

Ilmastovaikutusten arviointi

KORPISALONNEVA SÄHKÖENERGIAVARASTO

ROOPE VAINIO, VAPO TERRA OY

04/2026

VAPO TERRA OY
Yrjönkatu 42, PL 22
40100 Jyväskylä

Vaihde 020 790 4000
etunimi.sukunimi@neova-group.com
Y-tunnus 3311755-5

vapo.fi

VAPO TERRA OY
Yrjönkatu 42, P.O. Box 22
FI-40100 Jyväskylä

Phone +358 20 790 4000
firstname.lastname@neova-group.com
VAT FI33117555

vapo.fi

Sisällys

1. Johdanto	2
2. Laskentayksikkö	3
2.1. Sähkövarasto ja muut komponentit	3
Akku.....	3
Muuntaja.....	4
Konvertteri	4
2.2 Ympäröivä infra	4
3. Hiilitase.....	5
3.1 Sähkövaraston elinkaari	5
Tuotevaihe.....	6
Rakentaminen	6
Käyttövaihe	6
Elinkaaren loppu	6
3.2 Menetelmät ja lähteet	6
Laskentaperiaatteet	6
Tietolähteet.....	7
4. Hankkeen perustiedot	8
5. Päästökertoimet	10
5.1 Syrjäytetty sähkö	10
6. Tulokset.....	12
6.1 Syrjäytetyn sähkön vaikutus	13
7. Johtopäätökset.....	14
7.1 Epävarmuudet	15
8. Lähteet	16

1. Johdanto

Sähkövarastot ovat keskeinen osa energiajärjestelmän murrosta kohti vähäpäästöistä ja uusiutuviin energialähteisiin perustuvaa tuotantoa. Ne mahdollistavat uusiutuvan energian tehokkaamman hyödyntämisen tasaamalla tuotannon ja kulutuksen vaihtelua, parantamalla sähköverkon joustavuutta sekä vähentämällä fossiilisiin polttoaineisiin perustuvan säätövoiman tarvetta. Näiden hyötyjen vuoksi sähkövarastojen rooli kasvaa nopeasti niin teollisuudessa, kiinteistöissä kuin sähköverkkotasolla.

Vaikka sähkövarastoja pidetään usein ilmastoratkaisuna, niiden kokonaisilmastovaikutukset eivät ole yksiselitteisesti positiivisia ilman tarkempaa tarkastelua. Sähkövarastojen valmistus, erityisesti akkuteknologioissa käytettävien materiaalien louhinta ja jalostus, voi aiheuttaa merkittäviä kasvihuonekaasupäästöjä. Lisäksi varastojen käytönaikaiset päästöt riippuvat siitä, millä sähköllä varasto ladataan, kuinka tehokkaasti energiaa varastoidaan ja puretaan sekä kuinka pitkä niiden tekninen käyttöikä on.

Ilmastovaikutusten arvioinnin tavoitteena on muodostaa kokonaiskuva sähkövaraston elinkaaren aikaisista päästöistä ja niiden jakautumisesta eri vaiheisiin. Arviointi tukee päätöksentekoa esimerkiksi teknologian valinnassa, mitoituksessa ja sijoittelussa sekä auttaa tunnistamaan tilanteet, joissa sähkövarasto aidosti vähentää järjestelmän kokonaispäästöjä. Systemaattinen ja läpinäkyvä arviointi on siten keskeinen edellytys sille, että sähkövarastoja voidaan hyödyntää tehokkaasti osana ilmastotavoitteiden saavuttamista.

2. Laskentayksikkö

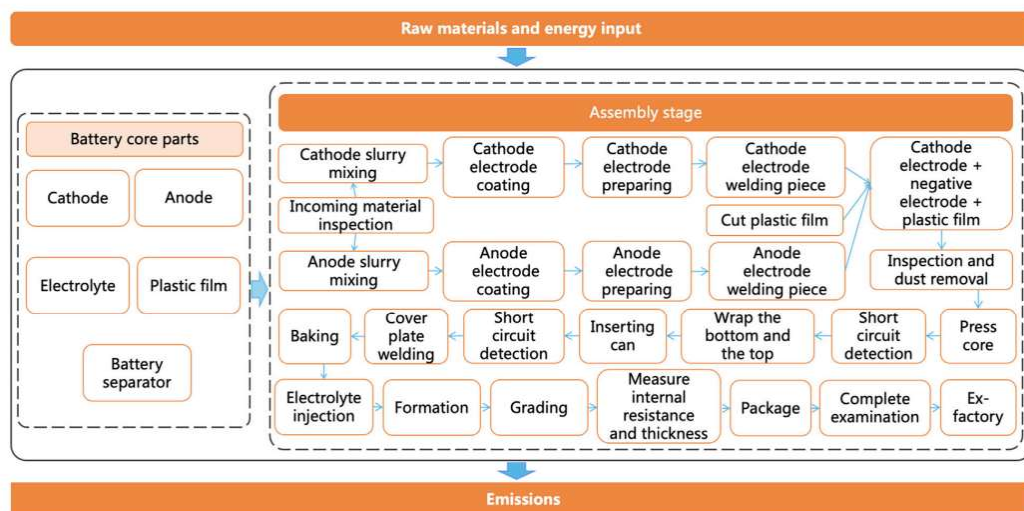
Sähkövarasto koostuu akusta, konverttereista, muuntajista sekä muista sähkölaitteista kuten kaapeleista. Sähkövaraston tekninen käyttöikä on 6000 sykliä, millä päästään noin 20 vuoden elinikään mikäli vuodessa tapahtuu noin 300 täyttä lataussykliä. Puretun varaston osat kierrätetään.

2.1. Sähkövarasto ja muut komponentit

Sähkövarastokokonaisuus muodostuu akuista, muuntajista, konverttereista ja muista sähköteknisistä laitteista. Näiden lisäksi sähkövarastot sijoitetaan merikontteihin.

Akku

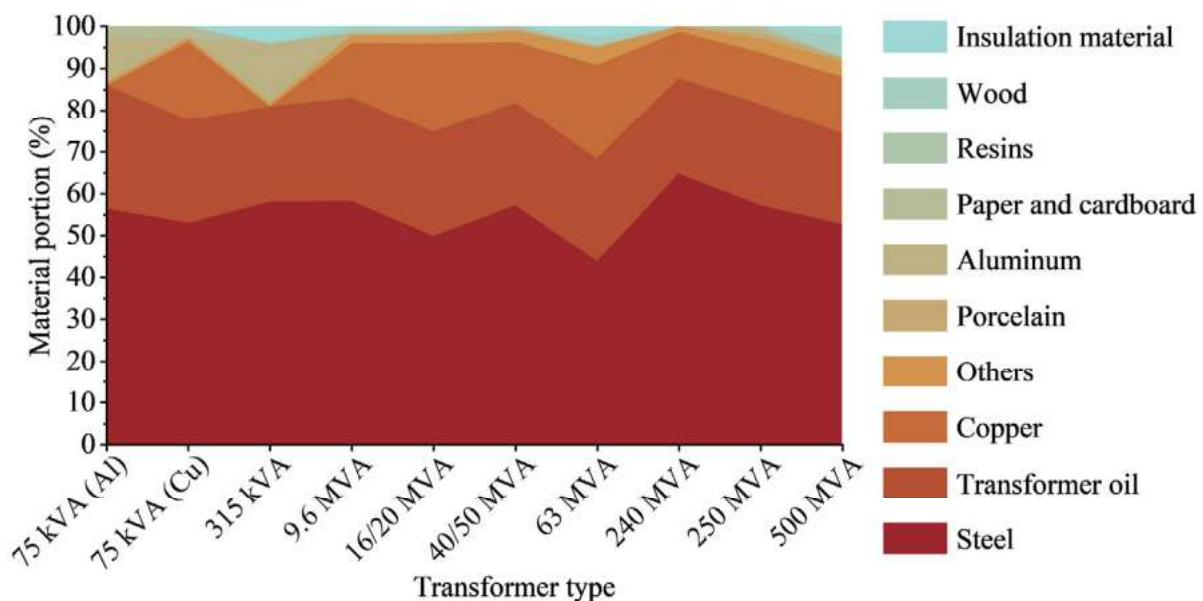
Akut muodostavat sähkövaraston keskeisimmän ja ilmastovaikutuksiltaan merkittävimmän osa-alueen. Niiden tehtävänä on varastoida sähköenergia kemiallisessa muodossa ja muuntaa se takaisin sähköksi tarvittaessa. Akkujen ominaisuudet määrittävät pitkälti koko sähkövaraston kapasiteetin, hyötysuhteen, käyttöiän sekä elinkaaren aikaiset kasvihuonekaasupäästöt. Tässä raportissa tarkastellaan kokonaisuutta, mikä pohjautuu litiumrautafosfaattiakkuun. Kuviossa 1 esitetään akun rakenne ja siihen käytettävät työvaiheet.



Kuvio 1 Litiumrautafosfaatti akun sisältö ja työvaiheet (Lin et. al. 2024)

Muuntaja

Muuntajat ovat keskeinen osa sähkövarastokokonaisuutta niiden mahdollistaessa jännitteen sovittamisen sähköverkon ja akuston välillä. Vaikka muuntajien osuus sähkövaraston kokonaisilmastovaikutuksista on tyypillisesti pienempi kuin akkujen, niillä on merkittävä vaikutus järjestelmän energiatehokkuuteen ja siten epäsuorasti myös käytönaikaisiin päästöihin. Kuviossa 2 havainnollistetaan eri muuntajakokojen materiaali-jakaumat. Kaikissa muuntajakoissa teräs kattaa suurimman osan



Kuvio 2 Muuntajan materiaali-jakauma eri tehoisilla muuntajilla. Liu et al. 2025.

Konvertteri

Konvertterit mahdollistavat sähköenergian muuntamisen eri sähkömuotojen välillä sekä varaston liittämisen sähköverkkoon. Akkuvarastoissa konvertterit toimivat pääasiassa tehoelektroniikkalaitteina, jotka muuttavat akkujen tasavirran (DC) jännitetasoa.

2.2 Ympäröivä infra

Sähkövarasto sijoitetaan kantavan murskekentän päälle ja se aidataan.

3. Hiilitase

Hiilitase tarkoittaa yksinkertaisimmillaan hiilivaraston muutosta vuositason määritetyn alueen tai systeemin sisällä. Hiilitase kuvaa hiilen kiertokulkua, jossa hiiltä sitoutuu maaperään, mistä se joko luonnollisesti ajallaan hajoaa takaisin ilmakehään, tai ihmisen toiminnan seurauksena nopeammalla syklillä. Mikäli hiilitase on negatiivinen, on ympäristöön päässyt enemmän hiilidioksidia kuin sitä on sidottu, ja mikäli hiilitase on positiivinen, on ympäristöön sidottu enemmän hiilidioksidia kuin mitä vapautunut. (Vainio, 2024). Hiilitaselaskennassa lasketaan määritetyn järjestelmän sisällä hiilijalanjälki sekä hiilikädenjälki. Tyypillisesti näitä käsitellään erillisinä kokonaisuuksina, mutta tässä selvityksessä niiden vaikutukset esitetään myös toisiaan kumoavana. Tässä selvityksessä tarkastellaan sekä hiilidioksidipäästöjä (CO₂), että hiilidioksidiekvivalenttipäästöjä (CO₂-e.) ja tulokset ilmoitetaan CO₂-e, päästöinä.

3.1 Sähkövaraston elinkaari

Sähkövaraston elinkaaren vaiheet luokitellaan tuotevaiheeseen, rakentamiseen, käyttövaiheeseen ja elinkaaren lopun vaiheeseen. Tämä luokittelu perustuu EN15804 standardiin, mitä myös käytetään Ympäristöministeriön vähähiilisen rakentamisen oppaassa. (Kuittinen 2019).

Taulukko 1 EN 15804 standardin mukaiset elinkaaren vaiheet

Tuotevaihe A1-A3	Rakentaminen A4-A5	Käyttövaihe B1-B7		Elinkaaren loppu C1-C4
A1 Raaka-aineen hankinta	A4 Kuljetus työmaalle	B1 Tuotteen käyttö rakennuksessa	B5 Laajamittaiset korjaukset	C1 Purkaminen
A2 Kuljetus valmistukseen	A5 Työmaatoiminnot	B2 Kunnossapito	B6 Energian käyttö	C2 Kuljetus jatkokäsittelyyn
A3 Tuotteen valmistus		B3 Korjaukset	B7 Veden käyttö	C3 Purkujätteen käsittely
		B4 Osien vaihto		C4 Purkujätteen loppusijoitus

Tuotevaihe

Tuotevaiheessa tarvittavat komponentit valmistetaan raakamateriaalista. Tässä elinkaaren vaiheessa otetaan huomioon niin raaka-aineen hankinta, kuljetus valmistukseen sekä tuotteen valmistus. Useimmiten komponenttien päästöt sisältyvät standardin moduuleihin A1-A3.

Rakentaminen

Rakentamisvaiheessa komponentit kuljetetaan työmaalle sekä tarvittavat rakennelmat rakennetaan työmaalla. Rakentamisvaihe kattaa niin teiden rakentamisen, maaston muokkauksen kuin sähkövaraston perustamisen.

Käyttövaihe

Käyttövaiheeseen siirytään, kun sähkövarasto alkaa varastoimaan ja purkamaan sähköä. Käyttövaihe kattaa operoinnin sekä tarvittavat huoltotoimenpiteet. Sähkövaraston tarvittaviin huoltotoimenpiteisiin kuuluu esimerkiksi komponenttien rikkoutumisten hoitaminen.

Elinkaaren loppu

Elinkaaren lopussa huomioidaan komponenttien kierrätys sekä purkamisen työmaatoimenpiteet. Eri tuotteilla on eri kierrätysasteet, mitkä otetaan laskennassa huomioon. Lainsäädännön mukaisesti sähkövarastot puretaan operointivaiheen jälkeen käytöstä poistaessa. Tähän poikkeuksena lainsäädäntö tällä hetkellä sallii kaapeleiden jättämisen maahan. Tässä selvityksessä kuitenkin tätä ei eritellä vaan tulokset sisältyvät laitteiston EPD selvityksiin.

3.2 Menetelmät ja lähteet

Laskentaperiaatteet

Sähkövaraston hiilitaselaskentaan ei ole suoraan kehitettyä omaa standardia, joskin sähkövarastoa voidaan tarkastella rakennuksena ja käyttää rakennusten vähähiilisyyteen perustuvia standardeja. Tämä laskenta on toteutettu Rakennuksen vähähiilisyyden arviointimenetelmän mukaan, mikä taas pohjautuu Euroopan Komission Level(s) standardiin sekä EN-15643, EN15978 ja EN15804 standardeihin (Kuittinen, 2019).

Tietolähteet

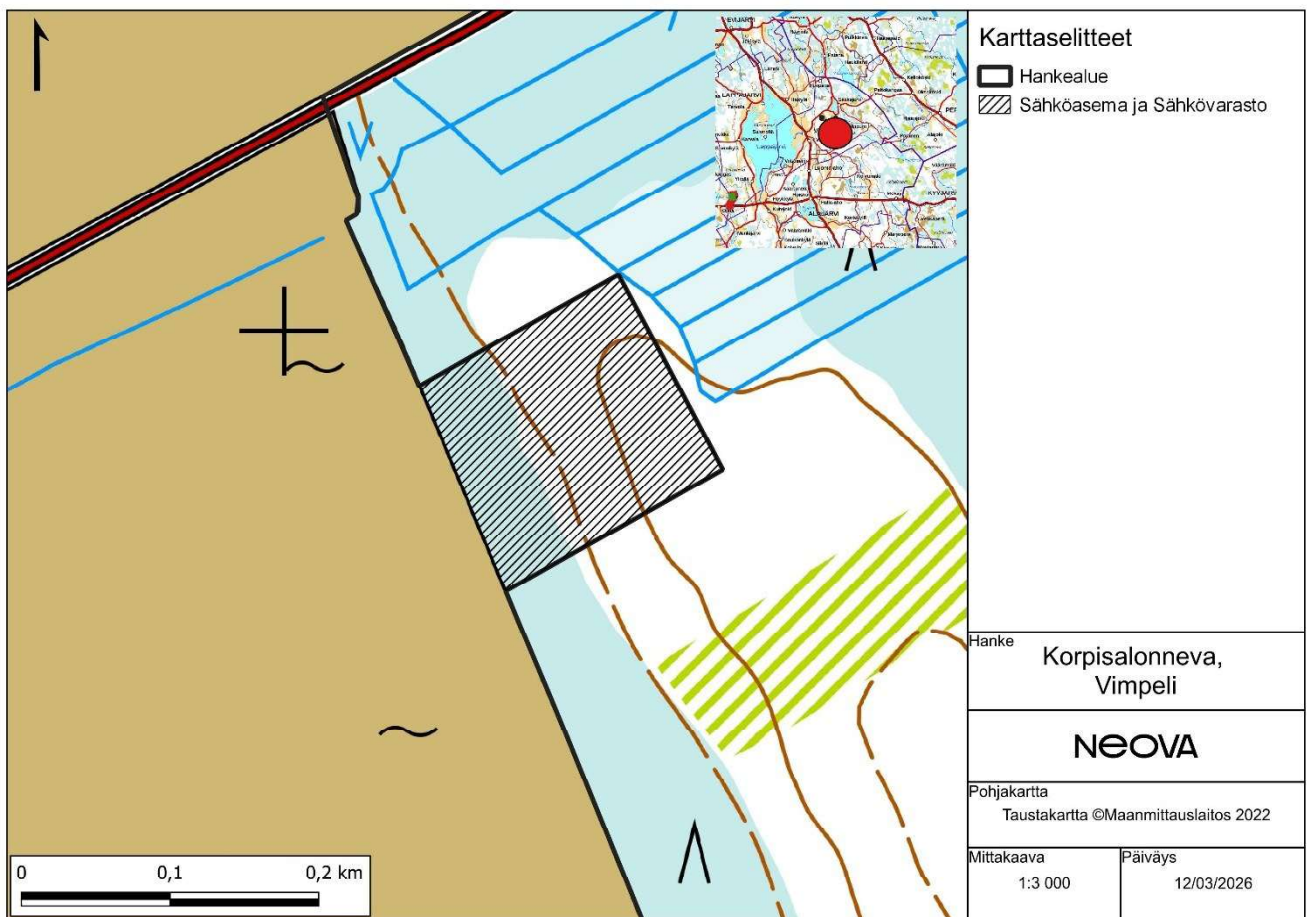
Tässä selvityksessä käytetään monipuolisesti eri lähteitä niiden todenmukaisuutta arvioiden. Ensisijainen lähde päästötiedoille on valmistajien ympäristöselosteet tuotteista. Toissijaisena lähteenä käytämme SYKE:n ylläpitämää päästötietokantaa ja mikäli näillä kahdella tavalla päästötietoja ei ole saatavilla, hyödynnetään mahdollisimman laadukasta tutkimuskirjallisuutta.

Maaperän päästöjä arvioidaan LUKE:n ja Tilastokeskuksen tutkimusten mukaisesti. (Aro 2023 & Statistics Finland, 2024. Tienrakentamisen ja murskeen päästöissä hyödynnetään infrarakentamisen päästötietokantaa (Syke 2024).

Puuston osalta päästöjä arvioidaan maanmittauslaitoksen ylläpitämän MVMI tietokannan mukaisesti. Puuston sitomaa hiilidioksidia taas arvioidaan mm. Hamberg et. al. (2016), tutkimuksen perusteella.

4. Hankkeen perustiedot

Vapo Terra Oy suunnittelee Korpisalonnevan aurinkovoimahankkeen yhteyteen energiavarastoa, mikä toteutetaan sähköakkuvarastona. Sähköasemalle ja sähkövarastolle on varattu yhteensä 2,4 ha alue. Tarkempi maankäyttö tarkentuu suunnitelmien edetessä. Sähkövaraston maa-alue on turvepohjaista metsäkangasta, jossa on metsää. Suunnitellun sähkövaraston koko on maksimissaan 125 MW ja kapasiteetti 500 MWh, mitä käytetään tässä selvityksessä. Hankealueen sijainti esitetty kuvassa 1.



Kuva 1 Hankealue kartalla

Sähkövarasto liitetään samaan kokonaisuuteen rakennettavaan sähköasemaan, josta taas sähkö viedään Alajärven sähköasemalle.

Kuvassa 2 esitetään ilmakehu hankkeen alueesta.



Kuva 2 Ilmakuva Korpisalonnevan käytöstä poistuneesta turvetuotantoalueesta sekä sähkövaraston alueesta.

Taulukossa 1 ilmoitetaan laskennan lähtötiedot pitäen sisällään komponenttimäärät, maaperän olosuhteet sekä muut tarvittavat tiedot laskentaan.

Taulukko 2 Laskennan lähtötiedot

	PÄÄSTÖLÄHDE	YKSIKKÖ	ARVO	
SÄHKÖVARASTON KOMPONENTIT	Akku	MW / MWh	125	500
	Invertterit	kpl/ kVa	355	352
	Muuntamot	kpl/ MVA	20	6,4
MAAPERÄ	Hävitetty puusto	m ³	150	
	Turvekangasmetsää	ha	2,4	
BOP- RAKENTAMINEN	Uudet tiet	km	0,30	
	Kunnostettavat tiet	km	0	
SÄHKÖNSIIRTO JA MUUT TIEDOT	Maakaapeli	km	1	
	Sykliä vuodessa	kpl	300	
	Elinikä sykleissä	kpl	6000	
	Elinikä	vuosi	20	
	Purettu / ladattu energiamäärä vuodessa	GWh	150,00	
	Akkujen kuljetusreitti	Shanghai-Vimpeli		

5. Päästökertoimet

Päästökertoimet on arvioitu valmistajien ilmoittamien arvojen, kirjallisuuden tai päästötietokannan avulla.

Taulukko 3 Sähkövaraston komponenttien päästökertoimet

	Komponentti	Yksikkö	Kerroin	Lähde
Sähkövaraston komponentit	Akku	kg CO ₂ / MWh	223300	CATL 2024
	Invertterit	kg CO ₂ / kWp	56,25	Salassapidettävän valmistajan arvo
	Muuntamot	kg CO ₂ / MVA	37800	Rintala 2021

Maaperän päästökertoimet on arvioitu LUKE:n tutkimuksen (Aro, 2023) mukaisesti ja teihin menevän murskeen päästökertoimet on arvioitu päästötietokannan päästökertoimen mukaisesti sekä murskemäärät Räsäsen (2015) tutkimuksen mukaisesti.

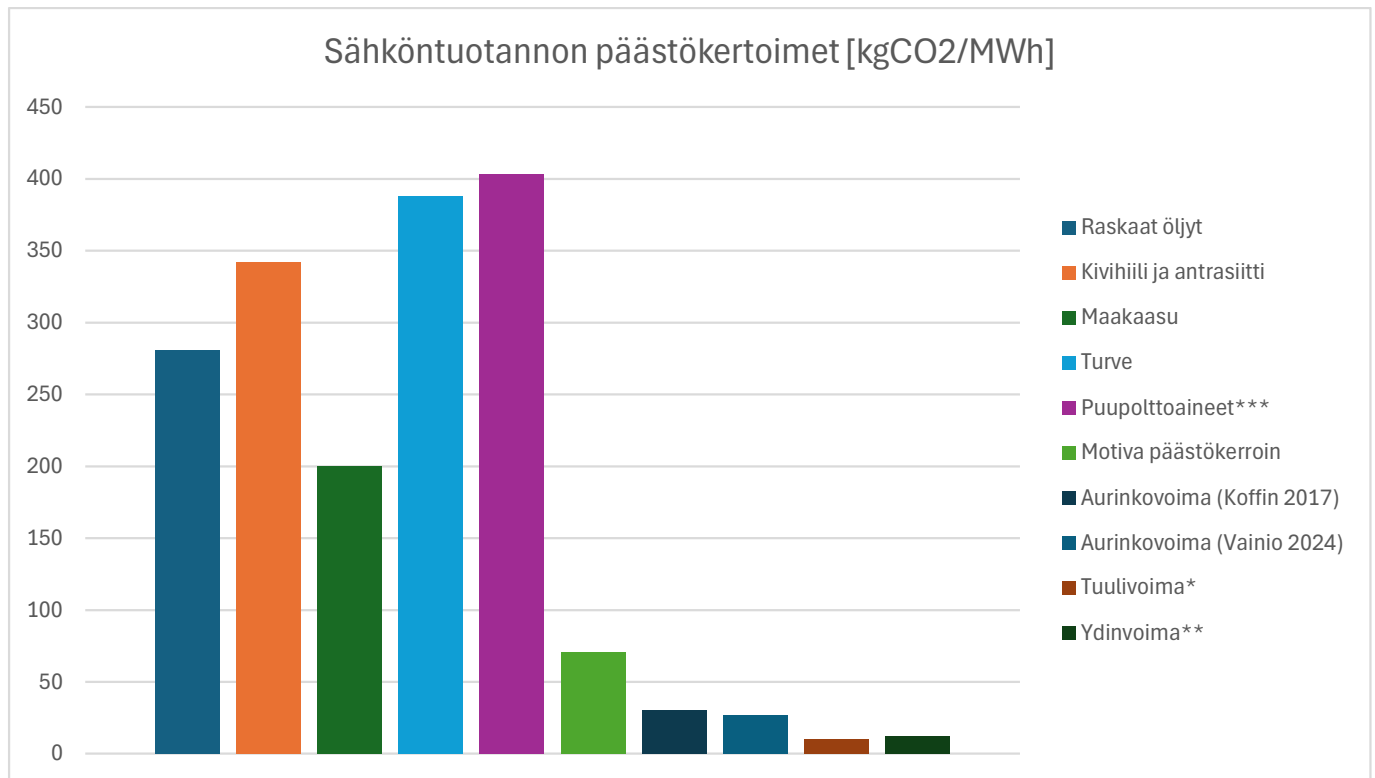
Taulukko 4 Maaperän ja BOP rakentamisen päästökertoimet

	Osa-alue	Yksikkö	Määrä	Muutos (vrt. käytöstä poistunut tur.tuot.al.)
Maaperä BOP- rakentaminen	Hävitetty puusto	kg CO ₂ / m ³	999	
	Uudet tiet	kg CO ₂ /km	13250	
	Kunnostettavat tiet	kg CO ₂ /km	5300	

5.1 Syrjäytetty sähkö

Sähkövarastoa ladataan sekä aurinkovoimalasta, että valtakunnallisesta sähköverkosta. Sähkövaraston liiketoimintamahdollisuuksia on monia, mitkä kaikki vaikuttavat erilaisella tavalla hankkeen elinkaaren aikaisiin päästöihin. On tyypillistä, että akkuja ladataan silloin kun sähköenergia spot-markkinoilla on edullista ja, että akkuja ei ladata verkosta silloin kun sähköenergia on kallista. On myös tyypillistä, että kallis sähkö on tuotettu energialla, jossa on korkeampi päästökerroin ja edullinen sähkö taas tuotetaan pienemmällä päästökertoimella.

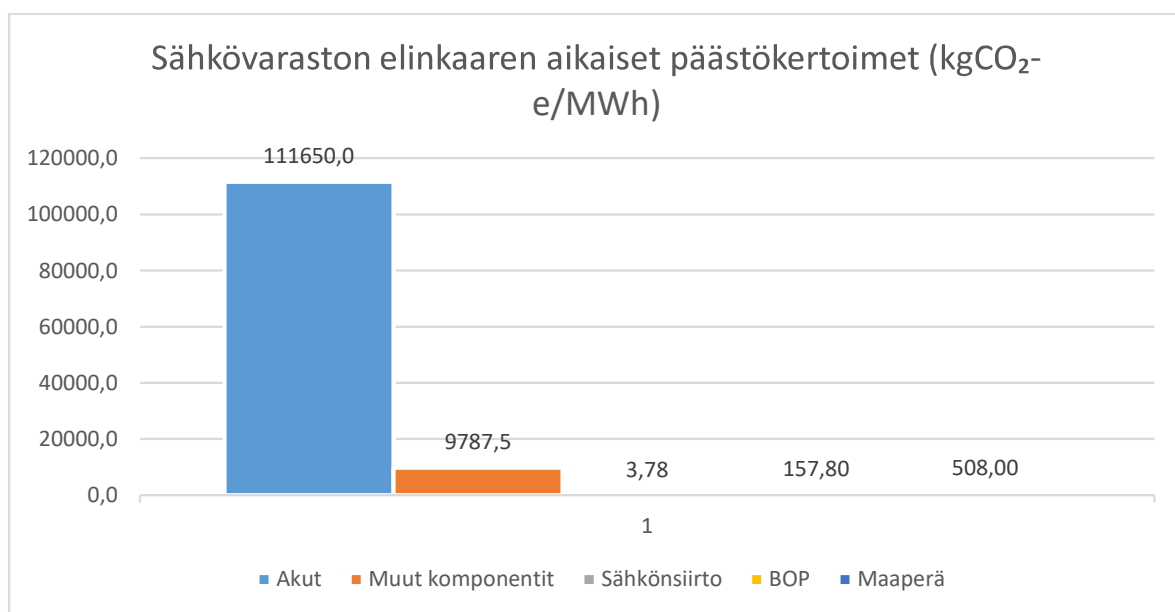
Sähkövarastohankkeen positiivisia vaikutuksia arvioidaan etsimällä se nollakohta, kuinka isolla keskimääräisellä päästökertoimella korvattua sähköä tulisi hyödyntää, jotta hanke olisi hiilineutraali. Kuviossa 3 tarkastellaan Suomen sähköntuotantomuotojen päästökertoimia sekä Motivan ilmoittamaa suomen sähköntuotannon keskimääräistä päästökerrointa.



Kuvio 3 Tilastokeskuksen ilmoittamat päästökertoimet yleisimmille energiatuotannon polttoaineille (Tilastokeskus, 2024),
*Koffin et. al (2017) ilmoittamat päästökertoimet tuulivoimalle ja **Shlömer et. al., ilmoittama päästökerroin
ydinvoimalle. ***Puupolttoaineita pidetään Suomen päästötarkastelussa uusiutuvana energiana, eli laskennallisesti
puupolttoaineiden päästöt ovat 0 kgCO₂-e./MWh. (Vainio, 2024)

6. Tulokset

Korpisalonnevan sähkövaraston elinkaaren aikainen hiilidioksidipäästöpotentiaali on 121 631 t CO₂-e sekä päästökerroin suhteutettuna akkujen kapasiteettiin on 243,3 kgCO₂-e/MWh. Akkujen osuus tästä on suurin, eli 111 650 kgCO₂-e/MWh. Kuviossa 4 havainnollistetaan näitä päästökertoimia.



Kuvio 4 Sähkövaraston elinkaaren aikaiset päästökertoimet (kgCO₂-e/MWh)

Sähkövaraston ilmastopäästöpotentiaalista 61 % tulee akkujen tuottamista ilmastopäästöistä. Seuraavaksi eniten päästöjä tuottaa sekä invertterit, että muuntajat molemmat 4 %:n osuudella.

BOP:n eli alueen teiden ja akkukentän rakentamisen CO₂-e. päästöpotentiaali on marginaalinen. Alueelle arvioidaan tulevan uusia teitä 0,5 km. Akkuvaraston alueelle rakennetaan kantava sorapeti. Taulukossa 5 esitetään BOP:n päästöt.

Taulukko 5 BOP päästöt

OSA-ALUE	YKSIKKÖ	MÄÄRÄ
Hävitetty puusto	t CO ₂	149,85
Uudet tiet	t CO ₂	7,95
Akkukenttä	t CO ₂	31,00
BOP	t CO₂	188,80

6.1 Syrjäytetyn sähkön vaikutus

Akku purkaa vuosittain noin 150 GWh sähköenergiaa oletuksella, että akku käy vuoden aikana läpi 300 täyttä sykliä. Akun elinikä määräytyy syklien kautta, ja litium rauta fosfaatti akun eliniäksi on määritetty 6000 sykliä, minkä myötä akun elinikä ennustetaan olevan 20 vuotta. 20-vuodessa akku ehtii siis käydä läpi 3 000 000 GWh purettua energiaa. Jotta elinkaaren aikaisesti akun toiminta olisi hiilineutraalia, tulisi sähköjärjestelmään puretun sähkön tuottaa keskimäärin noin 25kgCO₂/MWh hiiliposiitiiviset vaikutukset. Akun toimiessa siten, että sillä joko osallistutaan reservimarkkinoille, tai korvataan kallista sähköä sähkömarkkinoilta, on myös todennäköistä, että se korvaa markkinoilta ladattua sähköä korkeammalla päästökertoimella olevaa sähköä.

7. Johtopäätökset

Korpisalonnevan sähkövaraston ilmastovaikutusten arvioinnin perusteella voidaan todeta, että varastoteknologiat ovat keskeinen mahdollistaja vähähiilisen energiajärjestelmän rakentamisessa, mutta niiden kokonaisilmastovaikutus riippuu merkittävästi koko elinkaaren aikaisista tekijöistä. Erityisesti valmistusvaiheen päästöt, kuten akuston ja muiden komponenttien valmistaminen muodostavat merkittävän osan sähkövaraston hiilijalanjäljestä. Käyttövaiheessa sähkövaraston ilmastohyöty mahdollistuu kuitenkin silloin, kun se mahdollistaa uusiutuvan energian tehokkaamman hyödyntämisen, vähentää fossiilisen säätövoiman tarvetta ja tasapainottaa sähköjärjestelmää.

Korpisalonnevan sähkövaraston ilmastopäästöpotentialiaali on 121 631 t CO₂e. ja kapasiteettiin suhteutettu päästökerroin 243,3 kg CO₂e./MWh. Tästä päästökertoimesta 223 kgCO₂-e/MWh tulee akuista. Sähkövaraston päästöt muodostuvat suurimmalta osin akun sekä muiden komponenttien valmistuksesta. Mikäli sähkövaraston avulla voidaan alentaa keskimäärällisesti sähköntuotannon päästökerrointa 25kgCO₂/MWh, tuottaa sähkövarasto hiiliposiitivisia vaikutuksia elinkaarensa ajalta.

7.1 Epävarmuudet

Selvityksen suurin epävarmuus keskittyy komponenttien päästökertoimiin sekä hankkeen elinkaaren aikaisten syrjäytetyn sähkön vaikutusten arviointiin. Tämänhetkisen tiedon valossa ei pystytä luotettavasti analysoimaan kuinka suuren päästökertoimen omaavaa sähköä akkuvaraston avulla korvataan markkinoilla, tai se olisi tämän selvityksen tarkoitusta vastaavan laajuuden osalta perustelematonta. On lisäksi oletettavaa, että sähkönkulutus kasvaa tulevaisuudessa, sekä ilmastotoimien toteutuminen ei ole varmaa.

Selvityksen epävarmuustekijät liittyvät päästökertoimien oikeellisuuteen sekä luotettavan aineiston saatavuuteen. Vuosittainen akuston käyttö kuitenkin vaihtelee liiketoimintamallin ja sähkömarkkinan tilanteen mukaisesti, eikä ennustettua sähkövaraston käyttöä pystytä pitämään täysin varmana.

8. Lähteet

Aro, L., Jylhä, P., Järvenranta, K., Matila, A., Ramstadius, U., Ronkainen, T., Räsänen, A., Silvan, N., Silvenius, F., Virkajärvi, P., Wall, A. & Tolvanen, A. Turvetuotannosta poistuvien alueiden jatkokäytön vaihtoehdot Suomessa sekä arvio niiden ympäristö- ja talousvaikutuksista. 2023. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 120/2023. Luonnonvarakeskus. Helsinki.

CATL, ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION of Lithium iron phosphate battery cell . 2024.

Fingrid. 2023. Fingridin sähköjärjestelmävisio 2023. Viitattu 19.12.2024. Saatavissa <https://www.fingrid.fi/kantaverkko/kehittaminen/sahkojarjestelmavisio/>.

Hamberg, L. Henttonen, H. Tuomainen, T., Puusta valmistettujen tuotteiden hiilivaraston muutoksen laskenta kasvihuonekaasuinventaariossa. 2016. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 73/2016. Luonnonvarakeskus. Helsinki.

IEA 2023. Net Zero Roadmap. A Global Pathway to Keep the 1.5 °C Goal to Reach. 2023 Update. International Energy Agency. <https://www.iea.org/reports/net-zero-roadmap-aglobal-pathway-to-keep-the-15-0c-goal-in-reach>

Koffi B., Cerutti A.K., Duerr M., Iancu A., Kona A., Janssens-Maenhout G., 2017. Covenant of Mayors for Climate and Energy: Default emission factors for local emission inventories, EUR 28718 EN. Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2017 (pdf)

Kuittinen M., 2019. Rakennuksen vähähiilisyyden arviointimenetelmä. Ympäristöministeriö. Ympäristöministeriön julkaisuja 2019:22. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-361-029-3>

Liu C, Miao B, Shu-Zhen Li, Yu W, Yuan, Cao Y, Yu Y, Yang Q. 2025. Life cycle CO2 emissions of various transformers under different scenarios with multiple functional units. Advances in Climate Change Research. <https://doi.org/10.1016/j.accre.2025.05.003>

Lin X, Meng W, Yu M, Yang Z, Luo Q, Rao Z, Zhang T and Cao Y. 2024. Environmental impact analysis of lithium iron phosphate batteries for energy storage in China. Front. Energy Res. 12:1361720. doi: 10.3389/fenrg.2024.1361720

Paikkatietoikkuna. 2024. Monilähteinen valtakunnan metsien inventoinnin aineista (MVMI). viitattu 19.12.2024. <https://kartta.paikkatietoikkuna.fi/>

Räsänen T., 2015, TIEN JA KADUN PÄÄLLYSRAKENTEEEN LAATUVAATIMUKSET. Savonia ammattikorkeakoulu. Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö.

Siiskonen Sara-Tuuli. 2023. Emissions and materials database for HVAC products and electrical installations. Suomen ympäristökeskus SYKE. Rakentamisen päästötietokanta.

Syke. 2024. Luonnonkivituotteet. Rakentamisen päästötietokanta. Suomen ympäristökeskus.

Vainio, R., 2024. Teollisen aurinkovoimalan hiilitase. LUT Lappeenranta University of Technology. Diplomityö.