

Metsätehon raportti 250
15.2.2019

PUUTAVARAN JA HAKKEEN LHT-KULJETUSSELVITYS

Pirjo Venäläinen

ISSN 1796-2374 (Verkkajulkaisu)

METSÄTEHO OY
Vernissakatu 1
01300 Vantaa

www.metsateho.fi

PUUTAVARAN JA HAKKEEN LHT-KULJETUSSELVITYS

Pirjo Venäläinen

Metsätehon raportti 250
15.2.2019

ISSN 1796-2374 (Verkkajulkaisu)

© Metsäteho Oy

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ.....	4
1 TAUSTA JA TAVOITTEET.....	5
2 JUNA- JA VAUNURATKAISUIDEN VERTAILUITA.....	7
2.1 Puutavarajunat	7
2.2 Hakejunat	8
2.3 Veturien vetokyky	9
3 LHT-KULJETUKSET RATAVERKON JA KALUSTOMÄÄRÄYSTEN NÄKÖKULMASTA	10
4 JOHTOPÄÄTÖKSET JA SUOSITUKSET.....	12
5 LÄHTEET	13
LIITTEET	

TIIVISTELMÄ

Selvityksen tavoitteena oli arvioida nykyistä isompien junien ja vaunujen vaikutusta puutavara- ja hakekuljetusten tehokkuuteen. Verrattaessa junia estetarkastelun mukaisilla vaunuilla ja Snps-vaunuilla, voidaan laskennallisesti saavuttaa jopa 29–36 %:n junakohtaisen puutavaran kuormakoon kasvu. **Laskelmassa ei ole otettu huomioon kaikkia rataverkon rajoitteita.**

Lisäksi työssä selvitettiin vaunukalustoa koskevien määräysten ja rataverkon rajoitteiden nykytilaa. VR Trackin (nykyisin NRC Group Finland Oy) tekemän, valittuja ratayhteyksiä koskeneen estetarkastelun mukaan ns. kriittisiä esteitä tarkastelun mukaisille nykyistä leveämmille tai korkeammille vaunuille ei ole lainkaan rataväleillä Riihimäki–Lahti/Tampere, Tampere–Oulu ja Oulu–Kontiomäki/Kolari. Kriittisiä esteitä on rataväleillä Tampere–Jyväskylä–Äänekoski ja Laurila–Pätkä. Rataväleillä on tunnistettu lisäksi melko kriittisiä esteitä.

Selvityksen jatkotutkimustarpeita ovat 1) nykyisestä laserkeilausaineistosta puuttuvien liikennepaikkojen sivuraiteiden liikennöitävyyden arviointi (liikennepaikkakohtaisten rajoitusten tarkentamiseksi) ja 2) ratavälien estetarkastelut myös esim. Itä-Suomessa. Uudenlaisen vaunukaluston liikennöitävyys tulee varmistaa myös rautatiekuljetusoperaattorin toteuttamilla koeajoilla.

1 TAUSTA JA TAVOITTEET

Kotimaisen tukki- ja kuitupuun junakuljetuksen vuosittainen volyymi ja osuus puun kokonaiskuljetuksista vuonna 2017 oli (Strandström 2018):

- määrä 11,0 milj. m³ (23 %)
- suorite 3 007 milj. m³km (39 %)
- kustannus 62,4 milj. € (16 %).

Kotimaan hakekuljetuksia on vuosittain noin 0,2–0,3 milj. t/v (Lapp & Iikkanen 2017). Paperiteollisuustuotteiden junakuljetuksen volyymi on 7,2 milj. t (kansainvälinen liikenne mukaan lukien) (Liikennevirasto 2018).

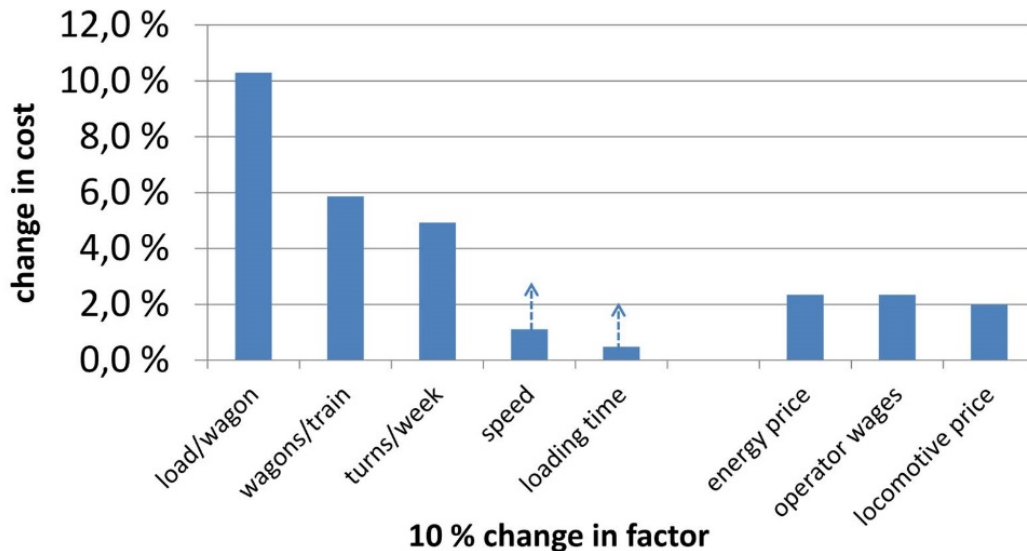
LHT-junilla (Longer and Heavier Trains) tarkoitetaan tässä nykyisin Suomessa käytössä olevia painavampia tai pidempiä junia. Lisäksi selvityksessä tarkastellaan kuormaulottumaltaan, pituudeltaan ja kokonaispainoltaan nykyistä suurempia vaunuja. Vaunujen kuormaulottumaa kasvatamalla kasvatettaisiin yksittäisten vaunujen hyötykuormaa. Tällä hetkellä joissakin tapauksissa puutavaravaunut jäävät vaunumittojen takia vajaapainoisiksi.

Vaunujen tehokkaampi hyödyntäminen sekä junien pituuden kasvattaminen

- vähentäisi tarvittavien vaunujen määrää ja siten tehostaisi vaunukapasiteetin hyödyntämistä
- vähentäisi liikennöintiä ruuhkaisilla rataosuuksilla, kun yksittäiseen junaan saadaan enemmän rahtia => tarvittavien junien lukumäärä laskee ja sopivan aikaikkunan saataavuus helpottuu
- mahdollistaisi rahtimäärien kasvattamisen yksittäisissä junissa myös rataosuuksilla, joilla rajoitetaan junan pituuksia
- parantaisi junakuljetusten tehokkuutta esim. ratainfrastruktuuri-investointeihin verrattuna selvästi matalammilla kustannuksilla
- lisäisi metsäsektorin rautatiekuljetusten energiatehokkuutta
- tukisi EU:n tavoitteita junakuljetusten kilpailukyvyn kehittämisessä.

Norjassa tehdyn tutkimuksen (Fjeld & Skjølaas 2017, Løfsgaard 2018) mukaan nimenomaan vaunukohtaisen kuorman ja junan vaunumäärän kasvattamisella on saavutettavissa suurimmat puutavaran junakuljetusten kustannushyödyt (kuva 1). Tarkastelu perustui valittujen puuvirtojen vertailuun eivätkä tulokset ole sellaisenaan sovellettavissa Suomeen.

Ranking of factors influencing rail transport costs (NOK/m³)



Kuva 1. Valittujen toimenpiteiden vaikutukset puun rautatiekuljetuksiin norjalaisen tutkimuksen mukaan (Fjeld & Skjølaas 2017).

Käsillä olevan selvityksen tavoitteena oli

- selvittää eräissä muissa maissa käytössä olevien vaunu- ja junamittojen ja massojen tehokkuutta metsäsektorin kotimaan kuljetuksissa nykyisin käytettäviin ratkaisuihin nähden
- selvittää uusien mittojen ja massojen käyttöönottoon liittyviä rataverkon ja kalustomääräysten asettamia rajoitteita Suomessa. Lisäksi on otettu huomioon vaunujen kantavuuksien ja veturien vetokyvyn tuomia rajoitteita
- tunnistaa jatkotutkimustarpeet ja laatia toimenpide-ehdotuksia uusien vaunu- ja junamittojen ja massojen käyttöönottoon.

Selvitys painottui kotimaisen kuitu- ja tukkipuun sekä hakkeen kuljetuksiin.

Selvitystyön ohjausryhmään osallistuivat Metsä Groupin, Metsähallitus Metsätalous Oy:n, Metsäteollisuus ry:n, Stora Enso Oyj:n ja UPM-Kymmene Oyj:n edustajat. Tekijä kiittää ohjausryhmän jäseniä sekä Traficomia (entinen Trafi), Väylää (entinen Liikennevirasto), NRC Group Finland Oy:tä (entinen VR Track), VR Transpointia ja Innofreight Scandinavia AB:ta selvitystä varten toimitetusta aineistosta ja kommentista.



2 JUNA- JA VAUNURATKAISUIDEN VERTAILUITA

Suomessa käytössä olevat puutavara- ja hakekuljetusten vaunutyypit on kuvattu liitteessä 1. Mitoiltaan ja kantavuudeltaan suurin vaunu puutavarakuljetuksissa on Snps/Snpss. Hakekuljetuksissa käytetään hakevaunua Fakks.

Tämän selvityksen kapasiteettivertailuihin otettiin mukaan

- estetarkastelun mukaiset mitat (vaunukohtaiset tiedot ja oletukset on kuvattu liitteissä 2A, 2B ja 2E)
- mm. Ruotsissa käytössä olevat Innofreightin puutavara- ja hakevaunut (liitteet 2C ja 2F)
- mm. Venäjällä käytössä oleva UWC:n puutavaravaunu (liite 2D).

Seuraavissa laskelmissa on vertailtu junatasolla estetarkastelun mukaisten vaunujen vaikutusta junien

- kokonaispituuksiin
- kokonaispainoihin
- kuorman määrään ja/tai kuormatilan kokoon.

2.1 Puutavarajunat

Verrattaessa **samanpainoisia** puutavarajunia estetarkastelun mukaisilla vaunuilla ja Snps-vaunuilla voidaan laskennallisesti saavuttaa yhdellä junalla 17–19 %:n kuorman kasvu (taulukko 1). **Laskelmissa ei ole otettu huomioon kaikkia rataverkon rajoitteita.** Estetarkastelun mukaisilla vaunuilla ratojen maksimiakselipainot ylittyvät neljällä, mutteivät kuudella akselilla (akselipainoja koskevat rajoitukset rataverkolla liitteessä 4).

Taulukko 1. Erot puutavarajunien pituudessa, kun junien kokonaispainot pidetään samalla tasolla (2 400 t).

Vaunu	Vaunuja/ juna kpl	Junan pituus m	Kuormatila m ³	Kuorman paino t	Junan paino t	Akselipaino (4 akselia)	Akselipaino (6 akselia)
Snps	26,7	566	4 481	1 541	2 400	20,6	14,5
Estetarkastelu1	23,8	506	5 278	1 816	2 400	25,2	17,6
Estetarkastelu2	24,3	516	5 247	1 805	2 400	24,7	17,3
Estetarkastelu3	23,3	495	5 316	1 829	2 400	25,7	18,0
Erotus1			18 %	18 %			
Erotus2			17 %	17 %			
Erotus3			19 %	19 %			

Ks. vaunuja koskevat oletukset liitteissä 2A ja 2B.

Vaunujen omapainoksi oletettu sama kuin Snps-vaunulla. Kuormatilan ka. täytöksi oletettu 40 % kuormatilasta ja kuorman painoksi 0,86 t/m³.

Verrattaessa **samanpituisia** junia estetarkastelun mukaisilla vaunuilla ja Snps-vaunuilla voidaan laskennallisesti saavuttaa yhdellä junalla 29–36 %:n kuormatilan kasvu ja 22–26 %:n lasku vuoden aikana tarvittavien junakuormien määrässä (taulukko 2). Ko. mittojen mukaisten leveämpien ja korkeampien vaunujen myötä voitaisiin laskennallisesti vähentää puutavarakuormien määrää vuodessa noin 7 000:sta noin 5 200:aan (jos kyseisiä mittoja voisi hyödyntää koko rataverkolla; **laskelmissa ei ole otettu huomioon kaikkia rataverkon rajoitteita**).

Taulukko 2. Erot puutavarajunien kuormatilassa ja junamäärissä, kun junien kokonaispituudet pidetään samalla tasolla (500 m).

Vaunu	Vaunuja/juna kpl	Junan pituus m	Kuormatila/ juna m ³	Kiintokuutiota ka. täyttö m ³ /juna *	Junia vuodessa kpl	Junan paino t	Akselipaino (4 akselia)	Akselipaino (6 akselia)
Snps	23,6	500	3 956	1 585	6 940	1 940	20,6	14,5
Estetarkastelu1	23,6	500	5 213	2 085	5 275	2 370	25,2	17,6
Estetarkastelu2	23,6	500	5 087	2 035	5 406	2 327	24,7	17,3
Estetarkastelu3	23,6	500	5 373	2 149	5 118	2 425	25,7	18,0
Erotus1			32 %		-24 %			
Erotus2			29 %		-22 %			
Erotus3			36 %		-26 %			

Ks. vaunuja koskevat oletukset liitteissä 2A ja 2B

2.2 Hakejunat

Verrattaessa **samanpainoisia** hakejunia estetarkastelun mukaisilla ja Fakks-vaunuilla voidaan laskennallisesti saavuttaa yhdellä junalla 18–20 %:n kuorman kasvu (taulukko 3). Laskemisissa ei ole otettu huomioon kaikkia rataverkon rajoitteita.

Taulukko 3. Erot hakejunien pituudessa, kun junien kokonaispainot pidetään samalla tasolla (2 400 t).

Vaunu	Vaunuja/ juna kpl	Junan pituus m	Kuormatila m ³	Kuorman paino t	Junan paino t	Akselipaino (4 akselia)	Akselipaino (6 akselia)
Fakks	30,0	620	4 544	1 363	2 400	19,2	13,6
Estetarkastelu1	24,8	513	5 395	1 619	2 400	24,2	16,9
Estetarkastelu2	25,2	521	5 354	1 606	2 400	23,8	16,7
Estetarkastelu3	24,3	503	5 448	1 634	2 400	24,7	17,3
Erotus1		-17 %	19 %	19 %			
Erotus2		-16 %	18 %	18 %			
Erotus3		-19 %	20 %	20 %			

Ks. vaunuja koskevat oletukset liitteissä 2A ja 2E

Verrattaessa **samanpituaisia** junia estetarkastelun mukaisilla vaunuilla ja Fakks-vaunuilla voidaan laskennallisesti saavuttaa yhdellä junalla 40–48 %:n kuormatilan kasvu ja 29–32 %:n lasku vuoden aikana tarvittavien hakekuormien määrässä (taulukko 4).

Taulukko 4. Erot hakejunien kuormatilassa ja junamäärissä, kun junien kokonaispituudet pidetään samalla tasolla (500 m).

Vaunu	Vaunuja/ juna kpl	Junan pituus m	Kuormatila/ juna m ³	Kuorma t/juna	Junia vuodessa kpl	Junan paino t	Akselipaino (4 akselia)	Akselipaino (6 akselia)
Fakks	24,2	500	3 666	1 100	226	1 862	19,2	13,6
Estetarkastelu1	24,2	500	5 265	1 579	158	2 342	24,2	16,1
Estetarkastelu2	24,2	500	5 141	1 542	161	2 305	23,8	15,9
Estetarkastelu3	24,2	500	5 423	1 627	153	2 389	24,7	16,5
Erotus1			44 %		-30 %			
Erotus2			40 %		-29 %			
Erotus3			48 %		-32 %			

Ks. vaunuja koskevat oletukset liitteissä 2A ja 2E

2.3 Veturien vetokyky

Edellisissä laskelmissa oli oletettu veturin vetokyvyksi 2 400 t. Junien vaunumäärää ja siten kuormaa voidaan merkittävästi kasvattaa paremman vetokyvyn vetureilla (tai lisäämällä toisen veturin) (taulukot 5–6). Suuremman vetokyvyn hyödyntämistä rajoittaa mm. rataverkon rajoitukset pitkille junille (taulukko 7). Rajoitusten merkitystä eri kuljetusväleillä ei ole tarkasteltu.

Taulukko 5. Kuormattujen vaunujen maksimimäärä vetureiden eri vetokyvvyillä.

	Vaunun paino t	Snps	Estetark. 1	Estetark. 2	Estetark. 3	Fakks	Estetark. 1	Estetark. 2	Estetark. 3
		90	105,7	103,8	108,0	80,0	101,7	100,1	103,6
Vetureiden vetokyky t	2 400	26,7	22,7	23,1	22,2	30,0	23,6	24,0	23,2
	3 000	33,3	28,4	28,9	27,8	37,5	29,5	30,0	28,9
	4 000	44,4	37,9	38,5	37,0	50,0	39,3	39,9	38,6

Snps- ja Fakks-vaunut neljällä akselilla, muut kuudella akselilla.

3 000 tonnin junassa toisen veturin vetokyvystä käytössä vain neljännes.

Taulukko 6. Junakuorman paino tonneissa vetureiden eri vetokyvvyillä.

	Vaunun paino t	Snps	Estetark. 1	Estetark. 2	Estetark. 3	Fakks	Estetark. 1	Estetark. 2	Estetark. 3
		90,0	105,7	103,8	108,0	80,0	101,7	100,1	103,6
Vetureiden vetokyky t	2 400	1 746,7	1 732,2	1 720,4	1 746,7	1 455,0	1 540,7	1 527,6	1 557,0
	3 000	2 183,3	2 165,3	2 150,5	2 183,3	1 818,8	1 925,9	1 909,4	1 946,3
	4 000	2 911,1	2 887,1	2 867,3	2 911,1	2 425,0	2 567,8	2 545,9	2 595,0

Snps- ja Fakks-vaunut neljällä akselilla, muut kuudella akselilla.

3 000 tonnin junassa toisen veturin vetokyvystä käytössä vain neljännes.

Taulukko 7. Kuormattujen junien maksimipituudet vetureiden eri vetokyvvyillä (yli 800 metrin junat korostettu esimerkkinä).

		Snps	Estetark. 1	Estetark. 2	Estetark. 3	Fakks	Estetark. 1	Estetark. 2	Estetark. 3
Vetureiden vetokyky t	2 400	566,4	482,4	491,0	472,0	620,4	488,2	495,7	478,9
	3 000	708,0	603,0	613,8	590,0	775,5	610,3	619,6	598,7
	4 000	944,0	804,0	818,3	786,7	1034,0	813,7	826,1	798,2

3 LHT-KULJETUKSET RATAVERKON JA KALUSTOMÄÄRÄYSTEN NÄKÖKULMASTA

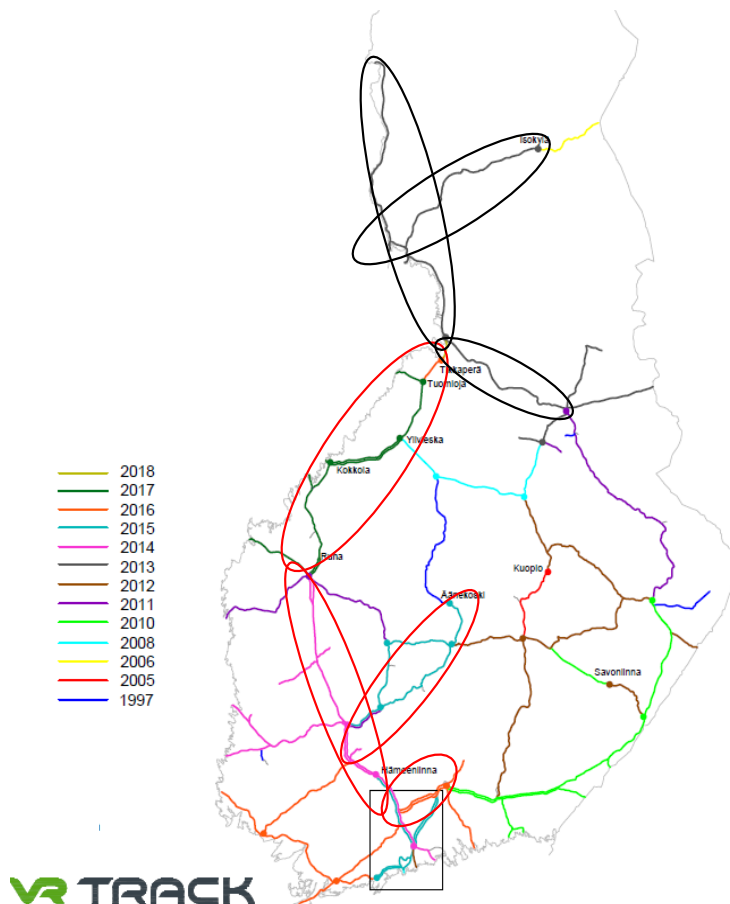
Selvityksen liitteessä 4 on kuvattu Suomen rataverkon rajoitteet koskien junan painoja ja maksimipituutta (ohitusraiteilla ja puutavaran lastauspaikoissa) sekä tunneleita ja siltoja. Lisäksi juna- ja vaunuratkaisuiden käyttöönottoon vaikuttaa mm. rataverkon mäkisyys (määräävä kaltevuus) ja tuotantolaitoksissa ja terminaaleissa käytössä olevat kuormaus- ja purkulaitteet (laitteista tarkemmin liitteessä 4). Monin osin nykyistä korkeampien vaunujen purkamiseen voidaan hyödyntää jo tällä hetkellä käytössä olevaa kalustoa.

Selvitystä varten toteutetuissa rataverkon estetarkasteluissa selvitettiin tiettyjen ratayhteyksien esteitä nykyistä korkeammille tai leveämmille junavaunuille. Liitteessä 5 on kuvattu Suomen ja EU:n junaratojen liikkuvaa kalustoa koskevat määräykset. Estetarkasteluissa käytetyt vaunumitoitukset ylittäisivät nykyiset Suomen rataverkon määräykset.

Nykyistä korkeampien ja leveämpien vaunujen kohtaamia esteitä tarkasteltiin VR Trackillä (2018) teetetyssä, Väyläviraston esterekisteriin perustuvalla rataverkon estetarkastelussa. Tarkastelu tehtiin liitteen 2A mukaisille mitoille ja vaunutyyppille kahdella eri mitoituksella:

- Tarkastelu 1 tehtiin kuvan 2 punaisella merkityille rataväleille.
- Tarkastelu 2 tehtiin punaisella ja mustalla merkityille rataväleille.

Tarkastellut ratavälit valittiin niiden puukuljetusvolyymin ja käytettävissä olevan rataverkon laserkeilausaineiston tuoreuden mukaan. Lisäksi VR Transpoint oli teettänyt oman estetarkastelun kuvan mustille rataväleille.



Kuva 2. Selvitystä varten tarkastellut ratayhteydet. (Pohjakartta Väylävirasto & VR Track).

Estetarkastelussa (VR Track 2018) tunnistettiin rataväleiltä ja liikennepaikoilta esteet, jotka 1) törmäävät vaunun mitat 30 cm:llä ylittävään toleranssiin, 2) törmäävät vaunuun ja 3) ovat alle 10 cm:n päässä vaunusta. Lisäksi tunnistettiin etäisyys lähimpään esteeseen sekä kriittiset ja melko kriittiset esteet (ks. taulukko 8). Kriittiset esteet oli määritelty niin, että 1) niiden etäisyys vaunuun on enintään 15 cm, 2) este sijaitsee kohdassa, jossa ei ole esteistä vapaata, laserkeilattua raidetta ja 3) este on sen siirrettävyyden kannalta kriittinen (esim. laiturikatos). Kriittisiä esteitä sijaitsee eniten ratavälillä (Tampere)–Jyväskylä–Äänekoski (näistä suurin osa johdetaan tunnelien johdoista ja johtimista). (Laurila)–Patokangas-välillä kriittisen esteen muodostaa Kemijärven sillan reunapalkit.

Taulukko 8. Estetarkastelun tuloksia (VR Track 2018).

Rataväli	Tarkastelu 1 Kriittiset	Tarkastelu 1 Melko kriittiset	Tarkastelu 2 Kriittiset	Tarkastelu 2 Melko kriittiset
(Riihimäki)–Lahti	0	3	0	3
Riihimäki– Tampere	0	17	0	15
(Tampere)–Oulu	0	1	0*	3*
(Tampere)– Jyväskylä– Äänekoski	11	12	11	12
Oulu–Kontiomäki			0	2
(Oulu)–Kolari			0	1
(Laurila)– Patokangas			2	3

Suluissa merkittynä ko. liikennepaikka ei sisälly esteiden lukumäärään

**Poislukien Oulun liikennepaikka*

Laserkeilausaineistoon ei sisällynyt ko. reittien liikennepaikkojen kaikkia sivuraiteita, joten liikennepaikkakohtaisten esteiden määrä vähentyy aineistosta puuttuvien sivuraiteiden tarkasteluiden myötä. Estetarkastelu perustui tarkasteluun, jossa käytettiin 30 cm:n toleranssia vaunun ja esteen välissä. Estetarkastelua tulee myös laajentaa tarkastelusta poisjääneille, puukuljetusten kannalta keskeisille rataväleille laserkeilausaineistojen päivittymisen myötä (esim. Itä-Suomen ratavälit). Jotta vaunujen mahdollinen törmäminen esteisiin voidaan luotettavasti havaita, on rautatiekuljetusoperaattorin lisäksi tehtävä niille koeajot maketilla.

VR Transpointin erikseen teettämässä estetarkastelussa tarkastellut vaihtoehdot ja johtopäätökset olivat:

- Innofreight (leveys 3 600 mm, ei lisäkorkeutta eli 4 650 mm)
 - Ei investointeja vaativia esteitä.
 - Havaitut esteet ratkaistavissa (esim. opasteiden siirrot, sivuraiteen valinta ratapihoilla).
- Innofreight +10 % (leveys 3 960 mm, ei lisäkorkeutta)
 - Ei realistinen, vaatisi merkittäviä investointeja.

4 JOHTOPÄÄTÖKSET JA SUOSITUKSET

Verrattaessa puutavarajunia estetarkastelun mukaisilla vaunuilla ja Snps-vaunuilla voidaan laskennallisesti saavuttaa junakohtaisesti jopa 29–36 %:n kuormakoon kasvu. **Laskelmassa ei ole otettu huomioon kaikkia rataverkon rajoitteita.**

Suuremman kaluston käytön joustavuutta voidaan parantaa harkitsemalla niiden osalta vaunuja, joilla voidaan kuljettaa sekä puutavaraa että kontteja (vaunut vaihdettavalla päällirakenteella ja vaunut, joissa on kaadettavat pankot ja konttilukot). Toisaalta pankkorakenteet on mahdollista toteuttaa niin, että rataosuuksilla, joissa leveys/korkeus ei salli maksimimitoitusta, käytetään teleskooppitolppia ja muuntuvaa leveyttä. Molemmista löytyy esimerkkejä raaka-puun kuljetuskalustosta esim. Venäjältä ja Australiasta.

VR Trackin (2018) estetarkastelun mukaan

- ns. kriittisiä esteitä tarkastelun mukaisille nykyistä leveämmille tai korkeammille vaunuille ei ole lainkaan rataväleillä Riihimäki–Lahti/Tampere, Tampere–Oulu ja Oulu–Kontiomäki/Kolari
- kriittisiä esteitä on rataväleillä Tampere–Jyväskylä–Äänekoski ja Laurila–Patokangas
- rataväleillä on tunnistettu lisäksi melko kriittisiä esteitä.

Selvityksen jatkotutkimus- ja toimenpidetarpeita ovat:

- Nykyisestä laserkeilausaineistosta puuttuvien liikennepaikkojen sivuraiteiden liikennöitävyyden arviointi (liikennepaikkakohtaisten rajoitusten tarkentamiseksi).
- Estetarkastelut muilla ratayhteyksillä uuden laserkeilausaineiston myötä (esim. Itä-Suomen ratavälit).
 - Varsinkin reitit, joissa on aiemmin ollut voimassa suurkuormaulottuma, ovat potentiaalia nykyistä suuremmille vaunuille.
- Uudenlaisen vaunukaluston hyötylaskelmien tarkentaminen ratayhteyksittäin.
- Uudenlaisen vaunukaluston liikennöitävyys tulee varmistaa myös rautatiekuljetusoperaattorin toteuttamilla koeajoilla (maketti).
- Väylävirasto, Traficom ja Oulun yliopisto suunnittelevat hanketta, jossa vaunujen kinemaattisiin tarkasteluihin perustuen voidaan mm. tarkentaa vaunujen ja esteiden välisen toleranssin laskentatapaa.

5 LÄHTEET

- Fjeld, D. & Skjølaas, D. 2017. Modeling multimodal transport in Norwegian wood supply. Kalvosarja. Saatavissa: <http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/L2.3.-Fjeld.pdf>. [Viitattu 13.12.2018].
- likkanen, P. & Lapp, T. 2018. Rataverkon raakapuun kuormauspaikkaverkon päivitys - Esitys tavoitetilan edellyttämiksi toimenpiteiksi. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 11/2018. Saatavissa: https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lts_2018-11_rataverkon_raakapuun_web.pdf. [Viitattu 4.10.2018].
- likkanen, P. & Sirkiä, A. 2011. Rataverkon raakapuun terminaali- ja kuormauspaikkaverkon kehittäminen - Kaikki kuljetusmuodot kattava selvitys. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 31/2011. Saatavissa: <https://www.liikennevirasto.fi/documents/20473/158035/Rataverkon+raakapuuterminaali+ja+kuormauspaikkaverkon+kehitt%C3%A4minen/8663af95-64a8-4e01-ac07-c3959a77a10c>. [Viitattu 7.10.2018].
- Korpilahti, A. & Koskinen, O. H. 2013. Uusien mittojen ja massojen puutavara-autot. Metsätehon tulosalvosarja 2/2013. Saatavissa: http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/2015/02/Tulosalvosarja_2013_02_Uusien_mittojen_ja_massojen_puutavara-autot_ak_ok.pdf. [Viitattu 22.2.2018].
- Lapp, T. & likkanen, P. 2017. HCT-ajoneuvojen liikennejärjestelmävaikutukset. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 57/2017. Saatavissa: <http://www.doria.fi/handle/10024/147575>. [Viitattu 22.2.2018].
- Liikenne- ja viestintäministeriö. 2018. Liikenne- ja viestintäministeriön asetus maanteiden ja rautateiden runkoverkosta ja niiden palvelutasosta – Perustelumuistio 20.8.2018. Saatavissa: <https://www.lausuntopalvelu.fi/FI/Proposal/DownloadProposalAttachment?attachmentId=9175>. [Viitattu 7.10.2018].
- Liikennevirasto. 2012. Ratatekniset ohjeet (RATO) - osa 21 Liikkuva kalusto. Liikenneviraston ohjeita 21/2012. Saatavissa: https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf3/lo_2012-21_rato_21_web.pdf. [Viitattu 4.10.2018].
- Liikennevirasto. 2017. Rautateiden verkkoselostus 2019. Saatavissa: https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lv_2017-02_rautateiden_verkkoselostus_2019_web.pdf. [Viitattu 5.2.2019].
- Liikennevirasto. 2018. Rautatietilasto 2017. Liikenneviraston tilastoja 8/2018. Saatavissa: https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lti_2018-08_rautatietilasto_2017_web.pdf. [Viitattu 7.10.2018].
- Løfsgaard, P-A. 2018. Assessment of volume variation per wagon of pulp delivery on railway in Norgespendelen [norjaksi]. Masteroppgave. Norges miljø- og biovitenskapslige universitet. Saatavissa: <https://brage.bibsys.no/xmlui/handle/11250/2564751>. [Viitattu 7.10.2018].
- Strandström, M. 2018. Puunkorjuu ja kaukokuljetus vuonna 2017. Metsätehon tulosalvosarja 8a/2018. Saatavissa: http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/Tulosalvosarja_2018_08a_Puunkorjuu_ja_kaukokuljetus_vuonna_2017.pdf. [Viitattu 4.10.2018].
- Trafikverket. 2017. PM Utökad lastprofil. Saatavissa: <https://www.trafikverket.se/contentassets/a4a94eefd565461cb29b22b707eb619b/pm-utokad-lastprofil.pdf>. [Viitattu 19.3.2018].
- UWC. Platform for transportation of timber products, model 13-6852/13-6852-02. Esite.

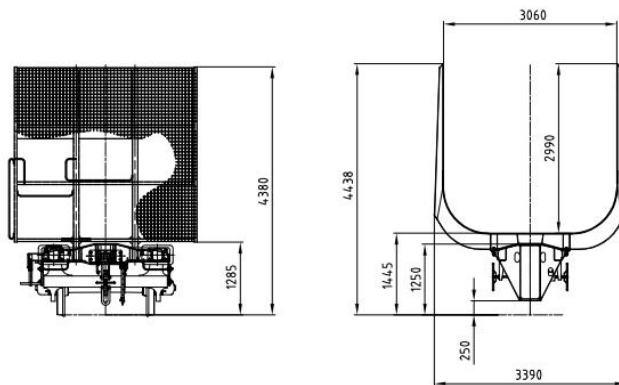
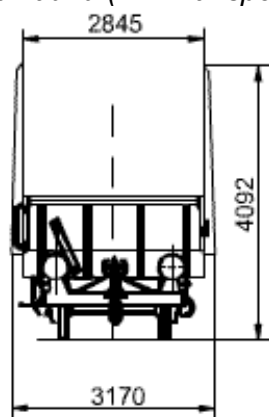
VR Track. 2018. Estelausunto laajennetulla kalustoulottumalla. Versio 1.2. 5.10.2018.

VR Transpoint. 2018a. Junien täyttövertailu Finn wagon/Snpss. Kalvosarja.

VR Transpoint. 2018b. Kalustokuvasto. Saatavissa: <https://www.vrtranspoint.fi/fi/vr-transpoint/asiakkaan-opas/kalusto/rautatiekalusto/>. [Viitattu 27.2.2018].

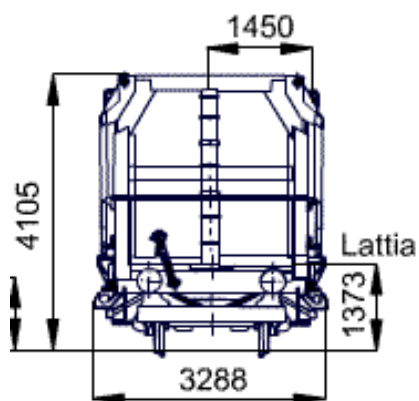
Liite 1. Vaunukalusto
Raakapuuvaunut Suomessa (VR Transpoint 2018b)

	Sp	Sps	Spa, Spar	Snps, Snpss
Taara t	21,3/22,0	22,2	22,9/22,3	24,5
Kuorma t	58,5/58,0	57,5	57,0/57,5	65,5
Kuormausalan pituus m	19,5	19,5	19,5	20,0
Kokonaispituus m	20,6	20,6	20,6	21,24
Kuormausalan leveys m	2,8/2,85	2,85	2,85	3,06
Kokonaisleveys m	3,12/3,17	3,17	3,17	3,39
Sivupylväiden korkeus m	2,55/2,65	2,69	2,69	2,99
Kuormatilavuus m ³	133,8/141,7	143,9	143,9	168,0
Akselit, kpl	4	4	4	4

Snpss-vaunu (VR Transpoint 2018b)

Sp-vaunu (VR Transpoint 2018b)


Hakevaunut Suomessa (VR Transpoint 2018b)

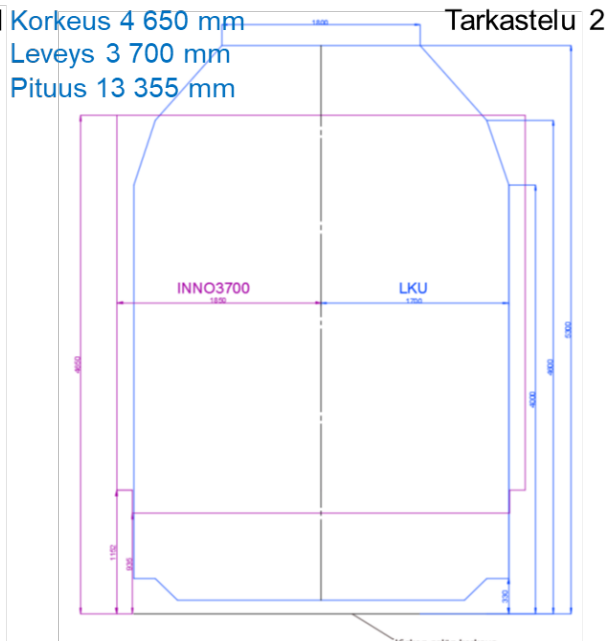
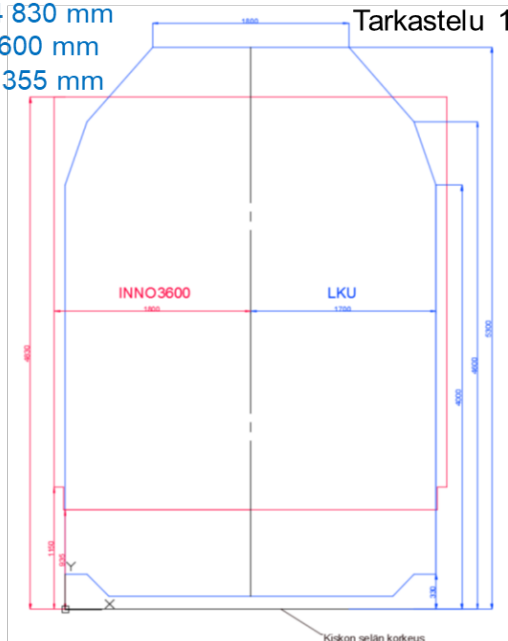
	Hakevaunu Fakks
Taara t	31,5
Kuorma t	48,5
Kokonaispituus m	20,68
Vaunun leveys m	3,288
Kuormatilavuus m ³	151,5
Akselit, kpl	4

Fakks-vaunu (VR Transpoint 2018b)


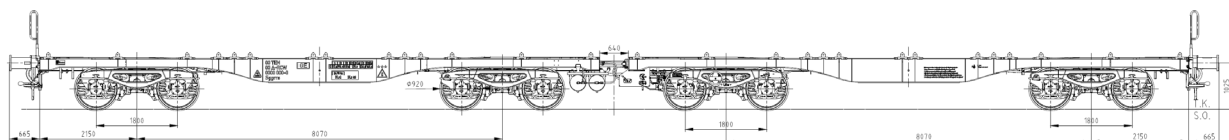
Liite 2. Vertailtuja raakapuu- ja hakevaunuja sekä junia

A. Estetarkastelun vaunujen mitat

Korkeus 4 830 mm
Leveys 3 600 mm
Pituus 13 355 mm



Selvityksen estetarkasteluissa käytetyt vaunumitat (kuvat VR Track 2018).



Selvityksen estetarkastelussa käytetty vaunutyyppi (kuva Innofreight Scandinavia AB).

Estetarkastelun vaunumitat ja kapasiteettilaskelmien kuormatilamitat (estetarkastelun mittatiedot VR Track 2018, Snps- ja Fakks-mittatiedot VR Transpoint 2018b)

ESTETARKASTELU				
Vaunu	-	Estetarkastelu 1	Estetarkastelu 2	-
Korkeus m		4,83	4,65	
Leveys m		3,60	3,70	
Pituus m		13,355	13,355	
KAPASITEETTIKALASKELMAT				
Kuormatila (puutavara)	Snps	Estetarkastelu 1	Estetarkastelu 2	Estetarkastelu 3
Korkeus m	2,99	3,385	3,205	3,385
Leveys m	3,06	3,27	3,37	3,37
Pituus m	20	20	20	20
Kuormatila m ³	168	221,4	216,0	228,1
Kuormatila (hake)	Fakks	Estetarkastelu 1	Estetarkastelu 2	Estetarkastelu 3
Korkeus m	2,732	3,457	3,277	3,457
Leveys m	3,000	3,312	3,412	3,412
Pituus m	19	19	19	19
Kuormatila m ³	151,5	217,5	212,4	224,1

B. Estetarkastelun puutavaravaunut

Taulukossa on vertailtu kaksia estetarkastelun mukaisia vaunumittoja Snps-vaunuun. Vertailuun on lisätty myös laskelma, jossa on käytetty tarkasteluiden leveintä ja korkeinta mitta (ko. yhdistelmä ei sisältynyt estetarkasteluun, mutta sen tuoma lisäesteiden määrä on mahdollisesti pieni).

Vaunujen kokonaispaino on laskettu kahdella tavalla: kertoimella 0,54 sekä arviolla vaunujen keskimääräisestä täytöstä. Estetarkastelun mukaisilla vaunuilla akselipainot ylittyisivät neljällä, mutta ei kuudella akselilla (rataverkon sallimat akselipainot liitteessä 4).

Estetarkastelun 1 mukaisilla mitoilla kuormatila kasvaisi Snps-vaunuun nähden 32 % ja estetarkastelun 2 mukaisilla mitoilla 29 %. Suurimpien mittojen yhdistämisellä kuormatila kasvaisi 36 %.

Vaunu	Pituus m	Korkeus m	Leveys m	Kuormatila m ³	Kokonaispaino t*	Kiintokuutiot ka. täyttö m ^{3**}	Vaunun kokonaispaino ka. täytöllä t**	Akselipaino (4 akselia)	Akselipaino (6 akselia)
Snps	21,24	4,380	3,4	168,0	90	67,3	81,8	20,5	
Estetarkastelu1	21,24	4,830	3,6	221,4	120	88,7	100,8	25,2	17,6
Estetarkastelu2	21,24	4,650	3,7	216,0	117	86,5	98,9	24,7	17,3
Estetarkastelu3	21,24	4,830	3,7	228,1	123	91,4	103,1	25,8	18,0
Erotus1		10 %	6 %	32 %	33 %	32 %	23 %		
Erotus2		6 %	9 %	29 %	30 %	29 %	21 %		
Erotus3		10 %	9 %	36 %	37 %	36 %	26 %		

Kuormatilan laskennassa käytetty Snps-vaunun (ei estetarkastelun) mukaista kuormauskorkeutta ja -pituutta ja vaunun taaraa (Snps-vaunun mittatiedot VR Transpoint 2018b).

Estetarkastelun vaunumitoissa ei ole otettu huomioon kuormatilan alaosan pyöristystä.

**Kokonaispaino t = 0,54 * kuormatila m³ muiden kuin Snps-vaunun osalta*

***Keskimääräinen täyttö m³=40 % kuormatilasta*

****Sisältää vaunun taaran*

Lisätelin paino 4,9 t

C. Innofreightin raakapuuvaunu

Innofreightin raakapuuvaunu Ruotsin kuormatilamitoituksella (vaunujen mitta- ja massatiedot VR Transpoint 2018b ja Innofreight Scandinavia AB).

Vaunu	Pituus m	Kokonais- massa t	Taara t	Max kuorma t	Kuormatila m ³	Ka. todellinen täyttö m ³	Ka. todellinen täyttö t
Snps	21,2	90	25	66	168	67	57
InnoWaggonin parivaunu	27,0	180	38	142	258	120*	102*

**VR Transpointin arvio*

8-akseliseen InnoWaggonin parivaunuun mahtuu yhteensä 4 nippua raakapuuta, kun Suomessa nykyisin käytettäviin 4-akselisiin vaunuihin mahtuu 3 nippua.



Kuva: Ari Siekkinen

Erot junien pituudessa, kun junien kokonaispainot pidetään samalla tasolla (2 400 t) (Innowaggon Ruotsin kuormatilamitoituksella). (vaunujen mitta- ja massatiedot VR Transpoint 2018b ja Innofreight Scandinavia AB).

Vaunu	Vaunuja/ juna kpl	Junan pituus m	Junan kuormatila m ³	Junan max paino t	Kuorman max paino t	Kiintokuutiot m ³	Junia kpl/v
Snps	26,7	566	4 480	2 400	1 747	2 031	5 416
Innowaggonin parivaunu	13,3	360	3 440	2 400	1 893	2 201	4 997
Erotus		-36 %	-23 %	0 %	8 %	8 %	-8 %

Erot junien painossa, kun pituudet pidetään samalla tasolla (360 m) (Innowaggon Ruotsin kuormatilamitoituksella). (vaunujen mitta- ja massatiedot VR Transpoint 2018b ja Innofreight Scandinavia AB).

Vaunu	Vaunuja/ juna kpl	Junan pituus m	Junan kuormatila m ³	Junan max paino t	Kuorman max paino t	Kiintokuutiot m ³	Junia kpl/v
Snps	17,0	360	2 856	1 530	1 114	1 779	6 183
Innowaggonin parivaunu	13,3	360	3 440	2 400	1 893	2 791	3 942
Erotus		0 %	20 %	57 %	70 %	57 %	-36 %

D. UWC:n raakapuuvaunu

UWC:n raakapuuvaunu (vaunujen mitta- ja massatiedot VR Transpoint 2018b ja UWC)

Vaunu	Pituus m	Korkeus m	Kokonais- massa t	Taara t	Kuorma t	Kuormatila m ³
Snps	21,2	4,38	90,0	24,5	65,5	168
13-6852(-02)	14,62	4,30/4,69	99,5	25,5	74	122
Erotus	-31,0 %	-1,8 % / 7,1 %	10,6 %	4,1 %	13,0 %	-27,4 %

Käytössä mm. Venäjällä sekä Suomessa rajasopimusliikenteessä korkeintaan 90-tonnisenä.



Kuva: UWC

E. Estetarkastelun hakevaunut

Verrattaessa estetarkastelun mukaisia vaunumittoja Fakks-vaunujen mittoihin saavutetaan 40–48 %:n kuormatilan kasvu. Akselipainot ylittyvät, mikäli estetarkastelun vaunuissa on Fakss-vaunun tapaan neljä akselia. Kuudella akselilla akselipainot jäävät alle 20:n (rataverkon sallimat akselipainot liitteessä 4).

Vaunu	Pituus m	Korkeus m	Leveys m	Kuormatila m ³	Kokonais- paino t	Akselipaino (4 akselia)	Akselipaino (6 akselia)
Fakks	20,68	4,105	3,3	151,5	77,0	19,2	
Estetarkastelu1	20,68	4,830	3,6	217,5	96,8	24,2	16,9
Estetarkastelu2	20,68	4,650	3,7	212,4	95,2	23,8	16,7
Estetarkastelu3	20,68	4,830	3,7	224,1	98,7	24,7	17,3
<i>Erotus 1</i>		18 %	9 %	44 %			
<i>Erotus 2</i>		13 %	13 %	40 %			
<i>Erotus 3</i>		18 %	13 %	48 %			

Kuormatilan laskennassa käytetty Fakks-vaunun (ei estetarkastelun) mukaista kuormauskorkeutta ja -pituutta (vaunun mitta- ja massatiedot VR Transpoint 2018b)

Estetarkastelun vaunumitoissa ei ole otettu huomioon kuormatilan yläosan kavennusta

*Kokonaispaino = Vaunun taara + 0,3*kuormatilan m³*

Lisätelin paino 4,9 t

F. Innofreightin hakevaunu

8-akselinen InnoWaggon-hakevaunu on 29 % pidempi kuin Suomen hakekuljetuksissa käytetty 4-akselinen Fakks-vaunu.

- Vaunun hyötykuorma tonneissa on 125 % ja kuormatila kuutioissa 50 % suurempi kuin Fakks-vaunulla.
- Fakks-vaunuissa ei ole kontteja vaan kiinteä kuormatila.

Innofreightin hakevaunu (Ruotsin hakekonttien mitoituksella) (vaunujen mitta- ja massatiedot VR Transpoint 2018b ja Innofreight Scandinavia AB)

Vaunu	Pituus m	Kokonais-massa t	Taara t*	Kuorma t	Kuormatila m ³
Fakks	20,68	80	31,5	48,5	151,5
InnoWaggon XXXL	26,71	180	51,5	128,5	228
Erotus	29 %	125 %	63 %	165 %	50 %

*sisältäen kontit



Kuva: Innofreight Scandinavia AB

Erot hakejunien pituudessa, kun junien kokonaispainot pidetään samalla tasolla (2 400 t) (Innowaggon Ruotsin hakekonttien mitoituksella) (vaunujen mitta- ja massatiedot VR Transpoint 2018b ja Innofreight Scandinavia AB).

Vaunu	Vaunuja/juna kpl	Junan pituus m	Junan paino t	Kuormatila/juna m ³	Junia vuodessa kpl*
Fakks	30,0	620	2 400	4 545	183
Innowaggon XXXL-kontilla	13,3	356	2 400	3 040	273
Erotus		-43 %	0 %	-33 %	49 %

*Oletuksena käytetty 0,25 milj. t = 0,83 milj. m³ vuodessa

Kuorma 0,3 t per kuutio

Erot hakejunien painossa, kun junien kokonaispituudet pidetään samalla tasolla (260 m) (Innowaggonin hakevaunu Ruotsin hakekonttien mitoituksella) (vaunujen mitta- ja massatiedot VR Transpoint 2018b ja Innofreight Scandinavia AB).

Vaunu	Vaunuja/juna kpl	Junan pituus m	Junan paino max t	Kuormatila /juna m ³	Junia vuodessa kpl*
Fakks	12,6	260	1 006	1 906	435
Innowaggon XXXL- kontilla	9,8	260	2 422	2 223	373
Erotus	-22 %	0 %	141 %	17 %	-14 %

**Oletuksena käytetty 0,25 milj. t = 0,83 milj. m³ vuodessa
Kuorma 0,3 t per kuutio*

Liite 3. Puutavarannippujen koot (Korpilahti & Koskinen 2013)

Tukkipuu

Puutavaralaji	Keskipituus m	Pino- tiheys %	Paino kg/kiinto-m ³	Paino kg/kehys-m ³	Nipun tilantarve m
MÄT	4,7	68	849	577	6,2
KUT	4,7	68	790	537	6,2
MÄT pitkä	5	68	849	577	6,2
KUT pitkä	5	68	790	537	6,2
MÄT lyhyt	4,2	69	849	586	4,4
KUT lyhyt	4,2	69	790	545	4,4

Kuutiopaino talvella Etelä-Suomessa

Kuitupuu

Puutavaralaji	Keskipituus m	Pinotiheys %	Paino kg/kiinto-m ³	Paino kg/kehys-m ³	Nipun tilantarve m
MÄK 3	3,0	63	949	598	3,3
MÄK 4	4,0	61	949	579	4,3
MÄK 5	5,0	60	949	569	5,3
KUK 3	3,0	63	864	544	3,3
KUK 4	4,0	61	864	527	4,3
KUK 5	5,0	60	864	518	5,3
KOK 3	3,0	54	912	492	3,3
KOK 4	4,0	52	913	475	4,3
KOK 4,5	4,5	52	912	474	4,8
KOK 5	5,0	50	912	456	5,3

Liite 4. Rataverkon rajoitteet

3.3.2.2 Painorajoitukset (Liikennevirasto 2017)

- **Akselipainot** Rataverkon suurimmalla osalla sallitaan akselipaino 225 kN (ks. kartta).
 - Ratojen runkoverkon (pääväylien) osalta tavoitteena on 25–27 tonnin akselipainot kysynnän sitä edellyttäessä (Liikenne- ja viestintäministeriö 2018)
- **Metripainot** Koko rataverkolla on sallittu liikkuvan kaluston metripaino 80 kN/metri (8 tonnia/metri).



3.3.2.3 Kaltevuus (Liikennevirasto 2017)

- Suurin pääradoilla käytetty määräävä kaltevuus on 20 mm/m. Yksittäisissä paikoissa on suurempia kaltevuuksia. Sivuradoilla suurin käytetty kaltevuus on 22,5 mm/m.
- Rataosien suurin nousu 1 200 metrin mittakannalla esitetään verkkoselostuksen liitteessä 1.

3.3.2.5 Suurimmat rataosuuksilla käytettävät junapituudet (Liikennevirasto 2017)

- Suurimman rataosalla käytettävän junapituuden tulee olla sellainen, että juna voi käyttää myös liikennepaikkojen sivuraiteita (ks. kartta).
- Erikoiskuljetuksista tai muista poikkeavista kuljetuksista on sovittava erikseen.
- Junan ei tarvitse mahtua kaikkien liikennepaikkojen kaikille sivuraiteille.
- Rataosuudella Vainikkala–Kotka/Hamina sallitaan 1 100 metriä pitkät junat. Rataosien mitoituksessa käytetyt junapituudet ovat 700, 750, 925 ja 1 100 metriä. Liikennepaikoilla olevat pisimmät sivuraiteet on esitetty kartassa.



Kuvat: Liikennevirasto 2017

3.4.4 Tunnelleista johtuvat rajoitukset (Liikennevirasto 2017)

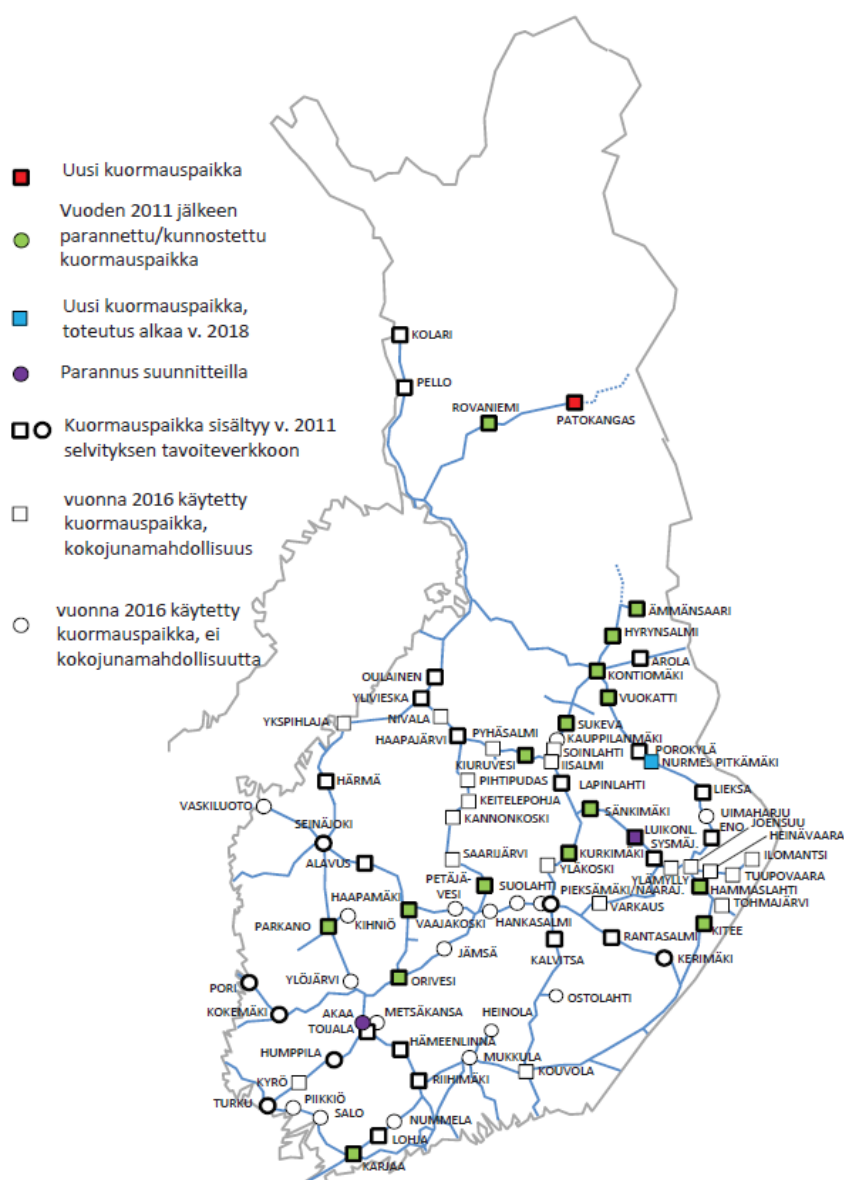
- Rajoitukset esitetään verkkoselostuksen liitteessä 9.
- Tämän selvityksen kannalta merkitystä on tunneleilla, joilla on tunnelin kunnon tai alkuperäisen kantavuuden takia alennettu tavaraliikenteen nopeusrajoitus.

3.4.5 Silloista johtuvat rajoitukset (Liikennevirasto 2017)

- Silloista johtuvat rajoitukset kuvataan liitteessä 9.

Puuterminalien rajoitteet

Rautateiden puuterminaalien ja kuormauspaikkojen tavoiteverkossa tavoitteena on, että yhä useammassa paikassa on mahdollista kuormata yhdellä raiteella 24 vaunun kokojuna (Ilikkanen & Lapp 2018). Mahdollisuus kuormata kokojunia kuormauspaikoittain on esitetty seuraavassa kartassa. 24 Sp-vaunun mittaisen kokojunan kuormaaminen edellyttää vähintään 550 metrin kuormausraide-pituutta. Aiemmassa kuormauspaikkojen tavoitetilassa haluttiin uusien terminaalien osalta varautua 650 metrin kuormausraidepituuteen. (Ilikkanen & Sirkiä 2011).



Kuva: Ikkonen & Lapp 2018

Tuotantolaitosten rajoitteet

Metsäteollisuuden tuotantolaitoksissa eri kokoisten junien/vaunujen käsittelymahdollisuuksiin vaikuttavat:

- Lähiratapihan mitoitus
- Raiteiden pituus ja lukumäärä
- Puutavara- ja hakejunien purkulaitteet
 - Materiaalinkäsittelykoneet: isot vaunut tai junat eivät tuo ongelmia
 - Kurottajat: rajoitteita korkeiden/painavien nippujen käsittelyssä (mahdollisuus vaihtaa isompi kurottajakoura vaihtelee malleittain). Ruotsissa on käytössä kurottajia, joilla saa käsiteltyä isojakin nippuja (esim. Edilogin kurottajat).
- Tuotekuljetusjunien lastauslaitteet
 - Järeät trukit: nykyistä isompien lastierien siirtely ei ole ongelma
 - Ns. sivustatyöntävät kurottajat (käytössä lähinnä mekaanisen puuteollisuuden laitoksilla): haasteita isojen lastierien käsittelyssä

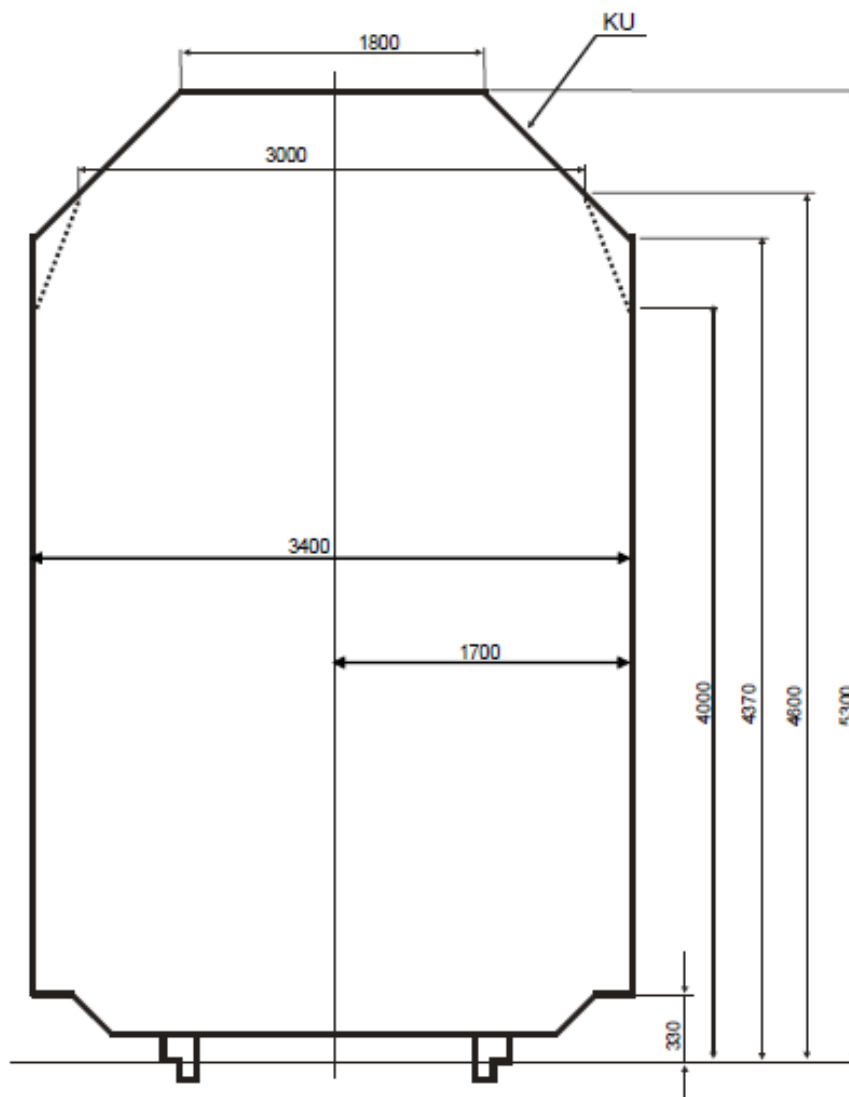
Liite 5. Liikkuvaa kalustoa koskevat määräykset

Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 21 Liikkuva kalusto (Liikennevirasto 2012)

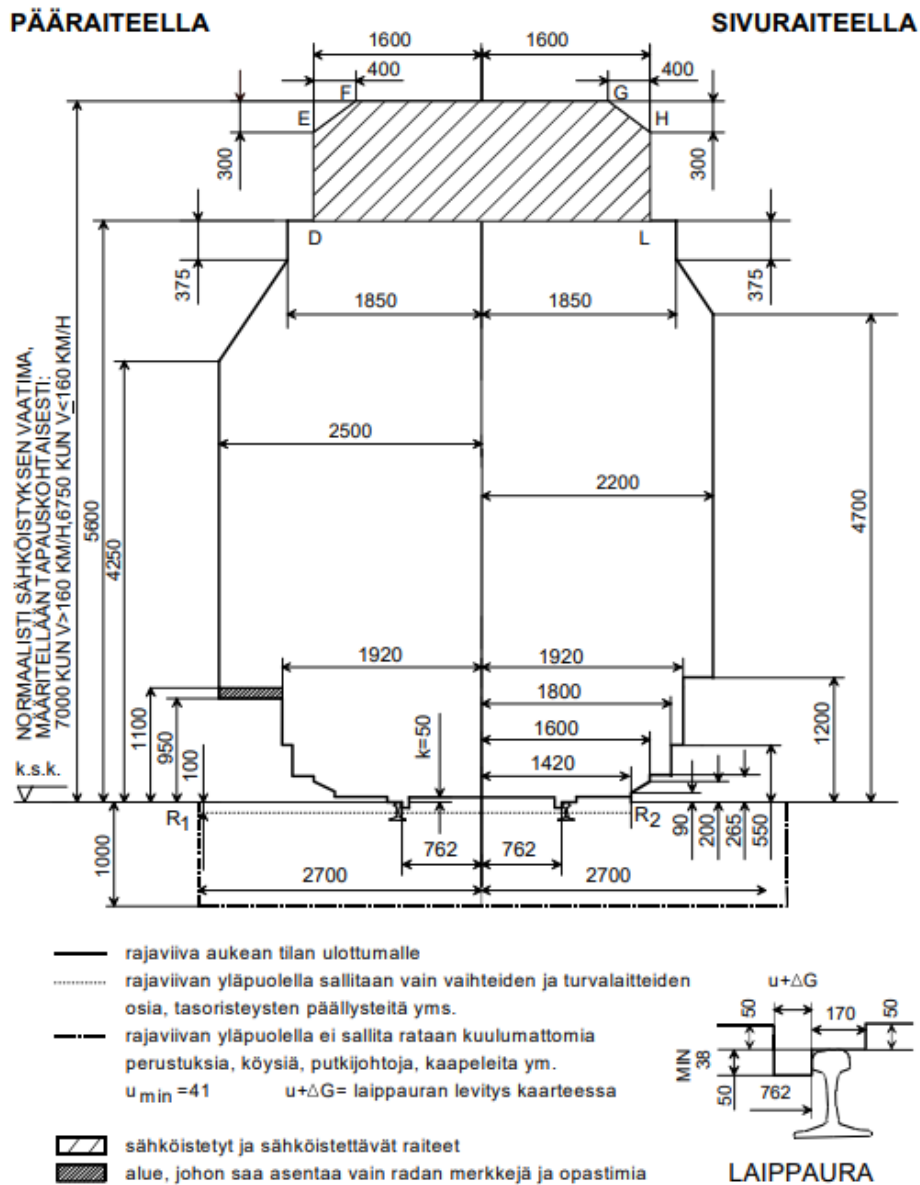
- Staattinen ulottuma FIN1 on määritelty standardin SFS-EN 15273-2:2010 (2013) liitteessä F
 - Tämän sisään on mahduttava vaunuun kiinteästi kuuluvat varusteet
 - Ulottuma A laajennuksena ei ole vielä voimassa millään rataosuuksilla
 - Ulottuma F on voimassa lähes koko rataverkolla.

Rautateiden verkkoselostus (Liikennevirasto 2017) / 2.7 Rautateiden liikkuvaa kalustoa koskevat vaatimukset

- Koko rataverkolla on käytössä kuormaulottuma (KU) ja aukean tilan ulottuma (ATU) (ks. kuvat).
- Kuormaulottuma (KU) koskee myös puutavaran kuljetuksia ja sillä tarkoitetaan sitä tilaa, jonka sisällä avovaunussa olevan kuorman on pysyttävä vaunun ollessa keskiasennossa suoralla tasisella raiteella.
 - Suomessa kuormaulottuma on korkea (5,3 m), mutta yläosan kaventuma estää korkeuden hyödyntämistä raakapuukuljetuksissa (esim. Snps-vaunujen korkeus on vain 4,438 m).
- Aukealla tilan ulottuman sisälle ei saa sijoittaa kiinteitä rakenteita tai laitteita.
- Yksityisraiteilla saattaa olla sekä kuormaulottuman että aukean tilan ulottuman rajoituksia, jotka rautatieyrityksen on erikseen selvitettävä kuljetusta varten.

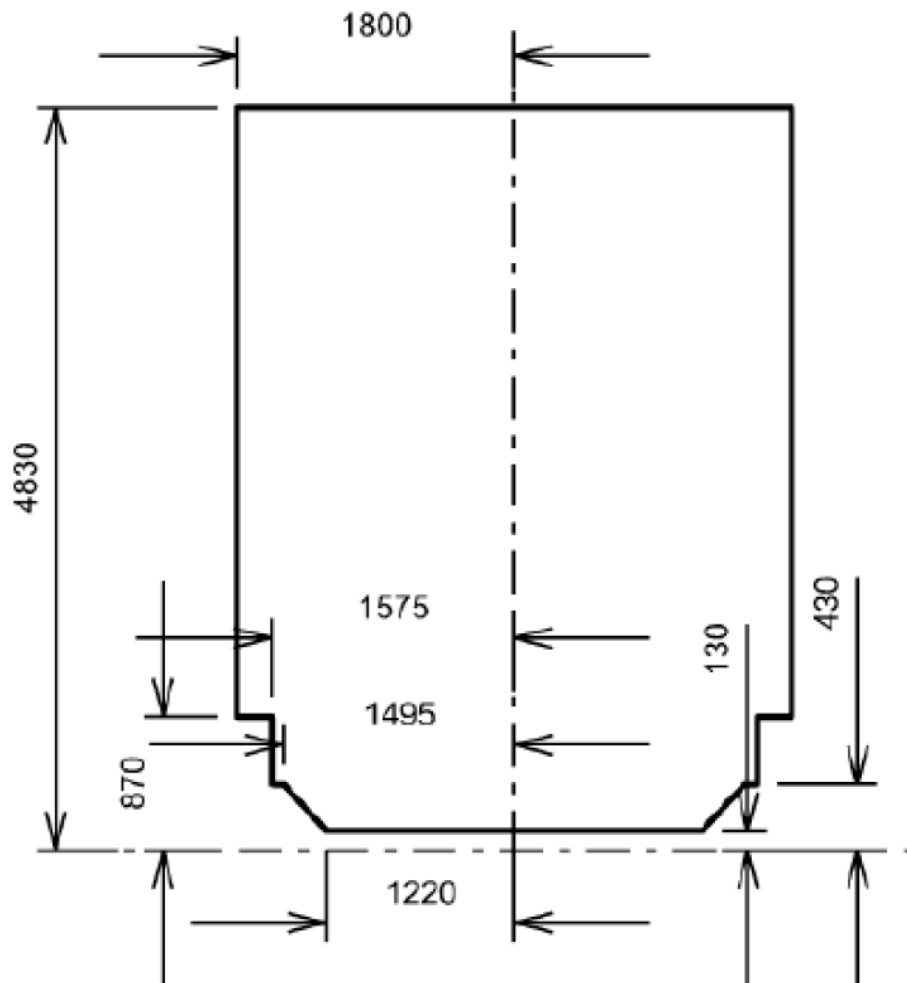


Kuorma-ulottuma (KU) (Liikennevirasto 2017)



Avoimen tilan ulottuma (ATU) (Liikennevirasto 2017)

Ruotsin Lasprofil C



Trafikverket 2017