

Puun korjuun ja kuljetusten päästöjen nykytila ja vähennyskeinot – 2. päivitys

Liiteraportti 1: Ainespuun korjuun ja kaukokuljetuksen suorat CO₂-päästöt
ja energiankulutus 2022

Asko Poikela, Markus Strandström
Metsäteho Oy

Tiivistelmä – päästöt

- Kotimaisen ainespuun korjuun ja kuljetuksen vuoden 2022 suorat hiilidioksidipäästöt ja energiankulutus laskettiin Metsätehon MCounter-päästölaskentaohjelmalla eri tilasto- ja kyselyaineistoja hyödyntäen.
- Puun korjuun ja kuljetuksen yhteenlasketut päästöt olivat 576 424 tonnia CO₂-ekv, josta korjuun osuus oli 52 % ja kuljetuksen 48 %.
- Puunkorjuun päästöt olivat 299 070 tonnia CO₂-ekv. Tästä hakkuun osuus oli 47 %, metsäkuljetuksen 40 % ja konesiirtojen sekä työmatkojen 13 %.
- Puun kuljetuksen päästöt olivat yhteensä 277 354 tonnia CO₂-ekv. Tästä suoran autokuljetuksen (myöh. maantiekuljetus) osuus oli 74 %, rautatiekuljetusketjun 19 % ja vesitiekuljetusketjujen 7 %.
 - Eri kuljetusmuotoihin sisältyvän kuormankäsittelyn päästöt olivat 36 427 tonnia CO₂-ekv., mikä on 13 % kuljetuksen kokonaispäästöistä.



Tiivistelmä – energiankulutus

- Puun korjuun ja kuljetuksen yhteenlaskettu energiankulutus oli 9 022 TJ, josta korjuun osuus 48 % ja kuljetuksen 52 %.
- Puunkorjuun energiankulutus oli 4 313 TJ. Tästä hakkuun osuus oli 46 %, metsäkuljetuksen 40 % ja konesiirtojen sekä työmatkojen 14 %.
- Puun kuljetuksen energiankulutus oli yhteensä 4 709 TJ. Tästä suoran autokuljetuksen (myöh. maantiekuljetus) osuus oli 71 %, rautatiekuljetusketjun 23 % ja vesitiekuljetusketjujen 6 %.
 - Eri kuljetusmuotoihin sisältyvän kuormankäsittelyn energiankulutus oli 569 TJ, mikä on 12 % kuljetuksen kokonaisenergiankulutuksesta.
- Polttoaineen kokonaiskulutus oli 249 milj. litraa, josta moottoripolttoöljyä 48 %.



1. Johdanto

- Kotimaisen ainespuun korjuun, kuljetuksen ja kuormankäsittelyn vuositason päästö- ja energiankulutuslaskenta on osa Metsätehon päästöselvitys-kokonaisuutta.
 - Selvitysten muut teemat ovat:
 - raskaan liikenteen ja työkoneiden päästövähennyksiä koskevat tavoitteet (EU ja Suomi)
 - keskeiset keinot päästöjen vähentämiseksi lyhyellä ja pitkällä aikajänteellä
 - jatkotutkimustarpeet.
 - Muut raportit löytyvät sivulta <https://www.metsateho.fi/puun-korjuun-ja-kuljetusten-paastojen-nykytila-ja-vahennyskeinot-2-paivitys>.
- Vuosilaskelma koskee vain pyöreää ainespuuta, sivutuotehake ja energiapuu eivät sisälly laskelmaan.

2. Laskelman toteutus

- Kotimaisen ainespuun korjuun, kuljetuksen ja kuormankäsittelyn vuoden 2022 hiilidioksidipäästö- ja energiankulutuslaskelma on tehty Metsätehon MCounter-päästölaskentaohjelmalla.
- Laskelmassa on käytetty
 - ainespuun korjuu- ja kuljetusmäärinä vuoden 2022 teollisuuspuun hakkuumäärää
 - hakkuutapajakaumana ja leimikkotekijöinä Metsätehon tilastoimia tietoja vuodelta 2022
 - Hakkuutapajakaumaa on oikaistu ensiharvennuksen osalta Luonnonvarakeskuksen hakkuupinta-alatiedon avulla.
 - eri kuljetusmuotojen puutavaralajikohtaisina kuljetusmäärinä / -osuuksina ja keskipuljetusmatkoina Metsätehon tilastoimia tietoja vuodelta 2022
 - Poikkeuksena rautatiekuljetus, jossa junapuun määränä ja sähkö-/dieselledon osuuksina on käytetty VR Transpointin tietoja.
 - kuormankäsittelyn työkoneiden osalta Metsätehon työkonekyselyn pohjalta tehtyjä oletuksia (Metsätehon kysely kuormausoperaattoreille ja metsäyhtiöille 2023, käsikirjoitus)

Laskelman rajaukset

- Laskelmissa on mukana kuljetuskaluston ja työkoneiden käyttövoimien (polttoaine + AdBlue) suorat päästöt ja energiankulutus. Käyttövoimien tuotannon ja jakelun aikaisia päästöjä ja kaluston elinkaarivaikutuksia ei ole otettu huomioon.
 - Muita kemikaaleja, esim. voiteluaineita ja hakkuussa käytettyjä kantokäsittelyaineita ei ole huomioitu.
- Työmatkaliikenne on huomioitu vain puunkorjuussa, käyttövoimaksi on oletettu diesel.
- Ainespuun kuormankäsittelyyn sisältyy tienvarsivarastolla tapahtuvan kuormauksen lisäksi yksi käsittelykerta
 - rautatieterminaleissa: siirto junaan
 - vesitiekuljetusterminalleissa: siirto alukseen tai veteenpudotus ja lautanmuodostus
 - tehdasvastaanotossa: vastaanoton ensimmäinen vaihe työkoneella ja uitossa lisäksi sitä edeltävä nipun siirto järjestelyhinaajalla.
- Ainespuun kuormankäsittelyyn ei sisälly mahdollisia siirtoja varastoon/varastosta.
- Tehdasvastaanotossa käytettävän täyssähköisen kaluston osuutta kuormankäsittelyn kokonaisvolyymistä ei pystytty arvioimaan eikä sen vaikutusta päästöihin ole huomioitu laskelmassa.
- Kaikki autolla saapuva ainespuu oletettiin kuljetettavan suoraan metsästä tehtaalle.
 - Ts. kaksivaiheista autokuljetusketjua terminaalivaiheineen ei ole otettu huomioon.



Kuljetusketjujen vaiheet kuljetusmuodoittain

	Auto	Juna	Alus	Uitto
Lastaus autoon tienvarsivarastosta	Auto	Auto	Auto*	Auto
Alkukuljetus	Auto	Auto	Auto*	Auto
1a) Mahdollinen purku välivarastoon**	Auton oma kuormain	Auton oma kuormain / Terminaalin työkone	Auton oma kuormain / Terminaalin työkone	Auton oma kuormain / Terminaalin työkone
1b) Siirto välivarastosta jatkokuljetukseen TAI	Auton oma kuormain	Terminaalin työkone	Auton oma kuormain / Terminaalin työkone / Aluksen nosturi	(Auton oma kuormain +) Terminaalin työkone
2) Siirtokuormaus jatkokuljetukseen	Auton oma kuormain	Auton oma kuormain / Terminaalin työkone	Auton oma kuormain / Aluksen nosturi / Terminaalin työkone	Terminaalin työkone + nippusieppo
Pääkuljetusväline	Auto	Juna	Alus / Hinaaja tai puskija + proomu	Uittohinaaja + apualukset
Purku tuotanto-laitoksella (1. vaihe)	Tehtaan työkone / Auton kuormain	Tehtaan työkone	Tehtaan työkone	Tehtaan työkone + järjestelyhinaaja

*Saaripuun osalta lastaus metsäkoneella suoraan proomuun – kaikki aluskuljetus oletettiin laskelmassa tehtäväksi isolla aluksella.

**Purku välivarastoon voi olla tarpeen myös esim. kelinikon takia, ei kyseisen kuljetusmuodon vaatimusten takia – ei ole huomioitu näissä laskelmissa.



Laskentaoletukset – kuormankäsittely

Työkoneiden osuus kuormauksessa pääkuljetusmuotoon

	%			
	Auto	Juna	Alus	Uitto
Työkone		63	88	100
Puutavara-auton kuormain	100	37	12	
	100	100	100	100

Uitossa työkoneen lisäksi myös nippusieppo

Aluskuljetuksessa työkoneella kuormaus sisältää myös kuormauksen aluksen omalla kuormaimella sekä saaripuun kuormauksen

Työkoneiden osuus kuorman / lastin purussa tuotantolaitoksella

Tukki

	%			
	Auto	Juna	Alus	Uitto
Työkone	67	100	100	100
Puutavara-auton kuormain	33			
	100	100	100	100

Uitossa työkoneen lisäksi myös järjestelyhinaaja

Kuitupuulla työkoneen osuus 100 % kaikissa kuljetusmuodoissa



Päästöjen laskennan tietolähteitä

- Suoritteet vuonna 2022
 - Kotimaisen puun korjuu ja kuljetus
 - Teollisuuspuun hakkuumäärä (Luonnonvarakeskus 2024b)
 - Hakkuutapajakauma (Strandström 2023)
 - Ensiharvennuspinta-ala (Luonnonvarakeskus 2024a)
 - Kotimaisen puun eri kuljetusmuotojen osuudet ja kuljetusten keskimatkat (Strandström 2023)
 - Rautatiekuljetusmäärä (VR Transpoint 2024, julkaisematon)
 - Kuormankäsittely terminaaleissa ja tehdasvastaanotossa (Metsätehon kysely kuormausoperaattoreille ja metsäyhtiöille 2023, käsikirjoitus)
- Polttoaineen kulutus ja päästökertoimet sekä ajanmenekkimallit (ks. kulutustiedot tarkemmin liite 1)
 - Hakkuu ja metsäkuljetus (Kääriäinen 2020, Jylhä et.al 2019, Eriksson ja Lindroos 2014)
 - Puutavarayhdistelmät (Venäläinen ja Poikela 2022)
 - Rautatiekuljetus (VR Transpoint 2023, julkaisematon)
 - Aluskuljetus ja uitto (operaattorit)
 - Tuotantolaitosten, rautatieterminaalien, uittopaikkojen ja satamien työkoneet (Metsätehon kysely kuormausoperaattoreille ja metsäyhtiöille 2023, käsikirjoitus)
 - CO₂-päästökertoimet: KHK-inventaario (Tilastokeskus 2023)
 - Metaanin ja typpioksiduulin päästökertoimet: LIPASTO yksikköpäästötietokanta (VTT Oy)

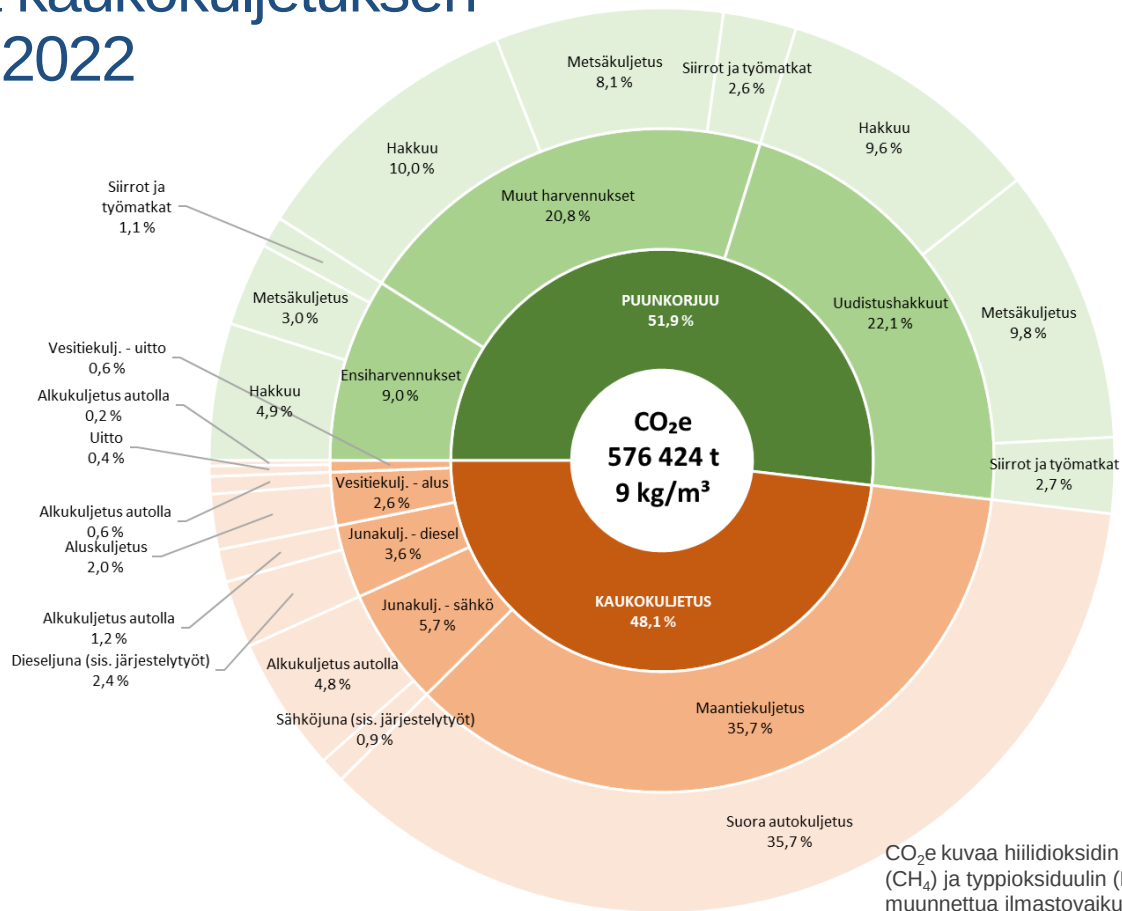


3. Ainespuun korjuun ja kaukokuljetuksen päästöt vuonna 2022

- Puunkorjuun päästöt vuonna 2022 olivat yhteensä 299 070 t CO₂ekv. (4,7 kg/m³).
 - Päästöissä otettiin huomioon hakkuukoneiden ja kuormatraktoreiden, niiden siirtoihin tarvittavien lavettikuljetusten ja koneenkuljettajien työmatkojen aiheuttamat suorat päästöt.
- Kotimaisen ainespuun kaukokuljetusketjujen päästöt olivat yhteensä 277 354 t CO₂ekv. (4,3 kg/m³).
 - Kuljetusvaiheen osuus päästöistä oli 240 927 t sisältäen suorat autokuljetukset sekä rautatie- ja vesikuljetukset alkukuljetuksineen.
 - Kuormankäsittelyn osuus oli yhteensä 36 427 t (n. 0,6 kg/m³), kts. tarkemmin s. 18.
- Rajaukset, kts. sivu 6.



Ainespuun korjuun ja kaukokuljetuksen CO₂-päästöt vuonna 2022



CO₂e kuvaa hiilidioksidin (CO₂), metaanin (CH₄) ja typpioksiduulin (N₂O) hiilidioksidiksi muunnettua ilmastovaikutusta.

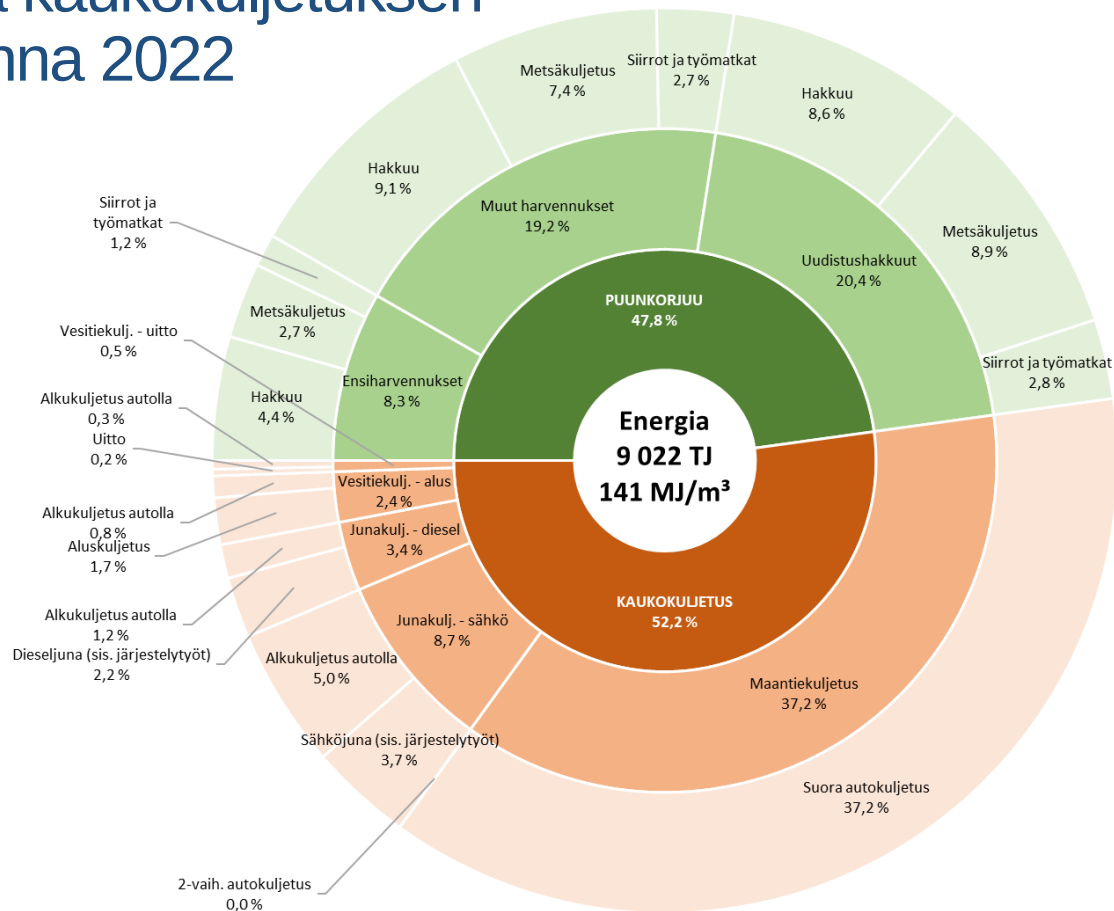


TEOLLISUUDEN AINESPUU	Ainespuumäärä				Kulj.suorite 1 000 tkm	CO ₂ e -päästöt				
	m ³ (sob)	%	t _{green}	%		t	%	kg/m ³ (sob)	kg/t _{green}	g/tkm
PUUNKORJUU	63 951 000	100,0	53 752 972	100,0		299 070	100,0	4,68	5,56	
Ensiharvennukset	6 807 585	10,6	5 722 005	10,6		51 793	17,3	7,61	9,05	
Hakkuu						28 220	9,4	4,15	4,93	
Metsäkuljetus						17 199	5,8	2,53	3,01	
Siirrot ja työmatkat						6 373	2,1	0,94	1,11	
Muut harvennukset	20 686 521	32,3	17 387 718	32,3		119 901	40,1	5,80	6,90	
Hakkuu						57 917	19,4	2,80	3,33	
Metsäkuljetus						46 926	15,7	2,27	2,70	
Siirrot ja työmatkat						15 058	5,0	0,73	0,87	
Uudistushakkuut	36 456 894	57,0	30 643 249	57,0		127 375	42,6	3,49	4,16	
Hakkuu						55 181	18,5	1,51	1,80	
Metsäkuljetus						56 609	18,9	1,55	1,85	
Siirrot ja työmatkat						15 586	5,2	0,43	0,51	
KAUKOKULJETUS	63 951 000	100,0	53 928 860	100	8 951 303	277 354	100,0	4,34	5,14	31,0
Maantiekuljetus	48 389 818	75,7	40 456 450	75,0	4 240 899	205 597	74,1	4,25	5,08	48,5
Suora autokuljetus	48 389 818	100,0	40 456 450	100,0	4 240 899	205 597	100,0	4,25	5,08	48,5
2-vaih. autokuljetus										
Junakulj. - sähkö	10 937 749	17,1	9 494 210	17,6	3 295 017	33 009	11,9	3,02	3,48	10,0
Sähköjuna (sis. järjestelytyöt)					2 832 526	5 251	1,9	0,48	0,55	1,9
Alkukuljetus autolla					462 491	27 758	10,0	2,54	2,92	60,0
Junakulj. - diesel	2 636 819	4,1	2 288 818	4,2	794 347	20 530	7,4	7,79	8,97	25,8
Dieseljuna (sis. järjestelytyöt)					682 852	13 838	5,0	5,25	6,05	20,3
Alkukuljetus autolla					111 495	6 692	2,4	2,54	2,92	60,0
Vesitiekulj. - alus	1 397 353	2,2	1 197 630	2,2	465 603	14 983	5,4	10,72	12,51	32,2
Aluskuljetus					390 474	11 383	4,1	8,15	9,50	29,2
Alkukuljetus autolla					75 130	3 600	1,3	2,58	3,01	47,9
Vesitiekulj. - uitto	589 261	0,9	491 753	0,9	155 438	3 236	1,2	5,49	6,58	20,8
Uitto					132 538	2 123	0,8	3,60	4,32	16,0
Alkukuljetus autolla					22 900	1 113	0,4	1,89	2,26	48,6
PUUNKORJUU + KAUKOKULJETUS						576 424		9,01	10,71	

4. Ainespuun korjuun ja kaukokuljetuksen energiankulutus vuonna 2022

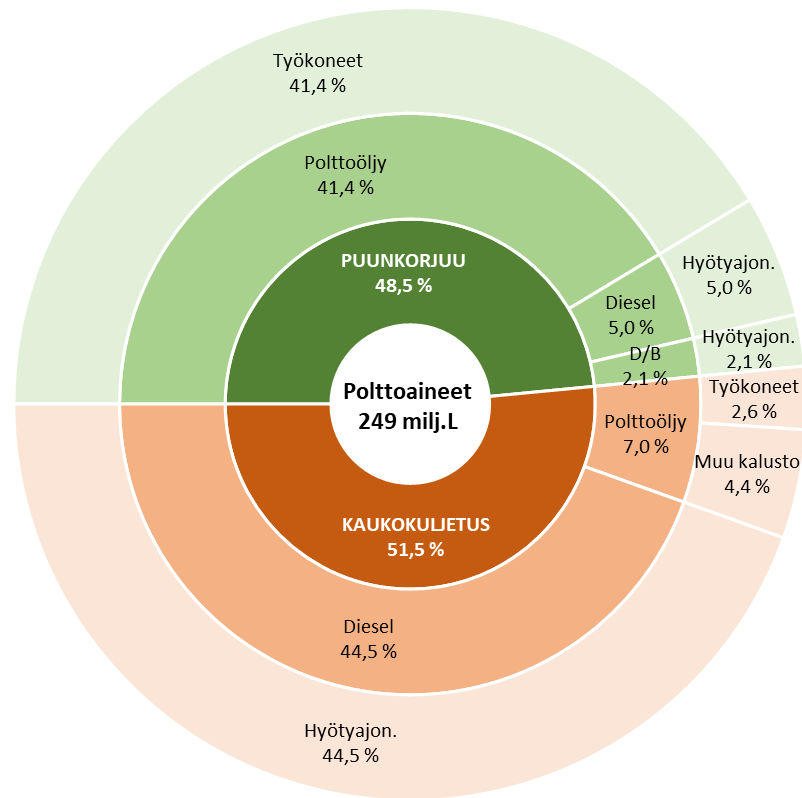
- Puunkorjuun energiankulutus vuonna 2022 oli yhteensä 4 313 TJ (67 MJ/m³).
 - Sisältää hakkuukoneiden ja kuormatraktoreiden, niiden siirtoihin tarvittavien lavettikuljetusten ja koneenkuljettajien työmatkojen energiankulutuksen.
- Kotimaisen ainespuun kaukokuljetuksen energiankulutus oli yhteensä 4 709 TJ (74 MJ/m³).
 - Kuljetusvaiheen osuus kulutuksesta oli 4 140 TJ sisältäen suorat autokuljetukset sekä rautatie- ja vesikuljetukset alkukuljetuksineen.
 - Kuormankäsittelyn osuus oli yhteensä 569 TJ (8,9 MJ/m³), kts. tarkemmin s. 18.
- Rajaukset, kts. sivu 6.

Ainespuun korjuun ja kaukokuljetuksen energiankulutus vuonna 2022



	Polttoaineen kulutus				Kulj.suorite	Energiankulutus (-AdBlue)				
TEOLLISUUDEN AINESPUU	1000 litres	%	t	%	1 000 tkm	TJ	%	MJ/m³(sob)	MJ/t	MJ/tkm
PUUNKORJUU	120 704	100,0	99 926	100,0		4 313	100,0	67,44	80,24	
Ensiharvennukset	20 901	17,3	17 303	17,3		747	17,3	109,71	130,52	
Hakkuu	11 097	9,2	9 231	9,2		399	9,2	58,60	69,71	
Metsäkuljetus	6 764	5,6	5 626	5,6		243	5,6	35,72	42,49	
Siirrot ja työmatkat	3 039	2,5	2 446	2,4		105	2,4	15,40	18,32	
Muut harvennukset	48 410	40,1	40 074	40,1		1 730	40,1	83,61	99,48	
Hakkuu	22 775	18,9	18 944	19,0		819	19,0	39,58	47,08	
Metsäkuljetus	18 455	15,3	15 350	15,4		663	15,4	32,07	38,15	
Siirrot ja työmatkat	7 180	5,9	5 780	5,8		248	5,7	11,97	14,24	
Uudistushakkuut	51 394	42,6	42 549	42,6		1 837	42,6	50,38	59,93	
Hakkuu	21 699	18,0	18 049	18,1		780	18,1	21,39	25,45	
Metsäkuljetus	22 263	18,4	18 518	18,5		800	18,6	21,95	26,11	
Siirrot ja työmatkat	7 431	6,2	5 982	6,0		256	5,9	7,03	8,36	
KAUKOKULJETUS	128 335	100,0	103 774	100	8 951 303	4 709	100,0	73,63	87,31	0,526
Maantiekuljetus	97 035	75,6	78 214	75,4	4 240 899	3 352	71,2	69,28	82,87	0,791
Suora autokuljetus	97 035	100,0	78 214	100,0	4 240 899	3 352	100,0	69,28	82,87	0,791
2-vaih. autokuljetus										
Junakulj. - sähkö	15 124	11,8	12 250	11,8	3 295 017	783	16,6	71,54	82,42	0,237
Sähköjuna (sis. järjestelytyöt)	2 065	1,6	1 718	1,7	2 832 526	331	7,0	30,26	34,86	0,117
Alkukuljetus autolla	13 059	10,2	10 532	10,1	462 491	452	9,6	41,28	47,56	0,976
Junakulj. - diesel	8 593	6,7	7 068	6,8	794 347	305	6,5	115,50	133,06	0,383
Dieseljuna (sis. järjestelytyöt)	5 445	4,2	4 529	4,4	682 852	196	4,2	74,22	85,50	0,287
Alkukuljetus autolla	3 148	2,5	2 539	2,4	111 495	109	2,3	41,28	47,56	0,976
Vesitiekulj. - alus	6 208	4,8	5 113	4,9	465 603	220	4,7	157,72	184,02	0,473
Aluskuljetus	4 182	3,3	3 479	3,4	390 474	150	3,2	107,58	125,53	0,385
Alkukuljetus autolla	2 025	1,6	1 634	1,6	75 130	70	1,5	50,13	58,49	0,932
Vesitiekulj. - uitto	1 376	1,1	1 129	1,1	155 438	49	1,0	82,47	98,83	0,313
Uiitto	591	0,5	492	0,5	132 538	21	0,5	36,07	43,22	0,160
Alkukuljetus autolla	785	0,6	637	0,6	22 900	27	0,6	46,40	55,61	1,194
PUUNKORJUU + KAUKOKULJETUS	249 039		203 700			9 022		141,07	167,55	

TEOLLISUUDEN AINESPUU	Polttoaineen kulutus kalustotyypeittäin, 1000 L				
	Työkoneet	Hyöty- ajoneuvot	Muu kalusto	Yhteensä	%
PUUNKORJUU	103 054	17 650		120 704	100,0
Polttoöljy	103 054			103 054	85,4
Ensiharvennukset	17 862			17 862	14,8
Muut harvennukset	41 230			41 230	34,2
Päätehakkuut	43 962			43 962	36,4
Diesel		12 404		12 404	10,3
Ensiharvennukset		2 074		2 074	1,7
Muut harvennukset		5 000		5 000	4,1
Päätehakkuut		5 329		5 329	4,4
D/B		5 246		5 246	4,3
Ensiharvennukset		965		965	0,8
Muut harvennukset		2 180		2 180	1,8
Päätehakkuut		2 102		2 102	1,7
KAUKOKULJETUS	6 386	110 886	11 063	128 335	100,0
Polttoöljy	6 386		11 063	17 449	13,6
Maantiekuljetus	3 883			3 883	3,0
Junakuljetus	1 933		6 533	8 466	6,6
Vesitiekuljetus	569		4 530	5 100	4,0
Diesel		110 886		110 886	86,4
Maantiekuljetus		93 151		93 151	72,6
Junakuljetus		15 251		15 251	11,9
Vesitiekuljetus		2 484		2 484	1,9
PUUNKORJUU + KAUKOKULJETUS	109 441	128 536	11 063	249 039	



D/B: koneenkuljettajien autokaluston erittelemättömät käyttövoimat, päästö- ja energiankulutuslaskennassa oletuksena diesel



Työkoneiden ja kuljetusvälineiden polttonesteiden kulutus ja kustannukset vuonna 2022

TYÖVAIHE	Työkoneiden polttoöljy	Kuorma-autojen diesel	Paketti- ja henkilöautojen diesel*	Junien ja vesitiekuljetuksen polttoöljy	Kaikki yhteensä
			Milj. litraa / vuosi		
Korjuu	103,1	12,4	5,2		120,7
Kuormankäsittely tienvarsivarastoilla		8,7			8,7
Kuljetus		101,0		11,1	112,1
Kuormankäsittely terminaaleissa	1,3	0,5			1,8
Kuormankäsittely tuotantolaitoksilla	5,1	0,7			5,8
TYÖVAIHEET YHTEENSÄ	109,4	123,3	5,2	11,1	249,0
€/litra (alv. 0 %)**	1,35	1,72	1,72	1,35	
Milj.€/vuosi	147,7	212,1	9,0	14,9	383,8

* Eri käyttövoimien osuutta ei tunneta, oletettu dieseliksi

** Tilastokeskus, 2022

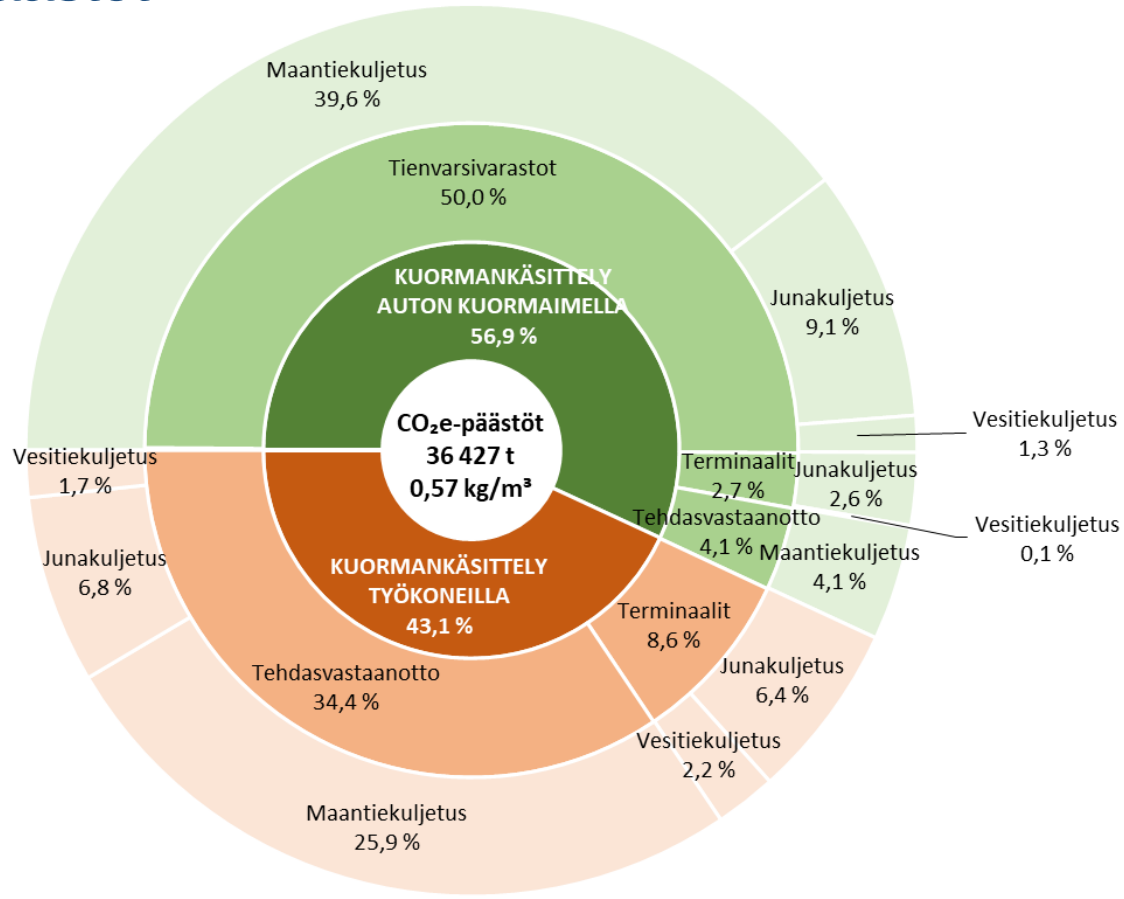
<https://pxdata.stat.fi:443/PxWeb/sq/7cede140-caa8-4a60-9d99-cbbb8f766790>



5. Kuormankäsittelyn erillistarkastelu

- Kuormankäsittelyn päästöt vuonna 2022 olivat yhteensä 36 427 t CO₂ekv.
 - 0,57 kg/m³ (jakajana kaukokuljetuksen vuosivolyymi)
 - 0,25 kg/m³ (jakajana kaikkien käsittelykertojen yhteenlaskettu puumäärä)
- Kuormankäsittelyn energiankulutus vuonna 2022 oli yhteensä 569 TJ.
 - 8,9 MJ/m³ (jakajana kaukokuljetuksen vuosivolyymi)
 - 4,0 MJ/m³ (jakajana kaikkien käsittelykertojen yhteenlaskettu puumäärä)
- Kuormankäsittelyyn sisältyy puutavara-auton oman kuormaimen käyttö tenvarsivarastoilla sekä kuormaimen ja työkoneiden käyttö terminaaleissa ja tehdasvastaanotossa, yksi käsittelykerta kussakin.

Kuormankäsittelyn CO₂-päästöt vuonna 2022



TEOLLISUUDEN AINESPUU	Ainespuumäärä			Polttoaineen kulutus		Energian kulutus		CO ₂ e -päästöt			
	m ³ (sob)	%	%	1000L	%	TJ	%	t	%	kg/m ³ (sob)*	
KUORMANKÄSITTELY AUTON KUORMAIMELLA	77 283 068	100,0		9 845	60,7	339,6	59,7	20 732	100,0	0,27	0,32
Tienvarsivarastot	63 951 000	82,7	100,0	8 664	53,4	298,8	52,5	18 243	88,0	0,29	0,29
Maantiekuljetus	48 389 818	62,6	75,7	6852,8	42,2	236,4	41,5	14 430	69,6	0,30	0,23
Junakuljetus	13 574 568	17,6	21,2	1580,2	9,7	54,5	9,6	3 327	16,0	0,25	0,05
Vesitiekuljetus	1 986 614	2,6	3,1	230,7	1,4	8,0	1,4	486	2,3	0,24	0,01
Terminaalit	5 256 187	6,8	100,0	469	2,9	16,2	2,8	988	4,8	0,19	0,02
Junakuljetus	5 087 193	6,6	96,8	454,2	2,8	15,7	2,8	956	4,6	0,19	0,01
Vesitiekuljetus	168 994	0,2	3,2	15,1	0,1	0,5	0,1	32	0,2	0,19	0,00
Tehdasvastaanotto	8 075 880	10,4	100,0	713	4,4	24,6	4,3	1 500	7,2	0,19	0,02
Maantiekuljetus	8 075 880	10,4	100,0	712,6	4,4	24,6	4,3	1 500	7,2	0,19	0,02
KUORMANKÄSITTELY TYÖKONEILLA	66 180 114	100,0		6 386	39,3	229,6	40,3	15 696	100,0	0,24	0,25
Terminaalit	10 304 995	15,6	100,0	1 282	7,9	46,1	8,1	3 146	20,0	0,31	0,05
Junakuljetus	8 487 375	12,8	82,4	956,1	5,9	34,4	6,0	2 336	14,9	0,28	0,04
Vesitiekuljetus	1 817 620	2,7	17,6	326,2	2,0	11,7	2,1	809	5,2	0,45	0,01
Tehdasvastaanotto	55 875 120	84,4	100,0	5 104	31,4	183,5	32,2	12 550	80,0	0,22	0,20
Maantiekuljetus	40 313 937	60,9	72,2	3883,2	23,9	139,6	24,5	9 446	60,2	0,23	0,15
Junakuljetus	13 574 568	20,5	24,3	977,4	6,0	35,1	6,2	2 485	15,8	0,18	0,04
Vesitiekuljetus	1 986 614	3,0	3,6	243,2	1,5	8,7	1,5	618	3,9	0,31	0,01
KUORMANKÄSITTELY YHTEENSÄ	143 463 182			16 232	100,0	569,1	100,0	36 427		0,25	0,57

* Yksikköpäästö laskettu sekä kyseinen käsittelyvaiheen (=vasen sarake) että kaukokuljetuksen kokonaisvolyymia (=63 951 000 m³) kohden.



6. Vertailu valtakunnallisiin tietoihin

- Valtakunnallisen tilaston ja tämän selvityksen tulosten laskentaperusteissa voi olla eroja.
- Vuonna 2022 Suomen liikenteen (pl. lentoliikenne) kasvihuonekaasupäästöt olivat yhteensä lähes 10 milj. t CO₂ekv. (ks. tarkemmin liite 4), ja energiankulutus noin 161 000 TJ (liite 5).
 - Kotimaisen puun kaukokuljetuksen osuus näistä oli noin 3 %.
- Työkoneiden (pl. kotitalouksien työkoneet) kasvihuonekaasupäästöt olivat yhteensä 2,3 milj. t CO₂ekv (liite 4).
 - Kotimaisen puun korjuun ja kaukokuljetusketjujen työkoneiden osuus tästä oli noin 12 %, josta kuormankäsittelyn osuus oli 0,7 %-yks.
- Työkoneiden energiankulutus *vuonna 2020* oli TYKO-mallin (VTT Oy 2023b) mukaan noin 33 000 TJ. Jos kokonaiskulutuksen oletetaan pysyneen samana, hakkuukoneiden, kuormatraktoreiden ja kaukokuljetusketjujen työkoneiden osuus tästä oli vuonna 2022 12 %.

7. Laskelmien jatkokehitystarpeita

- Eri kuljetusmuotojen kuljetusketjujen päästöjen vertailukelpoiset laskelmat edellyttävät täydentävää tiedonkeruuta.
 - Kuljetusmuotojen vertailussa on otettava huomioon mm. se, että eri alueilla hyödynnetään eri kuljetusmuotojen terminaaleja puun välivarastointiin esim. kelirikkoaikana. Ko. varastointi ei siis ole aina välttämätöntä ko. kuljetusmuodossa.
 - Tämän raportin laskelmissa ei ole otettu huomioon kaksivaiheisessa autokuljetusketjussa tapahtuvaa välivarastointia.
- Työkoneiden kulutuslukuja on tarpeen tarkentaa seurantatutkimuksilla.
- Pelkkien käytönaikaisten päästöjen vertailun sijasta tulisi pyrkiä elinkaaritason laskentaan.
 - Eri käyttövoimien elinkaarikohtaisissa päästöissä voi olla suurempia eroja kuin vain käytönaikaisissa päästöissä.
 - Vuositasolla vähän käytettyä kalustoa (esim. uiton hinaajat ja puun kuormauksen työkoneet) käytetään jopa vuosikymmeniä. Tällöin on otettava erilailla huomioon myös kaluston hankinnan elinkaarivaikutukset kuin usein uusiutuvassa kalustossa.
- Päästötietojen tuottamisessa ja laskennassa tulee jatkossa ottaa huomioon valmisteilla olevat CountEmissionsEU -laskentaperiaatteet.

Lähteet

Haavikko, H., Kärhä, K., Kääriäinen, H., Palander, T. 2019. Long-term follow up study on fuel consumption of harvesters and forwarders in wood harvesting in Finland -Preliminary results. In Berg, S. & Talbot, B. 2019. Forest Operations in Response to Environmental Challenges. Proceedings of the Nordic-Baltic Conference on Operational Research (NB-Nord), June 3-5, Honne, Norway.

Jylhä P, Jounela P, Koistinen M, Korpunen H (2019) Koneellinen hakkuu: Seurantatutkimus. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 11/2019. Luonnonvarakeskus.

Kauppinen J (2010) Puunkorjuuyritysten konesiirtojen toteutustavat, kustannukset ja ajanmenekit - Otos Pohjois-Savon puunkorjuuyrityksistä. Opinnäytetyö, Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu, Metsätalouden koulutusohjelma, Joensuu.

Kääriäinen H (2020) Puunkorjuun polttoaineen kulutus ja sen mallinnus. Itä-Suomen yliopisto, Luonnontieteiden ja metsätieteiden tiedekunta, Metsätieteiden osasto. Metsätieteiden pro gradu.

Luonnonvarakeskus (2024a) Metsänhoito- ja metsänparannustyöt. Tilastosivu. <https://www.luke.fi/fi/tilastot/metsanhoito-ja-metsanparannustyot>. Viitattu 8.2.2024.

Luonnonvarakeskus (2024b) Puun markkinahakkuut. Tilastosivu. <https://www.luke.fi/fi/tilastot/puun-markkinahakkuut>. Viitattu 8.2.2024.

Metsäteho (2024) Työkonekysely kuormausoperaattoreille ja metsäyhtiöille. Käsikirjoitus.

Strandström M (2023) Puunkorjuu ja kaukokuljetus vuonna 2022. Metsätehon tuloskalvosarja 12/2023. <https://www.metsateho.fi/puunkorjuu-ja-kaukokuljetus-vuonna-2022/>.



Tilastokeskus (2024a) Kasvihuonekaasupäästöt Suomessa: taakanjako- ja päästökauppasektori, 2013-2022*. Tilasto.

https://pxdata.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin_khki/statfin_khki_pxt_13qm.px/. Viitattu 4.1.2024

Tilastokeskus (2024b) Liikenteen energiankulutus, 1990-2022. Tilasto.

https://pxweb2.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin_ehk/statfin_ehk_pxt_12sz.px/. Viitattu 4.1.2024

Tilastokeskus (2024c) Polttonesteiden kuluttajahinnat, 1988M01–2023M11. Tilasto.

https://pxdata.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin_ehi/statfin_ehi_pxt_12ge.px/. Viitattu 24.1.2024

Venäläinen P, Poikela A (2022) Puutavara- ja hakeautojen massojen noston vaikutukset. Metsätehon raportti 258. <https://www.metsateho.fi/puutavara-ja-hakeautojen-massojen-noston-vaikutukset/>.

VR Transpoint (2023) Kotimaan raakapuuliikenne – sähkön ja dieselin kulutus. Julkaisematon Excel-tilukko.

VR Transpoint (2024) Kotimaan raakapuu – kuljetusmäärät 2022. Julkaisematon Excel-tilukko.

VTT Oy LIPASTO – Yksikköpäästötietokanta (tiedot eivät enää saatavilla).

VTT Oy (2023a) LIPASTO – Liikenteen päästöt. <http://lipasto.vtt.fi/index.htm>. Viitattu 15.3.2023

VTT Oy (2023b) TYKO 2020 – Suomen työkoneiden päästömalli. <http://lipasto.vtt.fi/tyko/index.htm>. Viitattu 16.3.2023



LIITE 1. Korjuukaluston polttoaineen kulutus

	Kulutus, l/m ³ tai l/100 km	Tietolähde
Hakkuukone	0,60 – 1,63	mm. Kääriäinen 2020
Kuormatraktori	0,61 - 0,99	mm. Kääriäinen 2020
Lavettiauto	0,15 - 0,30	mm. Haavikko et.al. 2019
Auto - diesel pakettiauto (koneenkuljettajien työmatka-ajo)	7,4	LIPASTO, VTT

LIITE 2: Kuljetuskaluston polttoaineen kulutus (varsinainen kuljetusvaihe ilman kuormankäsittelyä)

	Kulutus, l/tkm	Tietolähde
Puutavara-auto	0,0213-0,0250	Metsäteho
- Autolla asemalle	0,0262-0,0287	
- Autolla alukseen	0,0252-0,0270	
- Autolla uittoon	0,0265-0,0271	
Sähköjuna	Julkaisematon	VR Transpoint
Dieseljuna	Julkaisematon	VR Transpoint
Alus	0,0104	Aluskuljetusoperaattorit
Uitto (ml. apualukset)	0,00339	Järvi-Suomen Uittoyhdistys

LIITE 3: Kuormankäsittelyn polttoaineen kulutus

Kuormaus / purku	Kulutus, l/m ³	Tietolähde
Tienvarsivarasto		
Puutavara-auton kuormain	0,115-0,156	Metsäteho
Terminaali		
Puutavara-auton kuormain	0,115-0,119	Metsäteho
Työkone	0,087	Metsäteho/työkonekysely
Työkone + nippusieppo	0,102 + 0,192	Metsäteho/työkonekysely
Tehdasvastaanotto		
Puutavara-auton kuormain	0,088-0,091	Metsäteho
Työkone	0,072	Metsäteho/työkonekysely
Työkone + järjestelyhinaaja	0,072 + 0,170	Metsäteho/työkonekysely

LIITE 4: Eräät liikenteen ja työkoneiden kasvihuonekaasupäästöt Suomessa 2022

ÖLJY JA MAAKAASU

Päästö, tuhatta tonnia CO₂-ekv. (GWP=AR5)

KOTIMAAN LIIKENNE (pl. lento)

1A3b Tieliikenne

1A3c Rautatieliikenne

1A3d Kotimaan vesiliikenne

TYÖKONEET (pl. kotitaloudet)

1A2gvii Teollisuuden työkoneet

1A4aai Kaupan, palveluiden ja julkisen sektorin työkoneet

1A4cii Maa- ja metsätaloustyökoneet

YHTEENSÄ

Kaasut yhteensä (pl. CO ₂ -bio)	Hiilidioksidi (CO ₂)	Metaani (CH ₄)	Dityppioksidi (N ₂ O)
9626	9554	10	60
9221	9156	6	58
59	59	0	0
346	339	4	2
2303	2288	7	9
1126	1119	3	5
285	283	1	1
892	886	3	3
14232	14130	24	78

Lähde: Tilastokeskus, kasvihuonekaasut

<https://pxdata.stat.fi:443/PxWeb/sq/abac38cf-6868-4ff2-8c68-35fc022051c2>



LIITE 5: Liikenteen energiankulutus Suomessa 2022

(pl. lentoliikenne)

Määrä, TJ

1 Moottoribensiini yhteensä
2 Dieselpolttoaine yhteensä
3 Maakaasu ja LNG
4 Biokaasu
7 Raskas polttoöljy
8 Kevyt polttoöljy
9 Sähkö
YHTEENSÄ

Liikenne yhteensä	A Tieliikenne	C Kotimaan vesiliikenne	D Raideliikenne
50383	48831	1552	.
99781	99414	367	.
159	25	134	.
1159	1159	.	.
167	.	167	.
4963	.	4201	762
3932	1443	.	2489
160544	150872	6421	3251

Lähde: Tilastokeskus, energian hankinta ja kulutus

<https://pxweb2.stat.fi:443/PxWeb/sq/a6489035-2b1e-4e1a-9427-0fece6cb43c2>

