työpaikkaennusteiden perusteella karkeasti alueen kerrosala, ja siitä edelleen kattopinta-ala (kerrosalaa kertyy useista kerroksista, kattoa ei). Aurinkopaneelien asennuspinta-alaksi oletettiin noin 30% alueen kattopinta-alasta.

Mihin tuotettu sähkö riittää?

Tulevaisuuden sähkönkulutuksen arvioiminen on hankalaa. **Tässä laskelmassa esitetyt arviot sähkönkulutuksesta perustuvat Vattenfallin keskimääräisiin sähkönkulutuslukuihin tänä päivänä** (Sähkönkäyttö kerrostalossa/omakotitalossa/rivitalossa) joihin viitattiin luvussa 3.2.

MONELLEKO SÄHKÖ RIITTÄÄ?		
Voimalan vuosituotto	jos keskimuutos 1500 kWh/as./vuosi	keskimuutos 1000 kWh/as./vuosi
22 GWh	14 666 asukkaalle = 21 % asukkaista	22 000 asukkaalle = 31 % asukkaista
68 GWh	45 333 asukkaalle = 65 % asukkaista	68 000 asukkaalle = 97 % asukkaista
125 GWh	83 333 asukkaalle = 119 % asukkaista	125 000 asukkaalle = 179 % asukkaista

5.5 VOIMALAN YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET

Tämä luku on tiivistelmä voimalasuunnitelman vaikutuksista. Tiedot ovat pääosin peräisin Östersundomin yleiskaava-alueen selostuksesta.

5.5.1 Vaikutukset rakennettuun ympäristöön

Yhdyskuntarakenne

Suunnitelma noudattaa yleiskaava-alueen tavoitteita. Käytetään yhdyskuntateknisen huollon rakenteita sisältävä, asutukseen ja virkistykseen soveltumaton maakaistale entistä tehokkaammin ja säästetään maa-alaa toisaalla muihin toimintoihin, kuten asutukseen ja virkistykseen paremmin soveltuvissa paikoissa.

Kaupunki-/taajamakuva

Aurinkovoimala levittäytyy pitkälle kaistaleelle Porvoonväylän varrelle ja se näkyy kauas idästä että lännestä lähestyttäessä. Alue näkyy myös Knutersintielle, Landbon asuinalueelle sekä Östersundomin kartanon pelloille myöhemmin tuleville asuinalueille. Yleisille tulee olemaan rakennettu ja tekninen. Knutersintien risteysalueen rakennukset on syytä toteuttaa korkeatasoisesti näkyvän sijaintinsa vuoksi. Ne korostavat yhtäältä Ultunaan saapumista, toisaalta aurinkovoimala-alueen alkamista/loppumista (kulkijan tulossuunnasta riippuen). Aurinkoenergian, -voimalan ja koko alueen positiivisen edelläkävijäimagon viestimisessä tärkeää on rakennusten kaupunkimaisuus, hyväntuulisuus, kutsuvuus, tietty teknohenkisyys, miksei futuristisuuskin.

Mittakaava on tärkeä: rakennuksia tarkastellaan kaukaa, nopeasti liikkuvista autoista käsin, mutta myös jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden näkökulmasta koti- tai koulumatkalla.

Asuminen ja virkistys

Ei poikkeaa yleiskaava-alueen tavoitteista. Voimala ei syrjäytä virkistystoimintojen korttelialueita, eikä siitä aiheudu ympäristöhäiriöitä tai liikennettä, joka olisi virkistystoimintojen kanssa ristiriidassa. Voimala-alueen läpi kulkee 2 viheryhteyttä, joista toinen on Stora Dammeniin virtaavan puroalakson kohdalla.

Suurin osa voimala-alueesta on suljettu ilkeiden riskien ehkäisemiseksi. Aurinkopaneelit ovat turvallisia ehjinä, mutta ilkeiden riskien on aina olemassa. Pieni osa voimala-alueesta on avoin yleisölle ja toteutetaan puistomaisesti. Tämä osa liittyy osaksi Landbon-Sakarimäen alueen kevyen liikenteen verkostoa. Puistoliittyy kiinteästi edellisessä kohdassa mainitulle Knutersintien risteysalueen palveluryppäeseen ja on sen luonteva osa, ts. osa aurinkoenergian esittelystä ja demoista tapahtuu ulkona.

Palvelut, työpaikat, elinkeinotoiminta

Voimalan yhteyteen Knutersintin ja Porvoonväylän risteysalueelle on suunniteltu seuraavia toimintoja: akunvaihtoasema, bensa-asema, 24/7 kauppa, kahvila, infokeskus/mini-Heureka, joka esittelee aurinkosähkön tuotantoa. Palveluryppäällä luodaan ohikulkijoille ja paikallisille monta syytä tulla visiitille tutustumaan aurinkopuistoon ja tauolle.

Liikenne

Voimalan rakentamisvaiheessa alueelle tulee huolto- ja työmaaliikennettä. Voimalan valmistuttua huoltoliikennettä tulee harvakseltaan voimala-alueelle ja sähköasemalle. Muu voimalan aiheuttama liikenne on hyvin vähäistä. Tämä ajo hoituu Landbon ja voimala-alueen rajalla kulkevan, itä-länsi –suuntaisen huoltokadun kautta. Knutersintien ja Vt7 risteysalueella toimivan huoltoasema-kahvila-infokeskuksen liikenne kuormittaa pääosin Vt7 ja Knutersintietä. Mahdollinen sähkön varastointiratkaisu voimala-alueen länsipäädyssä, Krapuojan lähistöllä tuottaa lähinnä huoltoliikennettä. Huoltotiheys on verrattavissa puistomuuntajaan. Knutersintien itäpuolelle varatut hallimaisten tilojen toiminnot (mm. huonekalukaupat, autokaupat tms.) sekä ennen kaikkea n. 850 asukkaasta 5000-7000 asukkaaseen nouseva Ultunan asukasmäärä aiheuttavat käytännössä kaiken alueen liikenteen.

Voimalan suunnittelussa on pyritty ratkaisuun, joka toteutuessaan edistää kevyen liikenteen sujuvuutta moottoritien yli. Joka tapauksessa Vt7 on merkittävä este Ultunan ja muun Östersundomin välillä, ja yhteydet hoidetaan yli-/alikululla.

Tekninen huolto

Voimala palvelee Östersundomin sähköntuotantoa. Voimala kytketään Etelä-Suomen Energian sähkölaitokseen, jonka kapasiteettia saatetaan joutua kasvattamaan (tai vastaavasti varustamaan voimala jonkinlaisella tasausakkujärjestelmällä sähköverkon kuormien tasaamiseksi). Suunnitelmalla ei ole korttelialueitaan ulkopuolella vaikutusta Östersundomin maakaasu-, vesi-, tai viemäriverkostoihin.

Ympäristönsuojelu ja ympäristöhäiriöt

Suunnittelualueella tai sen välittömässä lähiympäristössä ei ole suojelukohteita. Voimala ei aiheuta ympäristöhäiriöitä. Osalla voimala-alueesta voi olla meluaita tarpeen mukaan.

5.5.2 Vaikutukset luontoon ja luonnonympäristöön

Maisemarakenne, maisemakuva

Aurinkovoimala on maisemallisesti näkyvällä paikalla. Se näkyy kauas Porvoontielle sekä idästä että lännestä lähestyttäessä. Alue näkyy myös Knutersintielle, Landbon asuinalueelle sekä Östersundomin kartanon pelloille myöhemmin tuleville asuinalueille. Tästä syystä aurinkovoimalan ilmeeseen ja maamerkkirakennuksiin on kiinnitettävä huomiota. Maiseman pääpiirteitä kunnioitetaan, mutta tuotannon optimoimiseksi maastoa joudutaan käsittelemään.

Luonnonolot ja luonnon monimuotoisuus

Suunnittelualueen luonnonolot tulevat muuttumaan väijäämättä. Suunnittelualue on maaperänsä puolesta pääosin helposti rakennettavaa, mutta rinteitä joudutaan käsittelemään. Se tarkoittaa käytännössä täyttöjä ja kallion louhimista. Maan pintakerrokset ja alkuperäinen kasvillisuus väistyy. Paneelit asennetaan irti maasta ja niiden alle annetaan kasvaa luonnollinen aluskasvillisuus tai alusta kylvetään halutuilla lajeilla. Puustoa paneelikentillä ei voi olla, mutta muutos nykytilaan nähden ei ole merkittävä, sillä voimalinjojen alusta niitetään n. 5 v. välein.

Yleiskaavaselvitysten nojalla alueen luonto ei ole erityisen monimuotoista. Suunnittelualueella tai sen välittömässä lähiympäristössä ei ole suojelukohteita. Käytetään yhdyskuntateknisen huollon rakenteita jo entuudestaan sisältävä joutomaakaistale entistä tehokkaammin ja säästetään maa-alaa toisaalla, siellä missä luonto on monimuotoisempaa, kuten purolaaksot.

Vaikutus pienilmastoon ei ole tiedossa.

Maa- ja metsätalous, vesistöt

Alueen maa- ja metsätalous nyky muodossaan vähäistä ja suunnittelualue on ollut varattuna teknisille toiminnoille jo yleiskaavan luonnosversiossa. Alueen vesistöt (purolaaksot) säilyvät muokkaamattomina. Ne osoitetaan virkistyskäyttöön. Alueella ei ole pohjavesiesiintymiä. Hulevesien ohjaus suunnitellaan tarkemmin alueen asemakaavoituksen ja voimalan toteutus suunnittelun yhteydessä. Maastonmuokkauksesta ja paneelien suuntauksesta johtuen hulevedet tulevat virtaamaan voimala-alueella pääosin etelään päin, paikoitellen, mm. Stora Dammenin purolaaksoon yhteydessä myös itä- ja länsisuuntaisia rinteitä myöden purouomaan. Vedet imeytetään mahdollisimman pitkälle maahan paikan päällä ja niiden kertymistä hidastetaan tarvittaessa. Aluskasvillisuudella on tärkeä rooli vesien imeyttämisessä.

5.6 SUHDE YLEISKAAVAN TAVOITTEISIIN

Tässä luvussa verrataan suunnitelmaa yleiskaavan tavoitteisiin. Helsingin tavoitteena on tuottaa puutarhakaupunkimainen, tiivis, pääosin kaupunkipiennalovaltainen kaupunginosa. Raideratkaisu on tärkeä suunnittelukysymys, sillä se määrittää minkälaista kaupunkia alueelle tulee. Tärkeitä suunnittelukysymyksiä ovat myös rakentamisen rajan määrittäminen Sipoonkorven suuntaan. Suunnittelualueelle (Sipoon ja Vantaan alueet mukaan lukien) tulee tämän hetken arvion mukaan 65 000-70 000 asukasta ja 10 000-15 000 työpaikkaa. Luvussa ovat mukana nykyiset asukkaat. Helsingille kuuluvan yleiskaava-alueen pinta-ala kokonaisuudessaan on noin 28 km².

- Luonnoksen mukaisessa mallissa liitettävälle alueelle tulee noin 1800 as/km² vuonna 2035. Arvo saadaan asumisväljyyden ollessa 50 k-m²/as (pätee kerrostaloasuntoihin, huonommin pientaloihin) ja ruokakunnan keskikoon 2-4 henkilöä. Asumistiheys on pienempi kuin Helsingin keskimääräinen 2750 as/km² (ennen alueliitosta n. 3100 as/km²) tai vaikkapa Helsingin Vuosaaren 2200as/km². Eroa selittävät pientalovaltaisuus sekä suuret viher- ja luontoalueet (Sipoonkorpi, Natura2000-alueet sekä viherkäytävät). Voimalahanke ei pienennä maankäytön tehokkuutta, sillä kyseinen alue ei sovellu asuinkortteleiksi, eikä moottoritien läheisyyden vuoksi virkistykseenkään.
- Aurinkovoimala omalta osaltaan voi luoda vetovoimaista ja luovaa ympäristöä osoittamalla, mistä energiaa tulee ja miten sitä tuotetaan. Voimalaitokset nimenomaan kuuluvat kaupunkeihin ja kaupunkitilaan. On hyvä muistuttaa itseään aika ajoin siitä, mistä jääkaapin, television tai muun laitteen energia tulee.
- Esikaupunkimaista väljyyttä, tilan tuhlaamista, ryhdittömyyttä ja tasapaksuutta vältetään. Voimala käyttää tiiviisti moottoritien vierustan ja muuttaa epämääräisen, mitänsanomattoman joutomaan kiinnostavan näköiseksi, selvästi yhdyskunnan käytössä olevaksi alueeksi.
- Voimalan alue on ilmeeltään urbaani. Se tukee tavoitetta tehdä Östersundomista oikeaa kaupunkia.

Näiden yleisten tavoitteiden lisäksi Yleiskaavaan tulee suoraan aurinkoenergiaa edistäviä kaavamääräyksiä "Kuntatekniikka" -otsikon alle (**tilanne 13.11.2012**):

"Yleiskaava-alueella luodaan edellytyksiä suoran aurinkosähkön monipuoliseen hyödyntämiseen keskitetysti ja hajautetusti sekä aurinkolämmön hyödyntämiseen hajautetusti ja kaukolämpö- tai kaukokylmäjärjestelmissä."

"Porvoonväylän reunavyöhykkeille saadaan sijoittaa aurinkosähkön valmistamiseen ja varastointiin liittyviä laitteita."

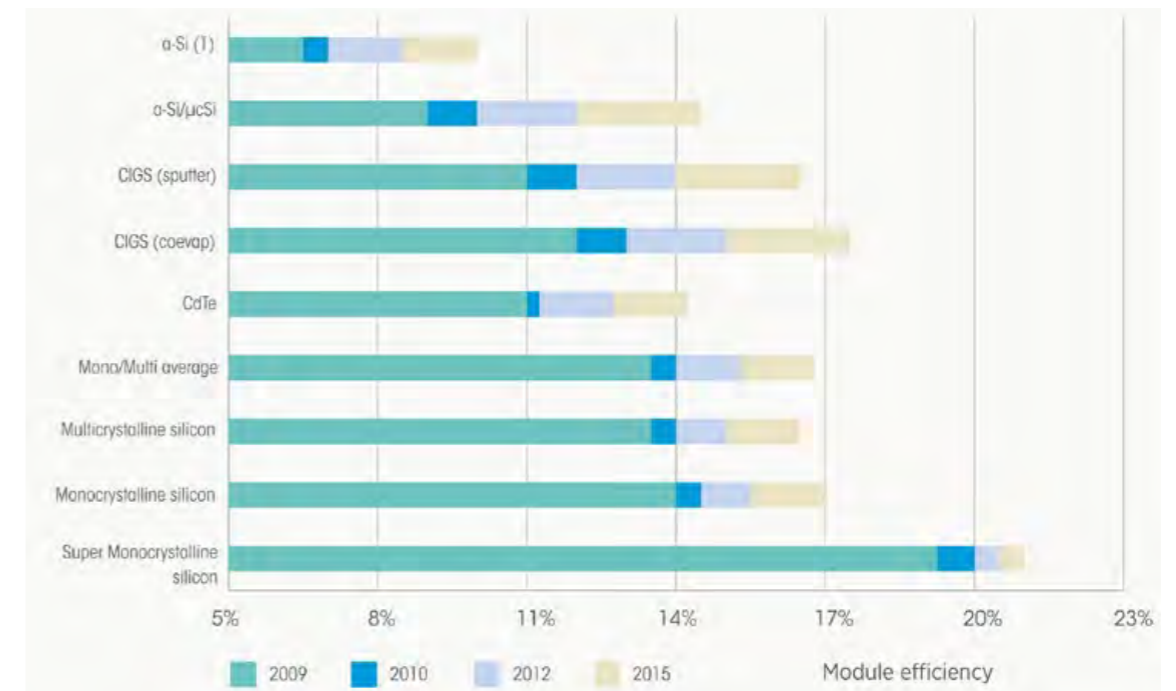
"Koko alueella varaudutaan sijoittamaan maaperään aurinkoenergian lämpövarastoja."

"Östersundomin alueella pyritään alhaisiin hiilidioksidipäästöihin. Niiden laskennallisessa määrittelyssä otetaan huomioon koko Östersundomin alue, ei vain yksi talo tai yksi kiinteistö."

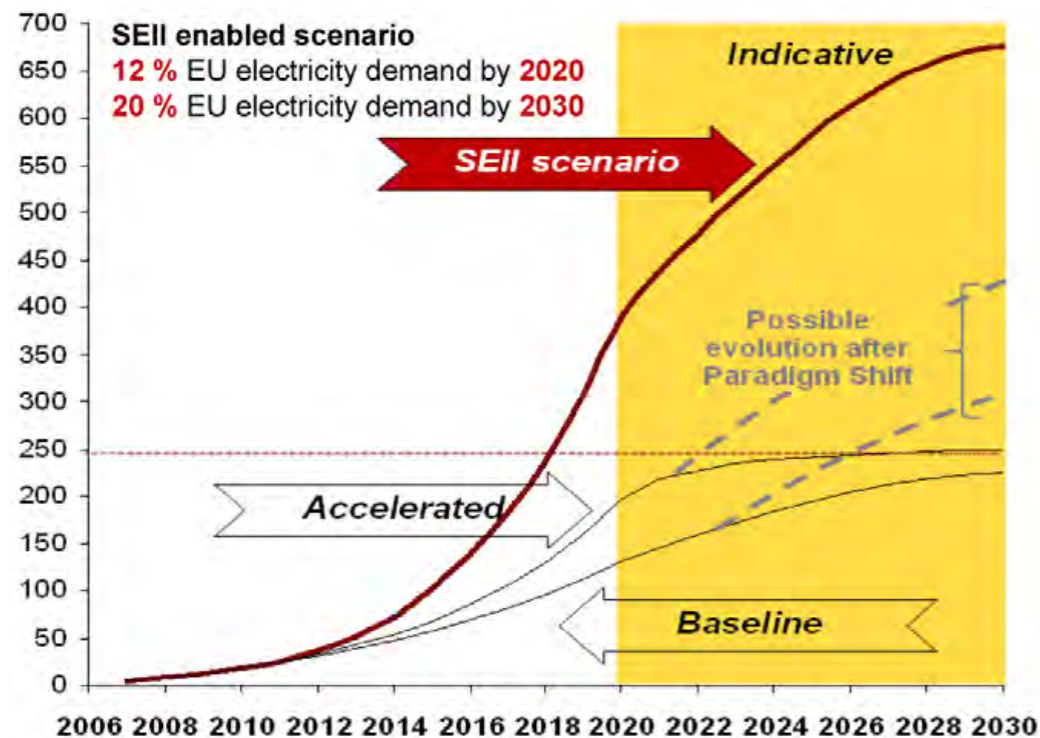
6. TULEVAISUUDEN VISIOT

Hinta on merkittävin yksittäinen aurinkosähkön yleistymiseen vaikuttava tekijä kaiken kokoisissa asennuksissa kotitalouksista voimaloihin. Aurinkosähkölaitteiden hinnat jatkavat laskuaan seuraavina vuosina. Ylipäänsä aurinkosähkölaitteiden hinnat ovat laskeneet niiden noin 30-vuotisen historian aikana myytyjen paneelien määrän mukaan. Kun kumulatiivisesti myytyjen paneelien määrä on tuplaantunut, hinnat ovat laskeneet noin 22 % (Solar Europe Industry Initiative Implementation Plan 2010-2012, 6). Kasvanut myynti siis nopeuttaa hintojen laskua. Hintakehitykseen vaikuttavat lyhyelläkin tähtämellä seuraavat: materiaali-innovaatiot (korvataan esimerkiksi kalliit, helposti hapettuvat raaka-aineet halvemmilla ja vähemmän reaktiivisilla), tuotantoketjun optimointi, suuruuden ekonomia, paraneva hyötysuhde (eliminoidaan heijastuksia ja kuumenemista), pitenevä käyttöikä (eli elinkaari) sekä standardien ja määritelmien yhtenäistyminen.

Eurooppalaisen aurinkoteollisuuden etujärjestö EPIA:n laatimassa SEII-visiossa (The Solar Europe Industry Initiative) kuvataan strategisia T&K-tavoitteita, jotka nähdään edellytyksenä merkittävän markkinaosuuden (esimerkiksi 12 % kuten alla) saavuttamiselle vuonna 2020 (Solar Europe Industry Initiative Implementation Plan 2010-2012, 4).



Yllä: Paneelien hyötysuhteen ennustetaan kehityvän lähivuosina nopeasti. Itse kennojen hyötysuhde on jo 20%, mutta paneeleissa (=modules) on kennojen lisäksi reuna-alueita ym. Lähde: Renewable Energy Technologies: cost analysis series. Alkuperäinen lähde: Goodrich, 2012. Kuva muokattu taittoesitystä.



Yllä: EPIA:n skenaarioita Eurooppaan (ml. Kroatia, Norja, Turkki) asennettavasta aurinkosähköstä, huipputehona (GW_p). Kaavio vuodelta 2010. Lähde: Solar Europe Industry Initiative Implementation Plan 2010-2012.

PV Technology state-of-the-art and major objectives/milestones for the next 10 years		2007	2010	2015	2020
Turn-key price large systems (€/Wp)*		5	2,5-3,5	2	1,5
PV electricity generation cost in Southern EU (€/kWh)**		0,30-0,60	0,13-0,25	0,10-0,20	0,07-0,14
Typical PV module efficiency range (%)	Crystalline silicon	13-18%	15-20%	16-21%	18-23%
	Thin films	5-11%	6-12%	8-14%	10-16%
	Concentrators	20%	20-25%	25-30%	30-35%
Inverter lifetime (years)		10	15	20	>25
Module lifetime (years)		20-25	20-25	25-30	35-40
Energy pay-back time (years)		2-3	1-2	1	0,5
Cost of PV + small-scale storage (€/kWh) in Southern EU (grid-connected)=***		-	0,35	0,22	<0,15

Yllä: EPIA:n tavoitteita mm. aurinkosähkölaitteiden hinnoille, hyötysuhteille- ja elinkaarille vuoteen 2020 asti.

* hinta riippuu tekniikan kehityksestä ja markkinoiden kypsyydestä

** LCOE (josta enemmän luvussa 4) vaihtelee rahoituskustannusten ja sijainnin (aurinkosäteilyn) mukaan.

*** perustuu EUROBAT -skenaarioihin. Lähde: Solar Europe Industry Initiative Implementation Plan 2010-2012.

Crystalline silicon technologies	2010 - 2015	2015 - 2020	2020 - 2030 / 2050
<i>Efficiency targets (commercial modules)</i>	<ul style="list-style-type: none"> Single-crystalline: 21% Multi-crystalline: 17% 	<ul style="list-style-type: none"> Single-crystalline: 23% Multi-crystalline: 19% 	<ul style="list-style-type: none"> Single-crystalline: 25% Multi-crystalline: 21%
<i>Industry manufacturing aspects</i>	<ul style="list-style-type: none"> Silicon (Si) consumption < 5 grams / watt (g/w) 	<ul style="list-style-type: none"> Si consumption < 3 g/W 	<ul style="list-style-type: none"> Si consumption < 2 g/W
<i>R&D aspects</i>	<ul style="list-style-type: none"> New silicon materials and processing Cell contacts, emitters and passivation 	<ul style="list-style-type: none"> Improved device structures Productivity and cost optimisation in production 	<ul style="list-style-type: none"> Wafer equivalent technologies New device structures with novel concepts
Thin film technologies	2010 - 2015	2015 - 2020	2020 - 2030
<i>Efficiency targets (commercial modules)</i>	<ul style="list-style-type: none"> Thin film Si: 10% Copper-indium/gallium (CIGS): 14% Cadmium-telluride (CdTe): 12% 	<ul style="list-style-type: none"> Thin film Si: 12% CIGS: 15% CdTe: 14% 	<ul style="list-style-type: none"> Thin film Si: 15% CIGS: 18% CdTe: 15%
<i>Industry manufacturing aspects</i>	<ul style="list-style-type: none"> High rate deposition Roll-to-roll manufacturing Packaging 	<ul style="list-style-type: none"> Simplified production processes Low cost packaging 	<ul style="list-style-type: none"> Large high-efficiency production units
<i>R&D aspects</i>	<ul style="list-style-type: none"> Large area deposition processes Improved substrates and transparent conductive oxides 	<ul style="list-style-type: none"> Improved cell structures Improved deposition techniques 	<ul style="list-style-type: none"> Advanced materials and concepts
	Concentrating PV	Emerging technologies	Novel technologies
<i>Type of cell</i>	<ul style="list-style-type: none"> High cost, super high efficiency 	<ul style="list-style-type: none"> Low cost, moderate performance 	<ul style="list-style-type: none"> Very high efficiency; full spectrum utilisation
<i>Status and potential</i>	<ul style="list-style-type: none"> 23% alternating current (AC) system efficiency demonstrated Potential to reach over 30% in the medium-term 	<ul style="list-style-type: none"> Emerging technologies at demonstration level (e.g. polymer PV, dye PV, printed CIGS) First applications expected in niche market applications 	<ul style="list-style-type: none"> Wide variety of new conversion principle and device concepts at lab level Family of potential breakthrough technologies
<i>R&D aspects</i>	<ul style="list-style-type: none"> Reach super high efficiency over 45% Achieve low cost, high-performance solutions for optical concentration and tracking 	<ul style="list-style-type: none"> Improvement of efficiency and stability to the level needed for first commercial applications Encapsulation of organic-based concepts 	<ul style="list-style-type: none"> Proof-of-principle of new conversion concepts Processing, characterisation and modelling of especially nanostructured materials and devices

Yllä: IEA:n yleisiä tavoitteita vuoteen 2050 asti. Lähde: Technology Roadmaps: Solar photovoltaic energy - Foldout.

Entä kaukaisempi tulevaisuus?

Seuraavat keksinnöt ovat vielä perustutkimuksen piirissä, ts. seuraavat keksinnöt on saatu toimimaan laboratorio-olosuhteissa tai yksittäisinä pilotteina. Niiden menestys riippuu pitkälti siitä, miten ne saadaan yhteensopiviksi nykyisten teknologioiden kanssa tai miten niistä saadaan kehiteltyä täysin uudenlaisia toimivia järjestelmiä ja kaupallisesti kannattavia, skaalattavia valmistusprosesseja.

Kartionmuotoiset, pyörivät aurinkopaneelit

Kalifornialainen V3Solar ilmoitti 2012 ratkaisseensa aurinkopaneelikeksinnössään tunnetun ongelman: valon keskittäminen aurinkokennoon lisää kennon tuottoa, mutta keskittämisestä seuraava kennon kuumuminen heikentää kennon tehoa.

Nykyiset aurinkoenergian teoriat perustuvat muutamaa nyrkkisääntöön: neliometrille osuva aurin gon valon teho on maksimissaan 1000 wattia. Kun standardipaneelin hyötysuhde on tällä hetkellä noin 20 %, tuottaa yksi neliometri paneelia 200 wattia. V3Solarin mukaan kartion muotoinen, pyörivä paneeli tuottaa uniikin rakenteensa johdosta ilman ylikuumumisongelmia jopa 20 kertaa enemmän sähköä kuin tavallinen levymainen paneeli. Tuotto on mahdollista valoa keskittävien linssien ja lämpötilansäätelyjärjestelmän avulla. Koska lämmön kehittymiseen kennossa on hitaampaa kuin valon muuttuminen sähköksi, Spin Cell nappaa sähköenergian ja kääntyy pois päin ennen kuin kennot ehtivät kuumua. Kartion pystytköt seinämät tuottavat energiaa staattisista ratkaisuista tehokkaimmin. V3Solarin mukaan pyöriminen ei lisää huoltotarvetta. Kartio on magneettilaakeroitu, joten siinä ei ole toisiaan hankaavia osia. Pyörimiseen kuluu alle 10 wattia. Spin Cellistä lähtee vain hiljainen humina, joka kantaa vain muutamien jalkojen päähän kustakin laitteesta.

Tuotetta on testattu lupaavin tuloksin, muuta ei vielä kaupallisessa valmistuksessa. Periaatteessa Spin Cell laskee energiantuotantohintaa (\$/W), koska saman energiamäärän tuottamiseen tarvitaan aiempaa huomattavasti pienempi määrä paneeleja. Myös aiempaa vähempi määrä valoa riittää saman wattimäärän tuottamiseen kuin aiemmin. V3Solarin mukaan 1000 watin Spin Cell tarvitsee enintään viidesosan normaalien paneelien tarvitsemasta alasta ennen kaikkea moninkertaisen paneeliin kohdistetun valomäärän ja matalan lämpötilan ansiosta korkeamman hyötysuhteen avulla.



Yllä: Pyörivän SpinCell -paneelin malli. Kuva: V3Solar.

Seuraavissa kokeiluissa on hyödynnetty nanoteknologiaa, joka vaikuttaa avaavan uusia mahdollisuuksia.

Täyshiilinen aurinkokenno

Stanfordin yliopiston mukaan tutkijat olivat kehittäneet pelkästään hiilestä valmistetun aurinkokennon. Kyseessä on ensimmäinen toimiva kenno, jonka ainoa materiaali on hiili.

Tavanomaisiin aurinkokennojen raaka-aineisiin verrattuna hiili on halpaa. Hiilessä on potentiaalia korkeaan tehokkuuteen halvalla hinnalla. Jäykkiin silikonipaneelisiin verrattuna hiilimateriaaleja voidaan käyttää pinnoitteen kaltaisesti. Tulevaisuudessa siintävät kenties vaihtoehtoiset markkinat, missä joustavia hiilikkenoja käytetään talojen ja autojen pinnoitteena. Tutkijoiden mukaan hiilipinnoitteen tekoon ei tarvita kalliita työkaluja tai koneita [kuten polysilikonipohjaisten kennojen monivaiheisessa valmistuksessa].

Toisin kuin tyypillisissä thin film –kennossa käytetyt harvinaiset materiaalit (jotka kallistuvat aurinkokennojen, kosketusnäyttöjen ja muiden laitteiden kasvavan kysynnän myötä), hiili taas on halpaa ja sitä on kaikkialla. Testikennossa hopea ja muut metallit korvattiin grafeenilla - yhden atomin paksuisilla kerroksilla – sekä 10000 kertaa hiusta ohuemmillä nanoputkilla. Nanoputket absorboivat valoa ja johtavat sähköä erinomaisesti. Aktiivikerroksessa on nanoputkia ja muita hiilimolekyylejä. Hyötysuhde laboratoriossakin oli alle 1 %. Tehokkuudessa on siis pitkä polku kuljettavana. Tutkimuksen alla on mm. se, kuinka nanomateriaalit saataisiin absorboimaan enemmän valoa, laveammalta aallonpituuksien alueelta. Toisaalta hiili kestää lämpöä erinomaisesti: ne ovat stabiileja vielä liki 600 Celsiusasteessa.

... myös läpinäkyvä aurinkokenno on nähnyt päivänvalon...

Myös Kalifornian yliopistossa on kehitetty lähes täysin läpinäkyvä (70 %) aurinkokenno. Sovelluskohteena on rakennusteollisuus. Polymeereihin perustuva kenno, "PSC", hyödyntää toistaiseksi lähellä infrapunaa olevia aallonpituuksia. Tulokset avaavat mahdollisuuksia mm. älykkäille ikkunoille. Materiaali on kevyttä, joustavaa ja edullista valmistaa. Seuraava askel on parantaa tuottavuutta tinkimättä läpinäkyvyydestä. Polymeerin lisäksi läpimurto tehtiin kun tavanomainen, peittävä metallielektrodi saatiin korvattua läpinäkyvällä elektrodilla. Elektrodi valmistettiin nanomateriaaleista (hopeisista nanoputkista- ja titaanidisoksidista). (UCLA develops transparent solar cell)

... PV-lasille olisi kysyntää

Kysyntää läpinäkyville ratkaisuille olisi, sillä tämän päivän teknologialla kennot pakataan lasilevyjen väliin. "Mosaiikkimainen" lopputulos on läpinäkyvä oikeastaan vain niistä kohdista, joissa ei ole kennoja. Niinpä monet BIPV (Building Integrated Photovoltaics) -lasit, joita mainostetaan läpinäkyvinä, pääsevät maksimissaankin alle 50 % läpinäkyvyyteen. Rakennuksiin integroitavien markkinoiden odotetaan kasvavan vähintään 400 % seuraavien viiden vuoden aikana. Läpinäkyvälle PV-lasille olisi kysyntää, sillä ratkaisut tasoittaisivat tietä rakennusten sertifiointissa. (BIPV glass markets to rise rapidly)

Muita kehitysmahdollisuuksia

Myös sähköverkot ja sähköjakelu voi teoriassa mullistua: Euroopan laajuinen tasavirtaan (DC) perustuva sähkönsiirto poistaisi pullonkaulat sähkön siirrosta ja muuttaisi sähkömarkkinoita merkittävästi. Tasavirtaan perustuva sähkönsiirto vähentäisi myös tuulivoimaan liittyvän säätösähkön tarvetta, koska tuulisähkön tuotanto koko Euroopan alueella olisi tasaisempaa. (Haasteista mahdollisuuksia – sähkön ja lämmön hiilineutraali visio vuodelle 2050,12)

7. LÄHTEET

- About Flywheel Energy Storage. 2012. Beacon Power.
Verkko-osoite: <http://www.beaconpower.com/products/about-flywheels.asp>. Viitattu 12.11.2012.
- Alanen, R. ym. 2010. Aurinkosähkön mahdollisuudet Helsingin Östersundomin alueella. Helsingin kaupunkisuunnitteluviraston selvityksiä 2011:1. VTT-R-06910-10.
- BIPV glass markets to rise rapidly. 2012. PV magazine. Verkko-osoite: http://www.pv-magazine.com/news/details/beitrag/bipv-glass-markets-to-rise-rapidly_100005859/#axzz2CgtTAgh7. Viitattu: 19.11.2012.
- Connecting the Sun. Solar Photovoltaics on the road to large-scale grid integration. 2012. European Photovoltaic Industry Association. Verkko-osoite: <http://www.epia.org/publications/epiapublications.html>. Viitattu 14.11.2012.
- Energiatuki. 2012. Työ- ja elinkeinoministeriö. Verkko-osoite: <http://www.tem.fi/index.phtml?s=3091>. Viitattu 7.11.2012.
- Energy Storage Case Studies. 2012. CleanEnergy Action Project. Verkko-osoite: http://www.cleanenergyactionproject.com/CleanEnergyActionProject/Energy_Storage_Case_Studies.html. Viitattu 7.11.2012.
- Fact Sheet on the Carbon Footprint. 2011. European Photovoltaic Industry Association. Verkko-osoite: <http://www.epia.org/publications/factsheets.html>. Viitattu 29.10.2012.
- Fact Sheet on the Energy Pay Back Time. 2011. European Photovoltaic Industry Association. Verkko-osoite: <http://www.epia.org/publications/factsheets.html>. Viitattu 29.10.2012.
- Fact Sheet on Land Use-Biodiversity. 2012. European Photovoltaic Industry Association. Verkko-osoite: <http://www.epia.org/publications/factsheets.html>. Viitattu 29.10.2012.
- The EU climate and energy package. 2012. Euroopan komissio. Verkko-osoite: http://ec.europa.eu/clima/policies/package/index_en.htm. Viitattu 1.11.2012.
- EU:n energiafaktat. 2012. Energiateollisuus ry. Verkko-osoite: <http://energia.fi/eu-asiat/eun-energiafaktat>. Viitattu 1.11.2012.
- Haasteista mahdollisuuksia – sähkön ja lämmön hiilineutraali visio vuodelle 2050. 2010. Energiateollisuus. Verkko-osoite: <http://energia.fi/julkaisut/haasteista-mahdollisuuksia-sahkon-ja-kaukolammon-hiilineutraali-visio-vuodelle-2050>. Viitattu 9.11.2012.
- Haveri, P. 2006. Kaupunkisähköaseman elinkaaren hallinta. Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu, Sähkö- ja tietoliikennetekniikan osasto. Espoo. Verkko-osoite: <http://lib.tkk.fi/Dipl/2006/urn007221.pdf>. Viitattu 30.10.2012.
- Ilmastonmuutos. Valtion ympäristöhallinto. Verkko-osoite: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=98&lan=fi>. Viitattu 9.11.2012.
- Korteniemi, J. 2012. Uusiutuvan energian toimintaympäristö ja kilpailukyky. Esitys. Östersundom-klinikan tulosseminaari. Helsinki, 23.10.2012. Verkko-osoite: http://www.rakli.fi/linkit/tapah-tumat/aiemmattapahtumat/20121023_ostersundom_tulosseminaari/default.aspx. Viitattu 7.11.2012.
- Kost, C., ym. 2012. Studie Stromgestehungskosten erneuerbare Energien. Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme ISE. Verkko-osoite: <http://www.ise.fraunhofer.de/de/veroeffentlichungen/veroeffentlichungen-pdf-dateien/studien-und-konzeptpapiere>. Viitattu 19.11.2012.
- Kotitalouksien sähkönkäyttö 2006. 2008. Adatto Oy. Verkko-osoite: http://www.motiva.fi/files/1353/Kotitalouksien_sahkonkaytto_2006_-_raportti.pdf. Viitattu 9.11.2012.
- Maakuntakaavan aineisto. 2012. Uudenmaan liitto. Verkko-osoite: <http://www.uudenmaanliitto.fi/index.phtml?s=1469>. Viitattu 30.10.2012.
- Maakuntahallitus hyväksyi Uudenmaan maakuntakaavaehdotuksen. 2012. Uudenmaan liitto. Verkko-osoite: http://uudenmaanliitto.fi/index.phtml?4904_m=8547&s=38. Viitattu 30.10.2012.
- Performance of Grid-connected PV. 2012. The Institute for Energy and Transport. Verkko-osoite: http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/PVcalchelp_en.html. Viitattu 31.10.2012.
- Peschel, T. & al. 2010. Solar parks – Opportunities for Biodiversity. A report on biodiversity in and around ground-mounted photovoltaic plants. German Renewable Energies Agency. Verkko-osoite: http://www.unendlich-viel-energie.de/uploads/media/45_RenewsSpezial_Biodiv-in-Solarparks_ENGL_01.pdf. Viitattu 31.10.2012.
- Photovoltaic Geographical Information System - Interactive Maps. 2012. The Institute for Energy and Transport (IET). Verkko-osoite: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>. Viitattu 31.10.2012.
- Renewable Energy Technologies: cost analysis series. 2012. International Renewable Energy Agency. Verkko-osoite: http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/RE_Technologies_Cost_Analysis-SOLAR_PV.pdf. Viitattu 14.11.2012.
- Smart Energy 25 Flywheel. 2012. Beacon Power. Verkko-osoite: <http://www.beaconpower.com/products/smart-energy-25.asp>. Viitattu 12.11.2012.
- Solar Europe Industry Initiative Implementation Plan 2010-2012. 2010. European Photovoltaic Industry Association. Verkko-osoite: http://ec.europa.eu/energy/technology/initiatives/doc/pv_implementation_plan_final.pdf. Viitattu 14.11.2012.
- Solar Generation 6. Solar photovoltaic electricity empowering the world. 2011. European Photovoltaic Industry Association. Verkko-osoite: <http://www.epia.org/publications/epiapublications.html>. Viitattu 14.11.2012.
- Spin Cell - FAQ. 2012. V3Solar. Verkko-osoite: <http://v3solar.com/technology/faqs/>. Viitattu 7.11.2012.
- Spin Cell - Read this first. 2012. V3Solar. Verkko-osoite: <http://v3solar.com/technology/readfirst/>. Viitattu 7.11.2012.
- Stanford scientists build the first all-carbon solar cell. Stanford University, Office of University Communications. Verkko-osoite: <http://news.stanford.edu/news/2012/october/carbon-solar-cell-103112.html>. Viitattu 7.11.2012.
- Sähkönkäyttö kerrostalossa. 2012. Vattenfall. Verkko-osoite: <http://www.vattenfall.fi/fi/kerrostalo.htm>. Viitattu 19.11.2012.
- Sähkönkäyttö omakotitalossa. 2012. Vattenfall. Verkko-osoite: <http://www.vattenfall.fi/fi/omakotitalo.htm>. Viitattu 19.11.2012.
- Sähkönkäyttö rivitalokodissa. 2012. Vattenfall. Verkko-osoite: <http://www.vattenfall.fi/fi/rivitalo.htm>. Viitattu 19.11.2012.

- Technology Roadmap. Solar photovoltaic energy. 2010. The International Energy Agency. Verkko-osoite: <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/name,3902,en.html>. Viitattu 14.11.2012.
- Technology Roadmaps: Solar photovoltaic energy - Foldout. The International Energy Agency. Verkko-osoite: http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/pv_roadmap_foldout.pdf. Viitattu 19.11.2012.
- Tuen enimmäismäärät. 2012. Työ- ja elinkeinoministeriö. Verkko-osoite: <http://www.tem.fi/index.phtml?s=3093>. Viitattu 7.11.2012.
- Työ- ja elinkeinoministeriö. 2012. Työ- ja elinkeinoministeriö. Verkko-osoite <http://www.tem.fi/index.phtml?s=2072>. Viitattu 7.11.2012.
- UCLA develops transparent solar cell. 2012. PV magazine. Verkko-osoite: http://www.pv-magazine.com/news/details/beitrag/ucla-develops-transparent-solar-cell_100007824/#axzz2CgtTAgh7. Viitattu: 19.11.2012.
- Uudenmaan vahvistettujen maakuntakaavojen yhdistelmä. Uudenmaan maakuntakaava, Uudenmaan 1. vaihemaakuntakaava, Itä-Uudenmaan maakuntakaava ja Itä-Uudenmaan 1.,2.,3. ja 4. vaiheen seutukaavat sekä Maakuntakaava 2000. 2012. Uudenmaan liitto. Verkko-osoite: <http://kartta.uudenmaanliitto.fi/maakuntakaavat/index.html>. Viitattu 30.10.2012.
- Wiljander, M. 2010. Aurinkoenergiaa rakennuksissa. Aurinkoteknillinen yhdistys ry. Esitys. 7.10.2012.
- World Energy Outlook 2010. 2010. International Energy Agency. Verkko-osoite: <http://www.worldenergyoutlook.org/publications/weo-2010/>. Viitattu 14.11.2012.
- Yhteinen Östersundom. 2012. Helsingin kaupunkisuunnitteluvirasto, Östersundom-projekti. Verkko-osoite: <http://yhteinostersundom.fi/yhteystiedot/>. Viitattu: 25.10.2012.
- Östersundom. 2012. Helsingin kaupunki, Kaupunkisuunnitteluvirasto. Verkko-osoite: <http://ksv.hel.fi/fi/projektisivu/%C3%B6stersundom/%C3%B6stersundom>. Viitattu: 25.10.2012.
- Östersundomin yleiskaavaluonnos. Selostus. 2011. Helsingin kaupunkisuunnitteluviraston yleissuunnitteluosaston selvityksiä 2011:17.

8. LIITTEET

Liite 01: Asemapiirros 1/5000

Liite 02: Asemapiirros ilmakuvastovitus 1/5000

Liite 03: Aurinkopuiston suunnitelma 1/2000

Liite 04: Aurinkopuiston leikkaus 1/500

Liite 05: Illustraatio: lintuperspektiivi

Liite 06: Illustraatio: näkymä moottoritieltä

Liite 07: Illustraatio: iltanäkymä ilmasta

Liite 08: Illustraatio: akku

Liite 09: Mallinnusperiaatteet