



Daniel Bahtin

DAC HAAKESEADE RAKENDAMINE RAUDTEEDEL 1435 MM EESTI NÄITEL

LÕPUTÖÖ

Logistikainstituut

Transport ja logistika õppekava

Juhendaja: Mihhail Kirejev

Tallinn 2023

Mina, Daniel Bahtin tõendan, et lõputöö on minu kirjutatud. Töö koostamisel kasutatud teiste autorite, sh juhendaja teostele on viidatud õiguspäraselt.

Kõik isiklikud ja varalised autoriõigused käesoleva lõputöö osas kuuluvad autorile ainuisikuliselt ning need on kaitstud autoriõiguse seadusega.

Juhendaja Mihhail Kirejev /allkirjastatud digitaalselt/

Lõputöö on kaitsmisele lubatud instituudi direktori korraldusega.

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, **Daniel Bahtin**, sünnikuupäev: 26.03.1997, annan Tallinna Tehnikakõrgkoolile (edaspidi kõrgkool) tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose **DAC haakesead rakendamine raudteedel 1435 mm Eesti näitel**

1. reprodutseerimiseks paberkandjal kõrgkooli raamatukogus avaldamise ja säilitamise eesmärgil;
2. elektroonseks avaldamiseks kõrgkooli repositooriumi kaudu;
3. kui lõputöö avaldamisele on instituudi direktori korraldusega kehtestatud tähtajaline piirang, lõputöö avaldada pärast piirangu lõppemist.

Olen teadlik, et nimetatud õigused jäävad alles ka autorile ja kinnitan, et:

1. lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid ega muid õigusi;
2. PDF-failina esitatud töö vastab täielikult kirjalikult esitatud tööle.

Tallinn/allkirjastatud digitaalselt/

Sisukord

Lühendid.....	5
Sissejuhatus	6
1. Teooria osa	9
1.1 DAC ja automatiseeritud tehnoloogiad	9
1.2 Raudtee kui roheline ja jätkusuutlik transport Euroopa Liidu kontekstis	12
1.3 Automatiseerimine, digitaliseerimine ja uued tehnoloogiad logistikas	13
1.4 DAC seadmega seotud probleemid üle Euroopa	15
1.5 Valge Raamat ja Fit to 55	17
1.5.1 Valge Raamat	17
1.5.2 Fit for 55.....	18
1.6 Rail Baltica Eesti kontekstis, veomahtude erinevad prognoosid.....	18
2. Kasutatud Metood	21
2.1 SC ja DAC haakeseadete efektiivsuse võrdlemine, eelised ja puudused	21
2.1.1 SC ehk Screw coupling eelised ja puudused	21
2.1.2 DAC haakeseade eelised ja puudused	23
2.2 Test-marsruut Muuga (EE)-Bialystok (PL).....	23
3. Võimalike variantide analüüs ja järeldused	25
3.1 Intervjuu.....	25
3.2 Vastused.....	25
3.3 Järeldused	26
KOKKUVÕTTE	27
SUMMARY	28
VIIDATUD ALLIKAD.....	29
LISAD	32

Lisa 1. Küsimused ja vastused	33
-------------------------------------	----

LÜHENDID

DAC - digitaalne automaatne haakimine

EL - Euroopa Liit

Standartne raudtee laius - 1435 mm raudtee laius

Screw coupling - sisekeermega muhvmutter, millel on tavaliselt parem- ja vasakkeermed ja mida kasutatakse ühendamiseks

ERTMS (The European Rail Traffic Management System) ehk Euroopa raudteeliikluse juhtimissüsteem

RPT (rail passenger train)- reisirong

SC (Standard Coupling)- standartaadne haakesead

AC (Automatic Coupling)-automaatne haakesead

MBP - Main Brake Pipe (toru on ühendatud mahutiga ja piduritoru mis on ühendatud pidurisilindriga läbi jaotusventiili)

N-S/S-N - North-South/South-North cargo flow, ehk Põhi-Lõuna/Lõuna-Põhi kaubavoog

SISSEJUHATUS

Raudteekaubavedu võimaldab vedada suuri veomahte pikki vahemaid madalate kulude ja heitkogustega. Sellest hoolimata, raudteekaubaveo turuosa Euroopas on viimastel aastatel stagneerunud, kuigi Euroopa Liit liigitab raudteekaubavedu võtmeelement määratletud kliimaeesmärkide saavutamiseks. Ühe vagunikoorma vedu on pika transpordiaja ja ajakulu tõttu vaevalt konkurentsivõimeline veoautoliiklusega ja ressursse nõudvad konsolideerimisprotsessid tuginedes konsolideerimispõhiste printsiipidele.

Viimasel ajal, raudtee läbilaskevõimet ja ohutust, üheks parandavaks tegevuseks nimetatakse kaubarongide ja vagunite haakeseadme automatiseerimist. Lisaks sellele, efektiivsem ajakulu reguleerimine rongide kokku haakimisel ja koostamisel, kus kulude vähendamine toimub tänu inimtööjõu vajaduse elimineerimisele.

Teema aktuaalsus on tagatud kõigepealt raudteesektori «rohelise» suunamisega mida artikuleeritakse nii EU kui ka kaasaegse teaduse tasemel, ning vajadusest muuta tänapäeva logistikat nutikamaks ja jätkusuutlikumaks. Mitmed teadusallikad viidavad asjaolule kus DAC tehnoloogiate laiem rakendamine, raudteekaubavedude sektoris, on üks võimalikest lahendustest eelnevalt mainitud eesmärkide saavutamiseks. Eesti transpordisektor üldiselt ja raudteetransport konkreetselt on praegu keeruliste muutuste äärel, mis avab mitmeid võimalusi ja väljakutseid. Lõputöö teemat käsitledes, autor pakub omapoolset analüüsi ja ettepanekuid võimalike lahenduste leidmisel, võrreldes omavahel, kasutusel olevaid tehnoloogilisi rakendusi ja uusi meetmed, koostades võimaliku ülemineku teede kaardi.

Ühe vagunikoorma veol mootorvagunid erineva teelähte-sihtkoha paarid haagitakse ja transporditakse 'hub-and-spokes' süsteemis, millel on mitu sõlmpunkti [1]. Võrgu sõlmpunktides nn 'jaamad', sissetulevad rongid demonteeritakse ja vagunid määratakse väljuvatele rongidele. Need vagunite vahetuspunktid toovad kaasa suure koormuse jaamadele. Nagu Euroopa vagunid erinevalt teiste piirkondade vagunitest – mitteautomaatse haakesüsteemiga varustatud (lahti)haakimise protsessid jaamades viivad läbi rongi koostajad. Lisaks suurendab jaamades manuaalselt tungimist inimese poolt pidurite ja vagunite kontrollimise üle.

Teistes transpordisektorites levivad automatiseerimise uuendused kiiresti. Veoautode kaugjuhtimine näitavad potentsiaali. Automatiseeritud laevad lubavad ohutumat liikumist ja madalad kulud.

Kaasaegsed konteinerterminalid on automatiseerimiseks varustatud kaasaegse tehnikaga mis juba täna lihtsustab tööd terminalides [1].

Katsed võtta Euroopa raudteekaubaveosse kasutusele automaatsed haakeseadised ebaõnnestusid aga 1970. aastatel ebapiisava majanduslikud mõjud. Digitaliseerimise ja automatiseerimise kontekstis on viimasel ajal esile kerkinud diskussioon automaatsidemete üle uuesti. Võrreldes endiste automaatsete haakeseadiste süsteemidega, peetakse uut "digitaalset automaatset haakesüsteemi" (edasi DAC) kui digitaalteenuste võimalus raudteekaubaveol, kuna andme- ja toiteliinid on ühendatud haakesüsteemis [1].

Käesoleva lõputöö eesmärk on välja selgitada DAC haakeseadede rakendamist tuginedes olemasolevatele teoreetiliste allikatele ja empiirilistele andmetele kaardistades ja analüüsides ülemineku võimalike lähenemisi, pidades silmas kõigepealt protsesside optimeerimist ja efektiivsuse tõstmist, ning jätkusuutliku transpordisüsteemi filosoofilisi lähenemisi. Samuti uurida DAC süsteemi rakenduspotsiaali Eesti kontekstis, lähtudes Rail Baltika taristu tulekust.

Lõputöö uurimisküsimused on:

1. Millised võimalused annab uus tehnoloogia DAC kaubaveol Eesti kontekstis?
2. Kas veetavad kaubakogused olemasoleva SC ja DAC haakeseadega suuresti erinevad?
3. Millised probleemid esile tulevad uue tehnoloogia rakendamisel?

Töö eesmärgi teostamiseks viiakse läbi andmete kogunemine kus antakse ülevaade kaasaegsetele teaduslikele allikatele, vaadeldakse üle ja analüüsitakse suuremate raudteesektorid hõlmavaid EU projekte, ning viiakse läbi ka intervjuusid. Uurimistöö käigus vaadeldakse ja reflekteeritakse parimate olemasolevate praktikate üle ning diskuteeritakse nende rakendamise potentsiaali osas, kujundades teoreetilisi mudeleid koos prognoos arvutustega, kasutades töö käigus välja selgitavate indikaatorite süsteeme.

Käesolev lõputöö koosneb kolmest peatükist. Esimeses osas tööautor toob esile uue tehnoloogia rakendamine mitmes EL riikides, tehnoloogia ajaloost, ohutusest ja katsetest. Teises osas valib meetodi teema põhjaliku uurimiseks. Kolmandas osas autor teeb järeldused ja analüüsib võimalike variante DAC tehnoloogia rakendamisel.

Lõputöö kirjutamisel on kasutatud rohkem kui 5 aastat andmed sest sellel teemal Eestis uuringuid ei olnud. Lõputöö koostamisel oli toeks Tallinna Tehnikakõrgkooli lektor Mihhail Kirejev.

1. TEOORIA OSA

1.1 DAC ja automatiseeritud tehnoloogiad

DAC-i peetakse ainulaadseks võimaluseks muuta Euroopa raudtee-kaubavedu revolutsiooniliseks, kuna see on raudteetegevuse juhtimise ümberkujundamise oluline element. DAC toob uute tehnoloogiate ja uuenduste kaudu rohkem võimsust kaubavedude suunamiseks raudteele, luues seega aluse kliimakaitsele ja majanduskasvule. Euroopa raudteesüsteemi edasise digitaliseerimise ja automatiseerimise peamise võimaldajana on see eelduseks, et raudteekaubaveo osakaal transpordiliikide jagunemises 2030. aastaks oluliselt suureneks 30%-ni [3].

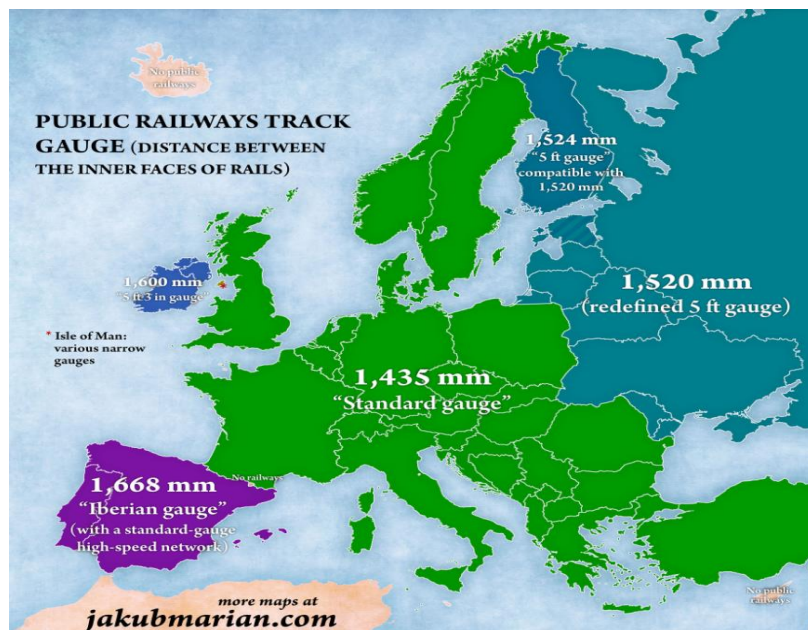
Teostatud mitmeid katseid võtta kasutusele automaatse haakeseadet (AC) 1970ndatel ja Z-AC 1990ndatel, tehakse praegu intensiivseid jõupingutusi 'screw coupling' asendamiseks digitaalse automaatse siduriga (DAC). Kaubavagunite haakeseadist ei mõelda üksi, vaid kombineeritakse teiste funktsioonidega. Mõistet DAC type 4 kasutatakse haakeseadise jaoks, mis täidab järgmisi funktsioone:

- automaatne, mehaaniline sidur;
- õhuliini automaatne ühendamine;
- elektriliini automaatne ühendamine;
- andmesiini liini automaatne ühendamine [3].

Kui lisaks saab lahti haakimise protsessi võimalikuks teha ka automaatselt (ka kaugelt juhtivaks), nimetatakse seda DAC tüübiks [5].

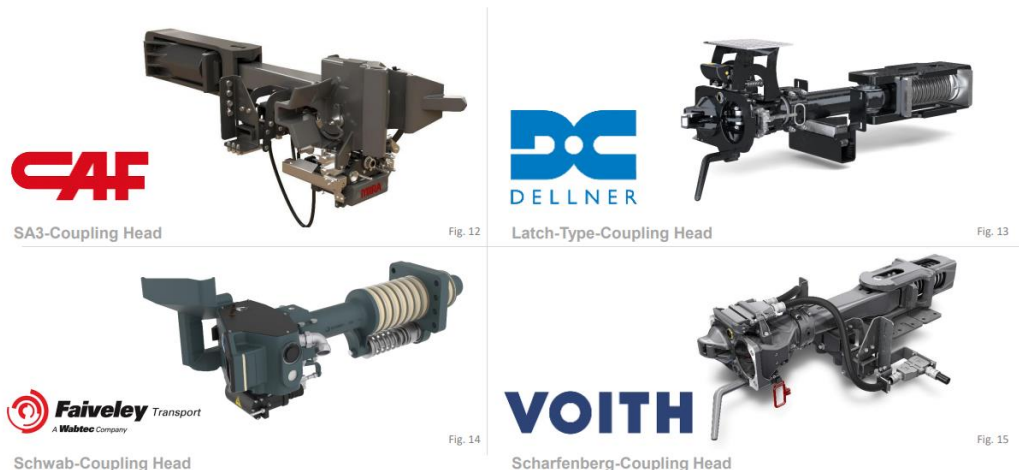
DB Cargo paneb suuri lootusi üksikute vagunite ümberehitamisele digitaalse automaatse haakeseadmele. Selle kesk puhvri ühendusega tuleb elektri- ja andmeliinid ühendada samaaegselt. Elektriline haakeseadis varustab vagunit elektri-pneumaatilise piduri (ep-piduri) ning lahti haakimis- ja sidumisprotsessi jaoks. Andmeliin edastab vaguni andmed vedurijuhile. See välistab vajaduse käsitsi lahti- ja lahtihaakimine järele ning lihtsustab ja kiirendab vagunite käsitlemist sorteerimisjaamades ja laadimispunktides. Automaatse pidurdustesti ajal enne rongi väljumist kuvatakse rongijuhile tema juhikonsoolil iga üksiku piduri nõuetekohane toimimine [4].

Raudtee standardse laiusega kasutusel enamikel Euroopa Liidu liikmeriikidel ning mitmel Euroopa riikidel: Albaania, Austria, Belgia, Bosnia ja Hertsegoviina, Bulgaaria, Horvaatia, Tšehhi Vabariik, Taani, Prantsusmaa, Saksamaa, Kreeka, Ungari, Itaalia, Liechtenstein, Luksemburg, Makedoonia, Monaco, Montenegro, Holland, Norra, Poola, Rumeenia, Serbia, Slovakkia, Sloveenia, Hispaania (ainult kiire võrk), Rootsi, Šveits, Ühendkuningriik (va Põhja-Iirimaa), Vatikan (Joonis 1) [2]. Aga piirkondasi kus kasutusel kaubavedudel DAC haakeseadet hetkel ei ole. Haakeseadet vajab katsete teostamist ning seadustamist.



Joonis 1. Erinevad raudtee laiused Euroopa ja Aasia riikides [16]

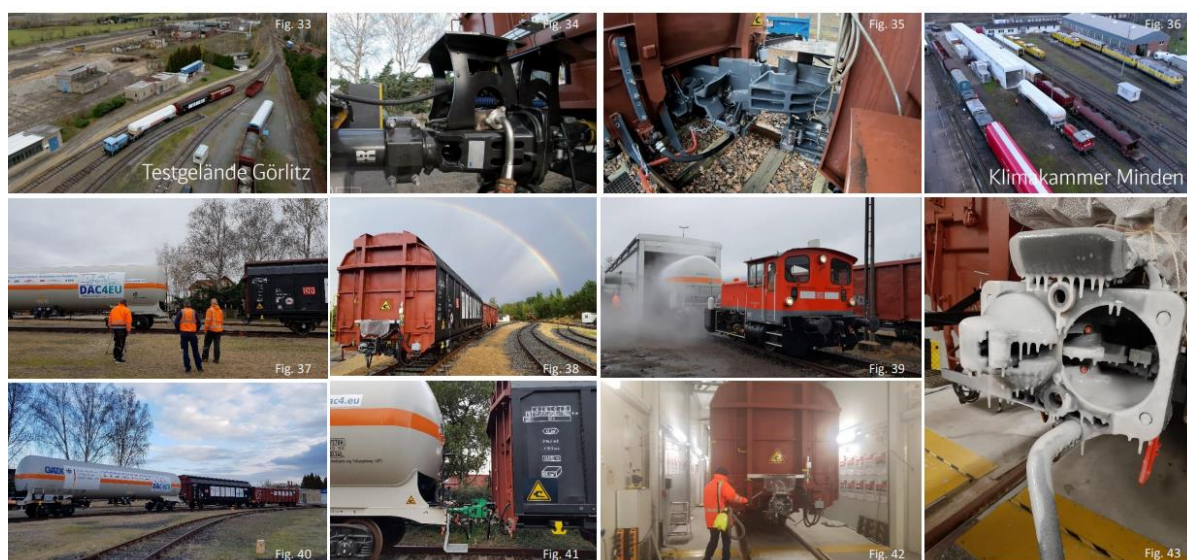
Raudtee-kaubaveovõrkude automatiseerimiskomponentide põhjustatud mõjude kvantifitseerimine ei ole triviaalne. Esiteks seetõttu, et mõjud võivad ilmneda kogu võrgus ja teiseks seetõttu, et võimaldamistehnoloogiad võivad sekundaarse tehnoloogia kasutuselevõtul tekitada kaudseid mõjusid [1].



Joonis 2. Erinevad DAC haakeseadet [6]

Hetkel Euroopa turul pakutakse erinevaid haakeseadede variante mida läbivad täna erinevaid katseid, spetsiaalsetes olukordades ning sisse viiakse konstruktsioonidesse erinevaid parandusi seade kvaliteeti tõstmiseks (Joonis 2).

Neli prototüüpi läbisid 440 individuaalset testi. Tehnilisi nõudeid testiti erinevates katsestsenaariumides. Näiteks testiti erinevate prototüüpide jõudlust erineva raadiusega rajakurvades, aga ka haakimist erinevatel kiirustel ja erinevatel koormustingimustel. Kiirusvahemikus 2–12 km/h teostatakse tekkivate jõudude mõõtmised ja rööbastelt maha sõidu ohutuse katsed. Pärast katsetuste lõppu objektile viiakse prototüübid kliimakambrisse, et neid katsetada ekstreemsetes ilmastikutingimustes (-40C kuni +45C) (Joonis 3) [5].



Joonis 3. DAC haakeseadede testimisel erinevates stsenaariumites ja olukordades [6]

Kui testimine on lõppenud, tulemused on oluliseks osaks otsuse tegemisel, milline DAC valitakse Euroopas kasutuselevõtuks. See otsus tehakse Euroopa tasandil Shift2Rail-European DAC programmi raames. Lisaks koostatakse mitmetes pakettides tehnilised ja tööpetsifikatsioonid, hinnatakse migratsioonistsenaariume, selgitatakse välja mõju taristutele, uuritakse võimalikke automatiseerimiskomponente ning arvutatakse kulud ja rahastamisvõimalused. Aastaks 2030 peaksid kõik kaubavagunid kogu Euroopas olema varustatud uue tehnoloogiaga, mis muudab Euroopa raudtee-kaubavedu revolutsiooniliseks [5].

1.2 Raudtee kui roheline ja jätkusuutlik transport Euroopa Liidu kontekstis

ELi kodanike õhukvaliteedi tähtsus on viimastel aastatel tõusnud. Halb õhukvaliteet on negatiivne mõju elukvaliteedile, mis omakorda põhjustab palju terviseprobleeme, nagu astma ja südame-veresoonkonna probleemid. Järelikult, nimetatud asjaolu toob kaasa tervisehäirete tõttu kaotatud tööpäevi ja rohkem kulud tervishoiuteenustele, eriti lastele ja eakatele. Euroopa Keskkonnaagentuuri andmetel on halb õhukvaliteet ka enneaegsete surmade põhjus number üks kogu Elis. Lisaks inimeste tervist kahjustavale mõjule kahjustab halb õhukvaliteet ka ökosüsteeme. Tuleb rõhutada, et raudteesektor ei kahjusta õhukvaliteeti peaaegu üldse, eriti võrreldes teiste transpordiliikidega [viide].

Raudteetranspordil on vaieldamatu keskkonnasäästlik konkurentsieelis ja sellisena võib see olla oluline aidata kaasa Euroopa roheline kokkuleppe eesmärkide saavutamisele:

- väikseimate heitkogustega ühistranspordiliik;
- väike mõju õhukvaliteedile;
- väikseimate kuludega transpordiliik;
- sõltumatu transpordiliik;
- pikk eluiga [7].

Kui enamik sektoreid on aja jooksul suutnud oma heitkoguseid vähendada, siis transpordi sektor on neid suurendanud. Veelgi dramaatilisemalt on maanteetransport oma heitkoguseid suurendanud 170 Mt CO₂ võrra aastatel 1990–2017, 89 Mt CO₂ rahvusvahelises lennunduses ja 35 Mt CO₂ rahvusvaheliseks navigeerimiseks. Raudtee sektori heited on samal ajal vähenenud 66% perioodi raudteevõrgu kiire elektrifitseerimise tõttu. Lõpuks emissioon raudteetranspordi kaudu tekkivat

kasvuhoonegaasi võib pidada marginaalseks, kuna see moodustab 0,5% transpordisektori tekitatud heitkogustest [7].

Korrelatiivne trend lennunduse, maantee- ja merenduse kasvuhoonegaaside heitkoguste suurenemisele transport tähendab nende transpordiliikide energiatarbimise suurenemist sest rahvusvahelises lennunduses on energiatarbimine alates 1990. aastast isegi peaaegu kahekordistunud. Mis puutub energiasõltumatusesse, siis 2017. aastal oli EL-i sõltuvusmäär 55%. mis tähendab, et üle poole ELi energiavajadusest kaeti netoimpordiga. See määr ulatub üle 95 protsendist Maltal, Luksemburgis ja Küprosel kuni alla 15 protsendini Eestis ja Taanis. Energiainpordist sõltuvusmäär on kasvanud alates 2000. aastast, mil see oli vaid 47 %. Energiatarbimise efektiivsuse tõstmine on kasvuhoonegaaside heitkoguste vähendamise seisukohalt oluline. Seevastu raudteesektor moodustab vaid 1,7% ELi kogu energiatarbimisest transpordis, samas kui 2016. aastal vedas sellega 11,2% kõigist transpordiliikidest kaubavedudest ja 6,6% reisijatest (maa-, õhu- ja veeteed). Need arvud on ELi keskmised transpordiliikide osakaal, mis mõnel juhul tähendab seda mõnes liikmesriigis on raudtee osatähtsus oluliselt suurem. Kokkuvõtteks, raudteetransporti võib pidada energeetiliselt kõige suveräänsemaks transpordiliigiks sõltumatus, eriti kui elektrienergia allikas on roheline [7].

1.3 Automatiseerimine, digitaliseerimine ja uued tehnoloogiad logistikas

Viimasel ajal aina rohkem keskendatakse automatiseerimisele, digitaliseerimisele ja uute tehnoloogiatele. Alates 1990. aastatest on digitaliseerimine kõigis tööstussektorites on prioriteet. Digitaliseerimine juba raudteed klientide ootuste tagamisel piletite broneerimisel, tekitab ostuharjumusi, operaatorite teabe ja maksesüsteemid, kuid eksperdid usuvad, et tehnoloogiatel on sektorile palju rohkem pakkuda. Digitaliseerimine on tööstuse konkurentsivõime võtmeks ja seetõttu on sellest saanud ELi prioriteet. See peaks võimaldama raudteel osalejatel ära kasutada digitaliseerimise potentsiaali, parandada oma tõhusust ja teenindada oma kliente paremini [8].

Raudtee digitaliseerimine pakub laia valikut lähi- või pika perspektiivis potentsiaalseid teenuseid ja rakendusi. Uute lahenduste, nagu reisijate ja kaubaveo infoteenused, videovalve, nutikas infrastruktuur, signalisatsioonisüsteemid ja automatiseeritud rongijuhtimissüsteemid, ühine eesmärk on tõhustada tegevust ja teenindada kliente tõhusamalt [8].

Otsereisid (7)		Umberistumisega reisid (0)	
14:19 → 16:14	1h 55 min 10 Tallinn-Tartu EXPRESS	11,56€ 13,60€	Vali →
15:25 → 17:18	1h 53 min 18/334 Tallinn-Tartu-Vaiga EXPRESS	11,56€ 13,60€	Vali →
15:25 → 17:18	1h 53 min 18 Tallinn-Tartu EXPRESS	11,56€ 13,60€	Vali →
16:46 → 19:09	2h 23 min 214 Tallinn-Tartu	9,95€ 11,70€	Vali →
17:39 → 19:33	1h 54 min 60/336 Tallinn-Tartu-Vaiga EXPRESS	12,67€ 14,90€	Vali →
19:25 → 21:42	2h 17 min 216 Tallinn-Tartu	9,95€ 11,70€	Vali →
20:41 → 22:34	1h 53 min 62 Tallinn-Tartu EXPRESS	11,56€ 13,60€	Vali →

Joonis 4. Rongide valik Elron veebilehelt [17]

Hea näide mida kasutab tava reisija kes sõidab igapäevigi rongiga on pileti ostmine Internetist Elron veebilehelt (Joonis 4). Samuti Elron pakub sõidukaardid mida saab valideerida piletimasinas rongides. See on kasutajasõbralikum ning seega reisija väldib enne rongi sisenemist piletiostu veebilehelt.

Paljudes Euroopa riikides saab osta pileti piletimüügiautomaadist. Piletimüügiautomaadid annavad reisijatele võimaluse seda osta kiirelt ja lihtsalt rongipiletite jaamades (Joonis 5).



Joonis 5. Piletimüügi automaat Berliinis jaamas “Hauptbahnhof“ [18]

Lisaks mugavale pileti ostuprotsessile on ka „no-human trains“ ehk ilma vedurijuhita rong. Maailmas on metroosüsteemidega 148 linna ja seni on 32 neist kohandanud automatiseeritud metroosüsteeme.



Joonis 6. Ilma vedurijuhita metroo rong Lausanne, Šveits [19]

Ülemaailmne automatiseerimise suundumus kasvab, kuna aastatel 2011–2013 võetakse täies mahus kasutusele kaheksa uut süsteemi. Kuigi juhita tehnoloogia areneb kiiresti, ei ole avalikkuse ettekujutust järelevalveta rongiliiklusest kuigi palju uuritud. Kuna 2025. aastaks plaanitakse kasutusele võtta rohkem ilma juhita rongiliiklusest süsteeme, peamiselt Austraalias, Aasias ja Lõuna-Ameerikas, on selle eesmärk tõsta esile üldsuse arusaama juhita rongidest, kui seda arvesse võtta, võib aidata paremini mõista reisijate vaatenurka uuele süsteemile ja aidata kaasa. uute süsteemide sujuvaks juurutamiseks kogu maailmas (Joonis 6) [22].

Metroosüsteem ehk kiirtransiitsüsteem on linnatranspordisüsteem, mis kasutab erilise rööpaid suure läbilaskevõimega rongide juhtimiseks ilma katkestusteta või kontaktita teiste transpordisüsteemide või transpordiliikidega. Metroosüsteemid hõlmavad sageli teatud automaatika taset, alates kõige elementaarsemast automaatsest rongikaitsest (nt automaatsed pidurid) kuni täielikult automatiseeritud ja juhita rongideni [22].

1.4 DAC seadmega seotud probleemid üle Euroopa

Üks peamine väljakutse on ühtse Euroopa tööstandardi määratlemine. Viimane peab määratlema kõik haakeseadete tööga seotud funktsioone. Nende hulka kuuluvad nt. rongi lahtihaagitud osade käsitlemine, piduri automaatne rakendamine kaughaakimise ajal ja manöövrirežiim. Eelkõige tuleb

määratleda kaug lahutamise ohutus- ja turvanõuded. Praegu saab seda ka RPT-s juhtida ainult vedurilt. Taristu poolt kaug käivitamine oleks eriti kasulik sorteerimisväljaku ja haruteede puhul. Tarkvara ei tohi piirata ligipääsu, kuid samas peab olema tagatud tarkvara ja sidestuse ühilduvus. Lõpetuseks on hädavajalik, et küberrünnakuid oleks võimalik avastada ja tõrjuda. Eraldunud vaguni oleks võimalik veduriarvutis kohe tuvastada rikke juhul [13].

Kõrge töökindlus DAC-i jaoks on väga oluline. Esiteks, takistab ühe haakeseadise rike tavaliselt kogu rongikoosseisu, millel on vältimatud tagajärjed raudtee toimimisele. Teiseks puudub DAC-il SC võimalus, kus kaks sidurit on kokku haagitud. Hilinemiste ja rikete vältimiseks peavad kõik elemendid, eriti kaubavagunite vahelised liidesed, olema ilmastikukindlad ja vastupidavad, st sobima raudteel kasutamiseks sõltumatu ilmastikust. Kõrgetasemelise töökindluse kriitilist vajadust tõstab esile tõsiasi, et 98-protsendiline töökindlus haakeseadise kohta annaks 40 vagunist koosneva rongi üldiseks töökindluseks vaid 40 protsenti. Seega peab töökindlus ühe siduri kohta olema oluliselt kõrgem kui 98 protsenti [13].

DAC-i Euroopa töökontseptsiooni määratlemine on tõsine väljakutse. Kontseptsioonil on haakeseadetüübi valikul otsustav mõju. Seetõttu on oluline välja töötada tegevuseesmärgid koos vastavate tehniliste nõuetega ning neid omavahel võrrelda ja tasakaalustada. Üks oluline näide on rongide moodustamise rajatiste tööprotseduuride kavandamine. Kontseptsioonil on otsustav mõju DAC-i keerukusele siduri haakeseadise osas. Ühenduse keerukus suureneb koos tööasendite arvuga. Sellega kaasneb vastav tõus hinna, kaalu ja hoolduse osas. Teised olulised aspektid, millest mõnel on haakeseadise mehaanilisele konstruktsioonile mõju, on võime peatuda kahe haagitud vaguni lukust lahti vabastamine, tõmbejõu mõjul lahti haakimise võimalus ja kolmandaks rõhu käitumine tahtliku lahti haakimise ajal [13].

Haakesead peab olema hõlpsasti ja ohutult käsitletav. Siduri kasutamiseks vajalik füüsiline pingutus peab alati jääma personali jaoks vastuvõetavasse vahemikku mis ei nõua teatud spetsiifilised füüsilist võimekust ehk töö sobib naistele ja meestele. Juhtseade peab olema selgelt nähtav ja arusaadav. Juhtseade peaksid tootjast olenemata olema ühtlase kujundusega. Juhtseadmete standardiseerimine tagab, et manöövrivõimajad tutvuvad kiiresti uute tööruutidega ja on seega tõhusamad ja tootlikumad [13].

Praktiliselt ei ole kusagil sektoris saadaval teavet kaubavagunite ja haakeseadiste tänapäevaste tegelike kasutusnõuete kohta. Näiteks on suurenenud kiirused ja teljekoormused, kasutusele on võetud uued piduriklotsid, kaheteljelisi kaubavaguneid on kasutusel oluliselt vähem ning

kaubavagunite aastane läbisõit on kordades kasvanud. Need muudatused tähendavad, et ajaloolistel kogemustel põhinev projekt võib sundida haakeseadise valesid mõõtmeid valima või takistada uuenduslike rongiprojektide väljatöötamist. Tänapäeval olemasolevad dokumendid põhinevad ainult oletustele mis põhinevad halvimatel stsenaariumidel. Seega on ka haakeseadise konstruktsiooni suuruse oht. Sellest tulenevalt on praegu sektori arvamused haakeseadise ja sellega seotud konstruktsiooniga vastuolus. Näiteks, mis haakeseadise kasutusele võtta kahe või neljateljelise vaguni juhul. Lisaks endiselt ebaselge, kas rööbastelt maha jooksu vältimiseks on vaja stabiliseerivat liigendit. Euroopa jaoks nii vastupidava kui ökonoomse siduri loomiseks on soovitatav DAC-i konstruktsiooninõuded uuesti määratleda [13].

1.5 Valge Raamat ja Fit to 55

1.5.1 Valge Raamat

Euroopa Komisjon usub, et uuele sajandile liikudes peaks raudteel olema palju suurem roll ees seisvate transpordiprobleemide lahendamisel. Sektori taaslustamiseks on vaja kiiresti tegutseda, et see toimiks paremini ja rahuldaks paremini meie ühiskonna nõudmisi. Selleks vajab Euroopa uut tüüpi raudteed [9].

Maanteetransport on muutunud tõhusamaks ja odavamaks, on järjest olulisemaks muutunud asjaolu, et transpordi hind ei kajasta sageli piisavalt kõiki kulusid. Kulud on maanteetranspordi puhul sageli suuremad kui teiste transpordiliikide puhul, nii et konkurentsitingimused soodustavad maanteetransporti ja töötavad vastu keskkonnasõbralikumatele transpordiliikidele. Transpordi väli kulude tasu võtmine oleks iseenesest piisav, et tekitada taas huvi raudtee vastu. Transpordivaliku tegemisel tuleb kindlasti arvestada kuludega, kuid on ka palju muid, nagu teenuse kiirus, usaldusväärsus ja paindlikkus [9].

Iga projekt mängib suurt rolli ühiskonna heaolule, raudtee kiiruse ja heitgaaside vähendamisele. Üks probleemidest saab välja tuua DAC tehnoloogia puudumine raudtee kaubavedudel. Tellija kes soovib kaugemalt saada oma tellimuse pigem eelistab kas kallima varianti läbi õhu või manatee transporti sest odavam aga mõlemate puhul kaubakogus on palju väiksem(kauba ruumi kohta) [9].

Europaa Liit tänaseks välja töötanud erinevat strateegiad ja eesmärgid. Levimatest võib välja tuua “Valge Raamat” või inglise keeles White Paper. Põhistrateegia on raudtee taaslustamine. Komisjon toob välja vajalikud meetmed ja jagab mõtted raudtee taaslustamiseks. Praegu on paljud raudteed suures osas isoleeritud. Inimesed neid ei kasutata. Rongid vähem täis ja riik katab kahju. Tulevikus

raudteed peavad võtma enda õlgade peale palju rohkem ettevõtte muresid, mis püüavad oma vajadusi rahuldada. See on põhiline muudatus, mis tuleb saavutada, ja tagajärjed transpordile võivad olla tohutud [9].

1.5.2 Fit for 55

2021. aasta juulis ja detsembris esitletud pakett „Fit for 55” on loodud selleks, et saavutada Euroopa kliima eesmärgid: kliimanetraalsus aastaks 2050 ja kasvuhoonegaaside netoheite 55% vähendamine heitkogused aastaks 2030, võrreldes 1990. aasta tasemega [10].

Euroopa raudteed toetavad täielikult eesmärgi muuta Euroopa 2050. aastaks saastevabaks. Raudtee on juba teel, et vähendada oma heitkoguseid 2030. aastaks 55 protsenti ja saada nullheitega enne 2050. aastat. Ümbersuunamine kiirendab veelgi Euroopa heitkoguste vähendamist. heitkogused. Põhimõte „saastaja maksab” toimib ainult siis, kui kõikidele transpordiliikidele kohaldatakse tugevat süsinikdioksiidi hinda. Süsinikdioksiidi hinnakujundusest saadav tulu tuleb eraldada vähese CO₂-heitega transpordisüsteemide edasiarendamiseks ja ELi kodanike kaitsmiseks kütteostuvõimetuse eest (Alberto Mazzola) [11].

1.6 Rail Baltica Eesti kontekstis, veomahtude erinevad prognoosid

Rail Baltic on uus ja kiire kaasaegne elektrifitseeritud ja ERTMS (tase 2) juhtimissüsteemiga varustusega raudteetrass, mille maksimaalne kavandatud kiirus on 249 km/h (reisirongide maksimaalne kiirus on seejuures 234km/h) marsruudil Tallinnast läbi Pärnu – Riia – Panevėžyse – Kaunase Leedu-Poola piirini, ühendusega Kaunasest Vilniusesse. Uue projekteeritava raudteetrassi rööpmevahe on 1435 mm, mis vastab kõikidele koostalitlusvõime tehnilistele kirjeldustele [12].

Rail Balticu projekti elluvijateks on kolm Balti riiki. Rail Balticu projekti raames toetuse saajad on kolme Balti riigi ministeeriumid, Eesti Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium, Läti Transpordiministeerium ning Leedu Transpordi- ja Kommunikatsiooniministeerium. 2014. aastal asutasid ministeeriumid ühisettevõtte RB Rail AS, mis on põhikoordinaator raudtee ehitamisel ja Rail Balticu projekti arendamisel. Rail Baltic Estonia OÜ Eestist, Eiropas Dzelzceļa līnijās SIA Lätist ning Rail Baltica Statyba UAB ja LTG Infra Leedust on riiklikud projekti elluviidav asutused. Projekti elluvijate asutuste juhendatavad ehitustööd tehakse RB Rail ASi järelevalvel [12].

Tänu olemasolevale raudteede võrgustikele laiusega 1520 mm on võimalik arendada Muuga sadama konteiner, vedel- ja tahke ainete terminali 1435 mm laiuse raudtee ehitamisega. Muuga sadama ja

terminali võiks kasutada Euroopa Liidu ladustamis ja jaotuskeskusena. Muuga sadamast loodetakse saada ka Hiinast Skandinaaviasse sõlmpunkti [12].

Eestit läbivate kaubavoogude põhja-lõuna suunas hõlmab valdavalt kaubavoogusid Soome ja teistesse Balti riikidesse. See kujutab endast olulist potentsiaali Rail Baltica ja Muuga multimodaalse terminali jaoks. Aastatel 2021–2030 peaks Aasia kaubavahetuse aastane kasv ulatuma 10 protsendini. Praegu on Põhjamere ja Läänemere riikide vahelises kaubavahetuses valdav transpordiliik meretransport, kuid Rail Baltica mitmekesisistaks laevandusvõimalusi ka siin. Erinevad ettevõtted tarnivad juba Muuga sadama kaudu oma Suurbritannia asukohtadesse. Rail Baltica mitmekesisistab seda võimalust veelgi [12].

Olemasolev 1520 mm rööpmelaiusega raudtee ei oleks alternatiiv N-S/S-N kaubaliiklusele, kuna see on aeglasem ja eeldab tee ääres rööpmelaiuse muutmist. Küll aga saab seda kasutada Soome kaubaveoks Ukraina ja Valgevene suunal (sh Odessa sadam ja edasi Türgi). Seda marsruuti saavad kasutada nii Muuga ise kui ka konkureerivad Eesti sadamad. Muuga multimodaalne terminal oleks eelise oma mitmekesise võimekuse tõttu. Rail Baltica sõlmpunktina vaadeldakse osa N-S/S-N koridorist Muuga sadamast Kaunaseni või Leedu-Poola piirini. Sellel piiratud geograafilisel alal säilitab maanteetransport oma konkurentsivõime u. 500 km ulatus. Teatud kaupade puhul (väiksemad saadetised kiire laadimisajaga) võiks raudtee konkureerida näiteks Muuga ja Kaunase liinide pärast, eeldusel, et väljumised on mõlemalt poolt tihedad [12].

Rail Baltica Muuga teekond võib potentsiaalselt kaasata 9-10miljonit tonni kaupa praegusest Soome-Saksa ja Soome-Tšehhi voolust. Järgmise 10 aasta jooksul pärast Rail Baltica tööle hakkamist. Soome-Poola kaubavahetus on väiksem kui Soome-Saksa kaubavahetus, kuid see kasvab pidevalt. Siin võiks Muuga terminal igal kümnendil pärast Rail Baltica käivitamist oodata 0,6-0,7 miljonit tonni lasti aastas. Soome konteineriturg on suures ulatuses omistatud kaubavahetusele Saksamaaga. Suurem osa sellest voost ulatub Kotka-Hamina piirkonda (ligikaudu 60%), ülejäänud kaubad tulevad Helsingisse ja Helsingist. Siin võiksid Rail Baltica liinirongid kindlustada täiendava osa Soome kaubavahetusest [12].

Kuna Muuga terminali nähakse kaubaveoproгноosi järgi peamiselt vahepunktina Soome, uus raudtee terminal on multimodaalse Muuga terminali eelduseks. Väidetakse ka et ilma võimaluseta haagiseid vedada platvormidel Saksamaalt või Poolast Soome ei ole tuleviku Rail Balticul. Tööstusettevõtted ootavad enamasti, et terminal oleks nagu teised multimodaalsed terminalid (nt Kaunas intermodaalne terminal). Muud ootused terminalile on erinevad, olenevalt peamiselt kaubakäitlusest võimalused,

mis ettevõtetel praegu on. Need, kellel pole piisavalt ettevõttesiseseid ruume (ja suhteliselt väiksemad ettevõtted) sooviksid näha täisteenust: peale-, mahalaadimine, pakkimine, lahti pakkimine, sorteerimine, märgistamine, kaalumismasin, eriladustamine (nt temperatuuriga reguleeritav) jne. Kui terminalis on saadaval kõik teenused, ei oleks neil vaja kaupa mõnda teise objekti vedada ja seetõttu võiks säästa aega ja võib-olla ka raha. Need ettevõtted, kellel on oma laoruumid ja kes saavad seal mõnda funktsiooni täita, ootavad vähem tehnilist laadi seadmed ja funktsioonid terminalist: laadimis-, mahalaadimis- ja sorteerimisteenused on vajalikud, kuid need ei nõua pakkimist, lahti pakkimist ja märgistamist, kuna need ülesanded tehakse nende enda ruumides [12].

Üks potentsiaalne kaubaterminali asukoht Rail Balticu teekonnal Eestis on Pärnu. Samas pole veel kindel, kuhu ja kuidas terminal rajatakse ning millist infrastruktuuri vajab. Lisaks ei ole Eestis ühtegi terminali, mis oleks ametlikult määratletud kas multimodaalsena või ühendveoterminalina. Ainsat märkimisväärset konteinerterminali opereerib Muuga sadamas Transiidikeskuse AS, millel on sisuliselt monopolne seisund. Selle praegune võimsus on 600 000 TEU, mida saaks täiendavate investeeringute abil suurendada 2 miljoni TEU-ni. Sillamäe sadam alustas regulaarsete konteinerveoliinidega 2016. aasta sügisel ning on seetõttu üles näidanud huvi konteinerite käitlemise laiendamise vastu [12].

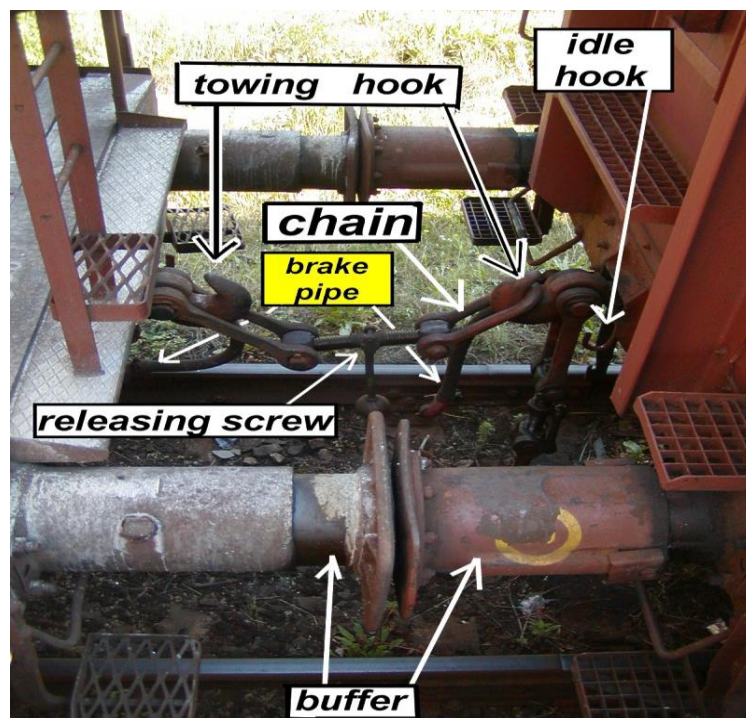
Helsingi-Tallinna kontseptsioon on Põhjamere-Balti põhivõrgu koridori kõige kiiremini kasvav piiriülene majanduspiirkond. Kahe linna majanduslik suhtlus on kasvanud nii suureks ja intensiivseks, et mõlema linna majanduslik tööturg ja kaubandus on suuresti sellest sõltuma hakanud. Väljaspool kehtivat riiklikku transpordistrateegiat on Helsingi ja Tallinna vahelise püsiühenduse (tunneli) rajamise võimalust Soomes ja Eestis juba mõnda aega aktiivselt arutatud ning see on äratanud rahvusvahelise meedia tähelepanu. 2018. aastal avaldati teostatavusuuring, milles jõuti järeldusele, et 13–20 miljardi euro suuruse kuluhinnanguga püsiühendus oleks majanduslikult otstarbekas, kui ELi toetus oleks vähemalt 40%. Uuringu kohaselt võiks ehitusfaas alata 2025. aastal ja kesta 15 aastat. Seda silmas pidades hakkaks tunnel tööle 2040. aastal. 2050. aastal eeldatakse kaubaveo nõudluseks 8 miljonit (tunneliga stsenaarium), 4 miljonit tonni on tunneli kaudu ja 4 miljonit parvlaevadel; kaubavedu tunnelis on keskmisest suurem väärtus tonni kohta. Tasuvusanalüüsis jõuti järeldusele, et tunneli stsenaariumi majanduslik teostatavus on selle suurte investeerimiskulude tõttu madal [12].

2. KASUTATUD METOOD

2.1 SC ja DAC haakeseadete efektiivsuse võrdlemine, eelised ja puudused

2.1.1 SC ehk Screw coupling eelised ja puudused

Alates 1820. aastatest hakati Inglismaal raudteeveeremeid omavahel haakima konksude ja kettide abil. Tõmbejõud antakse edasi mööda tallavarrast. Hiljem on neid muudetud tuntud külgpuhvriteks. Hiljem ühendati kett lõtvuse vähendamiseks kruvipingutiga; haakekettide ebausaldusväärsuse tõttu kasutusele võetud täiendavatest “hädakettidest” on hiljem (1930. aastatel) loobutud, ka kaubarongide õhkpiduri kasutuselevõtu tulemusena. Enamiku Euroopa raudteede jaoks oli 1850. aastatel standardiseeritud süsteem, mis võimaldas raudteedel omavahelist koostööd. Mõned raudteed kasutasid erinevaid sidureid, näiteks Saksa kuningriigi Württembergi raudtee; nende raudtee oli inspireeritud Ameerika tarnijatelt, nii et nad kasutasid kesk puhvrit koos integreeritud lingi ja tihvtidega. Üleminek Euroopa süsteemile oli vajalik koostalitlusvõime üldiseks nõudeks.[15]



Joonis 7. Kett-siduri ülevaade (rong töörežiimis)[21]

SC haakeseadel on pikk ajalugu. Kahjuks ei suutnud rohkem kui 100 aasta jooksul Euroopas üleminna uuele ühisele tehnoloogiale mis toob parima ühenduvuse vagunite vahel, ajakulu vähendamine,

tööjõu ja inimvigade vähendamine. Hetkel ei ole ühtegi eelist SC haakeseadel võrreldes uute tehnoloogiatega nagu DAC mis täidab väga hästi kõik eeltoodud punktid [15].

SC maksimaalne veojõud on 3000 t mis teeb umbes 25-30 vaguneid ühes koosseisus. Probleem ei seisne selles et vedurid tehnilise poolest nõrgad vaid just haakeseadel mis ei anna isegi kurvidel või mägisel maastikul ohutu liikumist ja vähemalt 3000 t veojõudu [15].

Järgmiseks punktiks töö autor toob välja ajakulu. SC manuaalne haakimine võtab tohutult palju aega. Kruviühendus koosneb tõmbekonksust ja kolmeosalisest ketist, mis on moodustatud tasapinnalasest ühenduslülist, mis on kinnitatud veokonksu külge ja ühendatud seekliga, kasutades hingedega käepidemega kruvi keskel. Autor tahab lisada et ketti kaal on 38 kg mis vajab palju pingutamist rongide haakimiseks ja füüsilist vormi [15].

Haakimiseks või lahti haakimiseks peab raudteetöötaja end veeremite vahele seadma. Ühendamiseks riputab ta köidiku vastas sõiduki tõmbekonksu sisse ja keerab ühendusketi pikkuse lühendamiseks hingedega kuulkäepideme abil kruvi. Lahtiühendamiseks keerab ta kruvi vastupidises suunas, et suurendada ühendusketi pikkust. Tavaliselt toetab vedur haake- ja lahtihaakimisprotsessi, surudes selle aja jooksul vastu rongi [15].

Korralikult ühendatud kruvisidur põhjustab puhvrite kerget kokkusurumist: kui kruvisidurit pole piisavalt lühendatud, võib see rongisõidu ajal põhjustada tugevat tõblemist ja vastupidi, kui kruviühendus on liiga lühenenud, võib see pidurdada [15].

Halb dünaamika, sobimatu jõud mis võib viia rööbastelt mahajooksmeseni. EL raudteedel on olukord kriitiline, eriti kaheteljelistel vagunitel. Kõige levinum probleem on kruvi pingutamine. kui kruvi ja kett pole korralikult pingutatud siis see võib viia dramaatilistele tagajärgedele. Sel juhul puhvrid ei ole üksteise lähedal ja ohustab liikumist [15].

Elektriline ühendus puudub SC haakeseadel. Vagunite pidurdamine toimub läbi torude laskvate õhuga mis suruvad klotsid rattapaaride vastu. Lisaks sellele, ei ole võimalik kabiinist vaguneid lahtihaakida. See tähendab et iga selle tüübi haakeseadega vaguneid peab teenindama kas manööverdaja või rongijuhiabi extra juhtudel. Kabiin ei ole varustatud ka muudega lisaseadmetega mis aitaks vagunite seisukorda [15].

Hetkel EL-is probleem bürokraatias. Ei ühtegi riik peale 3 riiki(Saksamaa, Austria, Tsehi) kes panustasid uute tehnoloogiasse ei suutnud võtta vastu sellist tehnoloogiat mis lihtsustaks

rongideliikumist, ohutust ja vaguniteasukoha mis omakorda annab ülevaade tellijale kus tema kaup asub [15].

Esimeks eeliseks mis SC juures võib välja tuua on juba eksisteeriv ja toimiv tehnoloogia.

Teiseks eeliseks on hoolduskulud. Kruviühenduste hooldus on üldiselt lihtne, hõlmates rutiinset kontrolli, määrimist ja kulunud komponentide väljavahetamist. Selline hoolduse lihtsus suurendab süsteemi üldist töökindlust ja ohutust [15].

2.1.2 DAC haakeseadede eelised ja puudused

DAC on Euroopa raudteekaubaveo konkurentsivõimelisemaks muutmise teel, see muudab haakimise lihtsamaks, ohutumaks ja tõhusamaks. Euroopa on ainus maailma osa, mis ei kasuta endiselt automaatset haakimist. Sellest hoolimata on see esimene mandriosa, millel on digitaalne automaatne haakeseadis tulemas [5].

DAC-i kasutuselevõtt võimaldab vähendada sõidukite vahelist vahemaad. See mitte ainult ei suurenda olemasolevat läbilaskevõimet rongi pikkuseühiku kohta, vaid pakub ka võimalust parandada kaubarongide aerodünaamikat. Õhutakistus on ülekaalukalt kõige olulisem parameeter, mis mõjutab sõidutakistust ja seega ka veojõuvajadust. Üldised eeluuringud on näidanud, et õhutakistuse vähendamine 20 protsenti vähendab energiavajadust 5–7 protsenti [13]. Lihtsustatud lahtiühendamine aitab parandada ajakulu mis hetkel iga vaguni kotha võtab 1-2 min ja füüsilist jõudu. DAC ei võta rohkem kui 10-20 sekundit sest kaugjuhitav pult veduri kabiinist lahendab seda probleemi. Samuti võimaldab tööprotseduuride, nagu rongi terviklikkuse jälgimine, automaatne piduritest ja vagunitellimuste hõivamine, edasist automatiseerimist, parandab töötervishoidu ja ohutust [5].

2.2 Test-marsruut Muuga (EE)-Bialystok (PL)

Käsitleval etapil, lõputöö autor, vaatleb üle marsruuti Muuga-Bialystok (Joonis 8) kus on Rail Baltica 1435 mm ning erinevad haakeseaded. SC mis kasutakse praktiliselt kõikides EL riikides ja DAC mis on test-faasis.

Rail Baltic marsruut algab Muugast. Ta läbib viimaste andmete järgi Assaku, Rapla, Pärnu, Riga/Salaspils, Panevezys, Kaunas, Bialystok. Teekonna pikkus on 840 km. Keskmine kiirus 120 km/h. Muugast Bialystoki võtab aega umbes 7-8 tundi kusjuures suurte linnade sees kiirus vähem. Vagunite arv SC haakeseadede puhul on maksimaalselt 25-30 kuna on piiratud tõmbejõud kettidel kuni

3000 tonni terve koosseis. DAC puhul tõmbejõud on piiratud kuni 6000 tonni ja vagunite arv on 50 ehk peaaegu kaks korda rohkem [14].

Autor järeldab et DAC tehnoloogia tulekuga rongkoosseisu arv väheneb sest korraga saab vedada rohkem vaguneid. Prognoositav kaubakogus aastaks 2045 lõigul LV piirist kuni Muuga sadamani on 10,1 tuhat tonni [12]. Hetkel see number kaks korda vähem. See tähendab et DAC rakendamine vähendab riikide vahelist kaubarongide liikumist, samuti rahakulu.



Joonis 8. Omatehtud joonis [20]

3. VÕIMALIKE VARIANTIDE ANALÜÜS JA JÄRELDUSED

3.1 Intervjuu

Autori poolt on esitatud 6 küsimust Rail Baltica Eesti esindajale. Selles küsimustiku eesmärk on saada arvamust uue tehnoloogia kohta ja selle rakendamist Eestis. Küsimused on esitatud kirjalikus vormis ja kirjadevahetus toimus meili teel.

3.2 Vastused

Esimesena tööautor uuris kas tõesti prognoositav aastaks 2045 kaubavoog on 10.2 mln tonnini aastas. Intervjueeriva arvates see sõltub erinevatest asjaoludest, nii poliitilistest, kui majanduslikest. Ilma olemasolevate infrastruktuurita on seda hetkel nii ehk naa raske prognoosida. On võimalik seda soodsatel tingimustel saavutada ja ebasoodsatel ka mitte saavutada. Intervjueerival ei ole hetkel seisukohta kaubavahetuse mahtudes. Tema arvates, võib kaubavahetuse maht muutuda väga kiiresti.

Teisena uuris autor intervjueeritavalt kas Eestis on käimas arutelusid DAC kohta. Intervjueeritava sõnul arutelusid uue DAC tehnoloogia kohta pole veel Eestisse jõudnud.

Järgmisena uuris autor kas DAC tehnoloogia rakendamine toob kaasa muudatusi kaubavedude prognoosides peale Rail Balticu ehitamist. Intervjueeritava sõnul DAC suurendab liiklusohutust ja kiiremat haakimist, selles ta ei kahtle. Tema arvab et kindlasti aitab kaasa raudtee ohutusele ja oleks ka siin Eestis teretulnud. Arvab et praegu on ta veel kallid tehnoloogia ja selle laialdasemaks kasutusele võtmiseks läheb veel palju aega ja sertifikaatide loomist.

Järgmisena uuris autor kas on käinud arutelusid Eestis 1435 mm ja 1520 mm raudtee kokku ühendamise kohta. Intervjueeritava Rail Balticus on hetkel arvestatud Muugal projekteeritava multimodaalse terminaliga, kus 1435 ja 1520 mm kohtuvad ja kaupa saab erineva veeremilaiuse vahel ümber tõsta. Intervjueerija ei ole kuulnud, et muudetava laiusega rattapaaridest oleks juttu olnud. Tema arvates meie suuruses riigis poleks see otstarbekas.

Viies küsimus on kas seadusandlus mis hetkel Eestis on lubab DAC haakeseadet rakendamist. Tema arvates mitte, aga kui ERA sellist regulatsiooni tulevikus võimaldab, siis peaks see olema ka Eestis kohaldatav.

Kuues küsimus on kas Rail Baltic on mõni ettevõttega koostöös arutlemas DAC haakeseadet rakendamist Rail Baltic raudteel. Intervjueerija sõnul Rail Baltic ise ei hakka kaubavedusid korraldama. Rail Baltic valdab infrastruktuuri. Tema teada, pole seda teemat ühegi ettevõttega arutatud. Kui ERA väljastab TSI-d DAC kasutamiseks nt ERTMS L2 (L3) raudteel siis tema ei näe tulevikus takistusi Rail Balticu trassil DAC haakeseadmetega vagunitega opereerimiseks.

3.3 Järeldused

Käesoleva lõputöö käigus on uuritud DAC haakeseadet eelised ja puudused. Lisaks, uuritud võimalused Eestis tehnoloogia rakendamist. Uurimusel selgus, et hetkel ei ole Eestis huvi uue tehnoloogia rakendamise vastu. Seda kinnitab uuringute puudus, seadusest tulenevad piirangud antud tehnoloogia kasutamises, piisav import/eksport kaubavedudes samuti ka taristu puudus. Küsitluses osalenud Rail Balticu esindaja jääb vastuse võlgu kas uus tehnoloogia Eestisse oodatud aga ei välista et lähitulevikus nähakse Eestis ka.

Vaatamata sellele, töö autor tõi välja näitliku varianti mis muutub kui DAC haakeseadet rakendatakse Balti riikides. Selgus et korraga saab vedada suurema kaubamahu tagades parima liiklusohutust ja ajakulu.

Autori arvates DAC tehnoloogia vajab aega katsetamiseks erinevates ilmastikuoludes ning on kahtlus et ettenägematu olukordadel on tagatud turvalisus. Autori arvates ei ole hetkel ühtegi tehnoloogiat mis on mugav kasutamiseks Eestis ja teistes EL riikides. Olemasolevad tehnoloogiad on ebamugavad sest mõlemate juhul vajatakse ümberlaadimist, rongide või raudteede laiuse vahetamist. Hetkel pakub raudtee suuri kaubakoguseid korraga vedamist aga hind ja rongide kiirus ei ole eelistatav transpordiviis nagu maanteetransport. Teatud kaubad, näiteks nafta, on kindlasti parim viis vedamiseks on raudtee transport, mööda maismaad.

KOKKUVÕTTE

Käesolev lõputöö keskendus DAC tehnoloogia uurimisele, mis võimaldab raudteevaguneid automaatselt ühendada ja lahti ühendada. Autor teemasse süvenemiseks kasutas võrgumaterjale, juhendaja abi ja viis läbi ühe intervjuu Rail Baltica esindajaga.

DAC-i Eestis juurutamise võimaliku tasuvuse osas tuleb arvestada mitmete teguritega. Nende hulka kuuluvad tehnoloogia juurutamise kulud, seadusandlus, aja- ja tööjõukulude potentsiaalne kokkuhoid ning tõhusus ja ohutus.

Lisaks võib DAC-i rakendamine Eestis sõltuda ka olemasolevast infrastruktuurist ja regulatsioonidest. Näiteks kui olemasolev raudteeinfrastruktuur ei ühildu DAC-iga, võib infrastruktuuri uuendamine tehnoloogia toetamiseks olla kulukas.

Üldiselt on raske kindlaks teha, kas Eestis oleks DAC-i vagunitele kasumlik paigaldada ilma kulude ja tulude üksikasjalikuma analüüsita. Aga DAC-i rakendatud ka teistes riikides ning see on näidanud kasu nii tõhususe kui ka ohutuse osas, mistõttu võib seda Eesti raudteetööstuse kontekstis kaaluda.

Muud tegurid, mis võivad mõjutada DAC-i vagunitele paigaldamise tasuvust Eestis, on Eesti raudteetööstuse suurus ja potentsiaalne nõudlus DAC-tehnoloogia järele. Kui Eestis on import/eksport väike, ei pruugi esialgne investeering tehnoloogia juurutamiseks olla kulutõhus.

Samuti on oluline arvestada DAC-i võimalikku mõju kogu tarneahelale. Kuigi DAC võib parandada tõhusust ja ohutust raudteel, võib see tehnoloogia kohandamiseks vajada muudatusi ka tarneahela muudes osades. Näiteks võib kaubasaatjatel ja vastuvõtjatel olla vaja investeerida uutesse seadmetesse või muuta oma protsesse, et töötada DAC-iga varustatud vagunitega.

Lõpuks võib olla kasulik kaaluda DAC-i rakendamise võimalikke pikaajalisi eeliseid, nagu parem töökindlus ja väiksemad hoolduskulud. Need eelised ei pruugi olla kohe nähtavad, kuid neil võib olla pikas perspektiivis märkimisväärne mõju Eesti raudteetööstuse kasumlikkusele.

SUMMARY

"Application of DAC coupling device on 1435 mm railways as an example of Estonia"

This thesis focused on the research of DAC technology, which makes possible automatic coupling and uncoupling of railway wagons. To introduce the topic, the author used online materials with a lecturer's help and interviewed a Rail Baltica representative.

Several factors must be considered regarding the possible profitability of implementing DAC in Estonia. These include technology implementation costs, legislation, potential savings in time and labour, and efficiency and safety.

In addition, the implementation of DAC in Estonia may also depend on the existing infrastructure and regulations. For example, if the existing rail infrastructure is incompatible with DAC, upgrading the infrastructure to support the technology can cost more than expected.

In general, it is difficult to determine whether installing DAC on wagons in Estonia would be profitable without a more detailed analysis of costs and benefits. But DAC has also been implemented in other countries and has shown benefits in terms of efficiency and safety so that it can be considered in the context of the Estonian railway industry.

Other factors that may affect the profitability of installing DAC on wagons in Estonia are the size of the Estonian railway industry and the potential demand for DAC technology. If the import/export in Estonia is insufficient, the initial investment to implement the technology may not be cost-effective.

It is also essential to consider the potential impact of DAC on the entire supply chain. While DAC can improve efficiency and safety in rail, it may also require changes in other parts of the supply chain to accommodate the technology. For example, shippers and receivers may need to invest in new equipment or change their processes to work with DAC-equipped wagons.

Finally, considering the potential long-term benefits of implementing a DAC, such as improved reliability and lower maintenance costs, may be helpful. These advantages may not be immediately visible, but they may significantly impact the profitability of the Estonian railway industry in the long term.

VIIDATUD ALLIKAD

- [1] Pollehn, T., Ruf, M., & König, R. (2021). Evaluating the effects of automation components in service networks of rail freight. *Journal of Rail Transport Planning & Management*, 20, 100267. [Võrgumaterjal]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.jrtpm.2021.100267> [Kasutatud detsember 2023]
- [2] Track gauge by country in Europe. [Võrgumaterjal] Available: <https://jakubmarian.com/track-gauge-by-country-in-europe/> [Kasutatud detsember 2023]
- [3] EUROPEAN DIGITAL AUTOMATIC COUPLING (DAC) [Võrgumaterjal] Available: <https://www.railfreightforward.eu/node/68> [Kasutatud detsember 2023]
- [4] Digital Automatic Coupling (DAC) [Võrgumaterjal] Available: <https://www.trackopedia.com/en/encyclopedia/railway-vehicles/digital-automatic-coupling-dac> [Kasutatud detsember 2023]
- [5] Part IV: How are the prototypes of the Digital Automatic Coupler tested? [Võrgumaterjal] Available: <https://blog.railcargo.com/en/artikel/dak-faq-part-4> [Kasutatud detsember 2023]
- [6] Digital Automatic Coupling (DAC) Project Information. DAC4EU [Võrgumaterjal] Available: https://www.dac4.eu/en/wp-content/uploads/sites/2/DAC_Projectinformation_March_21_eng.pdf [Kasutatud detsember 2023]
- [7] Idriss Pagand, Chris Carr, Josef Doppelbauer(2020). FOSTERING THE RAILWAY SECTOR THROUGH THE EUROPEAN GREEN DEAL. [Võrgumaterjal] Available: https://www.era.europa.eu/system/files/2022-10/fostering_railway_sector_through_european_green_deal_en.pdf [Kasutatud detsember 2023]
- [8] Damiano Scordamaglia(2019). Digitalisation in railway transport. [Võrgumaterjal] Available: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2019/635528/EPRS_BRI\(2019\)635528_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2019/635528/EPRS_BRI(2019)635528_EN.pdf) [Kasutatud detsember 2023]
- [9] WHITE PAPER. [Võrgumaterjal] Available: https://europa.eu/documents/comm/white_papers/pdf/com96_421_en.pdf [Kasutatud detsember 2023]

- [10] FIT FOR 55 [Võrgumaterjal] Available: [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2022/733513/EPRS_BRI\(2022\)733513_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2022/733513/EPRS_BRI(2022)733513_EN.pdf) [Kasutatud detsember 2023]
- [11] Rail industry responds to ‘Fit for 55’ legislative proposals [Võrgumaterjal] Available: <https://www.globalrailwayreview.com/news/126206/rail-industry-fit-for-55/> [Kasutatud detsember 2023]
- [12] ANALYSIS OF THE TECHNOLOGICAL AND SPATIAL NEEDS OF THE MULTIMODAL FREIGHT TERMINAL RAIL BALTICA AT MUUGA HARBOUR (MCTRB) [Võrgumaterjal] Available: <https://www.rbestonia.ee/wp-content/uploads/2022/06/RB-Muuga-WP1-04092018.pdf> [Kasutatud detsember 2023]
- [13] “Development of a concept for the EU-wide migration to a digital automatic coupling system (DAC) for rail freight transportation” [Võrgumaterjal] Available: https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Anlage/E/technical-report-dac-technology.pdf?__blob=publicationFile page 43 [Kasutatud detsember 2023]
- [14] „DELIVERABLE D3.2 REQUIREMENT SPECIFICATIONS AND OPERATIONAL RULES“ [Võrgumaterjal] Available: <https://projects.shift2rail.org/download.aspx?id=44e9097a-94e8-40e0-9891-ba2297bac7e4> [Kasutatud detsember 2023]
- [15] Railway vehicles coupling [Võrgumaterjal] Available: https://www.trainsdepot.org/page/15/railway_vehicles_coupling [Kasutatud detsember 2023]
- [16] Public Railways Truck Gauge [Võrgumaterjal] Available: <https://scroller.com/track-gauge-by-country-in-europe-bje7grdlu8> [Kasutatud detsember 2023]
- [17] Elron [Võrgumaterjal] Available: <https://elron.ee/> [Kasutatud detsember 2023]
- [18] <https://welcome2berlin.weebly.com/berlin-ticket-machine.html> [Kasutatud detsember 2023]
- [19] Instruction how to use Berlin's public transport ticket machines [Võrgumaterjal] Available: <https://www.metrolinemap.com/station/lausanne/ouchy-olympique/> [Kasutatud detsember 2023]
- [20] Ostsee-Lageplan [Võrgumaterjal] Available: <https://www.istockphoto.com/de/vektor/ostsee-lageplan-vektor-illustration-gm842911556-137852021> [Kasutatud detsember 2023]

[21] Chain coupler detail [Võrgumaterjal] Available:
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4e/Chain_coupler_detail.jpg [Kasutatud
detsember 2023]

[22] Public Perception of Driverless Trains [Võrgumaterjal] Available:
<https://link.springer.com/article/10.1007/s40864-015-0019-4> [Kasutatud detsember 2023]

LISAD

Lisa 1. Küsimused ja vastused

Lisa 1. Küsimused ja vastused

K: Prognoositav aastaks 2045 kaubavoog kulgeb 10.2 mln tonnini aastas. Mida Te arvate kas see number on väga optimistlik?

V: Sõltub erinevatest asjaoludest, nii poliitilistest, kui majanduslikest. Ilma olemasolevate infrastruktuurita on seda hetkel nii ehk naa raske prognoosida. On võimalik seda soodsatel tingimustel saavutada ja ebasoodsatel ka mitte saavutada. Mul ei ole hetkel seisukohta kaubavahetuse mahtudes. Nagu näha, võib kaubavahetuse maht muutuda väga kiiresti.

K: DAC on revolutsiooniline tehnoloogia mis tagab ajakulu võitmist, tõstab tööohutus ja lihtsustab haakeseadete omavahelist toimingud, mis hetkel ELis aina populaarsust kogunemas aga hetkel on test-faasis. Kas Eestis on käimas arutelusid DAC kohta?

V: Minu teada küll mitte, aga seda peaks küsima Operailist või Go Railist, nemad opereerivad hetkel kaubavagunitega.

K: Rail Baltica ehitamisega toob kaasa ka kaubavedude suurenemist Eestisse ja Soome läbi Muuga terminali. Kuidas Te arvate DAC haakeseadet aitab sellele kaasa ja rakendatav tehnoloogia on Eestis teretulnud?

V: DAC suurendab liiklusohutust ja kiiremat haakimist, selles pole kahtlus. Kindlasti aitab see kaasa raudtee ohtusele ja oleks ka siin teretulnud. Samas praegu on ta veel kallis tehnoloogia ja selle laialdasemaks kasutusele võtmiseks läheb veel kõvasti aega ja sertifikaate.

K: Kas Rail Baltic on arutlenud võimalust 1435 mm ja 1520 mm raudtee kokku ühendada ja kasutada kaubavedudel muutuva laiusega rattapaarid või sellist varianti Teie arvates ei ole võimalik Eestis realiseerida?

V: Rail Balticus on hetkel arvestatud Muugal projekteeritava multimodaalse terminaliga, kus 1435 ja 1520 kohtuvad ja kaup saab erineva veeremilaiuse vahel ümber tõsta. Ma ei ole kuulnud, et muudetava laiusega rattapaaridest oleks juttu olnud. Ilmselt meie suuruses riigis poleks see otstarbekas.

K: Kas seadusandlus mis hetkel Eestis on lubab DAC haakeseadet rakendamist?

V: Minu teada mitte, aga kui ERA sellist regulatsiooni tulevikus võimaldab, siis peaks see olema ka meil kohaldatav. Selle küsimusega soovitan pöörduda TTJA poole.

K: Kas Rail Baltic on mõni ettevõttega koostöös arutlemas DAC haakesead rakendamist Rail Baltic raudteel?

V: Rail Baltic ise ei hakka kaubavedusid trassil korraldama. Meie valdame infrat. Minu teada, pole seda teemat ühegi ettevõttega arutatud. Kui ERA väljastab TSI-d DAC kasutamiseks nt ERTMS L2 (L3) raudteel siis ma ei näe tulevikus takistusi Rail Balticu trassil DAC haakeseadmetega vagunitega opereerimiseks.