

# Kuljetusten päästövähennyskeinojen kustannukset

---

Elina Juntunen

23.3.2023

Metsätehon iltapäiväseminaari

# Pro Gradu-tutkielma ”Ainespuun autokuljetusten päästövähennyskeinojen kustannusvaikutukset”

Tutkimuksen ohjaajat Metsäteho Oy:n erikoistutkijat Pirjo Venäläinen ja Asko Poikela  
sekä Itä-Suomen yliopiston professori Kalle Kärhä



# Esityksen sisältö

- Johdanto
- Aineisto ja menetelmät
- Tulokset ja Tarkastelu
- Yhteenveto ja johtopäätökset
- Lähteet



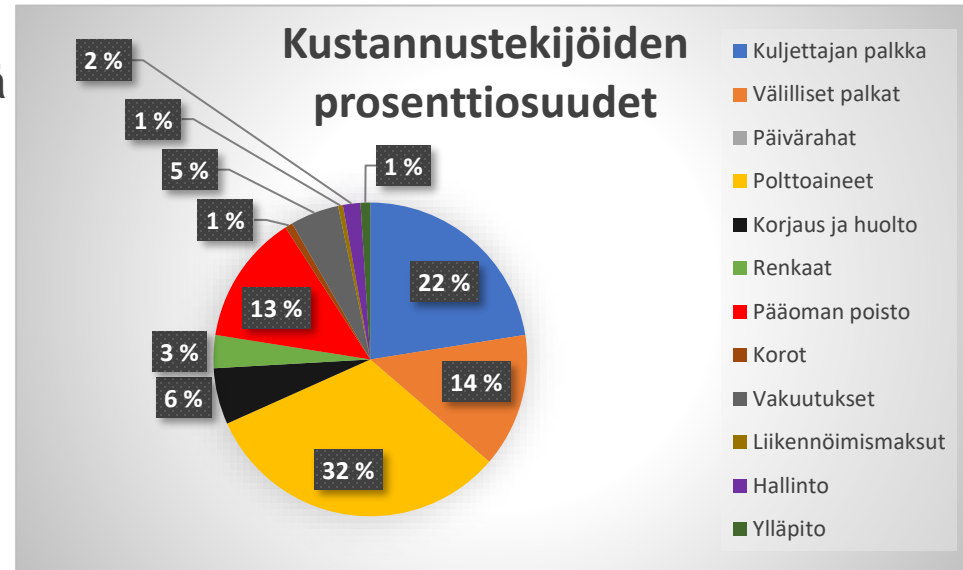
# Päästövähennyskeinot

- Liikenteen aiheuttamia KHK-päästöjä voidaan vähentää korvaamalla fossiilisia polttoaineita biopolttoaineilla ja muilla uusiutuvilla polttoaineilla.
- Lisäksi päästöjä voidaan pienentää keinoilla, jotka vähentävät polttoaineen kulutusta.
- Ainespuun autokuljetusten päästövähennyskeinoja ovat mm.:
  - Uusiutuvan dieselin käyttö
  - Biopolttoaineosuuden lisääminen dieselissä
  - Kaasukäyttöiset puutavara-autot
  - HCT-puutavara-autot
  - Aerodynaamiset ratkaisut
  - Taloudellinen ajotapa
  - Kuljettajaa opastavat järjestelmät
  - Teiden hyvä kunto
  - Lisäksi tieliikenteen päästökauppa, hybridiajoneuvot, vetykäyttöiset ajoneuvot ja täyssähköajoneuvot ovat keinoja päästöjen vähentämiselle.



# Puutavara-ajoneuvojen kustannusrakenne

- Tilastokeskus (2023) ylläpitää puutavara-auton kustannuskehitystä kuvaavaa indeksiä.
- Kuvassa on esitetty puutavara-ajoneuvon kustannustekijöiden painorakenne vuonna 2021.
  - Palkat ja polttoaine ovat suurimmat kustannustekijät.



# Johdanto: Tutkimuksen tavoitteet

- Tavoite oli selvittää, millaisia kustannusvaikutuksia liikennepäästöjen vähentämiskeinot aiheuttavat puun autokuljetuksissa.
- Kustannuksia tarkasteltiin ensisijaisesti siitä näkökulmasta, miten ne vaikuttavat kuljetusyrityksiin ajoneuvokohtaisesti vuositasolla.
- Suomen kustannuksia vuonna 2021.
- Tutkimuksessa tuodaan esiin eri päästövähennyskeinoja ja osa ratkaisuista valittiin tarkempaan tarkasteluun ja näille laskettiin kustannuksia.
- Tarkoituksena oli selvittää, miten valitut ratkaisut vaikuttavat vuosija yksikkökustannuksiin, polttoaineen kulutukseen sekä päästöihin verrattuna perinteiseen 76-tonniseen dieselkäyttöiseen puutavara-ajoneuvoyhdistelmään.



# Aineisto ja menetelmät

- Aineisto kerättiin kirjallisuuskatsauksen, aineistopyyntöjen ja haastatteluiden avulla.
- Kirjallisuuskatsaus
  - Päästötavoitteet
  - Miten eri ratkaisut vaikuttavat polttoaineen kulutukseen ja päästöihin
  - Kustannustietoja keinojen
  - Taustatietoa haastatteluille
- Aineistopyynnöt
  - Gasum Oy (liikennekaasuhinnat)
  - Neste Oyj (Uusiutuvan dieselin hintatieto)
  - Metsähallitus Metsätalous Oy (kaasuauton kulutustietoja)



# Aineisto ja menetelmät

- Haastattelut
  - Puutavara-autovalmistajia ja päällisrakenne- ja perävaunuvalmistajat
  - Kaasukäyttöiset puutavara-autot, aerodynaamiset ratkaisut ja kuljettajia opastavat järjestelmät
  - Teams-haastattelu loka-marraskuussa 2022.
  - Kutsuttiin 8 eri yritystä, joista 5 osallistui.





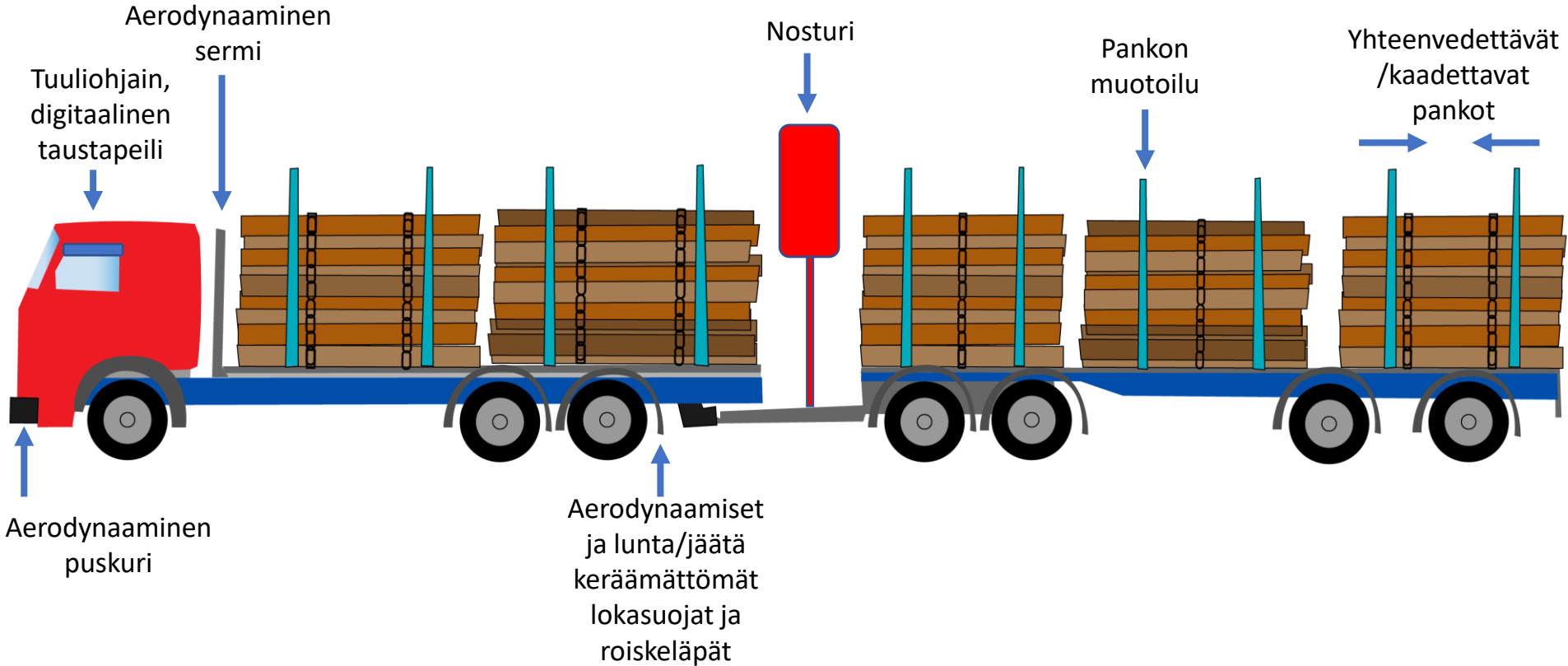
# Aineisto ja menetelmät

- Kaikkien aineistonhankintamenetelmien pohjalta esiin tulleet päästövähennyskeinot taulukoitiin.
- Näistä valittiin tarkempaan tarkasteluun sellaiset keinot
  - joilla on päästöjä selvästi vähentävä vaikutus
  - jotka eivät ole kovin yleisesti vielä käytössä
  - (< 50 %)
  - joille löytyi kustannusarvio.
- Päästövähennyskeinot, jotka ovat mukana tarkemmassa tarkastelussa:
  - Uusiutuva diesel
  - Biopolttoaineosuuden nosto dieselissä 34 %
  - Kaasukäyttöiset puutavara-ajoneuvoyhdistelmät
  - HCT-puutavara-ajoneuvoyhdistelmät

**Taulukko 5.** Laskelmiin mukaan otetut ratkaisut sekä niiden vaikutus puutavara-ajoneuvoyhdistelmän polttoaineen kulutukseen sekä kuinka yleisesti ratkaisut ovat käytössä (k= kuormattuna ajo, t= tyhjänä ajo).

Ratkaisu	Selite	Vaikutus polttoaineen kulutukseen	Yleisyys
Kaadettavat pankot	Pankot kaadetaan tyhjänä ajon ajaksi	-6,0 %	0 %
Niputettavat pankot	Pankot vedetään yhteen tyhjänä ajon ajaksi	-3,5 %	40 %
Helmat	Akselien välinen tila peitetään helmoilla, jotka rajoittavat ilmanvirran pääsyä ajoneuvon alle ja vähentävät turbulenssia	k. -0,5 % t. -2,1 %	5–25 %
Rengaspaineen seurantajärjestelmä	Antaa tiedon renkaiden paineesta. Alhainen rengaspaine lisää polttoaineen kulutusta ja lyhentää renkaiden käyttöikää.	-8,8 %	10 %
Parempi rengasvalinta	Vierintävastuksen minimoimiseksi rengasvalinnalla on merkitys polttoaineen kulutuksessa	-5,1 %	< 50 %
Ennakoiva vakionopeudensäädin	Huomioi etäisyyden edellä aja-vaan ja vähentää jarrutusten ja kiihdytysten tarvetta.	-5,0 %	< 25 %

# Aerodynaamiset ratkaisut



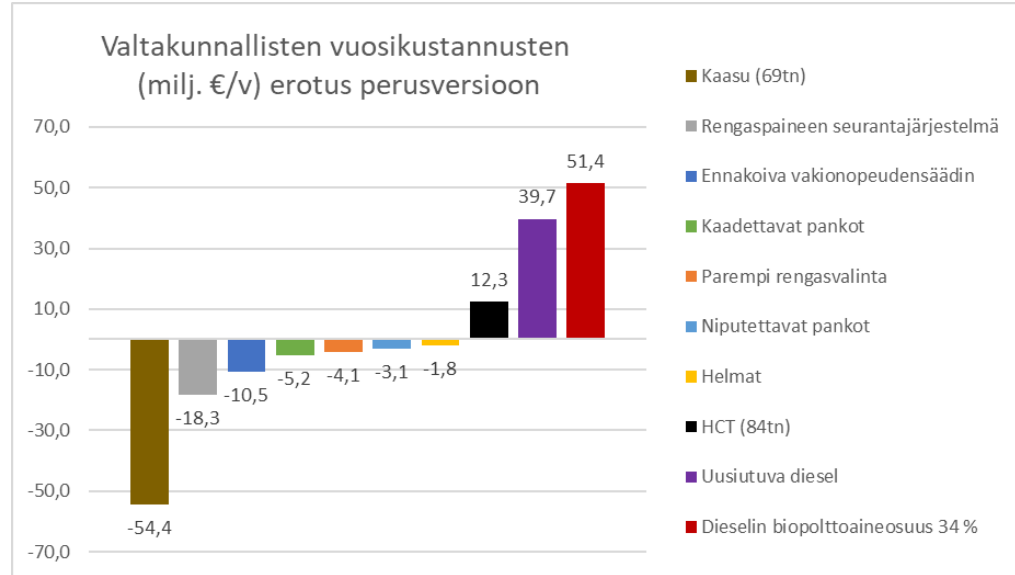
# Aineisto ja menetelmät

- Metsätehon kustannuslaskentamalleilla laskettiin vuositason kokonais- ja keskimääräisiä yksikkö- ja polttoainekustannuksia.
- Kustannuksia vertaillaan perinteiseen 76-tonniseen dieselkäyttöiseen puutavara-ajoneuvoyhdistelmään.
- Polttoaineen ja energiankulutusta selvitettiin laskentamallilla.
- Hiilidioksidipäästöt laskettiin mallin ulkopuolella käyttäen Tilastokeskuksen (2021/2022) päästökertoimia, polttoaineen kulutuslukemia ja vuosittaista ajosuoritetta.
- Lisäksi tutkimuksessa tehtiin herkkyysanalyysilaskelmia
  - Muutettiin polttoaineen yksikköhintaa ja ratkaisujen hankintahintaa
    - Millaisia muutoksia aiheutti vuosikustannuksiin?



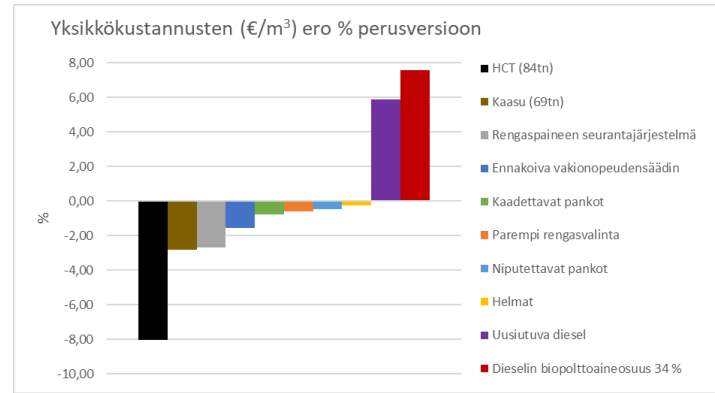
# Tulokset: Kustannusvertailut

- Valtakunnalliset vuosikustannukset laskettiin ajatellen, että kaikki Suomen puutavara-ajoneuvot (1500) omaavat ratkaisun (Metsätrans 2023)



# Yksikkökustannukset (€/m<sup>3</sup>)

- Pienimmät yksikkökustannukset eli euroa per kuutio saatiin HCT-yhdistelmälle ja biokaasua käyttävälle yhdistelmälle.
  - HCT: 7,3-8,6 % pienempi kuin perusversio
  - Kaasu: 1,3-3,6 % pienempi kuin perusversio
- Perusversiota suuremmat kustannukset
  - Uusiutuva diesel: 4,5-6,5 %
  - Dieselin bio-osuus 34 %: 5,8-8,5 %
- Muiden ratkaisujen yksikkökustannukset perusversiota pienempiä.

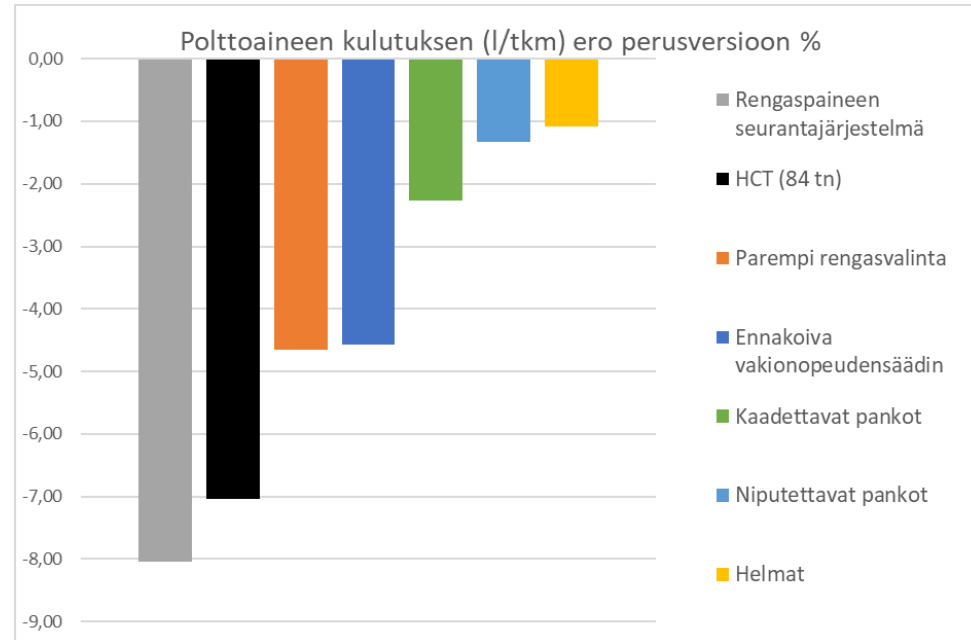


**Taulukko 9.** Tarkasteltujen ratkaisujen yksikkökustannusten ero (%) verrattuna perusversioon (76-tonninen dieselikäyttöinen ajoneuvoyhdistelmä) keskipitkijetumatalla 20–300 km.

	Keskipitkijetumatka, km								
	20	40	60	80	100	150	200	250	300
Kaadettavat pankot	-0,5	-0,6	-0,7	-0,7	-0,8	-0,8	-0,9	-0,9	-0,9
Niputettavat pankot	-0,3	-0,4	-0,4	-0,4	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5
Helmat	-0,1	-0,2	-0,2	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3
Rengaspaineen seurantajärjestelmä	-1,7	-2,2	-2,4	-2,6	-2,7	-2,9	-3,1	-3,2	-3,2
Parempi rengasvalinta	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,7
Ennakoiva vakionopeudensäädin	-1,0	-1,2	-1,4	-1,5	-1,6	-1,7	-1,8	-1,8	-1,8
Uusiutuva diesel	4,5	5,1	5,5	5,7	5,9	6,2	6,4	6,5	6,5
Dieselin biopoltoaineosuus 34 %	5,8	6,6	7,1	7,4	7,6	8,0	8,2	8,4	8,5
Kaasu (69tn)	-1,3	-1,8	-2,2	-2,5	-2,8	-3,2	-3,4	-3,5	-3,6
HCT (84tn)	-7,3	-7,7	-7,9	-8,0	-8,0	-8,3	-8,4	-8,5	-8,6

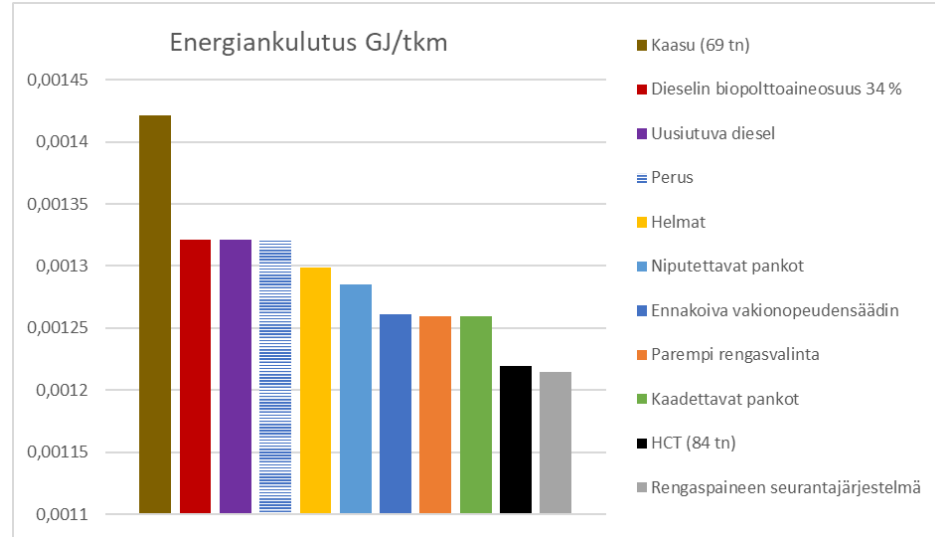
# Polttoaineen kulutus (l/tkm)

- Kun tarkastellaan polttoaineen kulutusta (l/tkm) havaitaan varsinkin rengaspaineen seurantajärjestelmän ja HCT-yhdistelmän kulutus perusversiota pienemmäksi
  - HCT-yhdistelmän l/100 km kulutus oli perusversiota suurempaa



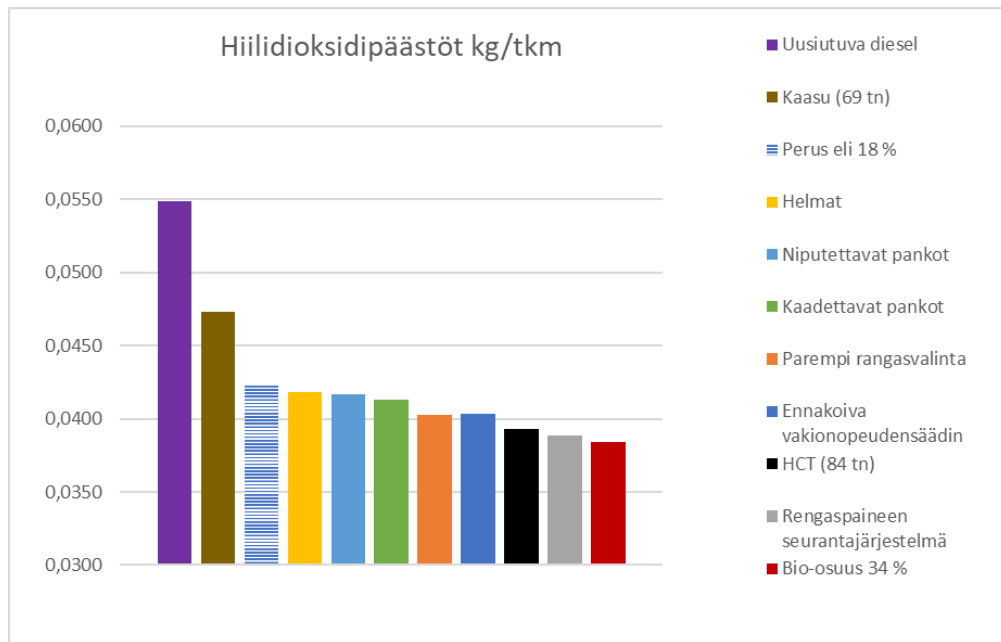
# Energiankulutus (GJ/tkm)

- Jotta dieselin ja kaasun polttoaineen kulutukset olivat vertailtavissa keskenään muutettiin polttoaineen kulutus energiankulutukseksi GJ/tkm
- Energiankulutus (GJ/tkm) ainoastaan kaasukäyttöisellä yhdistelmällä yli perusversion.
- Rengaspaineen seurantajärjestelmän energiankulutus tonnikielometriä kohti oli kaikista ratkaisuista pienin.



# Päästövähennykset

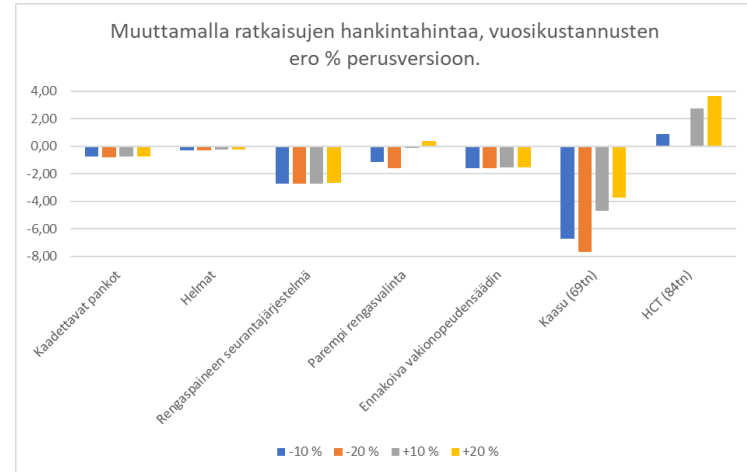
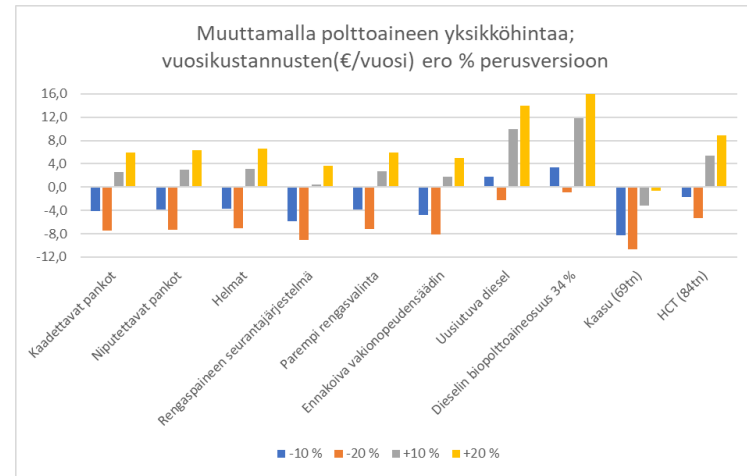
- Hiilidioksidipäästöjen laskentaan käytettiin Tilastokeskuksen (2021/2022) julkaisemia käytönaikaisia CO<sub>2</sub>-päästökertoimia.
  - Nämä kertoimet tarkoitettu mm. valtiotason päästöinventaarion laskentaan, minkä vuoksi ne eivät välttämättä sovellu esim. kuljetusyritysten päätöksentekoa tukeviin laskelmiin.
  - Lähteen biokaasun päästökerroin on sama kuin dieselillä ja uusiutuvan dieselin päästökerroin on dieseliä suurempi
    - Näillä päästöt perusversiota suuremmat
- Bio-osuuden ollessa 34 %, hiilidioksidipäästöt ovat kaikista pienimmät.





# Herkkyysanalyysit

- Polttoaineen yksikköhinnan muutokset
  - Uusiutuvalla dieselillä ja bio-osuudella 34 % vuosikustannukset laskevat perusversion alapuolelle jos polttoaineen yksikköhintaa lasketaan 20 %.
  - Vaikka kaasukäyttöisen yhdistelmän polttoaineen yksikköhintaa nostetaan 20 % jäävät vuosikustannukset perusversiota pienemmäksi.
- Ratkaisun hankintahinnan muutokset
  - Ratkaisulla parempi rengasvalinta 20 % hankintahinnan nostaminen vaikuttaa niin, että vuosikustannukset ovat noin 0,3 % suuremmat kuin perusversiolla.
  - HCT-yhdistelmän vuosikustannukset ovat perusversiota suuremmat.
  - Muilla ratkaisuilla vuosikustannukset jäävät perusversiota pienemmäksi vaikka hankintahintaa nostetaan 20 %.



# Yhteenveto ja johtopäätökset

	Vuosikustannusten (€/v) ero % perusversioon	Yksikkökustannusten (€/m3) ero % perusversioon	Polttoainekustannusten (€/v) ero % perusversioon	Polttoaineen kulutuksen (l/tkm) ero % perusversioon	Energiankulutu ksen (GJ/tkm) ero % perusversioon	Hiilidioksidipäästöjen (kg/tkm) ero % perusversioon
Kaadettavat pankot	-0,8	-0,8	-2,5	-2,3	-4,9	-2,3
Niputettavat pankot	-0,5	-0,5	-1,5	-1,3	-2,8	-1,4
Helmat	-0,3	-0,3	-1,2	-1,1	-1,8	-1,1
Rengaspaineen seurantajärjestelmä	-2,7	-2,7	-8,8	-8,0	-8,7	-8,1
Parempi rengasvalinta	-0,6	-0,6	-5,1	-4,7	-4,9	-5,1
Ennakoiva vakionopeudensäädin	-1,6	-1,6	-5,0	-4,6	-4,8	-4,8
Uusiutuva diesel	5,9	5,9	17,0	0,0	0	31,4
Dieselin biopolttoaineisuus 34 %	7,6	7,6	21,9	0,0	0	-6,9
Kaasu (69tn)	-8,0	-2,8	-26,6	x	7,0	12,9
HCT (84tn)	1,8	-8,0	2,6	-7,0	-8,4	-7,7



# Jatkotutkimukset

- Puutavaran korjuun päästöjen pienentämisen kustannuksista.
- Tarkastella tarkemmin niitä keinoja joita tässä ei tarkasteltu, esim. kaluston sähköistyminen, sähköpolttoaineet ja vety.
- Tarkempaa tutkimusta tässä työssä laskennan ulkopuolelle jääneistä ratkaisuista.
- Jatkotutkimusta yhdistelemällä eri keinoja keskenään.



# Lähteet:

- Metsätrens. 2023. Puutavara-autotilastot 2022 – myynti piristyi. Saatavissa: <https://metsatrans.com/artikkeli/3845/puutavara-autotilastot-2022-myynti-piristyi>.
- Tilastokeskus. 2023. Metsäalan kone- ja autokustannusindeksit (2020–100) Puutavara-auto
- Tilastokeskus. 2022. Polttoaineluokitus 2022.  
Saatavissa: [https://www.stat.fi/tup/khkinv/khkaasut\\_polttoaineluokitus.html](https://www.stat.fi/tup/khkinv/khkaasut_polttoaineluokitus.html).





KIITOS