

**Riigimaanteede ja sildade tugevdamise maksumuse
hindamine tulenevalt 52 t veoste aastaringse
liikumise võimalusest**

Ramboll Eesti AS

2011-18



MAANTEEAMET

Tallinn 2011

Tellija
Maanteeamet

Dokumendi tüüp
Aruanne

Kuupäev
November 2011

Lepingu nr
2011_0045

RIIGIMAANTEEDE JA SILDADE TUGEVDAMISE MAKSUMUSE HINDAMINE TULENEVALT 52 T VEOSTE AASTARINGSE LIIKUMISE VÕIMALUSEST **ARUANNE**



Versioon **1.1**
Printimise **2011/11/04**
kuupäev
Koostatud: **Ain Kendra (katend); Elmo Rohelsaar (sillad); Peeter Škepast (tasuvus); Andres Brakmann (koordinaator); Riina Sõrmus (tehnik)**
Kontrollitud: **Merle Pabbo (vormistus, keeleline korrektuur); Kersti Ritsberg (vormistus); Andres Brakmann (tehniline kontroll)**
Kooskõlastatud: **Taavi Tõnts, Maanteeamet**
Kinnitatud: **Hillar Varik, Ramboll Eesti AS juhataja**

Projekti nr 2011_0045

SISUKORD

EESMÄRK.....	5
1. ÜLDIST	6
1.1. Eesti teedevõrk	7
1.2. Eesti sillad	9
1.3. Eestis kehtivad piirmäärad sõidukitele	11
1.4. Eelnenud uuringu kokkuvõte	13
2. EKSPERTHINNANGUS KASUTATUD METOODIKA	14
2.1. Teede kandevõime	14
2.2. Sildade kandevõime	17
3. VÕRDLEV ANALÜÜS	18
3.1. Euroopa Liidu strateegiad ja olulisemad uuringud	20
3.2. Põhjamaade praktika.....	25
3.3. Euroopa riikide praktika	37
3.4. Muutunud koormused.....	43
3.5. Kaalupiirangud ja seosed	45
3.6. Kaasnevad probleemid	46
3.6.1. Piirded ja raskesõidukid	47
3.6.2. Talvine liiklus	47
3.7. Täiendavad piirangud	48
4. KATENDITE PROJEKTEERIMISE ALUSED	49
4.1. Eesti katendite projekteerimismetoodika, 2001-52.....	49
4.2. Soome katendite projekteerimismetoodika	53
4.3. Eesti-Soome nõuete võrdlus	56
4.4. Võrdluses kasutatud materjalid ja nende elastsusmoodulid	59
5. TEEREGISTER JA UURITUD KONSTRUKTSIOONID.....	60
5.1. Teeregistri andmeanalüüs	60
5.2. Katendite dimensioneerimine valitud materjalidest	64
5.3. Võrdlus Taani ja Rootsi juhendite/tarkvara alusel	67
5.4. Perspektiivne teedevõrk, maksumused	74
5.4.1. Katte liigi muutused	74
5.4.2. Teedevõrgu arvestuslik maksumus erinevate konstruktsioonide korral.....	74
5.5. Katendi kandevõime hindamine väliuuringute teel (FWD).....	76
5.5.1. Eesti ja Soome teede kandevõimevõrdlused.....	76
5.5.2. Katendi kihtide seisundiindeksid.....	79
5.6. Rekonstrueerimisvajaduse hindamine FWD mõõtmistulemuste abil.....	80
5.7. Puidutranspordi uuringu ja käesoleva töö järeltulemuste võrdlus.....	82
6. SILDADE TUGEVDAMINE.....	83
7. VALITUD MARSRUUDID	84
7.1. Valitud teede remondi- ja rekonstrueerimise vajadus	86
7.2. Sillad valimis.....	88
8. INVESTEERINGUTE KOOND.....	89
9. INVESTEERINGUTE MAJANDUSLIK OTSTARBEKUS	90
10. KOKKUVÕTE.....	92
11. SUMMARY	93
12. KASUTATUD KIRJANDUS	94

LISAD

- Lisa 1. Riigimaanteeede ja sildade bilansilised maksumused (Maanteeamet)
- Lisa 2. Valitud marsruudid (Maanteeamet)
- Lisa 3. Maksimaalse lubatud täismassi piirangu areng Euroopa riikides
- Lisa 4. Ressursikasutus kaubaveol
- Lisa 5. EMS moodulite kasutamine erinevatel teedel
- Lisa 6. Põhjamaade minimaalselt nõutud kandevõime võrdlus
- Lisa 7. Tugevdamist vajavad sillad
- Lisa 8. Soome kohtumise protokoll
- Lisa 9. Taani kohtumiste protokoll
- Lisa 10. Riigimaanteeede jaotus ja puuduliku kandevõimega alad
- Lisa 11. Taani ekspertide pakutud katendikonstruktsioon

EESMÄRK

Täna on Eesti teedel lubatud¹ liigelda kuni 40-tonnise (erandina 44-tonnise – juhul kui tegemist on vähemalt 3-teljelistel vedukitel vähemalt 3-teljeliste haagistega või merekonteinerite veol vähemalt 2-teljeliste haagistega) tegeliku massiga sõidukitega, mille pikkus ei ületa 18,75 meetrit. Eriveosena on lubatud töötlemata ümarpuidu vedu 1. jaanuarist 1. aprillini juhul, kui enne veo alustamist kahe nädala keskmine temperatuur on alla -8°C ja autorongi tegelik mass ei ületa 52 tonni. Eesti Metsatööstuse Liit soovib, et MKM kehtestaks määrustikuga süsteemi, mis võimaldaks 6- ja enamateljelistel 52- või 60-tonnise täismassiga autorongidel liikuda teedel aastaringelt piiranguteta.

Käesoleva töö eesmärgiks on analüüsida, kui suuri investeeringuid vajab riigi teedevõrk selleks, et lubada riigiteedel 52-tonniste veokite piiranguteta liiklus. Eraldi analüüsitakse ülekaaluliste veoste (52 t) võimalike marsruutide [Lisa 1] tugevdamise maksumust.

¹ https://www.riigiteataja.ee/aktiis/1160/6201/1008/MKM42_lisa1.pdf

1. ÜLDIST

Uuringumeeskonna koosseis ja tegevused

Teede osas on uuringu vastutav täitja Ain Kendra, sildade osas Elmo Rohelsaar ning tasuvusarvutuste osas Peeter Škepast. Tööd koordineeris Andres Brakmann. Uuringu raames on korraldatud ekspertide kohtumisi Soomes ja Taanis [Lisa 8; Lisa 9]. Katendite projekteerimine erinevate riikide normide alusel on läbi viidud Ramboll Grupi firmade (Eesti, Soome, Rootsi, Taani) vahelises tihedas koostöös. Konsulteeritud on kõigi nimetatud riikide teedevõrgu haldajate ning uurimisasutuste spetsialistidega nii telefoni kui ka e-posti teel.

Läbivalt kasutatud lühendid ja seletused

MKM – Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium

MA – Maanteeamet

TSM – Teede- ja Sideministeerium

AKÖL – aastakeskmine ööpäevane liiklussagedus (autot ööpäevas)

Normtelg – 10-tonnine telg, reeglina varustatud paarisratastega

KKL – koormusklass (Soome klassifikaator, numbriline väärtus tähistab 10-tonnise arvestusliku telje läbikuid enamkoormatud sõidurajal 20 aastaga miljonites)

Koormussagedus – aastakeskmine ööpäevane 10-tonniste normtelgede läbikute arv enamkoormatud sõidurajal

Püskatend – teekatend kuumast asfaltbetoonist või raudbetoonist

Kergkatend – teekatend mustsegust või muudest sideainet sisaldavatest segudest

Siirdekateend – kruusatee, pinnaste või ka pinnatud kruusatee; üldistatuna nimetatud kruusateeks

FWD – *Falling Weight Deflectometer*, järelveetav langeva raskusega (5 tonni) normeeritud survejõuga (707 kPa) teekatendi kandevõime mõõtesead, millega mõõdetakse langevast raskusest tekitatud deformatsioone mõõtepoomilt erinevates kaugustes raskuse mõjupunkti; tabelites kasutatud ka kandevõime mõõtmistulemuse (MPa) tähistusena. Deformatsioonide järgi arvutatakse katendi seisundiindeksid:

- **SCI** – *Surface Curvature Index* – FWD indeks, tee pinna kõverustegur
- **BDI** – *Base Damage Index* – FWD indeks, aluse vigastatuse tegur
- **BCI** – *Base Curvature Index* – FWD indeks, aluse kõverustegur

BMS – *Bridge Management System* – sillaregistri andmebaas, sisaldab sildade asukohainfot ja tehnilisi parameetreid ning regulaarseid seisundihindamise tulemusi; BMS-indeks on 100-punktilises skaalas antud hinnang silla seisundile, indeksi väärtus alla 60 viitab silla rekonstrueerimise vajadusele.

EMS – *European Modular System* – moodulsüsteemiga veokid, mille kogupikkus ulatub 25,25 meetrini ja kogumass 60 tonnini. Standardsetest osadest configureeritav süsteem võimaldab tüüpmodulitest koostada teedevõrgu erinevatele lõikudele sobilikke kooslusi. Sõidukite piirmäärasid iseloomustab Joonis 11 ja kasutus Joonis 16.

1.1. Eesti teedevõrk

Teedevõrk (Statistikaameti andmetel 31.12.2010 - 58 412 km) koosneb riigimaanteedest, kohalike teedest ja tänavatest, jalg- ja jalgrattateedest ning erateedest. Käesolevas uuringus ei käsitleta jalg- ja jalgrattateedega seonduvat (260 km).

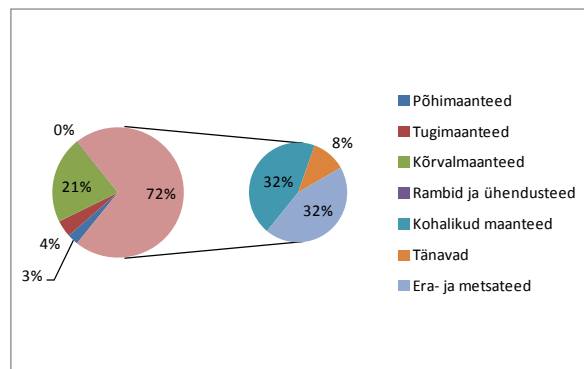
Riigimaanteed (16 500 km) koosseis:

- põhimaanteed – 1603 km;
- tugimaanteed – 2401 km;
- kõrvalmaanteed – 12 430 km;
- rambid ja ühendusteet – 66 km.

Kohalike teede (23 514 km) koosseis:

- maanteed – 18 576 km;
- tänavad – 4676 km.

Kohalikest maanteedest on kattega 6,8% (1238 km), tänavatest 72,8% (3253 km) ehk kokku 19,8%. Era- ja metsateede pikkus moodustab 18 398 km.



Joonis 1. Eesti teedevõrgu koosseis MA järgi

Uuringus käsitletud teede pikkus ei kattu täpselt statistilise näitajaga, kuna tugineb teeregistril ja käsitleb eraldi teedena ka eraldusribaga lahutatud teelõike. Uuring piirdub riigiteedega (28% kogu teedevõrgust). Kokkuvõtlikult on hinnatud ka kohalike teedega seonduvat, kuid erateede osas analüüs puudub, kuna raske on hinnata nende struktuuri ja koormust.

Paraku ei kattu internetis avaldatav statistika Maanteeameti aastaraamatuga² (2010. a aastaraamatu järgi on kohalikke teid 41 912 km) [1]. Statistika (2008) andmetel oli kohalike maanteed ja tänavate pikkuseks 38 777 km, millest 15 685 on kohalikke maanteed, kohalikke tänavaid – 1962 km, metskondade teid - 7099 km, erateid - 12486 km ja muid teid - 1301 km. Ilmselt peegeldab see asjaolu, et kohalike teede andmestik on alles korrastamise faasis.

Tabel 1. Eesti riigiteede olem (km) ja kandevõime mõõtmiste (FWD) teostatuse %

Teekatte liik	Maantee liigiline jaotus			Kokku		FWD
	põhi	tugi	kõrval	km	%	
Kruuskate	-	16,9	5 941,4	5 958,4	36,0	0,0
Mustkate, bituumenstabiliseeritud kate	96,4	1 104,8	2 345,8	3 546,9	21,4	66,1
Tihe asfaltbetoon (TAB)	1 252,3	967,6	1 171,4	3 391,3	20,5	83,5
Pinnatud kruusatee	-	60,8	850,0	910,8	5,5	17,9
(Põlevkivi)tuhkbetoon	-	64,1	844,3	908,4	5,5	36,3
Freesipurust kate	-	6,1	732,9	738,9	4,5	13,8
Killustikmastiksasfalt (SMA)	347,7	55,8	10,4	413,9	2,5	89,1
Kergasfaltbetoon (KAB)	9,8	82,9	162,4	255,1	1,5	60,4
Bituumenmakadam (MUK)	-	7,7	235,1	242,8	1,5	17,9
Muud katted	11,6	37,1	136,5	185,5	1,1	58,1
FWD mõõtmised teostatud	94,2%	94,0%	20,6%	6 442,6	100,0	38,9

Teeregistris on fikseeritud aastakeskmised liiklussagedused koos sõidukite liigilise jaotusega 11 735,8 km osas ja ilma liigilise jaotusega 4 813,9 km osas. Seetõttu on võimalik teostada ka võrdlev analüüs alljärgnevas:

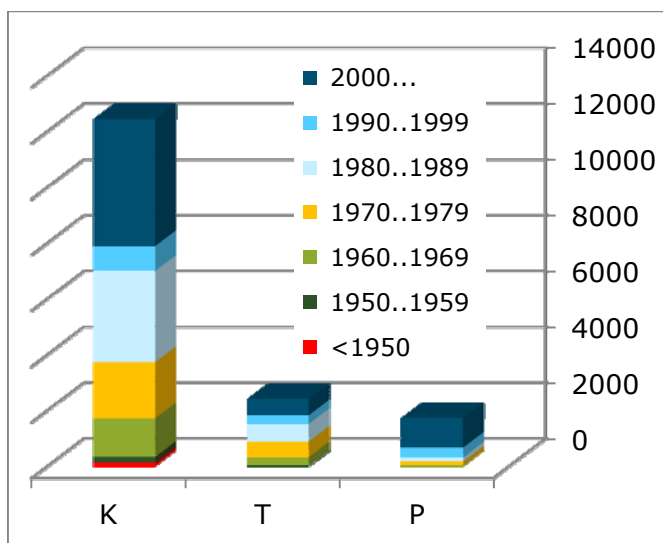
- leida tinglik koormusjaotus normtelgedes riigiteedevõrgu selles osas, mis on kaetud vastava andmestikuga ning laiendada seda aladele, kus sõidukite liigilist jaotust ei ole

² http://www.mnt.ee/public/statistika/MNT_aastaraamat_2010_A4.pdf

loendatud, arvestades seejuures sama teeliigi lähedase liikluskoormusega teede keskmise liigilise jaotusega;

- võrrelda mõõdetud kandevõime jaotust nii liikluskoormuses (AKÖL) kui ka normtelgedes, seda nii tee liigilise jaotuse (põhi-, tugi- ja kõrvalmaanteed) kui ka katteliigi järgi;
- võrrelda liikluskoormuse jaotust konkreetses katteliigis ja vastupidi;
- võrrelda valitud liikluskoormuse vahemikus esinevate katteliikide jaotust, mis aitab välja selgitada madalama liigi katendiga teed, mille liikluskoormus nõuab juba täna kõrgema liigi katendit.

Teedevõrgu vanuse diagramm näitab, et põhimaanteedest 82% on vanuses kuni 20 aastat ning tugi- ja kõrvalmaanteedest 57% on vanemad kui 20 aastat.



Joonis 2. Eesti riigimaanteed vanuseline jaotus

1.2. Eesti sillad

Sillaregistri andmetel on Eesti riigimaanteedel kokku 937 silda. Lisaks sellele oli statistika andmetel 31.12.2008 Eestis 664 kohalikku silda ja viadukti (Maanteeameti andmetel on kohalike omavalitsuste registris ca 900 silda).

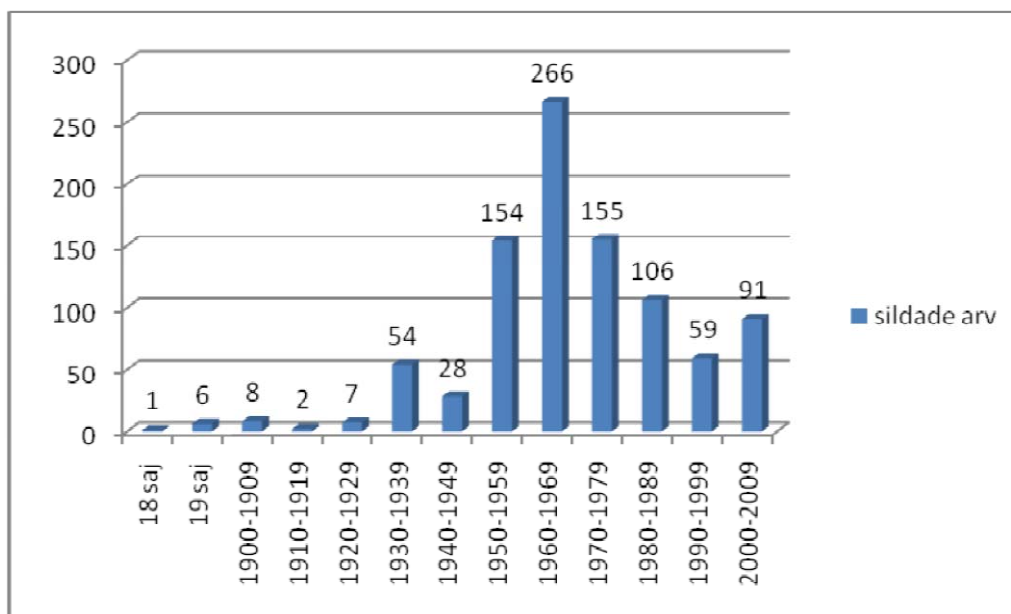
Kuna sillaregistris on detailsed andmed vaid riigimaanteeade sildade kohta, keskendub uuring ainult sellele osale.

Sildade BMS-analüüs

Aastatel 2005–2007 teostati Eestis esimest korda kõigi riigimaanteedel asuvate sildade ülevaatus ja BMS-analüüs ühtsete põhimõtete alusel. BMS-analüüsi eesmärgiks on saada ülevaade aastate jooksul toimunud muudatustest sildade seisukorras ja ühtlasi täpsustada järgnevate aastate sildade ehitus-, remondi- ja hooldustööde plaane. Viimased uuringud on teostatud aastal 2010³ [2].

Sildade BMS-analüüsi teostamisel on arvesse võetud kõik Eesti riigimaanteedel asuvad sillad.

Sildade registri koostamiseks ja analüüside tegemiseks on kasutatud tarkvara *Pontis*⁴. Analüüsi lähteandmetena on kasutatud Teeregistri andmeid, viimaseid liiklusloenduse tulemusi ja sildade ehituse ja remondi ühikhindu.



Joonis 3. Eesti sildade vanuseline struktuur (Teede Tehnokeskus 2010)

Sillad on jaotatud erinevate näitajate alusel alljärgnevalt:

1. ületatava takistuse järgi:
 - veekogu – 846 rajatist;
 - maantee – 29 rajatist;
 - karjatee -25 rajatist;
 - raudtee -17 rajatist;
 - jalg- ja jalgrattatee – 8 rajatist;
 - gaasitrass – 6 rajatist;
 - suusatee – 4 rajatist;
 - sõidutee ja veekogu – 2 rajatist;

³ http://www.mnt.ee/public/teedeala_uuringud/BMS_2010.pdf

⁴ <http://en.wikipedia.org/wiki/Pontis>

2. sillal toimuva liikluse olemuse järgi:
 - maanteeliiklus – 925 rajatist;
 - jalg- ja jalgrattaliiklus – 9 rajatist;
 - suletud liikluseks – 3 rajatist (Vaivara viadukt, Põltsamaa sild, Kärevere sild);
3. silla pikkuse järgi:
 - väike sild (3.... 25 m) – 707 rajatist;
 - keskmine sild (26.... 100 m – 218 rajatist;
 - pikk sild (>100 m) – 12 rajatist;
4. sillaehituse (peakandurite) materjali järgi:
 - raudbetoon – 825 rajatist;
 - metall – 89 rajatist;
 - kivi – 17 rajatist;
 - puit – 2 rajatist;
 - betoon – 2 rajatist;
 - tross – 1 rajatis (Kurgja sild);
 - liimpuit – 1 rajatis;
5. sillaehituse tüübi järgi:
 - monteeritav lihttala – 398 rajatist;
 - raudbetoonplaat – 333 rajatist;
 - raudbetoonlülid – 77 rajatist;
 - terastoru (torutruup) – 43 rajatist;
 - konsoolidega tala – 31 rajatist;
 - võlv – 19 rajatist;
 - teraskaar – 14 rajatist;
 - karptala – 5 rajatist;
 - kaar – 5 rajatist;
 - sõrestiktala (ferm) – 3 rajatist;
 - muud – 7 rajatist;
6. avade arvu järgi:
 - 1 ava – 588 rajatist;
 - 2 ava – 127 rajatist;
 - 3 ava – 161 rajatist;
 - 4 ava – 32 rajatist;
 - 5 ava – 19 rajatist;
 - 6 ava – 3 rajatist;
 - 7 ava – 2 rajatist (Vaimõisa sild, Vaida viadukt);
 - 8 ava – 1 rajatis (Jõgeva viadukt);
 - 9 ava – 1 rajatis (Pärnu Uussild);
 - 10 ava – 1 rajatis (Kasari uus sild);
 - 13 ava – 1 rajatis (Kasari vana sild);
 - 18 ava – 1 rajatis (Variku viadukt).

Ülevaatusel hinnatakse sildu elementide järgi (talad, sambad, käsipuud jne). Iga silla elementidele antakse hinne vastavalt seisunditasemele (4-palli skaalas, kus seisund 1 näitab elemendi korrasolekut ja seisund 4 halvimat seisukorda).

Sildade ülevaatused teostatakse reeglina perioodil aprill-oktoober, kui ilmastikuolud on selleks sobivad ja kõrgvesi on taandunud.

Ülevaatusel käigus teostatakse:

- silla gabariitide kontrollmõõtmised (võrdlemaks andmeid teeregistris olevatega ja vajadusel paranduste sisseviimine);
- elementide kahjustuste, seisunditasemete ja mahu hindamine ja fikseerimine;

- sillaelementide seisukorra jäädvustamine (fotografeerimine – külgvaated, pealtvaated, kahjustused jms).

1.3. Eestis kehtivad piirmäärad sõidukitele

Eestis kehtivad nõuded vastavad EL soovituslikele määradele (96/53/EÜ⁵, 25.07.1996, Sõiduki lubatavad maksimummõõtmed rahvuslikuks ja rahvusvaheliseks liikluseks ning lubatavad maksimumkaalud rahvusvaheliseks liikluseks) [3].

Liiklusseadus: § 80. Sõiduki, autorongi ja masinrongi suurimad lubatud mõõtmed, massid ja teljekoormused:

- (1) Sõiduki tegelik mass ei tohi ületada registrimassi ja mis tahes telje koormus registriteljekoormust.
- (2) Kui veosega või veoseta sõiduki mis tahes mõõde, mass või teljekoormus ületab kehtestatud suuruse, võib sõidukit liikluses kasutada teeseaduse §-ga 35 kehtestatud korras.
- (3) Sõiduki, autorongi ja masinrongi suurimad lubatud mõõtmed veosega ja veoseta, sõiduki, autorongi ja masinrongi suurimad lubatud massid ning teljekoormused kehtestab majandus- ja kommunikatsiooniminister määrusega.

MKM määruses nr 42⁶, 13.06.2011 [4] (Lisa 1 ja Lisa 2) sätestatakse alljärgnevad piirmäärad:

Kood 1102. Lubatud suurim pikkus:

- mootorsõiduk (v.a buss) – 12 m;
- haagised – 12 m;
- kaheteljeline buss – 13,5 m;
- kolme- ja enamateljeline buss – 15 m;
- liigendbuss – 18,75 m;
- veduk haakes poolhaagisega – 16,5 m;
- autorong – 18,75 m.

Kood 1108. Täis- ja kesktelghaagise suurim registrimass:

- kaheteljeline - 18 t;
- kolmeteljeline - 24 t;
- nelja- ja enamateljeline - 30 t.

Kood 1109. Autorongi lubatud suurim tegelik mass:

- 2+1: 28 t;
- 3+1: 36 t;
- 4+1: 40 t;
- 2+2: 36 t (lisatingimustel 38 t);
- 2+3 ja 3+2: 40 t;
- 3+3: 44 t;
- 3-teljelisel sadulveokil vähemalt 2-teljelise poolhaagisega ISO konteinerite veol: 44 t.

Kood 1111. Mootorsõiduki lubatud suurim registrimass:

- 2-teljelisel – 18 t;
- 3-teljelisel – 25 t (lisatingimustel 26 t);
- 4-teljelisel – 31 t (lisatingimustel 32 t);
- 3-teljelisel liigendbussil – 28 t.

⁵ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=DD:07:02:31996L0053:ET:PDF>

⁶ <https://www.riigiteataja.ee/akt/116062011008>

Kood 1115. Mittevedava telje lubatud suurim registrikoormus:

- üksikul mittevedaval teljel – 10 t.

Kood 1116. Kaheteljelise teliku lubatud suurim registrikoormus haagisel:

- alla 1,0 m – 11 t;
- 1,0-1,3 m – 16 t;
- 1,3-1,8 m – 18 t;
- 1,8 m või üle – 20 t.

Kood 1117. Kolmeteljelise teliku lubatud suurim registrikoormus haagisel:

- alla 1,3m – 21 t;
- 1,3-1,4 – 24 t.

Kood 1118. Veotelje lubatud suurim registrikoormus 11,5 tonni (NB! puudub paarisrataste nõue).

Kood 1119. Mootorsõiduki kaheteljelise teliku lubatud suurim registrikoormus:

- alla 1,0 m – 11,5 t;
- 1,0-1,3 m – 16 t;
- 1,3-1,8 m – 18 t (lisatingimustel 19 t).



Foto 1. Reaalne koormus Eestimaa teedel

1.4. Eelnenud uuringu kokkuvõte

Tallinna Tehnikakõrgkool, Tartu Ülikool ja Eesti Maaülikool on Eesti Metsatööstuse Liidu tellimisel koostanud ühise "Puidutranspordi makromajandusliku uuringu"⁷ [5] (edaspidi "Puidutranspordi uuring"), mille kohaselt ei ole vaja teedesse märkimisväärselt investeerida, kuna autorongi täismass ei ole kandevõimega otseselt seotud. Uuringus kinnitatakse, et olemasolevate puiduveomahtude korral 60-tonniste veokite kasutamisel on sääst kokku 10,4 miljonit eurot (163 miljonit krooni) aastas. 52-tonniste veokite kasutamisel säästetaks vaid 3,96 miljonit eurot (60,3 miljonit krooni). Uuringu kohaselt tuleb investeerida ainult sildade kandevõime tõstmisse. Nimetatud uuring juhib siiski tähelepanu alljärgnevatele asjaoludele, millest olulisemaid käsitletakse detailsemalt käesolevas uuringus:

1. Eesti kandevõime arvutusmetoodika annab naabermaadega võrreldavaid tulemusi;
2. Kuna kandevõimearvutus põhineb koormusväsimumel, pole autorongi täismass sellega otseselt seotud - olulised on teljekoormused ja telgedevahelised kaugused;
3. Arvutusliku kandevõime võrdlus tegelikuga (katendi elastsusmoodul) näitas reservi 50%, rahuldavat kandevõimet 34% ja järelikult mitterahuldavat tulemust 16% ulatuses;
4. Halvemas seisundis teede kandevõime ei vasta üldisele kõrgele liiklussagedusele;
5. Vajalik on ettevaatlik suhtumine koormuse suurendamisse, kuna senine taastusremondi sagedus ei ole piisav tagamaks katendite töökindlust ka praeguse liikluse korral;
6. Vajalik on (iseseisva uuringuna) üle vaadata kehtivad siirdetegurid, täiendada ning kontrollida täismassi piirangute aluseid;
7. Teede haldajatel tuleb kaaluda, kas on vaja leida uusi meetmeid katendite erakorraliseks tugevdamiseks kohe ja/või perspektiivis, vedajatel aga kaaluda võimalusi kahjude/kulude kompenseerimiseks.

Kui põhiliste järeldustega saab ekspert nõustuda, siis fundamentaalsed vead tulenevad esimesest ja osalt ka teisest järeldusest. Ramboll Eesti AS on Maanteeameti tellimisel koostanud uurimuse *Teekatendite kandevõime võrdlev analüüs (2009-10)*⁸ [6], milles on võrreldud Eesti ja Soome katendeid. Nimetatud uuringut jätkatakse sisuliselt ka käesolevas töös. Katendite dimensioneerimisel on koormusväsimumus vaid üks komponente. Võrreldes aga erinevate juhendite alusel samadest materjalidest projekteeritud katendeid, selgub, et Eesti katendid on puuduliku kandevõimega ka täna lubatavate koormuste jaoks (dimensioneeritud 30-40 aastat tagasi vastavalt tollasele liiklusproгноosile ja sõidukipargile 15 aastaks), rääkimata seejuures koormuste tõstmisest. Arvutusliku kandevõime võrdlust tegelikuga on detailsemalt käsitletud käesoleva töö peatükis 5.5.

Puidutranspordi uuringu käigus Kiltsi lennuväljal läbiviidud kiirendus- ja pidurdustestidega jõuti järeldusele, et kiirendusraja vahendusel liiklusvooga liitumisel ei tekita liiklustakistust põhivoole ainult **koormamata autorongid**. Kiirenduseks 0..50 km/h vajavad 40 t sõidukid vähemalt 220 m, 52 t – 270 m ja 60 t – 280 m; jätkukiirenduseks 50..80 km/h vajalik kaugus on vastavalt 680 m, 800 m ja 880 m. Pidurdusteed kiiruselt 80 km/h pikeneb vastavalt 70 meetrilt 87 või koguni 106 meetrini (Volvo). **Liiklusohutuse huvides** soovitatakse täismassi suurendamisel kasutada **4-teljelisi haagiseid**, mis on stabiilsemad.

Käesoleva töö lähteülesandes on Tellija esitanud loetelu tugevamatest teedest, mille osas tuleb vajalikke investeeringuid eraldi kontrollida (vt peatükk 7). Paraku kattub valim vaid osaliselt Puidutranspordi uuringu tooduga.

⁷ http://www.empl.ee/images/stories/pdf_failid/Puidutranspordi_makromajandusliku_uuringu_lopparuanne.pdf

⁸ http://www.mnt.ee/failid/2009_10_katendi_kandevõime_vordlus.pdf

2. EKSPERTHINNANGUS KASUTATUD METOODIKA

2.1. Teede kandevõime

Metoodika valik tuleneb paljuski kasutada olevate andmete hulgast ja liigist. Et eelnenud uuring [5] võrdleb Eesti tingimusi teiste uuringu valimisse võetud põhjamaade tingimustega, tugineb ka käesolev uuring võrdlusmeetodil ja põhjamaade ligi 50-aastaselt teekonstruktsioonide tugevdamise kogemustel vastavalt lubatud täismassi suurendamise ajaloole [Joonis 14].

Eestis toimib teeregister, andmed on fikseeritud muuhulgas nii katendi tüübi, ehitusaasta kui ka liikluse kohta. Mõnevõrra lünklikum, eriti vähem koormatud teede osas, on kandevõime uurimine.

Suurema lubatud kogumassiga riikide hulgas on naabritest Rootsi ja Soome, kuid paraku ei ole katendite projekteerimise (dimensioneerimise) metoodikad hästi ühilduvad. Kuna puudub adekvaatne ja võrreldav info Eesti ja erinevate põhjamaade teedel kasutatud katendikihtide paksuste ja materjalide omaduste kohta (ulatuslikud uuringud maaradariga; täpne teave teeregistrist), siis on võimalused teoreetiliste uuringute teel kandevõimet käsitleda piiratud. Samuti on liialt erinevad geoloogilised tingimused – Soome ja Rootsi paiknevad olulises osas vahetult kaljupinnasel, meil aga on valdavaks settelise iseloomuga pinnased.

Eesti teede kandevõime piirväärtuse määramisel tuleb juhinduda kehtivatest projekteerimisnormidest (TSM 55⁹) [7], mis tuginevad Nõukogude Liidu normatiividele ja kus on sätestatud arvutuslikuks koormuseks (p 4.3) veoautol 32 tonni, autorongil 40 tonni, üksikteljel 10 tonni ja erisurve 600 kPa. Piirmäärade tõstmisel (vedav telg 11,5 tonni ja vähemalt 6-teljelistel sõidukitel ning erandina 5-teljelistel ISO merekonteinerite veol 44 tonni) ei ole läbi viidud vastavaid uuringuid ning sisuliselt on lubatud koormuste tõstmine läbi viidud varutegurite arvel.

Olgu öeldud, et Venemaal on jätkuvalt piirkoormuseks 38 tonni [Tabel 1].

Käesolevas uuringus on valitud aluseks võrdlusmeetod. Põhjamaadega võrreldakse **sama liikluskooormuse** korral erinevate normide kohaselt **samadest materjalidest** dimensioneeritud konstruktsioone kuues erinevas püsikatendi koormusklassis, kahes kergkatendi koormusklassis ja kruusateedel ühes koormusklassis. Võrdluses on arvestatud, et piiranguteta tohivad Eestis liigelda sõidukid suurima kogumassiga 40 tonni (erandina 6- ja enamateljelised 44 tonni) ja Soomes-Rootsis kogumassiga 60 tonni ning Taanis 54 tonni.

Et vältida vaidlusi normierisuste, raskeveokite siirdetegurite ja teiste kahtlemata oluliste tegurite osas, on interpoleeritud katendikonstruktsioonid kõigis Soome normides sätestatud koormusklassides (KKL 0,1..KKL 25) 52-tonnisele koormusele ja leitud koormusklassid vastavuses Soome normidega kõigile Eesti riigiteedele.

Vastavalt tee kandevõime mõõtmistulemustele (Eestis aastatest 1996-2010 ja Soomes aastani 2005) on hinnatud teelõikude kandevõime vastavust erinevatele koormustasemetele ning välja toodud arvestuslikud investeeeringuvajadused Eesti riigiteede kandevõime viimiseks vastavusse erinevast kandevõimest (lubatud koormustele 40, 52 ja 60 tonni) tulenevate nõuetega.

Käesolevas töös ei ole arvestatud kiirteede suhtes kehtivate nõuetega, kuna esiteks, kiirteid täna Eestis ei ole, ning teiseks, I klassi tee parameetrid on reglementeeritud ülalt lahtisena, mis võimaldab suurte liikluskooormuste korral rakendada I klassi nõudeid. Kuigi kiirteedel on suurendatud nõuded ka kandevõimele, on neil keelatud samatasandilised liiklussõlmed ja nõutud tee maa-ala tarastamine (vältimaks loomade sattumist teele). Kõik olemasolevad lahutatud sõidusuundadega (2+2 ristlõikega) teelõigud on uuringus käsitletud eraldi teedena ning kajastuvad seetõttu üldpikkuses kahekordselt. Liikluskooormus neil lõikudel on eeldatavalt erinevates suundades võrdne, erinevad nende lõikude katendid ja kandevõime mõõtmistulemused.

⁹ <https://www.riigiteataja.ee/akt/763437?leiaKehtiv>

Teeregistri andmestik		
Liiklussagedus	Tegelik tee klass ja kate	FWD
Prognoos (kuni 20 aastat)*		
Vajalik kandevõime: E^{40} -Est		
Vajalik kandevõime: E^{60} -Fin		
Tee klass ja kate tüüp	Katte tüüp	
Kolmest (Est, Fin, tegelik hetkeseis) kõrgeim valitud kate tüüp (igale segmendile)		
Teedevõrgu grupeering liikluskoormuse järgi		
Materjalide valik uue tee konstrueerimiseks		
6+3 katendit: Est (40t)	6+3 katendit: Fin (60t)	
Interpoleeritud katendid (52t); üldistatud hinnavõrdlus		
Kandevõime seos koormusega $E_{vaj}^{52} = a \cdot \ln(Q) + b$ leitud a ja b		
Vajalik kandevõime: E_{vaj}^{52} (igale segmendile); võrdlus FWD (kui mõõdetud)		
$E_{vaj}^{52} < FWD$	$E_{vaj}^{52} > FWD$	
Korras	FWD indeksite piirväärtuste arvutus E_{vaj} -st, indeksite võrdlus	
	ei: defektid BCI _E > BCI _E - kogu katend BDI _E > BDI _E - alus ja kate SCI _E > SCI _E - ainult kate	ja: väike kandevõime Puudujääk $E_{vaj}^{52} - FWD = ?$ 0..90 üks kiht asfalti 90..180 kaks kihti asfalti
	tulemus korrigeerida mõõdetud ala ulatuse suhtega	

Joonis 4. Metoodikat kirjeldav skeem

Märkus: olemasoleva katendi tugevust on kontrollitud nii 2010 tegeliku liikluse suhtes (võrdlus FWD tulemustega) kui ka perspektiivse liikluskoormuse suhtes (liikluse kasv 20 aasta jooksul keskmiselt 1,5 korda). 52-tonnise koormuse lubamisel tuleb siiski käsitleda perspektiivset liiklust vastavalt prognoositud liikluskoormusele katendiliigi kohta ettenähtud ajalisele ulatusele.

Metoodika võimaldab mitte arvestada muutujaid, mille tegelikku mõju me antud hetkel arvutuslikult käsitleda ei suuda.

Üldistatud hinnavõrdlus tugineb kandevõimeühikule taandatud konstruktsiooni maksumusel. FWD indeksite kasutamisel hinnatakse defektse kihi asendamise maksumust, mis toob automaatselt kaasa defektitsoonist ülalpool asetsevate kihtide asendamise.

Skeemil kasutatud lühendid (lisaks üldistele):

- E_{vaj}^{52} – Eesti reeglite kohaselt arvatud vajalik kandevõime 52-tonnise lubatud koormuse korral (kasutades seejuures interpoleeritud katendikonstruktsioonide järgi arvatud kandevõimest $E_{üld}$ tuletatud elastsusmooduli seost koormussagedusega);
- FWD indeksite piirväärtused etteantud katendi nõutava kandevõime juures SCI_E, BDI_E ja BCI_E (detailsem selgitus vt: peatükk 5.6).

2.2. Sildade kandevõime

Otsustamaks, kui suur osa sildadest vajab ümberehitust ja milliseks kujuneb tööde võimalik maksumus, on sillad jaotatud alljärgnevalt:

1. Sildade vanuseline jaotus vastavalt BMS-2010 [2] esitatule:
 - a. Esimese grupi moodustavad arhitektuurilist väärtust omavad ja muinsuskaitse all olevad sillad, millele on kehtestatud ehituspiirangud ja mida ei saa seetõttu ümber ehitada (ei saa kandevõimet suurendada). Sellised silda on **63**, sh 15 silda, mille BMS indeks on kuni 60 hindepunkti, ja 10 silda, mille normkoormus vajab täpsustamist (BMS hindepunkte üle 60);
 - b. Teise grupi moodustavad sillad, mis on ehitatud aastatel 1930 – 1959 ehk mille projekteerimisel kasutati normkoormusi N8; N 24 või N30 või mille normkoormused ei ole kindlaks määratud. **53** silda vajavad ümberehitust, sh 25 halva seisundi tõttu (BMS indeks on kuni 60 hindepunkti) ja 28 mittepiisava normkoormuse tõttu;
 - c. Kolmanda grupi moodustavad sillad, mis on ehitatud aastatel 1960 – 1999 ehk mille projekteerimisel kasutati normkoormusi N10; N13; NG60; NK80. **85** silda vajavad ümberehitamist halva seisundi tõttu (BMS indeks kuni 60 hindepunkti);
 - d. Neljanda grupi moodustavad sillad, mis on ehitatud peale 2000-ndat aastat ja mis ei vaja normkoormustest tulenevalt tugevdamist. BMS-is on selliseid silda 91. Selle grupi sildadest vajavad ümberehitamist halva seisundi tõttu (BMS indeks kuni 60 hindepunkti) **kaks**.
2. Sildade pikkuse järgi, arvestades seejuures ka silla seisukorraindeksit, on remonti vajavad 140 silda jaotatud kolme gruppi:
 - a. I grupp - sillad pikkusega 3 - 20 m (99 silda);
 - b. II grupp - sillad pikkusega 21 - 50 m (29 silda);
 - c. III grupp - sillad pikkusega üle 50 m (12 silda).
3. Sildade seisukorra analüüsimisel vastavalt BMS-2010 indeksile võib need grupeerida alljärgnevalt:
 - a. 112 silda, mis omavad BMS indeksit 60 või vähem, vajavad ümberehitamist, kuna silla kandekonstruktsioonid on tugevalt kahjustunud ja neid silda ei ole otstarbekas remontida;
 - b. 53 silda, mis on omavad BMS indeksit üle 60, kuid mille ehitusaasta on varasem, kui 1959 ja puuduvad andmed sillakonstruktsioonide tugevdamise kohta, on vajalik ümber ehitada või tugevdada.

Andmed erinevatel alustel grupeeritud sildade kohta on koondatud ühte tabelisse (vt Lisa 2) koos viitega silla nimetuse ja asukoha kohta. Grupeerimise põhjal saame otsustada, millisel marsruudil sild asub, kui pikk ja millises seisukorras see on. Järgnevalt välja töötatud ehitus-remonditööde indeksi aluseks võeti BMS-2010 tööde ja käesoleval aastal tehtavate rajatiste hinna suhe ja lisati indeks, mis iseloomustab praegust hinnatõusu. Korrutades vastava silla pikkusgrupi ühikuhinna sillateki pindalaga, saadi esialgne ehitustööde maksumus, st summa, mis on vajalik, et muuta riigimaanteede sillad vastavaks 52-tonniste veokite liiklusele.

3. VÖRDLEV ANALÜÜS

Tabel 2. Lubatud koormuste võrdlus Euroopas¹⁰

PERMISSIBLE MAXIMUM WEIGHTS IN EUROPE (in tonnes)							
Country	Weight per bearing axle	Weight per drive axle	Lorry 2 axles	Lorry 3 axles	Road Train 4 axles	Road Train 5 axles and +	Articulated Vehicle 5 axles and +
Austria	10	11.5	18	26	36	40	40
Azerbaijan	10	10	18	24	36	42	44
Belgium	10	12	19	26	39	44	44 (1)
Bosnia-Herzegovina	10	11.5	19	26	38	40	40
Bulgaria	10	11.5	18	26 (2)	36	40	40
Croatia	10	11.5	18	24	36	40	40
Czech Republic	10	11.5	18	26 (2)	36	44 (2)	42 / 48
Denmark	10	11.5 (3)	18	26 (2, 3)	38	42 / 48	42 / 48
Estonia	10	11.5	18	26 (2)	36 (4)	40 (5)	40
Finland (6)	10	11.5	18	26 (2)	36	44 / 60 (7)	42 / 48
France	13	13	19	26	38	40	40
FYROM	10	11.5	18	24	31	40	40
Georgia	10	11.5			44	44	44
Germany	10	11.5	18	26 (2)	36	40	40
Greece	7 / 10	13	19	26	33	40	40
Hungary	10	11.5	18	25	30	40	40 / 44 (8)
Iceland	10	11.5	18	26 (2)	36	40	44
Ireland	10	11.5 (9)	18	26 (2)	36	44 (2)	44 (2)
Italy	12	12	18	26 (2)	40	44	44
Latvia	10	11.5	18	26 (2)	40	40	40
Liechtenstein	10	11.5	18	26	36	40	40
Lithuania	10	11.5	18	26 (2)	36	40	40 / 44 (10)
Luxembourg	10	12 (11)	19	26	44	44	44
Malta	10	11.5	18	25	36	40	40 / 44 (8)
Moldova	10	10	18	24	36	40	40
Montenegro	10		16	24	36	40	40
Netherlands (12)	10	11.5	21.5	33	40	50	50
Norway	10	11.5	19	26	37	42	44
Poland	10	11.5	18	26 (2)	36	40	40
Portugal (4)	10	12	19	26	37	40	40
Russia	10	10	18	25 (2)	36	38	38
Slovakia	10	11.5	18	26 (2)	36	40	40
Slovenia	10	11.5	18	26 (2)	36	40	40
Spain	10	11.5	18	26	36	40	44 (13) / 42 (14)
Sweden	10	11.5	18	26 (2)	38	48/60 (10)	48/60 (10)
Switzerland	10	11.5	18	26 (2)	36	40	40
Turkey	10	11.5	18	25/26 (16)	36	40	40/44 (10)
Ukraine	11	11	16 (17)	22 (17)	38 (17)	38 (17)	38 (17)
United Kingdom	10	11.5	18	26 (2)	36	40 (18)	40 / 44 (10, 18)

Tabelis on antud Euroopa riikides kehtivad lubatud kaalud veetavale teljele, vedavale teljele, kaheteljelisele autole, kolmeteljelisele autole, neljateljelisele autorongile, viie- ja enamateljelisele autorongile ning vähemalt viieteljelisele poolhaagisega vedukile.

Märkused:

- (1) – 2-teljeline veduk, 3-teljeline poolhaagis: mehhaaniline vedrustus – 43 t, pneumaatiline – 44 t;
- (2) – pneumaatilise vedrustuse või analoogiga;
- (3) – vedav telg: siseliiklus 10 t, rahvusvaheline 11,5 t; 3-teljeline veduk siseliiklus 24 t, rahvusvaheline 26 t;
- (4) – 3-teljeline veduk ja 1-teljeline haagis – 35 t;
- (5) – 3/3+ teljeline veduk ja 3/3+teljeline haagis – 44 t;

¹⁰ <http://www.internationaltransportforum.org/IntOrg/road/pdf/weights.pdf>

- (6) – EEA liikmesriigis registreeritud sõidukitele;
- (7) – 5-telge – 44 t, 6 telge – 56 t, 7 telge – 60 t;
- (8) – 44 t lubatud 40-jalaste ISO konteinerite veol;
- (9) – vedav telg: siseriiklik – 10,5 t, teesõbralik vedrustus – 11,5 t; rahvusvahelised veod – 11,5 t;
- (10) – - kombineeritud veokitele;
- (11) – - vedav telg mehhaanilise vedrustusega – 11,5 t;
- (12) – - EMS (*European Modular System*) reeglite alusel 25,25 m ja 60 t;
- (13) – - 3-teljeline veok 2/3 teljelise poolhaagisega 40-jalase ISO konteineri veol kombineeritud veosena;
- (14) – - 3-teljeline veok 3-teljelise poolhaagisega 40-*jalase ISO konteineri veol kombineeritud veosena
- (15) – - 5 telge – 48 t, 6 telge – 58 t, 7 telge – 60 t;
- (16) – - vastavuses tüübikinnituse tingimustega;
- (17) – - konteinerveod 2-teljelise veokiga – 18 t, 3-teljelisega – 24 t, maanteerong 4+ teljega ning sadulveokid 5+ teljega – 44 t, litsentside korral maanteerong ja sadulveok 5+ teljega 48 t;
- (18) – - üldkasutuses 44 t nõutav 6+ telge, vedav telg mitte üle 10,5 t paarisrataste ja teesõbraliku vedrustusega; tavavedrustusega paarisrattad ja teljekoormus 8,5 t; kombineeritud sõidukitel iga lüli 3+ teljega ja haagisel teesõbralik vedrustus.

Samast allikast on leitav ka võrdlus sõidukite lubatud pikkuste kohta¹¹.

¹¹ <http://www.internationaltransportforum.org/IntOrg/road/pdf/dimensions.pdf>

3.1. Euroopa Liidu strateegiad ja olulisemad uuringud

Euroopa Liidu transpordipoliitika on valdavalt suunatud raudteevedude eelistamisele ja kuigi autovedude efektiivsus ning keskkonnasäästus on kahtlemata olulised, ei kuulu pikemate ja raskemate sõidukite rakendamine maanteevedudes esmaste prioriteetide hulka. Eesmärgiks on pigem tingimuste ühtlustamine, mis võimaldaks probleemivaba transporti üle riigipiiride ja arendada intermodaalset koostööd eri transpordiliikide vahel. Direktiiv 96/53/EC [3] sätestab soovituslikud nõuded, mida järgib ka Eesti.

TML – Direktiivi 96/53/EC raskesõidukite kaalu- ja pikkuspiirangute rakendamise mõju

TML (Transport Mobility Leuven) on läbi viinud uuringu TREN/G3/318/2007 Effects of adapting the rules on weights and dimensions of heavy commercial vehicles as established within Directive 96/53/EC¹² [8]. Uuring on saanud tõsise kriitika osaliseks nii lähteandmete ebatäpsuste kui ka meelevaldsete järelduste tõttu, mis ei ole andmetega tõestatud¹³.

Ohutuspiirded (sildadel ja kõrgetel mulletel) - järeldatakse, et olemasolevad piirded ei pruugi vastu võtta raskemate sõidukite koormust ning vajalikud on täiendavad uuringud ja katsed. Soovitatakse arvestada raskemate sõidukite liiklusega uute sildade projekteerimisel ja ehitamisel nii piirderajatiste konstruktsiooni kui ka ankurdamise osas.

Katendi osas on kasutatud Alize tarkvara erinevate sõidukitüüpide poolt katendile põhjustatud pingete modelleerimiseks. Tuginedes eelnenud uurimistöödele COST333 (1996-1999 katendi projekteerimismeetodid), COST323 (1994-1998 maanteeliikluse koormused) ja COST324 (1995-1997 katendi vastupidavus), on arvestatud tüüpkonstruktsioonidega neljas liikluse koormusklassis. Eeldatud on, et veotelg ja teised paarisratastega teljed on varustatud 315/80 rehvidega ja ülejäänud 385/65 super *single* rehvidega. Telje- ja telikukoormuste osas vastavad eeldused Eestis kehtivatele piirmääradele.

Teedevõrgu koormuse osas on eeldatud, et 5% liiklust kulgeb nõrkadel teedel, 15% keskmistel, 40% raskeliiklusega asfaltteedel ning 40% pooljäikadel väga raske liiklusega teedel.

Tabel 3. TML uuringus eeldusena kasutatud teedevõrgu konstruktsioon

	Nõrk	Keskmine	Raske	Väga raske
Koormus (8t normtelge ¹⁴) aastas	5 miljonit	10 miljonit	100 miljonit	100 miljonit
Katte liik	elastne (asfaltkate)			pooljäik
Asfalt (7500 MPa) mm	100	200	330	280
Alus (200 MPa) mm	300	250	200	
Tsementstabiliseeritud (10000 MPa) mm				200
aluspinna	70 MPa			

Eesti teedevõrk kuulub eeltoodud tabeli klassifikaatorite alusel nõrka asfaltkatete gruppi, tihedama liiklusega üksikud lõigud Tallinna ringteel ja Tallinna-Narva maanteel võivad ulatuda keskmisse koormusgruppi. Seega ei kehti nimetatud liikluse jaotus Eesti teedevõrgus, kuna meil puuduvad pooljäigad katendid ning enimkoormatud teelõikude katend vastab heal juhul uuringu keskmise grupi konstruktsioonidele. Eesti ei ole uuringu käigus esitanud detailsemaid andmeid ning seetõttu eeldati Euroopa keskmiste parameetrite kehtivust ja järeldati, et Eesti teedevõrgule suuremad koormused probleeme ei tekita.

Järeldustest katendi osas tuleb märkida, et ebasoovitavateks loeti koormused A44¹⁵ ja A48 (2+3), B44 ja B48 (3+2), C48 (3+3), E60 (3+3+2) ja F60 (3+2+3). **Direktiiviga lubatud ning**

¹² http://ec.europa.eu/transport/strategies/studies/doc/2009_01_weights_and_dimensions_vehicles.pdf

¹³ <http://www.nomegatrucks.eu/the-facts/european-politics/mega-truck-studies-european-commission/no-mega-trucks-background-paper-eu-study.pdf>

¹⁴ Paljudes riikides taandatakse tegelikult lubatud kuni 11,5 tonnised teljekoormused arvutusteks 8-tonniseks standardteljeks tulenevalt ajalooliselt väljakujunenud normatiividest ja katendiarvutusalgoritmidest

kasutuses levinud 44 tonnine koormus 5 teljel (2-teljeline veok 3-teljeline poolhaagisega) kujunes kõige ebasoodsamaks. A44 sõidukiga seondub ka kaalujaotuse probleem – maksimaalse koormuse korral ületatakse tootjapoolne piir esitelje koormusele. Uuring soovib selles osas võimalusel Direktiivi korrigeerida (keelata täielikult kaheteljelise veduki kombinatsioon kolmeteljelise poolhaagisega 44 tonnise koormusega). Võrdluskõormuseks on võetud A40 (2+3) ning sellega võrreldes on katendi suhtes soodsamateks koormusteks E50 (2+2+3), F50 (3+2+3) ja G50 (3+3+3).

Erinevate stsenaariumitega on leitud suurte raskeveokite (üle 40 tonni) liiklusest tulenevalt **teede hoolduskulude tõus kuni 10% ulatuses.**

Järeldustes on vastumeetmetena soovitatud:

- koolitada transpordisektori töötajaid lastiruumi kasutamise nõuetes;
- reguleerida nõuded kahe raskesõiduki lubatud vahekaugusele;
- piirata möödasõite;
- paigaldada sõidukitesse kaalumissüsteemid;
- piirata raskesõidukite liiklust konkreetsete marsruutidega.

JRC – Pikemad ja raskemad veokid maanteetranspordis (EUR 23933 EN)

EL Ühise Uurimiskeskuse (Joint Research Centre) poolt läbiviidud uuringus *Longer and Heavier Vehicles for Road Transport*¹⁶ [9] on erinevate uuringute järelduste kontrolliks läbi viidud tundlikkusanalüüsid ning sellest tulenevalt on järeldused järgmised:

- majanduslik tulu sõltub senisest raskemate sõidukite osakaalust ja seetõttu suurveokite kõrge osakaal on majandusliku efekti saavutamiseks vajalik. Siiski määrab sõidukite struktuuri tegelik vajadus ehk turg. Ainult osa veostest on piisava suurusega, et suurveokite võimalusi ära kasutada. **Seega ei ole eelnenud uuringutes eeldatud tulemuste saavutamine reaalne;**
- kandevõime kasutus ja kasuliku koorma suurus on eriti olulised lühimaavedudel (kuni 800 km), kuid vedude tegelik struktuur ei soodusta lühimaavedudel suurveokite kasutust;
- infrastruktuurikulutusi on võrreldud tavaveokite kilomeetripõhisena. See mõjutab nii keskkonnakahjude, õnnetustest põhjustatud kulude kui ka infrastruktuuri ehitus- ja hoolduskulude arvestust seoses veokipargi struktuuri muutusega. Samas tõusevad infrastruktuurikulutused erinevate transpordiviiside vaheliste muutuste tõttu, maanteeveod odavnevad ning osa kaubavedusid siirdub raudtee- ja veetranspordilt maanteedele.

Kuna põhiline efekt saavutatakse siiski pikamaavedudes, tehakse **ettepanek ühiste infrastruktuuri projekteerimise spetsifikatsioonide kehtestamiseks TEN võrgu teedele.** See tähendaks muuhulgas ka katendite projekteerimismismite ühtlustamist – protsess, mida pole veel alustatud.

OECD – Kaubavedu paremate veokitega (2010)

Uuringu *Moving weight with better trucks*¹⁷ [10] viis läbi JTRC (Joint Transport Research Centre) 15 riigi ekspertide osavõtul.

Uuringu eesmärgiks on tagada autotranspordi efektiivsem ja keskkonnasäästlikum areng tänu suurema mahutavusega sõidukite kasutamisele. Uuringu aluseks on valdavalt Rootsi, Austraalia ja Kanada kogemused suurte sõidukite kasutamises. Käesoleva töö eesmärgiks on analüüsida

¹⁵ A-grupiks on loetud kaheteljeliste vedukitega poolhaagised; B-grupis kolmeteljelised veokid, C-grupis kolmeteljelised vedukid poolhaagistega; E- ja F-grupis on mitme haagisega sõidukid; number sõiduki koodis viitab maksimaalsele kogumassile.

¹⁶ http://ec.europa.eu/transport/road/events/doc/2009_06_24/2009_jrc52005.pdf

¹⁷ <http://www.internationaltransportforum.org/jtrc/infrastructure/heavyveh/TrucksSum.pdf>

suuremate sõidukite kasutamise mõju infrastruktuurile, sestap ülevaates vastava osaga ka piirdatakse.

Uuringus klassifitseeriti raskesõidukid kolme klassi:

- "tööhobused" (*workhorse vehicles*) – tavakasutuses pikamaavedudel, täismassiga alla 50 tonni ja pikkusega alla 22 meetri;
- suure mahutavusega sõidukid (*higher capacity vehicles*) – täismassiga kuni 70 tonni ja pikkusega kuni 30 meetrit, mis tavaliselt on piiratud kasutuses sõltuvalt teedevõrgust;
- väga suure mahutavusega sõidukid (*very high capacity vehicles*) – täismassiga vähemalt 52 tonni ja pikkusega üle 30 meetrit, mis on tavaliselt kasutuses loapõhiselt maapiirkonnas väheasustatud aladel.

Peale otsese ohutuselementide võrdleva analüüsi võrreldi ka sõiduki mõju katendile suhtelise kulutusteguriga (võrdlus referentsõidukiga: 40 t; 16,5 m; 2-teljeline veduk 3-teljeline poolhaagisega). Järeldatakse, et nii suured kui ka väga suured sõidukid on üldiselt vähem teid kulutavad ja enamus tööhobuse-klassi kuuluvaid sõidukeid kulutavad teid rohkem kui ülisuured.

Erinevate veokitüüpide liiklusohutuslikud võrdlused on leida JTRC uuringus *Safety, Productivity, Infrastructure Wear, Fuel Use and Emissions Assessment of the International Truck Fleet (Truck Benchmarking), 2010*¹⁸ [11]. Samas analüüsitakse ka sõidukite mõju katendile.

Infrastruktuuri osas leitakse, et lähemas tulevikus tuleb raskesõidukid ja nende uued konfiguratsioonid kohandada tee projekteerimise, geomeetria ja ennekõike katendite ning sildade tugevusega. Eelistada tuleb katendi suhtes vähemagressiivseid konfiguratsioone. Pikemas perspektiivis tuleb infrastruktuuri arendada, et tagada teede läbilaskevõime optimaalne kasutus veoautode osas. Seda arengut võiks finantseerida rahastusmehhanismidega, mis kompenseerivad kõik suurema mahuga sõidukite rakendamisest tulenevad täiendavad kulutused (nt diferentseeritud teedevõrgu juurdepääsutasu), tuginedes sõiduki teekulutust kajastavatele parameetritele.

Tänapäevased põhiteed on ehitatud vastavuses juhenditega, mis tuginevad juhendite koostamisajal kehtinud sõidukipargi parameetritele. Sellistele teedele pikemate ja raskemate sõidukite lubamine eeldab hoolikat hindamist ning võib nõuda infrastruktuuri tugevdamist ja geomeetria kohandamist.

Katendi kulumine sõltub suuresti veoki konfiguratsioonist ja katendi tüübist. Telgede arv, vahekaugused teljegrupis, veljetüüp (paaris või üksik) ja rehvi parameetrid mõjutavad tulemust oluliselt ka võrreldava täismassiga grupi siseselt. Täismass tervikuna on vähema tähtsusega katendile, kui kaalujagunemine telgede ja teljegruppide vahel.

Erisused veokite mõjus katendile on sama veokigrupi sees erinevatel konfiguratsioonidel oluliselt suuremad, kui üldistatuna veokigruppide vahel. Seetõttu on oluline määratleda detailsemaid reegleid uute veokitüüpide liiklusle lubamiseks, mis arvestaksid konkreetse konfiguratsiooni mõju infrastruktuurile. Sildade osas on aga seos kogumassi ja mõjude vahel vaieldamatu.

Teiste riikide kogemusel on vedajad kaasatud infrastruktuurikulutuste katmisse. Austraalias on optimeeritud sõidukipark vastavuses teedevõrguga, teed jagunevad nelja gruppi (1: üldkasutus; 2: B-double; 3: Double Road Train; 4: Triple Road Train). Sarnast süsteemi juurutatakse ka Hollandis.

Kanada Saskatchewanis rakendati partnerluspoliitikat, mille käigus soodustati katendit säästvate veokikombinatsioonide rakendamist ja säästetavad vahendid kasutatakse teedevõrgu arendamiseks.

Rootsi parlament kinnitas 1987. aastal 10-aastase programmi kohalike regulatsioonide vastavusse viimiseks EL direktiividega, tõstes lubatud teljekoormusi kõigil põhiteedel ja osadel kohalike teedel. Samas tõsteti kogukaalu piirmäära 60 tonnini. Seotud

¹⁸ <http://www.internationaltransportforum.org/jtrc/infrastructure/heavyveh/TruckBenchmarking.pdf>

infrastruktuuriinvesteeringud maksumusega 13 miljardit SEK (1,5 miljardit €), põhiliselt sildadesse, taastati veokimaksu kehtestamise/tõstmisega.

Selliseid investeeringuid tuleb hinnata hoolikalt, kuna infrastruktuuri tugevdamise kulud võivad ületada kasu suurema mahutavusega sõidukite kasutamisest.

Veokimaksu rakendamine kulude osalise katte allikana on mõeldav riikides, kus transiitliikluse osakaal on väike.

Viimasel ajal on käivitatud mitmeid uusi uuringuid¹⁹, mille tulemusi pole veel avaldatud. Euroopa Komisjon mõistab, et tegemist on komplitseeritud teemaga ja seetõttu püütakse enne direktiivi laiendamist riske põhjalikumalt analüüsida. Ilmselt pakub ka käesolev uuring laiemat huvi, kuna infrastruktuuri erisuste teemal on siiski vähe võrreldavaid andmeid.

Põhjamaade Nõukogu raames teostatud uuringud

NordFoU – PPM – Pavement Performance Models²⁰

Projekti raames on 2007. aastal võrreldud Põhjamaa riikide katendeid kolme erineva liikluskoormuse mõju korral (AKÖL 500, 3000 ja 15000 autot ööpäevas; aastane liikluse kasv 4%, raskeliikluse osakaal 5..10%). Valitud on kahekihiline (enamkoormatud variandis kohati kolmekihiline) asfaltkate kahekihilisel killustikalusel. Aluspinnaseks on valitud 5-meetrine kiht nõrka mõllist pinnast (E=50 MPa) kaljualuspõhjal, tee muldkehaks on 1 m liivast kruusa (E=70 MPa) ja muldkeha ülakeht on kruusast (100 MPa).

Tabelites (Tabel 4, Tabel 5, Tabel 6) on toodud kihtide paksused millimeetrites ja võimalusel vastava kihi materjali tähistus antud riigi klassifikaatorina. Soome materjalidest M280 on killustik elastsusmooduliga 280 MPa ja SR200 kruus mooduliga 200 MPa. Rootsi OBBL on optimaalse koostisega killustik ja FL purustatud kaljupinnas.

Tabel 4. Madala koormusega võrdluskonstruktsioon

AKÖL 500	DK (48)	FIN (60)	NO (50)	SWE (60)
Asf 1	40 (pehme)	70 surf	35 Agb	40 ABS
Asf 2	87 base			40 AG
Alus 1	160 0/63	250 M280	200 Fk	80 OBBL
Alus 2	300 0/90	500 SR200	300	420 FL
= kokku	587	820	535	580

Tabel 5. Keskmise koormusega võrdluskonstruktsioon

AKÖL 3000	DK (48)	FIN (60)	NO (50)	SWE (60)
Asf 1	35 SMA	40 surf	60 Ab	40 ABS
Asf 2	105 base	100 base	50 Ag	90 AG
Alus 1	200 0/63	200 M280	100 Fk	80 OBBL
Alus 2	355 0/90	500 SR200	300	420 FL
= kokku	695	840	510	630

Tabel 6. Suure koormusega võrdluskonstruktsioon

AKÖL 15000	DK (48)	FIN (60)	NO (50)	SWE (60)
Asf 1	35 SMA	100 surf	70 SMA	40 ABS

¹⁹ <http://ecstudy.hvwd.free.fr/index.php?page=welcome&lg=en>

²⁰ <http://www.nordfou.org/documents/Projekt%20no.%202010-3%20-%20Performance%20Prediction%20Models%20for%20Flexible%20Pavements.pdf>

AKÖL 15000	DK (48)	FIN (60)	NO (50)	SWE (60)
Asf 2	60 bin + 85 base	100 base	60 Ag+100 Ap	135 AG
Alus 1	200 0/63	200 M280	600	80 OBBL
Alus 2	395 0/90	500 SR200	410*	420 FL
= kokku	775	900	1240	675

*- täiendav külmakindluskiht kuna eeldatakse objekti paiknemist Trondheimis

Töö kokkuvõtteks peetakse katendi eluiga ja töövoimet prognoosiva süsteemi arendamist väga oluliseks ning soovitatakse ühildada testimismeetodid ja liikluskooormuste andmestiku temaatika. Põhjamaade tingimustes peab mudel arvestama naelrehvide mõju katendile ja erinevaid kliimaatilisi tingimusi.

Võrdluskonstruktsioonid annavad hea ülevaate Põhjamaade tavakatenditest.

NordFoU – Road wear from heavy vehicles

NVF aruanne 08/2008²¹ analüüsib erinevate raskesõiduki parameetrite (teljekoormus, rehvi parameetrid, vedrustus jne) mõju katendi kulumisele. Aruanne baseerub põhiliselt *Ceboni* koostatud käsiraamatule (*Handbook of Vehicle-Road Interaction*, 1999), DIVINE projekti (OECD 1992-1998) ja COST334 (EU 1996-2000) projekti aruannetele. *Ceboni* andmetel ei pea täielikult paika ka senine kontseptsioon, mille kohaselt mitmeteljelise teliku lubatud koormus peaks olema väiksem kui üksiktelgede summa – eksisteerib optimaalne telgedevaheline kaugus telikul, millest suurema ja ka väiksema telgedevahelise kauguse korral mõju katendile suureneb.

Euroopas on levinud trend väiksema diameetriga rehvide ja kõrgema rehvisurve kasutamisele. Väiksem diameeter võimaldab kasutada madalama veokasti põrandaga sõidukeid, mis suurendab võimalikku veose ruumala. Suurem rehvisurve vähendab kütusekulu. Laiemate rehvide kasutus (*super single*) võimaldab kahandada vedrustamata massi (üldine kaalusääst), kütusekulu ja ka rehvide kulumist. Kuigi efekt on transpordisektorile positiivne, põhjustab see teekatendi kiiremat kulumist väiksema kontaktjälje ja suurema kontaktsurve kaudu. **Reeglina kasutatakse üksikrehve telgedel, mille koormus ei ületa 8 tonni.** 1997. aastal moodustasid laiad üksikrehvid juba üle 30% kasutusel olevatest raskesõidukirehvidest Inglismaal ja Prantsusmaal (USAs vaid 2%). Siiski on viimasel ajal kasutusel ka uudse konstruktsiooniga *super single* rehvid, millel rehvisurve on madalam ja kontaktjalg suurem.

²¹ <http://www.nvfnorden.org/lisalib/getfile.aspx?itemid=261>

3.2. Põhjamaade praktika

Rootsi - teedevõrk



Joonis 5. Rootsi teedevõrk

Rootsi üldpindala on 450 295 km² - ligikaudu 10 korda suurem Eesti pindalast.

Rootsi Maanteeameti andmetel on riigiteid 98 400 km ja munitsipaalomanduses 46 500 km (koos tänavatega). Riigiteed jagunevad 4 kategooriasse: E-maanteed (6400 km), teised põhiteed (8900 km), primaarsed maakonnateed (1100 km) ja teised kohalikud teed (72 100 km). Lisaks on 75 900 km erateid, mis saavad riigilt toetusi ning väga suur arv kohalikke, põhiliselt metsateid, mis jäävad väljapoole toetuste skeeme.

Tee tüübi järgi jaotuvad teed järgmiselt: kiirteed (1880 km), eraldusribata kiirteed (360 km, millest 340 km osas on liiklusvood eraldatud barjääriga), 4-rajalised teed (200 km) ja tavalised teed (95 950 km, millest 1800 km osas on liiklusvood eraldatud). Ligikaudu 20% ehk 19 700 km on kruusateid.

2009. aastal moodustas 4474 km (2005: 13880 km) riigiteedest ajutiste kandevõimepiirangutega ala.

Riigiteedel on 15 800 silda, 20 tunnelit ja 37 praamiühendust.

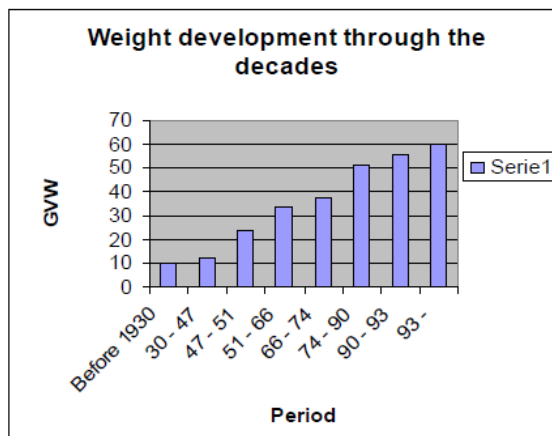
Rootsi - koormused

Rootsis on 1993. aastast alates lubatud kogumassiks 60 tonni (tingimuseks äärmiste telgede vahe vähemalt 18 meetrit), normatiivseks teljekoormuseks on 10 tonni. Piirangud sõltuvad tee klassist, põhiline osa teedevõrgust (95%) kuulub praeguseks hetkeks juba BK1 klassi, kus kehtivad üleriiklikud normid. BK2 ja BK3 klassides on lubatud koormused väiksemad, BK3 teljekoormus 8 tonni. Maksimaalse koormuse ulatus on seotud sõiduki pikkusega (esimese ja viimase telje vahe).

Kuni 1968. aastani puudusid piirangud²² autorongide pikkusele, ca 50% kaugvedude autorongidest olid üle 20 m pikad, väike osa üle 25 m ning pikimad ulatusid 32 meetrini.

1968. a otsustati piirata pikkus 24 meetriga, mis võimaldab vedada kolm merekonteinerit (TEU) ühe autorongiga. 1997. aastast alates on autorongide pikkus piiratud 25,25 meetrini vastavalt EC direktiivi 96/53 lisale (moodulveokite rakendamine).

Kogukaalu piirang tõsteti 1990. a 51,4-lt 56-le tonnile ja 1993. a 60 tonnile (katendite projekteerimismäärdeisse viidi muudatused sisse alates 1995. aastast), piirates seejuures maksimaalse kaalu kasutamist sõiduki esimese ja viimase telje vahel vähemalt 18 meetrini (analoogiline piirang on eksisteerinud ka varasematel perioodidel (nt aastatel 1966-1974 nõuti 37 tonnistelt veokitelt vähemalt 22 m telgede vahet). Samas suurendati telje- ja teljekoormuste vastavalt EL direktiivile - Eestiga võrreldes standardveokil 50 tonnini ja 24 m autorongil 60 tonnini. Kehtiv täismassipiirang autorongidele on seotud esimese ja viimase telje vahelise



Joonis 6. Rootsi massipiirangute dünaamika

²² http://www.cedr.fr/home/fileadmin/user_upload/Publications/2007/e_60-t_Vehicles.doc;
<http://www.nvfnorden.org/lisalib/getfile.aspx?itemid=389>

kaugusega ja vahemikus 12..18 m kirjeldab antud seost valem $GW=2*L+24$ (GW – kogumass; L – äärmiste telgede vahekaugus).



NB! fotodel (Foto 2, Foto 3, Foto 4) veab poolhaagist nn *dolly* – kaheteljeline haakega telik, millel on oma registreerimisnumber ja valgustid.

Kõigi sõidukite pöördekoridor peab mahtuma ringi siseraadiusega 5,3 m ja välisraadiusega 12,5 m. Autorongi pöördekoridori siseraadius peab olema vähemalt 2 meetrit 12,5 m välisraadiuse korral.

Foto 2. Euroopa moodulveok (EMS) - 25,25 m, kuni 60 t

Rootsi - ETT-projekt

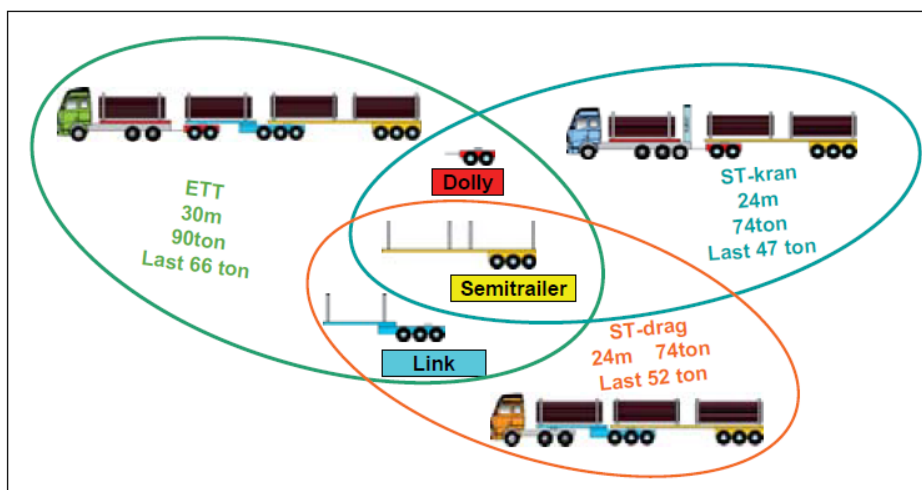
Rootsis katsetatakse ka suuremate veokite kasutust piiratud teelõikudel.



Foto 3. Projekt ETT – 30-meetrine sõiduk 90-tonnise kogumassiga

- ETT (*En Trave Till; The One More Stack*) – metsavedudes rakendatav ja võimaldab vedada ühe lisapaketi puitu – kokku neli paketti senise kolme asemel. Kuna paketid on ka suuremad, asendatakse kahe ETT vedukiga kolm tavalist (kogumass 90 tonni, kogupikkus 30 meetrit, kokku 11 telge).
- ST (*Större Travar*) – projekti raames tõsteti kogumassi, jättes muutmata teljekoormuse ja kogupikkuse piirangud (kogumass 74 tonni, kogupikkus 24 meetrit, kokku 9 telge). Selle raames kasutatakse EMS (*European Modular System*) standardseid elemente – *trailer*, *dolly*, *link* ja projektis kasutati nii tõstukiga kui ka tõstukita sõidukeid (vastavalt erines kasulik koormus).

Kõik veokid olid varustatud rehvirõhu kontrollsüsteemi ning alkolukuga. Projektis kasutatud sõidukitüübid valiti stabiilsuse, rattajälje järgimise ja kaalujaotuse alusel. Kui referents-sõiduki (24 meetrit, 60 tonni, Joonis 8 – viimane sõiduk)



puhul R15 (välisraadius) pöördel ulatus kurvi lõikamine 3,95 meetrini (vastavalt tegelik siseraadius 8,5 m), siis kahe lingiga kombinatsioonil koguni 11,1 meetrini ja valitud ETT sõidukil 6,57 m (siseraadius 6,05 m) ning ST-sõidukil 5,83 meetrini (siseraadius 6,79 m).

Telje massipiiridena käsitleti 9 tonni üksiteljel, paaristelikul 19 tonni ja *tridem* puhul 24 tonni. Eelneva valiku käigus uuriti sõidukite geomeetrilist käitumist, koorma jaotust ja mõju teekattele ning selle alusel valiti katsetusteks sobivad sõidukid.

		VOLVO		
		Stability John Aurell reports	Agility Off-tracking calculations	Load distribution WIS Calculations
Tractor, link, link and semitrailer			X	
Truck, dolly, link and semitrailer		X	X	X
Tractor, long link and semitrailer				X
Tractor, link and semitrailer		X	X	X
Truck, dolly and semitrailer		X		X
Truck with crane (8x4), dolly and semitrailer		X		X
Truck and full trailer		X	X	X

Joonis 8. ETT projekti veokite valik

ETT/ST kogumass ($91,7 \pm 0,8 / 61,5 \pm 0,2$) ja teljekoormused: esitelg 9 tonni ($9,1 \pm 0,4 / 9,1 \pm 0,5$); veotelik 19 tonni ($17,8 \pm 0,8 / 18,0 \pm 0,7$), kaheteljeline *dolly* 18 tonni ($17,8 \pm 0,4 / 14,8 \pm 0,5$), link (*triple bogey*) 24 tonni ($22,8 \pm 0,5$) ja poolhaagis (*tridem*) 24 tonni ($24,1 \pm 0,5 / 19,6 \pm 1,7$). Kõigil juhtudel on vedukil kaks telge topeltrehvidega, ülejäänud *super single* rehvidega.

Rootsis on palgiveol tavaliselt kasutuses kolmeteljeline veduk, mis võimaldab vedada ühe kuuemeetrise paketi puitu ja neljateljeline haagis, mis mahutab kaks paketti puitu. Rootsi teedel liigub ca 1900 sellist sõidukit.

Ligikaudu 74% maanteetranspordi kaubavedudest Rootsis (2008. aasta andmetel, tonnkilomeetrites) on tehtud 7- ja enamateljeliste veokitega. Statistika näitab, et Rootsis on kogu veosemahu kasv olnud maanteesektori arvel, raudteevedude maht on stabiilselt ühel tasemel (1974. aastal oli kaubavedude maht raudteedel võrdne maanteevedude mahuga, käesolevaks ajaks on maanteevedude maht kahekordistunud). Tulemusena on transpordistruktuur nihkunud ebasoovitavas suunas.

Kui varem takistasid raudteevõrgu arengut probleemid uue raudteekoridori leidmisel, siis praeguseks on maanteede liikluskooormus sedavõrd kasvanud, et transpordivajaduste rahuldamiseks on asutud kavandama uusi raudteekoridore.

Rootsi investeeringute summa CEDR 2007 uuringu [12] alusel (koostajateks Rootsi eksperdid) koosnes 1988-1998 sildadesse paigutatud 5,65 miljardist ja teedesse 1988-2015 kavandatavast **17 miljardist Rootsi kroonist** (1988. aasta hindades). Investeeringuid kaasfinantseeri-takse suunatud raskeveokimaksuga (400 miljonit SEK = **44 miljonit € aastas**). Investeeringuvajadus ei tulene ainult 60-tonniste sõidukite suuremast koormusest, vaid osaliselt ka üldisest teede tugevdamise vajadusest.

Erinevad allikad esitavad sama projekti maksumuseks 2001. aasta hindades 4,6 miljardit €. 2008. aastal on VTI koostanud uuringu *The effects of long and heavy trucks on the transport system* (pikkade ja raskete veokite mõju transpordisüsteemile)²³, milles analüüsiti võimalikke kahjusid juhaks, kui Rootsi piiraks seni lubatud täismassi ja pikkuse EL kehtivale minimaalsele

²³ <http://www.vti.se/EPiBrowser/Publikationer%20-%20English/R605A.pdf>

kohustuslikule tasemele. Teedevõrgu kandevõime suurendamise programmi raames plaaniti investeerida kokku ca 46 miljardit SEK (2001 hindades). Selline summa taastuks ühiskonna jaoks 5 kuni 12 aastaga. Koormuspiiri alandamine 40 tonnini ja pikkuspiirang 18,75 meetrini tooks ühiskonnale kahju 4 kuni 9 miljardit SEK aastas. Seetõttu otsustati Rootsis jääda väljakujunenud 60-tonni kogumassi ja 25,25 meetrise kogupikkuse juurde.

OECD uuringu andmetel [10] (*Move Freight With Better Trucks*, 2010) oli 10-aastase (1987-1997) programmi maksumus **13 miljardit SEK** (1,5 miljardit eurot), mis põhiosas kulus sildade tugevdamiseks. **Seega kujunes programm tegelikult algselt eeldatust 7,3 korda kallimaks** (teisendamata seejuures kulutusi konkreetsetesse aastasse).

TML 2008 uuringu andmetel (refereeritud Inglise uuringus²⁴) tõdeti, et ajavahemikul 1996-2005 koguti Rootsi teedel aastas 400 miljonit eurot raskesõidukimaksu, mida kasutati sildade tugevdamiseks. Samas kinnitati, et sellist skeemi on raske rakendada riikides, kus transiitliikluse osakaal on suurem.



Foto 4. Moodulveok Rootsi teedel (Allianz pro Schiene/Statement TV)

2009. aastal moodustas investeeringusumma teedesse 11,4 miljardit SEK, millest 1,9 oli suunatud teede ja sildade kandevõime tõstmisse.

Rootsi - katendid

Rootsi katendite projekteerimise süsteem põhines aastani 1994 koormusklassidel, nagu on tänaseni Soomes. 1994. aastal alustati üleminekut ja alates 2000. aastast on kohustuslikuna kasutusel *PMS Objekt*²⁵ tarkvara [29], mis võimaldas optimeerida katendikonstruktsiooni. Samas asendati ka kohustuslik külmakindluskiht (30 cm) konkreetsete arvutuste põhjal määratletavaga. Alates 2000. aastast kasutatakse detailseid ilmastikuandmeid ning tugevusarvutused on jagatud aastaaegade vahel vastavalt konkreetsete perioodide koormusele ja materjalide spetsiifilistele omadustele nendel aegadel. Kokkuvõttes võimaldas tarkvara kasutuselevõtt oluliselt paremini kasutada ressursse, vähendades üledimensioneerimist koormusgrupi alaosas. Süsteem areneb pidevalt, 2004. aastal võeti kasutusele juhendi *ATB VÄG*²⁶ senikehtiv redaktsioon. 2011. aastal on korrigeeritud savipinnaste käsitlust, mis toob siiski kaasa paksemate kihtide kasutuse. Viimastes versioonides on blokeeritud võimalus dimensioneerida katendit topeltrehvidele, sest liikluses on valdavaks *single* tüüpi rehvid. Alates 2004. aastast on Rootsi katendijuhendis (*ATB VÄG 2004 C3.1.1.2.*) kulumiskihi paksuse arvutustes kohustuslik kasutada tegelikust 2 cm võrra väiksemat väärtust, et kompenseerida roobaste moodustumist (sisuliselt lisasentimeetrid

²⁴ http://www.mdst.co.uk/attachments/downloads/D4_Evidence%20Gathering_Main.pdf

²⁵ <http://www.trafikverket.se/Foretag/Bygga-och-underhalla/Vag/Tekniska-dokument/Vagteknik/PMS-Objekt/>

²⁶ <http://www.trafikverket.se/Foretag/Bygga-och-underhalla/Vag/Tekniska-dokument/Vagteknik/Aldre-versioner-av-ATB-Vag/ATB-Vag-2004/>

täiendavalt dimensioneeritule). Paraku võrdlus Eestiga on vastupidine – alates 2006. aastast loobuti Eestis katendite projekteerimisel arvutuslikule väärtusele 1 cm kulumisvaru lisamisest.

Rootsi tüüpkatendid koosnevad vähemalt 50 cm tardsivimist alusest (vajadusel drenkihil). Purustatud kaljupinnas tasandatakse 8 cm optimaalse terastikulise koostisega tardsivikillustikuga. Sellele rajatakse mitmekihiline asfaltkate vastavuses liikluskoormusest tulenevate nõuetega. Juhul kui tee rajatakse vahetult kaljupinnasele, piirdubki alus vaid 8 cm tardsivikillustikuga.

Rootsi - Investeeringuvajaduste hindamine

1982.a koostas Rootsi Maanteeameti planeerimisosakond uuringu P014/1982-11 [14], mis käsitles Maanteeameti kulutusi lubatud tandemtelje koormuse ja sõiduki kogukaalu suurendamisel. Uuringu koostajateks olid Arne Johansson ja Jan Thureson (lisaks osales veel 6 eksperti).

Uuringu hetkel oli teliku lubatud koormus 16 tonni ning sõiduki kogumass 51,4 tonni tingimusel, et sõiduki esimese ja viimase telje vahe on vähemalt 18,5 meetrit²⁷. Uuringu käigus analüüsiti kaht stsenaariumi: 1) säilitades telje- ja teliku koormused suurendada kogumassi piirangut 56 tonnini; 2) suurendades telikukoormust 18 tonnini viia kogumassi piirang 60 tonnini.

Rootsi teedevõrk jagunes alljärgnevalt:

Tabel 7. Rootsi teedevõrk (1982)

Klass	Kategooria	ADT	Katte tüüp	Teepikkus riigiteedel	Vallateed		
					pikkus	Laius	
1	EV (Europaväg)	>4000	püsikate	2986	507	17	
2		2000-4000		721			
3		<2000		538			
4	ÖRV (muud riigiteed)	>4000	püsikate	1953	438		
5		2000-4000		3200			
6		1000-2000		1885			
7		<1000		1163			
8		kõik	kruuskate	94			
9	PL (primaarsed maakonnateed)	>2000	püsikate	2392	412		
10		1000-2000		2992			
11		500-1000		2465			
12		<500		1693			
13		kõik	kruuskate	212			
14	SoTL (sekundaarsed või kolmandajärgulised maakonnateed)	>1000	püsikate	5610	>2000	946	9
15		500-1000		8767	<2000	3417	7
16		<500		25458			
17		>125	kruuskate	10413			
18		<125		24980			
				97513		5720	

Teede hoolduskulud arvutati katte liigi ja liikluskoormuse järgi, kasutades 1980. aasta hindu (1976. a loeti hoolduskuludeks 0,3 ööri telje kohta kilomeetrile, 1980. aastal 0,4 ööri).

Arvestades 1980-ndatel laiemalt levima hakanud naelrehvidest tuleneva kulumisega, suurendati maksumust. Püsikatte hooldustööd maanteedel maksid 0,8 kuni 2,45 SEK/m²/a ning kohalikel teedel 1,35..4,4 SEK/m²/a, kusjuures madalama klassi maanteedel seondub 90% hooldusvajadusest raskesõidukitega, kõrgema klassi teedel 40% ning ülejäänud osa sõltub liiklussagedusest. Pinnatud kruusateede hoolduskuludeks on arvestatud 3500-5500 SEK/km/a.

²⁷ Sõiduki täispikkus on vähemalt 2 meetrit suurem kui telgede maksimaalne vahekaugus, seega on nii enne muudatusi kui hiljem suurem koorem lubatud Eestis kasutatavast pikematele veokitele.

Muutusi hinnati arvestades 13 enamlevinud raskesõiduki (üle 3,5t massiga) koormusskeemi ja sõidukitüüpide levikut 24 läänis ning arvutati välja summaarsed normtelgede läbikud nii olemasoleva koormuse (10/16/51,2) kui ka kahe analüüsitava stsenaariumi korral.

Koondina hinnati täiendavad hoolduskulud 10/16/56 stsenaariumi järgi riigiteedel 9,18 miljonile Rootsi kroonile aastas ning vallateedel 1,52 miljoni kroonile, 10/18/60 stsenaariumil aga vastavalt 72,2 ja 11,9 miljonile Rootsi kroonile aastas.

Teede tugevdamise kulude arvutamisel lähtuti koormuse tõusust ning tugevdamise kulud on toodud vastavalt koormussagedusele Tabel 8.

Tabel 8. Teedevõrgu tugevdamise kulud liiklussageduste lõikes

Liiklus (AKÖL)	Arvutuslik koormus (DT - normtelgedes)	Koormussageduse kasv 10/18/60	Lisakulud tugevdamisele SEK/m2
0-500	30	5	0,15
500-1000	75	14	0,43
1000-2000	150	27	0,81
2000-4000	300	54	1,35
4000-8000	600	108	1,62
8000-12000	1000	180	2,16
12000	1500	270	3,24

Kokkuvõttes kujunes uuringu järgi teede tugevdamiseks vajalike tööde maksumuseks 398 miljonit SEK (ilma vallateedeta, millele arvestati 64 miljonit SEK), mis jagatuna kavandatud investeeringuperioodile vastab 32,7 miljonile Rootsi kroonile aastas. Sildade tugevdamiseks on samas töös arvestatud kokku 1,36 miljardit SEK. **Seega summaarselt kavandati kulutada infrastruktuuri tugevdamiseks 1,76 miljardit SEK.**

Jagades vajalikud investeeringud programmi kestvusega, arvestati aastaseks vajaduseks sildade ja teede tugevdamisel 198,4 miljonit SEK ning täiendavateks hoolduskuludeks 84,1 miljonit SEK, mis kokku moodustab 282,5 miljonit SEK (kõik arvutused on teostatud 1980. aasta hindades).

1987. a dokumentide andmetel otsustati 10-aastase investeeringukava (1988-1997) raames finantseerida valdavalt sildade tugevdamist **kokku 5,75 miljardit SEK**, millest 4 miljardit plaaniti saada raskesõidukimaksust ja 1,75 miljardit ressursitasust. Investeeringud suunati prioriteetsena metsarikaste maakondade riigiteedele (400 MSEK/a) ja erateedele (15 MSEK/a) ning põhimaanteedele ja primaarvõrgule (150 MSEK/a). Koormuste tõstmine kavandati järkjärgulisena: 56 tonnini alates 1990. aastast ning 60 tonnini alates 1995. aastast. 60-tonnine koormuspiir kehtib vähemalt seitsmeteljelistele sõidukitele.

Soome - koormused

Soome teedevõrk²⁸ on ca 453 000 km, millest 350 000 km moodustavad era- ja metsateed (riigiteede pikkus 01.01.2011 seisuga 78 162 km, millele lisanduvad rambid 1146 km ja praamiühendused 61 km ulatuses).

1923. a kehtestati esimesed piirangud teljekoormuse ja sõiduki täismassi suhtes (kuni 5 tonni telg, kuni 7 tonni auto). 1961. aastast olid määrad vastavalt 8 ja 30 tonni (koos järelhaagisega) ja kogupikkus piiratud 18 meetriga. 1975. aastast lubati 10-tonnised teljed ning täismassipiirang tõusis 42 tonnini kogupikkusel 22 meetrit (20 tonni ületav määr seotud sõiduki esimese ja viimase telje vahega). 1982. a tõsteti täismassipiirangut 48 tonnini, seostatuna samuti telgede vahega. 1990. aastast jõustus 56 tonni piirang (talveajal 60 tonni), mis hiljem muudeti 60-tonniseks ilma aastaajapiiranguta. Viie- ja enamateljelised veokid võivad olla kuni 22 meetrit pikad. Koormus 52 tonni on lubatud vähemalt kuuateljelistel sõidukitel ning 60 tonni vaid seitsme- ja enamateljelistel. 1997. aastal seoses moodulveokite (EMS) rakendamisega suurendati vastavate autorongide lubatud pikkust 25,25 meetrini. Enne moodulsõidukite (25,25 m) lubamist viidi CEDR andmetel (aruanne oktoobrist 2007, p 4.2 lk 9) läbi ka uuring, mis tõi välja täiendava finantseerimisvajaduse 300 miljoni FIM ulatuses (€ 50 mln).

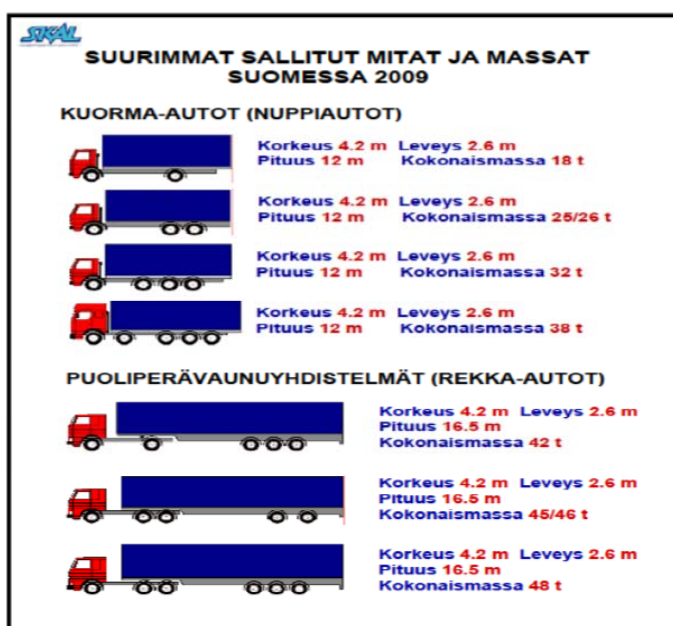
Lisaks täismassipiirangule järgitakse Soomes täiendavalt alljärgnevat 3 reeglit²⁹:

- **sillareegel:** neljateljelise sõiduki või 44 tonni ületava massiga autorongi täismass on piiratud väärtusega, mis moodustub 20 tonnile 270 kg lisamisega iga 10 cm kohta, mille võrra ületab äärmiste telgede vahekaugus 1,8 meetrit; viieteljelisel sõidukil arvestatakse samal viisil 10 cm väärtuseks 350 kg; üle 40 tonnisele veokile peab vedukauto viimase telje ja haagise esimese telje vahe olema vähemalt 3 meetrit;
- **haakereegel:** järelhaagise mass võib ületada 1,5 korda veduki massi, kui sõiduki pikkus on alla 22 meetri, ja 2,5 korda üle 22 meetristel sõidukitel, kui haagis on varustatud ABS piduritega;
- **pööramisreegel:** reeglina peab sõiduk pööramisel mahtuma 12,5 m raadiuse ja 5,3 m raadiuse vahele; auto ja täishaagise kombinatsioonil lubatakse siseraadiuseks 5 meetrit alla 22-meetristel sõidukitel ning vaid 2 meetrit üle 22-meetristel ehk EMS veokitel.

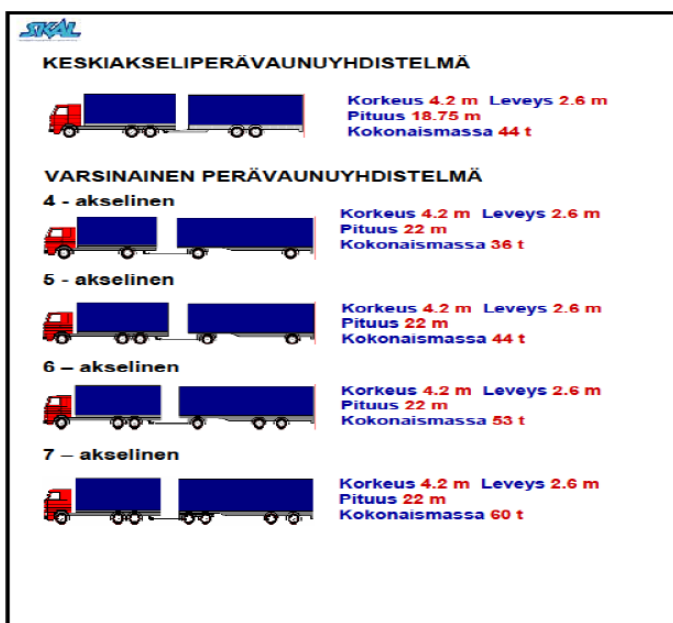
Täismassipiirang koos lisatingimustega toob kaasa selle, et 60-tonnine täismass on võimalik vaid juhul, kui kasutusel on vähemalt 7 telge ja äärmiste telgede vahekaugus ületab 16,7 meetrit. Kuuateljelise veduki piiriks on 53 tonni ja telgede vahekauguseks vähemalt 14 meetrit. Viieteljeline veduk võib olla 44-tonnine ja neljateljeline 36-tonnine. Poolhaagiste kasutamisel on 2+2 kombinatsioon piiratud 38 tonnini, 2+3 – 42 tonnini, 3+2 – 46 tonnini, kui telgede vahekaugus on vähemalt 11,5 meetrit; 3+3 – 48 tonnini, kui telgede vahekaugus on vähemalt 12,2 meetrit.

²⁸ http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lti_2011-06_tietilasto_2010_web.pdf

²⁹ https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/25837/nakki_simo.pdf?sequence=1



Joonis 9. Soome piirangud veoautodele ja poolhaagistega vedukitele



Joonis 10. Soome piirangud autorongidele



Joonis 11. Soome piirangud moodulveokitele

Erateede hooldamiseks ja remondiks makstakse hooldustoetust, kui tegemist on püsiasustust teenindavate teedega. Iga-aastane summa on suurusjärgus 23 miljonit eurot (2009³⁰), metsateede kapitaalremondiks on eraldatud toetusraha 8 miljonit eurot (2009). Toetuse summa suureneb aastast aastasse.

Kruusateede kandevõime hindamisel teede sulamisperioodil soovitatakse³¹ kasutada Loadman II tüüpi seadmeid, mille abil mõõdetud kandevõime väärtusel üle 80 MPa ei ole tegemist kahjustustega ja alla 50 MPa liigitatakse tugevasti kahjustatuks (Saarelainen 1999).

Soome - katendid

Katendi dimensioneerimiseks on Soomes pikemat aega kasutusel *Odemarki* valem. 1985. aasta juhendis on detailselt määratletud materjalide elastsusmoodulid. Juhendi kasutamise lihtsustamiseks esitati ka abitabelitena tüüpkonstruktsioonid. 1991. aastal kahandati materjalide arvutuslike moodulite väärtusi, 1999. aastal muudeti liikluskoormuse arvestusreegleid (kahekordistati haagiseta raskeveokite mõju ning lisati kolmandik autorongidele) ja korrigeeriti tee laiuselt tulenevat parandustegurit (võimaldab tõsta nõudeid kitsastele teedele³²). 2004. aastal rakendus kehtiv juhend, kus on korrigeeritud aluspinnaste käsitlust, muudetud külmakerke arvutusskeemi, oluliselt tõstetud sõidukite siirdetegureid ja lisatud täiendav koormusklass KKL25. Kasutusel ka APAS katendite projekteerimistarkvara (turustatakse kommertsalustel VTT poolt, kuid arendustegevus on lõpetatud juba 2005. a). Soomes kehtiva meetodika detailsem kirjeldus paikneb eraldi peatükis 4.2, kuid võib väita, et katendite dimensioneerimise süsteemi muudatused on ellu viidud paralleelselt ja seostatult lubatud koormuste muutmisega.

³⁰ http://www.tapio.fi/files/tapio/Aineistopankki/Alemman%20asteinen%20tieverkko_Hannu%20Niemela.pdf

³¹ <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2011/mwp200.pdf>

³² Kui sõiduraja ja teepeenra laius kokku on vähemalt 5 m, on parandusteguri väärtus 1,0. Teguri maksimaalvärtus 2,8 kehtib juhul, kui sõiduraja ja peenra laius kokku on 2,5..3,5 meetrit ja mulde nõlva kalle on laugem kui 1:3

Taani

Taani riigiteede võrk moodustab vaid 5% kogu teedevõrgust (01.01.2010 – 3788 km, kogu teedevõrk 73 754 km), kuid 45% kogu riigi liiklusest toimib riigiteedel. Riigiteedest 1081 km on kiirteed (*motorway*), 319 km ekspressteed ja 2388 km muud (üldiselt kahe rajalised) põhimaanteed. Püsiühenduse konsortsium vastutab Suure Belti sillaühenduse eest (41 km). Kiirteede liikluse kasvutempod on oluliselt kõrgemad teistest teedest – perioodil 2000-2009 kasvas liiklus 40%. Ligikaudu veerandil teedest on katend vananenud (üle 15 aasta) ja 2/3 sildadest on üle 25-aastased.

Üleriigiliselt on alates 1980-ndate algusest lubatud 48-tonniste sõidukite piiranguteta liiklus. 2011. a tõsteti üldist kaalupiirangut 54 tonnini.

Vallateedel on tihtipeale kandevõime piiratud, sildadel 40 tonnini ja täiendavalt kasutatakse sildade kitsendamist, mis välistab kahe raskesõiduki samaaegse paiknemise sillal.



Joonis 12. Taani riigiteedevõrk

2008-2009 teostas **COWI uuringu kaalupiirangute tõstmise võimalikust mõjust [15]**.

Uuriti vedava telje koormuse tõstmist 10 tonnilt 11,5 tonnile, kolmeteljelise veoki massipiirangu tõstmist 24-lt 26-le tonnile, neljateljelise haagise massipiirangu 30 tonnile (lisaks senisele kolmeteljelise haagise piirmäärale 24 tonni), neljateljelise veoki massipiirangu tõstmist 29,5 tonnilt 32 tonnile ning 56 tonnist maksimaalset piirmäära (32 t veduk + 24 t poolhaagis; 26 t veduk + 30 t haagis; tavalisel 6-teljelisel poolhaagisel 50 t).

COWI uuringus on toodud teede keskmised katendite kihipaksused teeliikide lõikes:

Tabel 9. Taani keskmised katendid (2008)

Tee liik	Pikkus km	Koormus (10t telg 2008)	Asfalt	Alus (avg)	killustik	Tugevdus 50 MPa alusel	Tugevdus 25 MPa alusel
Kiirtee	990	4.200.000	275	592	220	260	480
Ekspresste	2 277	352.000	184	420	220	120	280
Põhimaantee	7 809	199.000	165	365	200	100	230
Põhitänav	7 569	67.800	148	355	150	140	270
Tugimaantee	4 413	75.100	119	297	150	90	200
Kõrvaltänav	4 319	7.170	109	326	120	140	270
Kohalik maantee	44 986	2.790	89	266	120	100	200

COWI uuringu baasil koostas Taani Maanteeameti (Teedirektoraat) töökomisjon aruande [16], mille järeldusena leiti, et teede tugevdamise maksumus 20 aasta jooksul veotelje koormuse tõstmiseks on 141 miljonit DKK, kolmeteljelise haagise piirangu tõstmiseks 67 miljonit DKK, neljateljelise haagise piirangu tõstmiseks 106 miljonit DKK, neljateljelise veoki piirangu

tõstmiseks 8 miljonit DKK ja 56-tonnise piirmäära kehtestamiseks 354 miljonit DKK, kusjuures tundlikkusanalüüsi alusel võib mõju ulatuda 56-tonnisele piirangul 890 miljoni DKK-ni.

2009. aasta detsembris saavutati poliitiline kokkulepe teehooldustööde täiendavaks finantseerimiseks summas **2,7 miljardit DKK nelja aasta jooksul** (2010-2013), mis moodustab esimese etapi 10-aastasest teetööde plaanist ja on suunatud rajatiste ning teekatendite uuendamisele ja tugevdamisele.

Kokkuvõtteks tõsteti 2011. aastal üldiseid piiranguid: vedava telje lubatud koormus tõusis 10-lt 11,5 tonnile ning tandemteljel 16 tonnilt 19 tonnile, samas täpsustati täismassipiirangut kuueteljelistel veokitel (48 tonni, varem vaid tootja loal) ja lisati täismassipiirang vähemalt seitsmeteljelistele (54 tonni).

Katseliselt (EMS süsteem) on lubatud 25 meetrised ja 60-tonnised sõidukid 2008. aasta lõpust vaid valitud trassidel. Trasside loetelu on pidevalt täiendatud, samuti on pikendatud testsõitude ajalist ulatust kuni 2017.

aastani, et soetatud sõidukid end ära tasuda jõuaks. Testi sildi all on lubatud kuni 1000 seniseid piirmäärasid ületava sõiduki liiklus. Ametlikel andmetel ületab Oresundi silda 1500 suurt raskeveokit ööpäevas (erikokkulepe Rootsi ja Taani vahel, mis lubab ühenduse Malmö ja Kopenhaageni lennuvälja vahel).

Ametnikud kinnitavad, et testsõiduki sildi all lubatud suurveokid ei pea kinni ettenähtud trassidest ja liiguvad ka väljaspool selleks lubatud teid. Ristmike rekonstrueerimist vastavuses pikemate sõidukite piiratud pöörderaadiusega on finantseeritud muuhulgas vahenditest, mis olid ette nähtud kergliiklusteede rajamiseks (Padborg; 18.08.2008 "Jyske Vestkysten"). 145 miljonit Taani krooni on juba kulutatud infrastruktuuri tugevdamiseks, ringristmike ümberehitamiseks või likvideerimiseks.

MAP 3.4 NETWORK AND JUNCTIONS SPECIFIED FOR THE TEST OF MODULAR TRUCK SYSTEMS (MARCH 2010)

- Specified road network
- Harbour
- Centre for registration of goods/customs
- Rest facility with service station
- Freight centre/terminal
- Switching space of trucks



Joonis 13. EMS testvõrk koos teeäärse teenindusega

Taani katendid

Lisaks kirjanduse analüüsile pärineb Taanit käsitlev info ka AS Ramboll Denmark'is ja Teetehnika instituudis (23.09.2011) aset leidnud kohtumistelt. Taanis ei ole kaljupinnaseid, teedehituse jaoks imporditakse kogu tardskivikillustik Rootsist ja Norrast. Asfaltkatete kulumiskiht (SMA, AC surf) on alati valmistatud tardskivikillustiku baasil, nagu ka vahekiht (AC bin). Kandevekihi asfalt (AC base) on valmistatud reeglina kruuskillustiku baasil. Põhiliseks ehitusmaterjaliks on kohalikust kruusast (moreen) toodetud purustatud kruus, aluse ülakihi reeglina 0/32 korrektse sõelkõveraga (20-30 cm), alakihis liivane kruus 0/90. Kruuskillustiku kvaliteediomadused sõltuvad oluliselt sellest, kui suur on lubjakivisisaldus kruusas. Lubjakivi paikneb sügavamal, kuigi kohati ka teetsoonis – sel juhul jäetakse lubjakivi kaljupinnana ehituse alla ja ei purustata ega kasutata ehitusmaterjalina (kruusa on piisavalt).

Kuna Taanis naelrehve ei kasutata, on katendi kulumine mõõdukas. Mõra vähendamiseks kasutatakse laialdaselt peeneteralisi asfaldisegusid. Vana asfaltkate (freespuru) kasutatakse sidumata kihina, samuti ka purustatud betoon või tellis. Projekteerimisel kasutatakse suuremate objektide puhul tihti kohalikke materjale ning arvutusparameetrite valikul tuginetakse välisuuringute ja laboratoorsete katsete tulemusele, vähem kasutatakse üldistatud ja juhendites fikseeritud pinnaste parameetreid.

Kliimaatilised tingimused Taanis on mõnevõrra leebemad, külmumissügavus reeglina ei ületa 50 cm, kuigi külmumis-sulamistsükleid katendi ülakihis on palju.

Projekteerimisel kasutatakse tarkvara *MMOPP2011* [26], mis on koostatud Taani Maanteeameti tellimusel ja mida võib lugeda vabavaraliseks rakenduseks. Programmi lähtekood ei ole siiski avalik. MMOPP sisaldab nii analüütilist kui ka simulatsioonimeetodit. Vastavalt liikluskoormusele on võimalik kasutada ka kataloogimeetodit (kui aluspinnased on piisavalt tugevad ja liikluskoormus ei ole väga suur). Dimensioneerimistarkvara töögruppi juhtis Gregers Hildebrand (Maanteeameti Teetehnika instituut), teoreetiliste aluste eest vastutas Per Ullidtz (Dynatest) ja programmeerimistöö eest Christian Busch (Grontmij | Carl Bro).

Norra

Riigi teedevõrk kahes liigis, põhiteed 8873 km, tugiteed 27 360 km. Üldine kaalupiirang on 50 tonni. Teedevõrk on jagatud sõiduki üldpikkuse järgi 18,75 m, 15 m ja 12,4 m teedeks.

Metsaveokitel on lubatud kuni 22 meetrit pikkust ja kogukaalu kuni 50 tonni vaid juhul, kui veok on spetsiaalselt ette nähtud puiduveoks ja liiklemine toimub piiratud teedevõrgul. Maanteeõrandid kaalupiiranguga kuni 60 tonni ja pikkusega kuni 25,25 m on lubatud piiratud teedevõrgul (kolm lühikest lõiku Rootsi piiri ääres ning üks Soome piiri ääres). Kevadisel teedelagunemise perioodil on olulised piirangud seatud reeglina ainult vallateedele.

3.3. Euroopa riikide praktika

Venemaa

Maksimaalne täismass 38 tonni, kõrgus 4,0 meetrit ja pikkus 20 meetrit.

Leedu

Professor Aavik on Teelehes nr 3 (35)³³, oktoober 2003 (lk 8), võrrelnud Eestis kehtivaid normatiive Leedu normidega (Leedu võttis üle Saksa DIN ja sealsed arvutusreeglid).

Tabel 10. Leedus nõutavad katendi kandevõime näitajad

Tee kategooria	Summaarne liiklussagedus ekspluaatsiooni-perioodil ΣN_p	Linnaväline maantee		Linnalähedane maantee	
		Ennustatav keskmine ööpäevane liiklussagedus, autot/ööp.	Nõutav katendi elastsus-moodul, MPa	Ennustatav keskmine ööpäevane liiklussagedus, autot/ööp.	Nõutav katendi elastsus-moodul, MPa
Kiirtee	425·10 ⁵ 212,5·10 ⁵	>30000 15000...30000	445 415		
I	100·10 ⁵	7000...15000	385	>8000	390
II	425·10 ⁴	3000...7000	345	3000...8000	345
III	209·10 ⁴	1500...3000	315	1500...3000	315
IV	632·10 ³	500...1500	265	<1500	315
V	390·10 ³	<500	200		
I _v	107·10 ³	100...200	175		
II _v	15,7·10 ³	20...100	95		
III _v	14·10 ³	<20	88		

Eesti maksimaalne katendi vähim nõutav elastsusmoodul kiirtee puhul on 260 MPa, mis vastab umbes Leedu IV kategooria tee katendile. Leedu kiirtee minimaalne moodul kuni 30 000 a/ööp perspektiivse liikluse korral on 415 MPa ning üle selle 445 MPa.

Saksamaa

Raskemate sõidukite liikluse lubamiseks on Saksa Transpordiministeerium hinnanud kiireloomuliste investeeringute maksumuseks sildadel ca 8 miljardit eurot. (Raskesõidukid lühendavad sildade eluiga.) Täiendavalt juhitakse tähelepanu pörkepiiretele, mille rajamisel pole arvesse võetud 60-tonniste sõidukite mõõtmeid, ja parklate rekonstrueerimisele. Praegune parklate võrk on mõeldud maksimaalselt 18,75 m pikkuste raskesõidukitele ja kuni 60-tonniste puhul on tegemist 6,5 m pikemate sõidukitega. See toob kaasa parklate rekonstrueerimise vajaduse kogu Euroopas.

Käesoleval aastal sooviti alustada viieaastase katsesõitude programmiga kuni 25,25 m sõidukitega, mille kogumass ei ületa 44 tonni, kuid ilmselt tõsine konflikt - osades liidumaades ei ole sellised katsesõidud lubatud. Katsesõitude poolt oli 5 liidumaad, vastu 9 ja 2 liidumaa seisukoht jäi määratlemata. Samuti ei ole katsete ulatus piiratud - algselt kavandati 150 sõidukit, kuid praeguseks piirmäär puudub ning soovijaid registreeritakse.



Foto 5. Gigaliner ringristmikul

³³ http://www.mnt.ee/failid/teeleht/35/teeleht_35_12.pdf

Selgub³⁴, et selliste katsesõitude lubatavus on üldse küsitav ilma parlamendi Föderaalnõukogu otsuseta.

Kahes liidumaas on testidega piiratud mahus alustatud (25,25 m; 40 tonni). Uuringud on näidanud, et eriti liiklemisel mägises maastikus on üle 46-tonniste veokite puhul vajalik kahe veotelje kasutamine. Asfaltkatete analüüs on tõestanud, et raskematest koormustest tulenevalt kiireneb roobaste formeerumine; väsimuspraod, mis ilmnevad asfaldi alumistes kihtides, levivad kiiresti pinnale ja tulemusena tuleb remontida kogu katendi konstruktsioon. BAST (Maanteede föderaalinstituut – <http://www.bast.de>) uurijad on veendunud, et kuigi pikemate ja raskemate sõidukite rakendamine võib ajutiselt kahandada veokite koguarvu ja siit tulenevalt võib koormus mõneks ajaks mitte tõusta, võetakse kiirteevõrgu vabanev maht väga kiiresti uuesti kasutusele ja kogutulemusena kasvab nii koormus teedevõrgule kui ka tonnaaž. Analüüsid näitavad, et suhteliselt väike on suure telgede arvuga sõidukite mõju roobaste formeerumisele asfaltkattes, kuid oluline asfaldi alakihhi alumises pinnas väsimuspragude tekkele. See defekt liigub kiiresti asfaldi pinnale ja toob kaasa kogu katendi struktuuri remondivajaduse. Kui üldse pikemate sõidukite kasutamise võimalusest tõsiselt räägitakse, siis ainult juhitavate tagatelgedega sõidukitest.

Saksa Keskkonnaagentuur on hinnanud (2007), et raskeveokite (kuni 60 tonni) keskkonnasaaste ühe tonni veetud kauba kohta on väiksem kui tavasõidukil ainult siis, kui kandevõime kasutus ületab 80% - keskmine on täna vaid 64%. Ning ka siis, kui raskeveok saavutab 100% kandevõime kasutuse, on raudteevedu ikkagi keskkonnasäästlikum.

Raskeveokite suurem koormus muudab vedude struktuuri, senise siselaevanduse ja raudtee kasutuse asemel siirdub oluline osa koormusest maanteedele.

BAST (Maanteede föderaalinstituut) on võrrelnud OECD uuringu *Moving Freight With Better Trucks* [10] meetodikaga kolme tüüpilist EL sõidukit (poolhaagis 38 t/16,5 m; poolhaagis 40 t/16,5 m; poolhaagis+haagis 40 t/18,5 m), kolme suuremat (Saksa poolhaagis + haagis 40 t/25,25 m; Briti poolhaagis 44 t/16,5 m; Hollandi kahe haagisega veok 50 t/24,2 m) ja nelja väga suurt sõidukit (EU poolhaagis+haagis 60 t/25,25 m; Skandinaavia *B-double* kahe poolhaagisega 60 t/25,1 m; Skandinaavia veok poolhaagisega 60 t/25,25 m ja Austraalia *B-triple* – kolm poolhaagist 90,5 t/33,3 m). Katendit puudutavatest järeldustest tuleks esile tuua järgnevad:

- VWF (*vehicle wear factor*) – vastab sisuliselt siirdetegurile katendi kulumise suhtes. Võrreldes enamlevinud euro-poolhaagisega (40 t/16,5 m), mille tegur on 6,28, on kõik 60-tonnised katendile raskemad, kuid 38 t/16,5 m (7,27) ületab isegi Briti poolhaagise (6,99). Skandinaavia *B-double* (10,01) ja Austraalia (10,96) on kõige raskemad. VWF tegur on sõiduki kõigi telgede kulumistegurite summa. Kulumistegur sõltub teljekoormusest (ruutsõltuvus) ja rehvi parameetritest;
- aeglase liikumise ringitest näitab seda, kuivõrd sõiduk ulatub pöördel veduki juhtrataste trajektoorist ringi tsentri suunas. Kui esimene grupp mahub 6 meetri sisse, siis Saksa pikk raskesõiduk kaldub juba 6,66 m (Hollandi veok 6,54 m) ning Skandinaavia *B-double* 8,05 meetrit sissepoole (Austraalia 10,28 m);
- sirgel vajalik dünaamiline koridor on esimeses grupis 2,87..2,95 m, teises grupis 2,87..3,02 ja kolmandas 2,94 m;
- kõrvalepõike võimendus (sõiduraja vahetamisel) viimases haagises jääb esimeses grupis vahemikku 1,2..1,39 - Hollandi kahe haagisega veokil on see koguni 3 ja Saksa pikal veokil vaid 0,95;
- reavahetuse pendeldus ulatub Hollandi veokil 1,2 meetrini, samas kui europoolhaagisel on see vaid 0,38 m.

Holland

1999-2003 ja 2004-2006 viidi läbi testid ja 2007. a novembrikuust on lubatud 50-tonniste 25,25 m pikkuste sõidukite liiklus. 2008. a maikuuks laiendati lubatud täismassi piirangut 60-tonnini, kuigi transpordiministri kinnitusel kiirendab see infrastruktuuri rajatiste, eriti sildade, kulumist ja

³⁴ <http://www.nomegatrucks.eu/news/2011/trials-of-longer-trucks-require-parliamentary-approval/>

lagunemist. Siiski on kasutusel lubade süsteem. Lubasid väljastab kohalik teedevalitsus, kes kontrollib soovitud teelõigu vastavust nii geomeetria, kandevõime kui ka liiklusohutuse nõuetele. EMS katselisele kasutusele seati alljärgnevad piirangud (2007):

- kus võimalik, piirdub raskeliiklus ainult peateevõrguga;
- EMS liiklust ei lubata kesklinnadesse, 30 km/h aladele ja jalakäijate piirkonda;
- EMS liiklus lubatud ainult teelõikudel, kus on välja ehitatud eraldi jalg- ja jalgrattateed (rajad), erandina maksimaalselt 5 km ulatuses eraldatud kergliiklejate aladest eemale.

Täiendavalt esitati järgnevad nõuded (2009. a aruandest):

- kriitilistes ilmastikutingimustes on liiklus keelatud (lumi/jää);
- nõutav on juhi kõrgem kvalifikatsioon kui tavaveokite puhul;
- vajalikud on täiendavad ohutusseadmed;
- kehtib möödasõidukeeld.

Inglismaa

Inglismaa hindab ja kinnitab uuringute põhjal, et raskesõidukite lubamine maanteedele on ohtlik ja muudab transpordistruktuuri. Võrreldes mandri-Euroopaga puudub sõidukite kõrguspiirang, kuid sõidukid peavad mahtuma sildade alt läbi ning igal üle 3 meetri kõrgusel sõidukil peab olema kõrguse tähis. Praktikas esinevad ka kõrgused kuni 4,90 m. Kaalu- ja pikkuse piirangud vastavad EL tavale (40/44 tonni ja 18,75 meetrit).

TRL (British Transport Research Laboratory) uuring 2008. aastast³⁵ on andnud negatiivse hinnangu suurveokite lubamisele, põhjendades seda infrastruktuuri tugevdamise, teegeomeetria parandamise, parklate laiendamise vajaduse ja kaubavedude struktuuri ebasoodsa muutusega ning erinevuste süvenemisega transpordiviiside vahel. Lubatud on 16,5 m pikkused sõidukid ning kaalutakse 18,75 m lubamist ilma lubatud kaalupiiri tõstmata, koos täiendavate nõuetega veetavate telgede kontrollitud juhtimissüsteemi rakendamiseks (pööravad haagiseteljed, mis lukustuvad alates teatud kiirusest).

Prantsusmaa

Testitakse 25,25 meetriste sõidukitega kuni 57 tonnise kogukaaluga. Reeglina lubatakse 44 tonnist kogumassi konteinerredudel, metsaveol ja 150 km raadiuses meresadamatest ning kogupikkus on piiratud 18,75 meetrini.

Austria

Austria liiklusühing on hinnanud alpimaa sildade ümberehituse maksumuseks ca 1 miljard eurot. See ei sisalda kulutusi turvasüsteemidele, peatusplatsidele ja parklatele. Riigi positsioon on suurte raskeveokite lubamise osas negatiivne.

Belgia

Kaalutakse 60-tonniste ja 25,25m pikkuste veokite pilootprojekti. Projektiga ei ole föderaalvalitsuse tõrjuva suhtumise tõttu alustatud.

Šveits – uuring 60-tonnistest veokitest Šveitsi teedevõrgus (C10016)

2011. a juulikuus on avaldatud *Borlini & Zanini SA* teostatud uuring³⁶ [13] mis algatati Šveitsi Parlamendis 2010. aastal toimunud debati järel (*Gigaliner, Megatrucks* liiki kuni 60-tonniste pikkade sõidukite lubamise võimalikust mõjust Šveitsi teedevõrgule). Tänaused piirangud võimaldavad kuni 18-meetriste sõidukite liikluse, kusjuures 40-tonnist koormust lubatakse 5-6 teljeliste sõidukitele. Šveitsi riigiteede võrk koosneb 1766 km-st kiirteedest (sh 200 km

³⁵ <http://www.nomegatrucks.eu/the-facts/independent-research/trl/trl-study-effects-of-permitting-mega-trucks.pdf>

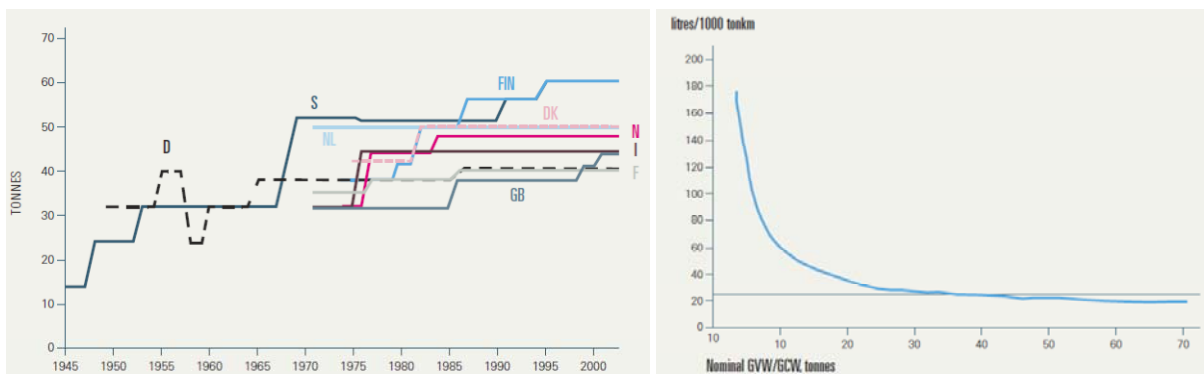
³⁶ http://www.nomegatrucks.ch/typo3/fileadmin/user_upload/nomegatrucks-data/b_documents/110711ZaniniStudie_Auswirkung60Tonnen_Schluss.pdf

tunnelites; ehitatud 1958..1986), kantonite teedest (18 136 km) ja kohalikest teedest (51 446 km). Kiirteede ehituskulud on pidevalt kasvanud, tõstes praeguseks kiirteevõrgustiku väärtuse ca 50 miljonile frangile kilomeetri kohta. Iga-aastased hoolduskulud (normaalse hooldusrežiimi korral) on teedel ja tänavatel 3,5% ning rajatistel 1,25% maksumusest (ehitiste tööiga 30 a teedel ja 80 a sildadel ning tunnelitel). 90-ndatel tõsteti lubatud täismass 28 tonnilt 40 tonnile, samas tõusid ka teede hoolduskulud, mis moodustasid 1985-2000 ca 350 miljonit, tõustes 2001-2008 tasemele 580-800 miljonit franki aastas. Samas muudeti ka sildade koormusmudelit (SIA 160 (1956), SIA 160 (1989), Swisscode 261 (2003)). Uuringu kokkuvõtteks tõdetakse, et küsimus ei ole pelgalt teede ja sildade kandevõime tõstmises, vaid on oluliselt komplitseeritum. Ehituselt keerukatele tugevdusmeetmetele lisanduvad sekundaarsed ehitised – barjäärid, parklad, aga ka vajadus korrigeerida ristmike geomeetriat, et tagada pikemate sõidukite mahtumine pöördel ettenähtud piiridesse. Kuludeks hinnatakse 1..1,5 miljardit franki aastas 15 aasta jooksul (sisaldab nii investeeringuid kui ka hoolduskulude tõusu). Hinnanguliselt on lisakulude maksumus 2020. aastani kokku 76 miljardit franki.

Juhul kui Šveitsi teedele soovitakse lubada pikemate (18,75 m) või raskemate (40/44 t) veokite liiklust, saab sellist otsust teha vaid rahvahääletuse teel.

ACEA uuring veokite kaalu ja pikkuse mõjust transpordi efektiivsusele

ACEA on Euroopa autotööstuse ühendus. 2005. aastal on avaldatud uuring³⁷ (*Truck masses and dimensions – impact on transport efficiency*), mille vastutavaks koostajaks oli Chalmersi Ülikooli professor Kenth Lumsden. Kui transpordisektorite võrdluses tuuakse eeskujuks USA raudteesüsteemi, siis tuleb meele pidada, et kuna USA ei ole reeglina raudteid elektrifitseerinud, siis on võrreldava koosseisuga võimalik vedada kaks korda rohkem konteinereid (kõrgusgabiit on suurem). Tulemusena on USA raudteevedude omahind madalam kui mistahes Euroopa riigis. Maanteetranspordis on pidevalt suurenenud sõidukite täismass.



Joonis 14. Maksimaalse täismassi piirangu areng Euroopas ja kütusekulu sõltuvus täismassist

Graafikud tuginevad Volvo Trucks' andmetel (täismassi piirangu graafik on toodud ka Lisas 3). Uuringus on jõutud alljärgnevatele järeldustele:

- sõiduki suurus peab olema kohandatud kohalikele oludele ja vajadustele;
- paindlikud ja modulaarsed kombinatsioonid võimaldavad kasutada sõidukeid erinevates liiklusolukordades, kombineerides haagiseid vastavalt oludele;
- transport tuleb integreerida logistilistesse ahelatesse ja samu laadimisühikuid peab kasutama kogu ahela ulatuses;
- **põhiosale pikamaavedudest on massipiirangust olulisemal kohal pikkusepiirang, sest tavakaup on mahutundlik;**
- maanteetranspordi keskkonnamõju on seotud kütusekulu ja maakasutusega. Kütusekasutuse efektiivsus on otseses sõltuvuses sõiduki suurusest – mida suurem sõiduk, seda efektiivsem;
- intermodaalsus ja standardiseeritud mõõtmed peavad olema ajas stabiilsed ja kuna raudteed ning veeteed ei ühenda kõiki sihtkohti, liiguvad põhilised veosekogused siiski maanteetranspordis;
- ohutus sõltub kõige rohkem vedukite arvust maanteel, suuremate ja raskemate sõidukite kasutamine võimaldab kahandada vedukite arvu. Pikad sõidukid on koguni stabiilsemad.

EC Workshop on LHV's, 2009

Seminaril tutvustati Euroopa Modulaarse Süsteemi (EMS) põhimõtteid³⁸, mis võimaldab lubada suuremaid massi- ja pikkusepiiranguid osalisel teedevõrgul tingimusel, et kasutatakse standardseid EU mooduleid (modulaarsuse kontseptsioon direktiivis 96/53/EC; [3]).

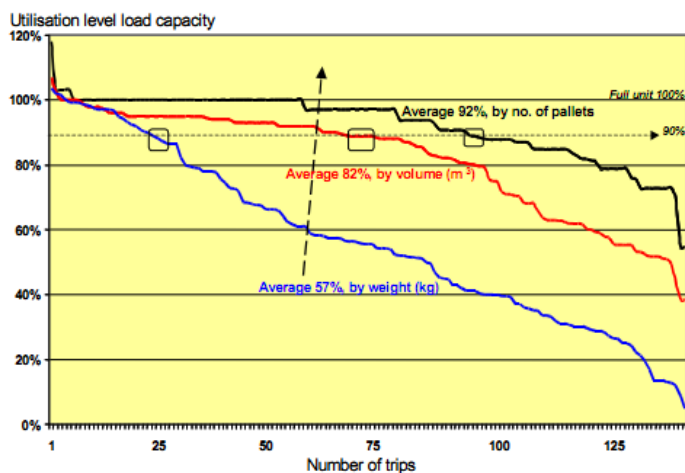
Kontseptsioon tugineb eeldusel, et standardseid mooduleid kombineerides on võimalik kiirteedel kasutada mitme poolhaagisega pikendatud sõidukit ning kaupade laialiveoks lõpptarbijani tuleb poolhaagised edasi vedada ühekaupa.

Kuna liiklusohutuse aspektist tuuakse esile probleeme möödasõidul nii ülipikkadest sõidukitest möödumisel kui ka pikkade sõidukite möödumisel aeglasematest, siis on juhitud tähelepanu asjaolule, et põhiosas toimuvad kaugveod kiirteedel, kus ühes suunas kulgeb mitu sõidurada.

³⁷ http://www.acea.be/images/uploads/pub/trucks_masses.pdf

³⁸ http://ec.europa.eu/transport/road/events/doc/2009_06_24/2009_gigaliners_workshop_acea.pdf

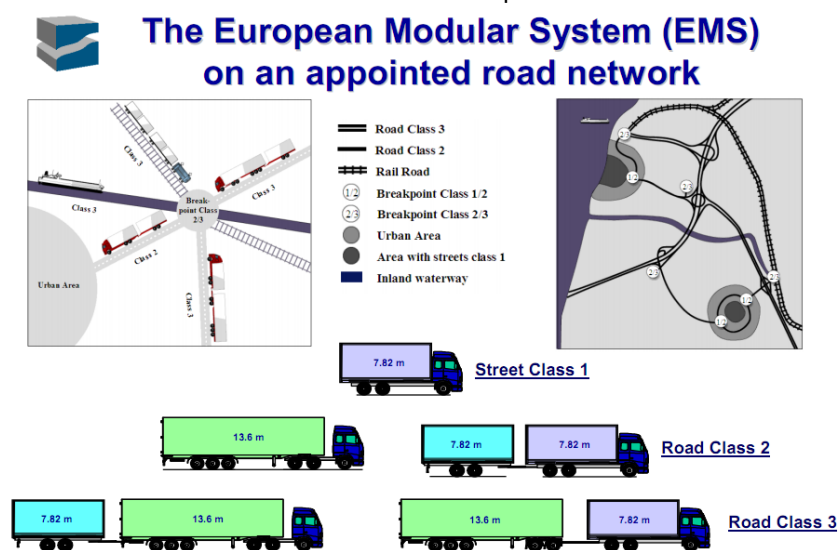
Sellest tulenevalt on käesoleva uuringu koostaja seisukohal, et teelõigule tavapärasest (18,75 m) pikemate sõidukite lubamise eeltingimuseks on samas suunas mitme sõiduraja olemasolu või vähemalt adekvaatsed võimalused ohutuks reeglipäraseks möödasõiduks.



Data source: NEA.

Joonis 15. Ressursikasutus kaubaveol

Graafik (esitatud ka Lisas 4) kinnitab, et massipiirang ei ole kaubavedudele kriitiline, sest keskmiselt kasutatakse sõidukile lubatud piirmäära 57% ulatuses.



Max. length 25.25 m and max. weight 60 ton on "Class 3" roads for EMS combinations allowed in Sweden and Finland when joining the European Union

Joonis 16. EMS moodulite kasutamine erinevatel teedel

EMS skeem on toodud ka Lisas 5.

3.4. Muutunud koormused

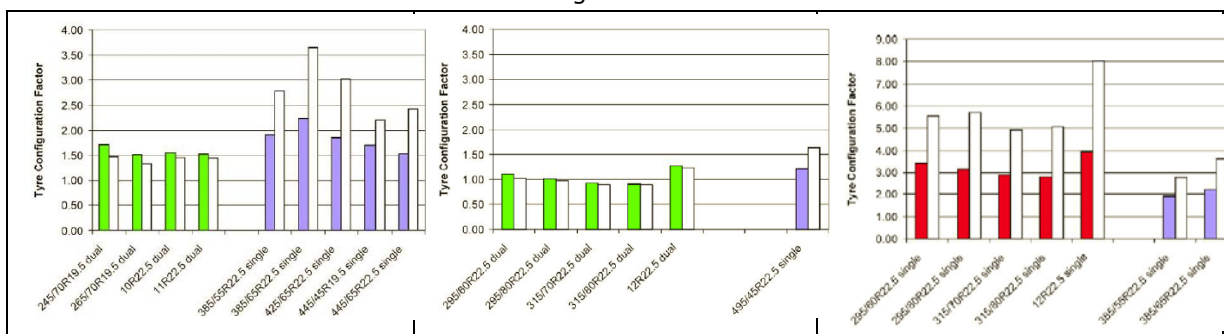
J. Pihlajamäki (Finnmap Infra 2011) on uurinud raskeliikluse erinevate ratta- ja rehvitüüpide mõju tee tööeale. Võrreldi paarisrataste 12R22,5 ja 12R19,5 ning *super single* 445R22,5, 385R22,5 ja 350R22,5 mõju kahele erinevale katendikonstruktsioonile (8 cm asfalti, 15 cm asfalti). Andurid paigaldati nii asfaldikihti kui ka tee alusesse erinevatele sügavustele. Võrdlused tehti vastava rehvitüübi tootja poolt ettenähtud optimaalse rehvirõhuga ja 8-tonnise teljekoormusega; 10-tonnist teljekoormust rakendati paarisratastega telgedel ja suurimal *super single* rehvil. Asfaldi alapinna deformatsioon 8-tonnise teljekoormuse korral oli kuni 5,3 korda suurem kui normaalmõõdus paarisratastel, kandevkihi deformatsioon kuni 4 korda suurem (kriitilisemaks mõõduks kujunes 385R22,5). 10-tonnise telje võrdlustes oli *super single* mõju 4,5 korda suurem asfaldis, 2,5 korda suurem kandevkihis.

Murettekitavad on samuti välimõõtmistel (Löuna-Aafrika, De Beer 2006) saadud tulemused, mis viitavad esiteljel veelgi suuremale rehvirõhule (mõõdetud 45000 rehvi keskmiseks esiteljel 900 kPa, kõigil teistel telgedel 800 kPa).

Reas riikides on esitelje koormus piiratud 6-tonniga, samas kui teistel telgedel on piiriks 10 tonni (USA, Egiptus). Kuigi mõõdetud kontaktsurve on ca 90% rehvisurve, siis reas tööst on leitud suurimad kontaktpinged rehvi keskala all ülemise asfaldikihi sees ja nende väärtused on koguni kahekordsed, võrreldes arvutuslikuga. Arvutuslikuks rehvirõhuks soovitatakse Egiptuses uuringute (Abdel-Motaleb, 2006) tulemusel kasutada koguni 140 psi (965 kPa) – reaalselt on rehvirõhud määratletud rehvitootja soovitude alusel.

Timo Saarenketo (Roadscanners), tutvustades (05.10.2011 Maanteeameti korraldatud seminaril) arvutiga reguleeritavat rehvisurve süsteemi, kinnitas rehvitootja poolt ettenähtud rehvisurvena 950 kPa, mis vastab heas seisus paksema kõvakattega kiirtee omadustele, soovitas madalama kandevõimega aladel rehvisurve langetamist 300 kPa tasemele, mis võimaldab tõsta katendi eluiga 50-80%.

COST 334 töös on analüüsitud erinevate rehvitüüpide mõju, võrdlustulemused erinevad põhiteedel ja kõrvalteedel (vastavalt 15 cm ja 8 cm asfaldikiht) ning järeldatakse, et laia rehvi teed kahjustav mõju avaldub eriti teravalt kõrvalteedel. 10% rehvisurve tõus suurendab katte kulumist 15%, kontaktsurve tõus kiirendab väsimuspragude teket, paksu asfaldikihi korral on roobaste teke lineaarses seoses kontaktsurvega.

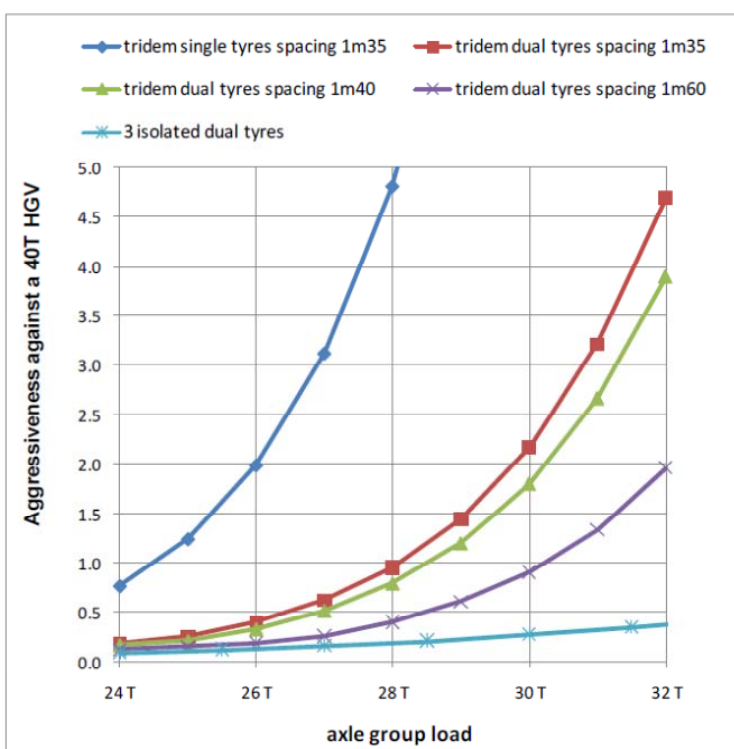


Joonis 17. Rehvi võrdlustegurid veetaval, vedaval ja juhtteljel



Foto 6. Rehvide võrdlus - 445/50R22,5 vs 2*275/80R22,5; foto allikas: Auburni Ülikooli uurimistöö 2005

Soome eksperdid on võrrelnud paarisrataste ja *super single* rehvide mõju katendile erinevate rehvisurve ja teljekoormuste korral. Leena Korkkiala-Tanttu on doktoridissertatsioonis³⁹



(Jääddeformatsioonide arvutusmeetod sidumata kihtidele) käsitletud protsessi teoreetilisi aluseid ja läbi viinud rea katseid HVS-Nordic testiseadmel. Lubatud koormusega (11,5t) veoteljega (paarisrattad) on kontaktsurve teepinnal 0,625 MPa, kuid 10-tonnise koormusega veetaval üksikrehvidega varustatud telje korral 0,737 MPa ehk 23% suurem senisest arvutuslikust näitajast. Analoogilised tulemused on saadud ka teiste uuringute käigus. Graafikul 18 tasub võrrelda kaht ülemist joont, mis kajastavad vastavalt paarisrehvidega või üksikrehvidega varustatud kolmeteljelise teliku agressiivsust. Täna on kolmeteljeline telik väga levinud poolhaagistel just üksikrehvidega. Võrdlus on tehtud tarkvaraga *Alize* [11]

Joonis 18. Kolmeteljelise teliku agressiivsuse võrdlus (SETRA)

³⁹ <http://lib.tkk.fi/Diss/2009/isbn9789513871369/isbn9789513871369.pdf>

3.5. Kaalupiirangud ja seosed

Vaadeldes maanteeliikluses lubatud täismassi piirangute küsimust laiemalt, leiame, et kõigis näiteks toodud riikides (Austraalia, Kanada ning Soome ja Rootsi) esinevad siseriiklikus transpordis väga pikad vahemaad ning suured hõredalt asustatud piirkonnad. Soome ja Rootsi puhul lisandub veel asjaolu, et suurel osal aastast on maa külmunud ja igasuguste konstruktsioonide kandevõime oluliselt parem.

Piiravaks kriteeriumiks on tihti olnud sildade kandevõime, selles osas on eriti oluline kaalujaotus võimalikult pikemale alale ning see on ka põhjuseks, miks valdavalt seostatakse tavalisest raskemate koormuste lubamine sõiduki kogupikkusega või esimese ja viimase telje vahega.

Uuringud näitavad, et lubatud pikkuse ja täismassi tõstmise majanduslik efekt on seotud senikehtivaid piirväärtusi ületavate sõidukite osakaaluga maanteetranspordis ning arvutustes esitatud efektiivsusnumbrid ei ole reaalses elus saavutatavad.

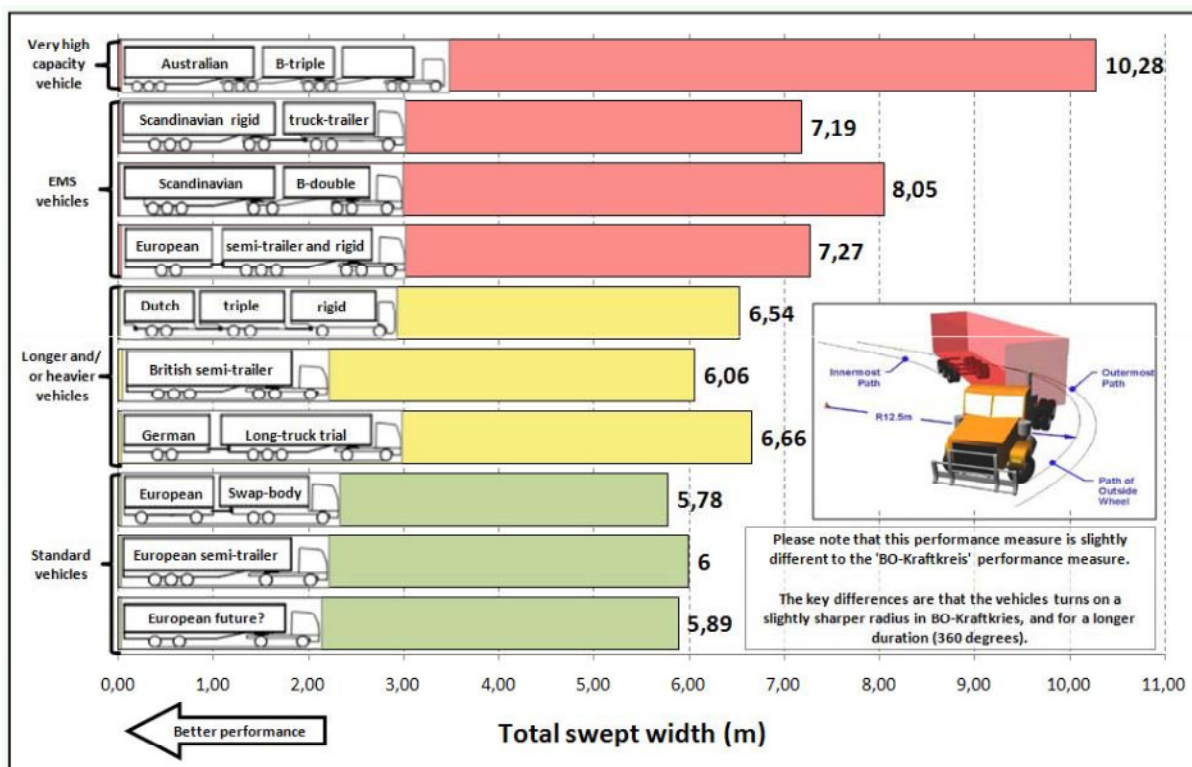
EMS skeemina esitatakse paindlikku süsteemi, mis kohaneb teedevõrgu omadustega ja väljaspool põhimagistraale veetakse kaubad edasi lühemate kooslustega. Reaalne elu riikides, kus sellist skeemi on katseliselt juurutatud, näitab, et suuremate sõidukite lubamisel vaid osale teedevõrgust liiklevad nimetatud sõidukid siiski ka teedel, millel sõitmiseks neil luba ei ole. Infotehnoloogia arenguga on loodud võimalused veokite liikumise jälgimiseks, samuti ka teljekoormuste dünaamiliseks registreerimiseks, mis võimaldab efektiivselt kontrollida tavakasutusest suuremate sõidukite liiklust. Lisaks annab sellise tehnoloogia laiem rakendamine ka võimaluse teekasutuse maksustamiseks ja konkreetsete madala kandevõimega teelõikude lagunemise puhul kahjunõude esitamiseks kahju põhjustajale.

CEDR uuringu⁴⁰ (EMS Paper, 2010) järgi ei ole ülipikkade veokite rakendamisel kaalupiirangu tõstmine üle 46 tonni enam oluline, kuna põhiline osa kaupadest, mille jaoks pikema sõiduki rakendamine annab efekti, on suhteliselt kergekaalulised. Samuti kinnitatakse, et juhul, kui tõsta enam pikkuse ning vähem kogukaalu piirangut (44/46 tonni), on muudatuse mõju infrastruktuuri kulumisele minimaalne.

⁴⁰ <http://www.euroexpress.org/uploads/ELibrary/NEA%20PAPER.pdf>

3.6. Kaasnevad probleemid

Maanteeamet korraldas 2006. aasta veebruaris ülipika autorongi katsesõidu marsruudil Narva-Sillamäe-Tapa⁴¹. Kasutati 24-meetrist autorongi ning tõdeti, et põhimaanteel ei väljunud autorong ettenähtud koridorist, kuid möödasõit oli oluliselt takistatud. Probleemid esinesid linnatänavatel, kus autorong sattus vastassuunavööndisse. Seetõttu on otsustatud mitte suurendada autorongi lubatud pikkust ning normist pikemate sõidukite liiklust käsitletakse ülegabariitsete sõidukite liiklusena ühekordse loa ja saatemasinate kasutamise kohustusega.



Joonis 19. Tüüpsõidukite koridorivajadus aeglasel pöördel, Bast 2011

Tõsiasi on, et erandina on Eestis lubatud ülipikkade busside liiklus (analoogilist erandit on kasutatud ka mujal), kuid neid kasutatakse vaid Tallinna linnas Lasnamäe ja kesklinna vahelisel ühendusel konkreetsetel liinidel, kus teostati eelnevalt kontrollsõidud ning vajalikud ümberehitused. Veoautode liiklus ei ole reglementeeritud samal viisil nagu liinibussidel, mistõttu on raske hinnata vajalike ümberehituste mahtu Eesti linnade tänavatel.

Maanteevõrgus on põhilised probleemid seotud erinevate samatasandiliste ristmike geomeetriaga. Paljudel ristmikel on rajatud ohutussaadred, mis tihtipeale on varustatud piiretega ja mille projekteerimisel ei ole arvestatud pikemate sõidukite jaoks vajalike suuremate pöörderaadiustega. Saksa uuringute andmetel ületab pöördeks vajaliku trajektoori laius Euroopas katsetatud EMS-süsteemile vastavate sõidukite puhul oluliselt standardsõidukitele vajaliku koridori laiust. Ristmike projekteerimisel esitatakse projekteerijale nõuded mitte väljuda olemasolevast tee maa-alast, mis võiks kaasa tuua maa võõrandamise vajaduse naaberkinnistuste omanikelt – seetõttu ei arvestata ka käesoleval ajal projekteeritavates töodes senisest pikemate sõidukite vajadustega. Arvestades siiski pikemaajalisi tendentse sõiduki pikkuse suurenemisel eelkõige selleks, et tagada soodsam režiim katendile ja sildadele (mitte suurendada teljekoormust ja jaotada koormus võimalikult pikemale alale), on otstarbekas korrigeerida projekteerimismorme, mis võimaldaks täna projekteeritavate objektide tööea jooksul pikemate sõidukite lubamist ilma olulisi ümberehitusi teostamata.

⁴¹ http://www.aripaev.ee/pdf/infoleht/aripaev_transport_&_logistika_juuni.pdf (lk 20)

Mitmetes riikides on käivitatud programmid teekoridoride laiendamiseks raskesõidukite võimalikel marsruutidel, mille käigus rekonstrueeritakse ja laiendatakse ristmikke ning ehitatakse ümbersõiduteid aladel, kus laiendamine ei ole mingil põhjusel lubatud. Paljudel juhtudel on ka kiirteedel raskeveokite möödasõit keelatud.

Erilist tähelepanu tuleb pöörata teeäärse teeninduse vastavusse viimisele pikemate sõidukite liiklusest tulenevate nõuetega – tanklate ja parklate parkimisalad vajavad rekonstrueerimist, sest tänased on arvestatud 18,75 m üldpikkusele ja senisest pikemate sõidukite parkimine võib ala blokeerida.

Siiski tuleb tähelepanu juhtida asjaolule, et ka juhul, kui pikemate sõidukite liiklus lubatakse fikseeritud ja kontrollitud trassidele, ei taga see veel nende sõidukite püsimist etteantud alal – erinevate pilootprojektide seires on täheldatud seda, et lubatud trassid ei ühenda kõiki suurte sõidukite poolt teenindatavaid siht- ja lähtepunkte ja tulemusena tekitatakse liiklusohutlikke olukordi. Lahendusena soovitatakse GPS-põhist jälgimist koos sisseehitatud teljekoormuse kontrolliga, mis võimaldab rakendada sanktsioone reeglite rikkujate suhtes.

Arvestades seda, et ristmike rekonstrueerimisel tuleb ka katendiga tegeleda (tänased katendid ei arvesta ristmiku eripära, staatilist koormust ja erinevate suundade liikluse liitumisest tulenevat suuremat koormust ristuv alal), on võimalik korraga lahendada nii kandevõimega seotud kui ka geomeetrilised probleemid.

3.6.1. Piirded ja raskesõidukid

Tänased kohustuslikud piirded ei arvesta üle 40-tonniste sõidukite võimaliku kontaktiga. Erinevate uuringute andmetel loetakse kõige ohtlikumaks sillasammaste kaitset ristete ja ristmike piirkonnas, kus silla all võib kulgeda suurel kiirusel raskesõiduk. Seejärel loetakse probleemseks sildadele paigaldatavaid piirdeid alal, kus sild ületab raudteed või teist suure liiklusega maanteed/tänavat. Probleemid seisnevad ka vastuolus sõiduautodele sobilike piirete ja raskeveokite piirete vahel. Mis ühele vajalik, võib teisele ohtlikuks osutada. Käesoleva töö eesmärgiks ei ole siiski erinevate piirete analüüs.

3.6.2. Talvine liiklus

Soome hinnangul võib olla vajadus lisatingimuste kehtestamiseks mägistes piirkondades talveajal – tasub kaaluda vedavale autole täiendava kaalu (paar tonni) lisamist, et parandada haardumist vedaval teljel, talverehvide kasutust vähemalt juhttelgedel ja vedavatel telgedel ning rehvimustrit vähemalt 50% algses ulatuses.

3.7. Täiendavad piirangud

Täiendavad piirangud Põhjamaades

Nii Soomes kui ka Rootsis on madalama klassi teedel, kus ei tagata igal aastaajal nõutud kandevõimet, kasutusel ajutised massipiirangud. Soomes on ajutiselt piiratud täismass ja teljekoormus 20% riigi teedevõrgust ja 90% kohalikust teedevõrgust. Rootsis on piirangute ulatus väiksem. Norra teedevõrk on klassifitseeritud vastavuses kandevõimega ja piirangud on aastaringsed.

Eestis rakendatakse ajutisi piiranguid 10% riigiteedest ja 20% madalama klassi teedest ja piirang kehtib üle 8 tonnise kogumassiga sõidukitele.

Massipiiranguid on riigiteedel kokku 540 teelõigul, neist 231 juhul kehtib piirang kogu tee pikkuses ja vastavalt 309 teelõigu puhul on tegemist osalise piiranguga.

Nimetatud 540 teelõigust vaid 9 kuuluvad põhi- ja tugimaantee hulka.

Piirangu liikidest kasutatakse erinevaid alljärgnevalt:

- registrimassi piirang (494): 8 t (458), 10 t (27), 16 t (5), 18 t (1), 20 t (2), 30 t (1);
- tegeliku massi piirang (17): 8 t (7), 10 t (9), 25 t (1);
- teljekoormuse piirang (29): 6 t (27), 8 t (2).

Ilmselt asendatakse registrimassi piirangud lähiaastatel tegeliku massi piiranguga.



Foto 7. Koormuspiirang kõrgvee tingimustes

4. KATENDITE PROJEKTEERIMISE ALUSED

4.1. Eesti katendite projekteerimismetoodika, 2001-52

Eestis on katendite projekteerimiseks kasutatud Nõukogude Liidus kehtinud projekteerimismetoodikat, millest on internetist leitavad, kas osaliselt või täielikult, versioonid aastatest 1964, 1972, 1983. Täna kehtiv metoodika on osaliselt kopeeritud 1983.a juhendist (BCH 46-83⁴²) [14], (või juhendi rakendusjuhise [18] mis pole täielik) ja kehtestatud Maanteeameti poolt aastal 2001⁴³ [19]. Samal aastal rakendati Vene Föderatsioonis juba uuendatud juhend (ОДН 218.046-01⁴⁴) [20]. Osalisus seisneb selles, et tõlgitud ja kohandatud on vaid dünaamilist koormust käsitlev osa ja kuigi juhend kehtib nii maantee kui ka linnatänavate projekteerimiseks, puudub sellest staatilise koormuse käsitus, mis projekteerimismetoodikates [7] siiski nõutud on. Normide järgi: *ühissõidukite peatuste, parklate, ristmiku ja raudteeülesõidu piirkonna ning teepeenra katend tuleb arvutada nii koormuse lühiajalisele kui ka kestvale mõjule, valides kahest tugevama katendi*. Samas ei ole ka normides staatilise koormuse teemat detailsemalt käsitletud. Kohandamise käigus on lühendatud tabelleid, jättes välja need osad, mis käsitlevad kaugeid kliimasoone, kuid samas ka kitsendatud ehitusmaterjalide loetelu (asfaldisegude puhul on näiteks välja jäetud asfaltbetooni omaduste sõltuvus bituumeni penetratsioonist). Ajaloolistest juhenditest võib leida viiteid N.Liidu maksimaalse arvutusliku sõiduki täismassist 34 tonni, Venemaa tänastes maantee liikluse reeglites on fikseeritud 38 tonni piirmäär. Eestis ei ole läbi viidud uuringuid ei 40-tonni kehtestamisel ega 44-tonnise koormuse lubamisel. Mõlemal juhul on suuremate koormuste lubamine toimunud tegelikult varutegurite arvelt.

Juhendi senised parandused

Kümne aasta jooksul on juhendisse tehtud kolm olulisemat parandust – esmalt korrigeeriti 2004. aastal stabiliseeritud materjalide normatiivseid parameetreid, 2006. aastal suurendati killustikmasti kasald (SMA) elastsusmoodulit ja tühistati juhendi säte, mille kohaselt varem lisati arvutuslikule konstruktsioonile 1 cm kulumiskiht. 2009. aastal⁴⁵ asendati kõik killustikud optimaalse terastikulise koostisega killustikuseguga, mille elastsusmooduliks on valitud 280 MPa (senise 400 MPa asemel). Kui 2006. aasta paranduste mõju on üheselt hinnatav ehituse maksumuse kahandamisena kandevõime (tegelik kahanemine kulumisvaru eemaldamisest ca 12 MPa) ja vastupidavuse arvel, siis 2009. a muudatustel on kahesugune mõju. Õigustatud on killustiku näitajate korrigeerimine, mis toob kaasa veidi paksemate konstruktsioonikihtide vajaduse (20 cm killustikaluse puhul langetas mooduli muutmine kogu katendi arvutuslikku kandevõimet ca 26 MPa). Teisalt asendati senine fraktsioneeritud segudest kiilumismeetodil ehitamine optimaalsete segudega, mille kasutusest, eriti lubjakivi baasil, puudus kogemus. Tänapäevaks hakkame mõistma, et optimaalse segu kasutamine on vajalik just tärkivikillustike puhul, kuna fraktsioneeritud tärkivisegu on väga raskesti tihendatav. Samas on lubjakivikillustikele omane tihendamise käigus suuremal või vähemal määral segu terastikulise koostise muutus (lisanduv peenosiste sisaldus) ja just tänu osalisele purunemisele tiheneb segu hästi. Seetõttu on otstarbekas modifitseerida optimaalse segu kõverat lubjakivikillustikel, jättes sellest välja peenosised (alla 2 või 4 mm). Liigne peenosiste sisaldus viib lubjakivikillustiku külmakartlike materjalide hulka, kuna moodustub savikas peensegu imab vett, blokeerib konstruktsiooni sisese vee äravoolu ja toob külmumisel kaasa paisumise. Eriti ohtlik on see vahetult asfaldialuses kihis, kuhu koguneb niiskust nii veeauru (ka kondenseeruv vesi) kui ka asfaldist läbiimbuva vee näol. Killustiku elastsusmooduli muudatus viidi läbi 2009. aasta veebruaris, kuid rakendus alles 2009/2010 projekteeritud objektidele. Seega on tänapäevaks

⁴² <http://www.remontnik.ru/docs/4443/>

⁴³ http://www.mnt.ee/failid/juhised/elastsete_tekkatendite_projekteerimise_juhend.pdf

⁴⁴ http://stroyoffis.ru/odn_otraslevie/odn_218_046_01/odn_218_046_01.php

⁴⁵ http://www.mnt.ee/failid/Elastsete_tekkatendite_proj_juh._parandused_2009_teine2.pdf

ehitatud objektidest vaid üksikud teelõigud projekteeritud arvestusega, et killustiku elastsusmoodul on 280. Siit tulenevalt on täna reaalsetel teedel esinevad konstruktsioonid projekteeritud killustiku elastsusmooduli 400 MPa alusel ja seega õhemad, kui täna dimensioneeritavad. Muudatus vastab ligikaudu 4..8 cm võrra killustikukihi suurendamisele.

Teadaolevad probleemsed valdkonnad

Materjalide moodulid

Teede Tehnokeskus on FWD-seadmega läbi viinud rea mõõtmisi teede ehitusprotsessis eesmärgiga täpsustada teedehitusmaterjalide arvutusparameetrite väärtusi (elastsusmoodul). Kuigi seni ei ole suudetud katseobjektidel saavutada paekillustikusegu vastavust kehtivale standardile (probleemid nii killustikusegu tootmisega kui ka materjali purunemisega tihendamisel), on spetsialistid siiski kinnitanud, et paekillustiku arvestuslik elastsusmoodul ei peaks olema üle 180 MPa (Soome juhendi järgi sama fraktsiooni tardsivikillustiku moodul on 200 MPa). Teede Tehnokeskuse varasemates uuringutes⁴⁶ [21] on viidatud killustiku keskmise elastsusmooduli väärtusele 158 MPa (tabel 3.1 lk 16) või koguni 129 MPa (2006. a tulemused, sama töö tabel 4.1). Erinevate killustike arvutusparameetreid tuleb edaspidi veel täpsustada, arvestamaks nii paekillustiku eripäradega, fraktsioneeritud ja optimaalse terastikulise koostisega killustike erisustega ning ka mooduli sõltuvusega maksimaalsest terasuurusest.

Pinnased

Juhendi uuendamise vajalikkusele viitab asjaolu, et 2004. aastal liitus Eesti Euroopa Liidu ja EL õigusruumiga. EL piires kasutatakse pinnaste ja materjalide klassifitseerimiseks vastavat ühtset normatiivbaasi, paraku need alused, millel tugineb juhend 2001-52 [19], rajanevad GOSTidel ja ei haaku EL klassifikaatoritega (erinevate pinnaste ja materjalide liigitus). Teemat on käsitlenud prof. A. Aavik nii teadustöodes kui ka "Teelehe" artiklites 2003-2004.

Kuna erinevatel arvutusmetoodikatel on erinevad alused (rohkem või vähem empiirilised), võib iga konkreetne metoodika olla omamoodi unikaalne, arvestades vastava riigi (piirkonna) eripärasid ja seetõttu "suletud" ehk terviklik, kust on raske üksikuid komponente teise "suletud" süsteemi tõsta.

Võrreldes näiteks Eestis ja Soomes kasutatavaid pinnaste tugevusnäitajate väärtusi, esinevad kuni kolmekordsed elastsusmooduli vahed, mis võivad olla tingitud ka materjalide katsetamise metoodikate erisusest (koormuskatsed materjali täieliku purunemiseni või osalise töövõime säilitamiseni 60% tasemel). Siiski ei ole õnnestunud tuvastada materjalide ja pinnaste tugevusnäitajate määramise aluseid, mistõttu on tõenäoline, et tegemist on kogemuslike väärtustega, mille rakendamisel puudub insener-tehniline alus. Professor Aavik on esitanud ka võrdlusteid, mille alusel saab BCH-süsteemi elastsusmoodulid teisendada Euroopas levinud süsteemi. Lihtsustatud kujul võiks valem välja näha selline: $E_{(BCH)} = 2,3 * E_{(EU)} + 5$.

Sellise võrdluse kasutamine käesolevas töös on vajalik, kuna võrdlevas analüüsis on püütud konstrueerida katendeid erinevate normide järgi samade liikluskormuste juures samadest materjalidest.

Asfaldisegude omadused

Asfaldisegude koostises kasutatakse Eestis valdavalt bituumenit penetratsiooniga 70/100. Asfaltbetooni omadused sõltuvad olulisel määral bituumeni penetratsioonist ja ei saa välistada, et konkreetsetel juhtudel oleks mõistlik kasutada erinevaid bituumenimarke. Paraku ei saa seda täna arvutuslikult põhjendada. Eriti vajalik oleks nihkekindlamate segude (polümeerbituumen, SBS-lisand) tänasest erinev käsitlus, mis esineb nii Vene normides kui ka Taani süsteemis.

Muutunud koormused

Lisaks on aja jooksul muutunud sõidukipark ja kuigi normteljena võib jätkuvalt käsitleda 10-tonnist telge, on kõrgsurverehvide laialdase leviku ja 'super single' rehvitüübi kasutuselevõtu

⁴⁶ http://www.mnt.ee/failid/2008_18_teekonstruktsiooni_kihtide_emod_2008_II.pdf

tõusnud rehvide kontaktsurve määral, mida kehtiv metoodika enam adekvaatselt ei kajasta. Seda ei ole piisavalt arvestatud ka veokite siirdetegurite korrigeerimisel. Teemat on korduvalt "Teelehe" veergudel käsitletud A. Vaimel aastatel 2003-2004 ning J. Pihlajamäki aastal 2005.

Siirdetegurid

Viimased siirdetegurite korrigeerimised pärinevad aastast 2008⁴⁷ ning sisaldavad soovitusi loendusklasside liitmiseks ja mõne muudatuse sisseviimiseks. Põhinäitajaks kujuneb telgede arv. Praktilistel kaalutlustel tuleks lisada koondtegurid lähtuvalt auto pikkusest – iga-aastaste liiklussageduse leidmisel kasutatavad loendurid eristavad kuni 6 m, 6-12 m ja üle 12 m pikkusi sõidukeid.

Kuigi korrigeerimise matemaatilises osas on näha ka rehvirõhu kasutus rattajälje diameetri leidmisel, pole aga viidatud kasutatud väärtustele ja seetõttu võib kahelda, kuivõrd on arvesse võetud tegelikkuses muutunud rehvirõhud. Alust kahtlusteks annab ka teiste riikide võrdlus, kus ilmneb pikkade sõidukite osakaalu pidev tõus raskeliikluses ja suurenevad siirdetegurid paljudel teljelistel sõidukitel (4+). Taanis näiteks leitakse siirdetegurid erinevate katendiliikide jaoks ja nõrga (õhukese) asfaltkatendi jaoks on siirdetegurid samale sõidukile 1,5 kuni 2 korda suuremad. Rootsi siirdetegurite arvutamisel käsitletakse mitmeteljelist telikut üksiku teljena, arvestades koormussuhte standardteljega neljandasse astmesse. Võrreldes erinevates riikides kasutatavaid siirdetegurite väärtusi, võivad meie omad tunduda suhteliselt suuremad, mis tõenäoliselt tasakaalustub teistes riikides täiendavate tegurite lisamisega. Samas puudub veendumus, et pelgalt siirdeteguri tõstmine kompenseerib tegelikult suurenenud rehvisurve. Kaalumispõhiste siirdetegurite kasutamisel on oht, et efektiivsema logistika korral kasvavad samade sõidukite koormad ning see nõuab tihedamat siirdetegurite kontrolli ja uuendamist.

Vastuolud erinevates dokumentides

Võrreldes kehtivaid projekteerimismisme (TSM 55), katendi projekteerimise juhendit (2001-52) ja 2005. aastal koostatud projekteerimismismide muudatusettepanekut⁴⁸ (ME, mida pole tänaseni jõustatud, kuid mille kasutamine on olnud katseliselt kohustuslik paljude projektide juures läbi lähteülesandes loetletud normatiivdokumentide loetelu), selgub, et nii mõnedki konfliktid tee klassi ja minimaalselt nõutava kandevõime väärtuse määramisel. Kandevõime nõuete osas vastab juhend 2001-52 muudatusettepanekus toodule. Lisaks on võrdluses kasutatud ka asfaldist katendikihtide ehitamise juhise tulenevaid piiranguid. On arusaadav, et tee klassi mõiste sisaldab hulga täiendavaid parameetreid ja piiranguid, mistõttu ei ole objektiivne siduda tee kandevõime parameetreid otseselt tee klassinõuetega. Pigem võiks olla määratletud liiklussagedus, millest alates tuleb rajada kerg- või püsikate. Lisaks on vajadus tee geomeetrilisi parameetreid määrava tee klassi mõiste lahtisidestamiseks katendiarvutuses kasutatavatest tugevus- ja töökindlusteguritest, kuna tihtipeale pole võimalik või ka majanduslikult otstarbekas ehitada I klassi maanteed ka juhul, kui liiklussagedused ületavad selgelt normides madalamatele klassidele toodud piirväärtusi.

Tabel 11. Projekteerimismismide ja nõuete võrdlus

Maantee klass		kiirtee	I	II	III	IV	V	VI
AKÖL 20	TSM	>8000	>6000	3000..8000	1000..4000	200..1500	>200	Puudub
	ME	>20000	>9000	5000..12000	1500..6000	1500..3000	500..2000	<700
Evaj, püsi	TSM	260	240	220	170			
	ME	260	240	220	180			
Evaj, kerg	TSM		200	180	140	125	100	
	ME		200	180	160	140	120	120
Evaj,	TSM					65	50	

⁴⁷ http://www.mnt.ee/failid/leping_siirde7045_l6pparuanne_3.pdf

⁴⁸ <http://www.mnt.ee/index.php?id=12024>

Maantee klass		kiirtee	I	II	III	IV	V	VI
kruus	ME					70	70	70

Tabelis on hallil taustal esitatud väärtused, mille rakendatavuses tuleb kahelda. Ehitusjuhises on sätestatud, et liiklussagedustel enam kui 1500 autot ööpäevas (AKÖL 15) mustsegusid ei kasutata, mistõttu jääb kergkatendite kasutusvaldkonnaks valdavalt V-VI klass, kusjuures IV klassi määratlus isegi ei kattu muudatusettepaneku ja kehtiva reglemendi võrdluses ning tänaste prognooside järgi on AKÖL 20 ca 7% võrra suurem kui AKÖL 15.

Lisaks on ebaselge ka kerg- ja siirdekatete vahetamine. Projekteerimismid (TSM 55) sätestavad, et kergkatteks loetakse katet sideainetega töödeldud kruusast, killustikust või liivast. Kergkatete ehitusjuhendis loetakse kergkatteks kruusatee pindamise teel saadud katet. Käesolevas töös loeme siiski ka pinnatud kruusateed kruusateedeks ehk siirdekatenditeks ja kergkatendiks arvestame mustsegust ehitatud või freespurust ehitatud ja pinnatud katted. Ka juhul näeb ette kergkatete ehitamise kuni 1500 AKÖL liiklusega teedele. Kergkatteks tuleks lugeda vaid need katendid, milles sisaldub seotud kiht, mida arvestatakse katendi arvutuses kandevõimet tõstvana. Pindamine tõstab vaid katendi ilmastikukindlust ja teeb katendi tolmuvaibaks.

ODN (2001)

Vene Föderatsiooni juhendis ODN (2001)⁴⁹ [20] on säilitatud BCH 46-83 arvutusmetoodika alused, kuid oluliselt on muudetud tugevus- ja töökindlustegurite kontseptsiooni – sisse on toodud lähteülesandes määratletav konstruktsiooni tööiga, üle on mindud viimase tööaasta koormuselt konstruktsiooni tööea jooksul normtelje läbikute arvule (sama lähenemine sisaldub võimalikuna ka projekteerimisnõuetes) ja oluliselt tõstetud nõudeid konkreetsete pingete võrdlemisel normatiivselt lubatavatega (tugevus- ja töökindlustegurid). Muutmata on jäetud rehvisurve käsitus (arvestuslikuks jätkuvalt 600 kPa), kuna kontaktsurve muutmisel nomogrammid ei toimi enam oodatud viisil ja muutunud rehvisurve tegelik mõju on kompenseeritud eeltoodud muudetud tegurites.

Kuigi metoodikat on täiendatud, võrreldes 1983 normiga (suurendatud varutegurid), on Venemaal lubatud koormused märkimisväärselt madalamad kui Eestis. Piiranguteta on lubatud liiklus kuni 20 meetri pikkustel ja 38-tonnistel veokitel.

⁴⁹ http://stroyoffis.ru/odn_otraslevie/odn_218_046_01/odn_218_046_01.php

4.2. Soome katendite projekteerimismetoodika

Soome kehtiv katendite dimensioneerimise metoodika (Odemarki valemi rakendused) on koostatud Reijo Orama poolt ning tugineb praktilistel kogemustel ja teadmistel aastatest 1975-1985.

Soome metoodika järgi⁵⁰ [22] võetakse aluseks 10 aasta liiklusproгноos ning selle baasil leitakse 20 aasta jooksul projekteeritavat sõidurada läbivate normtelgede arv (*kuormituskertaluku*, KKL_{kaista}). Soome juhendi järgi arvestatakse ka sõiduraja ja sellega külgneva teepeenra laiust (koefitsient L on 1,0 vähemalt viiemeetrise laiuse korral, suurenedes kuni 2,8-ni laiusel alla 3,5 meetri ning tee muldkeha nõlvusel kuni 1:3).

$$KKL_{kaista} = L * (2,9 * KA_{yhd} + 0,8 * KA_{muu}) * 7300$$

Valemit kasutatakse juhul, kui liiklusloenduse andmed on usaldusväärsed ja sisaldavad ka eraldi andmeid haagisega (pool- või täishaagis) sõidukite (KA_{yhd}) ja teiste raskesõidukite (KA_{muu}) kohta ning ööpäevane liiklussagedus on üle 600 auto.

Kui loendus pole nii täpne või kui liiklus on väiksem, kasutatakse teist valemit.

$$KKL_{kaista} = T * L * KVL_{suunta} * 7300,$$

kus KVL_{suunta} on ühe suuna ööpäevane liiklussagedus ning koefitsient T sõltub tee liigist (0,20 peateevõrgus, 0,12 piirkondlikel või 0,09 kohalikel teedel). Siinjuures arvestatakse alla 600 a/ööp liiklussageduse puhul raskeliikluse osakaaluks 7%.

Valemite kordajad võtavad arvesse prognoositud autopargi omadusi (massid jm parameetrid) ning neid on aeg-ajalt muudetud. Hetkel kehtivad 2004. aastal 2009. aastaks prognoositud kordajad.

Teed jaotatakse vajaliku kandevõime määramiseks koormusklassidesse, kus KKL number tähistab miljoneid normtelgi 20 aasta perioodis enamkoormatud rajal.

Vastava koormusklassi nõutud kandevõime number kehtib seega liiklussagedusel, mis ei ületa grupi tähises märgitud väärtust (miljonites normtelgedes). Juhendi järgi ei ole seega võimalik dimensioneerida asfaltbetoonkatendit sõidurajale, mille perspektiivne liikluskoormus ületab 25 miljonit normtelge 20 aasta jooksul. Eesti teeregistris on vaid üks teelõik – T1 km 10,3..13,7 mille perspektiivne liikluskoormus ületab 25 miljonit normtelge (28,6). Kuna teelõik rekonstrueeritakse laiemaks, kahaneb ka enamkoormatud raja koormus.

Tabel 12. Katendite koormusklassid liikluskoormus ja kandevõime Soome süsteemis

	KKL25	KKL10	KKL6	KKL2	KKL0,8	KKL0,4	KKL0,1
AKÖL 10	>14000	8000..14000	3000..8000	1300..3000	600..1300	150..600	<150
Asf: Evaj MPa	475	420	360 ⁵¹	265	230	170	170
aluse MPa	160	160	160	160	145	145	145
Asf: cm	20	17	14	9	8	4	4
1 a MPa/cm	340/13	285/10	215/6	200/5	185/5		
Kerg: Evaj MPa						145	145
aluse MPa						130	130
katte cm						4	4

Tegemist on arvutuslike kandevõime näitajatega, mille kohta on Soome juhendmaterjalides viidatud, et väärtus langeb suhteliselt hästi kokku plaatkoormuskatsega mõõdetud katendi kandevõime väärtusega. Asfaldiks loetakse tehases valmistatud orgaanilise sideainega segusid, mille sideainesisaldus on vähemalt 3,8%. Kergkatete osas on ülakihi hulka loetud segud, milles on bituumenisisaldus vähemalt 3,1% (sh ka teel segatud segud). Tabelis on näidatud esimese aasta minimaalselt nõutav kandevõime ja asfaldikihtide minimaalne paksus, see kehtib etapiviisilise ehitamise korral, samuti ajutiste teede puhul. Kruuskattega teede ehitamine on

⁵⁰ <http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf/2100029-v-04tierakenteensuunn.pdf>

⁵¹ Kandevõime arvestatud 8ndal aastal (teistel asfaltkatetel 6)

normeeritud vaid koormusklassi 0,1 puhul, nõutud kandevõime 115 MPa. Kergkatete ehitamine on võimalik ka KKL 0,8 teedel, kuid ainult ehitusaegse ajutise katendina (millele hiljem rajatakse püsikate).

Lisaks on nõue, et vähemalt KKL6 klassi teedel, foorjuhitavate ristmike ning teeandmiskohustusega ristmike puhul 100 m enne ja 60 m pärast stoppjoont, ühissõidukiradadel ja muudes kohtades, kus raskeliiklus peatub või liigub aeglaselt, tuleb kasutada kõrgema deformatsioonikindlusega asfaldisegu ja lisaks valitakse üks kolmest deformeerumist kahandavast meetmest:

- Tabel 12 toodud minimaalpaksustele lisaks asendatakse sidumata aluses vähemalt 8 cm kandevkihti asfaltbetooniga;
- kasutatakse vähemalt 15 cm stabiliseeritud räbukillustikukihti 60 MPa kõrgema kandevõimenõude juures;
- kasutatakse hüdraulilise sideainega stabiliseeritud konstruktsiooni (sel juhul on normis eraldi sätestatud ka kõrgemad kandevõime nõuded, millele käesolevas töös tähelepanu ei pöörata).

Erinevate riikide katendite projekteerimise juhendite analüüs näitab, et KKL25 liikluskoormuse ülemisest piirist (kuni 25 miljonit telge ehk 10ndal aastal 2+2 ristlõike korral 50,000 a/ööp) suurema liikluskoormuse korral projekteeritakse katend kas poolelastsetest või jäikadest materjalidest (vastavalt siis hüdraulilise sideaine lisandiga poorsest asfaltbetoonist või monoliitbetoonist). Reeglina arvutatakse selliste koormuste korral katendid juba lõplike elementide meetodil, mis on levinud just betoonkonstruktsioonide projekteerimisel. Lõplike elementide meetodi kasutamine asfaltbetoonide jaoks on küllalt komplitseeritud ja vajab väga suurt arvutusvõimsust.

Soome metoodika aluseks on *Odemarki* valem, mis võimaldab analoogiliselt meil kehtiva metoodikaga arvutada katendi elastsele vajumile.

$$E_p = \frac{E_A}{\left(1 - \frac{1}{\sqrt{1 + 0,81 \cdot \left(\frac{h}{a}\right)^2}}\right) \frac{E_A}{E} + \frac{1}{\sqrt{1 + 0,81 \cdot \left(\frac{h}{a}\right)^2} \left(\frac{E}{E_A}\right)^{2/3}}}$$

Võrrand 1. Odemarki valem konstruktsiooni arvutusliku kandevõime määramiseks

Valemis on E_A kandevõime arvutatava kihi aluspinnal, E arvutatava kihi materjali moodul, E_p kandevõime arvutatava kihi pinnal, h arvutatava kihi paksus meetrites ning a konstant, mis on võetud võrdseks 0,15 meetriga. Arvutustes kasutatakse kaht lisatingimust: 1) sidumata kihi maksimaalseks kasutuskõlblikuks elastsusmooduliks loetakse kuuekordne kihi alapinna kandevõime väärtus; 2) kõik kokkukleepunud asfaldikihid loetakse ühtseks juhul, kui materjal on valmistatud segistis, kihi moodul on vähemalt 1500 MPa ja bituumenisisaldus vähemalt 3,8% (summaarse kihi mooduliks loetakse kaalutud keskmine).

Sidumata kihi paksuseks on reeglina 20..30 cm, eeltoodud lisatingimuse kasutamisel võib kihipaksus olla 15..20 cm. Paksemad kihid jaotatakse arvutustes alamkihtideks (osadeks).

Põhimõtteliselt ei arvutata *Odemarki* valemi kasutamisel nihkepingeid ega tõmbepingeid, küll aga kontrollitakse külmakerke ulatust. Külmakerke lubatud piirmäärad on mõnevõrra suuremad ja enam diferentseeritud, kui meil tavaks, ning külmumise ulatus algab 140 cm-st Ahvenamaa saarestikul ja 150 cm-st rannikualadel, samas kui meil piirduakse arvutuslikult 125 cm-ga (Vene 2001. aasta normides on ka Eesti alad loetud 150 cm tsooni). Käesolevas töös siiski külmakindluse arvutust ei teostata, kuna see on analoogiline meil kasutatavaga ja ei anna olulist täiendavat efekti antud lähteülesande täitmiseks. Soomes on kasutusel ka alternatiivne arvutusmetoodika – VTTs koostatud APAS tarkvara, mille kasutamise vajaduse sätestab tellija erijuhtudel. APAS võimaldab dimensioneerida õhemat katendit juhul, kui asfaldikihti paksus ületab 12 cm, ja seda ei kasutata, kui asfaldikihtide paksus ei ületa 8 cm. APAS abil

dimensioneeritud katenditel on väiksem deformatsioonikindlus ja seetõttu kasutatakse objektidel sel juhul vähemalt viieaastast garantiiaega roopa lubatud sügavuse piiranguga.

Probleemidest Soome metoodika rakendamisel

Odemarki valemi kasutusel on tegemist väga suure lihtsustusega, mis võimaldab teostada kontrollarvutusi ka väiksemate tellijate esindajatel (kohalikud omavalitsused) ka juhul, kui puudub detailne teave ja pädevus.

Orama/Odemarki skeemi puuduseks on erinevate asfaltide omaduste mittearvestamine (materjalide valik ja arvutusparameetrid tuginevad 1975-1985 kogemustel) ning fikseeritud minimaalse kandevõime väärtus terve koormusklassi jaoks (toob kaasa üledimensioneerimise koormusklassi alaosas).

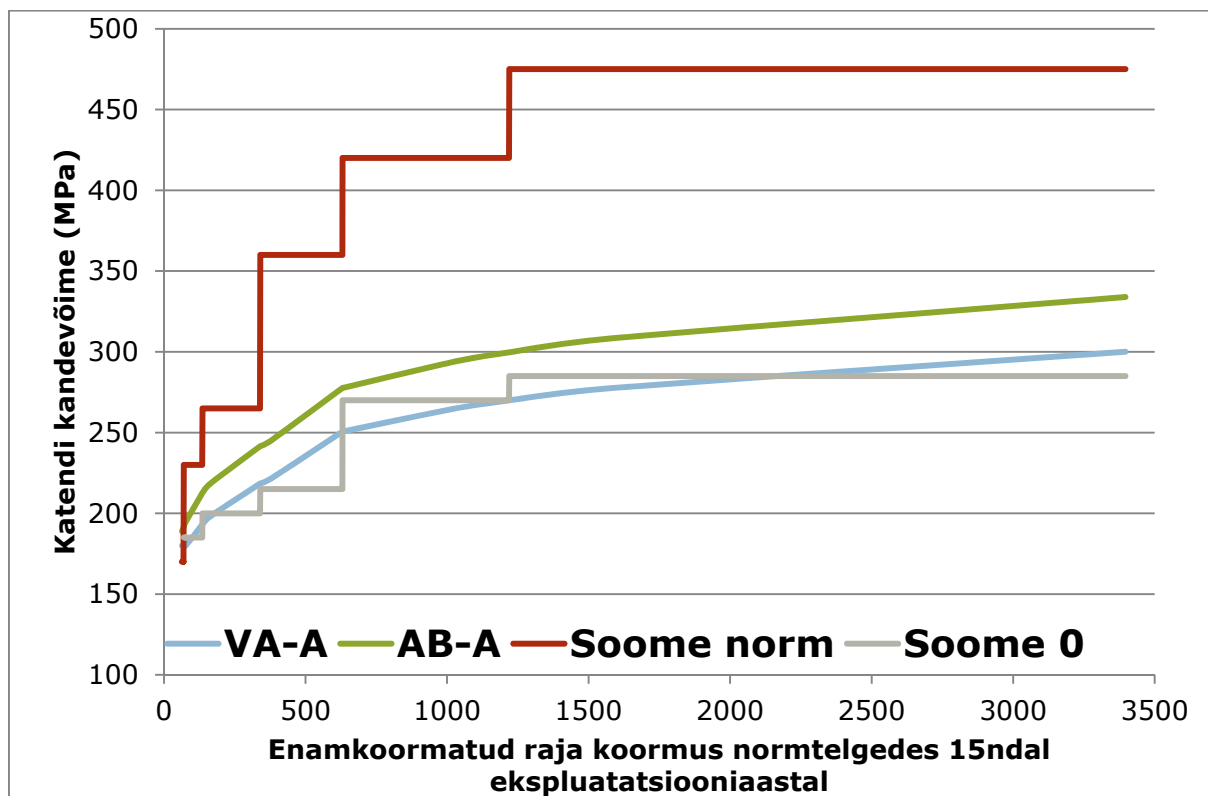
Täiendusena on hiljem lisatud skeemi purustatud betoon kui materjal (erinevate kategooriate ja moodulitega).

Komplitseeritumate juhtumite korral on asjatundjatel võimalik kasutada APAS programmi.

Käesoleva sajandi alguses VTT-s välja töötatud APAS programm ei ole saanud laia leviku osaliseks ning ka sel on mitmeid põhjuseid. Ühelt poolt puudub sihtotstarbeline teedealaste uuringute rahastamine, teisalt on APAS kommertstarkvara ja ilmselt ei suuda VTT litsentsitasudest tagada APAS programmi pidevat edasiarendamist. Ekspertide hinnangul on APAS-programmi suuremaks miinuseks asjaolu, et materjale peetakse homogeensemaks, kui reaalses elus ette tuleb. Tulemusena ei taga materjalide etteantud arvutusparameetrid projekteeritava konstruktsiooni piisavat töövõimet.

Kahjuks on Soome teedealane arendustegevus viimase viie-kuue aastaga sumbunud, VTT teadurid on lahkunud erafirmadesse ning teadustegevus koondunud oluliselt väiksemas mahus ülikoolidesse.

4.3. Eesti-Soome nõuete võrdlus



Joonis 20. Nõutud kandevõime (E_{vaj}) võrdlev joonis (Eesti-Soome)

Graafikus Joonis 3 on esitatud Eestis kehtivate normide järgi kandevõime nõuded juhul, kui koormuseks on 10-tonnise teljega (A-klass) veoauto (VA-A) või 11 tonnise teljega buss (AB-A) ning Soome normide järgi, arvestades tee tööeaks esimese remondini 6..8 aastat või nõutud kandevõimet objekti käikuandmisel (esimesel aastal). Eesti normide järgi on arvestuslikuks rehvirõhuks 600 kPa, Soome normide järgi 800 kPa. Süvenemata detailidesse, võib järeldada, et **Eesti reeglite järgi dimensioneeritav katendikonstruktsioon**, mis peaks vastu pidama esimese kulumiskihi asendamiseni (6..8 aastat), **vastab Soome reeglite järgi** (sh ka 60-tonnine kogumass) **katendile ilma kulumiskihita** ehk siis kas ajutisele teele või (mitmeetapilise ehituse korral) esmajärjekorras ehitatavale teelõigule, millele peale esimest ekspluatatsiooniaastat lisatakse viimased katendikihid.

Soome normides kasutatakse dimensioneerimiseks 10nda aasta koormust, seetõttu on antud juhul graafikus näidatud koormused taandatud 15nda aasta koormussagedusele.

Kuna Soome normides on vaid ühel juhul – KKL6 puhul - arvestatud katendi tööajaks esimese remondini 8 aastat, siis antud juhul on taandatud kahekordse interpoleerimise teel vajalik kandevõime väärtus 6-aastase tööea puhul 360 asemel 335 MPa-le.

Graafikul toodud *Soome 0* tähistab mitmejärgulise ehituse puhul esimesel aastal nõutavat kandevõimet. See haakub väga lähedaselt graafiku VA-A joonega, mis kajastab Eestis kehtivat kandevõime nõuet kogu 15-aastase katendi tööea arvutusliku perioodi jooksul.

Kuna madalama klassi teedel (v. a kiirteed, I ja II klass) kasutatakse tugevusteguri väärtuseks 0,94, siis on ka graafikul VA-A ning AB-A nõuded väiksemad, kui valemiga otse koormusest tuleneb. Kerg- ja siirdekate puhul on tugevustegur veelgi madalam. Tulemusena on minimaalsed nõuded peaaegu olematu liikluskoormuse korral Eesti ja Soome katetele arvutusmoodulina mõõdetult samad.

Soome praktikud on kinnitanud, et madalamate koormusklasside puhul ei ole arvutuslik kandevõime vastavuses tegeliku koormusega ning teed lagunevad kiiremini, kui normides ette nähtud. Samas on endised ametnikud kinnitanud, et nii see peabki olema, kuna madalamate koormustega teedele ei esitata nii kõrgeid seisundinõudeid. Soome riik ei ole nii rikas, et ehitada

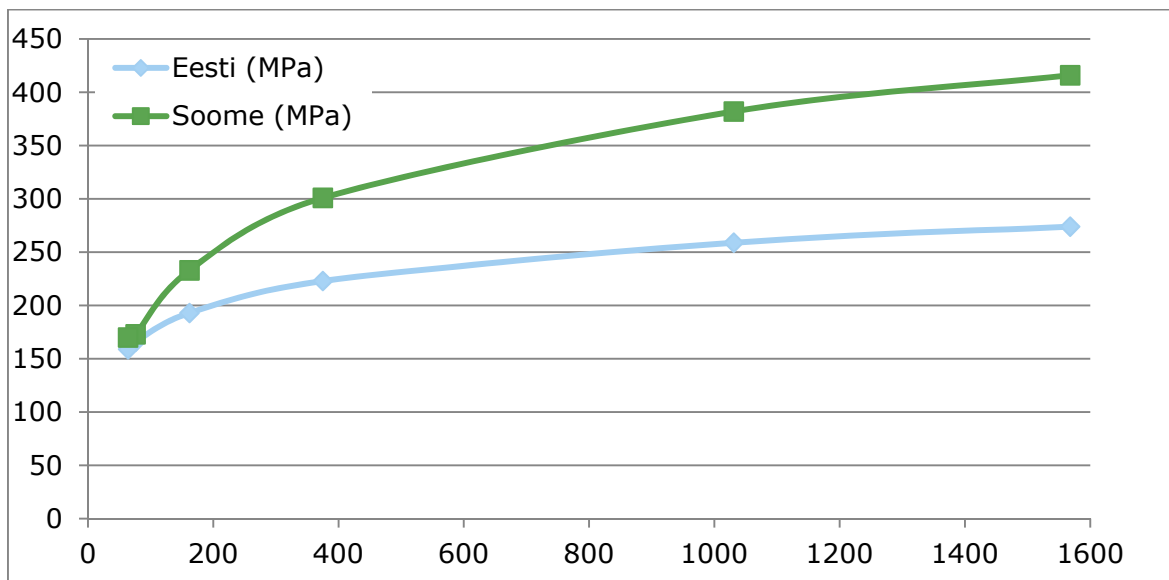
kõigi kategooriate teed välja võrdselt vastupidavatena. Seega on graafikul toodud jooned viidud ühtsetele alustele.

Kui tõlgendada seoseid pideva, mitte astmelise funktsiooniga (KKL järgi nõutav moodul vastab ainult klassi maksimaalkoormusele), kujunevad vahed Eesti ja Soome nõuete vahel veidi väiksemaks.

Tabel 13. Eesti teedevõrgu jaotus koormusklassides, gruppide keskmised koormussagedused ja E-moodulid

	KKL25	KKL10	KKL6	KKL2	KKL0,8	KKL0,4	KKL0,1
KVL 10	>14000	8000..14000	3000..8000	1300..3000	600..1300	150..600	<150
Q15 (keskm)	1568	1031	375	162	76	64	
Eesti (MPa)	274	259	223	193	166	159	
Soome (MPa)	416	382	301	233	173	170	

KKL0,4 puhul on siiski arvestatud, et mooduli väärtus ei tohi olla alla 170 MPa. Q15 tähistab enamkoormatud sõiduraja koormussagedust 15ndal aastal. Soome moodul on arvutatud koormusgrupi keskmise koormussageduse järgi, käsitledes samuti 15nda aasta liiklust, kuigi koormusklassi määratlus tuleneb 10nda aasta liiklusest.



Joonis 21. Eesti ja Soome minimaalselt nõutava kandevõime võrdlus pidevseose korral

Tabel 14. Tee klassi ja koormusklasside võrdlus

AKÖL20 järgi tee klass	VI		V	IV	III	II	I
	<700		500..2000	1500..3000	2500..6000	5000..12000	>9000
KKL klassifikaator	KKL0,1	KKL0,4	KKL0,8	KKL2	KKL6	KKL10	KKL25
teisendatud AKÖL20	<170	170..700	700..1500	1500..3500	3500..9200	9200..16000	>16000

Võrreldes norme selgub, et kruusateele on Soomes esitatud nõuded ainult kõige madalamas koormusklassis ning kergkatenditele kahes madalamas klassis (KKL 0,1 ja KKL 0,4 - mõlemad jäävad VI klassi vastesse Eesti normide ettepanekus). Et eesmärgiks on võrrelda võrreldavaid, tuleb käesoleva võrdluse raames kitsendada meil täna kehtivat jaotust veelgi, nähes ette kruuskatte ja kergkatte kasutamise võimalikkuse ainult VI klassi teedel, seejuures kruusatee (sh pinnatud) vaid juhul, kui AKÖL 10 (perspektiivne liiklussagedus 10-ndal aastal) on alla 150.

Võrreldes Eesti ja Soome norme ja tegelikku praktikat, võib olulisemad erisused kokku võtta alljärgnevalt:

- teedehituses kasutatud materjalide eripära – kasutuses on purustatud kaljupinnased ja tardkivimitest toodetud killustikud; lubjakivi ei ole teedehitusmaterjal, vaid tööstustoore;
- võrreldavate materjalide ja pinnaste puhul on arvutusparameetrid märkimisväärselt erinevad (killustike ja liivade elastsusmoodulid on Soomes 20-50% madalamad kui VSN alusel Eestis valitud väärtused);
- samade konstruktsioonide ja materjalide moodulitega arvutades on Soome *Odemarki* valemi ja VSN-põhise meetodikaga arvutatud kandevõime väärtused väga lähedased. Arvutades Eestis kehtivate moodulitega nii Soome kui ka Eesti valemitega, saame lähedased tulemused. Aga ka vastupidi - Soome mooduleid kasutades Soome ja Eesti valemitega on tulemused lähedased. Paraku on aluspinnase ja sidumata materjalide moodulid süstemaatiliselt erinevad ja siit tulenevalt erinevad samade konstruktsioonide arvutustulemused Eesti süsteemis oluliselt sellest, mida saame Soome süsteemis;
- sama liikluskoormuse korral nõutakse Soomes katendi dimensioneerimisel progresseeruvalt suurenevat kandevõimet, mistõttu madala koormusega on nõutud kandevõime väärtused Eestis ja Soomes lähedased, kuid intensiivse koormusega magistraalteedel ulatub vahe juba 150 MPa väärtuseni;
- põhjapoolsetel aladel on külmakergete vältimiseks kasutatud kihi ulatus sedavõrd suur (külmumistsoon 140 kuni 220 cm meil arvutuslikult kasutatava 125 cm asemel, külmumistsooni ulatus on arvutuslik, $S=12*\sqrt{F}$, kus F on külmakraadide ja tundide korrutiste summa), et tee arvutuslik kandevõime etteantud minimaalse kattekonstruktsiooni (asfaltkihtide paksus) korral on tagatud ja ületab tunduvalt normis määratud väärtust.

4.4. Võrdluses kasutatud materjalid ja nende elastsusmoodulid

Eestis kehtivad arvutusparameetrid on toodud juhendis 2001-52 [19], Soome parameetrid valdavalt projekteerimisjuhendis [22], osaliselt ka lisas [23].

Asfaltbetoonid püsikatendil

- killustikmastiksfalt, elastsusmoodul 3200 MPa, Soome normide kohaselt 2500 MPa;
- tihe asfaltbetoon, elastsusmoodul 2400 MPa, Soome normide kohaselt 2500 MPa;
- poorne asfaltbetoon, elastsusmoodul 1400 MPa, Soome normidest on valitud lähimana pehme asfaltbetoon PAB-V, mooduli väärtus 1650 MPa. Põhimõtteliselt on võimalik ka valida kandevkihi asfaltbetoon, mille moodul on 2500, nagu teistelgi asfaltidel, kuid antud juhtumil teostas valiku Soome katendiekspert.

Killustikud

- tardkivikillustik 0/31,5, elastsusmoodul 280 MPa. Soome normide kohaselt on materjali mooduliks 200 MPa, kuna 280 on võimalik vaid suurema teraga segudel (0/40, 0/63 või 0/80). Tardkivikillustikku tänases teedevõrgus praktiliselt ei ole kasutatud;
- settekivikillustik 16/32 (paigaldamine kiilumismeetodil), elastsusmoodul 280 MPa. Kuna eeldame, et lubjakivikillustik on siiski nõrgem tardkivikillustikust, siis on *Odemarki* valemi kasutamisel mooduli väärtuseks võetud 180 MPa. Kontrollarvutused on teostatud nii 200 MPa jaoks (sellisele elastsusmooduli tasemele tuleb suure tõenäosusega viia lubjakillustik) kui ka 400 MPa jaoks (vastab tänase teedevõrgu projekteerimisel kasutatule).

Dreenkiht

Dreenkihina kasutatakse püsikatendil keskliiva, elastsusmoodul 120 MPa. Soome normide kohaselt on tegemist H1 klassi liivaga (elastsusmoodul 70), mille peenosakeste sisaldus (alla 0,063 mm) ei ületa 7% ning 70% läbib 2 mm sõela.

Kergkatendi materjalid

Kergkatendi konstruktsioonis on arvestatud materjalidena:

- kruusliivast dreენkihti (elastsusmoodul 130 MPa, Soome normide järgi 70 MPa) - üle 2 mm terasid >25%; 0,063..2 mm >50%;
- bituumenstabiliseeritud alust (teelsegamise meetod, elastsusmoodul 500 MPa, Soome normide järgi bituumenemulsiooniga stabiliseerimine, sõltuvalt kihipaksusest BEST1 – 700 MPa 15..20 cm kihtide korral; BEST2 – 1050 MPa, õhukeste ja paksude kihtide korral; antud juhul kasutame ainult BEST1 ehk lähedasemat moodulit).

Aluspinnas

Aluspinnaseks on valitud jäme kerge saviliiv elastsusmooduliga 65 MPa. Soome normides on lähimaks analoogiks H4 liiv või S4 kruus. Arvestades, et aluspinnas võib olla niiske, on materjali mooduliks 20 MPa. Juhul kui on tagatud materjali kuiv režiim muldes, võib kasutada moodulit 35 MPa, kuid et valitud on 2 niiskuspakkond ja tegemist on aluspinnasega, siis käesolevas võrdluses otsustasime jääda 20 MPa arvutusliku väärtuse juurde.

5. TEEREGISTER JA UURITUD KONSTRUKTSIOONID

5.1. Teeregistri andmeanalüüs

Teeregistri andmed, ettevalmistus

Põhiandmestik riigi teede olemi ja seisundi kohta sisaldub teeregistris (<http://teeregister.riik.ee>). Antud töö tarbeks on teostatud väljavõtte registri andmetest seisuga 27.08.2011 Maanteeameti regioonide ja tee liikide lõikes (põhi-, tugi- ja kõrvalmaanteed). Registriandmetest on kasutatud infot kandevõime mõõtmiste kohta (kandevõime, SCI, BDI ja BCI indeksid), katendi liigi (püsi-, kerg- ja siirdekateend, kusjuures siirdekateendiks on loetud pinnasteed, kruusateed ja pinnatud kruusateed; püskateteks killustikmastiksfaldiga või tiheda asfaltbetooni või monoliitbetooniga kaetud teed, kergkateteks kõik teised registris sisalduvad variandid), tee klassi (asulatänav, tee klassid I...V ja klassita tee), tee laiuse ja liiklussageduse infot (AKÖL, sõidukite liigiline jaotus).

Tabel 15. Teedevõrgu klassiline jaotus teeregistri järgi (m)

	linn, alev, alevik	I klass	II klass	III klass	IV klass	V klass	klassita	
Põhi	98 246	224 832	98	1 099 034	240 766	54 657	-	1 717 633
Tugi	160 157	-	1 661	320 750	924 680	595 854	400 790	2 403 892
Kõrval	459 132	-	-	47 882	545 924	3 487 765	7 889 457	12 430 160
	717 535	224 832	1 759	1 467 666	1 711 370	4 138 276	8 290 247	16 551 685

Andmestiku korrastamisel ühtlustati liiklusinfo eraldatud sõidusuundadega teelõikude kohta. Kõrvalmaanteeade lõikudel, mille kohta registris liiklusinfo puudus, kasutati eelmise teelõigu liiklusandmeid.

Vastavalt Soome juhendile arvestatakse juhul, kui liiklusprognoos on alla 600 AKÖL ning loenduse käigus ei ole fikseeritud detailset sõidukite koosseisu, raskesõidukite osakaaluks 7%. Meie teeregistri andmetest nähtub, et tihti piirdub väikese liiklusega teelõikude liiklusandmestik üldkogusega, kus ei eristata sõidukite liike. Tasub kaaluda sarnase reegli lisamist Eesti liiklusloenduse juhendisse.

Liiklusprognoos, koormussagedused ja katendi liik

Järgnevalt koostati üldistatud liiklusprognoos (7., 10., 15. ja 20. aastale, eraldi sõiduautode ja raskesõidukite osas), tuginedes baasprognoosis⁵² [24] toodud maakondade keskmistele kasvutempodele, millest omakorda tuletati regiooni teeliikide kasvutempod. Teeregistris fikseeritud liiklussagedused loeti sõltumata tegelikust loendusaastast 2010. aasta näitajateks.

Seejärel leiti prognoosi alusel koormussagedused (jooksval, 7., 10. ja 15. aastal⁵³):

- +0 (jooksval) ehk 2010. aasta liiklusele vastavat koormussagedust võib võrrelda FWD mõõtmiste tulemustega, kuna loogiliselt võttes peaks kõigi teede kandevõime oma arvutusliku eluea lõpuks vastama projekteerimisel kasutatud arvutuslikule kandevõimele. Kui see nõue ei ole täidetud, siis on tegemist kas aladimensioneerimisega või katendi arvutusliku eluea möödumisega;
- +7 ehk ligikaudu pool püskatendi elueast on tase, mille korral (arvestamata varuteguritega) võiks riigi keskmisel tasemel katendite kandevõime olla vastavuses arvutuslikuga, pooled teed alla ja pooled üle arvutusliku väärtuse, eeldusel, et katendi

⁵² Liikluse baasprognoos Eesti riigimaanteeadele aastani 2040; TTÜ 2007

⁵³ 20nda aasta koormussagedust ei kasutata, KKL väärtused arvutatakse tabelist 10nda aasta liikluse järgi

eluiga on 15 aastat ja selle järel kõik püsikatendid rekonstrueeritakse. Pooled teed, mis ei vasta nõuetele, on selleks ajaks rekonstrueeritud, ning need, mis veel vastavad, rekonstrueeritakse perioodi teisel poolel enne ressursi ammendumist. Sama väärtus (liikluskoormus +7) on aluseks ka kruusateede dimensioneerimisel projekteerimisfaasis;

- +10 on aluseks kergkatete dimensioneerimisel projekteerimisfaasis ning samuti ka Soome katendite projekteerimisel liikluskoormuse leidmisel;
- +15 vastab püsikatendite projekteerimisel kasutatavale tee eeldatavale tööeale;
- +20 on projekteerimisel tee geomeetriliste parameetrite määramiseks kasutatav. 20nda aasta liiklusproгноosi alusel valiti tee katendi tüüp, eeldades, et asfaltkatet ei asendata kergkattega ja kergkatet ei asendata siirdekatega, arvestades seejuures Juhendis toodud nõudeid, et AKÖL 3000 nõuab vähemalt siirdekatte rajamist ja AKÖL 6000 igal juhul püsikatet.

Vastavalt arvutatud koormussagedusele leiti kehtiva E_{vaj} määramise valemiga minimaalselt vajalik katendi elastsusmoodul (kandevõime). Seda korrigeeriti juhul, kui tee klassi nõuetest lähtuvalt on vajalik suurem moodul, samuti juhul, kui arvutuslik moodul on madalam katendi tüübile vastavast minimaalsest väärtusest (püsikatend 180 MPa, kergkatend 120 MPa ja siirdekate 70 MPa). Lisaks viidi katenditüüp järgmisse kategooriasse juhul, kui siirdekate kasutataval teel on vajalik kandevõime suurem kui 120 MPa (mis küll ei ole arvutuslikult loogiline, kui kruus materjalina võib olla maksimaalselt 150 MPa ja reeglina paikneb kruusakiht madalama kandevõimega materjalil) ning kui kergkatendil nõutav kandevõime ületab 180 MPa. Vastav korrektuur on tõenäoliselt vajalik ka projekteerimisjuhendisse sisse viia, vähemalt uute katendite projekteerimise osas, sest olemasolevate kergkatete ülekate võib olla majanduslikult mõistlikum, kui asendamine püsikatega (kuigi siinjuures on alati võimalus käsitleda senist kergkatet püsikatendi alumise kihina).

Teeregistripõhises analüüsis katendi tugevustegurit (kuni III klassini 0,94 ning kõrgematel klassidel 1,0) arvestatud ei ole.

Erinevate riikide kogemus liiklusproгноoside koostamisel näitab, et püütakse piirduda fikseeritud kasvuprotsendiga kogu proгноosi perioodiks (Taani, Rootsi) või baseerub ennustus lühemale ajavahemikule (Soome: 10nda aasta liiklus peegeldab 20 aasta keskmist). Vene kehtivates normides [20] on sisse toodud erinevate tegurite varieerimine, sealhulgas ka arvutusperioodi paindlikkus, lisades samas proгноosile ka tee klassist sõltuva üsna suure varuteguri.

Teedevõrgu grupeerimine

Kuna Soome metoodika järgi minimaalselt vajalik kandevõime väärtus esitatakse koormusgruppide kohta, mitte pideva funktsioonina, on otstarbekas kasutada just sama koormusgruppide jaotust. Jaotus ühtib põhiosas ka projekteerimisjuhendis (2005.a ettepanek, Maanteeameti koduleht) [25] esitatuga, mis hõlbustab katendi liigi määramise reegli kasutamist.

Tabel 16. Eesti teedevõrgu jaotus liikluskooormuse järgi ja tänased katendid

	KKL25	KKL10	KKL6	KKL2	KKL0,8	KKL0,4	KKL0,4	KKL0,1	KKL0,1	Σ
Persp:	asfaltkatted						kergkatted		kruus	
Asfalt	436,3	260,3	767,5	961,0	438,8	947,7	0,0	0,0	0,0	3812
Kergkate	0,0	1,7	164,5	545,4	573,8	266,8	1443,0	2853,4	0,0	5849
Kruusatee	0,0	0,0	0,0	8,5	10,9	42,6	418,8	2430,5	3980,4	6892
Kokku	436,3	262,0	931,9	1514,9	1023,5	1257,0	1861,8	5283,8	3980,4	16552

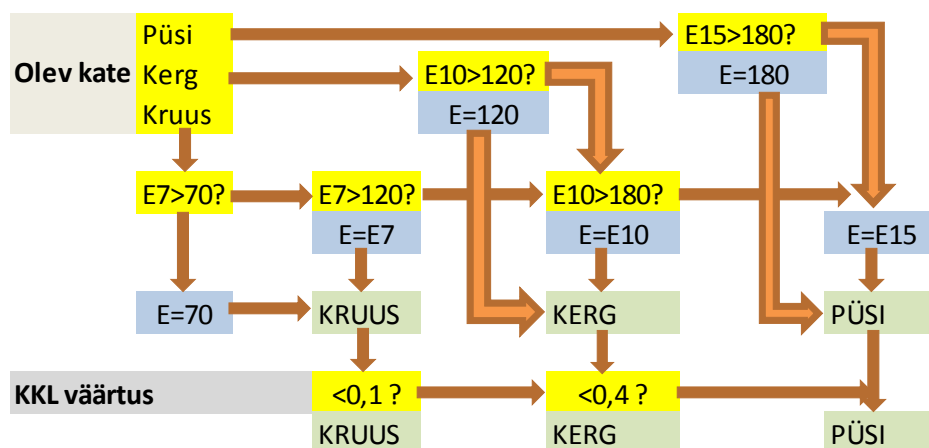
Soome normide järgi ei anta nõutud kandevõime väärtust kergkatetele suuremale koormusele kui KKL0,4 ning kruusateid normeeritakse vaid KKL0,1 piires.

Tabel 17. Teedevõrgu jaotus liikluskooormuse järgi koormusklassidesse, kandevõime ja liiklussagedused

	KKL25	KKL10	KKL6	KKL2	KKL0,8	KKL0,4a	KKL0,4k	KKL0,1k	KKL0,1s	Keskm
Km	436,3	262,0	931,9	1514,9	1023,5	1257,0	1861,7	5283,8	3980,5	
KKL _{avg}	13,338	8,089	3,156	1,325	0,581	0,104	0,190	0,009	0,019	0,85
E-Fin	475	420	360	265	230	170	145	145	115	181
E-Est	277	265	235	211	189	183	141	141	96	154
2010	8075	6247	3006	1705	1044	495	447	178	51	859
2030	13074	9964	4621	2490	1454	680	616	243	70	1296
kasv	1,62	1,60	1,54	1,46	1,39	1,37	1,38	1,37	1,37	1,51

Tabelis toodud E-Fin väärtus vastab seega KKL-klassile, kusjuures tabeli viimastes veergudes on vastavalt kergkatted KKL0,4 ja KKL0,1 koormusgrupis ning kruusateed KKL0,1 grupis. Kruusatee klassi (KKL0,1s) on tee loetud juhul, kui Eesti reeglite järgi vajalik elastsusmoodul ei ületa 120 MPa (vastavalt seitsmeaastase perioodi liikluskooormusele), vastasel juhul on eeldatud kergkatte rajamist vaatlusperioodi jooksul. Analoogiliselt on jaotatud KKL0,4 grupp, kus Soome reglemendi alusel on lubatud nii kerg- kui ka püsikatte rajamine, püsikatteks on loetud ala juhul, kui seal juba on püsikate või kui Eesti reeglite järgi vajalik elastsusmoodul (vastavalt kümneaastase perioodi liikluskooormusele) ületab püsikatte minimaalse 180 MPa. KKL_{avg} on antud koormusklassi kaalutud keskmine koormus miljonites telgedes enamkoormatud rajal. Süvenemata detailidesse, võib võrdluses teha lihtsa vea, lugedes Soome normides kasutatud (lääne) megapaskalid võrdseks meie normide järgi arvutatud (nõukogude) megapaskalitega ning järeldada, et vahe on keskmisena vaid 27,5 megapaskalit ehk 18%. Erisused ilmnevad esmalt arvutustes kasutatud materjalide omadustes.

E-Est väärtus on kehtiva juhendi järgi arvutatud vajalik kandevõime 15nda aasta koormussageduse alusel. Orienteerumiseks on tabelis toodud ka antud koormusgrupi liikluskooormus (AKÖL) 2010. aastal ja 20 aasta perspektiivis. Keskmiseks liikluskooormuse kasvuks on arvestatud 1,51 korda. Järjepidevalt on baasaastaks 2010.a, kuna liikluskooormused on olemas just selle aasta jaoks ning meil ei ole tegemist ühegi konkreetse objektiga.



Joonis 22. Katendi liigi määramise skeem

Joonis illustreerib katendi liigi määramist esmalt Eesti nõuete alusel ja seejärel korrektuuri vastavuses Soome nõuetega. Samuti on näidatud E-mooduli valiku skeem, mis arvestab kruuskattel ja kergkattel liikluskoormust 7 või 10 aasta jooksul. Soome nõuetes arvestatakse igal juhul katteliigi määramisel 20 aasta koormusega (normtelgedes). Seetõttu on igale teelõigule arvutatud välja koormussagedused kõigi eeltoodud aastate kohta ja kasutatud võrdluses (E7, E10, E15 arvutamisel).

5.2. Katendite dimensioneerimine valitud materjalidest

Dimensioneerimise arvutused on teostatud MS Excel töölehtedega, Eesti süsteemi järgi Ramboll Eesti vanemkonsultandi Ain Kendra ja Soome süsteemi järgi Ramboll Finland katendieksperti Janne Sikiö poolt. Püsikatendid on konstrueeritud reeglina asfaltbetoonist killustikalusel koos keskliivast drenkihiga. Kergkatendi põhikonstruktsiooniks on arvestatud kahekordne pindamine bituumenstabiliseeritud alusel kruusliivast drenkihil.

Erineva kategooria teedel on sõidutee laius erinev. Vastavalt projekteerimisnormidele (2005.a eelnõu, tabel 2.6) [25], on I ja II klassi teel katte laius 11 meetrit (I klassi puhul on tegemist kahe lahutatud suunaga, millest kummagi laius on 11 meetrit), III klassil - 9 meetrit, IV klassil - 8, V klassil 7 ja VI klassil 6 meetrit. Kihi keskmiseks laiuseks tuleb arvestada pinna laius pluss ühekordne kihipaksus. Analoogiliselt ka järgmiste kihtide korral (mõlemale poole 1:1 kaldega laienev serv survekoonuse ulatuses), kusjuures järgmise kihi pealtlaius on eelmise kihi pealtlaius pluss kahekordne kihipaksus.

Orienteeruvate maksumuste arvutamisel on aluseks võetud ehitusettevõtjate hinnangul tänastes pakkumistes (suvi 2011) arvestatavad ruutmeetri ühikuhinnad: asfaltbetoon - 2,6 €/cm, tardkivikillustik - 0,42 €/cm, paekillustik 0,16 €/cm ja liiv 0,13 €/cm. Kergkatete puhul on kahekordse pindamise maksumus 3,20 €/m², bituumenstabiliseerimise maksumus 0,26 €/cm ja kruusliiva ning kruusa hind koos paigaldusega 0,14 €/cm.

Tabelites [Tabel 18, Tabel 19] on toodud kihtide paksused valitud koormusklassides ning katendi jooksva meetri orienteeruv maksumus eurodes.

Tulenevalt eeldusest, et meil kehtivate normide alusel dimensioneeritud katend vastab 40-tonnisele koormusele ning Soome normide järgi dimensioneeritud katend 60-tonnisele koormusele, saame 52-tonnisele koormusele vastavad katendi kihtide paksused interpoleerimise teel igas koormusklassis.

Lähtuvalt eelnevalt fikseeritud eeldustest (Eesti teedevõrgu jaotus koormusklassides, Tabel 17), kujuneb erinevatel juhtudel kaalutud keskmiseks püsikatendi paksuseks Eesti kehtiva juhendi alusel 57,7 cm ning Soome juhendi järgi 131,6 cm ja 52-tonnisele koormusele interpoleeritud konstruktsioonidel 102,2 cm.

Detailsem kihipaksuste võrdlus on toodud peatükis 5.3 koos Rootsi ja Taani võrdlustega.

Kontrollitud on ka keskmised katendipaksused nii killustiku mooduli 400 (53,0 cm) kui ka mooduli 200 (61,7 cm) korral. Siit tulenevalt on tänased katendid tõenäoliselt õhemad Tabel 18 näidatutest, kuna valdavalt on katendid projekteeritud ja ehitatud siis, kui killustiku mooduliks määrati 400 MPa. Killustikumooduli edasine võimalik langetamine (paekillustiku osas) teeb katendid vastavalt paksemaks, tõstmata siiski nende kandevõimet.

Tabelis on toodud Eesti normide järgse (EST), Soome normide järgse (FIN) ja interpoleeritud konstruktsiooni (E52) kihtide paksused ning jooksva meetri hinnangulised maksumused.

Tabel 18. Püsikatte konstruktsioon koormusklassides (cm)

	KKL0,4 (VI)			KKL0,8 (V)			KKL2 (IV)			KKL6 (III)			KKL10 (II)			KKL25 (I)		
	EST	FIN	E52	EST	FIN	E52	EST	FIN	E52	EST	FIN	E52	EST	FIN	E52	EST	FIN	E52
SMA			0			0			0	4	2,4		4	5	4,6	4	6	5,2
AC surf	4	4	4	5	8	6,8	6	5	5,4	5	5	5	5	7	6,2	5	8	6,8
AC base			0			0	5	3		6	7	6,6	6	7	6,6	7	8	7,6
Graniit	15	9		15	9		20	12		20	12		12	20	16,8	12	20	16,8
Lubjakivi	28	40	35,2	24	40	33,6	23	47	37,4	22	47	37	13	47	33,4	15	50	36
Keskliiv	22	57	43	21	57	42,6	32	60	48,8	24	60	45,6	34	60	49,6	23	60	45,2
Paksus cm	54	116	91	50	120	92	61	137	107	57	143	109	74	146	117	66	152	118

EUR/jm	141	263	213	171	376	291	227	518	399	355	721	569	599	957	808	615	1058	874
--------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	-----

E52 konstruktsioonid on interpoleeritud ainult finantsarvutusteks ja seetõttu ei vasta kihipaksused kehtivatele normidele. Kihipaksuste korrektuur asfaldikihtide piires ehk alumiste kihtide käsitus enamakihilistena ei muuda olulisel määral kandevõime arvutustulemusi.

Arvestades jooksva meetri maksumused Eesti teedevõrgu jaotuse baasil kaalutud keskmisena, saame tänastes hindades katendi keskmiseks maksumuseks 268 €/km ning 52-tonnisel konstruktsioonil 423 €/km. Sama raha eest saab ehitada 63,3% kavandatud mahust ja katendikonstruktsioon kallineb 58%.

Soome uuringu (Uimonen 2007; 2000 hindades) [30] andmetel on kilomeetrimaksumused samas vahemikus – 0,3..1,1 miljonit €/km, ületades neid väärtusi kiirteedel ja asulates.

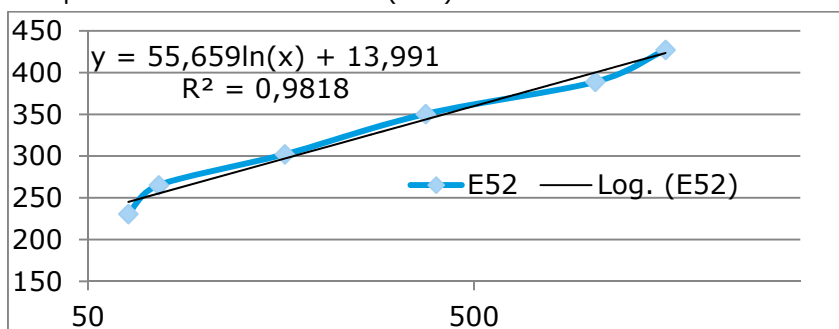
(Kontrolliks on arvatud, kui palju mõjutab maksumust Soome katendiarvutuses aluspinnase mooduli valik (20 MPa vs 35 MPa) - mõju kogutulemile on 1,1%.)

Kergkatete puhul on Soome normides arvestatud 145 MPa kandevõimega. Käesolevas töös on arvestatud bituumenstabiliseerimisega, mis iseenesest on aluse materjal. Kahekordne pindamine tagab katendi ilmastikukindluse ja tõstab kulumiskindlust, ei paranda aga kandevõimet. Kandevõime väärtuse valik on teisalt põhjendatud ka sellega, et loogilise järgmise arenguna liikluskooormuse kasvades on asfaldikihi lisamine – Soome normide järgi on asfaldikihi all nõutav kandevõime vähemalt 145 MPa.

Tabel 19. Kerg- ja siirdekatete konstruktsioonid (cm)

Materjal	KKL0,1 kruus			KKL0,1 kerg			KKL0,4 kerg		
	EST	FIN	E52	EST	FIN	E52	EST	FIN	E52
Bituumenstabiliseerimine				10	13	11,8	10	15	13
Lubjakivikillustik				5 ⁵⁴	18	12,8	5	20	14
Kruusliiv	20	22	21,2	20	26	23,6	20	25	23
Kruus	29	40	35,6						
cm	49	62	56,8	35	57	48,2	35	60	50
Eur/jm	48	62	56	91	117	107	91	117	107

Interpoleeritud konstruktsiooni (E52) arvutatud moodulite alusel on saadud graafik:



Joonis 23. Seos koormussageduse ja Evaj vahel

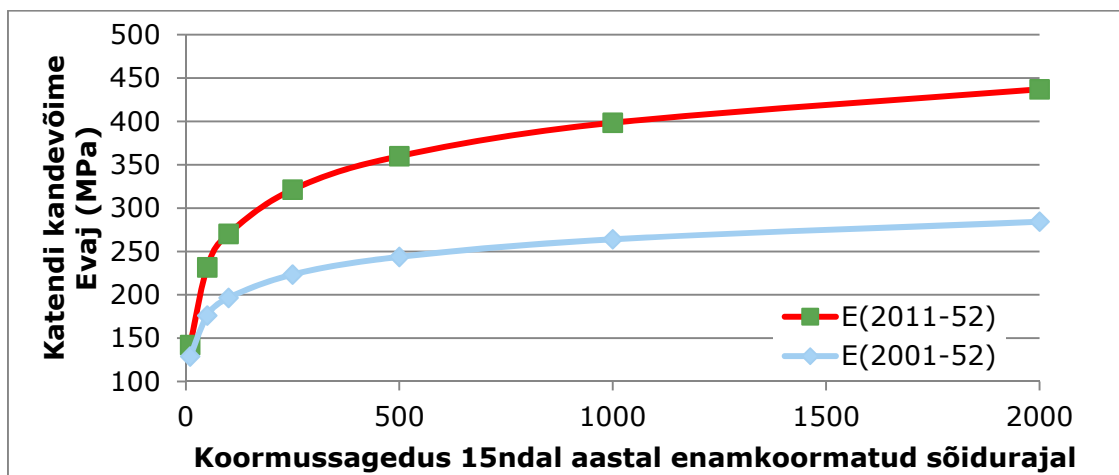
⁵⁴ 5 cm killustikku kruusliiva ja bituumenstabiliseeritud kihi vahel on tehnoloogiline ja ei sisaldu kandevõime arvutustes (selles osas loetakse kruusliiva kihi hulka), küll aga sisaldub maksumuse arvutustes

E52 koormusele vastava valemiga on seega käesolevas töös kasutusel

$$E_{vaj} = 55,659 \cdot \ln(Q) + 13,99$$

ning Joonis 23 võrreldakse seda Juhendi 2001-52 (13.1) senikehtivaga

$$E_{vaj} = 67,6 \cdot \log(Q) + 61,3$$



Joonis 24. Võrdlus senise (40t - juhend 2001-52) ja 52 tonnisele koormusele vastava E_{vaj} vahel

Uus valem on tuletatud otseselt Soome ja Eesti katendite vahele interpoleeritud konstruktsioonide arvutusliku kandevõime väärtustest ning valemiga on leitud Teeregistri igale konkreetsele segmendile kandevõime sihtväärtus, mis vastaks 52-tonnisele lubatud koormusele. Kui seda valemit püüda kasutada teede projekteerimisel, tuleb eelnevalt läbi töötada tugevusteguri kasutamise skeem, mis võimaldab erinevate maanteeklasside puhul vajadusel rakendada madalamaid piirmäärasid. Ka Vene uuemates normides kasutatakse suuremat diferentseerimist mõlemas suunas.

Kruuskatte rekonstrueerimisel kerg- või püsikatteks rajatakse eelpool kirjeldatud konstruktsioon eraldi dreni kihti ehitamata (dreeniv roll on alusel).

Olemasoleva kergkatendi rekonstrueerimisel püsikattendiks on võimalik rakendada kompleksstabiliseerimist (orgaanilise sideainega kergkatend freesitakse, lisatakse killustik ja sideained ning segatakse ja tihendatakse), sellisele alusele rajatakse ettenähtud asfaldikihid. Et sel teel saavutatakse kogu konstruktsiooni parem kandevõime, on võimalik ülemiste asfaldikihtide kergem konstruktsioon. Siiski ei ole otstarbekas käesoleva töö raames püüda lahendada optimeerimisülesannet kogu teedevõrgule.

5.3. Võrdlus Taani ja Rootsi juhendite/tarkvara alusel

Võrdlus Taani katendite dimensioneerimise juhendi alusel

Taanis kasutatakse projekteerimiseks uut juhendit, mis kinnitati 1.06.2011⁵⁵ [26]. Juhendi on koostanud 1996. aastal loodud töögrupp Gregers Hildebrandi juhtimisel (Taani Teetehnika Instituut). Samal ajal, alates 1.07.2011 suurendati ka lubatud koormust - senisele 48 tonnile (6+ telge) lisandus 54 tonni (7+ telge) ja lubati ka 11,5 tonni veoteljel senise 10 tonni asemel.

Liikluse järgi jagatakse teed 8 klassi, klassides T0..T6 valitakse konstruktsioon kataloogimeetodil valmis variantide hulgast juhul, kui aluspinnas on külmakindel ja kandevõimega vähemalt 40 MPa; teistel juhtudel ja alati klassides T6 ja T7 tuleb kasutada tarkvara (MMOPP2011)⁵⁶ [27]. Dimensioneerimise aluseks on 10nda aasta liiklus (nagu ka Soomes). Programmi MMOPP2011 kasutamist juhendas vahetusprogrammi raames Ramboll Eestis stažeerinud Ramboll Taani teedeinsener Christoffer Vældgaard Grøn. Täiendavat lisainfot programmi võimaluste kohta saime Taani Teetehnika Instituudist (Susanne Baltzer), sealhulgas ka materjalide ja kliimaparametrite detailsemaks määratlemiseks, mis võimaldab edaspidi täpsemalt võrrelda Taani ja Eesti katendiarvutuse süsteeme ning on abiks arendustegevuses.

Tabel 20. Taani normide klassifikatsioon

Klass	Veoautot ööpäevas	Normtelge ööpäevas (ülapäär)	Dimensioneerimise liiklus (10-tonnist normtelge aastas)
T0	Kergliiklustee		
T1	Kuni 1	0,5	75
T2	Kuni 75	20	7 300
T3	75...150	50	18 300
T4	150...600	200	73 000
T5	600...1400	500	180 000
T6	1400...2000	800	300 000
T7	Üle 2000	1500 (tegelikult piiri pole)	500 000 (tegelikult piiri pole)

Normtelgede arvu leidmisel kasutatakse mitmeid parandustegureid - rajategurid, tee kanaliseeritust arvestav tegur, ringristmiku lokaalne tegur, veoautode liigitegur ja pikkustegur. Käesolevas uuringus on rakendatud *super single* tegurit põhi- ja tugimaanteedel 1,3 ja kõrvalmaanteedel 1,1 (vahemik 1,0..1,2). Vaikeväärtuseks on siiski 1,0 (topeltrehvide kasutus) ning 700 kPa rehvirõhk. Linnatänavatele olulisest tasub ära märkida seotud materjalide elastsusmooduli alandamist, kui liikluskiiirus on kuni 60 km/h (alla 30 km/h 0,8 ja alla 5 km/h 0,4 tasemele). Sel teel lahendatakse Taanis ka staatilise koormuse kontroll.

Lähtuvalt aluspinnase külmakindlusest, on sätestatud minimaalsed nõuded katendi kogupaksusele vähem/rohkem külmakartlikele pinnastele (sealhulgas savikad moreenpinnased) – T0,T1 – vastavalt 40/50 cm, T2 – 50/70 cm, T3 – 60/80 cm ning T4,T5,T6,T7 – 70/90 cm. Veetase tuleb tehniliste vahenditega viia allapoole nimetatud taset, see tagab samas ka külmumistsooni kuiva režiimi. Need paksused eeldavad põhimaterjalina purustatud tugevamast tardkivimist kaljupinnase kasutust. Nõrgemate materjalide korral kujunevad kihipaksused suuremaks. Kuna meil on valitud niiskuspakkond 2, siis oleme eeldanud aluspinnase võimalikku niiskumist ja seega ka külmakartlikkust.

Iga asfaldiliigi kohta on juhendis antud intervallid, millise koormuse korral antud materjali kasutada tohib. Asfaldikihtide valikul eelistatakse võrdtugevaid segusid kogu kattekihis või koguni tugevama segu paigutust alumiseks. See tagab katendi parema vastupidavuse tõmbepingetele asfaldi alakihis.

⁵⁵ <http://www.vejsektoren.dk/imageblob/image.asp?objno=655491>

⁵⁶ <http://www.vejsektoren.dk/wimpdoc.asp?page=document&objno=653890>

MMOPP2011 võimaldab kasutada nii analüütilist meetodit kui ka simulatsiooni. Käesolevas töös on piiratud analüütiliste arvutustega. MMOPP2011 programmiga konstrueeritud katendid põhilistele teegrupptidele on toodud alljärgnevas tabelis:

Tabel 21. Taani koormusklassidele vastavad katendid (kihi paksus cm / materjali elastsusmoodul)

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
10t.ax/a	75	7300	18300	73000	180000	300000	500000
10t.ax/24h	0	0,2	50	200	493	822	1370
SMA						5/3000	5/3000
AB surf	5,1/1000	4/1000	4/1000	5/1000	5/2000		
AB bin			5/2000	6/2000	6/3000	6/3000	6/3000
AC base		10/2000	7,3/2000	9,8/2000	8/3000	9,2/3000	10,8/3000
SG II/200	15	15	18	15	17	21	22
Liiv/100	19,9	41	48,6	55	60	66	70
Kokku cm	40	80	80	90,8	96	107,2	113,8

Tabelis on toodud katendikihtide paksused cm-tes ja seotud kihtidel ka vastava asfaltbetooni arvutuslik elastsusmoodul (MPa). Süsteem ei võimalda selles osas otse sisestada meil kasutatavate asfaltbetoonide arvutuslikke omadusi ja erinevate valitavate segude vahel on püütud leida võimalikult lähedane analoogilises situatsioonis kasutatud segutüüp.

Võttes aluseks 10-tonnised teljed ja eelduseks, et telgede parameetrid on samad, saame aga alljärgneva tabeli Soome koormusklasside järgi:

Tabel 22. Soome koormusklassidele vastavad katendid Taani süsteemi järgi (kihipaksused cm; MMOPP2011)

	KKL0,1	KKL0,4	KKL0,8	KKL2	KKL6	KKL10	KKL25
10t.ax/a	5000	20000	40000	100000	300000	500000	1250000
10t.ax/24h	13,7	54,8	109,6	274,0	821,9	1369,9	3424,7
Eestis konstrueeritud katendikonstruktsioonid (materjalide valik Eestile lähedane)							
SMA (b: 70/100)						5	5
AB surf (b:70/100)	5	5	4	5	5		
AB bin (b:70/100)			5	6	6	6	6
AC base (b:70/100)	9	10,5	8,8	8	9,3	11,1	14,3
SG II (E:200)	15	15	15	16	21	21	24
Liiv (E:100)	37	49,5	52	59	66	71	77
Kokku cm	66	80	84,8	94	107,3	114,1	126,3
E (EST)	226	257	273	299	346	375	431

Programm võimaldab valida ülemiste asfaldikihtide paksused ja määrab automaatselt alumiste kihtide (nii asfaldi, killustiku kui ka liiva) paksused. Tabelis on näidatud kihipaksus cm-tes ning materjali arvutuslik elastsusmoodul 30°C 10 cm kihi korral (Eesti normides esinevad 0, 10 ja 20°C). Süsteemis on võimalik valida materjale, kuid automaatselt kitsendatakse valikud lähtuvalt antud klassile Taanis lubatud materjalidest. Seetõttu on väga raske päris adekvaatset võrdlust teostada. Mustkillustikul ja poorsel asfaltbetoonil puuduvad analoogid, samuti ei kasutata lubjakillustikku - tardkivikillustiku arvestuslik moodul on 300 või 350 MPa. Kuna sidumata materjalide üksikuid parameetreid saab korrigeerida, siis käesolevas võrdluses on killustikul kasutatud 200 MPa. Samuti ei õnnestu valida kõigis konstruktsioonides bituumenit 70/100 penetratsiooniga, kuna Taanis kasutatakse suurema liiklusega teedel enam bituumenit 40/60 ja väikese liiklusega teedel vaid 160/200. Eesti katendijuhendis ei eristata bituumeneid penetratsiooni järgi, küll aga on erisused arvestatud kõigis Vene juhendites.

Kliimamooduli detailsem reguleerimine on võimalik programmi salasõnaga kaitstud osas, seetõttu on käesoleva töö raames võrreldud põhimõtteliselt Taani kliimaatilistesse oludesse sobivat katendikonstruktsiooni (sh ka bituumenite valik).

MMOPP lubab dimensioneerida nii elastseid, poolelastseid kui ka jäiksid katendeid, võimaldades seega arvutuslikult lahendada muuhulgas Confalt-Densifalt tüüpi segude kasutuse, mis täna tugineb vaid tootja soovitudele.

Kontrolliks on püütud arvutada samad konstruktsioonid ka programmiga MMOPP2007, mis kehtis samaaegselt koormuspiiranguga 48 tonni.

Tabel 23. Samale liikluskooormusele programmiga MMOPP2007 dimensioneeritud katendid (kihipaksus mm)

	KKL0,1	KKL0,4	KKL0,8	KKL2	KKL6	KKL10	KKL25
SMA 40/60	50	50	40	50	50	50	50
ABB			50	60	60	60	60
GAB II 40/60	83	104	80	80	96	107	138
Killustik (200)	150	150	150	150	200	210	230
Liiv (100)	317	496	480	460	450	480	530

Võrdlusest järeldub, et Taani on 2011. a süsteemi juurutamisega tõstnud kandevõimeid suurema liiklusega teedel ning seda võib seostada maksimaalse koormuse tõstmisega 48 tonnilt 54 tonnile.

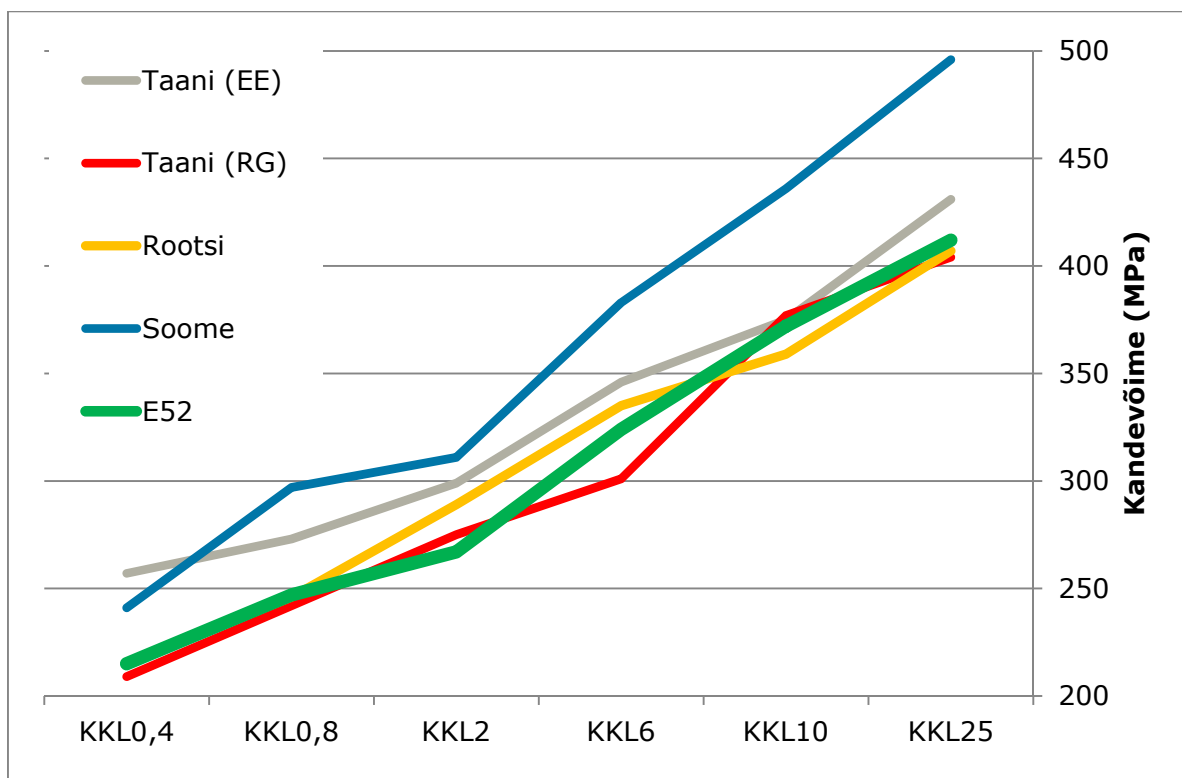
Käesoleva töö raames 23.09.2011 toimunud koostöönoupidamise järel esitasid Ramboll Taani eksperdid omapoolsed konstruktsioonid antud aluspinnase ja liikluse korral (vt Lisa 11). Alljärgnevalt on esitatud asjakohane koondülevaade Tabel 24. Taani ekspertide pakutud konstruktsioonid

Tabel 24. Taani ekspertide pakutud konstruktsioonid

	KKL25	KKL10	KKL6	KKL2	KKL0,8	KKL0,4
SMA	35 (40/60;PMB)	35 (40/60)	35 (40/60)	35 (40/60)		
AC bin/surf	65 (40/60)	60 (40/60)	55 (70/100)	50 (70/100)	35 (70/100)	35 (160/220)
AC base	75 (40/60)	70 (40/60)	60 (70/100)	55 (70/100)	85 (70/100)	75 (70/100)
SG	280	270	240	210	180	160
liiv	635	595	535	550	500	430
Paksus	1090	1030	925	900	800	700
E(EST)	404	377	301	275	242	209

Kuna Taani süsteemis on kasutatud teistsuguseid bituumeneid, siis katendi kandevõime kontrollarvutuses 2001-52 baasil E(EST) on asfaltbetoonide elastsusmoodulid valitud juhendi BCH 46-83 alusel (erinevad: SMA ja AC bin/surf 40/60 = 4400 MPa; AC base 40/60 = 2800; AC surf 160/220 = 1500). Raske liikluskooormusega koormusklassides kasutatakse bituumeneid penetratsiooniga 40/60 kõigis kihtides, väikese liiklusega teedel ülakihis aga pehmemat bituumenit (160/220) ja see väljendub ka arvutuslikus kandevõimes. Kruuskillustiku elastsusmooduliks on valitud 350 MPa.

Võrreldes Taani ekspertide koostatud katendeid meie poolt MMOPP2011 programmiga koostatutega, tulenevad põhilised erisused erinevate bituumenite kasutusest enamkoormatud teedel ja õhemast killustikukihist väikese koormusega teedel. Väga hea kokkulangevus on Taani ekspertide koostatud konstruktsiooni ja 52-tonnisele koormusele interpoleeritud konstruktsiooni arvutusliku kandevõime vahel.



Joonis 25. Põhjamaade võrdlus

Graafikul Joonis 25 on võrreldud Rootsi ning interpoleeritud Eesti konstruktsiooni kahe Taani skeemi järgi koostatud katendikonstruktsiooniga.

Taani (54) EE on koostatud Ramboll Eesti ning Taani (54) RG Ramboll Taani ekspertide poolt. Madalama liikluskoormuse juures on Ramboll Eesti variandis järgitud Eesti katendijuhendis fikseeritud minimaalseid kihipaksusi, mistõttu on tulemuseks saadud suurema kandevõimega konstruktsioon, kui samadel tingimustel Taani inseneride poolt koostatud.

Võrdlus Rootsi katendite dimensioneerimise juhendi alusel

Uusehitiste projekteerimisel võib kasutada standardkonstruktsioone (tabelimeetod) juhendi VVMB 302⁵⁷ alusel, mis kehtib kuni 500 000 standardtelje korral aastas. Projekteerimisjuhised on kirjeldatud Rootsi Maanteeameti kodulehel [28]. *PMS Objekt*⁵⁸ tarkvaraga [29] on võimalik teostada kontrollarvutusi nii tüüpkonstruktsioonide puhul kui ka erijuhtudel, kus on tegemist tavapärasest erinevate materjalidega. *PMS Objekt* on Norra päritolu tarkvara. Eesti võib lugeda Rootsi kliimatsoonide kaardil kolmandasse tsooni. Aluspinnas tuleb lugeda klassi 3b (SiSa), külmakindlusklass 2 (4-skaalas). Kaljupinnast kvalifitseeritakse kolme gruppi tugevuse järgi kuulveskis (sama ka Los Angelese skaalana tuntud) – alla 18, 18..30 ja üle 30. Materjalide elastsusmoodulid varieeruvad aastaegade lõikes ning järgnevas tabelis on esitatud muutumispiirkond.

Tabel 25. Katendikihtide paksused (mm) Rootsi normide alusel (PMS Objekt)

	E-mod	KKL25	KKL10	KKL6	KKL2	KKL0,8	KKL0,4	KKL0,1
AC surf	3500..14500	40	40	40	40	40	40	45
AC	2500..11500	165	150	135	95	70	40	
0/31,5	150..1000	80	80	80	80	80	80	80
0/125	200 (450)	400	350	350	350	300	300	300
liiv	70..1000	300	200	200	200	200	200	200
kogupaksus		985	820	805	765	685	660	625
E(Est)		407	359	335	289	246	215	203

Rootsi juhendi ja tarkvara kasutamisel tekkinud küsimused lahendati koostöös Ramboll Rootsi katendiekspert Virgilio Pereziga, kes kontrollis ja korrigeeris ka valitud konstruktsioone ning andis selgitusi nii tehniliste detailide kui ka Rootsi kogemuste osas. Käesoleval juhtumil asendati standardne purustatud kalju (450 MPa) lubjakivikillustikuga, võttes selle elastsusmooduliks 200 Mpa. Teiste materjalide omadusi ei muudetud. *PMS Objekt* tarkvara täieneb pidevalt ja lähiajal on oodata uute materjalide lisandumist – seni kasutatakse vaid kaht fikseeritud asfaldi tüüpi, mis kumbki ei kattu meil kasutatavate SMA ja AC base spetsifikatsioonidega. Reeglina kasutatakse ka bituumenit katendis vähem, mis kahandab suviste kõrgete temperatuuride mõju katendile. Rootsi eksperdid kasutavad tihti võrdluseks Soome norme ja arvutusreegleid, projekteerijad peavad *PMS Objekt* abil dimensioneeritavat tulemust väga piiripealseks ja püüavad võimalusel lisada tugevusvaru.

⁵⁷ http://publikationswebbutik.vv.se/upload/4594/2009_7_vvmb_302_dimensionering_av_lagtrafikerade_vagar_dk1.pdf

⁵⁸ <http://www.trafikverket.se/Foretag/Bygga-och-underhalla/Vag/Tekniska-dokument/Vagteknik/PMS-Objekt/>

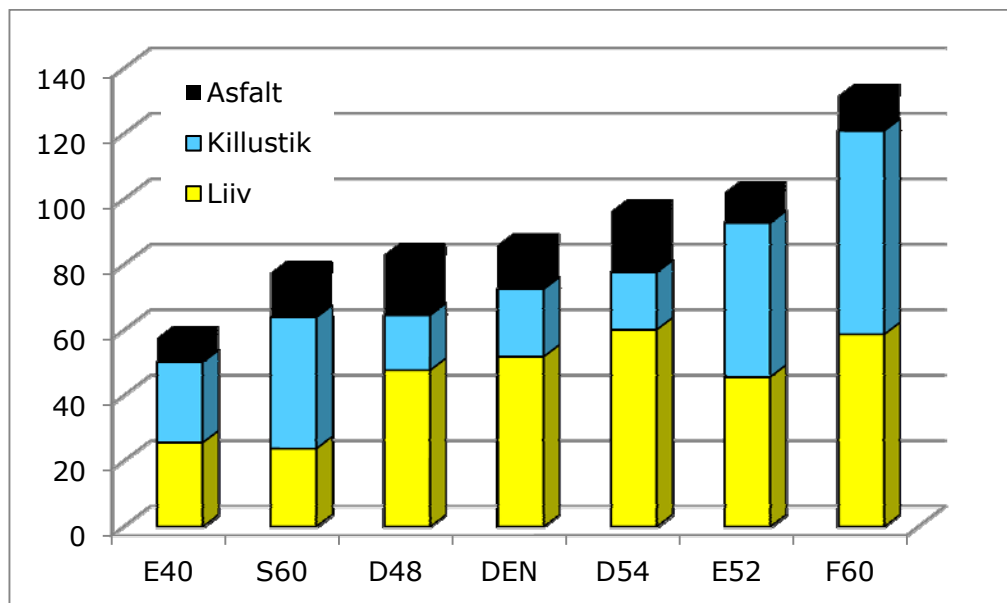
Põhjamaade koondvõrdlus

Tabelis on toodud katendikihtide paksused grupeerituna – asfaldid/killustikud/liivad. Taani süsteemis kasutatakse paksemaid asfaldikihte ning samas Soomes ja Rootsis on oluline osa sidumata kihtides. Põhjuseks on tugeva kivimaterjali nappus Taanis. Tabel 26 on esitatud erinevate koormusklasside üldistatud kihipaksused, Taani (54) DEN ja Soome (60) konstruktsioonid on koostatud otseselt vastava riigi inseneride poolt, Rootsi katend on kontrollitud Rootsi inseneride poolt.

Tabel 26. Valitud katendikihtide paksused liigiti (asfalt/killustik/liiv cm-tes)

	KKL25	KKL10	KKL6	KKL2	KKL0,8	KKL0,4	Keskmine
Eesti (40/44)	16/27/23	15/25/34	11/22/24	6/23/32	5/24/21	4/28/22	57,6
Taani (48)	25/23/53	22/21/48	20/20/45	19/15/46	17/15/48	15/15/50	83,1
Taani (54) DEN	18/28/64	17/27/60	15/24/54	14/21/55	12/18/50	11/16/43	86,1
Taani (54)	25/24/77	22/21/71	20/21/66	19/16/59	18/16/59	15/15/50	96,3
Rootsi (60)	21/32/50	19/28/50	18/48/20	14/43/20	11/38/20	8/38/20	77,5
Soome (60)	22/70/60	19/67/60	16/67/60	10/67/60	8/55/57	4/55/57	131,6
EST-52	20/53/45	17/50/50	14/49/46	8/49/49	7/43/43	4/44/43	102,1

Keskväärtuse leidmiseks on kihtide paksused kaalutud Eesti (perspektiivse) teedevõrgu koormusklasside struktuuris.

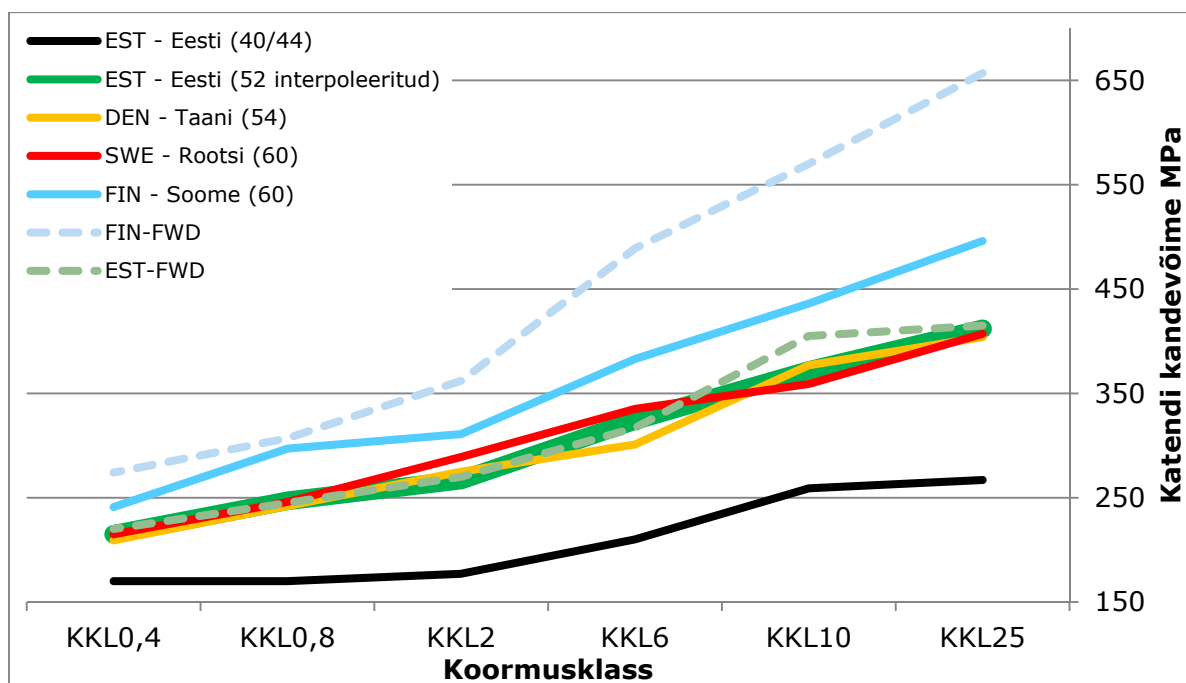


Joonis 26. Valitud katendite kaalutud keskmised paksused

Võrreldes kihipaksuste asemel meil kasutatavate elastsusmoodulite ja arvutusreeglitega arvutatud elastsusmooduleid (kandevõimet), saame järgmised tulemused:

Tabel 27. Valitud katendikonstruktsioonide arvutuslik kandevõime (2001-52 alusel)

	KKL25	KKL10	KKL6	KKL2	KKL0,8	KKL0,4	Keskmine
Eesti (40/44 kehtiv)	267	259	210	177	170	170	191
Taani (48 – MMOPP2007)	414	363	342	297	270	256	303
Eesti (52 interpoleeritud)	419	381	324	267	251	218	280
Taani (54 – MMOPP2011)	431	375	346	299	273	257	307
Taani (54 – Ramboll)	404	377	301	275	242	209	273
Rootsi (60)	407	359	335	289	246	215	285
Soome (60)	496	436	383	311	297	241	325



Joonis 27. Valitud konstruktsioonide kandevõime võrdlus koormusklassides koos mõõdetud keskväärtustega

Võrreldud on erinevate normide alusel samadest materjalides samale liikluskormusele projekteeritud konstruktsioone, kandevõime arvutus on teostatud kõigile konstruktsioonidele ühtse, Eestis kehtiva meetodika alusel. Taani osas on kasutatud Ramboll Taani ekspertide koostatud katendit. Lisatud on mõõdetud kandevõime keskväärtused Eestis ja Soomes (vt ptk 5.5.1). Sama graafik ilma mõõdetud kandevõime tulemusteta on toodud Lisas 6.

Võrdlusest ilmneb, et valitud 52-tonni konstruktsioon osutub lähedaseks Rootsi reglemendi alusel koostatud konstruktsioonidele ja nii Taani 48-tonnisele kui ka 54-tonnisele lahendusele. Samuti on interpoleeritud graafik (minimaalselt vajalik kandevõime 52-tonnisele koormusele) väga lähedane tegelikult Eesti teedel mõõdetud keskväärtusele. Arvestades, et Taani reglemendi koostamisel on osalenud Per Ullidtz (Dynatest), keda võib lugeda Euroopa enamtunnustatud katendiekspertiks, tuleks edaspidises tegevuses olulist tähelepanu pöörata Taani MMOPP2011 tarkvara võimalikule kohandamisele Eesti tingimustele, arvestades kliimatilist eripära.

Ei saa välistada ka Rootsi süsteemi kohandamist, kuid siinjuures on oluline asjaolu, et Rootsi süsteemis on fikseeritud materjalide valik üsna piiratud, eriti asfaltbetoonide osas.

5.4. Perspektiivne teedevõrk, maksumused

5.4.1. Katte liigi muutused

Tabel 28. Teedevõrgu jaotus tänase katendiliigi alusel koormusklassides (km)

	KKL25	KKL10	KKL6	KKL2	KKL0,8	KKL0,4 (asf)	KKL0,4 (s)	KKL0,1 (s)	KKL0,1(kr)
Tänane kate	Perspektiivsed püsikatendid						kergkatend		kruusatee
Asfalt	436,3	260,3	767,5	961,0	438,8	947,7	0,0	0,0	0,0
Kergkate	0,0	1,7	164,5	545,4	573,8	214,3	1451,1	2897,8	0,0
Kruusatee	0,0	0,0	0,0	8,5	10,9	36,1	418,8	2436,9	3980,4
Kokku	436,3	262,0	931,9	1514,9	1023,5	1198,0	1869,8	5334,7	3980,4

Tabelis on kollastes ruutudes alad, kus tänase kergkatte asemel peaks olema püsikate (1500 km), rohelistes alad, kus kruusateest peaks saama püsikattega tee (55 km) ning sinistes alad, kus kruusateest peaks saama kergkattega tee (2856 km).

5.4.2. Teedevõrgu arvestuslik maksumus erinevate konstruktsioonide korral

Võttes aluseks eeltoodud kihipaksused, arvestuslikud ühikhinnad ja vastava kategooria riigiteede pikkused (põhialuseks kandevõimeühiku maksumus ja kandevõime puudujääk), saame tänastele normidele vastava teedevõrgu summaarseks maksumuseks 2,29 miljardit eurot ning 52-tonnisele koormusele vastavaks maksumuseks 3,28 miljardit eurot. Seega on hinnavahe **985 miljonit eurot** - eelduseks on tänase teedevõrgu vastavus koormusnõuetele neid ületamata. Kasutades Soome ekspertide poolt meie liikluskoormusele projekteeritud konstruktsioonide maksumusi, kujuneb meie teedevõrgu maksumuseks 3,97 miljardit eurot. See vastab ka 60 tonnise koormuse lubamiseks vajaliku konstruktsiooni kogumaksumusele.

Kontrolliks on uuritud, millise väärtusega Eesti riigiteed on raamatupidamislikult arvele võetud – riigimaanteede soetusmaksumuseks on (seisuga 31.01.2011) 1,451 miljardit eurot (sh sillad 164 miljonit eurot). Detailsem ülevaade riigimaanteede raamatupidamislikust soetusmaksumusest on esitatud Lisas 1. Seega on raamatupidamisliku soetusväärtuse ja käesoleva uuringu käigus arvutatud hinnangu vahe ca 1 miljard eurot, mis tuleneb tõenäoliselt mitmest faktorist: ehituse hinnatõus alates viimasest ümberhindamisest, ilma teadaoleva projektita ehitatud aluskonstruktsioonidega (vanal muldel, kus konstruktsiooni alt turvas, savi või muld on eemaldamata), tegelikult tänastele nõuetele mittevastavad konstruktsioonid (sealhulgas tulenevalt ka materjalide arvutusparameetrite 2009. aastal tehtud korrektuurist), aga ka teede bilansilisel real kajastuvad muud rajatised. Lisades ka 2011. aastal valminud objektide ning lõpetamata teelõikude maksumuse, tõuseb soetusmaksumus (koos sildadega) 1,526 miljardi euroni.

Soome teedevõrgu maksumus

Soome teedevõrgu maksumuseks on meedia andmetel 200 miljardit eurot⁵⁹. Seejuures ei selgu intervjuust siiski, millise osaga teedevõrgust on arvestatud. S. Uimonen on 2007. aastal avaldanud teadustöös *Suomen infrastruktuuripääoma: tiet* [30] Soome teeinfrastruktuuri (maanteede) väärtuseks 37 miljardit eurot. Teedevalitsuse andmestik jääkväärtusest (tuginedes väärtuse lineaarsele langemisele ajas) viitab 15 miljardile eurole. Soome teedevõrgu kogupikkus on orienteeruvalt 450,000 km ning seega võib hinnang 200 miljardit olla adekvaatne, kattes teede kõik omandivormid ning arvestades ka hinnatõusu. Viidatud teadustöös ei ole arvestatud omavalitsuste bilansis olevaid ja erateid. Soome riigiteede pikkuseks on 78 000 km, seega keskmise kilomeetri maksumuseks 474 000 eurot ja samade keskmiste korral oleks Eesti teedevõrgu maksumuseks 7,8 miljardit eurot. Paraku ei saa neid numbreid väga otse võrrelda, sest Soome teedes sisaldub väga olulisena, eriti Põhja-Soomes, suurema külmumissügavuse

⁵⁹ <http://www.hs.fi/paakirjoitus/artikkeli/Tieverkkomme+tutkimusta+lyödään+laimin/1135261127307>

tõttu paksem aluskiht (Põhja-Soomes külmumissügavus 220 cm, Lõuna-Soomes 140 cm ja Eestis 125 cm). Uuringu lähteandmetena on kasutatud ehitus- ja hooldusmaksumusi aastatest 1960-2003 ning Soome teeregistri infot, milles vanimad märged on aastast 1900. Soome sillaregistris on 14 175 silda ja sildade maksumus 2,9 miljardit eurot sisaldub eeltoodud kogumaksumuses. Teeinfrastruktuuri väärtus aastal 2003 moodustas 87% brutokapitalist ehk eeldatavate investeeringute kumulatiivsest summast. Igal juhul toetab selle aruande tulemus käesoleva uuringuga arvatud väärtusi.

5.5. Katendi kandevõime hindamine väliuuringute teel (FWD)

Katendi kandevõimet on hinnatud süstemaatiliselt FWD-seadmetega nii Eestis (alates aastast 1996) kui ka Soomes (kuni aastani 2005)⁶⁰. Taani lõpetas süstemaatilise FWD mõõtmise 90ndate alguses, asudes arendama uut seadet HSD (High Speed Deflectograph). Tänapäevaks on HSD seadmeid valmistatud juba neli (Taani Teetehnikainstituudi andmed, intervjuu 23.09.2011) ning järgmiseks aastaks peaksid kasutuses olema FWD-ga võrreldavad seisundiindeksid ja nende piirväärtused erinevatele koormustele ja katenditüüpidele. FWD seadmeid kasutatakse konkreetsete remondiobjektide seisundi hindamisel, et täpsustada vajalikku katendi konstruktsiooni. Üks põhjus üleriikliku mõõdistusskeemi muutmiseks oli ka liiklusohutus – FWD nõuab liikluse piiramist mõõtetööde ajal ning suure koormusega teelõikudel on raske töid teostada ka öisel ajal. Katendi seisundihindamist teostatakse regulaarselt ARAN⁶¹ mõõteautoga (automaatne seisundihindamine videopildi elektroonilisel analüüsil, Kanada päritolu seade) riigimaanteedel igaaastaselt. FWD mõõtmistega täpsustatakse detaile aladel, mis on ARAN-vaatlustel välja selekteeritud.

5.5.1. Eesti ja Soome teede kandevõimevõrdlused

Lisatud tabelis on võrreldud FWD-mõõtmistega kaetud alasid Eestis ja Soomes kätte liigi ja regiooni lõikes. Eesti osas on regioonid vastavuses ilmakaartega, Soomest UU-Uusimaa, VA-Varsinais-Suomi ja KA-Kaakois-Suomi.

Tabel 29. FWD mõõdetud alade võrdlus regioonides

		püsi	kerge	kruus	kokku			püsi	kerge	kruus	kokku
EESTI						LÕUNA-SOOME					
N	km	754	648	6		UU	km	4015	1125	12	
	AKÖL	5120	867	413			AKÖL	14445	436	153	
	FWD	336	231	155			FWD	546	304	204	
W	km	629	997	86		VA	km	2749	3164	482	
	AKÖL	2253	926	274			AKÖL	5963	559	213	
	FWD	316	230	150			FWD	466	264	226	
S	km	786	1104	21		KA	km	2370	3238	33	
	AKÖL	2345	810	302			AKÖL	4339	449	133	
	FWD	296	212	140			FWD	456	270	210	
E	km	1031	331	50							
	AKÖL	2138	522	482							
	FWD	305	200	175							
Kokku	km	3199	3080	163	6442		km	9134	7527	527	17188
	AKÖL	2914	829	346	1852		AKÖL	9270	493	207	5149
	FWD	312	221	156	264		FWD	499	273	224	391

Tabelist nähtub ka, et Soome valitud alade riigiteede tegelik liikluskoormus on oluliselt suurem kui meil, eriti Uusimaa piirkonnas. Erisus on väga suur püsikatete osas. Seetõttu ei ole otstarbekas võrrelda koondkeskmisi näitajaid, vaid teostada võrdlused koormusklasside tasemel. Soome kolme lõunapoolse regiooni mõõtmisandmete kokkuvõttest nähtub, et **14,6%** teedest ei täida nende esitatud kandevõimenõudeid. Suurimad erisused on keskmistes klassides

⁶⁰ Ramboll Finland OY andmetel, Soome katendite seisundi jälgimise raamleping.

⁶¹ <http://www.transview.org/aran/>

(KKL2..KKL10), millest võib järeldada, et peateede osas (KKL25) on teed suhteliselt head ja uued ning kõrvalteede osas (KKL0,1..KKL0,8) on nõuded madalad.

Tabel 30. Kandevõime mõõtmistulemused Soomes

AKÖL	<300	300..750	750..1350	1350..2350	2350..4600	4600..7100	>7100	KOKKU
KKL	KKL0,1	KKL0,4	KKL0,8	KKL2	KKL6	KKL10	KKL25	
Mõõdetud (km)	3213,1	4417,0	2086,7	1607,3	1849,0	1028,2	2985,6	17186,8
FWD avg (MPa)	262	274	307	362	489	570	657	391
Nõrgad katted (km)	467,3	424,5	247,1	356,7	481,4	244,6	293,0	2514,7
Puudulik kandevõime	14,5%	9,6%	11,8%	22,2%	26,0%	23,8%	9,8%	14,6%

Tänapäevase liikluskõormusele vastavat minimaalse kandevõime väärtust on võrreldud mõõdetud kandevõimega, kasutades sama perspektiivsele koormusele vastavat teedevõrgu jaotust klassidesse.

Tabel 31. Kandevõime mõõtmistulemused Eestis

	KKL0,1	KKL0,4	KKL0,8	KKL2	KKL6	KKL10	KKL25	Kokku
Mõõdetud (km)	829,0	1714,1	941,4	1424,0	896,8	255,9	380,7	6442,0
FWD avg (MPa)	200	220	245	270	317	405	415	264
FWD<E0 (km)	151,4	320,5	182,9	278,6	148,0	27,0	21,3	1129,6
Puudulik kandevõime	18,3%	18,7%	19,4%	19,6%	16,5%	10,6%	5,6%	17,5%

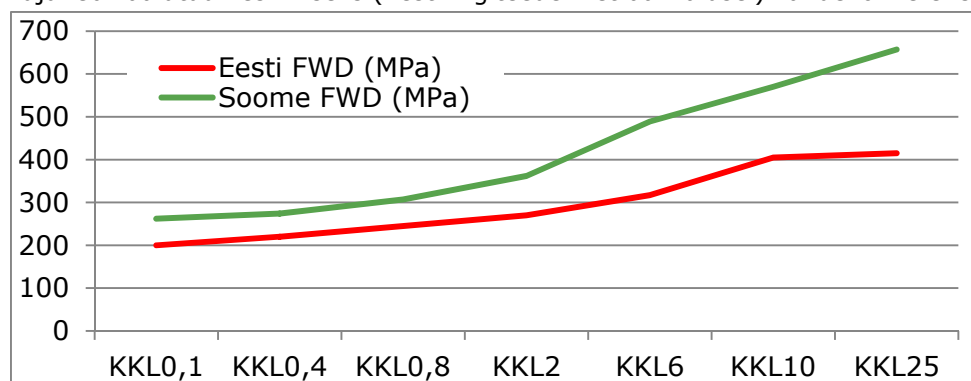
Eesti ja Soome andmete võrdlus näitab igas koormusklassis keskmise mõõdetud kandevõime väärtuse juures olulisi erisusi. Eestis ei vasta tänastele kehtivatele kandevõime nõuetele **17,5%** mõõdetud riigiteedest, Soome võrdlusosalal 14,6%, kuid ei tasu unustada, et nõuded on erinevad. Siiski peaksid keskmised kandevõime numbrid olema võrreldavad. Kui arvestada perspektiivse liikluskõormusega, ei vasta täna kehtivatele nõuetele 19,8% mõõdetud Eesti teedest.

Koondvõrdlus kandevõime mõõtmistest koormusgruppide lõikes

Tabel 32. Koondvõrdlus FWD mõõtmistulemustest koormusgruppide lõikes

	KKL0,1	KKL0,4	KKL0,8	KKL2	KKL6	KKL10	KKL25	Keskmine
Eesti FWD (MPa)	200	220	245	270	317	405	415	264
Soome FWD (MPa)	262	274	307	362	489	570	657	391
Suhtarv	1,31	1,25	1,25	1,34	1,54	1,41	1,58	1,32

Siit tulenevalt on Eesti katendid 25% kuni 58% nõrgemad põhjanaabrite katenditest ning erisused on suuremad enamkoormatud teelõikudel. Et madalama klassi teid on Eestis rohkem, kujuneb kaalutud keskmiseks (Eesti riigiteede metraaži alusel) kandevõime erisuseks 1,32 korda.



Joonis 28. Eesti ja Soome mõõdetud kandevõimed koormusklassides

5.5.2. Katendi kihtide seisundiindeksid

FWD mõõtmiste käigus arvutatakse andurite deformatsioonide vahedest seisundiindeksite väärtused. TTÜ Teedeinstituut koos Teede Tehnokeskusega on analüüsinud erinevate näitajate vahelisi seoseid (aruanne 2007-13/L – FWD mõõtmistulemuste alusel arvutatud parameetrite SCI, BDI ja BCI kasutamine teekatendi seisukorra hindamisel)⁶² [31] ning toonud välja maksimaalselt lubatavad indeksite väärtused, lähtuvalt minimaalsest katendi üldisest E-moodulist (tabel 3.6). Paraku nende väärtuste otsene kasutus ei ole võimalik, kuna BCI indeksit kirjeldav funktsioon ei ole loogiline. Samas töös on välja toodud erinevate katendi alaliikide kohta samasugused väärtused (püsikatendis 6 alaliiki, kergkatendis 2) ja kuna Teeregistri väljavõttes ei ole need kattetüübid väga täpselt eristatavad ning arvestades uuringu teostaja (TTÜ Teedeinstituut, Ott Talvik) soovitusi, on aritmeetiliste keskmiste teel tuletatud alaliikide indeksite ja elastsusmoodulite seostest uued astmefunktsioonid.

Funktsiooni kuju on $E=a \cdot X^b$, kus X on vastavalt SCI, BDI või BCI indeks; a ja b on konstandid ning E katendi elastsusmooduli piirväärtus, mille korral antud analüüsitava kihti ei loeta defektseks.

Tabel 33. FWD indeksite kasutusfunktsioonid

Katte liik	püsikate		kerkate		Kruusatee	
Indeks	a	b	a	b	a	b
SCI	5993,9	-0,625	11669	-0,754	532447	-1,381
BDI	6787,9	-0,717	3694,6	-0,616	930,89	-0,352
BCI	3289,5	-0,764	799,92	-0,417	828,33	-0,554

FWD indeksite abil on leitud ebapiisava kandevõimega alad teekatendis, mis ei vasta suurenevatele nõuetele.

Tabel 34. Alad, mis vajavad rekonstrueerimist Eesti teedevõrgus 52 tonni koormuse jaoks (km)

	kruus	kerk	asfalt	kokku	% kogu teedevõrgust
Kate (SCI)	971	584,6	448,3	2004	12,1%
Alus (BDI)	280	2562,3	1623,8	4466	26,9%
Katend (BCI)	269	1434,6	1756,7	3461	20,9%
Lisakiht (E-mod)	81	69,2	113,7	264	1,6%
Rek. kogupikkus	1601	4651	3943	10194	
% teeliigi pikkusest	40,2%	64,6%	72,9%		

FWD-indeksid näitavad, millises kihis on võimalikud probleemid. Indeks ei ole seotud otseselt kogu katendi kandevõimega. SCI-indeksi kõrge tase viitab probleemidele katendi ülakihis, BDI-indeksi kõrge tase viitab aluse lagunemisele, BCI indeksi tase probleemidele alusest sügavamal, mis võivad tihti peale viidata ebasobivale veerežiimile. Seega ei saa välistada, et defektitsooni paiknemisel muldkehas ehk aluspinnases, õnnestub tee kandevõimet tõsta korraliku vee äravoolu tagamisega. Mõõtmistulemustest 69% viitab puudujääkidele konstruktsioonis (Tabel 34 toodud suhtarvud tuginevad koormusklasside ja katendiliikide järgi kogu riigiteede võrgule taandatud numbritel). Seetõttu tuleb investeringuvajaduse hindamisel arvestada nii sellega, et osa teid vajavad investeeringuid, et viia kandevõime vastavusse 40-tonnisest koormusest tulenevate nõuetega, osa teid aga vastab juba täna 52-tonni nõuetele.

Kontrolliks on võrreldud arvutuslikku nõutud kandevõimet (E15) kogu koormusklassi teedel arvutusliku nõutud kandevõimega mõõtmistega kaetud alal. Keskmised erinevad maksimaalselt ühe megapaskali ulatuses, seega kajastab mõõdetud osa adekvaatselt koormusklassi keskmist.

⁶² http://www.mnt.ee/failid/uuringud/sci_bdi_bci-l6pparuanne.pdf

5.6. Rekonstrueerimisvajaduse hindamine FWD mõõtmistulemuste abil

Arvestades FWD mõõtmistulemuste järgi (ainult kandevõime number), et osa teid on paremas, osa halvemas seisundis, on leitud need teedevõrgu segmendid, kus mõõdetud kandevõime ei vasta sama lõigu perspektiivsele liikluskoormusele ning summeeritud nii lõikude pikkused kui ka kandevõime puudujääk (kaalutult pikkusega). Saadud tulemus on taandatud kogu teedevõrgule koormusgruppide kaupa ning tulemusena võib väita, et 20% tänasest teedevõrgust (ca 3300 km) ei vasta tänastele koormusnõuetele. Kasutades eelnevalt leitud koormusklassi tee jooksva meetri maksumusest arvatud kandevõime ühikmaksumust (eurot megapaskali kohta jooksvale meetrile), saame orienteeruvaks investeeringuks **62 miljonit eurot selleks, et viia riigiteede katendid vastavusse 40-tonnise koormuse nõuetele**. See summa on lisaks tavapärasele remondi või rekonstrueerimise maksumusele ning on arvestatud täiendava kandevõimeühiku maksumuse alusel.

Et tagada katendite kandevõime **vastavus 52-tonnisele koormusele, on vaja rekonstrueerida ca 7900 km** (s.o 47,8% teedevõrgust, sealhulgas ka need segmendid, mis tuleb remontida juba tänaste koormuste jaoks). **Selle investeeringu maksumuseks on ca 417 miljonit eurot**. Rõhutada tuleb seejuures aspekti, et tegemist on ainult täiendavate kihipaksuste lisamise maksumusega, mis ei võta arvesse remondi käigus tavapärastelt asendatavaid konstruktsioonielemente ja nende maksumust (ehitustehnoloogiat).

Tabel 35. Kogu teedevõrgu ja puuduva kandevõime maksumus

	KKL0,1 kr	KKL0,1 ke	KKL0,4 ke	KKL0,4 a	KKL0,8 a	KKL2 a	KKL6 a	KKL10 af	KKL25 a	
€/Mpa/m	0,25	0,43	0,34	1,42	1,43	1,65	1,66	1,73	2,21	
Teedevõrgu kandevõime viimine vastavusse kehtivate nõuetega (40t)										
FWD-E40	6,4	22,3	19,3	25,0	26,7	29,0	31,3	31,5	35,9	
km	796,9	1096,2	333,1	265,4	219,1	347,9	185,9	31,9	27,8	3 304,2
E40 M€	1,3	10,5	2,2	9,4	8,4	16,6	9,7	1,7	2,2	62,0
Teedevõrgu vastavusse viimine 52 tonnise koormuse nõuetele										
FWD-E52	13,8	41,2	36,8	45,5	53,6	68,7	80,6	90,1	80,1	
Km	1201,4	2627,8	827,5	569,7	615,3	1058,2	637,8	136,9	258,8	7933,5
% teedest	30,2	49,3	44,3	45,3	61,0	69,9	68,4	52,3	59,3	47,8
E52 M€	4,2	46,4	10,3	36,7	47,3	119,9	85,4	21,4	45,8	417,4
Kogu teedevõrgu maksumus tüüpkonstruktsioonide puhul										
Riigiteed	3980,4	5334,7	1869,8	1256,6	1008,1	1514,9	931,9	262,0	436,3	16594,7
40t M€	189,9	485,1	170,0	178,2	172,2	343,9	330,5	156,8	268,2	2 294,8
52t M€	222,7	569,4	199,6	267,2	293,6	603,6	530,3	211,7	381,1	3 279,4
FIN M€	245,1	626,6	219,6	330,3	378,7	785,4	671,9	250,8	461,6	3 970,0

FWD indekse (SCI, BDI, BCI) järgi vastavuse kontrolli tänaste nõuete suhtes (15 aasta perspektiivse liiklussageduse suhtes) annab kogu teedevõrgu jaoks finantseerimisvajaduseks 589 miljonit eurot. Vt Tabel 36.

Kontrollides FWD indekse alusel (SCI, BDI, BCI) vastavust 52-tonnisele koormusele vastavale kandevõimele, saame tulemuseks, et kogu teedevõrgust 61,4% (10 194 km) vajab rekonstrueerimist. Näitajate vahe peegeldab tõenäoliselt alasid, kus suhteliselt nõrgemale alusele on rajatud tugevam katend, mis tagab küll üldise kandevõime, kuid mille puhul võib kahelda konstruktsiooni pikaajalisuses.

Tabel 36. Teedevõrgu rekonstrueerimisvajadus vastavalt 40-tonnise koormusega

	asfalt	kergkate	kruus	kokku	milj. EUR
kate	444,2	741,0	1156,1	2341,3	115,5
alus ja kate	872,4	1196,4		2068,8	329,2
kogu katend	291,6	220,6		512,1	144,5
Rekonstrueerimisvajadus	1608,2	2157,9	1156,1	4922,2	
Kogu teedevõrk	404,6	161,8	22,8		589,2

Tabel 37. Teedevõrgu rekonstrueerimisvajadus vastavuses 52-tonnise koormusega (km)

	asfalt	kergkate	kruus	kokku	%
kate	448,3	584,6	970,8	2003,8	12,1%
alus ja kate	1623,8	2562,3	279,9	4466,0	26,9%
kogu katend	1756,7	1434,6	269,4	3460,8	20,9%
lisakiht	113,7	69,2	80,9	263,8	1,6%
Rekonstrueerimisvajadus	3942,6	4650,8	1601,1	10194,4	61,4%
Kogu teedevõrk	5366,7	7204,6	3980,4	16551,8	
Rekonstrueerida %	73,5%	64,6%	40,2%	61,4%	

Summeerides eelmise tabeli järgi leitud kulutused, saame kogumaksumuseks 1,32 miljardit eurot.

Tabel 38. Kulutuste jaotus konstruktsioonikihtide vahel eri katendiliikidel (mln €)

	kruus	kerg	asfalt	kokku	% kogukulust
katend	54,3	62,4	182,4	299,1	22,6%
alus	10,1	217,9	454,6	682,6	51,5%
kate	6,9	74,1	261,4	342,5	25,9%
Summa MC	71,4	354,4	898,4	1 324,2	
% kogukulust	5,4%	26,8%	67,8%		

Saadud tulemused on küllaltki erinevad, kuid summa 417 miljonit on leitud otsese kandevõime puudujäägi alusel, eeldusel, et kandevõime tõstmine on võimalik ilma konstruktsioone avamata täiendava katendikihi rajamisega ning selle ühikmaksumus on võrdne kogu katendi keskmisega. Summa 1,32 miljardit aga tugineb puuduliku kandevõimega kihtide analüüsil ning asjaolul, et kandevõime tugevdamine aluse tasemel toob kaasa nii aluse kui ka katte asendamise. Lisaks tuleb arvestada asjaolu, et meetod põhineb 100-meetrise sektsioonide andmetel, hea kandevõimega sektsioonid vahelduvad nõrkadega ning nõrkade sektsioonide tugevdamisel on tehnoloogiliselt paratamatu ka tugevate lõikude kaasamine remondiobjekti koosseisu ja tööde mahtu. Ekspert hinnangu alusel suurendab see tööde kogumaksumust ca 20% võrra.

5.7. Puidutranspordi uuringu ja käesoleva töö järelduste võrdlus

Tabel 39. Puidutranspordi ja käesoleva uuringu järelduste võrdlus

	Puidutranspordi uuring	Käesolev uuring
1	Metoodika võrreldav naabermaadega	Teiste riikide arvutusvalemite ei tohi kasutada meil kehtivaid materjalide ja pinnaste parameetreid. Adekvaatse võrdluse korral on tulemused kardinaalselt erinevad (tegemist on suletud arvutussüsteemidega).
2	Kandevõimearvutus pole seotud täismassiga	Väide õige vaid tingimusel, et katendiarvutuse koefitsientide süsteem vastab tegelikele koormustele. Suurema täismassi korral nõutav suurem telgede arv ja äärmiste telgede vahekaugus ei tulene ainult sildade kandevõimearvutusest*.
3	Arvutusliku kandevõime võrdlus mõõdetuga 50-34-16	Põhimõtteliselt õige – tänane tegelik kandevõime keskväärtus vastab vajalikule minimaalsele väärtusele 52-tonnise koormusel (pooled alla ja pooled üle vajaliku).
4	Halvemas seisus teede kandevõime ebapiisav	Täielikult nõus
5	Ettevaatlik suhtumine koormuse suurendamisse	Täielikult nõus
6	Siirdetegurite korrektuur, täismassi piirangu alused	Nõus, kuid korrektuuri vajab kogu katendi projekteerimise süsteem, mitte ainult siirdetegurid. Vajalikud on detailsemad võrdlused ja süstemaatiline arendustegevus (nii nagu igas uuritud riigis).
7	Uued meetmed katendite tugevdamiseks, kaasfinantseerimine	Igal juhul on katendite tugevdamine aeganõudev protsess. Kaasfinantseerimise võimalused on küsitavad, kuna esiteks, sektori majanduslik võit investeeringust on suhteliselt väike õigustamaks lisakulutusi riigi poolt, ja teiseks, transiitliikluse osakaal peateedel raskendab objektiivset ning õiglast maksustamist.

*** Märkus:**

Toetudes kolme Põhjamaa praktikale, võib järeldada, et jäävdeformatsioonid sõltuvad täismassist. Kohustusliku 7 telje korral ehitatakse mujal oluliselt paksemaid teekatteid ja seda isegi riikides, kus on oluliselt tugevamad aluspinnased (Soome, Rootsi). Seoses võimaliku 52-tonnise lubatud täismassi kehtestamisega tuleb välja töötada ja rakendada vajalik metoodika (arvutusprogrammid, koefitsiendid), mis suurendaks Eestis konstruktsioonide paksust ja kandevõimet vähemalt 30% (vt pkt 5.5.1).

6. SILDADE TUGEVDAMINE

Sildade keskmiste ehitushindade (2008 – 2010) alusel on leitud sillaehitustööde keskmised maksumused, sõltuvalt silla pikkusest ja keskmisest laiusest, alljärgnevalt:

- sillad pikkusega 3 kuni 20 m – 1020 €/m²;
- sillad pikkusega 21-50 m - 950 €/m²;
- sillad pikkusega üle 50 m – 890 €/m².

Silla vähimaks laiuseks on arvestatud 11,0 m, et oleks võimalik sillale rajada ka kergliikluse rada.

Riigimaanteedel paikneva 140 silla 52 t kandevõime nõuetega vastavusse viimiseks läheb vaja ca 37,5 mln €.

Arvestades sildade tegelikku seisundit, ei vasta täna kehtivatele nõuetele 40 silda ning nende rekonstrueerimiseks kulub ca 6,7 miljonit eurot.

Käesolevas töös ei ole arvestatud arhitektuuri- ja muinsuskaitse väärtust omavaid sildu (nimekiri on koostatud Maanteemuuseumi poolt ja seni kinnitamata). Väärtusliku silla puhul tuleb kaaluda uue silla ja/või ümbersõidu rajamise vajadust, mida ei ole käesolevas uuringus analüüsitud. Tähelepanu tuleb juhtida ka asjaolule, et ehitus- ja rekonstrueerimistööde maksumused perioodil 2008-2010 ei ole adekvaatsed tulevikus, mistõttu tuleb nende numbrite kasutamisel korrigeerida maksumust vastavalt keskmise hinna muutustele.

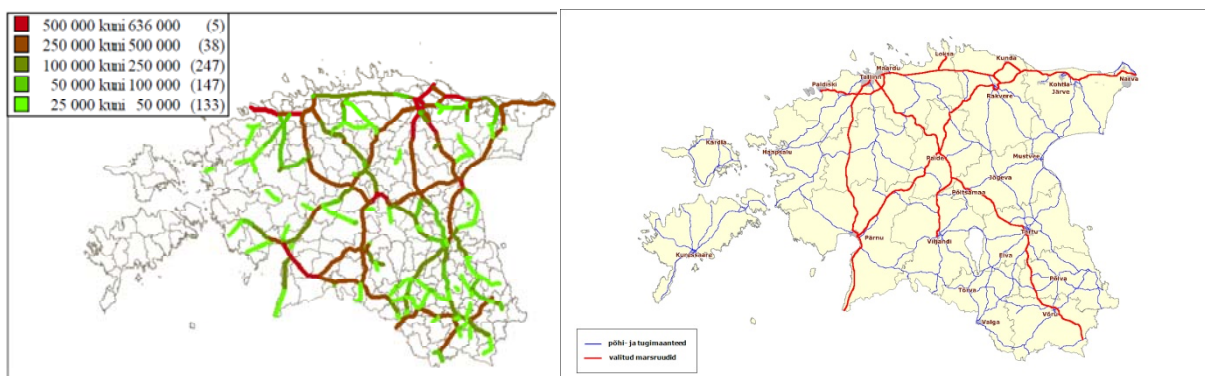
Esineb võimalus, et 60- või 80-tonnisele normkoormusele projekteeritud sildadel tuleb piirata raskesõidukite liiklust viisil, mis välistab mitme raskesõiduki üheaegse paiknemise sillal. Konkreetsete lahendused tuleb välja töötada projektipõhiselt.

7. VALITUD MARSRUUDID

Marsruutide valik baseerub Maanteeameti uuringul. Valitud on alljärgnevad teelõigud (kogupikkusega 1 104,612 km):

- Põhimaanteed:
 - o T1 Tallinn-Narva;
 - o T2 Tallinn-Tartu-Võru-Luhamaa;
 - o T4 Tallinn-Pärnu-Ikla;
 - o T5 Pärnu-Rakvere-Sõmeru;
 - o T8 Keila-Paldiski teelõik (km 25,2-45,7);
 - o T11 Tallinna ringtee.
- Tugimaanteed:
 - o T20 Põdruse-Kunda-Pada;
 - o T49 Imavere-Viljandi teelõik (km 0-50,57);
 - o T85 Liiapeksi-Loksa.
- Kõrvalmaanteed (Paldiski sadama juurdepääs):
 - o T11174 Soomepoiste tee lõik km 0-1,02;
 - o T11180 Sadama tee.

Valitud alal on kandevõime mõõtmised teostatud 1031,387 meetril ning ülejäänud 73,2 kilomeetri osas kasutada üldistatud näitajaid sama tee teiste osade mõõtmistulemustest. Valitud alast 793,3 km on kaetud SMA, 302,5 km AC surf seguga, 7,5 km monoliitbetooniga (T1 km 10,3-14,1 - 1967) ja 1,3 km mustkattega (T2 km 182,3-183,7 - 1971).



Joonis 29. Puiduveedude skeem ja käesolevas töös uuritud valim

Võrdlus näitab, et suurema koormusega teedest on valimisse kaasamata paljud teed, kus on suured kaubavedude, sh puiduveo mahud. Seetõttu on otstarbekas täpsustada valimit võimalike järgnevate uuringute käigus, kaasates valimisse ka nõrgemaid teid vastavuses tasuvusanalüüsiga.

Hindamise põhimõte:

- Kontrollida kandevõime vastavust üldises plaanis;
- Kui kandevõime on ebapiisav, siis valida investeeringu ulatus FWD mõõtmise indeksite alusel:
 - o SCI - asendada või lisada asfalt (hinnang uue asfaldikihi maksumuse alusel);
 - o BDI - asendada killustikalus ja asfalt;
 - o BCI - asendada kogu katendikonstruktsioon.

Valitud marsruutidel teedevõrgu jaotus koormusklassides

Tabel 40. Teedevõrk ja mõõdetud kandevõime ning võrdlus vajalikuga

	KKL25	KKL10	KKL6	KKL2	KKL0,8	KKL0,4	Kokku
Pikkus (km)	431,9	253,2	296,6	107,8	11,0	4,5	1106,0
E15 (vajalik, 40T)	275	263	240	214	203	196	
FWD mõõdetud	377,3	250,0	279,8	107,8	10,8	4,2	1031,4
FWD keskmine	414	407	351	299	376	375	
FWD<E15(40T)	25,4	30,3	39,3	11,5	0	0	105,3
FWD<E0(40T)	21,3	26,3	30,7	8,2	0	0	86,5

Tabel 41. Teedevõrgu jaotus koormusklassides põhi-, kõrval- ja tugimaanteede vahel

	KKL25	KKL10	KKL6	KKL2	KKL0,8	KKL0,4 (a)	Kokku
Põhi	431,9	252,5	231,6	97,3	-	-	1 013,4
Tugi	-	0	64,0	11,5	11,0	4,5	90,9
Kõrval	-	0,7	1,0	-	-	-	1,7
	431,9	253,2	296,6	108,8	11,0	4,5	1 106,0

7.1. Valitud teede remondi- ja rekonstrueerimise vajadus

Hindamisprotsessil on kaks lähenemisviisi. Ühel juhul eeldatakse, et tugevdamine toimub läbi plaanilise rekonstrueerimise ja seejuures arvestatakse ainult täiendavate kuludega (paksemad konstruktsioonikihid). Teisel juhul võrreldakse olemasolevat seisundit ning teostatakse rekonstrueerimine eraldiseisvana, kuluartiklid hõlmavad kogu konstruktsiooni, sealhulgas ka seda osa, mis kuulub tavapärase remondi käigus asendamisele.

Esimesel juhul on mõistlik kasutada eelnenud analüüsis leitud kandevõime ühikmaksumusi (@/MPa) ja teisel juhul vastavate kihtide (€/cm) rajamise maksumusi.

Tabel 42. Investeeringuvajadused 40-tonnise kandevõime saavutamiseks ja tõstmiseks 52-tonnisele tasemele

Koormusklass	KKL0,4	KKL0,8	KKL2	KKL6	KKL10	KKL25	
..40t MPa			23	26	32	36	
..40t km			11,6	41,4	30,7	27,8	111,5
..40t tuh €			440	1789	1701	2213	6 143
40..52t MPa	8	27	51	69	82	76	
40..52t km	0,2	1,6	60,8	175,1	130,4	257,7	625,6
40..52t tuh €	2	62	5074	20033	18621	43385	87 177
Valim kokku	4,5	11	108,8	296,6	253,2	431,9	1106
Rekonstr osa	4,4%	14,5%	55,9%	59,0%	51,5%	59,7%	56,6%

Siit tulenevalt vajatakse esmalt 6,1 miljonit eurot selleks, et 111,5 km osas viia trass vastavusse täna kehtivate nõuetega. Seejärel tuleb kulutada 87,2 miljonit eurot, et viia valitud teelõigud vastavusse 52-tonni kandevõime nõuetega (rekonstrueerimine vajalik 56,6% valimist ehk 626 km). Seega on valimi teede rekonstrueerimisel kandevõime tõstmiseks vajalikud täiendavad kulutused kokku 93,3 miljonit eurot.

Vajadusel kiiresti tagada valimi vajalik kandevõime, kasutatakse FWD mõõtmistulemustest arvutatud konstruktsiooni seisundiindekseid. Indeksite väärtus sõltub minimaalselt vajalikust elastsusmoodulist, seega on võrdlusaluseks valitud vajalik E-moodul 15 aasta perspektiivse liikluskooormuse järgi. Mõõtmiste tulemusel identifitseeriti probleemse piirkonnana katendi ülakiht 5,3%, vahekiht (30..60 cm) 4,4% ja alakih 1,2% mõõdetud teedest.

Tabel 43. Defektide alusel määratud rekonstrueerimisvajadus vastavuses tänaste nõuetega (km)

	KKL25	KKL10	KKL6	KKL2	KKL0,8	KKL0,4	Kokku
kate	11,4	4,1	13,3	2,7	0,0	0,0	31,4
alus	24,6	19,1	7,1	8,0	0,0	0,0	58,7
kate ja alus	12,2	8,0	7,6	1,3	0,0	0,0	29,1
mulle	2,8	3,9	12,0	0,9	0,0	0,0	19,7
mulle ja alus	2,9	2,0	1,8	2,1	0,0	0,0	8,8
mulle ja kate	0,2	0,1	0,3	0,1	0,0	0,0	0,7
kõik	1,6	1,2	0,7	0,1	0,0	0,0	3,6
kokku	55,7	38,3	42,9	15,3	0,0	0,0	152,1

Et viia katendid vastavusse tänaste vajadustega, on tarvis rekonstrueerida 152 km valimist, sealhulgas 32,8 km osas asendada kogu konstruktsioon, 87,8 km osas alus koos kattega ning ainult 31,4 km osas asfaltkate ilma aluseta. Sellise investeeringu maksumuseks on 76 miljonit eurot, sh 10% kattekihi, 60% kate ja aluse ning 30% kogu konstruktsiooni asendamise kuludeks.

Tabel 44. Defektide alusel määratud rekonstrueerimisvajadus arvestades 52-tonnise koormusega (km)

	KKL25	KKL10	KKL6	KKL2	KKL0,8	KKL0,4 (asf)	
kate	29,5	13,3	34,6	10,9	0,7	0,0	89,0
alus	18,5	10,5	11,7	12,3	0,0	0,0	52,9
kate ja alus	124,7	41,4	37,2	22,3	0,0	0,0	225,6
mulle	30,0	24,7	30,4	2,8	0,1	0,1	88,2
mulle ja alus	21,1	10,3	39,0	10,7	0,0	0,0	81,1
mulle ja kate	2,7	6,3	6,8	1,1	0,0	0,0	16,9
kõik	68,3	42,8	26,5	8,1	0,0	0,0	145,7
kokku	294,7	149,4	186,2	68,3	0,8	0,1	699,4

Valimi teede rekonstrueerimiseks kulub 398,4 miljonit eurot, sh kogu konstruktsiooni asenduseks 60,8% ning aluse asenduseks koos kattega 34% nimetatud summast.

Arvestustes ei ole kergkatendi rekonstrueerimise puhul konstruktsiooni optimeeritud (kompleksstabiliseeritud kihi paksusel 20 cm on tõenäoline, et asfaldikihtide paksust võib kahandada). Samuti on optimeerimata asfaldikihtide paksus. Optimeerimine kuulub eelprojekti koostamise faasi, mitte kogu teedevõrku hõlmava analüüsi koosseisu.

Käesolevas töös ei ole arvestatud ka tehnoloogiategurit (1,2), mis võtaks arvesse asjaolu, et reaalselt teel vahelduvad hea kandevõimega 100-meetrised teelõigud remontivajavatega.

7.2. Sillad valimis

Valimi teedel on kokku 137 silda.

Sillad on grupeeritud vastavalt silla ehitamisajale ja ehitamise aluseks olnud normatiivsele koormusele. Tugevdamist vajavaks loetakse need sillad, mille normatiivne koormus on olnud madalam ja ka need, mille tehniline seisukord on BMS-2010 käigus hinnatud alla 60 hindepunkti. Tugevdamist vajab 13 silda.

Tabel 45. Valimi remontivajavad sillad

Mnt	Tee nimetus	Km	Silla nimetus	Ehitusaasta	BMS indeks	Tugevdamise maksumus tuh.€
1	Tallinn-Narva	10,4	Nehatu 1	1948	44	981,7
1	Tallinn-Narva	17,0	Maardu	1975	63	1033,3
1	Tallinn-Narva	10,4	Nehatu 2	1966	43	472,8
2	Tallinn-Tartu	123,9	Põltsamaa ⁶³	1960		417,1
2	Tallinn-Tartu	170,0	Kärevere 1 ⁶⁴	1956	3	
4	Tallinn-Pärnu	130,7	Uussild	1976	60	5030,8
5	Pärnu-Rakvere	182,7	Sõmeru viadukt	1972	49	(2009 remondis)
8	Tallinn-Paldiski	25,3	Keila	1956	56	510,1
11	Tallinna ringtee	4,4	Lagedi viadukt	1970	43	1014,7
11	Tallinna ringtee	10,0	Jüri karjatunnel	1975	45	165,1
49	Imavere-Viljandi	6,1	Eistvere	1965	51	42,6
49	Imavere-Viljandi	23,5	Tõrvaaugu	1972	55	493,7
Tugevdamise maksumus kokku						10161,9

Kolm silda selles valimis ei vasta ka tänastele nõuetele.

⁶³ Sild ei ole hetkel kasutuses

⁶⁴ Sild kuulub arhitektuuri- ja muinsuskaitse objektide loetellu ja seetõttu on võimalikul rekonstrueerimisel eritingimused, mis võib välistada suuremad koormused.

8. INVESTEERINGUTE KOOND

Tabel 46. Riigimaanteede võrgu rekonstrueerimisvajaduste koond

Lubatud autorongi täismass	Teedevõrgu maksumus	Kogu võrgu rekonstrueerimine				Valimi (Lisa 2) rekonstrueerimine			
		FWD*		Indeksid**		FWD*		Indeksid**	
	mln €	km	mln €	km	mln €	km	mln €	km	mln €
40 t	2 294,8	3304	62,0	4922	589,2	111	6	152	76
Sillad 40 t		6,7 mln €							
52 t	3 279,4	7933	417,4	10194	1324,2	626	93	699	398
60 t	3 970,0	ei ole uuritud käesoleva töö raames							
Sillad 52 t		37,5 mln €				10,2 mln €			

Märkused:

- * tugevdamine konstruktsiooni ehitamise ajal (täiendav maksumus suuremast koormusest tulenevalt kihipaksuste tõstmisest)
- ** arvestades vajalikust madalama kandevõimega kihi paiknemist FWD indeksite põhjal ja sellest tulenevat kihtide asendamist

Teedevõrgu maksumuse hinnanguna on esitatud ainult tee riigiteede katendikonstruktsiooni ehitusmaksumus drenkihist kulumiskihini. Hinnang ei puuduta sildu ja teisi rajatisi, piirdeid ega liikluskorraldusvahendeid.

FWD mõõtmistulemuste järgi arvutatavad maksumused peegeldavad paremini lisakulutusi, mis tuleb teha ainult täiendava kandevõime saavutamiseks. Indeksite alusel arvestatud kulud on oluliselt suuremad ja suunatud defektsete kihtide asendamisele. Seetõttu väljendab nende indeksite järgi arvutatud summa objektiivsemalt tõenäoliselt vajalikke investeeringuid.

52-tonnise kandevõime nõuetele vastav katendikonstruktsioon on tänasest 58% kallim – seega sama raha eest on võimalik ehitada kilomeetrist vaid 633 meetrit katendit.

Kasutatud meetodi täpsus

Kasutatud meetodi täpsus kulutuste võimaliku vähenemise suunas on hinnanguliselt 10-15%, sõltudes kõige rohkem erinevatest aluspinnastest. Käesolevas töös on eeldatud Eesti keskmisena 2 niiskuspakkonda ja aluspinnasena jämedat kerget saviliiva.

Töö käigus on tehtud mitmeid valikuid, mis võivad märkimisväärselt muuta arvutatud investeeringute kogusummat suurenemise suunas. Alljärgnevalt neist olulisemad:

- Tasuvusarvutuste aluseks võetud arvutuslikud kulutused eeldavad, et täna vastavad katendid kehtivatele nõuetele. Nagu näha ka Tabel 46, on tegelik investeeringuvajadus oluliselt suurem - riigiteede katendite tänaste nõuetega vastavusse viimiseks kulub 596 miljonit €;
- Vastavalt Soome normidele tuleb katend projekteerida tugevam ristmikele eelneva ja järgneva ala osas. Taani normides on see fikseeritud raskesõidukite kiiruse järgi (kiirustel kuni 60 km/h on asfaldi elastsusmoodul oluliselt madalam), millele viitab ka Puidutranspordi uuring [5] (tabel 4.2) – 52-tonnine sõiduk vajab kiiruse 50 km/h saavutamiseks vähemalt 250 m. Hinnanguliselt suurendab nimetatud alade tugevdamine maanteekatendite maksumust ligikaudu 1-2%, kuid tänavatel 10%;
- Esitatud summad ei kajasta valla- ja erateede (Eesti teedevõrgust kokku 72%) rekonstrueerimist. Ekspert hinnangul tõstab vallateede (sh linnatänavad) tugevdamine vähemalt sellises ulatuses, mis on vajalik 52-tonnise koosseisude liiklemiseks nii metsavedude teostamisel kui ka teistes suuremat koormust vajavates võimalikes kasutusvaldkondades, investeeringusumma vähemalt kahekordseks.

9. INVESTEERINGUTE MAJANDUSLIK OTSTARBEKUS

Investeeringute majandusliku otstarbekuse hindamiseks on teostatud kulu-tulu analüüs. Analüüsi perioodiks on võetud 25 aastat, mis on soovituslik analüüsi periood vastavalt Euroopa Komisjoni juhendile "Euroopa Komisjoni Metoodilised Dokumendid. Töödokument 4, Kulude-tulude analüüsi metoodika suunised". Diskontomääraks on valitud 6%, mis on Majandusministeeriumi soovituslik diskontomäär investeeringuprojektide hindamisel.

Kulu-tulu analüüsi kulukomponendiks on käesolevas uuringus teostatud investeeringute vajaduse hinnang riigimaanteedel veokite kogumassipiirangu tõstmiseks 40 tonnilt 52 tonnini (Tabel 46).

Investeeringuvajaduses ei ole arvestatud kulutusi, mis on vajalikud riigimaanteede infrastruktuuri vastavusse viimiseks kehtivate koormuspiirangutega. Kulu-tulu analüüsis kasutatud investeeringuvajaduseks on võetud investeeringute vahe kogumassipiirangu tõstmiseks 40 tonnilt 52 tonnini (vt Tabel 46):

- teed: 1324,2 mln € - 589,2 mln € = **735,0 mln €**;
- rajatised: 37,5 mln € - 6,7 mln € = **30,8 mln €**.

Kulu-tulu analüüsis ei ole arvestatud investeeringuvajadustega riigile mittekuuluvate teede ja rajatiste tugevdamiseks.

Tabel 47. Vajalikud investeeringud kogumassipiirangu tõstmiseks 40 tonnilt 52 tonnini

	Investeeringuvajadus €
Teedevõrk ilma rajatisteta	735 000 000
Rajatised (sillad)	30 800 000
KOKKU	765 800 000

Kulu-tulu analüüsi tulukomponentideks on arvestuslikud kulude säästud puidu ja teiste kaupade veol veokite kogumassipiirangu tõstmisel 40 tonnilt 52 tonnini (Tabel 48).

Puiduveol tekkivate säästude arvestamisel on lähtutud allikast "Puidutranspordi makromajandusliku uuring. Tallinna Tehnikakõrgkool, Tartu Ülikool, Eesti Maaülikool, Tallinn 2010" [5].

Puiduveo mahuks on kulu-tulu analüüsis võetud 6,72 mln t/aastas vastavalt eelnimetatud uuringus toodud suurima veomahuga stsenaariumile.

Tabel 47 toodud investeeringute tegemisel on arvestatud 10-aastase perioodiga, kus investeeringud on jaotatud aastatele võrdselt. Investeeringutest tekkivat tulu ehk kulude säästu (Tabel 48) on arvestatud alljärgnevalt:

- 50% võimalikust tulust, on arvestatud esmakordselt alates 10-aastase perioodi 4. aastast;
- tulu tõuseb seejärel 10% aastas;
- alates 9. investeeringuaastast arvestatakse maksimaalset tulu.

Tabel 48. Kulude sääst puiduveol veokite kogumassipiirangu tõstmisel 52 tonnini

Kulude sääst	Kokkuhoid €/a
Kütusekulu kokkuhoid (ilma aktsiisita)	4 176 242
Veokijuhtide töötasu kokkuhoid	2 962 092
CO2 emissioonist tingitud keskkonnakahju vähenemine	266 988
Kulude sääst puiduveodudel kokku	7 405 323

Kogumassipiirangu tõstmisel 40 tonnilt 52 tonnini on peale puiduvedude tõenäoline mastaabiefekti teke ja sellest tulenev kulude kokkuhoid ka muude veoste puhul. Sellisteks veosteks võivad olla näiteks puistematerjalid ja vedelained. Kuna puuduvad usaldusväärsed andmed nimetatud veoste kulude kokkuhoiu hindamiseks kogumassipiirangu tõstmisel, on kulu-tulu analüüsis arvestatud hinnanguliselt lisanduvaks säästuks väärtus, mis võrdub 50% puiduvedudelt saavutatud säästust.

25 aastase perioodi diskonteeritud kulu (investeering) on 597 mln € ning diskonteeritud tulu (kulude sääst) 122 mln €.

Kulu-tulu analüüsi kokkuvõttena ületavad perioodi diskonteeritud kulud tulusid ligikaudu 5 korda.

10. KOKKUVÕTE

1. FWD mõõtmiste teel on selgunud, et Soome riigiteede kandevõime on **1,32 korda suurem** kui Eesti riigiteedel (kaalutud keskmine võrdlus kandevõimeklasside keskmiste ja Eesti teedevõrgu struktuuri alusel).
2. FWD-mõõtmistel väljaselgitatud tegeliku kandevõime väärtuse ja projekteerimisnormide järgse (40 t) arvutusliku vajaliku kandevõime väärtuse vahe (puudujäägi) maksumuseks on 62 miljonit eurot ning kokku ca 3300 km Eesti riigiteedest (20%) ei vasta ka tänastele nõuetele. Tänastele nõuetele ei vasta 40 silda (4%), mille rekonstrueerimise maksumus on orienteeruvalt 7 miljonit eurot.
3. **FWD-mõõtmistulemuste** ja 52-tonnisele koormusele vastava konstruktsiooni kandevõime vahe (puudujäägi) maksumuseks on **417 miljonit eurot** ning konstruktsiooni tugevdamine on vajalik kokku **7900 km riigiteedel (47,8% teedevõrgu pikkusest)**. Kasutades FWD indekseid (mis arvestavad ka tehnoloogilisi võimalusi), on tõenäoline rekonstrueerimise maksumus kokku **1,32 miljardit eurot**. **52-tonnisele koormusele ei vasta 140 silda (15%), mille rekonstrueerimise maksumus on 37,5 miljonit eurot.**
4. Investeeringu tasuvusarvutused on tehtud eeldusel, et infrastruktuuri täna kehtivate nõuetega vastavusse viimist ei arvestata puidutranspordi eeldatavate tuludega võrdlemisel – seega, eeldusel, et tänane teedevõrk koos sildadega vastab kehtivatele nõuetele, on täiendavate kulude kogusumma riigiteedele ja sildadele **766 miljonit eurot**.
5. Eesti riigiteede katendite kogumaksumuseks on 40-tonnise koormuse korral 2,3 miljardit eurot ja 52-tonnise koormuse korral 3,3 miljardit eurot. Maanteeameti bilansis on riigiteede soetusmaksumuseks (ilma sildadeta) 1,3 miljardit eurot.
6. **Kulu-tulu analüüsi põhjal ületavad 10-aastase investeeringuperioodi diskonteeritud kulud 25-aastase vaatlusperioodi tulused ligikaudu 5 korda.**
7. Eesti projekteerimisnormid ja mitmesugused juhendid on omavahel vastuolus. Kehtivad normdokumendid ei kajasta täna tegelikult kasutuses olevaid koormusi (rehvitüübid ja rehvisurved). Korrigeerida tuleb ka elastsete teekatendite projekteerimise juhendit. Kuna meil puudub selge ülevaade senikehtiva süsteemi lähteandmetest (alustest), mistõttu ei ole võimalik põhjendatult sisse viia vajalikke korrekture ja võtta kasutusele uusi materjale, siis soovitame uurida võimalusi Taani katenditarkvara MMOPP2011 kohandamiseks Eesti tingimustele ja selle kasutuselevõtuks.

11. SUMMARY

Study on cost to Road Administration of possible decision to increase combined weight of heavy vehicles from current 40 tons (44 tons with 3+3-axle combination or 3+2-axle on ISO containers) to 52 tons on Estonian state road network.

Estonian pavement design regulation is based on the Soviet regulation BCH 46-83, with design load of 40 tons through 10 ton axle of dual wheels at 600 kPa pressure. Majority of heavy traffic axles are equipped with *super single* wheels and pressure of at least 800 kPa. Current design regulation is unable to take these changes directly into account. In Estonian road construction, main base material is crushed limestone while Finnish and Swedish roads are based on much stronger crushed igneous rocks.

Research was provided with comparative approach, designing constructions for the same traffic (estimated traffic of Estonian state road network for 15 years, at 7 traffic groups), in similar climatic conditions, of the same materials (main construction layers of asphalt, crushed stone and draining sand layers on coarse clayey sand ground surface), in parallel according to Estonian regulations (assuming it's relevant to 40 tons load) and Finnish regulations (as for 60 tons load). In this study, frost protection issues were not dealt and the Consultant focused only on pavement's bearing capacity and durability.

For permanent flexible pavements (asphalt), average pavement thickness was calculated as 57,7 cm at 40 ton, 102,0 cm at 52 ton and 131,6 cm at 60 ton load. Result (52 ton) is comparable with Danish (54 ton) and Swedish (60 ton) constructions. Overall estimated value of pavements of Estonian state roads in accordance with current construction prices, is calculated at 2,3 billion € for today's 40 (44) ton regulation, 3,3 billion for 52 ton and 4,0 billion for 60 ton regulation.

Of overall 16600 km of state roads, 6440 km have been surveyed with Dynatest FWD during the period of 1996..2010. 17,5% of surveyed road sections lack the bearing capacity compared to current traffic load (at 40 tons). Comparable figure on three southern regions of Finland is 14,6% (at 60 tons). Finnish state roads have in weighted (to Estonian network structure) average 32% higher bearing capacity than Estonian roads. Comparing the required bearing capacity for the 15th year's forecasted traffic with the last FWD survey result (extrapolating results to cover all state roads), 3300 km (20%) of current road sections will not meet future needs on 40 ton load and 47,8% should be strengthened to meet 52 ton load requirements. Using incremental cost method (cost of megapascal per meter for the overall construction, calculated from 40 and 52 ton designs), the additional cost of investment is estimated at €62 million to meet today's needs and €417 million for the 52 tons.

Based on studies of Tallinn University of Technology on the use of SCI, BDI and BCI indexes from the FWD measurements, identifying the weak layer in road structure, main problem area is not asphalt, but mostly the base layers (crushed limestone) or even below (draining layer, basement) and the investment need to fix the problem sources is much higher – to meet current needs on 40 ton load, at €589 million and for 52 tons, at €1,32 billion.

The cost of improvement of roads and bridges on state road network, related directly with the increase of allowed loads, is €766 million assuming, that road network meets current requirements at 100%.

Comparing the expected savings of forestry sector (€7,4 million per year) with estimated cost (expectedly to be provided within 10 years program), costs exceed savings from 25 years, at least 5 times.

12. KASUTATUD KIRJANDUS

1. Maanteeameti aastaraamat 2010
http://www.mnt.ee/public/statistika/MNT_aastaraamat_2010_A4.pdf
2. Sildade ülevaatus väljatöötatud BMS alusel aastatel 2010-2013; Tehnokeskus 2011
http://www.mnt.ee/public/teedeala_uuringud/BMS_2010.pdf
3. Direktiiv 96/53/EC, 1996
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:1996L0053:20020309:EN:PDF>
4. Mootorsõiduki ja selle haagise tehnonõuded ning nõuded varustusele, MKM määrus nr 42; 2011
<https://www.riigiteataja.ee/akt/116062011008>
5. Puidutranspordi makromajanduslik uuring, 2010
http://www.empl.ee/images/stories/pdf_failid/Puidutranspordi_makromajandusliku_uuringu_lopparuanne.pdf
6. Teekatendite kandevõime võrdlev analüüs, Ramboll 2009 (2009-10)
http://www.mnt.ee/failid/2009_10_katendi_kandevõime_vordlus.pdf
7. Tee projekteerimise normid ja nõuded, MKM määrus nr 55; 1999; redaktsioonilised parandused 2011
<https://www.riigiteataja.ee/akt/763437?leiaKehtiv>
8. Effects of adapting the rules of 96/53/EC; TML 2008
http://ec.europa.eu/transport/strategies/studies/doc/2009_01_weights_and_dimensions_vehicles.pdf
9. Longer and Heavier Vehicles for freight transport, JRC 2009
http://ec.europa.eu/transport/road/events/doc/2009_06_24/2009_jrc52005.pdf
10. Move freight with better trucks, OECD 2010
<http://www.internationaltransportforum.org/jtrc/infrastructure/heavyveh/TrucksSum.pdf>
11. Truck Benchmarking, JTRC 2010
<http://www.internationaltransportforum.org/jtrc/infrastructure/heavyveh/TruckBenchmarking.pdf>
12. CEDR 60-tonni uuring; CEDR 2007
http://www.cedr.fr/home/fileadmin/user_upload/Publications/2007/e_60-t_Vehicles.doc
13. Auswirkungen einer möglichen Zulassung von 60-Tonnen-Lastwagen auf die Schweizer Strassen; Zanini 2011
http://www.nomegatrucks.ch/typo3/fileadmin/user_upload/nomegatrucks-data/b_documents/110711ZaniniStudie_Auswirkung60Tonnen_Schluss.pdf
14. Väghallarkostnader vid ändrade boggi- och bruttoviktsbestämmelser, Statens Vägverk 1982
15. Konsekvenser for vejsliddet af forøget akseltryk og totalvægt på det danske vejnet, COWI 2009
16. Forslag om forhøjelse af lastbilers tilladte drivakseltryk og totalvægt, Vejdirektoratet 2010
17. N.Liidu katendite projekteerimisjuhend, 1982 (BCH 46-83)
<http://www.remontnik.ru/docs/4443/>
18. N.Liidu katendite projekteerimisjuhendi rakendusjuhis, 1988
<http://www.gosthelp.ru/text/RekomendaciiMetodichesk8.html>
19. Eesti katendite projekteerimisjuhend, 2001 parandustega 2006, 2009 (2001-52)
http://www.mnt.ee/failid/juhised/elastsete_teeakatendite_projekteerimis_juhend.pdf
http://www.mnt.ee/failid/Elastsete_teeakatendite_proj_juh._parandused_2009_teine2.pdf
http://www.mnt.ee/failid/Parandus_delta_2009.pdf
http://www.mnt.ee/failid/Katendi_arvutustulemuste_koondtabe_2009_teine.xls
20. Venemaa katendite projekteerimisjuhend, 2001
http://stroyoffis.ru/odn_otraslevie/odn_218_046_01/odn_218_046_01.php
21. Teekatendite kihtide elastsusmoodulite mõõtmine, Tehnokeskus 2008 (2008-18)
http://www.mnt.ee/failid/2008_18_teekonstruktsiooni_kihtide_emod_2008_II.pdf
22. Soome katendite projekteerimisjuhend, Tiehallinto 2005
<http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf/2100029-v-04tierakenteensuunn.pdf>
23. Soome katendiarvutuses kasutatavad arvutusparameetrid, Tiehallinto 2005
<http://alk.tiehallinto.fi/thohje/tts71d.pdf>

- 24.** Liikluse baasprognoos Eesti riigimaanteedele aastani 2040, TTÜ 2007
http://www.mnt.ee/failid/uuringud/liikluse_baasprognoos_Eesti_riigimaanteedel_aastaks_2040.pdf
- 25.** Teede projekteerimismuudatuste panekud, Maanteeamet 2005
<http://www.mnt.ee/index.php?id=12024>
- 26.** MMOPP2011 kasutajajuhend; 2011
<http://www.vejsektoren.dk/imageblob/cache/655491.pdf>
- 27.** MMOPP2011 allalaadimine; 2011
<http://www.vejsektoren.dk/wimpdoc.asp?page=document&objno=653890>
- 28.** ATB Väg 2005; viimane uuendus 2010
<http://www.trafikverket.se/Foretag/Bygga-och-underhalla/Vag/Tekniska-dokument/Vagteknik/Aldre-versioner-av-ATB-Vag/ATB-Vag-2005/>
- 29.** PMS Objekt – kasutajajuhendid ja tarkvara allalaadimine; 2011
<http://www.trafikverket.se/Foretag/Bygga-och-underhalla/Vag/Tekniska-dokument/Vagteknik/PMS-Objekt/>
- 30.** Soome infrastruktuuri maksumus; Valtion Taloudellinen Tutkimuskeskus 2007
http://www.vatt.fi/file/vatt_publication_pdf/k436.pdf
- 31.** FWD mõõtmistulemuste alusel arvutatud parameetrite SCI, BDI, BCI kasutamine teekatendi seisukorra hindamisel, TTÜ 2007 (2007-13)
http://www.mnt.ee/failid/uuringud/sci_bdi_bci-l6pparuanne.pdf

Lisa 1 – Riigimaanteede ja sildade bilansiline maksumus seisuga 31.01.2011

Riigimaanteede maksumused seisuga 31.01.2011

eurodes

	Teed		Sillad		KOKKU seisuga 31.01.2011	
	Soetusmaksumus	Jääkmaksumus	Soetusmaksumus	Jääkmaksumus	Soetusmaksumus	Jääkmaksumus

Põhja regioon

Harju ja Rapla koos

K	133 483 477	118 383 449	27 603 447	21 196 898	161 086 924	139 580 347
T	54 583 733	36 333 446	4 543 523	3 448 119	59 127 256	39 781 564
P	150 122 576	107 290 011	17 351 889	13 116 606	167 474 465	120 406 617
KOKKU	338 189 787	262 006 906	49 498 859	37 761 622	387 688 645	299 768 528

Ida regioon

Järva

K	39 763 567				39 763 567	
T	18 466 611				18 466 611	
P	50 655 925				50 655 925	
-sillad	-8 810 776					
KOKKU	100 075 328	69 279 894	8 810 776	7 711 576	108 886 104	76 991 470

Lääne- Viru teed

K	49 071 070				49 071 070	
T	29 176 090				29 176 090	
P	27 894 795				27 894 795	
-sillad	-11 279 742					
KOKKU	94 862 212	48 233 793	11 279 742	8 651 958	106 141 955	56 885 752

Ida- Viru teed

K	32 214 820				32 214 820	
T	16 174 418				16 174 418	
P	38 344 780				38 344 780	
-sillad	-6 364 829					
KOKKU	80 369 190	47 042 161	6 364 829	4 665 762	86 734 018	51 707 923
Regioon kokku					301 762 077	185 585 145

Lõuna regioon

Tartu

K	39 358 006	30 715 910	2 689 242	2 254 957	42 047 249	32 970 867
T	31 545 528	25 192 282	2 732 152	2 253 912	34 277 680	27 446 194
P	37 266 875	25 747 802	10 346 467	8 524 117	47 613 342	34 271 919
KOKKU	108 170 409	81 655 994	15 767 861	13 032 986	123 938 270	94 688 980

Jõgeva

K	25 478 132	19 650 363	4 892 190	4 087 442	30 370 322	23 737 804
T	24 557 274	19 611 496	5 499 949	4 533 289	30 057 223	24 144 785
P	25 185 671	17 134 008	5 325 656	4 714 014	30 511 328	21 848 022
KOKKU	75 221 077	56 395 866	15 717 795	13 334 745	90 938 873	69 730 612

Põlva

K	21 028 156	16 410 450	2 180 241	1 831 251	23 208 397	18 241 701
T	30 605 505	22 733 109	2 560 293	2 158 596	33 165 798	24 891 705
P	6 574 175	4 300 997			6 574 175	4 300 997
KOKKU	58 207 836	43 444 557	4 740 534	3 989 847	62 948 369	47 434 404

Valga

K	22 362 192	16 528 460	2 822 066	2 362 206	25 184 258	18 890 667
T	16 557 080	12 610 736	1 583 272	1 371 957	18 140 353	13 982 692
P	25 092 196	18 424 377	1 638 176	1 464 826	26 730 372	19 889 203
KOKKU	64 011 469	47 563 573	6 043 514	5 198 990	70 054 983	52 762 563

Võru

K	41 675 457	31 407 377	4 658 327	3 812 787	46 333 784	35 220 163
T	16 841 895	13 108 495	1 766 088	1 439 842	18 607 983	14 548 338
P	16 456 439	11 786 252	2 056 997	1 676 710	18 513 436	13 462 962
KOKKU	74 973 790	56 302 124	8 481 412	6 929 339	83 455 203	63 231 463
Regioon kokku					431 335 698	327 848 021

Lääne regioon

Pärnu

K	32 073 023	18 039 895	7 788 190	5 479 002	39 861 212	23 518 897
T	13 260 781	8 104 370	4 104 859	2 865 238	17 365 641	10 969 607
P	49 410 733	34 121 696	2 932 314	2 193 683	52 343 047	36 315 379
KOKKU	94 744 537	60 265 960	14 825 363	10 537 923	109 569 900	70 803 883

Viljandi

K	28 666 972	17 202 463	3 861 596	2 746 570	32 528 568	19 949 034
T	28 638 557	20 979 538	2 961 025	2 150 097	31 599 582	23 129 635
P	18 004 804	11 910 128	4 466 119	3 641 360	22 470 922	15 551 488
KOKKU	75 310 333	50 092 129	11 288 740	8 538 028	86 599 073	58 630 157

Hiiu

K	12 345 899	6 681 097	84 901	64 528	12 430 800	6 745 625
T	15 453 631	9 851 978	666 652	560 170	16 120 283	10 412 148
P					0	0
KOKKU	27 799 530	16 533 075	751 553	624 698	28 551 083	17 157 773

Saare

K	24 410 559	12 319 076	681 369	514 728	25 091 928	12 833 803
T	12 349 838	6 846 215	220 591	141 440	12 570 429	6 987 655
P	12 627 344	7 844 965	183 290	127 497	12 810 634	7 972 462
KOKKU	49 387 741	27 010 256	1 085 251	783 664	50 472 991	27 793 920

Lääne

K	14 840 708	7 954 719	2 688 429	1 929 702	17 529 137	9 884 421
T	5 986 575	3 526 940	517 397	407 342	6 503 972	3 934 282
P	24 724 752	17 996 231	6 071 168	4 810 079	30 795 920	22 806 311
KOKKU	45 552 036	29 477 890	9 276 994	7 147 124	54 829 029	36 625 014
Regioon kokku					330 022 077	211 010 746

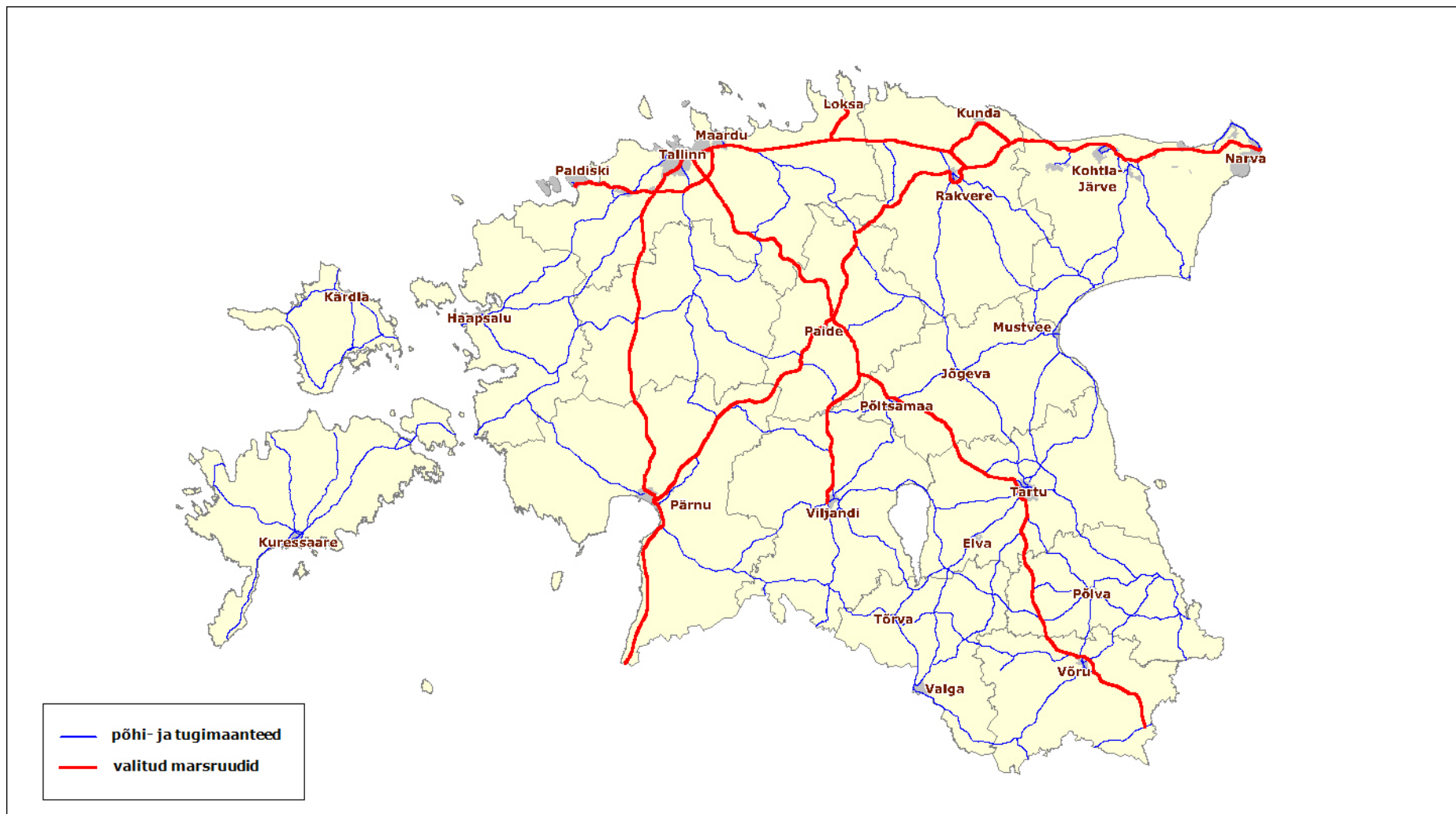
Teede andmed kokku seisuga 31.01.2011

	1 286 875 274	895 304 179	163 933 223	128 908 261	1 450 808 497	1 024 212 440
--	---------------	-------------	-------------	-------------	---------------	---------------

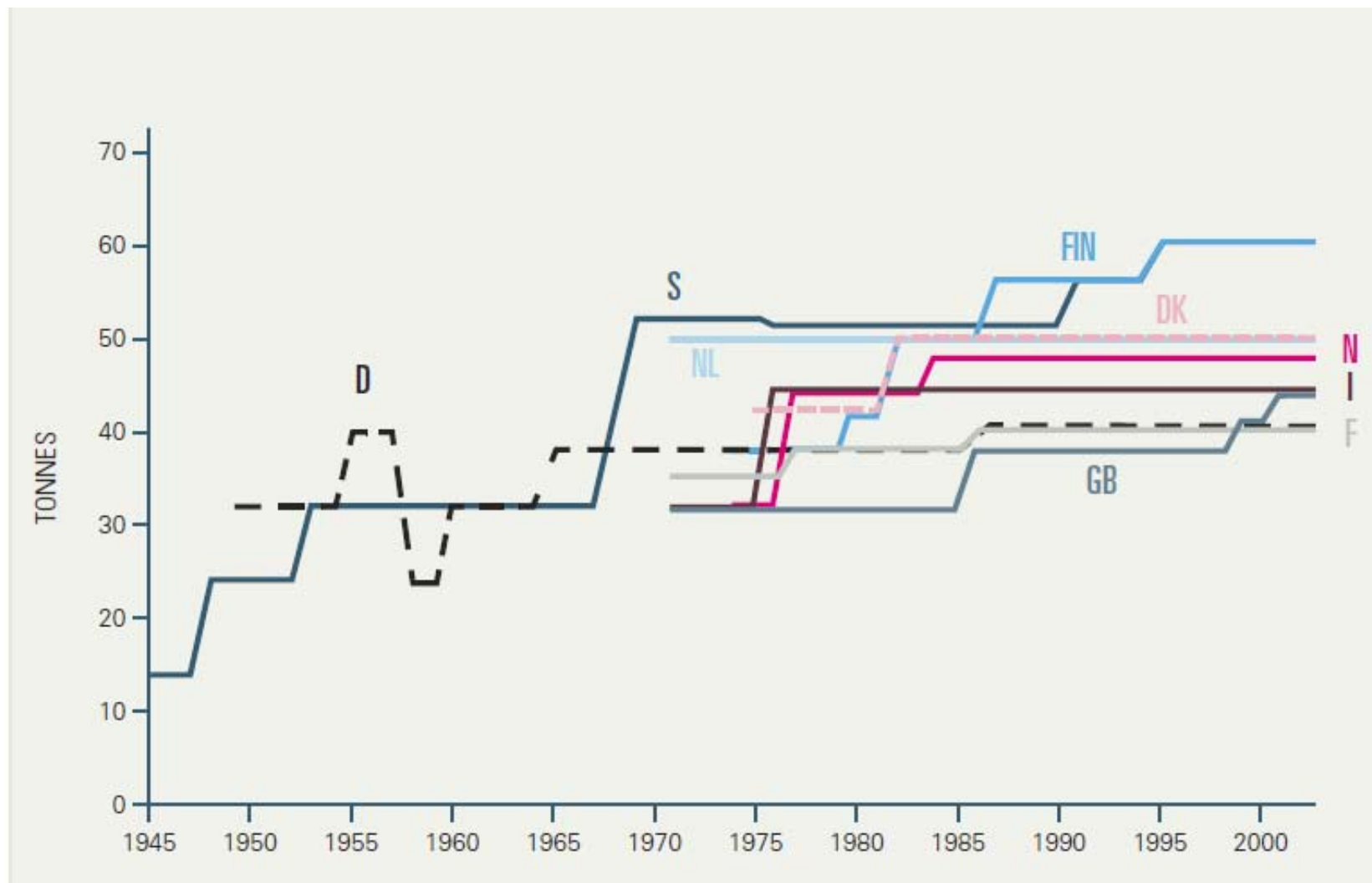
KOKKU

	Teede soetusmaksumus	sildade soetusmaksumus	kokku
Kõrvalmaanteed	516 772 039	59 949 999	576 722 037
Tugimaanteed	314 197 517	27 155 801	341 353 319
Põhimaanteed	482 361 065	50 372 076	532 733 141
	1 313 330 621	895 304 179	137 477 876
		128 908 261	1 450 808 497
			1 024 212 440

Lisa 2 – Valitud trassid



Lisa 3 – Maksimaalse lubatud täismassi piirangu areng Euroopa riikides



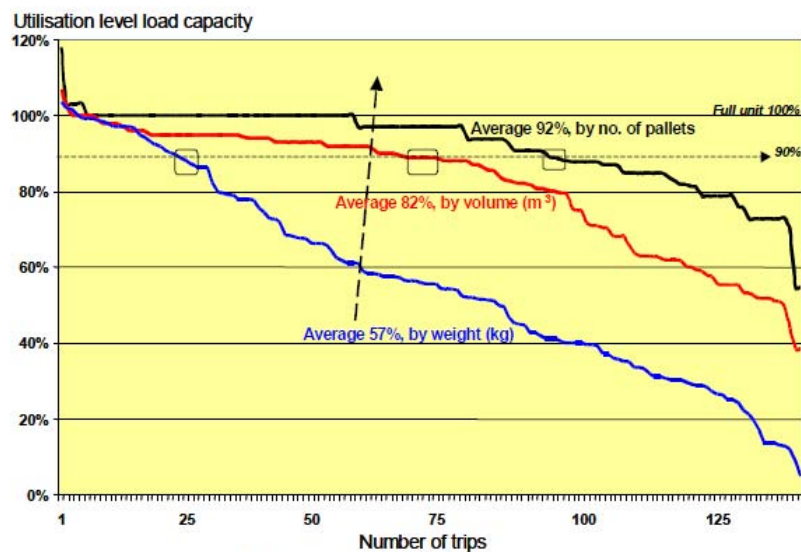
Allikas: Truck masses and dimensions - 8th ACEA workshop, Discussion paper

Lisa 4. Ressursikasutus kaubaveol



Road transport needs above all increased volume and load lengths

Utilisation of trucks measured per no. of pallets, volume and weight for transport of general-cargo-like goods.



Data source: NEA.

Platform length, pallets:

Average: 30
Full: ~ 55%
High: 39
Low: 18



Volume m³:

Average: 81
Full: ~6%
High: 100
Low: 38



Weight tonnes:

Average: 14
Full: ~3%
High: 25.9
Low: 1.2

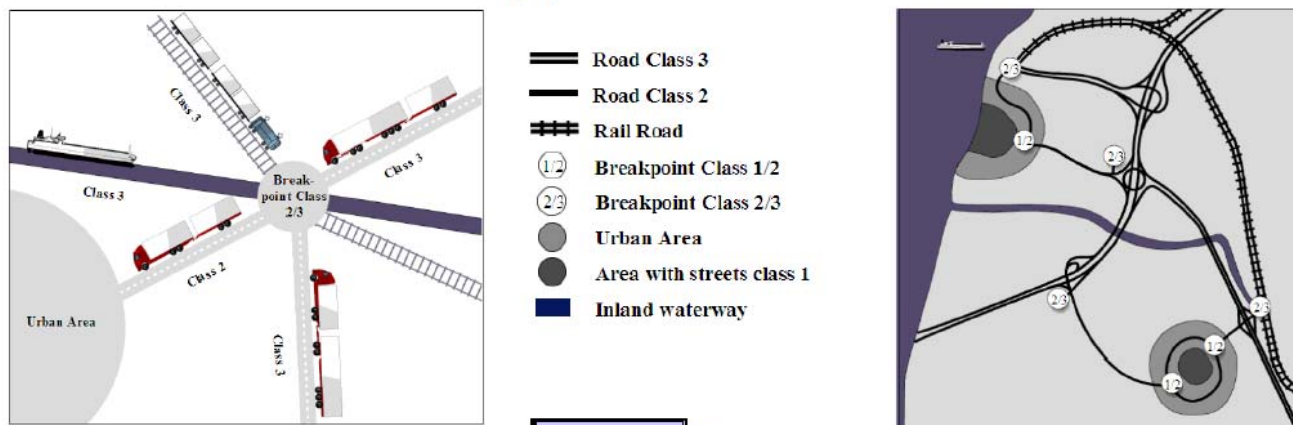


Allikas: Weight and dimensions of heavy commercial vehicles – workshop on LHVs, 24.06.2009

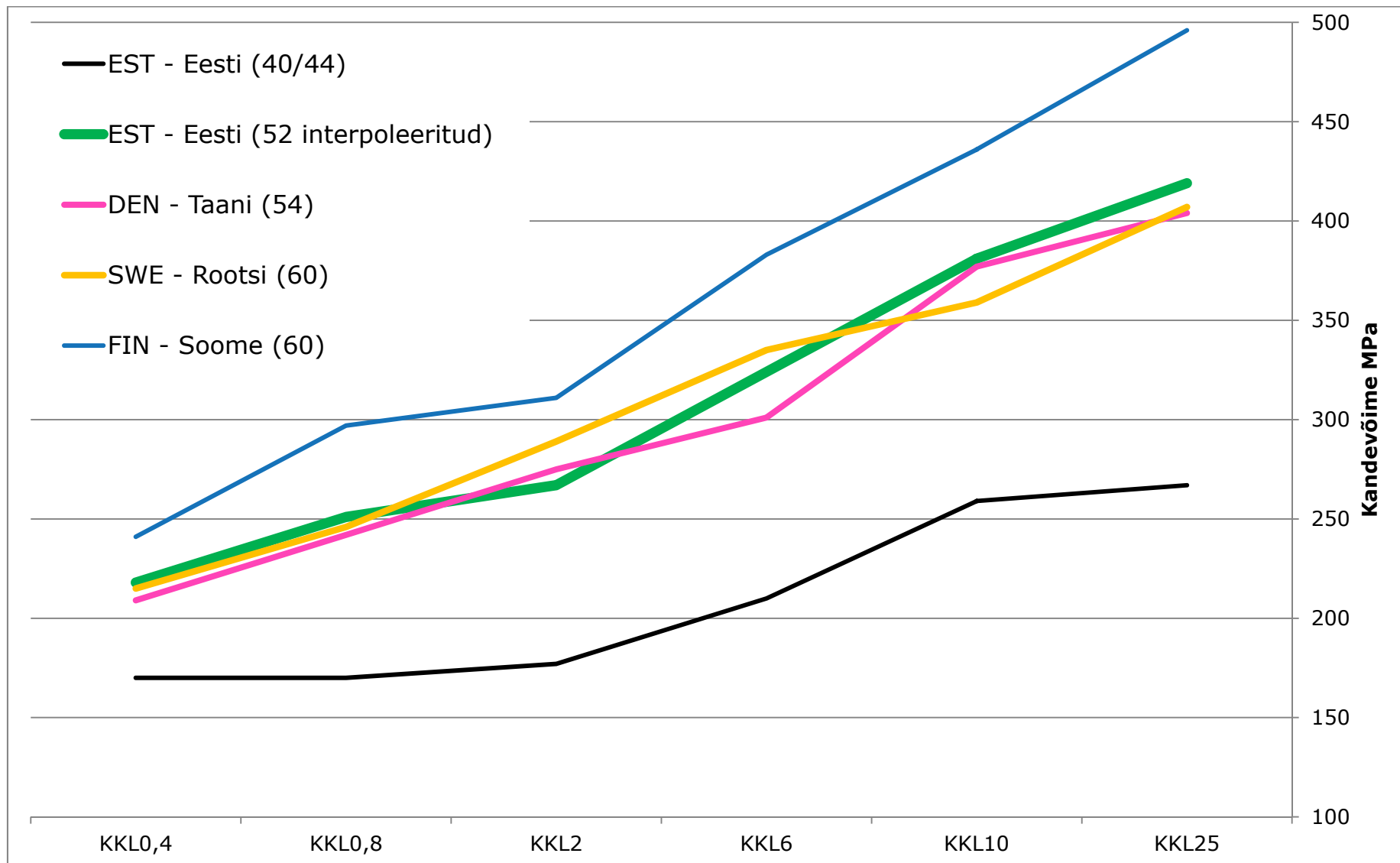
Lisa 5 – EMS moodulite kasutamine erinevatel teedel



The European Modular System (EMS) on an appointed road network



Lisa 6 – Põhjamaade minimaalselt nõutud kandevoime võrdlus



Riigimaanteede ja sildade tugevdamise maksumuse hindamine tulenevalt 52 t veoste aastaringse liikumise võimalusest
ARUANNE

Lisa 7 Tugevdamist vajavad sillad

Tee nr	Algus mkaugus	Vali- mis?	Silla nr	Nimi	Ületatav takistus	Ehitusaasta	Renoveeri mise aasta	Silla tüüp veekogu ületav sild viadukt (eritasap. ristmik)	Normatiivne kandevõime	Silla pikkus	Hindamise aasta	Hinne	Märkused	52-T	Re-mont	Ümber-ehit	Maksum. t. €
1	10375	1	1	NEHATU I	Pirita jõgi	1948	1992	N-30/NK-80	32,4	2010	44			52		jah	981,7
1	17024	1	26	MAARDU	Karjääri tee	1975	1999	N-30/NK-80	34,1	2010	63			52		Jah	1033,3
1	10376	1	5	NEHATU II	Pirita jõgi	1966	1991	N-30/NK-80	47,4	2010	43			52		jah	472,8
2	123897	1	466	PÕLTSAMAA	Põltsamaa jõgi	1960	0	NG-60	55,14	1995			Sild ei ole kasutusel	jah	417,1		
2	170041	1	533	KÄREVERE 1	Suur-Emajõgi	1956	0	N-10	82,9	2001	3	Arhit. Kaitse all		N10			x
3	2012		462	Jõhvi viadukt	Tallinn-Narva rdt		viadukt (eritasap. ristmik)	N-30/NK-80	281,9					52		jah	3763,4
3	63656		415	NINASI	Annoja oja	1954	0	N-10/NG-60	4,72	2005	56			52		jah	53
4	130727	1	798	UUSSILD	Pärnu jõgi	1976	0	N-30/NK-80	283,62	2006	59,7			52		jah	5030,8
5	182696	1	161	SÕMERU VIADUKT	Tallinn-Narva rdt.	1972	2009	N-18/HK-80	45	2010	49 ?			52		jah	Rem. 2009.a.
8	25277	1	22	KEILA	Keila jõgi	1956	0	N-10/NG-60	52,1	2010	56			52		Jah	510,1
9	6804		23	TÕÕKMANI	Vasalemma jõgi	1954	1996	N-13/NG-60	8,3	2010	55			52		Jah	93,1
9	17791		48	RIISIPERE VIADUKT	Tallinna - Haapsalu rdt	1976	0	N-30/NK-80	69,7	2010	49			52		jah	806,4
11	4367	1	50	LAGEDI VIADUKT	Tallinn - Tapa rdt	1970	0	N-30/NK-80	95,2	2010	43			52		jah	1014,7
11	9953	1	52	JÜRI KARJATUNNEL	Karjatee	1975	0	N-30/NK-80	6,8	2010	45			52		jah	165,1
13	1652		68	KOHTLASE	Kohtlase oja	1947	0	N-13/NG-60	10,3	2010	70			52 ???		25,3	119
13	9948		69	SOODLA	Jägala jõgi	1950	0	N-10/NG-60	53	2010	60	Arhit. Kaitse all		?			x
14	7200		70	OJASOO	Kuivajõe jõgi	1937	0	N-8/NG-30	13,7	2010	64			30		jah	157,9

Riigimaanteede ja sildade tugevdamise maksumuse hindamine tulenevalt 52 t veoste aastaringse liikumise võimalusest
ARUANNE

15	12747	71	TÕDVA	Vääna jõgi	1975	0	veekogu ületav sild	N-30/NG-60	21,1	2010	57		52	jah	220,5
17	21959	73	KLOOSTRI	Kloostri jõgi	1924	0	veekogu ületav sild	N-13/NG-60	15,1	2010	60	Arhit. Kaitse all	?		x
17	32947	74	PENNU	Pennu oja	1953	0	veekogu ületav sild	N-8/NG-60	4	2010	40		52	jah	36,3
17	39171	353	KUIJÕE-MÕISA	Piirsalu oja	1935	1995	veekogu ületav sild	N-13/NG-60	9,6	2007	50		52	jah	72,5
27	22412	280	LIHUVESKI	Velise jõgi	1968	0	veekogu ületav sild	N-18/NG-60	5,8	2010	55		52	jah	67
28	7968	283	KOIKSE	Kodila jõgi	1970	0	veekogu ületav sild	N-30/NK-80	16,46	2010	50		52	jah	150,3
42	4156	541	VASULA VIADUKT	Karja läbilaske viadukt	1971	0	viadukt (eritasap. ristmik)	N-30/NK-80	6,3	2005	60		52	jah	70,7
49	6091	1 602	EISTVERE	Magistraalkraav	1965	0	veekogu ületav sild	N-30/NK-80	3,8	2006	51		52	jah	42,6
49	23498	1 605	TÕRVAARU	Navesti jõgi	1972	0	veekogu ületav sild	N-30/NK-80	45,1	2005	55,1		52	236,6	493,7
49	75680	609	SAVIARU	Kõpu jõgi	1956	0	veekogu ületav sild	N-10/NG-60	7,1	2006	47,3		52	jah	76
67	38475	894	MÕNISTE	Mustjõgi	1966	1995	veekogu ületav sild	N-13/NG-60	45,56	2007	59	Arhit. Kaitse all	52	jah	x
69	11204	899	MUUGA	Võhandu jõgi	1962	1995	veekogu ületav sild	N-13/NG-60	22,76	2007	57		52	jah	237,8
69	13739	900	HUTITA	Võhandu jõgi	1960	0	veekogu ületav sild	N-13/NG-60	24,9	2007	55		52	jah	260,2
69	35052	981	SARAPUU	Visela jõgi	1957	0	veekogu ületav sild	N-10/NG-60	7	2007	46,3		52	jah	71,4
69	39954	982	SANGASTE	Väike Emajõgi	1963	0	veekogu ületav sild	N-30/NK-80	21,2	2007	48,1		52	jah	185,3
69	58622	983	KUNINGA	Sauniku oja	1949	0	veekogu ületav sild	N-10/NG-60	8,8	2007	74,7		52 ???	20,1	101,6
81	1785	1096	KALJU	Nuutri oja	1962	0	veekogu ületav sild	N-13/NG-60	4,65	2005	55		52	16,5	53,7
92	86912	618	OJAPERE	Ojapere oja	1957	0	veekogu ületav sild	N-13/NG-60	3	2004	41,6		52	jah	24,1
11103	3431	81	KOSTIVERE	Jõelähtme jõgi	1720	0	veekogu ületav sild	N-10/NG-60	44,2	2010	59	Arhit. Kaitse all	52 ???		x
11108	2628	83	VALGEJÕE	Valgejõe jõgi	1937	0	veekogu ületav sild	N-18/NK-80	67,5	2010	65		52 ???	jah	660,8
11124	9002	88	MALLAVERE	Kivioja	1951	0	veekogu ületav sild	N-10/NG-30	10	2010	67		30	JAH	30,3
11125	5758	89	KIVILOO	Jõelähtme jõgi	1939	0	veekogu ületav sild	N-13/NG-60	17	2010	55		52	jah	190,7
11196	376	99	KIBISTE	Tuulna oja	1949	0	veekogu ületav sild	N-10/NG-60	8,3	2010	42		52 ???	jah	74,5
11207	1529	104	PAUNKÜLA	Pirita jõgi	1967	0	veekogu ületav sild	N-18/NK-80	18,2	2010	50		52	jah	50
11230	14856	105	PUUNA	Vihterpalu jõgi	1930	0	sild		37,2	2010	63	B=11m. 52 ???	jah	388,7	

Riigimaanteede ja sildade tugevdamise maksumuse hindamine tulenevalt 52 t veoste aastaringse liikumise võimalusest
ARUANNE

11260	27465	112	LIIVA	Liiva oja	1934	0	veekogu ületav sild	N-10/NG-60	10,1	2010	82	52 ???	jah	113,3
11260	39427	114	TÕLDOJA	Pärli oja	1937	0	veekogu ületav sild	N-10/NG-60	11,9	2010	77	52 ???	jah	133,5
11265	1903	118	VALKLA	Valkla oja	1975	0	veekogu ületav sild	N-8/NG-30	9	2010	48	B=11m. 52	jah	101
11270	4296	121	LOO	Liiva oja	1955	0	veekogu ületav sild	N-10/NG-30	24	2010	44	B=11m. 52	jah	250,8
11270	10491	122	PUDISOO	Pudisoo jõgi	1964	0	veekogu ületav sild	N-13/NG-60	28,8	2010	59	52 jah	jah	301
11300	1439	124	KEPSU	Pirita jõgi	1960	0	veekogu ületav sild	N-13/NG-60	38,9	2010	56	52	Jah	380,8
11382	4484	136	VAHEPERE	Vasalemma jõgi	1963	0	veekogu ületav sild	N-13/NG-60	7,1	2010	54	52	jah	79,7
11390	35764	139	TREPPOJA	Treppoja oja	1949	0	veekogu ületav sild	N-10/NG-60	10	2010	62	52 ???	jah	112,2
11410	2198	142	VAHIOJA	Vahioja oja	1972	0	veekogu ületav sild	N-30/NK-80	6,4	2010	59	52	jah	71,8
13106	2088	425	VAIVARA VIADUKT	Raudtee	1963	0	veekogu ületav ristmik (eritasap.)	0	47,8	2001	1	B=11m.	jah	499,5
13107	176	427	SIRGALA	Sõtke jõgi	2008	0	veekogu ületav sild	N-18/NK-80	19,8	2007	51	Torusild 52	jah	222,2
13110	430	428	LAABA	Rannapungerja jõgi	1965	2008	veekogu ületav sild	N-30/NK-80	17,3	2005	56	52	jah	194,1
13114	4896	490	MUSTVEE	Mustvee jõgi	1935	0	veekogu ületav sild	N-10/NG-60	22,65	1998	64	Arhit. Kaitse all jah	x	
13171	2538	451	KALMISTU	Purtse jõgi	1995	0	veekogu ületav sild	A8/NG-30	22,7	2005	85	B=11m. 30	jah	237,2
13187	472	452	PÜHAJÕE	Pühajõgi	1970	0	veekogu ületav sild	N-30/NK-80	32,6	2007	51	52	jah	340,7
14143	3062	502	SUURSILD	Pedja jõgi	1972	0	veekogu ületav sild	N-30/NK-80	70	2007	60	52	jah	685,3
14150	3318	506	KUREOJA	Kureoja oja	1961	1986	veekogu ületav sild	N-13/NG-60	8,6	2007	57	52 jah	jah	96,5
14175	8058	509	UMBUSI	Umbusi jõgi	1974	0	veekogu ületav sild	N-30/NK-80	17,5	2005	59	52	jah	196,4
14210	1526	524	EHAVERE	Amme jõgi	1963	0	veekogu ületav sild	N-10/NG-60	5	2006	60	52	jah	56,1
15124	4901	174	LIIGVALLA	Preedi jõgi	2010	0	veekogu ületav sild	1200kN/150kN	3,33	2010	58	Torusild 52 jah	jah	37,4
15159	6937	242	TARBJA	Pärnu jõgi	1964	0	veekogu ületav sild	N-13/NG-60	11,36	2010	52	52 jah	jah	127,5
16155	9881	290	TEENUSE	Kasari jõgi	1908	0	veekogu ületav sild	N-10/NG-30	67,5	2010	49	Arhit. Kaitse all 30	x	
16155	15228	291	VANA-VIGALA	Vigala jõgi	1967	0	veekogu ületav sild	N-30/NK-80	87	2010	58	52	jah	851,7
16155	22981	292	VATI	Velise jõgi	1972	0	veekogu ületav sild	N-30/NK-80	53,2	2010	60	52	jah	520,8
16157	8678	369	TÖLLAAUGU	Rannamõisa jõgi	1975	0	veekogu ületav sild	N-18/NK-80	6,7	2005	56,8	52	jah	83,4

Riigimaanteede ja sildade tugevdamise maksumuse hindamine tulenevalt 52 t veoste aastaringse liikumise võimalusest
ARUANNE

16178	6690	376	KUNILA	Tuudi jõgi	1970	0	veekogu ületav sild	N-18/NK-80	13,5	2007	56		52	jah	151,5
16196	9674	379	LIIVASOONE	Liivasoone oja	1930	0	veekogu ületav sild	N-13/NG-60	10,8	2005	80,2		52 ???	jah	121,2
17152	2844	183	VOHNJA 2	Loobu jõgi	1900	2009	veekogu ületav sild	N-10/NG-60	8,5	2010	57	Arhit. Kaitse all	?		x
17152	2986	184	VOHNJA 1	Vohnja jõgi	1956	2009	veekogu ületav sild	N-13/NG-60	4,85	2010	49	B=11m.	52	jah	54,4
17152	8721	185	UNDLA	Loobu jõgi	1909	0	veekogu ületav sild	N-13/NG-60	12,9	2010	61	Arhit. Kaitse all	?		x
17158	8800	186	KUNDA	Kunda jõgi	1963	0	veekogu ületav sild	N-13/NG-60	46	2010	60		52	jah	104,9
17170	24214	189	RUTJA	Selja jõgi	1937	0	veekogu ületav sild	N-10/NG-60	40	2010	58		52 ???	jah	418
17178	9516	193	PORGASTE	Loobu jõgi	1947	0	veekogu ületav sild	N-13/NG-60	19,6	2010	51		52 ???	jah	219,9
17184	6118	196	AREDA	Areda jõgi	1937	0	veekogu ületav sild	N-10/NG-60	13,8	2010	70		52 ???	jah	154,8
17192	16915	198	REASTVERE	Pedja jõgi	1963	2008	veekogu ületav sild	N-30/NK-80	26,62	2010	53		52	jah	278,2
17210	8582	144	VIHASOO	Valgejõe jõgi	1971	0	veekogu ületav sild	N-13/NK-80	37	2010	55		52	jah	386,6
18103	7950	824	TAMME I	Tabina oja	1976	0	veekogu ületav sild	N-13/NG-60	6	2005	52		52	jah	67,3
18105	10566	902	VISELA	Visela oja	1975	1993	veekogu ületav sild	N-30/ NK-80	17,46	2007	54		52	jah	195,9
18111	1785	828	MÕKSI	Ahja jõgi	1973	0	veekogu ületav sild	N-13/NG-60	6	2005	50	B=11m.	52	jah	67,3
18115	7250	829	KUKE	Leevi jõgi	1931	0	veekogu ületav sild	N-10/NG-30	9,8	2006	67	Arhit. Kaitse all	30		x
18115	9587	830	KARILATSI	Piigaste oja	1934	0	veekogu ületav sild	N-10/NG-30	10	2006	74	Arhit. Kaitse all	30		x
18115	11211	831	ALAMUSTI	Hilba oja	1934	0	veekogu ületav sild	N-10/NG-30	11,8	2006	74	Arhit. Kaitse all	30		x
18115	16890	832	IHAMARU	Karaski oja	1950	0	veekogu ületav sild	N-10/NG-30	9,1	2006	60	Arhit. Kaitse all	30		x
18116	1808	834	LAJAVANGU	Võhandu jõgi	1974	0	veekogu ületav sild	N-18/NK-80	6	2005	45	B=11m.	52	jah	67,3
18134	332	837	SULAOJA	Sulaoja	1930	0	veekogu ületav sild	N-10/NG-30	4	2006	65	B=11m.	30	jah	44,9
18138	5650	838	KIIDJÄRVE	Ahja jõgi	1911	1978	veekogu ületav sild	N-18/NK-80	11	2007	70		52 ???	26,9	127,1
18138	11234	840	PÖRSTE	Leevi jõgi	1963	0	veekogu ületav sild	N-13/NG-60	17,4	2007	47	B=11m.	52	jah	195,2
18160	565	843	LEEVIKÜLA	Leevi jõgi	1970	0	veekogu ületav sild	N-13/NG-60	7	2005	47	B=11m.	52	jah	78,5
18191	4098	854	RÕSNA	Pahtpää jõgi	1963	0	veekogu ületav sild	N-13/NG-60	23,4	2005	52		52	jah	244,5
18218	6116	863	VÕUKÜLA	Võhandu jõgi	1973	0	veekogu ületav sild	N-13/NG-60	46	2007	48	B=11m.	52	jah	480,7
18240	4308	866	MUSTAJÕE I	Orajõgi	1939	0	veekogu ületav sild	N-10/NG-60	13,5	2006	67		52 ???	jah	151,5

Riigimaanteede ja sildade tugevdamise maksumuse hindamine tulenevalt 52 t veoste aastaringse liikumise võimalusest
ARUANNE

19101	340	707	VANAVESKI	Uruste jõgi.	1931	1962	veekogu ületav sild	N-13/NG-60	14,1	2006	69,5	52 ???		jah	158,2
19105	1060	719	AUDRU	Audru jõgi.	1910	2010	veekogu ületav sild	N-10/NG-30	43,01	2010	99,9	Arhit. Kaitse all	30	jah	x
19243	7381	739	HARAKOJA	Vene oja.	1962	0	veekogu ületav sild	N-10/NG-60	8,8	2006	52		52	jah	98,7
19252	19287	746	TEHVRE	Tehve oja.	1965	0	veekogu ületav sild	N-13/NG-60	5,6	2006	58,4		52	jah	62,8
19277	5522	759	TAMMURU	Vaskjõgi.	1958	0	veekogu ületav sild	N-13/NG-60	17,4	2005	56,2		52	jah	195,2
19306	9700	766	KAMALI	Tõlla jõgi.	1966	0	veekogu ületav sild	N-13/NG-60	10,8	2005	55,5		52	jah	121,2
19331	6842	773	HÄÄDEMEESTE	Häädemeeste jõgi	1967	0	veekogu ületav sild	N-13/NG-60	14,5	2005	56,4		52	jah	170,1
19331	21600	778	VESKI	Veski oja.	1949	0	veekogu ületav sild	N-13/NG-60	10,1	2005	60,8		?	jah	113,3
19331	25155	779	TREIMANI	Treimani oja.	1937	0	veekogu ületav sild	N-13/NG-60	11,3	2005	67,3	Arhit. Kaitse all	?	jah	x
19332	569	781	RÄSTI	Kõrtsi oja.	1935	0	veekogu ületav sild	N-13/NG-60	16	2006	67,6	Arhit. Kaitse all	?	jah	x
19342	235	786	UULU	URA JÕGI	1938	1949	veekogu ületav sild	N-10/NG-30	35	2005	41	Arhit. Kaitse all	30	jah	x
19344	2158	790	MUTI	Lähkma oja.	1970	0	veekogu ületav sild	N-30/NK-80	14,4	2005	56		52	jah	161,6
19344	4652	791	HUDSONI	Lähkma oja.	1967	0	veekogu ületav sild	N-30/NK-80	18,9	2005	58,2		52	jah	212,1
20141	25004	302	VARBOLA	Vardi jõgi	1956	0	veekogu ületav sild	N-24	13	2010	54	B=11m.	24	jah	145,9
20148	2671	303	KABALA	Vigala jõgi	1938	0	veekogu ületav sild	N-10/NG-60	36	2010	62		52 ???	jah	376,2
20149	412	304	LASSI	Kuusiku jõgi	1962	0	veekogu ületav sild	N-30	16,3	2010	59	B=11m.	30	jah	182,9
20163	9921	309	RUSSALU	Kasari jõgi	1847	1991	veekogu ületav sild	N-24	41,5	2010	65	Arhit. Kaitse all	24 ?	jah	x
20170	6090	315	POSTIKÕRTSI	Pühaoja	1930	0	veekogu ületav sild	N-8/NG-60	9,6	2010	60		52 ???	jah	107,7
20170	9425	316	HÄRGOJA	Paeküla oja	1931	0	veekogu ületav sild	N-8/NG-60	8	2010	57	Arhit. Kaitse all	?		x
20170	10558	317	JOOSVA	Konuvere oja	1932	0	veekogu ületav sild	N-8/NG-60	9,5	2010	60		52 ???	jah	106,6
20176	6774	323	SULU	Vigala jõgi	1976	0	veekogu ületav sild	N-30/NK-80	54,14	2010	57		52	jah	530
20178	1606	324	SUUREOJA	Kraav	1964	0	veekogu ületav sild	N-24	9,4	2010	54	B=11m.	24	jah	105,5
20186	8625	329	RUHMA	Kraav	1972	0	veekogu ületav sild	N-30/NK-80	16,6	2010	43	B=11m.	52	jah	186,3
20186	9882	330	VÄIKE	Konnaveski oja	1968	0	veekogu ületav sild	N-30/NK-80	11,9	2010	53		52	jah	133,5
21108	1861	1054	MÖLDRI SILD	Möldri jõgi	1945	0	veekogu ületav sild	N-13/NG-60	6	2005	65,1		52 ???	jah	67,3
21129	2781	1067	MAASI SILD	Maasi oja	1949	0	veekogu ületav sild	N-13/NG-60	8,2	2005	64,5		52 ???	jah	92

Riigimaanteede ja sildade tugevdamise maksumuse hindamine tulenevalt 52 t veoste aastaringse liikumise võimalusest
ARUANNE

21129	28149	1070	OITME SILD	Oitme oja	1949	0	veekogu ületav sild	N-13/NG-60	10	2005	69,5	52 ???		jah	112,2
21132	24854	1077	KUKE SILD	Kuke jõgi	1962	0	veekogu ületav sild	N-13/NG-60	5,6	2007	57	52		jah	62,8
21182	6009	1079	SÜLLA SILD	Oju jõgi	1929	0	veekogu ületav sild	N-10/NG-60	7,6	2007	56,5	52 ???		jah	85,3
22107	2378	557	LAEVA	Laeva jõgi	1947	0	veekogu ületav sild	N-10/NG-60	16,5	2006	69	52 ???		jah	185,1
22158	5282	568	VARIMÕISA	Lauri oja	1938	0	veekogu ületav sild	N-10/NG-60	13,6	2005	65	52 ???		jah	152,6
22210	7009	572	VASULA	Amme jõgi	1981	0	veekogu ületav sild	N-30/NK-80	32,85	2006	58	Arhit. Kaitse all	52	jah	x
22232	4313	574	KIKIVERE	Amme jõgi	1971	0	veekogu ületav sild	N-30/NK-80	18,08	2005	57		52	jah	202,9
22242	6389	576	LAHE	Kargoja	1972	0	veekogu ületav sild	N-30/NK-80	18,08	2007	56		52	jah	202,9
22251	1966	577	VANAMÕISA	Vanamõisa jõgi	1930	0	veekogu ületav sild	N-10/NG-60	12,8	2007	63	52 ???	jah	jah	143,6
22280	8167	582	LÄÄNISTE	Ahja jõgi	1968	0	veekogu ületav sild	N-30/NK-80	53,2	2005	50		52	jah	520,8
23117	1058	997	SOKA	Ärnu jõgi	1974	0	veekogu ületav sild	N-10/NG-60	12,1	2007	57,4		52	jah	135,8
23130	859	1002	VASTSEMÕISA	Väike Emajõgi	1932	0	veekogu ületav sild	N-30/NK-80	23,1	2007	57	52 ???		jah	241,4
23130	916	1003	JÕUKANAL I	Väike Emajõgi	1932	0	veekogu ületav sild	N-10/NG-60	9,1	2007	56,7	52 ???		jah	136,4
23131	3592	1004	LOTTA	Laatre jõgi	1948	0	veekogu ületav sild	N-10/NG-60	22,2	2007	80,5	52 ???	jah		232
23135	11655	1006	LAMBAHANNA	Lambahanna oja	1964	0	veekogu ületav sild	N-30/NK-80	17,3	2007	60		52	jah	194,1
23136	9159	1008	RESTU	Väike Emajõgi	1946	0	veekogu ületav sild	N-30/NK-80	20	2007	61	52 ???		jah	224,4
23140	14464	841	ATSIKU	Atsiku oja	1962	0	veekogu ületav sild	N-13/NG-60	18,9	2005	50		52	jah	212,1
23142	5155	1009	KIISAMATSI	Pringi oja	1949	0	veekogu ületav sild	N-10/NG-60	10,2	2007	64,6	52 ???	jah	jah	114,4
23173	201	1013	HELLENURME	Elva jõgi	1984	0	veekogu ületav sild	N-30/NK-80	6,7	2007	57,8		52	jah	93,6
23185	268	1015	RULLI	Jõku jõgi	1949	0	veekogu ületav sild	N-10/NG-60	13,6	2007	69,3	52 ???		jah	152,6
23190	6720	1018	JÕUKANAL II	Õhne jõgi	1952	0	veekogu ületav sild	N-30/NK-80	10,8	2007	56,1		52	jah	121,2
23194	10538	1021	SILLAOTSA	Lagesoo järve kraav	1958	0	veekogu ületav sild	N-10/NG-60	5,1	2007	56,9		52	14,8	57,2
24110	6870	630	MÄDAOJA	Parika oja	1963	0	veekogu ületav sild	N-30/NK-80	6,05	2006	58,7		52	jah	67,9
24123	8692	634	VÕLLI	Lemmjõgi	1966	0	veekogu ületav sild	N-10/NG-60	9,3	2006	49	B=11m.	52	jah	104,3
24123	19833	635	LAHMUSE	Lõhavere oja	1931	0	veekogu ületav sild	N-10/NG-60	3,35	2006	43,7	Arhit. Kaitse all	?	jah	x
24128	9956	638	ÄRMA	Lemmjõgi	1965	0	veekogu ületav sild	N-30/NK-80	6,9	2005	51,8		52	jah	77,4

Riigimaanteede ja sildade tugevdamise maksumuse hindamine tulenevalt 52 t veoste aastaringse liikumise võimalusest
ARUANNE

24128	13468	639	OKSA	Lemmjõgi	1963	0	veekogu ületav sild	N-30/NK-80	28,2	2005	36,3	B=11m.	52	jah	jah	294,7
24135	11060	643	VAIBLA	Meleski oja	1961	0	veekogu ületav sild	N-13/NG-60	5,1	2005	47,9	B=11m.	52		jah	57,2
24142	226	646	TUSTI	Tänassilma jõgi	1968	0	veekogu ületav sild	N-30/NK-80	28,4	2005	53,3		52	jah	jah	296,8
24155	19533	651	KIRINA	Väluste oja	1964	0	veekogu ületav sild	N-30/NK-80	6,9	2006	57,2		52		jah	77,4
24156	5279	652	KOORDIVESKI	Verilaske oja	1964	2005	veekogu ületav sild	N-13/NK-80	3,4	2005	55		52	jah	jah	38,1
24172	5830	659	ÕISU TRUUP	Vidva oja	1982	0	kandiline truup	N-30/NK-80	7,2	2005	54,5		52	jah	jah	112,7
24173	9147	662	VIIDIKU	Ärma jõgi	1963	0	veekogu ületav sild	N-30/NK-80	12	2006	54,7		52		jah	134,6
24180	4076	663	SAMBLA	Sarja oja	1962	0	veekogu ületav sild	N-30/NK-80	11,4	2005	53,9		52		jah	131,3
24181	13787	796	TÕLLA-ABJA	Tõlla jõgi.	1972	0	veekogu ületav sild	N-13/NG-60	18,2	2005	59,6		52		jah	204,2
24189	3326	666	LUBA	Halliste jõgi	1964	0	veekogu ületav sild	N-30/NK-80	6,9	2006	58		52		jah	77,4
24213	3504	667	KAVERE	Magistraalkraav	1963	0	veekogu ületav sild	N-13/NG-60	6	2006	49,6	B=11m.	52		jah	67,3
24213	8500	668	TEOSE	Leie oja	1964	0	veekogu ületav sild	N-13/NG-60	4,8	2006	40,8	B=11m.	52	jah	jah	53,9
24216	2801	670	REBASTE II	Tänassilma jõgi	1968	0	veekogu ületav sild	N-13/NG-60	6	2006	54,6		52	jah	jah	67,3
25124	1457	913	UUE-ANTSLA	Kivestu oja	1937	0	veekogu ületav sild	N-10/NG-60	4,7	2007	60	Arhit. Kaitse all	?	jah		x
25132	23351	921	VASTSELIINA	Piusa jõgi	1960	0	veekogu ületav sild	N-13/NG-60	24,9	2007	49		52		jah	214,1
25151	1838	924	SÕMERPALU II	Kraav	1935	1996	veekogu ületav sild	N-10/NG-60	4,3	2007	47		52		jah	24,1
25161	1742	956	KOLMEKUNINGA	Koreli oja	1940	1992	veekogu ületav sild		4	0	0	Arhit. Kaitse all	?	jah		x
25182	4644	955	MUNAJAS SILD	Miikse oja	1948	0	veekogu ületav sild		3	2007	69	Arhit. Kaitse all	?			x
25183	9296	932	ALAKÕRTSI	Visela oja	1926	1966	veekogu ületav sild	N-10/NG-60	4,5	2007	67		52 ???		15,1	52
25217	900	943	LIIVAKU	Peetri jõgi	1971	1995	veekogu ületav sild	N-30/ NK-80	34,16	2007	59	kap.rem.1995.a.	52		jah	357

Kokku vajab
ümberehitu
st: 140 tk 736 tk 139 tk 37 519,4
s.h. PMS üle
60 p 28 silda
kui
kandevõime
ei ole piisav

Lisa 8 - Kohtumise protokoll (Soome)



MINUTES OF MEETING

Date 2011/06/03

Job Heavy vehicles study in Estonia
Date 2011/06/03
From Ramboll Finland Oy, Tampere
Attendees Andres Brakmann
List of attendees is added

Ramboll
Vohlsaarentie 2 B
36760 LUOPIOINEN
Finland

T +358 20 755 6740
F +358 20 755 6741
www.ramboll.com

- Agenda
1. Heavy vehicles in Finland
 2. What sort of studies and changes have been made to allow heavier vehicles
 3. Discussion
 4. Conclusions

1. Heavy vehicles in Finland

In Finland the allowed maximum weight for vehicles is since 1990 52t for vehicles with up to 6 axles and 60t for vehicles with 7 or more axles. The allowed axle loads are up to 11,5t. The maximum allowed vehicle length is since 2002 25,25m and height 4,2m. In addition to these general requirements there are special routes for abnormal transportation where the axle loads up to 20t are allowed (with special permit this is valid for one year at the time).

2. What sort of studies and changes have been made to allow heavier vehicles

As the current vehicle dimensions have been in use already for several years there are no "fresh" studies available regarding the effect of increased gross weight of vehicles to roads bearing capacity or geometric requirements.

Regarding bridges in principle the same design requirements as today have been used since 1972. More than 80% of bridges meet those requirements. The bridges which have been designed according to those requirements have sufficient bearing capacity for 60t vehicles and would possibly meet also the requirements for 90t vehicles.

Regarding road design no changes have been introduced to adjust the road geometry and pavement bearing capacity for heavier vehicles within last 10-15 years.

In Finland the road structure is usually 1,0-1,5 m thick due to the frost protection requirements and if additional bearing capacity is required this is achieved by adding additional asphalt layers (Thickness of the asphalt layers in new roads vary from 40 mm to 200 mm). The bigger thickness compared to Estonian typical road structures is due to frost heave calculations. According to the Finnish design requirements the freezing depth is 1,4 to 2,2 m and this is usually the thickness where new materials are used. The overall principles of pavement design are similar in Finland and Estonia. However several material properties used in Estonia are higher than in Finland (e.g. E of crushed aggregates, but also of ground materials).



The guard rails used in Finland are in accordance with the EN 1317 requirements and the most widely used guiderails on bridges are in accordance with H2 W3 requirements. No special measures have been taken into use due to heavier vehicles.

3. Discussion

Compared to central Europe (Germany) the situation in Finland and in Sweden is different. The population density and the rail network density are lower. The main logistics centres are located near ring III (Kehä 3) and most of goods are transported via roads.

In central Europe the railway system has been preferred to road network from environmental point of view and several investments have been made to upgrade the railway network. In Finland however such scale major investments have not been made to railway network.

Regarding the heavier vehicles strict rules are set on safety point of view to the trucks brakes, steering system and engine power.

For smaller roads, which are temporarily used by timber industries, there is special budget foreseen for road administration regions or municipalities to finance the road repair works of those roads after damages have occurred due to heavy load.

Generally many decisions regarding the increase of gross weight of vehicles have been made following the Swedish decisions based on research made in Sweden.

Concerning possible impact on the life-cycle of pavement, mr Juha Äijö should be consulted in Ramboll Finland.

4. Conclusion

- No late studies available
- No special investments have been made
- To compensate the impact of timber transport, financial mechanism is developed

____/____/_____
Andres Brakmann

RAMBOLL

RAMBOLL

Project

52t vehicles study

Date

03.06.2011

Name	Enterprise	Contact
1. Andres Breckmann	Ramboll Eesti	andres.breckmann@ramboll.ee
2. Arto Kandra	Ramboll Eesti	ar.to.kandra@ramboll.ee
3. Jukka Siirén	Ramboll Finland	jukka.siiren@ramboll.fi
4. Ilkka Vilho	Ramboll Finland	ilkka.vilho@ramboll.fi
5. Kaisu Laitinen	Ramboll Finland	kaiku.laitinen@ramboll.fi
6. Simo Loukanen	Ramboll Finland	simo.loukanen@ramboll.fi

Lisa 9 - Kohtumise protokoll (Taani)



SELECTED MINUTES OF MEETINGS

Job Heavy vehicles study in Estonia
Date 2011/09/23
Ramboll Group, Copenhagen
Danish Road Institute, Hedehusene
From Ain Kendra
Attendees Taavi Tõnts, Ain Kendra, Jesper Sundahl, Susanne Baltzer

- Agenda
1. Pavements and Ramboll Group
 2. Road bearing capacity measurement
 3. Road design practices
 4. Studies to allow heavier vehicles
 5. Danish pavement design software

1. Pavements, Ramboll Group and Danish road design procurement

Pavement design in Ramboll Denmark is provided at the Airport Unit. Road pavement design is based on Danish regulation and MMOPP2011 software. In bigger projects, design is based on detailed bearing capacity data from field and laboratory tests, smaller projects are based on ground classification within geological survey (what is most often Estonian case). Mostly bearing capacity data is used in reconstruction projects together with Road Radar. All surveying is provided within preliminary design and environmental assessment, by Danish Road Directorate. In technical design phase, sometimes additional surveying is provided but only in complicated cases. Mostly, the surveying is done long before road design consultants are invited. Environmental impact assessment is provided together with preliminary design and its duration is from 2 to 5 years. Design and construction contracts are not popular. Road Directorate is trying to pick the contracts smaller as this enables more competition. For the quality based design, shortlisting method is used. In evaluation, usually price can be of 40% while technical evaluation 60 points. If building is included, price share can be of 80-85%. Majority of designs are for extension, the number of new roads is restricted and these are designed in accordance with long term planning. Design warranty is for 5 years.

2. Road bearing capacity measurement

Denmark used Dynatest FWD equipment intensively, but as traffic intensity is high, it was possible to survey roads by night. As the measurement requires traffic restriction, it is dangerous process. Denmark has developed equipment for measurement of bearing capacity at traffic speed (HSD – High Speed Deflectometer). This enables measuring bearing capacity not in points at every 100m, but at high speed even after each 5 cm. Currently four sets of equipment are produced (including for Poland and Australia). Development process is ongoing, the measurement result enables at the moment producing of comparable FWD indexes, but not directly bearing capacity values. Soon the results will be used for design purposes. Current regulations forbid use of state equipment in other countries. As FWD measurement has been closed before 2000, there are no available statistical data on comparable bearing capacity.



3. Road design practices

Danish natural conditions are similar to Estonia and much different from Sweden-Finland. There are no hard rock materials in Denmark so everything is imported from Norway and Sweden. Moraine sands are prevailing and thus constructions are heavily on gravels and sands. Also standard asphalt is made from gravel. Only in high traffic roads the top layers are from crushed rock based asphalt.

In last years, a lot of attention has been drawn to low-noise pavements. Use of small-graded asphalts in very thin layers is possible because the studded tires are forbidden. Limestone exists somewhere, but it is never used as material, it can be used as ground for construction. Macadam (MUK) is not used.

4. What sort of studies and changes have been made to allow heavier vehicles

COWI did study in March 2009 "Konsekvenser for vejslidde af forøget akseltryk og totalvægt på det danske vejnet". Based on the results of study workgroup in the Road Directorate prepared final report in November 2010 as "Forslag om forhøjelse af lastbilers tilladte drivakseltryk og totalvægt".

In that study several options were covered. Main attention has been drawn on changes on axle weight from 10 to 11,5 tons and tandem axle weight from 16 to 19 tons. Both options were linked with required axle count. For each option the impact on the road network was calculated. As result, use of max weight of 54 tons was recommended only for trucks with at least 7 axles, for 6 axle-trucks maximal weight can be up to 50 tons.

Copies of both reports are available (in Danish).

Long vehicles use is restricted to main network, 54 tons with 18,75m length can be used everywhere on state roads, if road bearing capacity or geometry is not allowing, it is clearly marked.

5. Danish design software

Road Directorate has appointed committee for the development of the design rules and relevant software. The Committee is headed by the head of Department of Road Institute, Gregers Hildebrand. Software MMOPP2011 has been developed together by Per Ullidtz (Dynatest) and Christian Busch (Grontmij | Carl Bro). Asphalts are characterized by the E-modulus at 30°C (Estonian scheme is restricted to 0, +10 and +20). Together during meeting the software possibilities were tested and later the key was given to access the advanced settings of the software. This enables further testing of software and changes of parameters of materials and climate module. Program is considered freeware (paid fully by Danish state), but in case of larger changes required, it is wise to contact mr Busch.

____ / ____ / ____
Ain Kendra

Lisa 10. Riigimaantee jaotus ja puuduliku kandevõimega alad regioonide ja koormusklasside lõikes

	KKL25	KKL10	KKL6	KKL2	KKL0,8	KKL0,4 (asf)	KKL0,4 (s)	KKL0,1 (s)	KKL0,1(kr)	Kokku
Põhja regioon										
Põhi	236,4	76,2	43,1	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	359,0
FWD	209,3	74,4	38,5	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	324,6
nõrk km	125,1	49,3	34,7	2,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	211,5
nõrk %	60%	66%	90%	96%						65%
Tugi	3,4	0,0	53,6	128,7	83,3	29,5	16,3	14,7	0,0	329,6
FWD	3,4	0,0	53,3	125,5	79,9	24,2	16,1	14,3	0,0	316,7
nõrk km	0,7	0,0	26,6	84,6	35,7	11,7	5,0	5,7	0,0	170,0
nõrk %	22%		50%	67%	45%	48%	31%	40%		54%
Kõrval	0,9	5,6	29,6	116,4	129,4	197,2	390,2	776,8	255,9	1901,9
FWD	0,0	5,5	27,4	98,2	119,4	107,9	289,2	118,8	0,0	766,4
nõrk km	0,0	5,1	21,5	69,0	63,8	38,1	82,0	47,9	0,0	327,5
nõrk %		93%	78%	70%	53%	35%	28%	40%		43%
N: %	59%	68%	69%	69%	50%	38%	28%	40%	0%	50%
Lääne regioon										
Põhi	95,4	0,0	156,5	254,7	7,2	0,0	0,0	0,0	0,0	513,7
FWD	95,0	0,0	155,7	247,5	6,6	0,0	0,0	0,0	0,0	504,8
nõrk km	55,9	0,0	107,5	152,1	6,6	0,0	0,0	0,0	0,0	322,1
nõrk %	59%		69%	61%	100%					64%
Tugi	0,0	0,0	81,4	140,6	146,6	61,7	114,9	181,9	8,4	735,5
FWD	0,0	0,0	79,0	123,9	139,4	59,8	113,6	152,9	0,0	668,6
nõrk km	0,0	0,0	57,5	93,7	87,4	21,0	39,1	58,3	0,0	357,0
nõrk %		0%	73%	76%	63%	35%	34%	38%		53%
Kõrval	0,0	0,0	4,8	62,6	100,8	104,8	531,6	1627,5	1325,6	3757,7
FWD	0,0	0,0	4,3	61,9	92,2	28,9	226,2	121,6	3,8	538,8
nõrk km	0,0	0,0	3,8	50,7	60,5	19,3	103,7	62,9	1,2	302,1
nõrk %			89%	82%	66%	67%	46%	52%	31%	56%
W: %	59%	0%	71%	68%	65%	45%	42%	44%	31%	57%
Lõuna regioon										
Põhi	36,8	41,6	236,0	105,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	420,0
FWD	36,6	40,9	231,2	90,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	399,1
nõrk km	19,0	23,3	156,1	64,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	263,1
nõrk %	52%	57%	68%	71%						66%
Tugi	0,0	0,0	63,1	353,1	238,2	51,3	92,6	67,6	0,0	865,9
FWD	0,0	0,0	61,7	341,7	234,4	43,8	92,2	67,3	0,0	841,1
nõrk km	0,0	0,0	48,1	260,8	149,1	15,0	69,0	32,6	0,0	574,6
nõrk %			78%	76%	64%	34%	75%	48%		68%
Kõrval	0,0	0,0	2,5	32,1	123,2	249,1	422,5	1738,7	2030,7	4598,8
FWD	0,0	0,0	2,2	24,3	100,5	127,1	206,3	210,0	0,5	670,9
nõrk km	0,0	0,0	2,2	21,6	67,9	67,8	109,6	107,7	0,3	377,1
nõrk %			100%	89%	68%	53%	53%	51%	59%	56%
S: %	52%	57%	70%	76%	65%	48%	60%	51%	59%	64%

Ida regioon

Põhi	63,3	136,3	161,2	64,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	425,0
FWD	36,4	135,1	154,3	63,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	389,4
nõrk km	25,1	56,0	78,3	32,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	191,9
nõrk %	69%	41%	51%	51%						49%
Tugi	0,0	2,4	88,2	147,0	92,3	57,5	23,2	58,5	3,8	472,9
FWD	0,0	0,0	77,1	143,4	82,6	55,1	16,6	58,4	0,0	433,3
nõrk km	0,0	0,0	65,9	95,2	42,1	31,2	1,9	39,0	0,0	275,3
nõrk %			86%	66%	51%	57%	11%	67%		64%
Kõrval	0,0	0,0	12,1	106,6	102,5	447,0	278,4	869,0	356,1	2171,7
FWD	0,0	0,0	12,1	101,2	86,5	241,3	49,0	97,6	0,6	588,3
nõrk km	0,0	0,0	11,4	67,4	52,9	123,2	36,4	60,1	0,0	351,4
nõrk %			94%	67%	61%	51%	74%	62%	0%	60%
E: %	69%	41%	64%	63%	56%	52%	58%	64%	0%	58%

Põhimaanteed kokku

Põhi	431,9	254,1	596,8	427,8	7,2	0,0	0,0	0,0	0,0	1717,7
FWD	377,3	250,4	579,7	404,0	6,6	0,0	0,0	0,0	0,0	1618,0
nõrk km	225,1	128,6	376,7	251,6	6,6	0,0	0,0	0,0	0,0	988,6
P %	60%	51%	65%	62%	100%	0%	0%	0%	0%	61%

Tugimaanteed kokku

Tugi	3,4	2,4	286,2	769,4	560,5	199,9	247,1	322,7	12,2	2403,9
FWD	3,4	0,0	271,1	734,6	536,3	182,9	238,5	292,9	0,0	2259,7
nõrk km	0,7	0,0	198,2	534,3	314,2	78,9	114,9	135,6	0,0	1376,9
T %	22%	0%	73%	73%	59%	43%	48%	46%	0%	61%

Kõrvalmaanteed kokku

Kõrval	0,9	5,6	49,0	317,7	455,9	998,1	1622,7	5012,0	3968,2	12430,2
FWD	0,0	5,5	46,0	285,5	398,6	505,3	770,6	548,1	4,9	2564,4
nõrk km	0,0	5,1	38,9	208,7	245,1	248,4	331,6	278,6	1,5	1358,0
K %	0%	93%	85%	73%	61%	49%	43%	51%	30%	53%

Kõik riigiteed kokku

Kokku	436,3	262,0	931,9	1514,9	1023,5	1198,0	1869,8	5334,7	3980,4	16551,8
FWD	380,7	255,9	896,8	1424,0	941,4	688,1	1009,1	840,9	4,9	6442,0
nõrk km	225,8	133,7	613,8	994,7	565,9	327,2	446,6	414,2	1,5	3723,5
%	59%	52%	68%	70%	60%	48%	44%	49%	30%	58%

Seletus: Tabeli jaotus vastab Soome süsteemi koormusklassidele (miljonites normtelgedes 20 aasta jooksul, vastavalt prognoositud liiklussagedusele aastaks 2017 ehk pool katendi dimensioneerimisjärgsest elueast). Igas alajaotuses on esitatud vastava klassi teepikkus registri andmetel, sellest kandevõimemõõtmistega kaetud ala (FWD), mõõdetud alast nõrga kandevõime väärtusega ala kilomeetrites ja selle osa mõõtmistega kaetud alast protsentides.

Lisa 11. Taani ekspertide pakutud katendikonstruktsioon (e-mail 02.11.2011)

Below are the design for the different categories. I have used the assumptions mentioned below and previously discussed. Thus, Danish rules has been used with minor adoption to your standards.

Sub-grade assumed to 20 MPa and design period is 20 years.

KKL25:

35 mm SMA modified (either penetration 40/60 or polymer modified bitumen)

65 mm binder course (penetration 40/60)

75 mm asphalt base course (penetration 40/60)

280 mm SG (crushed gravel base course)

635 mm sub-base

Total = 1090 mm

KKL10:

35 mm SMA, penetration 40/60

60 mm Binder course pen 40/60

70 mm asphalt base course (penetration 40/60)

270 mm SG (crushed gravel base course)

595 mm sub-base

Total = 1030 mm

KKL6:

35 mm SMA, penetration 40/60

55 mm gravel binder course pen 70/100

60 mm asphalt base course (penetration 70/100)

240 mm SG (crushed gravel base course)

535 mm sub-base

Total = 925 mm

KKL2:

35 mm SMA, penetration 40/60

50 mm gravel binder course pen 70/100

55 mm asphalt base course (penetration 70/100)

210 mm SG (crushed gravel base course)

550 mm sub-base

Total = 900 mm

KKLO.8:

35 mm Asphalt Concrete, penetration 70/100

85 mm asphalt base course (penetration 70/100)

180 mm SG (crushed gravel base course)

500 mm sub-base

Total = 800 mm

KKLO.4:

35 mm Asphalt Concrete, penetration 160/220

75 mm asphalt base course (penetration 70/100)

160 mm SG (crushed gravel base course)

430 mm sub-base

Total = 700 mm

I hope that you can use the above results and please let us know if there are any questions.

Yours sincerely

Jesper Sundahl

M. Sc. (Civ. Eng.)

Project Director

Aviation and Airports

M +45 5161 6756

jsu@ramboll.dk