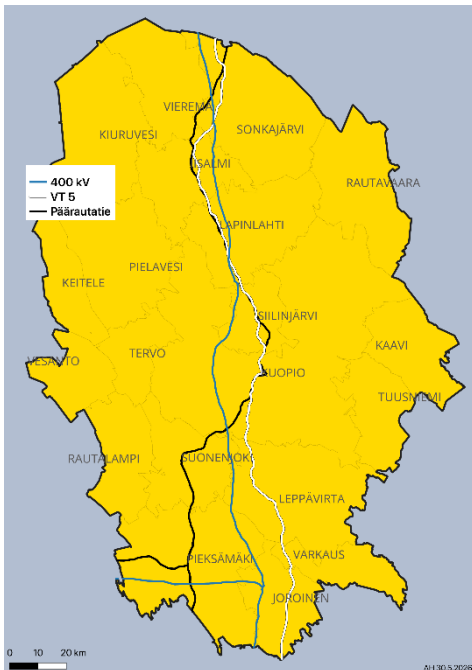


ENERGIASELVITYS



Euroopan unionin
osarahoittama



Pohjois-Savon liitto

warkaus
ihän omenainen

NAVITAS
YRITYSPALVELUT
Navitas Kehitys Oy

Pohjois-Savon energia
masterplan -hanke

1.5.2024 – 7.6.2026

Sisällys

1 Tiivistelmä.....	5
2 Johdanto	6
2.1 Pohjois-Savon energia masterplan -hankkeen tausta	6
2.2 Hankkeen tavoitteet ja tuotokset	6
2.3 Energiaselvityksen tarkoitus.....	6
2.4 Tarkastelualue ja rajaukset	8
2.5 Aineistot ja menetelmä	8
3 Pohjois-Savon energiasiirtymän kokonaiskuva	9
3.1 Alueellinen lähtötilanne.....	9
3.2 Uusiutuvan energian ja energiainfran kehitystarpeet	10
3.3 Energiakeskittymien muodostumisen logiikka	10
3.4 Keskeiset yhteiset reunaehdot.....	11
4 Selvitysteemojen koonti	13
4.1 Aurinkoenergia.....	14
4.2 Tuulienergia.....	18
4.3 Biokaasu.....	22
4.4 Vedyntuotanto ja Power-to-X	24
4.5 Energian varastointi.....	27
4.6 Hukkalämmön hyödyntäminen.....	28
4.7 Datakeskukset.....	30
5 Teemojen väliset kytkennät	32
5.1 Sähköverkko ja liityntäkapasiteetti	33
5.2 Sähkötaseen nykytila ja kehityssuunta	36
5.3 Lämpöverkot, hukkalämpö ja lämpövarastot	38
5.4 Biokaasu, vety, bio-CO2 ja teolliset arvoketjut	39
5.5 Varastointi ja jousto	39
5.6 Maankäyttö ja hyväksyttävyys	40
6 Alueellinen toteutettavuus ja priorisointi.....	40
6.1 Arviointikriteerit.....	40
6.2 Teemojen vertailu	42
6.3 Energiakeskittymien jatkovalmistelun periaatteet.....	43

6.4 Lyhyen, keskipitkän ja pitkän aikavälin mahdollisuudet	43
7 Vaikutukset	44
7.1 Alue- ja kuntatalous.....	45
7.2 Työllisyys ja osaaminen.....	46
7.3 Energiaomavaraisuus ja huoltovarmuus.....	47
7.4 Ilmasto- ja ympäristövaikutukset	47
7.5 Hyväksyttävyys ja paikalliset vaikutukset	48
8 Riskit, epävarmuudet ja tietopuutteet.....	48
8.1 Yhteiset riskit.....	49
8.2 Teemakohtaiset riskit.....	50
8.3 Tietopuutteet	50
9 Johtopäätökset	51
9.1 Keskeiset johtopäätökset	51
9.2 Seuranta ja päivitystarpeet.....	54
Lähteet	56

Taulukko 1. Käsitteet ja lyhenteet.

Käsite	Selitys
Tekninen potentiaali	Alustava mahdollisuus, joka perustuu teknisiin edellytyksiin, kuten resurssiin, sijaintiin tai teknologiaan.
Maankäytöllinen potentiaali	Se osa potentiaalista, joka voi soveltua alueidenkäyttöön, kaavoitukseen ja ympäristöön.
Teknistaloudellinen potentiaali	Se osa potentiaalista, jossa tekniset ja taloudelliset edellytykset voivat täytyä.
Investointikypsä potentiaali	Potentiaali, jossa myös liittymä, luvat, kysyntä, rahoitus, sopimukset ja hyväksyttävyyys ovat riittävän valmiita.
Power-to-X / PtX	Sähkön muuntaminen vedyksi ja edelleen tuotteiksi, kuten synteettiseksi metaaniksi tai metanoliksi.
Off-take-sopimus	Pitkäaikainen ostosopimus tuotetulle kaasulle, vedylle, lämmölle, sähkölle tai muulle lopputuotteelle.
PPA-sopimus	Pitkäaikainen sähkönostosopimus, jolla voidaan varmistaa sähkön hinta ja alkuperä.
Biometaani	Jalostettu biokaasu, joka soveltuu esimerkiksi liikennekäyttöön tai kuljetettavaksi kaasuna.
Mädätysjäännös	Biokaasuprosessin ravinnepitoinen lopputuote, jota voidaan hyödyntää lannoitteena tai jatkojalostaa.
BESS	Battery Energy Storage System, akkuvarasto.
Lämpövarasto	Ratkaisu, jolla lämpöä varastoidaan myöhempää käyttöä varten.
Hukkalämpö / ylijäämälämpö	Prosessissa tai järjestelmässä syntyvä lämpö, jota ei nykyisin hyödynnetä.
RFNBO	EU-sääntelyn käsite uusiutuvalle, muuta kuin biologista alkuperää olevalle polttoaineelle.
CO₂, bio-CO₂	Hiilidioksidi; Power-to-X-arvoketjuissa mahdollinen raaka-aine, jos talteenotto, laatu ja kysyntä täyttyvät. Bio-CO ₂ ; biologista alkuperää oleva hiilidioksidi.
Energiakeskittymä	Alue tai vyöhyke, jossa tuotanto, kulutus, varastointi, lämpö, sivuvirrat ja infrastruktuuri vahvistavat toisiaan.

Selite: Taulukko tiivistää raportin päätelmän päätöksenteon tueksi. Arviot ovat laadullisia ja perustuvat Pohjois-Savon energia masterplan -hankkeen selvitysraportteihin.

1 Tiivistelmä

Pohjois-Savon energia masterplan -hankkeen energiaselvityksen keskeinen johtopäätös on, että tekninen potentiaali on useissa teemoissa selvästi toteuttamiskelpoista ja investointikypsää potentiaalia suurempi. Kartalla tunnistettu alue, alustava hankesuunnitelma tai tekninen tuotantomahdollisuus ei vielä tarkoita investointivalmista kohdetta. Toteuttamiskelpoisuus edellyttää kohdekohtaista tietoa sähkö- tai lämpöliitynnästä, maankäytöstä, luvituksesta, ympäristövaikutuksista, kysynnästä, sopimuksista, kannattavuudesta ja hyväksyttävyydestä.

Pohjois-Savon ja Pieksämäen energiasiirtymän mahdollisuudet eivät perustu yhteen teknologiaan, vaan energiantuotannon, kulutuksen, varastoinnin, sähkö- ja lämpöverkkojen, sivuvirtojen, maankäytön ja teollisen kysynnän yhteensovittamiseen. Aurinko- ja tuulivoima voivat lisätä uusiutuvan sähkön tuotantoa, biokaasu hyödyntää sivuvirtoja ja edistää ravinnekiertoa, varastointi ja jousto voivat parantaa energiajärjestelmän käytettävyyttä ja hukkalämpö voi vähentää erillisen lämmöntuotannon tarvetta. Datakeskukset voivat toimia suurina sähkönkuluttajina ja voivat osallistua reservimarkkinoille sekä niiden hukkalämpöä voidaan hyödyntää kaukolämpönä. Vihreä vety ja Power-to-X ovat pitkän aikavälin strategiaa mahdollisuuksia, joiden eteneminen edellyttää kilpailukykyistä sähköä, CO₂-lähteitä, kysyntää, infrastruktuuria, luvitusta, rahoitusta ja kaupallisia sopimuksia.

Sähköverkon liityntäkapasiteetti on selvityksen läpileikkaavin reunaehto. Aurinko- ja tuulivoima, vedyntuotanto, datakeskukset, akkuvarastot, lämpöpumput ja sähkökattilat tarvitsevat toteuttamiskelpoisen liittymän. Sähköaseman tai voimajohdon läheisyys ei yksin osoita liittymäkelpoisuutta, sillä siihen vaikuttavat verkon kuormitus, liittymävaraukset, liittymisjohdon kustannukset, verkon vahvistustarpeet ja toteutusaikataulu.

Vuoden 2024 tilastojen perusteella hankealueen dokumentoitu sähköntuotanto kattoi vähintään noin 24,5 prosenttia sähkönkulutuksesta. Niinimäen tuulipuiston ja Hallanvahdin aurinkovoimalan täyden käyttövuoden tuotanto nostaisi kattavuuden staattisessa tarkastelussa noin 40 prosenttiin. Suuret datakeskus-, Power-to-X- ja muut sähköistymishankkeet voivat kuitenkin kasvattaa kulutusta tuotantoa nopeammin. Hankealueen vuosienenergiatase säilyy siksi todennäköisesti tuotantoalijäämäisenä vuoteen 2030 saakka, vaikka paikallinen uusiutuva sähköntuotanto kasvaa.

Tarkastelualue ei muodosta yhtä yhtenäistä energiainvestointialuetta. Kuopion seudulla korostuvat teollisuus, lämpöverkot, yhdyskuntien energiavirrat, CO₂-lähteet sekä datakeskus- ja hukkalämpökytkennät. Ylä-Savossa painottuvat maatalouden sivuvirrat, biokaasu, ravinnekierto ja bio-CO₂-kytkennät. Varkauden–Leppävirran–Joroisten–Pieksämäen vyöhykkeessä keskeisiä ovat teollinen rakenne, sähköverkon solmut, logistiikka, uusiutuvan energian kohteet ja energiaintensiivisen toiminnan sijoittumisedellytykset.

Lähimpänä käytännön valmistelua ovat ratkaisut, joissa teknologia on vakiintunutta ja kohdekohtaiset reunaehdot voidaan todentaa. Näitä ovat valikoidut aurinkoenergiakohteet, sopimuksellisesti valmisteltavat biokaasukokonaisuudet sekä käyttötarkoitukseltaan selkeät akku- ja lämpövarastot. Hukkalämmön hyödyntäminen edellyttää mittauksia ja vastaanottavan kysynnän tunnistamista. Tuulivoiman eteneminen on valikoivaa. Vety, Power-to-X ja datakeskukset ovat strategisesti merkittäviä, mutta niiden investointivalmiutta ei voida arvioida ilman tarkempaa kohde-, kysyntä-, sopimus- ja rahoitustietoa. Hankkeessa laaditut kohdekortit täydentävät energiaselvitystä kohdetason tiedoilla.

2 Johdanto

2.1 Pohjois-Savon energia masterplan -hankkeen tausta

Pohjois-Savon energia masterplan on Uudistuva ja osaava Suomi 2021–2027 -ohjelmaan sekä Oikeudenmukaisen siirtymän rahastoon kytkeytyvä kehittämishanke (JTF, hankekoodi J10757). Hankkeen tarkastelualue muodostuu Pohjois-Savosta ja Pieksämäestä. Hankkeen toteutusaika oli 1.5.2024–7.6.2026. Alkuperäinen päättymispäivä oli 30.4.2026, mutta hankkeelle myönnettiin jatkoaikaa 7.6.2026 saakka.

Hankkeen lähtökohtana oli koota aiemmissa selvityksissä tuotettua tietoa uusiutuvan energian potentiaalista ja tarkentaa sitä investointien valmistelua tukevaksi kokonaisuudeksi. Aiemmissa selvityksissä oli tunnistettu muun muassa aurinko- ja tuulivoiman, biokaasun sekä vedyn tuotantomahdollisuuksia. Potentiaalin käytännön toteutuminen edellyttää kuitenkin myös sähköverkon, maankäytön, luvituksen, ympäristövaikutusten, kysynnän ja taloudellisen toteutettavuuden tarkastelua.

Hankkeessa painottuvat kokonaisuudet, joissa energiantuotanto, kulutus, sähkö- ja lämpöverkot, sivuvirrat, teollinen kysyntä ja alueidenkäyttö voidaan sovittaa yhteen. Lähtökohtana ei siten ole yksittäisen teknologian edistäminen, vaan alueellisen energiajärjestelmän ja investointiedellytysten kokonaisarviointi.

2.2 Hankkeen tavoitteet ja tuotokset

Hankkeen tavoitteena oli edistää uusiutuvan energian hyödyntämistä ja investointeja Pohjois-Savossa ja Pieksämäellä, tunnistaa uusiutuvan energian tuotannon ja käytön mahdollisia keskittymiä sekä tukea energiantensiivisen teollisuuden uudistumista ja sijoittumista alueelle. Lisäksi tavoitteena oli tuottaa tietoa kuntien, yritysten, energiayhtiöiden, verkkoyhtiöiden ja aluekehitystoimijoiden päätöksenteon ja jatkovalmistelun tueksi.

Hankkeen keskeinen tulos on Pohjois-Savon ja Pieksämäen energiatiekartta eli Energia Master Plan. Se muodostuu kolmesta toisiaan täydentävästä kokonaisuudesta:

1. energiakartasta ja kohdekorteista
2. energiaselvityksestä
3. markkinointi- ja viestintäsuunnitelmasta.

Energia Master Plan ei ole luettelo investointivalmiista hankkeista. Sen tehtävänä on muodostaa alueellinen tilannekuva, tunnistaa jatkovalmisteluun soveltuvia kohteita ja osoittaa ne reunaehdot, jotka on ratkaistava ennen hankekohtaisia investointipäätöksiä.

2.3 Energiaselvityksen tarkoitus

Tämä selvitysraporttien koontiraportti muodostaa Energia Master Planin energiaselvityksen. Se kokoaa ja yhdistää teemakohtaisten osaraporttien keskeiset havainnot aurinko- ja tuulivoimasta, biokaasusta, vedystä ja Power-to-X-ratkaisuista, energian varastoinnista,

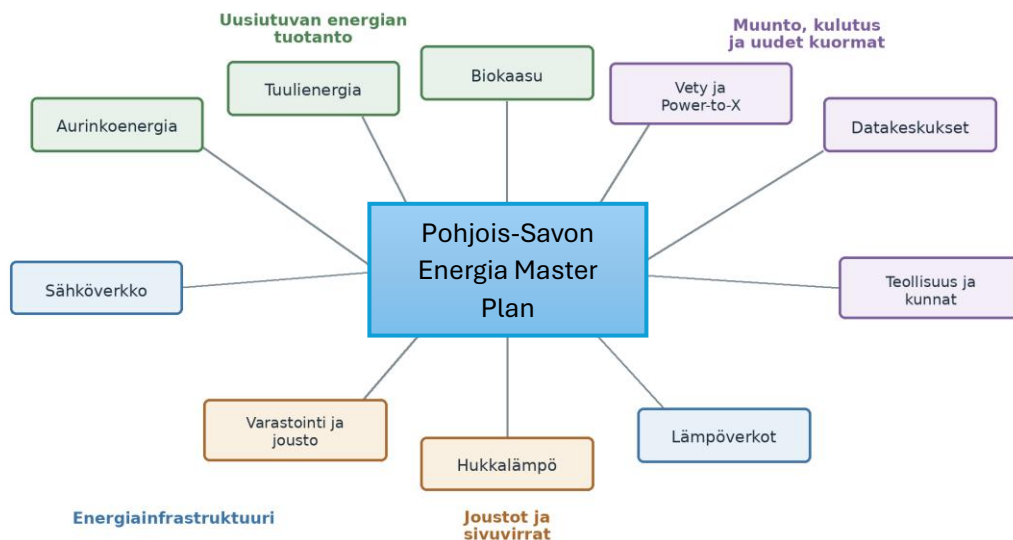
hukkalämmön hyödyntämisestä sekä datakeskusten ja muun energiantensiivisen teollisuuden sijoittumisedellytyksistä.

Koontiraportti ei korvaa osaraportteja eikä niiden yksityiskohtaisia lähde-, teknologia- tai kohdetarkasteluja. Sen tehtävänä on muodostaa synteesi siitä, mitä selvitykset yhdessä osoittavat alueen energiajärjestelmästä, investointimahdollisuuksista, yhteisistä reunaehdoista ja jatkovalmistelun tarpeista.

Energiaselvitys vastaa kolmeen pääkysymykseen:

1. Mitä Pohjois-Savossa ja Pieksämäellä voidaan käytettävissä olevan aineiston perusteella pitää uskottavana energiapotentiaalina?
2. Mitkä tekniset, maankäytölliset, ympäristölliset, kaupalliset ja sopimukselliset ehdot rajoittavat potentiaalin muuttumista toteutettaviksi hankkeiksi?
3. Mitä jatkotoimia tarvitaan, jotta tunnistettuja mahdollisuuksia voidaan arvioida hanke- ja investointitasolla?

Raportin keskeinen tulkintaperiaate on, että tekninen mahdollisuus ei vielä osoita hankkeen toteutuskelpoisuutta. Toteuttamiskelpoisuus syntyy vasta, kun teknologiaa, sijaintia, sähkö- tai lämpöliityntää, maankäyttöä, ympäristövaikutuksia, luvitusta, kysyntää, sopimuksia ja taloudellista kannattavuutta koskevat hankekohtaiset vaatimukset täyttyvät. Kuva 1 havainnollistaa tätä kokonaisuutta ja selvitysteemojen keskinäisiä riippuvuuksia.



Kuva 1. Pohjois-Savon Energia Master Planin kokonaisuus. Teemat muodostavat järjestelmän, jossa sähkö, lämpö, sivuvirrat, kulutus ja infrastruktuuri on sovitettava yhteen.

Raportissa erotetaan toisistaan lähdeaineistoon perustuvat tiedot, arvioinnissa käytetyt oletukset ja raportissa muodostetut tulokset. Lähdeaineistoon perustuvalla tiedolla tarkoitetaan osaraportteista tai niiden lähteistä todennettavaa tietoa. Oletus on tarkastelussa

tarvittava lähtökohta, jota ei ole voitu vahvistaa kohdekohtaisella aineistolla. Tulkinta puolestaan on useiden lähteiden tai teemojen havaintoja yhdistävä analyttinen johtopäätös. Oletuksia ja tulkintoja ei käsitellä investointipäätöksiä korvaavina tietoina.

2.4 Tarkastelualue ja rajaukset

Tarkastelualueena ovat Pohjois-Savon maakunta ja Pieksämäen kaupunki. Pieksämäki ei kuulu Pohjois-Savo, mutta se liittyy samaan käytännölliseen tarkasteluun energia- ja verkkoinfrastruktuurin, tuulivoiman, Huutokosken suunnan kantaverkkoyhteyksien, Varkauden suunnan teollisen rakenteen sekä Savon alueen lämpö- ja sijoittumiskysymysten kautta.

Tarkastelu on alueellinen ja laadullinen. Raportti ei sisällä uusia paikkatietolaskelmia, verkkolaskentaa, kannattavuuslaskelmia, ympäristövaikutusten arviointeja, luontoselvityksiä, tonttikohtaisia kaava-analyyssejä, laitostason investointisuunnitelmia eikä luottamuksellisia toimijakohtaisia sopimustietoja.

Puuttuvat tiedot on tuotu raportissa näkyviin. Erityisesti sähköverkon todellista vapaata liityntäkapasiteettia, hankkeiden kaupallista rahoitettavuutta ja tulevien sijoittujien päätöksiä ei voida arvioida luotettavasti käytettävissä olevan aineiston perusteella.

2.5 Aineistot ja menetelmä

Raportti perustuu taulukossa 2 lueteltuihin teemakohtaisiin selvitysraportteihin.

Menetelmänä on lähdesynteesi. Selvitysraporteista on koottu teemojen keskeiset havainnot, minkä jälkeen niitä on tarkasteltu yhdessä sähköverkon, lämmön, sivuvirtojen, maankäytön, markkinoiden, riskien ja jatkotoimien näkökulmista.

Potentiaali voi tarkoittaa eri tarkastelutasoja:

1. Tekninen potentiaali kuvaa, missä tuotanto tai käyttö olisi teknisesti mahdollista.
2. Maankäyttöinen potentiaali kuvaa, missä ratkaisu voisi soveltua alueidenkäyttöön ja ympäristöön.
3. Teknistaloudellinen potentiaali kuvaa, missä tekniset ja taloudelliset edellytykset voivat täyttyä.
4. Investointikypsä potentiaali on edellisiä suppeampi. Se edellyttää lisäksi maanomistuksen, lupapolun, liittymän, rahoituksen, kysynnän, sopimusten ja hyväksyttävyyden varmistamista.

Taulukko 2. Raportin lähdeaineistot.

Aineisto	Sisältö	Rooli energiaselvityksessä	Keskeiset rajaukset
Aurinkoenergiapotentiaalin jatkoselvitys_kesäkuu-2026	Aurinkovoima Pohjois-Savon ja Pieksämäen alueilla.	Aurinkoenergian roolin, sijoittumisedellytysten ja riskien lähde.	Ei korvaa kohdekohtaisia verkkoliityntä-, luonto-, maaperä-, vesitalous- tai kannattavuusselvityksiä.

Tuulienergiapotentiaalin jatkoselvitys_kesäkuu-2026	Tuulivoima Pohjois-Savossa ja Pieksämäellä.	Tuulivoiman potentiaalin, reunaehtojen ja Pieksämäen erityisaseman lähde.	Tekninen potentiaali ei osoita toteuttamiskelpoista hankekantaa.
Biokaasun tuotannon jatkoselvitys_kesäkuu-2026	Biokaasu Pohjois-Savon ja Pieksämäen alueilla.	Biokaasun syöte-, logistiikka-, markkina- ja ravinnekiertonäkökuilmiin lähde.	Ei sisällä uusia kuntakohtaisia syötelaskentoja tai ostopäätöksiä.
Vedyntuotannon jatkoselvitys_kesäkuu-2026	Uusiutuva vety ja Power-to-X Pohjois-Savossa ja Pieksämäellä.	Vedyn strategisen roolin, CO ₂ -kytkentöjen ja pullonkaulojen lähde.	Ei osoita julkisesti vahvistettua investointivalmistusta vetyhankekantaa.
Energian varastointi -selvitys_kesäkuu-2026	Sähkö- ja lämpövarastoinnin roolit alueella.	Varastoinnin mahdollistavan roolin, markkinariskien ja turvallisuuskysymysten lähde.	Ei sisällä kattavaa julkista rekisteriä toteutuneista tai suunnitelluista olevista varastoista.
Hukkalämmön hyödyntämisen selvitys_kesäkuu-2026	Hukkalämmön lähteet, käyttötavat ja reunaehdot.	Lämpöjärjestelmien, lämpöpumppujen ja hukkalämmön realistisen potentiaalin lähde.	Ei sisällä kattavia lämpövirtamittauksia tai verkkojen vastaanottokyvyn tarkastelua.
Datakeskukset-selvitysraportti_kesäkuu-2026	Datakeskukset Pohjois-Savossa ja Pieksämäellä.	Sähköintensiivisen sijoittumisen, hukkalämmön ja sijaintikilpailun lähde.	Ei ole kaupallinen markkinaselvitys eikä tonttikohtainen investointipäätös.

Selite: Taulukko tiivistää raportin päätelmän päätöksenteon tueksi. Arviot ovat laadullisia ja perustuvat Pohjois-Savon energia masterplan -hankkeen selvitysraportteihin.

Taulukko 2 kokoaa energiaselvityksen keskeiset lähdeaineistot ja niiden rajaukset. Raportin arviot ovat laadullisia ja perustuvat Pohjois-Savon energia masterplan -hankkeen teemakohtaisiin selvitysraportteihin.

3 Pohjois-Savon energiasiirtymän kokonaiskuva

3.1 Alueellinen lähtötilanne

Pohjois-Savo ja Pieksämäki eivät muodosta yhtä yhdenmukaista energiainvestointialuetta. Selvitysten perusteella alueella on useita erilaisia vyöhykkeitä ja solmuja. Kuopion seutu korostuu kaupunkiseutuna, jossa on lämpöverkkoja, yhdyskuntien ja palveluiden energiavirtoja, teollisuutta sekä mahdollisia datakeskus- ja lämpöintegraatiokohteita. Ylä-Savossa korostuvat maatalouden sivuvirrat, biokaasu, ravinnekierto sekä mahdolliset uusiutuvan sähkön ja biokaasupohjaisen CO₂:n kytkennät. Eteläisessä suunnassa Varkauden-Leppävirran-Joroisten-Pieksämäen vyöhyke muodostaa erillisen tarkastelukokonaisuuden, jossa yhdistyvät Varkauden teollinen rakenne, Leppävirran ja Varkauden suunnan teollisuus- ja energiainfra, Joroisten Huutokosken sähköverkkosolmu sekä Pieksämäen tuulivoima-, sähköverkko- ja logistiikkarooli.

Alueellisen lähtötilanteen tulkinassa on tärkeää erottaa olemassa oleva toiminta, suunnitteilla olevat hankkeet ja vasta paikkatieto- tai ideatasolla tunnistettu potentiaali. Biokaasun osalta alueella on toiminnassa olevaa tuotantoa ja rakenteilla tai hankekehityksessä olevia kohteita. Tuulivoiman osalta Pieksämäellä on konkreettisesti toteutunut ja vireillä oleva hankekuva kuin monessa Pohjois-Savon kohteessa. Vedyn ja datakeskusten osalta julkisesti varmistettu investointivalmius on rajallisempi, vaikka strategisia edellytyksiä on tunnistettu.

3.2 Uusiutuvan energian ja energiainfran kehitystarpeet

Uusiutuva sähkö on monen teeman lähtöehto. Aurinko- ja tuulivoima voivat kasvattaa alueellista sähkön tuotantoa, mutta niiden arvo riippuu siitä, voidaanko tuotanto liittää sähköverkkoon ja käyttää alueellisesti tai siirtää edelleen. Sama verkko on tarpeen myös sähköä kuluttaville ratkaisuille: vedyn tuotannolle, datakeskuksille, lämpöpumpuille, sähkökattiloille ja akkuvarastoille. Tämä tekee sähköverkosta Energia Master Planin keskeisen rakenteellisen kysymyksen.

Lämpöjärjestelmä on toinen keskeinen kehitystarve. Hukkalämpö, datakeskusten jäähdytyslämpö, jätevesilämpö, teollisuuden ylijäämlämpö, lämpöpumput ja lämpövarastot muodostavat yhdessä kysymyksen siitä, missä lämpöä syntyy, missä sitä tarvitaan ja voiko lämpöä siirtää taloudellisesti. Kaukolämpö- ja aluelämpöverkot ovat tässä ratkaisevia, mutta niiden vastaanottokykyä ei voida päätellä ilman verkko- ja kohdekohtaisia tietoja.

Kolmas kehitystarve liittyy sivuvirtoihin ja teollisiin arvoketjuihin. Biokaasu, ravinteet, biogeeninen CO₂, vety, hukkalämpö ja datakeskusten lämpö eivät ole erillisiä kysymyksiä. Ne voivat muodostaa arvoketjuja, jos fyysinen sijainti, kysyntä, kuljetus, sopimukset ja luvitus kohtaavat. Ilman tätä yhteensovittusta sivuvirrat jäävät potentiaaliksi.

3.3 Energiakeskittymien muodostumisen logiikka

Energiakeskittymä tarkoittaa tässä raportissa aluetta tai vyöhykettä, jossa useat energiajärjestelmän osat vahvistavat toisiaan. Se ei ole sama asia kuin yksittäinen aurinkopuisto, tuulivoima-alue, biokaasulaitos, datakeskus tai sähköasema.

Energiakeskittymän logiikka syntyy, kun tuotanto, kulutus, varastointi, lämpö, sivuvirrat, logistiikka, tontit ja verkot voidaan yhdistää siten, että investointien kokonaisriski pienenee ja alueellinen hyöty kasvaa. Energiakeskittymän muodostumisen peruslogiikka on esitetty kuvassa 2.

Käytännössä energiakeskittymä voi tarkoittaa esimerkiksi

- o teollisuusalueen, lämpöverkon ja hukkalämpölähteen ympärille rakentuvaa kokonaisuutta;
- o maatalouden syötepuhjan, biokaasulaitoksen ja ravinnekierron yhdistelmää; tai
- o sähköverkon solmua, jossa uusiutuva tuotanto, akkuvarasto, datakeskus tai vedyn tuotanto voidaan arvioida yhdessä.

Keskittymä ei synny vain merkitsemällä alue kartalle, vaan edellyttää toimijoiden sopimuksia, toteutuspolkua ja päätöksiä.



Kuva 2. Energiakeskittymän periaatekaavio. Energiakeskittymä muodostuu, kun tuotanto, kulutus, sähköverkko, varastointi, lämpöjärjestelmät, sivuvirrat sekä sijainti- ja logistiikkatekijät kytkeytyvät samaan alueelliseen toimintalogiikkaan.

3.4 Keskeiset yhteiset reunaehdot

Kaikkia selvitysteemoja yhdistää se, että tekninen mahdollisuus on vasta ensimmäinen askel. Toteutuskelpoisuus syntyy vasta, kun useat ehdot täyttyvät samanaikaisesti. Tämä on raportin tärkein metodinen johtopäätös: potentiaalia ei tule käsitellä yhtenä lukuna, vaan eri tasoina, jotka supistuvat, kun mukaan otetaan verkko, maankäyttö, ympäristö, kysyntä, kannattavuus, luvitus ja hyväksyttävyys. Taulukko 3 kokoaa nämä kaikille tarkastelluille energiaratkaisuille yhteiset reunaehdot sekä niiden merkityksen hankkeiden toteutettavuuden kannalta.

Taulukko 3. Yhteiset reunaehdot.

Reunaehto	Mitä se tarkoittaa	Mihin teemoihin se vaikuttaa	Miksi se on kriittinen
Sähköverkko	Liityntäkapasiteetti, sähköasemat, voimajohdot, verkon vahvistukset ja liittymien kustannukset.	Aurinko, tuuli, vety, varastointi, datakeskukset, hukkalämpö, lämpöpumput.	Ilman toteuttamiskelpoista liittymää tuotanto tai kulutus ei voi edetä investointiin.
Maankäyttö	Tontit, kaavat, maanomistus, siirtoreitit, suojaetäisyydet, maisema ja yhteensovitus muun käytön kanssa.	Kaikki suuret tuotanto-, kulutus- ja infrakohteet.	Soveltumaton sijainti voi estää hankkeen ennen teknistä suunnittelua.
Luvitus	Kaavoitus, rakentaminen, ympäristöluvat, YVA, kemikaali- ja turvallisuusmenettelyt sekä mahdolliset lausunnot.	Tuuli, biokaasu, vety, datakeskukset, varastot, hukkalämpö, aurinko.	Lupapolku määrittää aikataulun, kustannukset ja hyväksyttävyyden.
Hyväksyttävyyys	Paikallisten vaikutusten, hyötyjen, haittojen ja vuorovaikutuksen hallinta.	Tuuli, aurinko, biokaasu, datakeskukset, vety, varastointi.	Hankkeet hidastuvat tai estyvät, jos haittojen ja hyötyjen jakaumaa ei käsitellä uskottavasti.
Kysyntä	Sähkön, kaasun, lämmön, vedyn, CO ₂ -tuotteiden tai datakeskuskapasiteetin ostajat.	Biokaasu, vety, hukkalämpö, datakeskukset, varastointi, uusiutuva sähkö.	Investointi ei ole rahoitettavissa ilman maksukykyistä kysyntää tai tulomallia.
Kannattavuus	Investointi-, käyttö-, liityntä-, logistiikka- ja rahoituskustannusten suhde tuloihin.	Kaikki teemat.	Tekninen potentiaali ei muutu hankkeeksi ilman taloudellista perustaa.
Säätely	EU- ja kansallinen säätely, kestävyyskriteerit, RFNBO-vaatimukset, tukipolitiikka ja markkinasäännöt.	Vety, biokaasu, varastointi, datakeskukset, uusiutuva sähkö.	Säätely vaikuttaa tuotteiden hyväksyttävyyteen, tukiin ja markkinatuloon.
Osaaminen	Suunnittelu-, lupa-, energia-, automaatio-, turvallisuus-, lämpö- ja digiosaaminen.	Kaikki teemat.	Investointien valmistelu ja käyttö vaativat osaamista, jota on ylläpidettävä alueella.

Selite: Taulukko tiivistää raportin päätelmän päätöksenteon tueksi. Arviot ovat laadullisia ja perustuvat Pohjois-Savon energia masterplan -hankkeen selvitysraportteihin.

4 Selvitysteemojen koonti

Tässä luvussa kootaan Pohjois-Savon energia masterplan -hankkeen keskeiset selvitysteemat yhteen. Koonti ei korvaa teemakohtaisia osaraportteja, vaan tiivistää niiden päätelmät. Tarkastelun kohteena ovat aurinkoenergia, tuulienergia, biokaasu, vety ja Power-to-X, energian varastointi, hukkalämpö sekä datakeskukset.

Teemoja ei tule tulkita toisistaan irrallisina investointimahdollisuuksina. Useissa tapauksissa niiden toteuttamiskelpoisuus riippuu samoista perusedellytyksistä: sähköverkon kapasiteetista, maankäytön soveltuvuudesta, teollisesta kysynnästä, lämpö- ja sivuvirtojen hyödyntämisestä, kaupallisista sopimuksista sekä alueellisesta hyväksyttävyydestä. Siksi keskeinen johtopäätös on, että tekninen potentiaali ei yksin riitä investointivalmiuden perusteeksi.

Taulukko 4 kokoaa teemakohtaisesti kunkin kokonaisuuden roolin energiaselityksessä, keskeisen potentiaalin, tärkeimmän reunaehdon ja realistisen jatkosuunnan. Taulukon tarkoituksena on helpottaa eri teemojen vertailua ja osoittaa, missä jatkovalmistelun painopisteet ovat.

Taulukko 4. Teemakohtainen yhteenveto.

Teema	Rooli energiaselityksessä	Keskeinen potentiaali	Tärkein reunaehto	Realistinen jatkosuunta
Aurinkoenergia	Uusiutuvan sähkön tuotanto, erityisesti kevät- ja kesäkauden tuotanto.	Avoimet, muuntuneet ja käytöstä poistuvat maa-alueet sekä hajautettu tuotanto.	Verkkoliityntä ja maankäytön soveltuvuus.	Kohdekohtainen valmistelu alueilla, joissa maa, verkko ja hyväksyttävyyden kohtaavat.
Tuulienergia	Suurimittakaavainen uusiutuva sähkö, erityisesti tuulisina kausina.	Pieksämäen konkreettinen hankekehitys ja valikoidut Pohjois-Savon kohteet.	Verkko, puolustusvoimat, kaavoitus, luonto ja hyväksyttävyyden.	Valikoitu eteneminen vahvimmissa kohteissa, ei laaja yleinen hankebuumi.
Biokaasu	Sivuvirtojen energia- ja ravinnekierto ratkaisuna.	Maatalouden lanta ja nurmi, jätevedet, biojätteet ja teollisuuden biohajoavat sivuvirrat.	Syöte- ja ravinnelogistiikka sekä kaasun kysyntä.	Keskittetyt ja alueelliset mallit siellä, missä sopimukset ja jakelu voidaan varmistaa.
Vety ja Power-to-X	Sähköä, CO ₂ :ta ja teollista kysyntää yhdistävä strateginen arvoketju.	Kuopion ja Varkauden CO ₂ - ja lämpökytkennät, Ylä-Savon biokaasupohjaiset CO ₂ -virrat sekä Varkauden-Leppävirran-Joroisten-Pieksämäen vyöhykkeen sähkö-, teollisuus- ja logistiikkakytkennät.	Uusiutuvan sähkön hinta ja saatavuus, off-take ja CO ₂ .	Pitkän aikavälin esisuunnittelu ja kohdevalinta, ei investointivalmiuden oletus.

Energian varastointi	Järjestelmän jousto, reservit, lämpöjärjestelmän tasapainotus ja tehopiikkien hallinta.	Akkuvarastot, lämpövarastot ja käyttötapauskohtaiset pitkäkestoiset ratkaisut.	Tulomalli, liittymä ja turvallinen sijoittuminen.	Akku- ja lämpövarastojen kohdekohtaiset kannattavuus- ja turvallisuusselvitykset.
Hukkalämpö	Energiankäytön tehostaminen ja paikallinen lämpöresurssi.	Teollisuus, jätevedet, kylmäjärjestelmät, energiantuotanto ja datakeskukset.	Lämpötilataso, sijainti ja vastaanottava lämpökysyntä.	Mittauksiin perustuva kohdevalinta ja lämpöverkkojen vastaanottokyvyn selvitys.
Datakeskukset	Sähköintensiivinen sijoittuminen, mahdollinen hukkalämmön lähde ja ankkurikuorma.	Sähköverkon, kuituyhteyksien, tonttien, jäähdytyksen ja lämpökysynnän kannalta vahvat sijainnit, mukaan lukien Kuopion, Iisalmen, Varkauden, Pieksämäen ja Joroisten Huutokosken kaltaiset tarkastelukohteet.	Sähköteho, kuituyhteydet, turvallisuus ja kansainvälinen kysyntä.	Kilpailukykyiset sijaintipaketit vain kohteille, joissa perusedellytykset voidaan osoittaa.

Selite: Taulukko tiivistää raportin päätelmän päätöksenteon tueksi. Arviot ovat laadullisia ja perustuvat Pohjois-Savon energia masterplan -hankkeen selvitysraportteihin.

4.1 Aurinkoenergia

Aurinkoenergia tarkoittaa tässä raportissa aurinkosäteilystä tuotettavaa sähköä. Tarkastelun pääpaino on teollisen mittakaavan maahan asennettavissa aurinkovoimaloissa.

Kiinteistökohtainen kattosähkö voi täydentää kokonaisuutta, mutta se ei ole tämän luvun pääasiallinen tarkastelukohde. Aurinkovoima on polttoaineeton ja käytön aikana vähäpäästöinen tuotantomuoto, mutta sen tuotanto vaihtelee sään ja vuodenajan mukaan.

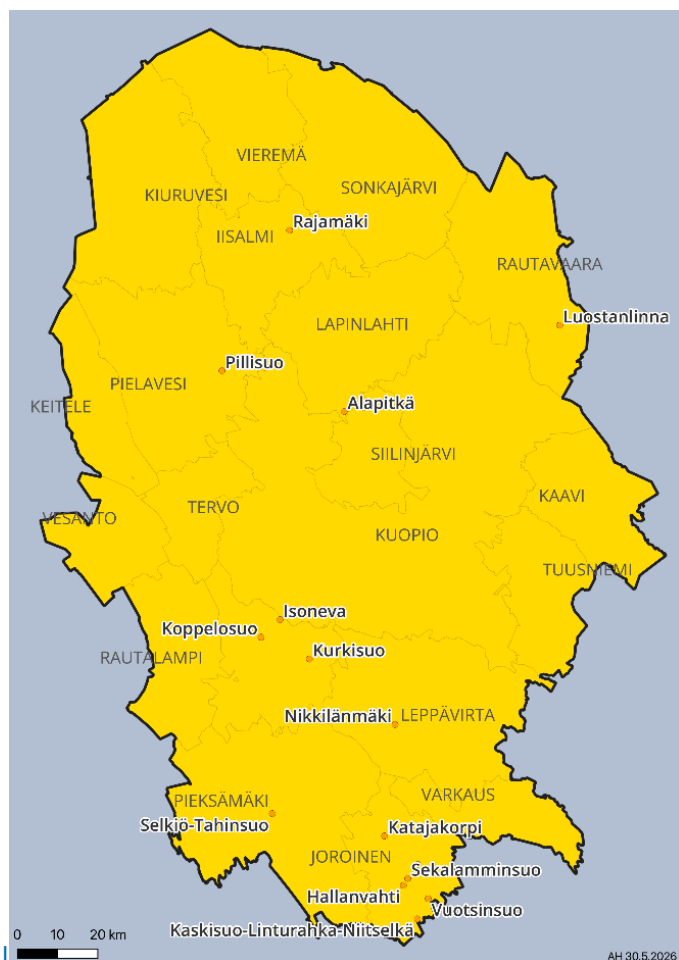
Alueellinen lähtötilanne on kaksijakoinen. Pohjois-Savon aurinkovoimapotentiaalia on tarkasteltu maakunnallisesti, mutta Pieksämäki ei sisältynyt samaan paikkatietoanalyyysiin. Aineiston perusteella kiinnostavia sijoittumismahdollisuuksia liittyy erityisesti käytöstä poistuviin turvetuotantoalueisiin, ennestään avoimiin tai muuntuneisiin maa-alueisiin sekä kohteisiin, joissa maankäyttö, sähköverkko ja ympäristöreunaehdot voidaan sovittaa yhteen.

Julkisesti tunnistetut hankkeet osoittavat, että aurinkovoiman kehittäminen etenee eri puolilla tarkastelualueetta, mutta hankkeiden kehitysvaiheet vaihtelevat. Joroisissa on useita samanaikaisesti eteneviä hankkeita, minkä vuoksi se muodostaa alueen merkittävimmän aurinkovoimakeskittymän. Suonenjoella, Lapinlahdella, Iisalmissa, Sonkajärven ja Iisalmen rajavyöhykkeellä sekä Pieksämäellä hankkeet ovat pääosin kaavoitus-, YVA- tai lupavaiheessa. Lisäksi Huutokosken sähköaseman ympäristössä aurinkovoimaa on tarkasteltu osana laajempaa energiainfrastruktuuria, johon liittyvät myös datakeskus-, biokaasu- ja akkuvarastoratkaisut. Näitä kohteita ei kuitenkaan tule tulkita yleiseksi investointivalmiudeksi, vaan esimerkkeinä alueista, joissa eri energiaratkaisujen yhteensovittamista voidaan tarkastella.

Aurinkovoiman toteuttamiskelpoisuus ei perustu pelkkään säteilyyn tai maa-alan määrään. Teollisen mittakaavan aurinkovoimala edellyttää riittävän yhtenäistä maa-aluetta, kohtuullista etäisyyttä liittymispisteeseen, maaperän ja vesitalouden selvittämistä, hyväksyttävää ympäristövaikutusten tasoa sekä toimivaa sähkön käyttö- tai myyntimallia. Turvetuotantoalueiden jälkikäyttö voi olla kiinnostava mahdollisuus, mutta se edellyttää erityisesti vesitalouden, maaperän kantavuuden, luontoarvojen ja sähköliittymän tarkistamista.

Aurinkovoiman realistinen rooli Energia Master Planissa on täydentää alueen uusiutuvaa sähköntuotantoa ja tukea esimerkiksi varastoinnin, sähkökattiloiden, lämpöpumppujen, datakeskusten tai muun sähköintensiivisen kulutuksen sijoittumista siellä, missä verkko ja maankäyttö sen mahdollistavat. Aineiston perusteella teknisestä potentiaalista ei voida johtaa suoraan investointivalmista hankekantaa.

Pohjois-Savossa ja Pieksämäellä on vireillä tai toteutuksessa useita teollisen mittakaavan aurinkovoimahankkeita, jotka sijoittuvat pääosin entisille turvetuotantoalueille tai muille rakentamiseen soveltuville alueille. Hankkeiden kehitysvaiheet vaihtelevat kaavoituksesta ja YVA-menettelystä rakentamiseen ja tuotantokäyttöön. Julkisesti tunnistetut hankkeet ja niiden keskeiset tiedot on koottu taulukkoon 5. Kuvassa 3 esitetään tunnistetut aurinkovoiman tarkastelualueet Pohjois-Savossa ja Pieksämäellä.



Kuva 3. Tunnistetut aurinkovoiman tarkastelualueet Pohjois-Savossa ja Pieksämäellä. (Pohjois-Savon energia masterplan -hanke 2026)

Taulukko 5. Pohjois-Savon ja Pieksämäen julkisesti tunnistetut teollisen mittakaavan aurinkovoimahankkeet heinäkuussa 2026. Taulukko perustuu julkisesti saatavilla oleviin hanketoimijoiden, kuntien, viranomaisten ja Suomen uusiutuvat ry:n tietoihin. Vaihe kuvaa julkisesti tunnistettua etenemistä, ei investointipäätöksen tai kaupallisen käyttöönoton varmistusta.

Kunta / alue	Hanke ja toimija	Julkinen vaihe (7/2026)	Teho	Pinta-ala ja sijainti	Huomiot ja epävarmuudet
Iisalmi	Rajamäki, Helios Nordic	Luvitus / osayleiskaava hyväksytty	100 MW	n. 139 ha, Rajamäki	Osayleiskaava hyväksytty 1.6.2026.
Joroinen	Katajakorpi, Neoen Renewables Finland Oy	Luvitus / YVA	400 MWp	n. 438–456 ha, Huutokosken alue	YVA-menettelyä sovelletaan; laajuus tarkentuu suunnittelussa.
Joroinen	Sekalamminsu o, JoSoleil / 3Flash Finland	Luvitettu	132 MW	n. 170 ha, Sekalamminsu o	Lainvoimainen rakennuslupa; hankeyhtiö JoSoleilTwo Oy.
Joroinen	Vuotsinsuo, Ilmatar	Luvitettu	n. 90–100 MWp	n. 100 ha, entinen turvetuotantoalue	Tehotieto vaihtelee lähteittäin; tuotanto mahdollisesti 2029.
Joroinen	Kaskisuo–Linturahka–Niitselkä, Energiequelle	Luvitettu	83 MWp	n. 115 ha, entinen turvetuotantoalue	Investointituki myönnetty 2024; tehotieto vaihtelee 80–83 MWp.
Joroinen	Hallanvahti / Tervajoensuu, 3Flash / Taaleri	Rakenteilla / käyttöönotossa	129 MWp	n. 190–200 ha, Joroinen	Ensimmäinen sähkö verkkoon 4/2026; säännöllinen tuotanto tavoiteltu 6/2026.
Joroinen	Air Field Solar Power Park / Joroisten lentokenttä, Ilmatar	Tuotannossa	5 MWp	6 ha, lentokenttäalue	Toiminnassa vuodesta 2023.
Kiuruvesi	Kaikonsuo, Myrsky Energia	Luvitus	84 MW	n. 100 ha, 13 km Kiuruveden taajamasta pohjoiseen	Suunnittelu- ja luvitusvaihe; koko tarkentuu jatkosuunnittelussa.
Lapinlahti	Alapitkä, Helios Nordic	Luvitus / rakennuslupa-valmistelu	150 MW	n. 225 ha, Alapitkä	Rakentaminen aikaisintaan 2027; liityntä Alapitkän sähköasemalle.
Leppävirta	Nikkilänmäki, Leppävirran kunta	Luvitus	17 MW	Nikkilänmäki	Julkinen lisävarmistus vähäinen.
Pieksämäki	Selkiö–Tahinsuo, Pieksämäen kaupunki	Luvitus / kaavoitus	60 MW	n. 98 ha, Selkiö–Tahinsuo	Kaavoitus kytkeytyy laajempaan energiakokonaisuuteen

Pielavesi	Pillisuo, WestWind	Luvitus / kaavoitusaloite	160 MW	n. 200 ha, Pillisuon alue	Hybridihanke; kaavoitusaloite hyväksytty 2025.
Rautalampi	Pukkiharju, Winda Energy	Luvitus	72 MWp	n. 93 ha, Pukkiharju	Suunnittelutarveratkai su vireillä; tuotantoarvio 69 GWh/v.
Rautavaara	Luostanlinna, Winda Energy	Luvitettu	n. 59– 60 MWp	n. 76 ha, Luostanlinna	Tuotantoarvio noin 59 GWh/v; teho ilmoitettu lähteissä hieman eri tavoin.
Suonenjoki	Koppelosuo, Aurinkokarhu	Luvitus	74 MW	Koppelosuo, Iso- Rastijärven länsipuoli	Hakemus nähtävillä 2025; sisältää myös akkuvaraston.
Suonenjoki	Isoneva, Rabbalshede Kraft	Luvitus	60 MW	n. 110–117 ha, entinen turvetuotantoalue	Hankealue ja teho vastaavat julkisia tietoja; luvitusvaihe.
Suonenjoki	Kurkisuo, Neova / Vapo Terra	Rakenteilla / tieto varmistettava	60 MW	n. 120–126 ha, entinen turvetuotantoalue	Rakennusvaiheen julkinen vahvistus puuttuu; hankesivu kuvaa suunnittelua.

Julkisesti tunnistetut hankkeet osoittavat, että aurinkovoiman kehittäminen on tarkastelualueella jo käynnissä, mutta hankekanta ei vielä sellaisenaan muodosta investointivalmistusta kokonaisuutta. Energia Master Planin kannalta olennaista on erottaa toisistaan tekninen potentiaali, hankekehityksen vaihe ja toteuttamiskelpoisuus. Tätä varten aurinkoenergian keskeinen rooli, edellytykset, riskit ja seuraavat päätöstarpeet on koottu teemakorttiin taulukossa 6.

Taulukko 6. Teemakortti: Aurinkoenergia.

Kenttä	Sisältö
Rooli Energia Master Planissa	Uusiutuvan sähkön tuotanto ja sähköjärjestelmän täydentävä tuotantomuoto.
Potentiaali	Sijoittuminen erityisesti muuntuneille maa-alueille ja mahdollisille turvetuotantoalueiden jälkikäyttökohteille.
Keskeiset edellytykset	Riittävä maa-alue, toteuttamiskelpoinen verkkoliityntä, maaperä- ja vesitalousselvitykset, ympäristövaikutusten hallinta ja sähkön käyttö tai myyntimalli.
Tärkeimmät riskit	Teknisen potentiaalin yliarviointi, liityntäkustannukset, maankäyttökongfliktit, vesistö- ja luontovaikutukset, hyväksyttävyyys ja sähkön hinnan vaihtelu.
Seuraavat päätökset	Kohdekohtainen esiselvitys, verkkoyhtiön liittymäarvio, maanomistuksen ja kaavoituksen tarkistus sekä alustava kannattavuustarkastelu.
Tarkempi lähde	Aurinkoenergiapotentiaalin jatkoselvitys_kesäkuu-2026

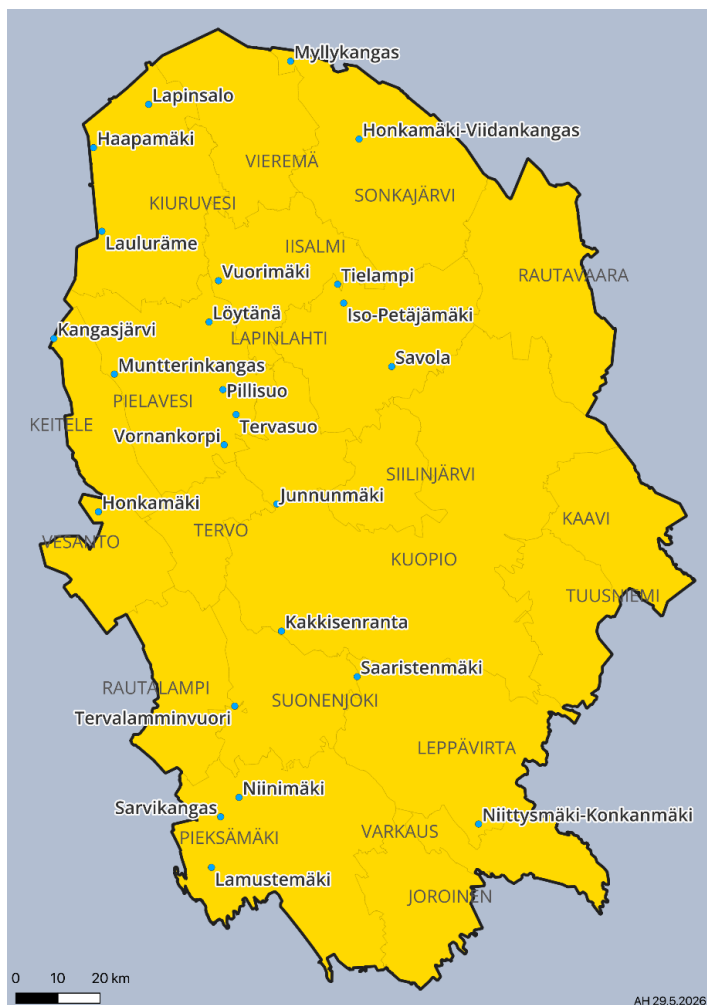
Selite: Taulukko tiivistää raportin päätelmän päätöksenteon tueksi. Arviot ovat laadullisia ja perustuvat Pohjois-Savon energia masterplan -hankkeen selvitysraportteihin.

4.2 Tuulienergia

Tuulienergia on sähköntuotantoa, jossa tuulen liike-energia muutetaan sähköksi. Energia Master Planin näkökulmasta tuulivoima on sekä tuotanto- että sijoittumiskysymys: tuuliolosuhteet, voimaloiden koko, sähköverkko, kaavoitus, ympäristö, maanpuolustus, ilmasto ja paikallinen hyväksyttävyys ratkaisevat yhdessä, voiko tekninen potentiaali muuttua toteutuvaksi hankkeeksi.

Pohjois-Savossa tuulivoiman kokonaiskuva on varovainen. Alueella on tunnistettua teknistä ja alueellista potentiaalia, mutta sen toteutuminen on epävarmempaa kuin pelkkä karttapotentiaali antaa ymmärtää. Pieksämäki erottuu tarkastelualueella, koska siellä on jo toteutunutta teollisen mittakaavan tuulivoimaa ja eri vaiheissa olevia hankkeita. Tämä ei kuitenkaan tarkoita, että kaikki vireillä olevat hankkeet etenisivät investoinneiksi.

Kuva 4 havainnollistaa tuulivoimahankkeiden sijoittumista Pohjois-Savon ja Pieksämäen alueella. Hankkeiden julkinen vaihe, teho, sijainti ja keskeiset epävarmuudet on koottu taulukkoon 7. Taulukko osoittaa, että hankekanta on määrällisesti laaja, mutta hankkeiden etenemisvaihe, mitoitus ja toteutumisedellytykset vaihtelevat merkittävästi.



Kuva 4. Tuulivoimahankkeet Pohjois-Savossa ja Pieksämäellä. (Pohjois-Savon energia masterplan, 2026)

Tuulivoiman toteutuksen tärkeimmät edellytykset ovat riittävä tuuli, liittymäkelpoinen sähköverkko, hyväksyttävä etäisyys sähköasemaan, tie- ja kuljetusjärjestelyt, maanomistus, kaavoitus, Puolustusvoimien ja ilmailun reunaehdot sekä luonto-, maisema-, melu- ja välkevaikutusten hallinta. Itäisessä Suomessa maanpuolustuksen ja ilmavalvonnan näkökohdat korostuvat. Siksi varhainen lausunto- ja vaikutustarkastelu on keskeinen osa hankeriskien hallintaa.

Tuulien energian realistinen rooli Energia Master Planissa on merkittävä mutta valikoiva. Alueen energiaomavaraisuuden ja sähköintensiivisten investointien kannalta tuulivoima voi olla tärkeä uusiutuvan sähkön lähde, jos tuotanto voidaan liittää verkkoon ja sovittaa yhteen kulutuksen, varastoinnin ja paikallisen hyväksyttävyyden kanssa. Tämän luvun päätelmät on tiivistetty teemakorttiin taulukossa 8.

Taulukko 7. Tuulivoimahankkeet Pohjois-Savossa ja Pieksämäellä.

Kunta / alue	Hanke ja toimija	Julkinen vaihe 7/2026	Teho	Pinta-ala ja sijainti	Huomiot ja epävarmuudet
Leppävirta	Niittysmäki–Konkanmäki / Tetrituuli, Ilmatar	Toiminnassa vuodesta 2017	10 MW	3 voimalaa, Niittysmäki–Konkanmäki	Pohjois-Savon toiminnassa oleva tuulivoimakohde. (Pohjois-Savon liitto Kuntien asialla)
Pieksämäki	Niinimäki, OX2 / Helen / Ålandsbanken	Toiminnassa, luovutettu 2025	145,2 MW	22 voimalaa, noin 15 km Pieksämäeltä luoteeseen	Valmistui 2025; vuosituotanto yli 400 GWh. (ox2.com)
Pieksämäki	Sarvikangas, Sarvikankaan Tuuli Oy / Energiequelle	Osayleiskaava hyväksytty 2025, ei lähteen mukaan lainvoimainen	YVA:ssa enintään 32 × 8–10 MW; nykyinen suunnitelma 25 voimalaa	Noin 2 855–2 880 ha, noin 15 km Pieksämäeltä länteen	Lainvoimaisuus ja lopullinen voimalamäärä varmistettava. (Pieksämäen kaupunki -)
Pieksämäki	Lamustenmäki, Tuulikolmio	Osayleiskaava / kaavaehdotus 2025	Noin 35 MW	5 voimalaa, Pieksämäen länsiosa	Pieni paikallinen hanke; liityntä hankealueen sisällä 110 kV johtoon. (Tuulikolmio)
Kuopio / Tervo	Junnunmäki, wpd Finland	YVA päättynyt, perusteltu päätelmä 2025	Enintään 264–330 MW	Enintään 33 voimalaa, hankealue noin 2 380 ha	Laaja tuuli-, aurinko- ja sähkönsiirtokokonaisuus. (Ympäristö)
Iisalmi	Vuorimäki, Fortum; aiemmin ABO Energy	YVA päättynyt 2024, kaavoitus etenee	16 × 6–10 MW	Noin 2 000 ha, noin 15 km Iisalmen keskustasta	Hanke siirtyi Fortumille 2025; liityntä Iisalmi–Kiuruvesi 110 kV -verkkoon. (Fortum)
Lapinlahti / Iisalmi	Tielampi, Eurowind Energy	YVA päättynyt / kaavoitus	Enintään 102–153 MW	Enintään 17 voimalaa; nykyisellä hankesivulla enintään 10 voimalaa	Mitoitus tarkentunut; käytä varovaisesti enimmäistehona. (Ympäristö)

Lapinlahti / Iisalmi	Iso-Petäjämäki, Fortum; aiemmin ABO Energy	YVA ja kaavoitus	10 voimalaa, teho ei vahvistettu	Noin 3 000 ha, Lapinlahden pohjoisosa	Hanke siirtyi Fortumille 2025; lopullinen teho avoin. (aboenergy.com)
Sonkajärvi / Iisalmi	Huttusenlehto, Ilmatar	YVA vireillä / kaavoitus	Noin 150 MW	Enintään 20 voimalaa + noin 205 ha aurinkovoimaa	Hybridihanke; tavoitteellinen käyttöönotto noin 2030. (Ilmatar)
Sonkajärvi / Iisalmi	Honkamäki-Viidankangas, Pohjan Voima	YVA päättynyt 2024 / kaavoitus	Noin 322–434 MW YVA:ssa; hankesivulla 168–280 MW	Enintään 31 voimalaa YVA:ssa; hankesivulla 28 voimalaa	Mitoitus näyttää tarkentuneen; käytä uusinta hankesivun lukua, jos raporttiin tarvitaan nykyvaihe. (Ympäristö)
Sonkajärvi	Myllykangas, Eolus; aiemmin YIT Energy	YVA / osayleiskaava	Noin 54–108 MW	9–12 voimalaa, noin 2 160 ha	Kehitys alkanut 2020; kaavoitussopimus 2022. (Sonkajärvi)
Sonkajärvi	Metsärinne	Osayleiskaava	Noin 21,6 MW	Enintään 3 voimalaa	Pieni tuulivoimakaavahanke; yksikköteho noin 7,2 MW. (Sonkajärvi)
Vieremä / Sonkajärvi	Kurvilanmäki, wpd Suomi	YVA-selostus nähtävillä 2025 / kaavoitus	Lähteissä vaihtelua; Sonkajärven kaavasivulla enintään 46 voimalaa, YVA-sivulla enintään 23 voimalaa	Vieremän ja Sonkajärven rajaseutu	Voimalamäärä tarkistettava kaava- ja YVA-aineiston viimeisimmästä versiosta. (Sonkajärvi)
Kiuruvesi	Lapinsalo, Valorem	YVA päättynyt, perusteltu päätelmä 2026	Enintään 308–440 MW	Enintään 44 voimalaa, Kiuruveden pohjoisosa	Suuri hanke; sähkönsiirto keskeinen reunaehto. (Ympäristö)
Kiuruvesi / Pyhäjärvi	Lauluräme, Winda Energy	Osayleiskaava hyväksytty 2025; rakentamislupa työn alla 2026	74,8 MW nykyisessä suunnitelmassa	11 voimalaa, noin 770 ha Kiuruveden puolella	Aiempi YVA käsitteli suurempaa kokonaisuutta; käytä nykyistä 11 voimalan mitoitus. (Winda Energy)
Kiuruvesi	Haapamäki, UB Uusiutuva Energia	YVA-tarveharkinta / hankekehitys	Enintään 36 MW	5 voimalaa, noin 350 ha	Pienempi hanke; 7,2 MW yksikköteho. (UB Uusiutuva Energia)
Kiuruvesi	Tulppo, Eurowind Energy	Kehitys keskeytetty 2025	Noin 43 MW	6 voimalaa, noin 1 200 ha	Ei aktiiviseen toteutumispotentiaaliin. (eurowindenergyprojektit.fi)
Pielavesi / Iisalmi	Löytänä, ABO Energy	YVA päättynyt 2024; kaava hyväksymiskäsitelyyn	Enintään 91–130 MW	Enintään 13 voimalaa, 7–10 MW/voimala	Kaavaehdotus nähtävillä 2024; hyväksymisvaihe seuraavana. (aboenergy.com)
Vesanto / Keitele	Pyykkimäki, UPM Wind East	YVA vireillä 2025–2026 / osayleiskaava	Noin 104–160 MW	13–16 voimalaa, noin 2 640 ha	Mukana myös akuston tarkastelu; hanke jakautuu

					kahteen kuntaan. (Ympäristö)
Vesanto	Oinasmäki / Oinaskylä / Vöyrinkangas, Pohjoistuuli	Luvitettu, mutta ei investointipäätö- stä 2025	Ei ajantasaista vahvistettua MW-lukua; vanha kaava mahdollisesti 6 voimalaa	Oinaskylä / Oinasmäki	Hanke viivästynyt; Ylen mukaan 4 voimalan luvitettu kohde ilman investointipäätöstä. (Vesannon kunta)
Leppävirta / Joroinen	Korpisenkangas, Metsähallitus	Kehitys keskeytynyt 2023	Alustavasti 60– 240 MW	10–24 voimalaa, Riikinnevan läheisyys	Keskeytyksen taustalla Puolustusvoimien kielteinen kanta. (Yle.fi)
Pyhäjärvi / Pihtipudas / Keitele	Kangasjärvi, Neoen	YVA vireillä	Koko hanke enintään 1 110 MW	Enintään 111 voimalaa, monikuntainen alue	Pohjois-Savon osuus erotettava; koko teho ei kohdistu Keiteleelle. (Ympäristö)

Teemakortti kokoaa tuulienergian keskeisen roolin, potentiaalin, edellytykset, riskit ja jatkopäätökset Energia Master Planin päätöksenteon tueksi. Sen perusteella tuulivoiman jatkotarkastelussa ei tule lähteä koko karttapotentiaalin toteuttamisesta, vaan kohdekohtaisesta priorisoinnista. Ensisijaisia ovat alueet, joilla tuuliolosuhteet, verkkoliityntä, maankäyttö, viranomaisreunaehdot ja paikallinen hyväksyttävyyys voivat toteutua samanaikaisesti.

Taulukko 8. Teemakortti: Tuulienergia.

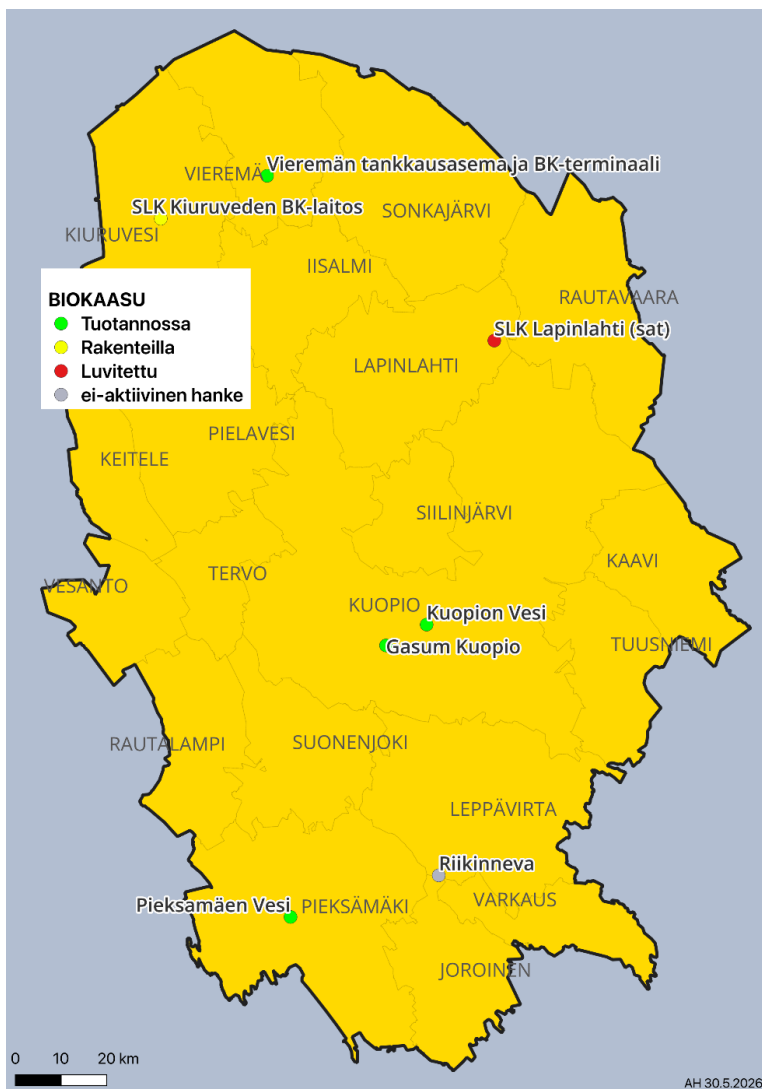
Kenttä	Sisältö
Rooli Energia Master Planissa	Suurimittakaavainen uusiutuva sähkö ja mahdollinen ankkurituotanto sähköintensiivisille arvoketuille.
Potentiaali	Pieksämäen konkreettinen hankekehitys ja valikoidut Pohjois-Savon kohteet, joissa tuuli, verkko ja maankäyttö kohtaavat.
Keskeiset edellytykset	Tuuliolosuhteet, kaavoitus, verkko, Puolustusvoimien kanta, luonto- ja maisemaselvitykset, melu- ja välkemallinnus sekä paikallinen hyväksyttävyyys.
Tärkeimmät riskit	Karttapotentiaalin tulkitseminen toteutuvaksi hankekannaksi, liityntäkapasiteetti, maanpuolustus, maisema, luonto, sähkön hintariski ja hyväksyttävyyys.
Seuraavat päätökset	Päivitetty hankekanta, kohdekohtainen priorisointi, verkkoliityntäselvitys ja varhainen reunaehdotarkistus.
Tarkempi lähde	Tuulienergiapotentiaalin jatkoselvitys_kesäkuu-2026

Selite: Taulukko tiivistää raportin päätelmän päätöksenteon tueksi. Arviot ovat laadullisia ja perustuvat Pohjois-Savon energia masterplan -hankkeen selvitysraportteihin.

4.3 Biokaasu

Biokaasu syntyy orgaanisen aineksen hapettomassa mädätysprosessissa. Prosessissa muodostuu metaania sisältävää kaasua sekä ravinnepitoista mädätysjäännöstä. Biokaasua voidaan käyttää lämmön ja sähkön tuotannossa tai jalostaa biometaaniksi liikenteeseen, teollisuuteen tai laajempaan jakeluun. Biokaasu yhdistää energia-, maatalous-, jätehuolto- ja ravinnekiertoja.

Pohjois-Savo on biokaasun kannalta maatalouspainotteinen alue. Selvitysaineisto korostaa erityisesti Ylä-Savon maidon- ja naudanlihantuotannon lantapohjaista syöteperustaa. Lisäksi alueella on yhdyskuntien jätevesilietteisiin, biojätteisiin ja elintarviketeollisuuden sivuvirtoihin perustuvia mahdollisuuksia. Toiminnassa olevat ja kehitteillä olevat kohteet on esitetty kuvassa 5. Energiaselvityksen keskeinen johtopäätös on, että tarkastelualueella ei ole yhtä biokaasumallia, vaan useita erilaisia tuotannon, jalostuksen, jakelun ja ravinnekierron polkuja.



Kuva 5. Biokaasun tuotanto ja hankkeet Pohjois-Savossa ja Pieksämäellä. (Pohjois-Savon energia masterplan 2026)

Biokaasun potentiaali ei määräydy pelkän syötemäärän perusteella. Toteutettavuus edellyttää, että syötteet ovat sopimuksellisesti saatavilla, logistiikka on kohtuullinen, mädätysjäännökselle on vastaanottajat, kaasulle on kysyntää ja jakelu tai paikallinen käyttö voidaan järjestää. Laitoksen kokoluokka vaikuttaa ratkaisevasti siihen, onko kyse maatilakohtaisesta ratkaisusta, usean tilan yhteisestä laitoksesta, keskitetystä LBG-tuotannosta vai yhdyskuntien ja teollisuuden sivuvirtoihin perustuvasta mallista.

Biokaasun realistinen rooli Energia Master Planissa on vahvistaa kiertotaloutta, ravinnekiertoa, maatalouden kannattavuusedellytyksiä, paikallista polttoaineomavaraisuutta ja mahdollisesti biogeenisen hiilidioksidin lähteitä Power-to-X-arvoketjuille. Se on alueelle käytännöllinen mutta sopimus- ja logistiikkariippuvainen ratkaisu. Keskeiset päätelmät on koottu taulukon 9 teemakorttiin.

Teemakortti tiivistää biokaasun roolin Energia Master Planissa päätöksenteon tueksi. Sen perusteella jatkotarkastelun painopiste ei ole yksittäisessä tuotantoteknologiassa, vaan syötevirtojen, ravinteiden, kaasun kysynnän, jakeluratkaisujen ja laitostason kannattavuuden yhteensovittamisessa. Biokaasuhankkeiden eteneminen edellyttää varhaista sopimus- ja logistiikkatarkastelua, koska teknisesti olemassa oleva syöte ei vielä tarkoita toteuttamiskelpoista investointia.

Taulukko 9. Teemakortti: Biokaasu.

Kenttä	Sisältö
Rooli Energia Master Planissa	Sivuvirtojen energiahyödyntäminen, ravinnekierto ja paikallisen polttoaineen tuotanto.
Potentiaali	Maatalouden lanta ja nurmi, yhdyskuntien jätevesilietteet, biojätteet ja teollisuuden biohajoavat sivuvirrat.
Keskeiset edellytykset	Syötesopimukset, logistiikka, mädätysjäännöksen käyttö, kaasun kysyntä, jakeluinfra, luvitus ja hyväksyttävyys.
Tärkeimmät riskit	Syöteriski, logistiikkakustannukset, kaasun ostajien puute, investointikustannukset, hajuhaitat, metaanipäästöt ja ravinteiden hallinta.
Seuraavat päätökset	Syöte- ja ravinnevirtojen sopimuskartoitus, kaasun kysyntäkartoitus, jakeluratkaisut ja laitostason kannattavuus.
Tarkempi lähde	Biokaasun tuotannon jatkoselvitys_kesäkuu-2026

Selite: Taulukko tiivistää raportin päätelmän päätöksenteon tueksi. Arviot ovat laadullisia ja perustuvat Pohjois-Savon energia masterplan -hankkeen selvitysraportteihin.

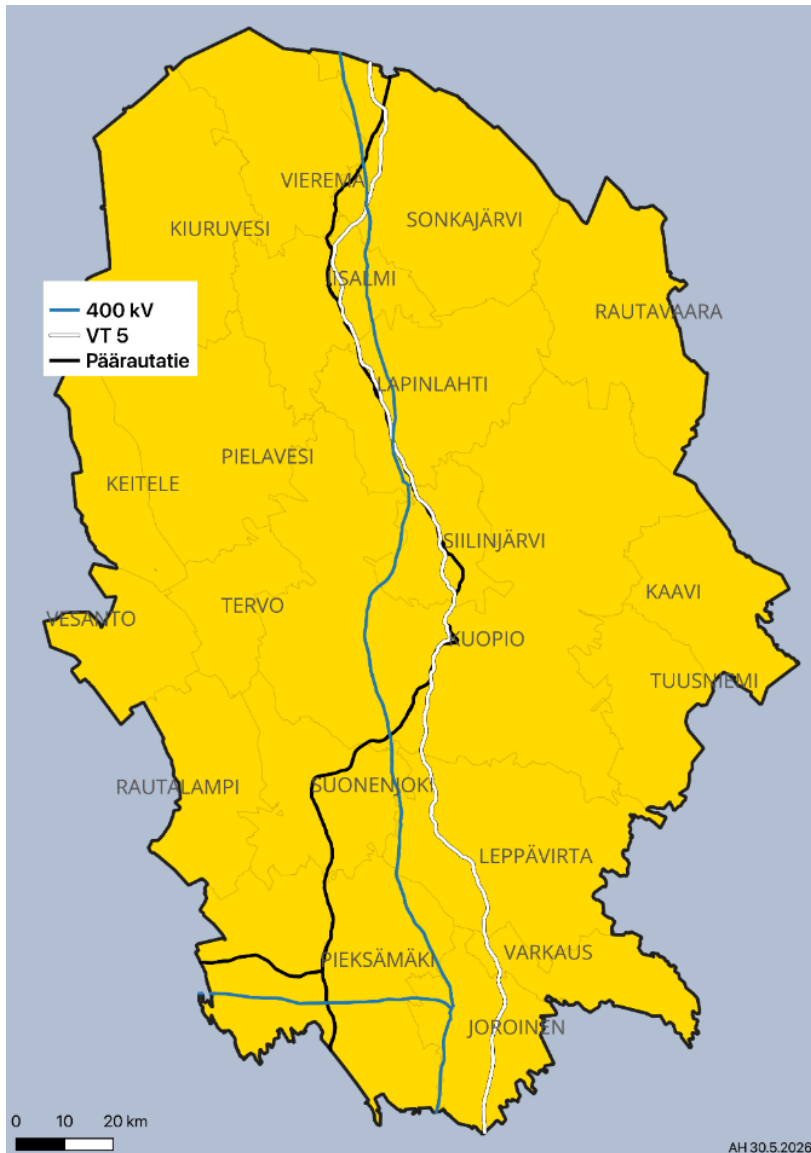
4.4 Vedyntuotanto ja Power-to-X

Uusiutuva vety tarkoittaa tässä raportissa ensisijaisesti elektrolyysillä tuotettua vetyä, jossa veden hajottamiseen käytettävä sähkö on uusiutuvaa. Power-to-X tarkoittaa sähköön muuntamista vedyksi ja edelleen esimerkiksi e-metaaniksi, e-metanoliksi tai muiksi synteettisiksi tuotteiksi. Vety on energiankantaja ja teollinen välituote, ei sellaisenaan alueellinen kilpailuetu.

Selvitysaineiston perusteella tarkastelualueella ei ole tällä hetkellä toiminnassa teollisen mittakaavan uusiutuvan vedyn tuotantoa. Alueella on kuitenkin tunnistettu kaksi vetyyn, hiilidioksidin hyödyntämiseen ja uusiutuviin polttoaineisiin kytkeytyvää suunnitelmaa: VolagHyn Sorsasalon eSAF-hanke Kuopiossa ja Flying Forest Oy:n Soinlahden hanke lisämessä. VolagHyn suunnitelma liittyy Kuopion bio-CO₂-lähteisiin, sähköön ja veden käyttöön sekä hukkalämmön mahdolliseen hyödyntämiseen kaukolämpöverkossa. Flying Forestin hanke puolestaan vahvistaa lisälmen seudun mahdollista roolia pohjoisen bio- ja SAF-arvoketjujen solmuna. Suunnitelmia tulee kuitenkin käsitellä hankekehityksenä, ei varmistuneena teollisen mittakaavan vedyntuotantona.

Alueellinen potentiaali ei perustu yksittäisiin hankkeisiin, vaan useiden edellytysten yhtäaikaiseen täyttymiseen. Keskeisiä tekijöitä ovat uusiutuvan sähkön saatavuus ja hinta, sähköverkon liityntäkapasiteetti, riittävä käyttöaika, veden saatavuus, jäähdytys, turvallinen sijoittuminen, bio-CO₂-lähteet, teollinen kysyntä, lämpöverkot, logistiikka, luvitus, sääntelyvaatimukset, rahoitus sekä lopputuotteiden ostajat. Hukkalämpö ja sivutuotehappi voivat parantaa kokonaisuutta, mutta ne eivät yksin ratkaise kannattavuutta.

Kuvassa 6 esitetty tarkastelualue havainnollistaa, että Pohjois-Savon ja Pieksämäen eri vyöhykkeet tarjoavat erilaisia lähtökohtia vedyntuotannon ja Power-to-X-ratkaisujen jatkotarkasteluun. Pohjoisessa korostuvat biokaasu-, biomassa- ja biojalostuskytkennät, Kuopion seudulla CO₂-lähteet ja kaukolämpöverkot sekä eteläisessä Varkauden, Leppävirran, Joroisten ja Pieksämäen vyöhykkeessä teollinen rakenne, sähköverkon solmukohdat ja logistiikka. Tällä vyöhykkeellä Varkauden mahdolliset CO₂- ja hukkalämpökytkennät, Joroisten Huutokosken sähköverkkosolmu, Pieksämäen logistiikka- ja tuulivoimakytkenät sekä Leppävirran ja Varkauden suunnan teollinen infrastruktuuri muodostavat perusteen jatkotarkastelulle. Vyöhykettä ei kuitenkaan tule tulkita valmiina vety- tai Power-to-X-investointikohteena, vaan alueena, jossa sähkö, CO₂-lähteet, logistiikka, teollinen kysyntä, hukkalämpö ja maankäyttö voidaan arvioida samassa esiselvityksessä.

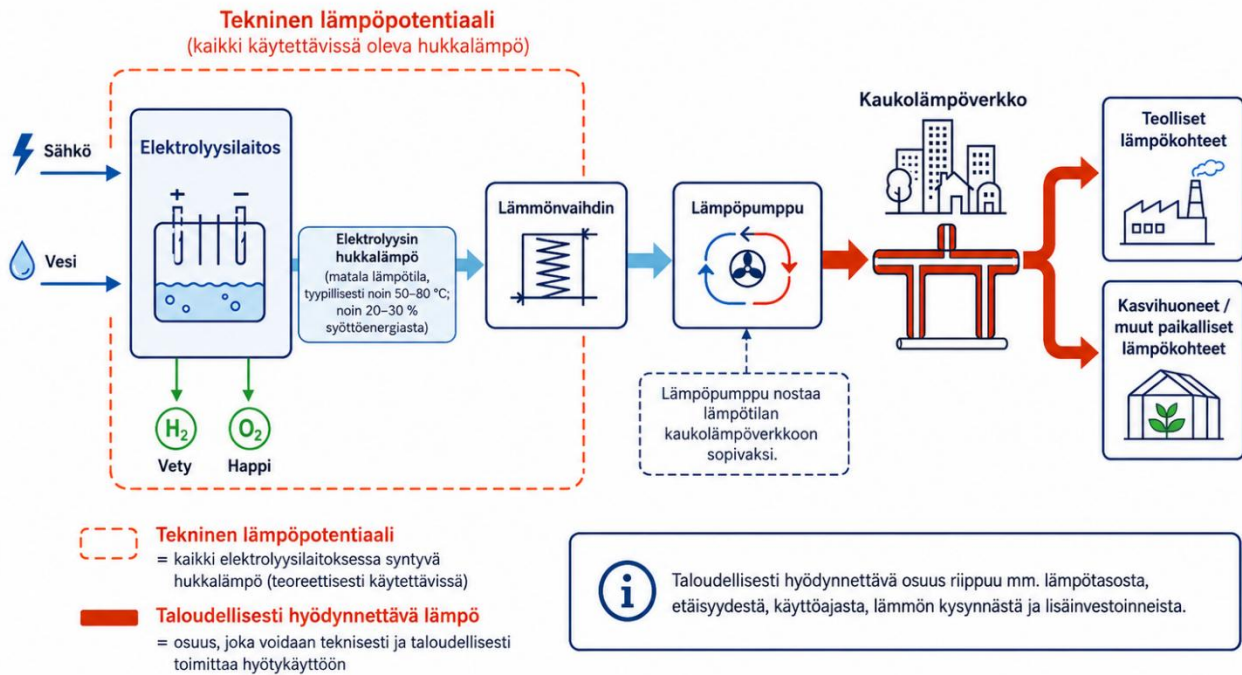


Kuva 6. Tarkastelualueen kartta. Pohjois-Savo, Pieksämäki, keskeiset kaupungit ja solmut: Iisalmi, Kuopio, Varkaus, Leppävirta, Joroinen ja Pieksämäki sekä valtatie 5:n, rautateiden ja 400 kV kantaverkon pääsuunnat. (Pohjois-Savon energia masterplan -hanke, 2026)

Kuvassa 7 esitetty elektrolyysilaitoksen hukkalämmön hyödyntämisen periaate havainnollistaa eroa teknisen lämpöpotentiaalin ja taloudellisesti hyödynnettävissä olevan lämmön välillä. Vedyn tuotannon, metanolin jatkojalostuksen ja muiden Power-to-X-prosessien hukkalämpöä ei tule käyttää investointikelpoisen lämpöpotentiaalin mitoitustapana yleisten oletusten pohjalta. Hukkalämmön todellinen hyödynnettävyys riippuu lämpövirran lämpötilasta, tehosta, vuosienenergiasta, jatkuvuudesta, laitoksen käyttöajasta, siirtomatkasta, sähköliittymästä, lämpöpumpun tarpeesta, vastaanottavasta lämpökysynnästä ja osapuolten sopimusjärjestelyistä. Hukkalämpö voi parantaa vety- ja Power-to-X-hankkeiden kokonaisenergiatohokkuutta erityisesti silloin, kun lähellä on kaukolämpöverkko tai teollinen lämpökohde, mutta sitä tulee arvioida kohdekohtaisesti ja käsitellä ensisijaisesti energiatohokkuutta parantavana lisähyötynä, ei hankkeen ensisijaisena kannattavuustekijänä.

Hukkalämmön hyödyntämisen periaatekaavio

Elektrolyysilaitoksen kytkentä kaukolämpöverkkoon ja muihin lämpökohteisiin



Kuva 7. Elektrolyysilaitoksen hukkalämmön hyödyntämisen periaate. Kuva havainnollistaa, miten elektrolyysilaitoksessa syntyvä hukkalämpö voidaan ottaa talteen ja nostaa lämpöpumpulla kaukolämpöverkkoon tai muihin lämpökohteisiin soveltuvalle tasolle.

Vedyntuotannon ja Power-to-X-ratkaisujen keskeiset johtopäätökset, edellytykset, riskit ja jatkotoimenpiteet on koottu teemakorttiin (taulukko 10).

Taulukko 10. Teemakortti: Vedyntuotanto ja Power-to-X.

Kenttä	Sisältö
Rooli Energia Master Planissa	Strateginen arvoketju uusiutuvan sähkön, CO ₂ :n ja teollisen kysynnän yhdistämiseen.
Potentiaali	Kuopion ja Varkauden CO ₂ - ja lämpökytkennät, Ylä-Savon biokaasupohjaiset CO ₂ -virrat sekä Pieksämäen sähkö- ja logistiikkarooli.
Keskeiset edellytykset	Uusiutuvan sähkön hinta ja alkuperä, sähköliityntä, vesi, CO ₂ , teollinen kysyntä, off-take, turvallisuus ja sääntely.
Tärkeimmät riskit	Investointien ennen aikainen oletus, sähkön hintariski, kysynnän puute, CO ₂ -talteenoton kustannus, sääntelymuutokset, vetyinfran epävarmuus ja turvallisuusriskit.
Seuraavat päätökset	Kohdekohtainen esisuunnittelu, verkkoliityntä- ja vesitarkastelut, CO ₂ -lähteiden kartoitus, PPA- ja off-take-neuvottelut.
Tarkempi lähde	Vedyntuotannon jatkoselvitys_kesäkuu-2026

Selite: Taulukko tiivistää raportin päätelmän päätöksenteon tueksi. Arviot ovat laadullisia ja perustuvat Pohjois-Savon energia masterplan -hankkeen selvitysraportteihin.

4.5 Energian varastointi

Energian varastointi tasaa tuotannon ja kulutuksen ajallista eroa. Energiaa varastoidaan silloin, kun sitä on saatavilla, ja käytetään myöhemmin kulutuksen, hinnan, verkon tilan tai toimitusvarmuuden tarpeisiin. Sähköjärjestelmässä varastot voivat tarjota nopeaa joustoa, reservipalveluja, sähkön hinnan vaihteluun perustuvaa optimointia sekä kulutus- ja tuotantohuippujen tasaamista. Lämpöjärjestelmissä varastointi voi tasata kaukolämmön, hukkalämmön, lämpöpumppujen ja sähkökattiloiden käyttöä. Varastointi ei siten ole yksittäinen teknologia, vaan käyttötarpeen mukaan valittava ratkaisuväline.

Kuva 8 havainnollistaa, miten uusiutuva sähkö, hukkalämpö, sähkö- ja lämpövarastot, lämpöpumput sekä sähkökattilat muodostavat toisiinsa kytkeytyvän kokonaisuuden. Varastoinnin tehtävänä on lisätä sähkö- ja lämpöjärjestelmien joustavuutta sekä tukea kaukolämpöverkkojen, teollisen energiankäytön ja muiden energiainvestointien yhteensovittamista.



Kuva 8. Energian varastoinnin rooli sähkö- ja lämpöjärjestelmässä. Siniset nuolet kuvaavat sähkövirtoja ja punaiset nuolet lämpövirtoja.

Selvitysaineiston mukaan tarkastelualueelta ei ole kattavaa julkista rekisteriä kaikista energiavarastoista, niiden tehoista, energiakapasiteeteista, käyttötarkoituksista tai markkinamalleista. Tästä syystä arvio on laadullinen. Akkuvarastojen potentiaali on konkreettisin lyhytaikaisessa sähkötehon joustossa ja reservikäytössä. Lämpövarastojen

potentiaali liittyy kaukolämpöön, aluelämpöön, hukkalämpöön, sähkökattiloihin ja lämpöpumppuihin. Pitkäkestoinen sähkövarastointi voi tulla kyseeseen myöhemmässä vaiheessa, jos sille osoitetaan riittävä käyttötapaus ja mittakaava.

Varastoinnin toteutettavuus edellyttää käyttötarkoituksen määrittelyä. Sama varasto ei välttämättä voi samanaikaisesti maksimoida reservituloja, sähkön hinnanvaihtelun hyödyntämistä, tehomaksujen hallintaa, varavoimaa ja paikallista verkonhallintaa ilman selkeää käyttöstrategiaa. Lisäksi tarvitaan liittymä, ohjausjärjestelmä, turvallisuustarkastelu, palotekninen suunnittelu, mahdolliset kemikaali- ja pelastusviranomaisnäkökohdat sekä markkinamalli.

Energian varastoinnin rooli Energia Master Planissa on mahdollistaa muiden ratkaisujen tehokkaampi käyttö. Se voi parantaa uusiutuvan sähkön, datakeskusten, vedyn, sähkökattiloiden, lämpöpumppujen ja hukkalämmön yhteensovitusta, mutta se ei poista sähköverkon, lämpöinfran, markkinan tai luvituksen reunaehtoja. Teemakortti taulukossa 11 tiivistää varastoinnin roolin, edellytykset, riskit ja seuraavat päätökset. Taulukon keskeinen viesti on, että varastointia ei tule arvioida irrallisena investointina, vaan osana sähkö-, lämpö- ja teollisuusjärjestelmien kokonaisuutta.

Taulukko 11. Teemakortti: Energian varastointi.

Kenttä	Sisältö
Rooli Energia Master Planissa	Joustoa, reservipalveluja, tehopiikkien hallintaa ja lämpöjärjestelmän tasapainotusta mahdollistava ratkaisu.
Potentiaali	Akkuvarastot sähköjärjestelmän lyhytaikaiseen joustoon, lämpövarastot lämpöverkkoihin ja pitkäkestoiset ratkaisut tapauskohtaisesti.
Keskeiset edellytykset	Käyttötarkoitus, liittymä, tulovirrat, ohjaus, turvallinen sijoittuminen, markkinasäännöt ja sopimukset.
Tärkeimmät riskit	Tulovirtojen epävarmuus, markkinakilpailu, liittymäkustannukset, akkaturvallisuus, teknologian elinkaari ja lupakysymykset.
Seuraavat päätökset	Kohdekohtainen käyttöstrategia, tulomallilaskenta, liittymäselvitys ja turvallisuussuunnittelu.
Tarkempi lähde	Energian varastointi -selvitys_kesäkuu-2026

Selite: Taulukko tiivistää raportin päätelmän päätöksenteon tueksi. Arviot ovat laadullisia ja perustuvat Pohjois-Savon energia masterplan -hankkeen selvitysraportteihin.

4.6 Hukkalämmön hyödyntäminen

Hukkalämpö tarkoittaa lämpöenergiaa, joka syntyy prosessin, laitteen, rakennuksen tai energiantuotannon sivutuotteena eikä nykytilanteessa päädy hyötykäyttöön. Termiä ylijäämälämpö käytetään usein samassa merkityksessä, mutta se korostaa lämmön mahdollista käyttökelpoisuutta silloin, kun sille voidaan osoittaa teknisesti ja taloudellisesti sopiva vastaanottaja. Tässä raportissa käytetään pääterminä hukkalämpöä, koska kaikki tunnistetut lämpövirrat eivät ole vielä mitattuja tai hyödynnettävissä olevia resursseja. Lähteitä voivat olla teollisuusprosessit, energiantuotanto, jätevedet, kylmäjärjestelmät, rakennusten jäähdytys ja datakeskukset. Hukkalämpö on paikallinen resurssi, jonka hyödynnettävyys riippuu erityisesti lämpötilasta, määrästä, jatkuvuudesta ja sijainnista.

Hukkalämmön hyödyntämisen arviointipolku on esitetty kuvassa 9. Kuvassa havainnollistetaan, että investointikelpoisen ratkaisun arviointi etenee lämpövirran mittauksesta lämpökysynnän, siirtoratkaisujen, lämpöverkon vastaanottokyvyn ja kannattavuuden arvioinnin kautta sopimusmallin valmisteluun.

Alueellinen arvio perustuu julkisiin tietoihin teollisuudesta, energiayhtiöistä, lämpöverkoista ja tunnistetuista esimerkeistä. Useimmista mahdollisista hukkalämpövirroista ei kuitenkaan ole julkisesti saatavilla mitattuja teho-, lämpötila- ja vuosienergiatietoja. Tämän vuoksi hukkalämmön investointipotentiaalia ei voida arvioida luotettavasti ilman kohdekohtaista mittausta ja vastaanottavan lämpökysynnän selvittämistä.

HUKKALÄMMÖN HYÖDYNTÄMISEN ARVIOINTIPOLKU

Lämpövirrasta investointikelpoiseksi ratkaisuksi



Kuva 9. Hukkalämmön hyödyntämisen arviointipolku. Kuva havainnollistaa, että hukkalämmön eteneminen investointikelpoiseksi ratkaisuksi edellyttää lämpövirran mittausta, vastaanottavan lämpökysynnän tunnistamista, siirtomatkan ja lämpöpumppauksen arviointia, lämpöverkon vastaanottokyvyn varmistamista sekä kaupallisen sopimusmallin valmistelua.

Hukkalämmön hyödyntämisen keskeiset edellytykset ovat lämpölähteen ja lämpökohteen läheisyys, lämpötilataso, ajallinen profiili, riittävä lämpöteho, lämpöpumppauksen sähkön saatavuus, lämmönsiirtomatkana, vastaanottavan lämpöverkon tekninen kyky sekä kaupallinen sopimusmalli. Matalalämpöiset lähteet vaativat usein lämpöpumppua. Korkeampien lämpötilojen hukkalämpö voi soveltua suoremmin teolliseen käyttöön, esilämmitykseen tai kaukolämpöön.

Vedyn tuotannon, metanolin jatkojalostuksen ja muiden teollisten prosessien hukkalämpöarvioissa on erotettava toisistaan tekninen lämpömäärä ja käytännössä hyödynnettävissä oleva lämpö. Prosessissa syntyvä lämpö ei sellaisenaan tarkoita, että se voidaan siirtää kaukolämpöön, aluelämpöön tai teolliseen käyttöön. Investointitasolla tarvitaan tiedot lämpövirran lämpötilasta, tehosta, vuosienergiasta, käyttöprofiilista,

väliaineesta, nykyisestä jäähdytysratkaisusta, lämpöpumppauksen tarpeesta, sähkönkulutuksesta, siirtomatkasta sekä vastaanottavan verkon tai käyttökohteen kyvystä ottaa lämpö vastaan. Ilman näitä tietoja hukkalämpöä voidaan käsitellä vain laadullisena mahdollisuutena.

Hukkalämmön realistinen rooli Energia Master Planissa on ensisijaisesti lämmön hyödyntäminen lämpönä. Sähköntuotanto hukkalämmöstä voi olla mahdollista vain rajatuissa kohteissa, joissa lämpötilataso, käyttöaika ja sähkön arvo ovat riittäviä. Keskeinen hyöty on erillisen lämmöntuotannon tarpeen vähentäminen ja teollisten symbioosien vahvistaminen.

Taulukko 12 kokoaa hukkalämmön hyödyntämisen roolin, potentiaalin, edellytykset, riskit ja seuraavat päätökset. Teemakortin keskeinen tulkinta on, että hukkalämpöä ei tule käsitellä yleisenä alueellisena lämpöpotentiaalina ennen mittauksia, vaan kohdekohtaisesti todennettavana energiatehokkuus- ja lämpöjärjestelmäresurssina.

Taulukko 12. Teemakortti: Hukkalämmön hyödyntäminen.

Kenttä	Sisältö
Rooli Energia Master Planissa	Paikallinen energiatehokkuus- ja lämpöjärjestelmäresurssi.
Potentiaali	Teollisuus, jätevedet, kylmäjärjestelmät, energiantuotanto ja mahdolliset datakeskukset.
Keskeiset edellytykset	Lämpötilataso, lämpömäärä, jatkuvuus, sijainti, lämpöpumput, sähköliityntä, vastaanottava lämpökysyntä ja sopimusmalli.
Tärkeimmät riskit	Lämpövirtojen mittaamattomuus, pitkät siirtomatkat, verkon vastaanottokyvyn puute, sähkön hinta lämpöpumpuille ja osapuolten sopimusriski.
Seuraavat päätökset	Hukkalämpövirtojen mittaus, lämpöverkon vastaanottokyvyn selvitys, alustava teknistaloudellinen laskenta ja sopimusmallin valmistelu.
Tarkempi lähde	Hukkalämmön hyödyntämisen selvitys_kesäkuu-2026

Selite: Taulukko tiivistää raportin päätelmän päätöksenteon tueksi. Arviot ovat laadullisia ja perustuvat Pohjois-Savon energia masterplan -hankkeen selvitysraportteihin.

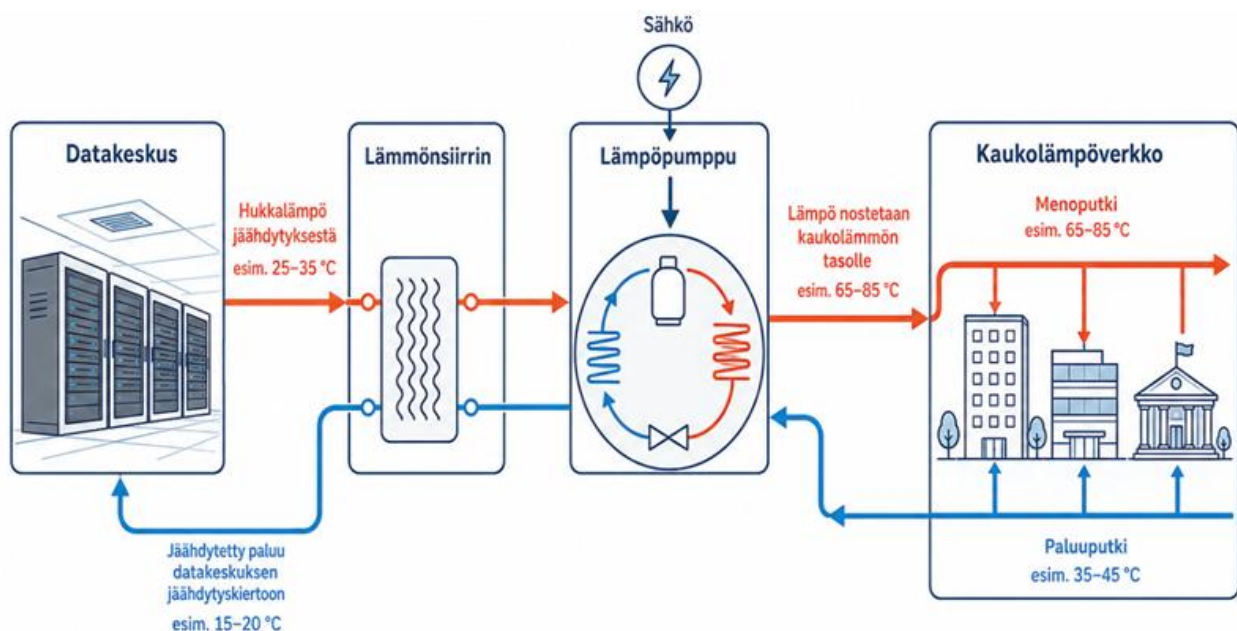
4.7 Datakeskukset

Datakeskus on digitaalisen aineiston tallentamiseen, käsittelyyn ja siirtämiseen erikoistunut tekninen laitos. Se tarvitsee suuren ja luotettavan sähkönsyötön, jäähdytyksen, varavoiman, tietoliikenneyhteydet, fyysisen ja kyberturvallisuuden sekä soveltuvan tontin. Palvelimet muuttavat lähes kaiken käyttämänsä sähkön lämmöksi, joten datakeskus voi olla myös merkittävä hukkalämmön lähde.

Selvitysaineisto tunnistaa Pohjois-Savossa ja Pieksämäellä useita julkisia hankeaihoita, suunnitteluvaramuksia ja tonttijärjestelyjä. Näitä ovat muun muassa Kuopion Mustakorpi ja

Hepomäki, Iisalmen Tervämäki, Varkauden APL-kampus, Pieksämäen Leppäkangas sekä Joroisten Huutokoski ja Hallamäki. Huutokosken asemanseutu sijoittuu Varkauden, Joroisten ja Pieksämäen väliseen energia- ja verkkoinfran vyöhykkeeseen, jossa sähköliittymä, logistiikka, tontit, mahdollinen hukkalämmön hyödyntäminen ja muu energiaintensiivinen sijoittuminen on perusteltua arvioida yhdessä. Aineisto ei kuitenkaan osoita, että alueella olisi laajasti investointipäätöksen saaneita tai toiminnassa olevia teollisen mittakaavan datakeskuksia. Kohteita tulee siksi käsitellä potentiaalina, ei varmistuneina investointeina.

Datakeskuksen hukkalämmön hyödyntämisen periaate on esitetty kuvassa 10. Palvelinten jäähdytyksestä syntyvä lämpö on yleensä matalalämpöistä, joten sen hyödyntäminen kaukolämmössä edellyttää tyypillisesti lämmönsiirrintä ja lämpöpumppua. Hyödyntäminen on mahdollista vain, jos lämpö voidaan nostaa verkkoon sopivalle lämpötilatasolle ja jos lähistöllä on vastaanottava lämpöverkko tai muu lämpöä käyttävä kohde.



Kuva 10. Datakeskuksen hukkalämmön hyödyntämisen periaate. Kuva havainnollistaa, miten jäähdytyksestä syntyvä matalalämpöinen hukkalämpö voidaan siirtää lämmönsiirtimeen ja lämpöpumpun kautta kaukolämpöverkkoon.

Datakeskuksen toteutuksen tärkeimmät edellytykset ovat sähköteho, sähkön toimitusvarmuus ja laatu, riittävät kuituyhteydet ja reittivarmuus, tontin koko ja kaavallinen soveltuvuus, jäähdytysratkaisu, vesikysymykset, turvallisuus, varavoima, ympäristövaikutukset sekä hukkalämmön käyttömahdollisuus. Hukkalämpö parantaa sijainnin kokonaisarvoa vain, jos läheisyydessä on vastaanottava lämpökysyntä ja hyödyntämiselle voidaan muodostaa teknisesti ja kaupallisesti toimiva malli.

Datakeskusten realistinen rooli Energia Master Planissa on toimia mahdollisina ankkurikuormina, sijoittumisinvestointeina ja hukkalämmön lähteinä sellaisissa sijainneissa, joissa sähkö-, kuitu-, tontti-, lämpö- ja turvallisuusehdot täyttyvät. Toteutuminen riippuu

kuitenkin vahvasti kansainvälisestä markkinasta ja sijoittumiskilpailusta, eikä sitä voida ratkaista alueellisesti yksipuolisesti.

Taulukko 13 kokoaa datakeskusten teemakortin. Sen keskeinen viesti on, että datakeskukset voivat vahvistaa alueen energiantensiivistä sijoittumista ja hukkalämmön hyödyntämistä, mutta vain kohteissa, joissa sähköliittyntä, kuituyhteydet, tontti, kaavoitus, jäähdytys, turvallisuus ja kaupallinen kysyntä täyttyvät samanaikaisesti. Taulukon arviot ovat laadullisia ja perustuvat Datakeskukset-selvitysraporttiin.

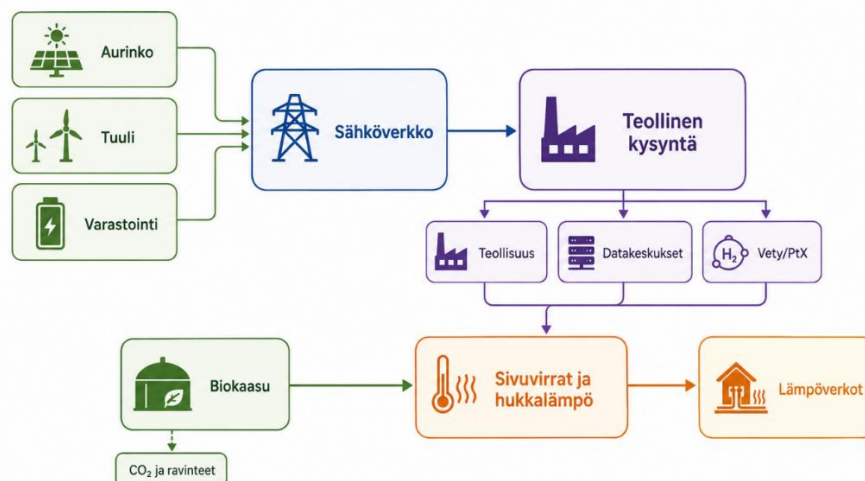
Taulukko 13. Teemakortti: Datakeskukset.

Kenttä	Sisältö
Rooli Energia Master Planissa	Suurena sähkönkuluttajana, mahdollisena hukkalämmön lähteenä ja sijoittumisinvestointina.
Potentiaali	Sähköverkon, kuituyhteyksien, tonttien, jäähdytyksen ja lämpökysynnän kannalta vahvat sijainnit.
Keskeiset edellytykset	Sähköteho ja toimitusvarmuus, kuitu, tontti, kaavoitus, jäähdytys, turvallisuus, hukkalämmön hyödyntäminen ja kansainvälinen kysyntä.
Tärkeimmät riskit	Sijaintikilpailu, investointipäätösten epävarmuus, liityntäkapasiteetti, hukkalämmön vastaanottajan puute, vesi ja jäähdytyskysymykset sekä turvallisuusvaatimukset.
Seuraavat päätökset	Kohdekohtainen sijaintipaketti, sähkö- ja kuituselvitys, hukkalämmön käyttösuunnitelma ja sijoittujavuoropuhelu.
Tarkempi lähde	Datakeskukset-selvitysraportti_kesäkuu-2026

Selite: Taulukko tiivistää raportin päätelmän päätöksenteon tueksi. Arviot ovat laadullisia ja perustuvat Pohjois-Savon energia masterplan -hankkeen selvitysraportteihin.

5 Teemojen väliset kytkennät

Raportin selvitysteemat eivät ole toisistaan irrallisia kokonaisuuksia, vaan ne kytkeytyvät toisiinsa sähköverkon, lämpöverkkojen, sivuvirtojen, varastoinnin ja teollisen kysynnän kautta. Aurinko- ja tuulivoima vahvistavat alueellista sähköntuotantopotentiaalia, mutta niiden merkitys riippuu verkkoliitynnöistä, siirtokapasiteetista ja kulutuskohteiden sijainnista. Varastointi voi tukea sähköjärjestelmän joustavuutta ja parantaa uusiutuvan tuotannon hyödynnettävyyttä. Biokaasu liittyy samanaikaisesti energiantuotantoon, ravinnekiertoon sekä mahdollisiin hiilidioksidi- ja sivuvirtakytkentöihin. Datakeskukset, teollisuus ja vedyntuotanto puolestaan voivat muodostaa merkittäviä sähkönkulutuskohteita, mutta samalla ne voivat tuottaa hukkalämpöä tai muita sivuvirtoja lämpöverkkojen ja teollisten prosessien käyttöön. Näitä keskeisiä kytkentöjä on havainnollistettu kuvassa 11.



Kuva 11. Teemojen välinen kytkentäkaavio. Sähköverkko, lämpöverkot, sivuvirrat, varastointi ja teollinen kysyntä yhdistävät yksittäiset teemat.

5.1 Sähköverkko ja liityntäkapasiteetti

Sähköverkko yhdistää lähes kaikki tässä raportissa tarkastellut teemat. Aurinko- ja tuulivoima tarvitsevat verkon, johon tuotettu sähkö voidaan liittää ja jonka kautta sähkö voidaan siirtää käyttäjille. Vedyntuotanto, datakeskukset, lämpöpumput, sähkökattilat ja osa energian varastointiratkaisuksista puolestaan lisäävät sähkönkulutusta ja edellyttävät riittävän suurta sekä toimintavarmaa sähköliittymää. Akkuvarastot voivat sekä ottaa sähköä verkosta että syöttää sitä takaisin verkkoon, minkä vuoksi niiden liittymäehdot ja käyttötapa on arvioitava tapauskohtaisesti.

Sähköverkon merkitys vaihtelee teemoittain, mutta yhteinen johtopäätös on selkeä: ilman riittävää sähköliittymää teknisesti kiinnostava kohde ei välttämättä ole toteuttamiskelpoinen. Taulukko 14 tiivistää, miten sähköverkko vaikuttaa eri teemojen etenemiseen ja mitkä epävarmuudet ovat kunkin teeman kannalta keskeisiä.

Taulukko 14. Sähköverkon merkitys eri teemoille.

Teema	Sähköverkon rooli	Riippuvuuden taso	Keskeinen epävarmuus
Aurinkoenergia	Mahdollistaa tuotannon liittämisen ja tuotetun sähkön siirron.	Korkea	Liittymispisteen todellinen kapasiteetti ja liittymisjohdon kustannus.
Tuulienergia	Ratkaisee, voidaanko suuri tuotanto liittää verkkoon.	Korkea	Sähköaseman kapasiteetti, verkon vahvistustarpeet ja aikataulu.
Biokaasu	Tarpeen laitoksen omaan käyttöön, jalostukseen ja mahdolliseen CHP-tuotantoon.	Kohtalainen	Laitoskohtainen sähkönkulutus ja mahdollinen sähköntuotannon liityntä.

Vedyntuotanto	Elektrolyysin suurin perusedellytys.	Korkea	Uusiutuvan sähkön hinta, alkuperä, saatavuus ja liityntä.
Varastointi	Määrittää lataus- ja purkutehon sekä markkinaosallistumisen.	Korkea	Liittymäehdot, tehomaksut ja käyttöstrategian vaikutus verkkoon.
Hukkalämpö	Tarpeen lämpöpumpuille ja sähkökattiloille.	Kohtalainen-korkea	Sähköliittymän riittävyys lämpöpumppuratkaisuissa.
Datakeskukset	Koko sijoittumisen perusedellytys.	Korkea	Suuren, toimitusvarman ja vaihteittain kasvavan sähköliittymän saatavuus.

Selite: Taulukko tiivistää raportin päätelmän päätöksenteon tueksi. Arviot ovat laadullisia ja perustuvat Pohjois-Savon energia masterplan -hankkeen selvitysraportteihin.

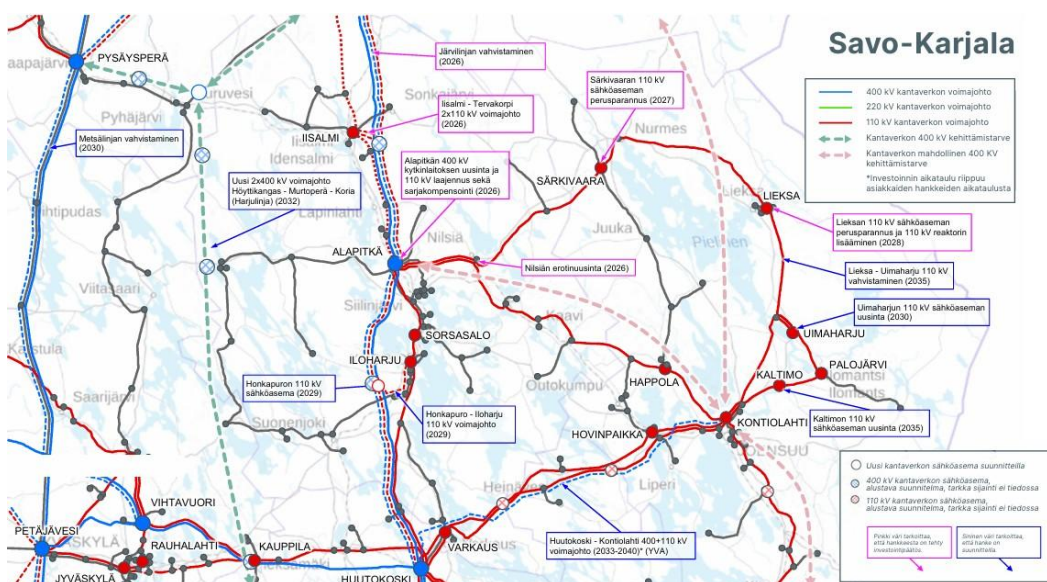
Sähköverkon nykytila Pohjois-Savon ja Pieksämäen alueella on esitetty kuvassa 12. Kartta osoittaa, että alueen sähkönsiirron runko perustuu 400 kilovoltin kantaverkkoon ja sitä täydentäviin muihin suurjännitteisiin yhteyksiin. Kantaverkolla tarkoitetaan valtakunnallista suurjännitteistä sähkönsiirtoverkkoa, jonka kautta sähköä siirretään pitkiä matkoja tuotannon ja kulutuksen välillä. Muut suurjännitteiset yhteydet palvelevat alueellista sähkönsiirtoa ja yhdistävät paikallisia verkkoja kantaverkkoon.



Kuva 12. Sähkönsiirtoverkon nykytila Pohjois-Savon ja Pieksämäen alueella. (Pohjois-Savon energia masterplan 2026)

Kuvan 12 perusteella tarkastelualueen keskeinen sähköverkon runko kulkee pohjois-eteläsuunnassa Pohjois-Savon läpi ja liittyy etelässä Pieksämäen, Varkauden ja Joroisten suunnan verkkoihin. Tämä vahvistaa sen, että energia- ja teollisuuskohteiden arvioinnissa ei riitä pelkkä etäisyys voimajohtoon. Tarvitaan tieto siitä, missä sähköasemilla on käytännössä mahdollisuus ottaa vastaan uutta tuotantoa tai kulutusta. Sähköasema on verkon solmukohta, jossa sähköä muunnetaan eri jännitetasojen välillä ja josta voidaan tehdä liittymiä tuotanto- tai kulutuskohteille.

Savo-Karjalan ja Pieksämäen kannalta keskeiset verkon solmukohdat ja kehittämistarpeet näkyvät kuvassa 13. Alueen kannalta erityisen merkittäviä ovat Alapitkän, Huutokosken, Varkauden ja Kontiolahtien suunnat sekä niihin liittyvät 400 kilovoltin ja 110 kilovoltin yhteydet. Kuvassa 13 esitetyt vahvistukset osoittavat, että sähköverkkoa kehitetään, mutta samalla ne korostavat aikataulun merkitystä. Suunnitteilla oleva tai rakenteilla oleva verkkohanke ei ole sama asia kuin tällä hetkellä käytettävissä oleva liittymäkapasiteetti.

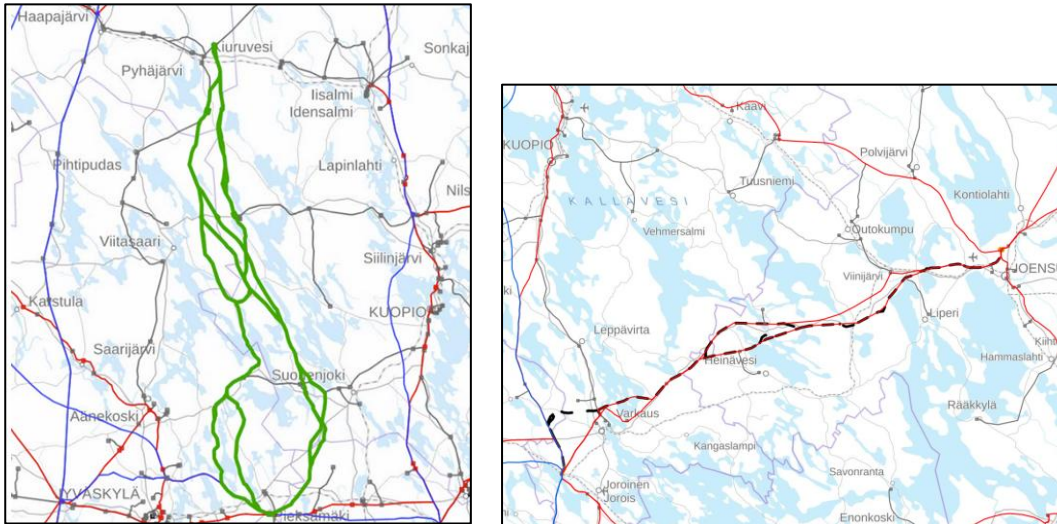


Kuva 13. Savo-Karjalan ja Pieksämäen kannalta keskeiset verkon solmukohdat. (Fingrid Kantaverkon kehittämissuunnitelma 2026–2035)

Liityntäkapasiteetilla tarkoitetaan sitä, kuinka paljon uutta sähköntuotantoa tai sähkönkulutusta verkkoon voidaan liittää ilman, että verkon käyttövarmuus heikkenee tai että tarvitaan merkittäviä vahvistuksia. Tämä kapasiteetti ei määräydy yksin voimajohtoon koon tai sähköaseman läheisyyden perusteella. Siihen vaikuttavat muun muassa verkon nykyinen kuormitus, muiden hankkeiden liittymävaraukset, sähkönsiirtosuunta, suojausratkaisut, käyttöehdot ja mahdollisten verkkovahvistusten toteutumisaikataulu.

Kuvassa 14 esitetyt Harjulinjan reittivaihtoehdot ja Huutokoski–Kontiolahti-voimajohtohankkeen sijainti täydentävät kuvaa tarkastelualueen pitkän aikavälin verkkokehityksestä. Harjulinja liittyy läntisemmän Suomen ja Savon suunnan sähkönsiirron vahvistamiseen, kun taas Huutokoski–Kontiolahti-yhteys liittyy itäisen suunnan siirtokyvyn

kehittämiseen. Näiden hankkeiden merkitys voi olla suuri erityisesti silloin, jos uusiutuvan sähköntuotannon, vedyntuotannon, datakeskusten ja muun energiantensiivisen kulutuksen määrä kasvaa alueella.



Kuva 14. Harjulinjan reittivaihtoehdot ja Huutokoski–Kontiolahti-voimajohtohankkeen sijainti. (Fingrid, Harjulinja-hanke ja Huutokoski–Kontiolahti-voimajohtohanke)

Kuvien 12–14 perusteella sähköverkon kehitys tukee Pohjois-Savon ja Pieksämäen pitkän aikavälin energiasiirtymää, mutta se ei poista kohdekohtaisen tarkastelun tarvetta. Aurinko- ja tuulivoiman, vedyn, datakeskusten, varastoinnin ja lämpöpumppuratkaisujen eteneminen edellyttää aina erillistä liittymiskelpoisuuden arviointia. Käytännössä tämä tarkoittaa, että jokaisessa potentiaalisessa energiakeskittymässä on selvittävä vähintään lähin realistinen liittymispiste, liittymisjohtoon pituus, tarvittavat verkkovahvistukset, kustannukset, aikataulu ja se, onko kapasiteetti käytettävissä tuotannolle, kulutukselle vai molemmille.

Johtopäätöksenä sähköverkko on tarkastelualueella sekä mahdollistaja että rajoittava tekijä. Se voi ohjata uusiutuvan energian tuotannon, varastoinnin, vedyntuotannon, datakeskusten ja hukkalämmön hyödyntämisen sijoittumista vahvemmin kuin pelkkä maa-alueiden saatavuus tai tekninen tuotantopotentiaali. Tämän vuoksi sähköverkon liityntäedellytykset tulee nostaa jokaisen jatkovalmisteltavan kohteen ensimmäiseksi arviointikriteeriksi yhdessä maankäytön, ympäristöreuna-ehdojen, kysynnän ja hyväksyttävyyden kanssa.

5.2 Sähkötaseen nykytila ja kehityssuunta

Sähkötaseella tarkoitetaan tässä luvussa tarkastelualueella vuoden aikana tuotetun ja kulutetun sähkön erotusta. Vuosienergiatase ei kuvaa tuntikohtaista tehotasetta, sähkön fyysisiä siirtovirtoja alueen rajojen yli eikä yksittäisen hankkeen liittymiskelpoisuutta. Siksi sitä käytetään alueellisen energiaomavaraisuuden ja kehityssuunnan mittarina, ei verkkokapasiteetin korvikkeena.

Uusin yhtenäinen alueellinen tilastoaineisto koskee vuotta 2024. Pohjois-Savossa sähkönkulutus oli 3 273 GWh ja tilastoitu sähköntuotanto 824 GWh. Pieksämäellä kulutus oli

172 GWh. Kattavaa kuntakohtaista sähköntuotantotilastoa ei ole saatavilla, joten Pieksämäen tuotannosta on sisällytetty laskelmaan vain Energiateollisuuden kaukolämpötilastosta tunnistettava 20,6 GWh:n yhteistuotantosähkö. Hankealueen tuotantoluku on tästä syystä vähimmäisarvio. Taulukko 15 kokoa vuoden 2024 sähkönkulutuksen, dokumentoidun sähköntuotannon sekä niiden perusteella lasketun tuotantovajeen ja tuotannon kattavuuden hankealueella.

Taulukko 15. Pohjois-Savon ja Pieksämäen hankealueen sähkötase vuonna 2024.

Alue	Kulutus GWh/v	Tuotanto GWh/v	Laskennallinen tuotantovaje GWh/v	Tuotannon kattavuus
Pohjois-Savo	3 273	824	2 449	25,2 %
Pieksämäki	172	vähintään 20,6	enintään 151,4	vähintään 12,0 %
Hankealue yhteensä	3 445	vähintään 844,6	enintään 2 600,4	vähintään 24,5 %

Lähteet: Energiateollisuus ry:n sähköntuotanto- ja sähkönkäyttötilastot 2024 sekä Kaukolämpötilasto 2024. Hankealueen luvut ovat tämän raportin laskelmia. Pieksämäen tuotanto on vähimmäisarvio.

Vuoden 2024 perusteella hankealue oli selvästi tuotantoalijäämäinen: dokumentoitu paikallinen tuotanto kattoi vähintään noin neljänneksen kulutuksesta. Pohjois-Savossa teollisuuden ja kaukolämmön yhteistuotanto muodosti noin 81 prosenttia tilastoidusta sähköntuotannosta. Tuotantorakenne on siten sidoksissa teollisuus- ja kaukolämpölaitosten käyttöön, eikä pelkkä tuotantokapasiteetti kuvaa toteutuvaa vuosituotantoa.

Vuoden 2025 jälkeen tuotantotilanne on vahvistunut erityisesti Pieksämäen Niinimäen tuulipuiston ja Joroisten Hallanvahdin aurinkovoimalan myötä. Niinimäen arvioitu vuosituotanto on yli 400 GWh ja Hallanvahdin 130–145 GWh. Jos nämä tuotantomäärät lisätään vuoden 2024 tuotantoon ja kulutus sekä muu tuotanto pidetään muuttumattomina, hankealueen tuotannon kattavuus nousisi laskennallisesti noin 40 prosenttiin ja tuotantovaje pienenisi noin 2,1 TWh:iin. Laskelma havainnollistaa mittakaavaa, eikä se ole vuoden 2026 toteutunut sähkötase tai vuoteen 2030 ulottuva ennuste. Hankkeet on kuvattu tarkemmin taulukoissa 5 ja 7.

Samanaikaisesti sähkönkulutus voi kasvaa datakeskusten, vedyntuotannon ja Power-to-X-ratkaisujen, sähkökattiloiden, lämpöpumppujen sekä teollisuuden sähköistymisen seurauksena. Mittakaavaa havainnollistaa, että 100 MW:n jatkuva kulutuskohde käyttäisi 85 prosentin käyttöasteella noin 745 GWh sähköä vuodessa. Suurten kulutushankkeiden vaikutus voi siten olla suurempi kuin yksittäisen aurinko- tai tuulivoimahankkeen tuotantolisäys. Toteutuva vaikutus riippuu kuitenkin hankkeen vaiheistuksesta, käyttöasteesta, sähkönhankinnasta ja käynnistymisajankohdasta.

Vuoteen 2030 ulottuvan kehityksen todennäköinen perusura on, että hankealue säilyy vuosienergian näkökulmasta tuotantoalijäämäisenä, vaikka paikallinen uusiutuva sähköntuotanto kasvaa. Sähkötase voi vahvistua olennaisesti, jos useita tuulivoima- ja aurinkovoimahankkeita toteutuu ennen suuria uusia kulutuskohteita. Vastaavasti se voi heikentyä, jos datakeskus-, Power-to-X- tai sähköistymisinvestoinnit toteutuvat tuotanto- ja verkkovahvistuksia nopeammin. Alueellisen kilpailukyvyyn kannalta ratkaisevaa ei ole yksin

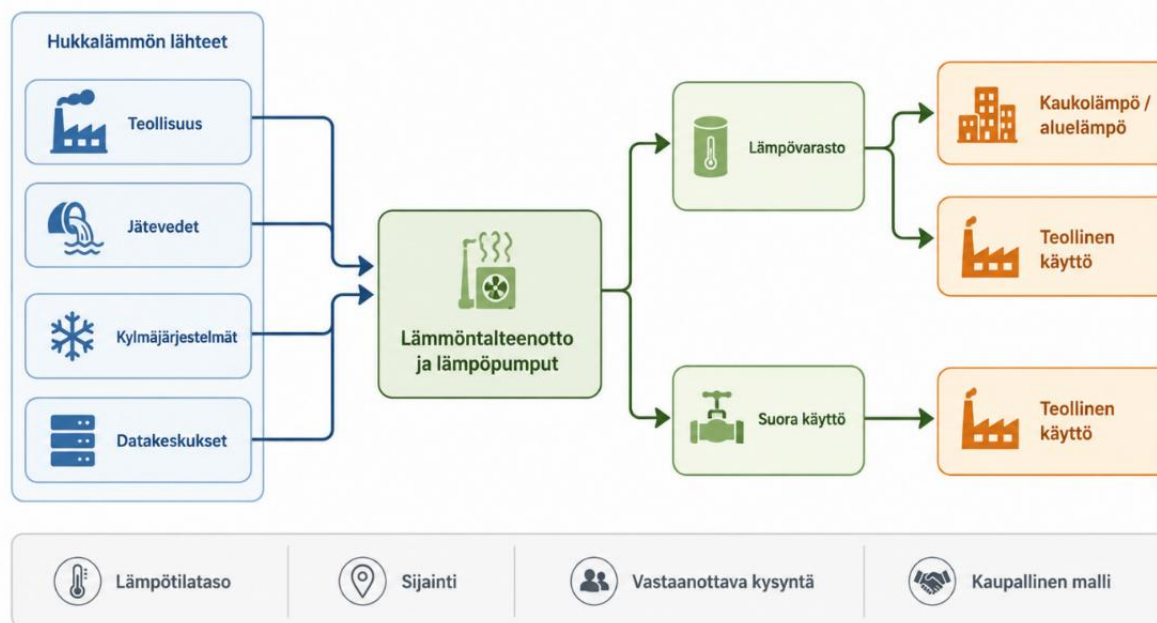
vuosittainen tuotannon kattavuus, vaan tuotannon, kulutuksen, jouston ja verkkokapasiteetin ajallinen ja paikallinen yhteensovittaminen.

Johtopäätöksenä sähkötase täydentää luvussa 5.1 esitettyä verkkotarkastelua. Kasvava paikallinen tuotanto vahvistaa energiaomavaraisuutta ja voi tukea sähköintensiivisten investointien sijoittumista, mutta se ei takaa yksittäiselle hankkeelle liittymäkapasiteettia tai toimitusvarmaa sähköä. Investointivalmistelussa vuosienenergiatase on siksi yhdistettävä kohdekohtaiseen tehotaseeseen, liittymäselvitykseen ja hankkeiden toteutumistodennäköisyyden arviointiin.

5.3 Lämpöverkot, hukkalämpö ja lämpövarastot

Lämpöverkot ovat keskeinen yhdistävä rakenne hukkalämmön hyödyntämisessä. Ne voivat kytkeä samaan kokonaisuuteen erilaisia lämmönlähteitä, kuten teollisuuden prosesseja, datakeskuksia, jätevesiä ja kylmäjärjestelmiä, sekä palvelevia teknisiä ratkaisuja, kuten lämmöntalteenottoa, lämpöpumppuja ja lämpövarastoja. Lämpövarastot mahdollistavat lämmön siirtämisen ajassa ja voivat tukea lämpöpumppujen, sähkökattiloiden ja muun lämpöjärjestelmän käyttöä silloin, kun sähkö on hinnaltaan tai järjestelmän toiminnan kannalta edullista.

Hukkalämmön ja lämpövarastojen hyödyntämisen yleinen toimintalogiikka on esitetty kuvassa 15. Hukkalämmön arvo ei synny pelkästään lämmönlähteen olemassaolosta, vaan siitä, että lämmönlähde, lämmöntalteenotto, mahdollinen lämpöpumppu, lämpövarasto ja vastaanottava käyttökohde voidaan yhdistää teknisesti ja kaupallisesti toimivaksi kokonaisuudeksi. Hukkalämpöä voidaan ohjata kauko- tai aluelämpöön, teolliseen käyttöön tai suoraan hyödynnettäväksi, jos lämpötilataso, sijainti, kysyntä, käyttöprofiili ja kaupallinen malli tukevat toteutusta.



Kuva 15. Kuva havainnollistaa hukkalämmön hyödyntämisen edellytyksiä: lämmönlähteen, lämmöntalteenoton, lämpöpumpun, mahdollisen lämpövaraston ja käyttökohteen

yhteensopivuutta. Hukkalämpö voidaan hyödyntää kauko- tai aluelämmössä, teollisuudessa tai suoraan, jos lämpötilataso, sijainti, kysyntä ja kaupallinen malli sen mahdollistavat.

Datakeskusten ja elektrolyysilaitosten hukkalämpökytkennät ovat esimerkkejä tästä yleisestä toimintalogiikasta. Niitä käsitellään tarkemmin teemakohtaisissa luvuissa 4.7 ja 4.4. Tässä luvussa niitä tarkastellaan osana laajempaa lämpöverkkojen, hukkalämmön ja lämpövarastojen kokonaisuutta.

Erityisesti vety- ja Power-to-X-hankkeiden yhteydessä hukkalämmön hyödyntämistä tulee arvioida varovaisesti. Suuntaa antavat prosenttiosuudet voivat kuvata prosessin teoreettista lämpöhäviötä tai hankesuunnittelun alkuvaiheen oletusta, mutta ne eivät osoita lämpöverkolle myytävää tai teknisesti hyödynnettävää energiamäärää. Jatkovalmistelussa hukkalämmön hyödyntäminen tulee todentaa mittauksilla, prosessisuunnittelulla ja vastaanottavan lämpökysynnän analyysillä. Tämä koskee sekä elektrolyysilaitoksia että mahdollisia vedyn jatkojalostusprosesseja.

5.4 Biokaasu, vety, bio-CO₂ ja teolliset arvoketjut

Biokaasu ja vety kytkeytyvät toisiinsa erityisesti sivuvirtojen ja jatkojalostuksen kautta. Biokaasun jalostuksessa syntyvää biogeenistä CO₂:ta voidaan periaatteessa käyttää Power-to-X-tuotteiden raaka-aineena, jos talteenotto, puhdistus, laatu, kuljetus ja kysyntä ovat teknisesti ja kaupallisesti ratkaistavissa. Maatalouspohjaiset biokaasuratkaisut voivat samalla vahvistaa ravinnekiertoa ja tuottaa paikallista polttoainetta.

Vedyn ja bio-CO₂:n yhdistäminen e-metaaniksi, e-metanoliksi tai muiksi jatkojalosteiksi edellyttää kuitenkin raaka-aineiden lisäksi kilpailukykyistä uusiutuvaa sähköä, teollista mittakaavaa, sääntelyn mukaisia tuotteita, off-take-sopimuksia, logistiikkaa sekä usein myös hukkalämmön tai hapen hyödyntämistä. Aineiston perusteella kyse on Pohjois-Savossa ja Pieksämäellä strategisesta mahdollisuudesta, ei vielä valmiista investointikokonaisuudesta.

5.5 Varastointi ja jousto

Varastointi ja jousto tukevat uusiutuvan energian hyödyntämistä tasaamalla tuotannon ja kulutuksen ajallista eroa sekä parantamalla sähköjärjestelmän teknistä toimintaa. Aurinko tuottaa eniten valoisaan vuodenaikaan ja päiväsaikaan, tuulivoima vaihtelee säätilan mukaan, kun taas teollisuus, datakeskukset ja lämpöverkot tarvitsevat energiaa omien käyttöprofiiliensa mukaisesti. Akkuvarastot voivat tarjota nopeaa tehoa ja reservipalveluja, lämpövarastot voivat tasata lämmöntuotantoa ja kulutusta, ja laajemmat energiavarastot voivat tukea teollisia kokonaisuuksia, jos käyttökohde ja mittakaava ovat riittävät.

Jousto ei kuitenkaan poista tarvetta verkkoliittynnöille, kysynnän varmistamiselle tai kaupallisille sopimuksille. Akkuvaraston kannattavuus riippuu käytöstavasta ja tulovirtojen yhdistämisestä, lämpövaraston arvo vastaanottavasta lämpökysynnästä ja vedyn tai synteettisten polttoaineiden varastointikäyttö teollisesta mittakaavasta. Siksi varastointia ja joustoa tulee arvioida osana energiakesittymän kokonaisuutta, ei erillisenä teknologiaratkaisuna.

5.6 Maankäyttö ja hyväksyttävyyys

Maankäyttö ja hyväksyttävyyys ovat kaikkia selvitysteemoja yhdistäviä reunaehtoja. Aurinkovoima edellyttää laajoja ja maankäytöllisesti soveltuvia alueita, tuulivoima maiseman, luontoarvojen ja muun alueidenkäytön yhteensovittamista, biokaasulaitokset toimivaa logistiikkaa ja naapurisuusvaikutusten hallintaa, varastot turvallista sijoittumista, datakeskukset suuria tontteja ja varmistettua infrastruktuuria, vety kemikaali- ja turvallisuuskäytön hallintaa sekä hukkalämpöratkaisut lämmönsiirtoon soveltuvia reittejä ja vastaanottavia käyttökohteita.

Hyväksyttävyyden perusta vaihtelee teemoittain, mutta yhteinen lähtökohta on vaikutusten, riskien ja hyötyjen ymmärrettävä ja varhainen esittäminen. Paikallisen hyödyn osoittaminen on tärkeää, mutta se ei korvaa ympäristö-, turvallisuus-, luonto-, maisema- tai liikennevaikutusten selvittämistä. Kuntien yhteinen viestintä, realistinen odotushallinta ja varhainen vuoropuhelu voivat vähentää väärin odotusten, epäluottamuksen ja vastakkainasettelun riskiä.

6 Alueellinen toteutettavuus ja priorisointi

Alueellinen toteutettavuus tarkoittaa tässä raportissa sitä, missä määrin tunnistetut energia- ja teollisuusteemat voivat edetä yleisestä potentiaalista kohdekohtaiseen valmisteluun. Arvio ei perustu yksittäiseen tekniseen muuttujaan, kuten tuotantotekniikkaan, maa-alaan tai sähköverkon läheisyyteen, vaan useiden reunaehtojen yhteisvaikutukseen. Keskeistä on erottaa tekninen potentiaali, toteuttamiskelpoinen potentiaali ja investointivalmius toisistaan. Tämä raja on johdonmukainen osaselvitysten kanssa: esimerkiksi aurinko-, tuuli-, biokaasu-, vety-, varastointi-, hukkalämpö- ja datakeskusteemat edellyttävät kaikki kohdekohtaista tarkastelua ennen investointikelpoisia johtopäätöksiä.

Luvun 6 tarkoituksena on koota teemakohtaiset havainnot päätöksenteon kannalta vertailukelpoiseen muotoon. Arviointi tukee erityisesti sitä, mihin teemoihin ja kohteisiin jatkovalmistelua kannattaa suunnata ensin, missä tarvitaan lisäselvityksiä ja missä johtopäätöksiä ei voida vielä tehdä riittävällä varmuudella. Taulukko 16 määrittelee arvioinnissa käytettävät yhteiset kriteerit, ja taulukko 17 soveltaa niitä raportin keskeisiin energiateemoihin laadullisena vertailuna.

6.1 Arviointikriteerit

Priorisointi perustuu laadulliseen arvioon, koska käytettävissä oleva aineisto ei tue luotettavaa numeerista pisteytystä. Teemojen ja kohteiden arvioinnissa käytetään samoja arviointikriteerejä, jotta teknistä potentiaalia ei tulkita investointivalmiudeksi. Hankkeen toteutettavuus muodostuu teknisten, maankäytöllisten, ympäristöllisten, kaupallisten ja sopimuksellisten edellytysten kokonaisuudesta.

Taulukko 16 kokoaa arviointikriteerit, joiden avulla eri teemoja ja alueellisia kohteita voidaan tarkastella yhdenmukaisesti. Kriteerit soveltuvat sekä yksittäisten hankkeiden

esiselvitykseen että laajempien energiakeskittymien jatkovalmisteluun. Niiden tarkoitus ei ole tuottaa mekaanista paremmuusjärjestystä, vaan tehdä näkyväksi, millä perusteilla jokin teema tai kohde voi edetä seuraavaan valmisteluvaiheeseen. Erityisen tärkeää on tunnistaa puuttuva aineisto: jos esimerkiksi verkkoliitynnästä, off-take-sopimuksista, lämpökysynnästä, luvituspolusta tai investointikustannuksista ei ole riittävää tietoa, arvio on pidettävä alustavana.

Taulukko 16. Toteutettavuuden arviointikriteerit.

Kriteeri	Selitys	Arviointikysymys	Mahdollinen aineistotarve
Tekninen toteutettavuus	Ratkaisun tekninen kypsyys ja soveltuvuus paikalliseen käyttötarkoitukseen.	Onko ratkaisu teknisesti uskottava kyseisessä sijainnissa ja mittakaavassa?	Teknologiaselvitys, mitoitus, käyttötarkoitus.
Verkkoliityntä ja infrastruktuuri	Sähkö-, lämpö-, kaasu-, kuitu-, tie- ja logistiikkayhteydet.	Voidaanko hanke liittää ja käyttää kohtuullisin kustannuksin?	Verkkoyhtiön selvitys, lämpöverkkotiedot, kuitu- ja logistiikkatiedot.
Maankäytöllinen soveltuvuus	Kaavoitus, tontti, maanomistus, siirtoreitit ja yhteensovitus.	Sopiiko ratkaisu nykyiseen ja suunniteltuun maankäyttöön?	Kaava- ja maanomistustiedot, paikkatieto, tonttiselvitys.
Ympäristö- ja hyväksyttävyyssreunaehdot	Luonto, maisema, melu, vesistöt, pohjavesi, turvallisuus ja vuorovaikutus.	Voidaanko vaikutukset hallita ja hyväksyttävyyttä rakentaa?	Luonto-, maisema-, melu-, vesistö- ja turvallisuusselvitykset.
Kysyntä ja tulomalli	Sähkön, lämmön, kaasun, vedyn, CO ₂ -tuotteiden tai datakeskuskapasiteetin ostajat.	Onko maksukykyinen kysyntä tai markkinatulovirta osoitettavissa?	Off-take, PPA, lämpösopimus, markkina-analyysi.
Investointivalmius	Hankekehityksen, rahoituksen, lupien ja sopimusten valmiusaste.	Mikä on seuraava päätös ja mitä se edellyttää?	Hankesuunnitelma, lupapolku, CAPEX/OPEX, aikataulu.
Aluetaloudellinen vaikuttavuus	Paikalliset tulot, työllisyys, palvelukysyntä ja yritysvaikutukset.	Mitä hyötyjä jää alueelle ja miten ne jakautuvat?	Vaikutusarvio, hankintaketju, verovaikutukset, työvoimatarpeet.
Strateginen merkitys	Energiaomavaraisuus, huoltovarmuus, teollinen uudistuminen ja sijoittumiskyky.	Tukeeko hanke alueen pitkän aikavälin energijärjestelmää?	Skenaariot, energia- ja elinkeinostrategiat, riskianalyysi.

Selite: Taulukko tiivistää raportin päätelmän päätöksenteon tueksi. Arviot ovat laadullisia ja perustuvat Pohjois-Savon energia masterplan -hankkeen selvitysraportteihin.

6.2 Teemojen vertailu

Seuraava vertailu ei ole pisteytys eikä investointisuositus. Se on energiaselvityksen laadullinen tulkinta siitä, miten eri teemat näyttäytyvät suhteessa luvussa 6.1 määriteltyihin arviointikriteereihin. Arvio kuvaa tämänhetkistä aineistopohjaa, eikä sitä tule käyttää yksittäisten hankkeiden toteutuspäätöksenä. Kohdekohtainen arvio voi poiketa teematasoisesta arviosta merkittävästi, jos esimerkiksi verkkoliityntä, tontti, lämpökysyntä, syötesopimukset, off-take tai luvitusvalmius ovat tietyssä kohteessa keskimääräistä paremmalla tasolla.

Taulukko 17 tiivistää teemojen väliset erot toteutettavuuden näkökulmasta. Vertailun perusteella lähimmäs käytännön valmistelua sijoittuvat sellaiset ratkaisut, joissa teknologia on vakiintunutta ja kohdekohtaiset reunaehdot voidaan rajata selvästi, kuten aurinkoenergia valituilla maa- ja verkkokohteilla, biokaasu sopimuksellisesti varmistetuissa syöte- ja kysyntäkokonaisuuksissa sekä akku- ja lämpövarastot tilanteissa, joissa käyttötarkoitus ja tulomalli on osoitettu. Hukkalämpö näyttäytyy lupaavana paikallisena ratkaisuna, mutta sen eteneminen edellyttää mittauksia, vastaanottavan lämpökysynnän tunnistamista ja kaupallista sopimusmallia. Tuulienergiassa eteneminen on valikoivaa ja riippuu erityisesti sijainnista, hyväksyttävyydestä, maanpuolustuksen ja ilmailun reunaehdoista sekä verkkoliitynnästä. Vety, Power-to-X ja datakeskukset ovat strategisesti merkittäviä, mutta niiden investointivalmius jää tämän aineiston perusteella epävarmaksi ilman tarkempia sähköliityntä-, kysyntä-, sopimus-, luvitus- ja rahoitustietoja.

Taulukon 16 keskeinen johtopäätös on, että alueellinen priorisointi kannattaa rakentaa vaiheittain. Ensimmäisessä vaiheessa on perusteltua edistää kohteita, joissa tekninen toteutettavuus, maankäyttö ja infrastruktuuri ovat jo kohtuullisesti rajattavissa. Toisessa vaiheessa tulee vahvistaa sellaisia kokonaisuuksia, joiden toteutus riippuu puuttuvasta markkina-, sopimus- tai mittaustiedosta. Kolmannessa vaiheessa pitkän aikavälin strategiset avaukset, kuten vety- ja PtX-arvoketjut sekä suuret datakeskussijoittumiset, on syytä pitää mukana alueellisessa valmistelussa, mutta niitä ei tule käsitellä varmistuneena investointikantana ennen kriittisten reunaehtojen todentamista.

Taulukko 17. Teemojen laadullinen vertailu.

Teema	Tekninen toteutettavuus	Infrastruktuuri	Maankäyttö	Kysyntä	Investointi-valmius	Hyväksyt-tävyys	Kokonaisarvio
Aurinko-energia	Kohtalainen	Epävarma	Kohtalainen	Kohtalainen	Epävarma	Kohtalainen	Kohtalainen, jos kohdekohtainen verkko ja maa täyttyvät.
Tuulienergia	Kohtalainen	Epävarma	Epävarma	Kohtalainen	Kohtalainen Pieksämäellä, epävarma muualla	Epävarma	Valikoiva eteneminen vahvimmissa kohteissa.
Biokaasu	Kohtalainen	Kohtalainen	Kohtalainen	Epävarma	Kohtalainen joissain kokonaisuuksissa	Epävarma	Kohtalainen, kun syöte ja kysyntä sidotaan sopimuksin.
Vety ja PtX	Epävarma	Epävarma	Kohtalainen	Epävarma	Heikko / ei arvioitavissa	Epävarma	Pitkän aikavälin strateginen mahdollisuus.
Varastointi	Vahva lyhytaikaisissa ratkaisuissa	Epävarma	Kohtalainen	Epävarma	Kohtalainen akku- ja	Kohtalainen	Mahdollistava ratkaisu, jos

					lämpövarasto issa		tulomalli on osoitettu.
Hukkalämpö	Kohtalainen	Epävarma	Vahva olemassa olevissa kohteissa	Epävarma	Epävarma	Kohtalai- nen - vahva	Lupaava paikallinen ratkaisu mittausten jälkeen.
Data- keskukset	Kohtalainen	Epävarma	Kohtalainen	Epävarma	Epävarma	Kohtalai- nen / epävarma	Strateginen sijaintimahdollisuus; ei varmistunut investointikanta.

Selite: Taulukko tiivistää raportin päätelmän päätöksenteon tueksi. Arviot ovat laadullisia ja perustuvat Pohjois-Savon energia masterplan -hankkeen selvitysraportteihin.

6.3 Energiakeskittymien jatkovalmistelun periaatteet

Energiakeskittymien jatkovalmistelussa tulee edetä paikkakohtaisesti ja vaiheittain.

1. Samaan karttaan kootaan tuotanto, kulutus, sähköverkko, lämpöverkot, sivuvirrat, tontit, kaavat, ympäristörajoitteet ja toimijat.
2. Jokaiselle mahdolliselle keskittymälle: tarvitaanko verkkoselvitys, lämpömittaus, kaavallinen tarkistus, sijoittujavuoropuhelu vai esikannattavuuslaskelma.
3. Keskittymiä ei priorisoida pelkän teknisen potentiaalin perusteella. Keskittymä on uskottava vain, jos siinä on vähintään yksi vahva ankkuritekijä: esimerkiksi teollinen lämpö- tai sähkökysyntä, vahva sähköverkkosolmu, merkittävä biokaasusyötepohja, hukkalämmön vastaanottaja, datakeskukselle sopiva tontti tai olemassa oleva teollinen bio-CO₂-lähde.
4. Kunnilla ja kehitysyhtiöillä on yhteinen rooli: niiden tulee tuottaa sijoittujalle selkeä ja todennettavissa oleva tietopaketti, ei vain yleistä markkinointia.

6.4 Lyhyen, keskipitkän ja pitkän aikavälin mahdollisuudet

Mahdollisuuksien aikajänne on esitetty kuvassa 16. Lyhyellä aikavälillä painopiste on toimissa, jotka vahvistavat päätöksenteon tietopohjaa ja voivat käynnistää kohdekohtaisen valmistelun ilman suurta investointipäätöstä. Näitä ovat verkkoliityntöjen selvittäminen, hukkalämpömittaukset, biokaasun syöte- ja kysyntäsopimusten kartoitus, energiakeskittymien kohdekortit, datakeskusten sijaintipakettien tarkistus sekä hyväksyttävyyden toimintamalli.

Keskipitkällä aikavälillä valmistelu siirtyy kohdekohtaisiin hankekokonaisuuksiin. Tällaisia ovat aurinko- ja tuulivoimahankkeet, biokaasun tuotanto- ja jakelumallit, akku- ja lämpövarastojen investointisuunnitelmat, hukkalämmön lämpöpumppuhankkeet sekä datakeskus- ja teollisuussijoittumisten tontti- ja liityntäpaketit.

Pitkällä aikavälillä mahdollisuudet liittyvät laajempiin strategisiin kokonaisuuksiin: vedyn ja Power-to-X:n arvoketjuihin, sähkö- ja lämpöinfran vahvistuksiin sekä usean toimijan energiakeskittymiin. Kuten kuva 16 havainnollistaa, nopeimmat toimet liittyvät

valmistelukyvyyn ja tietopohjan parantamiseen, kun taas suuret teolliset arvoketjut edellyttävät useiden vuosien valmistelua.



Kuva 16. Toteuttamisen aikajänne. Kuva havainnollistaa mahdollisuuksien etenemistä tietopohjan vahvistamisesta kohdekohtaiseen valmisteluun ja edelleen pitkän aikavälin teollisiin arvoketjuihin.

7 Vaikutukset

Selvityksessä tarkastellut energiaratkaisut voivat vaikuttaa aluekehitykseen useilla toisiaan täydentävillä tavoilla. Vaikutukset ulottuvat alue- ja kuntatalouteen, työllisyyteen, energiaomavaraisuuteen, huoltovarmuuteen, ilmastoon, ympäristöön sekä hankkeiden paikalliseen hyväksyttävyyteen. Vaikutusten suuruus ja kohdentuminen riippuvat kuitenkin aina hankkeen koosta, teknologiasta, sijainnista, toteutustavasta ja siitä, kuinka hyvin investointi kytkeytyy alueen yrityksiin, infrastruktuuriin ja energiankäyttöön.

Taulukko 18 kokoaa selvityksen keskeiset vaikutukset, niihin liittyvät epävarmuudet ja päätöksenteossa huomioitavat rajaukset. Arvio on laadullinen, eikä sitä tule tulkita yksittäisten hankkeiden vaikutusarviona. Tarkemmat taloudelliset, työllisyys-, ympäristö- ja muut vaikutukset voidaan arvioida luotettavasti vasta kohdekohtaisen suunnittelun ja lähtötietojen perusteella.

Taulukko 18. Vaikutusten yhteenveto.

Vaikutusalue	Myönteinen vaikutuspotentiaali	Keskeinen epävarmuus	Huomioitava raja
Alue- ja kuntatalous	Kiinteistöverot, maanvuokrat, palvelukysyntä, investointien rakentamisvaihe ja teollisen sijoittumisen vahvistuminen.	Vaikutusten paikallinen osuus ja toteutuminen riippuvat hankkeista, sopimuksista ja hankintaketjuista.	Tarkkoja eurovaikutuksia ei voida yleistää ilman hankekohtaisia laskelmia.
Työllisyys ja osaaminen	Suunnittelu, rakentaminen, käyttö, kunnossapito, energia- ja automaatio-osaaminen sekä teolliset arvoketjut.	Työ voi kohdistua alueen ulkopuolelle, eikä hanke välttämättä näy kuntatason työllisyysasteessa.	Elinkaaren henkilötyövuodet ja pysyvät paikalliset työpaikat on erotettava toisistaan.
Energiaomavaraisuus ja huoltovarmuus	Paikallinen tuotanto, jousto, lämpöresurssit, polttoaineomavaraisuus ja kotimaiset sivuvirrat.	Tuotanto ei paranna omavaraisuutta täysimääräisesti, jos verkko, kulutus ja varastointi eivät kohtaa.	Omavaraisuus on järjestelmäkysymys, ei pelkkä tuotantotehon määrä.
Ilmasto- ja ympäristövaikutukset	Fossiilisten polttoaineiden korvaaminen, energiatehokkuus, ravinnekierro ja päästöjen vähentämisen edellytykset.	Paikalliset luonto-, maisema-, vesistö-, melu-, liikenne- ja turvallisuusvaikutukset voivat olla merkittäviä.	Ilmastohyöty ei poista tarvetta kohdekohtaisille ympäristöselvityksille.
Hyväksyttävyyden ja paikalliset vaikutukset	Vuoropuhelu, paikalliset hyödyt, läpinäkyvyys ja kunnallinen suunnittelu voivat vahvistaa hyväksyttävyyttä.	Haitat ja hyödyt jakautuvat eri toimijoille, mikä voi synnyttää vastakkainasettelua.	Hyväksyttävyyden on oltava valmisteltava, ei oletettava.

Selite: Taulukko tiivistää raportin päätelmän päätöksenteon tueksi. Arviot ovat laadullisia ja perustuvat Pohjois-Savon energia masterplan -hankkeen selvitysraportteihin.

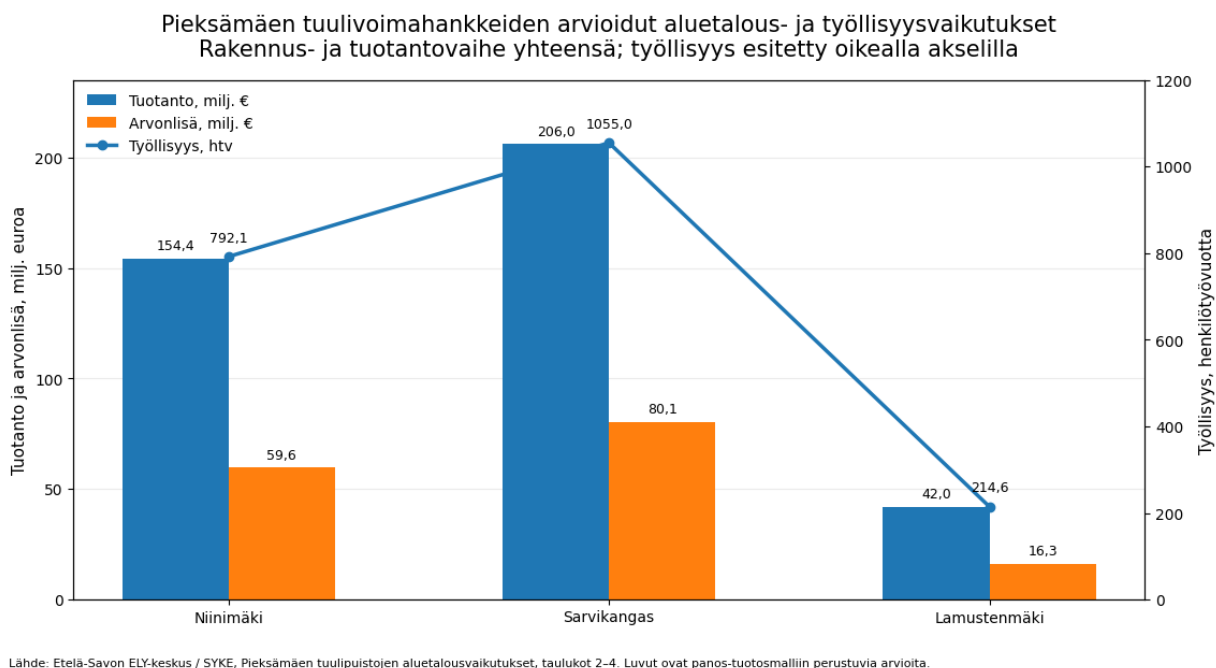
7.1 Alue- ja kuntatalous

Energiainvestoinnit voivat vahvistaa alue- ja kuntataloutta usean vaikutuskanavan kautta. Rakentamisvaihe lisää kysyntää suunnittelulle, urakoinnille, kuljetuksille, majoitukselle ja muille palveluille. Käytön aikana vaikutuksia voi syntyä kunnossapidosta, maanvuokrista, kiinteistöverotuloista sekä energiaan liittyvästä yritystoiminnasta. Datakeskukset ja muu sähköintensiivinen teollinen sijoittuminen voivat lisäksi vahvistaa alueen elinkeinorakennetta, jos investoinnit kytkeytyvät paikalliseen palvelu-, lämpö-, verkko- tai alihankintaketjuun.

Vaikutuksia ei kuitenkaan tule tulkita suoraviivaisesti. Laskennalliset aluetalouden vaikutukset kuvaavat hankkeen arvioituja kokonaisvaikutuksia, mutta ne eivät sellaisenaan osoita, kuinka suuri osa työstä, tuloista tai arvonnäistä jää toteutuneena yksittäiseen kuntaan. Paikallinen hyöty riippuu muun muassa hankintaketjusta, työvoiman saatavuudesta, maanvuokra- ja verovaikutuksista, kunnallisista sopimuksista sekä siitä, sijoittuuko hankkeen käyttö- ja kunnossapitotoimintaa alueelle pysyvästi.

Kuva 17 havainnollistaa tätä esimerkinomaisesti Pieksämäen tuulivoimahankkeiden osalta. Kuvassa esitetyt vaikutukset ovat panos-tuotomalliin perustuvia arvioita rakennus- ja

tuotantovaiheen yhteenlasketuista vaikutuksista, eivätkä ne ole yleistettävissä sellaisenaan muihin energiateknologioihin, kuntiin tai hankkeisiin. Kuva osoittaa kuitenkin vaikutusten mittakaavan: suurissa energiainvestoinneissa aluetalouden tuotannon arvo, arvonlisä ja henkilötötyvuosina kuvattu työllisyys voivat olla huomattavia, mutta niiden toteutuva paikallinen osuus on aina arvioitava hankekohtaisesti.



Kuva 17. Pieksämäen tuulivoimahankkeiden arvioidut aluetalous- ja työllisyysvaikutukset. Rakennus- ja tuotantovaiheen yhteenlasketut mallinnetut vaikutukset aluetalouden tuotannon arvoon, arvonlisään ja työllisyyteen. Luvut ovat esimerkinomaisia panos-tuotostmalliin perustuvia arvioita, eivät yleinen arvio energiainvestointien vaikutuksista. (Etelä-Savon ELY-keskus (2025), taulukot 2–4; kuva laadittu raporttia varten.)

7.2 Työllisyys ja osaaminen

Energiainvestointien työllisyysvaikutukset syntyvät useassa vaiheessa. Rakentamisvaiheessa korostuvat suunnittelu, luvitus, maanrakennus, sähkö- ja automaatioasennukset, kuljetukset, nostot, turvallisuusjärjestelyt ja työmaapalvelut. Käyttövaiheessa työ kohdistuu erityisesti kunnossapitoon, valvontaan, huoltoon, käytön optimointiin, varaosalogistiikkaan ja järjestelmien seurantaan. Lisäksi suuremmat investoinnit voivat synnyttää välillisiä vaikutuksia paikallisiin palveluihin ja alihankintaketjuihin.

Osaamistarpeet vaihtelevat teknologioittain. Aurinko- ja tuulivoimassa korostuvat sähköjärjestelmä-, maanrakennus-, kunnossapito- ja projektikehitysosaaminen. Biokaasu kytkeytyy maatalouden, logistiikan, ravinnekierron, kaasunjalostuksen ja ympäristölupien osaamiseen. Hukkalämmön hyödyntäminen edellyttää lämpöverkkojen, lämpöpumppujen, mittausten, prosessilämmön ja sopimusmallien hallintaa. Vety, Power-to-X ja datakeskukset vaativat erityisosaamista suurista sähköliitynnöistä, prosessiteknikasta, automaatiosta, tietoliikenneyhteyksistä, kyberturvallisuudesta, paloturvallisuudesta ja varavaimaratkaisista.

Alueellisen vaikuttavuuden kannalta ratkaisevaa ei ole pelkästään laitoksen oma henkilöstömäärä. Merkittävä osa työllisyys- ja osaamisvaikutuksista voi syntyä paikallisille suunnittelu-, rakentamis-, huolto-, automaatio- ja asiantuntijayrityksille, jos ne pääsevät mukaan hankkeiden toteutukseen ja kunnossapitoon. Tällöin investoinnit voivat vahvistaa alueen yritysten osaamista, kilpailukykyä ja mahdollisuuksia osallistua myös tuleviin vastaaviin hankkeisiin.

Keskeinen epävarmuus liittyy siihen, mihin työ ja arvonnisa lopulta kohdistuvat. Erikoistuneet suunnittelu-, teknologia- ja urakointipalvelut voivat tulla alueen ulkopuolelta, jos paikallista kapasiteettia ei ole saatavilla. Siksi työllisyys- ja osaamisvaikutusten toteutuminen edellyttää ennakoivaa osaamisen kehittämistä, yritysten verkottamista, koulutuksen ja työvoimatarpeiden yhteensovittamista sekä hankkeiden varhaista kytkemistä alueelliseen elinkeino- ja koulutusyhteistyöhön.

7.3 Energiaomavaraisuus ja huoltovarmuus

Energiaomavaraisuus vahvistuu, kun alueella tuotetaan, varastoidaan ja hyödynnetään energiaa tavalla, joka vähentää riippuvuutta tuontipolttoaineista ja ulkopuolisesta energiasta. Aurinko- ja tuulivoima lisäävät kotimaista sähköntuotantoa, biokaasu hyödyntää paikallisia sivuvirtoja, hukkalämpö vähentää erillisen lämmöntuotannon tarvetta ja energian varastointi lisää järjestelmän joustavuutta. Energiaomavaraisuus määräytyy kuitenkin koko energiajärjestelmän toimivuuden perusteella eikä pelkästään tuotantokapasiteetin mukaan.

Luvun 5.2 laskelman perusteella hankealueen dokumentoitu tuotanto kattoi vuonna 2024 vähintään noin 24,5 prosenttia sähkönkulutuksesta. Niinimäen ja Hallanvahdin tuotantolisäykset vahvistavat tasetta merkittävästi, mutta eivät yksin poista tuotantovajetta. Energiaomavaraisuuden kehitys riippuu erityisesti siitä, missä järjestyksessä uusi tuotanto, suuret kulutuskohteet ja verkkovahvistukset toteutuvat.

Huoltovarmuus ei kuitenkaan synny pelkästä tuotantokapasiteetista. Sähköverkon toimintakyky, säätö, varastointi, lämpöverkot, polttoaineiden ja varaosien saatavuus, kyberturvallisuus ja varavoima ovat yhtä tärkeitä. Datakeskukset voivat lisätä alueen sähkönkulutusta ja kasvattaa sähköverkon toimitusvarmuuden sekä riittävän liityntäkapasiteetin merkitystä. Vety ja Power-to-X voivat pitkällä aikavälillä tukea huoltovarmuutta, mutta vain, jos tuotanto, käyttö ja logistiikka ovat toimivia.

7.4 Ilmasto- ja ympäristövaikutukset

Selvityksessä tarkastellut energiaratkaisut voivat vähentää kasvihuonekaasupäästöjä korvaamalla fossiilisia polttoaineita, parantamalla energiatehokkuutta ja hyödyntämällä aiemmin käyttämättä jääneitä energia- ja materiaalivirtoja. Aurinko- ja tuulivoima tuottavat vähäpäästöistä sähköä käytön aikana. Biokaasu voi vähentää metaanipäästöjä ja parantaa ravinnekiertoa, jos prosessi ja logistiikka toimivat. Hukkalämpö ja lämpövarastot voivat vähentää erillisen lämmöntuotannon tarvetta.

Paikalliset ympäristövaikutukset ovat silti ratkaisevia. Tuulivoimassa korostuvat maisema, luonto, melu ja välke. Aurinkovoimassa korostuvat maankäyttö, vesitalous, luonto ja maisema. Biokaasussa korostuvat hajut, liikenne, päästöt ja ravinteiden hallinta. Varastoissa ja vedyssä korostuvat turvallisuus, kemikaalit, paloturvallisuus ja sijoittuminen. Datakeskuksissa korostuvat sähkönkulutus, jäähdytys, vesi, varavoima ja hukkalämmön

hyödyntäminen. Ympäristövaikutusten merkitys ja hyväksyttävyyys on arvioitava aina hankekohtaisesti, eikä mahdollinen ilmastohyöty poista tarvetta kohdekohtaisille ympäristöselvityksille.

7.5 Hyväksyttävyyys ja paikalliset vaikutukset

Hyväksyttävyyys on keskeinen edellytys kaikille suuremmille energia- ja sijoittumishankkeille. Aineiston perusteella hyväksyttävyyys ei synny vasta lupavaiheessa, vaan jo varhaisessa kohdevalinnassa. Kun sijainti, vaikutukset ja hyödyt ovat epäselviä, vastustus voi kasvaa ennen kuin hankkeesta on olemassa riittävästi tietoa. Hyväksyttävyyteen vaikuttaa myös se, miten hankkeen hyödyt ja haitat jakautuvat eri toimijoiden kesken sekä kuinka avoimesti vaikutuksia arvioidaan ja niistä viestitään.

Kuntien ja aluekehittäjien kannattaa vahvistaa keskinäistä vuoropuhelua. Sen tulisi sisältää selkeä tieto hankkeen vaiheesta, vaikutuksista, päätöksistä, vaihtoehdoista ja siitä, mitä ei vielä tiedetä. Erityisen tärkeää on erottaa alustava potentiaali, suunnitteilla oleva hanke ja investointipäätöksen saanut hanke. Tämä vähentää odotusten ja epäluottamuksen riskiä.

8 Riskit, epävarmuudet ja tietopuutteet

Hankkeiden onnistunut valmistelu edellyttää keskeisten riskien tunnistamista ja hallintaa jo ennen kohdekohtaista suunnittelua. Riskit liittyvät erityisesti sähköverkkoon, markkinoihin, maankäyttöön, luvitukseen, teknologian kehitykseen sekä lähtötietojen riittävyyteen. Osa riskeistä on yhteisiä kaikille tarkastelluille energiaratkaisuille, kun taas osa on teknologia- tai kohdekohtaisia.

Taulukko 19 kokoaa selvityksen keskeisimmät riskit, niiden arvioidun vaikutuksen ja laadullisen todennäköisyyden sekä esittää toimenpiteitä, joilla riskejä voidaan hallita hankkeiden valmisteluvaiheessa. Arviointi on laadullinen ja perustuu käytettävissä olleeseen selvitysaineistoon. Riskien merkitys ja hallintatoimenpiteet on arvioitava erikseen jokaisessa kohdekohtaisessa hankkeessa.

Taulukko 19. Riskimatriisi.

Riski	Vaikutus	Todennäköisyys laadullisesti	Koskevat teemat	Hallintakeino
Sähköverkon liityntäkapasiteetti ei riitä tai sen kustannus on korkea.	Korkea	Korkea	Aurinko, tuuli, vety, varastointi, datakeskukset, hukkalämpö	Varhainen verkkoyhtiöyhteistyö, liityntäselvitykset ja vaiheistus.
Maksukykyinen kysyntä tai off-take puuttuu.	Korkea	Kohtalainen-korkea	Biokaasu, vety, hukkalämpö, datakeskukset, varastointi	Ostajaneuvottelut, PPA/off-take/lämpösopimukset ja markkina-analyysi.

Maankäyttö, luonto tai hyväksyttävyydestä etenemisen.	Korkea	Kohtalainen-korkea	Aurinko, tuuli, biokaasu, datakeskukset, vety, varastointi	Kohdevalinta, varhainen vuoropuhelu ja vaikutusselvitykset.
Investoinnin kannattavuus heikkenee.	Korkea	Kohtalainen	Kaikki teemat	Herkkyysanalyysi, vaiheistus, sopimusmallit ja kustannusvaraukset.
Luvitus- ja sääntelymuutokset viivästyttävät hanketta.	Kohtalainen-korkea	Kohtalainen	Tuuli, biokaasu, vety, varastointi, datakeskukset	Lupapolun ennakokartoitus ja viranomaisvuoropuhelu.
Teknologian tai markkinan kypsyys ei riitä.	Kohtalainen-korkea	Kohtalainen	Vety, PtX, pitkäkestoinen varastointi, datakeskukset	Vaiheistettu esisuunnittelu ja teknologianeutraali arviointi.
Biokaasun syöte- ja ravinnetekniikka ei toimi.	Korkea	Kohtalainen	Biokaasu	Syöte- ja vastaanottajasopimukset, kuljetusmalli ja mädätysjäätteen käsittely.
Hukkalämmölle ei ole vastaanottajaa tai siirtomatka on liian pitkä.	Korkea	Kohtalainen-korkea	Hukkalämpö, datakeskukset, vety	Lämpömittaukset, lämpöverkkoselvitys ja vastaanottajasopimukset.
Turvallisuus- tai ympäristöriski kasvaa.	Korkea	Kohtalainen	Biokaasu, vety, varastointi, datakeskukset	Turvallisuussuunnittelu, pelastusviranomaisyhteistyö ja sijoituspaikan tarkistus.
Tietopuutteet johtavat virheelliseen priorisointiin.	Korkea	Korkea	Kaikki teemat	Päivittyvä tietokanta, kohdekortit, lähteiden dokumentointi ja epävarmuuksien kirjaus.

Selite: Taulukko tiivistää raportin päätelmän päätöksenteon tueksi. Arviot ovat laadullisia ja perustuvat Pohjois-Savon energia masterplan -hankkeen selvitysraportteihin.

8.1 Yhteiset riskit

Yhteisistä riskeistä keskeisin liittyy sähköverkkoon. Sama siirtokapasiteetti palvelee sekä uutta sähköntuotantoa että kasvavaa sähkönkulutusta. Jos verkkoliityntää ei ole saatavilla kohtuullisin kustannuksin, hanke ei etene, vaikka muut edellytykset olisivat kunnossa.

Toinen yhteinen riski liittyy markkinaan. Useat tarkastellut ratkaisut edellyttävät pitkäaikaisia ostajia, sähkönostosopimuksia, off-take-sopimuksia tai muuta ennakoitavaa tulovirtaa. Kolmas yhteinen riski on maankäyttö ja paikallinen hyväksyttävyyden, jotka voivat estää hankkeen etenemisen jo varhaisessa vaiheessa. Neljäs keskeinen riski liittyy investointien kannattavuuteen muuttuvassa kustannus-, korko-, sääntely- ja sähkön hintaympäristössä.

Lisäksi hankkeisiin liittyy toimijariski. Useiden osapuolten, kuten maanomistajien, kuntien, verkkoyhtiöiden, energiayhtiöiden, teollisten toimijoiden, rahoittajien ja viranomaisten, on edettävä samanaikaisesti. Jos jokin kokonaisuuden kannalta keskeinen osapuoli tai edellytys puuttuu, hanke voi viivästyä tai jäädä toteutumatta.

8.2 Teemakohtaiset riskit

Aurinkoenergiassa suurimmat riskit liittyvät verkkoliityntään, maankäyttöön, maaperään, vesitalouteen, luontoarvoihin ja tuotannon kausivaihteluun. Tuulienergiassa korostuvat verkkoliityntä, Puolustusvoimien ja ilmailun reunaehdot, luonto- ja maisemavaikutukset, melu ja hyväksyttävyyys. Biokaasussa riskit liittyvät syötesopimuksiin, logistiikkaan, ravinnekiertoon, kaasun kysyntään, hajuihin ja investointikustannuksiin.

Vedyn ja Power-to-X:n riskit ovat muita tarkasteltuja teemoja monitasoisempia, koska sähkö, vesi, bio-CO₂, kysyntä, sääntely, turvallisuus, teknologia ja rahoitus on saatava toteutumaan samanaikaisesti. Varastoinnissa korostuvat tulomallin epävarmuus, markkinakilpailu, liittymäehdot ja turvallisuus. Hukkalämmössä suurin riski on, että teknisesti tunnistettu lämpövirta ei ole taloudellisesti hyödynnettävissä. Datakeskuksissa riskejä ovat kansainvälinen sijaintikilpailu, liityntäkapasiteetti, kuituyhteydet, tontin soveltuvuus, turvallisuus ja hukkalämmön vastaanottajan puute.

8.3 Tietopuutteet

Tärkeimmät tietopuutteet liittyvät kohdekohtaisiin tietoihin. Selvitysaineisto ei sisällä kattavaa julkista tietoa vapaasta sähköverkon liityntäkapasiteetista, liittymien kustannuksista, tulevien hankkeiden sopimuksista, teollisten toimijoiden energiankysynnästä, hukkalämpövirtojen mitatuista lämpötiloista ja tehoista, biokaasun syötesopimuksista tai datakeskusten sijoittujien päätöksistä.

Puuttuvat tiedot eivät tarkoita, että mahdollisuuksia ei ole. Ne tarkoittavat, että seuraava valmisteluvaihe on kohdekohtainen todentaminen. Aineiston perusteella ei ole vastuullista esittää tarkkoja investointimääriä, työpaikkalukuja, päästövähennyksiä tai aikatauluja koko alueelle ilman yhtenäistä laskentapohjaa.

Aineiston perusteella ei voida:

- luotettavasti arvioida eri kohteiden käytettävissä olevaa sähköverkon liityntäkapasiteettia ja liittymiskustannuksia
- vahvistaa teknisen potentiaalin muuttumista investointivalmiiksi hankkeiksi ilman kohdekohtaisia selvityksiä
- arvioida biokaasulaitosten kannattavuutta ilman syöte-, logistiikka-, jakelu- ja ostajasopimuksia
- osoittaa tarkastelualueella olevan julkisesti vahvistettua teollisen mittakaavan uusiutuvan vedyn tuotantoa
- arvioida akku- ja lämpövarastojen kannattavuutta ilman kohdekohtaista käyttöstrategiaa ja tulomallia
- laskea hukkalämmön investointipotentiaalia ilman mitattuja lämpövirtoja ja vastaanottavan lämmön kysyntää
- pitää datakeskusten hankeaihoita varmistuneina investointeina
- esittää koko tarkastelualueelle yhdenmukaisia arvioita investointimääristä, työllisyysvaikutuksista, päästövähennyksistä tai taloudellisista vaikutuksista
- arvioida vedyn tai Power-to-X-ratkaisujen hyödynnettävää hukkalämpöpotentiaalia ilman kohdekohtaisia tietoja lämpövirroista, käyttöajoista, lämpötiloista, siirtomatkoista ja vastaanottavasta lämpökysynnästä.

9 Johtopäätökset

9.1 Keskeiset johtopäätökset

Energiajärjestelmän kokonaisuus ja investointikypsyys

Pohjois-Savon ja Pieksämäen energiasiirtymän mahdollisuudet eivät perustu yhteen teknologiaan tai investointityyppiin. Alueellinen kilpailukyky muodostuu energiantuotannon, kulutuksen, sähkö- ja lämpöverkkojen, varastoinnin, sivuvirtojen, maankäytön, logistiikan ja teollisen kysynnän yhteensovittamisesta. Energia Master Planin keskeinen tehtävä on tunnistaa sijainteja ja toimijakokonaisuuksia, joissa nämä edellytykset voivat toteutua samanaikaisesti.

Selvityksen tärkein metodinen johtopäätös on, että tekninen potentiaali on useimmissa teemoissa selvästi toteuttamiskelpoista ja investointikypsää potentiaalia suurempi. Kartalla tunnistettu alue, tekninen tuotantomahdollisuus tai alustava hankesuunnitelma ei vielä osoita investointivalmiutta. Hankkeen eteneminen edellyttää kohdekohtaista tietoa muun muassa maanomistuksesta, maankäytöstä, luvituksesta, ympäristövaikutuksista, verkkoliittymästä, kysynnästä, sopimuksista, rahoituksesta, kannattavuudesta ja hyväksyttävyydestä.

Sähköverkko ja sähkötase

Sähköverkon liittymisedellytykset ovat raportin läpileikkaavin reunaehto. Aurinko- ja tuulivoima, vedyntuotanto, datakeskukset, akkuvarastot, lämpöpumput ja sähkökattilat tarvitsevat teknisesti, taloudellisesti ja aikataulullisesti toteuttamiskelpoisen liittymän. Sähköaseman tai voimajohdon läheisyys ei yksin osoita liittymäkelpoisuutta, sillä siihen vaikuttavat myös verkon kuormitus, muut liittymävaraukset, liittymisjohdon kustannukset, tarvittavat verkkovahvistukset ja niiden toteutusaikataulu.

Vuonna 2024 hankealueen dokumentoitu sähköntuotanto kattoi vähintään noin 24,5 prosenttia sähkönkulutuksesta. Niinimäen tuulipuiston ja Hallanvahdin aurinkovoimalan arvioidun täyden käyttövuoden tuotannon lisääminen vuoden 2024 lukuihin nostaisi kattavuuden staattisessa tarkastelussa noin 40 prosenttiin. Laskelma havainnollistaa tuotantolisäysten mittakaavaa, mutta se ei ole toteutunut vuoden 2026 sähkötase eikä vuoteen 2030 ulottuva ennuste. Suuret datakeskus-, Power-to-X- ja muut sähköistymishankkeet voivat kasvattaa kulutusta tuotantoa nopeammin. Hankealueen todennäköinen perusura on siksi säilyä vuosien energian näkökulmasta tuotantoalijäämäisenä vuoteen 2030 saakka, vaikka paikallinen uusiutuva sähköntuotanto kasvaa. Alueellisen kilpailukykyyn kannalta ratkaisevaa ei kuitenkaan ole pelkkä vuosien energiatase, vaan tuotannon, kulutuksen, jouston ja verkkokapasiteetin ajallinen ja paikallinen yhteensovittaminen.

Alueelliset vahvuudet ja energiavyöhykkeet

Tarkastelualue muodostuu useista erilaisista energiavyöhykkeistä. Kuopion seudulla korostuvat teollisuus, lämpöverkot, yhdyskuntien energiavirrat, CO₂-lähteet sekä datakeskus- ja hukkalämpökytkennät. Ylä-Savossa painottuvat maatalouden sivuvirrat, biokaasu, ravinnekierto ja mahdolliset bio-CO₂-kytkennät. Varkauden–Leppävirran–Joroisten–Pieksämäen vyöhykkeessä keskeisiä ovat teollinen rakenne, sähköverkon solmut, logistiikka, uusiutuvan energian kohteet sekä energiantensiivisen toiminnan sijoittumisedellytykset. Sisä-Savon ja muiden kuntakeskusten mahdollisuudet liittyvät erityisesti paikallisiin lämpö-, bioenergia-, aurinkoenergia- ja energiatehokkuusratkaisuihin.

Pieksämäen rooli eteläisessä vyöhykkeessä perustuu erityisesti tuulivoimaan, sähköverkon ja logistiikan solmukohtiin sekä yhteyksiin Varkauden suunnan teollisuuteen. Joroisissa korostuvat Huutokosken sähköverkkosolmu, aurinkovoimahankkeet sekä datakeskusten ja muun energiantensiivisen toiminnan varhaisen vaiheen sijoittumistarkastelut. Molemmissa sijaintietu on kuitenkin vasta lähtökohta, ja toteuttamiskelpoisuus on osoitettava kohdekohtaisesti.

Teemojen realistiset etenemispolut

Teemakohtaisesti lähimpänä käytännön valmistelua ovat ratkaisut, joissa teknologia on vakiintunutta ja keskeiset reunaehdot voidaan todentaa. Aurinkovoiman realistinen etenemissuunta on kohdekohtainen valmistelu alueilla, joilla maa-alue, verkkoliityntä ja ympäristöedellytykset voidaan sovittaa yhteen. Tuulivoiman merkitys voi olla suuri, mutta eteneminen on valikoivaa ja riippuu erityisesti verkkoliitynnästä, kaavoituksesta, maanpuolustuksen ja ilmailun reunaehdoista, ympäristövaikutuksista ja paikallisesta hyväksyttävyydestä.

Biokaasu ja hukkalämpö ovat alueellisesti käytännönläheisiä kiertotalous- ja energiatehokkuusratkaisuja. Biokaasun toteuttamiskelpoisuus riippuu syötesopimuksista, ravinnevirroista, logistiikasta, laitoksen kokoluokasta sekä kaasun käytöstä ja jakelusta. Hukkalämmön hyödyntäminen edellyttää mitattua tietoa lämpövirran määrästä, lämpötilasta ja käyttöprofiilista sekä vastaanottavan kysynnän, siirtomatkan, lämpöpumppauksen ja kaupallisen sopimusmallin varmistamista. Tekninen resurssi tuottaa alueellista lisäarvoa vasta, kun se voidaan kytkeä todelliseen käyttöön.

Varastointi ja jousto voivat tukea uusiutuvaa sähköntuotantoa, lämpöjärjestelmiä ja teollista kulutusta, mutta ne eivät yksin ratkaise verkkokapasiteetin, kysynnän tai kannattavuuden ongelmia. Akku- tai lämpövaraston arvo määräytyy käyttötarkoituksen, liittymän, tulomallin, ohjauksen ja turvallisen sijoittumisen perusteella. Varastointia tulee siksi tarkastella osana sähkö-, lämpö- tai teollisuusjärjestelmää, ei irrallisena investointina.

Vety ja Power-to-X ovat pitkän aikavälin strategisia mahdollisuuksia, eivät käytettävissä olevan aineiston perusteella lähivuosien varmoja investointikohteita. Niiden alueellinen merkitys voi kasvaa, jos uusiutuva sähkö, sähköliityntä, vesi, CO₂-lähteet, teollinen kysyntä, logistiikka, luvitus, rahoitus ja lopputuotteiden ostajat voidaan yhdistää

toteuttamiskelpoiseksi kokonaisuudeksi. Hukkalämpö ja sivutuotehappi voivat parantaa kokonaisuutta, mutta eivät yksin ratkaise hankkeen kannattavuutta.

Datakeskukset voivat toimia suurina sähkönkuluttajina, ankkurikuormina ja hukkalämmön lähteinä. Niiden toteutuminen riippuu kuitenkin kansainvälisestä sijaintikilpailusta sekä kohdekohtaisista sähkö-, kuitu-, tontti-, kaavoitus-, turvallisuus-, jäähdytys- ja hukkalämpöedellytyksistä. Datakeskuksia ei tule käsitellä yleisenä alueellisena investointilupauksena, vaan kohdekohtaisesti arvioitavina sijoittumismahdollisuuksina.

Kaupallinen toteutettavuus ja hyväksyttävyyys

Kaupallinen kysyntä ja sopimuksellinen toteutus ovat teknologioita yhdistäviä ehtoja. Biokaasu, vety, Power-to-X, hukkalämpö ja monet varastointiratkaisut edellyttävät tunnistettua ostajaa, käyttäjää tai muuta ennakoitavaa tulovirtaa. Tekninen toteutettavuus ei yksin riitä, jos tuotteen, energian tai palvelun kysyntää ja osapuolten vastuuta ei voida varmistaa.

Hyväksyttävyyys on ennakoitava osa hankekehitystä. Sitä ei voida rakentaa pelkällä tiedottamisella eikä ratkaista jälkikäteen, jos kohdevalinta, vaikutusten arviointi tai vuoropuhelu on ollut puutteellista. Paikalliset hyödyt, haitat ja epävarmuudet on tuotava esiin ajoissa ja ymmärrettävästi. Viestinnässä on erotettava selvästi toisistaan alustava potentiaali, suunnitteilla oleva hanke ja investointipäätöksen saanut hanke.

Energiaselvityksen ja kohdekorttien rooli

Tämä energiaselvitys muodostaa alueellisen kokonaiskuvan teemoista, niiden välisistä kytkennöistä, yhteisistä reunaehdoista, riskeistä ja tietopuutteista. Hankkeessa laaditut kohdekortit täydentävät selvitystä kohdetason aineistona, jonka avulla voidaan tarkentaa muun muassa liittymäedellytyksiä, maanomistusta, kaavatilannetta, ympäristöreunaehdoja, kysyntää ja toimijakenttää.

Raportin kokonaisjohtopäätös on, että Pohjois-Savon ja Pieksämäen vahvuus on monipuolisessa mutta ehdollisessa energiapotentiaalissa. Alueella on uskottavia mahdollisuuksia uusiutuvan energian, biokaasun, hukkalämmön, varastoinnin, datakeskusten ja pitkän aikavälin Power-to-X-arvoketjujen kehittämiseen. Mahdollisuudet voivat muuttua investoinneiksi vain, jos kohdekohtainen tieto, infrastruktuuri, kaupallinen kysyntä, toimijoiden sitoutuminen, hyväksyttävyyys ja muut kriittiset reunaehdot täyttyvät samanaikaisesti.

9.2 Seuranta ja päivitystarpeet

Energia Master Plan päivittyvänä tietopohjana

Energia Master Plania tulee käsitellä päivittyvänä tietopohjana, ei kertaluonteisena selvityksenä. Sähköverkon kehitys, hankkeiden eteneminen, sääntely, teknologioiden kustannukset, datakeskusmarkkina, vedyn kysyntä, biokaasun toimintaympäristö, kuntien kaavoitus ja investointien rahoitusehdot voivat muuttaa raportin johtopäätöksiä. Päätelmiä on siksi tulkittava suhteessa aineiston ajankohtaan ja sen jälkeen saatuihin kohdekohtaisiin tietoihin.

Seurattavat tietokokonaisuudet

Seurannassa tulee tarkastella erityisesti:

1. hankkeiden vaihetta ja toteutuneita investointipäätöksiä
2. sähköliityntöjen ja verkkovahvistusten tilannetta
3. kaavoituksen, luvituksen, maanomistuksen ja tonttien valmiutta
4. lämpövirtojen mittaustietoja ja tunnistettuja vastaanottajia
5. biokaasun syöte-, ravinne-, jakelu- ja sopimustilannetta
6. datakeskuskohteiden sähkö-, kuitu-, tontti- ja jäähdytysedellytyksiä
7. vedyn ja Power-to-X-ratkaisujen kysyntä-, PPA- ja off-take-neuvotteluja
8. paikallisen hyväksyttävyyden ja vuoropuhelun etenemistä.

Päivitystarpeen arviointi

Raportin tai kohdekortin päivitystarve syntyy erityisesti silloin, kun sähköverkon kapasiteetti tai liittymämahdollisuus, kaavoitus- tai lupatilanne, maanomistus, hanketoimijan suunnitelma, lämpövirtojen mittaustieto, syöte- tai ostosopimus, datakeskuksen sijoittumisedellytys, sääntely, rahoitusympäristö tai paikallinen hyväksyttävyys muuttuu olennaisesti.

Päivitysperiaatteet ja tiedon käyttö

Päivityksissä on säilytettävä raportin perusperiaate: tekninen, toteuttamiskelpoinen ja investointikypsä potentiaali on erotettava toisistaan. Kohdekortit ovat seurannan keskeinen väline, koska niiden avulla voidaan päivittää yksittäisten kohteiden valmisteluvalmiutta ja

erottaa alueellinen kiinnostavuus kohdekohtaisesta toteuttamiskelpoisuudesta. Tietojen tulee olla jäljitettävissä, ja epävarmuudet on kirjattava näkyviin.

Johtopäätösten käytännön arvo perustuu niiden realistisuuteen ja todennettavuuteen. Energia Master Plan antaa yhteisen alueellisen tulkintakehyksen, mutta investointitason ratkaisut edellyttävät aina ajantasaista kohdekohtaista aineistoa. Sama rajausta tulee säilyttää raportin tiivistelmässä, viestinnässä ja sijoittajille suunnatuissa materiaaleissa.

Sisältöä on tuotettu AI-avusteisesti.

Lähteet

Energiaselvityksessä on käytetty seuraavia Pohjois-Savon energia masterplan -hankkeen selvitysraportteja:

- Aurinkoenergiapotentiaalin jatkoselvitys_kesäkuu-2026
- Tuulienergiapotentiaalin jatkoselvitys_kesäkuu-2026
- Biokaasun tuotannon jatkoselvitys_kesäkuu-2026
- Vedyntuotannon jatkoselvitys_kesäkuu-2026
- Energian varastointi -selvitys_kesäkuu-2026
- Hukkalämmön hyödyntämisen selvitys_kesäkuu-2026
- Datakeskukset-selvitysraportti_kesäkuu-2026

Sähkötaseen ja sähköverkon täydentävät lähteet:

- Energiateollisuus ry. Sähköntuotanto ja -käyttö sekä vuoden 2024 maakunta- ja kuntatilastot. <https://energia.fi/tilastot/sahkotilastot/sahkontuotanto-ja-kaytto/>
- Energiateollisuus ry. Kaukolämpötilasto 2024. <https://energia.fi/tilastot/kaukolampotilastot/kaukolammitys-ja-jaahdytys/>