

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Ympäristötekniikan koulutusohjelma

Simo Mutanen

Energiaselvitys As. Oy Iitankulmaan

Opinnäytetyö
Toukokuu 2015



OPINNÄYTETYÖ
Kevät 2015
Ympäristötekniikan
koulutusohjelma
Sirkkalantie 12 A 2
80100 Joensuu
Puh. (013) 260 6900

Tekijä

Simo Mutanen

Nimeke

Energiaselvitys As. Oy litankulmaan

Toimeksiantaja

Rakennusliike Soimu Oy

Tiivistelmä

EU:n energiapolitiikassa tehtyjen direktiivien perusteella jäsenmaiden tulee uudisrakentamisessa rakentaa lähes nollaenergiataloja eli nZEB-taloja 31.12.2018 alkaen viranomaiskäytössä ja 31.12.2020 alkaen kaikessa rakentamisessa. Jäsenmaat saavat itse määrittää nZEB-tason. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli perehtyä nZEB-direktiiviin ja tehdä sen pohjalta energiaselvitys As. Oy litankulmaan.

Opinnäytetyössä selvitettiin, millä toimilla As. Oy litankulmasta tulisi nZEB-rakennus. Opinnäytetyössä kartoitettiin uusiutuvien energiamuotojen soveltuvuus ja tekniset vaihtoehdot rakennukseen. Huomioitiin myös vaihtoehto, jossa As. Oy litankulman rakenteiden U-arvoja ja talotekniikan ominaisuuksia parannettiin passiivitaloa vastaavaksi, ja toinen vaihtoehto, jossa vain joidenkin rakenteiden U-arvoja parannettiin.

Tutkimus osoitti oikein mitoitettun aurinkosähköjärjestelmän olevan investointikustannuksiltaan edullisin ratkaisu toimeksiantajan kannalta. Toisaalta järjestelmän tuoma voitto oli nykyarvomenetelmällä mitattuna suurin ja takaisinmaksuaika pienin. As. Oy litankulma olisi järjestelmän todellinen hyötyjä. Sen tuoma hyöty voisi vähentää asuntojen omistajien yhtiövastiketta ja toisaalta toimia markkinointikeinona uusiutuvasta energiasta tietoisille ihmisille.

Kieli Suomi

Sivuja 72

Liitteet 4

Sivumäärät 18, 1, 5 ja 5

Asiasanat

Uusiutuvat energianlähteet, mitoitus, kustannukset, energiapolitiikka, direktiivit



THESIS
Spring 2015
Degree Programme in Environmental Technology
Sirkkalantie 12 A 2
FIN 80100 Joensuu
Finland
Tel. 358-013-260 6900

Author

Simo Mutanen

Title

Energy Report for Apartment House Company litankulma

Commissioned by

Construction Company Soimu Ltd.

Abstract

Decisions made by EU energy policy, directives obligate that in all member states new buildings occupied and owned by public authorities are nZEB-buildings starting from 31.12.2018 and all new buildings are nZEB-buildings starting from 31.12.2020. Member states can do the determination of nearly zero-energy building on their own. The purpose of this thesis was to become familiar with this directive and base on it do the energy report to Apartment House Company litankulma.

The thesis studied in which actions Apartment House Company litankulma would become nZEB-building. In the thesis the suitability of renewable energy sources and technological options to the building were surveyed. Study also observed an option in which the structures U-values and building technology features improved correspond to passive house in Apartment House Company litankulma, and another option in which only U-values of some structures were improved.

The study showed that properly dimensioned solar power system was in its investment costs the most advantageous solution for the client. On the other hand, the profit of system measured by the discounted value was the largest and payback the smallest. The real benefit of the system would be Apartment House Company litankulma. Its benefits could reduce the community fee of the apartment owners, and on the other hand, act as a marketing tool for renewable energy conscious people.

Language Finnish

Pages 72

Appendices 4

Pages of Appendices 18, 1, 5 and 5

Key words

Renewable sources of energy, dimensioning, cost, energy policy, directives

Nimiö

Tiivistelmä

Abstract

Sisällys

1	Johdanto	7
1.1	Taustaa	7
1.2	Keskeiset käsitteet	8
2	Ilmasto- ja energiapolitiikka.....	10
2.1.1	YK:n ilmastosopimus.....	10
2.1.2	Kiotoon sopimus	10
2.1.3	EU:n ilmasto- ja energiapaketti -direktiivit	10
2.1.4	Energiatohokkuusdirektiivi	11
2.2	Suomen energiapolitiikka	12
2.3	Itä-Suomen energiapolitiikka	14
3	Energiatohokas rakentaminen	16
3.1	Rakennusten E-luku	16
3.2	Matalaenergiatalo	18
3.3	Passiivitalo	19
3.3.1	Kansainvälinen passiivitalo	20
3.3.2	Suomalainen passiivitalo.....	21
3.3.3	Eteläeurooppalainen passiivitalo.....	24
3.3.4	Pohjoiseurooppalainen passiivitalo	24
3.4	Lähes nollanenergiatalo	25
3.5	Nollaemissiotalo	30
3.6	Minergie-standardi.....	30
4	Uusiutuvat energianlähteet Suomessa	31
4.1	Bioenergia	32
4.2	Vesivoima.....	32
4.3	Lämpöpumput	33
4.4	Muut uusiutuvat energiantuotantomuodot Suomessa	33
5	Lähienergiamuodot Suomen kaupunkiympäristössä.....	34
5.1	Aurinkoenergia	34
5.1.1	Aurinkosähkö	35
5.1.2	Aktiivinen aurinkolämpö	36
5.2	Bioenergia	36
5.3	Tuulivoima	37
5.4	Lämpöpumppusovellukset.....	39
5.4.1	Maalämpö	39
5.4.2	Ilmalämpöpumppu.....	39
5.4.3	Poistoilmalämpöpumppu.....	40
5.4.4	Ilma-vesilämpöpumppu	41
6	Tutkimuksen tarkoitus, työn tavoitteet, tutkimustehtävät ja aiheen raja- aus.....	41
6.1	Tarkoitus ja tavoitteet	41
6.2	Aiheen raja- aus	42
6.3	Tutkimustehtävät	42
7	Tutkimuksen toteuttaminen: aineisto ja tutkimusmenetelmät.....	43
7.1	Kohde.....	43
7.2	Tutkimusmenetelmät	45
8	Tulokset ja niiden tulkinta.....	45
8.1	As. Oy Iitankulma FinZEB-rakennuksena.....	45
8.2	Uusiutuvan energian vaihtoehdot As. Oy Iitankulmaan	47

8.3	Uusiutuvien energiamuotojen tekninen ratkaisu	48
8.3.1	Aurinkosähkön mitoitus	48
8.3.2	Pientuulivoimalan mitoitus.....	51
8.3.3	Aurinkolämpöjärjestelmän mitoitus.....	53
8.4	Eristämisen parantaminen.....	58
8.5	Kannattavuustarkastelu	60
8.5.1	Aurinkosähkö	62
8.5.2	Pientuulivoimala	63
8.5.3	Aurinkolämpöjärjestelmä.....	64
8.5.4	Eristämisen parantaminen	66
9	Pohdinta.....	67
9.1	Tulosten tarkastelu	67
9.2	Tutkimuksen luotettavuus ja virhemahdollisuudet	69
	Lähteet.....	70

Liitteet

Liite 1.	Alkuperäinen energiaselvitys As. Oy litankulmaan
Liite 2.	Tuulivoimalan antoteho eri tuulen nopeuksilla
Liite 3.	As. Oy litankulma passiivitalona
Liite 4.	As. Oy litankulma lisäeristettynä

Kuvat ja taulukot

Kuva 1.	Ostoenergiankulutuksen taseraja (Suomen rakentamismääräyskoelma osa D3).
Kuva 2.	Ote PHPP-laskentaohjelmasta (Kuva: The Small Planet Workshop 2010).
Kuva 3.	Passiivitalon vyöhykkeet (Passiivi-info 2009).
Kuva 4.	Passiivitalon kriteerit (Lylykangas & Nieminen 2009).
Kuva 5.	Lähes nollaenergiarakennuksen vaatimustarkastelun vaiheet (Fln-ZEB-hankkeen keskeiset johtopäätökset 2015).
Kuva 6.	FlnZEB-taserajaehdotus (FlnZEB-hankkeen keskeiset johtopäätökset 2015).
Kuva 7.	Vasemmalla kuvassa vaaka-akselinenmalli ja oikealla pystyakselinenmalli (Windspot 2011 & Cypress Wind Turbines Oy 2011).
Kuva 8.	Turbulenssin vaikutus tuuleen (Eklund E. 2011).
Kuva 9.	Lämpöpumppuyksiköt (Ilmalämpöpumppu 2015).
Kuva 10.	As. Oy litankulman havainnekuva (Soimu Oy).
Taulukko 1.	Kokonaisenergiankulutus vuonna 2013 (Tilastokeskus 2015)
Taulukko 2.	Uusiutuvat energialähteet primäärienergiana vuonna 2005 ja vuoden 2020 arvio (Työ- ja elinkeinoministeriö 2011)
Taulukko 3.	Energiamuotojen kertoimet (Suomen rakentamismääräyskoelma osa D3)
Taulukko 4.	Uudisrakennuksen E-luvun raja-arvot (Suomen rakentamismääräyskoelma osa D3)
Taulukko 5.	Suomalaisen passiivitalon kriteerit (Lylykangas & Nieminen 2009)
Taulukko 6.	Ruotsalaisen passiivitalon kriteerit (Passiivi-info 2009)

- Taulukko 7. Ehdotukset nZEB-E-lukutasoiksi eri rakennustyypeissä. (FinZEB-hankkeen keskeiset johtopäätökset 2015)
- Taulukko 8. Uusiutuvan energian jakaantuminen eri energianlähteiden välillä (Suomen tilastollinen vuosikirja 2013)
- Taulukko 9. Biokattiloiden määrä Suomessa (Biokattiloiden määrä Suomessa 2014)
- Taulukko 10. As Oy litankulman laskennallinen kokonaisenergiankulutus ja osatoenergiankulutus
- Taulukko 11. As. Oy litankulman U-arvot
- Taulukko 12. Aurinkosähköjärjestelmän mitoituksen tulokset
- Taulukko 13. Pientuulivoimalan mitoituksen tulokset
- Taulukko 14. Korjatut säteilytiedot Joensuuhun
- Taulukko 15. Lämpimän käyttövedentarve As. Oy litankulmaan eri kuukausina
- Taulukko 16. Referenssilämpötilat Joensuussa eri kuukausina
- Taulukko 17. Aurinkolämpöjärjestelmän tulokset
- Taulukko 18. Kerrostalon U-arvot (Kerrostalosta passiivitaloksi 2012)
- Taulukko 19. As Oy litankulman U-arvot ja UA-arvot passiivitalona
- Taulukko 20. As Oy litankulman U-arvot ja UA-arvot vain ikkunat muutettuna
- Taulukko 21. Uusiutuvan energian hankkeet ja tuet vuonna 2015 (Energiatuki 2015)
- Taulukko 22. Aurinkosähköjärjestelmän kannattavuus nykyarvomenetelmällä
- Taulukko 23. Aurinkosähköjärjestelmän takaisinmaksuaika 3 % korolla
- Taulukko 24. Aurinkosähköjärjestelmän takaisinmaksuaika korottomasti
- Taulukko 25. Pientuulivoimalan kannattavuus nykyarvomenetelmällä
- Taulukko 26. Pientuulivoimalan takaisinmaksuaika 3 % korolla
- Taulukko 27. Pientuulivoimalan takaisinmaksuaika korottomasti
- Taulukko 28. Aurinkolämpöjärjestelmän kannattavuus nykyarvomenetelmällä
- Taulukko 29. Aurinkolämpöjärjestelmän takaisinmaksuaika 3 % korolla.
- Taulukko 30. Aurinkolämpöjärjestelmän takaisinmaksuaika korottomasti
- Taulukko 31. Lisäeristämisen kannattavuus nykyarvomenetelmällä
- Taulukko 32. Lisäeristämisen takaisinmaksuaika 3 % korolla
- Taulukko 33. Lisäeristämisen takaisinmaksuaika korottomasti
- Taulukko 34. Ratkaisujen tulokset

1 Johdanto

1.1 Taustaa

Maailma on muuttunut ympäristötietoisemmaksi viimeisten vuosikymmenien aikana. Kiihtyvän ilmastomuutoksen aikaansaamat sääilmiöt ja ilmaston lämpeneminen ovat saaneet ihmiset kiinnittämään entistä enemmän huomiota ilmastoasioihin. Ilmasto- ja energiapolitiikan myötä syntyneet sopimukset vaikuttavat monin eri tavoin meidän kaikkien elämään.

Euroopan unionin kokonaisenergiankulutuksesta 40 % johtuu rakennuksista ja niiden käytöstä (Rakennusten energiatehokkuus 2014). Tämän johdosta EU on asettanut direktiivin koskien rakennusten energiatehokkuutta. Suomi on yksi EU:n 28 jäsenmaasta ja on sitoutunut noudattamaan sen lainsäädäntöä ja direktiivejä. Suomalaisten rakentajien tulee siten toimia paitsi Suomen lainsäädännön myös EU:n direktiivien puitteissa. Lähes nolla energiarakentaminen on osa tätä direktiiviä. Opinnäytetyössä selvitettiin sen tuomia vaatimuksia ja tarkasteltiin, kuinka se tulee vaikuttamaan tulevaisuuden rakentamiseen. Tarkastelua tehtiin tällä hetkelle rakenteilla olevan kerrostalon kautta.

Työn ohjaajana toimi Karelia-ammattikorkeakoulun puolesta projektikoordinaattori Markus Hirvonen ja tarkastajana lehtori Juha Kilpeläinen. Toimeksiantajan yhdyshenkilönä toimi tuotantoinsinööri Asko Inkinen.

Työn toimeksiantajana oli Rakennusliike Soimu Oy. Yhtiö tarjoaa uudisrakennus- ja saneerauspalveluja yhteisöille, taloyhtiölle ja kunnille. Rakennusliike Soimu Oy:n yrittäjä, omistaja ja toimitusjohtaja on joensuulainen rakennusmestari Eero Mustonen.

1.2 Keskeiset käsitteet

Azimuthkulma on suuntakulma referenssisuunnan ja oikean suunnan välillä. Aurinkojärjestelmissä referenssisuunta on etelä ja oikea suunta on yleensä katonharjan suunta.

Bruttopinta-ala kuvaa koko rakennuksen laajuutta. Siinä lasketaan yhteen rakennuksen kaikkien kerrosten kerrosalat. Laskutapa kuvataan standardissa SFS 5139. (Suomen rakentamismääräyskokoelma osa D5.)

Fotoni on sähkömagneettisen säteilyn hiukkanen. Se on massaton ja varaukseton hiukkanen, joka etenee valonnopeudella.

Ilmanvuotoluku n_{50} kuvaa rakennuksen tiiviyttä. Se kertoo kuinka monta kertaa rakennuksen ilmatilavuuden verran ilmaa vuotaa rakenteiden läpi. Ilmanvuotoluvun yksikkö on 1/h.

Ilmanvuotoluku q_{50} kuvaa rakennuksen tiiviyttä. Luvulla kuvataan rakennusvaiipan keskimääräistä vuotoilmaa tunnin aikana.

Rakennuksen energiankulutus on rakennuksen vuotuinen lämmityksen, sähkölaitteiden, jäähdytyksen yhteenlaskettu energia, ilman energiantuotannon häviöitä. Ilmoitetaan yksikössä kWh/m²/a. (Suomen rakentamismääräyskokoelma osa D5.)

Rakennuksen kokonaisenergiankulutus, E-luku on rakennuksessa kulutettu energia kertaa energiamuotokerroin jaettuna rakennuksen pinta-alalla. Se ilmoitetaan yksikössä kWh_E/m²/a. (Suomen rakentamismääräyskokoelma osa D5.)

Kokonaisenergiantuotto kertoo kaikkien eri energiamuotojen yhteenlasketun tuoton.

Kokonaisenergiankulutus on energiahuoltojärjestelmän aiheuttama primäärienergiankulutus.

Lämpöhäviöt koostuvat johtumishäviöstä rakennuksen vaipan läpi ja ilmanvaihdon lämpöhäviöistä.

Primäärienergia on energiaa jalostamattomassa muodossa. Se jaetaan uusiutuvaan ja uusiutumattomaan energiaan.

Primäärienergiankerroin ottaa huomioon primäärienergian energiantuotannon ja -siirronhäviöt.

Tilojen lämmitysenergiantarve muodostuu johtumislämpöhäviöistä, vuotoilman lämpöhäviöistä, korvausilman ja tuloilman lämmittämisestä huonelämpötilaan. Tästä vähennetään auringon ja sisäisten lämpökuormien vaikutus (Suomen rakentamismääräyskokoelma osa D5).

Rakennuksen vaippa tarkoittaa niitä rakennusosia, jotka erottavat lämpimän ja muun tilan toisistaan. Rakennuksen sisällä olevat rakenteet, jotka erottavat erilaisia tiloja eivät kuulu vaippaan. (Suomen rakentamismääräyskokoelma osa D5.)

2 Ilmasto- ja energiapolitiikka

2.1.1 YK:n ilmastosopimus

YK:n ilmastosopimus on kansainvälinen sopimus, jolla pyritään ehkäisemään ihmisen aiheuttamaa ilmastomuutosta. Sitä pidetään yleisesti ensimmäisenä merkittävänä ilmasto- ja energiapolitiikan sopimuksena. Sopimus syntyi vuonna 1992 Rio de Janeirossa ja astui voimaan vuonna 1994. Sen tavoitteena on vakiinnuttaa kasvihuonekaasujen pitoisuus sille tasolle, että ekosysteemit pystyvät sopeutumaan siihen. Sopimuksen on ratifioinut kaikkiaan 194 maata. (YK:n ilmastosopimus 61/1994.)

2.1.2 Kioton sopimus

YK:n ilmastosopimusta täsmentävä Kioton sopimus syntyi vuonna 1997 ja astui voimaan vuonna 2005. Se asettaa sopimuksen ratifioinneille maille päästövähennystavoitteet kasvihuonekaasujen osalta. Tavoitteet ovat oikeudellisesti sitovia. Vertailuarvoksi määritettiin vuoden 1990 taso. Ensimmäinen velvoitekausi oli vuosien 2008–2012 välisenä aikana. EU:n alueella tämän hetken tavoite on vähentää kasvihuonepäästöjä 20 % vuoden 1990 tasosta. Vähennys tapahtuu vuosien 2013–2020 aikana, mikä on sopimuksen toinen velvoitekausi. (Kioton pöytäkirja 2014.)

2.1.3 EU:n ilmasto- ja energiapaketti -direktiivit

EU:n ilmasto- ja energiapaketti pitää sisällään neljä direktiiviä: uudistettu päästökauppadirektiivi ETS, kansallista taakanjakoa koskeva päätös, direktiivi hiilen talteenotosta ja varastoinnista CCS ja uusiutuvaa energiaa koskeva direktiivi RES.

Uudistettu päästökauppadirektiivi ETS

Päästökauppadirektiivin 2003/87/EY tarkoitus on vähentää päästöjä mahdollisimman kustannustehokkaasti ja markkinapohjaisesti. Sen perimmäinen tarkoitus on

estää teollisuuden tuotannon siirtyminen muualle. Päästökauppajärjestelmään eivät kuulu rakentaminen, rakennusten lämmitys, asuminen, maatalous, liikenne, jätehuolto tai teollisuuden F-kaasut, vaikka toimialoina ne tuottavat yli puolet EU:n kasvihuonekaasupäästöistä. (EU:n ilmastopolitiikka 2014.)

Direktiivi kansallisesta taakanjaosta

Päästökaupan ulkopuolisten toimialojen päästöjä ohjataan kansallisella taakanjaolla. Suomen tavoite on vähentää päästökaupan ulkopuolisten toimialojen päästöjä 16 % vuoden 1990 tasosta. (EU:n ilmastopolitiikka 2014.)

Direktiivi hiilen talteenotosta ja varastoinnista

Direktiivillä hiilen talteenotosta ja varastoinnista varmistetaan lupamenettelyn kautta, että uutta tekniikkaa sovelletaan turvallisesti niin ihmisten kuin ympäristön kannalta (EU:n ilmastopolitiikka 2014).

Uusiutuvaa energiaa koskeva direktiivi RES

RES-direktiivin tarkoitus on nostaa uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian osuus 20 %:iin energian loppukulutuksesta ja 10 %:iin liikenteen energian loppukulutuksesta. Suomen tavoite on nostaa uusiutuvien osuus 38 %:iin energian loppukulutuksesta. (EU:n ilmastopolitiikka 2014.)

EU on linjannut tavoitteekseen vähentää kasvihuonekaasupäästöjä 80 % vuoteen 2050 mennessä. EU pyrkii saamaan kaikkia maita sitovan yhteisen ilmastopimuksen vuodesta 2020 alkaen, jolloin myös EU:n ilmasto- ja energiapaketti päättyy. (EU:n ilmastopolitiikka 2014.)

2.1.4 Energiatehokkuusdirektiivi

Rakennukset aiheuttavat 40 % EU:n kokonaisenergiankulutuksesta. Rakennusten energiatehokkuusdirektiivin 2010/31/EU tavoitteena onkin vähentää energiankulutusta rakennuksissa energiatehokkuuden parantamisella ja sitä kautta vähentää CO² -päästöjä. Direktiivi vaikuttaa sekä uudis- että korjausrakentamiseen. Direktiivissä on kolme pääaluetta. Ne ovat energiatodistuksen käyttöönotto, ener-

giatehokkuuden vähimmäisvaatimukset ja lämmityskattiloiden sekä ilmastointilaitteiden määräaikaistarkastukset. (Rakennusten energiatehokkuusdirektiivi 2014.)

Osana rakennusten energiatehokkuusdirektiiviä EPBD on määritetty, että 31.12.2018 alkaen uusien viranomaisten käytössä olevien rakennusten tulee olla lähes nollaenergiarakennuksia. Direktiivi määrää myös, että 31.12.2020 alkaen kaikkien uusien rakennusten tulee olla lähes nollaenergiarakennuksia. Uudet rakennukset tulevat siis olemaan nZEB-rakennuksia¹. (Rakennusten energiatehokkuus 2014.)

2.2 Suomen energiapolitiikka

Taulukko 1 esittää Suomen kokonaisenergiankulutuksen eri sektoreilla vuonna 2013. Vuosimuutos sarakkeessa on vertailu vuoden 2012 tietoihin. Vuonna 2013 Suomen kokonaisenergiankulutus oli 1 373 164 TJ eli 381 TWh.

Taulukko 1. Kokonaisenergiankulutus vuonna 2013 (Tilastokeskus 2015)

	TJ	TWh	Osuus %	Vuosimuutos %
Dieselöljy	103 255	29	8	1
Jalostamokaasut yms.	37 912	11	3	15
Kaupunkikaasu	0	0	0	-
Kevyt polttoöljyt	71 770	20	5	-6
Kierrätyspolttoaineet, yms.	26 609	7	2	19
Kierrätysöljy	609	0	0	-31
Kivihiili	114 169	32	8	36
Koksi	17 933	5	1	-9
Lämpöpumput	16 722	5	1	3
Maakaasu	106 943	30	8	7
Masuuni- ja koksikaasu	19 033	5	1	0
Moottoribensiini	65 077	18	5	-1
Muut kevyet ja keskiraskaat öljyt	4 578	1	0	-11
Nestekaasut	11 318	3	1	-11
Puun pienkäyttö	61 435	17	4	-7

¹ Nearly Zero Energy Building

Metsäteollisuuden jätelie-	140 701	39	10	4
met				
Raskas polttoöljy	22 078	6	2	-29
Sähkön nettotuonti	56 574	16	4	-10
Teollisuuden ja energian-	136 533	38	10	5
tuotannon puupolttoaineet				
Teollisuuden reaktiolämpö	7 260	2	1	10
Turve	56 900	16	4	-12
Tuulivoima	2 785	1	0	57
Vesivoima	45 621	13	3	-24
Ydinenergia	247 347	69	18	3
Yhteensä	1 373 164	381	100	0

Uusiutuvan energian kansallisen toimintasuunnitelman, NREAP:in mukaan kun-
kin EU:n jäsenvaltion on vahvistettava kansallinen uusiutuvaa energiaa käsitte-
levä toimintasuunnitelma. Taulukko 2 esittää Suomen uusiutuvat primääriener-
gialähteet vuonna 2005 ja arviot vuodelle 2020.

Suomen ilmasto- ja energiapolitiikkaa sitovat niin maailmanlaajuiset sopimukset
kuin EU:n direktiivitkin. EU:n Suomelle asettamat maakohtaiset tavoitteet ovat
vähentää päästöjä 16 %:lla päästökaupan ulkopuolisilta toimialoilta ja lisätä uu-
siutuvan energian osuus 38 %:iin vuoteen 2020 mennessä. Vertailuvuonna 2005
uusiutuvan energian osuus Suomen energiantuotannosta oli 28,5 %. (Uusiutuva
energia Suomessa 2014.) Taulukon 2 mukaan suurimmat energianmäärän li-
säykset tulevat olemaan metsähakkeella 18,9 %, liikenteen biopolttoaineilla 6,5
%, lämpöpumpuilla 6,1 % ja tuulivoimalla 5,8 %.

EU:n uusiutuvan energian velvoite liikennesektorille on 10 % vuoteen 2020 men-
nessä. Suomi on kuitenkin päättänyt korkeammasta 20 %:n tavoitteesta. Ener-
gian loppukulutuksen säästötavoitteeksi Suomi on asettanut 37 TWh, jolloin lop-
pukulutus olisi vuonna 2020 310 TWh.

Taulukko 2. Uusiutuvat energialähteet primäärienergiana vuonna 2005 ja vuoden 2020 arvio (Työ- ja elinkeinoministeriö 2011)

Uusiutuvat energialähteet primäärienergiana	2005 TWh	2020 TWh	Muutos (TWh/%-yksikköä) 2005->2020
Jäteliemet	37	38	1,1
Teollisuuden tähdepuu	20	19	-1,8
Vesivoima, normalisoitu	13,6	14	0,6
Tuulivoima	0	6	5,8
Metsähake	6	25	18,9
Puun pienkäyttö	13	12	-0,5
Lämpöpumput	2	8	6,1
Liikenteen biopolttoaine	0	7	6,5
Biokaasu	0	1	0,7
Pelletit	0	2	1,6
Kierrätyspolttoaineet, RES-osuus	2	2	0
Muu uusiutuva, mm. aurinkosähkö	0,4	0,4	0
Yhteensä	94	134	39,2
Uusiutuvien energialähteiden osuus loppukulutuksesta, toteutunut / arvio	28,5 %	38,0 %	9,5 %

2.3 Itä-Suomen energiapolitiikka

Itä-Suomi on vahvasti uusiutuvaa energiaa käyttävä maakunta. Vuonna 2008 55,3 % primäärienergiankulutuksesta oli uusiutuvaa, kun muualla Suomessa se oli 25 %:n luokkaa. Maakunnassa käytetään erityisesti puuenergiaa, jonka osuus oli 40 % uusiutuvasta energiasta. Tästä 56 % oli sellun sivutuotteena syntyvää mustalipeää. (Itä-Suomi Uusiutuu 2011.)

Itä-Suomen energiasäästötavoitteena on 10 % vuoden 2008 tasosta eli 7 TWh vuoteen 2020 mennessä. Energiasäästötavoite on hieman pienempi kuin kansallinen tavoite, mikä on seurausta alueen energiantensiivisestä metsäteollisuudesta. (Itä-Suomi Uusiutuu 2011.)

Toinen Itä-Suomen tavoite on uusiutuvaan energiaan vahvasti perustuva energiaomavaraisuus. Tavoitteena on, että uusiutuvan energian osuus loppuenergiankulutuksesta olisi 78 % ja energiaomavaraisuusaste olisi 83 % vuoteen 2020 mennessä. (Itä-Suomi Uusiutuu 2011.)

Uusiutuvan energian tavoitteet jakaantuvat seuraavasti. Metsähakkeen osalta tavoitteena on nostaa osuus alueen primäärienergiatuotannosta 12,5 %:iin eli 7 500 GWh:iin. Metsähakkeen potentiaalia käytettiin vuonna 2008 vain 20 %. Osuuden noston myötä se nousisi 60 %:iin. Polttopuun osalta tavoite on nostaa polttopuun tuotanto ja käyttö 4 000 GWh. Vuonna 2008 puuta käytettiin 3 000 GWh. Puupelletin osalta tavoite on että, käyttö olisi 500 GWh ja tuotanto kokonaisuutena 2 000 GWh. Vuonna 2010 pellettien käyttö Itä-Suomessa oli 144 GWh.

Jalostettujen biopolttoaineiden käytön tavoite on 1 700 GWh ja tuotanto kokonaisuutena huomattavasti suurempi. Tavoitteena on myös, että alueen liikenteen polttoaineista 20 % tuotetaan uusiutuvilla energialähteillä vuoteen 2020 mennessä. Vesivoiman osalta tavoitteena on säilyttää tuotanto sitä hieman tehostaen. Tuotannon tavoitteena on 4 500 GWh, kun vuonna 2008 tuotanto oli 4 382 GWh. Tuulivoiman tavoite on 500 GWh, kun vuonna 2008 tuotantoa ei ollut lainkaan. Lämpöpumppujen osalta tavoite on 1 500 GWh. Biokaasun tuotannontavoite on 400 GWh, ja osa siitä olisi liikennekäytössä. Vuonna 2008 tuotantoa oli 32 GWh. Peltobiomassojen tavoitteena on 250 GWh ja aurinkoenergian tavoitteena on 40 GWh. (Itä-Suomi Uusiutuu 2011.)

Kolmas Itä-Suomen tavoite on hajautettu energiantuotanto uusiutuvilla energialähteillä. Tavoitteena on esimerkiksi saada maatiloille biokaasureaktoreita ja lämpölaitoksiin CHP-ratkaisuja. Mikrokokoluokassa tavoitteena on kiinteistökohtainen sähköntuotanto mm. auringon ja tuulen avulla. (Itä-Suomi Uusiutuu 2011.)

3 Energiatehokas rakentaminen

3.1 Rakennusten E-luku

Rakennuksen kokonaisenergiankulutusta mitataan E-luvulla. E-luku lasketaan kaavan 1 mukaan. Siinä rakennukseen ostettu energia kerrotaan energiamuodon kertoimella ja jaetaan lämmitetyllä nettoalalla. E-luku ilmoitetaan kWh_E/m². (Suomen rakentamismääräyskokoelma D3.)

(1.)

$$\text{E-luku} = \frac{\text{rakennukseen ostettu energia (kWh)} * \text{energiamuodon kerroin}}{\text{lämmitetty nettoala (m}^2\text{)}}$$

Energiamuotojen kertoimet on esitetty taulukossa 3. Huomionarvoista on kaukolämmön ja rakennuksessa käytettävän uusiutuvan polttoaineen energiamuotojen kertoimien pieni erotus. Kaukolämmön kerroin on 0,7, kun taas rakennuksessa käytettävän uusiutuvan polttoaineen kerroin on puolestaan 0,5. Kaukolämmön tuotantotapaa ei kuitenkaan määritellä. Se voitaisiin tuottaa kokonaan esimerkiksi kivihiiilellä, ja silti se olisi lähes verrattavissa uusiutuvaan polttoaineeseen kuten pellettiin tai hakkeeseen. Toisin sanoen siellä, missä kaukolämpöverkkoon liittyminen on mahdollista, lainsäädäntö ohjaa siihen. Energiamuotokertoimien tarkoitus on suosia uusiutuvaa energiaa, mutta kaukolämmön suosiminen vääristää tätä tavoitetta.

Taulukko 3. Energiamuotojen kertoimet (Suomen rakentamismääräyskokoelma osa D3)

Energiamuoto	Energiamuotojen kertoimet
Sähkö	1,7
Kaukolämpö	0,7
Kaukojäähdytys	0,4
Fossiiliset polttoaineet	1,0
Rakennuksessa käytettävät uusiutuvat polttoaineet	0,5

Kertoimia tarkasteltaessa tulee myös huomioida ero uusiutuvan omavaraisenergian ja uusiutuvan polttoaineen välillä. Rakennuksessa tai sen tontilla tuotettu

uusiutuva omavaraisenergia vähennetään suoraan kokonaisenergiankulutuksesta, kun taas rakennuksessa käytettävät uusiutuvat polttoaineet ovat kertomella 0,5. Esimerkkinä rakennus, joka kuluttaa energiaa 10 000 kWh/a. Jos rakennus tuottaisi aurinkosähköä 10 000 kWh, se vähennettäisiin suoraan kokonaisenergiakulutuksesta ja sen laskennallinen kulutus olisi 0 kWh/a. Jos sama 10 000 kWh tuotettaisiin uusiutuvalla polttoaineella, kuten pelletillä, se kerrotaisiin 0,5:llä, ja laskennallinen kulutus olisi 5 000 kWh/a. Jos sama 10 000 kWh tulisi ostosähkönä, se kerrotaisiin 1,7:llä ja laskennallinen kulutus olisi 17 000 kWh/a.

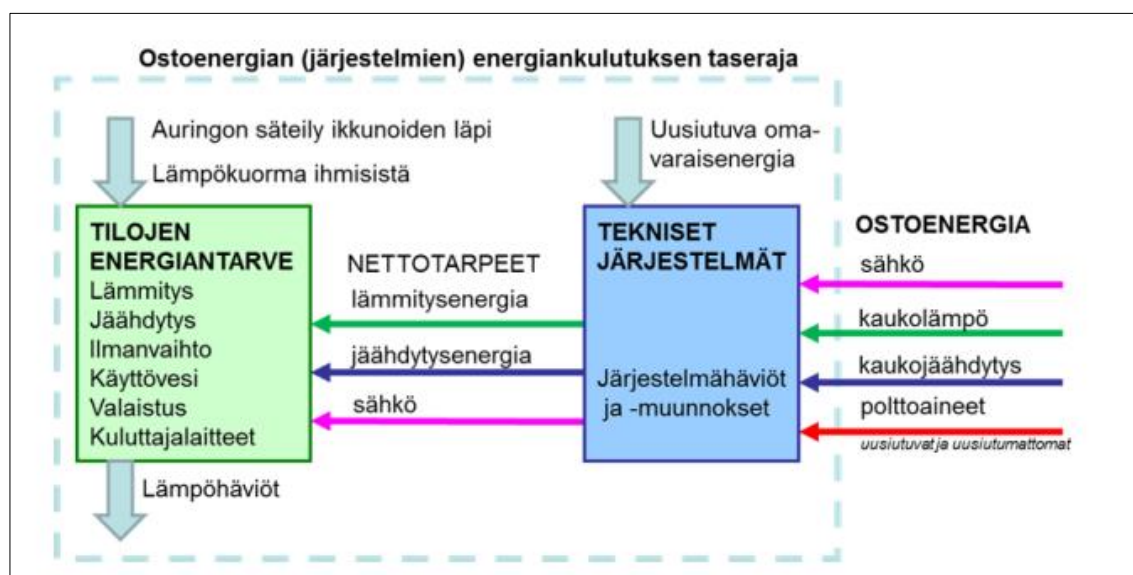
Taulukosta 4 on nähtävissä nykyiset Suomen rakentamismääräyskokoelman asettamat raja-arvot eri rakennusluokille. Luokkia on kaikkiaan yhdeksän. Arvot on asetettu vuonna 2012.

Taulukko 4. Uudisrakennuksen E-luvun raja-arvot (Suomen rakentamismääräyskokoelma osa D3)

Luokka	Rakennustyyppi	Lämmitetty nettoala	kWh/m ² /a
Luokka 1	Erillinen pientalo, rivi- ja ketjutalo Pientalo	$A_{\text{netto}} < 120 \text{ m}^2$	204
		$120 \text{ m}^2 < A_{\text{netto}} < 150 \text{ m}^2$	$372 - 1,4 \times A_{\text{netto}}$
		$150 \text{ m}^2 < A_{\text{netto}} < 600 \text{ m}^2$	$173 - 0,07 \times A_{\text{netto}}$
		$A_{\text{netto}} > 600 \text{ m}^2$	130
	Hirsitalo	$A_{\text{netto}} < 120 \text{ m}^2$	229
		$120 \text{ m}^2 < A_{\text{netto}} < 150 \text{ m}^2$	$397 - 1,4 \times A_{\text{netto}}$
		$150 \text{ m}^2 < A_{\text{netto}} < 600 \text{ m}^2$	$198 - 0,07 \times A_{\text{netto}}$
		$A_{\text{netto}} > 600 \text{ m}^2$	155
	Rivi- ja ketjutalo		150
Luokka 2	Asuinkerrostalo		130
Luokka 3	Toimistorakennus		170
Luokka 4	Liikerakennus		240
Luokka 5	Majoitusliikerakennus		240
Luokka 6	Opetusrakennus ja päiväkot		170
Luokka 7	Liikuntahalli pois lukien uima- ja jäähalli		170
Luokka 8	Sairaala		450
Luokka 9	Muut rakennukset ja määräaika		E-luku on laskettava, mutta sillä ei ole asetettu vaatimuksia

Järjestelmien ostoenergian energiankulutuksen taseraja, on esitetty kuvassa 1. Kuvassa oleva katkoviiva kuvaa tontin rajaa. Ostoenergia tulee siis tontin ulkopuolelta. Ostoenergiat ovat sähkö, kaukolämpö, kaukojäähdytys sekä uusiutuvat ja uusiutumattomat polttoaineet. Ostoenergiasta vähennetään suoraan tontin sisällä tuotettu uusiutuva omavaraisenergia.

Energian nettotarvetta miettiessä tulee ottaa huomioon, että tekniset järjestelmät toimivat omilla hyötysuhteillaan ja järjestelmähäviöllään. Rakennuksissa on myös erilaisia sisäisiä ja ulkoisia lämpökuormia ja eri rakenteiden erilaisia lämpöhäviöitä. Kun nämä seikat otetaan huomioon, saadaan energian nettotarpeet lämmitys-, jäähdytys- ja sähköenergialle.



Kuva 1. Ostoenergiankulutuksen taseraja (Suomen rakentamismääräyskoelma osa D3).

3.2 Matalaenergiatalo

Matalaenergiatalon laskennallinen lämpöhäviö on enintään 85 % rakennukselle määritetystä vertailulämpöhäviöstä (Suomen Rakentamismääräyskokoelma D3). Se kuluttaa lämmitysenergiaa Etelä-Suomessa alle 60 kWh/brm²a ja Pohjois-Suomessa alle 90 kWh/brm²a vuodessa (Matalaenergiatalo 2015). Matalaenergiatalo oli usean vuoden ajan ainoa energiatehokkaan rakentamisen määritelmä

Suomen rakentamismääräyskokoelmassa, kunnes 25. päivänä elokuuta 2014 siihen lisättiin Ympäristöministeriön asetus 1/14 lähes nollaenergiarakentamisesta.

Ennen käsitteen määrittämistä Suomen Rakentamismääräyskokoelmassa matalaenergiataloksi kutsuttiin rakennusta, jonka lämmitysenergiantarve oli puolet normien asettamasta minimitason vaatimuksesta. Käsitettä käytettiin myös yleisesti sellaisesta rakennuksesta, jonka energiankulutus oli normaalia pienempi. (Passiivi-info 2009.)

3.3 Passiivitalo

Passiivitalon määritelmä hahmotellaan kolmen tunnusluvun kautta. Näitä ovat tilojen lämmitysenergiantarve, rakennuksen kokonaisprimäärienergiantarve ja mittaukseseen perustuva ilmanvuotoluku. (Passiivi-info 2009; ks. Passiivitalo VTT 2006).

Passiivitalo käsitteen loi saksalainen Passivhaus Institutin perustaja Wolfgang Feist yhdessä ruotsalaisen professorin Bo Adamssonin kanssa vuonna 1988. Ensimmäinen passiivitalo valmistui vuonna 1991 Darmstadtin. Passiivitalo-termiä ei ole määritelty absoluuttisilla arvoilla, minkä johdosta sillä ei ole yleispätevää määritelmää. Keski-Euroopassa on yleisesti käytössä Saksassa luotu Passivhaus-instituutin määritelmä, kun taas Etelä- ja Pohjois-Euroopassa on omat passiivitalomääritelmänsä erilaisista ilmasto-olosuhteista johtuen. (Passiivi-info 2009; ks. Passipedia 2014.)

Passiivitalon pieni energiantarve saavutetaan ulkovaipan ratkaisuiden ja koneellisen ilmanvaihdon tehokkaalla lämmöntalteenotolla. Energiansäästökeinot painottuvat kuitenkin passiivisiin ratkaisuihin teknisten laitteiden sijasta. Passiivisia ratkaisuja ovat mm. ulkovaipan tiiviys, ilmaislämmönlähteiden kuten ihmisten kodinkoneiden ja auringonsäteilyn hyödyntäminen sekä hyvä lämmöneristys seinissä, ikkunoissa ja ovissa. (Passiivi-info 2009; ks. Passiivitalo VTT 2006)

3.3.1 Kansainvälinen passiivitalo

Saksalainen Wolfgang Feist on määritellyt termin kansainvälinen passiivitalo seuraavasti:

A passive house is a building in which thermal comfort (ISO 7730) can be ensured without additional air recirculation simply by heating and cooling the flow of incoming fresh air to ensure sufficient air quality in accordance with DIN 1946. (Passiivi-info 2009.)

Määritelmä sisältää kolme kriteeriä. Tilojen lämmitysenergiatarve on enintään 15 kWh/m²/a, kokonaisprimäärinenergiatarve on enintään 120 kWh/m²/a ja ilmanvuotoluku on enintään 0,6 1/h. (Passive House Institute 2013.)

Kansainvälisessä passiivitalon määritelmässä käytetty pinta-ala on nettolattia-pinta-ala. Se lasketaan ulkoseinien sisäpinnan ja kiinteiden rakenteiden erotuksena. Kiinteisiin rakenteisiin kuuluu mm. kiintokalusteet väliseinet ja tulisijat. Toisin sanoen se on rakennuksen vapaa lattiapinta-ala. Kansainvälinen passiivitalon määritelmä edellyttää aina energiatarpeen laskentaa Excel-pohjaisella PHPP-laskentaohjelmalla² (kuva 2).

² PHPP, Passive House Planning Package.

Specific building demands with reference to the treated floor area				use: Monthly method	
		Treated floor area	156.0 m ²		
Space heating	Annual heating demand	14 kWh/(m ² a)	15 kWh/(m ² a)	yes	
	Heating load	10 W/m ²	10 W/m ²	yes	
Space cooling	Overall specific space cooling demand	kWh/(m ² a)	-	-	
	Cooling load	W/m ²	-	-	
	Frequency of overheating (> 25 °C)	0.6 %	-	-	
Primary Energy	space heating and cooling, dehumidification, household electricity	61 kWh/(m ² a)	120 kWh/(m ² a)	yes	
	DHW, space heating and auxiliary electricity	34 kWh/(m ² a)	-	-	
	Specific primary energy reduction through solar electricity	kWh/(m ² a)	-	-	
Airtightness	Pressurization test result n ₅₀	0.2 1/h	0.6 1/h	yes	
EnerPHit (retrofit): according to component quality					
Building envelope	Exterior insulation to ambient air	0.13 W/(m ² K)	-	-	
	average U-Values	0.13 W/(m ² K)	-	-	
	Exterior insulation underground	W/(m ² K)	-	-	
	Interior insulation to ambient air	W/(m ² K)	-	-	
	Interior insulation underground	W/(m ² K)	-	-	
	Thermal bridges ΔU	-0.01 W/(m ² K)	-	-	
	Windows	0.78 W/(m ² K)	-	-	
	External doors	W/(m ² K)	-	-	
Ventilation System	Effective heat recovery efficiency	82 %	-	-	
					* empty field: data missing; "-": no requirement
Passive House?				yes	

Kuva 2. Ote PHPP-laskentaohjelmasta (Kuva: The Small Planet Workshop 2010).

Kansainvälisen passiivitalon määritelmän täyttävälle rakennukselle voi hakea sertifikaattia. Jotta rakennus olisi sertifikaattikelpoinen, tulee sen täyttää kaikki kolme passiivitalon kriteeriä, sen energiantarve on laskettu PHPP-laskentaohjelmalla ja rakennuksen ilmanpitävyys on luotettavasti mitattu. (Passiivi-info 2009.)

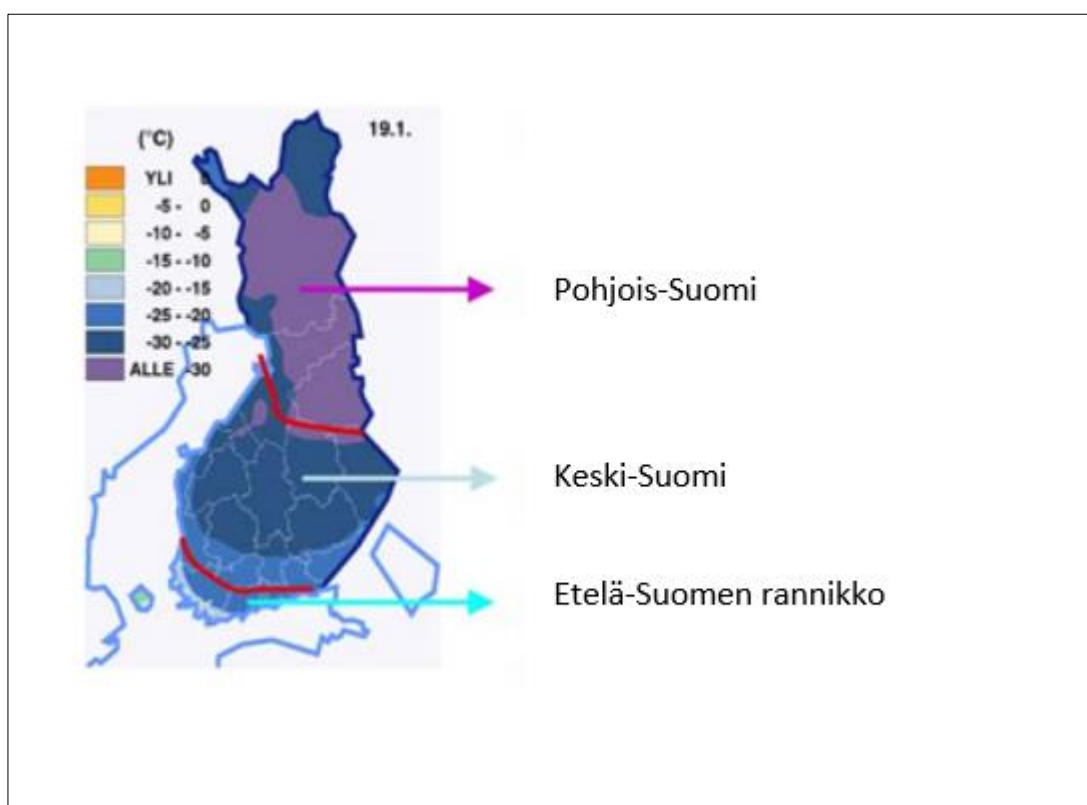
3.3.2 Suomalainen passiivitalo

Eurooppalaisessa projektissa PEP-Promotion of European Passive Houses VTT on määrittänyt suomalaisen passiivitalon määritelmän. Suomalaisen passiivitalon tunnusluvut ovat samat kuin kansainvälisessä passiivitalon määritelmässä, mutta sen tulee täyttää taulukon 5 kriteerit.

Taulukko 5. Suomalaisen passiivitalon kriteerit (Lylykannas & Nieminen 2009)

Kriteeri	Etelä-Suomen rannikko	Keski-Suomi	Pohjois-Suomi
Tilojen lämmitysenergiatarve	$\leq 20 \text{ kWh/m}^2/\text{a}$	$\leq 25 \text{ kWh/m}^2/\text{a}$	$\leq 30 \text{ kWh/m}^2/\text{a}$
Kokonaisprimäärienergiatarve	$\leq 130 \text{ kWh/m}^2/\text{a}$	$\leq 135 \text{ kWh/m}^2/\text{a}$	$\leq 140 \text{ kWh/m}^2/\text{a}$
Ilmanvuotoluku, n_{50}	$\leq 0,6 \text{ 1/h}$	$\leq 0,6 \text{ 1/h}$	$\leq 0,6 \text{ 1/h}$

Toisin kuin kansainvälisessä passiivitalon määritelmässä, Suomessa otetaan huomioon rakennuksen sijainti kuvan 3 mukaisesti. Rakennuksen sijainti otetaan huomioon, sillä Suomessa on hyvin erilaiset olosuhteet lauhuilla etelän rannikkoalueilla verrattuna pohjoisen kylmiin tunturialueisiin. Maa on tämän takia jaettu kolmeen vyöhykkeeseen pohjois-etelä-suunnassa. Tilojen lämmitysenergiatarve on Etelä-Suomessa alle $20 \text{ kWh/m}^2/\text{a}$, Keski-Suomessa alle $25 \text{ kWh/m}^2/\text{a}$ ja Pohjois-Suomessa alle $30 \text{ kWh/m}^2/\text{a}$.

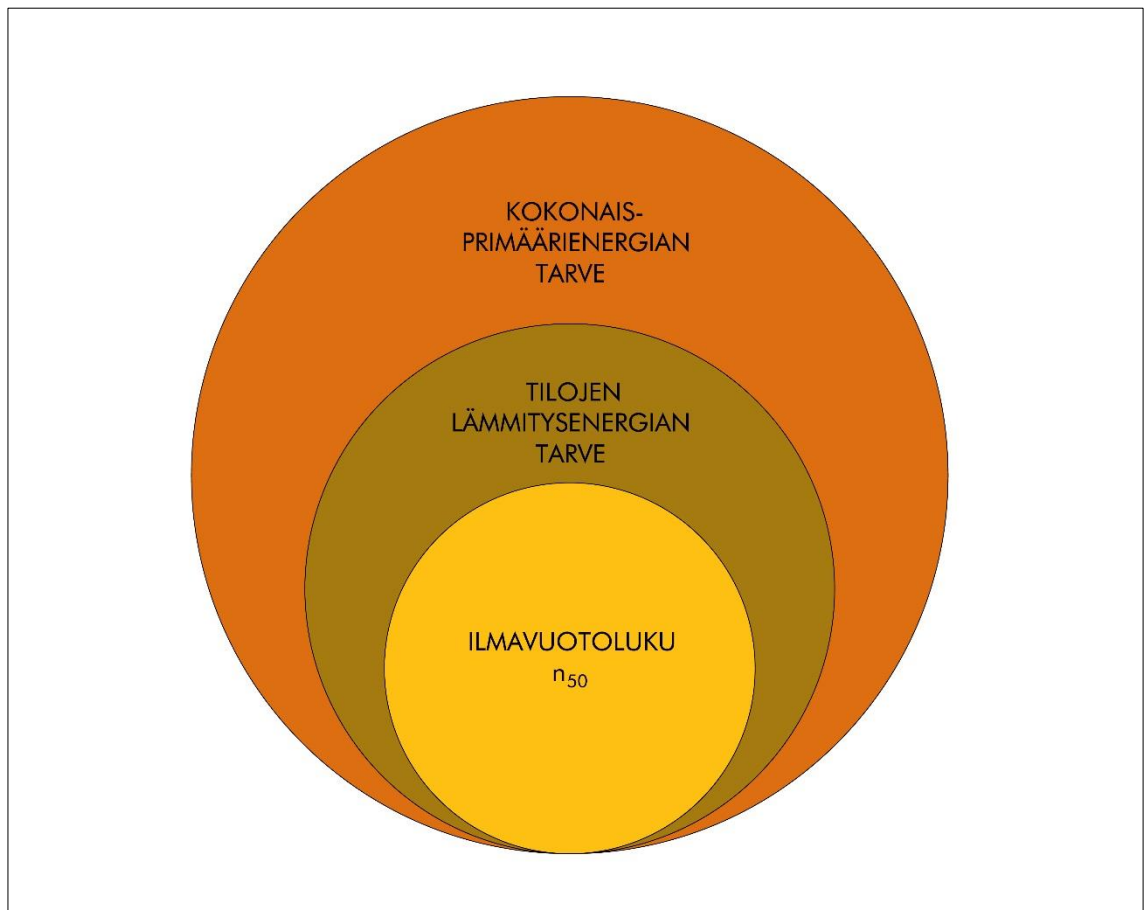


Kuva 3. Passiivitalon vyöhykkeet (Passiivi-info 2009)

Määritelmän laskentatavoissa on myös eroa. Suomessa käytetään rakennuksen bruttopinta-alaa, joka määritellään Suomen rakentamismääräyskokoelman RT

12-10277 mukaan. Rakennuksen bruttopinta-ala lasketaan ulkoseinien ulkopintojen mukaan aina 250 mm:n paksuuteen asti. Primäärienergiankertoimet Suomessa ovat myös erilaiset verrattuna eurooppalaisiin. Tämän takia riippuu paljon laskentatavasta millaisia kokonaisenergiantarvelukuja saadaan.

Passiivitalon kriteerit ovat päällekkäisiä, kuten kuva 4 osoittaa. Hyvä ilmanpitävyys auttaa saavuttamaan pienen tilojen lämmitysenergiantarpeen, kun taas pieni lämmitysenergiatarve on edellytys pienelle kokonaisprimäärienergiantarpeelle. Määritelmä perustuu siihen, että talot rakennetaan tiiviiksi riittävillä seinän paksuuksilla. Tällä varmistetaan, ettei tarvita turhaa lämmitystä ja saadaan pidettyä rakennuksen lämmitysenergiatarve pienenä. Näin myös kokonaisprimäärienergiatarve pysyy pienenä.



Kuva 4. Passiivitalon kriteerit (Lylykangas & Nieminen 2009)

3.3.3 Eteläeurooppalainen passiivitalo

Lämpimän ilmaston takia eteläeurooppalainen passiivitalo kuluttaa sisätilojen viilennykseen enemmän energiaa kuin rakennuksen lämmittämiseen. Tämän takia Etelä-Euroopassa on käytössä oma passiivitalon määritelmä. Määritelmä vastaa muilta osin kansainvälistä passiivitalon määritelmää, lukuun ottamatta pykälää, jonka mukaan rakennus saa lisäksi kuluttaa sisätilojen viilennykseen enintään 15 kWh/m²/a. (Passiivi-info 2009.)

3.3.4 Pohjoiseurooppalainen passiivitalo

Pohjois-Euroopassa on hyvin erilaiset ilmasto-olosuhteet verrattuna Etelä-Eurooppaan. Pohjois-Euroopassa kuluu paljon energiaa rakennusten lämmittämiseen, mutta kesäisin myös rakennusten viilennykseen tarvitaan energiaa. Pohjois-Euroopan maista Tanskassa käytetään kansainvälistä passiivitalon määritelmää, kun taas Ruotsilla, Suomella ja Norjalla on omat määritelmänsä passiivitalolle. (Passiivi-info 2009.)

Ruotsalainen passiivitalo

Ruotsissa passiivitalo määritellään ennen kaikkea lämmitystehontarpeen mukaan. Määritelmässä on vain kaksi kriteeriä, jotka ovat lämmitystehon tarve ja ilmanvuotoluku. Lisäksi ostoenergiantarpeelle lämmitykseen ja lämpimän käyttöveden osalta annetaan suositukset. (Passiivi-info 2009.)

Maa on jaettu kolmeen vyöhykkeeseen pohjois-etelä-suunnassa ja kullakin vyöhykkeellä on omat lämmitystehon tarpeen lukunsa. Alle 200 m² rakennuksissa tavoite ei ole kustannustehokkaasti saavutettavissa, joten niissä sallitaan 2 W/m² suurempi lämmitystehontarve. Ilmanvuotoluku poikkeaa myös kansainvälisestä passiivitalon määritelmästä ja on kaikilla vyöhykkeillä enintään 0,30 l/s m². (Passiivi-info 2009.)

Taulukko 6. Ruotsalaisen passiivitalon kriteerit (Passiivi-info 2009)

	Vyöhyke 3	Vyöhyke 2	Vyöhyke 1
Lämmitystehontarve	$\leq 10 \text{ W/m}^2$	$\leq 11 \text{ W/m}^2$	$\leq 12 \text{ W/m}^2$
Lämmitystehontarve <200 m ² rakennuksissa	$\leq 12 \text{ W/m}^2$	$\leq 13 \text{ W/m}^2$	$\leq 14 \text{ W/m}^2$
Ilmanvuotoluku	$\leq 0,3 \text{ l/s m}^2$	$\leq 0,3 \text{ l/s m}^2$	$\leq 0,3 \text{ l/s m}^2$

Norjalainen passiivitalo

Norjan ilmastossa on suuret erot sisämaan ja rannikon välillä. Rannikolla on lauhkean kostea meri-ilasto, kun taas vuoristossa on arktinen ilmasto. Köppenin ilmastoluokituksen mukaan Norjan länsirannikko kuuluu Cfb-luokkaan. Samaan luokkaan kuuluu myös mm. Brittien saaret ja Ranskan pohjois-rannikot. (BBC Weather 2012). Rannikon lauhkeus on Golf-virran ansiota. Virta alkaa Meksikonlahdelta tuoden sieltä lämmintä vettä pohjoiseen aina Jäämerelle asti. Erilaisten olosuhteiden vuoksi maassa on hyvin haasteellista yhtenäistää passiivitalon määritelmää.

Norjan kansallisen passiivitalon määritelmän on ehdotettu ottamaan huomioon paikkakunnan vuoden keskilämpötila tilojen lämmitysenergiantarpeen osalta. Mikäli vuoden keskilämpötila on yli 5 °C, alle 200 m² taloissa lämmitysenergiantarve olisi vähemmän kuin 20 kWh/m²a. Yli 200 m² rakennuksissa vastaava luku olisi alle 15 kWh/m²a. Toisaalta mikäli paikkakunnan vuoden keskilämpötila on alle 5 °C, lämmitysenergiantarve olisi 15 kWh/m²a + 3,5*(5-T_{a, year}), niin yli kuin alle 200 m² rakennuksissa. Kuitenkin ennen ehdotuksen voimaantuloa passiivitalohankkeet Norjassa ovat kansainvälisen passiivitalonmääritelmän mukaisia. (Passiivi-info 2009.)

3.4 Lähes nollanenergiatalo

Lähes nollaenergiatalo on rakennus, jolla on erittäin korkea energiatehokkuus. Energiatehokkuus on määritelty Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2010/31/EU liitteen 1 mukaisesti. Rakennuksen vähäinen energian määrä tuotetaan uusiutuvista lähteistä peräisin olevalla energialla, joka voi olla kohteessa tai rakennuksen lähellä tuotettua energiaa. (Ympäristöministeriö 2014.)

Direktiivi ei suoraan määritä absoluuttista lukuarvoa lähes nollaenergiatalolle ($\text{kWh/m}^2/\text{a}$), vaan jäsenmaiden tulee itse määritellä kansallinen direktiivin mukainen taso, sillä ilmasto, kansalliset rakentamiskäytännöt kustannuksineen ja uusiutuvien energialähteiden saatavuus paikallisesti ovat hyvin erilaiset Euroopan alueella. Energiatohokkuusdirektiivin perusteella kaukolämpö lasketaan kuuluvaksi rakennuksen lähellä tuotetuksi uusiutuvaksi energiaksi, jos se perustuu yksinomaan uusiutuviin energialähteisiin. (Ara lähes nollaenergiatalon suunnitteluhjeet 2013.)

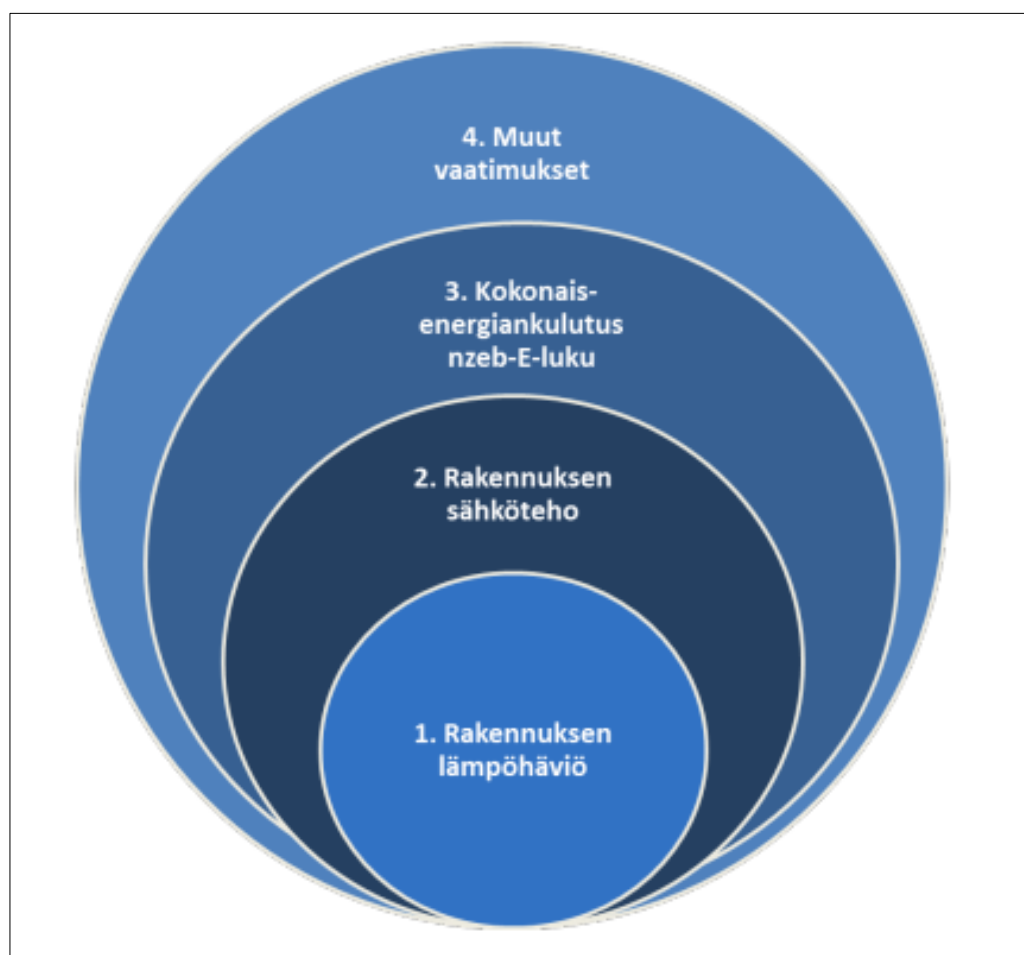
Suomessa direktiivin mukaista tasoa koottiin joukko rakennus- ja kiinteistöalan asiantuntijoita FInZEB-hankkeeseen. Helmikuun viides päivä vuonna 2015 he julkaisivat FInZEB-hankkeen keskeiset johtopäätökset. Hankkeen tavoitteet olivat seuraavat:

Rakennusteollisuus RT ry:n, Talotekniikkateollisuus ry:n ja ympäristöministeriön toteuttaman FInZEB-hankkeen tavoitteena on luoda pohja kansalliselle tulkinnalle rakennusten energiatohokkuusdirektiivin (EPBD) lähes nollaenergiarakennuksia koskeviin määritelmiin. Näin kiinteistö- ja rakennusalan yhteinen näkemys saadaan hyödyksi vuonna 2015 käynnistyvään energiatohokkuuden säädösvalmisteluun. FInZEB-hankkeessa selvitettiin laskennallisten tarkastelujen ja selvitysten avulla riittävän haasteellisia, mutta teknisesti toimivia ja kustannustehokkaita ratkaisuja kansallisiin lähes nollaenergiarakennus (nZEB) -vaatimuksiin. (FInZEB-hankkeen keskeiset johtopäätökset 2015.)

Lähes nollaenergiarakennukselle hanke määrittää neljä eri vaatimustarkastelun vaihetta (kuva 5). Osa näistä vaatimuksista on osoitettava rakennuslupaa haettaessa ja loput ennen käyttöönottotarkastusta.

Ensimmäinen vaihe on rakennuksen lämpöhäviötarkastelu. Siinä varmistetaan rakenteiden tiiviys ja ilmanvaihdon lämmöntalteenoton tarkoituksenmukaisuus. Niiden tulee myös täyttää vertailuarvot, joita raportti ei kuitenkaan mainitse. Toinen vaihe on rakennuksen sähkötehon määrittäminen. Siinä otetaan huomioon myös lämmitykseen käytetty sähkö. Vaiheen tavoitteena on pienentää huipunkäyttöaika teknologian ja automatiikan avulla. Tähänkään raportti ei kuitenkaan määritä raja-arvoja. Kolmas vaihe on rakennuksen kokonaisenergiakulutus ja nZEB-E-luku. Tällä hetkellä Suomen rakentamismääräyskokoelma määrittää E-luvun laskentasäännöt ja raja-arvot kullekin rakennustyyppille. Neljäs vaihe on

muut vaatimukset. Siihen kuuluu asuinrakennusten yllämpenemistarkastelut, ilmanvaihtojärjestelmän sähkötehokkuuden tarkastelut, RER-luvun laskennan eli uusiutuvan energian ja paikalla tuotetun uusiutuvan energian osuudet ostoenergiasta ja alustava energiatodistus. Näihinkään raportti ei esitä raja-arvoja. Edellä mainitut vaiheet tulee osoittaa rakennuslupaa haettaessa. Muihin vaatimuksiin kuuluu myös ennen käyttöönottotarkastusta osoitettavia vaatimuksia. Näitä ovat rakennuksen tiiviysmittauksen tulokset, kohteen erityisominaisuudet huomioiva laskennallinen tavoite-energiankulutus ja rakentamisvaiheen tiedoilla päivitetty energiatodistus. Hanke ehdottaa myös, että käytön ja ylläpidon energiatehokkuuden ohjeiden laadinta ja järjestelmän suunnitelmanmukaisuus olisi huomioitava. (FInZEB-hankkeen keskeiset johtopäätökset 2015.)



Kuva 5. Lähes nollaenergiarakennuksen vaatimustarkastelun vaiheet (FInZEB-hankkeen keskeiset johtopäätökset 2015)

Energiasimulointien ja elinkaarikustannustarkastelujen kautta hankkeessa huomattiin, että energiaa säästävien toimenpiteiden kannattavuus vaihtelee paljon

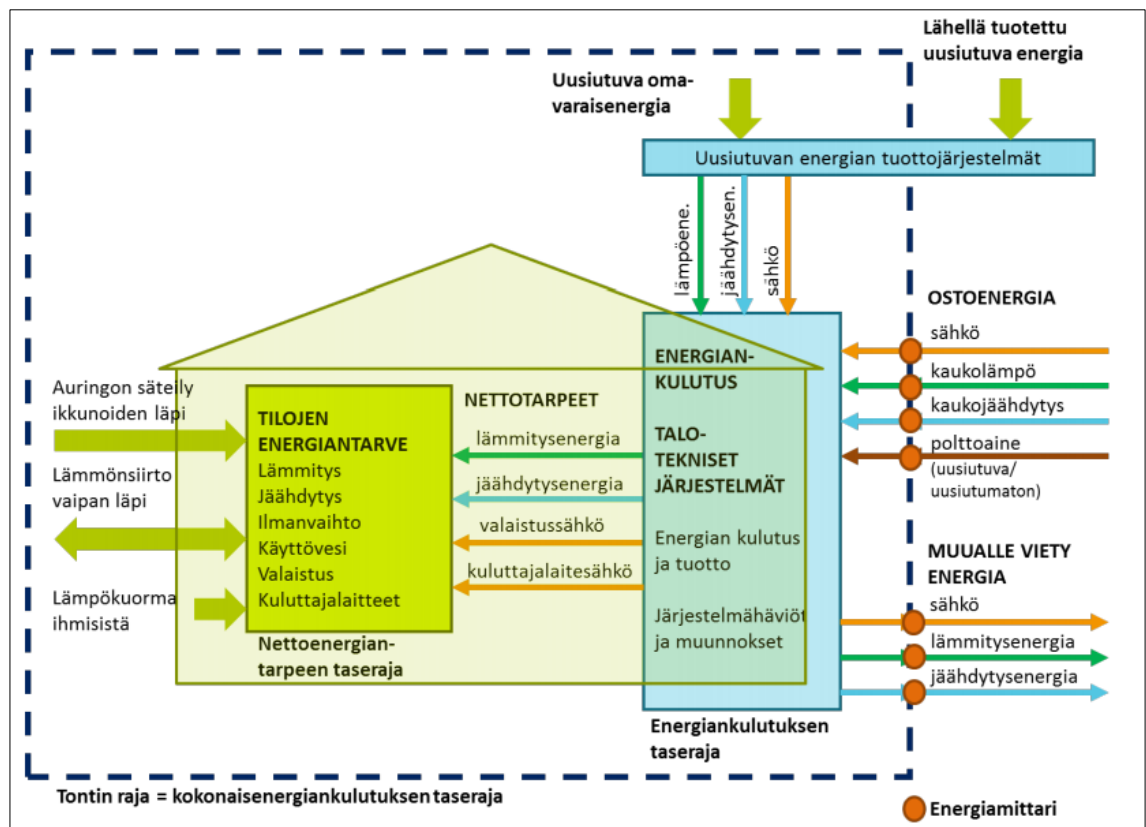
eri rakennusten välillä. Hankkeen mukaan kannattavimpia toimenpiteitä ovat lämmöntalteenotto, ilmanvaihdon ja valaistuksen optimointi sekä ikkunoiden ja rakennuksen tiiviyn parantaminen. Kuitenkin FInZEB-E-luvun saavuttamisessa hanke ei suoraan edellytä rakenteiden U-arvoille parannuksia, vaan nykyiset rakentamismääräyskokoelman mukaiset vaatimukset pysyisivät voimassa. Rakenteiden parantaminen vastaamaan passiivirakennusta osoittautui usein kannattamattomaksi vaihtoehdoksi. Uusiutuvan energian paikallinen tuotanto on keino alentaa E-lukua. Sen kannattavuus tulisi tarkastella tapauskohtaisesti. Tulevaisuutta ajatellen myös energiantuottoa rakennuksen ulkopuolelle tulisi hankkeen mukaan huomioida E-lukua laskevana keinona. (FInZEB-hankkeen keskeiset johtopäätökset 2015.)

Laskentatarkastelujen perusteella hankkeen asiantuntijat kiteyttivät realistiset nZEB-E-luvun kullekin rakennustypille. Taulukosta 7 on luettavissa nykyiset E-luvun raja-arvot ja ehdotukset nZEB-E-luvuksi. Asuinkerrostaloissa ja sairaaloissa muutos on melko maltillinen ja helpommin saavutettavissa kuin muissa rakennustyypeissä. Näiden energialuokka pysyisi C-luokassa. Muut rakennustyyppit nousisivat B-luokkaan ja kuten taulukon 7 muutos nykyisestä -kohdasta on havaittavissa, nZEB-E-luvun saavuttaminen olisi suhteellisesti haastavampaa. (FInZEB-hankkeen keskeiset johtopäätökset 2015.) Raportista puuttuvat tiedot rivi- ja ketjutalojen nZEB-E-luvusta.

Taulukko 7. Ehdotukset nZEB-E-lukutasoiksi eri rakennustyypeissä (FInZEB-hankkeen keskeiset johtopäätökset 2015)

	E-lukuraja D3/2012	Ehdotus nZEB- E-luvulle	Muutos nykyi- sestä
Pientalot (100 m ² -270 m ²)	160 - 204	120 - 204	-25 %... 0 %
Asuinkerrostalo	130	116	-11 %
Toimisto	170	90	-47 %
Koulu	170	104	-39 %
Päiväkoti	170	107	-37 %
Liikerakennus	240	143	-40 %
Liikuntahalli	170	115	-32 %
Majoitusliikerakennus	240	182	-24 %
Sairaala	450	418	-7 %

Hankkeessa otettiin myös kantaa siihen mitä on lähellä tuotettu uusiutuva energia. Kuva 6 havainnollistaa johtopäätöksiä. Mikäli uusiutuvaa energiaa tuotettaisiin tontilla tai sen ulkopuolella siten, että tuottolaitteisto olisi suoraan kytketty rakennukseen ja tuotettu energiamäärä olisi erikseen mitattavissa rakennuksessa, voitaisiin se hankkeen mukaan vähentää ostoenergiasta. Lähituotanto ei siis kulkisi yleisen energiaverkon kautta, vaan sillä olisi oma verkko ja energimittari, jolla tuotettu energia olisi mitattavissa. Hankkeen mukaan uusiutuvan energian ulosmyyminen tulisi rajoituksin ja laskentasäännöin ottaa huomioon FInZEB-E-lukua laskevana keinona. Ulosmyynnille tulisi asettaa kuukausittaiset rajat ja erillinen ulosmyynninkerroin. Uusiutuvan energian tuottaminen olisi silloin markkinalähtöistä rakennuksen energiatehokkuutta unohtamatta. Huonoa energiatehokkuutta ei tällöin pystyisi kompensoimaan ylimitoitetulla uusiutuvan energian tuotannolla. (FInZEB-hankkeen keskeiset johtopäätökset 2015.)



Kuva 7. FInZEB-taserajaehdotus (FInZEB-hankkeen keskeiset johtopäätökset 2015)

Muutokset rakentamismääräyskokoelmaan valmistellaan ympäristöministeriössä lausuntovaiheeseen vuoden 2016 alussa. Säädökset tulisivat voimaan siten 2017

ja sovellettavaksi aikaisintaan vuoden 2018 alusta. (FlnZEB-hankkeen keskeiset johtopäätökset 2015.) Direktiivi edellyttää, että 31.12.2018 alkaen uudet rakennukset, jotka ovat viranomaisten käytössä tai omistuksessa, ovat lähes nollaenergiarakennuksia, ja että 31.12.2020 alkaen kaikki uudet rakennukset ovat lähes nollaenergiarakennuksia (Energiatehokkuusdirektiivi 2014).

3.5 Nollaemissiotalo

Nollaemissiotalo on rakennus, jonka käytöstä aiheutuvien ilmastopäästöjen tase on vuodessa nolla (Lylykannas & Nieminen 2009). Nollaemissiotaloissa tarkasteltavana on energian sijaan kasvihuonekaasut. Käytännössä rakennuksen energiantarve pyritään pitämään pienenä ja tuottamaan tarvittava energia hiilineutraaleilla energianlähteillä. Näitä ovat mm. aurinko- ja tuulienergia sekä puuenergia, jonka lasketaan sitovan kasvun aikana vastaava määrä hiilidioksidia kuin poltossa vapautuu (Nieminen 2012.)

Nollaemissiotaloja tulee olemaan erityisesti Iso-Britanniassa. Maan kansallinen tavoite on hiilineutraali uudisrakentaminen vuoden 2015 jälkeen. (Passiivi-info 2009.) Muualla maailmassa kiinnostusta nollaemissiorakentamiseen on mm. norjalaisilla (VTT Uutiset 2011).

3.6 Minergie-standardi

Minergie-standardi on sveitsiläinen standardi koskien energiatehokasta rakentamista. Se antaa kullekin luokitukselle raja-arvot koskien energiankulutusta. Luokituksia on kolme erilaista. Minergie-luokituksen voi saada rakennus, joka kuluttaa enintään 75 % vastaavan perinteisellä tavalla rakennetun rakennuksen energiankulutuksesta. Lisäksi vähintään puolet rakennuksen energiantarpeesta tulee kattaa uusiutuvista lähteistä peräisin olevalla energialla. (Tarvainen 2008.) Toinen malli on Minergie-P, joka vastaa kansainvälistä passiivitalon määritelmää.

Kolmas on Minergie-P-ECO, joka lisää edelliseen ekologisia vaatimuksia materiaalien kierrätyksen, sisäilman laadun ja melulta suojautumisen osalta. (Minergie 2015.)

4 Uusiutuvat energianlähteet Suomessa

Uusiutuvat energianlähteet ovat nimensä mukaisesti luontaisesti uusiutuvia. Toisaalta aikajanaa pitittäessä öljykin on uusiutuvaa energiaa. Energian on kuitenkin oltava uusiutuvaa ihmisen ajan mittapuulla. Tämän johdosta Suomessa energiakäytössä oleva turve luokitellaan Suomessa hitaasti uusiutuvaksi energiaksi ja toisaalta maailman ilmasto- ja energiapolitiikassa fossiiliseksi polttoaineeksi. Turpeen kerrostumisaika on 0,87 mm vuodessa eli 87 cm tuhannessa vuodessa (Grundström & Mäkilä 2008).

Vuonna 2013 uusiutuvan energian osuus Suomen kokonaisenergiankulutuksesta laski 1 %:n vuodesta 2012 ja oli 31 % eli 415,3 PJ, kun vuonna 2012 se oli 32 % eli 434,1 PJ (Uusiutuva energia Suomessa 2014). Taulukko 8 esittää uusiutuvan energian kehityksen eri energiamuodoilla vuosina 2008 - 2012.

Taulukko 8. Uusiutuvan energian jakaantuminen eri energianlähteiden välillä (Suomen tilastollinen vuosikirja 2013)

Energianlähde	2008 PJ	2008 %	2010 PJ	2010 %	2012 PJ	2012 %
Metsäteollisuuden jäteliemet	143,7	37,1	135,7	34,3	135,8	31,3
Teollisuuden ja energiantuotannon puu- polttoaineet	103,7	26,8	116,1	29,4	130,7	30,1
Puun pienkäyttö	58,8	15,2	67,9	17,2	65,1	15
Vesivoima	60,9	15,7	45,9	11,6	60	13,8
Lämpöpumput	6,7	1,7	11	2,8	16,2	3,7
Biopolttonesteet	3,5	0,9	7,8	2	11,8	2,7
Kierrätyspolttoaine (bio)	5,9	1,5	6,1	1,5	8,1	1,9
Biokaasu	1,9	0,5	1,7	0,4	2,4	0,6
Tuulivoima	0,9	0,2	1,1	0,3	1,8	0,4
Muu bioenergia	1,4	0,4	2	0,5	2,2	0,5
Aurinkoenergia	0	0	0,1	0	0,1	0
Yhteensä	387,5	100	395,2	100	434,1	100

4.1 Bioenergia

Suomessa bioenergian osuus on merkittävä energian kokonaiskulutuksesta. Taulukosta 8 bioenergiaa ovat metsäteollisuuden jäteliemet, teollisuuden ja energiantuotannon puupolttoaineet, puun pienkäyttö, biopolttoaineet, kierrätyspolttoaineet, biokaasu ja muu bioenergia. Bioenergian lasketaan olevan hiilidioksidineutraalia, eli sen poltossa vapautuu saman verran hiilidioksidia, mitä sen luonnollisen hajoamisen myötä vapautuisi.

Suurin osa Suomen bioenergiasta tulee puusta. Vuonna 2012 puun osuus Suomen kokonaisenergiankulutuksesta oli 24 % ja uusiutuvasta energiasta 77 %. Suurin puuenergian hyödyntäjä on metsäteollisuus. Energiantuotannossaan se käyttää metsähaketta ja prosesseissa syntyviä puupohjaisia sivutuotteita, kuten mustalipeää. Sivutuotteista on myös mahdollista jalostaa liikennepolttoaineeksi kelpaavia biopolttoaineita. (Bioenergian käyttö 2014.)

4.2 Vesivoima

Suomessa oli vuonna 2012 yli 220 vesivoimalaitosta, joiden yhteinen kapasiteetti oli noin 3 190 MW. Ne tuottivat vuonna 2013 energiantuotannosta 4 % ja sähkönkulutuksesta 15,2 %. Vesivoimalat ovat tuotantokustannuksiltaan edullisia pitkän käyttöikänsä takia. Vesivoima on kuitenkin otettu tehokkaasti käyttöön Suomen energiantuotannossa, joten uusien voimaloiden perustaminen on epätodennäköistä. (Vesivoima 2014.)

Vesivoimaa käytetään yleisesti säätövoimana Suomessa. Säätövoimana sen idea perustuu siihen, että kun on edullista saada energiaa muualta, vesivoimaa ei käytetä. Toisaalta kun energiantuottaminen muilla energiantuottomuodoilla kallistuu, vesivoimaa käytetään.

4.3 Lämpöpumput

Lämpöpumppuja ovat laitteet, jotka siirtävät lämpöenergiaa paikasta toiseen. Lämpöpumpuista puhuttaessa viitataan yleensä sisätilojen lämmittämiseen tarkoitettuja laitteita. Näitä ovat ilmalämpöpumput, maalämpöpumput, poistoilmalämpöpumput ja ilma- ja vesilämpöpumput. Lämpöpumppusovelluksia ovat kuitenkin myös ilmastointiin käytettävät lämpöpumput ja jäähdytyslaitteissa käytettävät lämpöpumput. Lämpöpumppujen toiminta perustuu faasimuutokseen ja termodynamiikan ensimmäiseen ja toiseen sääntöön. Kylmäaineen muuttuessa nesteestä höyryksi se sitoo lämpöä itseensä ja tiivistyessä takaisin nesteeksi se luovuttaa lämmön pois. (Sulpu 2015.)

Lämpöpumput tarvitsevat pumppujen puristusvaiheeseen sähköenergiaa. Energian tarvetta suhteessa lämmöntuotantoon mitataan lämpökertoimella. Esimerkiksi lämpökertoimen ollessa 3,0 on käyttöteho mahdollista käyttää kolminkertaisena lämmöntuotantoon. (Lämpöpumppusanosto 2015.) Lämmityskäytössä lämpöpumput ovat siten periaatteessa vain ekologisia sähköpattereita. Sähkö voidaan periaatteessa tuottaa millä tahansa tavalla, mutta kun se käytetään lämpöpumpussa, siitä voidaan puhua uusiutuvana energiana.

Taulukosta 8 on havaittavissa lämpöpumppujen kehitys kokonaisenergiankulutuksesta vuosina 2008 - 2012. Vuonna 2008 lämpöpumppujen osuus oli 6,7 PJ eli 1,7 %, vuonna 2010 osuus oli 11 PJ eli 2,8 % ja vuonna 2012 osuus oli 16,2 PJ eli 3,7 %. Kuten on havaittavissa, lämpöpumput ovat kasvattaneet osuuttaan 9,5 PJ neljässä vuodessa.

4.4 Muut uusiutuvat energiantuotantomuodot Suomessa

Muita merkittäviä uusiutuvia energiantuotantomuotoja Suomessa ovat biopolttoaineet, joiden osuus kokonaisenergiankulutuksesta oli vuonna 2012 11,8 PJ eli 2,7 % ja kierrätyspolttoaineet, joiden osuus oli vuonna 2012 8,1 PJ eli 1,9 %.

Muita marginaalisia energiantuottomuotoja olivat vuonna 2012 biokaasu, jonka osuus oli 2,4 PJ eli 0,6 %, tuulivoima, jonka osuus oli 1,8 PJ eli 0,4 % ja aurinkoenergia, jonka osuus oli 0,1 PJ eli 0 %

5 Lähienenergiamuodot Suomen kaupunkiympäristössä

Suunniteltaessa eri lähienenergiantuottoratkaisuja on otettava huomioon paikalliset olosuhteet ja viranomaiskäytäntö. On myös harkittava, missä suhteessa lähienenergiaa ja kaukoenergiaa käytetään.

5.1 Aurinkoenergia

Aurinko on kaasupallo, jonka ulkokuori koostuu vedystä ja heliumista. Vetyä on 75 % ja heliumia on 23 %. Loput 2 % koostuvat spektrianalyysin mukaan mm. natriumista, raudasta, kalsiumista, magnesiumista, nikkelistä, bariumista, kuparista, typestä ja hiilestä. (Aurinko-opas 2008.)

Auringon energia syntyy fuusion kautta. Siinä kaksi vetyatomin ydintä, kaksi protonia ja neutronia yhtyvät heliumatomin ytimeksi. Yhden heliumkilon muodostuminen vedystä vapauttaa energiaa saman verran kuin 27 000 tonnia kivihiiltä eli 180 miljoonaa kWh. Vapautunut energianmäärä syntyy atomien mikrorakenteesta. Vedyen atomipaino on 1 ja heliumin 3,97. Kun siis neljästä vedystä muodostuu yksi helium, vähenee atomipaino 0,03:lla. Tämä määrä muuttuu Einsteinin teorian mukaan energiaksi, sillä massa ja energia ovat ekvivalentteja. Auringossa muuttuu 654 miljoonaa tonnia vetyä 650 miljoonaa tonniksi heliumia joka sekunti. Neljän tonnin erotus muuttuu energiaksi. (Aurinko-opas 2008.)

Fuusio antaa auringolle $3,8 \times 10^{23}$ kW:n kokonaistehon. Maapallo vastaanottaa tästä tehosta $1,7 \times 10^{14}$ kW:a. Se vastaa 20 000 kertaa maapallon teollisuuden ja lämmityksen käyttämää tehoa. Maapallon ilmakehän ulkopuolelle säteilyä vastaan kotisuorassa olevalle 1 m^2 :n kokoiselle pinnalle lankeaa säteilyä 1,35 - 1,39

kW:a. Tämä arvo on aurinkovakio. Arvo vaihtelee maapallon ja auringon etäisyyden muuttumisen takia. Maapallon pinnalle vastaava arvo on 0,8 - 1,0 kW/m². Ero syntyy ilmakehän vaikutuksesta, sillä se heijastaa tehokkaasti auringonsäteilyä takaisin avaruuteen. Toisaalta ilmakehä estää haitallista UV-säteilyä pääsemästä maahan ja mahdollistaa elämän kannalta välttämättömän kasvihuoneilmiön. (Aurinko-opas 2008.)

Auringon säteilyteho on Suomessa parhaimmillaan noin 1000 W/m² eli tunnissa yhdelle neliömetrille tulee säteilyenergiaa noin 1 kWh. Auringonpaistetta saadaan keskimäärin noin 1 000 tuntia vuodessa, joten vuoden aikana yhdelle neliömetrille saadaan noin 1000 kWh aurinkoenergiaa. (Aurinkoenergia ABC-opas 2010). Kaikkia tästä energiasta ei pystytä hyödyntämään. Aurinko ei paista tuhatta tuntia parhaimmillaan, sääolot vaihtuvat ja laitteen tekniikka aiheuttaa rajoituksia. Laitteella ei voida hyödyntää auringon energiaa enempää kuin sen hötyysuhde on. Myös mahdolliset siirtohäviöt vähentävät lopullista hötyenergiaa ennen sen käyttöönottoa.

5.1.1 Aurinkosähkö

Aurinkosähkö perustuu auringon säteilyenergiaan. Säteily koostuu fotoneista, jotka kuljettavat säteilyenergiaa. Aurinkopaneelien kennoihin osuessa fotonit luovuttavat energian elektroneille, joita on kennojen puolijohdemateriaalissa. Fotoneista varautuneet elektronit muodostuvat sähkövirran kennojen virtajohtimiin. Aurinkopaneelit voidaan kytkeä joko rinnan tai sarjaan. Paneelit tuottavat tasasähköä, joka täytyy muuttaa vaihtosähköksi invertterin avulla, mikäli järjestelmä on liitetty sähköverkkoon. (Auringosta sähköä 2014).

Yleisin aurinkokennojen valmistusmateriaali on yksi- tai monikiteinen pii. Noin 90 % kaikista aurinkokennoista on piikidekennoja. Hyötysuhteeltaan piikidekennot ovat kaupallisissa sovelluksissa 15 - 17 %. Markkinoilla on myös ohutkalvokennoja. Näiden hyötysuhde on tavallisesti 9 - 11 %. Huonompi hyötysuhde johtuu ohutkalvokennojen osittaisesta valon läpäisystä ja huonommasta hyötysuhteesta

viileässä. Piikidekennot ovat ensimmäisen ja ohutkalvoaurinkokennot toisen sukupolven aurinkokennoja. Kolmannen sukupolven aurinkokennot ovat vielä tutkimusasteella. Näitä ovat mm. nanokidekennot, keskittävät järjestelmät ja joustavat aurinkokennot. (Auringosta sähköä 2014).

5.1.2 Aktiivinen aurinkolämpö

Aktiivista aurinkolämpöä tuotetaan aurinkokeräimillä. Yleensä käytetään neste-kiertoista tasokeräintä, jossa pumppu kuljettaa vesi-glykoliseosta. Lämmennyt neste kulkeutuu kokoomaputkien kautta lämmönvaraajaan ja sieltä lämmönvaihtimien kautta lämpimään käyttöveteen tai lämmitysjärjestelmään. Mikäli käyttövettä lämmitetään varaajassa lämmönsiirtimellä, käytetään paineistamatonta varaajaa. Jos käyttövesi otetaan suoraan varaajasta, käytetään paineistettua varaajaa. Niitä käytetään yleensä pientaloissa, mutta on olemassa myös suuremman kokoluokan ratkaisuja. Aktiivista aurinkolämpöä voidaan tuottaa myös tyhjiöputkikeräimillä. Niiden asentaminen tulee yleensä aurinkokeräimiä kalliimmaksi. (Aurinkolämpö 2014.)

5.2 Bioenergia

Polttopuu on merkittävässä roolissa pientalojen lämmityksessä. Vuonna 2012 noin 40 % pientalojen lämmityksestä katettiin polttopuulla. Kokonaisenergiankulutuksesta se oli 17 TWh eli 4 %. (Puulämmityskiinteistössä 2014.)

Tulisijat eivät kuitenkaan ole tehokkaita ratkaisuja rivi- ja ketjutaloissa tai kerrostaloissa, sillä jokaisessa asunnossa ei ole omaa tulisijaa. Suuremmissa kiinteistöissä käytetäänkin kattilaratkaisuja. Taulukko 9 osoittaa biokattiloiden kappalemäärän Suomessa eri rakennustyyppien välillä. Suurin osa biokattiloista on pientaloissa, yhteensä 221 900 kappaletta. Rivi- ja ketjutaloissa on yhteensä 1 000 biokattilaa. Toisaalta asuinkerrostaloissa on vain 300 biokattilaa. Kaiken kaikkiaan biokattiloita on Suomessa 228 500 kappaletta.

Taulukko 9. Biokattiloiden määrä Suomessa (Biokattiloiden määrä Suomessa 2014)

Rakennustyyppi	Kattiloiden määrä, kpl					Yhteensä
	Pilke	Hake	Pelletti	Turve	Peltobiomassa	
Erillinen pientalo	171 900	29 000	17 200	3 100	700	221 900
Rivi- ja ketjutalo	-	700	400	-	-	1 100
Asuinkerrostalo	-	200	100	-	-	300
Muu	-	4 500	600	100	-	5 200
Yhteensä	171 900	34 400	18 300	3 200	700	228 500

Pienen kokoluokan sähkön- ja lämmönyhteistuotannolla tarkoitetaan pienvoimaa, jonka sähköntuottoteho on 1 - 2 MW ja lämpöteho on 3 - 5 MW. Sähkötuotannon osuus on yleensä noin 30 % kokonaistuotannosta. Tällä hetkellä biokaasu reaktorit toimivat parhaiten. Niistä kehitetäänkin kiinteistökohtaisia ratkaisuja. Ongelmana on laitosten korkea hinta.

5.3 Tuulivoima

Tuuli syntyy lämpötilojen ja paine-erojen aiheuttaman ilmamassan liikkumisen johdosta. Tuulivoimala hyödyntää tätä liikettä muuttamalla tuulen liike-energian pyörimisliikkeeksi sen siipien avulla. Siivet pyörittävät akselia, joka on liitetty generaattoriin. Lopuksi generaattori muuttaa akselin pyörimisliikkeen sähköksi. (Tuulivoimateknologia 2014)

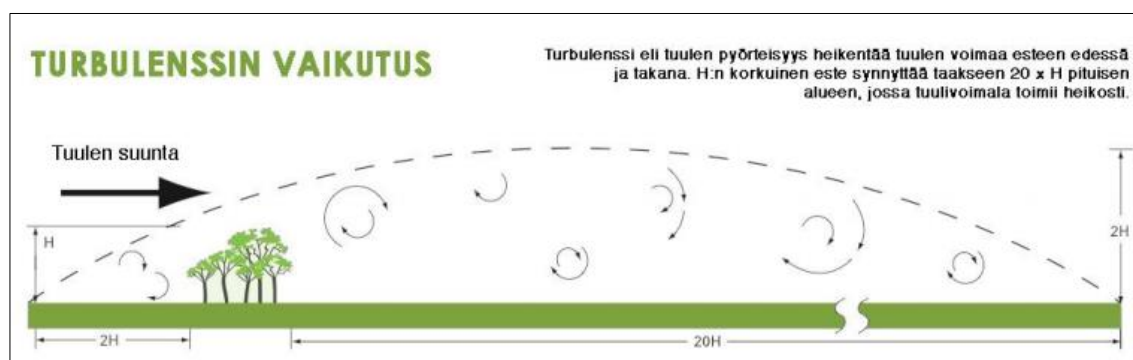
Kaupunkiympäristöön on mahdollista sijoittaa ei-teollisia pienempiä tuulivoimayksiköitä. Pientuulivoimala on kansainvälisien standardien mukaan tuulivoimala, jonka roottorin ala on alle 200 m², tällöin lavan pituus on noin 8 metriä. Tämän kokoinen tuulivoimala on teholtaan noin 100 kW ja sen roottori on 20 - 40 metrin korkeudella. Tästä pienempiä alle 20 kW voimaloita kutsutaan mikrovoimaloiksi. Omakotitaloissa ja vapaa-ajan asuntojen yhteydessä käytetään teholuokaltaan noin 0,2 - 5 kW voimaloita, joiden lavan pituus on 1 - 3 metriä. Näiden maston korkeus on 5 - 30 metriä. (Tuulivoimarakentamisen suunnittelu 2012.)

Tuulivoimaloita on kahta eri mallia, perinteinen vaaka-akselinen malli ja toinen vähemmän tunnettu pystyakselinen malli. Vaaka-akselinen on näistä tehokkaampi, sillä potkurin avulla saadaan helposti suuri pinta-ala tuulta vastaan. Pystyakseliset tarvitsevat enemmän tuulta tuottaakseen saman tehon kuin vaaka-akselinen eli niiden hötyysuhde on huonompi.



Kuva 7. Vasemmalla kuvassa vaaka-akselinenmalli ja oikealla pystyakselinenmalli (Windspot 2011 & Cypress Wind Turbines Oy 2011)

Kaupunkiympäristössä on paljon erikokoisia rakennuksia. Kuten kuvasta 8 on havaittavissa, esteet, kuten korkeat rakennukset aiheuttavat tuuleen pyörteisyyttä eli turbulenssia. Turbulenssi vaikuttaa vaakatasossa jopa 20 kertaa esteen korkeuden verran. Pystyakseliset tuulivoimalat eivät kuitenkaan ole niin herkkiä turbulenssille, joten ne sopivat hyvin kaupunkiympäristöön. Ne pyörivät myös hitaammin ja ovat siten hiljaisempia perinteisiin tuulivoimaloihin verrattuna.



Kuva 8. Turbulenssin vaikutus tuuleen (Eklund E. 2011)

5.4 Lämpöpumppusovellukset

5.4.1 Maalämpö

Maalämpö hyödyntää auringon kesällä maahan tai kallioon varastoitunutta lämpöenergiaa. Maahan asennetaan keruupiiri joko vaakatasoon tai pystyyn mikäli tontti on pieni tai kallioinen. Maahan asennettu piiri upotetaan 0,7 - 1,2 metrin syvyyteen. Karkeana sääntönä voidaan pitää 1 - 2 metriä putkea lämmitettävää rakennuskuutiota kohden. Tonttimaata tarvitaan noin 1,5 m² yhtä putkimetriä kohden. Pystyputkisto asennetaan porareikään, joka voi olla 60 - 150 metriä syvä. Pystyputkistosta saadaan suurempi energian määrä kuin vaakatason keruupiiristä, ja sen lämpötila pysyy myös paremmin vakiona. Asennuskustannuksiltaan pystyputkisto on vaakatasopiiriä kalliimpi. (Maalämpö 2014.)

Keruuputkissa kiertää jäätymätön neste, joka lämpenee maahan varastoituneen lämmön avulla. Lämmennyt neste höyrystetään ja sen painetta nostetaan kompressorilla, jolloin lämpötila nousee edelleen. Paineistettu kylmäaine lauhtuu lauhduttimessa takaisin nesteeksi, jolloin se luovuttaa lämpöä lämmönjakeluverkkoon ja lämpimään käyttöveteen. (Maalämpö 2014.)

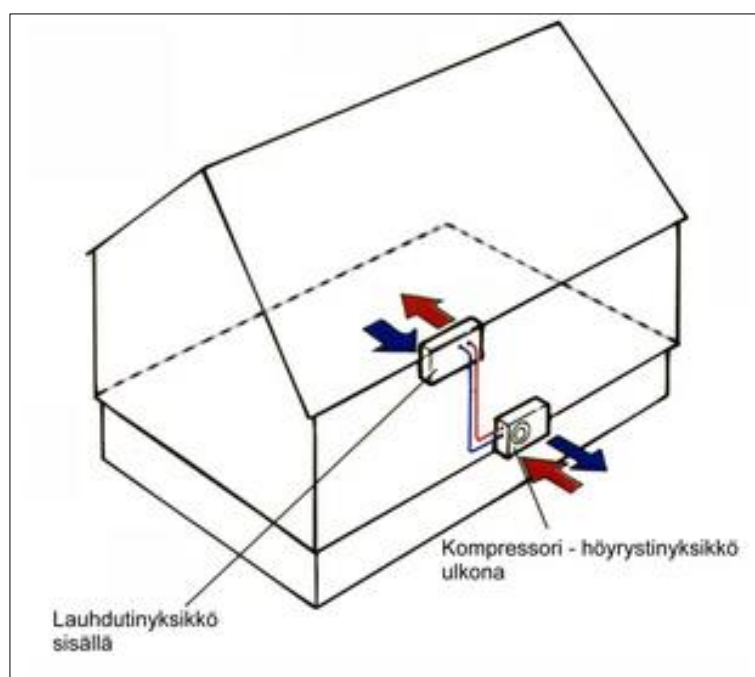
Maalämpö soveltuu hyvin matalan lämpötilan lämmönjakojärjestelmiin, kuten vesikiertoiseen lattialämmitykseen ja ilmalämmitykseen. Maalämpöpumppu tulee sijoittaa tilaan, jossa huolto ja ylläpito ovat helppo toteuttaa. (Maalämpö 2014.)

Mikäli rakennuskohde on paalutettava, eli sen perustus on tuettava paalujen vaaraan, voidaan maalämmön keräysputkistona käyttää energiapaaluja. Energia-paalujen kautta saadaan sekä lämmitys- että jäähdytysenergiaa. (Ruukki 2015.)

5.4.2 Ilmalämpöpumppu

Ilmalämpöpumppua voi käyttää lämmitykseen ja viilennykseen. Lämmityskäytössä se ottaa ulkoilmasta energiaa ja siirtää sen talon sisälle. Viilennyskäytössä

se ottaa lämpöenergian sisäilmasta ja siirtää sen ulos. Ilmalämpöpumppuun kuuluu kaksi yksikköä, jotka ovat lauhdutin ja höyrystin. (Ilmalämpöpumppu 2015.) Kuten kuvasta 9 on havaittavissa, höyrystinyksikkö on talon ulkopuolella ulkoseinässä ja lauhdutinyksikkö talon sisäpuolella sisäseinässä. Yksiköt voidaan asentaa lähes mihin tahansa kohtaa seinään. Usein ne ovat lähellä toisiaan, jotta asentaminen on helpompaa. Lauhdutin asennetaan yleensä lähelle katonrajaa, koska silloin sen antama lämpöenergiaa leviää parhaiten. Vastaavasti höyrystinyksikkö asennetaan matalalla sokkelin yläpuolelle, jotta sen asentaminen olisi helpompaa.



Kuva 9. Lämpöpumppuyksiköt (Ilmalämpöpumppu 2015)

5.4.3 Poistoilmalämpöpumppu

Poistoilmalämpöpumppu ottaa nimensä mukaisesti rakennuksesta poistettavasta ilmasta lämmitysenergiaa talteen. Pumpulla lämpö siirretään tuloilmaan, lämpimään käyttöveteen tai vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään. Sitä voidaan käyttää myös sisäilman viilennykseen. Käyttäessä poistoilmalämpöpumppua tulee huolehtia riittävästä ilmanvaihdosta. Sen tulee olla vähintään 0,5 kertaa talon ilmatilavuus yhtä tuntia kohden. (Poistoilmalämpöpumppu 2013.)

Poistoilmalämpöpumppu soveltaa parhaiten matalaenergia- tai passiivitaloon. Tällöin sisätilavuus on suuri suhteessa lämmitystehontarpeeseen. Pumpun lämmönlähteenä on talon sisäilma, joka on yleensä 21 °C, näin ollen pumpun tuottama energiamäärä on lähes vakio riippumatta vuodenajasta. Poistoilmalämpöpumpun käyttö korvaa myös perinteisen ilmastointikoneen. (Poistoilmalämpöpumppu 2013.)

5.4.4 Ilma-vesilämpöpumppu

Ilma-vesilämpöpumpulla energia siirretään ulkoilmasta vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään. Sillä voidaan lämmittää myös osa lämpimästä käyttövedestä. Pumpun hyötysuhde laskee lämpötilan laskiessa. Kun lämpötila on -20 °C, teho on 50 % vähemmän kuin lämpötilan ollessa 7 °C. Pakkasilla pumpun lämpökerroin on 1,4 - 1,8 sulatusjaksot huomioiden.

Lämmitysjärjestelmää ei voi rakentaa vain ilma-vesilämpöpumpun varaan, vaan se tarvitsee rinnalleen toisen lämmitysjärjestelmän. On myös mahdollista käyttää pumpun omia sähkövastuksia kovimpien pakkasten aikaan.

6 Tutkimuksen tarkoitus, työn tavoitteet, tutkimustehtävät ja aiheen raja

6.1 Tarkoitus ja tavoitteet

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää tulevan FinZEB-direktiivin vaikutukset tulevaisuuden rakennuksiin, tämän hetken uuden rakennuksen kautta. Tavoitteena oli tehdä energiaselvitys rakenteilla olevaan As. Oy Iitankulmaan. Energiaselvitys tehtiin siten, että se täyttää FinZEB-direktiivin vaatimukset, muttei pyritty parantamaan rakennuksen energiatehokkuutta enempää kuin tarve on. Opiskelijan tavoitteena olivat oman ammattitaidon kehittäminen, uusiutuvan energian teknisen osaamisen kehittäminen ja uuden tiedon oppiminen.

Todellisuudessa FInZEB-direktiivillä ei ole vaikutuksia As. Oy litankulmaan, sillä direktiivi käsittää uudisrakentamista vasta 1.1.2021. Uudet viranomaiskäytössä olevat rakennukset kuuluvat siihen jo vuotta aikaisemmin. As. Oy litankulma oli kuitenkin otollinen kohde, sillä kortteliin on kaavoitettu kolme vastaavaa kerrostaloa. As. Oy litankulmasta saatuja tuloksia on siis helppo soveltaa ja hyödyntää tuleviin rakennuksiin.

6.2 Aiheen raja

Tutkimus tehtiin As. Oy litankulmaan. Se on rakenteilla oleva kerrostalo, jonka arvioitu valmistumisajankohta on 30.12.2015. Rakennus sijaitsee Joensuussa osoitteessa Koulukatu 21.

Kerrostalo kuuluu kaukolämpöverkkoon, joten sitä voidaan pitää energiaselvityksen lähtökohtana. Seikka ei rajoita uusiutuvia energiantuottotapoja, mutta tekee joistain kannattamattomia. Rakennuksessa tuotetun energiantuottotavat rajoittuvat uusiutuvaan energiaan, suoraan poissulkematta erilaisia uusiutuvan energiantuottotapavaihtoehtoja.

6.3 Tutkimustehtävät

Opinnäytetyössä kartoitettiin uusiutuvien energiamuotojen soveltuvuus ja tekniset vaihtoehdot As. Oy litankulmaan. Työssä tarkasteltiin uusiutuvan energian eri muotoja ja rajattiin niistä sopivat. Huomiota kiinnitettiin erityisesti järjestelmän hankintahintaan, sillä se on Rakennusliike Soimu Oy:lle tutkimuksen kannalta tärkein tieto. Laskennassa huomioitiin myös ratkaisun huoltokustannukset, taloudellisuus, takaisinmaksuaika ja energian hinta €/kWh.

Selvityksessä huomioitiin myös vaihtoehto, jossa As Oy litankulman rakenteiden U-arvoja ja talotekniikan ominaisuuksia parannettiin passiivitaloa vastaavaksi ja toinen vaihtoehto, jossa vain joidenkin rakenteiden U-arvoja parannettiin. Sen lämpöenergiankulutus olisi siten pienempi, mutta kustannuksia syntyisi eristämisen parannuksen myötä.

7 Tutkimuksen toteuttaminen: aineisto ja tutkimusmenetelmät

7.1 Kohde

Kerrostalon lämmitetty nettoala on 3 447,4 m² ja geometriallinen tilavuus on 9 270 m³. Rakennus kuluttaa laskennallisesti lämpöenergiaa 211 363 kWh/a ja sähköä 156 504 kWh/a. Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde on 61 %. Lämpöenergia on laskettu tuotettavan kaukolämmön kautta, joten energiamuotokerroin on 0,7. Energiamuodonkertoimella painotettu lämpöenergia on siten 147 955 kWh_E/a eli 43 kWh_E/m²/a. Tästä lämpimän käyttöveden valmistukseen kuluu 120 660 kWh/a eli 36 kWh/m². Sähkön energiamuotokerroin on 1,7, joten energiamuotokertoimella painotettu energia on siten 266 057 kWh_E/a eli 77 kWh_E/m²/a. Tästä valaistukseen ja kuluttajalaitesähkön on laskettu kuluvan 101 644 kWh/a eli 30 kWh/m²/a. Kokonaisenergiankulutus on täten 414 012 kWh_E/a eli 121 kWh_E/m²/a ja kerrostalo on siten C-luokan asuinkerrostalo energiatehokkuuden osalta. Rakennuksen tarkemmat tiedot ovat alkuperäisessä energiaselvityksessä, joka on liitteessä 2.

Taulukko 10. As Oy Iitankulman laskennallinen kokonaisenergiankulutus ja ostotoenergiankulutus

Käytettävä energiamuoto	Laskettu ostoenergia		Energiamuodon kerroin	Energiamuodon kertoimella painotettu energia
	kWh/a	kWh/m ² /a	-	kWh _E /m ² /a
Kaukolämpö	211363	62	0,7	43
Kaukojäähdytys			0,4	
Sähkö	156504	46	1,7	78
Sähkön kulutukseen sisältyvä valaistus- ja kuluttajalaitesähkö	101644	30	-	-
Uusiutuva	-	-	0,5	-
Fossiilinen	-	-	1	-
Kokonaisenergiankulutus, E-luku				121

Taulukossa 11 on esitetty As. Oy litankulman U-arvot, rakennusvaipan umpiosien pinta-alat sekä UA-arvot eli ominaislämpöhäviöt ja niiden prosentuaalinen jakaantuminen. Kuten taulukokko esittää, suurin ominaislämpöhäviö syntyy ikkunoiden kautta. Se on jopa kolmannes kaikesta rakennuksen ominaislämpöhäviöstä. Ikkunoiden g-arvot eli auringon kokonaisläpäisykertoimet ovat liitteessä 1.

Taulukko 11. As. Oy litankulman U-arvot

Rakennusvaipan umpiosat	A m ²	U W/m ² x K	UA W/K	%
Ulkoseinät	1 404,7	0,17	243,95	27,4
Yläpohja	499,5	0,09	46,22	5,2
Alapohja	525,0	0,16	84,29	9,5
Ikkunat	298,3	1,00	298,29	33,4
Ulko-ovet	220,1	1,00	219,01	24,6
Kylmäsillat			0,00	0,0

Kuva 10 on havainnekuva As. Oy litankulmasta. Kuvassa As. Oy litankulma on vasemmalla ja vieressä oikealla on As. Oy Jannenkulma. Kuva havainnollistaa rakennusta Koulukadun puolelta. Rakennukset ovat selvästi korkeampia kuin lähetyvillä olevat muut rakennukset. Muiden rakennusten korkeus on kolme tai neljä kerrosta, kun taas Rakennusliike Soimu Oy:n rakentamat kerrostalot ovat kuusi ja seitsemän kerrosta korkeat. As. Oy litankulma sijoittuu etelään nähden siten, että havainnekuvassa näkyvä pitkä julkisivu on lounaaseen päin.



Kuva 10. As. Oy Iitankulman havainnekuva (Soimu Oy).

7.2 Tutkimusmenetelmät

Tutkimus oli valmisaineistoaineistopohjainen tutkimus. Sen aineistoa haettiin laajasti eri lähteistä lähdekritiikkiä käyttäen. Tärkeimpinä lähteinä olivat Motivan julkaisut, Suomen rakentamismääräyskokoelma ja tarjouspyyntöjen perusteella saadut hinnat eri järjestelmille. Tutkimuksen lähtöarvot saatiin alkuperäisestä energiaselvityksestä As. Oy Iitankulmaan.

8 Tulokset ja niiden tulkinta

8.1 As. Oy Iitankulma FinZEB-rakennuksena

As. Oy Iitankulma on insinööritoimisto Jormakan tekemän energiaselvityksen mukaan energiatehokkuudeltaan C-luokan asuinkerrostalo. Sen E-luku on $121 \text{ kWh}_E/\text{m}^2/\text{a}$. Ehdotus nZEB-E-luvuksi asuinkerrostalon osalta on $116 \text{ kWh}_E/\text{m}^2/\text{a}$. Näiden arvojen erotus on $5 \text{ kWh}_E/\text{m}^2/\text{a}$. Kerrostalo on liitetty kaukolämpöverkkoon, joten oletuksena on, että ensisijainen lämpöenergia tulee kaukolämmön

kautta. Tutkimuksessa ei kuitenkaan suljettu pois vaihtoehtoa, jossa osa lämpöenergiasta tuotettaisiin rakennuksessa. Rakennuksen bruttopinta-ala on 3 447,4 m².

Mikäli uusiutuvaa energiaa tuotetaan ilman ulkoa tulevaa polttoainetta, se voidaan suoraan vähentää kokonaisenergian kulutuksesta (Suomen rakentamismääräyskokoelma osa D3). Kun sähkönkulutuksesta voidaan suoraan vähentää tuotettu oma energia, 5 kWh_E/m²/a saadaan 8 475 kWh:lla. Arvo on laskettu haarukoimalla milloin 78 kWh_E/m²/a:sta tulee 73 kWh_E/m²/a. Kun sähkön kulutus laskee 8 475 kWh:sta 156 504 kWh/a:iin, kulutukseksi jää 148 029 kWh/a. Tämä kerrottuna 1,7:llä eli sähkön energianmuotokertoimella ja sen jälkeen jaettuna rakennuksen pinta-alalla eli 3 447,4 m²:llä saadaan 72,99 kWh_E/m²/a.

Jos litankulmaan tuotettaisiin lämpöenergiaa ilman ulkoista polttoainetta, se voitaisiin vähentää suoraan lämpöenergiankulutuksesta. Tällöin 5 kWh_E/m²/a olisi 24 250 kWh. Arvo on saatu haarukoimalla Excelissä. Kun lämpöenergiankulutus laskee 211 363 kWh:sta 187 113 kWh:iin, on 187 113 kWh kertaa 0,7 eli kaukolämmön energiamuotokerroin jaettuna rakennuksen pinta-alalla eli 3 447,4 m² 37,99 kWh_E/m²/a eli 5 kWh_E/m²/a vähemmän kuin alun perin.

Rakennuksen laskennallinen sähkönkulutus pysyy vakiona, mutta jos sen tuotto-tapa vaihdetaan uusiutuvaan energiaan, saadaan pienemmän energianmuotokertoimen avulla erotus pienemmäksi kuin 5 kWh/m²/a. Jos asiaa ei huomioitaisi 5 kWh_E/m²/a, olisi 3 447,4 m² rakennuksessa 17 237 kWh/a. Ottamalla huomioon uusiutuvan energian tuotanto polttoaineesta, tuotettavan energian määrä on 4,34 kWh/m²/a eli 14 950 kWh/a. Arvo on saatu haarukoimalla Excelissä, siten että syötettiin oman energiantuotto neliötä kohden arvoja, kunnes haluttu 5 kWh_E/m²/a erotus löytyi. Laskussa vähennetään rakennuksen sähkönkulutus neliötä kohden eli 46 kWh/m²/a rakennuksen omasta sähköntuotannosta neliötä kohden eli 4,34 kWh/m²/a. Erotus kerrotaan sähkönenergianmuotokertoimella eli 1,7:llä. Tähän arvoon lisätään rakennuksen oman sähköntuotannon luku eli 4,34 kWh/m²/a kerrottuna 0,5 eli uusiutuvan energiantuotannon energiamuodonkertoimella. Tämä arvo kerrottuna rakennuksen pinta-alalla eli 3 444,7 m² saadaan vuodessa tarvittavan uusiutuvan energian määrä eli 14 950 kWh/a.

Rakennuksen laskennallinen lämpöenergiankulutus on 211 363 kWh/a eli 62 kWh/m²/a. Lämpö tuotetaan kaukolämmön kautta, joten sen energianmuotokerroin on 0,7. Energiamuotokertoimella painotettu lämpöenergiankulutus on 43 kWh_E/m²/a. As. Oy litankulman tulisi saavuttaa 38 kWh_E/m²/a, jotta se olisi nZEB-talo. Jos As. Oy litankulmaan tuotettaisiin omaa uusiutuvaa lämpöenergiaa polttoaineesta, energianmuotokerroin on 0,5 ja kaukolämmön 0,7. Näiden erotus on vain 0,2. Tämän takia uusiutuvan lämpöenergian tuottaminen polttoaineesta ei ole kovinkaan kannattavaa, jos rakennus on kaukolämpöverkossa. As. Oy litankulmassa uusiutuvaa omavaraislämpöä polttoaineesta tulisi tuottaa 27 kWh/m²/a eli 93 100 kWh/a, jotta se laskisi lämpöenergiankulutukseen tarvittavaa energian määrää 43:sta kWh_E/m²/a aina 38 kWh_E/m²/a. Arvo on saatu haarukoimalla Excelissä, siten että syötettiin oman energiantuotto neliötä kohden arvoja, kunnes haluttu 5 kWh_E/m²/a erotus löytyi. Laskussa vähennetään rakennuksen lämmönkulutus neliötä kohden eli 62 kWh/m²/a rakennuksen omasta lämmöntuotannosta neliötä kohden eli 27 kWh/m²/a. Erotus kerrotaan kaukolämmön energianmuotokertoimella eli 0,7:llä. Tähän arvoon lisätään rakennuksen oman lämmöntuotannon luku eli 27 kWh/m²/a kerrottuna 0,5 eli uusiutuvan energiantuotannon energiamuodonkertoimella. Tämä arvo kerrottuna rakennuksen pinta-alalla eli 3 447,4 m² saadaan vuodessa tarvittavan uusiutuvan energian määrä eli 93 100 kWh/a.

8.2 Uusiutuvan energian vaihtoehdot As. Oy litankulmaan

Mikäli uusiutuvaa energiaa tuotetaan ilman ulkoa tulevaa polttoainetta, se voidaan suoraan vähentää kokonaisenergian kulutuksesta (Suomen rakentamismääräyskokoelma D3). Käytännössä tällaisia vaihtoehtoja As. Oy litankulmassa ovat tuulienergia, aurinkosähkö ja aurinkolämpö. Aurinkosähkö ja tuulienergia voitaisiin vähentää suoraan sähkönkulutuksesta, kun taas aurinkolämpö vähennettäisiin lämpöenergiankulutuksesta. Omaa polttoaineenvapaata uusiutuvaa sähköntuotantoa tulisi lisätä 8 745 kWh/a ja uusiutuvaa polttoaineenvapaata lämmöntuotantoa 24 250 kWh/a, jotta rakennus olisi FInZEB-rakennus. Uusiutuvaa sähköenergiaa polttoaineesta tarvitsisi tuottaa 14 950 kWh/a ja uusiutuvaa lämpöenergiaa polttoaineesta 93 100 kWh/a. CHP-laitoksella olisi mahdollista tuottaa näitä molempia yhtä aikaa.

Laskennan perusteella As. Oy litankulman ei tarvitse tuottaa uusiutuvaa omavaraisenergiaa kovinkaan paljon yltääkseen FInZEB-tasoon. Näin ollen uusiutuvan energian tuottaminen polttoaineesta ei ole järkevää. Lisäksi tällainen järjestelmä tarvitsee polttoainetta, mikä nostaa käyttökustannuksia. Se voisi olla kannattavaa, mikäli järjestelmä mitoitettaisiin suureksi ja tuotettaisiin energiaa reilusti. Tavoitteena oli kuitenkin investointikustannuksiltaan mahdollisimman edullinen ratkaisu FInZEB-tasoon, joten uusiutuvan energian tuottaminen polttoaineesta ei ole vaihtoehtona.

Yllä mainitut seikat huomioon ottaen As. Oy litankulman uusiutuvan energian vaihtoehdot ovat kaikki omavaraisenergiajärjestelmiä. Ne ovat aurinkosähkö, tuulienergia ja aktiivinen aurinkolämpö.

8.3 Uusiutuvien energiamuotojen tekninen ratkaisu

8.3.1 Aurinkosähkön mitoitus

Aurinkosähköjärjestelmä on mitoitettu Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D5 aurinko-oppaan mukaan. Se noudattaa standardin SFS EN 15316-4-6 menettelytapaa. Joensuun paikkakunta-kohtainen säteily määrä on haettu PVGIS-ohjelman avulla. Ohjelman käyttöön päädyttiin tarkan sijainnin kuvauksen mahdollistamisen takia. Suomen rakentamismääräyskokoelmasta osasta D3 olisi löytynyt määritettyjä säteilyarvoja Jyväskylään, mutta päädyttiin kuitenkin PVGIS-ohjelman arvoihin.

Aurinkosähkökennojen tuottama sähköenergia lasketaan kaavan 2 mukaan seuraavasti.

(2.)

$$E_{s,pv,out} = \frac{E_{sol} \times P_{maks} \times F_{käyttö}}{I_{ref}}$$

jossa

$E_{s,pv,out}$ = aurinkosähköjärjestelmän tuottama sähköenergia [kWh/a].

E_{sol} =	vuosittainen säteilyenergia, joka kohdistuu aurinkosähkökennoihin [kWh/m ² /a]
P_{maks} =	aurinkosähkökennojen tuottama maksimi sähköteho, jonka kennosto tuottaa referenssisäteilytilanteessa ($I_{ref} = 1 \text{ kW/m}^2$, referenssilämpötilassa 25 °C) [kW]
$F_{käyttö}$ =	käyttötilanteen toimivuuskerroin [-]
I_{ref} =	referenssisäteilytilanne [1 kW/m ²]

Kennostoon kohdistuva auringonsäteilyn energia saatiin PVGIS-ohjelmalla suoraan, joten ei ollut tarvetta käyttää korjauskertoimia aurinkosähkökennon ilman suunnan ja kallistuskulman mukaan. Ohjelmaan syötettiin ilmansuuntakorjaus ja saatiin optimoituna kallistuskulman mukaiset säteilytiedot.

Aurinkosähkökennojen tuottama maksimi sähköteho P_{max} on laitteen testattu teho standardiolosuhteissa.. Se lasketaan kaavalla 3. Järjestelmän huippukertoimena oli 0,15 kW/m².

(3.)

$$P_{max} = K_{max} \times A$$

jossa

K_{max} =	huipputehokerroin, joka riippuu aurinkosähkökennotyypistä [kW/m ²]
A =	aurinkosähkökennon pinta-ala ilman kehystä, [m ²]

Käyttötilanteen toimivuuskerroin ottaa huomioon aurinkokennon asennuspaikan ja sen ympäristön. Oppaan mukaan toimivuuskertoimena, $F_{käyttö}$, toimii 0,70 tuuletumattomalla moduulilla, 0,75 hieman tuuletetulla moduulilla ja voimakkaasti tai koneellisesti tuuletetulla moduulilla 0,80. Aurinkopaneelien hyötysuhteen heikentyminen otettiin huomioon siten, että ensimmäiset viisi vuotta paneelit toimivat nimellistehollaan, seuraavat viisi vuotta 90 % nimellistehostaan ja viimeiset 15 vuotta 80 % nimellistehostaan.

Joensuun vuoden säteilykertymä oli PVGIS-ohjelman mukaan 1 044 kWh/m². Säteilykertymä optimoitiin As. Oy Iitankulmaan. Optimoinnin seurauksena panee-

lit tulisi asentaa 20 °:een azimuth-korjauksella ja 42 °:een kulmaan katolle. Vaihdamalla kennostojen pinta-alaa haarukoitiin sopivaa järjestelmää. Kun kennojen pinta-alaksi vaihdettiin 67,7 m², saatiin haluttu 8 475 kWh/a tuotto. Tällöin P_{\max} oli kaavan 3 mukaan 10,15 kW. Kun P_{\max} oli tiedossa, saatiin kaavalla 2 vuodessa 8 480 kWh tuotto. $F_{\text{käyttö}}$ - arvoksi valittiin 0,80 As Oy litankulman korkeudesta johtuvan hyvän tuuletuksen takia.

Aurinkosähköjärjestelmän mitoituksen tulos oli, että As. Oy litankulma tarvitsisi 67,7 m² aurinkopaneeleja, joiden huipputehokertoimenä oli 0,15 kW/m², ja 10,15 kW:n järjestelmän, jotta se tuottaisi halutun 8 475 kWh/a.

Taulukossa 12 on PVGIS-ohjelmalla saadut kuukausittaiset auringon säteilytiedot Joensuussa 42°:een kulmassa kWh/m². Energiantuotto kWh/kk saadaan kaavalla 2. Keskimääräinen tuotto päivää kohti saadaan jakamalla energiantuotto kuukautta kohdin kuukauden päivien määrällä.

Taulukko 12. Aurinkosähköjärjestelmän mitoituksen tulokset

Kuukausi	Säteilytiedot kWh/m ²	Päiviä kuukaudessa d/kk	Keskimääräinen tuotto, kWh/d	Energiantuotto kWh/kk
Tammikuu	18,4	31	4,82	149,48
Helmikuu	50,5	28	14,65	410,26
Maaliskuu	89,5	31	23,45	727,10
Huhtikuu	138,0	30	37,37	1121,11
Toukokuu	164,0	31	42,98	1332,33
Kesäkuu	159,0	30	43,06	1291,75
Heinäkuu	166,0	31	43,50	1348,58
Elokuu	122,0	31	31,97	991,19
Syyskuu	74,1	30	20,07	601,99
Lokakuu	38,9	31	10,19	316,02
Marraskuu	14,2	30	3,85	115,36
Joulukuu	9,25	31	2,42	75,15
Yhteensä	1044			8 480,24

8.3.2 Pientuulivoimalan mitoitus

Pientuulivoimala on mitoitettu Jokamiehen opas pientuulivoiman käyttöön -oppaan mukaan. Opas on julkaistu vuonna 2011 osana Tampereen kaupungin ECO₂ -Ekotehokas Tampere 2020 -hanketta.

Tuulivoimalan toimintateho voidaan määrittää kaavalla 4.

(4.)

$$P = \frac{1}{2} \times \rho \times C_p \times A \times V^3$$

jossa

ρ = ilman tiheys, [kg/m³]

C_p = tehokerroin

R = lavan pituus, [m]

A = $\pi \times R^2$ eli tuulen pyyhkäisypinta-ala, [m²]

V = tuulen nopeus, [m/s]

Tuulen pyyhkäisypinta-ala tarkasteltaessa huomataan, että tuulen pyyhkäisypinta-ala kasvaa nelinkertaiseksi tuulivoimalan siiven pituuden kaksinkertaistuksessa. Tämä johtuu ympyrän pinta-alan kaavasta eli $\pi \times R^2$, jossa R on ympyrän säde eli sama kuin tuulivoimalan siiven pituus ja π luonnonvakio pii eli 3,14.

Tuulivoimalan tehon kannalta tuulennopeus on toinen merkittävä tekijä. Kaavasta 4 huomataan, että tuulen nopeus on potenssissa kolme eli tuulen nopeuden kaksinkertaistuksessa energianmäärä kahdeksankertaistuu. Korkeana rakennuksena As Oy litankulma olisi siten otollinen sijoituspaikka.

Betzin-lain mukaan 59,3 % on teoreettinen yläraja tuulen energian hyödyntämiselle turbiinissa. Käytännössä tuulivoimalan kokonaishyötysuhde on kuitenkin korkeintaan 40 % (Korpela 2012.) Tehokertoimeksi valittiin 40 % eli 0,4, vaikka siitä ei faktatietoa ollutkaan.

Merenpinnan tasolla ilmantiheys on 1,22 kg/m³ ja yhden kilometrin korkeudella 1,11 kg/m³ (Ilmakehän ominaisuuksia 2015). Joensuun Linnunlahden sääaseman, joka sijaitsee Joensuun keskustan laidalla, korkeus merenpinnasta on 81

m (Ilmatieteenlaitos 2015). As. Oy litankulmassa voimalan sijoituspaikka olisi siten verrattavissa sääaseman korkeuteen. Ilmantiheys pienenee siis noin $0,01 \text{ kg/m}^3$, kun nousee sata metriä merenpinnasta ylöspäin. Rakennuksen korkeus huomioiden ilmantiheydeksi valittiin $1,21 \text{ kg/m}^3$.

Taulukossa 13 on laskettu erään tuulivoimalan energiatuotanto vuoden aikana. Tuulen teho roottorin alalta eri tuulen nopeuksilla on laskettu kaavalla 4. Voimalan antoteho eri tuulen nopeuksilla on määritetty liitteessä 1. Voimalan hyötysuhde, saadaan jakamalla voimalan antoteho tuulen teholla roottorin alalta. Tuulen nopeuden toistuvuuden frekvenssi eli todennäköisyysjakauma on määritetty Wasp-ohjelmalla käyttäen Weibull-jakaumaa. Tuulisuus eri tuulen nopeuksilla saadaan, kun vuoden tunnit eli 8 760 kerrotaan kullakin tuulen nopeuden toistuvuuden frekvenssillä. Energiantuotanto kullakin tuulen nopeudella saadaan kertomalla voimalan antoteho vastaavalla tuulisuudella vuodessa. Kuten huomataan, vain 0,83 % tuulen nopeuksista on joko 0 m/s tai yli 14 m/s. Vuodessa yksi voimala tuottaa energiaa siis 4 867 275 Wh eli 4 867 kWh.

Voimalan käyttöaste kertoo, kuinka paljon vuodesta se on toiminnassa. Se saadaan laskemalla yhteen ne tuulen nopeuden toistuvuuden frekvenssit, jolloin tuulivoimala tuottaa energiaa. Tässä tapauksessa voimalan käyttöaste on 89,8 %. Voimalan huipunkäyttöaika kertoo, kuinka pitkään voimalalla kuluisi vuodessa tuotetun energian tuottamiseen, jos voimala toimisi koko ajan nimellistehollaan. Voimalan huipunkäyttöaika saadaan jakamalla vuosien energian määrä voimalan nimellisteholla. Huipunkäyttöaika oli tässä tapauksessa 4 867 kWh jaettuna 4 kW:lla eli 1 217 h.

Taulukko 13. Pientuulivoimalan mitoituksen tulokset

Tuulen nopeus m/s	Tuulen teho roottorin alalta W	Voimalan antoteho W	Voimalan hyötysuhde %	Tuulen nopeuden toistuvuuden frekvenssi %	Tuulisuus h/a	Energiantuotanto Wh
1	19	0	0	9,42	825,2	0,0
2	151	100	66	16,24	1 422,6	142 262,4
3	509	150	29	19,02	1 666,2	249 922,8

4	1 206	350	29	17,94	1 571,5	550 040,4
5	2 356	600	25	14,36	1 257,9	754 761,6
6	4 072	1 000	25	10,00	876,0	876 000,0
7	6 465	1 500	23	6,13	537,0	805 482,0
8	9 651	2 250	23	3,33	291,7	656 343,0
9	13 741	3 100	23	1,62	141,9	439 927,2
10	18 850	4 000	21	0,70	61,3	245 280,0
11	25 089	4 100	16	0,27	23,7	96 973,2
12	32 572	4 100	13	0,10	8,8	35 916,0
13	41 412	4 100	10	0,03	2,6	10 774,8
14	51 723	4 100	8	0,01	0,9	3 591,6
Yhteensä				99,17	8 687,3	4 867 275,3

Kaksi tällaista tuulivoimalaa tuottaisi 9 734 kWh/a eli ne riittäisivät tuottamaan tarvittavan 8 475 kWh/a.

8.3.3 Aurinkolämpöjärjestelmän mitoitus

Aurinkolämpö on mitoitettu Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D5 aurinko-oppaan mukaan. Aurinkokeräimille se noudattaa standardia SFS 12975. Menetelmällä voidaan laskea lämpimään käyttöveteen tuotettu energia sekä järjestelmän kuluttama energia.

Aurinkolämpöjärjestelmän tuotto lasketaan kaavalla 5.

(5.)

$$Q_{\text{tuotto,A}} = c_{\text{tyyppi}} (aY + bX + cY^2 + dX^2 + eY^3 + fX^3) \times Q_{\text{tarve,A}}$$

jossa

$Q_{\text{tuotto,A}}$ = aurinkolämpöjärjestelmän tuotto tarkastelujaksolla [kWh]

$Q_{\text{tarve,A}}$ = aurinkolämpöjärjestelmän lämmöntarve [kWh]

c_{tyyppi} = varaajatyypin korjauskerroin ($c_{\text{tyyppi}} = 1$)

a, b, c, d, e, f = varaajasta riippuvia korjauskertoimia, $a = 1,029$, $b = -0,065$, $c = -0,245$, $d = 0,0018$, $e = 0,0215$, $f = 0$

X, Y = suhdelukuja. X on häviöiden ja tarpeen suhde ja Y on tuoton ja tarpeen suhde

X ja Y ovat dimensiottomattomia lukuja, jotka lasketaan kaavan 6 ja kaavan 7 mukaan.

(6.)

$$X = \frac{A \times U_c \times \eta_{\text{kierto}} \times \Delta T \times t_{hCcap}}{Q_{\text{tarve,A}}}$$

(7.)

$$Y = \frac{A \times IAM \times \eta_0 \times \eta_{\text{kierto}} \times Q_{\text{keräin}}}{Q_{\text{tarve,A}}}$$

jossa

A = keräinten pinta-ala

IAM = kohtauskulmakerroin, oletusarvona eri keräintyyppillä on

IAM= 1,0 lasittomalla keräimellä

U_c = keräinpiirin lämpöhäviökerroin [W/m^2K], $U_c = a_1 + 40 a_2 + U_L/A$

jossa

a_1 = keräinpinta-alaa vastaava keräimen lämpöhäviökerroin standardin SFS EN 12975- 2 mukaan.

a_2 = keräinpinta-alaa vastaava keräimen häviökerroin standardin SFS EN 12975-2 mukaan. Testaamattomille keräimille kerroin on kaikilla keräintyypeille $a_2 = 0 W/m^2K^2$

U_L = keräinpiirin putkiston lämpöhäviökerroin. Voidaan arvioida kaavalla $U_L = 5 + 0,5 A [W/K]$

η_{kierto} = keräinpiirin hyötysuhde. Oletusarvona η_{kierto} on 0,8

η_0 = Optimi hyötysuhde käytettävällä keräin pinta-alalla standardin SFS 12975-2 mukaan

ΔT = referenssilämpötilaero keräimen standardihäviöiden laskentaan.

$$\Delta T = \theta_{\text{ref}} - \theta_e$$

jossa

θ_{ref} on vertailulämpötila, sovelluksesta ja varastotyyppistä riippuen

$$\theta_{\text{ref}} = 11,6 + 1,180 \times \theta_{\text{hw}} + 3,86 \times \theta_{\text{cw}} - 1,32 \theta_e$$

jossa

θ_{hw} on lämpimän käyttöveden minimilämpötila, $\theta_{hw} = 55\text{ °C}$

θ_{cw} on kylmän veden lämpötila, $\theta_{cw} = 5\text{ °C}$

θ_e on tarkastelujakson keskimääräinen ulkolämpötila [$^{\circ}\text{C}$]

$t_h =$ tarkastelujakson pituus, h

$C_{cap} =$ lasketaan, mikäli vesivaraajan tilavuus poikkeaa referenssitilavuudesta, joka on $75\text{ dm}^3/\text{keräin-m}^2$. Tällöin muuttujaa X on korjattava C_{cap} -kertoimella.

$$C_{cap} = \left(\frac{V_{tod}}{V_{ref}} \right)^{-0,25}$$

jossa

$C_{cap} =$ varaajakapasiteetin korjauskerroin

$V_{tod} =$ varaajan suunniteltu ominaistilavuus, [$\text{dm}^3/\text{keräin-m}^2$]

$V_{ref} =$ referenssitilavuus, $75\text{ dm}^3/\text{keräin-m}^2$

$Q_{tarve} =$ lämpimän käyttöveden tarve (Wh)

$Q_{keräin} =$ auringon säteilyenergia keräinten pinnalle [Wh/m^2 , kk]

Auringon säteilytiedot löytyvät Suomen rakentamismääräyskokoelmasta osasta D3. Jyväskylän tiedot korjattiin korjauskertoimilla vastaamaan Joensuun tietoja. Säteilytiedot on esitetty taulukossa 14.

Taulukko 14. Korjatut säteilytiedot Joensuuhun

Kuukausi	Jyväskylä (Joensuu)	Kor- jaus- kerroin	Säteily, 45 astetta	Päi- viä/kk	Tun- teja/kk	Säteilyteho/kk
	kWh/m ² /kk		kWh/m ² /kk	d	h	W/m ²
Tammikuu	5	1,75	8,75	31	744	11,76
Helmikuu	20	2,27	45,4	28	672	67,56
Maaliskuu	52	1,75	91	31	744	122,31
Huhtikuu	103	1,3	133,9	30	720	185,97
Toukokuu	171	1,07	182,97	31	744	245,93
Kesäkuu	159	0,99	157,41	30	720	218,63
Heinäkuu	158	1,01	159,58	31	744	214,49
Elokuu	114	1,11	126,54	31	744	170,08
Syyskuu	71	1,33	94,43	30	720	131,15
Lokakuu	25	1,62	40,5	31	744	54,44
Marraskuu	7	1,33	9,31	30	720	12,93
Joulukuu	3	1,26	3,78	31	744	5,08
Yhteensä	888		1053,57	365	8760	1440,33

As. Oy litankulman laskennallinen energiantarve lämpimään käyttövedeen on 120 660 kWh/a. Taulukossa 15 on esitetty sen jakaantuminen eri kuukausille. Lämpimän käyttöveden tarve on energiaselvityksen mukaan 2 068 440 l/a eli yhtä päivää kohden 5 745,67 l.

Taulukko 15. Lämpimän käyttöveden energiantarpeet As. Oy litankulmaan

Kuukausi	Päiviä/kk d	LKV kWh/kk
Tammikuu	31	10 247,84
Helmikuu	28	9 256,11
Maaliskuu	31	10 247,84
Huhtikuu	30	9 917,26
Toukokuu	31	10 247,84
Kesäkuu	30	9 917,26
Heinäkuu	31	10 247,84
Elokuu	31	10 247,84
Syyskuu	30	9 917,26
Lokakuu	31	10 247,84
Marraskuu	30	9 917,26
Joulukuu	31	10 247,84
Yhteensä	365,00	120 660,00

Keräimet ovat tasokeräimiä, joiden hyötysuhde on $\eta_0 = 83 \%$. Keräimen lämpöhäviökerroin $a_1 = 2,0 \text{ W/m}^2\text{K}$. Kerrointa a_2 ei ole määritetty, joten käytetään arvoa $a_2 = 0$. Lasikatteisen tasokeräimen IAM = 0,94. Keräinpiirin putkiston lämpöhäviökerroin oli $U_L = 28,30$ ja näin ollen $U_c = 2,60 \text{ W/m}^2\text{K}$. Keräinpiirin hyötysuhteena on oletusarvo eli $\eta_{\text{kierto}} = 0,8$. Varaajan $C_{\text{cap}} = 1,04$, $V_{\text{tod}} = 3\,000$, $V_{\text{ref}} = 3\,495,75$ ja $V_{\text{min}} = 3\,000$.

Kuukausittainen referenssilämpötila on laskettu taulukossa 16. Se lasketaan luvun alussa kuvatulla tavalla. Joensuun keskimääräisiä ulkolämpötila-arvoja ei ole Suomen rakentamismääräyskokoelmassa määritetty, joten käytetään Jyväskylän arvoja. Lämpimän käyttöveden minimilämpötila $\Theta_{\text{hW}} = 55 \text{ }^\circ\text{C}$ ja kylmän veden lämpötila $\Theta_{\text{cW}} = 5 \text{ }^\circ\text{C}$.

Taulukko 16. Referenssilämpötilat Joensuussa eri kuukausina

Kuukausi	Θ_e	Θ_{ref}	ΔT
Tammikuu	-8	106,36	114,36
helmikuu	-7,1	105,17	112,27
Maaliskuu	-3,53	100,46	103,99
Huhtikuu	2,42	92,61	90,19
Toukokuu	8,84	84,13	75,29
Kesäkuu	13,39	78,13	64,74
Heinäkuu	15,76	75,00	59,24
Elokuu	13,76	77,64	63,88
Syyskuu	9,18	83,68	74,50
Lokakuu	4,07	90,43	86,36
Marraskuu	-1,76	98,12	99,88
Joulukuu	-5,92	103,61	109,53

Dimensiomattomat suureet X ja Y lasketaan jokaiselle kuukaudelle erikseen kaavoilla 6 ja 7. Näiden avulla voidaan laskea järjestelmän tuotto eri kuukausille kaavan 5 avulla. Laskenta on esitetty taulukossa 17. Aurinkolämmön tuotoksi saatiin 24 728,5 kWh:a, joka on 20,5 % kaikesta rakennuksen lämpimän käyttöveden energiantarpeesta.

Taulukko 17. Aurinkolämpöjärjestelmän tulokset

Kuukausi	X	Y	Q
Tammikuu	0,8386395	0,02484	-285,26
helmikuu	0,8233275	0,142693	829,43
Maaliskuu	0,76259	0,258336	2 063,15
Huhtikuu	0,6613607	0,392793	3 227,93
Toukokuu	0,5521352	0,519425	4 468,67
Kesäkuu	0,4747245	0,461759	3 913,12
Heinäkuu	0,434403	0,453024	3 996,48
Elokuu	0,4684296	0,359228	3 166,31
Syyskuu	0,5463506	0,277009	2 298,06
Lokakuu	0,6332887	0,114974	765,10
Marraskuu	0,7324764	0,027311	-185,70
Joulukuu	0,8032518	0,010731	-410,28
Yhteensä, kWh			24 728,25

8.4 Eristämisen parantaminen

Mikäli litankulma olisi passiivitalo, tulisi sen rakenteiden ja talotekniikan ominaisuuksia parantaa. Rakenteiden U-arvoja tulisi parantaa ja ilmanvaihdon lämmöntalteenottoa tulisi parantaa. Taulukko 18 esittää U-arvojen ja talotekniikan suuntaa-antavat muutokset, joilla passiivitalon voisi toteuttaa. Suurimmat muutokset tulisi tehdä ikkunoiden ja ovien U-arvoissa sekä ilmanvaihdon lämmöntalteenotossa.

Taulukko 18. Kerrostalon U-arvot (Kerrostalosta passiivitaloksi 2012)

	As. Oy litankulma	As. Oy litankulma passiivitalona
Ulkoseinä, W/m ² K	0,17	0,10 - 0,15
Yläpohja, W/m ² K	0,09	0,07 - 0,09
Alapohja, W/m ² K	0,16	0,10 - 0,15
Ikkuna, ovi, W/m ² K	1,00	0,75 - 0,85
Ilmanvaihdon LTO %	61	75 - 80
Ilmanpitävyys, n ₅₀ 1/h	0,25	0,6

Yhteistyössä Insinööritoimisto Jormakka Oy:n kanssa muutettiin laskentapohjaa, jolla alkuperäinen energiaselvitys As Oy litankulmaan on laskettu. Muutoksia tehtiin rakenteiden U-arvoihin ja ilmavaihdon lämmöntalteenottoon. Ne muutettiin vastaamaan taulukon 14 passiivitalon pienempiä arvoja ja ilmanvaihdon osalta

suurinta arvoa. Ulkoseinien osalta arvo muutettiin 0,10 W/m²K:iin, yläpohjan osalta 0,07 W/m²K:iin, ikkunoiden ja ovien osalta 0,7 W/m²K:iin ja ilmanvaihdon lämmöntalteenotto nostettiin 80 %:iin. Ikkunoiden g-arvoja ei muutettu.

Näillä toimilla laskennallinen energiankulutus laski siten, että E-luvuksi muodostui 80 kWh_E/m²/a. FInZEB:n ehdottama taso, jossa asuinkerrostalon E-luku olisi 116 kWh_E/m²/a, saavutettaisiin ja tavoitteiden vastaisesti parannettaisiin liikaa energiatehokkuutta. Ostenergia olisi sähkön osalta 102 077 kWh/a ja kaukolämmön osalta 144 690 kWh/a. Energiamuotokertoimella painotettuna energiankulutus olisi sähkön osalta 1,7 kertaa 102 077 kWh/a eli 173 531 kWh/a ja kaukolämmön osalta 0,7 kertaa 144 690 kWh/a eli 101 283 kWh/a. Sähköä kuluisi siis 173 531 kWh jaettuna rakennuksen pinta-alalla 3 447,4 m² eli 50,3 kWh_E/m²/a ja lämpöä 101 283 kWh/a jaettuna rakennuksen pinta-alalla eli 29,4 kWh_E/m²/a. Yhteensä siis 79,7 kWh_E/m²/a, joka E-luvun laskentasääntöjen mukaan pyöristyy 80 kWh_E/m²/a. Muutettu laskentapohja on liitteessä 3.

Taulukko 19 esittää passiivitaloa vastaavien U-arvojen vaikutuksen UA-arvoihin. UA-arvot saadaan kertomalla rakennusosan pinta-ala ja U-arvo keskenään. Näin saadaan rakennuksen ominaislämpöhäviöt eri rakenteille. Tämän kautta pystytään laskemaan rakennuksen kokonaisenergiankulutusta ja E-lukua.

Taulukko 19. As Oy Iitankulman U-arvot ja UA-arvot passiivitalona

Rakenne	A m ²	U W/m ² x K	U A W/K	%
Ulkoseinät	1 624,80	0,10	166,51	25,70
Yläpohja	499,50	0,07	35,33	5,40
Alapohja	525,00	0,16	84,29	13,00
Ikkunat	298,30	0,70	208,80	32,20
Ulko-ovet	220,10	0,70	154,07	23,70
Yhteensä	3 167,80		649,00	100,00

Insinööritoimisto Jormakka Oy:n kanssa laskettiin myös malli, jossa muutettiin vain ikkunoiden U-arvoja As. Oy Iitankulmasta. Ikkunoiden U-arvoksi muutettiin 0,7 W/m²K. Taulukko 20 esittää rakenteiden U-arvot ja UA-arvot sekä niiden suhteellisen jakaantumisen. Ikkunoiden g-arvoja ei muutettu.

Taulukko 20. As Oy litankulman U-arvot ja UA-arvot vain ikkunat muutettuna

Rakenne	A m ²	U W/m ² x K	U A W/K	%
Ulkoseinät	1 624,80	0,17	282,18	33,50
Yläpohja	499,50	0,09	46,22	5,50
Alapohja	525,00	0,16	84,29	10,00
Ikkunat	298,30	0,70	208,80	24,80
Ulko-ovet	220,10	1,00	220,10	26,20
Yhteensä	3 167,80	-	841,59	100,00

Ikkunoiden U-arvojen parantamisella saavutettiin FlInZEB:n ehdottama taso, joka oli asuinkerrostaloilla 116 kWh_E/m²/a. Ominaislämpöhäviöiden vähentäminen paremman U-arvon omaavilla ikkunoilla sai As. Oy litankulman E-luvuksi 115 kWh_E/m²/a. Sähköä kului tuolloin 155 830 kWh/a ja lämpöä 183 727 kWh/a. Energiamuotokertoimilla painotettuna sähköenergiankulutus olisi 1,7 kertaa 155 830 kW/a eli 264 912 kWh/a, joka on rakennuksen pinta-alaan suhteututtuna 76,8 kWh_E/m²/a. Lämpöenergiakulutus olisi 0,7 kertaa 183 727 kWh/a eli 128 609 kWh_E/m²/a, joka on rakennuksen pinta-alaan suhteututtuna 37,3 kWh_E/m²/a. Yhteensä E-luku olisi siten 114,1 kWh_E/m²/a, joka pyöristetään ylöspäin eli todellinen E-luku olisi siis 115 kWh_E/m²/a. Mallin laskentapohja on liitteessä 4.

8.5 Kannattavuustarkastelu

Uusiutuvan energian käyttöönoton edistämiseksi työ- ja elinkeinoministeriö myöntää hankekohtaisesti energiatukea uusiutuvan energian investointeihin. Tukea myönnetään yrityksille, kunnille ja muille yhteisöille. Tuettavia hankkeita ovat erityisesti uusiutuvaa energiantuotantoa tai käyttöä koskevat hankkeet. Toisaalta myös energiansäästö ja energiantuotannon tai käytön tehostaminen sekä energiantuotannon tai käytön ympäristöhaittojen vähentäminen ovat tuottavia hankkeita. (Energiatuki 2015.)

Taulukossa 21 on esitetty työ- ja elinkeinoministeriön ohjeelliset hankkeet ja tuet vuodelle 2015. Hankkeet koskevat tavanomaista teknologiaa. Tukea ei myönnetä uudisrakentamisen energiatehokkuus- tai lämpöpumppuhankkeisiin, ellei kyseessä ole uutta teknologiaa. Aurinkosähköhankkeissa tukea voidaan myöntää myös uudisrakennuskohteille. (Energiatuki 2015.) Näin ollen As. Oy litankulman

olisi mahdollista hakea energiatukea tavallisella teknologialla vain aurinkosähköjärjestelmälle. Jos investointi olisi uutta teknologiaa, myös aurinkolämpö ja pientuulivoimala voisivat saada energiatukea.

Kaukolämmön suosiminen näkyy myös energiatuessa. Tukea ei myönnetä yli 10 MW lämpökeskuksille eikä lämmöntuotantohankkeille, joiden seurauksena erillinen lämmöntuotanto vaihtuu kaukolämpöön (Energiatuki 2015).

Taulukko 21. Uusiutuvan energian hankkeet ja tuet vuonna 2015 (Energiatuki 2015)

Energiamuoto	Tuen määrä
Lämpökeskushankkeet, puupolttoaineet	10 - 15 %
Lämpöpumppuhankkeet	15 %
Aurinkolämpöhankeet	20 %
Pienvesivoimahankkeet	15 - 20 %
Kaatopaikkakaasuhankkeet	15 - 20 %
Aurinkosähköhankkeet	30 %
Biokaasuhankkeet	20 - 30 %
Pientuulivoimahankkeet	20 - 25 %

Kustannustarkastelussa otettiin huomioon erityisesti investointihinta. Se on rakennusliike Soimu Oy:lle tärkein tieto. Investointihinta kertoo kuinka paljon FIn-ZEB-tasoon pääseminen toisi lisäkustannusta. Järjestelmän tuottama energia olisi As. Oy litankulman hyöty, joka voisi näkyä mm. yhtiövastikkeessa. Tarkastelussa otettiin kuitenkin lisäksi huomioon järjestelmän kustannus nykyarvomenetelmällä ja laskettiin sen takaismaksuaika. Myös energianhinta €/kWh laskettiin. Nykyarvomenetelmällä vuotuiset nettotuotot diskontataan investointiajankohdan rahaksi eli nykyarvoksi. Investointi on kannattava, jos nykyarvosumma on suurempi kuin hankintasumma. Investointiaika määritettiin siten, että ratkaisun jäännösarvoksi jäi 0 €. Eri ratkaisuilla oli siten eripituiset investointiajat. Takaismaksuaika saadaan, kun hankintahinta jaetaan vuotuisilla nettotuotoilla. Energianhinta €/kWh saadaan, kun järjestelmän hinta jaetaan vuotuisella energiantuotolla. Ostosähkön hintana pidettiin 0,15 €/kWh, mikä vastaa energiaviraston (Sähkön hintatilastot 2015) tilastojen hintatasoa.

8.5.1 Aurinkosähkö

Aurinkosähköjärjestelmien hinnat ovat halventuneet rajusti 2010-luvulla. Syy on aurinkopaneelien hintojen halpenemisessa. Ne ovat laskeneet globaalista jopa 80 %. Motivan mukaan vuoden 2013 lokakuussa pienen mittakaavan verkkoon kytketyn aurinkosähköjärjestelmän hinta asennettuna oli noin 1,5 €/W_P. (Aurinkosähköjärjestelmän hinta 2014.) Hinnassa ei ole mukana arvonlisäveroa, joka on 24 %.

Tarjousten perusteella hintataso on alempana kuin Motivan noin kahden vuoden takainen arvio. Parhaan tarjouksen mukaan As. Oy Iitankulmaan tarvittava 10,5 kW:n järjestelmän kustannus olisi noin 15 000 € eli 1,43 €/W_P sisältäen arvonlisäveron. Ilman veroa hinta olisi siten 11 400 € eli 1,09 €/W_P. Kun energian tuotto olisi 8 480 kWh vuodessa, sen hinta olisi 1,77 €/kWh ensimmäisen vuoden aikana. Taulukon 17 mukaan aurinkosähköhankkeisiin on mahdollista saada investointitukea tukea 30 %. Tuen kanssa aurinkosähköjärjestelmän hinta olisi asennettuna 10 500 € eli 1,0 €/W_P ja energian hinta olisi 1,24 €/kWh ensimmäisen vuoden aikana.

Aurinkosähköjärjestelmän kustannusta tarkasteltiin nykyarvomenetelmällä ja takaisinmaksuajalla. Laskennan tulokset on esitetty taulukoissa 22, 23 ja 24. Nykyarvomenetelmällä investointiaikana oli 25 vuotta, joka on tyypillinen aurinkosähköjärjestelmän käyttöaika. Tässä ajassa aurinkopaneelit menettävät osan tuotto-tehostaan. Seikka otettiin laskennassa huomioon siten, että tehontuotto oli ensimmäiset viisi vuotta 100 %, seuraavat viisi vuotta 90 % ja viimeiset 15 vuotta 80 % alkuperäisestä tehosta. Nykyarvomenetelmän korko oli 3 %. Ostetun sähkön hinta oli 0,15 €/kWh ja vuosittainen hinnan nousu oli 3 %. Aurinkopaneelit ovat melko huoltovapaita, joten huoltokustannuksina pidettiin yhtä prosenttia järjestelmän hankintahinnasta eli 105 € vuodessa. Inflaatio otettiin huomioon siten, että huoltokustannukset nousivat 3 % vuosittain. Nykyarvomenetelmällä tuottojen nykyarvoksi tuli 24 174,20 € huomioiden huoltokulut. Kustannusten nykyarvo oli 10 500 €. Näiden erotus eli järjestelmän tuoma voitto oli 13 674,20 €. Jäännösarvoksi oletettiin 0 € eli järjestelmälle ei jää arvoa 25 vuoden käytön jälkeen. Järjestelmän takaisinmaksuaika oli 3 %:n korolla 10,7 vuotta ja korottomasti 9,0 vuotta.

Taulukko 22. Aurinkosähköjärjestelmän kannattavuus nykyarvomenetelmällä

Investointiaika	25 vuotta
Laskentakorko	3 %
Tuottojen nykyarvo	24 174,20 €
Kustannusten nykyarvo	10 500,00 €
Jäännösarvo	0 €
Erotus	13 674,20 €

Taulukko 23. Aurinkosähköjärjestelmän takaisinmaksuaika 3 % korolla

Laskentakorko	3 %
Investoinnin tuotto vuodessa	1 164 €
Investoinnin hankintameno	10 500 €
Takaisinmaksuaika vuosina	10,7

Taulukko 24. Aurinkosähköjärjestelmän takaisinmaksuaika korottomasti

Laskentakorko	0 %
Investoinnin tuotto vuodessa	1 164 €
Investoinnin hankintameno	10 500 €
Takaisinmaksuaika vuosina	9,0

8.5.2 Pientuulivoimala

As. Oy litankulma tarvitsisi kaksi nimellistehoaltaan 4 kW:n voimalaa. Hankintahinta olisi silloin tarjousten perusteella asennettuna 31 800 €. Pysty akseliset tuulivoimalat osoittautuivat yli kolme kertaa kalliimmiksi kuin perinteiset mallit, joten niiden mitoitus tai kustannusta ei laskettu. Kuten luvun alussa todettiin, uudisrakentamisessa ei myönnetä investointitukea tuulivoimalalle. Energiantuoton ollessa 9 735 kWh vuodessa sen hinta olisi 3,27 €/kWh ensimmäisen vuoden aikana.

Investointia tarkasteltiin nykyarvomenetelmällä ja takaisinmaksuajalla. Laskennan tulokset on esitetty taulukoissa 25, 26 ja 27. Tuulivoimalat ovat huoltovapaita, joten huoltokustannuksiksi oletettiin 100 € yhtä voimalaa kohden vuodessa eli yhteensä 200 € vuodessa. Inflaation otettiin huomioon siten, että huoltokustannukset nousivat 3 % vuosittain. Ostetun sähkön hintana pidettiin 0,15 €/kWh, jonka oletettiin nousevan vuosittain 3 %. Nykyarvomenetelmän investointiaikana

oli tuulivoimalalle tyypillinen 25 vuotta ja korko oli 3 %. Nykyarvomenetelmällä tuottojen nykyarvoksi tuli 45 726,57 € huomioiden huoltokulut. Kustannusten nykyarvo oli 31 800 €. Näiden erotus eli järjestelmän tuoma voitto oli siten 13 926,57 €, kun laitteiston jäännösarvoksi oletettiin 0 €. Pientuulivoimalan takaisinmaksuaika oli 3 %:n korolla 47,9 vuotta ja korottomasti 25,2 vuotta.

Taulukko 25. Pientuulivoimalan kannattavuus nykyarvomenetelmällä

Investointiaika	25 vuotta
Laskentakorko	3 %
Tuottojen nykyarvo	45 726,57 €
Kustannusten nykyarvo	31 800 €
Jäännösarvo	0 €
Erotus	13 926,57 €

Taulukko 26. Pientuulivoimalan takaisinmaksuaika 3 % korolla

Laskentakorko	3 %
Investoinnin tuotto vuodessa	1 260 €
Investoinnin hankintameno	31 800 €
Takaisinmaksuaika vuosina	47,9

Taulukko 27. Pientuulivoimalan takaisinmaksuaika korottomasti

Laskentakorko	0 %
Investoinnin tuotto vuodessa	1 260 €
Investoinnin hankintameno	31 800 €
Takaisinmaksuaika vuosina	25,2

8.5.3 Aurinkolämpöjärjestelmä

Tarjousten perusteella As. Oy litankulmaan tarvittava aurinkolämpöjärjestelmä kustantaisi 25 000 €. Asennuksen oletettiin olevan 30 % hankintahinnasta, joten asennetun järjestelmän kustannus olisi siten 32 500,00 €. Investointitukea ei uudisrakentamisessa myönnetty aurinkolämpöjärjestelmille, joten energiantuoton ollessa 24 728 kWh sen hinnaksi muodostui 1,31 €/kWh ensimmäisen vuoden aikana.

Järjestelmää tarkasteltiin nykyarvomenetelmällä ja takaisinmaksuajalla. Tarkastelun tulokset ovat taulukoissa 28, 29 ja 30. Huoltokustannuksina voidaan keskiarvoisissa järjestelmissä pitää noin 8 %:a (Aurinkolämpöjärjestelmien hintatasot ja kannattavuus Suomessa 2015). Kun huoltokustannus oli 1,5 €/keräin-m² vuodessa nousten vuosittain 3 %, kokonaishuoltokustannukseksi tulee 2 549,05 € 25 vuodessa. Tämä on 7,8 % investointihinnasta. Ostetun kaukolämmön hintana oli 0,06 €/kWh. Hintataso otettiin vuoden 2015 Joensuun Fortumin voimalaitoksen tuottaman kaukolämmön hinnan mukaan (Energiateollisuus 2015). Lämmön hinnan odotettiin nousevan 3 % vuosittain. Nykyarvomenetelmän investointiaika oli aurinkolämpöjärjestelmälle tyypillinen 25 vuotta ja korko oli 3 %. Nykyarvomenetelmällä tuottojen nykyarvoksi tuli 31 786,30 €, huoltokulut huomioiden. Kustannusten nykyarvo oli 32 500 €. Näiden erotus oli 713,70 € tappiollinen. Järjestelmän takaisinmaksuaika oli 3 %:n korolla 46,2 vuotta ja korottomasti 24,8 vuotta.

Taulukko 28. Aurinkolämpöjärjestelmän kannattavuus nykyarvomenetelmällä

Investointiaika	25 vuotta
Laskentakorko	3 %
Tuottojen nykyarvo	31 786,30 €
Kustannusten nykyarvo	32 500 €
Jäännösarvo	0 €
Erotus	- 713,70 €

Taulukko 29. Aurinkolämpöjärjestelmän takaisinmaksuaika 3 % korolla.

Laskentakorko	3 %
Investoinnin tuotto vuodessa	1 310 €
Investoinnin hankintameno	32 500 €
Takaisinmaksuaika vuosina	46,2

Taulukko 30. Aurinkolämpöjärjestelmän takaisinmaksuaika korottomasti

Laskentakorko	0 %
Investoinnin tuotto vuodessa	1 310 €
Investoinnin hankintameno	32 500 €
Takaisinmaksuaika vuosina	24,8

8.5.4 Eristämisen parantaminen

As. Oy Iitankulman nykyisten ikkunoiden kustannus oli noin 60 000 €. Ikkunoiden, joiden U-arvo olisi 0,7, kustannus olisi tarjouksen perusteella 117 460,22 €. Näiden erotus eli lisäeristämisen hinta olisi 57 460,22 €. Energiansäästö olisi lämmön osalta 27 636 kWh/a ja sähkön osalta 674 kWh/a eli yhteensä 28 310 kWh/a. Sähkön hinnan ollessa 0,15 €/kWh ja kaukolämmön hinnan ollessa 0,06 €/kWh säästö olisi ensimmäisenä vuotena 1 676,35 €. Energianhinta olisi siten 2,03 €/kWh ensimmäisenä vuotena. Lämmön- ja sähkönhinnan odotettiin nousevan 3 % vuosittain.

Investointia tarkasteltiin nykyarvomenetelmällä ja takaisinmaksuajalla. Laskennan tulokset on esitetty taulukoissa 31, 32 ja 33. Nykyarvomenetelmän investointiaika oli 30 vuotta, jota voidaan pitää rakennuksen laskennallisena käyttöaikana ja korkona oli 3 %. Nykyarvomenetelmällä tuottojen nykyarvo oli 48 825,79 € ja kustannusten nykyarvo oli 57 460,22 €. Näiden erotus eli eristämisen tuoma tappio oli - 8 636,43 €. Takaisinmaksuaika 3 % korolla ei tullut koskaan ja korottomasti se oli 34,3 vuotta. Eristämisen parantaminen vastaamaan passiivitaloa ei ollut tavoitteiden mukaista, joten sen kustannuksia ei tarkasteltu.

Taulukko 31. Lisäeristämisen kannattavuus nykyarvomenetelmällä

Investointiaika	30 vuotta
Laskentakorko	3 %
Tuottojen nykyarvo	48 825,79 €
Kustannusten nykyarvo	57 460,22 €
Jäännösarvo	0 €
Erotus	- 8 634,43 €

Taulukko 32. Lisäeristämisen takaisinmaksuaika 3 % korolla

Laskentakorko	3 %
Investoinnin tuotto vuodessa	1 676 €
Investoinnin hankintameno	57 460 €
Takaisinmaksuaika vuosina	ei koskaan

Taulukko 33. Lisäeristämisen takaisinmaksuaika korottomasti

Laskentakorko	0 %
Investoinnin tuotto vuodessa	1 676 €
Investoinnin hankintameno	57 460 €
Takaisinmaksuaika vuosina	34,3

9 Pohdinta

9.1 Tulosten tarkastelu

Taulukossa 34 on kootusti eri ratkaisujen tuomat lisäinvestoinnit, energiantuotot tai säästö, energianhinnat, voitto-odote nykyarvomenetelmällä ja takaisinmaksuajat 3 % korolla ja korottomasti. Investointihinnaltaan aurinkosähköjärjestelmä oli kolme kertaa pienempi kuin pientuulivoimala tai aurinkolämpö ja viisi kertaa pienempi kuin lisäeristäminen. Investointihinta oli tavoitteiden mukaisesti tärkein tieto tämän tutkimuksen osalta. Nykyarvomenetelmällä mitattuna aurinkosähköjärjestelmä ja pientuulivoimala olisivat kannattavia sijoituksia, aurinkolämmön ja lisäeristämisen ollessa tappiollisia. Aurinkosähkö ja pientuulivoimala tuottaisivat 25 vuodessa noin 14 000 €.

Energianhintaan yhtä kWh:a kohden vaikuttavat energiantuotto tai säästö ja investointihinta. Aurinkolämpöjärjestelmän ja pientuulivoiman investointihinnat olisivat samaa luokkaa. Aurinkolämpöjärjestelmällä tuotetaan kuitenkin enemmän energiaa, joten järjestelmän energianhinta yhtä kWh:a kohden on pieni verrattuna pientuulivoimaan. Lisäeristämisen investointi olisi niin suuri, että sen energianhinnaksi tulisi selvästi enemmän kuin aurinkolämmön, vaikka energian tuotto tai säästö olivatkin samaa luokkaa. Aurinkosähköjärjestelmän investointihinta olisi niin pieni, että myös sen energianhinta kWh:a kohden jäi pienimmäksi. Tämäkin siitä huolimatta, että sen energiantuotto oli pienin.

Takaisinmaksuaika oli pienin aurinkosähköjärjestelmällä. 3 % korolla se oli 10,7 vuotta ja korottomasti se oli 9,0 vuotta. Tällaiset takaisinmaksuajat ovat tyypillisiä aurinkosähköjärjestelmille. Investointi olisi siten kannattava myös ilman direktiivin

tuomaa vaatimusta lähes nollaenergiarakentamisesta. Muilla ratkaisuilla takaisinmaksuajat olivat 3 % korolla yli 45 vuotta ja lisäeristämällä se ei tullut koskaan. Korottomasti takaisinmaksuajat olivat pientuulivoimalan ja aurinkolämpöjärjestelmän osalta noin 25 vuotta ja lisäeristämällä noin 34 vuotta.

Tulosten valossa aurinkosähköjärjestelmä olisi paras vaihtoehto As. Oy litankulmaan, mikäli se pitäisi tällä hetkellä muuttaa FInZEB-taloksi.

Taulukko 34. Ratkaisujen tulokset

Ratkaisu	Investointihinta (€)	Energiantuotto tai säästö (kWh/a)	Energianhinta (€/kWh)	Nykyarvo-menetelmä (€)	Takaisinmaksu-aika 3 % korolla (a)	Takaisinmaksu-aika korottomasti (a)
Aurinkosähkö	10 500,0	8480,0	1,24	13 674,2	10,7	9,0
Pientuulivoimala	31 800,0	9735,0	3,27	13 926,6	47,9	25,2
Aurinkolämpö	32 500,0	24 728,0	1,31	- 713,7	46,2	24,8
Lisäeristäminen	57 460,0	28 310,0	2,03	- 8 634,4	-	34,3

Energiamuodon kertoimen takia uusiutuvan energian tuottaminen polttoaineesta on lähtökohtaisesti epäedullisempaa verrattuna uusiutuvaan omavaraisenergiaan. Etenkin lämmöntuotannossa, mikäli rakennus on kaukolämpöverkossa. Poliittisella ohjauksella suositetaan siten ennen kaikkea aurinkosähköä ja tuulienergiaa. Aurinkosähköjärjestelmät ovat kuitenkin selvästi halvempia ratkaisuja, joten käytännössä ohjataan poliittisesti niihin. Myös energiatuki suosii aurinkosähköä. Aurinkolämpöä suositetaan myös, mutta kuten laskelmat osoittivat, se ei ole kovinkaan kannattavaa tällaisella mitoituksella.

As. Oy litankulma olisi aurinkosähköjärjestelmän todellinen hyötyjä. Sillä tuotettua energiaa voitaisiin hyödyntää esimerkiksi ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutuksessa. Ilmanvaihtojärjestelmä kuluttaa sähköä laskennallisesti 7,8 kWh/m²/a, joten aurinkosähköjärjestelmän tuoma 5 kWh/m² kompensoisi suuren osan tästä. As. Oy litankulmassa on 77 asuntoa eli asuntoyhtiössä on yhtä monta osakasta. Investoinnin vuotuisen tuoton ollessa 1 164 €, se on yhdelle osakkaalle 15 € vuodessa eli 1,25 € kuukaudessa. Käytännön merkitys As. Oy litankulman

osakkaiden osalta olisi siten marginaalinen. Suurempi hyöty voisikin olla katolla näkyvät aurinkopaneelit. Ne saattaisivat toimia markkinointikeinona nykyisin uusiutuvasta energiasta tietoisille ihmisille. Se on rakennusliike Soimu Oy:n hyöty ja myyntiä edistävä tekijä, mutta myös sijoitusasuntoa vuokraavien asunnon omistajien etu.

9.2 Tutkimuksen luotettavuus ja virhemahdollisuudet

Tutkimuksessa hyödynnettiin kattavasti eri lähteitä. Lähteiden osalta pyrittiin käyttämään primäärlähteitä sekä lähdekritiikkiä. Tutkimuksessa myös verrattiin eri lähteiden tietoja keskenään. Tällä pyrittiin varmistamaan lähteen todenmukaisuus.

Energiatehokkuustarkastelu tehtiin FInZEB-hankkeen yhteenveto -raportin pohjalta. Kuten jo aiemmin todettiin, hankkeen johtopäätökset eivät ole sitovia, vaan pikemminkin ehdotuksia tulevien säädösten pohjaksi. Säädösten astuessa voimaan ne voivat olla erilaiset kuin hankkeen johtopäätöksissä todettiin. Lisäksi kaikille vaatimuksille ei vielä ollut ehdotettu raja-arvoja, joten tutkimus ei ottanut niitä huomioon.

Lähteet

- Ara Lähes nollaenergiatalon suunnitteluohjeet. 2013. Lähes nollaenergiatalon suunnitteluohjeet. 2 | 2013 Lahti: Asumisen rahoitus- ja kehittämisskeskuksen raportteja.
- Auringosta sähköä. 2014. http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia/aurinkosahko/aurinkosahkon_perusteet/auringosta_sahkoa. 12.5.2014.
- Aurinkoenergia ABC-opas. 2010. <http://www.suntekno.fi/resources/public/tietopankki/aurinkoenergia.pdf>. 15.4.2010.
- Aurinkoenergia. 2015. <http://www.aurinkoenergia.fi/Info/23/aurinkoenergia>. 19.3.2015.
- Aurinkolämpö. 2014. http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia/aurinkolampo. 27.5.2014.
- Aurinkolämpöjärjestelmien hintatasot ja kannattavuus Suomessa. 2015. http://www.finsolar.net/?page_id=1398. 20.5.2015.
- Aurinko-opas. 2012. Suomen rakentamismääräyskokoelma osa D5
- Aurinkosähköjärjestelmän hinta. 2014. http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia/aurinkosahko/jarjestelman_valinta/aurinkosahkojarjestelmien_hinta. 12.5.2014.
- BBC weather. 2012. <http://www.bbc.co.uk/weather/features/18026960> 13.3.2012.
- Bioenergian käyttö. 2014. http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/bioenergia/bioenergian_kaytto. 28.3.2014.
- Biokattiloiden määrä Suomessa. 2014. http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/bioenergia/tehokkaasti_puulla/biokattiloiden_maara_suomessa. 9.9.2014.
- Eklund E. 2011. Jokamiehen opas pientuulivoiman käyttöön. 2011.
- Energiateollisuus. 2015. http://energia.fi/sites/default/files/hinta_010115_0.pdf. 20.5.2015.
- EU:n ilmastopolitiikka. 2014. http://www.ym.fi/fi-fi/Ymparisto/Ilmasto_ja_ilma/Ilmastomuutoksen_hillitseminen/Euroopan_unionin_ilmastopolitiikka. 13.1.2015.
- FInZEB tausta ja tavoitteet. 2015. <http://finzeb.fi/tausta-ja-tavoitteet/>. 13.1.2015.
- FInZEB-hankkeen keskeiset johtopäätökset. 2015. http://finzeb.fi/wp-content/uploads/2015/02/FInZEB_yhteenveto_final.pdf. 5.2.2015.
- Grundström A & Mäkilä M. 2008. Turpeen ikä ja kerrostumisnopeus Lounais-Suomen soilla. Eurajoki: Posiva Oy.
- Ilmakehän ominaisuuksia. 2015. http://www.taulukot.com/index.php?search_id=mekaniikka_termodynamiikka&. 23.5.2015.
- Ilmalämpöpumppu. 2015. <http://www.sulpu.fi/ilmalampopumppu>. 26.3.2015.
- Ilmatieteenlaitos. 2015. <http://ilmatieteenlaitos.fi/havaintoasemat>. 23.5.2015.
- Investointituet uusiutuvalla energialle. 2014. http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/uusiutuva_energia_suomessa/uusiutuvan_energian_tuet/investointituet_uusiutuvalla_energialle. 21.5.2014.
- Itä-Suomi Uusiutuu. 2011. www.pohjois-karjala.fi/maakuntaliitto > Tietopalvelu > Julkaisut. 2011.
- Kerrostalosta passiivitaloksi. 2012. VTT. 12/2012.

- Kiotoon pöytäkirja. 2014. http://www.ym.fi/fi-fi/Ymparisto/Ilmasto_ja_ilma/Ilmastonmuutoksen_hillitseminen/Kansainvaliset_ilmastoneuvottelut/Kiotoon_poytakirja. 13.1.2015.
- Korpela A. 2012. Sähkömagnetiikka. <https://www.tut.fi/smg/tp/kurssit/SMG-4500/2012/luento3.pdf>. 20.3.2012.
- Lylykangas, Nieminen. 2009. http://www.passiivi.info/download/passiivitalon_maaritelma.pdf 1.7.2009.
- Lämpöpumppusanasto. 2015. <http://www.dimplex.de/fi/ammattilaisille/tekniikan-selitykset/laempeopumput/laempeopumppusanasto/kaesitteiden-maeaerittely/l.html>. 11.3.2015.
- Maalämpö. 2014. http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/lampopumput/lampopumpputeknologiat/maalampo. 24.7.2014.
- Matalaenergiatalo. 2015. http://www.motiva.fi/rakentaminen/millainen_on_energiatehokas_pientalo/matalaenergiatalon_maaritelmia. 12.1.2015.
- Minergie. 2015. http://www.minergie.ch/standard_minergie.html. 6.3.2015
- Nieminen J. 2012. Innova Kerrostalosta passiivitaloksi. 12/2012.
- Otavan opisto. 2015. http://opinnot.internetix.fi/fi/muikku2materiaalit/peruskoulu/ge/ge3/2_suomen_luonnonolot_ja_maisemat_seka_niiden_synty/06?C:D=2027348&m:selres=2027348. 24.2.2015.
- Passiivi-info. 2009. http://www.passiivi.info/download/passiivitalon_maaritelma.pdf. 1.7.2009.
- Passiivitalon määritelmä 2009 http://www.passiivi.info/download/passiivitalon_maaritelma.pdf. 12.1.2015.
- Passipedia. 2014. http://www.passipedia.org/passipedia_en/basics/passive_houses_in_different_climates. 16.12.2014.
- Passive House Institute. 2013. http://passiv.de/downloads/03_certification_criteria_residential_en.pdf. 13.9.2013.
- Passiivitalo VTT. 2006. <http://passiivitalo.vtt.fi/files/mika%20on%20passiivitalo.pdf>. 23.11.2006.
- Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategia. 2008. http://www.motiva.fi/taustatietoa/ohjauskeinot/energia_ja_ilmastostrategia. 21.2.2014.
- Poistoilmalämpöpumppu. 2013. http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjärjestelman_valinta/eri_lammitysmuodot/poistoilmalampopumppu. 7.5.2013.
- Puulämmityskiinteistöissä. 2014. http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/bioenergia/puulammitys_kiinteistoissa. 28.3.2014.
- Rakennuksen eko- ja energiatehokkuus. 2014. [http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Rakentaminen/Rakennuksen_energia_ja_ekotehokkuus/Energiatehokkuusdirektiivin_toimeenpano_\(30927\)](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Rakentaminen/Rakennuksen_energia_ja_ekotehokkuus/Energiatehokkuusdirektiivin_toimeenpano_(30927)). 12.1.2015.
- Rakennusten energiatehokkuusdirektiivi. 2014. http://www.motiva.fi/taustatietoa/ohjauskeinot/direktiivit/rakennusten_energiatehokkuusdirektiivi. 13.1.2015.
- Rakennusten energiatehokkuus. 2014. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=URISERV:en0021>. 6.2.2014.
- Ruukki. 2015. <http://www.ruukki.fi/Teras/Infrastruktuuriratkaisut/Teraspaalut/eRR--ja-eRD--energiapaalut>. 20.5.2015.
- Soimu Oy. 2014 <http://www.soimu.fi/#>. 7.4.2014.
- Sulpu. 2015. <http://www.sulpu.fi/lampopumput>. 22.4.2015.
- Suomen rakentamismääräyskokoelma D3. 2012.
- Suomen rakentamismääräyskokoelma D5. 2012.
- Suomen rakentamismääräyskokoelma RT 12-10277. 2012.

- Suomen tilastollinen vuosikirja. 2013. http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/uusiutuva_energia_suomessa/tilastotietoa. 29.12.2014
- Sähkön hintatilastot. 2015. <http://www.energiavirasto.fi/sahkon-hintatilastot>. 20.5.2015.
- Tarvainen A. M. 2008. <http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/content/members/Matalaenergiamatka%20Sveitsiin.pdf>. 6/2008.
- The Small Planet Workshop. 2010. <http://www.smallplanetworkshop.com/smallplanet-blog/2012/8/20/php-2012-vs-php-2007.html>. 26.2.2015.
- Tilastokeskus. 2015. Energiankulutus vuonna 2013. http://www.tilastokeskus.fi/til/ehk/2013/ehk_2013_2014-12-10_tie_001_fi.html. 10.12.2014.
- Tilastokeskus. 2015. <http://tilastokeskus.fi/til/ehk/index.html>. 10.3.2015.
- Tilastokeskus. 2015. http://www.stat.fi/til/ehk/2013/ehk_2013_2014-12-10_kuv_001_fi.html. 10.3.2015.
- Tuulivoimarakentamisen suunnittelu. 2012. Ympäristöhallinnon ohjeita 4/2012. Ympäristöministeriö.
- Tuulivoimateknologia. 2014. http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/tuulivoima/tuulivoimateknologia. 24.7.2014.
- Työ- ja elinkeinoministeri. 2011. http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/uusiutuva_energia_suomessa/tilastotietoa. 29.12.2014.
- Uusiutuva energia Suomessa. 2014. http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/uusiutuva_energia_suomessa. 13.1.2015.
- Uusiutuva energia Suomessa. 2014. http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/uusiutuva_energia_suomessa. 22.12.2014.
- Vesivoima. 2014. http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/vesivoima. 24.7.2014.
- VTT Uutiset. 2011. <http://www.vtt.fi/medialle/uutiset/vtt-energiatehokkuuden-parantaminen-mullistaa-rakentamisen-l%C3%A4hivuosina>. 15.3.2011.
- YK:n ilmastopöytäkirja 61/1994.
- Ympäristöministeriö. 2014. Ympäristöministeriön asetus 1/2014 rakennusten energiatehokkuudesta annetun ympäristöministeriön asetuksen muuttamisesta. Helsinki: Ympäristöministeriö.


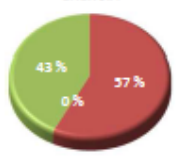
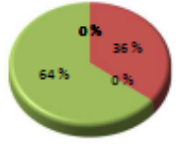
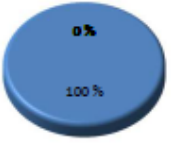
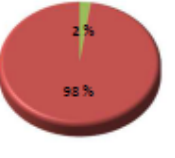
Energiaselvitys

As Oy Iitankulma


Tämä energiaselvitys sisältää SRMK osan D3 mukaisesti:

- rakennuksen kokonaisenergian kulutuksen (E-luku)
- energialaskennan lähtötiedot ja tulokset
- kesäaikaisen huonelämpötilan ja jäähdytystehotiedot
- rakennuksen lämpöhäviöiden määräystenmukaisuuslaskelman
- rakennuksen lämmitystehon mitoitusilanteessa
- rakennuksen energiatodistuksen
- poikkeuslupaa varten IV-koneiden erillinen SFP-luku laskenta

Rakennukselle laskettu E-luku on **121 kWh/(m²a)**

		RAKENNUKSEN ENERGIASIMULOINTI OSTOENERGIAN TARVE	
As Oy Iitankulma		Asiakirja n:o 13154 Projekti n:o Pvm. Viim. muutos Laadittu 13.5.2014	Laatiija/Tark. petteri.halonen
PERUSTIEDOT: Geometriamallin pinta-ala: 3 447,4 m ² Geometriamallin tilavuus: 9 270,4 m ³ Simuloinnin kuvaus: Perustapaus			
VOUUIINEN OSTOENERGIAN TARVE			
	MWh	kWh/m ²	kWh/m ³
Lämmitysenergia	211,4	61,3	22,8
Jäähdytysenergia	0,0	0,0	0,0
Sähköenergia	156,5	45,4	16,9
Yhteensä	367,9	106,7	39,7
ENERGIA 			
E-LUVUN ERITTELY			
Energiamuoto	Osto- energia MWh	Energia- muoto- kerroin	Energiamuotokertoimilla painotettu energiankulutus MWh kWh/m ²
Kaukolämpö	211,4	0,70	148,0 42,9
Kaukojäähdytys	0,0	0,40	0,0 0,0
Sähkö	156,5	1,70	266,1 77,2
Uusiutuva	0,0	0,50	0,0 0,0
Fossiilinen	0,0	1,00	0,0 0,0
E-luku			121
Uusiutuva omavaraisenergia			
	MWh	kWh/m ²	
Aurinkolämpö	0,0	0,0	
Aurinkosähkö	9,0	2,6	
Tuulisähkö	0,0	0,0	
Lämpöpumpun lämmönlähteestä ottama energia	0,0	0,0	
Muu	0,0	0,0	
Uusiutuvat omavaraisenergiat yhteensä:	9,0	2,6	
ENERGIAMUOTOKERTOIMILLA PAINOTETTU ENERGIA 			
UUSIUTUVA OMAVARAI- ENERGIA, JAKAUMA 			
UUSIUTUVAN OMAVARAISENERGIAN OSUUS KOKONAISENERGIAN TARPEESTA 			


1 (1)

		RAKENNUKSEN ENERGIASIMULOINTI E-LUVUN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT			
As Oy Iitankulma		Asiakirja n:o Projekti n:o 13154 Pvm. Laatiija/Tark. Viim. muutos Laadittu 13.5.2014 petteri.halonen			
Rakennuksen käyttötarkoitus Rakennusvuosi Lämmitetty nettoala		Asuinkerrostalo 2015 3 447,4 m ²			
Ilmanvuotoluku q50		0,8 m ³ /(h·m ²)			
Rakennusvalipan umpiosat		A m ²	U W/(m ² ·K)	U A W/K	%
Ulkoseinät		1 404,7	0,17	243,95	27,4
Yläpohja		499,5	0,09	46,22	5,2
Alapohja		525,0	0,16	84,29	9,5
Ikkunat		298,3	1,00	298,29	33,4
Ulkio-ovet		220,1	1,00	219,01	24,6
Kylmäsiilit				0,00	0,0
Ikkunat ilmansuunnittain		A m ²	U-lasiosa W/(m ² ·K)	U-ikkuna W/(m ² ·K)	g-arvo
Pohjoinen		0,0	0,00	0,00	0,0
Kotilinen		88,4	1,00	1,00	0,5
Itä		0,0	0,00	0,00	0,0
Kaakko		44,7	1,00	1,00	0,5
Etelä		0,0	0,00	0,00	0,0
Lounas		125,9	1,00	1,00	0,5
Länsi		0,0	0,00	0,00	0,0
Luode		39,3	1,00	1,00	0,5
Kattoikkunat		0,0	0,00	0,00	0,0
		298,3			
Ilmanvaihtojärjestelmä		Ilmavirta tulo/poisto (m ³ /s)/(m ³ /s)		Järjestelmän SFP-luku kW/(m ³ /s)	LTO:n lämpö- tilasuhde -
Asunnot		1,30	1,30	2,06	65
Autotalli		0,14	0,14	0,67	100
Varasto + yhteiset		0,11	0,11	1,74	65
Porras- + käytävät		0,18	0,18	0,67	100
Ilmanvaihtojärjestelmä		1,72	1,72	1,79	
Lämmitysjärjestelmä		Tuoton hyötysuhde	Jaon ja luovut. hyötysuhde	Lämpökerroin ¹	Apulaitteiden sähkönkäyttö ²
		-	-	-	W
Tilojen ja IV:n lämmitys		1,00	0,90	0,00	0,0
LKV:n valmistus		1,00	0,90	0,00	0,0
¹ vuoden keskimääräinen lämpökerroin lämpöpumpulle					
² lämpöpumpujärjestelmissä voi sisältyä lämpöpumpun vuoden keskimääräiseen lämpökertoimeen					
Jäähdytysjärjestelmä		Jäähdytyskauden painotettu kylmäkerroin, -			
		2,50			
LKV:n käyttö		m ³ /(m ² ·a)	yht. m ³ /a		
		0,600	2068		
Sisäiset lämpökuormat		Henkilöt W/m ²	Kuluttajalaitteet W/m ²	Valaistus W/m ²	Käyttöaste
		3	4	11	0,6/0,1
Päiväys		Allekirjoitus		Nimen selvennys	

RIUSKA versio 4.9.16 - E:\projektit\13000\13154\UVT\Energiatodistus\riuska_excel\rep.Energia_E-luku(case 1).2014-05-12.xlsx

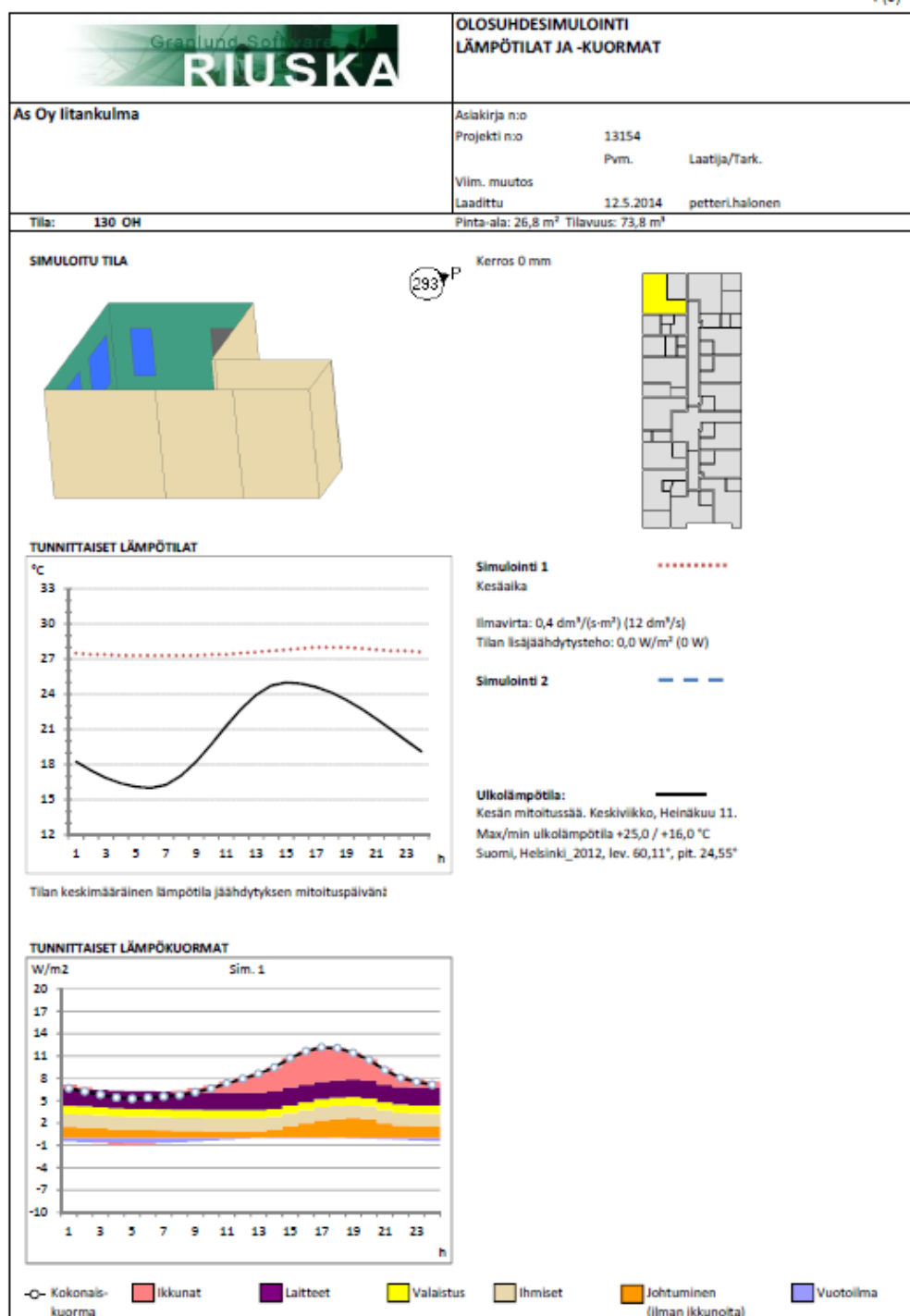
E:\projektit\13000\13154\UVT\Energiatodistus\riuska_excel\rep.Energia_E-luku(case 1).2014-05-12.xlsx

1 (1)

		RAKENNUKSEN ENERGIASIMULOINTI E-LUVUN LASKENNAN TULOKSET	
As Oy Iitankulma		Asiakirja n:o 13154 Projekti n:o Pvm. Viim. muutos Laadittu 13.5.2014 petteri.halonen	Laatija/Tark.
Rakennuksen käyttötarkoitus Rakennusvuosi Lämmitetty nettoala	Asuinkerrostalo 2015 3 447,4 m ²		
E-luku	121 kWh/(m ² ·a) (kWh lämmitettyä nettoalaa kohti)		
E-luvun erittely	Ostoenergia kWh/a 156 504 211 363 0 0 0 Yhteensä 367 867	Energiamuodon kerroin - 1,70 0,70 0,40 0,50 1,00	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus kWh/a 266 057 147 954 0 0 0 414 011 121
Uusiutuva omavaraisenergia	kWh/a 9 007 0 0 0	kWh/(m ² ·a) 3 0 0 0	
Rakennusten teknisten järjestelmien energiankulutus	kWh/(m ² ·a) - 0,0 9,6 0,0 7,8 1,1 29,5 Yhteensä 48,0	kWh/(m ² ·a) - 20,2 0,0 41,1 - - 61,3	Kaukojäähdytys kWh/(m ² ·a) - - - 0,0 0,0
Ilmanvaihdon tuloilman lämpeneminen tilassa ja korvausilman lämmitys kuuluu tilojen lämmitykseen			
Energian nettotarve	kWh/a 62 565 33 159 120 660 9 206	kWh/(m ² ·a) 18,1 9,6 35,0 2,7	
^a sisältää vuotoilman, korvausilman ja tuloilman lämpenemisen tilassa ^b laskettu lämmöntalteenoton kanssa			
Lämpökuormat	kWh/a 13 562 46 483 61 977 39 668 21 186	kWh/(m ² ·a) 3,9 13,5 18,0 11,5 6,1	
Laskentatyökalun nimi ja versionumero RIUSKA 4.9.16			
Päiväys	Allekirjoitus	Nimen selvennys	

RIUSKA ver. 4.9.16 E:\Projektit\13000\13154\LV\MAGICAD\ROOM\13154.rsk / Laskentatapa: 1

E:\Projektit\13000\13154\LV\Energialadistus\RIUSKA_excel\rep.Energia_E-luku(case 1).2014-05-12.xlsx

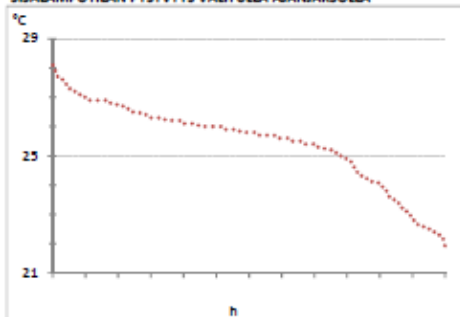


2 (3)

Tila: 130 OH			
LÄHTÖTIEDOT		Simulointi 1	Simulointi 2
SISÄILMAN LAATUTASO			
Tilan lämpötila, max. / asetusarvo	°C	27,0 / 26,9	
Tilan lämpötila, min. / asetusarvo	°C	21,0 / 21,0	
ILMANVAIHTO			
Järjestelmä		VAV	
Ilmavirta	dm³/(s·m²)	0,4 / 0,3	
Lämpötila-asetus talvi/kesä	°C	19 / 17	
Jäähdytyspatteri (on/ei)		on	
Aikataulu		00-24	
Yötuuletus (T) / Yöjäähdytys (J)			
Lämpötilakerrostuma	K/m	0,00	
Vuotoilmakerroin	1/h	0,094	
SISÄISET KUORMAT			
Ihmiset	lukumäärä, max	0,64	
	vaatetus	Normaali työasu	
	työn tehotaso	Met	1,2
	kuorma (25 °C:ssa)	W/hlö	75,0
	aikataulu		00-24
Valaistus	kuorma, max	W/m²	1,1
	aikataulu		00-24
Laitteet	kuorma, max	W/m²	2,4
	aikataulu		00-24
RAKENTEET			
Ulkoseinä	rakenne / U-arvo	W/(m²·K)	US 01/0,17
Yläpohja	rakenne / U-arvo	W/(m²·K)	-
Alapohja	rakenne / U-arvo	W/(m²·K)	-
Rakenteiden tehollinen massa	kg/lattia-m²		538
IKKUNAT ULKOSEINISSÄ JA KATOISSA			
Auringonsäteilyn kokonaisläpäisy	%	50,0	
U-arvo (lasiosa)	W/(m²·K)	1,00	
Lasiosan ala ja suuntaus	m²	4,9 (LOU); 0,6 (LUD)	
Rakenne		2xclear+low-e, (Argon+Argon) 6+6+6mm	
Suojaus		Ylälappu; Sälekaihtimet	
HUONEYKSIKÖT			
Jäähdytysteho (ei sis. ilmanvaihtoa)	W/m²	0,0	
SISÄISTEN KUORMIEN AIKATAULUT			
<div> <div> Henkilöiden lkm. </div> <div> Valaistus W/m2 </div> <div> Laitteet W/m2 </div> </div>			

Tila: 130 OH

SISÄLÄMPÖTILAN PYSYVYYS VALITULLA AJANJAKSOLLA



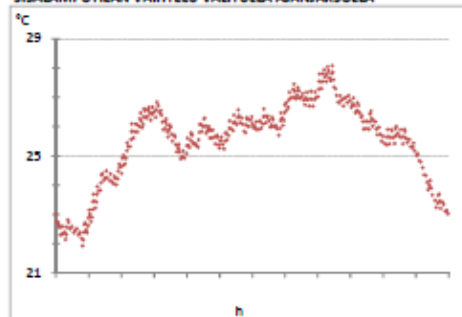
Ma,Ti,Ke,To,Pe,La,Su. Kello 00-24. 2208 tuntia

Kuuauudet: 6,7,8

Lämpötilaraja 27,0 °C ylittyy:

Sim. 1: 73,2 astetunnilla. Tuntien lukumäärä on 166.

SISÄLÄMPÖTILAN VAIHTELU VALITULLA AJANJAKSOLLA



Rakennuksen lämpöhäviön tasauslaskelma, D3-2012 (voimassa 1.7.2012 alkaen)

Rakennuskohde	As Oy Iitankulma
Rakennuslupatunnus	
Rakennustyyppi	Asuinrakennus
Pääsuunnittelija	Matti Aittapeli
Tasauslaskelman tekijä	Petteri Haanen
Päiväys	14.5.2014
Tulos: Suunnitteluratkaisu	TÄYTTÄÄ VAATIMUKSET

Rakennuksen laajuustiedot

Rakennuslaajuus	12 550 rak-m²
Maanpäälliset kerrostasot yhteensä	3 411 m²
Lämmitetty nettoala, lämpimät tilat	3 440 m²
Lämmitetty nettoala, puoli- ja puolilämpimät tilat	270 m²
Rakennusluokka (1 - 9)	2
Ilmanvaihdon huonekohtainen ohjauksen mahdollisuus (0 tai 1)	1
Rakennuksen kerrosmäärä	6 kerrosta

Laskentatulokset

Julkisivupinta-ala on 2141 m²
 Ikkunapinta-ala on 10 % maanpäällisistä kerrostasosista
 Ikkunapinta-ala on 15 % julkisivun pinta-alaista
 Lämpöhäviö on 75 % vertailutasosta (lämpimät tilat)
 Lämpöhäviö on 94 % vertailutasosta (puoli- ja puolilämpimät tilat)

Perustiedot

		Pinta-ala, m² [A]		U-arvot, W/(m² K) [U]		Ominaislämpöhäviö, W/K [H _{tot} = A · U]		
RAKENNUSOSAT		Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- arvo	Enimmäis- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- ratkaisu	Suunnittelu- ratkaisu
Lämpimät tilat								
Ulkoseinä		1 288	1 471	0,17	0,09	0,17	218,9	250,1
Hirsiseinä				0,40	0,09		-	-
Yläpohja		543	544	0,09	0,09	0,09	48,9	49,0
Alapohja (ulkomaan rajoittuva)				0,09	0,09		-	-
Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva) ¹⁾				0,17	0,09		-	-
Alapohja (maanvastainen) ²⁾			275	0,18	0,09	0,16	43,9	43,9
Muu maanvastainen rakennusosa ³⁾			34	0,18	0,09		5,4	-
Ikkunat		510,1	327,0	1,00	1,00	1,00	510,1	327,0
Ulkiovet ja tuuletusluukut ⁴⁾			136,0	1,00	1,00	1,00	136,0	136,0
Kattokkunnat				1,00	1,00		-	-
Katovelokuvut		1,6	1,0	1,00	2,00		1,6	-
Lämpimät tilat yhteensä		2 788	2 788				964,8	808,0
Puoli- ja puolilämpimät tilat tai määrälliset rakennukset								
Ulkoseinä			132	0,28	0,09	0,17	34,3	22,4
Hirsiseinä				0,80	0,09		-	-
Yläpohja				0,14	0,09		-	-
Alapohja (ulkomaan rajoittuva)				0,14	0,09		-	-
Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva) ¹⁾				0,28	0,09		-	-
Alapohja (maanvastainen) ²⁾			270	0,24	0,09	0,16	64,8	43,2
Muu maanvastainen rakennusosa ³⁾			12	0,24	0,09	0,16	2,9	1,9
Ikkunat				1,40	2,00		-	-
Ulkiovet ja tuuletusluukut ⁴⁾			75,0	1,40	2,00	1,00	105,0	75,0
Kattokkunnat				1,40	2,00		-	-
Katovelokuvut				1,40	2,00		-	-
Puoli- ja puolilämpimät tilat yhteensä			488				207,0	142,8
VAIPAN ILMAVUODOT		Ilmanvuotoluuku, m³/(h m²) [q _{l,v}]		Vuotolilmavirta, m³/s [q _v = q _{l,v} / 16 · A/3600]		Ominaislämpöhäviö, W/K [H _{vaip} = 1200 · q _v]		
		Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- ratkaisu	Suunnittelu- ratkaisu	
Vuotolima								
Lämpimät tilat		2,0	0,8	0,1032	0,0413	123,9	48,9	
Puoli- ja puolilämpimät tilat		2,0	0,8	0,0181	0,0072	21,7	8,7	
ILMANVAIHTO		Pistolilmavirta, m³/s [q _{v,p}]		Ilmanvaihdon LTO:n vuotehyötysuhde, % [η _v]		Ominaislämpöhäviö, W/K [H _{va} = 1200 · q _{v,p} · (1-η _v)]		
		Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- ratkaisu	Suunnittelu- ratkaisu	
Hallittu ilmanvaihto								
Lämpimät tilat			1,376		46	61	908,2	644,0
Lämpimät tilat, ei LTO-vaatimusta					0		-	-
Puoli- ja puolilämpimät tilat			0,108		46		71,3	129,6
Puoli- ja puolilämpimät tilat, ei LTO-vaatimusta					0		-	-
Rakennuksen lämpöhäviöiden tasaus						Ominaislämpöhäviö, W/K [H = H _{tot} + H _{vaip} + H _{va}]		
						Vertailu- ratkaisu	Suunnittelu- ratkaisu	
Lämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä						1 867	1 489	
Puoli- ja puolilämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä						300	281	

¹⁾ Ryömintätilaan rajoittuvan alapohjan lämmönläpäisykerroin laskennassa voidaan ottaa huomioon ryömintätilan ilman ulkolämpötilaa korkeampi vuotoinen keskilämpötila, jos ryömintätilan tuuletusaukkojen määrä on enintään 8 promillea alapohjan pinta-alaista. Tällöin osan C4 ohjeen mukaan yksityiskohtaisesti lasketun U-arvon sijaan voidaan käyttää rakenteen U-arvoa kerrottuna kertoimella 0,9. Jos ryömintätilan tuuletusaukkojen määrä on yli 8 promillea alapohjan pinta-alaista, alapohja lasketaan ulkolämpötilaan rajoittuvana.

²⁾ Maanvastaisen lattia- tai seinärakenteen lämmönläpäisykerroin voidaan osan C4 mukaisesti laskea yksinkertaisesti kertomalla peikän lattia- tai seinärakenteen lämmönläpäisykerroin kertoimella 0,9. Kerroin ottaa huomioon maan lämmönvastuksen. Yksinkertaistettu menetelmä ei ota huomioon rakennuksen geometrian vaikutusta.

³⁾ Ulkiovin ja tuuletusluukuihin sisältyvät myös savunpoisto-, uloskäynti- ja huoltoaukukset sekä muut vastaavat luukut.

Rakennuksen lämpöhäviön tasauslaskelma, D3-2012 (voimassa 1.7.2012 alkaen)

Rakennuskohde	As Oy Iitankulma		
Rakennuslupatunnus			

Rakennuksen lämpöhäviön määräystenmukaisuuden tarkistuslista (osa D3)			
Pinta-alat			
Vertailukittunapinta-ala on 15 % yhteenlasketusta maanpäällisistä kerrostaloaloista, mutta kuitenkin enintään 50 % julkisivujen pinta-ala	kyllä	ei	
	v		
Rakennusosien yhteenlaskettu pinta-ala sama molemmissa ratkaisuissa			
- lämpimissä tiloissa	v		
- puoliämpimissä tiloissa	v		
Rakennusosien U-arvot			
U-arvot ovat enintään enimmäisarvojen suuruista	kyllä	ei	
	v		
Rakennusvalpan ilmanpitävyys			
Rakennusvalpan ilmanvuotoluvun q_{50} suunniteltu arvo on enintään enimmäisarvon suuruinen	kyllä	ei	Enimmäisarvo Suunniteltu arvo
- lämpimissä tiloissa	v		4 0,80
- puoliämpimissä tiloissa	v		4 0,80
Rakennuksen lämpöhäviöiden tasaus			
Suunnitteluratkaisun ominaislämpöhäviö on enintään vertailuratkaisun suuruinen	kyllä	ei	Vertailuarvo Suunniteltu arvo
- lämpimissä tiloissa	v		1 997 W/K 1 499 W/K
- puoliämpimissä tiloissa	v		300 W/K 281 W/K
Tarkistuslistan yhteenveto			
Suunnitteluratkaisu täyttää lämpöhäviövaatimukset	kyllä	ei	
	v		

Lisäselvitykset
<p>Rakennuksen ilmanpitävyys</p> <p>Rakennuksen suunnitteluratkaisun lämpöhäviön laskennassa käytetään rakennusvalpan ilmanvuotoluvun q_{50} suunniteltu arvoa. Suunnitteluarvon valinnasta on esitettävä selvitys. Rakennusvalpan ilmanvuotoluku q_{50} saa olla enintään 4 m³/(h m²), mutta ilmanvuotoluku voi ylittää tämän arvon, jos rakennuksen käytön vaatimat rakenteelliset ratkaisut huonontavat merkittävästi ilmanpitävyyttä. Jos ilmanpitävyyttä ei osoiteta mitaamalla tai muulla menetelmällä, rakennusvalpan ilmanvuotolukuna käytetään arvoa 4 m³/(h m²).</p> <p>Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton (LTO) vuosihyötysuhde</p> <p>Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen määrittämisestä on esitettävä selvitys. Rakennuksen ilmanvaihdon poistotilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde voidaan määrittää lämmöntalteenottolaitteen valmistajan ilmoittaman varmennetun vuosihyötysuhteen perusteella. Ohjella vuosihyötysuhteen määrittämiseksi esitetään ympäristöministeriön monisteessa 122 ja tasauslaskentaoppaassa. Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde määritetään osassa D3/2012 esitetyn säävyöhykkeen säättedolilla (Helsinki-Vantaa).</p>

©Ympäristöministeriö, Tarkistuslista D3-2012 (muutokset 2012)

1 (1)

Graund Software

RIUSKA

LÄMPÖHÄVIÖLASKELMA
RAKENNUKSEN YHTEENVETO

As Oy Iitankulma

Asiakirja n:o

Projekti n:o

13154

Pvm.

Laatija/Tark.

Viim. muutos

Laadittu

13.5.2014

petteri.halonen

RAKENNUKSEN TIEDOT

Geometriamallin pinta-ala:	3 447 m ²
Geometriamallin tilavuus:	9 270 m ³
Vaipan pinta-ala:	2 948 m ²
Keskimääräinen vaipan U-arvo:	0,30 W/(m ² ·K)
Keskimääräinen vuotoilmakerroin:	0,017 1/h
Ulkoikkunoiden osuus kerrosalasta:	9 %
Ikkunoiden osuus ulkoseinästä:	16 %
Ulkolämpötila:	-32 °C
Keskimääräinen lämpöhäviön korjauskerroin:	1,00

VAIPAN JA VUOTOILMAN LÄMPÖHÄVIÖT

Häviöt käyttäjän määrittelemillä U-arvoilla

	W/m ²	W/m ²	%	W	W
Seinät:	1,3	3,6	27	12496	12787
Ikkunat:	1,7	4,6	34	15809	15809
Ovet:	1,2	3,1	23	10812	11979
Katot:	0,3	0,7	5	2383	2383
Lattiat:	0,3	0,8	6	2625	2625
Kylmäsiilit:	0,0	0,0	0	0	0
Johtuminen:	4,8	12,8	94	44125	45583
Vuotoilma:	0,3	0,8	6	2684	13431
Yhteensä:	5,0	13,6	100	46809	59014
Yhteensä korjauskertoimen kanssa:				46809	

Vaippa = Rakenteet, jotka ovat ulkoilmaa tai maaperää vastaan.

VAIPAN RAKENNETYYPIT

Osuudet vaipan alasta %

Typi	Osuus (%)
Seinät	48
Ikkunat	28
Ovet	23
Katot	5
Lattiat	6

Johtumislämpöhäviöt %

Typi	Osuus (%)
Johtuminen	94
Vuotoilma	6
Kylmäsiilit	0

Nimi (kirjastotyyppi)

W/(m²·K)

m²

Seinät	0,17	1405
US (US 01)	0,17	1405

Ikkunat	1,00	298
I (2xclear+low-e, (Argon+Argon) 6+6+6mm)	1,00	298

Ovet	1,00	220
O (UO 01)	1,00	220

Katot	0,09	500
RoofSlab Kerros 6 (YP 01)	0,09	414
RoofSlab Kerros 5 (YP 01)	0,09	86

Lattiat	0,16	525
FloorSlab Kellari (AP 01)	0,16	525

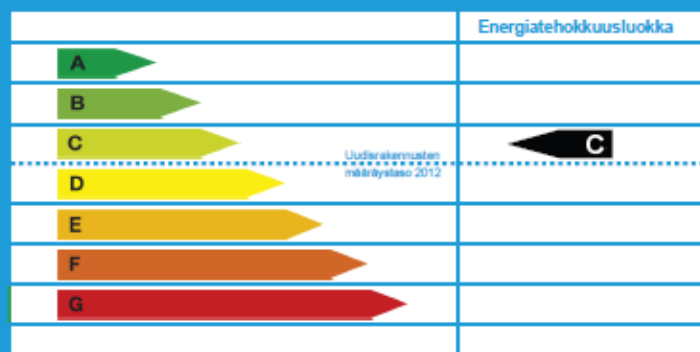
ENERGIATODISTUS

Rakennuksen nimi ja osoite: As Oy Iitankulma
Koulukatu 21
80100 Joensuu

Rakennustunnus:
Rakennuksen valmistumisvuosi: 2015

Rakennuksen käyttötarkoitusluokka: Muut asuinkerrostalot

Todistustunnus: -



Rakennuksen laskennallinen kokonaisenergiankulutus (E-luku) 121
kWh_e / (m²vuosi)

Todistuksen laatija:
Tero Hiltunen

Yritys:
Insinööritoimisto Jormakka Oy

Allekirjoitus:

Todistuksen laatimispäivä:
13.5.2014

Viimeinen voimassaolopäivä:
13.5.2024

Energiateodistus perustuu lakiin rakennuksen energiateodistuksesta (50/2013).

<

E-LUVUN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT				
Rakennuskohde				
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka	Muut asuinrakennukset			
Rakennuksen valmistusvuosi	2015	Lämmitetty nettoala	3 447	m ²
Rakennusvaihe				
Ilmanvuotoluku q_{10}	0,8	m ³ /(h m ²)		
	A m ²	U W/(m ² K)	U x A W/K	Osuus lämpöhäviöstä %
Ulkoseinät	1 404,7	0,17	244,0	27 %
Yläpohja	499,5	0,09	46,2	5 %
Alapohja	525,0	0,16	84,3	9 %
Ikkunat	298,3	1,00	298,3	33 %
Ulkiovet	220,1	1,00	219,0	25 %
Kylmäsiilat	-	-	0,0	0 %
Ikkunat ilmansuunnittain				
	A m ²	U W/(m ² K)	Q lähteevara-SFVO -	
Pohjoinen	0,0	0,00	0,00	
Koillinen	88,4	1,00	0,50	
Itä	0,0	0,00	0,00	
Kaakko	44,7	1,00	0,50	
Etelä	0,0	0,00	0,00	
Lounas	125,9	1,00	0,50	
Länsi	0,0	0,00	0,00	
Luode	39,3	1,00	0,50	
Ilmanvaihtojärjestelmä				
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus:	Hajautettu ilmanvaihto			
	Ilmavirta tulo/poisto (m ³ /s) / (m ³ /s)	Järjestelmän SFP-luku kW / (m ³ /s)	LTO:n lämpötilasuhde -	Jäähtymisenesto °C
Pääilmanvaihtokoneet	1,297	2,50	65 %	-5,0
Erillispoistot	0,427	0,80	-	-
Ilmanvaihtojärjestelmä				
Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän LTO:n vuosihyötysuhde: 61 %				
Lämmitysjärjestelmä				
Lämmitysjärjestelmän kuvaus:	Vesiradiaattorit 60/30			
	Tuoton hyötysuhde -	Jaon ja kuivituksen hyötysuhde -	Lämpökerroin ¹ -	Apulaitteiden sähkönkäyttö ² kWh/(m ² vuosi)
Tilojen ja iv:n lämmitys	100 %	90 %	0,0	0,0
Lämpimän käyttöveden valmistus	100 %	90 %	0,0	0,0
¹ vuoden keskimääräinen lämpökerroin lämpöpumpulle				
² lämpöpumpputekniikka voi sisältyä lämpöpumpun vuoden keskimääräiseen lämpökerrotimeen				
	Määrä kpl	Tuotto kWh		
Varaava tulisija ilmalämpöpumppu				
Jäähdytysjärjestelmä				
	Jäähdytyskauden painotettu kylmäkerroin -			
Jäähdytysjärjestelmä	2,5			
Lämmin käyttövesi				
	Ominaiskulutus dm ³ /(m ² vuosi)	Lämmitysenergian nettotarve kWh/(m ² vuosi)		
Lämmin käyttövesi	600	35		
Stabiilit lämpökuormat eri käyttöasteilla				
	Käyttöaste -	Henkilöt W/m ²	Kuluttajalaitteet W/m ²	Valaistus W/m ²
(D3) Asuinrakennuksen käyttöaste	0,6/0,1	3,0	4,0	11,0

E-LUVUN LASKENNAN TULOKSET

Rakennuskohde				
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka	Muut asuinrakennukset			
Rakennuksen valmistusvuosi	2015			
Lämmitetty nettoala, m²	3447,4			
E-luku, kWh _e / (m²vuosi)	121			
E-luvun erittely				
Käytettävät energiamuodot	Laskettu ostoenergia kWh/vuosi	Energiamuodon kerroin -	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus kWh _e /vuosi kWh _e /(m²vuosi)	
Kaukolämpö	211 363	0,7	147955	43
Kaukojäähdytys	0	0,4	0	0
Sähkö	156 504	1,7	266057	78
Uusiutuva	0	0,5	0	0
Fossiliinen	0	1,0	0	0
YHTEENSÄ	367 867		414 012	121
Uusiutuva omavaraisenergia, hyödyksikäytetty osuus				
		kWh/vuosi	kWh/(m²vuosi)	
Aurinkolämpö		0	0	
Aurinkosähkö		9 007	3	
Tuulisähkö		0	0	
Lämpöpumpun lämmönlähteestä ottama energia		0	0	
Muu		0	0	
Rakennuksen teknisten järjestelmien energiankulutus				
		Sähkö kWh/(m²vuosi)	Lämpö kWh/(m²vuosi)	Kaukojäähdytys kWh/(m²vuosi)
Lämmitysjärjestelmä				
Tilojen lämmitys¹		0,0	20,2	-
Tuloilman lämmitys		9,6	0,0	-
Lämpimän käyttöveden valmistus		0,0	41,1	-
Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus		7,8	-	-
Jäähdytysjärjestelmä		1,1	-	0,0
Kuluttajalaitteet ja valaistus		29,5	-	-
YHTEENSÄ		49,0	62,0	0,0
¹ Ilmanvaihdon tuloilman lämpeneminen tilassa ja korvausilman lämmitys kuuluu tilojen lämmitykseen				
Energian nettotarve				
		kWh/vuosi	kWh/(m²vuosi)	
Tilojen lämmitys²		62 565	19	
Ilmanvaihdon lämmitys³		33 159	10	
Lämpimän käyttöveden valmistus		120 660	36	
Jäähdytys		9 206	3	
² sisältää vuotoilman, korvausilman ja tuloilman lämpenemisen tilassa				
³ laskettu lämmöntalteenoton kanssa				
Lämpökuormat				
		kWh/vuosi	kWh/(m²vuosi)	
Aurinko		13 562	4	
Henkilöt		46 483	14	
Kuluttajalaitteet		61 977	18	
Valaistus		39 668	12	
Lämpimän käyttöveden kierrosta ja varastoinnin häviöistä		21 186	7	
Laskentatyökalun nimi ja versio				
Laskentatyökalun nimi ja versio	RIUSKA 4.9.16			

TOTEUTUNUT ENERGIANKULUTUS

Saatavilla olevat ostoenergian määrät ilmoitetaan sellaisenaan ilman lämmöntarvelukukorjausta.

Toteutunut ostoenergiankulutus

Lämmitetty nettoala 3447,4 m²

Ostettu energia	kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)
Kaukolämpö		
Kokonaissähkö		
Kiinteistösähkö		
Käyttäjäsähkö		
Kaukojäähdytys		

Ostetut polttoaineet ¹	polttoaineen määrä vuodessa	yksikkö	muunnos- kerroin kWh:ksi	kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)
Kevyt polttoöljy		litra	10		
Pilkkeet (havu- ja sekapuu)		pino-m ³	1300		
Pilkkeet (koivu)		pino-m ³	1700		
Puupelletit		kg	4,7		

¹ Selostus ostettujen polttoaineiden määrän arvioinnista (yksikköä vuodessa) tulee esittää kohdassa "Lisämerkintöjä".

Toteutunut ostoenergia yhteensä

	kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)
Sähkö yhteensä		
Kaukolämpö yhteensä		
Polttoaineet yhteensä		
Kaukojäähdytys		
YHTEENSÄ	0	

Toteutunut energiankulutus riippuu mm. rakennuksen käyttäjien lukumäärästä ja käyttötottumuksista, käyttöajaloista, sisäisistä kuormista, rakennuksen sijainnista ja vuotuisista sääolosuhteista. Laskennallisessa tarkastelussa nämä asiat on vakioitu. Taulukossa ilmoitetut luvut saattavat sisältää kulutusta, joka ei sisälly laskennalliseen ostoenergiankulutukseen. Taulukosta voi myös puuttua energiankulutuksia, joiden kulutustietoja ei ollut saatavilla todistusta laadittaessa. Näiden syiden vuoksi toteutunut ostoenergiankulutus ei ole verrattavissa laskennalliseen ostoenergian kulutukseen.

LISÄMERKINTÖJÄ

IV-koneiden SFP-luku ylittää sallitun raja-arvon. SFP-luvun kompensoimiseksi asennetaan aurinkopaneelit, jotka tuottavat laskennallisesti vuodessa 10889 kWh. Kompensointi laskelma liitteessä.

13154 Iltankulma SFP-luku laskenta LTO koneille ja kompensointi energiantuotto aurinkopaneelilla
Insinööritoimisto Jormakka Oy / PH 7.4.2014
Poistopuhaltimille varataan 75 Pa

IV-kone Swegon Casa 270 K

1. krs.				2-5. krs.				6. krs				
As	poisto l/s	Sähkö W	SFP	As	poisto l/s	Sähkö W	SFP	As	poisto l/s	Sähkö W	SFP	
1	18	55		3,1	53	24	55	2,3	66	18	55	3,1
2	18	55		3,1	54	18	55	3,1	67	31	75	2,4
3	18	55		3,1	55	18	55	3,1	68	40	100	2,5
4	18	55		3,1	56	18	55	3,1	69	28	75	2,7
5	28	75		2,7	57	28	75	2,7	70	31	75	2,4
6	18	55		3,1	58	18	55	3,1	71	42	100	2,4
7	24	55		2,3	59	24	55	2,3	72	18	55	3,1
8	36	75		2,1	60	36	75	2,1	73	18	55	3,1
9	34	75		2,2	61	34	75	2,2				
10	34	75		2,2	62	34	75	2,2				
11	18	55		3,1	63	18	55	3,1				
12	18	55		3,1	64	18	55	3,1				
13	18	55		3,1	65	18	55	3,1				
YHT	300	795	4x		1224	3180			226	590		

LTO poistotilavirta **1750 l/s**
Sähkönotto **4565 W**
SFP **2,61 kW/m3/s**

Vertailuksi IV-kone EC-puhaltimilla
IV-kone Swegon Casa W80

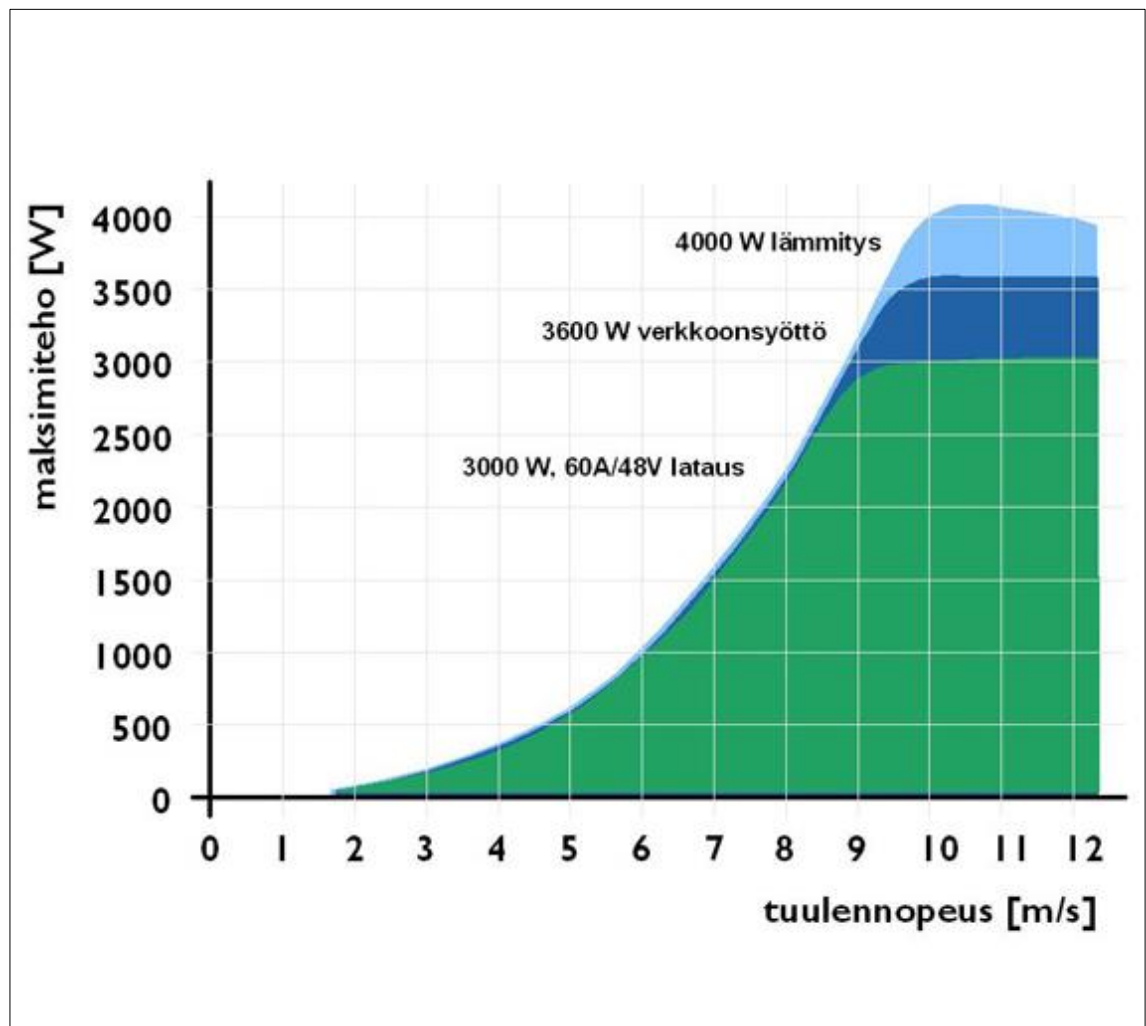
1. krs.				2-5. krs.				6. krs.			
As	poisto l/s	Sähkö W	SFP	As	poisto l/s	Sähkö W	SFP	As	poisto l/s	Sähkö W	SFP
1	18	30	1,7	53	24	30	1,3	66	18	30	1,7
2	18	30	1,7	54	18	30	1,7	67	31	40	1,3
3	18	30	1,7	55	18	30	1,7	68	40	65	1,6
4	18	30	1,7	56	18	30	1,7	69	28	40	1,4
5	28	40	1,4	57	28	40	1,4	70	31	40	1,3
6	18	30	1,7	58	18	30	1,7	71	42	65	1,5
7	24	30	1,3	59	24	30	1,3	72	18	30	1,7
8	36	40	1,1	60	36	40	1,1	73	18	30	1,7
9	34	40	1,2	61	34	40	1,2				
10	34	40	1,2	62	34	40	1,2				
11	18	30	1,7	63	18	30	1,7				
12	18	30	1,7	64	18	30	1,7				
13	18	30	1,7	65	18	30	1,7				
YHT	300	430	4x	1224	1720			226	340		

LTO poistotilavirta **1750 l/s**
Sähkönotto **2490 W**
SFP **1,42 kW/m3/s**

Kompensointi

Määräytöksen alle 2,0 kW/m3/s (laskettu arvoilla 1,9 kW/m3/s)
Laskennallinen keskitheho 1,243 kW
vuodessa 10889 kWh

EC-puhallin tasolle 1,42 kW/m3/s
Laskennallinen keskitheho 2,083 kW
vuodessa 18243 kWh



Kuvio 1. Tuulivoimalan tuulen teho eri tuulen nopeuksilla

	RAKENNUKSEN ENERGIASIMULOINTI E-LUVUN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT				
	Asiakirja n:o Projekti n:o <div>Pv m.</div> <div>Laa- tija/Tark.</div> Viim. muutos Laa- dittu				
Rakennuksen käyttötarkoitus					
Rakennusvuosi					
Lämmitetty nettoala	3 447,4	m²			
Ilmanvuotoluku q50	0,8	m³/(h·m²)			
Rakennusvaipan umpiosat	A m²	U W/(m²·K)	U A W/K	%	
Ulkoseinät	1 624,8	0,10	166,51	25,7	
Yläpohja	499,5	0,07	35,33	5,4	
Alapohja	525,0	0,16	84,29	13,0	
Ikkunat	298,3	0,70	208,80	32,2	
Ulko-ovet	220,1	0,70	154,07	23,7	
Kylmäsillat			0,00	0,0	
Ikkunat ilmansuunnittain	A m²	U-lasiosa W/(m²·K)	U-ikkuna W/(m²·K)	g-arvo -	
Pohjoinen	0,0	0,00	0,00	0,0	
Koillinen	88,4	0,70	0,70	0,3	
Itä	0,0	0,00	0,00	0,0	
Kaakko	44,7	0,70	0,70	0,3	
Etelä	0,0	0,00	0,00	0,0	
Lounas	125,9	0,70	0,70	0,3	
Länsi	0,0	0,00	0,00	0,0	
Luode	39,3	0,70	0,70	0,3	
Kattoikkunat	0,0	0,00	0,00	0,0	
	298,3				
Ilmanvaihtojärjestelmä	Ilmavirta tulo/poisto (m³/s)/(m³/ s)		Järjestelmän SFP-luku kW/(m³/s)	LTO:n lämpö- tilasuhde -	Jäätymisen esto °C
Asunnot	1,3 0	1,3 0	2,06	80	-5
Autotalli	0,1 4	0,1 4	0,67	100	-20
Varasto + yhteiset	0,1 1	0,1 1	1,74	80	-5
Porrash. + käytävät	0,1 8	0,1 8	0,67	100	-5
Ilmanvaihtojärjestelmä	1,7 2	1,7 2	1,79		
Lämmitysjärjestelmä	Tuoton hyötysuhde -	Jaon ja luovut. hyötysuhde -	Lämpöker- roin¹ -	Apulaittei- den sähkön- käyttö² W	

Tilojen ja IV:n lämmitys	1,00	0,90	0,00	0,0
LKV:n valmistus	1,00	0,90	0,00	0,0

¹vuoden keskimääräinen lämpökerroin lämpöpumpulle²lämpöpumpputilajärjestelmissä voi sisältyä lämpöpumpun vuoden keskimääräiseen lämpökertoimeen

Jäähdytysjärjestelmä	Jäähdytyskauden painotettu kylmäkerroin, -			
	2,50			
LKV:n käyttö	m ³ /(m ² ·a)	yh t.	m ³ /a	
	0,600		2068	
Sisäiset lämpökuormat	Henkilöt	Kuluttajalaitteet	Valaistus	Käyttöaste
	W/m ²	W/m ²	W/m ²	-
	3	4	11	0,6/0,1
Päiväys	Allekirjoitus	Nimen selvennys		

		RAKENNUKSEN ENERGIASIMULOINTI E-LUVUN LASKENNAN TULOKSET		
		Asiakirja n:o Projekti n:o Pvm . Laatija/Tark. Viim. muutos Laa- dittu		
Rakennuksen käyttötarkoitus				
Rakennusvuosi				
Lämmitetty netto- ala		3 447,4	m²	
E-luku		80	kWh/(m²·a) (kWh lämmitettyä nettoalaa kohti)	
E-luvun erittely		Ostoenergia	Energiamuo- don kerroin	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus kWh/(m²·a)
		kWh/a	-	kWh/a
Sähkö		102 077	1,70	173 531
Kaukolämpö		144 690	0,70	101 283
Kaukojäähdytys		0	0,40	0
Uusiutuva poltto- aine		0	0,50	0
Fossiilinen polttoaine		0	1,00	0
				0
Yhteensä		246 767		274 814
				80

Uusiutuva omavarais-energia	kWh/a	kWh/(m ² ·a)	
Aurinkosähkö	7 577	2	
Aurinko-lämpö	0	0	
Tuulisähkö	0	0	
Lämpöpumpun lämmönlähteestä ottama energia	0	0	
Rakennusten teknisten järjestelmien energiankulutus	Sähkö kWh/(m ² ·a)	Lämpö kWh/(m ² ·a)	Kaukojäähdytys kWh/(m ² ·a)
Lämmitysjärjestelmä	-		
Tilojen lämmitys ¹	0,0	0,8	
Tuloilman lämmitys	0,3	0,0	
Lämpimän käyttöveden valmistus	0,0	41,1	
Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus	0,7	-	
Jäähdytysjärjestelmä	0,2		0,0
Kuluttajalaitteet ja valaistus	30,7	-	
Yhteensä	31,8	42,0	0,0
¹ ilmanvaihtojärjestelmän tuloilman lämpeneminen tilassa ja korvausilman lämmitys kuuluu tilojen lämmitykseen			
Energian netto-tarve	kWh/a	kWh/(m ² ·a)	
Tilojen lämmitys ²	2 560	0,7	
Ilmanvaihtojärjestelmän lämmitys ³	881	0,3	
Lämpimän käyttöveden valmistus	120 660	35,0	
Jäähdytys	1 334	0,4	
² sisältää vuotoilman, korvausilman ja tuloilman lämpenemisen tilassa			
³ laskettu lämmöntalteenoton kanssa			
Lämpökuormat	kWh/a	kWh/(m ² ·a)	
Aurinko	0	0,0	
Ihmiset	54 359	15,8	
Kuluttajalaitteet	72 479	21,0	
Valaistus	33 219	9,6	
Lämpimän käyttöveden häviöenergiat	21 186	6,1	
Laskentatyökalun nimi ja versionumero	RIUSKA	4.9.16	
Päiväys	Allekirjoitus	Nimen selvennys	

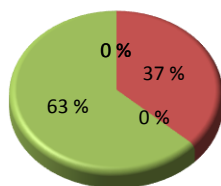
	RAKENNUKSEN ENERGIASIMULOINTI OSTOENERGIAN TARVE
	Asiakirja n:o Projekti n:o

			Pv m.	Laatija/Tark.																																							
			Viim. muutos Laa- dittu																																								
<div>PERUSTIE</div> <div>DOT:</div> <div>Geometriamallin pinta- ala:3 447,4 m²</div> <div>Geometriamallin tila- vuus:9 270,4 m³</div> <div>Simuloinnin ku- vaus:</div> <div>Perustapaus</div>																																											
<div>VUOTUINEN OSTOENERGIAN TARVE</div> <table><tr><td></td><td></td><td>k W h / m²</td><td>k W h / m³</td></tr><tr><td></td><td>M W h</td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td>Lämmitysenergia</td><td>144,7</td><td>42,0</td></tr><tr><td></td><td>Jäähdytysenergia</td><td>0,0</td><td>0,0</td></tr><tr><td></td><td>Sähköenergia</td><td>102,1</td><td>29,6</td></tr><tr><td></td><td>Yh- teensä</td><td>246,8</td><td>71,6</td></tr></table> <div>ENER GIA</div> <div>E-LUVUN ERITTELY</div> <table><tr><td></td><td></td><td>E n e r g i a</td><td></td><td>Ener gia- muo to- ker- toi- milla pai- no- tettu ener gian- kulu- tus</td></tr><tr><td>Energia- muoto</td><td>O s t o- e n e r g i a</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td>M W h</td><td>r o</td><td>M W h</td><td>kWh /m²</td></tr></table>							k W h / m²	k W h / m³		M W h				Lämmitysenergia	144,7	42,0		Jäähdytysenergia	0,0	0,0		Sähköenergia	102,1	29,6		Yh- teensä	246,8	71,6			E n e r g i a		Ener gia- muo to- ker- toi- milla pai- no- tettu ener gian- kulu- tus	Energia- muoto	O s t o- e n e r g i a					M W h	r o	M W h	kWh /m²
		k W h / m²	k W h / m³																																								
	M W h																																										
	Lämmitysenergia	144,7	42,0																																								
	Jäähdytysenergia	0,0	0,0																																								
	Sähköenergia	102,1	29,6																																								
	Yh- teensä	246,8	71,6																																								
		E n e r g i a		Ener gia- muo to- ker- toi- milla pai- no- tettu ener gian- kulu- tus																																							
Energia- muoto	O s t o- e n e r g i a																																										
	M W h	r o	M W h	kWh /m²																																							

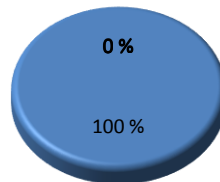
	i n			
Kaukolämpö	144,7	0,70	101,3	29,4
Kaukojäähdytys	0,0	0,40	0,0	0,0
Sähkö	102,1	1,70	173,5	50,3
Uusiutuva	0,0	0,50	0,0	0,0
Fossili-	0,0	1,00	0,0	0,0
linen				
E-luku				80

Uusiutuva omavaraisenergia	M W h	kWh /m ²
Aurinkolämpö	0,0	0,0
Aurinkosähkö	7,6	2,2
Tuuli- sähkö	0,0	0,0
Lämpöpumpun lämmönlähteestä ottama energia	0,0	0,0
Muu	0,0	0,0
Uusiutuvat omavaraisenergiat yhteensä:	7,6	2,2

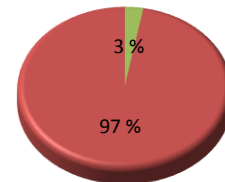
ENERGIA
UOTOKER
TOIMILLA
PAINOTETTU
ENERGIA



UUSIUTUVA
OMAVARAISENERGIA
JAKAUSMA



UUSIUTUVAN
OMAVARAISENERGIAN
OSUUS
KOKONAISEN
ENERGIAN
TARPEESTA



	RAKENNUKSEN ENERGIASIMULOINTI E-LUVUN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT			
	Asiakirja n:o Projekti n:o <div> Pv m. <div>Laa- tija/Tark.</div> </div> Viim. muutos Laa- dittu			
Rakennuksen käyttötarkoitus				
Rakennusvuosi				
Lämmitetty nettoala	3 447,4	m ²		
Ilmanvuotoluku q50	0,8	m ³ /(h·m ²)		
Rakennusvaipan umpiosat	A m ²	U W/(m ² ·K)	U A W/K	%
Ulkoseinät	1 624,8	0,17	282,18	33,5
Yläpohja	499,5	0,09	46,22	5,5
Alapohja	525,0	0,16	84,29	10,0
Ikkunat	298,3	0,70	208,80	24,8
Ulko-ovet	220,1	1,00	220,10	26,2
Kylmäsilat			0,00	0,0
Ikkunat ilmansuunnittain	A m ²	U-lasiosa W/(m ² ·K)	U-ikkuna W/(m ² ·K)	g-arvo -
Pohjoinen	0,0	0,00	0,00	0,0
Koillinen	88,4	0,70	0,70	0,3
Itä	0,0	0,00	0,00	0,0
Kaakko	44,7	0,70	0,70	0,3
Etelä	0,0	0,00	0,00	0,0
Lounas	125,9	0,70	0,70	0,3
Länsi	0,0	0,00	0,00	0,0
Luode	39,3	0,70	0,70	0,3
Kattoikkunat	0,0	0,00	0,00	0,0
	298,3			
Ilmanvaihtojärjestelmä	Ilmavirta tulo/poisto (m ³ /s)/(m ³ /s)	Järjestelmän SFP-luku kW/(m ³ /s)	LTO:n lämpö- tilasuhde -	Jäätymisen esto °C
Asunnot	1,3 0 0,1	1,3 0 0,1	2,06	65
Autotalli	4 0,1	4 0,1	0,67	100
Varasto + yhteiset	1 0,1	1 0,1	1,74	65
Porrash. + käytävät	8 1,7	8 1,7	0,67	100
Ilmanvaihtojärjestelmä	2	2	1,79	
Lämmitysjärjestelmä	Tuoton hyötysuhde	Jaon ja luovut. hyötysuhde	Lämpöker- roin ¹	Apulaittei- den sähkön- käyttö ²

	-	-	-	W
Tilojen ja IV:n lämmitys	1,00	0,90	0,00	0,0
LKV:n valmistus	1,00	0,90	0,00	0,0
¹ vuoden keskimääräinen lämpökerroin lämpöpumpulle				
² lämpöpumppujärjestelmissä voi sisältyä lämpöpumpun vuoden keskimääräiseen lämpökertoimeen				
Jäähdytys-järjestelmä	Jäähdytyskauden painotettu kylmäkerroin, -			
	2,50			
LKV:n käyttö	m ³ /(m ² ·a)	yh t.	m ³ /a	
	0,600	2068		
Sisäiset lämpökuor-mat	Henkilöt W/m ²	Kuluttajalaitteet W/m ²	Valaistus W/m ²	Käyttöaste -
	3	4	11	0,6/0,1
Päiväys	Allekirjoi-tus	Nimen selvennys		

		RAKENNUKSEN ENERGIASIMULOINTI E-LUVUN LASKENNAN TULOKSET		
		Asiakirja n:o Projekti n:o Pvm . Laatija/Tark. Viim. muutos Laa- dittu		
Rakennuksen käyttötarkoitus				
Rakennusvuosi				
Lämmitetty netto-ala	3 447,4	m ²		
E-luku	115	kWh/(m ² ·a) (kWh lämmitettyä nettoalaa kohti)		
E-luvun erittely	Ostoenergia	Energiamuodon kerroin	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus kWh/(m ² ·a)	
	kWh/a	-	kWh/a)
Sähkö	155 830	1,70	264 912	77
Kaukolämpö	183 727	0,70	128 609	37
Kaukojäähdytys	0	0,40	0	0
Uusiutuva polttoaine	0	0,50	0	0
Fossiilinen polttoaine	0	1,00	0	0
			0	0
Yhteensä	339 557		393 520	115

Uusiutuva omavarais-energia			
	kWh/a	kWh/(m ² ·a)	
Aurinkosähkö	9 007	3	
Aurinko-lämpö	0	0	
Tuulisähkö	0	0	
Lämpöpumpun lämmönlähteestä ottama energia	0	0	
Rakennusten teknisten järjestelmien energiankulutus			
	Sähkö kWh/(m ² ·a)	Lämpö kWh/(m ² ·a)	Kaukojäähdytys kWh/(m ² ·a)
Lämmitysjärjestelmä	-		
Tilojen lämmitys ¹	0,0	12,1	
Tuloilman lämmitys	9,4	0,0	
Lämpimän käyttöveden valmistus	0,0	41,1	
Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus	7,8	-	
Jäähdytysjärjestelmä	1,1		0,0
Kuluttajalaitteet ja valaistus	29,5	-	
Yhteensä	47,8	53,3	0,0
¹ ilmanvaihdon tuloilman lämpeneminen tilassa ja korvausilman lämmitys kuuluu tilojen lämmitykseen			
Energian netto-tarve			
	kWh/a	kWh/(m ² ·a)	
Tilojen lämmitys ²	37 693	10,9	
Ilmanvaihdon lämmitys ³	32 486	9,4	
Lämpimän käyttöveden valmistus	120 660	35,0	
Jäähdytys	9 206	2,7	
² sisältää vuotoilman, korvausilman ja tuloilman lämpenemisen tilassa			
³ laskettu lämmöntalteenoton kanssa			
Lämpökuormat			
	kWh/a	kWh/(m ² ·a)	
Aurinko	8 949	2,6	
Ihmiset	46 483	13,5	
Kuluttajalaitteet	61 977	18,0	
Valaistus	39 668	11,5	
Lämpimän käyttöveden häviöenergiat	21 186	6,1	
Laskentatyökalun nimi ja versionumero			
	RIUSKA		
	4.9.16		
Päiväys	Allekirjoitus	Nimen selvennys	

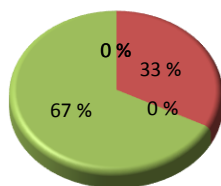
	RAKENNUKSEN ENERGIASIMULOINTI OSTOENERGIAN TARVE
	Asiakirja n:o Projekti n:o

				Pv m.	Laatija/Tark.																				
				Viim. muutos Laa- dittu																					
<div>PERUSTIE</div> <div>DOT:</div> <div>Geometriamallin pinta- ala:3 447,4 m²</div> <div>Geometriamallin tila- vuus:9 270,4 m³</div> <div>Simuloinnin ku- vaus:</div> <div>Perustapaus</div>																									
<div>VUOTUINEN OSTOENERGIAN TARVE</div> <table><tr><td></td><td>M W h</td><td>k W h / m²</td><td>k W h / m³</td></tr><tr><td>Lämmitysenergia</td><td>183,7</td><td>53,3</td><td>19,8</td></tr><tr><td>Jäähdytysenergia</td><td>0,0</td><td>0,0</td><td>0,0</td></tr><tr><td>Sähköenergia</td><td>155,8</td><td>45,2</td><td>16,8</td></tr><tr><td>Yh- teensä</td><td>339,6</td><td>98,5</td><td>36,6</td></tr></table> <div>ENER GIA</div> <div></div>							M W h	k W h / m ²	k W h / m ³	Lämmitysenergia	183,7	53,3	19,8	Jäähdytysenergia	0,0	0,0	0,0	Sähköenergia	155,8	45,2	16,8	Yh- teensä	339,6	98,5	36,6
	M W h	k W h / m ²	k W h / m ³																						
Lämmitysenergia	183,7	53,3	19,8																						
Jäähdytysenergia	0,0	0,0	0,0																						
Sähköenergia	155,8	45,2	16,8																						
Yh- teensä	339,6	98,5	36,6																						
<div>E-LUVUN ERITTELY</div> <table><tr><td>Energia- muoto</td><td>O s t o - e n e r g i a</td><td>E n e r g i a - m u o t o - k e r r o</td><td>Ener gia- muo to- ker- toi- milla pai- no- tettu ener gian- kulu- tus</td></tr><tr><td></td><td>M W h</td><td>M W h</td><td>kWh /m²</td></tr></table>						Energia- muoto	O s t o - e n e r g i a	E n e r g i a - m u o t o - k e r r o	Ener gia- muo to- ker- toi- milla pai- no- tettu ener gian- kulu- tus		M W h	M W h	kWh /m ²												
Energia- muoto	O s t o - e n e r g i a	E n e r g i a - m u o t o - k e r r o	Ener gia- muo to- ker- toi- milla pai- no- tettu ener gian- kulu- tus																						
	M W h	M W h	kWh /m ²																						

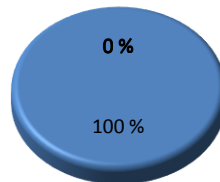
	i n			
Kaukolämpö	183,7	0,70	128,6	37,3
Kaukojäähdytys	0,0	0,40	0,0	0,0
Sähkö	155,8	1,70	264,9	76,8
Uusiutuva	0,0	0,50	0,0	0,0
Fossili-	0,0	1,00	0,0	0,0
linen				
E-luku				115

Uusiutuva omavaraisenergia	M W h	kWh /m ²
Aurinkolämpö	0,0	0,0
Aurinkosähkö	9,0	2,6
Tuuli- sähkö	0,0	0,0
Lämpöpumpun lämmönlähteestä ottama energia	0,0	0,0
Muu	0,0	0,0
Uusiutuvat omavaraisenergiat yhteensä:	9,0	2,6

ENERGIA
UOTOKER
TOIMILLA
PAINOTETTU
ENERGIA



UUSIUTUVA
OMAVARAISENERGIA
JAKAUSMA



UUSIUTUVAN
OMAVARAISENERGIAN
OSUUS
KOKONAISENERGIAN
TARPEESTA

