



Turun raitiotien pintamateriaalien hiilijalanjälkivertailuja

24.05.2022

Havainnekuva: WSP Finland Oy
Vaunun 3D-malli: Tampereen Raitiotie Oy/ Tampereen Ratikka

24.05.2022

Työn kuvaus

Työssä laskettiin Turun raitiotien pintamateriaalien hiilijalanjälki ratikan miljöötyypeittäin. Valintojen vaikuttavuutta verrattiin eri skenaarioissa ja suhteessa kaupungin hiilineutraalisuustavoitteeseen.

Työssä laskettiin raitiotien vaikuttavien kalusteiden eli pylväiden ja pysäkkikatosten hiilijalanjälki.

Laskelmat ja raportin on laatinut Malgorzata Szczyпка-van Heeswijk. Tarkastajana on toiminut Pirita Meskanen.



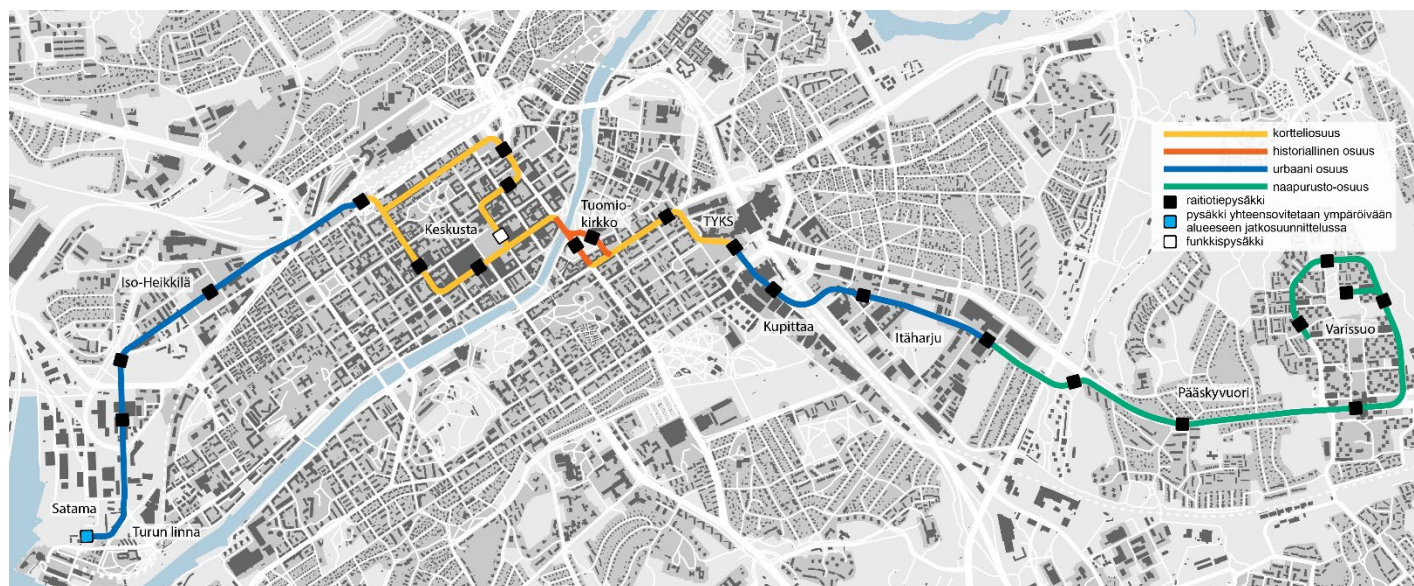
Sisältö

1. Lähtötiedot
2. Tulokset
3. Yhteenveto
4. Laskennan rajaukset
5. Tausta laskennalle

Lähteet

24.05.2022

Miljöötyypit



Kortteli

Laskennan skenaariot: A, B1, C
Ve1, Ve2 (Humaliston katu)

Historia

Laskennan skenaariot: A, B2, C

Urbaani

Laskennan skenaariot: A, B1, C

Naapurusto

Laskennan skenaariot: A, B1, C

Varikko

Laskennan skenaariot: A, B2, C



Skenaariot

Skenaario A
Lähituotettu



Skenaario B1
Lähituotettu
Kierrätetty
Vihreä



Skenaario B2
Lähituotettu
Kierrätetty



Skenaario C
Kaukana
tuotettu

	Skenaario A	Skenaario B1	Skenaario B2	Skenaario C
Tuotantomaa	Suomi/Pohjoismaat	Suomi/Pohjoismaat	Suomi/Pohjoismaat	Kiina
Kierrätys	ei	kyllä	kyllä	ei
Vehreyden lisäys	ei	kyllä	ei	ei
Kuljetusmatka (laskentaa varten tehty oletus)	70 km	70 km	70 km	13 000 km merirahdilla. (http://ports.com/sea-route/)
Huomioita	<p>Materiaalien valmistamiseen käytetään neitseellisiä raaka-aineita ja tuotteet valmistetaan Suomessa.</p> <p>Laskettu kaikille miljööttyypeille sekä kalusteiden osuudelle.</p>	<p>20 % luonnonkivistä on otettu uusiokäyttöön ja tuotu lähimmältä kierrätyspaikalta.</p> <p>Vehreyden optimointi: nurmikiven alue 20 % nurmikiveä vähemmän ja vehreyden pintojen lisäys mahdollisuuksien mukaisesti.</p> <p>Kortteli Urbaani Naapurusto</p>	<p>20 % luonnonkivistä on otettu uusiokäyttöön ja tuotu lähimmältä kierrätyspaikalta.</p> <p>Kalusteiden materiaali on teräs, jossa 20% tulee kierätettyjen materiaalien osuus.</p> <p>Historia Varikko Kalusteet</p>	<p>Materiaalien valmistamiseen käytetään neitseellisiä raaka-aineita, asfaltti tuotetaan Suomessa ja luonnonkivet sekä betonikivet tuodaan rahtilaivalla Kiinasta.</p> <p>Laskettu kaikille miljööttyypeille sekä kalusteiden osuudelle.</p>



Tulokset

Tulosten vertailu Turun ilmastosuunnitelmaan

Turun kaupungin tavoitteena on olla hiilineutraali vuoteen 2029 mennessä, mihin mennessä päästöjä vähennetään 90 % vuoteen 1990 verrattuna. Liikenteen osuus päästöistä vuonna 2021 oli 25 %. Hiilineutraaliuteen pääsy edellyttää päästöjen vähentämistä vielä noin 380 kt CO₂e vuosien 2021-2029 välillä (SECAP 2020).

Turun raitiotien pintamateriaalien ja kalusteiden hiilijalanjälkeä vertailtiin eri skenaarioissa, mikä mahdollisti tehokkaasti päästöjä vähentävien toimenpiteiden vaikuttavuuden vertaamista kaupungin hiilineutraaliustavoitteeseen.

Suuripäästöisin skenaario C, jossa materiaaleja kuljetettaisiin Kiinasta, vastaa jopa neljäsosaa tavoitevuoden 2029 kokonaispäästöistä. Skenaario B on noin 12 % ja skenaario A 16 % hiilineutraaliusvuoden 2029 sallituista kokonaispäästöistä. Tarkastelun tulokset osoittavat, että syntyviä päästöjä voidaan välttää 14 % valitsemalla vähäpäästöisin B -skenaario.

Pintamateriaalien skenaarioiden vaikuttavuus kokonaisuuteen

	Skenaario A	Skenaario B	Skenaario C
Hiilijalanjälki (t CO ₂ e)	20046	14228	31685
erotus skenaarioon A	0	-5818	11639
<i>Vertailu (%)</i>	100 %	71,0 %	158,1 %
Kustannukset (M€)	17,83	15,25	13,78
erotus skenaarioon A	0,00	-2,58	-4,05
<i>Vertailu (%)</i>	100 %	85,5 %	77,3 %
Kustannusvaikutus (€ / t CO ₂ e)	-	443,5	-348,0
Osuus Hiilineutraalin Turun kasvihuonekaasupäästöistä vuonna 2029	16,22 %	11,51 %	25,63 %
Osuus päästöjen vähennystarpeesta vuosina 2021-2029	5,23 %	3,71 %	8,27 %

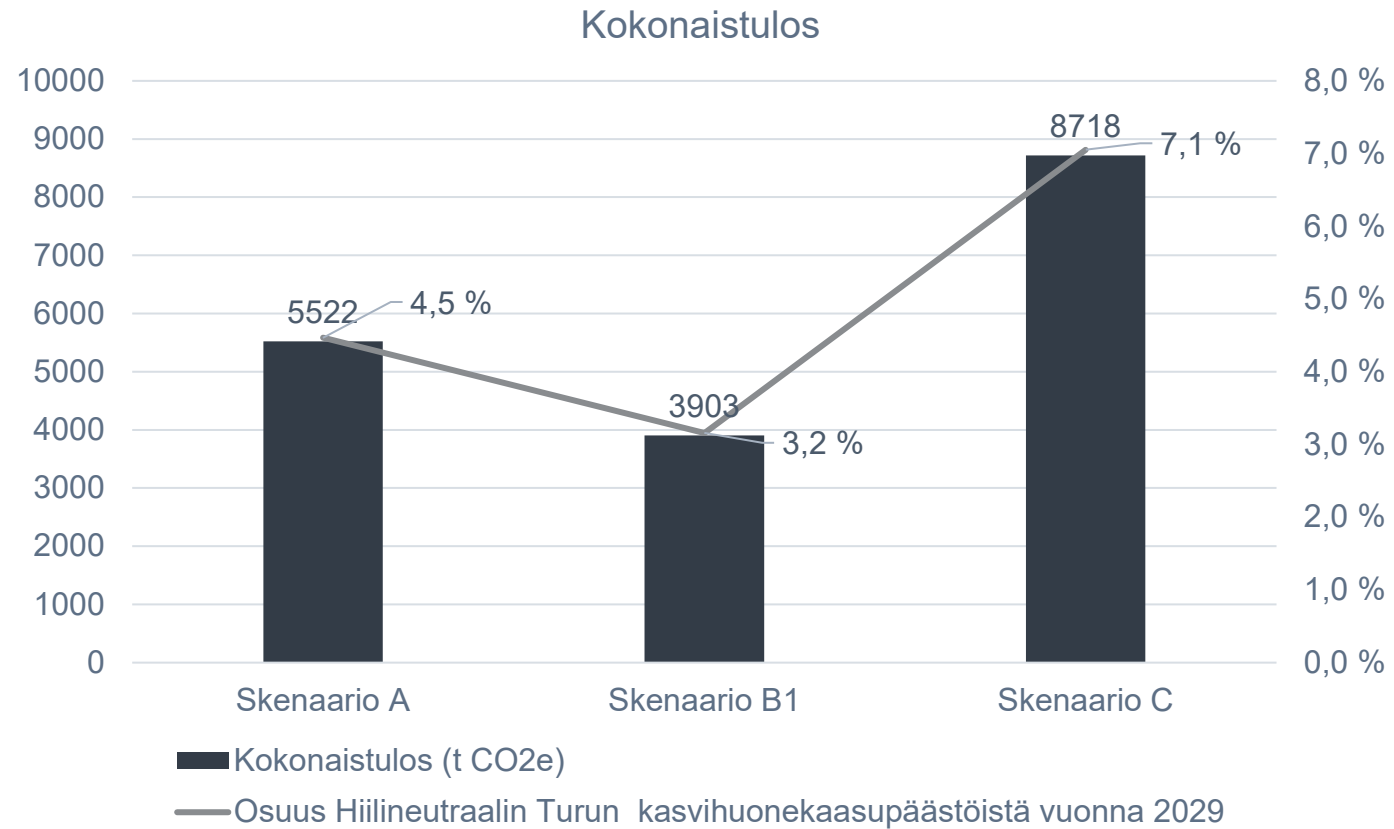


Tulokset: Kortteli ve1

		Kortteli ve1		
		Skenaario A	Skenaario B1	Skenaario C
Hiilijalanjälki	t CO2e	5522	3903	8718
	A1-A3	3136	2081	3218
	A4	187	170	3300
	B4-B5	2098	1423	2098
	C1-C4	101	229	102
	Vertailu (%)	100 %	71 %	158 %
	Vaikutus hiilijalanjälkeen (CO2e)	Lähtötaso	- 1 619	3 196
	Elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset D	215	-233	216
	Vertailu (%)	100 %	-208 %	-193 %
Kustannukset	(M€)	5,00	3,98	3,72



Skenaarioiden vertailu: Kortteli ve1



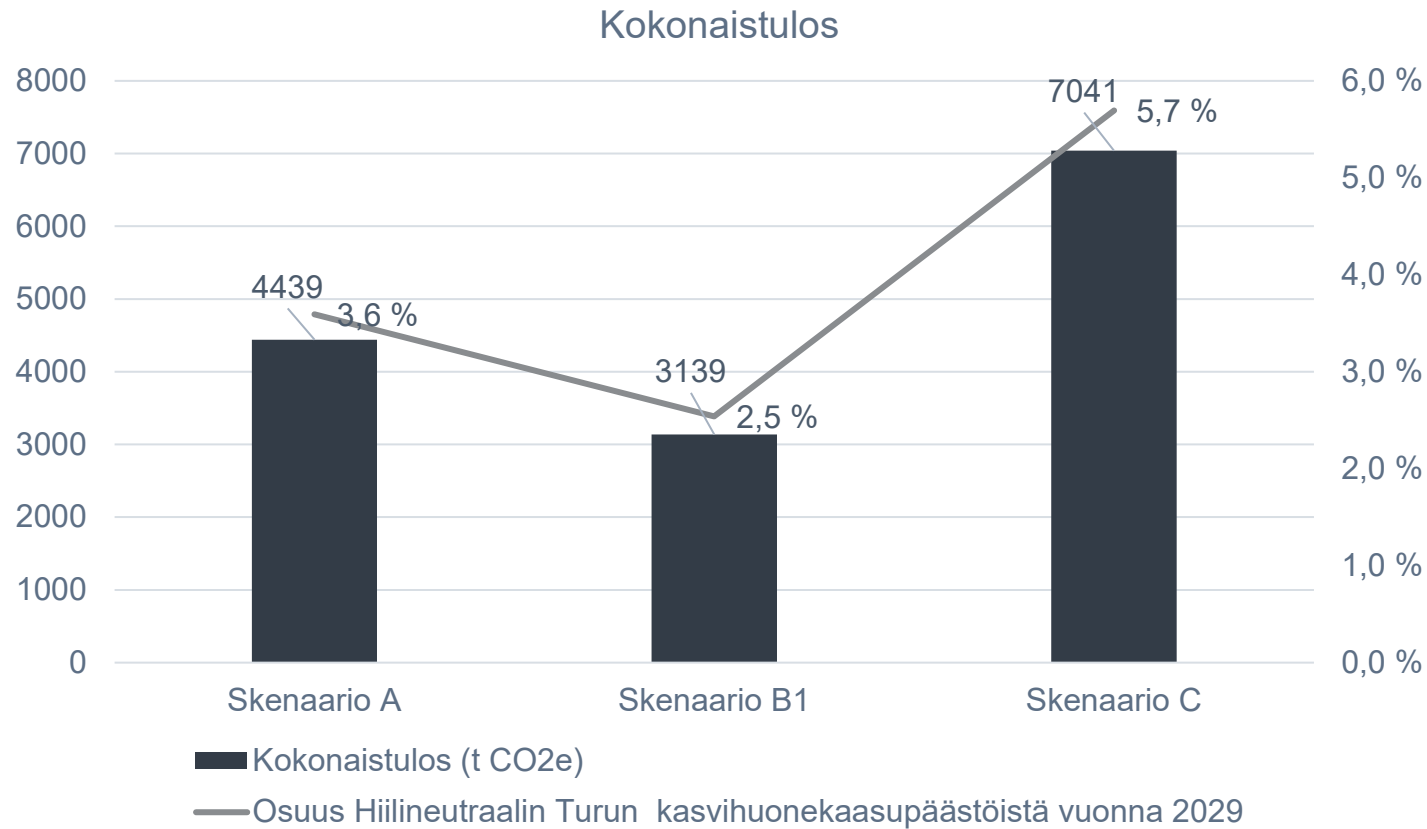


Tulokset: Kortteli ve2 Humaliston katu

		Kortteli ve2		
		Skenaario A	Skenaario B1	Skenaario C
Hiilijalanjälki	t CO2e	4439	3139	7041
	A1-A3	2529	2081	2601
	A4	150	170	2680
	B4-B5	1677	1423	1677
	C1-C4	82	229	83
	Vertailu (%)	100 %	71 %	159 %
Vaikutus hiilijalanjälkeen (CO2e)	Lähtötaso	-	1 300	2 602
Elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset D		170	-180	170
	Vertailu (%)	100 %	-206 %	100 %
Kustannukset	(M€)	4,05	3,18	3,03



Skenaarioiden vertailu: Kortteli ve2 Humaliston katu



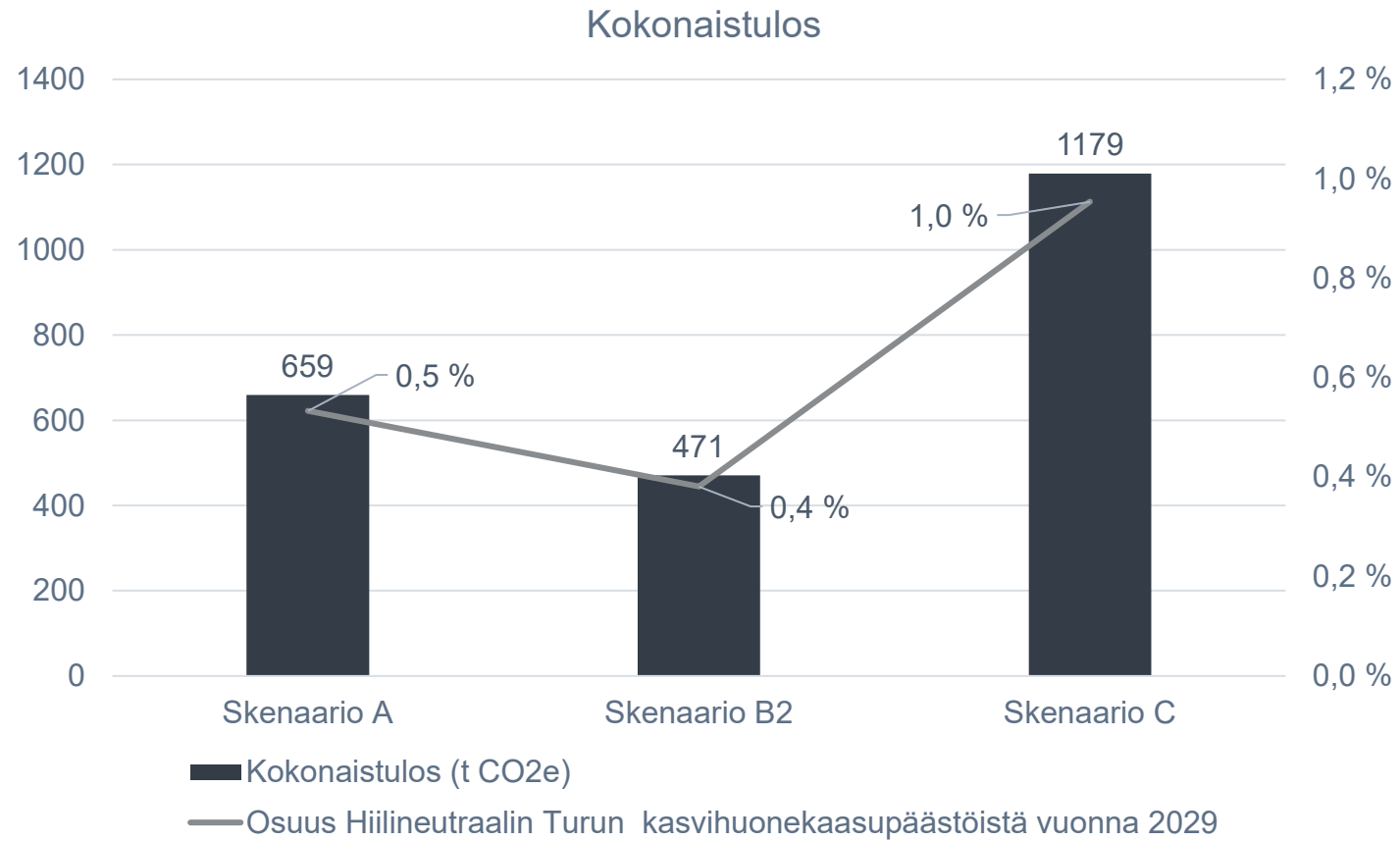


Tulokset: Historia

		Historia		
		Skenaario A	Skenaario B1	Skenaario C
Hiilijalanjälki	t CO2e	659	471	1179
	A1-A3	397	271	402
	A4	23	20	538
	B4-B5	230	156	230
	C1-C4	10	24	9
	Vertailu (%)	100 %	71 %	179 %
Vaikutus hiilijalanjälkeen (CO2e)	Lähtötaso	-	188	520
Elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset D		14	-32	14
	Vertailu (%)	100 %	-329 %	100 %
Kustannukset	(M€)	0,81	0,74	0,58



Skenaarioiden vertailu: Historia



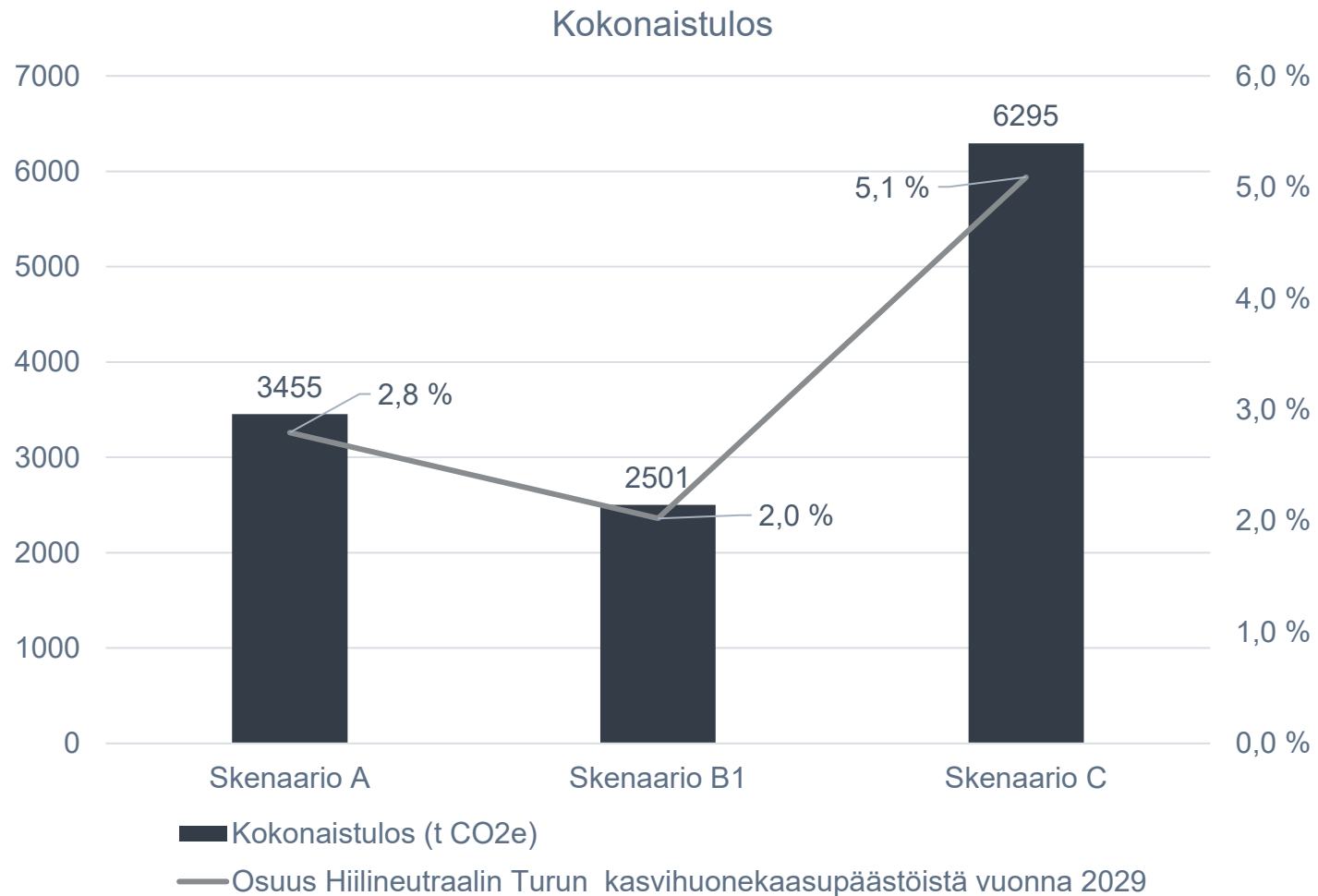


Tulokset: Urbaani

		Urbaani		
		Skenaario A	Skenaario B1	Skenaario C
Hiilijalanjälki	t CO2e	3455	2501	6295
	A1-A3	2208	1548	2314
	A4	110	98	2846
	B4-B5	1079	731	1077
	C1-C4	58	122	58
	Vertailu (%)	100 %	72 %	182 %
Vaikutus hiilijalanjälkeen (CO2e)	Lähtötaso	-	954	2 840
Elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset D		46	-167	46
	Vertailu (%)	100 %	-463 %	100 %
Kustannukset	(M€)	3,92	3,58	3,11



Skenaarioiden vertailu: Urbaani



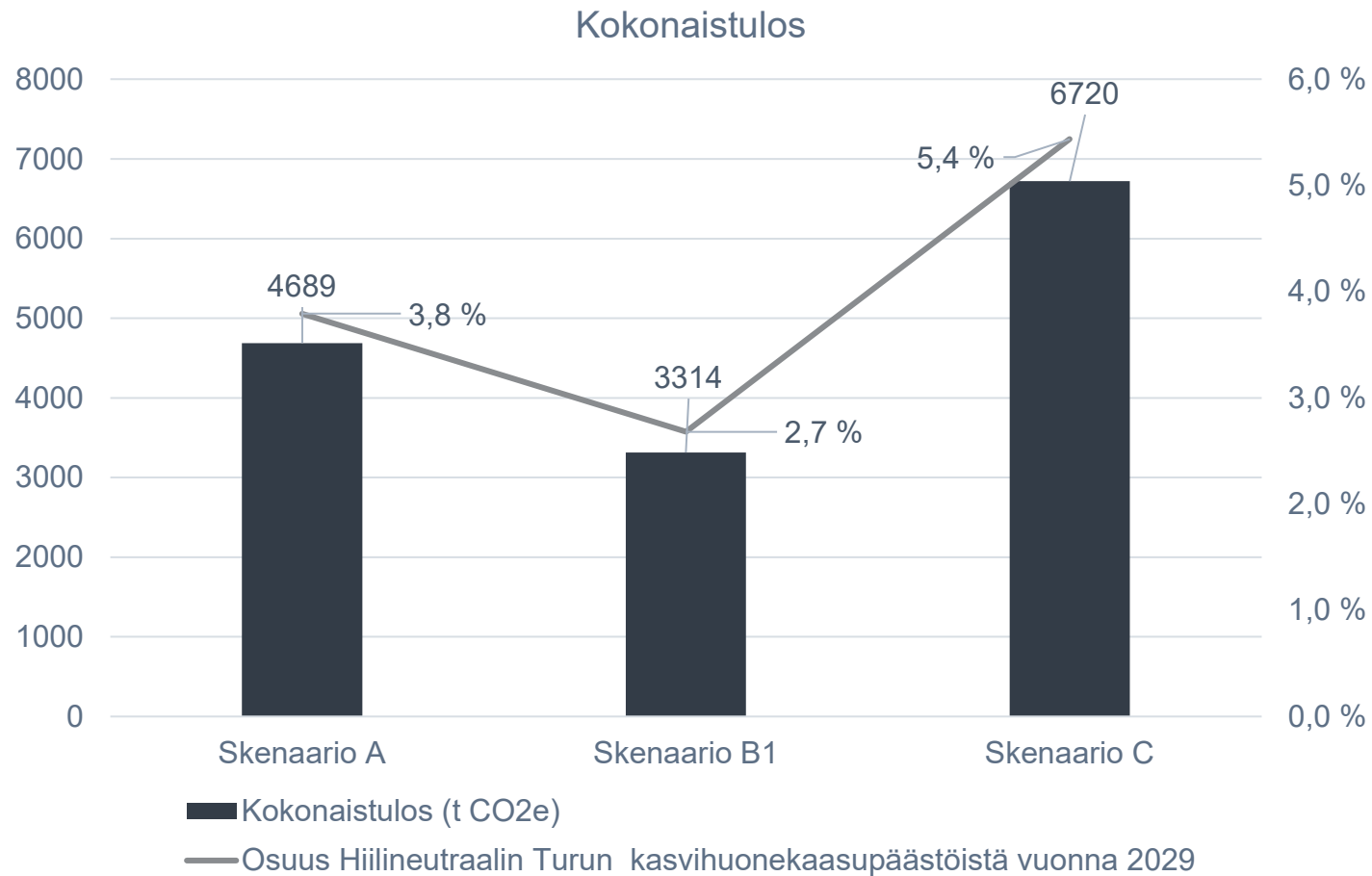


Tulokset: Naapurusto

		Naapurusto		
		Skenaario A	Skenaario B1	Skenaario C
Hiilijalanjälki	t CO2e	4689	3314	6720
	A1-A3	2208	1764	2781
	A4	110	138	2061
	B4-B5	1079	1217	1795
	C1-C4	58	194	83
	Vertailu (%)	100 %	71 %	143 %
	Vaikutus hiilijalanjälkeen (CO2e)	Lähtötaso	- 1 375	2 031
	Elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset D	227	-157	227
	Vertailu (%)	100 %	-169 %	100 %
Kustannukset	(M€)	3,10	2,89	2,60



Skenaarioiden vertailu: Naapurusto



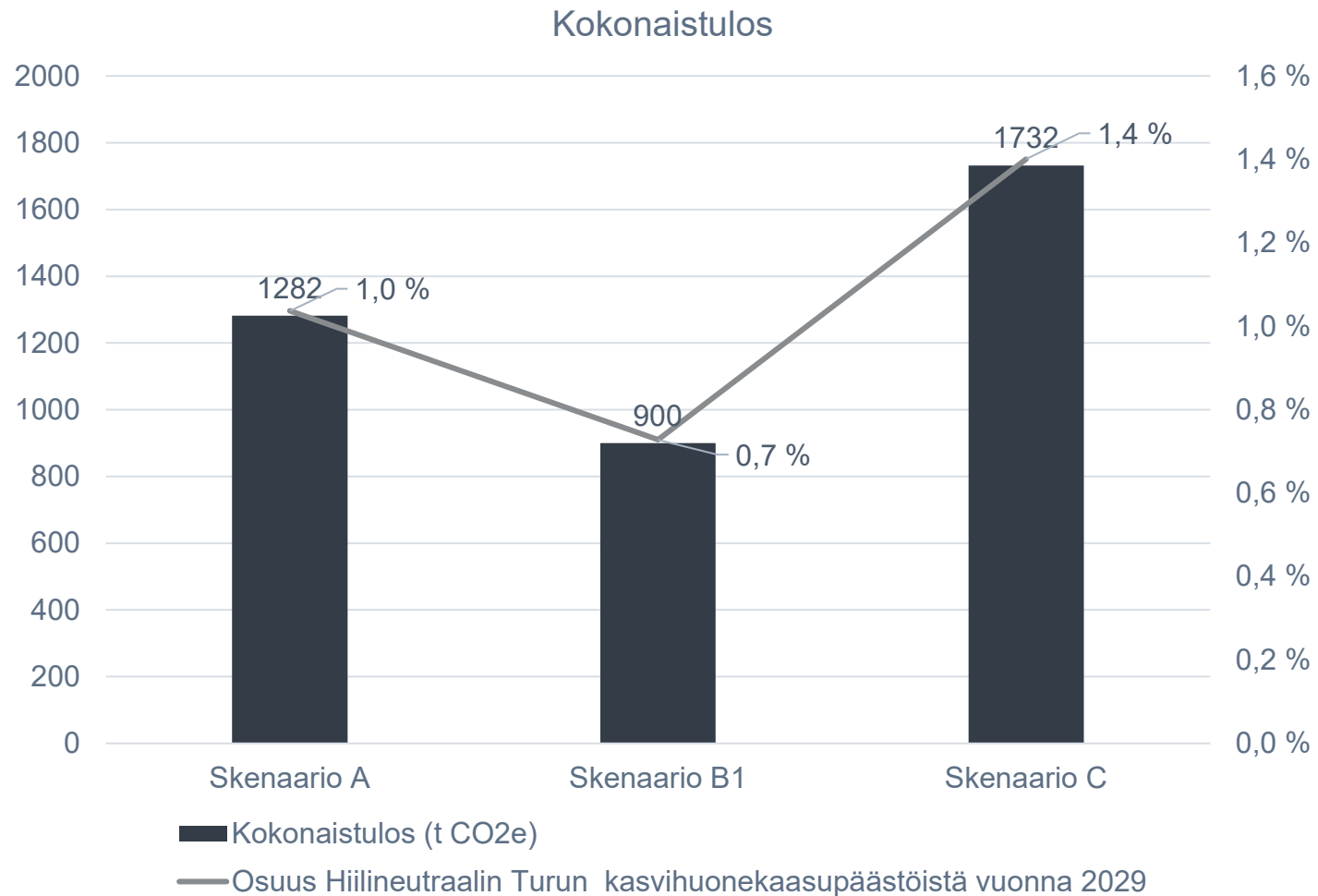


Tulokset: Varikko

		Varikko		
		Skenaario A	Skenaario B1	Skenaario C
Hiilijalanjälki	t CO2e	1282	900	1732
	A1-A3	701	457	719
	A4	42	39	474
	B4-B5	517	351	517
	C1-C4	22	54	22
	Vertailu (%)	100 %	70 %	135 %
Vaikutus hiilijalanjälkeen (CO2e)	Lähtötaso	-	382	450
Elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset D		72	-40	71
	Vertailu (%)	100 %	-156 %	101 %
Kustannukset	(M€)	0,95	0,88	0,74



Skenaarioiden vertailu: Varikko



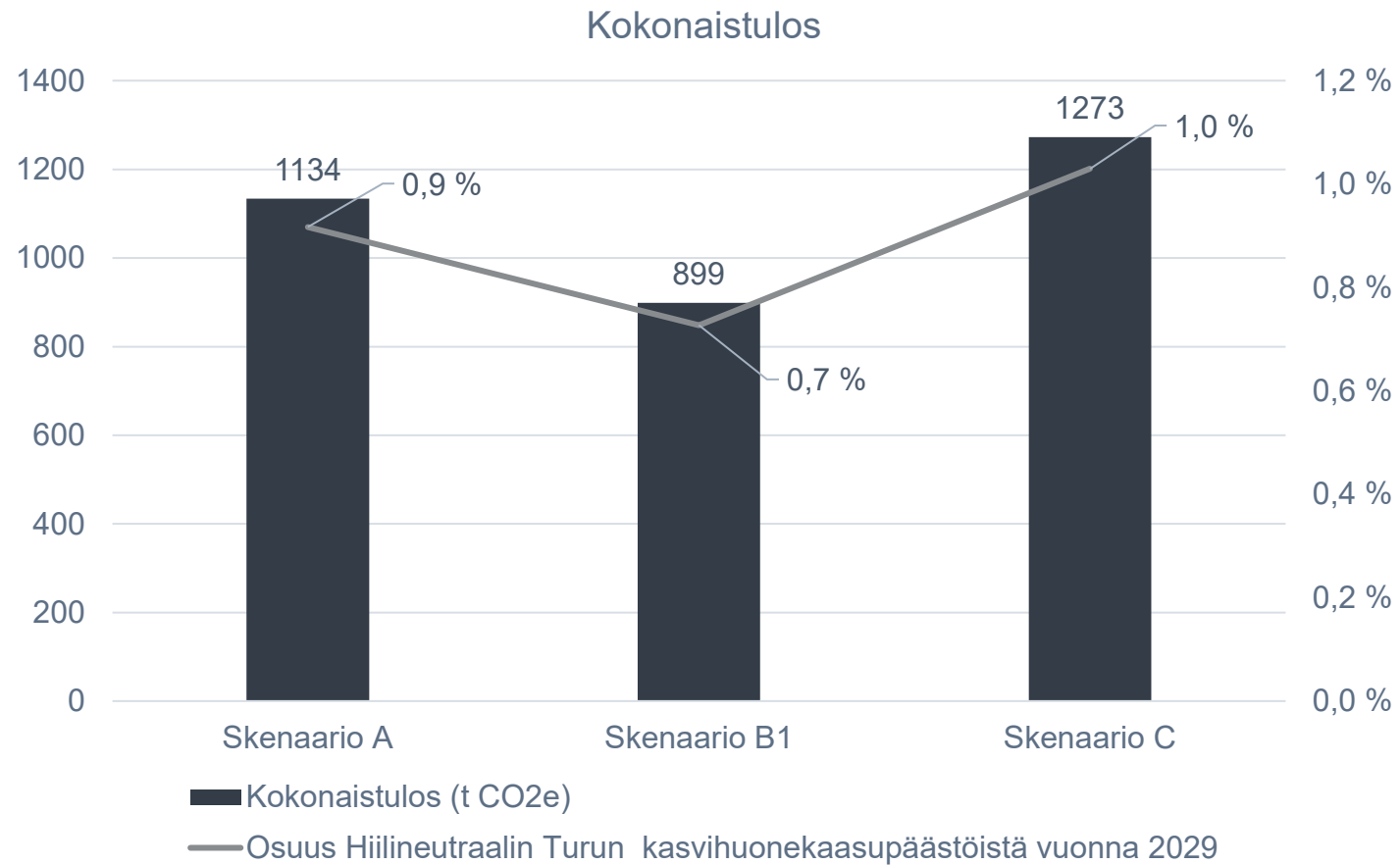


Tulokset

		Kalusteet		
		Skenaario A	Skenaario B1	Skenaario C
Hiilijalanjälki	t CO2e	1134	899	1273
	A1-A3	1105	870	1231
	A4	1	1	8
	B4-B5	24	24	30
	C1-C4	4	4	4
	Vertailu (%)	100 %	79 %	112 %
Vaikutus hiilijalanjälkeen (CO2e)		Lähtötaso	- 235	139
Elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset D		-515	-416	-515
	Vertailu (%)	100 %	-19 %	100 %



Skenaarioiden vertailu: Kalusteet



Kustannusvaikutusten arviointi

Työssä raitiotien pintamateriaalien kustannusarviot pohjautuvat yleissuunnitelmista laskettujen eri hankeosien pinta-aloihin ja FORE:n hanke- sekä rakennusosalaskelmasta (HOLA ja ROLA) saatuihin neliö- tai metrihintoihin. Eri hankeosille kuten ajorata, raitiotie tai erotuskaista laskettiin suunnitelmista osuuksittain pinta-alat, jotta osuuksien erityispiirteet (käytettävät pintamateriaaliosuudet, hankeosien keskimääräiset leveydet ja reunakivien määrä yms.) voitiin huomioida.

Työssä määritellyille skenaarioille laskettiin kustannusvertailu, jossa pintamateriaalien päästöjä sekä kustannusvaikutuksia voitiin verrata.

Skenaarioiden lasketuissa kustannuksissa on käytetty seuraavia oletuksia:

- Kierrätetty luonnonkiven kustannukseksi on oletettu noin 50% halvemmaksi kuin uusi. Kustannus on arvioitu FORE:n irrotettavan, varastoitavan ja uudelleen asennettavan kivituohteen hinnasta.
- Kiinasta tuodut luonnonkivet ovat 30% edullisempia.

Kustannusvaikutusten arviointi

Kustannusvaikutusten ja päästöjen vertailu			
	Skenaario A	Skenaario B	Skenaario C
Hiilijalanjälki (t CO ₂ e)	20046	14228	31685
erotus skenaarioon A	0	-5818	11639
Kustannukset (M€)	17,83	15,25	13,78
erotus skenaarioon A	0,00	-2,58	-4,05
Kustannusvaikutus (€ / t CO₂e)	-	443	-348

Taulukossa esitetty kustannusvaikutuksen arvo on valitun skenaarion suhde kustannusten ja kokonaispäästöjen erotusten välillä.

Skenaario C on halvin vaihtoehto, se aiheuttaa kuitenkin eniten kuormitusta ympäristölle. Kun verrataan skenaariot B ja C, yhden tonnin CO₂e säästäminen maksaa vain 443€, jos valitaan skenaarion B:n materiaalit.

Havainnot

- Kestävyyden ja Turun päästötavoitteen näkökulmasta selkeästi paras vaihtoehto jokaisessa miljötyypissä on skenaario B, jossa materiaalien vallinnassa oli erityisesti huomioitu raake-aineiden kierrätysaste ja pintojen vehreys optimoitu mahdollisuuksien mukaisesti.
- Skenaario C aiheuttaa eniten kuormitusta ympäristölle.
- Vehreyden optimoinnin ja kierrätettyjen materiaalien käytön vaikutus tuloksiin on toissijainen, mutta merkittävä.
- Isoin vaikutus ilmaston lämpenemiseen on materiaalien kuljetusetäisyyksillä, joten **paikallisesti saatavilla olevat materiaalit ovat yleensä paras vaihtoehto.**

Suosituksset

Prioriteettilistaus Turun raitiotien vähähiilisten pintamateriaalien valintaan

1. Uusiokäytettävät materiaalit (kaupungin kiertotalousalueelta)
2. Lähituotetut materiaalit (Suomi&Pohjoismaat)
3. Kuljetusmatkojen minimointi
4. Kierrätysmateriaalin määrä materiaalin valmistuksessa
5. Materiaalin elinkaaren pituus
6. Vehreyden optimointi mahdollisuuksien mukaan



Laskennan rajaukset

Laskentaohjelma

Laskelmat on tehty **One Click LCA** –ohjelmistolla.

OneClick LCA –ohjelmistolla toteutetut laskelmat ovat arvioita perustuen

- valittuihin materiaaleihin
- niiden elinkaareen, tuotantopaikkaan ja kuljetusmatkoihin.

Elinkaaren loppuvaiheet on määritelty materiaalienkohtaisesti.

Laskentamenetelmä

- Tulos on pintamateriaalin hiilijalanjälki hiilidioksidiekvivalentteina (CO₂e).
- Hiilijalanjälki ilmoitetaan kokonaiskilotonneina (t kg)
- Laskennassa käytetty arviointijakson pituus on 50 vuotta
- Pintamateriaalien määrät saatiin hankkeen kustannuslaskennan asiantuntijoilta
- Kalusteiden osuudelle otettiin huomioon niiden arvioidut lukumäärät sekä valmistajilta saadut materiaalmäärätiedot (Techomet, JCDecaux)

Laskennan rajaukset

Selvityksessä vertailtiin Turun raitiotie-hankkeen pintamateriaalien hiilijalanjälkeä. Materiaalien aiheuttama ilmastokuorma laskettiin hiilidioksidiekvivalenteina.

Laskennassa vertailtiin kotimaisia materiaaleja, kotimaisia kierrätettyjä materiaaleja ja aasialaisia materiaaleja. Kotimaisten ja ulkomaalaisten materiaalien vertailussa käytettiin samoja materiaaleja, mutta eri päästöjen sovittamismallia.

Vertailu tehtiin valitsemalla soveltuvin materiaali ja muuttamalla laskentaprojektin ja tuotteen parametreja vastaamaan skenaariota.

Suomalaisissa tuotteissa materiaalien sovittamismalli on Pohjoismaat ja kohdemaana Suomi.

Ulkomaalaisissa tuotteita sovittamismalli on globaali ja kohdemaana Kiina.

Kalusteiden kappalekohtaiset hiilijalanjäljet on laskettu tuotteiden painojen pohjalta:

- Ristikko- ja suoramutoinen pylväs: 800kg terästä per kappale
- Valaisinpylväs: 150kg terästä per kappale
- Pysäkkikatos: 396 kg terästä, 63,28 kg alumiinia, 0,21 kg kuparia, 493,38 kg lasia, 1,89 kg EPDM, 1,9 kg PMMA, 0,68 kg polykarbonaattia, 0,31 kg polyamidia, 5,5 kg polyesteria/lasikuitua, 2,2 kg silikonia, 1,9kg kumia, 0,005 kg messinkiä per kappale

Arviointimenetelmä

Laskelmat noudattavat infrahankkeen hiilijalanjäljen laskemismenetelmää **PAS 2080**. Laskelmissa noudatettiin ympäristöministeriön vähähiilisyden laskentaperiaatteita siinä määrin, miten se tässä suunnitteluvaiheessa oli mahdollista (YM 30.8.2019)

Hiilijalanjätkilaskennassa on huomioitu YM:n vähähiilisyden arviointimenetelmän mukaisesti elinkaaren vaiheet:

- Ennen käyttöä (moduulit **A1–5**)
- Käytön aikana (moduulit **B3–4, B6**)
- Käytön jälkeen (moduulit **C1–4**)
- Elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset (moduuli **D**)

Laskelmissa ei oteta huomioon:

- Alueella tapahtuvan toiminnan aiheuttamaa hiilijalanjälkeä
- Liikkumisen aiheuttamaa hiilijalanjälkeä
- Mahdollisesti aiheutuvia muita ympäristövaikutuksia hiilijalanjäljen lisäksi
- Rakentamisen skenaarioiden vaikutusta

Päästötietokannan resurssit

Tietolähde	Profiili	Lähde
Asfaltti, yleinen	GenMat2018	One Click LCA
Concrete pavement tiles	AsakMiljøstein2019	EPD Belegningsstein og mur Asak Miljøstein
Externally calculated carbon emissions	default	Direct input manufacturer carbon data factor
Luonnonkivi, katukivi	FinnishGenerics2021	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23
Luonnonkivi, reunakivi	FinnishGenerics2021	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23
Noppa- ja nupukivi, suomalainen keskiarvo	Kivi2020	EPD Noppa- ja nupukivi
Asfaltti, NCC Green Asphalt (AB 16)	NCC_2014	OneClickLCA
Alumiiniprofiili, -putki, -tanko, suulakepuristettu, romu 0%	FinnishGenerics2021	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23
Brass (copper-zinc alloy) sheets and coils	Aurubis2017	EPD Nordic Brass Aurubis Finland Oy
EPDM sealing for aluminium section	Oekobau2020	Oekobau.dat 2020-II
Externally calculated carbon emissions	default	Direct input manufacturer carbon data factor
Glass fibre reinforced plastic (GFRP) single sided formwork with plastic fixtures	GenMat2022	One Click LCA
Kupariputki	FinnishGenerics2021	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23
Plexiglass (PMMA, acrylic glass)	KBOB2016	KBOB
Polyamidi muovi	defaultFI	Polyamide 6 (PA6) Plastic Europe, February 2014
Polycarbonate panels	Oekobau2020	Oekobau.dat 2020-II
Rakenneteräs, yleinen	GenMat2018	One Click LCA
Rubber sealing compound	Oekobau2020	Oekobau.dat 2020-II
Ruostumaton teräsputki	FinnishGenerics2021	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23
Silicone-based construction sealants	ibu2016	EPD Silicone-based construction sealants FEICA - Association of the European Adhesive and Sealant Industry
Tasolasi, yksinkertainen, yleinen	GenMat2018	One Click LCA
Teräsrakenne, kantava rakenne, pinnoitettu tai COR-TEN pinta	FinnishGenerics2021	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23

Tausta laskennalle

Käsitteet

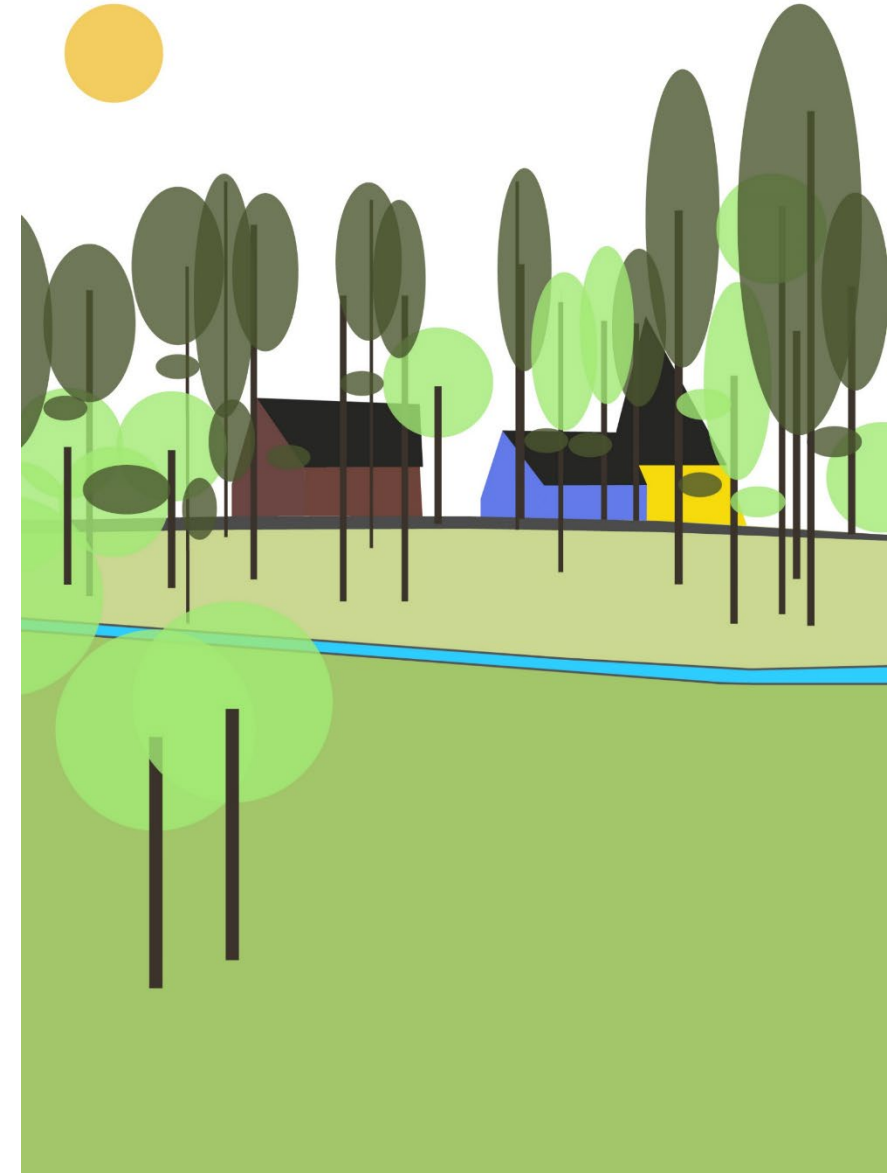


Hiilijalanjälki tarkoittaa ilmastokuormaa, joka syntyy tuotteen, toiminnan tai palvelun takia.



Hiilikädenjälki on erillinen positiivisia ympäristövaikutuksia kuvaava termi. Sillä kuvataan sellaisia ilmastokuormaa vähentäviä tekijöitä, joita ei olisi syntynyt ilman tuotetta, toimintaa tai palvelua.

Hiilikädenjälki on erillinen elinkaaren ulkopuolisia vaikutuksia kuvaava arvo, eikä sitä saa vähentää elinkaaren hiilijalanjäljestä.



Käsitteet

Selvityksen tuloksena saadaan tuotteen, palvelun tai toiminnan hiilijalanjälki. Tulokset kuvaavat tuotteen, palvelun tai toiminnan aiheuttamaa ilmastoa lämmittävää vaikutusta.

Hiilijalanjälki ilmoitetaan **hiilidioksidiekvivalenttina (CO₂e)**.

CO₂e on mitta, jolla vertaillaan useiden kasvihuonekaasujen päästöjä ja niiden vaikutusta maapallon lämpenemiseen. Siinä muutetaan kaikki huomioon otavat kasvihuonekaasut ekvivalentiksi määräksi, joka vastaa hiilidioksidipäästön maapalloa lämmittävää vaikutusta. Hiilidioksidille on annettu GWP (Global warming potential, maapalloa lämmittävä potentiaali) referenssiarvoksi 1 (sataa vuotta kohden).

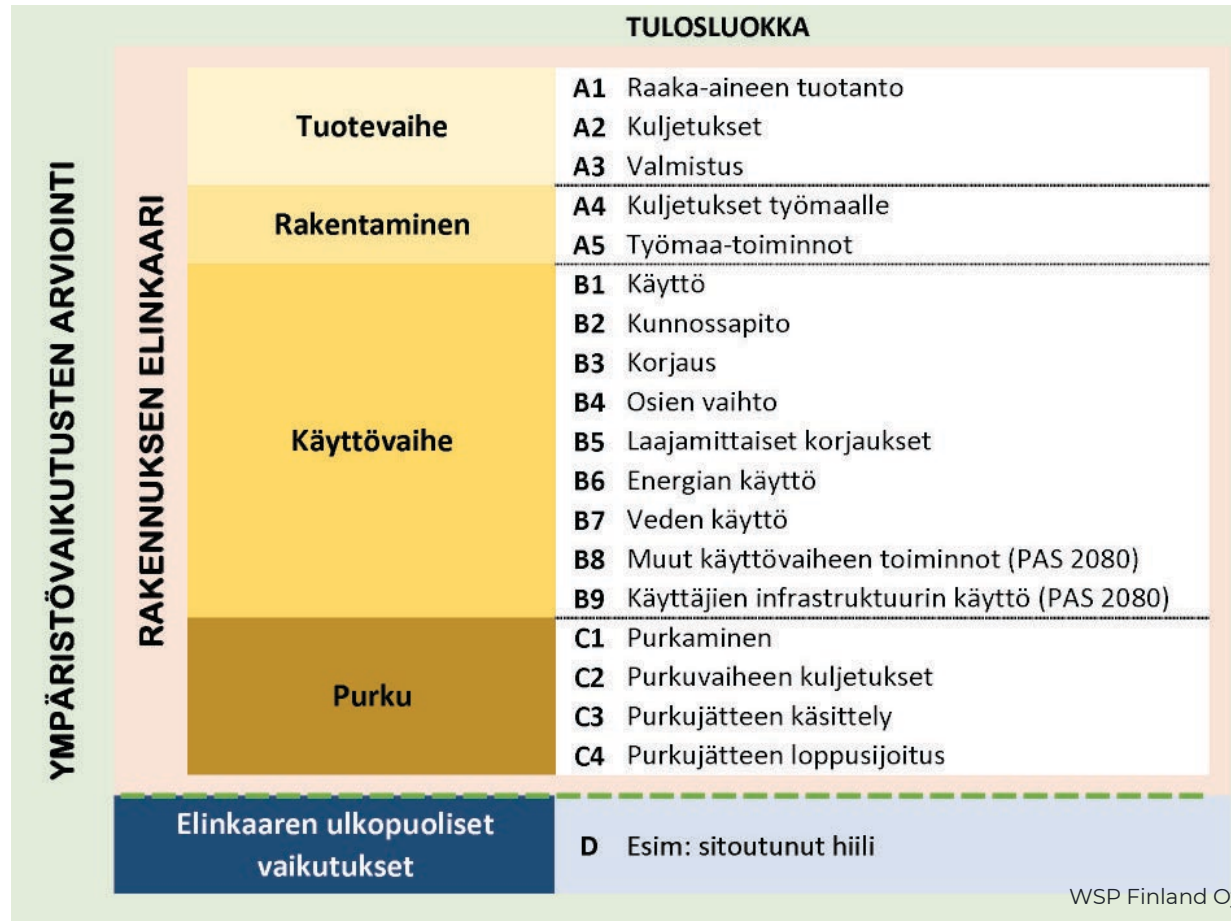


PAS 2080

Infrahankkeen hiilijalanjälki, laaja PAS 2080

- *PAS = Publicly Available Specification*
- *Globaali standardi infrahankkeiden koko elinkaaren hiilijalanjäljen hallintaan*
- *WTO:n vaatimusten mukainen*
- *Perustuu Iso-Britannian hallituksen tavoitteisiin vähentää infrarakentamisen hiilidioksidipäästöjä vuoteen 2080 mennessä.*
 - *Infrastrukturi aiheuttaa 50% Iso-Britannian kasvihuonekaasuista, josta 30 % johtuu suoraan infrarakentamisesta.*
- *PAS ohjelma on luotu vähentämään hiilijalanjälkeä ja kuluja infrarakentamisessa yksityiskohtaisen hiilijohtamisen prosessin avulla*
- *ISO 14064-2:2019 Greenhouse gases. Part 2: Specification with guidance at the project level for quantification, monitoring and reporting of greenhouse gas emission reductions or removal enhancements (ISO 14064-2:2019)*

Elinkaaren vaiheet



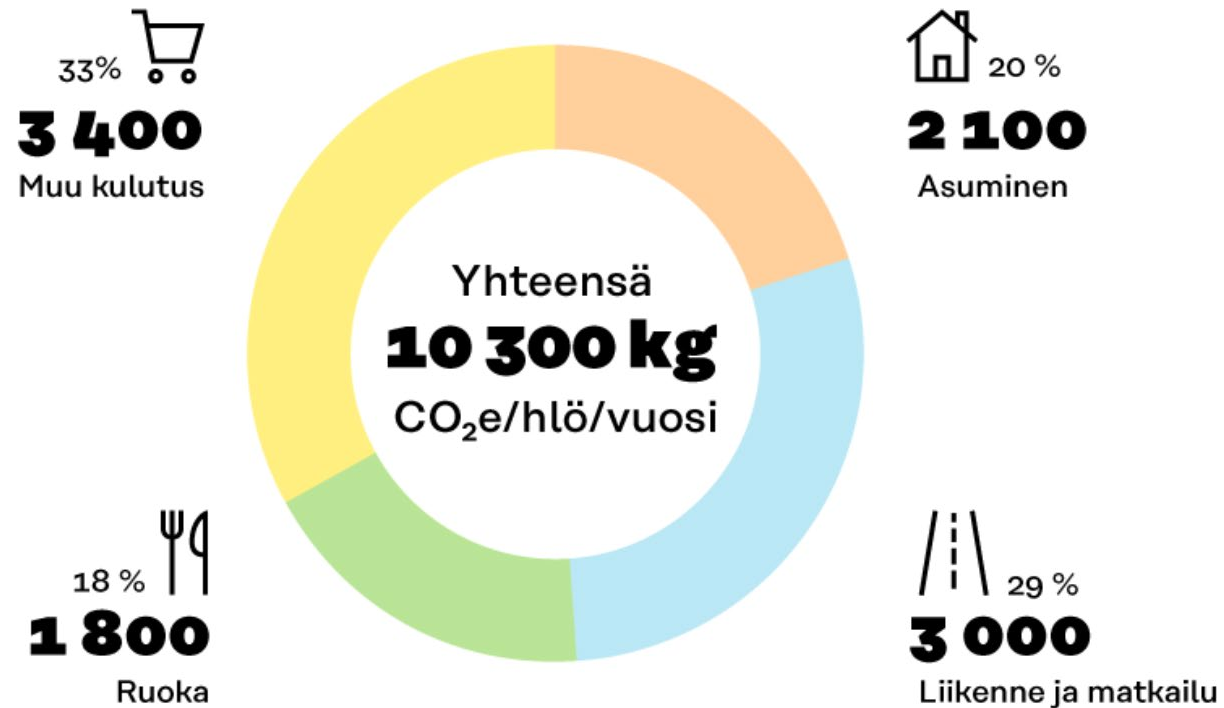
Kuvassa on esitetty ympäristöministeriön Rakennuksen vähähiilisyden arviointimenetelmän (2019) mukaiset rakennuksen elinkaaren vaiheet.

Hiilijalanjäljessä huomioidaan elinkaaren vaiheet ja hiilikädenjäljessä elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset.

YM:n julkaisu:

http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161761/YM_2019_22_Rakennuksen_vahahiilisyden_arviointimenetelma.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Keskivertosuomalaisen hiilijalanjälki



Lähteet

- Turun Raitiotien Design Manual
- Turun kaupungin ilmastosuunnitelma 2029:
https://www.turku.fi/uutinen/2022-04-21_turun-ilmastosuunnitelma-paivittyi-maltillisilla-tavoitekorotuksilla
- Ympäristöministerion vähähiillisyyden arviointimenetelmä 2019:
http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161761/YM_2019_22_Rakennuksen_vahahiillisyyden_arviointimenetelma.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- SYKE. (2021) Alueellinen päästölaskenta. <https://paastot.hiilineutraalisuomi.fi/>