



LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU
Lahti University of Applied Sciences

NIEMEN KAMPUSALUE UUSIUTUVIEN ENERGIARATKAISUJEN DEMONSTRAATIOALUSTANA

Aurinkoa ja myötätuulta oppimiseen

LAHDEN
AMMATTIKORKEAKOULU
Tekniikan ala
Ympäristötekniikan koulutusohjelma
Energia-asiat
Opinnäytetyö
Syksy 2014
Jussi Kuusela

Lahden ammattikorkeakoulu

Ympäristötekniikan koulutusohjelma

KUUSELA, JUSSI: Niemen kampusalue uusiutuvien energiaratkaisujen demonstraatioalustana

Aurinkoa ja myötätuulta oppimiseen

Energia-asioiden opinnäytetyö, 49 sivua, 1 liitesivu

Syksy 2014

TIIVISTELMÄ

Lahden ammattikorkeakoulu on jo ottanut ensimmäisiä askeliaan Niemen alueen monitoimijakampuksen synnyttämisessä. Lahden ammattikorkeakoulu on päättänyt keskittää kaiken toiminnan Niemen kampusalueelle vuoteen 2018 mennessä. Tämän muutosprosessin vauhdittamiseksi ja monitoimijakampuksen luomiseksi on käynnistetty Future Campus Demonstrator: LAMK Oy monitoimijakampuksella -hanke (FCD-hanke). Sen tarkoituksena on monitoimijakampuksen toimintaedellytysten ja -rakenteiden kehittäminen sekä uudistuvan pedagogiikan luominen.

Tämä opinnäytetyö on tehty Lahden Seudun Kehitys LADEC Oy:n toimeksiantona. Työ kuuluu FCD-hankkeen toiseen teemakokonaisuuteen ja sen kolmannen toimenpiteeseen: ”ympäristö ja energiatehokkaat kampusratkaisut, monitoimijakampus puhtaan teknologian demonstraatioalustana”. Opinnäytetyössä on pohdittu teoreettisesti, minkälaisia uusiutuvan energian oppimisympäristöjä ja demonstraatioalustoja Niemen kampuksella voidaan toteuttaa. Ratkaisuissa on keskitytty aurinkosähköön ja tuulivoimaan.

Monet EU:n ja Suomen kansalliset strategiat ja ohjelmat asettavat vaatimuksia uusiutuvan energian tuotannon lisäämiselle ja kestäväälle energiapolitiikalle. Useat korkeakoulut ja oppilaitokset ovat vastanneet näihin vaatimuksiin rakentamalla mittavia uusiutuvan energian ratkaisuja, jotka tukevat oppimista.

Niemenkadulle voidaan jo nyt pienellä panostuksella saada aikaiseksi uusiutuvan energian oppimisympäristö, jonka pohjalta on mahdollista luoda erilaisia demonstraatioalustoja. Uusiutuvasta energiasta sekä kestävästä energiankäytöstä voidaan tehdä koko Niemen kampusalueen yhteinen asia ja se mahdollistaa uudenlaisen yhteistyön kampuksen toimijoiden kesken.

Asiasanat: Niemen kampus, demonstraatioalustat, oppimisympäristö, aurinkosähkö, tuulivoima

Lahti University of Applied Sciences

Degree Programme in Environmental Technology

KUUSELA, JUSSI: The Niemi campus as a demonstration platform for renewable energy

Sunshine and tailwind for learning

Bachelor's Thesis in environmental engineering, 49 pages, 1 page of appendices

Autumn 2014

ABSTRACT

The Lahti University of Applied Sciences has decided to focus all activities on the multi-stakeholder campus in Niemi by 2018. To accelerate this process, a project called the "Future Campus Demonstrator: LAMK Oy in multi-stakeholder campus" (FCD project) was launched. Its purpose is to develop operating conditions and structures in the campus area as well as to renew pedagogy.

This thesis was commissioned by LADEC Oy. It is part of the second theme of the FCD project: environmental and energy-efficient solutions for the campus; multi-stakeholder campus as a demonstration platform for clean technology. The thesis is based on a theoretical approach. The aim was to introduce a few learning environments and demonstration platforms of renewable energy. Focus was on photovoltaic systems and wind power systems.

Many of the EU and Finnish national strategies and programs set requirements for renewable energy production, efficiency and sustainable energy policy. A number of universities and colleges have responded to these demands by building large-scale renewable energy solutions that support education.

The learning environment of renewable energy can be made with relatively small effort. At the same time the resulting new demonstration platforms promote cooperation between the various partners of the campus. Renewable energy and sustainable energy use could be a common theme for the Niemi campus.

Key words: Niemi campus, demonstration platform, learning environment, photovoltaic system, vertical-axis wind power system

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	OPPIMISYMPÄRISTÖ JA DEMONSTRAATIOALUSTA TÄSSÄ TYÖSSÄ	3
3	LAINSÄÄDÄNTÖÄ JA SOPIMUKSIA ENERGIATOIMIEN TAKANA	5
3.1	Lahden ammattikorkeakoulu	5
3.2	EU:n energialainsäädäntöä	6
3.3	Energiatehokkuussopimus KETS	7
3.4	Lahden kaupungin strategia 2025 ja SEAP-sopimus	8
3.5	Päijät-Hämeen maakuntaohjelma	9
4	ESIMERKKEJÄ ERILAISISTA RATKAISUISTA	10
4.1	LUT Green Campus	10
4.2	Satakunnan ammattikorkeakoulu SAMK	12
4.3	SAVONIA-ammattikorkeakoulu	14
4.4	Oulun seudun ammattikorkeakoulu OAMK	15
4.5	Lapin energiakoulu	16
5	PIENIMUOTOISTA UUSIUTUVAA ENERGIAA NIEMEEN	18
5.1	Yhteistyötä Niemen kampuksella	18
5.2	Sääasema	21
5.3	Aurinkosähkö	23
5.3.1	Toteutus 1: Verkkoon syöttävä aurinkosähköjärjestelmä	26
5.3.2	Toteutus 2: Saarekejärjestelmät, jotka eivät ole sähköverkossa	27
5.4	Tuulivoima	27
5.5	Toteutuksiin liittyviä oppimisympäristöjä ja demonstraatioalustoja	34
5.5.1	Aurinkopaneelien asennus	34
5.5.2	Aurinkopaneelien tuotantovaihtelut	34

5.5.3	Ohjausjärjestelmät	35
5.6	Energiansäästö, säätiedon, sähkön tuotannon ja kulutuksen esittäminen	35
6	YHTEENVETO	37
	LÄHTEET	39
	LIITTEET	44

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö pohjautuu käynnissä olevaan Lahden ammattikorkeakoulun koordinoimaan *Future Campus Demonstrator: LAMK Oy monitoimijakampuksella* -hankkeeseen, jonka avulla uudistetaan Lahden ammattikorkeakoulun toiminnallisia rakenteita ja kehitetään uuden monitoimijakampuksen toimintaedellytyksiä. Hanke jakaantuu kolmeen toisiaan tukevaan teemakohtaiseen työpakettiin ja kukin näistä on lisäksi jaettu neljään toimenpiteeseen. Tämän työn lähtökohtana on ollut monitoimijakampuksen alueelliset, taloudelliset ja ekologiset tarkasteluteeman ja sen toimenpiteeseen ”Ympäristö ja energiatehokkaat kampusratkaisut, monitoimijakampus puhtaan teknologian demonstraatioalustana” liittyvät selvitykset. Työ on tehty LADEC Oy:n toimeksiannosta.

Työssä keskitytään pohtimaan teoreettisesti, miten Niemen kampusalueella voidaan hyödyntää uusiutuvan energian tuotantoratkaisuja ja minkälaisia uusia oppimisympäristöjä sekä demonstraatioalustoja niiden avulla voidaan synnyttää. Ratkaisuissa keskitytään helposti ja nopeasti toteutettaviin aurinkosähkö- ja tuulienergian tuotantovaihtoehtoihin, jotka edistävät käytännönläheistä oppimista. Toteutettavien uusiutuvan energian demonstraatioalustojen periaatteellinen kysymys on, miten ne voidaan rakentaa siten, että niissä voidaan testata uutta teknologiaa tai palvelua todellisuutta vastaavassa tilanteessa. On kuitenkin tärkeää, että ympäristö voidaan tehdä riskittömäksi siten, että testaamiselle ja tutkimustoiminnalle jää riittävä vapaus.

Kampusalueen suunnittelussa on korostettu, että kampus toimii puhtaan teknologian demonstraatioalustana. Pienimuotoisen uusiutuvan energiantuotannon käynnistäminen on merkittävä askel asetetun tavoitteen käytännön toteutuksessa. Tärkeää on, että uusiutuvan energian tuotantoa valjastetaan koko kampuksen ympäristönäkökohtia esiin tuovana näyteikkunana ja siellä toimivien tahojen yhteisenä asiana, joka innostaisi jatkossa yhä merkittävämpiin kampusta koskeviin ympäristöratkaisuihin.

Useissa Suomen korkeakouluissa ja oppilaitoksissa on meneillään hankkeita, joissa uusiutuvan energian tuotanto on tuotu osaksi nykyaikaista oppimisympäristöä. Työssä tutustutaan muutaman korkeakoulun ajankohtaisiin hankkeisiin, joissa

uusiutuvat energiamuodot ja uudet oppimisympäristöt ovat pääosissa. Näitä hankkeita voidaan käyttää ideoinnin taustamateriaalina tulevissa Niemen kampusalueen puhtaan teknologian toteutuksissa. Uusiutuvan energian tuotannon lisäämisessä vaikuttimina ovat myös taustalla olevat lainsäädännölliset velvoitteet ja erilaiset tavoiteohjelmat, joita on syytä tuoda esille omana kohtanaan.

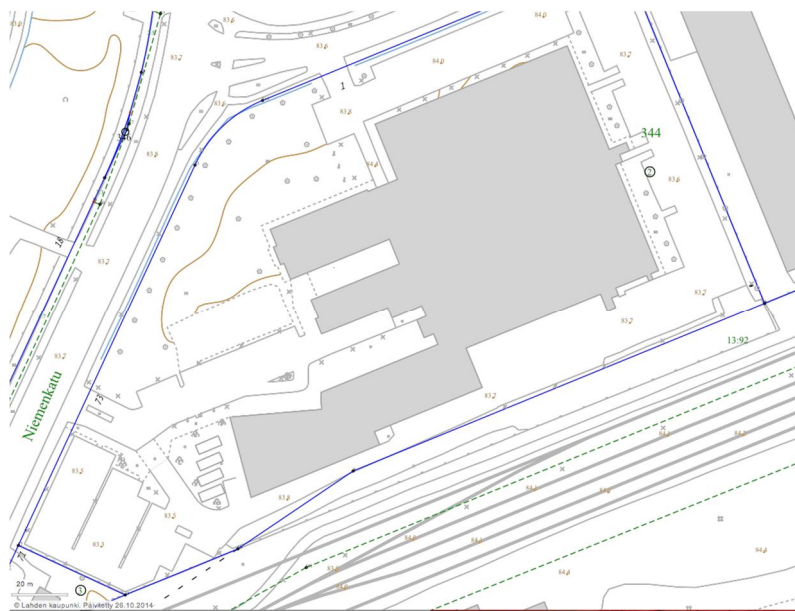
Työn tavoitteena on esittää mahdollisia ratkaisuja Niemen kampusalueen uusiutuvan energian demonstraatioalustojen toteutukseen ja tuoda maakunnallisesti tärkeän kampusalueen tutkimus-, kehitys- ja innovaatio toimintaan uutta nostetta. Puhtaan teknologian käyttö ja sen tuominen kaikkien kampusta hyödyntävien tahojen tietoisuuteen vihertää oleellisesti Niemen kampuksen julkikuvaa.

2 OPPIMISYMPÄRISTÖ JA DEMONSTRAATIOALUSTA TÄSSÄ TYÖSSÄ

Pedagogiikka on oma laaja tieteenalansa, ja siksi on haastavaa tämän työn puitteissa ryhtyä pohtimaan, minkälaiset pedagogiset oppimisympäristöt tuottaisivat parhaimman tuloksen. Koska tässä työssä on kuitenkin kyse opetukseen ja oppimiseen liittyvistä ratkaisuista, on syytä esitellä lyhyesti käsitettä *oppimisympäristö*.

Oppimisympäristöllä tarkoitetaan laajassa mielessä kaikkia toimintaympäristöjä, joissa oppimista tapahtuu. Oppiminen ei ole rajoittunut vain opetusta järjestävien instanssien rakentamiin tiloihin ja tiettyihin aikoihin. Siksi nykyään puhutaankin elinikäisestä oppimisesta (Laakkonen 2003, 274; LAMK 2012, 9).

Opetusta järjestävät tahot pyrkivät kuitenkin luomaan ympäristöjä, joissa halutun asian oppiminen on mahdollisimman tehokasta (Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet, POP 2004, 18). Tässä työssä oppimisympäristöllä tarkoitetaan nimenomaan fyysistä tilaa, Lahden Ammattikorkeakoulun Niemen kampusaluetta (kuva 1).



KUVA 1. Niemen kampus maastokartta. (Lahden kaupungin karttapalvelu 2014).

Instanssien rakentamat fyysiset oppimisympäristöt perustuvat optimaalisimmiin vallalla olevaan oppimisteoriaan ja käsitykseen oppimisesta prosessina (Laakkonen 2003, 277; LAMK 2012, 9). Mikäli tahon tarkoitus on valmistaa ammattiin, tulee ympäristön olla myös mahdollisimman työelämälähtöinen. Tämän lisäksi suunnitteluun ja rakentamiseen vaikuttavat aina käytettävissä olevat resurssit. Näitä ovat esimerkiksi raha, saatavilla oleva teknologia, oppimisympäristön rakentamiseen varattu aika sekä paikka, johon ympäristö tulee rakentaa.

Nykyään vallalla olevia ja yleisesti hyväksytyjä oppimisteorioita ovat humanistinen ja kognitiivinen oppimisteoria. Teorioiden juuret ovat psykologian humanistisessa ja kognitiivisessa ihmiskäsityksessä. Nykyisin käytössä olevat pedagogiikat pohjautuvat lähinnä näiden teorioiden pohjalta luotuihin konstruktiviseen ja kokemukselliseen oppimiskäsitykseen. Kummassakin oppimiskäsityksessä oppija itse on aktiivinen ja näin vastuussa omasta oppimisestaan. Tietoa ei voida siirtää opettajalta oppijalle. Opiskelijan on itse työskenneltävä ja rakennettava uusi tieto omien, jo olemassa olevien, tietoverkkojensa päälle. Opiskelijalla tulee myös olla tarve, valmius ja halu oppia. Tämä ilmenee motivaationa. (Kotila 2003, 13; Hakkarainen, Lonka & Lipponen 2004, 104; Kotila 2012, 26.)

Näiden oppimisteorioiden ja oppimiskäsitysten kautta tarkasteltuna ammattikorkeakoulujen fyysinen oppimisympäristö tulisi suunnitella ja rakentaa niin, että se mahdollistaa konstruktivisen oppimisen ja on työelämälähtöinen (Laakkonen 2003, 277 - 278). Tässä työssä esitellyt lisäykset Niemen kampusalueen oppimisympäristöön on suunniteltu tukemaan opiskelijoiden konstruktivistista ja kokemuksellista oppimista. Tämän lisäksi nämä uudet oppimisympäristöt, puhtaan energian demonstraatioalustat, ovat sekä työelämälähtöisiä että yritys yhteistyöhön soveltuvia.

3 LAINSÄÄDÄNTÖÄ JA SOPIMUKSIA ENERGIATOIMIEN TAKANA

Energiaosaamisen ja oppimisympäristöjen kehittämistavoitteet ovat keskeisiä asioita LAMKin omassa strategiassa. Usean tavoiteohjelman, sopimuksen ja säädöksen voidaan myös katsoa velvoittavan Niemen kampusta tekemään toimenpiteitä energiansäästön ja pienimuotoisen uusiutuvan energian tuotannon lisäämiseksi. Lisäksi ”henkisenä” veloitteena kampuksen tulisi toimia alueensa esimerkillisenä toimijana, joka kannustaa muitakin tekemään kestäviä energiaratkaisuja.

Seuraavassa on käsitelty joitakin merkittäviä lainsäädännöllisiä kokonaisuuksia ja alueellisia sopimuksia sekä tavoitteita, joilla energiankulutuksen vähentämiseen ja uusiutuvan energian tuotannon lisäämiseen on otettu kantaa. Näiden tulee antaa lisäpontta myös Lahden ammattikorkeakoulun omissa hankkeissa ja projekteissa, jotka tähtäävät kestäväan energiankäyttöön.

3.1 Lahden ammattikorkeakoulu

Ammattikorkeakoululain (351/2003) 4 §:ssä on määritetty ammattikorkeakoulujen tehtävät. Edellä mainittuun pykälään liittyviä tehtäviä suoritettaessa ammattikorkeakoululla on opetuksen ja tutkimuksen vapaus, mutta opetuksessa on noudatettava koulutuksen ja opetuksen järjestämisestä annettuja säännöksiä ja määräyksiä (Laki 9.5.2003/351).

Lahden ammattikorkeakoulun painoaloja ovat muotoilu, ympäristö ja hyvinvointipalvelujen kehittäminen. Ympäristö-painoalalla LAMKin ja Lahden alueen keskeinen tavoite on olla Suomen merkittävin ympäristöalan tutkimuksen, koulutuksen ja yritystoiminnan cleantech-keskittymä. LAMK on osa strategista FUAS-liittoumaa (Federation of Universities of Applied Sciences) yhdessä Hämeen ja Laurea-ammattikorkeakoulujen kanssa, jossa Ympäristö ja energiatehokkuus -painoalaan liittyvää koulutuksen kehittämistä LAMK johtaa. (LAMK 2012, 6.)

LAMKin toimintamalleja ja -tapoja ovat integroiva pedagogiikka, käytäntölähtöinen innovaatiotoiminta ja opiskelijayrittäjyys. Vuosille 2013 – 2016 asetettuja strategisia tavoitteita on kolme. Ensimmäisessä tavoitteessa koulutus ja sen korkea

taso kytketään vahvasti tutkimus-, kehitys- ja innovaatiotoimintaan: ”*Oppimisympäristöt ja –tuloksemme ovat kansainvälistä huippua.*” Keskeisiä kehittämistoimenpiteitä ovat muunmuassa oppimisen ja TKI-toiminnan vahva yhdistäminen, koulutustarjonnan kehittäminen sekä innovaatiokeskittymän ja oppimisympäristöjen kehittäminen Niemeen. Toinen strateginen tavoite on yhteiskunnan eriarvoisuuden vähentäminen. Kolmas tavoite korostaa vastuullisuutta ja uudistumista kehittyvien johtamis- ja työskentelytapojen kautta. Tämän tavoitteen yksi keskeisistä tavoitteista on tilojen käytön tehostaminen. (LAMK 2012, 9 – 11.)

3.2 EU:n energialainsäädäntöä

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2009/28/EY tunnetaan paremmin RES-direktiivinä (Renewable Energy Source), joka on EU:n yhteisen ilmastopoliitiikan kannalta tärkeä lainsäädäntökokonaisuus. Direktiivin tavoitteet on kiteytetty 20-20-20 numerosarjaan, joka tarkoittaa, että vuoteen 2020 mennessä energiankulutuksesta 20 % katetaan uusiutuvilla energianlähteillä, kasvihuonepäästöjä tulee samalla vähentää 20 % sekä energiatehokkuutta lisätä 20 %.

Direktiivin 3 artiklan 1 kohdassa Euroopan yhteisön yhteiseksi tavoitteeksi on asetettu, että yhteisössä uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian osuuden on oltava vuoteen 2020 mennessä vähintään 20 % energian loppukulutuksesta. Artiklaa 3 tarkentavassa liitteessä III kullekin jäsenmaalle on asetettu oma kansallinen tavoite, missä on huomioituna kunkin jäsenvaltion lähtötilanne vuonna 2005. Suomen osalta vuoden 2005 lähtötilanteessa uusiutuvien lähteistä olevan energian osuus on ollut 28,5 % ja vuoden 2020 tavoitetilassa osuus tulisi olla 38 %. Esimerkiksi Ruotsin vastaavat luvut ovat 39,8 % (2005) ja 49 % (2020). Uusiutuvalla energialla tarkoitetaan tuuli- ja aurinkoenergiaa, ilmalämpöenergiaa, vesivoimaa, biomassaa, kaatopaikoilla ja jätevedenpuhdistamoissa syntyvää kaasua ja biokaasua.

Direktiivin 2009/28/EY 14 artiklassa ja sitä täydentävässä liitteessä IV mainitaan, että jäsenmaiden on mm. kehitettävä sopivia koulutusohjelmia, joissa uusiutuvan energian asentajien sertifiointi tapahtuu akkreditoitussa koulutusohjelmassa tai akkreditoitun kouluttajan toimesta (Direktiivi 2009/29/EY). Vaikka koulutukselli-

set vaatimukset ovat suunnattu lähinnä ammatilliselle puolelle on korkeakoulujen syytä panostaa omalta osaltaan opetuksen laatuun direktiivin hengen mukaisesti, nojaahan ammatillinen koulutus vahvasti korkeakoulujen tutkimus- ja innovaatio-työhön.

Euroopan unionin keskeisenä yhteisenä tavoitteena on myös energiatehokkuuden parantaminen 20 prosentilla vuoteen 2020 mennessä. Tämä tavoite asetettiin komission tiedonannossa vuonna 2006, jonka Eurooppa-neuvosto hyväksyi 2007 ja Euroopan parlamentti tuki antamassaan päätöslauselmassa vuonna 2008. Energiatehokkuuden parantamisen ja energiansäästötoimien katsotaan olevan jäsenvaltioiden kannalta tehokkaimpina keinoina lisätä uusiutuvien energialähteiden prosentuaalista osuutta kokonaiskulutuksesta, jotta direktiivin kansalliset tavoitetilat saavutetaan. (Direktiivi 2009/28/EY.)

3.3 Energiatehokkuussopimus KETS

Lahden kaupunki on allekirjoittanut syksyllä 2008 työ- ja elinkeinoministeriön kanssa kuntien energiatehokkuussopimuksen (KETS), joka on tärkeä osa kansallista ilmasto- ja energiastrategiaa. Nykyinen sopimus on voimassa vuoteen 2016 asti, ja sen keskeinen tavoite on vähentää energiankulutusta vuoden 2005 tasosta 9 %. Sopimuksen taustalla on kansainväliset sitoumukset ja tavoitteet ilmastonmuutoksen vastaisessa toiminnassa. Sopimustoiminnalla toimeenpannaan muun muassa EU:n energiatehokkuusdirektiivin (2012/27/EU) mukaisia toimia, vaikka itse energiatehokkuussopimus perustuu vapaaehtoisuuteen. Sopimuksen kokonaisenergiansäästöille asetettu ohjeellinen kutakin jäsenvaltiota koskeva tavoite on asetettu EU:n energiapalveludirektiivissä (2006/32/EY), joka on myöhemmin korvattu edellä mainitulla energiatehokkuusdirektiivillä (Direktiivi 2012/27/EU). Tietoa energiatehokkuussopimuksista ja niihin liittyviä raportteja on Motivan ylläpitämällä www.energiatehokkuussopimukset.fi -sivustolla.

Lahden alueen energianhuollosta vastaa suurelta osin Lahden kaupungin omistamat Lahti Energia Oy ja LE-sähköverkko Oy. Lahti Energian kaukolämpöverkko kattaa lähes koko Lahden, ja se on yhteydessä myös Hollolan ja Nastolan verkkoon. Lahden kaupunkialueen kiinteistöistä yli 90 % käyttää kaukolämpöä. LE-

Sähköverkko hoitaa sähkönjakelun Lahden alueella ja vastaa jakelualueensa sähkömittareista. Ohjelmansa mukaisesti yhtiöt pyrkivät vaikuttamaan asiakkaisiinsa viestinnän kautta, jolla pyritään tehostamaan energian loppukäyttöä ja saavuttamaan kulutussäästöjä. Samalla yhtiöt ovat sopimuksissa sitoutuneet vähentämään omaa energiankulutusta mm. siirtohäviöitä pienentämällä. (Lahti Energia 2014.)

Energiatehokkuussopimukseen liittyy yhtenä osa-alueena direktiivin 2012/27/EU 8 artiklan mukaiset energiakatselmukset. Lahden kaupungille on tehty kuntakatselmus, jossa on kartoitettu energiantuotannon ja -käytön nykyinen tilanne. Katselmuksessa arvioidaan myös uusiutuvan energian tuotantomahdollisuudet Lahden alueella ja siinä esitetään toimenpide-ehdotuksia, joilla voidaan kannattavasti lisätä uusiutuvien energialähteiden käyttöä. (Pulkinen & Ikonen 2014.)

3.4 Lahden kaupungin strategia 2025 ja SEAP-sopimus

Lahden kaupunki on omassa strategiassaan ottanut kunnianhimoisen tavoitteen vähentää 50 % kasvihuonepäästöjään (CO²et.) asukaslukuun suhteutettua vuoden 1990 tasosta. Energiansäästön lisäksi tarkoitus on lisätä uusiutuvan energian käyttöä. Strategiassa Lahden yliopistokampus ja ammattikorkeakoulu on nostettu esiin ja niiden profiloitumista ympäristö-, muotoilu- ja innovaatio-osaamisen ympärille on painotettu. Niemen aluetta on tarkoitus kehittää ekologisen ja resurssitehokkaan rakennetun ympäristön pilottialueena Ranta-kartanon ja aseman alueen lisäksi. (Lahti 2013a.)

Lahden kaupunki on allekirjoittanut EU:n kaupunginjohtajien yleiskokouksen sitoumuksen 2012. Tämä SEAP-suunnitelma on luonteeltaan kestävästä energiankäytön suunnitelma (Sustainable Energy Action Plan). Se sisältää toimenpiteitä, jotka on jaettu yhdeksään ryhmään, jotka ovat 1) maankäyttö ja kaavoitus, 2) liikenne, 3) kuntien energiatehokkuussopimus, 4) rakennukset ja rakentaminen, 5) muu energiankäyttö, 6) energiantuotanto, 7) hankinnat, 8) jätteet ja jätevedet sekä 9) resurssitehokkuus. SEAP-suunnitelma kokoaa kaupunkikonsernin eri toimijoiden suunnittelemaa ja toteuttamia toimenpiteitä, joilla energiatehokkuutta ja uusiutuvien energialähteiden käyttöä edistetään. Eri toimenpiteisiin taustalla vaikuttavat niiden omat sopimukset, kuten KETS, joten itse SEAP-suunnitelma päivittyy ja

kehittyä jatkuvan parantamisen periaatteella. (Lahti 2013b.)

Tavoitteena on muuttaa Lahden alueen energiankäyttöä kestävämpään suuntaan muun muassa energiatehokkuuden parantamisella, kestäväällä energiankäytöllä, jossa hajautetusti tuotettu uusiutuva energia nivoutuu älykkäästi Lahti Energian keskitettyyn sähkön- ja lämmöntuotantoon. Energiankäytön kestävyys voidaan vaikuttaa myös epäsuorilla toimenpiteillä, joihin Lahden SEAP-suunnitelmassa on myös paneuduttu. (Lahti 2013b.)

3.5 Päijät-Hämeen maakuntaohjelma

Pitkän aikavälin kansalliset strategisten linjausten ja periaatteiden pohjata on laadittu valtakunnallinen aluestrategia, joka ohjaa alueiden kehittämistä vuoteen 2020 saakka. Aluekehittämissuunnitelmaa ohjaa maakunnallisia kehittämissuunnitelmia. (Työ- ja elinkeinoministeriö TEM 2014.)

Maakuntien kehittämistyötä ohjataan kunnallisvaalikausittain (neljä vuotta) laadittavien maakuntaohjelmien kautta. Ohjelmissa huomioidaan valtakunnalliset kehittämistavoitteet sekä muut linjaukset, ja sen laadintaan osallistuvat laajasti eri organisaatiot hallinnon, elinkeinoelämän, kansalaisjärjestöjen sekä koulutuksen ja tutkimuksen alalta. Maakuntien liitot organisoivat alueellisten ohjelmien laatimisen. Ohjelmissa määritetään alueiden kehittämisen tavoitteet ja painopisteet sekä arvioidaan toteutukseen tarvittavan kuntien, valtion ja yksityisen rahoituksen tarve. Rahoituksen osalta ohjelmassa sovitetaan yhteen kansalliset ja EU:n rahoittamat ohjelmat. (TEM 2013.)

Päijät-Hämeen nykyinen maakuntaohjelma on laadittu vuosille 2014 – 2017. Ohjelmassa on nostettu vahvasti esille ympäristöliiketoiminta ja ympäristöosaaminen. Maakuntaohjelman kolmas toimintalinja sisältää erilaisia tavoitteita kestävästä ympäristötoiminnan suhteen (Päijät-Hämeen liitto 2014). Niemen kampusalueen toimijoilla on omalta osaltaan periaatteellinen vastuu asetettujen tavoitteiden saavuttamiseksi muun muassa toteuttamalla ohjelman mukaisia hankkeita.

4 ESIMERKKEJÄ ERILAISISTA RATKAISUISTA

Useat korkeakoulut ja oppilaitokset ovat viime aikoina panostaneet merkittävässä määrin uusiutuvien energialähteiden nykyaikaisen koulutuksen kehittämiseen. Kansainvälistä ilmastonmuutoskeskustelua on käyty jo pitkään ja paineet fossiilisten energialähteiden korvaamisesta uusiutuvilla energiamuodoilla on konkretisoitunut kansainvälisten sopimusten ja lainsäädännöllisin velvoitteiden kautta. Uusiutuvan energian tuotannon kanssa käsi kädessä kulkee myös energiansäästöön panostaminen. Energia-ala tarvitsee yhä enemmän monialaista osaamista, ja se näkyy myös opetuksen kehitystyössä. Energia-alan koulutusta tarjoavat oppilaitokset ovat oman alueensa vahvoja vaikuttajia ja merkittävässä roolissa energiastrategioiden toteuttamisessa. Korkeakoulujen TKI-toiminta luo edellytyksiä uudelle yritystoiminnalle ja alemman asteen oppilaitokset täydentävät tätä työtä. Tässä luvussa esitellään muutamien oppilaitosten ratkaisuja muuttuvassa energia-alan toimintaympäristössä.

4.1 LUT Green Campus

Lappeenrannan teknillinen yliopisto (LUT) on Suomen ensimmäinen Green Campus, joka toiminnassaan edistää kestävästä kehitystä ja vihreää teknologiaa. LUT on noussut lyhyessä ajassa koko Suomen suurimmaksi toimijaksi energia-alan opetuksessa ja tutkimuksessa. Yliopiston edistyksellinen toiminta on palkittu myös merkittävin kansainvälisin tunnustuksin, kuten Sustainable Campus Excellence Award –kilpailun kampus-sarjan voitto osoittaa. Ympäristöasioiden hallinnassa hyödynnetään myös kansainvälisiä standardeja ja yliopistolle on rakennettu tunnetuimman standardin (ISO 14001) mukainen ympäristöjärjestelmä. LUT on Suomen ensimmäinen yliopisto, jonka koko toiminta on ympäristöjärjestelmän piirissä. Yliopisto kuuluu myös pohjoismaiseen kestävästä kehityksen kampusverkostoon ja WWF on myöntänyt sille Green Office –merkki. Yliopistolla toteutetaan jatkuvasti uusia ratkaisuja, joissa hyödynnetään sen omaa osaamista ja innovaatioita. (LUT 2014.)



KUVA 2. Lappeenrannan teknillisen yliopiston tasakattovoimala (LUT 2014).

Aurinkoenergian tuotannossa LUT on yksi Suomen suurimmista. Toimivista aurinkovoimaloista vain Salon Astrum-keskuksen, kapasiteetiltaan 322 kWp ja 300 MWh arvioidulla vuosituotannollaan, on suurempi (Astrum 2013). LUT:n aurinkovoimalat sijaitsevat yliopiston rakennusten katoilla (kuva 2) ja autokatosten kattorakenteissa. Paneelien kokonaispinta-ala on noin 1500 neliometriä ja kokonaisteho 220 kW. Paneelien määrää on kasvatettu jatkuvasti ja niiden tuotolla korvataan ostosähköä. Samalla ne toimivat myös tutkimus- ja opetuslaboratoriona. Yliopiston sähkön kokonaiskulutuksesta (vuonna 2013 noin 7200 MWh) aurinkosähkön tuotannon (160 MWh) osuus kattaa reilun 2 %. Yliopistolla tutkitaan myös tuulivoiman tuotantoa omalla 20 kW:n turbiinilla (kuva 3), joka toimii näytävyytensä vuoksi GreenCampuksen symbolina. (LUT 2014.)



Kuva 3. Lappeenrannan teknillisen yliopiston tuulivoimala (Leinonen 2013).

LUT GreenCampus soveltuu kaikille kampuksille esikuvaksi vihreän energiateknologian TKI-toiminnan edelläkävijänä. LUT GreenCampus on panostanut merkittävässä määrin vihreän ajattelumallin ja omien ratkaisujen esilletuomiseen. Asioista kiinnostuneiden on mahdollista tilata kuukausittain ilmestyvä sähköinen uutiskirje sähköpostiinsa. (LUT 2014.)

4.2 Satakunnan ammattikorkeakoulu SAMK

Uusiutuvan energian teknologiset ratkaisut on yksi SAMKin tutkimuskentistä, jossa osaltaan toteutetaan maakunnan sekä alueen kaupunkien strategioita yrityksistä ja yhteisöä hyödyttävällä tavalla. Uusiutuvien energiatekniologioiden ja energiatehokkuuden tutkimusryhmän osaaminen ja päätavoitteet painottuvat kolmeen osa-alueeseen. Ensimmäinen osa-alue keskittyy energiaonfrastruktuuriin ja rakennettuun ympäristöön integroitavien aurinkoenergiatekniologioiden tutkimiseen. Toisessa osa-alueessa keskiössä ovat Home area network ja Home energy management järjestelmäintegraatiokehitystyö sekä ohjaus- ja mittausympäristöjen kehittäminen älykkäiden uusiutuvan energian hybridijärjestelmien osalta. Kolmas osa-alue sisältää yritys- ja yhteisökoulutuksen kehittämistyön. Kaikilla osa-

alueilla tärkeässä roolissa ovat erilaiset yhteishankkeet alueellisten toimijoiden välillä. (SAMK 2014.)

Ryhmä on ansioitunut erityisesti aurinkoenergiaratkaisujen saralla ja perustanut TKI-projektitoiminnan kautta SolarForum-innovaatioekosysteemin. SolarForum-palvelu on klusteri, joka kerää yhteen aurinkoenergia-alan ammattilaisia, opiskelijoita ja muita alasta kiinnostuneita tahoja. Sivustolla on tietoa SAMKin projekteista, alan tapahtumista, eri seurantakohteista esittelyineen ja sivustoilla toimii myös portaalipalvelu, joka toimii alan toimijoiden julkaisualustana aurinkoenergiamarkkinoiden ja –teknologioiden kehittymiseen liittyvissä asioissa. Lisäksi SAMK esittelee oman aurinkoenergiaboratorion toimintaa ja laitteistoa. (SAMK 2014.) Kuvassa 4 on eräs testiympäristö, jossa aurinkoa seuraavalle alustalle sijoitettu aurinkopaneeli ja sen vieressä kiinteästi asennettu vertailupaneeli.



KUVA 4. SAMKin testilaitteisto, jossa kääntyvä tracer ja sen vertailupaneeli (SAMK 2014).

SAMKin nykyinen aurinkoenergiaboratorio on hyvin monipuolinen kokonaisuus, jossa tutkitaan lämmön, sähkön ja jäähdytyksen tuottamista ja varastoimista. Mittaus- ja ohjausjärjestelmien kehitystyö on tärkeä osa laboratorion toimintaa. Aurinkoenergian tuotantoa voidaan tutkia myös keinoauringon avulla, joten pime-

ät talvetkaan eivät ole este kehitystyölle. Lisäksi laboratorio on varustettu pelletti-kattilalla, joka mahdollistaa hybridijärjestelmien testauksen. Tuotettu energia hyödynnetään laboratorion omassa kulutuksessa. (SAMK 2014.)

Satakunnan ammattikorkeakoululle ryhdytään rakentamaan uutta kampusta Poriin asema-aukiolle. Uudella kampuksella tullaan tutkimaan uusiutuvia energiamuotoja ja toteutettavilla aurinkoenergiaratkaisuilla aiotaan vähentää myös ostoenergian tarvetta. Lähteen ja Heikkisen (2014) suunnitelmien mukaan tarkoitus on toteuttaa erilaisia järjestelmiä tutkimuksen ja tuotannon tarpeisiin. Vuosituotanto olisi arviolta reilu 100 MWh, ja mikäli autojen paikoitusalueelle sijoitettaisiin useampi autokatos, voitaisiin tuotannossa päästä noin 270 MWh:n vuosituotantoon. Tällöin puhutaan jo varsin mittavasta järjestelmästä.

4.3 SAVONIA-ammattikorkeakoulu

Savonia-ammattikorkeakoulun yksi neljästä painoalasta on energia, ympäristö ja turvallisuus. Savon koulutuskuntayhtymän Savon ammatti- ja aikuisopisto ja Savonia-AMK ovat energiatekniikan alalla keskittyneet teollisen mittakaavan uusiutuvan energian teknologiaan. Koulujen yhteistyö on poikinnut suuria uusiutuvan energian koulutus- ja investointihankkeita, joiden seurauksena kouluilla on käytössä modernit uusiutuvaan energiaan liittyvät oppimislaboratoriot. Savon ammatti- ja aikuisopiston Toivalan yksikössä on hyvin varusteltu energiatutkimuskeskus ja Savonia-AMKn Varkauden kampukselle on valmistumassa viimeistelyä vailla oleva energiatutkimuskeskus. Molempia laitoksia käytetään ja tullaan käyttämään laajasti alueen energia-alan toimijoiden osaamisen parantamiseen.

Savonia-AMKn ja Savon ammatti- ja aikuisopiston hankkeiden kokoluokat ovat olleet varsin suuria, mikä kuvastaa uusiutuvan energiantuotannon koulutuksen strategista merkitystä Pohjois-Savon maakunnalle. Hankkeet on pääosin rahoitettu Euroopan sosiaalirahaston tai Euroopan aluekehitysrahaston ohjelmista. Toivala - uusiutuvan energian oppimislaboratorio -hanke on ollut kustannuksiltaan noin 0,7 M€ Varkauden energiateknologian yrityskeskittymän uudistamisen ja toimintaedellytysten turvaaminen on ollut Teollisen mittakaavan energiateknologian kehitysympäristö -hankkeen lähtökohdista ja sen kustannusarvio on noin 0,45 M€

Edellä mainitun hankkeen kanssa rinnakkain toteutettu Teknologiakeskuksen ja teollisen mittakaavan energiateknologian kehitysympäristön toimintamallin kehittäminen ja osaamisen vahvistaminen -hanke on kustannuksiltaan 0,8 M€ Savonia-AMKn Varkauden kampukselle rakennetaan energiatutkimushalli INPYRE - Kierrätyspolttoaineen energiakäytön, pyrolyysiöljyn käytettävyyden sekä sähkön- ja lämmön yhteistuotannon kehitysympäristö -hankeen puitteissa ja sen kustannusarvio on 0,725 M€ Li-ioniakkuteknologian opetuksen ja tutkimuksen kehittäminen -hankkeessa on keskitytty akkuteknologian opetuksen ja tutkimuksen kehittämiseen Varkaudessa ja hanke on ollut suuruudeltaan noin 0,3 M€

4.4 Oulun seudun ammattikorkeakoulu OAMK

Oulun ammattikorkeakoulu on toteuttanut useita energia-alan hankkeita koulutus- ja tutkimuskäytön lähtökohdista. Koululla on muun muassa toteutettu hajautetun uusiutuvan energian tuotannon kehitys- ja koulutusympäristö, jossa CHP-laitteisto on sijoitettu siirrettävään konttiin. Laitteisto on varustettu monipuolisilla toiminnanohjaus-, analysointi-, tiedonkeruu- ja automaatiojärjestelmillä, mikä mahdollistaa laite- ja sovelluskehityksen yhteistyössä yritysten kanssa. (Oulun AMK 2014.)

Oulun AMK:n Tekniikan yksikön katolle on sijoitettu aurinkosähköjärjestelmä, jonka nimellisteho on 5 kWh. Tuotantopaikalle on sijoitettu myös sääasema, jonka keräämää tietoa käytetään järjestelmän hyötysuhteen laskemiseen eri olosuhteissa. Aurinkopaneelien asennustelineiden kallistuskulmaa voidaan muuttaa, joten laitteistolla voidaan tutkia asennuskulman vaikutusta tuotantoon. Tuotettu sähkö syötetään Tekniikan yksikön sähköverkkoon. (Oulun AMK 2014.)

OAMK on toteuttanut ensisijaisesti Raahen seudun ammattikorkeakoulun ja toisen asteen ammatillisen koulutuksen opettajille suunnatun Tuurinko-hankkeen, joka on jatkoa heidän aiemmin toteuttamalle Elke-hankkeelle (Energiansäästöä langatonta mittaustekniikkaa kehittämällä). Elke-hankkeessa tarkoituksena oli kehittyneen mittaustekniikan avulla hakea keinoja energian säästämiseen, kun taas Tuurinko-hankkeessa kyseisillä laitteilla seurataan uusiutuvan energian tuotantoa. Hankkeessa Raahen ammattiopiston tiloihin sijoitettiin pienimuotoiset tuuli- ja

aurinkosähkön tuotantojärjestelmät mittauslaitteineen. Kokonaisuudessaan hanke on ollut noin 50 000 euron suuruinen ja se on Euroopan sosiaalirahaston (ESR) osarahoittama. Investointien ja opettajien koulutuksen toteutusaika on ollut 1.12.2013 - 31.10.2014. Toteutettua oppimisympäristöä hyödynnetään syysluku-kaudesta 2014 alkaen käytännönläheisten oppimistehtävien kautta. Opetuskäytön lisäksi oppimisympäristöä on tarkoitus hyödyntää myös ulkopuolisille suunnatuissa pienten tuuli- ja aurinkosähköjärjestelmien asennuskoulutuksissa. OAMK:n tietojen mukaan ulkopuolisille järjestettävät koulutukset ovat maksuttomia ja avoimia kaikille tällaisesta energiantuotannosta kiinnostuneille tahoille. Tuuli-voimaloiden tuotantoa pystytään seuraamaan reaaliaikaisesti ja tiedot ovat vapaasti saatavilla osoitteessa <http://egauge894.egaug.es/index.html>. (Oulun AMK 2014.)

4.5 Lapin energiakoulu

Rovaniemen koulutuskuntayhtymä ja Kemi-Torniolaakson koulutuskuntayhtymä Lappia ovat toteuttaneet yhdessä Lapin Energiakoulu -hankkeen, jossa lähtökoh- tana on ollut uusiutuvan energian tuotannon ja energiatehokkuuden koulutus- ja neuvontajärjestelmän kehittäminen Lapin maakunnan alueelle. Lapin Energiakou- lu koostuu kahdesta osahankkeesta, ja ne on toteutettu vuosina 2010 - 2012. Osa- hankkeista tuotekehityksen ja pilotoinnin osuus on sisältänyt koulutustuotteiden sekä verkostototeutusmallin kehittämisen. Tämä osuus on rahoitettu ESR-osa- rahoituksella, ja sen kokonaiskustannukset ovat olleet noin 0,8 M€ Energiakou- luun sisältyneet investoinnit on rahoitettu Euroopan aluekehitysrahaston osarahoit- tuksella, ja näiden kustannusten kokonaismäärä on ollut noin 2 M€ Hankkeeseen liittyneitä oppilaitoksia ovat olleet Lapin alueella toimivat Lapin ammattiopisto, Rovaniemen ammattikorkeakoulu, Ammattiopisto Lappia ja Kemi-Tornion am- mattikorkeakoulu, joille kaikille on toteutettu nykyaikaisilla laitteistoilla varuste- tut oppimisympäristöt uusiutuvan energian ja energiatehokkuuden koulutusta var- ten. Lapin energiakoulun kotisivut toimivat kattavana tietokanavana, josta löytyy monenlaista hanketta koskevaa lisätietoa. Lapin energiakoulun toteuttajaorgani- saatioilta on mahdollista tilata erilaisia mittauksia, arviointeja, neuvontaa ja koulu-

tuksia. Palvelujen käyttäjien on mahdollista käyttää tehtävien suorittamiseen opiskelijoiden osaamista. (Lapin energiakoulu 2012.)

Rovaniemen ammattikorkeakoulun fyysiset oppimisympäristöt sisältävät aurinkosähkö-, aurinkokeräin- ja lämpöpumppujärjestelmät, joita käytetään tukemaan insinööriopiskelijoiden käytännönläheistä oppimista. Aurinkosähköpaneelien tuottama energia käytetään oppimislaboratoriossa, mutta tarvittaessa ylimääräinen sähkö voidaan syöttää yleiseen sähköverkkoon. Lämmönkeruujärjestelmän keräämä lämpö käytetään Rovaniemen Rantavitikan kampuksella. Oppimisympäristöä voidaan tarjota tutkimuskäyttöön, jota varten käytössä on myös erilaisia mittausvälineitä. (Lapin energiakoulu 2012.)

Kemi-Tornion ammattikorkeakoululla on toteutettu oppimisympäristöjä, jotka soveltuvat kone-, sähkövoima- ja automaatiotekniikan insinööriopintojen tarpeisiin. Uusiutuvan energian tuotannossa on erilaisia opetus- ja tutkimuskäyttöön tarkoitettuja sähköntuotannon ja lämmityksen järjestelmiä. KTAMK:n laboratorioissa perehdytään muun muassa tuulivoimatekniikkaan, aurinkosähköjärjestelmiin, polttokennoihin, biodieselgeneraattoreihin ja vesivoimaan perustuviin sähköntuottojärjestelmiin. (Lapin energiakoulu 2012.)

Ammattiopisto Lappian Tervolan toimipisteeseen on rakennettu biokaasulaitos, joka on opetusnavetan yhteydessä. Laitoksessa keskitytään biokaasutuotannon eri prosesseihin monipuolisen mittauslaitteiston avustuksella. (Lapin energiakoulu 2012.)

Lapin ammattiopisto on keskittynyt metsäbioenergian oppimisympäristön toteutukseen. Opistolle on hankittu energiapuun korjuussa tarvittavaa kalustoa ja varustettu Rovaniemen opetuslämpölaite, jonka seurantajärjestelmään voi tutustua osoitteessa <http://plabdev.ramk.fi:8004/kpa1>. (Lapin energiakoulu 2012.)

5 PIENIMUOTOISTA UUSIUTUVAA ENERGIAA NIEMEEN

5.1 Yhteistyötä Niemen kampuksella

Kaikissa vaihtoehdoissa kiinteistön omistaja on taho, joka viimekädessä ratkaisee, minkälaisia järjestelmiä ja asennuksia on mahdollista toteuttaa. Niemenkadun osalta Osaamiskiinteistöt Oy on suhtautunut alustaviin kyselyihin suurella mielenkiinnolla ja suhtautunut positiivisesti uusiutuvan energian hankkeisiin. Lisäksi teknisiä tiloja voidaan mahdollisuuksien mukaan käyttää tarvittavan tekniikan sijoittamiseen (Reponen 2014). Niemenkadun D-siiven ylimmän kerroksen tekninen tila on rakennettu varsin avaraksi, joten parhaimmillaan sitäkin voi käyttää ohjattuun opetukseen (kuva 5).



KUVA 5. Niemenkadun D-siiven ylimmän kerroksen teknistä tilaa

Teknisistä tiloista on myös turvalliset reitit katolle, mikä on tärkeää asennusten ja laitteistojen huollon kannalta (kuva 6). D-siiven teknisen tilan katto (kuva 7) on Niemen kampuksen korkein kohta, joka olisi paras sijoitusvaihtoehto tuulivoima-

turbiinille. Kampusen B-siiven kattotila on laajin yhtenäinen tasakatto, joka tarjoaa turvallisen asennusympäristön aurinkopaneeleille (kuva 8).



KUVA 6. Niemenkadun D-siiven ylimmän kerroksen teknisestä tilasta katolle johtava ovi

Niemen kampusalueella toimii tällä hetkellä kaksi uusiutuvan energian suunnittelutyöhön erikoistunutta yritystä, Nocart Oy ja One1 Oy. Oppimisympäristön kehittämistyön seurauksena syntyvien uusiutuvan energian demonstraatioalustojen suunnittelussa voidaan hyödyntää asiantuntijoiden kokemusta ja tietoa yrityskentän tarpeista. Yrityskontaktien ylläpitäminen ja uusien kontaktien solmiminen on helpompaa autenttisen tuotantoympäristöjen puitteissa. Oppimisympäristöt voidaan suunnitella myös yrittäjien tarpeita palvelevaksi kokonaisuudeksi, jolloin syntyy luonnollinen yhteys opiskelijoiden ja alan ammattilaisten välille.



KUVA 7. Niemenkadun D-siiven teknisen tilan katto. Paikka sopisi tuuliturbiinille.



KUVA 8. Näkymä Niemenkadun B-siiven katolle. ”Kilpikonna-aulan” lasitus katon keskiosissa on mitoiltaan noin 18*12 m. Aurinkosähköpaneeleille on riittävästi asennustilaa.

5.2 Sääasema

Sääolosuhteiden jatkuva mittaaminen tuottaa runsaasti analysoitavaa tietoa, jota voidaan hyödyntää sekä tutkimuksen että opetuksen tarpeisiin. Aurinkoenergian ja tuulivoiman energiantuotannon määrät ovat suoraan riippuvaisia vallitsevista sääolosuhteista. Järjestelmissä ilmenevät viat voi havaita vertailemalla tuotantolukuja vallitseviin sääoloihin. Erilaisista komponenteista kasattujen järjestelmien keskinäinen vertailu onnistuu parhaiten, kun tietoja pystytään peilaamaan samanaikaisesti kerättyyn säätietoon. Ulkoilman ilmiöt tuntuvat muutenkin olevan pohjaton lähde keskusteluille, vaikka suurimmalle osasta meistä sen merkitys elämiseen on lopulta hyvin vähäinen. Paikallisten säätietojen esittäminen esimerkiksi kampuksen keskeisissä oleskelutiloissa toimii varmana keskustelunavaajana synkimpinäkin syksyn hetkinä tai ainakin siitä puhumiselle annetaan mahdollisuus.



KUVA 9. Niemenkadun kampuksen C-siiven katolla oleva Helsingin yliopiston sääaseman Vaisala WXT520 -säälähetin.

Helsingin yliopiston ympäristötieteiden laitoksen Lahden-toimipisteessä Niemenkadulla on kampuksen C-siiven katolla tasokkailla laitteilla varustettu sääasema. Laitteiston keräämää säädataa käytetään yliopiston omien tutkimusten ja seurantojen tarpeisiin. Laitteiston keräämää raakadataa on mahdollista saada LAMK:n käyttöön. (Ryynänen 2014.)

Sääasema on varustettu Vaisalan WXT520 -säälähettimellä (kuva 9) ja Kipp & Zonen CM 6B -pyranometrillä (kuva 10). WXT520 mittaa kuutta sääparametria, jotka ovat lämpötila, ilman suhteellinen kosteus, ilmanpaine, tuulennopeus ja sen suunta sekä sademäärä (Vaisala 2012, 25 - 29).

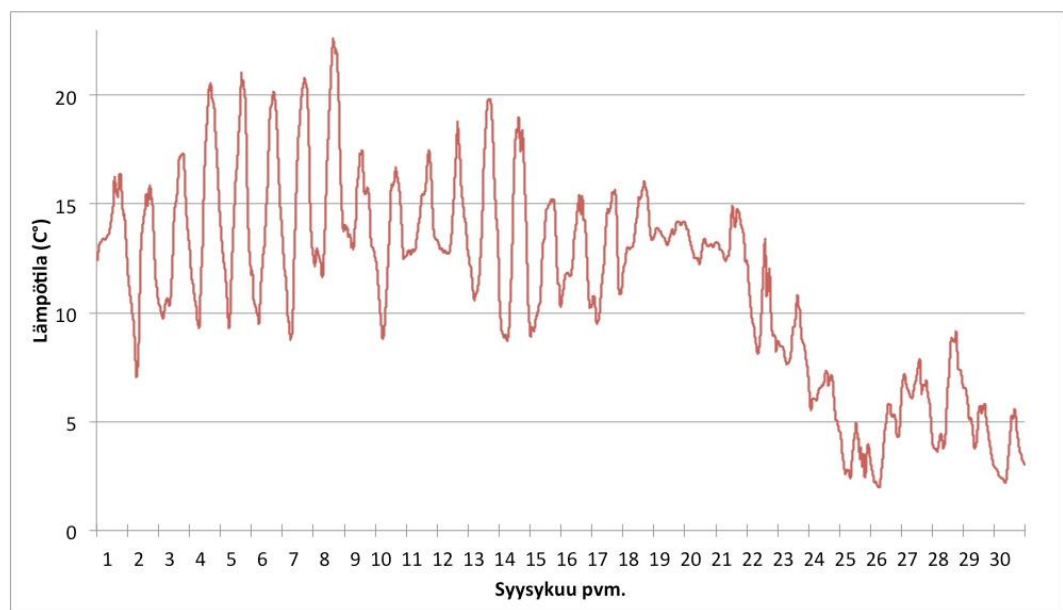


KUVA 10. Helsingin yliopiston sääasemaan liitetty Kipp & Zonen CM 6B pyranometri Niemenkadun kampuksen C-siiven katolla.

Pyranometrillä mitataan auringon säteilyn tehoitiheyttä eli intensiteettiä (W/m^2), jota mittauslaitteissa kutsutaan irradianssiksi. Kokonaisintensiteetti on riippuvainen siitä, minkälaisessa suhteessa pyranometri vastaanottaa auringon suoraa säteilyä ja kuinka paljon säteilystä on hajasäteilyä (Kipp & Zonen 2003, 5). CM 6B pyranometrin irradianssin mittausalue $0 - 1\,400 \text{ W}/\text{m}^2$ (maks. $2\,000 \text{ W}/\text{m}^2$). Mi-

tattava spektrin alue on aallonpituuksiltaan 305 – 2 800 nm (Kipp & Zonen 2003, 13).

Sääasema lähettää kerättyä tietoa jatkuvasti, ja sitä tallennetaan valitun ajanjakson välein. Kerättyä tietoa voi tarkastella Excel-taulukkomuodossa. Kuvan (11) syyskuun 2013 lämpötiläkäyrä perustuu minuutin välein tallentuneisiin mittauksiin. Runsaan keräystiedon vuoksi taulukot ovat huomattavan suurikokoisia ja raskaita käsitellä jos raakadataa ei käsitellä havainnollisempaan muotoon.



KUVA 11. Syyskuun 2013 ulkolämpötilan vaihtelut Niemenkadun kampuksen C-siiven katolla.

5.3 Aurinkosähkö

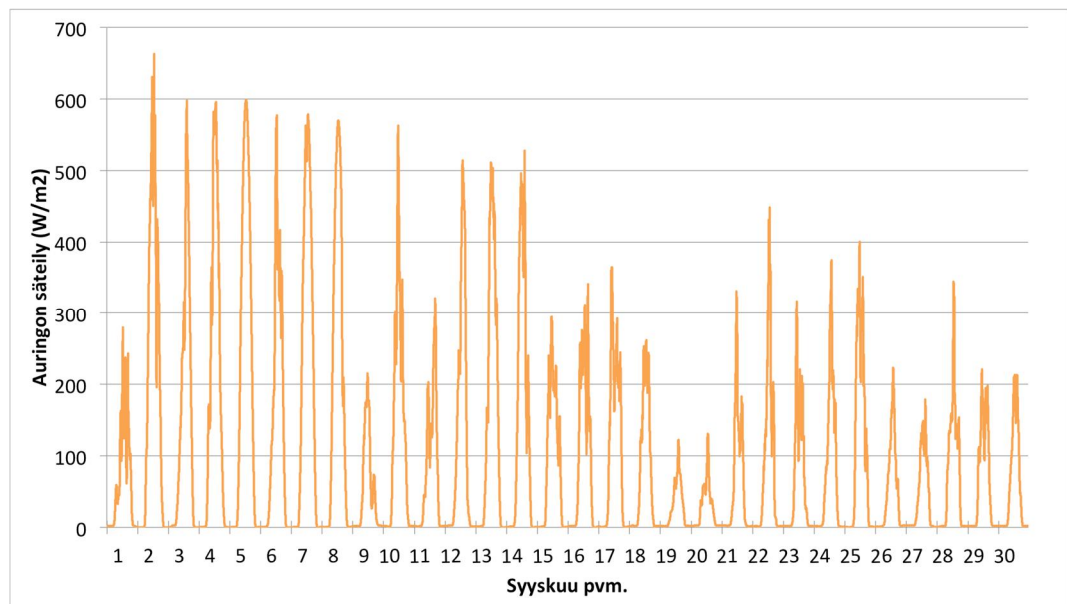
Aurinkosähköjärjestelmät yleistyvät Suomessa jatkuvasti ja erilaisia järjestelmiä kauppaavia tahoja on tarjolla runsaasti. Ympäristöteknologian opiskelijoistakin osa tulee sijoittumaan työelämässä tahoille, jotka ovat tekemisissä erilaisten aurinkosähköjärjestelmien parissa. Aurinkoenergian oppimisympäristö tarjoaisi käytännönläheisen tavan tutustua erilaisiin laitteisiin, niiden asentamiseen ja tuotannon seuraamiseen. Tällaiset oppimisympäristöt palvelevat myös demonstraatioalustoina kampuksen muita käyttäjiä.

Aurinkosähköllä voitaisiin tuottaa Niemen kampuksella kesäaikaisesta kulutuksesta hetkellisesti merkittävä osa. Tämä vaatisi kuitenkin varsin suuren järjestelmän. Teoreettisesti pohdittuna aurinkosähköjärjestelmien mitoituksessa voidaan lähtökohdaksi ottaa kampuksen kokonaissähkönkulutus, jolloin asennettavilla järjestelmillä pyrittäisiin kattamaan merkittävä osa kulutuksesta. Mikäli tuotettu sähkö käytetään vain kampuksen oman kulutuksen kattamiseen, järjestelmä mitoitetaan tuottavimpien kesäkuukausien mukaan, siten ettei ylijäämäsähköä pääse syntymään. Sähkönsiirtoyhtiön (Lahdessa LE-sähköverkko) ja sähkönmyyjän (sopimuksen mukaan) kanssa on myös mahdollista sopia ylijäämäsähkön syöttämisestä takaisin verkkoon, jolloin paneelien määrä voidaan mitoittaa muilla perusteilla, kuten sopivan kattopinta-alan mukaan.

Niemenkadun B-siiven sähkönkulutus LAMKin tekniikan ja liiketalouden osalta on ollut heinäkuussa 2014 yhteensä 8 311 kWh. Heinäkuussa kampus on hyvin hiljainen paikka lomien vuoksi ja sähkönkulutus on vähäistä verrattuna vuoden muihin kuukausiin. Euroopan komission ylläpitämän interaktiivisen aurinkosähkön laskentapalvelun avulla (Euroopan komissio 2014) voi teoreettisesti laskea tuolle sähkönkulutukselle tarvittava aurinkopaneeliston koko. Ohjelmaan syötetään paneelien oletettu sijainti ja muita parametreja, jotka vaikuttavat sähkön tuottoon. Esimerkissä paneelit ovat piikidekennoja, paneelien asennussuunta suoraan etelään ja kallistuskulma 35 astetta. Systeemin häviöt ovat oletuksena 14 % suuruiset ja muut häviöt ohjelma laskee itse. Näillä asetuksilla nimellisteholtaan yhden kWp:n (piikkikilowatti) järjestelmä tuottaa sähköä heinäkuussa yhteensä 125 kWh. Tällöin heinäkuun kulutuksen kattamiseksi tarvitaan nimellisteholtaan noin 67 kWp:n järjestelmä (liite 1). Yhden piikkikilowatin tuottamiseen tarvitaan tyypillisesti 6-8 m² aurinkopaneelia (Motiva 2014a), joten järjestelmän pinta-ala olisi 402 – 536 m², mikä tarkoittaisi 1,6 m² paneeleita yhteensä 251 – 335 kpl.

LAMKin sähkönkulutus on kuitenkin vain osa Niemen kampusalueen kulutuksesta. Kampuksen yhteisten tilojen käyttösähköä kuluu kuukaudessa vähimmillään noin 30 000 kWh (Reponen & Lievonen 2014). Lisäksi Niemen muiden käyttäjien sähkönkulutus lienee vähintään samaa tasoa.

Sähkönkulutuksen vuorokautisesta kulutuksesta tarvitaan käytännössä tarkempaa tietoa, sillä paneelithan tuottavat sähköä vain valoisaan aikaan. Järjestelmän mitoituksessa tulisi kuitenkin huomioida myös yökulutuksen osuus, mikä voidaan vähentää tarvittavasta tuotannosta. Tämä siis tilanteessa, jossa ylijäämä sähköä ei haluta tuottaa. Parhaimmissa tuotanto-olosuhteissa aurinkosähköä voidaan tuottaa mittavia määriä. Tällainen esimerkkutilanne syntyi Saksassa, kun 9.6.2014 keskipäivän aikaan yhden tunnin ajan aurinkosähkön tuotanto oli 50,6 % senhetkisestä sähkön kokonaistuotannosta. Sattumalta tuolloin oli kansallinen vapaapäivä, jonka vuoksi aurinkosähkön suhteellinen osuus pääsi kipuamaan yli 50 % rajan (YLE 2014).



KUVA 12. Auringon säteily (W/m^2) syyskuussa 2013 Niemenkadun kampuksen C-siiven katolla.

Ilmatieteen laitos on tehnyt kattavan selvityksen aurinkosäteilystä Helsingin Östersundomissa juhannuksesta 2013 kesäkuun loppuun 2014. Lindfors, Riihelä, Aarva, Latikka & Kotro (2014, 6) toteavat kuitenkin, että ilmastollisessa mielessä tämä mittausjakso on lyhyt ja sitä ei voida suoraan hyödyntää keskimääräisten säteilyolojen määrittämisessä. Aurinkosäteilyn määrä vaihtelee huomattavasti päivien, kuukausien ja vuosien välillä. Niemen kampuksella oleva Helsingin yliopiston sääasema on ollut toiminnassa jo vuodesta 2008 (Ryynänen 2014) ja au-

rinkosäteilyn intensiteetin mittaaminen on yksi perusparametreista. Kuvassa (12) on auringon säteilytiedot syyskuulta 2013.

5.3.1 Toteutus 1: Verkkoon syöttävä aurinkosähköjärjestelmä

Verkkoon kytketty järjestelmä koostuu kolmesta pääosasta eli aurinkopaneeleista ja niiden asennustelineistä sekä inverttereistä. Opetuksellisesti järjestelmä kannattaa rakentaa siten, että sitä on myöhemmässä vaiheessa helppo laajentaa. Tämä mahdollistaa myös monipuolisten demonstraatioalustojen ja pilottiympäristöjen rakentamisen.

Verkkoon syötettävällä järjestelmällä pystytään perehtymään 230 V järjestelmien vaatimukseen. Järjestelmä rakennetaan sellaiseksi, että se pystyy tuottamaan sähköä suoraan Niemen kampuksen sähköverkkoon. Mitoituksen osalta oleellista on tiedostaa mitä varten järjestelmä hankitaan. Mitä suurempi järjestelmä valitaan, sitä halvemmalla tuotantokapasiteettia suhteellisesti saadaan. Oppimisympäristöjä kehitettäessä aurinkosähkön maksimaalinen tuotanto ei kuitenkaan ole tärkeyslistalla ensimmäisenä. Hintatasoon vaikuttaa myös käytettävien komponenttien laatu ja käytetäänkö keskitettyä verkkoinvertteriä vai onko jokaisella paneelilla oma mikroinvertteri. Keskitetyissä verkkoinverteereissä on myös mahdollista valita yksivaiheinen tai kolmivaiheinen invertteri. Suuremmissa kokonaisuuksissa käytetään usein kolmivaiheista keskitettyä invertteriä, jolla jokaiseen vaiheeseen tuotetaan sama teho (Motiva 2014b).

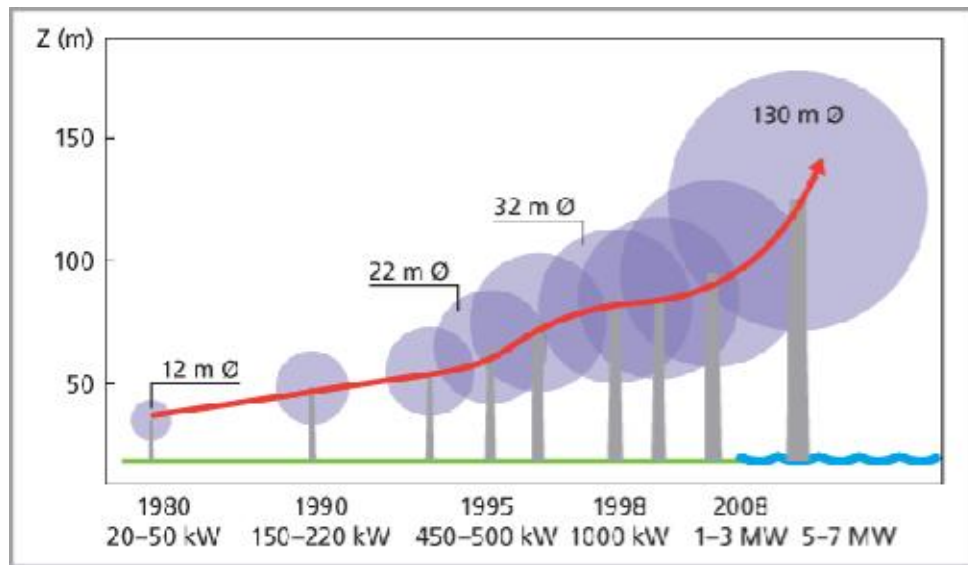
Esimerkkiratkaisu perustuu Areva Solar Oy:n www-sivuillaan ilmoittamiin hintoihin (Areva Solar 2014). Järjestelmä rakennetaan kahden 3 kWp aurinkopakettin varaan, jolloin yhdessä järjestelmässä on 12 kpl 250 W paneelia, Fronius Symo3.0 invertteri, kattoasennustelineet, kaapelit ja turvakytin. Hintaa järjestelmällä on 4 950 euroa (1,65 €/Wp). Kahden järjestelmän hinta on yhteensä 9 900 €. Yhtenäisenä suurempana kokonaisuutena hinta olisi halvempi, mutta kahdella erillisellä järjestelmällä voidaan tehdä yksinkertainen testausympäristö, jossa paneelien kallistuskulmaa pystyttäisiin vaihtelemaan. Paneelien pinta-ala on yhteensä noin 40 m².

5.3.2 Toteutus 2: Saarekejärjestelmät, jotka eivät ole sähköverkossa

Pienet, 12/24 V:n aurinkosähköjärjestelmät soveltuvat hyvin asennusten harjoitteluun ja aurinkopaneeleihin liittyvien komponenttien testaukseen. Tällaisia pieniä mökkipaketteja on tarjolla runsaasti, ja niiden hinnat vaihtelevat tarjottavien komponenttien mukaan. Asennustöiden harjoitteluun ja pienimuotoiseen tuotannon tutkimiseen riittävät halvemman hintaluokankin järjestelmät. Tällaisia järjestelmäpaketteja voidaan hankkia useita ja eri valmistajilta, jolloin pystytään vertailemaan tarjottujen pakettien eroja. Näin opitaan esimerkiksi havaitsemaan pakettien kokoamisen kriittisiä ongelmia esimerkiksi lataussäätimien, inverttereiden ja akuston osalta.

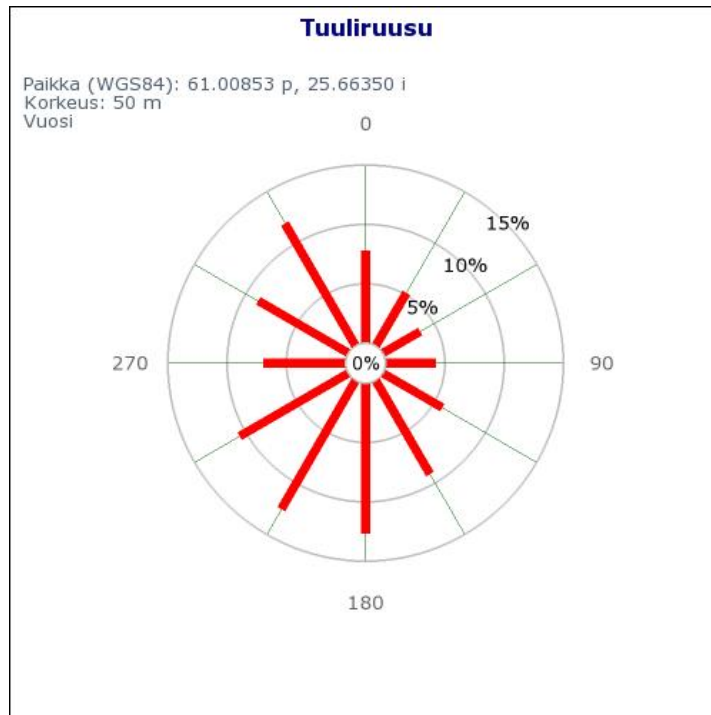
5.4 Tuulivoima

Tuuliturbiinien perinteinen jako perustuu roottorin orientaatioon. Horisontaaliset (Horizontal-axis wind turbines - HAWTs) eli vaaka-akseliset turbiinit ovat nykyisin vallitseva muoto, ja niiden roottoreiden koko sekä napakorkeus ovat kasvaneet huomattavasti parinkymmenen vuoden aikana (kuva 13). Vertikaaliset (Vertical-axis wind turbines - VAWTs) eli pystysuorat turbiinit. Roottorimallien toiminnan suhteen merkittävä ero on niiden kyvyssä hyödyntää pyörteistä tuulta. Pystyakseliselle roottorille ei ole juurikaan väliä mistä suunnasta tuulee, mutta vaaka-akselisen roottorin on käännyttävä tuulta vasten. Nykyaikaiset vaaka-akseliset roottorit ovat kuitenkin hyötysuhteeltaan selvästi parempia ja kokoluokaltaan suurempia. Darrieus-turbiini voidaan rakentaa usean MW:n tehoiseksi, mutta niiden pystyttäminen ja käyttö ovat työläämpää verrattuna vaaka-akselisiin nykymalleihin. Aerogenerator X on eräs kunnianhimoisimpia uuden tuulivoimalatyypin kehittämishankkeita. Turbiinien kokoluokka on jopa 10 MW. (Andrews & Jelley 2013, 144.)



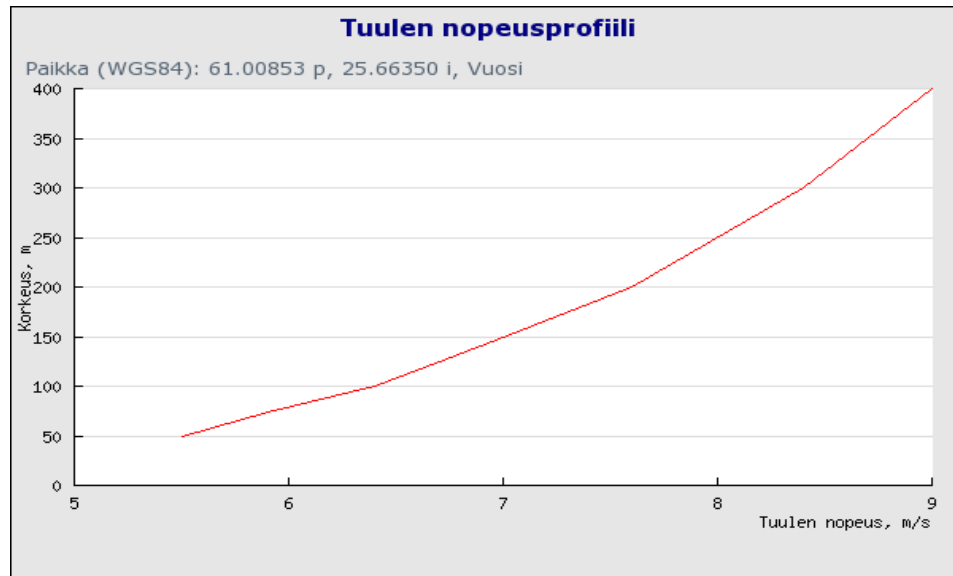
KUVA 13. Vaaka-akselisten tuulivoimaloiden kokoluokan kasvamista havainnollistava kuva (Tuuliatlas 2011).

Tuuliturbiinit voidaan luokitella edelleen aerodynamiikan perusteella kahdella periaatteella toimiviksi. Molemmissa tapauksissa roottorin siiven (lavan) ympärille muodostuu paine-ero, jonka pakottamana syntyvä liike muutetaan akselin pyörimisenergiaksi. Ilmavirta aiheuttaa roottorin siivelle joko nosteen (lift) tai vedon (drag). Käytännössä roottoreihin muodostuu aina nosteen ja vedon yhdistelmä, mutta pääsääntöisesti vaaka-akseliset turbiinit hyödyntävät aina enemmän nostetta. Roottorin lavat toimivat tällöin kuten lentokoneen siivet. Pystyakselisissa turbiineissa on sekä nostetta että vetoa ja niiden yhdistelmiä hyödyntäviä malleja. (Andrews & Jelley 2013, 148.)



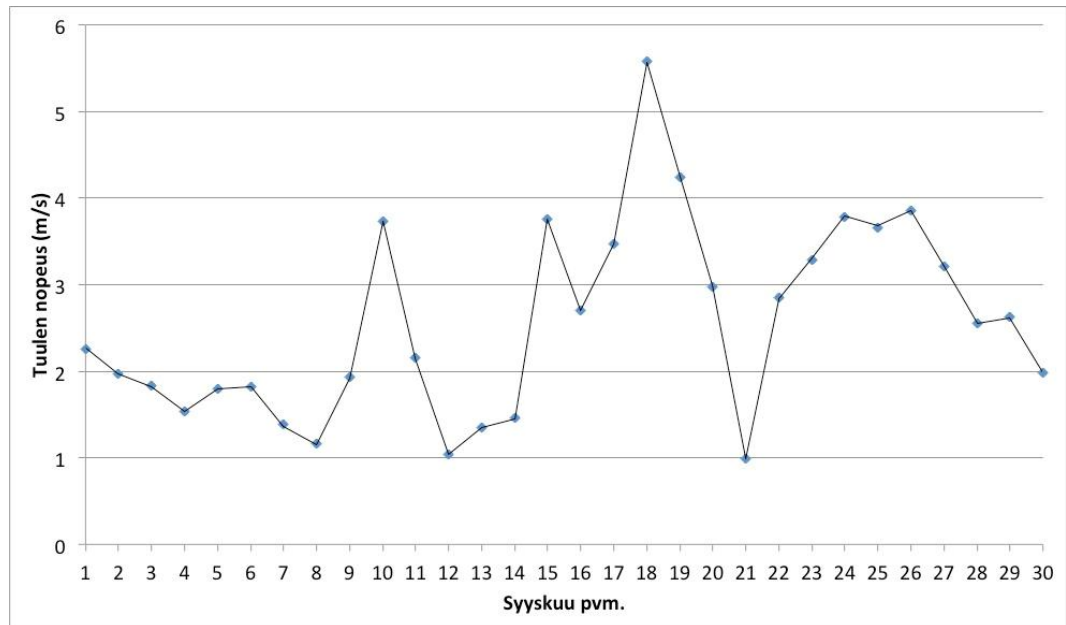
KUVA 14. Niemen alueen tuuliruusu 50 metrin korkeudelta maanpinnasta. Mittausruutu on sivultaan 2,5 km. Punaiset palkit kuvaavat tuulen suunnan prosentuaalista osuutta vuoden aikana. (Tuuliatlas 2011.)

Suomen tuuliatlas on palvelu, jota voidaan käyttää apuvälineenä, kun arvioidaan mahdollisuuksia tuottaa tuulen avulla sähköä. Tuuliatlas näyttää aikavälin 1989-2007 keskimääräisiä tuulioloja. Niemen alueella tuulen keskinopeus on 5,5 m/s vuodessa 50 metrin korkeudella mitattuna. Tuuli puhaltaa usein etelän ja lounaan sekä luoteen suunnasta (kuva 14). Mitä korkeammalla ollaan sitä kovemmin keskimäärin tuulee, mikä käy ilmi tuuliatlaksen tuulen nopeusprofiilista (kuva 15).



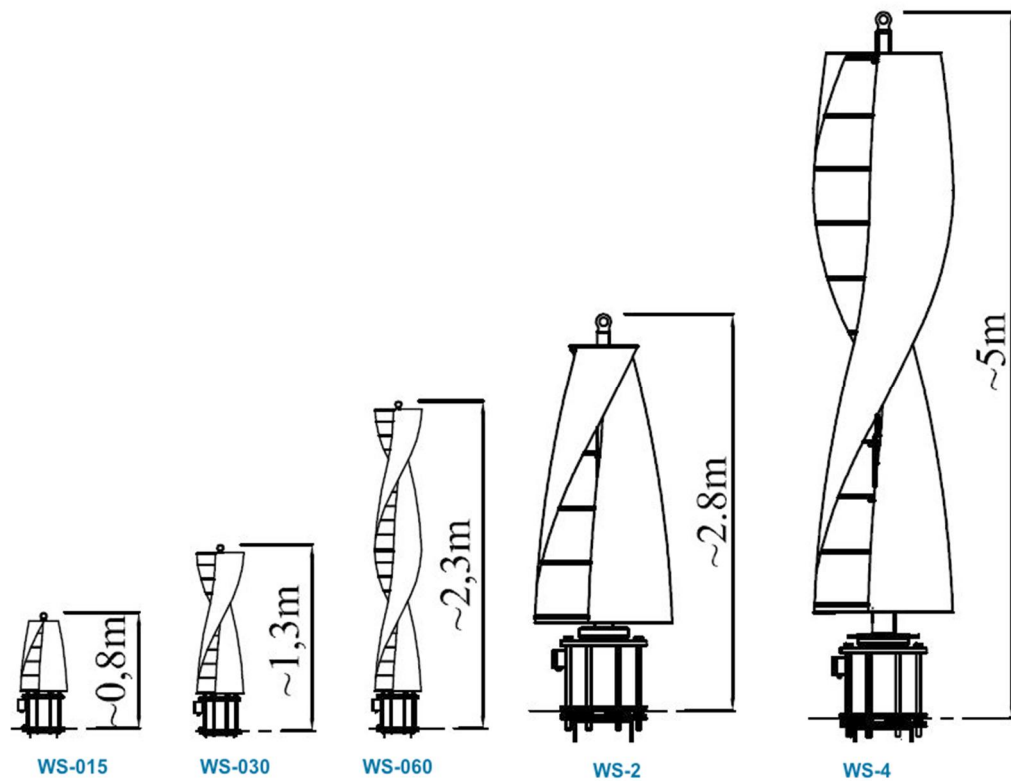
KUVA 15. Niemen alueen tuulen nopeusprofiili (Tuuliatlas 2011.)

Niemen sääaseman mittauksien mukaan vuoden 2013 syyskuussa tuulen keskinopeus oli 2,3 m/s. Tuuliatlaksen aineiston mukaan Niemen alueen tuulen keskinopeus syyskuussa on 5,4 m/s. Näin suurta eroa Niemen kampuksella mitatun ja tuuliatlaksen keskiarvon välillä selittää se, että tuuliatlaksen keskinopeus on arvio 50 metrin korkeudelta, kun taas sääasema on huomattavasti matalammalla, ehkä 25 – 30 metrin korkeudella. Toinen selittävä seikka on rakennuksen mittaupaikalle aiheuttamat vaikutukset tuulen nopeuteen. Tämä seikka on myös huomioitava tuuliturbiinin asennuspaikan valinnassa. Pienetkin rakennuskannan tuulen suunnalle aiheuttamat muutokset vaikuttavat oleellisesti tuulen turbulenssiin, mikä voi selvästi vähentää keskinopeuksia ja lisätä puuskittaisuutta. Pysty akseliset tuuliturbiinit ovat tällaisiin paikkoihin sopivia, koska ne pystyvät hyödyntämään paremmin turbulensseja. Kuvassa (16) on sääaseman syyskuun 2013 keskituulennopeudet, josta nähdään, että vain 18.9. tuulen keskinopeus ylitti 5 m/s.



KUVA 16. Syyskuun 2013 tuulen nopeus (m/s) liukuvana päiväkohtaisena keskiarvona Niemenkadun kampuksen C-siiven katolla. Koko kuukauden tuulen keskinopeus oli 2,3 m/s.

Niemen kampus ei ole ihanteellisin tuulivoimalan sijoituskohde. Kampusalue sijaitsee Vesijärveen viettävän laaksomuodostelman pohjalla, eikä rakennuksen korkeus juurikaan paranna suhteellisia tuulioloja. Tuulivoimala olisi kuitenkin opetuksellisesti ja imagollisesti hyödyllinen osa uusiutuvan energian tuotatoimistoa. Sopiva tuotantoyksikkö olisi esimerkiksi suomalainen pysty akselinen Windside-pienoistuulivoimala, joka pohjautuu Savonius-malliseen tuuliturbiiniin. Erona Savonius-turbiiniin on esimerkiksi, että roottorin siivet on taivutettu korkkiruuville. Windside-turbiinit on ensisijaisesti tarkoitettu pienjännitteiseen saarekekäyttöön, jossa käytetään akkuja virran varastointiin. Windside-tuuliturbiinit pystyvät tuottamaan sähköä jopa alle 3 m/s tuulissa, ja kestävän rakenteen vuoksi niitä ei tarvitse pysäyttää myrskyissä. Ne eivät myöskään jäädy talvella. Pysty akselisia tuuliturbiineita ei tarvitse suunnata tuulen mukaan, ja ne hyödyntävät tehokkaasti turbulentista tuulta. Windside-tuuliturbiineja on toimitettu ääriolosuhteisiin ja toisaalta niitä on käytetty paljon myös ympäristöaideteoksissa. Turbiinit ovat pitkäikäisiä ja huoltovapaita. Huoltotoimeksi riittää usein vain roottorin akselin säännöllinen rasvaus. Kuvassa 17 on esitetty Windside tuoteperheen tuuliturbiineja. (Windside 2014a.)



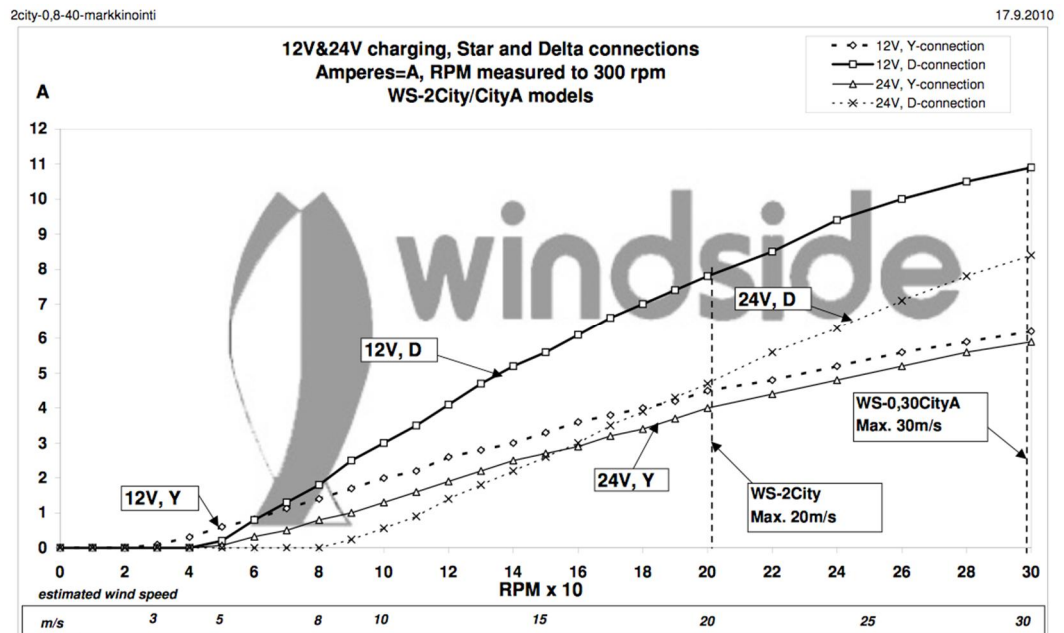
KUVA 17. Windside tuoteperheen tuuliturbiineja (Windside 2014a).

Windside WS-2City on sisämaahan suunniteltu jo pienillä tuulennopeuksilla pyörivä tuuliturbiini. Tuulennopeuden ollessa noin 3 m/s voidaan laitteistosta saada jo lataustehoa vaikkakin hyvin pieniä määriä (kuva 18). Laitteiston paino on 120 kg. Roottorilla on korkeutta kaksi metriä ja leveyttä noin metri. Tuulipinta-alaa sillä on 2 m². WS-2City on käytännössä äänetön (0 dB, mitattuna 2 m siivestä).

WS-2 City on kokonaishinnaltaan 15 990 euroa (Windside 2014b). Peruspaketti sisältää tuuliturbiinin, virranohjaimen ja voitelujärjestelmän. Erilaisia lisäosia on tarjolla riippuen siitä, minkälaiseen paikkaan turbiini sijoitetaan. Korkealle sijoitettuna roottorin akselin rasvaus tarvitsee oman järjestelmän ja kiinnitysjärjestelmä mahdollisia lisäyksiä.

Windside tuuliturbiineja on myös pienempiä malleja. Mallilla WS-0,30C tuulipinta-alaa on 0,3 m² ja painoa 42 kg. WS-0,30C -turbiinin hinta on 4 206 euroa ja WGU-22 -lataussäätimen hinta 540 euroa. Muut hankittavat tarvikkeet riippuvat asennuspaikasta ja haluttavan akkukapasiteetin mukaan. Esimerkiksi voiteluputkisto maksaa 480 – 713 euroa pituudesta riippuen. Kiinnityslieriötä (385 euroa)

tarvitaan, jos turbiini kiinnitetään tolppaan. Asennustolpat kannattaa tilata mahdollisimman läheltä omaa asennuspaikkaa ja vaihtoehtoja on joko puiset tai metalliset ratkaisut. Akustoa turbiini tarvitsee vähintään 200 Ah:n verran ja Windside suosittelee kolmea erilaista ratkaisua, joiden hinnat vaihtelevat 120 euron ja 600 euron välillä. WS-0,30C -tuuliturbiinipaketti maksaa katolle asennettuna (ei tolppa-asennusta eikä rasvauksen lisäosia) kalleimmalla suositellulla hitaasti latautuvalla ja purkautuvalla akkupaketilla (225 Ah) noin 5 346 euroa (Windside 2014b). On kuitenkin huomioitava, että tarjoukset muuttuvat mm. useampia tuuliturbiineita tilattaessa. Lisäksi muilta toimittajilta hankittavat tarvikkeiden (akut ja asennustarvikkeet muun muassa sähköjohdot) hinnat tulee selvittää erikseen.



KUVA 18. Windside WS-2City tuuliturbiinin roottorin pyörimisnopeuden (tuulennopeuden) vaikutus lataustehoon 12V/24V –järjestelmissä (Windside 2014a).

Windside-tuuliturbiineja on asennettu useiden korkeakoulujen, oppilaitosten ja julkisten rakennusten yhteyteen (Windside 2014a).

5.5 Toteutuksiin liittyviä oppimisympäristöjä ja demonstraatioalustoja

5.5.1 Aurinkopaneelien asennus

Sähkötöiden osalta oppimisympäristössä voidaan toteuttaa osia, joiden toteutuksessa myös opiskelijat voivat ohjatusti osallistua erilaisiin asennustöihin. Sähköalan töitä tekevän henkilön tulee aina olla perehtynyt tai opastettu tehtävään ja työn sähköturvallisuutta koskeviin vaatimuksiin. Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähköalan töistä (Päätös 5.7.1996/516) ja sen 10 § asettaa vaatimukset sähköalan töille, joista voi aiheutua vain vähäistä vaaraa tai häiriötä. Sähkötöiden osalta nimellisjännitteeltään 50 voltin vaihtojännitteisten tai 120 voltin tasajännitteisten laitteistojen sähkötöitä voidaan tehdä, kun noudatetaan riittävää huolellisuutta. Periaatteessa piensähkötöiden asennukset voidaan suorittaa oppilaiden toimesta, mutta käytännössä työt suoritetaan kuitenkin sähköalan ammattipätevyyden omaavan opettajan valvonnan alaisuudessa. Niin sanottuja mökkijärjestelmien asennuksia voidaan tehdä opetusmielessä opiskelijoiden toimesta.

Mökkijärjestelmien asennusta voidaan harjoitella oppimistarkoituksessa, jolloin järjestelmä asennetaan toimintakuntoon ja myöhemmin se voidaan purkaa uutta asennusta varten.

Aurinkosähköjärjestelmien asennukseen liittyy kattorakenteiden kantavuuden selvittäminen. Asentaminen voidaan tehdä kiinteällä tai kelluvalla telineratkaisulla. Kiinteässä ratkaisussa telineet on kiinnitetty suoraan kattorakenteisiin, kun taas kelluvat telineet ovat kattomateriaalin päällä ilman fyysistä kiinnitystä alustaan. Kelluva ratkaisu vaatii huomattavat vastapainot aurinkopaneelien aiheuttaman tuulipaineen vuoksi. Kiinteässä ratkaisussa tuulen aiheuttama paine johtuu suoraan kattorakenteeseen kiinnityspisteiden kautta, joten rakenteesta on löydettävä sellaiset kohdat, jotka sen kestävät.

5.5.2 Aurinkopaneelien tuotantovaihtelut

Aurinkopaneeleita voidaan asentaa erilaisilla kallistuskulmilla ja näin seurata kulman vaikutusta tuotantoon.

Paneeleiden pinnan likaisuus tai lumi vaikuttavat hyötysuhteeseen. Tätä voidaan myös demonstroida varjostamalla tarkoituksellisesti joitakin paneeleita tai niiden osia. Tähän voidaan myös kehittää ohjelmistoja, jotka havaitsevat paneelien tehon laskun aiempaan tuotantoon nähden tai auringonpaisteeseen perustuvaan odotettuun tuotantoon nähden. Tällaisille sovelluksille voisi olla kaupallista käyttöä esimerkiksi mobiilisovelluksena, joka kertoisi asiakkaalle havaitun tehon laskun, jolloin huolto voidaan tehdä tarpeen mukaan.

Aurinkokennojen kennoteknologia kehittyy jatkuvasti ja uusille kennoille voidaan järjestää testausalustat, jolloin niiden hyötysuhdetta voidaan vertailla olemassa oleviin kennoihin. Tämä vaatisi testausympäristön, jossa kullekin paneelille on oma alusta siihen liittyvine mikroinverttereineen.

5.5.3 Ohjausjärjestelmät

Aurinkosähköjärjestelmien tekniikkaan liittyy oleellisesti niissä käytetyt logiikat ja ohjaustekniikka. Ohjausjärjestelmien testauksessa ja koulutuksessa voidaan hyödyntää Niemenkadun yritysten osaamista. Nocart Oy:llä on osaamista esimerkiksi Codesys-ohjelmistoympäristön käytöstä (Vähämartti 2014). Yrityksille voidaan myös tarjota mahdollisuutta testata omia akutteja säätötarpeita autenttisisessa ympäristössä, jossa tuotannon ja säätietojen seuranta on samanaikaista.

Erilaisia ohjelmistoja ja ohjausjärjestelmiä tarvitaan myös sääaseman keräämän tiedon sekä aurinko- ja tuulienergian tuotantotietojen etäkäsittelyyn.

5.6 Energiansäästö, säätiedon, sähkön tuotannon ja kulutuksen esittäminen

Uusien tuotantojärjestelmien käyttöönotto mahdollistaa konkreettisen sähkönkulutustietojen vertailun aurinko- ja tuulienergialla tuotetun sähkön kanssa. Tämä auttaa hahmottamaan kulutuksen suuruutta. Sähkönkulutuksen ja tuotannon reaaliaikainen esittäminen näkyvällä paikalla vaatii järjestelmän, jonka kehittäminen sopii projektimaiseen opetukseen. Näytöllä voidaan esittää myös sääaseman keräämää tietoa. Näin synnytetäisiin energiaan liittyvä tiedoituskanava, joka olisi näkyvä osa kampuksen toimintaa. Alustalla voidaan toteuttaa erilaisia energiansäästö-

kampanjoita, joiden vaikutuksia voidaan välittömästi seurata. Ratkaisu voidaan tehdä internet-sovelluksena. Tällaisen ympäristön muodostaminen mahdollistaa useiden eri koulutusalojen yhteistyön, ja sen kautta on mahdollista toteuttaa mielekkäitä projekteja sekä ideapajoja.

6 YHTEENVETO

Tämän työn lähtökohtana on ollut pohtia teoreettisesti Niemen kampusalueen oppimisympäristöjen kehittämistä uusiutuvien energiaratkaisujen kannalta. Energiaosaamisen ja oppimisympäristöjen kehittämistavoitteet ovat Lahden ammattikorkeakoulun omassa strategiassa keskeisessä asemassa, ja Niemen kampus soveltuu hyvin uusiutuvan energian fyysiseksi oppimisympäristöksi. Tässä työssä esitetyt uusiutuvaan energiaan pohjautuvat oppimisympäristöt ovat demonstraatioalustoja, joita monitoimijakampanuksen eri tahot voivat hyödyntää.

Työtä on pohjustettu laajasti erilaisten säädösten, ohjelmien ja strategioiden kautta siten, että ymmärretään niissä asetettujen tavoitteiden merkitys kehittämistyön taustalla. Esimerkiksi EU:n direktiivi 2009/28/EY ja sitä edeltäneet EU-tason poliittiset päätökset ovat merkittävästi vaikuttaneet erilaisten kansallisten, maakunnallisten ja pienempien aluetasojen energiastrategioiden muodostumiseen.

LAMKin keskeisiä kehittämistoimenpiteitä ovat oppimisen ja TKI-toiminnan vahva yhdistäminen, koulutustarjonnan kehittäminen sekä innovaatiokeskittymän ja oppimisympäristöjen kehittäminen Niemeen. LAMK johtaa myös FUAS-liittouman Ympäristö ja energiatehokkuus -painoalan koulutuksen kehittämistyötä. Niemen kampus on maakunnan ympäristöosaamisen koulutuskeskittymä ja LAMKin TKI-toiminnalle on asetettu merkittävä rooli työ- ja elinkeinoelämän uudistamisessa. TKI-toiminnan tavoitteena on tuottaa uutta tietoa ja asiantuntijaosaamista, jolla kehitetään ja uudistetaan toimintaa. Tällaisen toiminnan keskeinen lähtökohta on nykyaikaisten koulutusympäristöjen tarpeen tunnistaminen. Tässä opinnäytetyössä uusiutuvan energian oppimisympäristöjen kehittämistyötä on lähestytty myös perehtymällä muutamien opetusta tarjoavien instanssien projekteihin. Tämän perusteella voidaan todeta, että eri organisaatiot ovat tehneet mittavia investointeja ja kehittämishankkeita parantaakseen uusiutuvan energian osaamista. Näistä hankkeista voidaan saada ideoita LAMKin omien projektien kehittämiseen.

Työssä esitetään mahdollisia toteutettavia ratkaisuja aurinkoenergian ja tuulivoiman tuotantoon Niemen kampuksella. Aurinkoenergian tuotannossa ensimmäinen

vaihtoehto on kampuksen verkkoon kytketty aurinkosähköjärjestelmä, jossa voidaan perehtyä laitteiston vaatimuksiin ja tehdä yksinkertaista vertailua kahden eri järjestelmän välillä. Toisessa vaihtoehdossa keskitytään pienten aurinkosähköjärjestelmien asennukseen ja erilaisten kaupallisten ratkaisujen vertailuun. Tuulivoiman tuotantoa varten Niemen kampukselle hankitaan Windside Oy:n tuuliturbiini, joka itsessään toimisi Niemen kampuksen maamerkinä.

Uusiutuvan energian oppimisympäristön eräs oleellinen työkalu on paikallisten sääolosuhteiden tunteminen. Helsingin yliopistolla on Niemen kampuksen C-siiven katolla oma sääasema, jonka keräämää tietoa voidaan käyttää tutkimuksen apuna. Sää tietoja on kerätty jo vuodesta 2008.

Tavoitteena tässä työssä oli pohtia teoreettisesti Niemen kampukselle sijoitettavia uusiutuvan energian oppimisympäristöjä ja demonstraatioalustoja. Työlle haettiin strategista perustelua lainsäädännöllisten ja ohjelmallisten kehysten sekä muiden korkeakoulujen energia-alan kehityshankkeiden esittelyn kautta. Oppimisympäristön käsite rajattiin koskemaan fyysistä ympäristöä. Pohdinnoissa keskityttiin aurinkosähköjärjestelmiin ja pientuulivoimaan, mutta hedelmällisempää olisi voinut olla keskittyä vain aurinkosähköön ja pohtia tarkemmin siihen liittyviä demonstraatioalustoja. Ongelmallista työssä oli aihealueen monitahoisuus ja rajaamisen vaikeus. Vaihtoehtona olisi ollut myös esitellä yksityiskohtaisesti yksi toteutettava aurinkosähköjärjestelmä.

Tämä opinnäytetyö on osaltaan ollut jo vaikuttamassa Niemen kampuksen tuleviin uusiutuvan energian oppimisympäristöihin. Kehittämistyö on nytkähtänyt liikkeelle, ja vuoden 2015 aikana Niemessä tullaan näkemään ensimmäiset tuotannossa olevat aurinkopaneelit. Muiden ratkaisujen osalta kehitystyö tulee käynnistymään eri projektikurssien kautta. Niemen kampus on aloittanut vihreän kilpensä kiillottamisen.

LÄHTEET

Andrews, J. & Jelley, N. 2013. Energy science. Principles, technologies, and impacts. Second edition. Oxford: Oxford University Press.

Areva Solar. 2014. Areva Solar - 3-vaihe pakettivaihtoehdot [viitattu 20.10.2014]. Saatavissa: <http://www.areasolar.fi/fi/yritysjaamaatilapaketit>

Astrum. 2013. Suomen suurin aurinkovoimala avattu! Astrum-keskuksen kotisivut. Uutiset [viitattu 25.10.2014]. Saatavissa: <http://astrumkeskus.fi/etusivu>

Direktiivi 2009/29/EY. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2009/28/EY, annettu 23 päivänä huhtikuuta 2009, uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käytön edistämisestä sekä direktiivien 2001/77/EY ja 2003/30/EY muuttamisesta ja myöhemmästä kumoamisesta [viitattu 14.10.2014]. Saatavissa: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0016:0062:fi:PDF>

Direktiivi 2012/27/EU. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2012/27/EU, annettu 25 päivänä lokakuuta 2012, energiatehokkuudesta, direktiivien 2009/125/EY ja 2010/30/EU muuttamisesta sekä direktiivien 2004/8/EY ja 2006/32/EY kumoamisesta [viitattu 15.10.2014]. Saatavissa: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:315:0001:0056:FI:PDF>.

Energiatehokkuussopimus. 2014. Kansalliset energiatehokkuussopimukset [viitattu 20.10.2014]. Saatavissa: http://www.energiatehokkuussopimukset.fi/fi/tietoa_sopimuksista/

Euroopan komissio. 2014. PV potential estimation utility [viitattu 8.8.2014]. Saatavissa: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>

Hakkarainen, K., Lonka, K. & Lipponen, L. 2004. Tutkiva oppiminen: Järki, tunteet ja kulttuuri oppimisen sytyttäjinä. Porvoo: WS Bookwell Oy.

Kipp & Zonen B.V. 2003. Instructional manual, CM 6B Pyranometer, CM 7B Albedometer. Kipp & Zonen B.V., Delf, Netherlands [viitattu 12.10.2014]. Saata-

vissa: <http://www.kippzonen.com/Download/59/CM-6B-CM-7B-Pyranometer-Manual-English?ShowInfo=true>

Kotila, H. 2003. Oppimiskäsitykset ammattikorkeakoulutuksessa. Teoksessa Kotila, H. (toim.) Ammattikorkeakoulupedagogiikka. Helsinki: Edita Prima Oy, 13-23.

Kotila, H. 2012. Oppimiskäsitykset ja oppiminen ammattikorkeakoulujen toimintaympäristössä. s. Teoksessa: Kotila, H. & Mäki, K (toim.) Ammattikorkeakoulupedagogiikka 2. Helsinki: Edita Prima Oy, 26-34.

Laki 9.5.2003/351. Ammattikorkeakoululaki. Valtion säädöstietopankki Finlex, ajantasainen lainsäädäntö [viitattu 14.10.2014]. Saatavissa:

<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2003/20030351#L5P16>

Laakkonen, R. 2003. Muuttuva opettajuus. Teoksessa: Kotila, H. (toim.) Ammattikorkeakoulupedagogiikka. Helsinki: Edita Prima Oy, 273-284.

Lahden kaupungin karttapalvelu. 2014. [viitattu 26.10.2014]. Saatavissa:

<http://kartta.lahti.fi/ims>

Lahti. 2013a. Lahden kaupungin strategia 2025. 28 s. Saatavissa:

<http://www.lahti.fi/www/cms.nsf/pages/FCDA267837801751C2256F97002232D0>

Lahti. 2013b. Lahden kaupunki, Lahden SEAP, Kaupunginjohtajien yleiskokouksen kestävän energian toimintasuunnitelma. Lahden kaupunki/Tekninen ja ympäristötoimiala/ Lahden seudun ympäristöpalvelut 2.12.2013. 60 s. Saatavissa:

[http://www.lahti.fi/www/images.nsf/files/BBD21966C00F6932C2257D4E003C44E9/\\$file/Lahti_SEAP_131202.pdf](http://www.lahti.fi/www/images.nsf/files/BBD21966C00F6932C2257D4E003C44E9/$file/Lahti_SEAP_131202.pdf)

Lahti Energia. 2014. Energiatehokkuussopimukset [viitattu 23.10.2014]. Saatavissa: <http://www.lahtienergia.fi/ymparisto/energiatehokkuus/energiatehokkuussopimukset>

LAMK. 2012. Lahden ammattikorkeakoulun strategia 2013-2016. Strategiset linjaukset vuosille 2013-2016 ja lähiajan toiminnan kehittämisen painopisteet. Hyväksytty LAMKin hallituksen kokouksessa 18.6.2012 § 63. [viitattu 15.10.2014].

Saatavissa: <http://www.lamk.fi/esittely/strategiat/Sivut/default.aspx>

Lapin energiakoulu 2012. Tervetuloa Lapin energiakoulu -hankkeen kotisivuille! [viitattu 5.10.2014]. Saatavissa: <http://www.lapinenergiakoulu.fi>

Leinonen, T. 2013. Schwäbisch Hall -puisto. Green Campus – Lappeenrannan teknillinen yliopisto – kuvat [viitattu 26.10.2014]. Saatavissa:

<http://lut.pictures.fi/kuvat/LUT+Press+Images/Green+Campus/SchwabischHall3.jpg>

Lindfors, A., Riihelä, A., Aarva, A., Latikka, J. & Kotro, J. 2014. Auringonsäteily Helsingin Östersundomissa. Ilmatieteen laitos, Raportteja 2014:5. 27 s. Saatavissa: <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/135830>.

LUT 2014. Green Campus – Vihreitä edistysaskelia. [viitattu 26.10.2014]. Saatavissa: http://www.lut.fi/green-campus?utm_source=frontpage-big-banners&utm_medium=banner&utm_content=green-campus&utm_campaign=internal-links-fi

Lähde, P. & Heikkinen, T. 2014. SAMK asema-aukion kampus, aurinkoenergiajärjestelmien esisuunnitelma. Energia ja Rakentaminen 23.5.2014. Word-dokumentti. 8 s.

Motiva. 2014a. Aurinkojärjestelmän teho [viitattu 28.10.2014]. Saatavissa:

http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia/aurinkosahko/jarjestelman_valinta/aurinkosahkojarjestelman_teho.

Motiva. 2014b. Verkkoon liitetty aurinkosähköjärjestelmä [viitattu 28.10.2014].

Saatavissa:

http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia/aurinkosahko/jarjestelman_valinta/tarvittava_laitteisto/verkkoon_liitetty_aurinkosahkojarjestelma

Oulun AMK 2014. Hajautetun uusiutuvan tuotannon ympäristö. Hankkeen kotisivut [viitattu 6.10.2014]. Saatavissa: <http://www.oamk.fi/hankkeet/chp/>

Päätös 5.7.1996/516. Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähköalan töistä. Ajantasainen lainsäädäntö. Tukes säädöstietopalvelu [viitattu 20.10.2014]. Saatavissa: <http://plus.edilex.fi/tukes/fi/lainsaadanto/19960516/?toc=1>

POP 2004. Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2004. Opetushallitus. Vammalan Kirjapaino Oy, Vammala. 320 s. Saatavissa: http://www.oph.fi/saadokset_ja_ohjeet/opetussuunnitelmien_ja_tutkintojen_perusteet/perusopetus

Pulkinen, M. & Ikonen E. 2014. Lahden kaupunki, Uusiutuvan energian kuntakatselmus, 30.9.2014. Energiakolmio Oy. 90 s. Saatavissa: [http://www.lahti.fi/www/images.nsf/files/991801B309031CD3C2257D78004DC_C00/\\$file/Kuntakatselmusraportti_Lahti.pdf](http://www.lahti.fi/www/images.nsf/files/991801B309031CD3C2257D78004DC_C00/$file/Kuntakatselmusraportti_Lahti.pdf)

Päijät-Hämeen liitto 2014. Päijät-Häme 2017. Päijät-Hämeen maakuntaohjelma 2014-2017. Maakuntahallitus 19.5.2014. Maakuntavaltuusto 16.6.2014. 52 s. Saatavissa: http://www.paijat-hame.fi/fi/tehtavat/aluekehitys/maakuntaohjelma_2014-2017.

Reponen, R. 2014. Osaamiskiinteistöt Oy:n Toimitusjohtaja Reponen Reijo. Lahti. Haastattelu 9.9.2014.

Ryynänen, T. 2014. Helsingin yliopisto Ympäristöekologian osasto Tutkimusteknikko Ryynänen Tuukka. Lahti. Haastattelu 30.9.2014.

SAMK. 2014. Satakunnan ammattikorkeakoulu. Uusiutuvan energian teknologiset ratkaisut –tutkimusryhmä [viitattu 25.10.2014]. Saatavissa: http://www.samk.fi/tutkimus_ja_kehittaminen_etusivu

TEM. 2013. Työ- ja elinkeinoministeriö. Maakuntaohjelmat 2011-2014 [viitattu 15.10.2014]. Saatavissa: <https://www.tem.fi/index.phtml?s=2156>

TEM. 2014. Työ- ja elinkeinoministeriö. Aluestrategia 2020 [viitattu 15.10.2014].

Saatavissa:

https://www.tem.fi/alueiden_kehittaminen/kansallinen_alueiden_kehittaminen/aluestrategia_2020

Tuuliatlas. 2011. Suomen tuuliatlas. Tuuliatlas karttaliittymä [viitattu 2.10.2014].

Saatavissa: <http://tuuliatlas.fmi.fi/fi/>

Vaisala. 2012. User's guide, Vaisala Weather Transmitter WXT520. Vaisala Oyj, Helsinki, Finland [viitattu 12.10.2014]. Saatavissa:

<http://www.vaisala.com/Vaisala%20Documents/User%20Guides%20and%20Quick%20Ref%20Guides/M210906EN-C.pdf>

Vähämartti, P. 2014. Nocard Oy. Product Development and projects Vähämartti Pasi. Lahti. Haastattelu 28.7.2014.

Windside. 2014a. Winside, the diamond among the stones [viitattu 28.10.2014].

Saatavissa: <http://www.windside.com>

Windside. 2014b. Tarjous 7.8.2014. Toimitettu kirjeitse. Windside Oy.

YLE 2014. Saksa tuotti jo puolet sähköenergiasta auringon avulla [viitattu 2.7.2014]. Yle uutiset > ulkomaat. 25.6.2014. Toimittaja Pajunen Ilpo.

LIITTEET

Liite 1. Euroopan komission aurinkosähkön laskentaohjelma. Niemen kampuksen B-siiven Tekniikan ja liiketalouden alojen sähkönkulutus heinäkuussa 2014 ja sen tarvitsema tuotantoteho.

Performance of Grid-connected PV

PVGIS estimates of solar electricity generation

Location: 61°0'20" North, 25°39'12" East, Elevation: 113 m a.s.l.,
Solar radiation database used: PVGIS-classic

Nominal power of the PV system: 67.0 kW (crystalline silicon)

Estimated losses due to temperature and low irradiance: 7.5% (using local ambient temperature)

Estimated loss due to angular reflectance effects: 3.1%

Other losses (cables, inverter etc.): 14.0%

Combined PV system losses: 22.9%

Fixed system: inclination=40 deg., orientation=0 deg.				
Month	Ed	Em	Hd	Hm
Jan	32.90	1020	0.56	17.3
Feb	110.00	3070	1.89	53.0
Mar	168.00	5220	3.03	93.9
Apr	244.00	7310	4.63	139
May	279.00	8650	5.56	172
Jun	267.00	8020	5.43	163
Jul	269.00	8350	5.53	172
Aug	207.00	6430	4.17	129
Sep	144.00	4310	2.76	82.8
Oct	80.50	2500	1.47	45.6
Nov	29.70	892	0.52	15.7
Dec	17.30	536	0.30	9.21
Year	154.00	4690	2.99	91.1
Total for year		56300		1090

Ed: Average daily electricity production from the given system (kWh)

Em: Average monthly electricity production from the given system (kWh)

Hd: Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²)

Hm: Average sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²)

PVGIS (c) European Communities, 2001-2012

Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged.

<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>

Disclaimer:

The European Commission maintains this website to enhance public access to information about its initiatives and European Union policies in general. However the Commission accepts no responsibility or liability whatsoever with regard to the information on this site.

This information is:

- of a general nature only and is not intended to address the specific circumstances of any particular individual or entity;
- not necessarily comprehensive, complete, accurate or up to date;
- not professional or legal advice (if you need specific advice, you should always consult a suitably qualified professional).

Some data or information on this site may have been created or structured in files or formats that are not error-free and we cannot guarantee that our service will not be interrupted or otherwise affected by such problems. The Commission accepts no responsibility with regard to such problems incurred as a result of using this site or any linked external sites.