

Hautalammen aurinkovoimalan vaikutusarviointi

Hautalammen kaivosalueen asemakaava

Outokummun kaupunki
10.1.2025



Sweco Finland Oy Y-tunnus: 2661738-3
Projekti Hautalammen kaivoksen ak – aurinkovoimalan vaikutusarviointi
Työnumero 25010234
Asiakas Outokummun kaupunki
Päiväys 10.1.2025
Työryhmä Pasi Vierimaa, Salla Hostikka, Maiju Hannuksela, Henriikka Malkamäki, Jaakko Leppänen, Erika Jumppanen, Essi Tanskanen, Elis Petäjä, Maritta Heinilä
Dokumenttiviite

Sisältö

1.	Johdanto	4
2.	Asemakaavoitus	5
3.	Aurinkovoimalahanke	7
3.1	Ympäristön nykytila	7
4.	Arvio ympäristövaikutuksista	8
4.1	Ihmisten elinolot, viihtyisyys ja virkistyskäyttö, turvallisuus	8
4.1.1	Elinolot ja viihtyisyys	8
4.1.2	Virkistyskäyttö ja jokaisenoikeudet	8
4.2	Elinkeinot ja palvelut	8
4.2.1	Terveys ja turvallisuus	9
4.2.2	Aurinkovoimalaitokset verotuksessa	9
4.3	Pohjavedet	10
4.3.1	Nykytila	10
4.3.2	Vaikutukset pohjavesiin	12
4.4	Pinta- ja hulevedet	13
4.4.1	Hankealueen pintavedet ja tausta	13
4.4.2	Hankealueen hulevedet	15
4.4.3	Vaikutukset pinta- ja hulevesiin	16
4.5	Maa- ja kallioperä, luonnonvarat	19
4.5.1	Maa- ja kallioperä	19
4.5.2	Luonnonvarat	21
4.6	Luontovaikutukset	21
4.6.1	Nykytila	22
4.6.2	Vaikutukset luontoon	25
4.7	Maisema, kulttuuriympäristö ja arkeologia	27
4.7.1	Maisemavaikutusten yleisperiaatteet	27
4.7.2	Kulttuuriympäristö	28
4.7.3	Arkeologinen kulttuuriperintö	29
4.8	Ilmanlaatu	29
4.9	Ilmasto	29
4.10	Liikenne	32
4.11	Maankäyttö, alue- ja yhdyskuntarakenne	32
4.11.1	Valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet	32
4.11.2	Maakuntakaava	32
4.11.3	Yleiskaava ja asemakaava	33
4.11.4	Maa- ja metsätalous	34
4.12	Melu 34	
4.13	Paloturvallisuus	34
4.14	Yhteenveto maa-asenteisten aurinkovoimaloiden vaikutusten huomioinnista .	35
	Lähteet	37

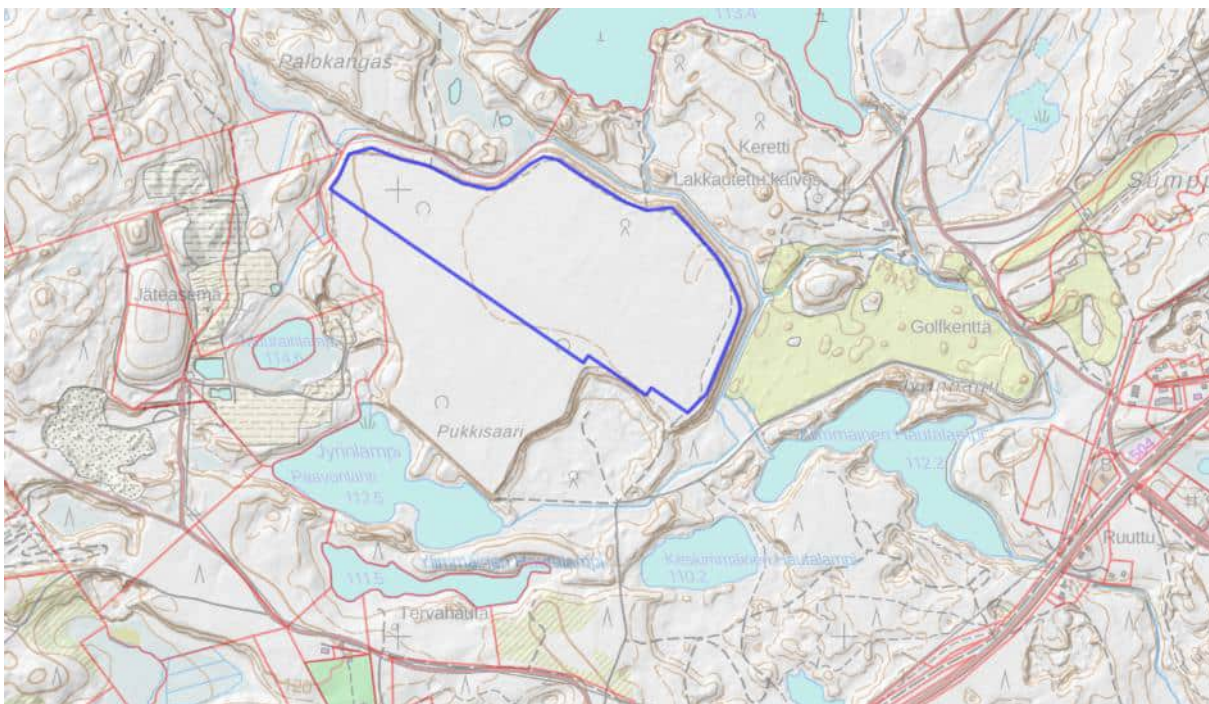
1. Johdanto

Tämä vaikutusarviointi liittyy Outokummun kaupungissa vireillä olevaan ”Hautalammen kaivoksen asemakaava ja asemakaavan muutos” -työhön.

Asemakaavan luonnosvaiheen jälkeen on tullut tarpeelliseksi osoittaa kaavassa osa-alue aurinkovoimaa varten. Voimala huomioidaan asemakaavan ehdotusvaiheessa. Asemakaavan vaikutuksia arvioidaan kaavaselostuksessa, mutta koska aurinkovoimala muodostaa oman merkittävän kokonaisuuden, on päätetty, että aurinkovoimalan vaikutusarvioinnista tehdään erillinen raportti.

Tavoitteena on osoittaa aurinkovoimala asemakaavaehdotuksessa alla olevassa kuvassa osoitetulle alueelle. Voimala-alueen laajuus on noin 26,3 ha.

Aurinkovoimalan alue sijaitsee linnuntietä vähän yli 2 kilometrin etäisyydellä Outokummun keskustasta länteen.



Kuva 1. Aurinkovoimalan likimääräinen aluerajaus sinisellä. Alueen itäpuolella näkyy vihreällä golfkenttä. Järvi pohjoisessa on Suu-Särki. Kuvan oikeassa alakulmassa kulkee Kuusjärventie kohti koillisessa sijaitsevaa Outokummun keskustaa. Taustakartta: MML Maastokartta, Kiinteistöjaotus ja Rinnevarjoste, 11/2024.

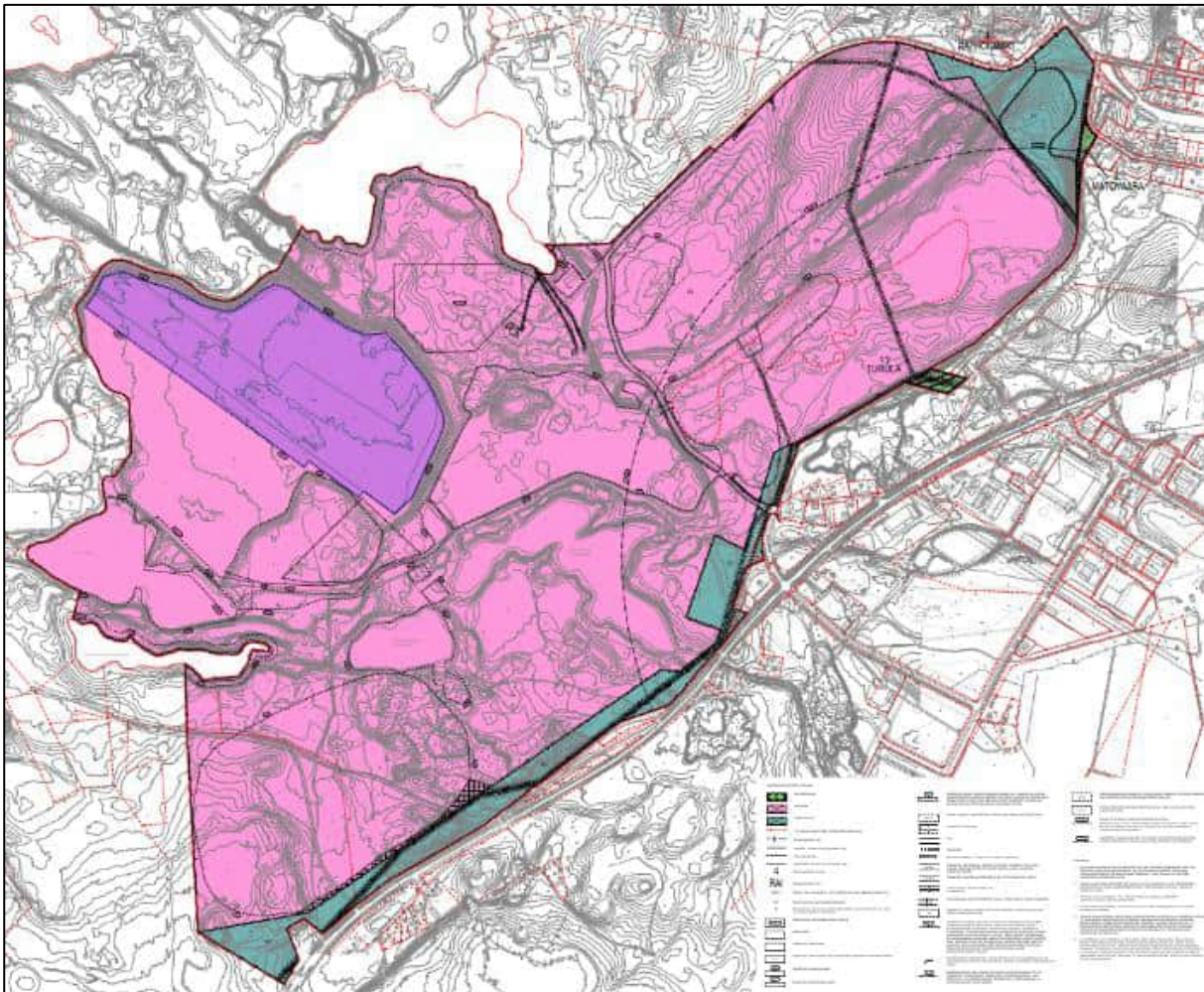
Raportissa on keskitytty olennaisimpiin ympäristövaikutuksiin, joita hankkeesta arvioidaan aiheutuvan. Arvioinnissa hyödynnetään soveltuvin osin kaivoshankkeen YVA-vaiheessa laadittuja selvityksiä.

2. Asemakaavoitus

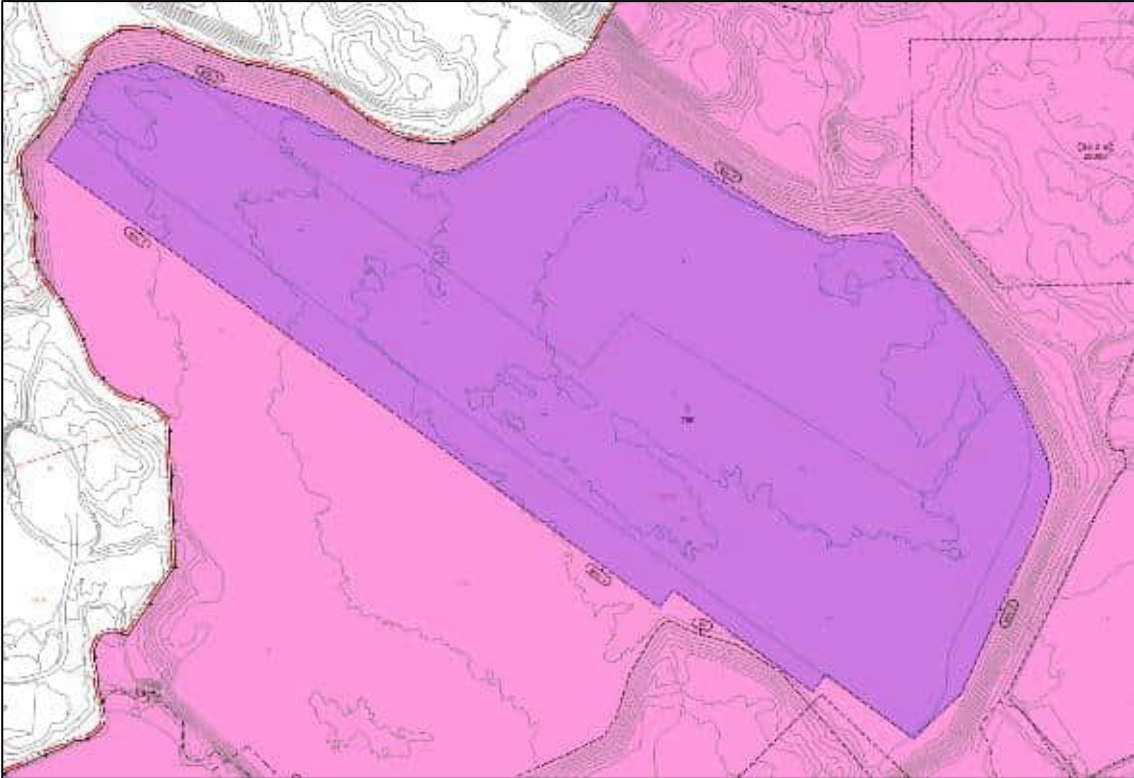
Hautalammen kaivoksen asemakaavaa ja asemakaavan muutosta laaditaan kaivosyhtiö Finncobalt Oy:n aloitteesta. Asemakaavoitus on ehdotusvaiheessa. Alla olevissa kuvissa on otteet alustavasta ehdotusvaiheen kaavakartasta.

Asemakaava-alue koostuu lähes pelkästään kaivosalueesta (EK, violetti alue). Kaava-alueen koillis-päässä sekä kaakkoisrajalla on suojaviheraluetta (EV, turkoosi) ja pienellä alueella kaakkoisrajan pohjoisosassa lähivirkistysaluetta (VL, vihreä). Kaava-alueen keskivaiheen etelärajalla on hieman katualuetta (Keretintien alku, valkoinen alue), joka johtaa kaivosalueen lisäksi golfkentälle.

Tavoitteena on osoittaa aurinkovoimalan alue kaivosalueen sisälle, kaava-alueen luoteisosaan.



Kuva 2. Ote alustavasta ehdotusvaiheen asemakaavakartasta. Hankealueen likimääräinen rajausta violetilla. Ei mittakaavassa.



Kuva 3. Yksityiskohta alustavasta ehdotusvaiheen asemakaavakartasta aurinkovoimala-alueen kohdalta. Hankealueen likimääräinen rajaus violetilla. Ei mittakaavassa.

Aurinkovoimala-aluetta koskevia asemakaavamääräyksiä:

- en-1-osa-alue on rajattu tasaisen ylämäisen alueen koillispuoliskolle siten, että pääosa osa-alueesta sijoittuu puuttomalle, harvaan kasvaneelle tai taimikkoalueelle. Kapea kaistale lounaisreunaa sijoittuu metsäisemmälle alueelle.
- en-1:n määräys: ”Ohjeellinen energihuollon alue. Alueelle saa sijoittaa aurinkoenergian tuotantoa palvelevia rakennuksia, rakennelmia ja laitteita, kuten aurinkopaneeleja, huoltoiteitä, muuntamoita, akustoja, varastoja ja voimajohtoja. Voimala tulee rakentaa ensisijaisesti puuttomalle, harvaan kasvaneelle tai taimikkoalueelle, ja vasta näiden jälkeen metsäalueelle. Aurinkopaneelialue tulee pitää pääosin kasvipeitteisenä. Alueen ympärille tulee rakentaa suoja-aita. Alueelle tulee osoittaa vähintään kaksi eri suunnista tulevaa ajoväylää, jotka täyttävät pelastustien mitoituksen. Rakentamista koskevasta lupahakemuksesta tulee pyytää pelastusviranomaisen lausunto.”
- rakennusoikeutta on osoitettu 200 k-m² enintään II kerrokseen
- en-1-alueeseen vaikuttaa osaltaan myös seuraava yleismääräys: ”Alueen puusto tulee säilyttää niiltä osin kuin sen kaataminen ei ole välttämätöntä kaivostoiminnan, alueen pääkäytötarkoituksen, liikenneväylien tai muun vastaavan toiminnan vuoksi.”

3. Aurinkovoimalahanke

Kaivosyhtiö FinnCobalt Oy on solminut 15.5.2024 aiesopimuksen Okun Energia Oy:n kanssa liittyen aurinkovoimalaitoksen mahdollista sijoittamista varten kaivosalueella.

Tämänhetkisen arvion mukaan aurinkovoimalaitoksen teho tulee olemaan enintään 20 MWp (megawattipiikkiä). Tavoite on, että sähköenergia tulee vain kaivoksen käyttöön.

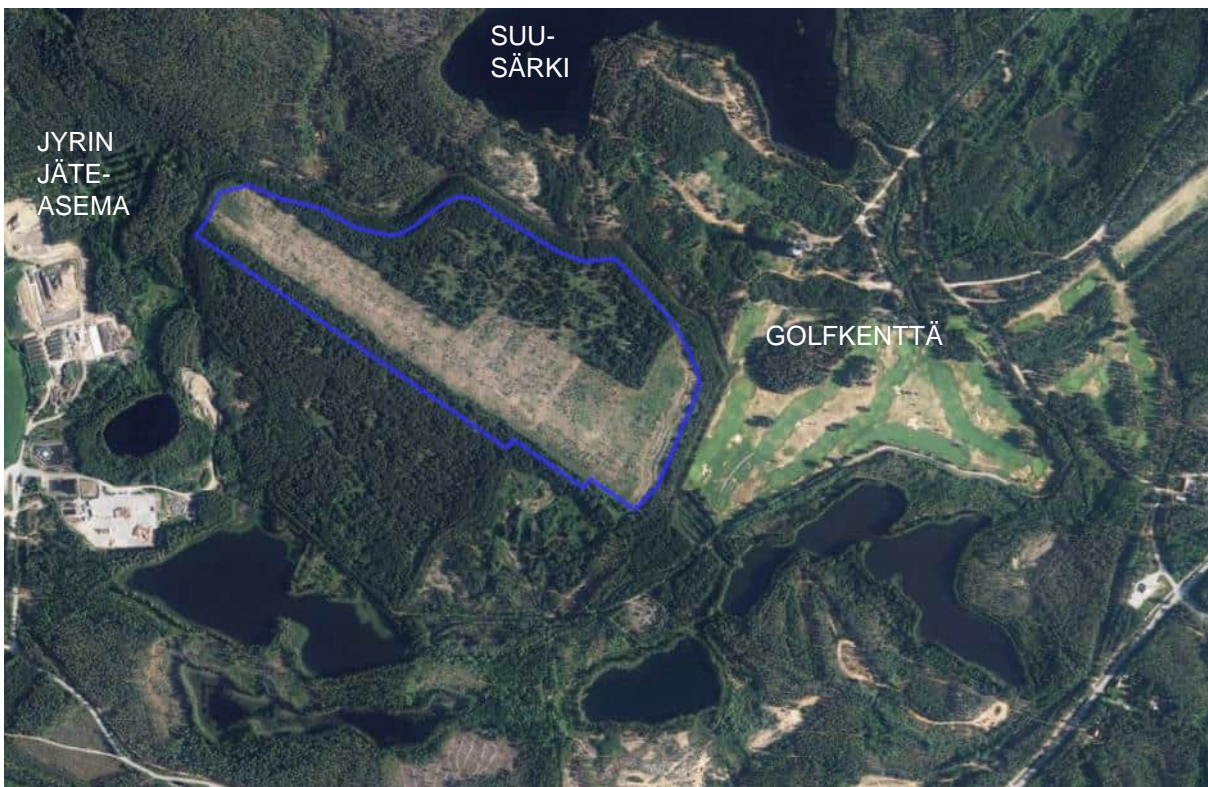
Aurinkovoimalasta ei ole toistaiseksi laadittu suunnitelmia.

3.1 Ympäristön nykytila

Hankealue sijoittuu Suu-Särki-järven eteläpuolelle ja Keretin golfkentän länsipuolelle. Hankealue on hyvin tasainen, ympäristön maanpinnasta lievänä ylänkönä erottuva alue. Alueen maanpinnan korkeus on kauttaaltaan noin 120–124 m mpy (merenpinnan yläpuolella). Alueen reunoilla maanpinta laskee yleensä noin tasoon 113 m mpy, eli noin 7-10 m hankealuetta alemmaksi. Maanpinnan muodot ovat peruja aiemmasta kaivostoiminnasta.

Alueelta erottuu aikoinaan puuttomaksi hakattu pitkänomainen alue, jota reunustaa metsäisemmät alueet, erityisesti pohjois- ja eteläpuolella.

Hankealueella ei sijaitse asutusta eikä loma-asuntoja, kuten ei koko asemakaavoitettavalla alueella. Lähin asutus sijaitsee noin 600 m etelälounaassa (Kankaala) ja noin 950 etelässä Kuusjärventien varressa



Kuva 4. Ilmakuva aurinkovoimalalle kaavailun alueen kohdalta, voimalan likimääräinen aluerajaus sinisellä. Taustakuva: MML Ortokuva, 11/2024.

4. Arvio ympäristövaikutuksista

4.1 Ihmisten elinolot, viihtyisyys ja virkistyskäyttö, turvallisuus

Vaikutusten yhteydessä on merkitty vaikutusten laatu taustavärillä seuraavasti:

Neutraalit vaikutukset on esitetty harmaalla taustalla.

Kielteiset vaikutukset on esitetty punaisella taustalla.

Myönteiset vaikutukset on esitetty vihreällä taustalla.

Väri ei ota kantaa vaikutuksen merkittävyyteen tai suuruuteen, ts. hyvin lievätkin vaikutukset on esitetty samalla värillä.

4.1.1 Elinolot ja viihtyisyys

Hankealue on nykyisin joutomaan kaltaista rakentamatonta ympäristöä etäällä asutuksesta ja tavanomaisesta ihmistoiminnasta.

Alueen muuttaminen aurinkovoimala-alueeksi ei vaikuta ihmisten elinoloihin tai viihtyisyyteen.

4.1.2 Virkistyskäyttö ja jokaisenoikeudet

Hankealue on nykyisin vapaasti kuljettavissa jokaisenoikeuksin. Alue toimineekin jossain määrin ulkoilalueena, vaikka ainoa varsinainen polku onkin aluetta kiertävä (ks. edellisen kuvan maastokartta). Alueen yleiseen käyttöön tulee rajoituksia jo asemakaavan vahvistumisen ja kaivostoiminnan aloittamisen myötä: aurinkovoima-alue on osa asemakaavan kaivosaluetta, ja kaivostoiminnan tarpeista riippuen hankealue saattaa tulla aidatuksi. Ainakin itse paneelientät on kaavamääräysten mukaan aidattava, mikä saattaa jättää em. polun vapaasti kuljettavaksi.

Hankealueen länsipuolella sijaitsee golfkenttä, jonka toiminnan jatkuminen on tarkoitus sallia myös laadittavana olevassa asemakaavassa.

Vaikka hankealue aidattaisiin ja aluetta kiertävä polku jäisi aidan sisään, aurinkovoimalan vaikutukset virkistyskäyttöön ja jokaisenoikeuksiin ovat hyvin vähäiset, mutta hieman kielteiset. Maastokartan mukaan polkuverkosto on selvästi kattavampi muualla lähiympäristössä, kuten etelässä ja kaakossa Keskimmäisen ja Alimmaisien Hautalammen ympäristössä ja edelleen Kuusjärventien eteläpuolella.

4.2 Elinkeinot ja palvelut

Aurinkovoimalan rakentamisaika tuottaa jonkin verran työpaikkoja mm. maanrakennus- ja muina urakoina. Toiminnan aika vaatii jonkin verran huoltotöitä mm. paneelitojen huollon ja ylläpidon osalta, kiinteistönhoidossa (rakennukset) sekä kasvillisuuden matalana pitämiseksi.

Aurinkovoimalan toteuttaminen tai ylläpito ei tuota uusia palveluita eikä se vaikuta palveluiden saatavuuteen.

Aurinkovoimalan vaikutukset elinkeinoihin ovat myönteiset, joskin hyvin vähäiset.

Aurinkovoimalalla ei arvioida olevan merkittäviä vaikutuksia palveluihin.

4.2.1 Terveys ja turvallisuus

Hankealue sijoittuu kaivosalueen sisään ja myös sen liikenne tulee käytännössä järjestää kaivosalueen kautta, asemakaavan en-1-aluetta koskevan määräyksen mukaan vähintään kaksi eri suunnista tulevaa ajoväylää.

Tämän kokoisen aurinkovoimalan rakentaminen kestää arviolta noin vuoden. Tuona aikana voimalan aiheuttama liikenne on huomattavasti vilkkaampaa kuin toiminnan aikana.

Aurinkovoimalan rakentamisen aikainen liikenne saattaa heikentää liikenneturvallisuutta Keretintien alussa sekä golfkentän lähiympäristön ajoväylillä. Tähän vaikuttaa lopulta kuitenkin aurinkovoimala-alueelle johtavien teiden sijainnit. Rakentamisen lyhyen keston vuoksi vaikutukset terveyteen ja turvallisuuteen arvioidaan kuitenkin hyvin vähäisiksi.

Aurinkovoimalan toiminnan aikaiset vaikutukset terveyteen ja turvallisuuteen arvioidaan merkityksettömiksi.

4.2.2 Aurinkovoimalaitokset verotuksessa

Sähkön ja eräiden polttoaineiden valmisteverosta annetun lain (1260/1996) mukaan sähköverovelvoitusten on suoritettava kulutukseen luovutetusta sähköstä valmisteverona energiaveroa ja huoltovarmuusmaksua. Sähköverovelvollisia ovat pääsääntöisesti verkonhaltijat ja sähköntuottajat.

Sähköntuottajat jakaantuvat sähköverovelvollisuuden osalta kolmeen kategoriaan:

- Mikrovoimalaitokset, nimellisteholtaan enintään 100 kVA, jotka jäävät kokonaan verotuksen ulkopuolelle.
- Pienvoimalaitokset, nimellisteholtaan yli 100 kVA, mutta vuosituotanto enintään 800 000 kWh, jotka rekisteröityvät sähkön pientuottajiksi ja antavat koko vuodelta yhden veroilmoituksen tuottamastaan sähkön määrästä.
- Sähköntuottaja, voimalaitos, jonka nimellisteho on yli 100 kVA ja vuosituotanto yli 800 000 kWh. Antaa normaalin veroilmoituksen (verolliset ja verottomat toimitukset) kuukausittain riippumatta siitä, syöttääkö sähköä sähköverkkoon vai ei.

Alustava arvio Hautalammen aurinkovoimalaitoksen maksimitehosta on 20 MWp, mikä tarkoittaa vuosituotantona arviolta noin 17 GWh. Voimala kuuluisi selvästi sähköntuottajakategoriaan.

Taulukko 1. Laki sähkön ja eräiden polttoaineiden valmisteverosta, liite, verotaulukko 2. Taulukosta poistettu mäntyöljyä ja polttoturvetta koskevat rivit sekä sarake "tuoteryhmä". Lähde: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1996/19961260>

Lain "verotaulukko 2"			
Tuote	Energiavero, snt/kWh	Huoltovarmuusmaksu, snt/kWh	Yhteensä, snt/kWh
sähkö snt/kWh			
- veroluokka I	2,24	0,013	2,253
- veroluokka II	0,05	0,013	0,063

Edellisen taulukon veroluokan II veroa suoritetaan sähköstä, joka käytetään teollisuudessa ja joka voidaan sinne toimitettaessa erikseen mitata. Muusta sähköstä veroa on suoritettava veroluokan I mukaisesti.

Jos Hautalammen voimalaitoksen teho olisi 20 MWp, tuottaisi se arviolta noin 17 000 MWh (17 milj. kWh) vuodessa. Jos kaikki sähkö käytettäisiin teollisuudessa, olisi veron määrä arviolta noin 10 700 €. Jos sähkö käytettäisiin muulla tavoin, olisi veron määrä noin 383 000 €. Seuraavassa taulukossa on arvioitu sähköveron määrä eräillä muilla voimalatehoilla.

Taulukko 2. Sähköveron arvioitu määrä eräillä voimalan tehoilla.

Veron määrä eräillä muilla tehoilla		
Voimalan teho	Sähköveron määrä	
MWp	Veroluokan I mukaan, noin (€)	Veroluokan II mukaan, noin (€)
5	95 700	2 700
10	191 500	5 400
15	287 000	8 000

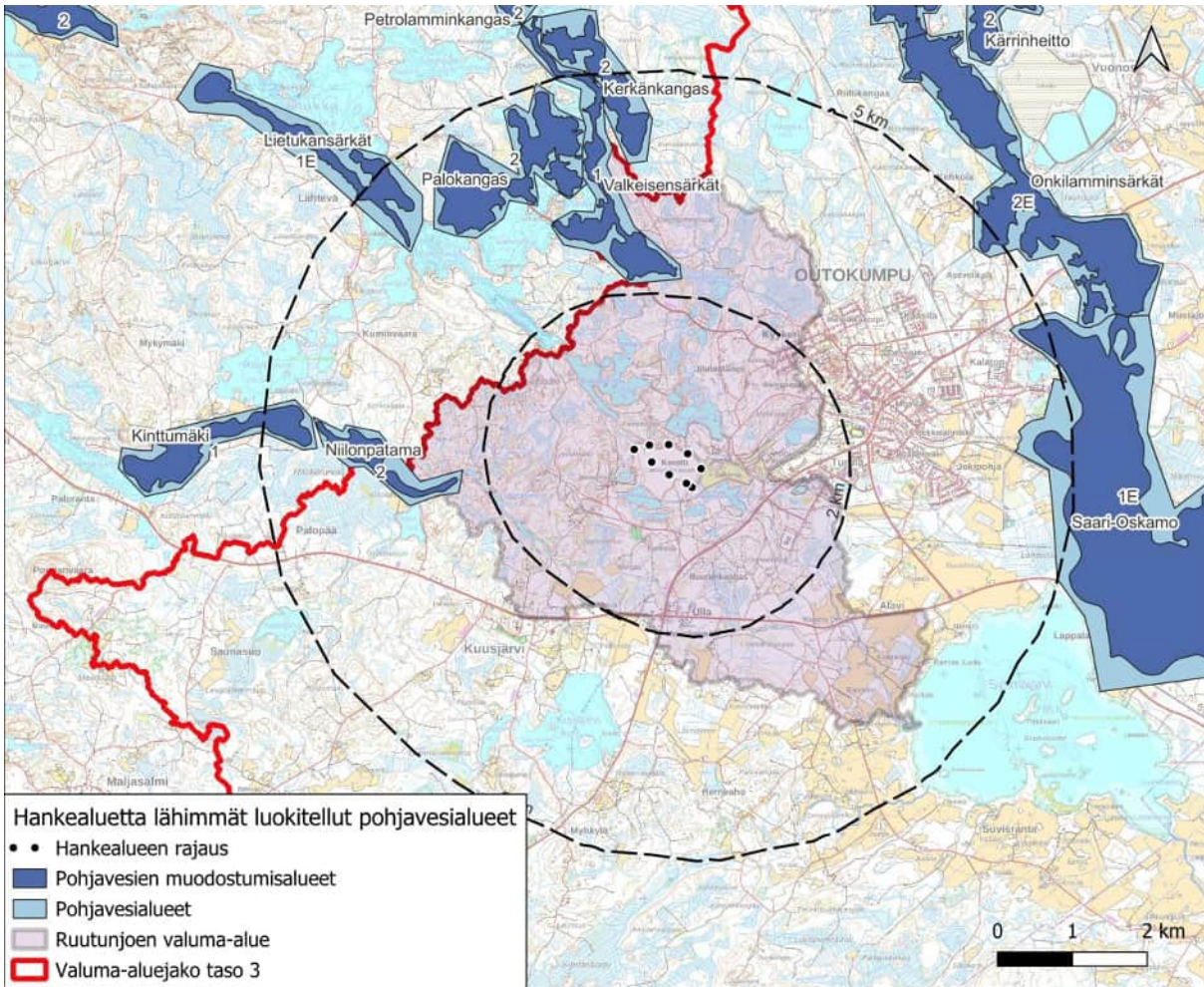
Sähköveroa ei tarvitse maksaa mm. silloin kun voimalaitos tuottaa vuodessa alle 800 000 kWh. 800 000 kWh vastaa arviolta vähän alle 1 MWp:n tehoista voimalaitosta. Veroa ei tarvitse maksaa myöskään sen sähkön osalta, joka käytetään voimalaitoksen omakäyttölaitteissa.

Jos Hautalammen aurinkovoimalan sähkö käytetään kokonaisuudessaan kaivostoiminnassa, kuten alustavasti on arvioitu, yhteiskunnalle maksettavan veron määrä vuodessa on hyvin alhainen, vain noin 10 700 €. Voimalan vaikutukset verokertymään on siis myönteinen, mutta vähyyden vuoksi lähes merkityksetön.

4.3 Pohjavedet

4.3.1 Nykytila

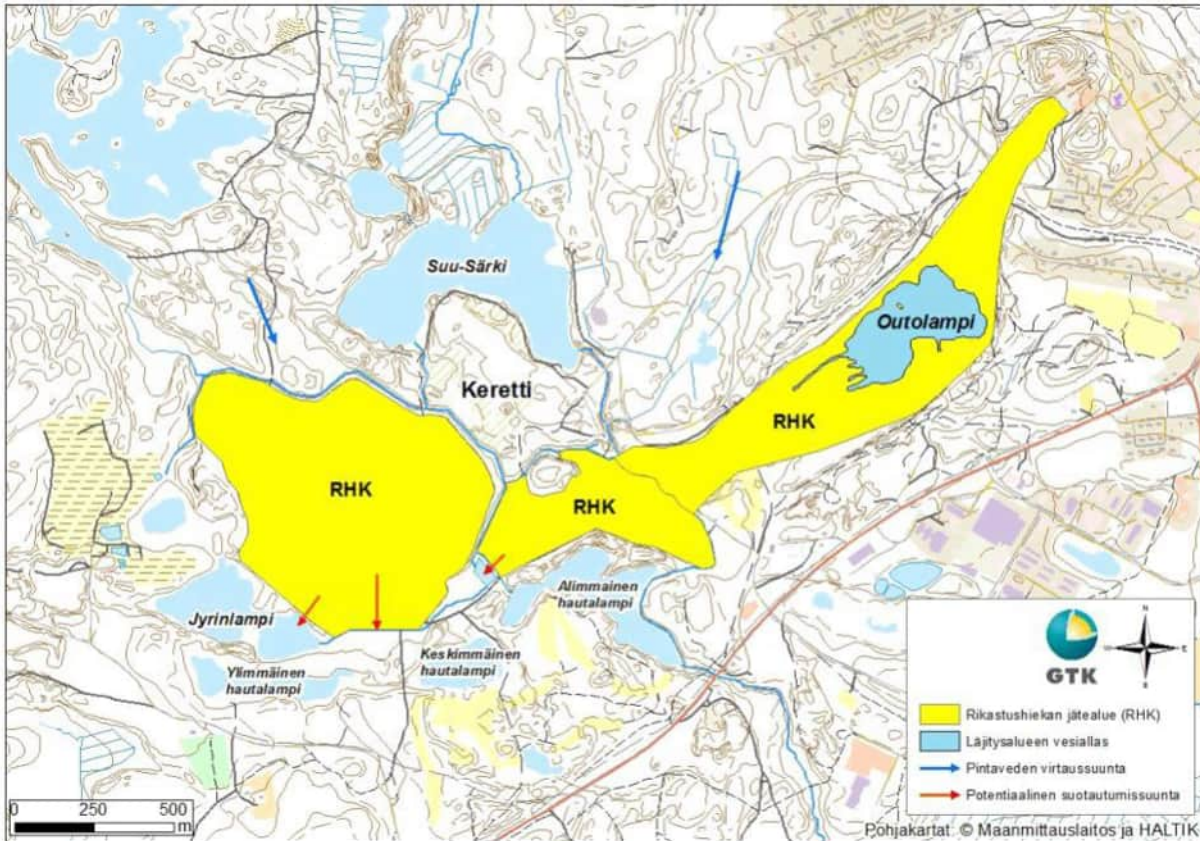
Hankealue ei sijaitse luokitelluilla pohjavesialueilla (Kuva 5). Lähimmät luokitellut pohjavesialueet sijaitsevat 2–5 km päässä hankealueesta (luokka 1: Valkeisensärkät ja Kinttumäki; luokka 1E: Saari-Oskamo ja Lietukansärkät; luokka 2: Niilonpatama, Palokangas ja Kerkäkangas; luokka 2E: Onkilammisärkät).



Kuva 5. Hankealuetta lähimmät luokitellut pohjavesialueet.

Hankealueella pohjavesiä muodostuu ja varastoituu Ruutunkankaan paksuissa ja hyvin vettä johtavissa hiekka- ja sorakerrostumissa sekä alueen eteläpuolella sijaitsevissa hiekkaisissa rantakerrostumissa. Ruutunkangasta ei ole luokiteltu pohjavesialueeksi. Pintavesistä ainakin Ylimmäinen ja Keskimmäinen Hautalampi ovat todennäköisesti pohjaveden pinnantasosta riippuvaisia suppalamppia, sillä niillä ei ole havaittuja tulo- tai lähtöomia. Myös Outolampi on todennäköisesti riippuvainen pohjaveden pinnan tasosta, sille siihen kertyy vettä vain sade- ja valumavesinä, eikä siitä purkaudu vettä alapuolisiin vesistöihin. Muodostuvan pohjaveden määrään vaikuttaa myös sade- ja valumavedet. (FinnCobalt Oy, YVA-selostus, 2023.)

Hankealueen pohjavedet ovat aiemman kaivostoiminnan takia laajalti pilaantuneet. Lisäksi kaivospiirin alueella luontaisesti sijaitsevat malmipitoiset kivilajit voivat huonontaa alueen pohjaveden laatua. Alueen pohjavedet soveltuvat siten huonosti vedenhankintaan. Alueen pohjavesiä tarkkaillaan yhä Keretin vanhan kaivoksen jälkitarkkailun ja GTK:n koerikastamotoiminnan velvoitetarkkailussa, joissa on havaittu pohjavesien happamoitumista sekä ympäristölaatu normit (VNA 341/2009) ja yksiköiden talousveden laatuvaatimukset (STM 401/2001) ylittäviä sulfaatti-, rauta- ja mangaanipitoisuuksia. Keretin kaivostoiminnasta syntyneitä kaivannaisjätettä on sijoitettu kaivoksen maanalaisiin kaivostiloihin, ja alueella on kolme rikastushiekka-alueita (Kuva 6), minkä vuoksi alue on listattu mahdollista vaara aiheuttavien kaivannaisjätteiden luetteloon. Kaivostoiminnan päätyttyä alue on maisemoitu, mikä on voinut hidastaa haitallisten valumavesien muodostumista rikastushiekka-alueilla. Pohjavettä suotautuu yhä kuitenkin alueen ojavesiin, mistä syntyy kuormitusta Ruutunjokeen ja edelleen Sysmäjärveen. Pohjavettä purkautuu myös Ruutunjoen yläjuoksulla. (FinnCobalt Oy, YVA-selostus, 2023.)



Kuva 6. Outokummun kaivosalueen rikastushiekkaluuet ja vesien virtaussuunnat. (Geologian Tutkimuskeskus, 2014). Lähde: FinnCobalt Oy, Hautalammen kaivos, YVA-selostus (Envineer Oy, 20.3.2023).

Vuoksen vesienhoitosuunnitelman (ELY 2023) yleiset toimenpiteet pohjavesien osalta kohdistuvat pääosin riskien hallintaan esimerkiksi maa-ainesten otossa ja jakeluasemilla. Olemissa olevilla laitoksilla toteutetaan lisäksi kunnossapito-, uusimis- ja tehostamistoimia tarpeen mukaan. Toimenpiteiksi on esitetty mm. ympäristölupatarpeen harkintaa, lupaehtojen päivittämistä pohjaveden suojelun kannalta sekä jätevesien, uuden teollisen toiminnan sijoittamisen, pilaantuneiden maa-alueiden, liikenteen, maa-ainesototoiminnan, maa- ja metsätalouden, vedenottotoiminnan ja ilmastonmuutoksen aiheuttamien riskien hallintaan liittyen. Toimenpideohjelmassa esitetyt yksityiskohtaisemmat tavoitteet eivät kohdistu Hautalammen hankealueelle.

4.3.2 Vaikutukset pohjavesiin

Aurinkovoima-alueen rakentaminen voi vaatia jonkin verran kaivu- ja rakennustöitä. Yleisellä tasolla (kts. esim. Preene ym. 2003) maanrakennustyöt voivat vaatia väliaikaista pohjaveden poistamista, mikä voi johtaa maanpinnan painumiseen, pohjavesistä riippuvaisten ympäristöjen ja lajien katoamiseen ja myös veden laadullisiin muutoksiin. Rakennustyöt voivat myös luoda uusia virtausreittejä, mikä sekä voi aiheuttaa pohjaveden laadun muutoksia. Rakenteet, kuten perustukset ja tunnelit voivat estää pohjaveden virtausta, mikä taas voi nostaa tai laskea pohjaveden tasoa eri paikoissa. Rakennustöistä voi lisäksi aiheutua päästöjä, kuten polttoainevuotoja, jotka voivat aiheuttaa pohjaveden pilaantumista. Rakentamisen vuoksi on poistettava pintamaata, minkä myötä myös vettä haihduttava kasvillisuuskerros poistuu. Tällaisilla alueilla sade- ja valumavesien imeytyminen on runsaampaa, mikä voi lisätä haitta-aineiden kulkeutumista maaperästä pohjaveteen. Mikäli kaivuutöitä ei tehdä ja/tai mikäli pohjaveden pinta on huomattavan syvällä, ei merkittäviä hydrologisia vaikutuksia todennäköisesti voi syntyä.

Aurinkovoimaloiden pohjavesivaikutukset ovat todennäköisesti vähäisiä. Tuoreissa kirjallisuuskatsauksissa (esim. Rabaia ym. 2021) viitataan vanhempiin artikkeleihin (esim. Hernandez ym. 2013), joissa on nostettu esiin mahdollisuus päästöjen (kasvintorjunta-aineet, jäähdytysnesteet, polynestoaineet) riski esim. onnettomuustilanteessa ja näiden mahdollinen haitta pohjavesille. Usein toiminnan aikaisia

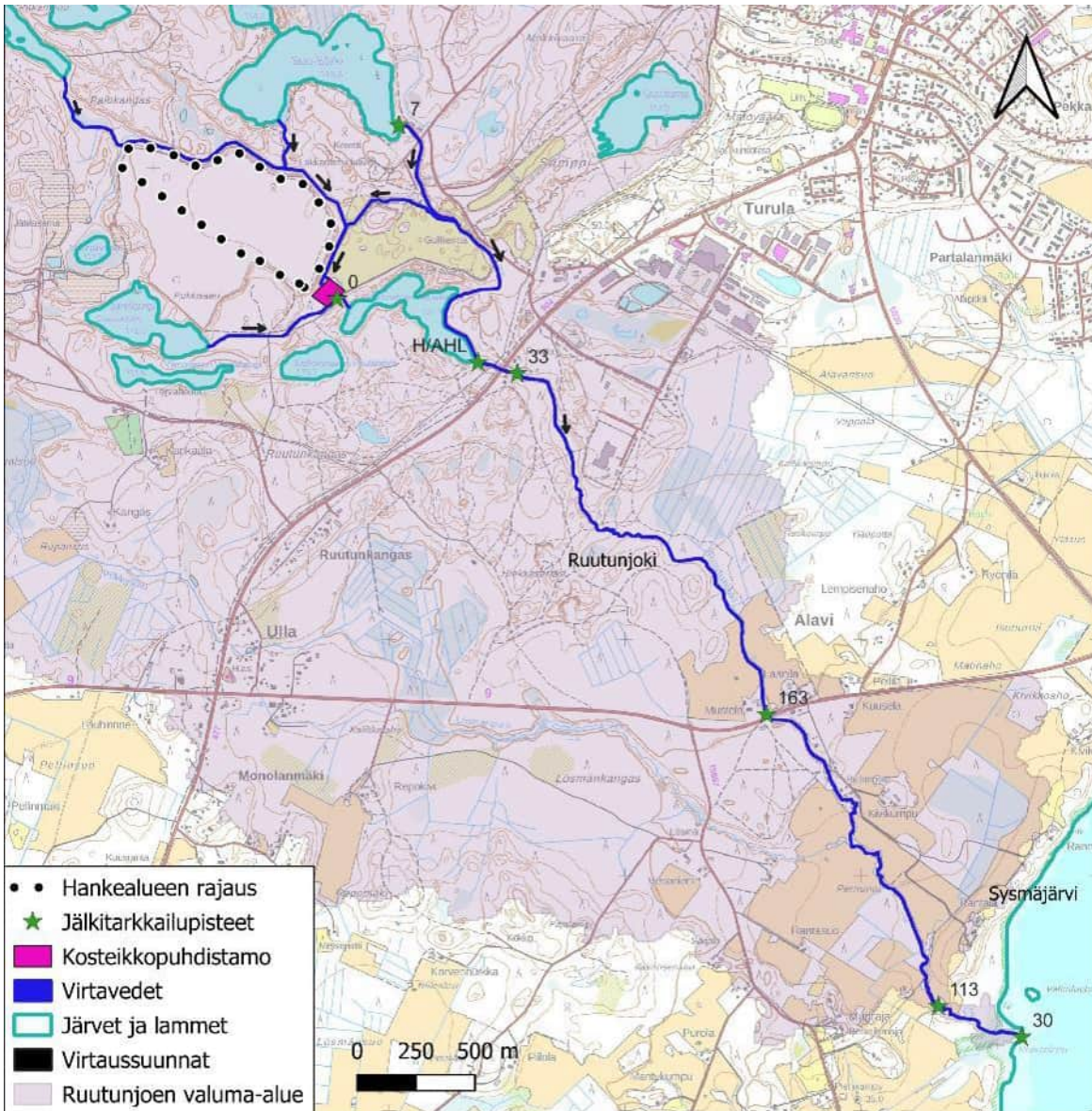
pohjavesivaikutuksia ei mainita lainkaan (esim. Kumar ym. 2020, Yavari 2022). Aurinkovoimaloista voi siten aiheutua pohjavesivaikutuksia lähinnä onnettomuuden, kuten tulipalon yhteydessä, jossa sähköpalon huonolaatuisia sammutusvesiä (Quant ym. 2023) pääsee imeytymään maahan merkittäviä määriä. Hankealueen maaperä koostuu syvemmällä kaivoksen rikastushiekasta. Mikäli maaperää kaivetaan niin, että haitallisia aineita sisältäviä maa-aineksia paljastuu ja mikäli sadevedet pääsevät huuhtomaan niitä, voivat nämä pilaantuneet hulevedet teoriassa aiheuttaa vaikutuksia myös pohjavesille. Rikastushiekka-alue on kuitenkin todennäköisesti huonosti vettä läpäisevää, sillä rikastushiekat ovat tyypillisesti hyvin hienojakoisia aineksia.

Kaivostoiminta on jo aiemmin pilannut alueen pohjavesiä. Lähimmät luokitetut pohjavesialueet ovat kohdallisen kaukana (> 2 km), eikä aurinkovoiman aiheuttamaa uutta haittaa paikallisille tai läheisille luokitelluille pohjavesialueille pidetä todennäköisenä.

4.4 Pinta- ja hulevedet

4.4.1 Hankealueen pintavedet ja tausta

Hankealue sijoittuu Vuoksen vesienhoitoalueella (VHA1) Viinijärven valuma-alueelle (04.35; 1007 km²), Sysmäjärven valuma-alueelle (4.353; 187 km²) ja siellä edelleen Ruutunjoen valuma-alueelle (26 km²). Nykytilassa hankealue koostuu lammista, muutamasta järvestä ja uomista (Kuva 7). Aurinkovoimalle suunnitellun alueen itäpuolella kulkeva uoma saa alkunsa hankealueen pohjoispuolella olevasta Kaitalammesta. Golfkentän länsipuolella uomaan yhtyy Suu-Särjestä laskeva uoma ja golfkentän lounaiskulmassa siihen yhtyy vielä hankealueen eteläpuolella olevasta Jyrinlammesta laskeva uoma. Tämän jälkeen uoma laskee Alimmaiseen Hautalampeen, josta pintavedet purkautuvat Ruutunjoen kautta Sysmäjärveen ja edelleen Sysmänjokea pitkin Taipaleenjokeen ja Heposelkään. Muita hankealueen läheisiä vesimuodostumia ovat kaakkoiskulmassa sijaitseva Outolampi, eteläpuolella sijaitsevat Keskimäinen ja Ylimmäinen Hautalampi sekä Jyrinlammen pohjoispuolella oleva Muurainlampi.



Kuva 7. Hankealueen raja, hankealueen pintavedet sekä kosteikkopuhdistamon ja vedenlaadun tarkkailupisteiden viitteelliset sijainnit (Finncobalt Oy, YVA-selostus 2023). Kartta: Maastokartta (MML), vesistöt ja valuma-alueet (Syke).

Aurinkovoima on suunniteltu sijoitettavaksi alueella ennen sijainneen Keretin kaivoksen vanhalle rikastushiekka-alueelle (Kuva 6, Kuva 7). Rikastushiekka-alue maisemoitiin melko pian vanhan kaivostoiminnan päätyttyä. Alueen suotovesiä johdetaan Jyrinlampeen sekä kosteikkopuhdistamon kautta Alimmaiseseen Hautalampeen ja sieltä edelleen Ruutunjokeen. Suotovesiä tarkkaillaan usealta eri tarkkailupisteeltä Pohjois-Karjalan ELY-keskuksen tarkkailuohjelman (Dnro 305/07.00/2010) sekä ympäristö- ja vesilupapäätöksen (79/09/02) ja Vaasan hallinto-oikeuden päätöksen (11/0131/31) mukaisesti. (FinnCobalt Oy, YVA-selostus, 2023.)

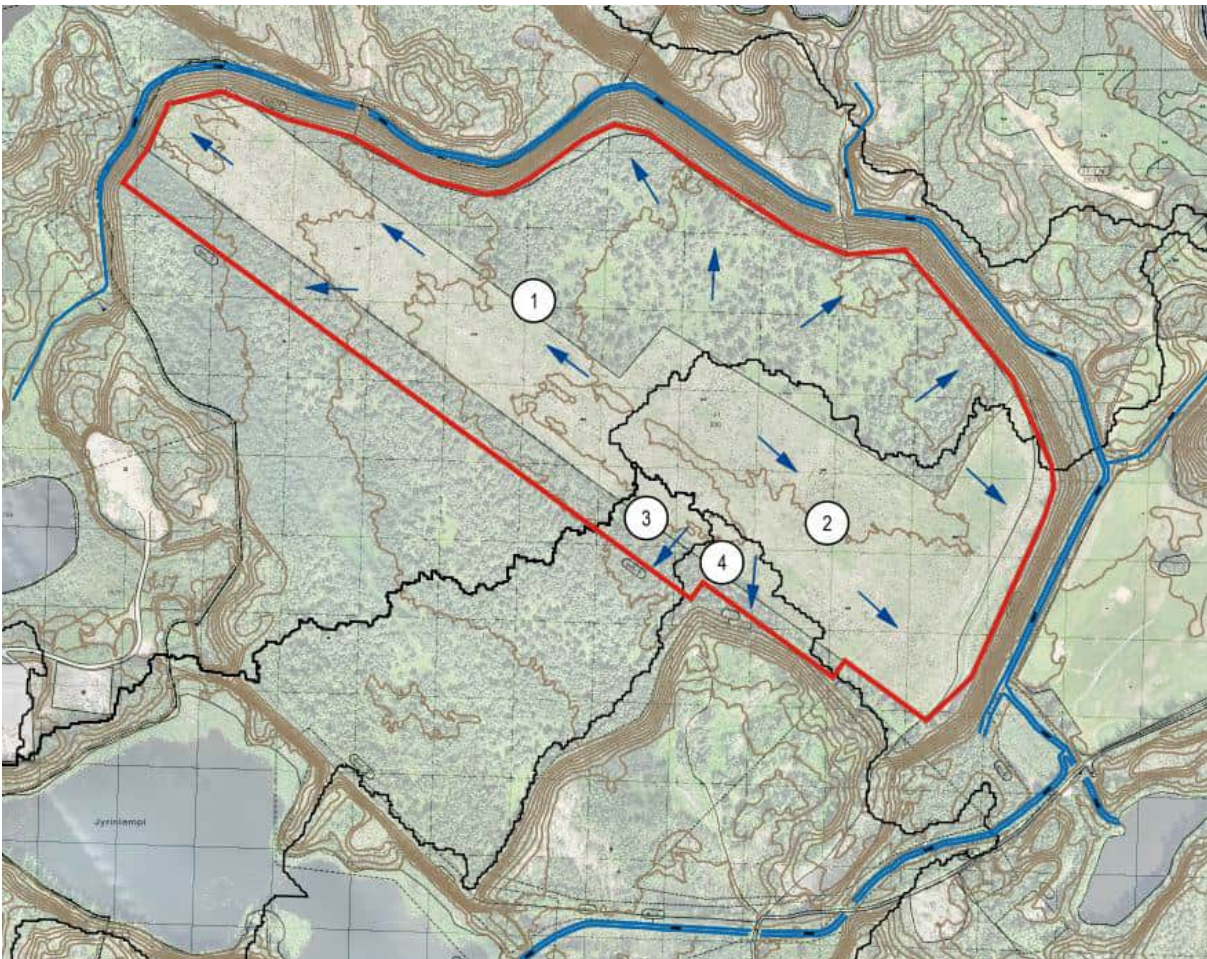
Keretin vanhat rikastushiekka-alueen päästöt vaikuttavat merkittävästi alempien vesistöjen tilaan. Kolmannella vesienhoidon luokittelukaudella Ruutunjoki on arvioitu välttävään ja Sysmäjärvi tyydyttävään ekologiseen tilaan. Sysmäjärnessä tila johtuu mm. kalaston välttävästä tilasta, järven jatkuvasta säännöstelystä ja heikosta happitilanteesta. Ruutunjoessa tilaluokan arviointia on vaikeuttanut tiedon vähyyys. Keskeisin vedenlaatuun vaikuttava tekijä Ruutunjoessa on kuitenkin happamuus, joka on joen keskivaiheilla olevalla tarkkailupisteellä 163 ollut alimmillaan 3–5,7. Sekä Ruutunjoen että Sysmäjärven kemiallinen tila on luokiteltu hyvää huonommaksi, mikä johtuu ensisijaisesti kaivostoiminnan aiheuttamista, ympäristölaatumnormia suuremmista nikkeli- ja kuparipitoisuuksista. (FinnCobalt Oy, YVA-selostus, 2023.)

Alueen lampien ekologista tilaa tai vedenlaatua ei ole säännöllisesti seurattu. Envineerin vuonna 2018–2019 tekemissä pintavesikartoituksissa Ylimmäisessä ja Keskimmäisessä Hautalammissa havaittiin mm. korkeita sulfaattipitoisuuksia. Jyrinlampea on käytetty aiemman kaivostoiminnan aikana suotovesien keräilykäyttöön, ja Alimmainen Hautalampi on toiminut kaivosalueen vesien jälkiselkeytys- ja tsausaltaana, joten molemmat ovat todennäköisesti heikossa tilassa. Outolammessa havaittiin puolestaan matalia pH-arvoja (< 3) ja kohonneita metallipitoisuuksia (mm. Fe 130 000 µg/L, Cu 1600 µg/L ja Ni 450 µg/L). (FinnCobalt Oy, YVA-selostus, 2023.)

Vuoksen vesienhoitosuunnitelman (ELY 2022) mukaan vesienhoitoalueella toteutettavat toimenpiteet vesimuodostumien ekologisen tilan parantamiseksi painottuvat ympäristölainsäädäntöön ja päästöjen tehokkaampaan hallintaan ympäristölupien ja valvonnan avulla, laitosten kunnossapito- ja uusimistoi- miin sekä tehostamistoi- miin ja riskienhallinta- ja ennaltavarautumissuunnitelmiin. Nikkelikuormituksen vähentämiselle ei vesienhoidon toimenpideohjelmassa määritellä tarkempia raja-arvoja tai toimenpiteitä.

4.4.2 Hankealueen hulevedet

Seuraavassa kuvassa (Kuva 8) on esitetty hankealueen jakautuminen valuma-alueisiin 1–4. Siniset nuolet osoittavat valumasuuntaa. Hankealueelta hulevedet virtaavat edellisessä kappaleessa esitetyn periaatteen pintavesistöissä edelleen.



Kuva 8. Hankealueen rajaus (punaisella), hankealueen valuma-alueet (mustalla) ja –suunnat.

Valuma-alueiden numerointi on esitetty kartalla. Valuma-alueille on laskettu pinta-alaan perustuen nykytilanteen mukainen virtaama:

- valuma-alue 1, pinta-ala noin 17,7 ha, nykyinen purkuvirtaama 66 l/s

- valuma-alue 2, pinta-ala noin 7,7 ha, nykyinen purkuvirtaama 30 l/s
- valuma-alue 3, pinta-ala noin 0,65 ha, nykyinen purkuvirtaama 3,8 l/s
- valuma-alue 4, pinta-ala noin 0,8 ha, nykyinen purkuvirtaama 4,6 l/s.

Karttatarkastelun tarkkuuden vuoksi purkuvirtaama on laskennallinen arvo kyseiselle valuma-alueelle. Kartasta voidaan todeta, että valuma-alueilta ei tule selkeitä keskitettyjä virtaamia. Hankkeen edetessä nykytilannetarkastelu tulee tarkentaa.

4.4.3 Vaikutukset pinta- ja hulevesiin

Aurinkovoimala on suunniteltu rakennettavaksi vanhalle kaivosjätteen (noin 11,5 M tonnia rikastushiekkaa; Niskala 2011) varastoalueelle. Rikastushiekan metalli- ja rikkipitoisuudet ovat korkeita (esim. Cu 1350 mg/kg, Ni 540 mg/kg, Co 740 mg/kg ja Zn 1590 mg/kg; (lähde: FinnCobalt Oy, YVA-selostus, 2023) ja alueelta suotautuvat vedet mahdollisesti huonolaatuisia. Tarkkailujen perusteella jätealueelta valuvissa vesissä on korkeita metallipitoisuuksia ja sähköjohtavuus on korkea (Savo-Karjalan ympäristötutkimus 2023). Pitoisuudet kuitenkin laskevat Alimmaisessa Hautalammessa ennen niiden valumista Ruutunjokeen (Savo-Karjalan ympäristötutkimus 2023). Kosteikolta lähtevissä vesissä on kuitenkin havaittu kohonneita sulfaatti- ja metallipitoisuuksia (Niskala 2011, Savo-Karjalan ympäristötutkimus 2023) eikä se siten täysin poista jätealueen päästöjä. Happamat ja metallipitoiset valumavedet on tunnistettu jätealueen ympäristöriskiksi (Räisänen ym. 2013). Pinnimäinen osa (25–40 cm) rikastushiekasta on osittain hapettunut ja luovuttanut metalleja ja rikkiä valumavesiin, mutta syvemmissä maakerroksissa pitoisuudet ovat monilta osin edelleen hyvin korkeita (FinnCobalt Oy, YVA-selostus, 2023).

Kaivosjätteen päällä on noin 0,2–0,5 m paksuinen sorakerros tai paikoin turve- ja/tai moreenikerros (FinnCobalt Oy, YVA-selostus, 2023). Kaivosjäte (rikastushiekka) on hienojakoista (88–96 % alle 75 µm; AFRY 2023). Pohjamaa on karkeampaa ja jätealueen pohjan läpi on aiemmin suotautunut mm. raskasmetalleja, jotka ovat aiheuttaneet pohjaveden pilaantumista (Niskala 2011). Nykytilanteessa paksu hienojakoisen aineksen kerros todennäköisesti läpäisee vettä huonosti ja imeytyminen todennäköisesti normaaliin maaperään verrattuna heikompaan (Younger ym. 2002).

4.4.3.1 Rakentamisen aikaiset vaikutukset

Koska aurinkovoimalan rakentamisen voidaan arvioida sekä lisäävän valuntaa että mahdollisesti kiihdyttävän eroosiota, voi aurinkovoimarakentaminen aiheuttaa (mikäli vaikutuksia ei lievennetä) pitkäkestoisista valumavesien laadun heikkenemistä, jolla voi olla negatiivisia vaikutuksia vastaanottavissa vesistöissä.

Sulfidimalmikaivosten jättehiekat ovat tyypillisesti happoa tuottavia ja raskasmetallipitoisia valumavesiä tuottavia massoja, hieman samaan tapaan kuin happamat sulfaattimaat. Näissä kaivosten jättehiekkoissa raskasmetallipitoisuudet ovat kuitenkin joskus hyvin korkeita ja ympäristön pilaantumisen riski sikäli kohonnut. Ongelmia syntyy, jos hapettunut pintamaa kaivetaan pois ja metalli- ja rikkipitoiset jättehiekat paljastuvat. Ilmakehän happi ja sadevedet aiheuttavat rikkihapon tuotantoa ja valumavesiin voi liueta suuria pitoisuuksia raskasmetalleja (Younger ym. 2022). Happamassa ympäristössä raskasmetallit ovat usein ionimuodossa ja siten biosaatavia (korkea myrkyllisyys). Myös matala pH on suoraan haitallinen useimmille vesilajeille. Toinen jätealueeseen kytkeytyvä riski liittyy hienojakoisen rikastushiekan huuhtoutumiseen luonnonvesiin aiheuttaen liettymistä vastaanottavassa vesistössä.

Rakentaminen voi aiheuttaa vesiluontovaikutuksia myös silloin, kun työskennellään puhtailla maa-alueilla (esim. rikastushiekkojen päällä olevat maa-ainekset). Aurinkovoimaloiden rakentamisen aikaiset pintavesivaikutukset ovat samantyyppisiä kuin muussakin rakentamisessa. Maanpinnan rikkominen ja kasvillisuuden poisto aiheuttavat kiintoaines- ja ravinnepäästöjä (erityisesti fosfori kiinnittyy maahiukkasiin), joista voi aiheutua haittaa vesiympäristölle (Bilotta & Brazier 2008). Työmaavesissä kiintoainepitoisuudet voivat olla hyvin korkeita (tyypillisesti 130–1000 kertaiset edeltävään tilanteeseen verrattuna; Trenouth & Gharabaghi 2015), ja kiintoainekuormituksella on suoria liettäviä ja vedenlaadullisia vaikutuksia alapuolisissa vesistöissä. Kiintoainekuormitus aiheuttaa haitallisia ekologisia vaikutuksia kasviplankton- ja vesikasviyhteisöissä sekä pohjalla eläville selkärangattomille jo 8 mg/l tasolla. Alle 100 mg/l kiintoainepitoisuus aiheuttaa haittaa myös eläinplanktonissa ja virtavesien pohjaeläimistöissä.

Lohikaloille aiheutuu vaikutuksia 20 mg/l tasolla ja 25 mg/l pitoisuus voi vaikuttaa haitallisesti lisääntymisen onnistumiseen (Bilotta & Brazier 2008).

Ravinnekuormitus kiihdyttää perustuotantoa ja aiheuttaa rehevöitymistä. Alimmaisen Hautalammen, jonne hankealueen vedet valuvat, simuloitu kokonaisfosforin keskipitoisuus on noin 19 µg/L (Syke 2023). Lisääntyvä ravinteisuus (TP 4–19 µg/L) lisää rannan läheisten ekosysteemien kalojen, päälyskasvuston, kasviplanktonin, vesikasvien, äyriäisplanktonin ja pohjaeläinten biomassaa (Tolonen ym. 2005). Myös lajistossa tapahtuu muutoksia. Esimerkiksi rehevöityvässä järvessä särkikaloiden suhde ahvenkaloihin tyypillisesti kasvaa (Olin ym. 2002). Fosforipitoisuuden kasvulla ja siihen yleensä linkittyvällä veden valonläpäisykyvyn heikentymisellä on selvä vaikutus myös vesikasviyhteisöihin (Alahuhta ym. 2016). Yleisesti ottaen kasviplankton hyötyy rehevöitymisestä ja fosforipitoisuuden kohoaminen suhteessa tyypipitoisuuteen voi lisätä sinileväkukintojen todennäköisyyttä (Arvola ym. 2011; Vuorio 2020).

Rakentamisen aikaisten valumavesien laatu vaihtelee myös rakentamisen eri vaiheissa, mutta tärkeimmät hulevesiin liittyvät ulkoiset ympäristötekijät ovat säähän ja varsinkin sateisuuteen liittyviä (Sillanpää & Koivusalo 2015) ja siten vaikeasti ennustettavia. Suuria kiintoainespäästöjä voi aiheutua myös poikkeustilanteissa, jossa suuri määrä kiintoainesta huuhtoutuu uomaan yhtäkkisesti (esim. penkkasortuma tai muu vastaava tilanne). Raskaiden työkoneiden käyttö tiivistää maanpintaa aiheuttaen valuntamuutoksia. Työkoneiden käyttöön liittyy aina polttoaine- tai voiteluöljyn vuotoriski. Polttoaineet ja öljyt ovat akuutisti myrkyllisiä oikeastaan kaikille vesieläimille.

Ennen rakentamisen aloittamista työmaavesille on suunniteltava riittävä käsittely.

4.4.3.2 Toiminnan aikaiset vaikutukset

Aurinkopaneelien vesistövaikutuksia on viime aikoina tarkasteltu (Yavari ym. 2022) kirjallisuuskatsauksessa, jossa todetaan hydrologisien vaikutusten tutkimuksen olevan vasta alussa. Tiedetään, että maaperän kosteus ja lämpötila sekä kasvillisuus ovat erilaisia paneelien alla verrattuna paneelien väliseen alueeseen ja että aurinkopaneeliston rakentaminen voi lisätä pintavaluntaa (Cook ja McCuen 2013; Adira Ajith ym. 2022, Liu ym. 2023). Mallinnustutkimuksissa pintavalunta kasvoi 14,5 % - 154 %) aurinkovoimaa-alueen rakentamisen jälkeen (Adira Ajith ym. 2022; Gullotta ym. 2023; Liu ym. 2023). Mallinnustulosten suuri vaihtelu kuvaa sitä, että aurinkovoimaa-alueen toteuttamiseen liittyvät hydrologiset vaikutukset liittyvät moniin tekijöihin, jotka todennäköisesti kytkeytyvät varsinaisten paneelien lisäksi kaltevuuteen ja maaperän tyyppiin, sekä sateisuuteen. Todennäköisesti pintavalunta lisääntyy suhteellisesti enemmän rankkojen sateiden aikana ja eniten alueilla, joissa maanpinnan kaltevuus on suuri. Lisäksi valuntaan vaikuttaa aurinkovoimaa-alueen huoltotieverkosto ja työkoneiden aiheuttama maaperän painuminen sekä mahdollisesti uudet ojalinjaukset. Valuntamuutosten lisäksi aurinkovoimaa-alueen rakentaminen voi aiheuttaa huomattavia eroosiovaikutuksia (Cook ja McCuen 2013; Yavari ym. 2022; Baiamonte ym. 2023, Liu ym. 2023). Eroosiovaikutukset kytkeytyvät kiintoaineshaittoihin samaan tapaan kuin rakentamisvaiheessa.

Hankealueen hulevesien hallinta perustuu ajatukseen, että alueen vesitase säilyisi ennallaan. Valuma-aluejakoa ei muuteta, eli valmiissa tilanteessa yläpuolisten valuma-alueiden hulevedet virtaavat suunnittelualueella kuten nykytilanteessa.

Läpäisemättömän pinnan määrä eli viivytystarve ei tule kasvamaan merkittävästi uuden rakentamisen myötä. Uudet tiet tulee rakentaa sorapintaisina, jotta ne läpäisevät hieman vettä. Tietä pitkin valuvat hulevedet suositellaan johdettavan viereisiin sivuojiin tai painanteisiin, jossa viivytystä tapahtuu jo vesien hallinnan yhteydessä. Uusien teiden ali tulee rakentaa rummut, jotta tiet eivät katkaise mahdollisia virtausreitit.

Valuma-alueille on laskettu viivytystarve tuleva maankäyttö huomioiden. Arvio perustuu oletukseen, että koko valuma-alueen maankäyttö tulee aurinkovoimalan tarpeeseen. Alueen käytön tarkentuessa tulee laskelmia ja viivytystarvetta tarkastella tapauskohtaisesti uudelleen. Viivytystarpeet ovat seuraavat:

- valuma-alue 1, viivytystarve 450 m³
- valuma-alue 2, viivytystarve 205 m³
- valuma-alue 3, viivytystarve 14 m³
- valuma-alue 4, viivytystarve 17 m³

Viivytystarvetta ei voi tässä vaiheessa osoittaa tiettyyn pisteeseen vaan sen voi toteuttaa alueella tarpeen vaatiessa joko paikallisesti tai hajautetusti. Hankealueen sijainnin vuoksi viivytystarpeen lisäksi tulee jatkossa kiinnittää huomiota hulevesien laadulliseen hallintaan. Nykyisen kosteikkopuhdistamon lisäksi laadullista hallintaa tulee suunnitella hulevesien muodostumispaikan lähelle.

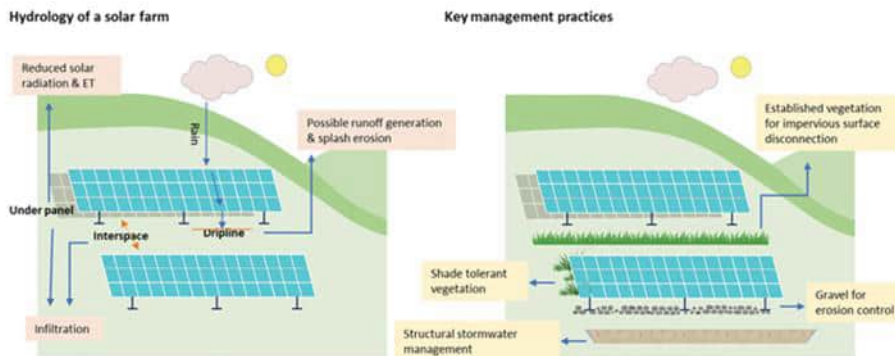
Mikäli pintavalunnat kasvavat ja valumavesissä on runsaasti sulfaattia, voi se aiheuttaa kerrostumiongelmia esimerkiksi alemmassa Alimmaisessa Hautalammessa. Mikäli valumavesien metallipitoisuudet ovat korkeita, voi niistä aiheutua suoraa haittavaikutusta oikeastaan kaikkiin eliöihin varsinkin ojastossa ja Alimmaisessa Hautalammessa.

4.4.3.3 Vaikutusten lieventäminen

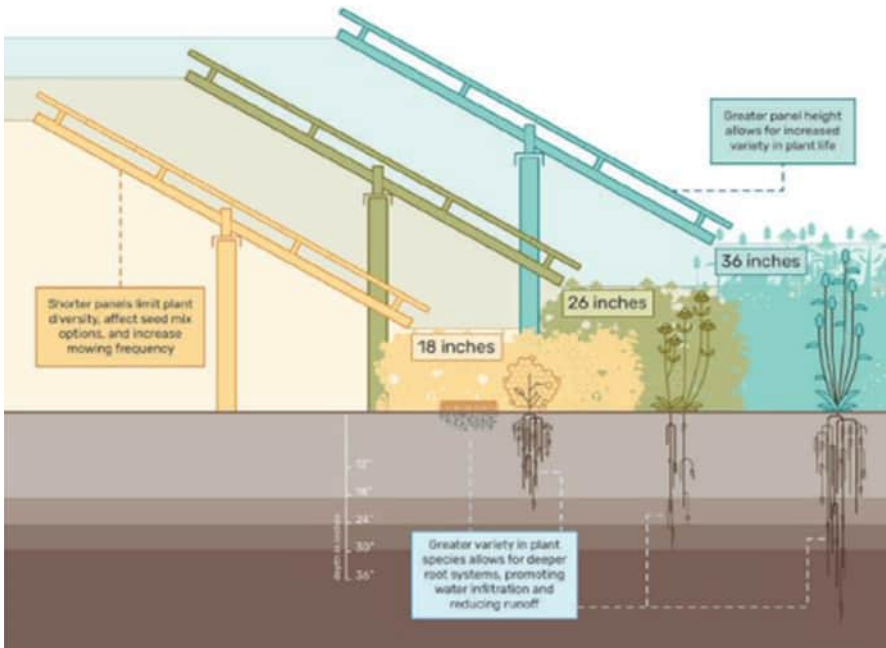
Rakennusvaiheessa tulee huolehtia, etteivät kaivannot ulotu jätehiekkään saakka. Noin 0,5–1 m paksuinen puhtaan maan kerros rikastushiekan päällä estää hapettumisen ja happamat valumat (Younger ym. 2002). Ylipäänsä tulee huolehtia, että hanke ei aiheuta riskiä sille, että rikastushiekka-alueen suotoja valumavedet ylittäisivät raja-arvoja, jotka on määrätty voimassa olevaan Keretin kaivoksen jälkitarkkailuun liittyen (kts. esim Vaasan hallinto-oikeuden päätös 11/0131/1).

Aurinkovoima-alueella on lisäksi tärkeää ehkäistä eroosiota ja pintavaluntaa. Näihin voidaan vaikuttaa suojaamalla paneelien etureunan alapuoliset kohdat eroosiolta (Yavari ym. 2022, Baiamonte ym. 2023; Kuva 9) sekä suunnittelemalla alue kasvillisuuden kannalta mahdollisimman hyvin valumavesiä pidättäväksi. Mitä korkeammalle paneelit nostetaan, sitä monimuotoisempi (ja paremmin vettä sitova) kasvillisuus voi paneelien alle kehittyä (Kuva 10). Monimuotoisen kasvillisuuden muodostumista voidaan edistää saattamalla alueen happamuus- ja ravinnetasapainot mahdollisimman suotuisiksi ja esim. kylvämällä haluttua kasvillisuutta.

Yhdysvalloissa viranomaislinjauksia on koottu aurinkovoima-alan verkkolehden artikkelissa. Vaikutusten lieventämisessä on Yhdysvalloissa keskitytty kasvipeitteen hyötyihin ja jyrkkien rinteiden välttämiseen. Lisäksi torjunta-aineiden käyttöä ohjataan välttämään valumavesien laadun suojelemiseksi (Pantella 2022).



Kuva 9. Aurinkopaneelien hydrologisia vaikutuksia ja hallintakeinoja (Kuva: Yavari ym. 2022).



Kuva 10. Aurinkopaneelien korkeus ja kasvillisuuden muodostuminen. (Kuva: Great Plains institute 2023).

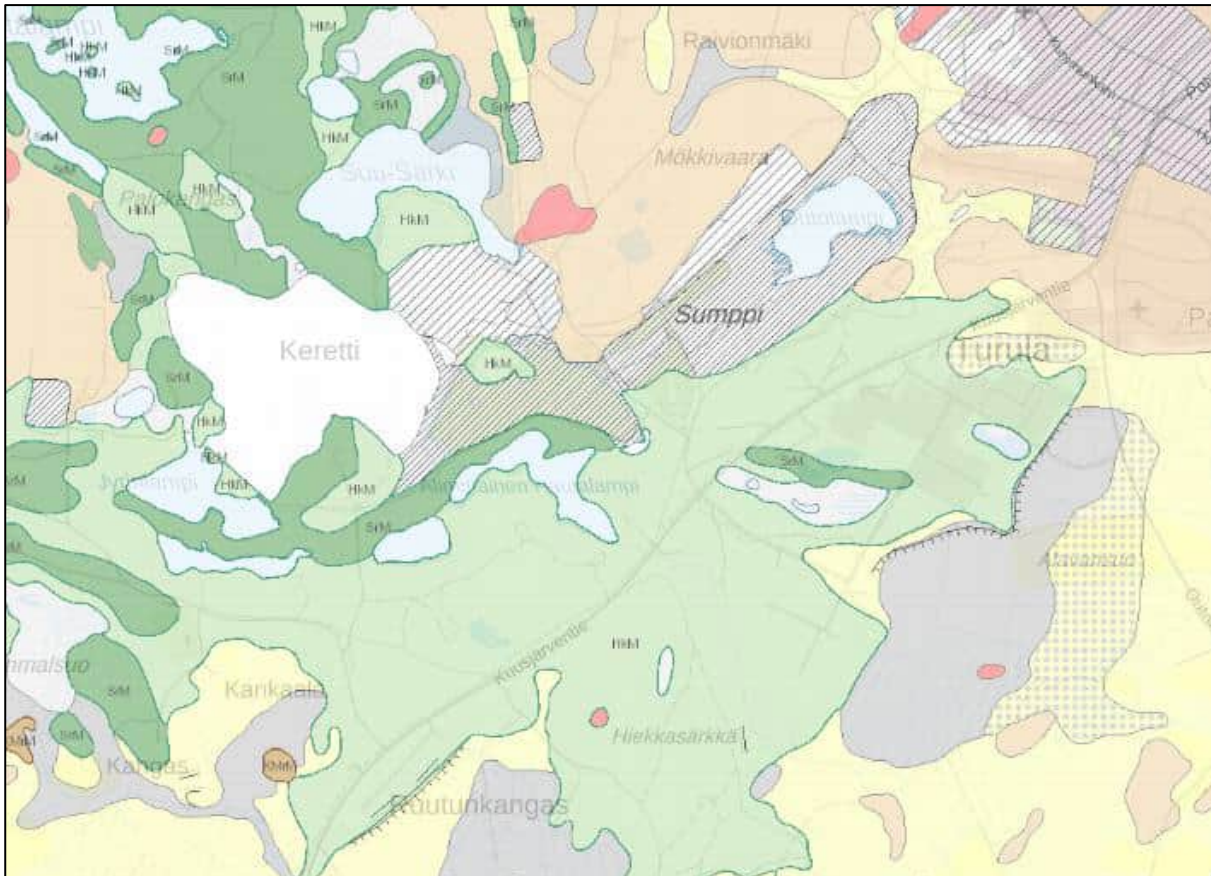
4.5 Maa- ja kallioperä, luonnonvarat

4.5.1 Maa- ja kallioperä

Hankealueen maaperä on Geologian tutkimuskeskuksen karttapalvelun¹ mukaan vettä, mikä ei pidä paikkansa. Alue on vanhan kaivostoiminnan aikaista rikastushiekka-aluetta, ja rikastushiekka on yhä alueella. Vanhojen ilmakuvien perusteella se on toisinaan 1960-70-luvuilla ollut veden peitossa.

Lähiympäristön maaperä on pääasiassa hiekkaa (Hk, vaalean vihreä), täytemaata (Ta, tiheä vinoviivitus) ja hiekkamoreenia (Mr, oranssi). Isohko alue on myös kartoittamatonta maata (harva vinoviivitus). Alimmaisen Hautalammen pohjoispuolella on soraa (Sr, tumman vihreä) ja Suu-Särki-järven itäpuolella on hieman kalliomaata (Ka, punainen). Ote maaperäkartasta on seuraavassa kuvassa.

¹ <https://lahde.gtk.fi>



Kuva 11. Ote maaperäkartasta 1:20 000 / 1:50 000. (Lähde: <https://lahde.gtk.fi>)

Aurinkovoimalan hankealueen kallioperä on pääasiassa kiilleliusketta/kiillegneisiä sekä mustaliusketta ja kvartsikiveä. Ote kallioperäkartasta on seuraavassa kuvassa.



Kuva 12. Kallioperäkartta kaivospiirin alueesta ja sen lähialueista. Kaivospiiri merkitty ruskealla katkoviivalla. (Lähde: YVA-selostus 20.3.2023, kartta: Envineer Oy, 2022)

Geologian tutkimuskeskuksen karttapalvelun mukaan kalliopinnan korkeustaso hankealueella on noin 90 – 95 m mpy. Vallitseva maanpinta on noin tasossa 120 – 124 m mpy, eli kalliopinta on vähintään 25 m syvyydessä.

Aurinkokennostot ja voimalan rakennukset ja laitteet perustetaan maaperän kantavuuden mukaan tavanomaisin perustuksin, joten hankkeella ei ole merkittäviä vaikutuksia maa- tai kallioperään.

4.5.2 Luonnonvarat

Aurinkovoimalan rakentaminen ei vaadi kallion louhintaa eikä tavanomaista suurempia maa-ainesten siirtoja.

Aurinkovoimalan rakentaminen ei kuluta merkittävästi alueen luonnonvaroja.

Aurinkopaneelien valmistamisessa käytetään eri materiaaleja, kuten terästä, alumiinia, lasia, piitä ja polymeerimuoveja. Osa valmistusprosessista vaatii myös korkeaa lämpötilaa. Katso tarkemmin kohta 4.9 Ilmasto → Rakentamisen vaikutukset.

4.6 Luontovaikutukset

Suunnittelualueelle ja sen lähiympäristöön on laadittu luontoselvityksiä vuosina 2021 sekä 2024 Envineer Oy:n toimesta. Vuoden 2021 luontoselvityksiin kuuluivat kasvillisuus- ja luontotyyppi-, pesimälinnusto- sekä liito-oravaselvitys (FinnCobalt Oy, YVA-selostus, 2023) ja vuoden 2024 luontoselvityksiin kuuluivat lepakko- ja viitasammakkoselvitykset (FinnCobalt Oy, 2024). Alueelle on tehty myös Natura-arvio (Sysmäjärvi). Selvitysalue on esitetty kartalla.

Hankealue sijaitsee vanhalla Keretin kaivos- ja teollisuusalueella. Kaivosalueella ei ole ollut toimintaa viimeiseen 30 vuoteen lukuun ottamatta alueen virkistyskäyttöä (mm. golf-kenttä). Alueen maasto on hyvin voimakkaasti ihmistoiminnan muuttamaa.

4.6.1 Nykytila

4.6.1.1 Kasvillisuus ja luontotyypit

Selvitysalue kuuluu metsäkasvillisuudeltaan Etelä-Suomen eteläboreaaliseen vyöhykkeeseen ja suokasvillisuuden osalta Pohjois-Karjalan vietto- ja rahkakeidasalueelle. Selvitysalueella ihmistoiminnan kuten metsätalouden vaikutukset ovat selvästi näkyvissä

Nykytilan kuvaus perustuu selvitysalueelta tehtyyn kasvillisuus- ja luontotyyppiselvitykseen (Envineer Oy). Selvitys tehtiin karttatarkasteluna ja maastokäyntinä kesällä 2021 (FinnCobalt Oy, YVA-selostus, 2023). Selvitysalueelta kartoitettiin kasvillisuus ja luontotyypit sekä arvokkaat luontokohteet. Lähtötietoina käytettiin Lajitietokeskuksesta tilattuja kasvihavaintojen tietoja selvitysalueelta ja lähialueelta. Luontoselvityksen tuloksena havaitut kohteet luokiteltiin eri arvoluokkiin soveltaen oppaan Luontoselvitykset ja luontovaikutusten arviointi (Mäkelä & Salo 2021) ohjeistusta:

- luokka 1: Lainsäädännöllä turvatut kohteet
- luokka 2: Eriyisen tärkeät kohteet
- luokka 3: Monimuotoisuutta turvaavat kohteet
- luokka 4: Monimuotoisuutta tukevat kohteet

Kasvilajisto

Selvitysalueelta ei ole havaintoja uhanalaisista tai lakisääteisesti suojeltavista kasvilajeja tai vastuulajeista. Luontoselvityksissä 2021 (FinnCobalt Oy, YVA-selostus, 2023) ja 2024 (Envineer Oy, 2024) lähimmät huomionarvoiset kasvilajihavainnot tehtiin golf-kentän kaakkoisreunalta sekä Kuusjärventien varrelta. Laji.fi-tietokannan (tietokantatieto 11.12.2024) mukaan uhanalaisten tai rauhoitettujen lajien esiintymisestä ei ole tehty aiempia havaintoja alueelta.

Luontotyypit

Luontoselvityksen perusteella selvitysalueella ei ole uhanalaisia luontotyyppisiä tai luonnonsuojelulain (9/2023) 64 §:n eikä 65 §:n mukaisia luontotyyppikohteita. Myöskään vesilain 2. luvun 11 §:n pienvesikohteita tai metsälain 10 §:n erityisen tärkeitä elinympäristöjä tai Metsäkeskuksen avoimessa paikka-tietoaineistossa (Metsä-keskus, 2022) esitettyjä metsälakikohteita ei havaittu.

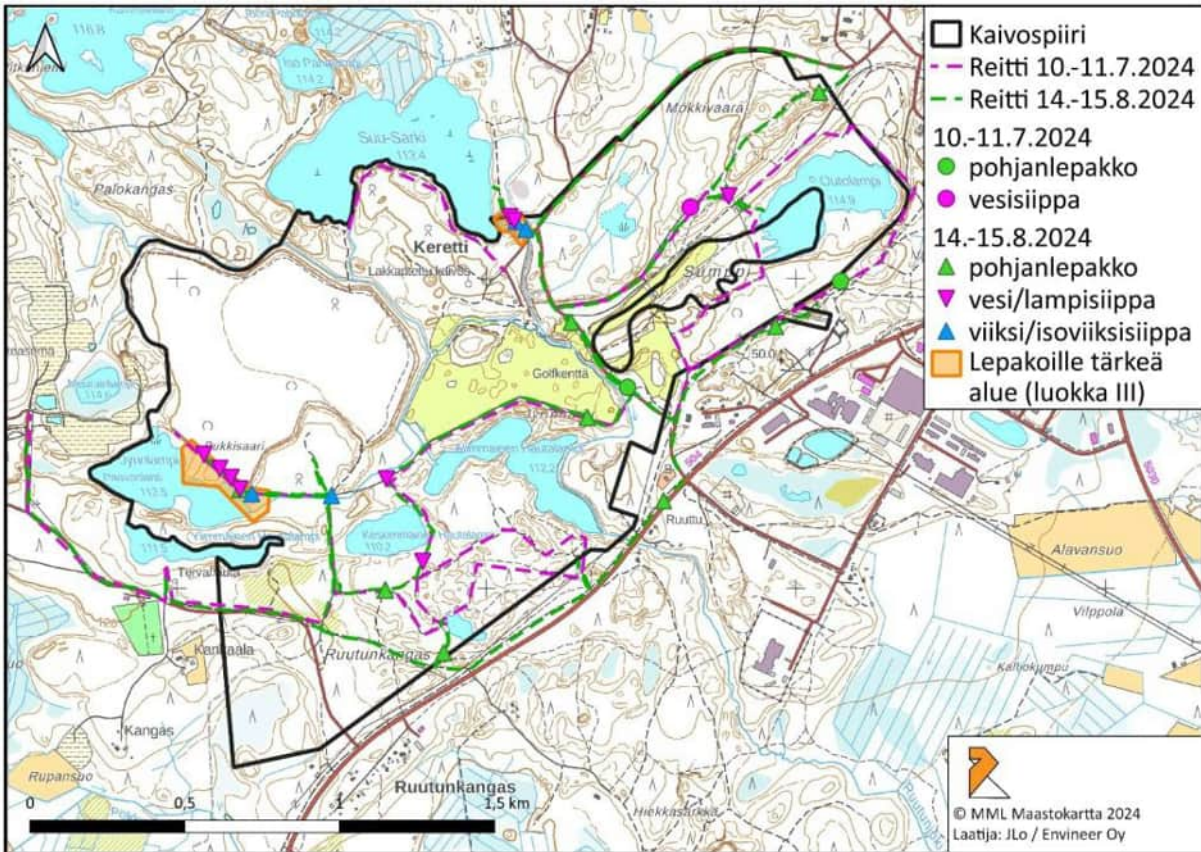
4.6.1.2 Pesimälinnusto

Pesimälinnuston kuvaus perustuu hankealueella tehtyihin maastokartoituksiin. Kartoitukset tehtiin varhain aamulla yhdellä laskentakerralla. Vuonna 2021 alueen linnustoa kartoitettiin pistelaskentana Envineer Oy:n toimesta 2.7.2021 (FinnCobalt Oy, YVA-selostus, 2023). Pesimälinnustonselvityksessä keskityttiin huomionarvoisiin lajeihin (lintudirektiivin liitteen I lajit, erityisesti suojeltavat lajit, kansallisesti tai alueellisesti uhanalaiset lajit ja Suomen vastuulajit). Hautalammen aurinkovoima-alueen suunnittelualueelta ei havaittu huomionarvoista lajistoa tai rajattu linnustollisesti merkittäviä alueita selvitysalueelta tai sen lähistöltä.

Lajitietokeskuksen tietokannoissa ei ole havaintoja huomionarvoisista lintulajeista alueella (tietopyyntö 11.12.2024).

4.6.1.3 Lepakot

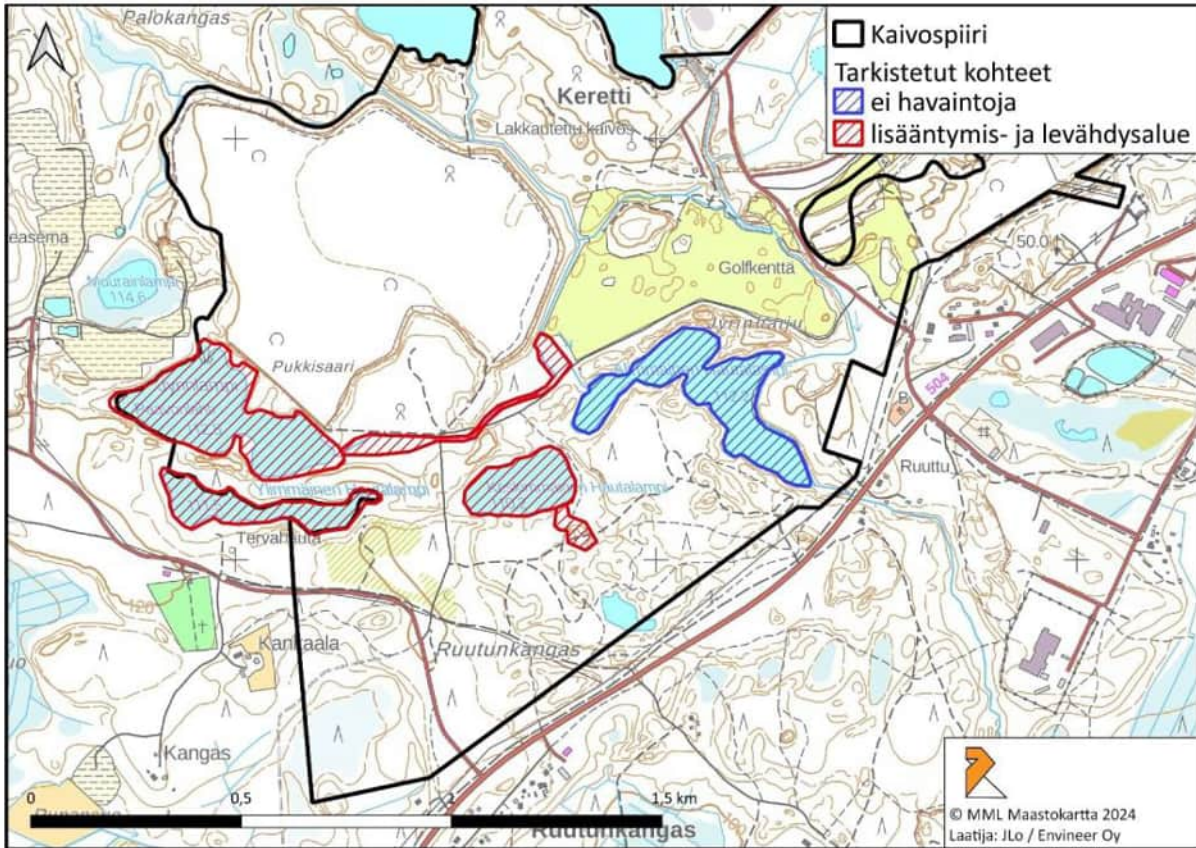
Lepakoita selvitysalueella ja sen läheisyydessä on kartoitettu vuosina 2021 (FinnCobalt Oy, YVA-selostus, 2023) ja 2024 (Envineer Oy, 2024). Vuonna 2024 suunnitellun aurinkovoima-alueen läheisyydestä, Jyrinlammen rannalta rajattiin lepakoille tärkeä ruokailualue (arvoluokka III). Lähimmillään alueelle matkaa on noin 300 metriä. Lajitietokeskuksen tietokannoissa ei ole havaintoja lepakoista hankealueella tai sen välittömässä läheisyydessä (tietopyyntö 11.12.2024).



Kuva 13. Lepakkokartoitusten reittijäljet ja havainnot sekä rajatut lepakoille tärkeät alueet. Kuva lainattu raportista Hautalammen luontoselvitykset 2024, Envineer Oy 2024.

4.6.1.4 Viitasammakko

Viitasammakoita selvitysalueella ja sen läheisyydessä on kartoitettu vuosina 2021 (FinnCobalt Oy, YVA-selostus, 2023) ja 2024 (Envineer Oy, 2024). Vuoden 2021 kartoituksessa viitasammakoita havaittiin seuraavilla lammilla: Alimmainen Hautalampi, Keskimmäinen Hautalampi ja Ylimmäinen Hautalampi. Lisäksi alueella havaittiin viitasammakoita alueella esiintyvien kaivettujen ojien rannoilla ja tulvimisvyöhykkeellä. Lisäksi Sysmäjärven lounaisnurkassa kuultiin useiden kymmenien yksilöiden soidinääntelyä. Vuonna 2024 täydennettiin vuoden 2021 selvityksiä, jonka tulokset on esitelty alla olevassa kuvassa (Kuva 14). Kuvassa esitellyillä lisääntymis- ja levähdysalueilla havaittiin useita viitasammakoita.



Kuva 14. Viitasammakkokartoituksessa 2024 tarkistettujen lammen ja havaintojen perusteella rajatut viitasammakon lisääntymis- ja levähdysalueet. Kuva lainattu raportista Hautalammen luontoselvitykset 2024, Enviner Oy 2024.

Suunnitellulla aurinkovoima-alueella ei viitasammakkohavaintoja tai lajille potentiaalista elinympäristöä, joka voisi soveltua lisääntymis- tai levähdyspaikaksi.

4.6.1.5 Liito-orava

Suunnitellulla aurinkovoima-alueella ei havaintoja tai lajille potentiaalista elinympäristöä, joka voisi soveltua lisääntymis- tai levähdyspaikaksi. Lajitietokeskuksen tietokannoissa ei ole havaintoja liito-oravista hankealueella tai sen välittömässä läheisyydessä (tietopyyntö 11.12.2024).

4.6.1.6 Suurpedot

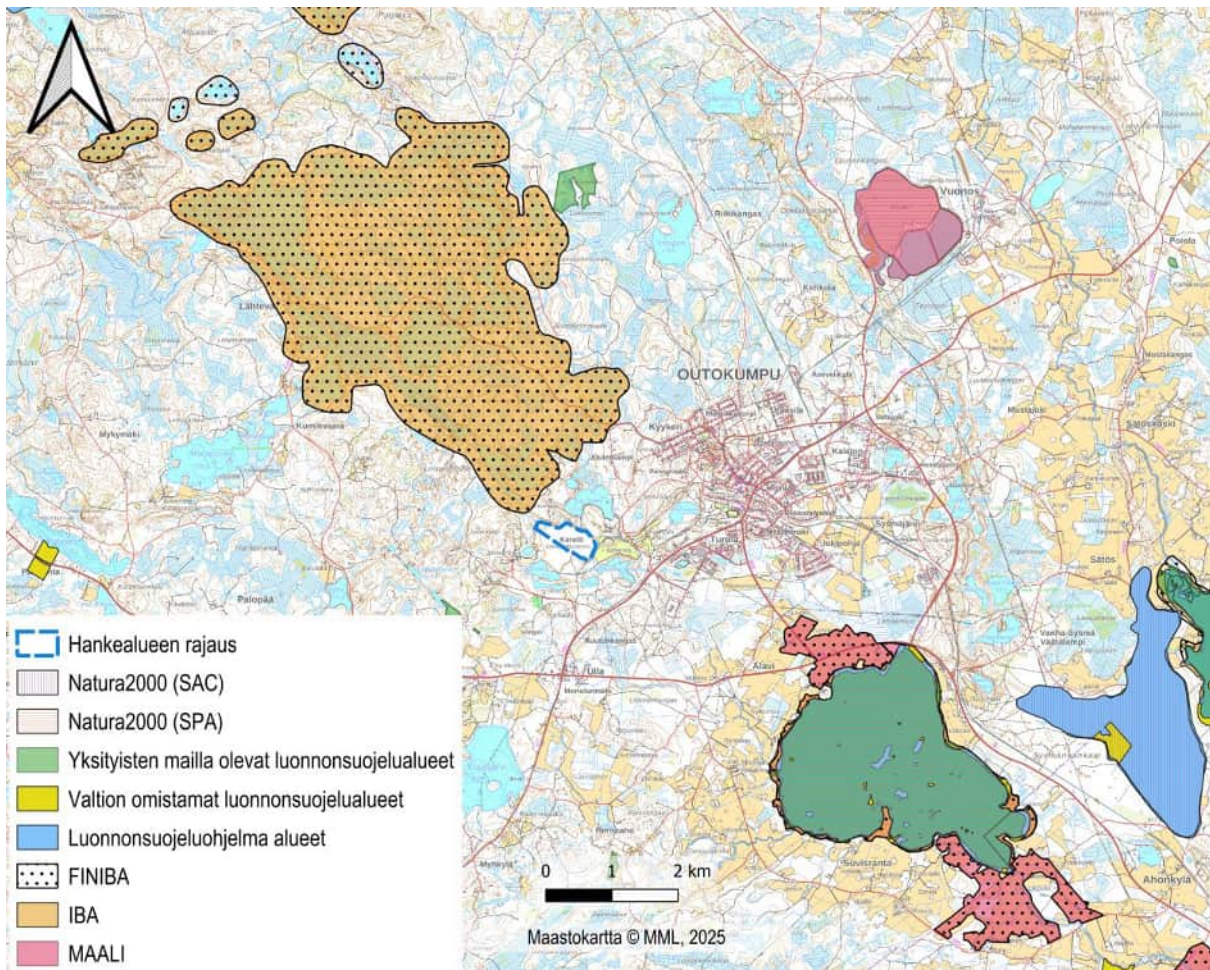
Lähin tunnettu susireviiri vuonna 2023 sijaitsee yli 30 kilometrin päässä selvitysalueelta pohjoiseen (LUKE 2024). Vuonna 2022 selvitysalue on sijainnut Juuka-Polvijärven lauman reviirin eteläreunalla. Kyseistä reviiriä ei ole vuoden 2022 jälkeen muodostunut. Outokumpu sijoittuu jokaisen Suomen suurpedon levinneisyysalueelle, mutta alueen metsäiset alueet eivät ole ideaalisia suurpedojen elinympäristöjä. Alueella ei sijaitse erämaisia, ihmisvaikutuksen ulkopuolella olevia suurpedoille soveltuvia elinalueita ja alue voisi toimia korkeintaan lajin saalistusalueena.

4.6.1.7 Suojelualueet

Lähimmät luonnonsuojelualueet ovat Vilhonpuron luonnonsuojelualue (n. 1,5 km etäisyydellä lounaispuolella) sekä Sysmäjärven (SPA FI0700001) Natura-alue (n. 3,5 km etäisyydellä kaakkoispuolella), jonka suojeluperusteena on alueen monipuolinen linnusto. Sysmäjärvi kuuluu myös maakunnallisesti (MAALI), kansainvälisesti (FINIBA) ja Suomen arvokkaisiin (IBA) lintualueisiin.

Selvitysalueen pohjoispuolella sijaitsee laaja FINIBA- ja IBA-alue nimeltään Outokummun-Kaavin seudun oligotrofiset järvet (FINIBA 570364). Alueen reuna sijaitsee lähimmillään 200 metrin päässä

suunnitellulta aurinkovoima-alueelta. Alue on muun muassa merkittävän kuikan (LC – elinvoimainen) ja nuolihaukan (LC - elinvoimainen) pesimäalue.



Kuva 15. Luonnonsuojelualueet hankealueen ympäristössä.

4.6.2 Vaikutukset luontoon

4.6.2.1 Kasvillisuus ja luontotyypit

Kasvillisuuteen ja luontotyypeihin kohdistuvat vaikutukset syntyvät rakentamisen aikana, jolloin alueella olevaa kasvillisuutta joudutaan raivaamaan. Toiminnan aikana kasvillisuutta myös käsitellään, jotta paneelit eivät vaurioidu tai peity kasvillisuuden alle. Hankkeesta ei aiheudu merkittäviä vaikutuksia kasvillisuuteen tai luontotyypeihin alueella. Vaikutuksien arvioidaan olevan erittäin vähäisiä.

4.6.2.2 Linnusto

Aurinkovoima-alueen suurimmat muutosvaikutukset liittyvät elinympäristön pirstoutumiseen. Aurinkopaneelit voivat myös muuttaa elinympäristöä aiheuttamalla törmäysriskin heijastuspintojen kautta, joka aiheuttaa vedenomaisen vaikutelman. Ilmiö aiheuttaa myös erityisesti muuttaville vesilinnuille harhautuksen muuttoreitiltä kuolleisuuden lisäksi, jos ne laskeutuvat aurinkopaneelikentälle kauas oikeasta vesistöstä. Tämä voi aiheuttaa lisäkuolleisuutta etenkin suurille vesilintulajeille (mm. kuikka, kaakkuri, hanhet, joutsenet) (Bennun ym. 2021). Aurinkovoiman linnustovaikutuksista Pohjoismaissa on toistaiseksi hyvin vähän tutkimustietoa, sillä teollisen mittakaavan aurinkovoimakenttiä ei ole ollut vielä juurikaan toiminnassa. Rakentamisen aikainen melu ei todennäköisesti ulotu linnustollisesti arvokkaille alueille, mutta vaikutuksia voidaan tarvittaessa minimoida rauhoittamalla pesintäaika huhti-kesäkuu meluisimmilta rakennustöitä.

Hankkeen vaikutukset linnustoon ja linnustollisesti arvokkaisiin alueisiin, sekä lajistoon arvioidaan YVA-selostusvaiheessa tehtyihin selvityksiin pohjautuen vähäisiksi suunnitellun aurinkovoima-alueen sijaintiin ja kokoon vedoten. Aurinkovoima-alueen ei nähdä aiheuttavan merkittävää törmäysriskiä eikä suunnittelualueelle sijoitu linnustollisesti arvokkaita alueita.

4.6.2.3 *Liito-orava*

Lajia tai lajille soveltuvaa elinympäristöä ei esiinny alueella, joten lajiin ei kohdistu vaikutuksia.

4.6.2.4 *Lepakot*

Suunnittelualue on pääasiassa ennestään avointa eikä sen takia tärkeitä lepakkoalueita. Aurinkovoimalan rakentamisen myötä alueet eivät pääse metsittymään vaan pysyvät rakennettuina. Vaikutus arvioidaan vähäisen kielteiseksi lepakoiden kannalta. Läheiseen luokan III – lepakoiden ruokailualueelle ei kohdistu vaikutuksia.

4.6.2.5 *Viitasammakko*

Aurinkovoimaloiden ja tien rakennustöiden melu voivat pahimmillaan häiritä viitasammakkoja, jos työt tehdään sammakoiden soidinaikaan. Vaikutus on lyhytaikainen ja ohimenevä, ja jos alueella vältetään meluisia työvaiheita soidinaikaan toukokuussa, merkittäviä vaikutuksia lajin lisääntymis- ja levähdyspaikkoihin ei aiheudu. Hankkeen kokonaisvaikutukset viitasammakkoon arvioidaan vähäisiksi.

4.6.2.6 *Muu lajisto*

Aurinkovoimalan rakentaminen voi vaikuttaa eläinlajeihin suoraan tai epäsuorasti, elinympäristön muutoksen tai häirintävaikutuksen kautta. Maankäytön muutos tapahtuu aurinkovoima-alueen, teiden ja sähkösiirtolinjojen osalta rakennusvaiheessa. Elinympäristöt säilyvät pääosin muuttuneina myös toiminnan aikana ja ainakin jonkin aikaa myös toiminnan loputtua. Aurinkovoima-alueiden häirintävaikutus on voimakkainta rakentamisen ja toiminnan lopettamiseen liittyvän purkamisen aikana, jolloin koneiden ja ihmisten äänet karkottavat etenkin arkoja lajeja.

Elinympäristöjen muutoksen vaikutuksen merkittävyys riippuu siitä, onko kyseessä niiden elinkierron kannalta merkittävä paikka, esimerkiksi lisääntymiseen, levähtämiseen tai ruokailuun käytettävä alue vai reviirin muu osa. Elinympäristöjen muutoksilla voi myös olla vaikutusta ekologisiin yhteyksiin alueiden välillä. Ekologisia yhteyksiä tarkasteltaessa tulee huomioida myös hankealueen ulkopuolisia alueita ja lähialueella jo tehtyjä tai suunnitteluvaiheessa olevia maankäytön muutoksia.

Aurinkopaneelien rakentamisen aikaiset vaikutukset vastaavat muun infrastruktuurin kuten teiden rakentamista tai turvetuotantoa ja metsätaloutta, mitä hankealueella nykyiselläänkin harjoitetaan. Häiriövaikutus on kuitenkin tilapäinen ja arvioidaan merkitykseltään vähäiseksi

4.6.2.7 *Suojelualueet*

Luonnonsuojelualueisiin ei kohdistu suoria vaikutuksia rakentamisesta tai toiminnasta. Mahdolliset vaikutukset ovat epäsuoria, ja kohdistuvat pääosin alueiden linnustoon. Linnustovaikutuksia on käsitelty aiemmin kappaleessa. Vaikutukset luonnonsuojelualueisiin arvioidaan vähäisiksi.

4.6.2.8 *Luontoon kohdistuvien vaikutusten yhteenveto*

Ei merkittäviä kielteisiä vaikutuksia. Vaikutusten arvioidaan olevan kokonaisuudessaan vähäisiä negatiivisia.

Huomionarvoisille luontokohteille ei kohdistu maankäytönmuutoksen toimenpiteitä eikä siten suoria vaikutuksia hankkeesta synny luontotyypeille, luonnonsuojelualueille taikka lajistolle.

Epäsuoria vähäisiä negatiivisia vaikutuksia saattaa syntyä rakentamisen aikana melusta sekä heijastusvaikutuksesta.

4.7 Maisema, kulttuuriympäristö ja arkeologia

4.7.1 Maisemavaikutusten yleisperiaatteet

Hankkeen maisemavaikutuksia arvioitaessa on määriteltävä, kuinka pitkälle hankkeen maisemavaikutukset ulottuvat, ja mitkä ovat hankkeen maisemavaikutusten kannalta merkittävimmät tarkastelusuunnat.

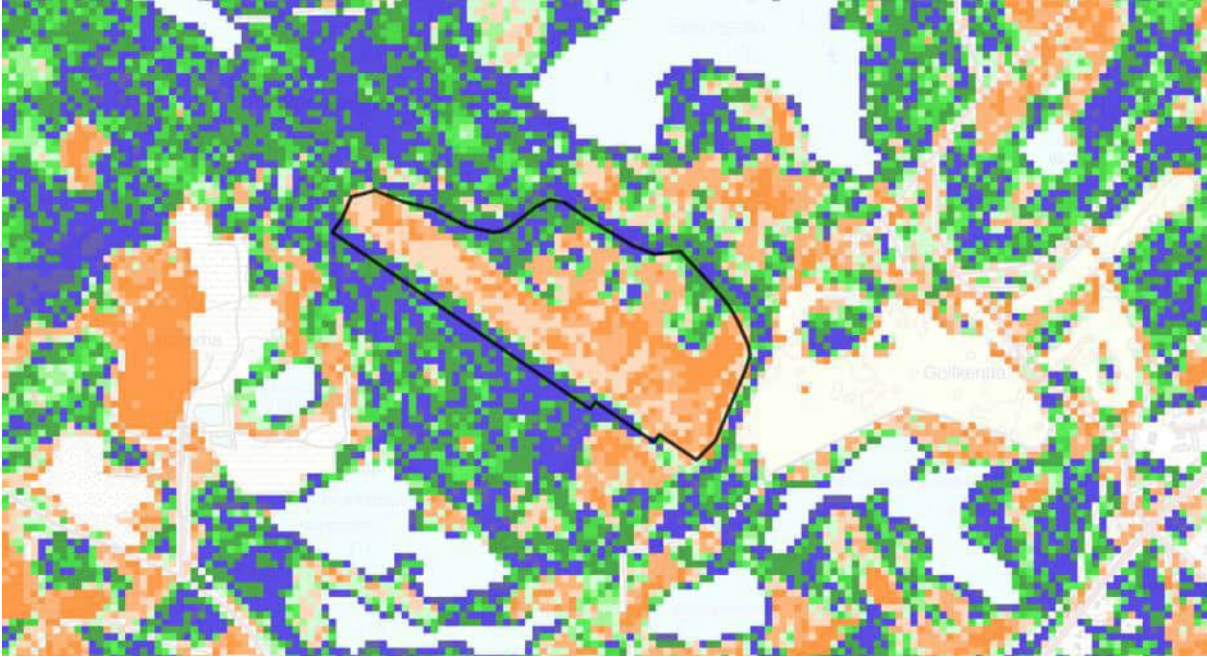


Kuva 16. Yleinen periaatekuva teollisen mittakaavan aurinkopaneelikentästä.

Maahan asennettuna aurinkopaneelit yltävät tyypillisesti noin 4 metrin korkeuteen, eli ne ovat selvästi täysikasvuista puustoa matalampia. Näin ollen niiden maisemavaikutus kohdistuu pääsääntöisesti paneelikentän välittömään lähiympäristöön, niiden lähivaikutusalueelle. Hankealueen läheisyydessä ei ole valtakunnallisesti, maakunnallisesti tai paikallisesti tunnistettuja maisemallisia arvoalueita.

Vuoden 2021 tiedon mukaan hankealueen tai sitä ympäröivä talousmetsä on kasvanut melko korkeaksi (ks. seuraava kuva). Puuston keskipituus hankealueen lounaisella puoliskolla ja rajan ulkopuolella on noin 18-22 metriä (tumman siniset ruudut), monin paikoin noin 14-18 metriä (tummimmat vihreät) ja noin 8-14 metriä (vaaleammat vihreät). Hankealueen koillisella puoliskolla puusto on matalinta, 0-8 metriä (oranssin sävyt). Valkoiset alueet ovat puutonta aluetta, kuten golfkenttä, vesistöjä tai teitä.

Maisemavaikutusten kannalta oleellisia ovat hankealueen reunavyöhyke ja puusto sen ulkopuolella. Puuston pituus reuna-alueella sekä sisä- että ulkopuolella on usein noin 14-21 metriä korkea, seassa on myös tätä matalampaa puustoa. Puustoisien reunavyöhykkeen leveys on paikoin melko kapea, muutamia kymmeniä metrejä, kuten hankealueen kaakkoisosassa, golfkentän vastaisella reunalla. Tästä lähtökohdasta aurinkopaneelit saattaisivat näkyä golfkentälle ja sen eteläpuoliselle ajoväylälle. Koska aurinkovoimala-alue sijaitsee kuitenkin ympäristöään jopa noin 10 m korkeammalla ”ylängöllä”, eivät paneelit todennäköisesti näy lainkaan.



Kuva 17. Karttaote, jossa esitetty hankealueen likimääräinen rajausta mustalla sekä puuston keskikipituus (Luonnonvarakeskus, "Puuston keskikipituus 2021 (dm)", (12/2024). Taustakartta: MML Maastokartta, 12/2024.

Hankkeen maisemavaikutukset ovat hyvin vähäisiä, ja valtaosalle lähivaikutusalueetta niitä ei muodostu lainkaan. Suunnittelualueelta ei ole näkymiä isommille teille.

Hankkeella ei ole vaikutuksia valtakunnallisesti, maakunnallisesti tai paikallisesti arvokkaisiin maisemallisiin arvoalueisiin.

Heijastusvaikutukset

Aurinkokennot muuttavat auringonsäteitä sähköenergiaksi. Kaikki paneeleista heijastuva valo on täten hukkaenergiaa, joka on suoraan pois kennojen tehokkuudesta. Aurinkokennot on tästä syystä kehitetty heijastamaan mahdollisimman vähän valoa, ja ne muun muassa käsitellään heijastuksenestosuojalla. Aurinkopaneeleista voi kuitenkin heijastua valoa tietystä kulmasta.

Koska aurinkovoimala sijoittuu etäälle maanteistä, ja sitä ympäröi puustoiset alueet, arvioidaan aurinkovoimalan aiheuttamat heijastusvaikutukset (esimerkiksi liikenteen suhteen) erittäin vähäisiksi. Puustoisuuden säilyttämistä turvaa osaltaan asemakaavan yleismääräys "Alueen puusto tulee säilyttää niiltä osin kuin sen kaataminen ei ole välttämätöntä kaivostoiminnan, alueen pääkäyttötarkoituksen, liikenneväylien tai muun vastaavan toiminnan vuoksi" sekä en-1-alueen määräyksen kohta "Voimala tulee rakentaa ensisijaisesti puuttomalle, harvaan kasvaneelle tai taimikkoalueelle, ja vasta näiden jälkeen metsäalueelle."

4.7.2 Kulttuuriympäristö

Hankealueen reunasta noin 250 m itään sijaitsee Keretin vanha kaivostorni. Torni on rakennusperintölain nojalla suojeltu ja se on myös osa valtakunnallisesti merkittävää rakennettua kulttuuriympäristöä (RKY), "Outokummun vanha kaivosalue ja Keretin kaivostorni". Varsinainen RKY-alue sijaitsee kauempana koillisessa, alkaen noin 1,5 km päässä hankealueen rajalta.

Kaivostornista noin 140 m itäkaakkoon sijaitsee entisen kaivostoiminnan aikainen veturitalli, joka on kaavaehdotuksessa esitetty kulttuurihistoriallisesti merkittäväksi rakennukseksi, jota ei saa purkaa ilman pakottavaa syytä.

Pinnanmuotojen ja puuston perusteella voidaan arvioida, että aurinkovoimalan alue ei näy vanhalle kai-vostornille maanpinnalta katsottuna. Tornin huipulta näköyhteys todennäköisesti muodostuu tornin kor-keuden (96 m) vuoksi. Torni ei kuitenkaan ole eikä sitä oteta yleiseen käyttöön (esim. näkötorni).

Koska torni on teollinen rakennus ja siten luonteva osa alueen historiaa ja tulevaa käyttöä, eikä aurin-kopaneelialue peitä tai edes näy samassa kaukomaisemassa tornin kanssa, voidaan arvioida, että au-rinkovoimahankkeen vaikutukset kulttuuriympäristöön ovat merkityksettömät.

4.7.3 Arkeologinen kulttuuriperintö

Hankealueella ei ole arkeologista kulttuuriperintöä. Hankealueen lähistöllä on kaksi historiallisen ajan tervahautaa. Toinen sijaitsee Ylimmäisen Hautalammen eteläpuolella ja Jyrinmäentien pohjoispuolella. Toinen tervahauta sijaitsee kauempana Kuusjärventien eteläpuolella Ruutunkankaan kohdalla.

Aurinkovoimalan toteutuksella ei arvioida olevan vaikutuksia arkeologiseen kulttuuriperintöön.

4.8 Ilmanlaatu

Suunnittelualueella ei sijaitse tällä hetkellä toimintoja, joilla olisi ilmanlaatua heikentävää vaikutusta. Suunnittelualueen länsipuolella sijaitsee Jyrin jäteasema, joka voi aiheuttaa hajuhaittoja hankealueelle ja muualle lähiympäristöön.

Aurinkovoimalan rakentamisvaihe voi aiheuttaa jossain määrin mm. pölyämistä, kun alueella liikkuu ras-kaampaa koneistoa muun muassa raivaustöiden ja huoltoteiden rakentamisen aikana. Lähimmät asuin-alueet sijaitsevat kuitenkin melko kaukana, ja vallitseva tuulensuunta (etelälounaasta) huomioiden jopa noin 1 kilometrin päässä Suu-Särjen toisella puolella. Lisäksi kyse on kuitenkin vain tavanomaisen kal-taisesta infrarakentamisesta, josta ei luultavasti aiheudu merkittävän suuria haittoja.

Toiminnan aika ei aiheuta erityisiä ilmanlaatuun vaikuttavia häiriöitä.

Voimalan sijainti ja toteuttamisen luonne huomioiden vaikutukset ilmanlaatuun arvioidaan hyvin vähäi-siksi.

4.9 Ilmasto

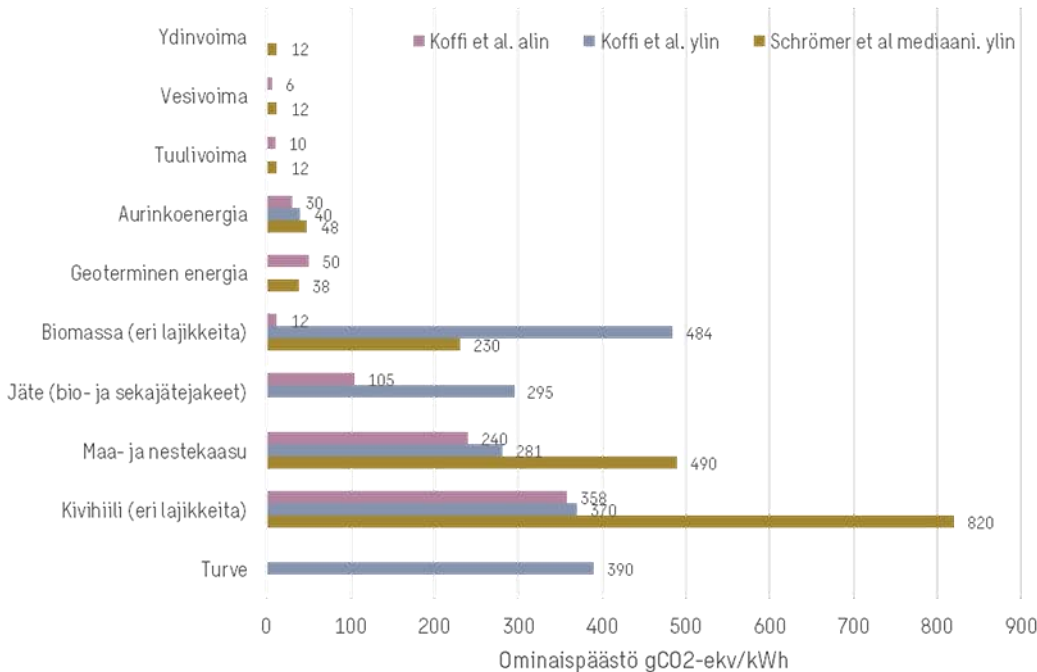
Outokumpu on osa Pohjois-Karjalaa, jolle on valmistunut ilmasto- ja energiaohjelma vuonna 2021 (Poh-jois-Karjalan maakuntaliitto, 2021). EU:n ja Suomen ilmasto- ja energiatavoitteita alueellisesti toteutta-van ohjelman päätavoitteena ja visiona on, että Pohjois-Karjala on ilmastokestävyyden edelläkävijä Suomessa vuoteen 2030 mennessä. Tarkoituksena on myös avata uusia mahdollisuuksia entistä mo-nimuotoisemmalle elinkeinoelämälle ja turvata luonnon monimuotoisuutta sekä edistää hyvinvointia.

Outokumpu on liittynyt vuonna 2015 HINKU-kuntiin, jotka ovat sitoutuneet tavoittelemaan 80 prosentin päästövähennystä vuoteen 2030 mennessä vuoden 2007 tasosta. Kunnat pyrkivät esimerkiksi lisää-mään uusiutuvan energian käyttöä ja parantamaan energiatehokkuutta, mikä vähentää ilmastopäästöjä (hiilineutraalisuomi.fi 2024).

Tällä hetkellä (vuoden 2023 ennakkotieto, tarkistettu joulukuussa 2024) Outokummun asukaskohtainen hiilijalanjälki on 5,7 tCO₂e. Eniten päästöjä aiheutuu Outokummussa maataloudesta, 10,8 ktCO₂e ja toisiksi eniten tieliikenteestä 10,3 ktCO₂e. Kokonaisuudessaan Outokummun päästöt ovat vuoden 2023 ennakkotiedon mukaan 36,9 ktCO₂e. Koko Suomen asukaskohtainen hiilijalanjälki on 5,0 tCO₂e ja Poh-jois-Karjalan alueella asukaskohtainen hiilijalanjälki on 5,9 tCO₂e (Syke 2024).

Aurinkovoimatuotannon merkittäväksi myönteiseksi vaikutukseksi luetaan se, että sen avulla voidaan lisätä uusiutuvan energian kapasiteettia, vastata kasvavaan sähkön tarpeeseen sekä edistää päästövähennystavoitteiden saavuttamista. Tällä hetkellä ei ole enää mielekäästä laskea aurinkovoiman korvaa-van fossiilisia energiantuotantomuotoja, sillä Suomessa vuonna 2023 hiilidioksidivapaan sähkön osuus sähköntuotannosta oli jo 94 prosenttia. Korvaavuus ei ole varma seuraus hankkeesta.

Aurinkovoiman hiilijalanjälki esimerkiksi tuuli- ja ydinvoimaan verrattuna on suurempi (Kuva 18), mutta erityisesti maantieteellisten ja sosiaalisten tekijöiden vuoksi on tärkeää että tuuli-, vesi- ja ydinvoiman lisäksi käytössä on myös muita ”puhtaita” energiantuotantomuotoja. Muihin energialähteisiin vertaamisen lisäksi aurinkoenergian päästöjä voidaan verrata realistiseen päästökertoimeen, joka Suomessa vuonna 2023 oli 40 gCO₂/kWh (Fingrid 2024).



Kuva 18. Arvioita energialähteiden elinkaaren aikaisista päästöistä (SYKE, 2020).

Nykytila

Hankealue on tällä hetkellä hienojakoista entistä rikastushiekka-alueella tai täyttömaata. Rikastushiekka ei läpäise vettä erityisen hyvin. Ilmakuvien avulla tehtyjen arvioiden mukaan 60–70-luvulla alueella on ollut vettä. Hankealueella on tehty hakkuita lähivuosina ja siellä kasvaa eri ikäistä puustoa.

Rakentamisen vaikutukset

Hautalammen aurinkovoimahankkeessa on suunniteltu rakennettavaksi enintään noin 20 MWp aurinkovoimala noin 26 hehtaarin alueelle. Paneelien koko ja määrä sekä lopulliset tievaraukset tiedetään vasta rakennuslupavaiheessa. Perusratkaisu päätetään aina maaston ja tarpeen mukaan. Pitkää sähkönsiirtoreittiä ei tällä hetkellä ole suunnitelmassa rakentaa, sillä ajatuksena on, että tuotettu energia hyödynnetään Hautalammen kaivoksessa aurinkovoimalan vieressä. Ilmastovaikutusten näkökulmasta tämä on hyvä asia, sillä näin hankkeen materiaalipäästöt jäävät hieman alhaisemmiksi, puustoa ei tarvitse kaataa, mikä vaikuttaa esimerkiksi hiilivarastoon ja hiilinieluun positiivisesti. Uuden mahdollisen kaivostoiminnan ydin tulisi hankealueen koillispuolelle ja todennäköisesti sähkönsiirto vedettäisiin sinne maakaapelina. Mikäli sähkö päätettäisiin siirtää valtakunnan verkkoon, pituutta sähkönsiirrolle tulisi noin 1,5 km (Outokummun Energia Oy:n sähköasemalle Kuusjärventien varressa).

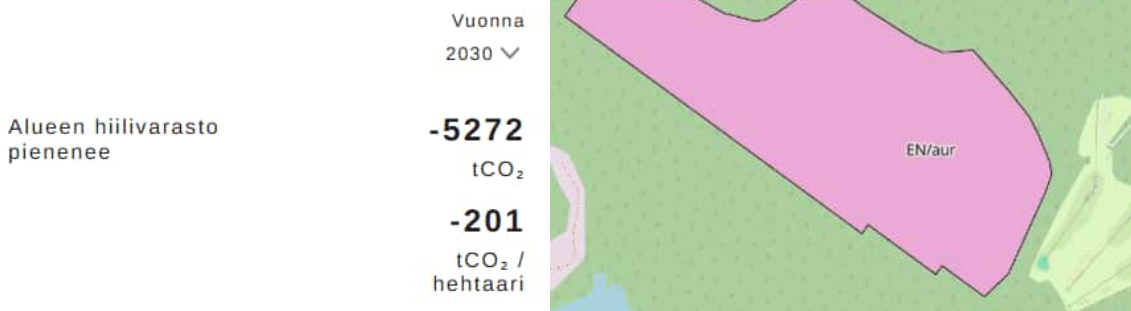
Paneelien ja voimajohtojen lisäksi alueelle voidaan rakentaa myös esimerkiksi muuntamoja, akustoja, varastoja sekä huoltoteitä. Teitä on tarkoituksena rakentaa vähintään kahdesta eri suunnasta, ja ne ovat mitoitukseltaan pelastustien mukaisia (ajoreitin leveys suoralla tieosuudella 3,5 metriä). Alueen ympärille aiotaan rakentaa suoja-aita.

Vaikutustenarvioinnissa on oletettu varovaisuusperiaatteen mukaan, että (Kuva 4) alueelta kaadetaan kaikki siellä tällä hetkellä sijaitseva puusto. Mahdollista kuitenkin on, että lounaisen pitkän sivun metsäkaistale säilyy tai niin että pienempi alue koko alueesta otetaan aurinkovoiman käyttöön.

Hiilikarttatyökalun mukaan aurinkovoimahankkeen rakentamisen vuoksi alueen kasvillisuuden ja maaperän hiilivarasto pienenee yhteensä noin 5 300 tCO₂ vuoteen 2030 mennessä riippuen rakentamisen

aikataulusta (Hiilikarttatyökalu 2024). Mikäli aluetta ei otettaisi aurinkovoimakäyttöön vaan se jäisi metsätaloukseen, sen maaperässä olisi potentiaalia kasvaa metsää lähes koko laajuudeltaan. Metsän puusto ja maaperä voivat toimia sekä hiilivarastona että hiilinieluna, ja molemmat ovat erittäin tärkeitä ilmastonmuutoksen hillitsemisen kannalta.

Kaavan vaikutus hiilivarastoon



Kuva 19. Hiilikarttatyökalun tulokset kaavan vaikutuksesta hiilivarastoon (kuvakaappaus hiilikartta.avoin.org)

NRELin² mukaan aurinkovoimaloiden hiilijalanjäljestä suurin osa muodostuu aurinkokennojen valmistamisesta. Materiaaleista eniten päästöjä aiheuttaa useimmiten teräs. Aurinkopaneelien osia ovat muun muassa alumiininen runko, temperoitu paneelilasi, kapselointikalvo, yksi- tai monikiteiset piikennot, sekä polymeerimuovinen levy (Hakala 2021). Metallurgisen piin tuotanto vaatii korkeaa lämpötilaa ja prosessissa syntyy paljon sulfideja sekä hiilidioksidia. Suuri osa koko maailman aurinkopaneeleista, kiteisestä piistä, aurinkokennoista ja piikiekoista on valmistettu Kiinassa (Enkhardt 2021). Ilmastovaikutusten kannalta sillä on merkitystä, missä paneelit ja niiden osat valmistetaan.

Aurinkosähköjärjestelmän on tutkittu tuottavan energian, joka sen valmistamiseen on kulutettu, takaisin noin 1,3–1,4 vuodessa (Fraunhofer-instituutti 2023). Aurinkopaneelien telineiden materiaali voi vaihdella. Ne voidaan rakentaa esimerkiksi teräksestä tai puusta. Myös kierrätysmateriaalien käyttö, esimerkiksi käytettyjen metallisten tai teräksisten liikennevalotolppien hyödyntäminen, on mahdollista. Aurinkopaneelien rakentamisesta aiheutuvia jätelajeja työmaalla ovat muun muassa pahvi ja pakkausjäte. Myös materiaalien kuljetus hankealueelle aiheuttaa päästöjä. Usein materiaalit kuljetetaan paikalle rekalla lavetilla tai merikonteissa. Elinkaaren lopussa rakenteet poistetaan ja kierrätetään tai hävitetään. Alue voidaan mahdollisesti maisemoida tai sinne voidaan istuttaa metsää.

Hankkeen merkittävimmät vaikutukset ilmastoon aiheutuvat rakentamisen aikana sekä poistuvasta hiilivarastosta ja hiilinielusta. Jokaisessa hankkeessa, jossa rakennetaan, aiheutuu päästöjä. Hyviä puolia aurinkoenergiassa on esimerkiksi, että paneelit ovat pitkäikäisiä ja käyttövaiheessa järjestelmän huolto- tarve on pieni. Inverttereiden tekninen käyttöikä on noin 15 vuotta (Motiva 2023). Hankkeen jatkosuunnittelussa on suositeltavaa arvioida uudelleen ilmastovaikutukset, kun lähtötiedot, kuten esimerkiksi paneelien tarkka lukumäärä ja sijoittelu, paneelityyppi, valmistusmaa, perustamistapa, teiden sijainti ja määrä, sekä sähkönsiirto ovat selvillä.

Ilmastonmuutoksen on tutkittu lisäävän sään ääri-ilmiöitä, joilla voi olla haitallisia vaikutuksia hankkeelle. Ilmatoriskejä hankkeessa saattavat aiheuttaa esimerkiksi hulevedet, sillä vaikka maaperää ei pinnoiteta, paneelisiin osuva vesi vertautuu kattopinta-alaan. Rankkasateiden, ääriämpötilojen, pitkien kuivusjaksojen, metsäpalojen ja tulvien lisäksi myös myrskyt voivat esimerkiksi kaataa puita paneelien tai muun alueen infran päälle. Hautalammen alue ei kuitenkaan sijaitse tulvariskialueella ja puiden kaatumiseen ja metsäpaloihin varaudutaan riittäväillä varoetäisyyksillä ja vyöhykkeillä. Hankkeen vuorostaan ilmastolle aiheuttamia haitallisia vaikutuksia voidaan vähentää muun muassa paneelivalinnoilla, minimoimalla mahdollisen betonin määrä, käyttämällä vähähiilistä betonia ja kierrätettyä sekä vähähiilistä terästä. Mikäli päädytään kaatamaan puuta hankkeen tieltä, voidaan mahdollisesti kompensoida hiilinielun ja -varaston menetystä esimerkiksi metsittämällä lähistön alueita tai ennallistamalla maakunnan suoalueita.

² National Renewable Energy Laboratory / FS-6A20-56487, <https://www.nrel.gov/docs/fy13osti/56487.pdf>

Aurinkovoimalan negatiiviset vaikutukset ilmastoon arvioidaan vähäisiksi.

Positiiviset vaikutukset arvioidaan suuriksi.

4.10 Liikenne

Suurimmat liikennevaikutukset keskittyvät aurinkovoimalan rakentamisaikaan ja kohdistuvat läheiselle Kuusjärventielle sekä Keretintielle, joka asemakaavamuutoksen myötä on osa kaivosaluetta ja tulee joiltain osin suljetuksi yleiseltä liikenteeltä.

Toiminnan aikana liikennettä syntyy ajoittaisesta huoltoajosta. Lisäksi alueen kasvillisuutta joudutaan pitämään matalana, ettei se peitä paneeleita. Toiminnan aika ei aiheuta merkittävää liikennettä.

Aurinkovoimalan vaikutukset liikenteeseen arvioidaan kielteisiksi, mutta hyvin vähäisiksi.

4.11 Maankäyttö, alue- ja yhdyskuntarakenne

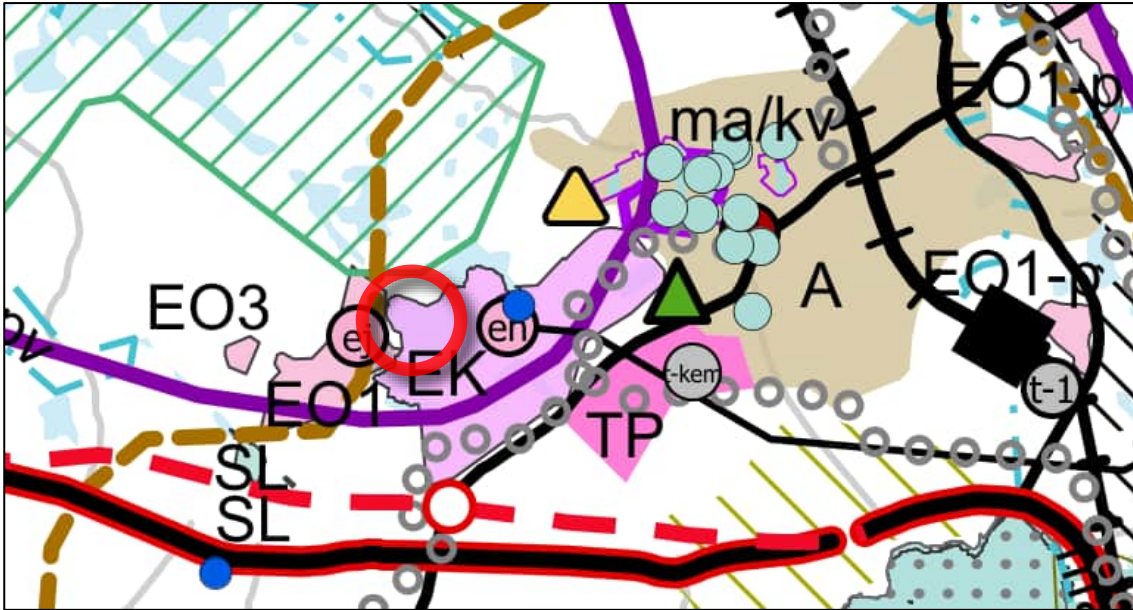
4.11.1 Valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet

Valtakunnallisten alueidenkäyttötavoitteiden mukaisesti hanke edistää siirtymistä vähähiiliseen yhteiskuntaan. Vaikka tavoitteet eivät sisällä konkreettisia infrastruktuurihankkeita, on aurinkoenergian hyödyntäminen niiden mukaista. Resurssitehokkuuden tavoitteiden kannalta on hanke jo kaivostoiminnan läheisyyden puolesta kannatettava. Aurinkovoima hankkeena tukee vähähiilistä yhdyskuntakehitystä, mikä on välttämätöntä, jotta Suomi pystyy täyttämään Pariisin ilmastopimuksen mukaiset päästövähennysvelvoitteet. Hanke hyödyntää lähes kokonaan olemassa olevia liikenneyhteyksiä, eikä sen toteuttamiseksi tarvita uutta tieverkkoa, ainoastaan kaivosalueen sisäisiä väyliä. Aurinkovoimalan toiminta vähentää energiantuotannon haittoja rajoittamalla itse päästöjen muodostumista. Suomen sisäisellä energian tuotannolla vahvistetaan myös huoltovarmuutta. Hanke ei vaaranna kulttuuriympäristöjä eikä luonnonperinnön arvoja. Rakentaminen ei heikennä tai vaikeuta lähialueiden muuta maankäyttöä.

4.11.2 Maakuntakaava

Maakuntakaava on ohjeena laadittaessa tai muutettaessa yleiskaavaa ja asemakaavaa sekä ryhdyttäessä muutoin toimenpiteisiin alueiden käytön järjestämiseksi. Alueella on voimassa Pohjois-Karjalan maakuntakaava sekä Pohjois-Karjalan maakuntakaava 2040 1. vaihe. Hautalammen alueella vaihe-
maakuntakaavassa ei ole osoitettu aluevarauksia tai merkintöjä, joten alueella on käytännössä merkin-
töjä vain Pohjois-Karjalan maakuntakaavasta.

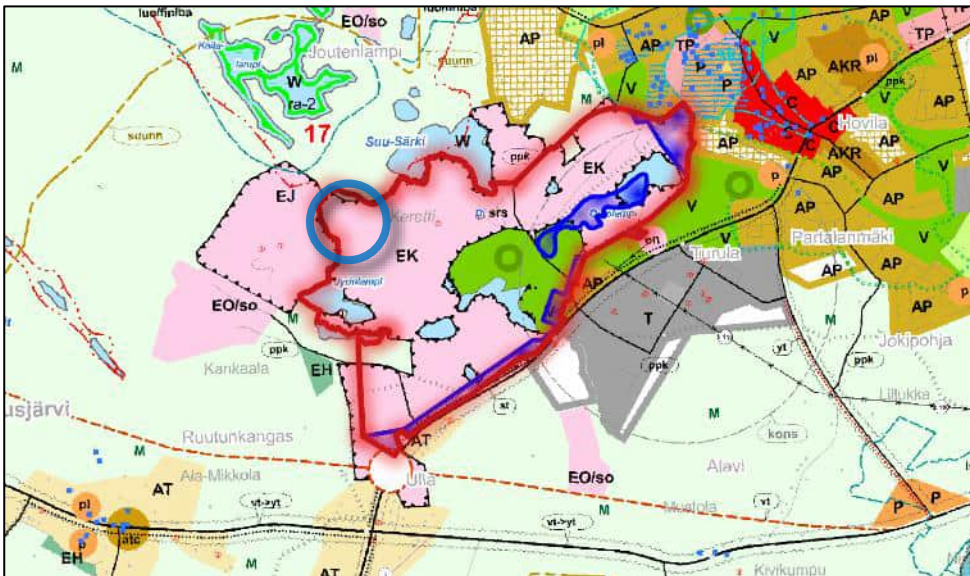
Hankealue kuuluu maakuntakaavassa kaivosalueeseen (violetti EK).



Kuva 20. Ote voimassa olevien maakuntakaavojen epävirallisesta yhdistelmästä. Hankealueen sijainti on osoitettu punaisella ympyrällä.

4.11.3 Yleiskaava ja asemakaava

Alueella on voimassa 29.12.2009 vahvistettu Joensuun seudun yleiskaava 2020. Siinä koko hankealue on osa kaivosaluetta (violetti EK), ks. seuraava kuva.



Kuva 21. Ote Joensuun seudun yleiskaava 2020:sta (© Joensuun kaupunki, MML). Hankealueen sijainti on osoitettu sinisellä ympyrällä. Vireillä oleva Hautalammen asemakaavamuutoksen raja on osoitettu punaisella reunaviivalla.

Hankealueella ei ole voimassa asemakaavaa. Lähimmät asemakaavoitetut alueet ovat idässä Kuusjärventien varressa ja edelleen Outokummun keskustassa. Vireillä oleva Hautalammen asemakaava ja asemakaavan muutos kattaa lainvoiman saatuaan myös hankealueen.

Kaivosalueen pieni osa, jota ei tarvita kaivostoiminnan käyttöön, on luontevaa ottaa aurinkovoimalan käyttöön, varsinkin kun tavoitteena on tuottaa sähköä kestäväällä tavalla kaivostoiminnan tarpeisiin.

Hanke ei ristiriidassa minkään muun maankäytön suunnitelman kanssa, eikä hankkeen nähdä vaikeuttavan tulevaa maankäytön suunnittelua.

4.11.4 Maa- ja metsätalous

Hankealueen talousmetsää ei tiettävästi hoideta nykyisin, vaan se on saanut kasvaa vapaasti, ja aieman kaivostoiminnan jäljiltä avoimet alueet metsittyä.

Aurinkovoimalalla ei ole merkittäviä vaikutuksia maa- ja metsätalouteen.

4.12 Melu

Aurinkokennot tuottavat sähköä äänettömästi. Hankkeen meluvaikutukset liittyvät suurimmilta osin rakentamisvaiheeseen, jolloin alueella liikkuu raskaampaa koneistoa muun muassa raivaustöiden ja huoltoteiden rakentamisen aikana. Rakennustyöt ajoittuvat kuitenkin päiväsaikaan, eivätkä aiheuta ääntä öisin. Suunnittelualueella tai sen välittömässä läheisyydessä ei myöskään sijaitse asutus- tai työpaikka-keskittymiä, joihin meluvaikutus kohdistuisi suoraan. Viereisen golffkentän käyttäjät saattavat kärsiä rakentamisen aikaisesta melusta jossain määrin.

Aurinkovoimalan ollessa käytössä saattaa se ajoittain vaatia huoltotoimenpiteitä, jolloin saattaa syntyä hetkellistä huoltotyöstä aiheutuvaa lyhytkestoista ääntä.

Hankkeen meluvaikutukset arvioidaan tilapäiseksi ja ajoituksensa vuoksi rakentamisenkin aikana vähäiseksi.

4.13 Paloturvallisuus

Hautalammen aurinkovoimahanketta ei ole vielä suunniteltu. Yleisenä periaatteena aurinkovoimala-alueilla on, että paneelientät jaetaan huoltoteiden jakamiin osiin. Paneelientästä ulkopuolelta poistetaan puustoa varjostamisen estämiseksi. Tämä vähentää myös tulen leviämiskä tulipalon sattuessa.

Aurinkovoimalahankkeissa voidaan käyttää ohjeena Pelastuslaitosten kumppanuusverkoston laatimaa ”Aurinkosähköjärjestelmien paloturvallisuusohje” (Aurinkosähköjärjestelmien paloturvallisuus -työryhmä), jonka tällä hetkellä viimeisin versio on 13.6.2024.

Paloturvallisuutta parantavat myös seuraavat en-1-osa-alueeseen liittyvät asemakaavamääräykset:

- Alueen ympärille tulee rakentaa suoja-aita.
- Voimala-alueelle tulee järjestää vähintään kaksi eri suunnista tulevaa ajoväylää, jotka täyttävät pelastustien mitoituksen.
- Rakentamista koskevasta lupahakemuksesta tulee pyytää pelastusviranomaisen lausunto.

Paloturvallisuuteen vaikuttaa lopulta myös se, millaista tekniikkaa voimala-alueelle sijoitetaan – tuleeko alueelle esim. akustoja sähkön varastoimiseksi.

Toteutuakseen hanke vaatii rakennusluvan. Hakemuksen yhteydessä kuullaan myös pelastuslaitosta, ja hankkeelle on syytä laatia vielä tarkempi pelastus- ja opastussuunnitelma.

Em. paloturvallisuusohjeen mukaan aurinkosähköjärjestelmien mm. ennakoivan ja korjaavan kunnossapidon erityiskysymyksiä käsitellään ja ohjeistetaan standardissa SFS-EN IEC 62446-2.

Energian tuotannon aikana muuntamot voivat aiheuttaa tulipalovaaran. Mikäli hankealueelle toteutetaan akustoja, myös litiumioniakut voivat aiheuttaa tulipalovaaran. Akun toimintahäiriöt tai vauriot voivat johtaa myös vaarallisten kemikaalien, kuten elektrolyyttien tai raskasmetallien, vapautumiseen ympäristöön. Voimalakenttien välittömässä läheisyydessä ei sijaitse rakennuksia, jotka olisivat vaarassa mahdollisen tulipalon sattuessa. Etäisyyksiä eräisiin rakennuksiin, noin:

- Keretin kaivostorni: 250 m
- vanha veturitalli: 370 m
- hautausmaan rakennukset: 500 m

- lähimmät asuinrakennukset: 600 m (Kankaala etelälounaassa), 950 m (Ruutunkankaan asuinalue etelässä) ja 920 m (Keretintien alun asuinrakennus)
- huoltoasema: 900 m (idässä Kuusjärventien varressa)

Hankealue ei sijoitu Seveso III-direktiivin mukaiselle konsultointivyöhykkeelle. Vyöhykkeen raja sijaitsee noin 500 m päässä idässä.

Hanke ei aiheuta erityistä riskiä paloturvallisuuden kannalta, mikäli asiaan kiinnitetään huomiota jo suunnitteluvaiheessa.

4.14 Yhteenveto maa-asenteisten aurinkovoimaloiden vaikutusten huomioinnista

Aurinkovoimalahankkeella on merkityksettömiä tai hyvin vähäisiä (myönteisiä tai kielteisiä) vaikutuksia:

- ihmisten elinoloihin ja viihtyisyyteen
- virkistyskäyttöön tai jokaisenoikeuksiin
- terveyteen ja turvallisuuteen
- elinkeinoin ja palveluihin
- verokertymään; olettaen, että sähkö käytetään kaivostoiminnassa
- pohjavesiin
- maa- ja kallioperään
- luonnonvaroihin
- luontoarvoihin
- maisemaan, kulttuuriympäristöön tai arkeologiseen kulttuuriperintöön
- ilmanlaatuun
- ilmastoon; kielteiset vaikutukset
- liikenteeseen
- maankäyttöön sekä alue- ja yhdyskuntarakenteeseen
- maa- ja metsätalouteen
- meluun
- paloturvallisuuteen

Hankkeella arvioidaan olevan suurempia myönteisiä vaikutuksia:

- ilmastoon

Hankkeella arvioidaan olevan suurempia kielteisiä vaikutuksia:

- pinta- ja hulevesiin

Vaikutusten lieventämiskeinoja on esitetty kohdassa 4.4.3.3 Vaikutusten lieventäminen. Poimintoja:

- Tulee huolehtia, että hanke ei aiheuta riskiä sille, että rikastushiekka-alueen suoto- ja valumavedet ylittäisivät raja-arvoja, jotka on määrätty voimassa olevaan Keretin kaivoksen jälkitarkkailuun liittyen; esim. kaivannot eivät saa ulottua jätehiekkään saakka.
- Eroosion ja pintavalunnan ehkäiseminen: paneelien etureunan alapuolisten kohtien suojaaminen eroosiolta sekä monimuotoisen kasvillisuuden suunnittelu.
- Ennen rakentamisen aloittamista työmaavesille on suunniteltava riittävä käsittely.
- Uudet tiet rakennetaan sorapintaisina, jotta ne läpäisevät hieman vettä.

Aurinkovoimalan ja kaivoksen välisen kaapelireitin sijainti ei ole tässä vaiheessa tiedossa. Kaapeli sijoittuu todennäköisesti kokonaisuudessaan kaivosalueelle, ja mahdollisuudet sen sijoittamiseen

ympäristöä häiritsemättä ovat hyvät. Alustavana tavoitteena on, että aurinkovoimala palvelee vain kaivoksen energiantarvetta. Kaivosalueen vieressä sijaitsee Okun Energia Oy:n sähköasema. Sen kautta sähköä voidaan tarvittaessa syöttää 110 kV:n sähköverkkoon. Suunnittelualueelle ja sen lähiympäristöön laadittiin kevään ja kesän 2021 ja 2024 aikana luontoselvitykset. Luontoselvitykseen kuuluivat kasvillisuus- ja luontotyyppi-, pesimälinnusto-, lepakko- ja viitasammakkoselvitys. Aurinkovoimalan suunnitellulle hankealueelle ei sijoitu huomionarvoisia luontokohteita tai lajihavaintoja.

Lähteet

- Adira Ajith N, Rohith AN, Cibin R, McPhillips LE (2022) Evaluating the potential impacts of solar farms on hydrological responses. 2022 ASABE International Meeting Meeting 2201262. doi:10.13031/aim.202201262
- AFRY (2023) PFS Study for Hautalampi Ni-, Cu-, Co-deposit, Outokumpu, Finland. 240 s.
- Alahuhta J, Hellsten S, Kuoppala M, Riihimäki J (2016) Regional and local determinants of macrophyte community compositions in high-latitude lakes of Finland. *Hydrobiologia*. DOI: 10.1007/s10750-016-2843-2.
- Arvola L, Järvinen M, Tulonen T (2011) Long-term trends and regional differences of phytoplankton in large Finnish lakes. *Hydrobiologia* 660:125-134.
- Baiamonte, G., Gristina, L., Palermo, S. 2023. Impact of solar panels on runoff generation process. *Hydrological Processes*. 2023;37:e15053.
- Bennun, L., van Bochove, J., Ng, C., Fletcher, C., Wilson, D., Phair, N., Carbone, G. 2021. Mitigating biodiversity impacts associated with solar and wind energy development. Guidelines for project developers. Gland, Switzerland: IUCN and Cambridge, UK: The Biodiversity Consultancy.
- Bilotta GS, Brazier RE (2008) Understanding the influence of suspended solids on water quality and aquatic biota. *Water Research* 42:2849-2861.
- BirdLife International, 2024. Data zone. (kansainvälisesti arvokkaat lintualueet (IBA) kartalla). <http://datazone.birdlife.org/site/mapsearch>
- BirdLife Suomi, 2023. Tärkeät lintualueet. <https://www.birdlife.fi/suojelu/alueet> (luettu 18.12.2023).
- Cook, LM. & McCuen, RH (2013). Hydrologic Response of Solar Farms. *Journal of Hydrologic Engineering*, 18(5), 536–541. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)HE.1943-5584.0000530](https://doi.org/10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0000530)
- ELY (2022) Vuoksen vesienhoitoalueen vesienhoitosuunnitelma vuosille 2022–2027. Osa 1. Vesienhoitoaluekohtaiset tiedot. Raportteja 20/2022. <https://www.doria.fi/handle/10024/184581>. Viitattu 16.12.2024.
- Enkhardt S. 2021. Frameless glass-glass solar modules made in Europe have the best CO2 footprint, Fraunhofer ISE says. Viitattu 14.12.2024. <https://www.pv-magazine.com/2021/09/24/frameless-glass-glass-solar-modules-made-in-europe-have-the-best-co2-footprint-fraunhofer-ise-says/>
- Envineer Oy. 2024. Hautalammen luontoselvitykset 2024.
- EPA (2011) Shining light on a bright opportunity. Developing solar energy on abandoned mine lands. United States Environmental Protection Agency. 26 s.
- Fingrid 2024. Sähköntuotannon ja -kulutuksen CO2 päästöarviot. www.fingrid.fi/sahkomarkkinainformaatio/co2/. Luettu 20.12.2024.
- FinnCobalt Oy 2023. Hautalammen kaivos. Ympäristövaikutusten arviointiselostus (YVA-selostus), Envineer Oy, 20.3.2024
- FinnCobalt Oy 2024. Hautalammen luontoselvitykset 2024, Envineer Oy, 21.8.2024.
- Fraunhofer Institute, 2023. Photovoltaics Report. Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems, ISE with support of PSE Projects GmbH. www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/Photovoltaics-Report.pdf
- Gullotta, A., Aschale, TM., Peres, DJ., Sciuto, G., Cancelliere, A. 2023. Modelling stormwater runoff changes induced by ground-mounted photovoltaic solar parks: a conceptualization in EPA-SWMM. *Water Resources Management* 37: 4507-4520
- Hernandez RR, Easter SB, Mariscal-Murphy ML, ym. (2014) Environmental impacts of utility-scale solar energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 29: 766-779

Hiilikarttatyökalu. <https://hiilikartta.avoin.org/>

Hiilineutraalisuomi.fi 2024. <https://www.hiilineutraalisuomi.fi/fi-FI/Hinku/Hinkukunnat>. Viitattu 20.12.2024

Hyvärinen, E., Juslén, A., Kemppainen, E., Uddström, A. ja Liukko, U.-M. 2019. Suomen lajien uhanalaisuus – Punainen kirja. Ympäristöministeriö ja Suomen Ympäristökeskus.

Liu H, Wu C, Yu Y, Zhao W, Liu J, Yu H, Zhuang Y, Yetemen O (2023) Effects of solar farms on soil erosion in hilly environments: a modelling study from the perspective of hydrological connectivity. Water Resource Research 59: e2023WR035067

Kontula, T. & Raunio, A. (toim.) 2018: Suomen luontotyyppien uhanalaisuus 2018. Luontotyyppien punainen kirja – Osa 2: Luontotyyppien kuvaukset. Suomen ympäristökeskus ja Ympäristöministeriö, Helsinki. Suomen ympäristö 5/2018. 925 s.

Kumar NM, Chopre SS, Rajput P (2020) Chapter 12 – life cycle assessment and environmental impacts of solar PV systems. Photovoltaic Solar Energy Conversion. Technologies, Applications and Environmental Impacts. Academic Press. s. 391-411.

LUKE, 2023a. Monilähteisen valtakunnan metsien inventoinnin (MVMI) kartta-aineisto 2021.

<https://www.opendata.fi/data/dataset/monilahteisen-valtakunnan-metsien-inventoinnin-mvmi-kartta-aineisto2021> (luettu 18.12.2024).

LUKE, 2023b Luonnonvaratieto -verkkopalvelu Luonnonvaratieto (luke.fi) (luettu 18.12.2024)

Motiva. 2023. Aurinkoenergia Suomessa. Diaesitys 21.3.2023. Teemu Kettunen.

Niskala K (2011) Kaivannaisjätealueiden kartoitus. Kartoitusohjeen sekä tietojen saatavuuden arviointi. Lahden Ammattikorkeakoulu. 89 s.

Olin M, Rask M, Ruuhijärvi J, Kurkilahti M, Ala-Opas P, Ylönen O (2002) Fish community structure in mesotrophic and eutrophic lakes of southern finland: the relative abundance of percids and cyprinids along a trophic gradient. Journal of Fish Biology 60:593-612

Patella, J. 2022. How solar PV stormwater regulation has evolved and what to consider at your next site. Solar Builder Magazine. <https://solarbuildermag.com/featured/how-solar-pv-stormwater-regulation-has-evolved-and-what-to-consider-at-your-next-site/> (Viitattu 28.6.2024)

Pohjois-Karjalan maakuntaliitto. 2021 Pohjois-Karjalan ilmasto ja energiaohjelma 2030. <https://pohjois-karjala.fi/wp-content/uploads/2022/03/199-Pohjois-Karjalan-ilmasto-ja-energiaohjelma-2030.pdf>

Preene, M., Brassington, R. 2003. Potential groundwater impacts from civil-engineering works. Water and Environment Journal, 17: 59–64.

Quant M, Willstrand O, Mallin T, Hynynen J (2023) Ecotoxicity evaluation of fire-extinguishing water from large-scale battery and battery electric vehicle fire tests. Environmental Science and Technology 57:4821-4830

Rabaia MKH, Abdelkareem MA, Sayed ET ym. (2021) Environmental impacts of solar energy systems: A review. Science of the Total Environment 754:141989

Räisänen ML, Tornivaara A, Haavisto T, Niskala K, Silvola M (2013) Suljettujen ja hylättyjen kaivosten kaivannaisjätealueiden kartoitus. Ympäristöministeriön raportteja 24/2013

Savo-Karjalan ympäristötutkimus (2023) Keretin kaivoksen jälkitarkkailu toukokuu 2023. Lausunto 5 s.

Sillanpää, N., Koivusalo, H., 2015. Stormwater quality during residential construction activities: influential variables. Hydrological Processes 29:4238-4251

Suomen Lajitietokeskus, 2024. <https://laji.fi/> ((tietopyyntö käyttörajoitettuun aineistoon 11.12.2024)

Syke. 2024. Kuntien ja alueiden khk-päästöt. <https://paastot.hiilineutraalisuomi.fi/>

Syke 2023. WSFS-Vemala kuormitustiedot. <https://ckan.ymparisto.fi/dataset/wsfs-vemala-kuormitustiedot>. Viitattu 23.12.2024.

Syke, 2020. Elinkaaripäästöjen laskennalla energiantuotannon ytimeen: aurinko-, geo-, tuuli-, vesi- ja ydinvoima puhtaimpia energialähteitä. [https://www.hiilineutraalisuomi.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Hiilineutraaliblogi/Elinkaaripaastojen_laskennalla_energiant\(58629\)](https://www.hiilineutraalisuomi.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Hiilineutraaliblogi/Elinkaaripaastojen_laskennalla_energiant(58629)). Viitattu 20.12.2024

Tolonen KT, Holopainen IJ, Hämäläinen H, Rahkola-Sorsa M, Ylöstalo P, Mikkonen K, Karjalainen J (2005) Littoral species diversity and biomass: concordance among organismal groups and the effects of environmental variables. *Biodiversity and Conservation* 14: 961-980

Trenouth, W., Gharabaghi, B, 2015. Event-based soil loss models for construction sites. *Journal of Hydrology* 524:780-788

Vuorio K, Järvinen M, Kotamäki N (2020) Phosphorus thresholds for bloom-forming cyanobacterial taxa in boreal lakes. *Hydrobiologia* 847:4389-4400

Yavari, R., Zaliwciw, D., Cibir, R., McPhillips, L., 2022. Minimizing environmental impacts of solar farms: a review of current science on landscape hydrology and guidance on stormwater management. *Environmental Research: Infrastructure and Sustainability* 2:032002

Younger PL, Banwart SA, Hedin RS (2002) Mine water. *Hydrology, pollution, remediation. Environmental Pollution* 5. Springer Dordrecht 442 s.

Together with our clients and the collective knowledge of our 18,500 architects, engineers and other specialists, we co-create solutions that address urbanisation, capture the power of digitalisation, and make our societies more sustainable.

Sweco – Transforming society together