



ETHA WIND



KLIMATHANDAVTRYCK FÖR KVARNBACKENS HYBRIDPROJEKT

INNEHÅLL

1	SAMMANFATTNING	3
2	BAKGRUND	4
3	KOLDIOXIDAVTRYCK	6
3.1	Vindkraft	6
3.2	Solkraft	8
3.3	Kraftledning	9
3.4	Kolsänka.....	9
3.4.1	Avverkning av skog i samband med vindkraftverk	10
3.4.2	Avverkning av skog i samband med solkraftsparken.....	10
3.4.3	Avverkning av skog i samband med kraftledning.....	11
3.5	Resultat.....	12
3.6	Jämförelse mot Finlands framtida utsläpp	13
4	BERÄKNINGAR AV KLIMATHANDAVTRYCK.....	14
4.1	Identifiering av tillämpningsområde, kund, utgångspunkt och faktorer som påverkar det potentiella handavtrycket.....	14
4.2	Bedömning av använd enhet, systemgränser och nödvändig data.....	15
4.3	Beräkning av klimathandavtryck	16
4.4	Kritisk granskning av resultat och kommunikation	16
5	INVERKAN PÅ RESULTATEN AV ETT POTENTIELLT ENERGIRESERV.....	17
6	SAMMANFATTNING	18
7	KÄLLOR.....	19

VERSIONSHISTORIK

Version	Författare, datum	Granskning	Översättare	Godkänt av	Kort beskrivning
Ver 1	Jesper Smeds, 1.6.2023	Nina Nurmela, 7.6.2023	Kristiina Vikstedt, 3.8.2023	Christian Granlund, 8.8.2023	Koldioxid- och klimathandavtrycksberäkningar för hybridprojekt.
Rev 1	Einari Jänisoja, 21.11.2023	Christian Granlund, 22.11.2023	-	Christian Granlund, 22.11.2023	Koldioxid- och klimathandavtrycksberäkningar för hybridprojekt (uppdaterat projektområde).
Rev 2	Christian Granlund, 15.1.2024	Einari Jänisoja, 15.01.2023	-	Einari Jänisoja, 15.01.2023	Uppdatering av kraftledningsområdet och inkludering av jämförelse mot det förväntade framtida elproduktionsscenarioet (kap. 3.6)
Rev 3	Christian Granlund, 22.1.2024	Einari Jänisoja, 22.01.2023	-	Einari Jänisoja, 22.01.2023	Mindre uppdatering till beräkningarna av kolsänkan.
Rev 4	Einari Jänisoja, 26.2.2024	Martin Sjöwall, 26.2.2024	-	Martin Sjöwall, 26.2.2024	Tillägg av kapitel som behandlar batterilagring (kap. 5)

BEGREPP

Livscykelanalys *(Life cycle assessment, LCA) Metod för att analysera och bedöma produktens eller tjänstens miljöpåverkan över hela livscykeln.*

Koldioxidekvivalent *(CO₂-ekv. Carbon dioxide equivalent) Enhetsmått för koldioxidavtrycket. Effekten av olika växthusgaser omräknas till motsvarande effekt av koldioxid i atmosfären.*

Koldioxidavtryck *Klimatpåverkan från en produkt eller tjänst över hela dess livscykel, uttryckt som koldioxidekvivalenter. Fokuserar på direkta negativa utslagspåverkningar.*

Klimathandavtryck *Klimatnytta från en produkt eller tjänst. Berättar hur mycket användaren kan minska sina utsläpp med produkten eller tjänsten. Fokuserar på positiva utslagspåverkningar.*

Kolreserv *Den kol som lagras i mark och vegetation genom fotosyntes.*

Kolsänka	<i>Årlig tillväxt av kolreservoaren i marken och vegetationen.</i>
Hybridprojekt	<i>Ett projekt som kombinerar både vindkraft och solkraft på samma projektområde.</i>

1 SAMMANFATTNING

Uppgift:

Beräkningar av Kvarnbackens koldioxidavtryck och klimathandavtryck. Beräkningarna av Kvarnbackens koldioxidavtryck och klimathandavtryck är en del av projektets miljökonsekvensbedömningsförfarande.

Arbetsmetoder:

Beräkningarna av koldioxidavtryck och klimathandavtryck baseras på många olika källor för utsläpp under projektets livscykel samt utsläpp från andra energikällor. Målet under utvärderingen har varit att använda de senaste och mest tillförlitliga källorna.

Beräkningarna av klimatavtryck baseras på ISO 14044 (Livscykelanalys) och ISO 14067 (Klimatavtryck) standarder. Beräkningarna av klimathandavtryck baseras på klimathandavtrycksanvisningen (VTT, 2021).

Resultat:

Analysen av koldioxidavtrycket visar att Kvarnbackens koldioxidavtryck är ungefär 10 g CO₂-ekv. / kWh, medan koldioxidavtrycket för stenkol är cirka 1 000 g CO₂-ekv. / kWh och för naturgas 400–500 CO₂-ekv. / kWh (UNECE, 2021).

Enligt vår analys av klimathandavtrycket för Kvarnbackens hybridprojekt (som inkluderar både vind- och solkraft) beräknas klimathandavtrycket vara 281 g CO₂-ekv/kWh. Utbyggnaden av vind- och solkraft stöder starkt Finlands och EU:s klimatmål.

2 BAKGRUND

Europeiska kommissionen har som mål att minska växthusgasutsläppen med 55 % fram till 2030 jämfört med nivåerna från 1990. Målet är att uppnå klimatneutralitet inom EU fram till 2050 (Miljöministeriet, 2021). Utöver EU:s mål har Finland satt upp sina egna nationella mål, där målet är att uppnå klimatneutralitet senast 2035 och minska växthusgasutsläppen med 80 % fram till 2050 jämfört med nivåerna från 1990 (Miljöministeriet, 2021).

Förnybar energi spelar en avgörande roll för att uppnå dessa mål, eftersom vind- och solkraft avsevärt minskar koldioxidavtrycket från energianvändningen i Finland. Dessutom kan Finlands förnybara energi stödja andra EU-länder i att uppnå sina klimatmål, vilket kommer att beskrivas senare i rapporten.

Effekterna av vind- och solkraftsprojekt på klimatförändringen har traditionellt bedömts genom en livscykelbedömning (Life Cycle Assessment, LCA) av projektets koldioxidavtryck. Även om koldioxidavtrycksmetoden generellt sett utgör grunden för bedömningar av klimatförändringens effekter, fokuserar denna metod främst på de negativa effekterna av en produkt, i detta fall ett vind- eller solkraftsprojekt. Vind- och solkraftsprojekt har en liten negativ påverkan på koldioxidbalansen. Denna påverkan beror främst på utsläppen under tillverkningsprocesserna av vindkraftverk och solpaneler, men även på transporterna och minskningen av kolbindning när en del av skogen på projektområdet avverkas.

Vårt förslag är dock att fokus vid bedömningen av klimatförändringens effekter ska ligga på de utsläpp som undviks genom övergången till förnybar energi. Detta har en betydligt större inverkan på koldioxidavtrycket för vindkraftsprojekt och kan belysas genom klimathandavtrycksberäkningar.

Konceptet klimathandavtryck infördes för att framhäva miljöfördelarna med en ny produkt eller tjänst. Principen för klimathandavtryck är att bedöma hur mycket en kund kan minska sin koldioxidavtryck genom att använda en specifik produkt.

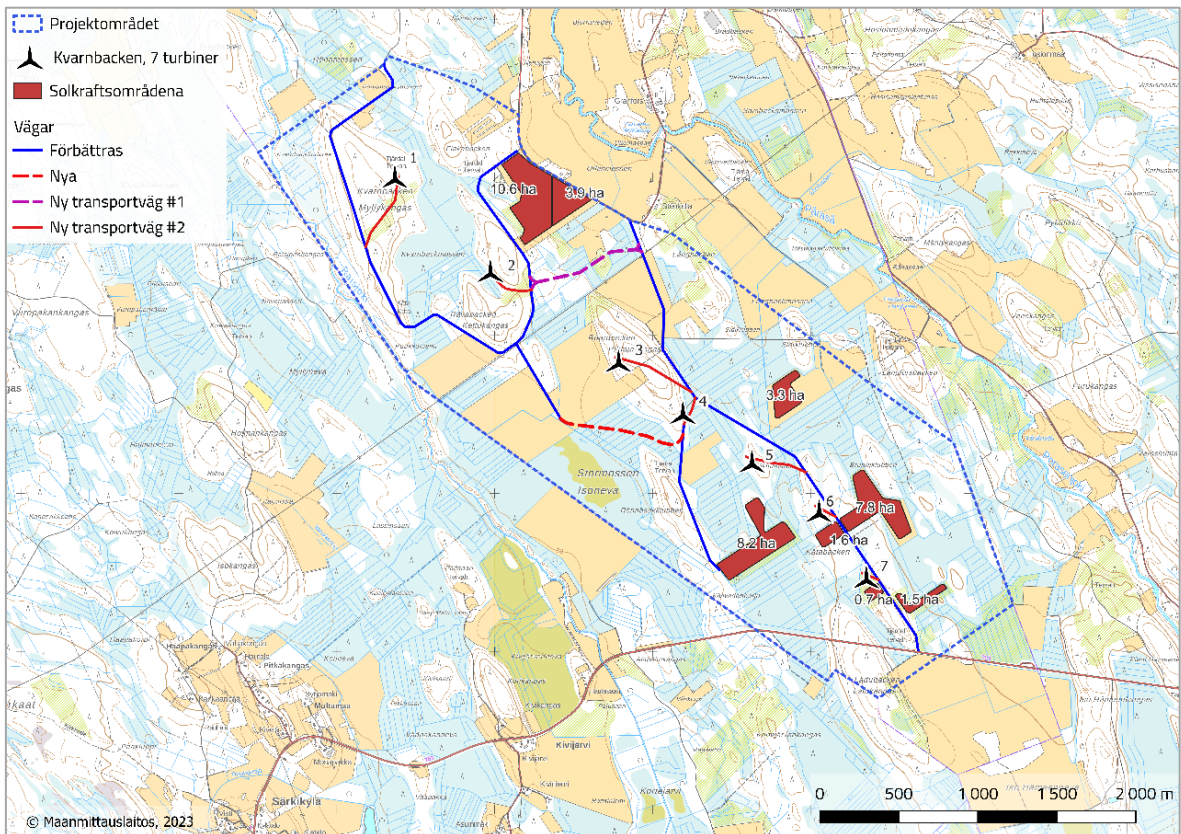


Bild 1. Placeringsplan för sju kraftverk.

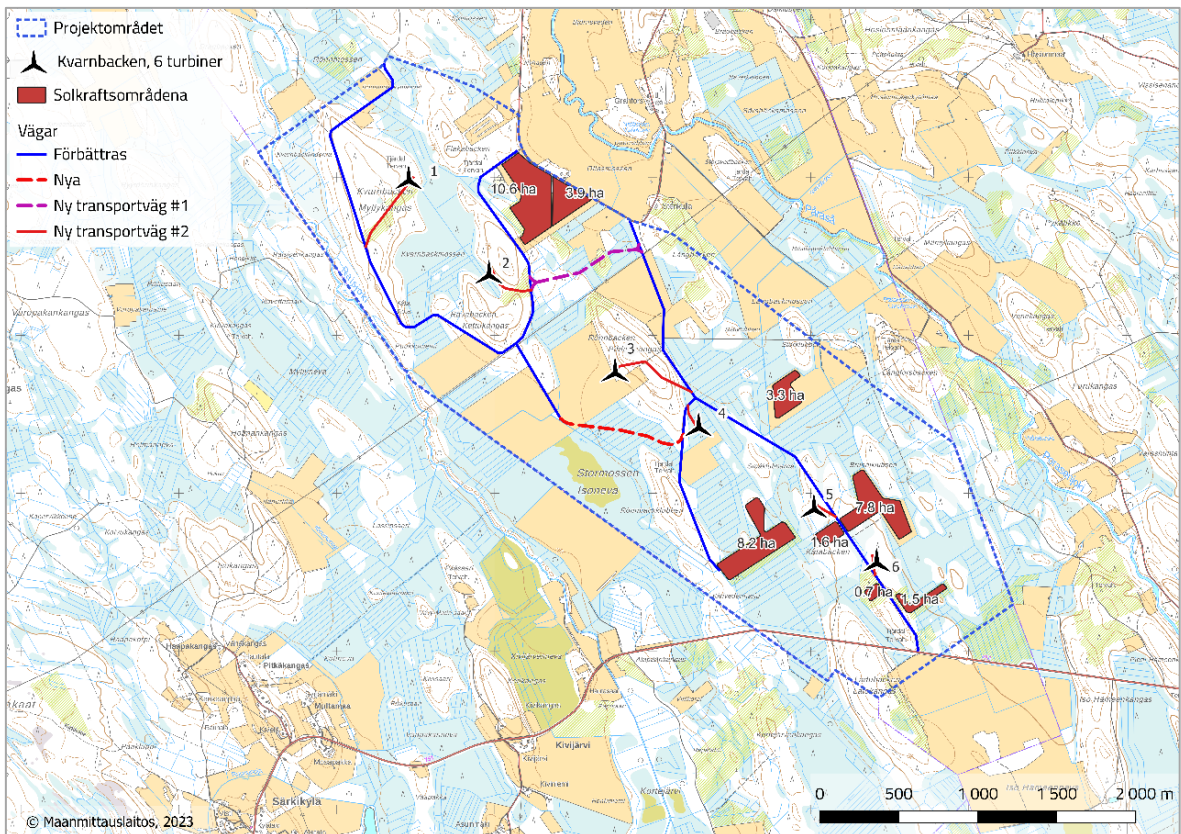


Bild 2. Placeringsplan för sex kraftverk.

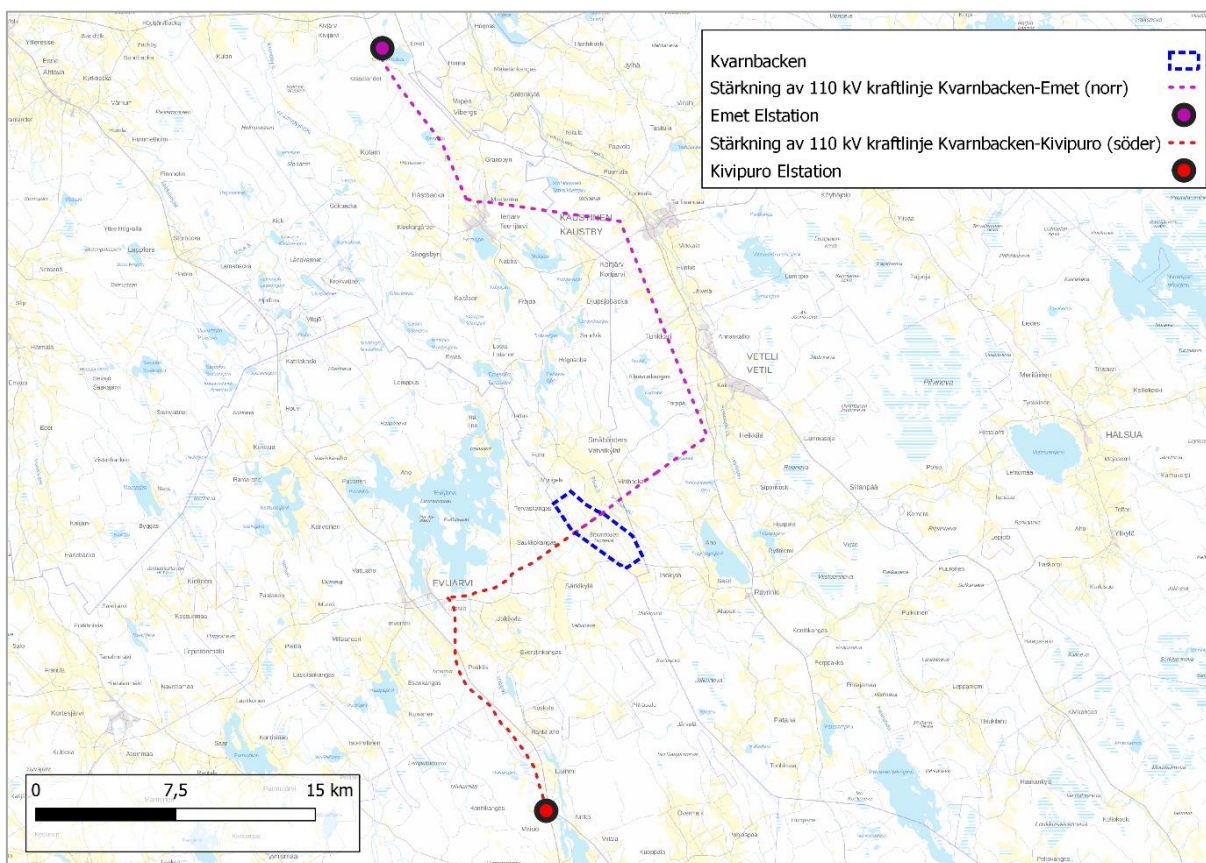


Bild 3. Alternativ för elöverföringslinje.

3 KOLDIOXIDAVTRYCK

Eftersom klimathandavtrycksberäkningarna är baserade på koldioxidavtryck, börjar vi med att bedöma Kvarnbackens koldioxidavtryck.

3.1 VINDKRAFT

I nyligen genomförda livscykelbedömningar av vindkraftsprojekt har koldioxidavtrycket vanligtvis bedömts vara cirka 6–9 g CO₂-ekv. / kWh (UBA 2021 och Vestas 2023). Med längre livslängd för framtida projekt förväntas koldioxidavtrycket vara något lägre. Största delen av utsläppen kommer från tillverkningen av vindkraftverket (~70–75%), grundkonstruktion (~15%) och kablage (~5%). Utsläppen under installationen (~1%), drift (~5%) och avveckling (~1%) är relativt små i jämförelse med de totala utsläppen (Vestas, 2023).

Antaganden och resultat som används i beräkningen visas i tabellerna nedan. Beräkningsantagandena baseras på flera olika källor. Största delen av beräkningen baseras på en livscykelbedömning för V162 6,2 MW-vindkraftverket (Vestas, 2023) och delvis på en livscykelbedömning för V150 4,2 MW-vindkraftverket (Vestas, 2022), eftersom dessa bedömdes vara de mest pålitliga livscykelbedömningarna för moderna vindkraftverkstyper. Resultaten extrapolerades till den större vindkraftverkstypen som används i denna bedömning. Andra antaganden justerades också för den större vindkraftverkstypen (livslängd, kablage, transport, förlust av kolbindning osv.). Den förväntade livslängden för vindkraftverken och antaganden om återvinning (användning av återvinningskrediter i beräkningen) påverkar koldioxidavtrycket för projektet betydligt ($\pm 2-3$ g CO₂-ekv. / kWh). Koldioxidavtrycket rapporteras både med och utan återvinningskrediter.

Tabell 1. Antaganden i beräkningar.

Antagande	ALT1	ALT2
Livslängd för vindkraftsparken	35 år	35 år
Antal av kraftverk	7	6
Maximal höjd av kraftverk	300 m	300 m
Rotordiameter	180 m	180 m
Höjd av tornet	210 m	210 m
Produktion per kraftverk	26 000 MWh/år	26 000 MWh/år

Tabell 2. Utsläpp av vindkraftverk.

Källa	Prosentantal	6 kraftverk		7 kraftverk	
		t-CO ₂	Prosentantal	t-CO ₂	Prosentantal
Turbin*	63 %	16 069	63 %	18 747	
Grundkonstruktion*	14 %	3 522	14 %	4 109	
Kablage*	2 %	470	2 %	532	
Elstation*	2 %	440	2 %	514	
Transport och vägar	1 %	220	1 %	257	
Produktion	6 %	1 541	6 %	1 798	
Avveckling	1 %	220	1 %	257	
Avverkning av skog	12 %	3 123	13 %	3 770	
Totalt		25 605		29 983	
		(37 186 utan återvinning)		(43 487 utan återvinning)	

* Inklusive utsläpp under installationen

3.2 SOLKRAFT

Området som är lämpligt för solpaneler vid Kvarnbacken är 37,6 hektar. Detta område är uppdelat i åtta mindre områden. På grund av spridningen av solkraftsparken antas den maximala kapaciteten vara 31,1 MWp (0,83 MWp/ha). Specifikationen för parken finns i tabellen nedan.

Tabell 3. Specifiering av solkraftsparken.

Definition	Värde
Maximalt kapacitet	31,1 MWp
Antal av paneler	47 088
Livslängd	35 år
Produktion under första året	26 653 MWh
Årlig effektförsämring	0,4 %

Utsläppen har beräknats med ett koldioxidekvivalentvärde på 750 kg-CO₂-ekv/kWp (Müller et al., 2021), och parken har modellerats med Trinasolars solpaneler på 660 W (Trinasolar, 2021). Strålningsdata har hämtats från Europeiska kommissionens geografiska informationssystem för solstrålning (European Commission, 2022). Utsläppen har bedömts baserat på geografisk information och flera källor (Müller et al. (2021), Trinasolar (2021), UNECE (2021)).

Tabell 4. Utsläpp från solkraftsparken (UNECE, 2021).

Utsläppskälla	Prosentantal	Utsläpp för parken (t-CO ₂ -ekv)
Solpaneler*	73 %	22998
Byggnation**	11 %	3459
Inverter*	5 %	1670
Produktion och service	2 %	478
Avveckling	1 %	314
Avverkning av skog	9 %	2751
Totalt		31 669 (37 453 utan återvinning)

* Inklusive transport

** Inklusive tillverkning och installation av grundkonstruktion, solpanelställningar, elstation och kabelförbindelser.

Som nämnts i avsnitt 3.1 gällande vindkraften, observerades en ökning av utsläppsmängden om kraftverket inte återvanns efter driftstoppet (Dodd et al., 2020).

3.3 KRAFTLEDNING

På området finns en befintlig kraftledning, men för parken behövs det byggas också en ny ledning. I detta projekt finns det totalt fyra olika alternativ för att bygga kraftledningen. Den gamla kraftledningen kan antingen rivas och en ny ledning byggas på samma plats, eller så kan en ny ledning byggas bredvid den gamla. Den nya ledningen kan dras antingen norrut eller söderut.

Utsläppen har beräknats baserat på Vestas livscykelbedömning (Vestas, 2023). Utsläppen som uppstår vid rivning av den gamla kraftledningen och byggandet av en ny ledning förväntas vara jämförbara, vilket uppskattas utgöra cirka 5% av material- och byggnadsrelaterade utsläpp (Harrison et al., 2010). Kraftledningsalternativen är specificerade i tabellen nedan. Utsläppen från avveckling har inte beaktats, eftersom kraftledningen fortsätter att användas även efter att parken tagits ur drift.

Tabell 5. Utsläpp från kraftlinjealternativ.

	Norr (Nuvarande plats)	Norr (Bredvid nuvarande plats)	Syd (Nuvarande plats)	Syd (Bredvid nuvarande plats)
Kraftlinjens längd	39 km	39 km	23 km	23 km
Total bredd av kraftlinje	34 m	47 m	34 m	47 m
Utsläpp (t-CO2 ekv)				
Material och byggnation	1 252	1 252	738	738
Avveckling	63	0	37	0
Avverkning av skog	5032	13 216	3078	8097
Totalt	6 347	14 468	3 853	8 835

3.4 KOLSÄNK

Byggandet av hybridparken kräver avverkning av skog, vilket har en negativ inverkan på kolbalansen och bör inkluderas i både koldioxidavtrycks- och klimathandavtryckskalkyler. Skogen avverkas för att bygga en 110 kV kraftledning, nya skogsvägar, solpaneler och på grund av byggnadsarbeten vid turbinplaceringarna.

I bedömningen antas att koldioxid frigörs till atmosfären i samma mängd som den avverkade skogen binder det. Bedömningen tar inte hänsyn till den möjliga användningen av den avverkade

biomassan. Det innebär att kalkylen inkluderar effekten av förlorad kolsänka och förlorad kolupptagning när skogen inte växer under de kommande 35 åren. För de områden där skog redan har avverkats har utsläppen beräknats baserat på förlorad skogstillväxt.

Naturresursinstitutet Lukes geografiska informationsdata (LUKE, 2021b) har använts för att beräkna den totala volymen av biomassaförlust på området till följd av skogsavverkning. Eftersom data har två års fördröjning har en årlig tillväxt på 5,8 m³/ha per år från 2021 lagts till i beräkningen (LUKE, 2021a). En kubikmeter biomassa binder uppskattningsvis 780 kg CO₂-ekv koldioxid (Nordiska ministerrådet, 2017; VTT, 2013). Följaktligen är förlusten av kolbindning 4,5 tCO₂-ekv/ha/år för minst 17 år gammal skog (UPM, 2022). Skogen som inte nyligen har avverkats antas vara minst 17 år gammalt.

3.4.1 AVVERKNING AV SKOG I SAMBAND MED VINDKRAFTVERK

Enligt uppskattningar kräver ett vindkraftverk cirka 2 hektar mark. Förutom områdena för vindkraftverken har även vägarna som leder till vindkraftverken inkluderats i beräkningarna. Vägarna antas vara 6 meter breda.

Tabell 6. Avverkning av skog i samband med vindkraftverk.

Antagande	6 kraftverk	7 kraftverk
Livslängd	35 år	35 år
Kraftverk	12 ha	14 ha
Nya servicevägar	1,4 ha	1,8 ha
Utgående mängd i kubik	1 380 m ³	1 743 m ³
Förlust av kolreserv, orsakad av utgående biomassa	1 077 t CO ₂ -ekv.	1 359 t CO ₂ -ekv.
Förlust av kolsänka, orsakad av avtagande tillväxt	2 047 t CO ₂ -ekv.	2 410 t CO ₂ -ekv.
Förlust av kolreserv och -sänka, 35 år	3 123 t CO₂-ekv.	3 770 t CO₂-ekv.

3.4.2 AVVERKNING AV SKOG I SAMBAND MED SOLKRAFTSPARKEN

Av den planerade 37,6 hektar stora solkraftsparken är endast 2,2 hektar lämplig för skogstillväxt, eftersom en betydande del av området används för jordbruk. Dessutom har en stor del av de kvarvarande skogarna nyligen avverkats, vilket resulterar i en låg total biomassa på 296 m³. Dessa områden ligger bredvid befintliga vägar, så byggande av extra vägar har inte beaktats i beräkningen.

Tabell 7. Avverkning av skog i samband med solkraftsparken.

Antagande	51,5 MWp solkraftspark
Livslängd	35 år
Parkområde totalt	37,6 ha
Område lämpligt för skogstillväxt	2,2 ha
Utgående mängd i kubik	296 m ³
Förlust av kolreserv, orsakad av utgående biomassa	231 t CO ₂ -ekv.
Förlust av kolsänka, orsakad av avtagande tillväxt	2521 t CO ₂ -ekv.
Förlust av kolreserv och -sänka, 35 år	2751 t CO₂-ekv.

3.4.3 AVVERKNING AV SKOG I SAMBAND MED KRAFTLEDNING

Nedan har klimatpåverkan som uppstår i samband med avverkning av skog för de olika kraftledningsalternativen beräknats. Den nya 110 kV kraftledningen är 8 m bredare än den befintliga gamla ledningen. Avverkningen som krävs pga. denna breddning har beaktats i tabell 8a. Avståndet som krävs mellan den befintliga och den nya kraftledningen är 21 m (Fingrid, 2017). Detta har beaktats i beräkningarna i tabell 8b.

Tabell 8a. Avverkning av skog i samband med kraftledningen som går på samma plats som den nuvarande linjen.

Antagande	Norr (Emet)	Söder (Kivipuro)
Livslängd	35 år	35 år
Avverkad skog	25,0 ha	14,8 ha
Utgående mängd i kubik	757 m ³	441 m ³
Förlust av kolreserv, orsakad av utgående biomassa	876 t CO ₂ -ekv.	537 t CO ₂ -ekv.
Förlust av kolsänka, orsakad av avtagande tillväxt	4156 t CO ₂ -ekv.	2541 t CO ₂ -ekv.
Förlust av kolreserv och -sänka, 35 år	5032 t CO₂-ekv.	3078 t CO₂-ekv.

Tabell 8b. Avverkning av skog i samband med kraftledningen som går bredvid gamla ledningen.

Antagande	Norr (Emet)	Söder (Kivipuro)
Livslängd	35 år	35 år
Avverkad skog	58,8 ha	35,2 ha
Utgående mängd i kubik	5 018 m ³	3 246 m ³
Förlust av kolreserv, orsakad av utgående biomassa	3 914 t CO ₂ -ekv.	2 532 t CO ₂ -ekv.
Förlust av kolsänka, orsakad av avtagande tillväxt	9 302 t CO ₂ -ekv.	5 566 t CO ₂ -ekv.
Förlust av kolreserv och -sänka, 35 år	13 216 t CO₂-ekv.	8 097 t CO₂-ekv.

3.5 RESULTAT

Resultaten av koldioxidavtrycksberäkningen presenteras i detta avsnitt. Påverkan av olika delar på det totala koldioxidavtrycket och de slutliga resultaten presenteras i följande tabeller nedan. Den beräknade totala koldioxidavtrycket för hybridprojektet är 9,0–11,3 g CO₂-ekv. / kWh när återvinningskompensation beaktas i beräkningen.

Tabell 9a. Sammanfattning av koldioxidutsläpp, 7 kraftverk, Kvarnbackens livscykel.

7 kraftverk				
Riktning av kraftlinje	Norr		Söder	
Kraftlinjealternativ	På nuvarande plats	Bredvid nuvarande	På nuvarande plats	Bredvid nuvarande
Utsläpp från vindkraftsparken (t-CO ₂ ekv)	29 982	29 982	29 982	29 982
Utsläpp från solkraftsparken (t-CO ₂ ekv)	31 669	31 669	31 669	31 669
Utsläpp från kraftlinjen (t-CO ₂ ekv)	6 347	14 468	3 853	8 835
Utsläpp totalt (t-CO₂ ekv)	63 621	71 742	61 127	66 109
Produktion under vindkraftsparkens livslängd (GWh)	6 370	6 370	6 370	6 370
Produktion under solkraftsparkens livslängd (GWh)	872	872	872	872
Produktion totalt (GWh)	7 242	7 242	7 242	7 242
Koldioxidavtryck totalt (g/kWh)	9,4	10,5	9,0	9,7

Tabell 9b. Sammanfattning av koldioxidutsläpp, 6 kraftverk, Kvarnbackens livscykel.

6 kraftverk				
Riktning av kraftlinje	Norr		Söder	
Kraftlinjealternativ	På nuvarande plats	Bredvid nuvarande	På nuvarande plats	Bredvid nuvarande
Utsläpp från vindkraftsparken (t-CO ₂ ekv)	25 605	25 605	25 605	25 605
Utsläpp från solkraftsparken (t-CO ₂ ekv)	29 479	29 479	29 479	29 479
Utsläpp från kraftlinjen (t-CO ₂ ekv)	6 347	14 468	3 853	8 835
Utsläpp totalt (t-CO₂ ekv)	61 449	69 570	58 955	63 937

Produktion under vindkraftsparkens livslängd (GWh)	5 460	5 460	5 460	5 460
Produktion under solkraftsparkens livslängd (GWh)	872	872	872	872
Produktion totalt (GWh)	6 332	6 332	6 332	6 332
Koldioxidavtryck totalt (g/kWh)	10,0	11,3	9,7	10,4

I det nedanstående diagrammet har utsläppen från Kvarnbackens hybridprojekt jämförts med typiska utsläpp från andra energiproduktionsformer. Datakällorna är UNECE (2021) och Fingrid (2023). De genomsnittliga koldioxidavtrycken för olika alternativ av kraftledning för en hybridpark med 7 respektive 6 kraftverk har uppskattats till 9,7 g/kWh och 10,4 g/kWh.

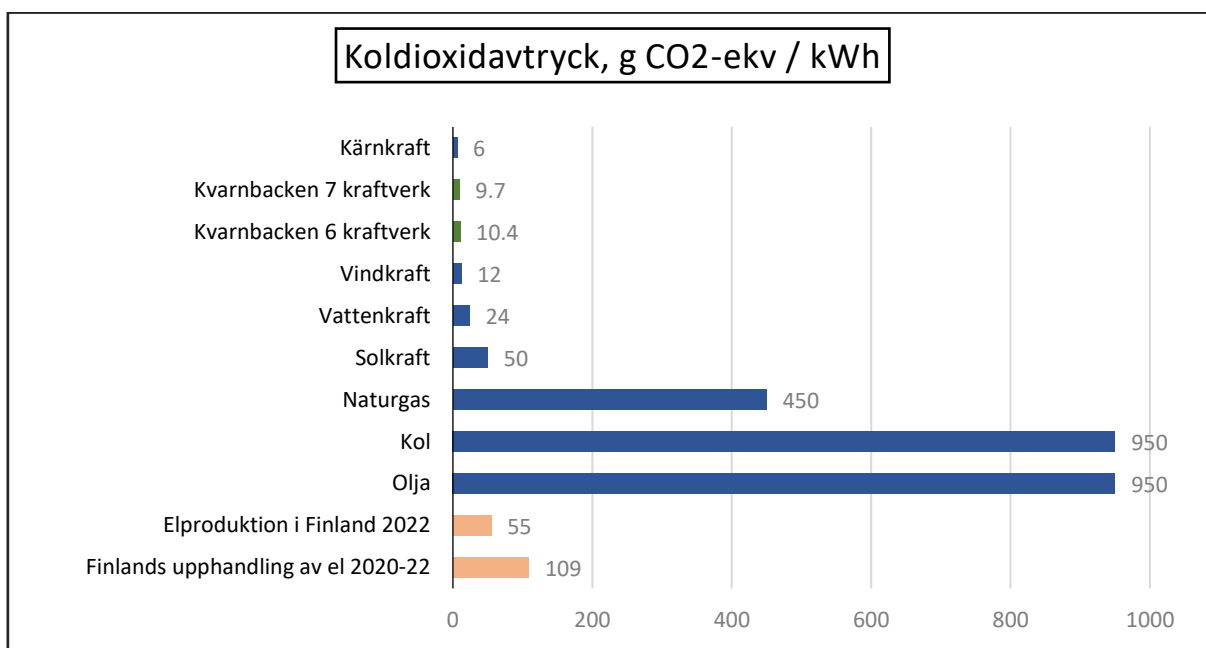


Bild 4. Jämförelse av utsläpp från olika elproduktionskällor

3.6 JÄMFÖRELSE MOT FINLANDS FRAMTIDA UTSLÄPP

Baserat på tabellen ovan kan koldioxidavtrycket för Kvarnbacken (10 g CO2-ekv. / kWh) jämföras med utsläppen för Finlands elproduktion (55 g CO2-ekv. / kWh under 2022) och utsläppen för el som Finland importerat (109 g CO2-ekv. / kWh under 2020–2022).

Koldioxidavtrycket för Kvarnbacken kan också jämföras mot det förväntade avtrycket för Finlands elproduktion under driftstiden (ungefär 2028–2063). Det är relativt svårt att estimerade vad

utsläppen under perioden kommer att vara. En källa (Ilmastovahti Tampere, 2020) estimerar utsläppen för Finlands elproduktion år 2030 till 31 g CO₂-ekv. / kWh. Extrapolerat framåt i tiden kan man förvänta sig att utsläppen under perioden 2028–2063 ligger kring 20 g CO₂-ekv. / kWh.

Kvarnbackens utsläpp per producerad kWh under driftstiden förväntas alltså vara lägre än utsläppen för Finlands elproduktion under samma tid, även om denna skillnad är betydligt mindre än om man jämför mot utsläppen vid Kvarnbackens ibruktagande. Man kan dock argumentera för att utsläppen för Kvarnbacken skall jämföras mot utsläppen vid drifttagningsskedet, eftersom förändringen mot utsläppsfri energiproduktion inte sker per automatik, utan genom medvetna satsningar på projekt som medför klimatnytta. Därför bör sänkningen av utsläppen som sker över tid räknas som en bidragande positiv följd av respektive projekt. Klimatnyttan diskuteras vidare i kapitel 4.

4 BERÄKNINGAR AV KLIMATHANDAVTRYCK

I detta kapitel bedöms Kvarnbackens klimathandavtryck. Siffrorna i avsnitt 4.1–4.4 följer de steg som presenteras i VTT:s (VTT, 2021) guide för klimathandavtryck.

4.1 IDENTIFIERING AV TILLÄMPNINGSOMRÅDE, KUND, UTGÅNGSPUNKT OCH FAKTORER SOM PÅVERKAR DET POTENTIELLA HANDAVTRYCKET

Klimathandavtryckets princip är att bedöma hur mycket en kund kan minska sitt koldioxidavtryck med hjälp av en viss produkt. Kärnfrågan är *vilken energiproduktionsform som ersätts av hybridprojekt, det vill säga projekt som kombinerar vind- och solkraft för elproduktion, och vilken påverkan det har på koldioxidutsläppen*. Det undersökta scenariot beskrivs nedan.

Hybridparkernas produktion ersätter importerat el (detta anses vara det mest realistiska scenariot). Finlands minskade behov av import hjälper till att minska den europeiska energikällornas kombinerade koldioxidavtryck. Detta kan ske på två olika sätt:

- a) Finlands minskade importbehov innebär att förnybar energi, som annars skulle ha importerats till Finland, kan användas i andra länder, vilket minskar koldioxidavtrycket för dessa länder.

b) Alternativt, när Finlands behov av elimport minskar, kan länder som exporterar icke-förnybar energi till Finland minska sin produktion av icke-förnybar energi, vilket i sin tur minskar koldioxidavtrycket för exportländerna.

Både i alternativ a och b är de ersatta energikällorna huvudsakligen kol, naturgas, kärnkraft, olja och torv. Detta är ett rimligt antagande eftersom EU-länder strävar efter att uppnå klimatneutralitet enligt EU:s fastställda mål. Sammanfattning av antaganden för beräkningen är följande:

- Tillämpningsområde: Elproduktion från hybridprojektet (vind- och solkraft).
- Kund: Finska konsumenter och företag, indirekt även europeiska konsumenter och företag.
- Utgångspunkt: Utgångspunkten baseras på den nuvarande elproduktionssituationen i Finland och Europa. Eftersom vind- och solkraft bara ersätter icke-önskvärda energikällor, antas i rapporten att 35 % av den ersatta energin kommer från olja, torv och kol, 35 % från kärnkraft och 30 % från naturgas.
- Faktorer som påverkar handavtrycket: Beräkningen av handavtrycket baseras på utgångspunktslösningens koldioxidavtryck, där hybridparkens koldioxidavtryck har dragits av.

4.2 BEDÖMNING AV ANVÄND ENHET, SYSTEMGRÄNSER OCH NÖDVÄNDIG DATA

Den använda enheten är g CO₂-ekv. / kWh producerad elektricitet. Livscykelbedömning utförs för tre olika scenarier. De CO₂-utsläppsdata som behövs för beräkningarna kontrolleras och bedöms för att säkerställa att tillförlitliga och aktuella antaganden används i beräkningarna.

Finland är en del av de gemensamma europeiska elmarknaderna, där elektricitet handlas mellan de nordiska länderna och även mellan de nordiska länderna och övriga Europa. Med tanke på det gemensamma elmarknadssystemet kan man överväga ett exempel där ökad produktion av vind- och solkraft leder till att Finlands behov av att importera el från Sverige minskar. Som en följd av detta kan Sverige exportera mer grön energi till Polen och Tyskland, vilket minskar Polens och Tysklands beroende av kolenergi. Denna positiva effekt beaktas i beräkningen av klimathandavtryck.

4.3 BERÄKNING AV KLIMATHANDAVTRYCK

Koldioxidavtryck bedöms under hybridparkens hela livscykel, i detta fall under 35 år (mellan 2023 och 2058). Hybridparkens koldioxidavtryck beräknas vara ungefär 10 g CO₂-ekv/kWh producerad energi (avsnitt 3).

Den ersatta elproduktionen består av en kombination av förnybar energi och icke-förnybar energi. Finlands minskade behov av import innebär att förnybar energi som annars skulle ha exporterats till Finland kan användas i andra länder, medan oönskade energikällor kan stegvis tas ur bruk i dessa länder. De ersatta energikällorna är främst olja, torv, kol, kärnkraft och naturgas. Deras andelar och utsläpp (UNECE 2021) förväntas vara:

Kärnkraft	22 % andel	6 g CO ₂ -ekv/kWh
Naturgas	20 % andel	450 g CO ₂ -ekv/kWh
Kol	19 % andel	950 g CO ₂ -ekv/kWh
Solkraft	8 % andel	50 g CO ₂ -ekv/kWh
Vattenkraft	11 % andel	24 g CO ₂ -ekv/kWh
Vindkraft	16 % andel	12 g CO ₂ -ekv/kWh
Biokraft	4 % andel	240 g CO ₂ -ekv/kWh

Det viktade utsläppsmedelvärdet av energikällorna är 291 g CO₂-ekv/kWh.

Klimathandavtryck är 291 g – 10 g = 281 g CO₂-ekv/kWh.

4.4 KRITISK GRANSKNING AV RESULTAT OCH KOMMUNIKATION

Finlands koldioxidavtryck är 10,3 ton CO₂-ekvivalenter per person/år (Sitra, 2018). Baserat på beräkningen i avsnitt 4.3 minskar en hybridpark i Kvarnbackens storlek med 6 vindkraftverk koldioxidutsläppen med cirka 50 800 ton per år. Minskningen av utsläpp för ett alternativ med 7 vindkraftverk är 58 100 ton per år.

När klimatneutralitet har uppnåtts inom EU förväntas klimathandavtrycket för finsk vindkraft vara betydligt mindre. Under de kommande 20–30 åren kommer dock största delen av vind- och solkraft att användas för att ersätta fossila bränslen i olika former enligt Europeiska kommissionens klimatmål.

Koldioxidavtrycket för hybridprojektet kan också jämföras med den finska elproduktionen, vilket för närvarande är cirka 55 g CO₂-ekvivalenter / kWh (Fingrid, 2022). Förväntat är att koldioxidavtrycket för Finlands elproduktion minskar ytterligare åtminstone fram till år 2035 för att uppnå klimatmålen. Koldioxidavtrycket för importerat el är 109 g CO₂-ekv. / kWh (beräknat baserat på Fingrids data för åren 2020–2022). Dessa siffror relaterade till Finlands elproduktion beaktas dock inte i avtryckskalkylen, eftersom vindkraften ersätter önskade energikällor, inte den genomsnittliga elproduktionen.

5 INVERKAN PÅ RESULTATEN AV ETT POTENTIellt ENERGIRESERV

I samband med Kvarnbackens hybridpark utvärderas möjligheten att placera ett 50 MWh batterilager på området. Batterilagret skulle byggas i anslutning till Kvarnbackens transformatorstation.

Batterilagrets koldioxidavtryck består till största dels av utsläpp relaterat till tillverkningen av anläggningen, såsom utvinning och bearbetning av batterimaterial, montering av anläggningen och förnyande av åldrade batterier. En mindre del av utsläppen utgörs av utsläpp under användningen som orsakas av förluster i batterilagrets laddningscykel. Tillverkningen av batterilagransanläggningen innefattar energikrävande processer, vilket är varför utsläppen av den el som används vid tillverkningen påverkar starkt batterilagrets koldioxidavtryck. Enligt en svensk studie (Emilsson E, Dahllöf L 2019) är de totala utsläppen av batterilagringstillverkning 59–119 kg CO₂-eq per kilowattimme (kWh) av lagringskapaciteten. Den lägre ändan av skalan motsvarar en tillverkningsprocess där förnybara energikällor används för elproduktionen, medan den övre ändan motsvarar en tillverkningsprocess som använder huvudsakligen fossila energikällor. I detta fall skulle utsläppen från tillverkningen av ett 50 MWh batterilager vara cirka 2 950–5 950 t CO₂-ekv.

Batteriet behöver förnyas en gång under projektets 35-åriga livscykel och det antas att utsläppen motsvarar 80 % av utsläppen för tillverkningen av hela anläggningen, eftersom det innefattar endast ett förnyande av batterierna och växelriktaren. I detta fall skulle utsläppen som orsakas av förnyandet vara cirka 2 360–4 760 t CO₂-ekv.

Om det antas att 50 % av laddningscyklerna utförs av 1 300 enheter per år, att effektiviteten i batterilagret är 95 % och att batteriet laddas huvudsakligen med Kvarnbackens egen produktion, så skulle de utsläpp som orsakas av användningen av ett 50 MWh lager vara cirka 569 t CO₂-ekv.

I detta fall skulle de totala utsläppen av en batterilagring på 50 MWh i Kvarnbacken vara följande:

Utsläppskälla	Batterilagring gjord med förnybar energi	Batterilagring gjord huvudsakligen med fossil energi
Tillverkning	2 950 t CO ₂ -eq	5 950 t CO ₂ -eq
Batteribyte	2 360 t CO ₂ -eq	4 760 t CO ₂ -eq
Bruk	569 t CO ₂ -eq	569 t CO ₂ -eq
Sammanlagt	5 879 t CO ₂ -eq	11 279 t CO ₂ -eq

Jämfört med de totala utsläppen från Kvarnbackens hybridpark som presenteras i kapitel 3.5 skulle byggandet av batterilagret öka utsläppen för hela projektet med cirka 8,2–19,1 %, vilket skulle innebära att parkens utsläpp skulle bli cirka 10,5–12,4 g CO₂-ekv/kWh.

6 SAMMANFATTNING

Koldioxidavtrycksanalysen visar att koldioxidavtrycket för Kvarnbackens hybridprojekt är cirka 10 g CO₂-ekv. / kWh, medan koldioxidavtrycket för kol är cirka 1000 g CO₂-ekv. / kWh och för naturgas 400–500 CO₂-ekv. / kWh (UNECE, 2021).

Koldioxidhandavtrycksanalysen visar också den positiva effekten av att ersätta fossila bränslen med förnybar energi från hybridparker. Enligt vår analys är hybridprojektets koldioxidhandavtryck ungefär 28 gånger större än koldioxidavtrycket. Det innebär att de positiva effekterna (utsläppsminskningar) är 28 gånger större än de negativa effekterna (utsläpp under hybridparkens livscykel och minskat kolupptag på grund av skogsavverkning).

Enligt vår koldioxidhandavtrycksanalys förväntas koldioxidhandavtrycket för Kvarnbackens hybridprojekt vara 281 g CO₂-ekv/kWh. Utbyggnaden av vind- och solenergi stöder starkt Finlands och EU:s klimatmål.

En 50 MWh batterilagring i samband med projektet skulle öka parkens totala utsläpp med cirka 8,2–19,1 %.

7 KÄLLOR

Amelie Müller, Lorenz Friedrich, Christian Reichel, Sina Herceg, Max Mittag, Dirk Holger Neuhaus (2021). *A comparative life cycle assessment of silicon PV modules: Impact of module design, manufacturing location and inventory*. Solar Energy Materials and Solar Cells.
<https://doi.org/10.1016/j.solmat.2021.111277>.

Dodd, Nicholas; Espinosa, Nieves, Van Tichelen, Paul Peeters; Karolien, Soares; Ana Maria (2020) *Preparatory study for solar photovoltaic modules, inverters and systems*. EUR 30468 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2020, Science for Policy, ISBN 978-92-76-26345-6, doi:10.2760/852637, JRC122431
https://susproc.jrc.ec.europa.eu/product-bureau/sites/default/files/2020-12/jrc12431preparatory_study_for_solar_photovoltaic_modules_kj-na-30468-en.pdf

DW (2021). *How Sustainable is wind power?*
<https://www.dw.com/en/how-sustainable-is-wind-power/a-60268971>

Emilsson E, Dahllöf L. (2019). Lithium-Ion Vehicle Battery Production Status 2019 on Energy Use, CO 2 Emissions, Use of Metals, Products Environmental Footprint, and Recycling.
https://www.researchgate.net/publication/339237011_Lithium-Ion_Vehicle_Battery_Production_Status_2019_on_Energy_Use_CO_2_Emissions_Use_of_Metals_Products_Environmental_Footprint_and_Recycling
https://static.longi.com/24_L_Gi_LE_PM_T_PMD_059_F133_LR_5_72_HTH_585_600_M_35_35_and_15_Frame_Scientist_DG_V17_ce9f33ceb3.pdf

European Commission (2022). *Photovoltaic geographical information system*.
https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html

Fingrid (2017). *Kontiolahten ja Pamilon välisen 110 kilovoltin voimajohtoyhteyden uusiminen*.
https://www.fingrid.fi/contentassets/57db696e8f85474cb003da3a49b12770/kontiolahti-pamilo_110_kv_yvs_paivitys_www-raportti.pdf

Fingrid (2023). *Sähköntuotannon CO2-päästöarvio*.
<https://www.fingrid.fi/sahkomarkkinat/sahkomarkkinainformaatio/co2/>

Harrison, GP, Maclean, EJ, Karamanlis, S & Ochoa, LF (2010). *Life cycle assessment of the transmission network in Great Britain*, Energy Policy, vol. 38, no. 7, pp. 3622-3631.

<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.02.039>

https://www.pure.ed.ac.uk/ws/files/21980985/Grid_Carbon_Footprint_Paper.pdf

Hybrit (2021). *LKAB och Vattenfall först i världen med vätgasreducerad järnsvamp*

<https://www.hybritdevelopment.se/hybrit-ssab-lkab-och-vattenfall-forst-i-varlden-med-vaetgasreducerad-jarnsvamp/>

ICCT (2021). *A Global Comparison of the Life-Cycle Greenhouse Gas Emissions of Combustion Engine and Electric Passenger Cars*. <https://theicct.org/publication/a-global-comparison-of-the-life-cycle-greenhouse-gas-emissions-of-combustion-engine-and-electric-passenger-cars/>

Ilmastovahti Tampere (2020). *Sähkötuotannon päästökerroin*.

https://ilmastovahti.tampere.fi/paastoskenaariot/node/electricity_production_emission_factor

LUKE (2021a) Metsien kasvuvauhti hidastui, mutta puuston tilavuus suureni

<https://www.luke.fi/fi/uutiset/metsien-kasvuvauhti-hidastui-mutta-puuston-tilavuus-suureni>

LUKE (2021b). <http://kartta.luke.fi/opendata/valinta-en>

Ministry of the Environment Finland (2021). *EU climate policy*. <https://ym.fi/en/eu-climate-policy>

Ministry of the Environment Finland (2022). *Finland's national climate change policy*.

<https://ym.fi/en/finland-s-national-climate-change-policy>

Nordiska ministerrådet (2017). *The climate benefits of the Nordic forests*.

<https://nordicforestresearch.org/wp-content/uploads/2019/08/nytryck-eng-A4-1.pdf>

Sitra (2018). *Keskivertosuomalaisen Hiilijalanjälki*. The Finnish Innovation Fund Sitra.

<https://www.sitra.fi/artikkelit/keskivertosuomalaisen-hiilijalanjalki/>

SYKE (2021). *Hiilinielulaskuri*. <https://laskurit.hiilineutraalisuomi.fi/nielu/>

Trinasolar (2021). *Vertex TSM-DEG21C.20 Data sheet*. Available:

<https://www.trinasolar.com/en-glb/resources/downloads#TSM-DEG5-2>

UBA (2021). *Aktualisierung und Bewertung der Ökobilanzen von Windenergie- und Photovoltaikanlagen unter Berücksichtigung aktueller Technologieentwicklungen*.

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2021-05-06_cc_35-2021_oekobilanzen_windenergie_photovoltaik.pdf

UNECE (2021). *Life Cycle Assessment of Electricity Generation Options*

<https://unece.org/sites/default/files/2021-10/LCA-2.pdf>

UPM (2022). *Skogen är både en kolsänka och en kolreserv.*

<https://www.upmmetsa.fi/sv/information-och-evenemang/artiklar/skogen-ar-bade-en-kolsanka-och-en-kolreserv/>

Vestas (2022). *Life Cycle Assessment of Electricity Production from an onshore V150-4.2 MW Wind Plant.*

https://www.vestas.com/content/dam/vestas-com/global/en/sustainability/reports-and-ratings/lcas/LCA%20of%20Electricity%20Production%20from%20an%20onshore%20V150-4.2,%204.5MW%20Wind%20Plant_Final.Web.pdf.coredownload.inline.pdf

Vestas (2023). *Life Cycle Assessment of Electricity Production from an onshore EnVentus V162-6.2 MW Wind Plant.*

<https://www.vestas.com/content/dam/vestas-com/global/en/sustainability/reports-and-ratings/lcas/LCA%20of%20Electricity%20Production%20from%20an%20onshore%20EnVentus%20V162-6.2.pdf.coredownload.inline.pdf>

VTT Technical Research Centre of Finland Ltd (2013). *Carbon footprint for building products.*

<https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/technology/2013/T115.pdf>

VTT Technical Research Centre of Finland Ltd (2021). *Carbon Handprint Guide, V2.*

https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/publications/2021/Carbon_handprint_guide_2021.pdf