



**Euroopan unionin
osarahoittama**

Nykytila-analyysi

Aktiivisen energia-asiakkaan energiantuotantotavat ja
parantamiskeinot Kanta-Hämeessä

Ona Vassallo

HAMK Tech

Hämeenlinnan kaupunki

Sisällysluettelo

Johdanto	1
Suomi ja energiatehokkuus.....	1
Kanta-Häme mukana energiatehokkuuden tavoittelussa	3
Analyysin menetelmä.....	3
Kiinteistön energiatehokkuus ja omavaraisuus	4
Tuet	5
Energiantuotantotavat Suomessa	6
Sähkön- ja lämmöntuotanto	6
Uusiutuvan energian kasvu Suomessa	6
Energia Kanta-Hämeessä.....	8
Kiinteistöjen omavaraisuutta lisäävät menetelmät	8
Esimerkkikiinteistö	9
Aurinkoenergiajärjestelmät	10
Aurinkosähköjärjestelmän mitoituslaskenta	12
Lämpöpumput	14
Ilma-ilmalämpöpumput	15
Maalämpöpumput	16
Ilma-vesilämpöpumput.....	18
Muita energiantuotantotapoja	18
Poistoilmalämpöpumput	18
Pientuulivoima	19
Uusiutuvan energiantuotannon tueksi.....	20
Energian varastointi	20
Kiinteistöihin kohdistuvat vaatimukset.....	21
Investointilaskenta	23

Energiajärjestelmien investointikustannukset.....	24
Skenaario 1: Suoraa sähköä helpottamaan	24
Skenaario 2: Kaukolämmöstä vaihto.....	25
Skenaario 3: Öljylämmöstä eroon	27
Tulokset.....	28
Lähteet	30

Johdanto

Raportti on osa Energiaobservatorio (ENO) -hankkeen työpaketti 2.1 toteutumista, ja sisältää nykytila-analyysin kestävä kehityksen mukaisista energian tuotantotavoista ja niiden kannattavuuden parantamiskeinoista Kanta-Hämeen alueella. Lisäksi raportti käsittelee eri tuotantomuotojen investointi- ja käyttökustannukset. Pääpainona energiatuotantomuotojen tehokkuuden arvioinnille on kiinteistöt, joihin analyysi toimii pohjana energialaskentatyökalun tekemisessä. Analyysin tuloksena syntyy raporttimainen selvitys hankkeen kohderyhmille. ENO-hanke on Euroopan unionin osarahoittama.

Energiatehokkuuden edistämistä ajaa motivaatio ympäristövaikutusten lieventämisestä ja kilpailukykyisestä energian hinnasta. Energiaan liittyviä ilmastonmuutoksen potentiaalisia vaikutuksia ovat mm. lämpötilan muutokset, sademäärät ja merenpinnan nousu. IPCC:n (elo 2021) raportissa on todettu, että ihmisen aiheuttamat kasvihuonekaasut "ovat johtaneet joidenkin sään ja ilmaston äärimmäisyyksien lisääntymiseen ja/tai intensiteetin lisääntymiseen". Pohjoismaat ja arktiset alueet ovat lämpenemässä talvisin, ja talvikausi on lyhenemässä. Suomessa lämmityskauden lyheneminen kuulostaa suotavalta, sillä se tarkoittaisi leudompia talvia, pienempää energiakuormitusta ja halvempia sähkölaskuja, mutta luonnolle ja rakennetulle ympäristölle kyseiset muutokset eivät ole suotuisia. Kestävyyttä tarkastellessa on otettava huomioon ekologisuus, taloudellisuus sekä sosiaalisesti kestävä kehitys, jotka kaikki vaikuttavat energia-asiakkaan energiakäyttäytymiseen. Vastapainona talvien lämpenemiselle on odotettavissa sään ääri-ilmiöiden, kuten hellekausien yleistymistä, joiden odotetaan muuttavan rakennuksissa mm. sisäilmaston laatua ja lisäävän jäähdytysenergian tarvetta. ENO-hankkeessa kysytään, onko Hämeenlinnan alueella mahdollista vähentää kiinteistön energiankulutusta tai ostoenergian määrää investoimalla järkevästi, samalla ylläpitäen mukavuustasoa?

Suomi ja energiatehokkuus

Suomi on mukana toteuttamassa EU:n vuoden 2030 ilmasto- ja energiapolitiikkaa, jonka kolme pääperiaatetta ohjaavat Suomen omaa ilmastopolitiikkaa. Ilmasto- ja energiapolitiikan kestävyys, toimitusvarmuuden turvaaminen ja kilpailukykyinen energian hinta, ja lisäksi painotukset sosiaalisessa ja oikeudenmukaisessa politiikassa ja Energia ensin – periaatteessa toteutuivat tai vähintään edistyivät Marinin hallituksen aikana. Vuosi 2022 toi mukanaan keskittymisen vihreään siirtymään ja irtautumisen venäläisestä energiasta. Tämän hetken energiatavoitteet Suomelle ovat EU-tasolla seuraavat: 55-valmiuspaketin mukaan Suomen

(34)

1.4.2025

osuus taakanjaossa on yksi tiukummista, eli 50 % vähemmän hiilidioksidipäästöistä verrattuna vuoden 1990 tasoon (EU, 2024). Vuonna 2022 taakanjako tuki vielä hyvin Suomen omaa ilmastotavoitetta, jonka mukaan Suomi olisi hiilineutraali vuoteen 2035 mennessä. Uusiutuvan energian direktiivin (REDII) tavoite olisi 40 % 1990-luvun hiilidioksidipäästötasosta, ja energiatehokkuusdirektiivi (EDD) 36–39 % 1990-luvun hiilidioksidipäästötasosta vuoteen 2030 mennessä. Suomessa nämä tarkoittaisivat sitä, että vuoden 2030 loppuenergian käyttö rajattaisiin tasolle 250 TWh ja energian kokonaiskulutus 360 TWh tasolle. Lisäksi uusi REPowerEU suunnitelma tiukentaa tavoitteita entisestään, jolloin Suomen loppukäyttö laskee 230 TWh tasolle. Euroopan komission vuonna 2022 esittelemä REPowerEU:n suunnitelma vähentäisi nopeasti riippuvuutta Venäjän fossiilisista polttoaineista ja nopeuttaisi vihreää siirtymää. Suunnitelma on edennyt hyvin ja toukokuussa 2023 ensimmäisen tarjouskilpailun käynnistäminen EU:n energiafoorumin yhteisistä kaasuhankinnoista tuli toteen (Euroopan komissio 2023).

Suomen energiajärjestelmässä on nykyiseltään ratkaistavia ongelmia, jotka tulivat kivuliaasti esille vuoden 2022 joulukuussa, kun sähköpörssin hinnat nousivat poikkeuksellisen korkeiksi. Systeemihinnat ja Suomen aluehinnan kuukausikeskiarvot nousivat yli 100 €/MWh ensimmäistä kertaa Suomen historiassa. Joulukuussa systeemihinta oli 147 €/MWh ja Suomen aluehinta 193 €/MWh (Tilastokeskus 2023). Vuoden 2020 hintoihin (systeemihinta 20 €/MWh ja Suomen aluehinta 20 €/MWh) verrattuna muutos oli raju (Tilastokeskus, 2022). Syitä hintojen nousuun olivat muun muassa polttoaineiden ja päästöoikeuksien kallistuminen, Pohjoismaiden vesivarantojen vähyys, tuulivoiman vähäinen saatavuus ja ydinvoiman vähyys kokonaistuotannosta, joista viimeinen on korjattu tai vähintään saatu toimivaksi. Lisäksi sähkön kulutus oli korkealla keskimääräistä kylmemmästä joulukuusta ja koronan jälkeisestä talouskasvusta johtuen.

Kulutushuiput kuormittavat myös verkkoyhtiöitä, eikä uusiutuvien energiamuotojen lisäys yksinään poista ongelmaa. Eräs uusiutuvan energiatuotannon suurimmista ongelmista on kulutuksen ja tuotannon eriaikaisuus, joka korostuu suurien vuodenaikavaihteluiden maissa. Hyvä esimerkki tästä on kiinteistön aurinkopaneelit ilman akusto-ominaisuutta. Normaalisti sähkönkulutus lisääntyy vasta päivän hämärtyessä, jolloin tuotantoa ei kuitenkaan enää ole. Tästä voidaan todeta, että itse tuotetulla energialla pärjääminen aurinkopaneelien tapauksessa vaatii tietynasteista energian varastointikykyä, jotta tuotanto ja kulutus saataisiin kohtaamaan. Lisää ongelmia omavaraiseen systeemin tuo korkeat investointikustannukset, ja sosiaalisen käytöksen muutostarpeet kulutuksen jouston suhteen.

Kanta-Häme mukana energiatehokkuuden tavoittelussa

Hämeenlinnan kaupungin ilmastotavoitteena (Hiilineutraali Hämeenlinna) on olla hiilineutraali vuoteen 2035 mennessä. Näistä oleellisin raportille on energiatehokkuussopimuksen toimintasuunnitelma vuosille 2017–2025, joka kattaa kaupungin hallinnassa olevan energiankäytön, sisältäen kaupungin omistamat, vuokratut ja vuokralle annetut rakennukset, katu- ja muu ulkovalaistus sekä omat kuljetukset ja työkoneet. Mukana myös kaupungin omistamat yritykset, kuten esimerkiksi HS Vesi Oy. Kaupungin tavoitteena on 7,5 % energian säästö vuoden 2018 tasoon verrattuna.

Riihimäen kaupungilla vuosina 2017–2025 käynnissä olevan energiatehokkuussopimuksen toimintasuunnitelman tavoitteena on ollut vähentää energiankulutusta 47,92 gigawattitunnista 3,59 gigawattituntiin. Tavoite tukee kaupungin hiilineutraaliustavoitetta vuoteen 2030 mennessä (Riihimäen kaupunki, 2023). Riihimäen kaupungin vuoden 2023 ympäristöraportissa on ilmoitettu, että energiatehokkuussopimuksen toimenpiteet on toteutettu ja tavoitteet saavutettu (Riihimäen kaupunki, 2023). Kaupungin omistamien kiinteistöjen energiaosuudet on katettu pääosin uusiutuvilla energioilla sekä fossiilisella jätelämmöllä. Fossiilinen jätelämpö viittaa tässä yhteydessä kaukolämmön tuotantoon käytettyä hukkalämpöä Fortumin Recycling & Waste -tuotantolaitokselta (Riihimäen kaupunki, 2023).

Forssan kaupungilla voimassa oleva kaupunkistrategia vuodelle 2030 sisältää energiatehokkuuden merkittävän parantamisen suunnitelman (Sulkko, n.d.). Forssa on sisällyttänyt suunnitelmaansa 25 tuulivoimalaa, yhteisen kaukolämpöverkon naapuruskuntien kanssa, sekä kaukokylmän tuotannon. Pääasiallisina teemoina energialle on lueteltu uusiutuvaan energiaan perustuva energiaomavaraisuus ja hajautettu energiantuotanto järjestelmä. (Sulkko, n.d).

Kaupunkien omien tavoitteiden taustalla toimii kuntien energiatehokkuussopimukset eli KETsit. KETSissä energian säästö tarkoittaa nykyisen kulutuksen vähentämistä tai tulevan kulutuksen estämistä tai pienentämistä. KETS vastaa EED:n energiatehokkuustavoitteiden toteutumisesta Suomen kunnissa.

Analyysin menetelmä

Tämä raportti käsittelee uusiutuvan energian osuutta kokonaisenergian tuotannosta ja kestävästä kehitystä edistävien energiatuotantomuotojen teknisiä ominaisuuksia sekä kannattavuutta Suomessa siltä osin, kun on kirjallisuuskatsauksen puolesta mahdollista. Raporttia varten ensin kerätään tietoa eri energiatuotantomuodoista ja energiatuotannon

kapasiteetista Suomessa, jonka jälkeen arvioidaan tuotantomuotojen tehokkuutta ja mahdollisia ympäristövaikutuksia. Tekstissä katsotaan uusiutuvien energiatuotantomuotojen investointien laskennallista puolta, joiden pohjalta ENO-hankkeen energiainvestointilaskuri on tehty. Kirjallisuuskatsauksen lisäksi raportin menetelmä seuraa laajalti Ympäristöministeriön laskentaohjeita lämpöpumppujen sekä aurinkosähkön osalta (Ympäristöministeriö, 2012; Ympäristöministeriö, 2018). Ensin raportissa selvitetään perusteet uusiutuvan energiantuotantotavoille kiinteistöissä, ja sen jälkeen suoritetaan investointilaskenta esimerkki kiinteistön avulla. Lopuksi raportti tuottaa johtopäätökset ja suositukset Kanta-Hämeen asukkaille, jotka julkaistaan hankkeen nettisivuilla.

Kiinteistön energiatehokkuus ja omavaraisuus

Rakennusten energiatehokkuus paranee parhaiten energiatehokkaamman uudisrakentamisen ja vanhojen rakennusten uudelleen korjaamisen kautta. Muita kiinteistöihin vaikuttavia tekijöitä ovat energiatehokkaat kodinkoneet ja valaistus. Tässä raportissa tarkastelemme energiatehokkuutta lähinnä uuden teknologian tuoman teknoekonomian kannalta, eli uusiutuvien energioiden tuotantomenetelmien kustannustehokkuuden kautta. Esimerkiksi, kuinka kustannustehokkaita energiainvestoinnit ovat kiinteistötyypeille, ja kuinka uusiutuvan energian käyttö lisää kiinteistön omavaraisuutta ja vaikuttaa energialaskuun. Energiatehokkuutta optimoimalla varmistetaan kiinteistön energia- ja kustannustehokkuus kiinteistön elinkaaren aikana, ja mahdollisesti lisätään kiinteistön arvoa.

Kun tässä raportissa puhutaan omavaraisuudesta, tarkoitetaan kiinteistöjen teho- ja energiantuotannon omavaraisuutta energian pien- ja mikrotuotannolla. Pientuotannon itsessään voi käsittää monella tavalla, joten sähköntuotannon osalta se on määritelty pienen kokoluokan sähkötuotannoksi, jossa tuotantoteho jää yleensä alle yhden megawatin. Mikroluokan tuotanto tai mikrotuotanto käsittää vielä tarkemmin pienjänniteverkkoon kulutuskohteen eli kiinteistön yhteyteen liitetyn sähköntuotannon. Standardien ja vaatimusten mukaan mikrotuotannon ylärajana kuitenkin pidetään 50 kVA (50 kW) tehoa, joka lasketaan tuotantolaitteiston nimellistehon mukaan. Tällaisia laitteistoja ovat muun muassa kiinteistöön asennettavat aurinkosähköjärjestelmät.

Teho-omavaraisuudella tarkoitetaan, että kaikkeen omaan kulutukseen voidaan vastata omalla tuotannolla, eikä verkkoenergiaa tarvita lisäksi. Energiaomavaraisuus on tilanne, jossa tietyllä aikavälillä tuotetaan kiinteistön energiatarvetta vastaava energiamäärä, aivan kuten teho-omavaraisuudessakin. Tässä kulutus ei kuitenkaan aina kohtaa, jolloin energiaa otetaan

(34)

1.4.2025

lisäksi myös verkosta, tai vastavuoroisesti energiaa tuotetaan enemmän mitä kulutus on. Tämä energiaomavaraisuuden tuotannon ja kulutuksen vuoroaikaisuuden ongelma pystytään ratkaisemaan energian säilömisellä, esimerkiksi akustolla. Akuston koko tulee etukäteen määrittää muun järjestelmän mukaan siten, että suurin osa tuotetusta energiasta saadaan talteen.

Tuet

Kiinteistön omistajat voivat saada tukea energiatehokkuuden parantamiseen tähtääviin energiaremontteihin, esimerkiksi yritykset ja kiinteistöt Business Finlandin energiatuen muodossa. Muissa asuinkiinteistöissä energia-avustukset voivat olla esimerkiksi Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskuksen (ARA) myöntämiä vuosina 2020–2023 (ARA 2021).

Vuoden 2024 alusta ARA ei enää myönnä energiatukea. Vuonna 2024 voimassa olevat tuet ovat pääasiassa Business Finlandin määrittelemät avustukset uusille energiatekniikoille sekä kotitalousvähennys, joka määräytyy työn mukaan. Business Finlandin energiatuki ei päde tämän raportin energiatuotantotekniikoihin, sillä se on osoitettu vain uusiutuvan energian investoinneille, jotka täyttävät uuden teknologian määritelmät (Business Finland, 2025).

Vuonna 2025 on voimassa vielä ELY-keskusten avustus pientalojen öljy- ja maakaasulämmityksestä luopumiselle (Business Finland, 2025). Vaihtaessa maalämpöpumppuun, ilma-vesilämpöpumppuun tai kaukolämpöön tuen määrä on 4000 €. Muihin lämmitysjärjestelmiin vaihtaessa tuki on 2 500 € (ELY, 2025). ELY-keskusten avustushaku tullaan päättämään kevään 2025 aikana. Tukea ei voi käyttää yhdessä kotitalousvähennyksen kanssa.

Kotitalousvähennyksen voi laskea energiaremontteihin mukaan, kun kyse on asunnon perusparannuksesta tai kunnostustyöstä. Kotitalousvähennys tarkoittaa, että laskutettavasta osasta saa vähentää 35 % työn osuudesta, mutta kuitenkin niin että maksimihyöty on 1 600 euroa henkilöltä. Öljylämmityksestä luopuessa vähennettävä osuus nousee 60 %, jolloin maksimi saa olla 3 500 euroa henkilöltä. Koska kotitalousvähennys on henkilökohtainen, se on henkilöä kohden kertyvä. Esimerkiksi, jos kotitaloudessa on kaksi henkilöä, remontin maksimihyöty on 4 500 euroa vuodessa. Öljystä vaihtaessa pois hyöty on 7 000 euroa vuodessa (Verohallinto, 2024). Kotitalousvähennykseen kuuluu mm. aurinkopaneelien asennustyöt tietyissä kiinteistöissä, kuten omakotitaloissa.

Näiden lisäksi on erialaisia tukia kunnille, yrityksille ja asunto-osakeyhtiöille. Nämä tuet on koottu Motivan Rahoituksen tietopalveluun (Motiva, 2025).

Energiantuotantotavat Suomessa

Suomen sähköntuotanto on monipuolista, ja koostuu pääsääntöisesti kestävästi tuotetulla tavalla. Tuotannon lisäksi Suomessa sähköön tuonti on merkittävässä roolissa, mutta vähenemässä. Vuonna 2024 nettotuonnin osuus oli 3,8 %, kun vielä vuonna 2022 se oli 15,3 % (Energiateollisuus, 2025a). Vaikka sähköön kysyntä vaihtelee vuodenajasta, päivästä tai vuorokauden ajasta riippuen, on sähköjärjestelmän aina oltava joka hetki tasapainossa, tarkoittaen, että kulutuksen ja tuotannon on vastattava toisiaan. Sähköjärjestelmän on pystyttävä vastaamaan kysynnän ja säästä riippuvan tuotannon vaihteluihin.

Sähkön- ja lämmöntuotanto

Kun sään mukaan vaihtelevaa uusiutuvan energian tuotanto kasvaa (tuuli-, aurinkovoima) ja perinteinen sähköntuotantokapasiteetti vähenee, syntyy haaste sähköntuotantokapasiteetin riittävyydelle tulevaisuudessa. Tämä korostuu erityisesti tyynellä ilmalla, sillä tuulivoiman räjähdysmäinen kasvu ja uudet hankkeet viime vuosina ovat nostattaneet tuulivoiman osuutta sähköntuotantokapasiteetista merkittävästi. Mikäli tyynelle säälle sattuu muita voimalaitosten poissaoloja vikaantumisien tai huoltojen takia, voi tilanne olla haastava.

Kulutushuippujen aikana Suomen oma sähköntuotanto ei riitä vastaamaan kysyntään, joten sähköä tuodaan naapurimaista. Suomi on sähkönsiirtoyhteyksien kautta kiinteästi osa pohjoismaiden ja Baltian yhteisiä sähkömarkkinoita. Lisäksi toukokuusta 2022 lähtien sähköä ei ole tuotu Venäjältä Suomeen (Energiavirasto, 2022).

Uusiutuvan energian kasvu Suomessa

Vihreä siirtymä edellyttää uusiutuvien energioiden tuotannon kasvua. Alla on listattu Suomen sähkö- ja kaukolämpöjärjestelmien tuotannot ja kulutukset vuosille 2023 ja 2024 (Taulukko 1). Näiden lisäksi taulukkoon on koottu uusiutuvien energialähteiden osuudet tuotannoille. Suomen sähköön tuotanto kasvoi vuodesta 2023 vuoteen 2024 noin 3 TWh verran, kun taas kaukolämmön tuotanto laski 1,2 TWh verran. (Energiateollisuus, 2025a.)

Taulukko 1. Suomen sähkö- ja kaukolämmön tuotantojen arvot vuosina 2023 ja 2024

Lähde:	Energiateollisuus 2023	Energiateollisuus 2024
Sähkön tuotanto	80 TWh	83 TWh

(34)

1.4.2025

<i>Uusiutuvien energioiden osuus</i>	52 %	56 %
<i>Tuulivoima, asennettu kapasiteetti (MW) ja tuotanto (GWh)</i>	6 945 MW, 14 465 GWh	8 358 MW; 19 854 GWh
Sähkön nettotuonti	2,2 % (vuonna 2022; 15,3 %)	3,9 %
Kaukolämmön tuotanto	36,7 TWh	35,5 TWh
<i>Uusiutuvien energioiden osuus</i>	<i>56,3 % puu + muu biomassa ja 19,2 % lämmön talteenotto ja sähkökattilat</i>	<i>58 % puu + muu biomassa ja 20 % lämmön talteenotto ja sähkökattilat</i>

Vuonna 2022 aurinkosähkön kapasiteetti ylitti 600 MW, ja Energiaviraston mukaan vuoden 2022 lopussa sähköverkkoon oli liitetty aurinkosähkön pientuotantokapasiteettia yhteensä noin 653 MW. Vuoteen 2021 verrattuna kasvu oli noin 60 %. Suomen sähkön kokonaistuotannosta tämä oli 0,6 %. Energiaviraston (2023a) mukaan suurin osa aurinkosähkön tuotannosta tulee pientuottajilta, jotka ovat alle 1 MW:n tuotantolaitteistoja. Yli 1 MW:n laitteistot kattavat 34 MW kapasiteetin ja sähköverkosta irrallaan oleva tuotanto kattaa noin 22 MW (Energiavirasto 2023a).

Vuonna 2024 sähkön kokonaiskäyttö ylsi 83 terawattituntiin Suomessa, josta asuminen ja maatalous kattoi noin 30 %. Sähkön tuotanto ja nettotuonti koostui pääasiassa ydinvoimasta (37,6 %), tuulivoimasta (24,0 %) ja vesivoimasta (17,1 %). Hiilidioksidineutraalin sähkön osuus oli Energiategollisuus ry:n mukaan 95 % koko Suomen sähköntuotannosta. (Energiategollisuus ry, 2025a.)

Myös kaukolämpö on kehittynyt kestävämmäksi Suomessa. Energiategollisuus ry:n (2025b) mukaan vuonna 2024 tuotettiin kaukolämpöä noin 35,5 terawattitunnin verran, josta 38 % oli metsäbiomassaa. Lisäksi lämmöntalteenottoa oli noin 16 %, ja jätteestä saatua energiaa 10 %. Kokonaisuudessaan uusiutuvien, hukkalämpöjen ja sähkökattiloiden osuudet kattoivat 73 % koko lämmön tuotannosta. Suomessa kaukolämpö on edelleen suosituin lämmitysmuoto, ja kattaa yksinään noin 45 % koko Suomen asuin- ja palvelurakennusten lämmityksestä. (Energiategollisuus, 2025b).

Energia Kanta-Hämeessä

Energiateollisuus ry:n mukaan (2023b) Kanta-Hämeessä tuotettiin vuonna 2022 sähköä 250 GWh:n edestä, joka koostui pääasiassa kaukolämmön yhteistuotannosta sekä tuulivoimasta. Sähkön kulutus oli noin 2187 GWh (Energiateollisuus, 2023), joista asuminen ja maatalous kuluttivat 835 GWh, teollisuus 766 GWh ja palvelut ja rakentaminen 585 GWh.

Kanta-Hämeen alueella on 5 kaukolämpölaitosta, joiden sähköteho on noin 90 MW ja kaukolämpöteho 812 MW. Kokonaislämmöntuotanto näiltä voimaloilta oli vuoden 2022 aikana 1112 GWh, joista suurin osa (753 GWh) tuotettiin biomassalla. Turve (46 GWh) ja öljy (42 GWh) olivat seuraavaksi suurimmat polttoaineet kaukolämmön tuotannossa. (Energiateollisuus, 2023a.) Myös maakaasulla oli osansa tuotannossa (27 GWh).

Vuonna 2023 Loimua Oy tuotti Hämeenlinnan asukkaille noin 209 gigawattitunnin verran energiaa. Yhteensä alueelle tuotettiin kaukolämpöä noin 424 GWh:n verran, ja pääasiassa käyttäen energiapuuta (noin 83,8 % koko polttoaineista) (Energiateollisuus, 2024).

Puhuttaessa uusiutuvasta energiasta Kanta-Hämeen alueella, on mainittava tuulivoimalat, sekä Elenian sähköverkkoon 22,7 MW edestä liitetty aurinkosähkön määrä (Elenia, 2023). Koska Energiavirasto ry ei seuraa aurinkosähkön tuotantoa, lukuja aurinkosähkön varsinaisesta tuotannosta alueella ei ole, ja kapasiteetin luvut ovat epävirallisia. FCG:n Hämeen liitolle laatiman tuulivoimaselvityksen perusteella Kanta-Hämeen alueella toimii kaksi tuulivoimakeskittymää. Tyrinselän alueelle, joka ulottuu Jokioisten, Humppilan ja Ypäjän kuntiin, on rakennettu yhteensä 10 voimalaa, joiden yhteenlaskettu kapasiteetti on 37 MW. Lisäksi Humppilan ja Urjalan rajalle on sijoitettu 6 tuuliturbiinia, joiden kokonaisteho on 26 MW (FCG, 2022).

Kiinteistöjen omavaraisuutta lisäävät menetelmät

Esimerkkikiinteistöön on valittu asennettavat energiantuotantomenetelmät, joista suoritetaan investointilaskenta ja selvitetään, miten omavaraisuuden lisääminen olisi kustannustehokkaampaa. Raporttia varten valitut tekniikat ovat seuraavat:

- Aurinkosähköjärjestelmä, korvaamaan osaa sähkön kulutuksesta
- Ilmalämpöpumppu, korvaamaan osatehoisesti tilan lämmityksen tarve eli pienentämään sähkön tarvetta,
- Poistoilmalämpöpumppu, korvaamaan lämmityksen kuluja,
- Ilma-vesilämpöpumppu, korvaamaan lämmityksen kuluja vesikiertoisessa lämmitysjärjestelmässä,

(34)

1.4.2025

- Maalämpöpumppu, korvaamaan lämmityksen kuluja vesikiertoisessa lämmitysjärjestelmässä

Energiatuotantotavat esitellään alla yleisesti, jonka jälkeen havainnollistetaan esimerkkikiinteistöihin tehtyjä laskelmia Motivan, Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen (VTT) ja Ympäristöministeriön laskentaohjeiden mukaisesti. Lopullinen investointilaskenta ja suositukset suoritetaan näiden jälkeen. Tavoitteena on parantaa kiinteistön E-lukua niin, että investointi on kiinteistön omistajalle kannattava.

Esimerkkikiinteistö

Energiatuotantotapojen vertailu suoritetaan Suomen ilmastossa, datan saannin kannalta mahdollisimman lähellä Hämeenlinnaa ja erääseen esimerkkikiinteistöön, jonka alkutiedot ovat Taulukko 2. Kiinteistön lämmitysmuoto on skenaariossa 1 sähkölämmitys, skenaariossa 2 kaukolämpö ja skenaariossa 3 öljylämmitys. Lämmitettävä pinta-ala 120 m² Skenaarioissa 1, 2 ja 3, ja 150 m² Skenaarioissa 2 & 3.

Taulukko 2. Laskennassa käytettävät esimerkkikiinteistön alkutiedot

Tilojen lämmittämiseen käytetty energia vuodessa	10 460 kWh	RakMk D5 (2017) mukaan laskettu
Lämpimään käyttöveeseen käytetty energia vuodessa	4 719 kWh	RakMk D5 (2017) mukaan laskettu
Valaistus & laitteet	3 280 kWh	Energiatehokkuusasetus (1020/2017), 11§ koko vuodelle. Tätä kulua ei oteta lämmitysjärjestelmien arvioinnissa huomioon.
Energia yhteensä	18 459 kWh	RakMk D5 (2017) mukaan laskettu
Rakennuksen lämmitysteho	8 kW	Kun mitoitusteho on -29 C
Pinta-ala	120 & 150 m ²	Hieman erilaiset pinta-alat auttavat lämmitysjärjestelmien ja

		rakennuksen tehokkuuden arvioinnissa.
--	--	---------------------------------------

Aurinkoenergiajärjestelmät

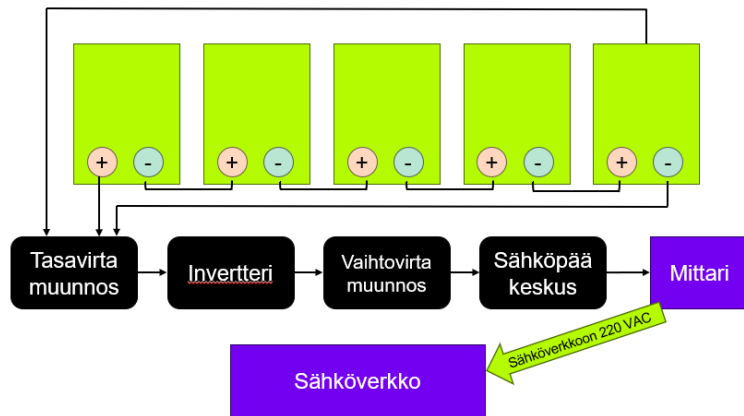
Aurinkosähköllä (Photovoltaics, PV) muutetaan valoa sähköksi, käyttäen aurinkosähköefektiä (photovoltaic effect). Aurinkojärjestelmän nimellisteho ilmoitetaan piikkitehona (W_p). Aurinkojärjestelmissä pinta-alan ja piikkitehon välistä suhdetta voidaan kuvata hyötysuhteella. Motivan (2022) mukaan ”Tavallisesti 1 piikkikilowatin tehoisella järjestelmällä voidaan tuottaa sähköä Etelä-Suomessa n. 800–1000 kWh ja Pohjois-Suomessa 700–900 kWh vuodessa.”, ja tätä arviota on käytetty myös tässä analyysissä.

Aurinkosähköjärjestelmän tuottoon vaikuttaa säteilyn määrä ja aurinkopaneelien hyötysuhteen lisäksi niiden lämpötila, suuntauskulma ja puhtaanapito. Osa PV-kennon pinnalle putoavasta säteilystä muuttuu sähköksi, kun taas loppuosa tulevasta säteilystä absorboituu PV-kennon sisällä, joka puolestaan nostaa sen pintalämpötilaa. Korkeampi paneelin lämpötila johtaa alhaisempaan muunnostehoon (Saraf, M., Yousef, M., & Huzayyin, A. 2022). Tuottoon vaikuttaa myös järjestelmän muiden osien, kuten invertterin ja mahdollisen akuston hyötysuhde sekä mahdolliset varjostukset, joita paneeleille osuu.

Aurinkosähköjärjestelmä kotitalouksissa koostuu aurinkopaneeleista, tasavirran muuntajasta, invertteristä, vaihtovirta muuntajasta ja turvakytkimestä, jotka ovat liitetty kiinteistön sähköpääkeskukseen. Elinikää nykyaikaisille aurinkopaneeleille voidaan suoda yli 30 vuotta, ja niille on saatavilla jopa 25 vuoden tehontuottotakuu. Järjestelmän muiden komponenttien elinikä on tavallisesti noin puolet paneelien eliniästä. Kuva 1 paneelit on kytketty sarjaan ja siitä edelleen yhdistetty sähköpääkeskuksen kautta sähköverkkoon.

(34)

1.4.2025



Kuva 1. Viisi aurinkopaneelia kytketty sarjaan

Koska aurinkosähkö on Suomessa kausisidonnainen tuote talven vähäisen tuotannon ja pilvisyyden takia, sen tuotannon huiput tulisi saada käyttöön nimenomaan oikeaan aikaan, tai tuotanto tulisi pystyä varastoimaan.

Muita ongelmia aurinkosähköjärjestelmien käyttöönotossa on niiden vaatima pinta-ala ja suhteellisen vaatimaton hyötysuhde. Aurinkopaneelin hyötysuhde (Kaava 1) määritellään jakamalla nimellisteho sen pinta-alalla ja standardiolosuhteiden säteilymäärällä (1 000 W/m²). Tämä nostaa hyötysuhteen 16–21 prosenttiin, riippuen kennotyypistä. Pelkän yksikiteisen paneelin hyötysuhde voi nousta jopa 31 prosenttiin, mutta kennojen väliin jäävä hyötypinta ja johtimien rekombinaatio laskee hyötysuhdetta (Perälä, R. & Perälä, O. 2017).

$$\eta_{max} = \frac{P_{max}}{E * A_c} \quad (1)$$

Jossa P_{max} on enimmäisteho, E on tuleva säteilyvirta ja A_c on keräysalue (paneelin pinta-ala).

Pientalokokoluokan aurinkosähköjärjestelmän avaimet hinta vaihtelee voimakkaasti ja oli Motivan mukaan (2022) ”keväällä 2021 noin 1–2 €/Wp”, mukaan lukien arvolisäverot. Hintaan vaikuttavat mm. järjestelmän koko, laitteisto, asennuskohde ja sen sijainti sekä toimittaja. Aurinkosähköjärjestelmä mitoitetaan kiinteistölle perustuen kiinteistön sähkön kulutukseen, sähkön tuntidataan ja huipunkäyttöaikaan, ja paneelien hyötysuhteeseen (Kaava 2). Etelä-Suomessa 1000 Wp tuotto vaatii noin 5 neliometriä aurinkopaneelia, jolloin tuotto nimellistehon ollessa 20 % olisi 900 kWh (Motiva 2022).

$$Tuotto = c * A_p * S \quad (2)$$

(34)

1.4.2025

jossa Tuotto on aurinkosähköpaneelien tuotto [kWh], η on järjestelmän hyötysuhde, A_p on paneelien pinta-ala ja S on kuukausittainen säteily [kWh/m²].

Aurinkosähköjärjestelmän mitoituslaskenta

Tähän analyysiin valittu investointilaskentaan käytetty laskentamenetelmä on esitetty alla Kaavassa (3).

$$W_{pv,i} = \eta_{kenno} * F * G_{aur,i} * A_{kenno} \quad (3)$$

jossa, $W_{pv,i}$ on aurinkosähkökennojen tuottama sähköenergia kuukaudessa i , kWh, η_{kenno} on kennoston hyötysuhde, F on aurinkosähkökennon ilmansuunnan ja kallistuskulman mukainen korjauskerroin, $G_{aur,i}$ on kennostoon kohdistuvan auringon säteilyn energia kuukauden i aikana, kWh/m² ja A_{kenno} on aurinkosähkökennon pinta-ala (ilman kehystä), m²

$G_{aur,i}$ & F datana on esimerkkilaskemissa käytetty Ilmatieteenlaitoksen testivuoden TRY2020 ilmoittamia lukuja (Ilmatieteenlaitos, 2023), ja korjauskertoimen 1 perustuen oletukseen, että laskennan esimerkkikiinteistön katto on 45 asteen kulmassa ja osoittaa etelään. Kennoston todellisen hyötysuhteen saa laskettua (Kaava 1), mutta esimerkkilaskennassa on käytetty erään yleisen aurinkokennojärjestelmän ilmoittamaa lukua.

Halutun tehon mukaisen kennoston pinta-ala saadaan Kaavasta 4.

$$A_{kennosto} = \frac{\text{Haluttu teho}}{\text{Yhden paneelin teho}} * \text{Yhden paneelin ala} \quad (4)$$

Laskennassa käytetyt alkutiedot ovat esitetty Taulukko 3. Alkutietoihin valittiin paneelit, joiden nimellisteho on 350 W_p ja yhden paneelin pinta-ala 1,7 m². Koska tuloksesta haluttiin arvio, siihen ei otettu sarjaan sijoittamisen häviöitä eikä ympäristöstä mahdollisia muita luonnonparametrejä, kuten varjostuksia tai lämpötilan vaikutusta mukaan.

Taulukko 3. Aurinkosähköjärjestelmän esimerkkilaskennassa käytetyt alkutiedot

η	17 %	valmistajan ilmoittama hyötysuhde
F	1	TRY2020; etelä, 45 astetta
G	TRY2012 mukaan, lisää Taulukossa 4.	kWh/m ²
Haluttu teho	10	kWp

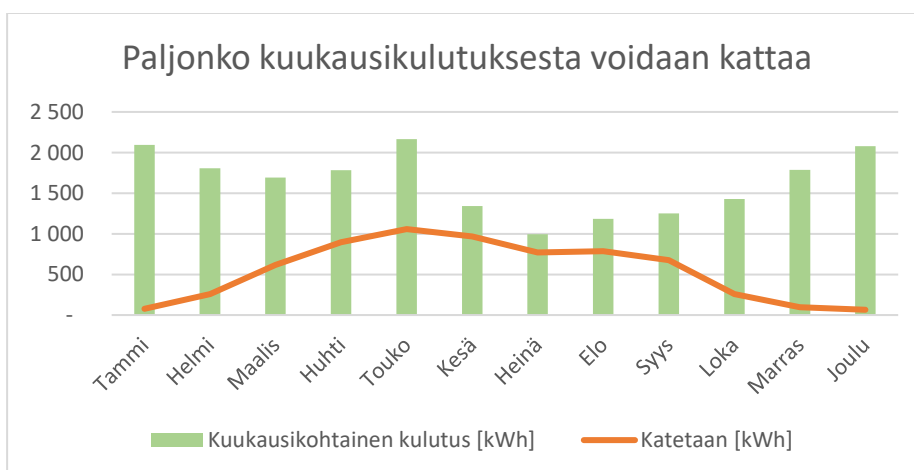
(34)

1.4.2025

Yksi paneeli	0,35	kWp
Yhden paneelin pinta-ala	1,7	m ²
Kennoston ala	48,6	m ²

Laskennan tulokset esitettynä Taulukossa 1 (Liite 1). Jotta aurinkosähköjärjestelmästä saataisiin mahdollisimman hyvin sähköä vastaamaan kiinteistön kulutusta, on otettava huomioon ajanjaksot, jolloin aurinkosähköä on mahdollista tuottaa. Tämä data saatiin vuoden 2022 säteilydatasta (Ilmatieteenlaitos 2023), josta etsittiin jokaisen päivän auringon säteilymäärä ja mahdolliset paistetunnit. Koska data on haettu vain yhden vuoden tunneista, ei sitä voi olettaa toimivaksi jokaisena vuonna, vaan arvion on oltava suuntaa antava. Kyseisellä datan käsittelyllä saa kuitenkin kaksi erilaista tulosta aurinkosähkön ylijäämälle, kun vertaa tuntidataa kuukausittaiseen arvioon. Kuukausittainen arvio tuotti 6,8 prosentin ylijäämän, kun tuotanto mitoitettiin vastaamaan mahdollisimman suurta osaa kulutuksesta (33 % keskiarvo vuodelle), ja vaatimaan alle 10 prosentin ylijäämän (Kuva 2).

Kohteen kulutuksen tarkastelu tuntikohtaisesti tuottaa tarkempia tuloksia mitoitukseen. Tuntikohtaisen kulutuksen kanssa pystytään katsomaan aurinkosähkön tuotannon tarkemmat huiput ja mitoittamaan investointi tarkemmin kohdetta varten.



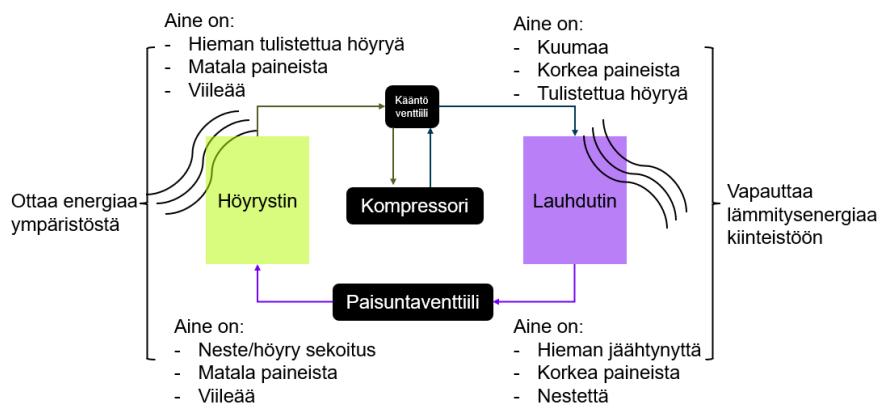
Kuva 2. Kuukausittainen arvio 7 kWp aurinkosähköjärjestelmän tuotosta eräälle kiinteistölle

Näiden tietojen pohjalta kyseiselle kulutukselle on laskettu vastaavan järjestelmän investointikustannukset käyttäen nettonykyarvomenetelmää ja lopuksi määriteltä takaisinmaksuajat.

Lämpöpumput

Lämpöpumpun toiminta perustuu siihen, että se hyödyntää rakennuksen ulkopuolelta saatavaa matalalämpöistä energiaa ja nostaa sen lämpötilaa kompressorin avulla. Tällä tavoin se tuottaa lämpöä huomattavasti tehokkaammin kuin pelkkä suoralla sähköllä lämmittäminen (Jalas & Ahonen, 2016). Lämpöpumppujen avulla tuotettu lämpö muodostaa nykyään varteenotettavan vaihtoehdon perinteisille, laajoihin lämpöverkkoihin perustuvalle lämmitysjärjestelmille (Todorov 2022).

Kotitalouksissa lämpöpumput ovat normaalisti joko seinäasenteisia ilmalämpöpumppuja tai lämminvesivaraajaan liitettyjä maalämpöjärjestelmiä. Lämpöpumppujen käyttökohteet ovat kuitenkin laajentuneet pientaloista isompiin kiinteistöihin ja erilaisten matalalämpötilaisten lämpövirtojen hyödyntämiseen (esim. poistoilma ja jätevesi). Isossa mittakaavassa (>10MW) lämpöpumppuja käytetään jäteveden lämmönkeruussa, jolloin lämpö johdetaan kaukolämpöverkkoon. Ilmalämpöpumppujen toimintaperiaatetta on havainnollistettu kuvassa Kuva 3. Ilma-vesilämpöpumpuissa sekä maalämpöpumpuissa toimintaperiaate on ulkoyksikön kanssa hieman erilainen.



Kuva 3. Lämpöpumpun toimintaperiaate, kun sisäyksikkö tuottaa ilmaan lämmitysenergiaa.

Lämpöpumppujen laskennassa on käytetty Ympäristöministeriön Energialaskentaopasta (2017) Suomen rakennusmääräyskokoelman D3 ja D5 ohjeita (Ympäristöministeriö, 2012; Ympäristöministeriö, 2018), sekä Lämpöpumppujen energialaskentaopas (Ympäristöministeriö, 2012).

(34)

1.4.2025

Ilma-ilmalämpöpumput

Ilmalämpöpumppujen (ILP) laskennallinen menetelmä, jota TP 2.1. analyysin ohessa rakennettavassa energiainvestointilakuri seuraa, on Lämpöpumppujen energialaskentaoppaan (Ympäristöministeriö, 2012) mukainen laskentamalli, josta tuloksena tulee pumpun vuotuinen nettosäästö. Tulos on muutettu vastaamaan omaa laskentamallia ja tarvittavia säävyöhykkeitä vuosikertoimien osalta. Laskentamalli perustuu Suomen rakentamismääräyskokoelman Rakennusten Energiatehokkuus-ohjeeseen D3 (Ympäristöministeriö, 2012) sekä Energiatehokkuus -ohjeeseen D5 (Ympäristöministeriö, 2018). Kyseinen laskennallinen menetelmä on menetelmistä yksinkertaisin, ja täten hyvin soveltuva arvioimaan myöhemmin laskettavia investointilaskuja. ILP vuotuinen sähkönkäyttö lasketaan Kaavan 19 mukaan, joka eroaa Laitisen (2012) esittämästä kaavasta vuosikertoimen verran. Tämän analyysin laskennassa käytetään SPF-lukua (Seasonal Performance Factor tai Kausiluonteinen suorituskykykerroin), joka on osoitin, jota käytetään lämpöpumpuissa arvioimaan niiden hyötysuhdetta kylmässä ilmastossa. Hyötysuhde ilmaistaan rakennukseen (lämmitysjärjestelmän kautta) toimitetun kokonaislämmön ja lämpöpumpun (kompressorin käyttämiseen) käyttämän sähkön suhteena. Näille Ympäristöministeriö (2012) on ilmoittanut säävyöhykkeiden mukaiset taulukot.

Ensin on laskettu ILP vuotuinen nettotuotto (Kaavat 17 & 18), jonka laskemiseen täytyy tietää Taulukko 4 mukaiset alkutiedot. Kun pumpun lämmitysenergian tuotto on tiedossa, voidaan laskea sen tarvittava sähköenergian määrä (Kaava 19) ja kuinka paljon säästöä generoituu vuodessa (Kaava 20.)

$$Q_{netto} = q_{tilat+iv} * A \quad (17)$$

jossa $q_{tilat+iv}$ on ominaislämmöntarve, kWh/m² ja A on lämmitettävä ala, m².

$$q_{tilat+iv} = \frac{\text{Kiinteistön lämmitysenergian kulutus}}{A} \quad (18)$$

$$Q_{sähkönkäyttö} = \frac{Q_{netto}}{SPF} \quad (19)$$

jossa $Q_{sähkönkäyttö}$ on ILP vuotuinen sähkönkäyttö, kWh/a, Q_{netto} on ILP vuotuinen nettotuotto, kWh/a ja SPF on Seasonal Performance Factor.

(34)

1.4.2025

$$Q_{nettosäästö} = Q_{netto} - \left(\frac{1}{SPF} \right) \quad (20)$$

Tuloksena saadaan, paljonko sähköä kuluu, jos ILP pystyy lämmittämään alueen tiettyä SPF-kerrointa kohden. Kysymykseksi kuitenkin jää kuinka monta pumppua tarvitaan vastaamaan kyseistä lämpöenergian tuottoa. Johdetaan tarvittavien pumppujen määrä ILP maksimituoton kautta (Kaava 21) ja jaetaan tarvittava lämmitysenergia maksimituoton kaavasta saadulla tuloksella. Investointilaskentaa varten oletamme vain yhden pumpun hankinnan olennaiseksi.

$$Q_{max,annum} = SCOP * Vuosikulutus \quad (21)$$

jossa $Q_{max,annum}$ on yhden ILP tuottama lämpöenergia vuodessa, kWh/a, $SCOP$ on Seasonal Coefficient of Performance, kausittainen hyötysuhde, $Vuosikulutus$ on ILP vuotuinen sähkönkulutus.

Taulukko 4. Laskennassa käytetyn esimerkkipumpun alkuarvot

ILP vuosituotto	n. 3400	kWh/a
ILP sähkönkäyttö	n. 1214	kWh/a
SPF	2,8	Energiatehokkuus-ohje D3 mukaan

Tässä on hyvä huomata, että Energiatehokkuusasetuksessa (Ympäristöministeriö, 1010/2017) on määritetty rajat ilma-ilmalämpöpumppujen lämpöenergian tuotannolle kiinteistöihin laskentaan, jossa ei käytetä dynaamista menetelmää. Nämä rajoitukset on jaettu rakennusluvan vireilletulovuoden mukaan vanhemmille ja uudemmille taloille, ja ne rajat on esitetty Taulukko 5.

Taulukko 5. Energian tuotannon raja-arvot eri rakennuslupien vireilletulovuosien perusteella (Ympäristöministeriö, 1010/2017)

-1985	1985-	10/2003-
6000 kWh/laitte, kuitenkin enintään 40 kWh/m ²	5000 kWh/laitte, kuitenkin enintään 35 kWh/m ²	3000 kWh/m ²

Maalämpöpumput

Maalämpöpumpuilla siirretään maasta lähtöisin olevaa energiaa kiinteistön tarpeisiin. Geoterminen lämpö tai tarkemmin Suomessa esiintyessä matala lämpöinen maalämpö tarkoittaa maa- tai kallioperästä otettua lämpöenergiaa, jota siirretään esimerkiksi porakaivon avulla maalämpöpumpulle, jossa se siirtyy eteenpäin kiinteistön lämmitysenergiaksi.

(34)

1.4.2025

Maalämpöpumpun investointikustannukset koostuvat pumppuvalinnasta, porakaivon kaivamisesta, mitoituksesta ja suunnittelusta, sekä asennuksesta. Lisäksi investointikustannukseen voi kuulua vanhan järjestelmän purkukustannukset, jotka ovat tässä raportissa jätetty pois investoinnin arvioidusta hinnasta. Porakaivon hinta on arvioitu IDA ICE -simulointiohjelman kautta lasketun porakaivon syvyyden mukaan (Kaava 22). Kaivon porauskustannukset on arvioitu olevan noin 40–60 €/m (LVI-Eilola, n.d.). Taulukossa 6 on lueteltu maalämpöpumpun esimerkkilaskennassa käytetyt alkuarvot.

$$L = \frac{Q_{\text{höyrystin}}}{P_{\text{kaivo}}} \quad (22)$$

jossa L on porakaivon syvyys, m, $Q_{\text{höyrystin}}$ on lämpöpumpun höyrystimen teho, W ja P_{kaivo} on kaivon arvioitu teho, W/m.

Kaava 23 esittää lämpöpumpun laskennallisen sähköenergian kulutuksen (Ympäristöministeriö, 2012).

$$W_{LP, \text{lämmitys}} = \frac{Q_{LP, \text{lämmitys, tilat}}}{SPF_{\text{tilat}}} + \frac{Q_{LP, \text{lämmitys, lkv}}}{SPF_{\text{lkv}}} + W_{\text{lisälämmitys}} \quad (23)$$

jossa $W_{LP, \text{lämmitys}}$ on MLP sähköenergian kulutus, kWh, $Q_{LP, \text{lämmitys, tilat}}$ on MLP tuottama tilojen lämmitysenergia, kWh, SPF_{tilat} on MLP SPF-luku tilojen lämmityksessä, $Q_{LP, \text{lämmitys, lkv}}$ on MLP tuottama käyttöveden lämmitysenergia, kWh, SPF_{lkv} on MLP SPF-luku käyttöveden lämmityksessä ja $W_{\text{lisälämmitys}}$ on tilojen ja lämpimän käyttöveden lämmityksessä tarvittavan lisälämmityksen sähköenergian tarve, kWh.

Taulukko 6. Maalämpöpumpun esimerkkilaskennassa käytetyt alkuarvot

Tuotto kaivosta	30	W/m, arvioitu IDA ICE -simulointiohjelman mukaan
Syvyys	163	m
COP	3	Oletus
Lauhduttimen lämpöenergia	7300	W
Kompressorin teho	2,43	kW
Höyrystimen lämpöenergia	4,87	kW

Ilma-vesilämpöpumput

Ilma-vesilämpöpumput (jatkossa IVLP) toiminta lasketaan samoin perustein kuin MLP ja PILP, ja niiden alkuarvoina käytetyt tiedot löytyvät Ympäristöministeriön Lämpöpumppujen energialaskenta -oppaasta (2012). IVLP järjestelmä siirtää ulkoilmasta otettua energiaa lämmitettävään vesikiertoiseen järjestelmään sisäilman sijasta. IVLP sähkönkulutus lasketaan samalla periaatteella kuin aikaisemmin mainittu PILP (Kaava 24.), mutta sen mitoittamiseen käytetään hieman eri SPF lukuja (Ympäristöministeriö, 2012). IVLP-järjestelmän SPF tippuu huomattavasti pakkasilla, ja järjestelmä vaatii usein lisälämmityslähteen.

Muita energiantuotantotapoja

Pientuotannosta puhuttaessa on mainittava pien- ja mikrovesivoimalat, joita kiinteistön omistajat voivat luvanvaraisesti rakentaa tontilleen. Vesivoima vaatii riittävän virtaaman sekä pudotuskorkeuden. Teoriassa vesivoima toimii ympäri vuoden, jos virtaavan veden ei havaita jäätyvän talvella, tai kuivuvan kesällä. Energia-asiakkaan vesivoimalat jaetaan pienvesivoimaloihin, jotka ovat teholtaan 1–10 MW sekä mikrovesivoimaloihin, jotka ovat teholta alle 1 MW (Motiva, 2023). Vaikka vesivoima on uusiutuvaa ja päästötöntä energiaa, siihen kuitenkin liittyy laajoja ympäristöriskejä, joihin Marinin hallitusohjelma (vuodelta 2019) halusi puuttua. Nämä muutokset tarkoittaisivat, että kaikkiin vesitalouslupiin (eli vesivoimalaitosten toimilupiin) vaadittaisiin kalatalousvelvoitteet. Käytännössä siis kaikkiin voimaloihin kuuluisi kulkuväylät kaloille.

Tämän raportin kirjoitushetkellä vesivoimalan rakentaminen on luvanvarainen vesitaloushanke (Finlex 3§, 2011), eikä säädökseen olla tehty muutoksia kalojen kulkuväyliin liittyen.

Poistoilmalämpöpumput

Poistoilmalämpöpumput (jatkossa mainittuna PILP). PILP-laitteet luetellaan lämmöntalteenotto-tyylisiksi laitteiksi, jotka eivät tuota uusiutuvaa energiaa, vaan käyttävät jo lämmitettyä sisäilmaa hyödyksi. Tätä voi kutsua kierrätysenergiaksi tai suoraan lämmöntalteenottotekniikaksi. Laskentaan käytetyt alkuarvot löytyvät Ympäristöministeriön Lämpöpumppujen energialaskenta -oppaasta (2012). PILP järjestelmää harkittaessa on hyvä ymmärtää, ettei sillä voi tuottaa kaikkea talon tarvitsemaa energiaa, ja että sen hankinta on kannattavaa vain, jos kiinteistön sisätilavuus on suuri suhteessa lämmitystehon tarpeeseen (Motiva, 2022d.), eli jos rakennus on valmiiksi energiatehokas. Tämä tarkoittaa sitä, että PILP järjestelmän sopivuus matalaenergisiin- tai passiivitaloihin on suurempi kuin vanhoihin taloihin, joissa on suuri ilmanvuoto. PILPin vaatima sähköenergia esitetään Kaavassa (24).

(34)

1.4.2025

$$W_{LP,lämmitys} = \frac{Q_{LP,lämmitys,tilat}}{SPF_{tilat}} + \frac{Q_{LP,lämmitys,lkv}}{SPF_{lkv}} + W_{lisälämmitys} \quad (24)$$

jossa,

jossa $W_{LP,lämmitys}$ on PILP sähköenergian kulutus, kWh, $Q_{LP,lämmitys,tilat}$ on PILP tuottama tilojen lämmitysenergia, kWh, SPF_{tilat} on PILP SPF-luku tilojen lämmityksessä, $Q_{LP,lämmitys,lkv}$ on MLP tuottama käyttöveden lämmitysenergia, kWh, SPF_{lkv} on PILP SPF-luku käyttöveden lämmityksessä ja $W_{lisälämmitys}$ on tilojen ja lämpimän käyttöveden lämmityksessä tarvittavan lisälämmityksen sähköenergian tarve, kWh.

Pientuulivoima

Maaailmanlaajuisesti tuulivoima on yksi suurimmista potentiaaleista sähkön tuottoon, mutta siihen liittyy myös ongelmia, joista suurin merkittävä ongelma on meteorologinen riippuvuus tuotannossa. Hämeen liiton tekemän tuulivoimaselvityksen mukaan Kanta-Hämeelle tunnistettiin yhteensä 31 potentiaalista tuulivoima-aluetta, jotka mahdollistavat noin 490 tuulivoimalan rakentamisen (FCG, 2022).

Tuulivoimalan käyttöikä on noin 25 vuotta, vaikkakin uusimpien tuulivoimaloiden kohdalla elinikä on noussut jo yli 30 vuoden (Tuulivoimalayhdistys 2023). Investointikustannukset riippuvat tuulivoimalan koosta, jotka määritellään olevan tämän analyysin kannalta pientuulivoimaloiden maksimikokoa, eli puhutaan laitteistoista, joiden nimellisteho on alle 50 kW. Tyypillisesti pientuulivoimaloiden mastojen korkeudet ovat 5–30 metrissä (Motiva, 2022c.)

Suomessa pientuulivoimaa käytetään yleensä akkujen lataukseen ja niistä sähkön käyttöön 12 V, 24 V, 48 V tai 230 V -järjestelmissä, lämmitysenergian tuottamiseen rakennuksen tai käyttöveden lämmityksessä tai suoraan sähköntuotantoon omakotitalon sähköverkossa, jolloin voimalan sähkö muutetaan tavalliseksi verkkosähköksi ja voimala kytketään sulaketauluun (Motiva 2022c.). PTV kokonaishintaan vaikuttaa myös akustot sekä invertterin tyyppi, huomioiden, että invertteri täytyy vaihtaa tuulivoimalan eliniän aikana.

Turbulenssi aiheuttaa tuulen vaihtelua kaikissa kolmessa ulottuvuudessa, ja epätasainen maasto aiheuttaa enemmän turbulenssia kuin tasainen maasto tai merialue (Schaffarczyk 2023), vaikka turbulenssi pieneneekin korkeuden funktiona. Tämän takia pientuulivoiman rakentaminen esimerkiksi rakennuksen katolle ei ole mutkaton toimenpide. Turbulenssin aiheuttama värinä saattaa hajottaa rakenteita.

Uusiutuvan energiantuotannon tueksi

Raporttia varten tutkittiin myös keinoja, joilla uusiutuvan energiantuotannon muotoja voitaisiin täydentää asuntojen energiantarpeen kattamiseksi myös lämmityskauden huippuhetkinä. Nykyiseltään muun muassa lämpöpumpuissa toimivaa sähkövastusta on käytetty lämmittämään kiinteistöön siirtyvää ilmaa silloin, kun ulkoisesta lähteestä tuleva energiaa ei saa hyödynnettyä. Tällaisia hetkiä ovat mm. kovat pakkaset, jolloin yleisimmät pumput siirtyvät sähkövastukselle. Pakkasraja riippuu pumpusta, mutta uusimmat mallit toimivat vielä –25 celsius asteessa. Tämä kuitenkin tarkoittaa, että pumpun hyötysuhde laskee miltei samalle tasolle, tai jopa samalle tasolle kuin sähköpatterit. Toisin sanoen, hyötysuhde sähkön käytössä laskee huomattavasti, ja lämmittäminen kriittisimpään aikaan on kallista.

Energian varastointi

Energian varastointitekniikat voidaan määrittää sisältämään ainakin nämä kolme käsitettä:

- Lataus
- Varastointi / energian kantajana toimiminen
- Energian purku

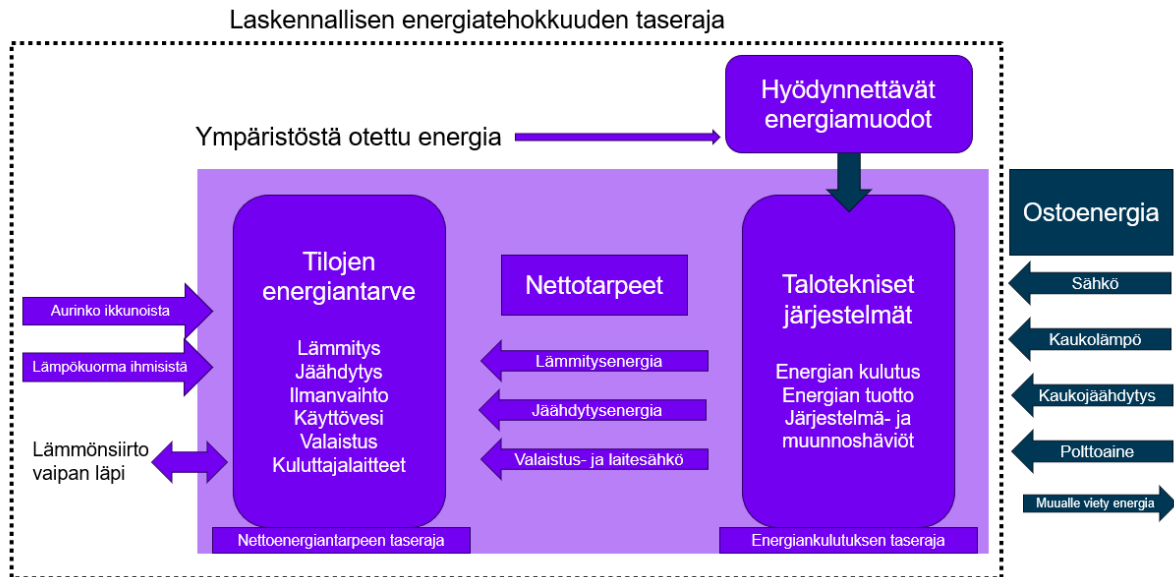
Energian varastointiin liittyvää laitteistoa voidaan luokitella fyysisillä, energisillä, ajallisilla, tilallisilla ja ekonomisilla tavoilla. Näiden lajitteluun tämä raportti ei syvenny, mutta kaupallisesti toimivia ja oleellisia laitteistoja kiinteistön energian varastoinnin kannalta ovat tällä hetkellä litiumioni akustot ja vesivarastot. Näistä litiumioni akut ovat parhaita liikkuvia akustoja. Akustojen investointikustannukset ovat korkeat niiden vaatimien raaka-aineiden takia.

Lämmön varastointi auttaa tasaamaan sähköön perustuvien lämmitysjärjestelmien kuormituspiikkejä ja mahdollistaa joissain tapauksissa myös kesällä tuotetun aurinkolämmön siirtämisen talvikaudelle. Kaukojäähdytyksessä käytettävät lämpöpumppulaitokset sisältävät usein varastointikapasiteettia, kuten kallioperään varastoitua kylmää vettä, joka tasaa järjestelmän kuormitusta. Varastointia voidaan hyödyntää myös lämpöenergian talteenottoon. Esimerkiksi Arlandan lentokentällä on maanalainen vesivarasto, joka tuottaa lähes kaiken kesäkauden jäähdytysenergian. Talvella samaan varastoon sitoutunutta lämpöä käytetään lentokoneiden seisontapaikkojen sulattamiseen sekä rakennusten tuloilman esilämmitykseen (Retermia, 2016).

Kiinteistöihin kohdistuvat vaatimukset

Tämä kappale käy läpi kiinteistöihin kohdistuvia vaatimuksia liittyen energiatuotantomuotojen teknillisiin vaatimuksiin kuten liitännöihin. Lisäksi kappale tarkastelee kiinteistöä sähköntuottajana, erillisenä osapuolena sekä yhdessä energiayhteisössä, ja näihin liittyviä vaatimuksia lain ja voimassa olevien säädösten puolesta. Energiatehokkuusdirektiivin vuoden 2018 muutoksen ja lisäykset tuovat peruskorjaustrategian, jonka avulla unionin jäsenmaat pystyvät muuttamaan rakennuskannan ”erittäin energiatehokkaaksi ja vähähiiliseksi” vuoteen 2050 mennessä, helpottaen olemassa olevien rakennusten muuttamista kustannustehokkaasti lähes nollaenergiarakennuksiksi (EU, 2018/844). Määräykset edellyttävät kokonaisenergiatarkasteluun perustuvien laskentamenetelmien käyttöönottoa ja energiankulutuksen laskennallista tarkastelua aikaisemmassa luvussa mainitun rakennuksen E-luvun määrittämiseksi rakennuslupavaiheessa (Ympäristöministeriö, 2018).

Rakennuksen laskennallinen ostoenergia tarkoittaa sitä energiamäärää, jonka rakennus oletetussa vakiokäytössä tarvitsee ulkopuolisista lähteistä. Tällaisia lähteitä voivat olla esimerkiksi sähköverkko, kaukolämpö- ja kaukojäähdytysverkot sekä uusiutuvia tai fossiilisia polttoaineita hyödyntävät järjestelmät. Vakiokäytön pohjalta arvioitu ostoenergia muodostuu erikseen tarkasteltuna lämmityksen, ilmanvaihdon, jäähdytyksen, valaistuksen ja erilaisten sähkölaitteiden kuluttamasta energiasta. Laskennassa huomioidaan myös se osa rakennuksen ympäristöstä saatavasta energiasta, joka voidaan hyödyntää rakennuksen energiantarpeen kattamisessa. Tämä vähentää ulkopuolelta hankittavan energian määrää (Ympäristöministeriö, 1048/2017). Laskennallista ostoenergiaa on havainnollistettu Kuva 4, joka on mukailtu Ympäristöministeriön ohjeen mukaisesti (1048/2017).



Kuva 4. Laskennallisen energiatehokkuuden taseraja ja ostoenergia. Kuva mukailtu Ympäristöministeriön Energiatehokkuusohjeen (2018) mukaan.

Lämmityksen energiakulutuksen voidaan katsoa koostuvan kolmesta tekijästä: rakennuksen koosta, rakennuksen energiatehokkuudesta ja halutun sisälämpötilan ja ulkolämpötilan erotuksesta. Rakennusten energian nettotarpeisiin voi vaikuttaa sekä aktiivisilla että passiivisilla energiaratkaisuilla. Aktiivisia ratkaisuja voivat olla esimerkiksi kiinteistöihin lisättävät hyödynnettävät energiantuotantomuodot, kuten aurinkosähköjärjestelmät, aurinkolämpökennot ja pientuulivoimalat. Lämpöpumput ja polttokennoteknologiat sisältyvät ostoenergian puolelle, ellei niihin löydy kiinteistön vaipan sisäpuolelta energian tuotantoa. Passiiviset ratkaisut sisältävät lämmönsiirron kiinteistön vaipan läpi, lämpökuorman ihmisistä sekä kiinteistöön kohdistuvan passiivisen aurinkoenergia ja passiiviset sääsuojat, kuten kiinteistössä sijaitseva kasvillisuus ja puut.

Sähkön pientuotannon liittämiseen osaksi valtakunnallista sähköverkkoa kohdistuu teknisiä vaatimuksia. SFS-EN 50549-1:2019 standardi & Fingrid VJV2018 -vaatimuskirjeen liittyvät aurinkosähköjärjestelmien yleiseen sähköverkkoon liittämiseen. Vaatimukset ovat alle 50 kW ja 50–1000 kW tuotantolaitteistoille.

Tuuli- ja vesivoiman perustamiseen tarvitsee liitoksien lisäksi ympäristöluvat, puhumattakaan mahdollisista maanvuokraus sopimuksista. Jos omalle katolleen tahtoo pienen tuulivoimalan, tulee varmistaa laitteiston olevan IEC:n (International Electrotechnical Commission) standardien mukainen, olosuhteiden on oltava otolliset juuri tuulivoimalle voimalan tuottaakseen jotain, sekä meluhaitan olevan vähäinen. Lisäksi voimala kannattaa olla tyyppihyväksytty.

Investointilaskenta

Investoinnista saatavat tuotot voidaan jakaa investointituottoihin ja investointiajanjakson lopussa mahdollisesti saatavaan tuottoon eli jäännösarvoon. Kiinteistöihin rakennettavissa energiaremonteissa ei tavoitella jäännösarvoa, vaan varsinaisiin tuottoihin luetaan investoinnista saatavat kustannussäästöt. Usein tuottojen arviointi on haastavaa, sillä mitattavissa olevien tuottojen lisäksi saattaa syntyä epäsuorasti mitattavaa tuottoa. Esimerkiksi ympäristöön liittyvistä hankkeista syntyy yleensä vaikeasti mitattavia ja epäsuoria tuottoja, joita tämän raportin pohjalla oleva laskentatyökalu ei huomioi.

Investoinnin kannalta kannattavuuteen olennaisesti vaikuttava tekijä on laskentakantakorko. Laskentakantakorkona tässä analyysissä käytetään lainakorkoa, eikä inflaatiota ei sisällytetä kustannuksiin eikä tuottoihin. Tämän analyysin skenaariot ja oletukset lainoista sekä koroista on esitetty Taulukko 7.

Investointilaskelmiin sisältyy aina riskejä, koska investointihankkeen vaikutusaika on yleensä pitkä. Tavallisesti vain investointikustannukset voidaan arvioida melko tarkasti. Laskelmiin sisältyvä epävarmuus voidaan eliminoida joko pyrkimällä selvittämään hankkeeseen liittyvät riskit ja niiden todennäköisyydet tai tekemällä vaihtoehtoisia laskelmia (käytännössä jälkimmäinen tapa on yleisempi).

Investointilaskennassa käytetään nettonykyarvomenetelmää (net present value, NPV tai NNA) investoinnin todellisen arvon laskemiseen, efektiivistä korkoa (IRR) investoinnin kannattavuuden arvioimiseen sekä lisäksi takaisinmaksuajat jokaiselle investoinnille. Raporttia varten tehdään eri skenaariot eri lämmitysjärjestelmille, sillä kaikkien energiatuotantotapojen vertailu olemassa oleviin taloihin ei yksinkertaisesti onnistu. Esimerkiksi suora sähkökäyttöiseen taloon on kallista asentaa maalämpöpumppu, johtuen tarvittavasta vesikiertojärjestelmän uusimisesta ennen pumppuun vaihtamista.

Skenaariossa 1. arvioidaan paljonko ILP ja aurinkosähköjärjestelmä tuovat kiinteistöön vuotuisia säästöjä ja kuinka pitkä takaisinmaksu aika järjestelmien yhteisinvestoinneilla on. Skenaariossa 2. suoritetaan samanlainen säästövertailu, mutta tällä kertaa alkujärjestelmänä on kyseessä vesikiertoinen lämmitysjärjestelmä sekä kaukolämpö, joita verrataan MLP, IVLP sekä PILP investointeihin. Skenaariossa 3. alkujärjestelmänä on vesikiertoinen öljylämmitys, jota verrataan MLP, IVLP sekä PILP investointeihin. Investointien oletetaan olevan lainoja, joissa on 2 % korko. Laina-aika määräytyy jakamalla kokonaislaina ensimmäisen vuoden

(34)

1.4.2025

säästöillä. Skenaarioissa käytetään ostoenergian vuosittaisena kasvuna keskimääräistä 2 % kasvua.

Taulukko 7. Skenaarioiden yleiset tiedot ja oletukset.

	Skenaario 1; Suora sähkö	Skenaario 2; Kaukolämmöstä vaihto	Skenaario 3; Öljylämmityksestä eroon
Ostoenergian hinta	16,85 snt/kWh, 2 % vuosittainen hinnan nousu	KL: 10,33 snt/kWh, sähkö: 16,85 snt/kWh 2 % vuosittainen hinnan nousu	Öljy: 14,47 snt/kWh, sähkö: 16,85 snt/kWh 2 % vuosittainen hinnan nousu
Järjestelmän vaihto	ILP AS (1,8 kWp)	MLP IVLP PILP	MLP IVLP PILP
Laina-aika	Ensimmäisen vuoden säästö jaettuna lainan kokonaismäärällä 1. vuotena		
Lainan korko	5 %		
Tuen määrä	0 %		
Omakustannus	0 %		

Energiajärjestelmien investointikustannukset

Energia tuotantomenetelmien alkutiedot näkyvät niille osoitetuista kappaleista. Investoinnin tiedot perustuvat energia tuotantomuodoissa valittuihin arvoihin.

Skenaario 1: Suoraa sähköä helpottamaan

Taulukossa 8 on Skenaarion 1. laskennan tulokset. Taulukon lopussa oleva sisäinen korko kertoo investoinnin olevan kannattava, jos toteutuneet parametrit sopivat todellisuuteen tarpeeksi hyvin. Toisin sanoen, tarvitaan tarkempaa tuntidataa kiinteistöstä arvioimaan sähkön tuotannon ja kulutuksen yhteen sovittamista. Hintaa arvioidessa on huomattava, että sähkön

(34)

1.4.2025

hinta perustuu vuotuisen keskiarvoon; jotta laskennan saisi realistisemmaksi, tulisi käyttää pörssisähkön hintaa tai valittava kiinteä sähkösopimus arvioimaan todellista vaikutusta.

Muuta huomioitavaa ensimmäisestä skenaariosta: ILP:in käyttöiän on oletettu päättyvän vuoden 15. kohdalla, jonka jälkeen tilalle on hankittu uusi, samalla investointikustannuksella (2 000 €), kun tarkastellaan aurinkosähköjärjestelmän ja ILP yhdistelmää. Tämä vaikuttaa suoraan takaisinmaksuaikaan, mutta kyseisessä tapauksessa aikaisempien vuosien energiansäästöt korvaavat nettonykyarvon tuloksen, joten NNA:n mukaan laskettavaan takaisinmaksuaikaan uusi investointi ei tällä suuruusluokalla vaikuta. NNA:n ja IRR:n lopputuloksiin uusi investointi vaikuttaa muutaman prosenttiyksikön verran. Lisäksi aurinkosähköjärjestelmää laskettaessa on lisätty oletettu -0,5 % tuotannon vähenemä.

Taulukko 8. Skenaario 1. Laskennan tulokset, NNA = nettonykyarvo, IRR = Internal Rate of Return, sisäinen korkokanta

	ILP	AS	ILP+AS	YKSIKKÖ
KORKO	5 %	5 %	5 %	
LAINAN MÄÄRÄ	2 000	2 200	4 200	€
OSTOSÄHKÖN MÄÄRÄ	16 531	16 442	14 513	kWh
UUDEN JÄRJESTELMÄN SÄHKÖN HINTA VUODESSA	2 741	2 803	2 445	€/a
ALKUPERÄINEN HINTA	3 110	3 110	3 110	€/a
VUOSITTAINEN SÄÄSTÖ	325	308 (1. vuosi)	665 (1. vuosi)	€/a
KÄYTTÖIKÄ	15	25	25	
TAKAISINMAKSUAIKA	6	9	7	vuotta
NNA	10 112 €	1 988 €	40 969 €	
IRR	45 %	24 %	35 %	

Skenaario 2: Kaukolämmöstä vaihto

Skenaariossa 2. arvioinnissa on muuttuva alla olevan energiantuotannon hinta. Kaukolämmön hinnaksi arvioitiin keskimäärin 10,33 snt/kWh, kun taas sähkön hinnaksi arvioitiin keskimäärin 16,85 snt/kWh. Näin korkea sähkön hinta ei luonnollisesti pysty kilpailemaan alhaisen kaukolämmön hinnan kanssa samoilla energian kulutuksilla, eikä vertailu pumppujen osalta ole kannattava, ellei arviointiin saada mukaan sähkön kausittaisia vaihteluita. Järjestelmän vaihto kaukolämmöstä PILP systeemiin on kannattava vain, jos sähkön hinta alenee vastaamaan kaukolämmön hintaa, eikä siltikään yllä takaisinmaksuajaltaan järjestelmän käyttöiän vaatimaan 20 vuoteen. Investoinnin kannattamattomuus johtuu

(34)

1.4.2025

esimerkkikiinteistöstä, jonka tehosuhteensa puolesta ei yllä kannattavaan tulokseen. Jotta investointia voi arvioida rahan kannalta, esimerkkikiinteistön toinen versio, pienemmällä pinta-alalla antoi suotuisamman tuloksen, joka näkyy taulukon 9 kohdassa "PILP 2".

IVLP kohdalla vastaan tulee nimenomaan sähkön korkea keskiarvoinen hinta. Taulukon 9 "IVLP 2" -kohdassa on tarkasteltu ilma-vesilämpöpoppua samassa esimerkkikiinteistössä alemmalla, kaukolämmön vertaisella hinnalla (10,33 snt/kWh). Tämä tulos on kannattava, mutta epärealistinen.

Maalämpöpumpun kannattamattomuus johtuu todennäköisesti samasta sähkön korkeasta vertailuhinnasta. Vertaillen muutaman vuoden takaiseen tilanteeseen, kun sähkön vuotuinen keskiarvo oli noin 99 €/MWh ja kaukolämmön vuotuinen keskiarvo 88 €/MWh, oli MLP-järjestelmä verrattain kannattavampi kuin kaukolämpö. Silloin IRR 7 %, takaisinmaksuajan yltäessä 18 vuoteen.

Taulukko 9. Skenaario 2. Laskennan tulokset, NNA = nettonykyarvo, IRR = Internal Rate of Return, sisäinen korkokanta

	MLP	IVLP 1	IVLP 2	PILP 1	PILP 2	YKSIKKÖ
KORKO	5 %	5 %	5 %	5 %	5 %	
LAINAN MÄÄRÄ	15 000	10 000	10 000	5 000	5 000	€
OSTOSÄHKÖN MÄÄRÄ	11 238	13 156	13 156	13 427	11 870	kWh
UUDEN JÄRJESTELMÄN SÄHKÖN HINTA VUODESSA	1 894	2 217	1 359	2 262	1 226	€/a
ALKUPERÄINEN HINTA	2 312	2 312	2 312	2 312	2 312	€/a
VUOSITTAINEN SÄÄSTÖ	418	95	953	50	1 086	€/a
KÄYTTÖIKÄ	20	20	20	20	20	vuotta
TAKAISINMAKSUAIKA	Sähkön hinnalla 16,85 snt/kWh takaisinmaksu ylittää käyttöiän	Sähkön hinnalla 16,85 snt/kWh takaisinmaksu ylittää käyttöiän	13	ei pystytäkään maksamaan takaisin	11	vuotta
NNA	-48 326	-47 902	-7 725	-18 204	-7 205	€
IRR	-	-	12 %	-	16 %	
	ei kannattava	ei kannattava	kannattava, epärealistinen	ei kannattava	kannattava	

(34)

1.4.2025

Suuri tekijä takaisinmaksuaikojen pitenemisessä on lainan koron määrä. Nollakorolla maalämpö on sähkön hinnan ollessa 16,85 snt/kWh jo kannattava, yltäen takaisinmaksuajassa 19 vuoteen ja IRR 13 % kassavirrasta.

Skenaario 3: Öljylämmöstä eroon

Skenaariossa 3. esiintyy PILP:in osalta sama kannattavuuden nousu energiatehokkaammassa kiinteistössä. Taulukko 10 sisältää Skenaarion 3 tulokset. Kaikki järjestelmät vaikuttavat kannattavilta olettaen, että pumppujen mitoitus ja tehontarpeet ovat esimerkkitaloon riittävät, ja että öljyn sekä sähkön hinnat kasvavat tasaisesti.

Taulukko 10. Skenaario 3. Laskennan tulokset, NNA = netto nykyarvo, IRR = Internal Rate of Return, sisäinen korkokanta

	MLP	IVLP	PILP	YKSIKKÖ
KORKO	5 %	5 %	5 %	
LAINAN MÄÄRÄ	15 000	10 000	10 000	€
OSTOSÄHKÖN MÄÄRÄ	11 238	13 156	13 427	kWh
UUDEN JÄRJESTELMÄN SÄHKÖNHINTA	1 894	2 217	2 262	€/a
ALKUPERÄINEN HINTA	3 245	3 245	3 245	€/a
EROTUS	1 352	1 029	984	€/a
KÄYTTÖIKÄ	20	20	20	
TAKAISINMAKSUAIKA	13	11	13	vuotta
NNA	-12 191 €	-12 €	-12 918 €	
IRR	12 %	15 %	12 %	
JOS KORKO OLISI 2 %, TMA OLISI:	11	10	11	vuotta
	kannattava	kannattava	kannattava	

Skenaarion 3 tulokset maalämmön osalta ovat odotettuja, johtuen lainan korkeasta korosta, sekä korkeasta alkuinvestointikustannuksesta. Korkeat lainan korkokulut vaikuttavat investointien kannattavuuteen olennaisesti. Täysin omakustanteinen maalämpöpumppu maksaisi itsensä säästöllä takaisin noin kymmenessä vuodessa, kun keskimääräinen sähkön hinta on 16,85 snt/kWh.

Tulokset

Skenaarioiden 1, 2 ja 3 tuloksista selviää, että energajärjestelmän vaihtaminen lämpöpumpulle on kannattavaa, jos kiinteistö on jo valmiiksi energiatehokas. Energajärjestelmän vaihtamisesta muodostuvat kulut kattavat asennuksen ja itse energajärjestelmän lisäksi purku- tai vaihtokulut, joita ei tässä raportissa ole huomioitu. Laskentaan saa kuitenkin mukaan lisäkulut lisäämällä alkuperäisen investoinnin määrää. Taulukko 11 esittää raportin kannattavimmat investoinnit.

Taulukko 11. Skenaarioiden kannattavimmat järjestelmät oletusarvoilla

Skenaario	Takaisinmaksuaika (vuotta)	IRR	Kannattavin järjestelmä
1	7	35 %	ILP + AS
2	11	16 %	PILP 2
3	11	15 %	IVLP

Pääasiassa energajärjestelmän vaihdon takia muodostuvat energiasäästöt auttavat maksamaan alkuinvestoinnin pois, joka tekee investoinnista yleensä kannattavan. Tulosten nettonykyarvo (NNA) vaikuttaa kannattavissa hankkeissa varsin korkealta investoinnin suuruuteen nähden, mutta kun huomioidaan energian säästö alkuperäiseen systeemiin verrattaessa ja lasketaan se positiivisena kassavirtana koko 15–20 vuodelle, saadaan tämän kaltaisia tuloksia.

Tulokset ovat epävarmoja, sillä niissä käytetyt oletukset sähkön ja muiden polttoaineiden hintojen osalta vaihtelevat voimakkaasti vuodenkin sisällä, ja lisäksi ulkoisia, kiinteistöistä riippumattomia tekijöitä ei oteta tulevaisuuden hinnan nousuissa mukaan arvioon. Seuraava tutkimuksen alue hankkeelle on vuodenaikojen vaihteluiden tarkempi sijoittaminen laskettaviin arvioihin.

Kanta-Hämeen energiantuotantosektori on murroksessa kohti kestävämpiä ja hajautetumpia ratkaisuja. Aktiiviset energia-asiakkaat, kuten teollisuuslaitokset, maatilat ja yksityiset kiinteistönomistajat, ovat keskeisessä asemassa tässä muutoksessa. Tämän raportin tarjoama nykytila-analyysi on tehty Kanta-Hämeen energiantuotantotavoista aktiivisten

(34)

1.4.2025

energia-asiakkaiden näkökulmasta, ja se sisältää ehdotuksia parantamiskeinoista kohti kestävämpää tulevaisuutta.

Kanta-Hämeen energiantuotanto ja sen potentiaali perustuu monipuolisiin energialähteisiin. Uusiutuvan energian osuus on kasvanut viime vuosina, mutta perinteisten polttoaineiden käyttöä esiintyy edelleen. Alueen energiatehokkuudessa on saavutettu merkittäviä parannuksia viime vuosikymmeninä, kuten kivihilestä luopuminen, mutta edelleen on tilaa kehitykselle. Monet rakennukset ja teollisuuslaitokset hyötyisivät energiatehokkuuden parantamisesta investoimalla parempaan eristykseen ja laitteistoihin. Sähköverkkoinfrastruktuuri on Kanta-Hämeen alueella suhteellisen hyvä, mutta uusiutuvan energian lisääntyvä käyttö ja hajautettu energiantuotanto voivat aiheuttaa haasteita verkon kapasiteetille ja joustavuudelle, johtuen tuottavuuden vaihteluista.

Alueella on aikaisemmin ollut joitakin kannustimia ja tukitoimia uusiutuvan energian tuottajille, mutta valtion tukien lakkautuminen vuoden 2024 alussa muutti tämän. Tukitoimien laajentaminen ja parantaminen voivat kannustaa entistä useampia energia-asiakkaita investoimaan omiin energiantuotantoratkaisuihin. Tämä voi sisältää verohelpotuksia ja avustuksia energiatehokkaiden rakennusten rakentamiselle ja kunnostamiselle.

Alueellisten viranomaisten ja energiayhtiöiden tulee tarjota teknistä tukea, rahoitusta ja lupa-asiantuntemusta hajautetun energiantuotannon kehittämiseksi. Tämä voi auttaa aktiivisia energia-asiakkaita investoimaan omiin tuotantoratkaisuihinsa. Älyverkkojen käyttöönotto voi parantaa sähköverkon joustavuutta ja sopeutumiskykyä kasvavaan hajautettuun energiantuotantoon. Tämä voi myös helpottaa aktiivisten energia-asiakkaiden osallistumista sähkömarkkinoille. Lisäksi energia-asiakkaille tulisi tarjota enemmän koulutusta ja tietoa energiatehokkaista ratkaisuista ja uusiutuvan energian käytöstä. Tämä voi lisätä ymmärrystä ja innostusta omien energiantuotantoratkaisujen kehittämiseen.

Kanta-Hämeessä on vahva potentiaali kestäväen energiantuotannon kehittämiseen, ja aktiiviset energia-asiakkaat ovat keskeisessä asemassa tässä muutoksessa. Parantamalla energiatehokkuutta, tukemalla hajautettua energiantuotantoa ja kehittämällä älykkäitä sähköverkoja alue voi siirtyä kohti kestävämpää ja vakaampaa energiantulevaisuutta. Yhteistyö viranomaisten, energiayhtiöiden ja energia-asiakkaiden välillä on ratkaisevaa tämän tavoitteen saavuttamiseksi.

Lähteet

- ARA. (2021). *Energia-avustukset*. [verkkosivu] [Lainattu 24.7.2023] Saatavilla: https://www.ara.fi/fi-FI/Lainat_ja_avustukset/Energiaavustus
- Business Finland. (2025). *Energiatuki*. [verkkodokumentti] [Lainattu 24.7.2023] Saatavilla: <https://www.businessfinland.fi/suomalaisille-asiakkaille/palvelut/rahoitus/energiatuki>
- Elenia. (2023). Aurinkosähkö [verkkosivu] [Lainattu: 1.1.2024] <https://www.elenia.fi/sahkonkulutus-ja-tuotanto/vihrea-siirtyma/aurinkosahkon-ja-pientuotannon-liittaminen>
- ELY. (2025). *Öljylämmityksen vaihtajalle*. [verkkosivu] Saatavilla: <https://www.ely-keskus.fi/oljylammityksen-vaihtajalle>
- Energiateollisuus ry & Fingrid Oyj. (2012). *MISTÄ LISÄJOUSTOA SÄHKÖJÄRJESTELMÄÄN?* [verkkodokumentti] [Lainattu 5.7.2023] Saatavilla: https://energia.fi/files/694/Mista_lisajoustoa_sahkojarjestelmaan_loppuraportti_28_11_2012.pdf
- Energiateollisuus. (2023a). *Energiavuosi 2022 Kaukolämpö*. [verkkodokumentti] [Lainattu 5.7.2023] Saatavilla: https://energia.fi/files/5650/Kaukolampovuosi_2022.pdf
- Energiateollisuus. (2023b). *Sähkötilasto 2022* [verkkodokumentti] Saatavilla: <https://energia.fi/tilastot/sahkotilastot/>
- Energiateollisuus. (2023). *Vuositaulukot, Kaukolämpötilasto 2022*. <https://energia.fi/tilastot/kaukolampotilasto/>
- Energiateollisuus. (2024). *Kaukolämmön vuositaulukot 2023*. [verkkodokumentti] Saatavilla: <https://energia.fi/tilastot/kaukolampotilasto/>
- Energiateollisuus. (2025a). *Sähkötilasto 2024*. [verkkodokumentti] Saatavilla: <https://energia.fi/tilastot/sahkotilastot/>
- Energiateollisuus. (2025b). *Kaukolämpötilasto 2024*. [verkkodokumentti] Saatavilla: <https://energia.fi/tilastot/kaukolampotilasto/>
- Energiavirasto. (2022). *Sähkön toimitusvarmuus vuonna 2022*. [verkkodokumentti] [Lainattu 5.7.2023] Saatavilla: <https://energiavirasto.fi/documents/11120570/13026619>.

(34)

1.4.2025

- Energiavirasto. (2023a). *Aurinkosähkön pientuotanto kasvoi voimakkaasti vuonna 2022*. [verkkodokumentti] [Lainattu 3.7.2023] <https://energiavirasto.fi/-/aurinkosahkon-pientuotanto-kasvoi-voimakkaasti-vuonna-2022>
- EU. (2018/844). *The energy performance of buildings and Directive 2012/27/EU on energy efficiency*. [Direktiivi]. Saatavilla: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2018/844/oj/eng>
- EU. (2024). *Fit for 55: reducing emissions from transport, buildings, agriculture and waste*. [verkkosivu] <https://www.consilium.europa.eu/en/infographics/fit-for-55-effort-sharing-regulation/>
- Euroopan komissio. (2023). *REPowerEU*. [verkkosivu] [Lainattu 11.7.2023] Saatavilla: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/repowereu-affordable-secure-and-sustainable-energy-europe_en
- FCG. (2022). *Tuulivoimatuotantoon soveltuvien alueiden selvitys Kanta-Hämeen maakunnan alueelta*. Raportti. Hämeen liitto. [verkkodokumentti] [Lainattu 13.8.2024] Saatavilla: https://hameenliitto.fi/content/uploads/2022/11/Hameen-tuulivoimaselvitys_31102022.pdf
- Finlex. (2011). *Vesilaki 27.5.2011/587*. [verkkosivu] Lainattu: 5.2.2024. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110587>
- Fraunhofer IWES. (2023). *Measurements of environmental conditions*. [verkkosivu] [Lainattu 10.7.2023] Saatavilla: <https://www.iwes.fraunhofer.de/en/test-centers-and-measurements/measurements-of-environmental-conditions.html>
- Ilmatieteenlaitos. (2023). *Havaintojen lataus. Avoin data*. [nettisivu] <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/havaintojen-lataus>
- Jalas, M. & Ahonen, T. (2016). *Energiamurroksen ennakoidut vaikutukset 2030: Lämpöpumput, aurinkolämpö ja lämmön varastointi*. Luettu 12.2.2018. <https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/23513/isbn9789526071473.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- LVI-Eilola. (n.d.) *Kaivon porauskustannukset*. [nettisivu] [Lainattu 1.1.2024]. <https://lvi-eilola.fi/maalampo-hinta-toteutuneet-kohteemme/>
- Motiva. (2022). *Aurinkosähkönjärjestelmän teho*. [verkkosivu] [Lainattu 3.7.2023] https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/jarjestelman_valinta/aurinkosahkojarjestelman_teho

(34)

1.4.2025

Motiva. (2022c). *Pientuulivoima*. [verkkosivu] [Lainattu 3.7.2023]

https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/tuulivoima/pientuulivoima

Motiva. (2022d). *Poistoilmalämpöpumppu (PILP)*. [verkkosivu] [Lainattu: 15.1.2024]

Saatavilla:

https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/lampopumput/lampopumpputeknologiat/poistoilmalampopumppu

Motiva. (2023). *Pienvesivoima*. [verkkosivu] [Lainattu 3.7.2023] Saatavilla:

https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/vesivoima/pienvesivoima

Motiva. 2025. *Rahoituksen tietopalvelu*. [verkkosivu] Haettu 9.1.2025 osoitteesta:

https://www.motiva.fi/ratkaisut/rahoitus/rahoituksen_tietopalvelu

Perälä, R. & Perälä, O. 2017. Aurinkosähköä. Alfamer / Karisto Oy.

Retermia. (2016). *Case Arlanda*. [verkkodokumentti] [Lainattu 10.7.2023] Saatavilla:

https://retermia.fi/wp-content/uploads/2018/09/Case_Arlanda_21082018_web.pdf

Riihimäen kaupunki. (2023). Ympäristöraportti 2023. [verkkodokumentti]

https://www.riihimaki.fi/uploads/2024/06/c3d0839e-ymparistoraportti_2023.pdf

Sharaf, M., Yousef, M.S. & Huzayyin, A.S. Review of cooling techniques used to enhance the efficiency of photovoltaic power systems. *Environ Sci Pollut Res* **29**, 26131–26159

(2022). <https://doi.org/10.1007/s11356-022-18719-9>

Schaffarczyk, Alois Peter, ed. (2023). *Wind Power Technology : An Introduction*. Second edition. Cham, Switzerland: Springer, 2023. Print.

Sulkko, S. (n.d.). *Forssan tiekartta resurssiviisauteen*. [verkkodokumentti] [Lainattu:

13.1.2025] Saatavilla osoitteesta: <https://www.forssa.fi/asuminen-ja-ymparisto/tekniset-palvelut/kaavoitus/rakentamisen-ohjaus/projektit-seminarit/jarkivihrea-rakentaminen/>

Tilastokeskus. (2022). *Energian hinnat*. https://stat.fi/til/ehi/2021/04/ehi_2021_04_2022-03-10_fi.pdf

Tilastokeskus. (2023). *Energian hankinta ja kulutus*. Viiteajankohta:

31.12.2023. <https://stat.fi/julkaisu/cln2znlq68j1x0cut6ssrz1xp>

Todorov, O. (2022). *Maalämpöpumput (GSHP) ja maanalainen lämpöenergiavarasto (UTES) – avainvektorit tulevaisuuden energiasiirtymään*. Aalto yliopisto. Väitöskirja. Lainattu 22.9.2023.

(34)

1.4.2025

Tuulivoimayhdistys. (2023). Tuulivoiman vuositilastot. [verkkodokumentti] [Lainattu 1.1.2024]
https://suomenuusiutuvat.fi/media/tuulivoima_vuositilastot-2023-1.pdf

Verohallinto. (2024). *Kotitalousvähennys*. [verkkodokumentti] [Lainattu 30.7.2024] Saatavilla:
<https://www.vero.fi/henkiloasiakkaat/vahennykset/kotitalousvahennys/>

Ympäristöministeriö. (2012). *Lämpöpumppujen energialaskentaopas*. [verkkodokumentti]
https://ym.fi/documents/1410903/38439968/Lampopumppujen-energiaskentaopas-3.10.2012-10A732A6_EA2F_45F9_869C_6F909138CB26-30757.pdf/1d053cd5-1865-e174-6424-841fac831c48/Lampopumppujen-energiaskentaopas-3.10.2012-10A732A6_EA2F_45F9_869C_6F909138CB26-307

Ympäristöministeriö. (1010/2017). Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta. <https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/saaduskokoelma/2017/1010>

Ympäristöministeriö. (1048/2017). Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatodistuksesta. <https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/2017/1048>

Ympäristöministeriö. (2018). Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehon tarpeen laskenta, ohjeet, 2018 [verkkodokumentti] Saatavilla:
[https://www.motiva.fi/files/16484/Energiatehokkuus -
Rakennuksen energiankulutuksen ja lammitystehontarpeen laskenta.pdf](https://www.motiva.fi/files/16484/Energiatehokkuus_-_Rakennuksen_energiankulutuksen_ja_lammitystehontarpeen_laskenta.pdf)

(34)

1.4.2025

Liite 1.

Taulukko 1. Aurinkosähkölaskennan mitoituksen tulokset, kun kohteelle valittiin 10 kWp aurinkosähköjärjestelmä erääseen kiinteistöön.

Kuukaudet	G [kWh/m ²]	Wpv,i [kWh]	Kk kulutus [kWh]	Säteily [% pvstä]	Voidaan tuottaa [kWh]	Katetaan [kWh]	Ylijäämä [kWh]
Tammi	13	76	2 095	26 %	546	76	0
Helmi	44	256	1 805	39 %	706	256	0
Maalis	107	617	1 692	50 %	848	617	0
Huhti	155	895	1 783	54 %	961	895	0
Touko	183	1 058	2 166	74 %	1593	1058	0
Kesä	168	969	1 343	82 %	1102	969	0
Heinä	190	1 097	996	77 %	771	771	326
Elo	152	879	1 185	66 %	785	785	94
Syys	127	733	1 251	54 %	676	676	57
Loka	44	256	1 430	43 %	609	256	0
Marras	17	98	1 786	31 %	553	98	0
Joulu	11	65	2 078	25 %	511	65	0
Vuodessa:	1211	6 999	19 611	Vuoden 2022 arviot		6522	477