



Ehitusmaavarakarjääri juhtprotsesside digitaliseerimine

Magistritöö

Üliõpilane: Kristin Kahu (204217LARM)

Juhendajad: Martin Valvur, Almic OÜ, R&D osakonna juhataja

Veiko Karu, TalTech Geoloogia Instituut, vanemprojektijuht, PhD

Õppekava: Maapõueressursid (LARM18/20)

Autorideklaratsioon

Kinnitan, et olen koostanud antud lõputöö iseseisvalt ning seda ei ole kellegi teise poolt varem kaitsmisele esitatud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on töös viidatud.

Autor: Kristin Kahu

[allkirjastatud digitaalselt 19.01.2024]

[allkiri ja kuupäev]

Töö vastab magistritööle esitatavatele nõuetele.

Juhendajad: Martin Valvur ja Veiko Karu

[allkirjastatud digitaalselt 19.01.2024]

[allkiri ja kuupäev]

Töö on lubatud kaitsmisele.

Kaitsmiskomisjoni esimees:

[allkiri ja kuupäev]

Sisukord

Annotatsioon.....	4
Abstract	5
Jooniste loetelu	6
Tabelite loetelu.....	8
Kasutatud mõistete ja/või lühendite loetelu	9
1. Sissejuhatus.....	10
2. Uuringu ulatus ja metoodika	12
2.1 Digitaliseerimine ja varasem uuritus.....	12
2.2 Logistikasektori digipööre	13
2.3 Juhtprotsesside digitaliseerimine	14
2.4 Intervjuud ettevõtetega.....	14
3. Tarkvaralahendused ja eFTI keskkonnad	17
3.1 QuarryMon ja OnTrack.....	17
3.2 Waybiller	19
3.3 Tarkvarad metsandussektorile.....	21
3.4 Tarkvarad mäendussektorile välismaal.....	21
4. Klienditeekond ehitusmaavarakarjääris.....	23
4.1 Klientide tüübid.....	23
4.2 Klienditeekonna etapid	23
4.3 Klienditeekond enne ja pärast digitaliseerimist.....	23
4.4 Digilahenduste kogemused.....	26
5. Haagise lahendus projektkarjäärade jälgitavuse parandamiseks	28
5.1 Probleemi tutvustus ja põhifunktsioonid.....	28
5.2 Põhimõtteline skeem	29
5.3 Komponentid.....	29
5.3.1 Haagis	29
5.3.2 Toiteallikad	30
5.3.3 Tehniline lahendus	32
5.3.4 Tuvastus-süsteem.....	33
5.3.5 Valve ja ülevaade.....	35
5.4 Arvutuskäik.....	36
5.4.1 Haagisele kandevoime jääk	36

5.4.2 Akude laadimisaeg ja seadmete tööaja arvutuskäik	37
6. Ehitustööd ja katsetamised	39
6.1 Tehnilise lahenduse paigaldus	39
6.2 Ohutus, turvalisus ja mugavus	40
6.2 Programmivaate arendus.....	41
6.3 Tehnilise lahenduse katsetamised	41
6.4 Valvesüsteemi paigaldamine ja katsetused	44
7. Tulemused	45
8. Järeldused ja edasised ettepanekud	48
Kokkuvõte.....	50
Tänuavaldused	51
Kirjanduse loetelu.....	52
Lisa 1. Ehituslepingu Lisa mall 15/16 „E-veoselehe tööde dokumenteerimise minimaalsed nõuded“	55
Lisa 2. Komponentide tabel.....	58

Annotatsioon

Tänapäeva tööstust kirjeldatakse kui digitaliseeritud tööstust ehk „Tööstus 4.0“. Ka mäendussektor on läbimas muutust digitaalsete lahenduste kasutuselevõtuga. Eesti ehitusmaavarade sektor on otseselt seotud logistika ja teede-ehitussektoriga ning seal toimuv digipööre on mõjutanud ja ajendanud ka kaevandusettevõtteid arendama tööprotsesside juhtimiseks digitarkvarasid. Üheks oluliseks digitaliseerimise sammuks on olnud e-saatelehe kasutuselevõtt puistematerjalide veo dokumenteerimiseks teedehituses. Digitaliseerimine annab võimaluse koguda reaalaaja andmeid, neid töödelda ja analüüsida. Tänapäeval saab karjääritegevust juhtida ja jälgida eemalt, kasutades digitaliseeritud juhtprotsesse ja neile vastavaid programme. Töö empiirilises osas viidi läbi intervjuud ehitusmaavarade sektori ettevõtetes töötavate mäendusekspertidega, et saada ülevaadet kasutatavatest digilahendustest ning nende töökogemustest. Samuti tehti võrdlus klienditeekonna etappidest enne ja pärast digitaalsete lahenduste rakendamist. Vestluste põhjal saadud info kohaselt kasutatakse hetkel kahte tarkvaralahendust karjääride juhtprotsesside digitaliseerimiseks, nendeks on QuarryMon ja Waybiller. Ettevõtete digitaalne valmidus ning kogemused on erinevad. Infokulg on sujuvam, andmehulk ja detailsus suurenenud. Tööprotsessid on muutunud ohutumaks, mugavamaks ning nende ajakulu on vähenenud. Programmide ja uudse tehnika kasutuselevõtt töö korraldamisel vajab teatavat digiteadmiste taset ning olulisel kohal on töötajate koolitamine. Täna toimub nii kliendi, vedaja kui ka töötajate jaoks kogu protsess alates tellimuse esitamisest kuni arveldamiseni valdavalt elektrooniliste kanalite kaudu. Varasemalt on suhtlus, dokumentatsioon, materjali väljastamine ning arveldamine kaasanud pea igas etapis inimesi ning paberkujul dokumente. Töö praktilises osas parandati projektikarjääride veoandmete kontrollimist ja tööohutust ehitades mobiilne tuvastus- ja valvesüsteem karjääridele. Karjääritegevus toimub üle Eesti ning alati ei ole karjäärides kaugülevaadet ning võimalust igapäevatöid ning andmeid kontrollida. Antud töös katsetati autohaagisele ehitatud veotuvastussüsteemi ning valvelahendust, mis täidab veokontrolli, valve ja tööde jälgimise eesmärgi. Katsetamiste käigus selgus, et haagis täidab oma põhifunktsioone. Töökindluse parandamiseks pakub autor välja võimalikud lahendused ning soovitusel edasises arendustöös.

The Digitalization of Lead Processes in the Aggregate Industry.

Abstract

Today's industry is described as digitalized industry or „Industry 4.0“. The mining sector is also undergoing a change with the adaption of digital solutions. The Estonian construction minerals sector is directly related to the logistics and road construction sector, and the digital revolution taking place there has also influenced and motivated mining companies to develop digital software for managing their work processes. One of the important digitization steps has been the introduction of the e-way bill for documenting the transport of bulk materials in road construction. Digitization provides an opportunity to collect, process and analyze real-time data. Today, quarries can be managed and monitored remotely using respective programs. In the empirical part of the work, interviews were conducted with companies in the construction minerals sector in order to get an overview of the digital solutions used and their work experiences. A comparison was also made of the stages of the customer journey before and after the implementation of digital solutions. According to the information obtained from the interviews, mainly two software solutions are currently used to digitize the management processes of quarries, they are QuarryMon and Waybiller. Companies' level of digital readiness and experience are different. The flow of information is smoother, the amount of data and detail has increased. Work processes have become safer, more convenient, and their time consumption has decreased. The introduction of programs and new technology in job management requires a certain level of digital knowledge, and training employees plays an important role. Today, the entire process for the customer, the carrier, and the employees, from placing the order to billing, is mostly done through electronic channels. While before, communication, documentation, issuing material and invoicing involved people and paper documents at almost every stage. In the practical part of the work, the problem of occupational safety and control of transport data of project quarries was solved by building a mobile detection and surveillance system for quarries. Quarrying takes place all over Estonia, and there is often no remote surveillance or possibility to check daily work and data without staying on-site. In this work, a truck detection and surveillance solution system was built on a car trailer and tested. During the tests, it turned out that the trailer fulfills its basic functions of surveillance and remote monitoring. To improve reliability, the author suggests possible solutions and recommendations for further development.

Jooniste loetelu

Joonis 1. Tööstus 4.0.

Joonis 2. Intervjueeritud ettevõtete karjäärid Eestis.

Joonis 3. EMG programmivaade, QuarryMon.

Joonis 4. Waybilleri tarkvarakeskkonna vaade.

Joonis 5. Autojuhi vaade Waybilleris.

Joonis 6. Klienditeekonna etapid.

Joonis 7. Klienditeekonna etappide erinevused.

Joonis 8. Näited paber kandjal väljastatud saatelehtedest.

Joonis 9. Näide e-veoselehest.

Joonis 10. Haagise põhifunktsioonid.

Joonis 11. Furgoonhaagise tehniline joonis.

Joonis 12. Astronergy Astro 5s päikesepaneel

Joonis 13. Daewoo bensiinigeneraator.

Joonis 14. Tehnilise lahenduse seadmed.

Joonis 15. UHR RFID kiibilugeja.

Joonis 16. Hikvision numbrituvastuskaamera.

Joonis 17. Ajax Security valvekeskus.

Joonis 18. Hikvision pöördkaamera.

Joonis 19. Furgoonhaagise vaated ees- ja tagaküljelt.

Joonis 20. Objekt „Mobiilne“ liidetud Mõisametsa karjääriga, EMG programm.

Joonis 21. Kiibituvastuse katsetamine Almic OÜ-s.

Joonis 22. Numbrituvastuse katsetamine Almic OÜ-s.

Joonis 23. Pöördkaamera videopildi ja järelvaatamise katsetamine Hik-Connect platvormis.

Joonis 24. Autotuvastuse ja objektivalve katsetamine Hurtja liivakarjääris.

Joonis 25. Objektikatsetus Mõisametsa liivakarjääris, ekraanipilt Hik-Connect mobiilirakendusest.

Joonis 26. Nelinurkselt paigaldatud liikumisandurid valvestatud ala tekitamiseks Hurtja liivakarjääris.

Joonis 27. Näited õnnestunud numbrituvastuskatsetest Hurtja liivakarjääris.

Joonis 28. Sisse- ja väljasõidu tuvastamine 1.

Joonis 29. Sisse- ja väljasõidu tuvastamine 2.

Joonis 30. Korduvad logisissekanded pärast e-veoselehe väljastamist.

Joonis 31. Valesissekanne kiibilugeja tõttu.

Tabelite loetelu

Tabel 1. Intervjuude andmed.

Tabel 2. Digilahenduste plussid ja miinused.

Tabel 3. Haagisele lisatud seadmete kaalud.

Tabel 4. Numbrituvastuse katsetamise tulemused.

Kasutatud mõistete ja/või lühendite loetelu

CE-märgis – toote nõuetekohane vastavusmärgis

CMR – *Convention on the Contract for the International Carriage of Goods by Road* ehk ÜRO kaupade rahvusvahelise autoveo lepingu konventsioon

eFTI – *electronic freight transport information* ehk elektrooniline kaubaveoteave

EVR – Eesti Elektrooniline Veoselehe Register (metsandus)

IKT – info- ja kommunikatsioonitehnoloogia

IoT – *Internet of Things* ehk asjade internet on võimalus seadmetel omavahel interneti kaudu suhelda ja andmeid vahetada

IR – *Infrared Range* ehk infrapuna ulatuskaugus

LED – *light-emitting diode* ehk valgusdiod

MPPT – *Maximum Power Point Tracking* ehk maksimaalse võimsuspunkti jälgimine

NAP – *National Access Point* ehk riiklik juurdepääsupunkt

PV – *photovoltaic* ehk fotogalvaaniline

R&D – *Research and Development* ehk teadus- ja arendustegevus

RFID – *Radio Frequency Identification* ehk raadiosagedustuvastus

SD-kaart – *Secure Digital Card* ehk säilmäluga mälukaart

Staatiline IP-aadress – andmesideühendus luuakse alati ühendudes ühe ja sama IP-aadressiga, ka mobiilse seadme puhul

Smart tracking – kaamera funktsioon, mis tuvastab ja jälgib liikumist

UHR – *Ultra High Relief* ehk ülikõrgsagedus

1. Sissejuhatus

Mäetööstuse arengus võime tänapäeval kasutada väljendit „mäendus 4.0“, mis kujutab endast digitaalset transformatsiooni. Barneworld ja Lottermoser (2020) viisid läbi uuringu enamlevinud trendidest mäenduses ning nendeks on, nagu ka üldises tööstusarengus, automatiseerimine, IT infrastruktuur, edenenud tootmiskontroll ja kõrgetasemeline analüüs, IoT ehk asjade internet, autonoomsed sõidukid ja reaalaaja-andmed. Tööprotsesside digitaliseerimisega kaasneb ulatuslik teadus- ja arendustöö ning mõnel juhul saab strateegiaid ja tehnoloogiaid laenata juba kasutusel olevatest lahendustest muudes tööstusharudes, nagu näiteks puidutööstus, vilja ja kauba vedu.

Kaubaveo ja logistikasektoris minnakse üle digipöördele, et edendada logistika ja transpordi tõhusust ja kestlikkust, parandada ettevõtete halduskoormust ning lihtsustada teabevahetust. Euroopa Parlamendi ja nõukogu määrus (EL) 2020/1056, 15. juuli 2020, elektroonilise kaubaveoteabe kohta (2020) (edaspidi eFTI määrus) kehtestab kaubaveoteabe elektroonilise edastamise õigusraamistiku ning ühtsed kirjeldused andmeelementide määratluse ja tehniliste näitajate kohta, mille alusel nõutakse asjakohase kaubaveoteabe aktsepteerimist elektroonilisel kujul. Regulatsioon jõustub 2024 a. augustis ning loob liikmesriikidele õigusraamistiku nii maantee-, raudtee-, mere kui ka õhustranspordi elektroonilisel kujul teabe jagamiseks.

eFTI määruse järgselt on alates 2022. aastast on Eesti teedehituses Transpordiameti hangete puhul kohustuslik kasutada puistematerjalide veol e-veoselehte, eesmärgiga vältida sõidukite täismasside ületamist, kontrollida masspiirangute täitmist, parandada tarneahela jälgitavust reaalaajas ning muuta tarneahelad läbipaistvamaks (Tõnts, 2021). Transpordiameti digiajakirjas Teejuht 2023a talvises väljaandes avaldati riigiteedel liikuvate autorongide koosseisu ja täismasside uuringu tulemusi kaalupunktide kogutud andmete põhjal ning leiti massiliselt ülekoormusega veokeid. Silma paistsid just puistematerjale vedavad viie- ja kuueteelised autorongid ehk nn vannid, millest iga kolmas oli lubatud kaalu ületanud (Kurg, 2023).

Eestis on energeetiliste maavarade kõrval väga olulisel kohal ehitusmaavarade kaevandamine, mida kasutatakse elamu- ja teedehituses ning betooni tootmises. Keskkonnakaitselubade registri järgi on 6.11.2023 seisuga 808 kehtivat keskkonnaluba maavara või maa-ainese kaevandamiseks, millest 80% on ehitusmaavarade keskkonnaload – 575 liiva- ja kruusakarjääri ning 82 lubja- ja dolokivikarjääri. (Keskkonnaamet Kotkas, 2023). Liiva- ja kruusakarjäärid asuvad maardlates üle Eesti ning riiklikult tähtsamad on Tallinn-Saku, Kuusalu ja Huntaugu liivamaardlad. Pea kõigis maakondades üle Eesti on enamlevinud just liiva- ja kruusamaardlad (Geoloogiateenistus, 2023). Johanson (2022) turuülevaatest selgub, et ehitusmaavarade kaevandamise kogumaht Eestis oli 2019. aastal 8,7 mln m³, 2020. aastal 9,3 mln m³, 2021. aastal 10 mln m³, 2022. aastal 7,8 mln m³. Ehitusmaavarade sektoris on kokku üle 200 ettevõtte, kellest suurimad on näiteks TREV-2 Grupp AS, Eesti Killustik OÜ, Merko Kaevandused OÜ, Tariston AS ja EMG Karjäärid OÜ.

Eristada võib aastaringselt töötavaid karjääre ja projektikarjääre, kus toimub töö vastavalt nõudluse olemasolule. Aastaringselt töötavate karjäärade puhul investeeritakse taristusse ning paigaldatakse näiteks kommunikatsioonisüsteemid, vesi, elekter ja statsionaarne kaalumaja. Projektikarjäärade puhul võib olla majanduslikult ebaotstarbekas infrastruktuuri arendada ja seetõttu on ülevaade karjääris toimuvast puudulik. Eesti suuremate ehitusmaavarade kaevandusettevõtete puhul on vastutusosalad

tihti jagatud piirkonniti ning ühe töötaja vastutada jääb mitmeid karjääre. Kui karjäärid asuvad üle Eesti, siis on tööde ja vedude jälgimine väga aja- ja ressursikulukas.

Arvestades mäetööstuse digiarengut ning seotust logistikasektoriga on selle lõputöö empiirilise osa eesmärkideks:

- anda ülevaade ehitusmaavarade sektoris kasutatavatest digitaalsetest lahendustest ja haldustarkvaradest;
- võrrelda klienditeekonna etappe ehitusmaavarade karjääris enne ja pärast digilahenduste kasutuselevõttu,
- tuua välja digilahenduste kasutuselevõtu positiivsed ja negatiivsed kogemused.

Võttes arvesse projektikarjäärade arvukust ning tingimusi on selle lõputöö praktilise osa eesmärgiks:

- projektikarjäärade vedude ja karjääritööde jälgitavuse, turvalisuse ning läbipaistvuse tõstmine kasutades digitaalseid lahendusi EMG Karjäärid OÜ näitel,
- leida mobiilne lahendus erinevatel objektidel kasutamiseks ning liita veoinfo ettevõttes kasutusel oleva haldustarkvaraga.

2. Uuringu ulatus ja meetodika

2.1 Digitaliseerimine ja varasem uuritus

Digitaliseerimine on definitsiooni kohaselt muutus ühiskonnas, mis hõlmab nii haridus-, teadus- kui ka majandustegevust. Digitaliseerimine tähendab protsesside andmepõhiseks muutmist, mille käigus võimaldatakse uut tüüpi teenusemudeleid (Haridus- ja Teadusministeerium, 2023). Gartner (2023) infotehnoloogia sõnastiku definitsiooni järgi on digitaliseerimine digitehnoloogiate kasutamine ärimudeli muutmiseks ning uute tulude ja väärtuste loomise võimaluste pakkumiseks, see on digitaalsele ärile ülemineku protsess. Digiteerimine on analoogvormilt digitaalseks muutmise protsess, mida tuntakse ka kui digitaalset võimaldamist. Teisisõnu, digiteerimine muudab analoogprotsessi digitaalseks protsessi ennast muutmata.

Tööstus 4.0 ehk neljas tööstusrevolutsioon hõlmab endas protsesside digitaliseerimist ning uuenduslike tehnoloogiate kasutamist (joonis 1). Tootjad integreerivad tööstusprotsessidesse asjade internetti (ingl. Internet of Things), pilvandmetöötlust- ja analüütikat, tehisintellekti ja masinõpet. Nutikad tehased on varustatud andurite, sisseehitatud tarkvara ja robotikaga, mis koguvad ja analüüsivad andmeid ning võimaldavad paremaid otsuseid langetada. Protsessitüüpide ja tõhususe suurendamiseks integreeritakse tootmisandmed ettevõtte operatiivandmetega (IBM, 2023).



Joonis 1. Tööstus 4.0 (Marr, 2018)

Digitaliseeritud lahenduste kasutamist Eesti ettevõtetes on uurinud Jürjental ja Suursaar (2019). Uuringus keskenduti suurandmete analüüsi, automatiseeritud protsesside, plokiahela, pilvelahenduste, liidestatud süsteemide ning tehisintellekti kasutusele. Enim on kasutusel pilvelahendused ning automatiseeritud protsessid. Töös toodi ka välja digilahenduste eelised ja puudused.

IoT, suurandmed ja nutiseadmed on muutnud ühiskonda ning inimesed on sõltuvuses mängulisusest. Tüüpiliste mänguelementide, nagu punktid, võistlus, koostöömäng, tasemed jne, rakendamine on potentsiaalne võimalus tõsta tööohutust, tootlikkust ning tööjõu kaasatust. Mobiilseadmeid saab positiivselt ära kasutada personali produktiivsuse tõstmiseks ja ohutu töökeskkonna tagamiseks ning

on odav alternatiiv, et saada suurtes kogustes andmestikku. Uue generatsiooni töötajatele ja operaatoritele meeldib olla oma töös rohkem digitaalselt seotud. USA söekaevanduses viidi läbi katsetus, kus töötajad nägid oma tankimise aegasid, kogudes punkte ning digitaalseid medaleid. Pärast mänguelementide lisamist tööprogrammi langes tankimiste keskmine ajakulu ning produktiivsus tõusis 30%. Sarnane katsetus viidi läbi USA allmaa pliikaevanduses, kus töötajad said digitaalseid auhindasid kiiruse peale vormide täitmise eest oma töövahetuse alguses ning koormate arvu lisamisel vahetuse kohta, mille järel tõusis vormide täitmine 29% ja koormate arv töötaja kohta vahetuse jooksul tõusis 76% (Dessureault, 2019).

Kaevandustööd toimuvad tavaliselt eraldatud piirkondades, nii Eestis kui ka mujal maailmas. India söekarjäärides kasutatakse praegu veokite autentimiseks numbrimärgi tuvastust, kuid sageli vahetatakse sõidukite numbrimärgid varguse või võltsimise eesmärgil ning söevarguste ennetamine on praeguste kaevandusettevõtete jaoks suur väljakutse. Probleemi lahendamiseks kaardistati veokite numbrimärgid RFID-märgistega, et veokit saaks autentida ka numbrimärgi vahetusel ning lisati GPS-moodul, mis annab infot varguse asukohast. Kogutud andmed edastatakse pilvekeskkonda, mis on saadaval varguste analüüsiks või korrektuuride tegemiseks (Dixit et al., 2023).

Täpne kaaluandmete kogumine on karjääritööstuses ülitähtis funktsioon, aga kõik karjäärialad ei ole elektriga varustatud, kuna karjääritegevus toimub enamasti eraldatud paikades. Malaisias loodi ajutiste karjääride jaoks prototüüp lihtsasti teisedatavast autokaalust, mis töötab päikeseenergia toitel. Süsteem koosnes PV-paneelist, laetavast akust, laadimiskontrollerist, digitaalsest kaalumissüsteemist ning neljast eraldiseisvast kaaluplatvormist, mis kaalus igat autorehvi eraldi (Zamri et al., 2022).

2.2 Logistikasektori digipööre

Sissejuhatuses mainitud eFTI määrus jõustub 21. augustil 2024 aastal ning sujuvama ja turvalisema infovahetuse loomiseks transpordivaldkonnas andis Ettevõtlus- ja infotehnoloogiaminister välja määruse E-veoselehe teenusearenduse toetamise tingimused ja kord (2022), mille eesmärgiks on toetada digipööret transpordi- ja logistikasektoris elektrooniliste kaubaveoteabe andmevahetusplatvormide ehk eFTI keskkondade arendamise kaudu. E-veoselehe piloteerimisest Eestis võib lugeda Transpordiameti väljaandest Teeleht nr 100 ja 102 (Tõnts et al., 2020 talv; Tõnts, 2020 talv, & Tõnts, 2020 suvi).

eFTI määruses on ka välja toodud, et liikmesriigid võivad luua info vahetamiseks riiklikud juurdepääsupunktid ehk NAP-d, ning selle kohta viisid Hurt et al. (2022) Transpordiameti tellimisel läbi Eesti riikliku juurdepääsupunkti toimimismudeli analüüsi. Eeltööna eCRM ning NAP-de kasutuselevõtuks on mitmed liikmesriigid väisanud koostööprojekte, nagu Baltikumi ja Põhjamaade koostööprojektid DIGINNO, DINNOCAP ja DIGINNO-Proto, Euroopa Liidu projektid FEDerATED ja FENIX ning Hollandi, Belgia ja Luxemburgi ühine projekt Beneluxi maade eCMR ühenduse loomiseks. Soome Transpordi- ja Kommunikatsiooniministeeriumi tellimisel läbi viidud valdkondliku uuringu põhjal koostati riiklik „Logistika digitaliseerimise strateegia“ aastani 2032. ning loodi eFTI määruse rakendamiseks eraldi töörühm .

2023. aastal alguse saanud projekt eFTI4EU on 23 partnerist, sealhulgas 9 liikmesriigist (pluss 4 vaatlejat) koosneva konsortsiumi koostöö, mida juhib Eesti Kliimaministeerium. Projekti eesmärgiks on luua ühtne lähenemisviis eFTI värvate toimimisele ning rakendada logistika- ja transpordandmete vahendamiseks etalonarhitektuuri, mida katsetatakse pilootangetes nii riigisiselt kui ka piiriüleselt kõigis üheksas otseselt kaasatud liikmesriigis, kelleks on Eesti, Austria, Belgia, Soome, Prantsusmaa, Saksamaa, Itaalia, Leedu ja Portugal (Tõnts, 2023).

Alates 1.01.2024a väljastatud riigihangetes transpordiameti vedudel on e-veoseleht kohustuslik nii taastus-, rekreatsiooni ja ehituslepingutes. E-veoselehele ja selle platvormile esitatud nõuded on välja toodud Lisas 1 - Ehituslepingu Lisa mall 15/16 „E-veoselehe tööde dokumenteerimise minimaalsed nõuded“. Antud dokumendis on hetkel kehtivad versioon 1 nõuded ning versioon 2 nõuded, mis on suunatud kaaluandmete liidestamisele, ning mida katsetatakse tulevastes pilootangetes. E-veoselehel peab olema kajastatud nii materjali saatja, vedaja kui ka materjali saaja nimed ja aadressid ning autojuhi andmed. Veose kohta peab olema peale- ja mahalaadimise info, veose nimetus ja brutomass, auto ja selle haagise registreerimisnumbrid. Tähtsaks nõudeks on ka veose asukohapõhise teekonna jälgimise võimalus iga koormaga, seega vedajal peab olema GNSS seade aktiveeritud kogu vedamise aja.

2.3 Juhtprotsesside digitaliseerimine

Juhtprotsesside all mõtlen tulemuseni viivate tegevuste arengut, mis ehitusmaavarakarjääris on maavara kaevandamine, toodangu tootmine ning selle müük. Juhtprotsesse digitaliseeritakse eesmärgiga protsessi kiiremaks ja efektiivsemaks muuta ning selle väärtust tõsta. Juhtprotsessid ehitusmaavarade karjääris hõlmavad müügiprotsesse, järelvalvet, laohaldust, raamatupidamist, inimressursside ja tööde haldust, tootmisarvestust jm.

2.4 Intervjuud ettevõtetega

Ehitusmaavarade sektoris kasutatavatest tarkvarades, klienditeekonnast, digilahenduste kasutamisest ning kogemustest ülevaate saamiseks viisin läbi intervjuud viie suurettevõtte esindajaga. Ettevõtted, nende esindajad, ametikohad ning intervjuude toimumise ajad on välja toodud tabelis 1. Intervjuud viisin läbi vestlusevormis ning enne vestluse toimumist viisin esindajad kurssi teemade sisuga, mida soovisin arutada.

Tabel 1. Intervjuude andmed.

Ettevõtte nimi	Ettevõtte esindaja	Ametikoht	Kuupäev
EMG Karjäärid OÜ	Õnne Pool	Laborant, endine kaalumaja operaator	19.10.2023
Eesti Killustik OÜ	Tarvo Sikka	Müügijuht	16.11.2023
Trev-2 Grupp AS	Sven Kärber	Põhja-Eesti tootmise juht	17.11.2023
Merko Kaevandused OÜ	Alex Strazdin	Mäetööde juht	07.12.2023
Limestone Factories of Estonia OÜ	Anna Müürisepp Andrus Stimmer	Kommertsdirektor (müügiosakond) Peainsener	11.12.2023

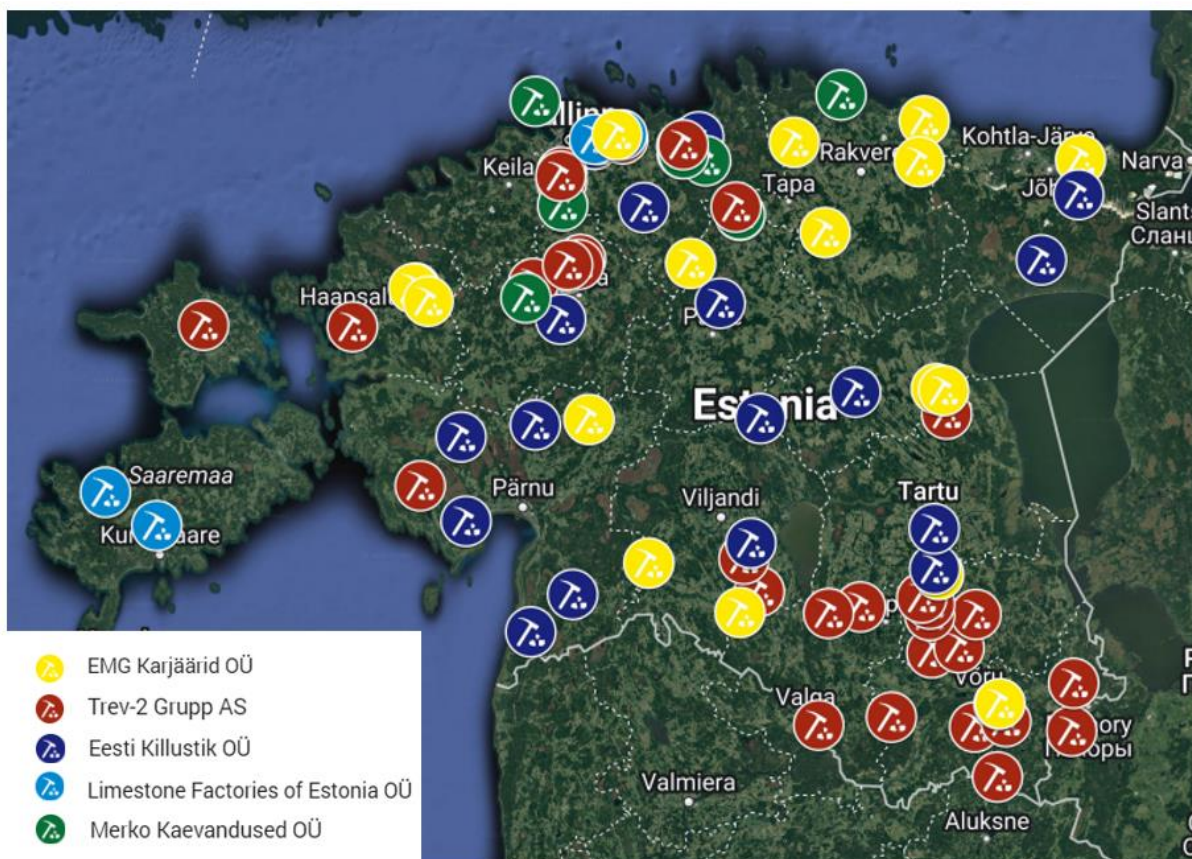
EMG Karjäärid OÜ (varasemalt Kiiu Soon OÜ) on 2017. aastal asutatud kaevandusettevõtte, kes tegeleb ehitusmaavarade kaevandamise ja väärimisega kahekümne kolmes karjääris üle Eesti (joonis 2, kollased ikoonid). Lisaks on ettevõtte tegevusaladeks ka maavarade leiukohtade geoloogiliste uuringute läbiviimine ning rasketehnika ja tootmisüksuste väljarent (Eesti Maavarade Grupp, 2023).

Eesti Killustik OÜ (varasemalt Põltsamaa Graniit) on 1996. aastal asutatud kaevandusettevõtte, kes tegeleb ehitusmaavarade kaevandamisega seitsmeteistkümnes karjääris üle Eesti (joonis 2, tumesinised ikoonid). Ettevõtte peamiseks klientideks on tee-ehitusettevõtted ning betoonitootjad (Eesti Killustik, 2023).

Trev-2 Grupp AS on 1996. aastal loodud ehitusettevõtte, kes tegeleb teede ja sildade ehitusega, teehooldega ning ka ehitusmaavarade kaevandamisega kolmekümne kolmes karjääris üle Eesti (joonis 2, punased ikoonid) (Trev-2, 2023).

Merko Kaevandused OÜ on 2019. aastal asutatud kaevandusettevõtte, mis tegeleb ehitusmaavarade kaevandamisega kaheksas karjääris üle Eesti (joonis 2, rohelised ikoonid). Ettevõtte toodetud ehitusmaterjale kasutatakse betooni tootmisel, asfaldisegudes, hoonete ja rajatiste ehitustöödel ning teedeehituses (Merko Kaevandused OÜ, 2023).

Limestone Factories of Estonia OÜ (varasemalt Paekivitoodete Tehase OÜ ja Reval Stone OÜ) on aastakümnete pikkuse kogemusega kaevandusettevõtte, kes tegeleb Väo ja Maardu lubjakivikarjäärides lubjakivikillustiku tootmise ja töötlemisega ning Selgase ja Kaarma dolomiidikarjäärides looduskivi tootmise ja viimistlemisega (joonis 2, helesinised ikoonid) (Limestone Factories of Estonia, 2023).



Joonis 2. Intervjueeritud ettevõtete karjääride asukohad, Google Maps.

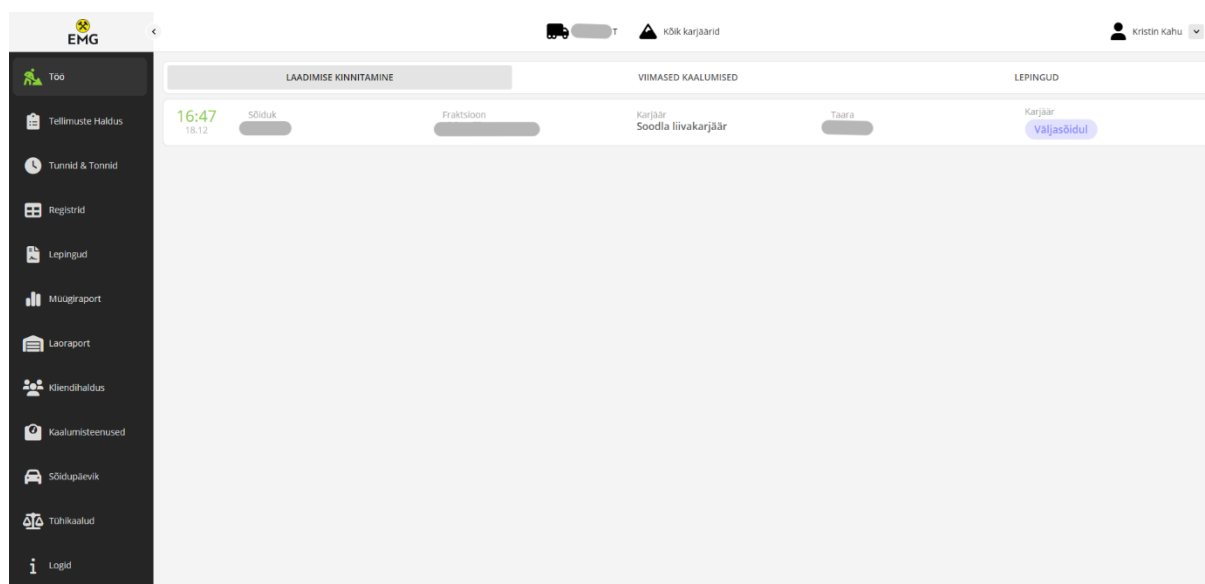
3. Tarkvaralahendused ja eFTI keskkonnad

Materjali müügi ja veoinfo väljastamise digitaliseerimisega tegelevad Eestis mitmed IT arendusettevõtted ja turule on jõudnud tarkvaralahendused, mida kasutavad nii teede-ehitajad, vedajad kui ka kaevandajad. Tarkvaralahenduste eesmärgiks on e-veosehete väljastamine, müügihalduse digitaliseerimine ning semi-automatiseerimine. Sarnaseid andmevahetusplatvorme kasutatakse ka viljaveo ja puidutööstusettevõtetes. Siin peatükis käsitlen peamiselt kahte tarkvaralahendust – QuarryMon ja Waybiller, ning toon näiteid metsandussektori analoogsetest tarkvaradest.

3.1 QuarryMon ja OnTrack

QuarryMon on 2019. aastal kasutusele võetud müügiteenuse haldustarkvara karjääridele, mille arendas IT-arendusettevõtte Almic OÜ koostöös maavarade ettevõtte EMG Karjäärid OÜ-ga. Tänapäevaks on liitunud tarkvarateenuse kasutajatena ka Verston OÜ ja Kivikandur OÜ. Selles peatükis kirjeldan QuarryMon funktsioone enda kogemuse põhjal antud programmiga töötades.

Programmi peamiseks funktsiooniks on müügitellimuste ja kliendilepingute vormistamine, haldus ja e-saatelehe väljastamine. Tarkvara pideva arendamise tulemusena täidab see lisaks müügi haldusele ka mitmeid lisafunktsioone nagu töötajate töötundide ja tööliikide arvestus, sõidupäevikute haldus ja materjalifraktsioonide tootmise arvestus, laoarvestus, klientide ja lepingute haldus (joonis 3).



Joonis 3. EMG programmivaade, QuarryMon.

Müügispetsialistile laekunud müügitellimuse andmed lisatakse programmi ning iga tellimuse või koorma kohta tekib tellimusleht. Võimalik on koostada nii kliendilepinguid kui ka eraldiseisvaid tellimusi. Karjääris täidab eeltäidetud tellimusi laadija, valides tahvelarvutis vastava lepingu või tellimuse, veoki registreerimisnumbri ning materjali fraktsiooni. Tellimuste täitmisel saadakse kaaluinfo kas autokaalult või laadurikaalult ning väljastatakse kliendile e-saateleht. Autokaaludelt

saadud kaaluinfo liigub automaatselt vastava veokiga seotud tellimusele, mida tuvastab numbr- ja kiibituvastussüsteem.

Tellimuste täitmine autokaaluga toimub järgmiselt:

- veok sõidab kaalule, toimub numbrituvastus ning tühikaalu salvestamine (automaatselt),
- programmi tekib logisissekanne veoki esi- ja tagakülje piltidega ning kaaluandmetega,
- veoki registreerimisnumber muutub aktiivseks vastava lepingu all,
- laadija koostab uue tellimuslehe valides vastava kliendilepingu, veoki registreerimisnumbri, materjali ja fraktsiooni,
- veok sõidab väljudes uuesti kaalule ja salvestub täismass,
- andmete põhjal arvutab programm koorma kaalu,
- tellimusleht loetakse lõpetatuks ning programm väljastab e-saatelehe,
- eeltäidetud tellimuselehe puhul ei pea laadija midagi tegema, sisenedes ja väljudes saadud kaaluinfo põhjal väljastab programm täidetud tellimuse põhjal e-saatelehe.

Tellimuste täitmine laadurikaaluga toimub järgmiselt:

- veok sõidab laadimispunkti,
- laadija koostab uue tellimuslehe valides programmist vastava kliendilepingu, veoki registreerimisnumbri ja materjali fraktsiooni,
- peale laadimist trükib laadija laadurikaalu põhjal andmed tellimuslehele, liidestatud kaalude puhul saab laadurikaalult otse info programmi edastada,
- tellimus loetakse lõpetatuks ning programm väljastab e-saatelehe.

Tellimuste halduse lehel näeb eeltäidetud, pooleliolevaid ja täidetud tellimusi.

- veoki number,
- tellimuse loomise kuupäev ja kellaaeg,
- karjääri nimetus,
- materjali nimetus ja fraktsioon,
- tellimuse lisaja,
- staatus (ootel, väljasõidul, lõpetatud).

Müügiregister on kogum toimingutest, mis annab ülevaate müügiandmetest. Müügiregistri põhjal väljastatud müügiraporti tingimusi on võimalik seada kuupäeva, kliendi, karjääri, kauba ja objektide kaupa. Müügiraportit ehk väljavõtet seatud tingimuste kaupa on võimalik väljastada tekstikujulise andmemassiivi (CSV) ning standardiseeritud dokumendivormingu (PDF) kujul.

Töötajad logivad tööpäeva alguses programmi ning valivad töö asukoha, töö liigi, masina ning alustavad tööpäeva. Tööpäeva lõpus lõpetavad töö ning saavad sisestada ka sõidupäeviku andmed. Vastavalt töö asukohast ning liigist tekib nendele asjakohane kasutajavaade ning funktsioonid. Asukoha valiku järgi näeb töötaja just seal karjääris avatud lepinguid ning tellimusi. Töö liigi alusel tekib vastav vaade kas automaatkaalumise või laadurikaalumise jaoks ning fraktsiooni tootmisel tekib võimalus erinevaid fraktsioone lisada, mis omakorda koostab laoarvestust müügi ja tootmise põhjal.

Registrite lehel on ülevaade karjääridest ning karjääriga seotud materjalidest (fraktsioon, nimetus). Fraktsioonide register koosneb kõikidest materjalidest, mida erinevates karjäärides toodetakse. Fraktsioon on liidestatud karjääriga ning sinna on võimalik juurde lisada ka kvaliteedi sertifikaat (toimivusdeklaratsioon, vastavusdeklaratsioon, CE-märgis). E-saatelehele lisandub toimivusdeklaratsiooni olemasolul ka vastav CE-märgis. Fraktsioonid on registris tähistatud koodiga, mida saab raamatupidamisprogrammiga ühildada.

Lepingute lehele on koondatud kõik kliendilepingud ning seal on võimalik näha ka lepingu täituvuse protsenti. Kui mõne lepingu fraktsioonimaht hakkab täituma, edastatakse müügiosakonnale vastav e-mail. Lepinguid saavad administraatorid teha aktiivseks ning inaktiivseks, töötaja vaates on näha vaid aktiivseid lepinguid.

OnTrack on käsiseadmetele (mobiiltelefonidele ja tahvelarvutitele) optimeeritud e-veoselehe tarkvaralahendus, mis ühildub QuarryMon programmiga ning on peamiselt mõeldud veokijuhtidele kasutamiseks. OnTracki peamised funktsioonid on:

- karjäärist väljastatud e-veoselehe kinnitamine veokijuhi poolt,
- veokite teekonna jälgimine läbi tarkvara.

3.2 Waybiller

Waybiller on 2019. aastal turule jõudnud e-veoselehtede tarkvara, mille arendas IT-arendusettevõtte Thorgate OÜ. Hetkel on Waybiller Eestis enamlevinud kasutusel olev e-veoselehtede tarkvara, mida kasutatakse riigihangete vedude dokumenteerimiseks (joonis 4). Waybilleri tarkvaralahendusi kasutavad nii teede-ehitusettevõtted, maavarade kaevandajad, hakkepuidu-, jäätme- ning viljaveo ettevõtted (Waybiller, 2023).

Waybiller osales Transpordiameti ja kohalike omavalitsuste hangetes e-veoselehe teenusepakkujana mitmes pilootprojektis – Märjamaa valla kruusateede remont ja pindamine 2021 a., Märjamaa valla kruusateede säilitusremont 2022 a., mille jooksul ka kohandati e-veoselehe dokumenteerimise nõudeid (Tammaru & Urbel, 2022). 2023. aastal jätkusid e-veoselehe pilootprojektid Transpordiameti ehitustöödel, rekonstrueerimistel, pindamistöodel, kuumtaastamisel, ümberehitustel, säilitusremontidel ja taastusremontides üle Eesti (Tõnts, 2023).

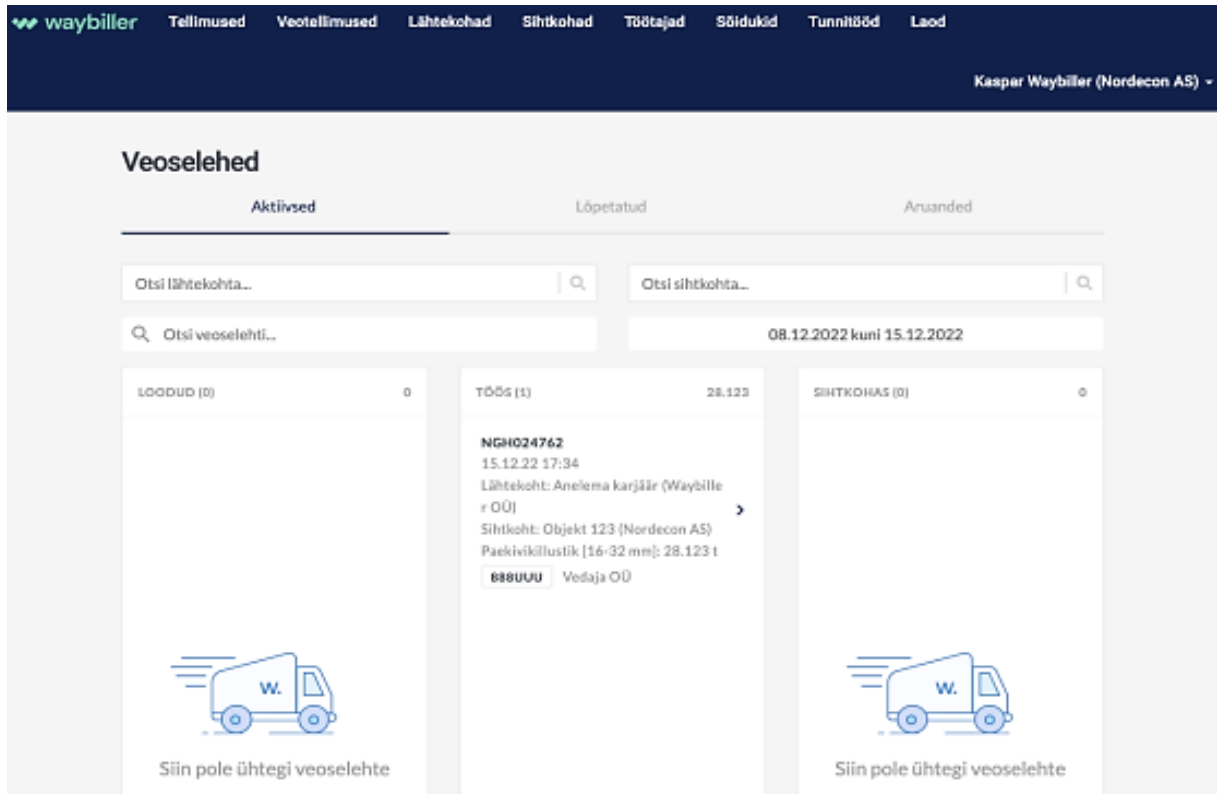
Waybilleris saab luua e-veoselehe kahel viisil:

- Autojuht loob ise veoselehe karjäärist väljastatud veoselehe põhjal
- Laadurijuht täidab tellimuse põhjal veoselehe ja kaaluinfo tuleb laaduri või autokaalult.

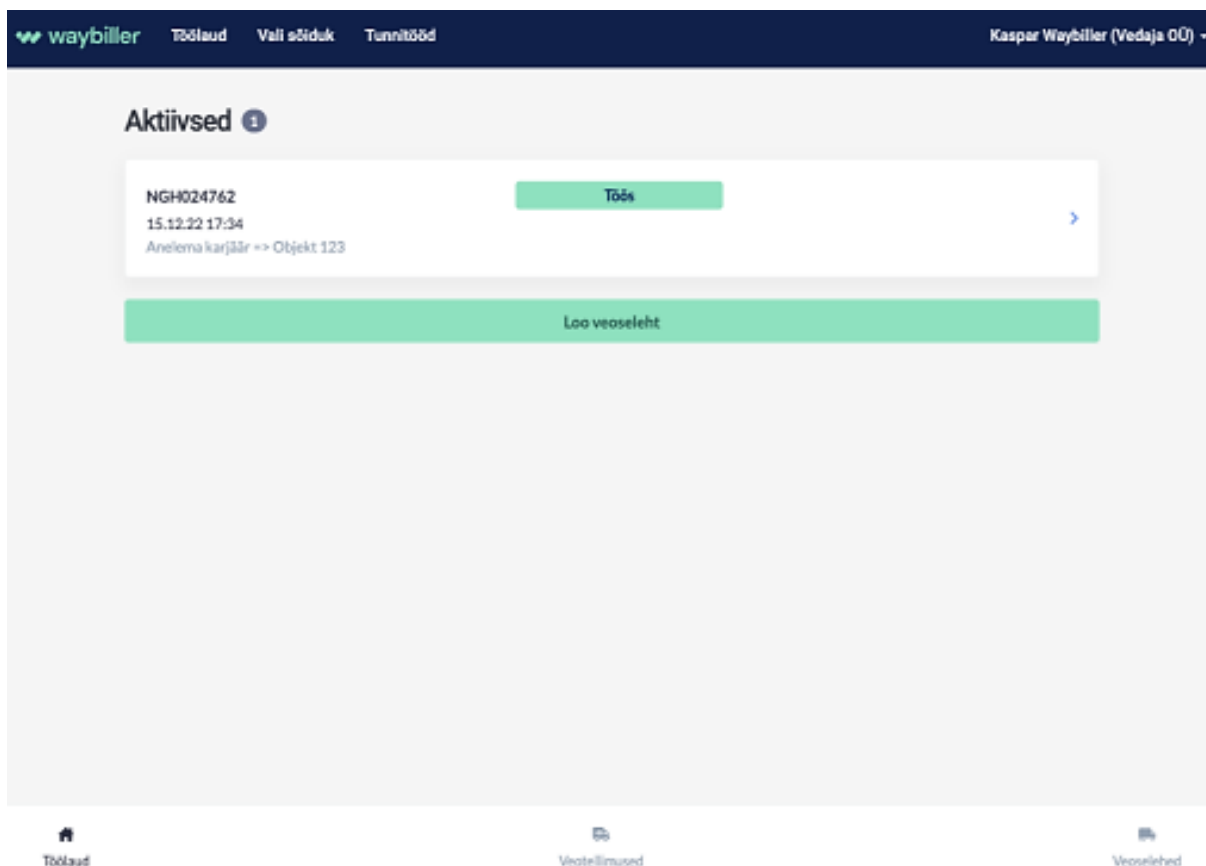
Esimest versiooni kasutatakse riiklike hangete puhul, kui materjali lähetaja ehk kaevandaja ei kasuta Waybillerit ning väljastab veoselehti teiste kanalite kaudu (paberkanalil või muu tarkvara kaudu). Sellisel juhul saab autojuht ise Waybilleris karjäärist väljastatud veoselehe põhjal e-veoselehe genereerida, sisestades programmi lähtekoha, sihtkoha, materjali ning koguse manuaalselt.

Teise versiooni puhul toimub nii tellimuse esitamine, täitmine kui ka e-veoselehe väljastamine ja kinnitamine kõikide osapoolte puhul läbi Waybilleri. Sellisel juhul täidab eeltäidetud info põhjal

tellimuse laadurijuht või kaalumaja operaator, kaaluinfo tuleb otse laaduri- või autokaalult ning seda muuta ei saa. Autojuhi vaate näide on näha joonisel 5.



Joonis 4. Waybilleri tarkvarakeskkonna vaade (Tammaru & Urbel, 2022).



Joonis 5. Autojuhi vaade Waybilleris (Tammaru & Urbel, 2022).

3.3 Tarkvarad metsandussektorile

EVR on Eesti Metsa- ja Puidutööstuse Liidu e-veoselehe register, mis koondab endasse erinevates tarkvarades koostatud e-veoselehed. Tarkvaras saab kasutajaliidesega veotellimusi ning e-veoselehti koostada ning neid vastu võtta (EMPL, 2023).

Deskis pakub tarkvarasid, andmetöötlusprogramme ning geoinfosüsteeme puidu- ja metsatööstusele. Deskise IT-lahendused võimaldavad metsamajandamise ja puidutööstuse ahelat jälgida, infovahetust hallata ning andmeid edastada. (Deskis, 2023).

Vaheladu (2023) on Thorgate OÜ poolt disainitud ning Eesti Puidumüügikeskuse poolt hallatav tarkvara materjali omanikele ja veotetevõtetele metsalankide halduseks, mida kasutab üle 230 ettevõtte. Tegemist on rakendusega, millega on võimalik reaajas jälgida puidu liikumist – raiutud, kokku veetud ja ära veetud koguseid. Autojuhtidel on mobiilirakendusega võimalik edastada tööinfo ning koostada elektrooniline veoseleht. Tarkvaras on võimalik genereerida metsamaterjali kogustest vajalikud aruanded.

3.4 Tarkvarad mäendussektorile välismaal

Micromine (2023) on Austraalia IT ja arendusettevõtte, kes pakub tarkvaralahendusi mäendussektorile alates 1989. aastast. Nende Pitram tarkvara annab põhjaliku ülevaate kaevanduse operatsioonidest,

masinapargist ning tööprotsessidest. Andmete salvestamise, töötlemise ja haldamise kaudu on võimalik juhtidel kontrollida ja parandada tootmisprotsesse, vähendada kulusid ning parandada ohutus- ja ärianalüüsi võimalusi. Tegemist on varude, personali ja materjali jälgimise, ohutuse, kvaliteedi- ja varude haldamise, planeerimise, optimeerimise, aruandluse ning analüüsitarkvaraga. Veebiplatvormi abil on kättesaadav informatsioon ja andmestik materjali liikumisest, tootlikkusest ning masinatest ja personalist. Pitrami on võimalik vastavalt ettevõtte vajadustele modifitseerida ning nad pakuvad tarkvaralahendusi nii väikestele alustavatele ettevõtetele kui ka suurtele tiptasemel operatsioonidele. Micromine lahendused on ka Nexus, Geobank, Origin, Beyond, Alastri, Spry ja Precision Consulting.

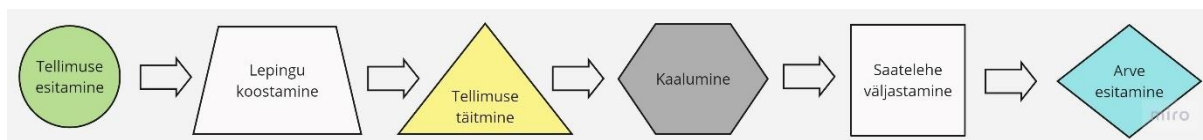
4. Klienditeekond ehitusmaavarakarjääris

4.1 Klientide tüübid

Kliendid kategoriseeritakse lävendipõhiselt ning arvestatakse tellitud materjali kogust, kliendi maksekäitumist ning tellimuste esitamise sagedust. Iga ettevõtte jaoks on lävendid erinevad, aga üldiselt eristatakse raam- ehk suurkliente ning era- ehk väikekliente. **Raamkliendid** on tavaliselt suurkliendid, kes esitavad tellimusi pidevalt ja pika perioodi vältel. Tellitakse erinevaid materjale ja fraktsioone mitmest karjäärist tellimuste info edastatakse jooksvalt. **Projektipõhised** kliendid on tavaliselt samuti suurkliendid, kuna nende tellitud mahud on suured. Projektipõhiste klientidega sõlmitakse lepingud tavaliselt projekti valmimise perioodiks ning on ette teada kindlad mahud, mida tellitakse. **Erakliendid** on üldiselt väikekliendid ning esitavad ühekordseid tellimusi väiksemates koguses.

4.2 Klienditeekonna etapid

Ülevaate saamiseks koostasim joonise üldistest klienditeekonna etappidest tellimuse esitamisest kuni koorma väljastamise ja arve esitamiseni (joonis 6). Etapid võivad erineda ja kombinatsioonid olenevad ettevõttest, näiteks kaalumine toimub nii sisse- kui väljasõidul, arve esitamine enne veo algust või pärast materjali väljastamist. Kõigepealt laekub ettevõttele tellimus või päring, mille põhjal toimub kliendilepingu koostamine ja tellimusinfo edastamine, seejärel täidetakse tellimus karjääris ning materjal kaalutakse, kaaluinfo laekumisel väljastatakse saateleht ning toimub arveldus.



Joonis 2. Klienditeekonna etapid.

Klienditeekonnad varieeruvad vastavalt:

- Kliendi tüübist (raamklient, projektipõhine klient, eraklient)
- Karjäärist (aastaringsest või projektipõhiselt töötav karjäär)
- Lepingu tüübist (krediidileping, projektipõhine leping, ühekordne tellimus)
- Kasutusel olevast kaalusüsteemist (autokaal, laadurikaal)

4.3 Klienditeekond enne ja pärast digitaliseerimist

Joonisel 7 on näha klienditeekonna etappide muutusest enne ja pärast digitaliseerimist. Tellimuste esitamine on traditsiooniliselt toimunud kas ettevõtte kontoris või karjääris kohapeal või telefoni teel. Digitaliseeritud protsessi puhul toimub tellimuste esitamine elektrooniliste kanalite kaudu nagu e-mail või koduleht. Tellimuste esitamisel digitaalselt on võimalik nutitelefoniaga täita kodulehel vajaliku infoga tellimusleht või tellimusvorm, mis jõuab müügiosakonnani. Suurkliendid esitavad üldiselt e-maili teel päringu tellimuse infoga.

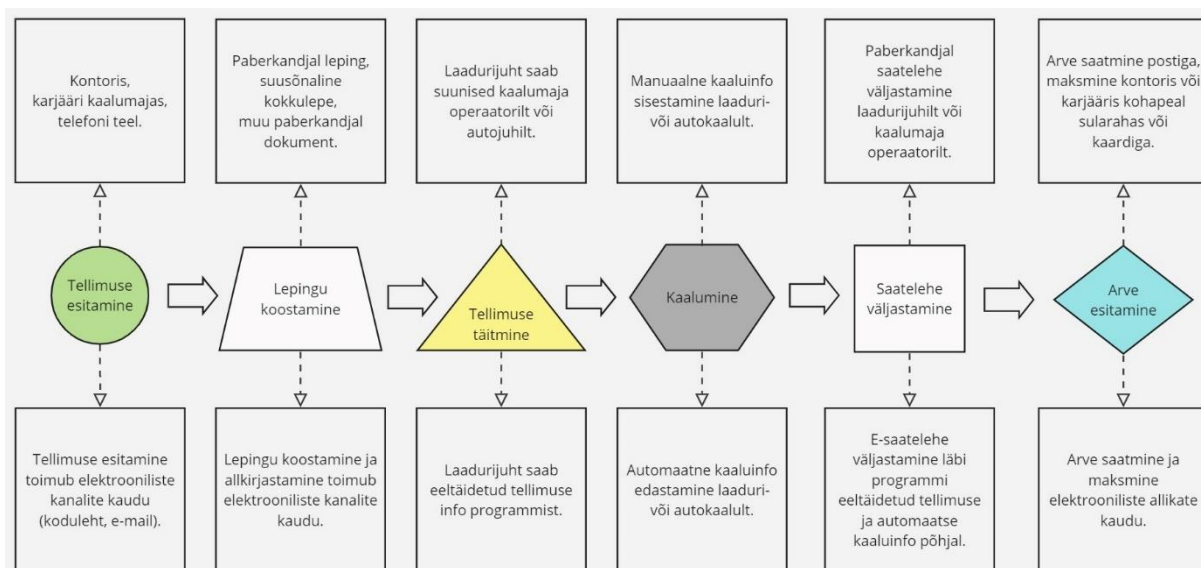
Peale tellimuse esitamist jõuab tellimuse info müügiosakonnani. Erakliendi või ühekordse tellimuse puhul on võimalik läbi kodulehe edastada makse- ja tellimustingimused, millega klient saab tutvuda ja nõustuda. Suurklientide puhul vastatakse päringule pakkumisega ning sõlmitakse kliendileping vastava materjalihinna ja maksetingimustega.

Tellimuse täitmine on toimunud varem kas paber kandjal saatelehe või talongi põhjal. Raamklientide puhul sõitis veok karjääri kohale ning ütles laadurijuhile mis materjali ning kogust ta soovib. Digitaalse süsteemi puhul on tellimuse info edastatud programmi ning laadurijuht alustab ning lõpetab tellimuse täitmise tahvelarvutis. Mitmes ettevõttes ei saa täna ilma eelneva tellimusega materjali kätte ning laadurijuhid tohivad vaid eeltäidetud tellimusi täita. Raamklientide puhul sisestatakse programmis lepingu alla kõik selle lepinguga seotud veokid, kellel on luba antud kliendile materjali tarnida.

Auto- või laadurikaalu info sisestati varasemalt kas käsitsi või eraldi kaalusüsteemi kaudu saatelehele. Nüüd on võimalik kaaluinfo liidestada veoselehe tarkvaraga, mis tähendab et kaaluinfot ei ole võimalik muuta ja saatelehel olev kogus on tegelik laetud kogus. Veoselehti on võimalik tühistada (parandada, arhiveerida, vealiseks muuta), aga kõik toimingud on järelkontrollitavad.

Saatelehtede väljastamine toimub veel nii paber kandjal kui ka e-saatelehena (joonised 8 ja 9), olenevalt ettevõttes kasutusel olevast süsteemist, kliendi soovist ja ka internetiühenduse katkemise puhul. Valdavalt on suurtematel ettevõtetel e-saatelehe väljastamise valmidus olemas, kuna see nõue peab olema täidetud riiklike hangete puhul.

Arvete esitamine on toimunud posti teel või paber kandjal kontoris ja karjääris, samuti toimus maksmine kontoris või karjääris kohapeal sularahas või kaardimaksega. Nüüd kasutatakse rohkem e-arveldust ning maksed sooritatakse pangalaenukanalite kaudu nutivahendite.



Joonis 3. Klienditeekonna etappide erinevused.

Geoforce OÜ Lembitu 4, Türi 72211 Järvamaa Reg. nr. 11224820 Juhataja 505 0572 Tootmisjuht 523 1821		Kuupäev 08.10.2020	Karjäär MAARDU IV	Saateleht nr. 19108 GEOFORCE	
		Transpordifirma Lajos	Auto nr.	Autojuhi allkiri Sukh	
Klient			Objekt		
Kaalumis dokumendi nr.	Materjali nimetus	Fraktsioon mm	Kogus T	Väljaandja allkiri	
	KILLOSTIK 16-32	16-32		[Signature]	
Märkused Lisainfo	29,5 29,75 29,5 29,45 29,5				

Geoforce OÜ Lembitu 4, Türi 72211 Järvamaa Reg. nr. 11224820 Juhataja 505 0572 Tootmisjuht 523 1821		Kuupäev 08.10.20	Karjäär Maardm IV	Saateleht nr. 19109 GEOFORCE	
		Transpordifirma Lajos	Auto nr.	Autojuhi allkiri	
Klient			Objekt		
Kaalumis dokumendi nr.	Materjali nimetus	Fraktsioon mm	Kogus T	Väljaandja allkiri	
	Killustik	16-32		[Signature]	
Märkused Lisainfo	26,45 26,35 26,4				

Joonis 4. Näited paber kandjal väljastatud saatelehtedest.

VEOSELEHT NR 204106582

Lähetatud: 08.10.2020 13:50

MATERJALI LÄHETAJA

Nimi	EMG Karjäärid OÜ
Telefon	6072732
Kood	14273374
Aadress	Vana-Narva mnt 11b Kiu alevik, Kuusalu vald Harju maakond 74604

MATERJALI SAAJA

Leping	[redacted]		
Leping algus	11.09.2020	Leping lõpp	11.09.2021
Nimi	[redacted]		
Kood	[redacted]		
Aadress	T. [redacted] [redacted]		
Viide	[redacted]		
Koordinaadid	-		

LÄHTEKOHT

Nimi	Soodla liivakarjäär
Aadress	Anija vald, Harju maakond
Koordinaadid	-

TRANSPORTIJA

Nimi	LAJOS AS
Kood	10132895
Aadress	Seija tee 11 Kunda linn, Viru-Nigula vald Lääne-Viru maakond 44105
Telefon	[redacted]
Autojuht	Ivar [redacted]
Isikukood	-
Veok	[redacted]
Haagis	-

KOKKUVÖTE

Materjal	Ühik	Tühikaal	Bruto	Neto
Ehitusliiv 0/8 mm	tonn	14.66	40.50	25.84

TOIMIVUSDEKLARATSIOON nr S02T-150322

Andis välja: Tõnu [redacted]

Võttis vastu: Ivar [redacted]

Kauba saaja:

Joonis 5. Näide e-veoselehest.

4.4 Digilahenduste kogemused

Intervjuudest saadud info põhjal koostas kokkuvõtte digitaliseerimise ning protsesside automatiseerimisega seotud plussidest ja miinustest (tabel 2). Kogemuste põhjal välja toodud positiivsed ja negatiivsed aspektid digilahenduste kasutuselevõtuga seonduvalt on koostatud kõikide ettevõtetega läbiviidud intervjuude põhjal.

Tabel 2. Digilahenduste plussid ja miinused.

Digilahenduste plussid	Digilahenduste miinused
Inimlikust eksimustest tingitud andmesisestuse vigade vähenemine ja sellega kaasneva kulu ennetamine ettevõttele.	Digilahendused sõltuvad võrguühendusest ning katkestuste ja halva ühenduse puhul on töö häiritud.
Inimressursi ja paberimajanduse kulude vähenemine ettevõttele.	Väheneb inimeste vaheline kokkupuude ning personaalne suhtlus kliendiga karjääris.
Reaalaja ülevaate tekkimine müügi- ja tootmisprotsessidest digitaalsel kujul.	Tarkvarad vajavad arendustööd ning ideaalseid lahendusi veel ei ole.
Suurenenud ausus ja läbipaistvus ettevõtte tegevustes.	Kasutusel võib olla mitu erinevat programmi, mis tekitab segadust.
Varguste ning ülekoormate vähenemine.	Töötajate ja vedajate vajaliku digipädevuse või töövahendite puudumine.
Tootmis- ja müügirotsesse on võimalik tänu pidevale ja detailsele andmestikule optimeerida.	Eraklientidele on võrreldes suuklientidega kasutusel olevad digilahendused ebapraktilisemad.
Müügirotsessi kiirenemine.	
Kokkuvõtete, aruannete ja raportite genereerimine läbi tarkvara.	

5. Haagise lahendus projektkarjäärade jälgitavuse parandamiseks

5.1 Probleemi tutvustus ja põhifunktsioonid

Antud töö praktilise osa eesmärgiks oli lahendada projektkarjäärade jälgitavuse probleem EMG Karjäärid OÜ näitel. Tegemist on pilootprojektiga, mille viisin läbi koostöös ehitusmaavarade kaevandaja EMG Karjäärid OÜ ja IT arendusettevõtte Almic OÜga.

EMG Karjäärid OÜ-s on 06.11.2023 seisuga 22 karjääri, millest viiel on paigaldatud statsionaarsed kaalumajad koos automaatse numbrituvastus- ja valvesüsteemiga. Ülejäänud karjäärid on valdavalt projektkarjäärid, mis asuvad üle Eesti ning on veovälisel perioodil suletud, veo toimumisel viiakse vajalik tehnika kohale. Tööaja väliselt on karjäärитеhnika tihti valveta ning vastutaval isikul puudub ülevaade karjääris toimuvast kui ta seal füüsiliselt ei viibi. Kuigi mäeeraldis ning selle teenindusmaa on vastavalt seadusele märgistatud ning karjääri sisse- ja väljasõiduteed takistatud (tõkkepuudega, vallidega, väravatega), ei saa välistada seaduserikkumisi nagu vargus, vandaalitsemine ja loata territooriumile sisenemine. Samuti puudub võimalus kontrollida masinaoperaatori täidetud tellimuslehtede õigsust ja välistada inimlikust eksimusest tulnud vigu, mis jäävad märkamata.

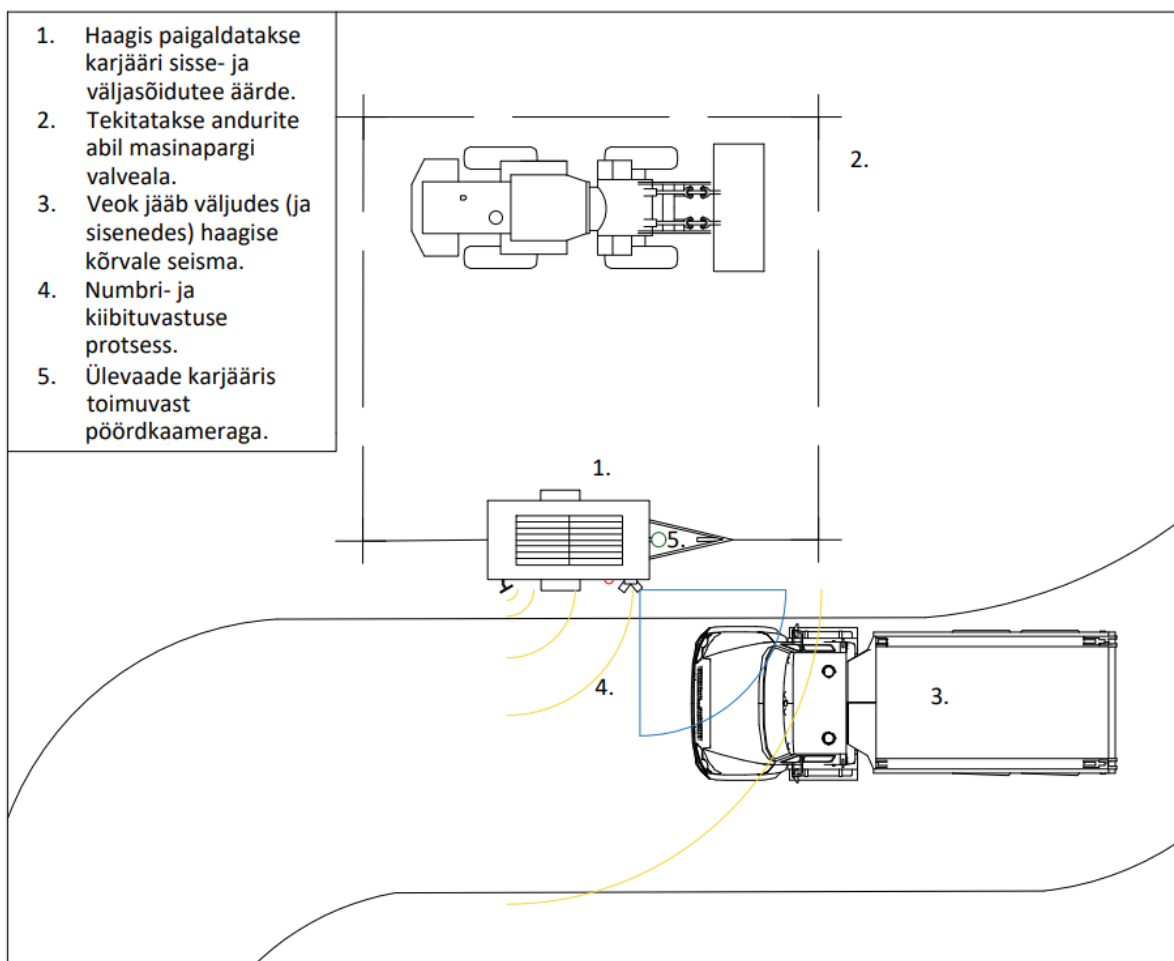
EMG Karjäärid OÜ kasutab aastaringselt töötavates karjäärides automaatkaalumise süsteemi koos veokite numbri- ja kiibituvastussüsteemiga. Projektkarjäärade jälgitavuse lahendamiseks tekkis kollektiivselt EMG juhtkonnaga idee ehitada mobiilne ehk teisaldatav süsteem, mis täidaks sarnast eesmärki, mida teeb aastaringselt töötavatesse karjääridesse paigaldatud veotuvastussüsteem.

Esimeseks etapiks oli põhifunktsioonide paika panemine EMG tiimiga ja need on sõnastatud järgmiselt:

- Mobiilne ehk teisaldatav lahendus veokite tuvastamiseks erinevates projektkarjäärides,
- Andmete edastamine ettevõttes kasutusel olevasse müügiprogrammi,
- Visuaalse ülevaate saamine karjääris toimuvast tööprotsesside jälgimiseks, kontrollimiseks ja tööohutuse tagamiseks.

Leidsime, et põhifunktsioonide täitmiseks sobiks sõiduauto järelkäru või haagis, mis on varustatud numbrituvastus- ning pöördkaameraga. Hiljem lisandus ka valveala tekitamise idee, kuhu karjäärитеhnika tööväliseks ajaks paigutada. Järgmise sammuna võtsin ühendust Almic OÜ R&D osakonna juhataja Martin Valvuriga, tutvustasin talle probleemi ning võimalikku lahendust haagise näol. Täpsema lahenduse leidmiseks pidasin koosoleku Almicu esindaja Martin Valvuri ja EMG esindaja Tennobert Haabuga. Koosolekul visandasime esimese võimaliku lahenduse.

5.2 Põhimõtteline skeem



Joonis 6. Haagise põhifunktsioonid.

Joonisel 10 on visandatud karjääris materjali välja tarniva veoki tuvastus haagise lahenduse abil. Joonisel on näha kiibilugeja, numbrituvastuskaamera paigutus ning tööpõhimõte, frontaallaaduri paigutus valvealas ning pöördkaamera asukoht.

5.3 Komponentid

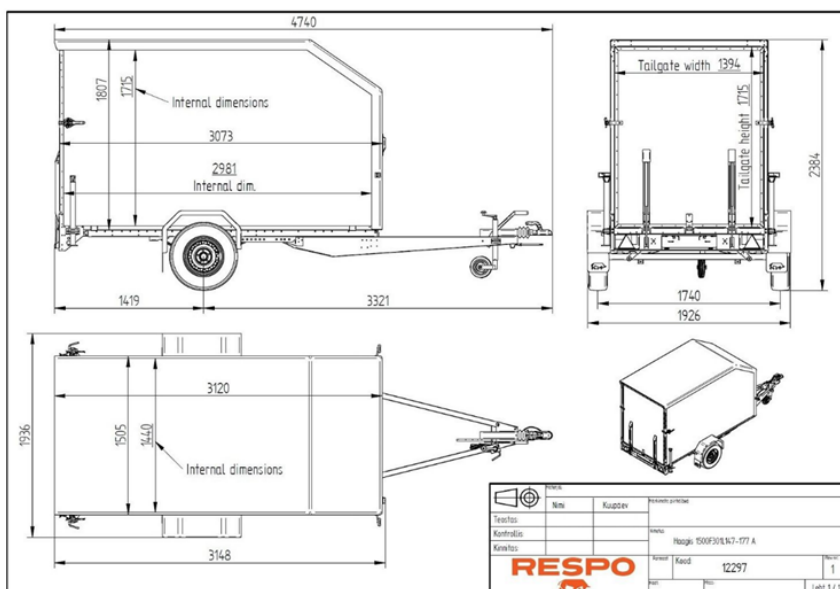
Haagise komponentide peatükis kirjeldan kõiki baaskomponente ja digilahenduse riistvara, põhjendan nende valikut ning funktsioone. Kogu nimekiri komponentidest, põhifunktsioonidest, parameetritest ning tootjatest on välja toodud lisa 2.

5.3.1 Haagis

Lahenduse aluskomponentiks on haagis, mida on võimalik mugavalt ja kiirelt ühelt objektilt teise transportida. Esiplane idee oli ehitada süsteem kerghaagisele, kuid otsustasime furgoonhaagise kasuks, sest:

- Furgoonhaagise seinad ja katus on paremast materjalist kinnituste ja seadmete paigaldamiseks.
- Furgoonhaagise kõrgemad seinad annavad rohkem tuge valvekaamera posti kinnitamiseks.
- Furgoonhaagise suurem kandevõime võimaldab lisada vajalikud seadmed.
- Furgoonhaagise katus on tasane ja kõrgemal, mis tagab parema vastuvõtlikkuse päikesepaneelile.
- Furgoonhaagisesse paigaldatud seadmete juurde on mugavam ligipääs ning nad on ilmastikuolude poolt paremini kaitstud.

Küsisin hinnapäringud neljalt tootjalt – Respo, Tiki Treiler, Brentex ja Furgotec. Valisin Respo furgoonhaagise täismassiga 1500 kg ja kandevõimega 990 kg (Joonis 11). Haagise seinad on valmistatud 25mm kergstruktuurplaadist, standardvarustusse kuulub tugiratas, LED sisevalgustus, LED esituled, 8 koormarihma aasa pöranda küljes, tagaluugi gaasiamordid, reguleeritavad nurgatoed, metallist poritiivad ning rattad M+S (muda ja lumi) rehvidega (Respo, 2023).



Joonis 7. Furgoonhaagise tehniline joonis (Respo, 2023).

5.3.2 Toiteallikad

Peamiseks toiteallikaks valisime päikesepaneeli ning lisatoiteallikaks bensiini-generaatori. Päikesepaneel kogub päikeseenergiat ning muudab selle elektrienergiaks. Karjäärid on haljastuseta avarad alad ning võimaldavad ära kasutada maksimaalset päikeseenergiat alates hommikutundidest kuni õhtuni. Kasutasime Astronergy Astro 5s 410W-se päikesepaneeli, millel on 6*18 ehk 108 P-tüüpi monokristallinset elementi ning kaalub 21,6 kg (Joonis 12).



Joonis 8. Astronergy Astro 5s päikesepaneel.

Lisasime lahendusse ka sise põlemismootori põhimõttel elektrienergiat tootva bensiinigeneraatori, mida saab erandkorras lisatoiteallikana kasutada. Generaatori lisamise põhjuseks on vähese päikese- ja päevalgusega Eesti sügis-talvine periood, kui päikesepaneel ei pruugi toota pidevalt piisavalt energiat. Kasutasime Daewoo 2000W neljataktilise mootoriga inverter-bensiinigeneraatorit (Joonis 13).



Joonis 9. Daewoo bensiinigeneraator.

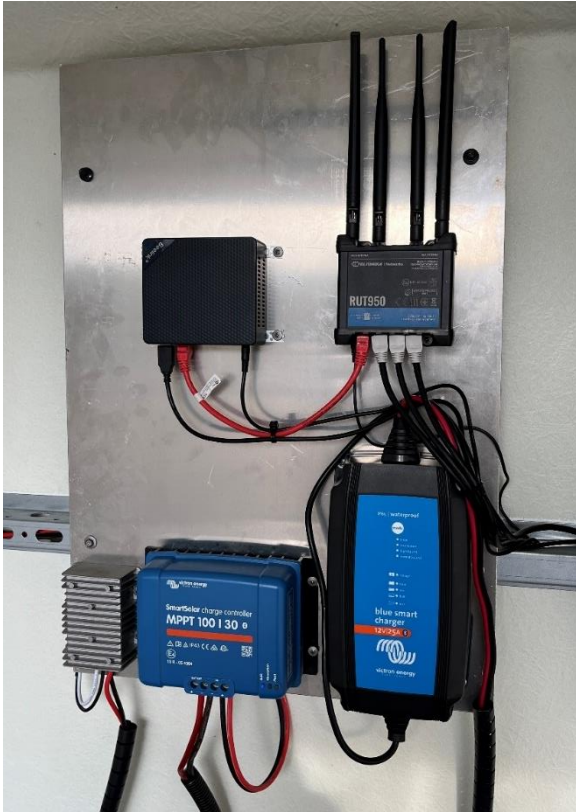
5.3.3 Tehniline lahendus

Energia akumulatsiooniks kasutame nelja 120Ah akut ning akude energiataseme taastamiseks on paigaldatud akulaadija Victron Energy waterproof Blue Smart charger 12V/25A (Joonis 14, all paremal).

Elektrivõrgu sisendpinge reguleerimiseks ja stabiilse väljundpinge tagamiseks lisasime pingeregulaatori. Kasutasime RCNUN 360W DC-DC pingeregulaatorit, mille sisendpinge on 8-40V ja väljundpinge 12V võimsusega kuni 360W (Joonis 14, all vasakul).

Päikesepaneelist saadava elektrienergia juhtimiseks akude laadimiseks ja päikeseenergia süsteemi töö reguleerimiseks lisasime päikeseenergia laadimiskontrolleri. Kasutasime Victron Energy SmartSolar MPPT 100/30, 440W laadimiskontrollerit, mille maksimaalne efektiivsus on 98% ehk päiksepaneeli laadimiskadu on vaid 2% (Joonis 14, all keskel).

Seadmete ühendamiseks ühte kohtvõrku, andmete edastamiseks infosüsteemi ning internetiühenduse jagamiseks lisasime ruuteri Teltronika Networks RUT950 (Joonis 14, üleval paremal) ning arvuti Beelink Mini S (Joonis 14, üleval vasakul). Arvuti sisendpinge on 12V ning maksimaalne võimsus kahe numbrituvastuskanali info töötlemisel on vaid 25W.



Joonis 10. Tehnilise lahenduse seadmed.

5.3.4 Tuvastus-süsteem

Autode tuvastamine käib kaheosaliselt – numbrituvastuskaamera ning kiibilugeja abil. Kasutasime raadiosagedusliku identifitseerimistehnoloogiaga Impinj R2000 Indy Series UHR RFID kiibilugejat (Joonis 15). Numbrituvastuseks kasutasime kahte Hikvisioni numbrituvastuskaamerat (Joonis 16). Numbrituvastuskaamera eripära seisneb väga kiires säriaajas ning võimekuses tulla toime veoki tulede valgusega. Autode liikluskorraldus on lahendatud haagise seinale paigaldatud fooriga – punane tuli põleb kui numbrituvastust ei toimu või see on pooleli, roheline tuli annab autojuhile märku, et tuvastusprotsess on toimunud ning võib edasi liikuda.



Joonis 11. UHR RFID kiibilugeja.



Joonis 12. Hikvision numbrituvastuskaamera.

5.3.5 Valve ja ülevaade

Valvesüsteemi lahendusi pakkusid Forus Security ja FLS (First Line Security). Parima lahenduse sain FLS-ilt ning valvestamiseks kasutasime Ajax Security tehnikat. Valveala tekitamiseks valisime teistsaldatavad andurid, mida saab vastavalt objekti vajadustele paigutada. Põhimõte seisneb nelinurkse valvestatud ala tekitamises neljas nurgas paikneva liikumisanduriga, mis on varustatud ka kaameraga. Valvestatud olekus tuleb valvealas liikumisel häreteade ning anduri kaamera teeb liikumisest pildiseeria. Valve reguleerimiseks on haagisesse paigaldatud valvekeskus (Joonis 17). Valvestamine toimub läbi Ajax Security mobiilirakenduse või puldiga.

Ülevaatliku pildi saamiseks karjääris toimuvast on haagisele paigaldatud Hikvision pöördkaamera, mida saab operaator liigutada igas suunas vastavalt soovile (Joonis 18). Videosalvestus toimub kaamerasse paigaldatud 216GB SD kaardile ning kaamera on ühenduses Hik-Connect mobiilirakendusega, kus näeb reaalaaja kaamerapilti, on võimalik kaugelt kaamera suunda reguleerida ning videosalvestusi vaadata.



Joonis 13. Ajax Security valvekeskus.



Joonis 14. Hikvision pöördkaamera.

5.4 Arvutuskäik

5.4.1 Haagise kandevõime jääk

Haagise kandevõime jääk on arvatud haagise täismassi, tühimassi ning kandevõimet arvestades. Tabelis 3 on välja toodud kõikide haagisele lisatud seadmete kaalud ning summeeritud kogukaal. Haagise registreeritud täismass on 1500 kg, tühimass 510 kg ning kandevõime 990 kg. Koos lisatud seadmetega jääb haagisele lubatud lisakoormuseks $990-219=771$ kg. Haagise kandevõime jääk on oluline, et valida hiljem soovi korral haagisele lisatava kütusemahuti suurus.

Tabel 3. Haagisele lisatud seadmete kaalud.

Seadme nimetus	Kaal
Päikesepaneel	22 kg
Generaator	21 kg
Akud, 4 tk	33 kg x 4
Akude laadija, pingeregulaator, laadimiskontroller, ruuter, arvuti	5 kg
Numbrituvastuskaamerad	3 kg
Kiibilugeja	3 kg
Pöördkaamera postiga	7 kg
Elektrikilp	2 kg
Vineerkast	10 kg
Alumiiniumalus	2 kg
Valveandurid postidega, 4 tk	3 kg x 4
Kokku	219 kg

5.4.2 Akude laadimisaeg ja seadmete tööaja arvutuskäik

Haagise toiteallikateks on päikesepaneel ja lisaallikaks generaator. Järgnevalt arvutan välja minimaalse laadimisaja päikesepaneeliga laadimisel, mis tuleb maksimaalse laadimisvoolu korral. Samuti arvutan välja minimaalse laadimisaja generaatoriga, arvestades generaatori maksimaalset võimsust. Tegelikuses võib laadimisaeg erineda peamiselt ilmastikuoludest sõltuvalt. Arvutan välja ka seadmete maksimaalse tööaja arvestades süsteemipinget, seadmete energiatarbimist ning akude mahutavust.

Akude minimaalne laadimisaeg päiksepaneeliga

Laadimisaeg (tunnid) = (Aku mahutavus (Ah)*akude arv)/laadija võimsus (A)

Laadimiskontrolleri maksimaalne laadimisvool on 30 A.

Laadimisaeg (tunnid) = (120 Ah x 4)/30 A = 16 h

Akude minimaalne laadimisaeg generaatoriga

Laadimisaeg (tunnid) = (Aku mahutavus (Ah)*akude arv)/generaatori võimsus (A)

Generaatori maksimaalne võimsus on 25 A.

Laadimisaeg (tunnid) = $(120 \text{ Ah} * 4 \text{ akut}) / 25 \text{ A} = 19,2 \text{ h}$

Seadmete maksimaalse tööaja arvutuskäik

Seadmed töötavad pingeregulaatorist tuleva väljundpingega 12 V.

Kõikide seadmete maksimaalne tarbimine 3,5 A.

Elektrienergia tarbimine $3,5 \text{ A} * 12 \text{ V} = 42 \text{ W}$.

Seadmete tööaeg = $480 \text{ Ah} / 3,5 \text{ A} = 137 \text{ h} = 5,7 \text{ päeva}$

6. Ehitustööd ja katsetamised

6.1 Tehnilise lahenduse paigaldus

Haagisele automaatse numbrituvastus- ja kiibilugemisüsteemi paigaldamine toimus 20-25.09.23 Almicu kontoris ja 25.10.23 EMG Kirna töökojas. Paigaldamisel osalesid Almic OÜ tehniline spetsialist Toomas Lepp, R&D spetsialist Kaur Pikhoff, R&D osakonna juht Martin Valvur ja mina. Järgnevalt toon välja haagisele tehnilise lahenduse paigalduse käigus teostatud tööd. Tulemus pärast paigaldustöid Almicu kontoris on näha joonisel 19.

- Veekindlast vineerist akude kasti ehitamine ja akude paigaldamine haagise põrandale.
- Elektrikilbi ja alumiiniumplaadi paigaldamine haagise siseseinale.
- Pingeregulaatori, akulaadija, päikeseenergia laadimiskontrolleri, ruuteri ja arvuti paigaldamine alumiiniumplaadile.
- Multimeetri ja akupinge näidikute lisamine.
- Ruuteri ja arvuti elektrikilbiga ühendamine.
- Arvutile staatilise IP-ga SIM-kaardi lisamine.
- UHR RFID kiibilugeja paigaldamine haagise väliseina külge.
- Kiibilugeja ühendamine elektrikilbiga ning ruuteriga.
- Päikesepaneeli ja selle kinnituste paigaldamine haagise katusele.
- Päikesepaneeli ühendamine laadimiskontrolleriga.
- Numbrituvastuskaamera paigaldamine haagise väliseina külge.
- Numbrituvastuskaamera ühendamine elektrikilbi ning ruuteriga.
- Pöördkaamera paigaldamine – kaamera kinnitamine torukinnituse külge, kaablite paigaldamine, kinnitusplaadi paigaldamine kaameraposti külge, postikinnituste paigaldamine haagise seinale, posti kinnitamine, ühendamine ruuteri ja elektrikilbiga.
- Foori paigaldamine haagise väliseina.
- Generaatoritoite pikendusjuhtme paigaldamine furgooni väliseina.
- SD-kaardi lisamine pöördkaamera pildi salvestamiseks.
- Teise numbrituvastuskaamera paigaldamine haagise väliseina ning süsteemiga ühendamine.



Joonis 15. Furgoonhaagise vaated esi- ja tagaküljelt.

6.2 Ohutus, turvalisus ja mugavus

Furgoonhaagise ehitusel pöörasime tähelepanu sõiduohutusele, turvalisusele ning monteerimise mugavusele. Kiibilugeja ja numbrituvastuskaamerad on liigendatud ning nende suunda saab autode tuvastamiseks reguleerida vastavalt objekti eripärasusele (joonised 15 ja 16). Sõidu ajaks on kõik väliseinas asetsevad seadmed paigutatud sõiduasendisse nii, et need ei ületa haagise gabariite. Valveandurid paigutatakse sõidu ajaks haagisesse sisse. Pöördkaamera on kinnitatud kolme seinakinnitusega, et tagada stabiilsus nii sõidu ajal kui ka objektil kõrgemas asendis. Seinakinnitused on mugavalt kinni- ja lahti keeratavad ning kaamerapost käsitsi tõstetav (joonis 18).

Tuleohutuse tagamiseks on akud paigaldatud eraldi vastupidavasse vineerkasti ning akude vahetus läheduses asub tulekustuti. Eraldatud on ka elektrikilp ning alumiiniumplaadile kinnitatud seadmed (akude laadija, laadimiskontroller, arvuti, ruuter, valvekeskus, pingeregulaator), nagu on näha joonisel 14. Energia kokkuhoiuks saab erinevaid seadmeid elektrikilbis sisse või välja lülitada, kui parasjagu vedu ei toimu või valvet pole vaja. Furgooni seinas on ventilatsiooni eesmärgil õhuava. Kõik juhtmed ja seadmed on tugevalt kinnitatud ning isoleeritud, et tagada nende niiskuskaitse ning püsivus sõidu ajal. Valgustuseks pimedal ajal on haagise laes magnetkinnitusega prožektorlamp. Furgoonhaagise uks on kinnitatud kahelt poolt tabalukkudega. Generaator kinnitatakse sõidu ajaks põrandakinnituste ja rihmade abil haagise põranda külge (joonis 13). Generaatorit käitatakse ainult õues ning akude laadimiseks on paigaldatud furgoonhaagise väliseina pikendusjuhe, mis on läbi seina ühendatud laadimiseseadmetega.

6.2 Programmivaate arendus

Programmivaate väljanägemise ja funktsionaalsuse osas pidasin nõu EMG müügispetsialisti Kaili Piirmetsaga ja karjäärijuhi Raivo Kuristikuga. Selgitasin üldiselt haagise funktsioone ning arutasime, milliseks peaks arenduse väljund kujunema. Programmivaate arendamiseks pidasin 27.09.2023 Almicus koosoleku tarkvaraarendaja Ken Jõelaga. Selgitasin talle üldiselt haagise funktsioone ja soovitud väljundit programmis. Arutasime võimalikke lahendusi ja jõudsime lahenduseni.

Projektkarjäärides on valdavalt „käsitsi“ tellimuste sisestamine, sest laadimine toimub laaduri kaaluandmete, mitte autokaalu järgi. „Käsitsi“ tellimuste sisestamine on selgitatud varasemas peatükis. Kui veokite tuvastamine toimub automatiseeritud haagisega, siis tellimused vormistatakse täidetuks ja e-veoselehed saadetakse välja pärast numbri tuvastamist, kui logisse tekib haagiselt tulnud sissekanne ja ühildub karjääri tellimuses olev auto number ning tuvastatud number.

Programmis lisasime karjäärade nimekirja uue sisendi nimega Mobiilne, mis hakkas tähistama automatiseeritud haagist. Haagiselt tulevad andmed oli vaja saada siduda vastava karjääri tellimuste haldusega, kus ta paikneb. „Mobiilse karjääri“ ehk haagise asukohta on võimalik valida rippmenüüst ning vastavalt valikule seob programm haagiselt tulnud logid antud karjääri tellimustega. Valitud karjääri sisendi nimele lisandub tähis (M: 23), kus M – Mobiilne ja 23 – karjääri ID (joonis 20).

23	Mobiilne	-	Laadimine
5	(M: 23) Mõisametsa liivakarjäär	Järva maakond, Paide linn, Mustla-Nõmme küla	Karjääri tööd Fraktsiooni tootmine Tankimine

Joonis 20. Objekt „Mobiilne“ liidetud Mõisametsa karjääriga, EMG programm.

6.3 Tehnilise lahenduse katsetamised

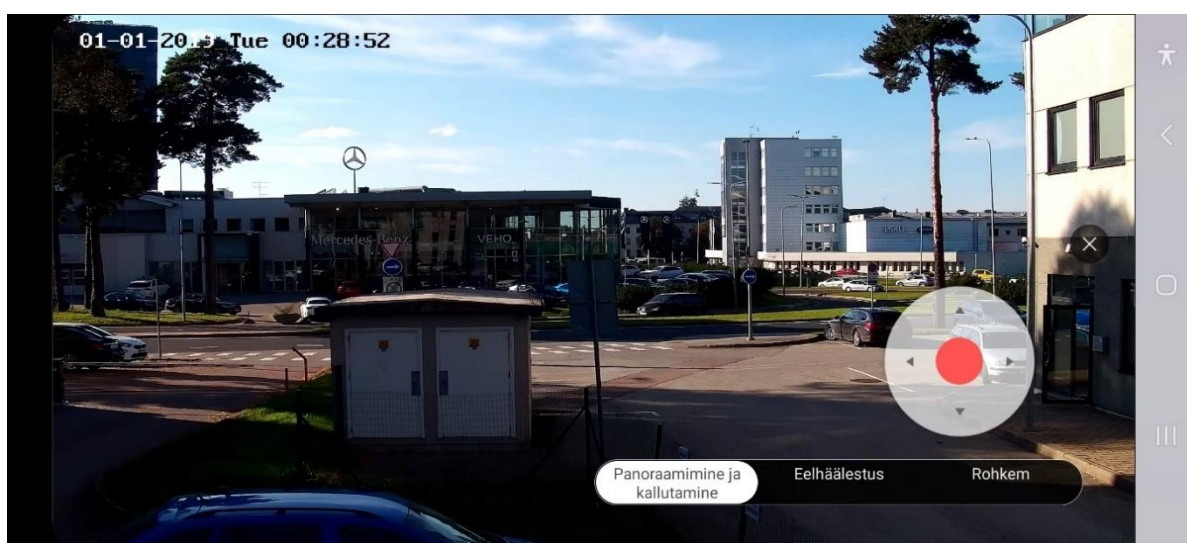
Tuvastussüsteemi esmane katsetus toimus 26.09.2023 Almicu kontoris aadressil Järvevana tee 9f, Tallinn. Katsetamisel osalesid Almicust juhatuse liige ja süsteemiarhitekt Riho Piik, R&D osakonna juht Martin Valvur ja mina. Paigalduse järgselt kontrollisime kiibilugeja ja numbrituvastuskaamera tööd (joonised 21 ja 22), valideerisime infosüsteemi edastatud andmete õigsust ning logidesse tekkinud väärtusi. Lisaks kontrollisime pöördkaamera videoedastust ning liikumispõhist salvestust kasutades Hik-Connect mobiilirakendust (joonis 23).



Joonis 21. Kiibituvastuse katsetamine Almic OÜ-s.



Joonis 16. Numbrituvastuse katsetamine Almic OÜ-s.



Joonis 17. Pöördkaamera videopildi ja järelvaatamise katsetamine Hik-Connect platvormis.

Päikesepaneelist saadud maksimaalse tootmise (226W) tuvastasime 26. septembri lõunal. Järgneval tööädalal, 2.-6. oktoobril, saadud tulemused olid järgmised:

02.10 maksimaalne võimsus 164W ja päeva tootlikkus 600Wh,

03.10 maksimaalne võimsus 107W ja päeva tootlikkus 350Wh,

04.10 maksimaalne võimsus 221W ja päeva tootlikkus 350Wh,

05.10 maksimaalne võimsus 71W ja päeva tootlikkus 210Wh,

06.10 pärastlõunaks oli maksimaalne võimsus 212W ja päeva tootlikkus 610Wh, kogu töötamise aegne tootlikkus oli 8kWh. Paneeli paigaldasime 21. september ehk 8kWh tootmiseks kulus ligi 16 päeva.

Esimene objektikatsetus toimus Hurtja liivakarjääris ajavahemikul 11.10.2023-24.10.2023. Parkisime haagise karjääri sisse- ja väljasõidutee äärde ning sättisin kiibilugeja ning numbrituvastuskaamera karjäärist välja sõitvate autode suunda. Lülitasin sisse kõik seadmed ning kontrollisin nende tööd infosüsteemi laekuva info põhjal ning juhendasin veokijuhte (joonis 24).



Joonis 18. Autotuvastuse ja objektivalve katsetamine Hurtja liivakarjääris.

Teine objektikatsetus toimus Mõisametsa liivakarjääris ajavahemikul 10.11.2023-17.11.2023 (joonis 25). Katsetamise ajaks oli haagisele lisatud ka teine numbrituvastuskaamera, et tuvastada nii sisenevaid kui ka väljuvaid autosid. Arendustiim sidus mõlemad numbrituvastuskaamerad programmiga ning korrigeeris andmevoo filtreid, et vähendada valepositiivseid tulemusi ehk infomüra.



Joonis 19. Objektkatsetus Mõisametsa liivakarjääris, ekraanipilt Hik-Connect mobiilirakendusest.

6.4 Valvesüsteemi paigaldamine ja katsetused

Valvesüsteemi paigaldus toimub 11.10.2023-13.10.2023 Hurtja liivakarjääris, paigaldusel osalesin mina ja FLS-i tehnik. Tutvusin ning selgitasin masinaoperaatoritele Ajax Security mobiilirakenduse kasutamist. Tekitasime liikumisanduritega ligikaudu 20x20m valvestatud ala, ning ühendasime valvekeskuse akutoitele (joonis 26).



Joonis 20. Nelinurkselt paigaldatud liikumisandurid valvestatud ala tekitamiseks Hurtja liivakarjääris.

7. Tulemused

Tarkvarad, klienditeekond ja kogemused

Kõigil intervjueritud ettevõtetel on valmidus väljastada e-veoselehti. Mõned on paralleelselt alles jätnud ka pabersaatelehe süsteemi, ning on ka ettevõtteid, kes on süsteemi täielikult digitaliseerinud ning pabersaatelehti enam ei väljasta. Ka laovarustus, tootmisandmed, inimressursside ning töökorralduse haldus on mitmes ettevõttes viidud digitaalseks. Viiest intervjueritud ettevõttest neli kasutab põhiprogrammina Waybillerit, mis on hetkel suurima ulatusega tarkvara, pakkudes oma teenust ka põllumajandusettevõtete, sadamate ning tehaste digitaliseerimiseks. QuarryMon on algselt EMG Karjäärid OÜ-le arendatud juhtprotsesside haldusprogramm, kuid selle vastu on huvi tundnud ning kasutajatena liitunud veel mitu ettevõtet. Mõlemat programmi on võimalik liita auto- või laadurikaaludega, nagu Scalex ja Tamtron, ning raamatupidamistarkvaradega, näiteks Directo või Business Central.

Digilahenduste kasutuselevõtuga seonduvalt on nii positiivset kui ka negatiivset tagasisidet. Kaks ettevõtet vastas, et on tänu digitaliseerimisele kokku hoidnud inimressursi pealt, vähendades kaalumajade operaatorite või dispetšerite arvu karjääri(de)s või muutes kaalumajad täielikult automaatseks. Üks takistus digilahenduste kasutuselevõtuga on töö häiritus internetiühenduse puudumisel, katkestuste puhul või halva levi korral. Lisaks võib välja tuua veel vanema generatsiooni töötajate või veoautojuhtide nõrgema digipädevuse, mistõttu on olulisel kohal töötajate väljakoolitamine ning väikeettevõtete puhul uuendustega kaasas käimine. Digilahendused, mida hetkel kasutatakse, nõuavad nutitelefoni või tahvelarvuti olemasolu. Tarkvarade eesmärgiks on töö lihtsustamine, seega on tähelepanu pööratud võimalikult väheste liigutustega tulemuseni jõudmisele. Laadimisprotsess on muutunud kiiremaks tänu eeltäidetud tellimustele, laadurijuht saab mõne klikiga väljastada täidetud tellimuse kohta e-saatelehe.

Töös kasutatud kaks näidet pabersaatelehtedest ning üks e-veoselehest väljastati samal kuupäeval kahes erinevas karjääris. Näidetest on näha, et pabersaatelehel puudub laadimisaja info (kuupäev, kellaaeg), objekti koordinaadid, materjali saaja info, autojuhi andmed ning materjali kvaliteediinfo. Kasutatud on sama saatelehte kolmel ja viiel korral sama auto puhul sellel päeval. E-veoselehtede puhul on igal lehel kordumatu ID number.

Veotuvastus, valve ja ülevaade






Töö praktilise osa tulemusena valmis projektikarjääride jaoks oluline vahend veotuvastuse jälgimiseks, veoandmete kontrollimiseks ning ühendamiseks ettevõttes kasutatud haldusprogrammiga. Lisaväärtusena on tänu haagisele ehitatud süsteemile võimalik hoida karjääritehnika valve all ning saada ülevaade karjääris toimuvast. Kasutusel olev lahendus lisab väärtust müügi- ja tellimisprotsessidele, võimaldades kaugülevaadet ja visuaalset tellimuste täitmise kontrolli. Järgnevalt toon välja kahel objektikatsetusel saadud õnnestunud ning ebaõnnestunud tulemused. Tulemused on näidatud väljavõtetena QuarryMon programmi logisisekannetest.

Esimene veotuvastuse objektikatsetus toimus Hurtja liivakarjääris ning tuvastati väljuvaid autosid. Eesmärgiks oli katsetada kaamera paigutust, tuvastada vajalik veokite liikumistrajektoori, sõidukiirus ja seisukoht, välja selgitada juhtidele vajalikud liiklusuunised ning katsetada eeltäidetud tellimuslehtede

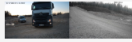

põhjal e-veoselehe väljastamist numbrituvastuse põhjal. Hurtja liivakarjääris tuvastas haagisel olev numbrituvastus väljastatud koormatest 48%. Tabelis 4 on näha tuvastatud autode arvud päevade lõikes ning joonisel 27 on näited õnnestunud numbrituvastuskatsetest. Teine objektikatsetus toimus Mõisametsa liivakarjääris 17.11 kahe numbrituvastuskaameraga ehk nii sisse- kui väljasõidul. Edukalt toimus kahel korral sama auto sisse- ja väljasõidu tuvastus (joonised 28 ja 29). Lisaks tuvastas süsteem eraldi ühte sissesõitu ja ühte väljasõitu.

Tabel 4. Numbrituvastuse katsetamise tulemused.


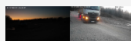
Kuupäev	Haagis	Kokku	Osakaal
12.okt	5	18	28%
13.okt	8	12	67%
16.okt	10	19	53%
17.okt	2	3	67%
12-17.okt	25	52	48%

ID	Aeg	Kaal (kg)	Karjäär	Sõiduk : Suund : Tähtsus : Nähtud	Pilt	Logi seletus	Tundmatu Sõiduk
307712	17.11.2023 14:35:38	31650	5 Mõisametsa liivakarjäär	642BLJ välja 75 7 Mobil-ID23		SUCCESS: Kõik läks edukalt! Emailid on välja saadetud! Valitud sõiduk (642BLJ). Saatelehe nr: 235037188	
303839	17.10.2023 09:09:38	29200	22 Hurtja liivakarjäär	154GRL välja 74 8 Mobil-ID23		SUCCESS: Kõik läks edukalt! Emailid on välja saadetud! Valitud sõiduk (154GRL). Saatelehe nr: 2322035252	
303816	17.10.2023 08:14:38	29900	22 Hurtja liivakarjäär	393RBB välja 81 11 Mobil-ID23		SUCCESS: Kõik läks edukalt! Emailid on välja saadetud! Valitud sõiduk (393RBB). Saatelehe nr: 2322035240	
303787	16.10.2023 17:22:41	29050	22 Hurtja liivakarjäär	815BXN välja 73 12 Mobil-ID23		SUCCESS: Kõik läks edukalt! Emailid on välja saadetud! Valitud sõiduk (815BXN). Saatelehe nr: 2322035228	
303766	16.10.2023 16:03:43	29000	22 Hurtja liivakarjäär	815BXN välja 77 12 Mobil-ID23		SUCCESS: Kõik läks edukalt! Emailid on välja saadetud! Valitud sõiduk (815BXN). Saatelehe nr: 2322035223	

Joonis 21. Näited õnnestunud numbrituvastuskatsetest Hurtja liivakarjääris.






ID	Aeg	Kaal (kg)	Karjäär	Sõiduk : Suund : Tähtsus : Nähtud	Pilt	Logi seletus	Tundmatu Sõiduk
307751	17.11.2023 15:34:08	31600	5 Mõisametsa liivakarjäär	642BLJ välja 80 12 Mobil-ID23		SUCCESS: Kõik läks edukalt! Emailid on välja saadetud! Valitud sõiduk (642BLJ). Saatelehe nr: 235037205	
307744	17.11.2023 15:25:14	1	5 Mõisametsa liivakarjäär	642BLJ sisse 77 6 Mobil-ID23		LEPING: Sisenenud sõidukil ei olnud tellimust AGA leiti leping, uus tühikaal loodud.	

Joonis 22. Sisse- ja väljasõidu tuvastamine 1.


307784	17.11.2023 16:33:56	30500	5 Möisametsa liivakarjäär	642BLJ	välja	79	12	Mobiil-ID23		SUCCESS: Kõik läks edukalt! Emailid on välja saadetud! Valitud sõiduk (642BLJ). Saatelehe nr: 235037223
307775	17.11.2023 16:23:39	1	5 Möisametsa liivakarjäär	642BLJ	sisse	100	11	Mobiil-ID23		LEPING: Sisenevad sõidukil ei olnud tellimust AGA leiti leping, uus tühikaal loodud.

Joonis 23. Sisse- ja väljasõidu tuvastamine 2.

Objektikatsetuste käigus selgusid ka kaks süsteemset probleemi, mis otseselt mõjutavad logisisekandeid. Kiibilugeja on väga võimas ning loeb kiipe juba mitmekümne kuni saja meetri kauguselt (joonis 31). Numbrituvastuskaamera pildistab iga 10 sekundi järel, kui vaateväljas on tuvastatav number (joonise 30). Reguleerisime numbrituvastuskaamera süsteemset müra, et lahendada logisisekannete ebatäpsust.

ID	Aeg	Kaal (kg)	Karjäär	Sõiduk : Suund : Tähtsus : Nähtud	Pilt	Logi seletus	Tundmatu Sõiduk
303770	16.10.2023 16:04:15	1	22 Hurtja liivakarjäär	815BXN välja 100 11 Mobiil-ID23		ERROR: Tundmatu sõiduk! Sisenevad sõidukil ei leitud käesolevat tellimust ega lepingut! Tühikaal(ud) leitud numbritele loodud.	?
303769	16.10.2023 16:04:06	1	22 Hurtja liivakarjäär	815BXN välja 100 12 Mobiil-ID23		ERROR: Tundmatu sõiduk! Sisenevad sõidukil ei leitud käesolevat tellimust ega lepingut! Tühikaal(ud) leitud numbritele loodud.	?
303768	16.10.2023 16:03:57	1	22 Hurtja liivakarjäär	815BXN välja 100 11 Mobiil-ID23		ERROR: Tundmatu sõiduk! Sisenevad sõidukil ei leitud käesolevat tellimust ega lepingut! Tühikaal(ud) leitud numbritele loodud.	?
303767	16.10.2023 16:03:52	1	22 Hurtja liivakarjäär	815BXN välja 100 14 Mobiil-ID23		LEPING: Sisenevad sõidukil ei olnud tellimust AGA leiti leping, uus tühikaal loodud.	
303766	16.10.2023 16:03:43	29000	22 Hurtja liivakarjäär	815BXN välja 77 12 Mobiil-ID23		SUCCESS: Kõik läks edukalt! Emailid on välja saadetud! Valitud sõiduk (815BXN). Saatelehe nr: 2322035223	

Joonis 24. Korduvad logisisekanded pärast e-veoselehe väljastamist.

ID	Aeg	Kaal (kg)	Karjäär	Sõiduk : Suund : Tähtsus : Nähtud	Pilt	Logi seletus	Tundmatu Sõiduk												
303856	17.10.2023 09:57:22	1	22 Hurtja liivakarjäär	<table border="1"> <tr> <td>-</td> <td>E2000017380502480950B926</td> <td>RFID</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>-</td> <td>E2000017380502490950B91F</td> <td>RFID</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td colspan="4">NUMBRIT EI LEITUD</td> </tr> </table>	-	E2000017380502480950B926	RFID	6	-	E2000017380502490950B91F	RFID	30	NUMBRIT EI LEITUD					ERROR: Tundmatu sõiduk! Sisenevad sõidukil ei leitud käesolevat tellimust ega lepingut! Tühikaal(ud) leitud numbritele loodud.	?
-	E2000017380502480950B926	RFID	6																
-	E2000017380502490950B91F	RFID	30																
NUMBRIT EI LEITUD																			

Joonis 25. Valesissekanne kiibilugeja tõttu.

Loodud süsteem võimaldab tuvastada projektikarjääridesse sisenevaid ja karjäärist väljuvaid veokeid ning seeläbi väljastada e-veoselehti. Süsteem töötab valdavalt taastuvenergia põhiselt ning seda saab kasutada kõikides ettevõtte karjäärides, olenemata asukohast. Töö tulemusena on võimalik edastada vajalikku veoinformatsiooni digitaalsel kujul, näha reaajas laekuvat informatsiooni ning seda läbi tarkvara hallata. Projektikarjäärid on võimalik haagisega digitaliseerida ning tagada karjääritehnika ja töötajate ohutus.

8. Järeldused ja edasised ettepanekud

Hetkel on puistematerjalide vedude jälgimiseks ja riiklike tööde dokumenteerimiseks monopol Waybilleri käes kuid on alust arvata, et varsti jõuavad laialdasemalt turule ka alternatiivsed haldustarkvarad.

Inimeste kohalolu vajadus karjääris väheneb ning sealt tulenevalt toimub inimressursi kokkuhoid ja tööohutuse paranemine. Veokijuht ei pea oma veokist lahkuma, et kaalumajas saateleht allkirjastada, ta saab selle kinnitada oma nutiseadmes. Veokituvastus karjääri sisenevate ja väljuvate autode puhul annab reaajas ülevaate kes karjääris parasjagu viibib.

Veokituvastus karjäärides annab eelise kontrollida karjääri sisenenud ja väljunud veokeid ning nendega seotud tellimuste ja lepingute olemasolu. Numbrituvastuskaamera eeliseks on visuaalse pildi sidumine iga väljastatud koormaga. Kiibi- või QR-tuvastuse eeliseks on see, et veokit on võimalik tuvastada ka määratud numbrimärgi korral, või kui tegemist on näiteks traktoriga mille numbrimärk asub kabiini tagaküljel.

Kuna digilahenduste kasutuselevõtt on veel võrdlemisi uus suund, siis tarkvaralahendusi arendatakse pidevalt kõikide osapoolte vajaduste efektiivseks teenindamiseks. Usun, et järgmise paari aasta jooksul on pabersaatelehtede väljastamine minevik ning kogu andmevahetusprotsess toimib sujuvamalt ning läbipaistvamalt.

Lisaks e-veoselehtede väljastamisele keskenduvad ehitusmaterjalide kaevandajad ka tootmisprotsesside halduse ning aruandluse automatiseerimisele. Suunaks on ühendada müügi- ja tootmisandmed raamatupidamisega ühe süsteemi alla. Laoarvestus, töötundide arvestus, müügiarvestus, lepingute haldus, kliendihaldus, arvete väljastamine ja aruannete koostamine – kõik protsessid võiksid toimida automaatselt.

Haagise lahendus

Eesmärk parandada projektikarjäärade jälgitavus on tänu haagise lahendusele täidetud. Katsetamiste tulemusena selgus, et antud kombinatsiooniga seadmetest on võimalik tuvastada karjääri sisse- ja välja sõitvaid veokeid ning selle abil kontrollida täidetud tellimusi. Samuti on täidetud eesmärk saada ülevaate karjäärist tänu pöördkaamera kasutuselevõtuga.

Haagise katsetuste järel selgus, et numbrituvastussüsteem toimib, kuid seda on vaja edasi arendada ja täpsemaks seadistada. Katsetused Hurtja ja Mõisametsa vedudel ei olnud ootuspärased, tuvastatud veokite protsent võrreldes kogu veoga oli oodatust väiksem. Analüüsidest jõudsin järeldusele, et põhjuseks oli nii kaamera seadistus kui ka vähesed juhised veokijuhtidele.

Probleemi lahendamiseks peaks haagise kõrvale looma sõidukoridori koos liikluskorraldusvahenditega. Numbrituvastus toimib, kui veokijuht jääb seisma kaamera suhtes optimaalsel kaugusel ning suunaga kaamera poole. Paljud veokid jäid seisma kas liiga kaugel või lähedal, sõitsid kaamerast mööda või ei jäänudki seisma. Pakun välja, et tuvastusprotsendi suurendamiseks tuleb viia läbi lisakatsetusi ning juhendada autojuhte vajalike liiklusvahenditega. Kuna kiibilugeja on numbrituvastuskaameraga seotud, siis õige visuaalse pildi saamiseks tuleb kiibilugejat vastavalt seadistada.

Katsetamiste käigus selgus, et väga oluline on numbrituvastuskaamerate suunamine ja seadistamine iga objekti põhiselt. Tuleb arvestada karjäärisiseste teede situatsiooniga, laadimispunktide ja parkimisplatside asetusega. Kõige optimaalsem on paigaldada haagis nii, et see asub karjääri sissesõidu lähedal, peatee ääres. Haagise vahetus läheduses peab olema piisavalt ruumi valveala loomiseks, kui on soov karjäärитеhnika tööväliseks ajaks valvealasse jätta. Soovitan koostada karjääritöötajatele haagise käsitlemiseks selgitava juhendi.

Ettepanekud

Eraklientidele tellimuste esitamise lihtsustamiseks võiksid kaevandusettevõtted arendada oma kodulehekülgedele e-poe võimaluse. Tänapäeval eeldatakse, et paljusid tooteid ja teenuseid saab kiirelt ja mugavalt läbi nutiseadme osta, siis miks mitte ka karjäärist ehitusmaterjale? Tavaliselt on eraklientidele määratud baashinnad, mida kajastatakse kodulehekülgedel. Mõnel ettevõttel on tellimusvorm läbi kodulehe täitmiseks olemas. E-poes oleks võimalik makse teostada ning esitatud tellimus automaatselt raamatupidamis- ja müügiprogrammi edastada. Kui klient soovib materjali koos transpordiga, siis peaks süsteem võimaldama transpordiettevõttel või logistikul kinnitada, et on tellimuse kätte saanud. Samuti võiks klient saada läbi tarkvara jälgida või saada teateid oma tellimuse staatusest.

GPS-jälgimise ja kvaliteediinfo põhjal võiks tulevikus mudeldada nii karjääriladusid kui ka teedehituses erinevaid kihte. Riiklike maanteede ehitusel tuleb ette olukordi, kus samasse teekihti tarnitakse täitematerjale mitmest karjäärist, ettevalmistustööde käigus tekkinud täitematerjali või taaskasutatud materjale. Tänu elektroonilisele teabele saaks jälitada teatud teelõigule või kihti tarnitud koormaid nende lähtepunkti. Kui tee pealt võetud A-proovitulemus ei vasta nõuetele, siis võetakse sellest punktist mõlemas suunas uued, B-proovid. Kui jõuda jälile antud proovivõtukohta materjali päritolule ning tootmise ajale, on võimalik paremini kaardistada ka uued proovivõtukohad. Samuti annab eri materjalide kvaliteeti antud teelõigus või kihis kaardistada ning visuaalselt mudeldada, võttes aluseks näiteks karjäärimaterjalide toimivusdeklaratsioonides paika pandud kvaliteediomadused. Ka karjääriladude kvaliteeti saaks paremini kaardistada kui integreerida proovitulemused tootmisandmestiku ning asukohapõhise jälgimisega. Tänu sellele saab nõuetele mittevastava materjalikoguse täpse asukoha teada ning vajadusel see materjalist eraldada.

Kokkuvõte

Mäendus, logistikasektoris ja teedehituses pööratakse tänapäeval suurt tähelepanu reaallaja andmete kättesaadavusele, tööde ning protsesside efektiivsemaks muutmisele, ohutuse ja töökeskkonna parandamisele. Ehitusmaavarakarjäärides on viimastel aastatel toimunud üleminek juhtprotsesside digitaliseerimisele, kaotades aegunud süsteemid ning asendades need integreeritud digitaalsete lahendustega. Antud töös viidi läbi taustauuring ning intervjuud ehitusmaavarade sektoris viie suurettevõtte esindajaga, et saada ülevaade kasutusel olevatest digitaalsetest lahendustest ning haldustarkvaradest, võrrelda digilahenduste mõju klienditeekonna etappidele ning saada tagasisidet digilahenduste kasutuskogemustest.

Kõige levinumad tarkvarad on Waybiller ja QuarryMon, mis ühendavad müügihalduse, laoarvestuse, tööhalduse, tootmisandmed ning raamatupidamise ühtselt toimivasse süsteemi. Digitaliseerimise tuumaks on olnud laaduri- ja autokaalude liidestamine tarkvaraga, veokituvastuse kasutuselevõtt ning müügiosakonna ja karjääritöötajate infoedastus läbi tarkvara. Klienditeekond varieerub vastavalt kliendi, lepingu ja karjääri tüübist ning seal kasutatavast süsteemist, kuid üldiselt on muutunud iga klienditeekonna etapp digitaalsemaks. Ettevõtete kogemuste põhjal toodi töös välja digilahendustega seonduvad eelised ja puudused. Tänu digilahendustele on vähenenud inimeksimusest tingitud vead, inimressursi ja paberimajanduse kulud, vargused ja ülekaaluliste koormate väljastamine. Tänu reaallaja andmetele on võimalik töid efektiivsemalt teostada ning tootmisprotsesse optimeerida. Probleemsed kohad on võrguühendusest sõltumine ning töötajate ja vedajate digipädevus. Osa ettevõteteid ja kliente näevad olemasolevate lahenduste puhul suurt arenguruumi.

Töö praktiline osa viidi läbi koostöös ehitusmaavarade kaevandusettevõtte EMG Karjäärid OÜ ja IT arendusettevõtte Almic OÜ-ga. Projekti eesmärgiks oli ehitata mobiilne lahendus, mis võimaldaks üle Eesti asuvate hooajaliste projektikarjäärade materjalivedu visuaalselt jälgida ja automaatselt kontrollida, karjääritööd efektiivsemaks ning turvalisemaks muuta. Antud projekt hõlmas ettevõtte vajaduste ning nägemuse kaardistamist, idee visualiseerimist, arendus- ja ehitustöid ning objektikatsetusi. Arendustöö käigus sõnastati vajalikud funktsioonid ja koostati tehniline lahendus. Ehitustöödele eelnevalt soetati vajalikud komponendid ning ehituse käigus kontrolliti nende töökindlust. Peale ehitustööd tuli süsteemiinfo liidestada programmiga ning arendada programmivaadet. Seejärel viidi läbi objektikatsetused Hurtja ja Mõisametsa liivakarjäärides, mille käigus seadistati komponente, tuvastati probleemid ning nende põhjused. Tulemusena valmis veotuvastus- ja valvesüsteemiga varustatud autohaagis, mis täitis esmaste katsetuste põhjal oma põhifunktsioone.

Tänuavaldused

Täna enda juhendajat Martin Valvurit ja kogu Almicu tiimi – Toomast, Kauri, Keni, tänu kellele said ideed teoks. Olen tänulik EMG kollektiivile projekti rahastamise ning toetamise eest. Täna oma juhendajat Veiko Karu suunamise ja heade ettepanekute eest. Täna kõiki intervjuudes osalenud ettevõtete esindajaid usalduse ja meeldiva koostöö eest.

Kirjanduse loetelu

- Astronergy. (2023, 13. detsember). *ASTRO 5s 415W Monofacial Series (182)*. <https://www.astronergy.com/product-series/astro-5s-415w-monofacial-series-182/>
- Barnewold, L., & Lottermoser, B. G. (2020). Identification of digital technologies and digitalisation trends in the mining industry. *International Journal of Mining Science and Technology*, 30(6), 747-757. <https://doi.org/10.1016/j.ijmst.2020.07.003>
- Beelink. (2023, 16. detsember). *Mini S Intel 11th Gen 4 Core 2.9Ghz Processor*. <https://www.beelink.com/beelink-mini-s-n5095-mini-pc>
- BK Eesti. (2023, 28. detsember 2023). *Pöördkaamerad*. <https://www.bkeesti.ee/ip-kaamera-tuup/poordkaamerad/>
- BK Eesti. (2023, 28. detsember). *Torukaamerad*. <https://www.bkeesti.ee/ip-kaamera-tuup/torukaamerad/page/4/>
- Daewoo Power Products. (2023, 12. detsember). *Inverter Petrol Generator DAEWOO GDA 2500Si*. https://daewoo-power.com/multicatalog/item/daewoo_gda_2500si/
- Deskis. (2023, 18. detsember). *Deskis - Tarkvarad metsa- ja puidusektorile*. <https://www.deskis.ee/>
- Dessureault, S. (2019). Industrial internet of things and gamification applied to fleet and personnel management. C. Mueller, W. Assibey-Bonsu, E. Baafi, C. Dauber, C. Doran, M. J. Jaszczuk, & O. Nagovitsyn (toim.), *Mining Goes Digital: Proceedings of the 39th International Symposium 'Application of Computers and Operations Research in the Mineral Industry' (APCOM 2019), June 4-6, 2019, Wroclaw, Poland* (lk 437-442). CRC Press.
- Dixit, S., Dhadge, Y., Ingawale, M., Joshi, N., & Anarase, V. (2023). A Comprehensive Software Solution for Management of Coal Mines. *International Conference on Sustainable Computing and Smart Systems (ICSCSS)* (lk 1183-1189). IEEE.
- Eesti Killustik. (2023, 18. detsember). *Eesti Killustik – Firmast*. <https://www.eestikillustik.ee/firmast/>
- Eesti Maavarade Grupp. (2023, 12. detsember). *Ettevõtte*. <https://emg.ee/ettevottest/>
- EMPL. (2023, 15. november). *E-veoselehe registri (EVR) infosüsteem*. <https://www.veoseleht.ee/>
- E-veoselehe teenusearenduse toetamise tingimused ja kord. (2022) RT I, 06.05.2022, 19. <https://www.riigiteataja.ee/akt/106052022019>
- Euroopa Parlamendi ja nõukogu määrus (EL) 2020/1056, 15. juuli 2020, elektroonilise kaubaveoteabe kohta (2020). ELT L 249 31.7.2020, lk 33. <http://data.europa.eu/eli/reg/2020/1056/2020-07-31>
- Gartner Glossary. (2023, 20. detsember). Digitalization. *Information Technology Gartner Glossary*. <https://www.gartner.com/en/information-technology/glossary/digitalization>

Gartner Glossary. (2023, 20. detsember). Digitization. *Information Technology Gartner Glossary*. <https://www.gartner.com/en/information-technology/glossary/digitization>

Geoloogiateenistus. (2023, 15. november). *Ehitusmaavarad*. <https://www.egt.ee/tegevusvaldkonnad-ja-eesmargid/maapoueressursid/ehitusmaavarad>

Haridus- ja Teadusministeerium. (2023, 20. detsember). *Digipööre ja digitaliseerimine*. <https://www.hm.ee/ministeerium-uudised-ja-kontakt/tehnoloogilise-arengu-juhtimine/digipööre-ja-digitaliseerimine>

Hurt, U., Helilaid, M., Laas, K., Mering, H., Mõtsküla, P. P., Kaldmaa, P., Lusti, L., Hintsov, T. (2022). *Eesti riigi keskse elektroonilise maanteetranspordi veoselehe juurdepääsupunkti toimimismudeli analüüs. Lõpparuanne*. Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium. <https://realtimeeconomy.ee/sites/default/files/2022-05/e-veoselehe%20NAP%20analu%CC%88u%CC%88s%20%282022%29%20lo%CC%83pparuanne.pdf>

IBM. (2023, 20. detsember). *Industry 4.0*. <https://www.ibm.com/topics/industry-4-0>

Impinj. (2023, 16. detsember). *Impinj Indy Series Reader Chips - Embed Connectivity into Devices*. <https://www.impinj.com/products/reader-chips/impinj-indy-series-reader-chips>

Johanson, J. (2022). *Turuülevaade* [Exceli fail].

Jürjental, G., & Suursaar, K. (2019). *Digitaliseeritud lahenduste kasutamine arvestusalal Eesti ettevõtetes* [Magistritöö, Tartu Ülikool]. DSpace. <http://hdl.handle.net/10062/64674>

Keskkonnaamet Kotkas. (2023, 6. november). *Keskkonnakaitse lubade register*. <https://kotkas.envir.ee/permits/>

Kurg, T. (2023, talv). Autorongi mõju riigiteede taristule. *Teejuht*, 8, 58-61. <https://digiajakiri.transpordiamet.ee/view/922234938/60/>

Langefeld, O. (2017). Future Mining – Thoughts on Mining Trends. *European Geologist*, 44, 15-18. https://eurogeologists.eu/wp-content/uploads/2017/12/EGJ44_lr-1.pdf

Limestone Factories of Estonia OÜ. (2023, 30. detsember). *Esileht*. <https://limestone.ee/>

Marr, B. (2018, 2. september). *What is Industry 4.0? Here's A Super Easy Explanation For Anyone*. Forbes. <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2018/09/02/what-is-industry-4-0-heres-a-super-easy-explanation-for-anyone/?sh=14990a59788a>

Merko Kaevandused OÜ. (2023, 30. detsember). *Ehitusmaavarade kaevandamine ja täitematerjali müük*. <https://merko.ee/ehitusteenused/>

Micromine. (2023, 30. detsember). *Pitram – Technology For Mining*. <https://www.micromine.com/pitram/>

Respo. (2023, 23. oktoober). *Furgoonhaagised – 1500F301L147 kõrge*.
<https://www.respo.ee/et/haagised/furgoonhaagised/1500f301l147-korge>

Tammaru, K. K., & Urbel, A. (2022). Waybiller - paberivaba tulevik [PowePoint Presentation]. Eesti Linnade ja Valdade Liit.
https://www.elvl.ee/documents/21189341/37324293/7.+Waybiller_ELVP+Kert+Kaspar+Tammearu.pdf/7c7e5890-7f5e-43b9-b548-01a69fca3f6c?version=1.0&inheritRedirect=true

Teltronika. (2023, 12. detsember). *Rut Routers - RUT950*. <https://wiki.teltonika-networks.com/view/RUT950>

Tõnts, T. (2021). Elektrooniline veoseleht - efektiivsem ja kiirem info liikumine [PowePoint Presentation]. Eesti Linnade ja Valdade Liit.
<https://www.elvl.ee/documents/21189341/31837158/5.+Elektrooniline+veoseleht+Taavi+T%C3%B5ns.pdf/cfc2e3fd-9cb4-421d-ae28-fc1a5909e59a>

Tõnts, T., Nosach, I., & Hurt, U. (2020, talv). Euroopa ütles e-veoselehele "jah". *Teeleht*, 102, 19-20.

Tõnts, T. (2020, talv). E-veoselehe katseprojektid olid paljulubavad. *Teeleht*, 102, 20-21.

Tõnts, T. (2020, suvi). E-veoselehe väljavaated taristuomaniku pilgu läbi. *Teeleht*, 100, 32-33.

Tõnts, T. (2023, 11. november). *E-veoselehe üldkoosolek nr 8* [PowePoint Presentation].

Trev-2. (2023, 18. detsember). *Teenused - Maavarade kaevandamine*.
<https://www.trev2.ee/et/voimekus/maavarade-kaevandamine>

Vaheladu. (2023, 30. detsember). *Metsalankide haldus*. <https://vaheladu.eu/et/>

Victron Energy. (2023, 13. detsember). *Chargers - Blue Smart IP65 Charger (120V and 230V)*.
<https://www.victronenergy.com/chargers/blue-smart-ip65-charger>

Victron Energy. (2023, 13. detsember). *Smart Solar Chargers - SmartSolar MPPT 100/30 & 100/50*.
<https://www.victronenergy.com/solar-charge-controllers/smartsolar-100-30-100-50>

Waybiller. (2023, 15. november). *Waybiller – Meist*. <https://waybiller.com/et/meist/>

Zamri, N. S. M., Mohamad K. A., Alias, A., Razali, E. F., & Nordin, M.S. (2022). Development of A Solar-Powered Weighbridge System Using Load Cells in Quarry Site. *Evolution in Electrical and Electronic Engineering*, 3(1), 402–408.
<https://penerbit.uthm.edu.my/periodicals/index.php/eeee/article/view/6966>

Lisa 1. Ehituslepingu Lisa mall 15/16 „E-veoselehe tööde dokumenteerimise minimaalsed nõuded“

- 1) Kõik puistematerjalide (liiv, kruus, killustik, bituumensideainega materjalid jms) elektroonilised veodokumendid, edaspidi e-veoselehed ja nende põhjal koostatud koondtabelid (e-veoselehed), tuleb vormistada elektroonilises andmevahetusplatvormis (vt Tabel 1 tööd).
- 2) Andmevahetusplatvorm on info- ja kommunikatsioonitehnoloogial põhinev lahendus, mis on ette nähtud elektroonilise kaubaveoteabe töötlemiseks ja mille kaudu toimub andmevahetus asjaomaste ettevõtjate vahel, samuti asjaomase ettevõtja ja pädeva asutuse vahel masinloetaval kujul.
- 3) Süsteem peab toimima nii, et internetiühenduse puudumisel/katkemisel jääb sisestatud e-veoseleht ootele ja edastatakse internetiühenduse taastumisel automaatselt koos sisestamise aegse kuupäeva ja kellaaajaga (digitempel).
- 4) Erandina võib tõendatud internetiühenduse puudumise või tarkvaraga seotud probleemide korral täita veoselehe paberlehel ning e-veoseleht peab olema vormistatud sel juhul tagantjärgi hiljemalt 1 tööpäeva jooksul pärast veo toimumist.
- 5) Andmed, mida e-veoselehel kajastatakse, peavad minimaalselt sisaldama (korduvad asjad võivad olla eeltäidetavad):
 - a) **veose saatja nimi ja aadress** ning: telefon, ettevõtte nimi, aadress, registrikood;
 - b) **vedaja nimi ja aadress** ning registrikood,
 - c) **autojuhi ees- ja perekonnanimi ja isikukood** ning: telefon, sõidu alustamise kellaaeg, kuupäev;
 - d) **veose saaja nimi ja aadress** ning registrikood;
 - e) **veose peale laadimise koht ja kuupäev ning:** nimi, aadress; koordinaadid; laadimise kellaaeg, kuupäev;
 - f) **veose mahalaadimise koht** ning: nimetus ja aadress, koordinaadid, sihtkohta jõudmise kellaaeg, kuupäev, arvutatud ning sõidetud kilomeetrid;
 - g) **veose üldkasutatav nimetus** (saadetud materjali nimetus), kogus, kaal;
 - h) **veose brutomass;**
 - i) **auto ja selle haagise registreerimisnumbrid** ning: auto ja haagise tühimag, auto ja haagise lubatud täismass, autorongi telgede arv;
 - j) veose vastuvõtmise kinnitamine: nimi, kellaaeg, kuupäev;
 - k) objekti olemasolul: alguse ja lõpu kuupäev;
 - l) veose CO₂ arvutus tuleb näidata alates 01.01.25 ISO standardi 14083 alusel.
- 6) Kui veofirma kasutab alltöövõtjat, siis peab veoselehel Vedaja andmetes olema lisaks täidetud ka alltöövõtja andmed: ettevõtte nimi, aadress ja registrikood, autojuhi nimi ja telefon ning isikukood.
- 7) Andmevahetusplatvorm peab võimaldama erinevaid vaatamisõiguste lubamist Tellijale ja Insenerile, veoselehtede genereerimist, lisadokumentatsiooni lisamist. Materjali päritolu peab olema identifitseeritav ning seostatav platvormis materjali dokumentatsiooniga (deklaratsioon, Inseneri või Tellijaga kokkuleppel toote sertifikaadid).
- 8) Süsteemis peab olema võimalik luua eraldi ehitusobjekte vajalike andmetega ja süsteem peab kandma info nende kohta e-veoselehele.
- 9) Andmevahetusplatvorm peab võimaldama GNSS asukohapõhist teekonna jälgimist iga koormaga.

- 10) Vedajal peab olema GNSS seade (nt sigaretisüütajasse sisestatav või mobiiltelefon) ning **see peab olema aktiveeritud kogu vedamise ajal (Tellijal on õigus nõuetele mittevastavate e-veosehete eest teha mahaarvestust kuni 300 EUR/päevas veoki kohta olenemata probleemsete saatehete arvust päevas)**. Seade või seadme antenn peab olema satelliitidele nähtavas kohas kogu veo ajal.
- 11) Andmevahetusplatvormis peab olema võimalik luua eraldi objekti/objekte, sh eespool kirjeldatud andmed peavad kajastuma vastava konkreetse objekti juures. Veoki ja/või haagise numbrist tulenev teave tuleb genereerida automaatselt liiklusregistri andmebaasist (läbi registreerimismärgi sisestamise, Transpordiameti API kaudu, milleks tuleb sõlmida eelnevalt leping), mis peab jõudma elektroonilisse keskkonda e-veosehete juurde. Juhul kui veokil on olemas 48/52t eriveose luba, tuleb selle olemasolu/number ja kehtivusaeg märkida „märkuste“ lahtrisse.
- 12) E-veoseht tuleb luua ka vedudele, mis toimuvad vaheladudest objektile (v.a vahetult objektile olevad vahelaod, e-veosehete vahelaost objektile nõue kehtib kui kasutatakse avalikult kasutatavaid teid). E-veosehetele tuleb teha märke, kas tegemist on karjäärast tulnud materjaliga või vahelaost ümberveetava materjaliga.
- 13) Kõiki e-veosehete ja nendel olevaid andmeid peab olema võimalik detailsemaks analüüsiks kasutajaliidesest CSV või XLSX formaadis tabelisse eksportida. Eksportitavate andmete koosseisu peab olema võimalik valida.
- 14) Tellijal peab olema õigus süsteemis jälgida ja salvestada oma lepingu raames materjali tarne GNSS logi faile (veendumaks koorma lähtekoha ning sihtkoha vastavuses deklaratsioonidele ja objektile).
- 15) E-veosehete ei tohi olla võimalik kustutada aga võib tühistada.
- 16) E-veosehete võib muuta, aga andmed muudatuste kohta peavad veosehetele säilima (näiteks maha kriipsutatuna).
- 17) E-veosehete peab olema võimalik tagasi lükata koorma mitte vastuvõtmise korral. Tagasi lükkamise kohta peab olema võimalik lisada põhjus ning veokijuht peab saama tagasi lükatud koorma puhul valida uue sihtkoha. Veosehetele peavad kuvatud jääma nii algne, kui ka muudetud sihtkoht.
- 18) E-veosehete tasuta säilitamine ning kättesaadavus kõikidele osapooltele peab olema tagatud veosehete täitmisele järgneva 7 aasta jooksul teenusepakkuja poolt (raamatupidamise seaduse § 12 lg 1).
- 19) E-veosehetele peab olema võimalik tuvastada kolme osapoole kinnitus (saatja, vedaja, vastuvõtja kinnitus, sh vastuvõtjaid võib olla mitu).
- 20) Vastuvõtja kinnitaja kinnituse ajapiirang on 24 tundi ja tal peab olema võimalus anda kinnitus mitmele veosehetele korraga (nn masskinnituse võimalus).
- 21) Töövõtja peab osalema vajadusel MTÜ Eesti Taristuehituse Liit e-veosehete töögrupi koosolekutel ning esitama omapoolsed ülevaated e-veosehete kasutuskogemustest ja arendusettepanekutest jms.

Tabel 1 Tööde loetelu, kus e-veoseleht on kohustuslik.

	Veoselehe üldnõue (vastavalt AutoVS)	GNSS-asukoht jm (vers. 1, 01.01.24 kohustuslik)	Kaaluseadme liidestus (kaaluandmed täidetakse automaatselt e-veoselehel) (vers.2 pilootides)
Asfaldi vedu		+	+
Täitematerjalide vedu objekti vahelattu või paigalduskohta		+	+
Mittesobiva pinnase äravedu objektilt.		+	+
Täitematerjalide vedu objekti vahelaost paigalduskohta	+		
Teel katendi freesimisel tekkiva freesipuru transport vahelaoplatsi	+		
Kõik hooldelepingu ja säilitusremondi tööd	+		

Versioon 2:

- 22) E-veoselehe andmevahetuse platvormiga tuleb liidestada: kaalumaja (peab olema kehtiv taatlus) ja/või laaduri kaaluseade (peab olema kehtiv taatlus) ja/või autorongi pardaarvutist saadav pardakaalu (OBW) info. E-veoselehel tuleb fikseerida kaaluandmed.
- 23) Süsteem peab arvutama veose tegeliku massi (autorongi tühimass + veose mass) ning peab tooma välja hoiatuse, kui seaduses sellele autorongile lubatud täismass on ületatud üle lubatud piirmäära (Tellija poolt lepingulist piirmäära ei kuvata - see jääb varuks).
- 24) E-veoselehe andmevahetuse platvormis peab olema eraldi märged kaaluliidestuse kohta, et need oleks eristatavad ja automaatselt kokku loetavad xls tabelis.

Lisa 2. Komponentide tabel

Komponent, tööpõhimõte	Parameetrid, tehnilised näitajad	Tootja, seeria, nimetus	Allikas
Furgoonhaagis – mobiilne alus.	Kasti sisemõõdud 3,00x1,45 m Täismass 1500kg Kandevõime 990 kg	Respo - 1500F301L147 kõrge	(Respo, 2023)
Päikesepaneel – päikeseenergia kogumine ja muutmise elektrienergiaks.	PV võimsus - 410W 31,43 V 13,05 A 1500 VDC 180 elementi 22kg Mõõdud 1722x1134x30 mm	Astronergy - ASTRO 5s 415W Monofacial Series	(Astronergy, 2023)
Generaator – sisepõlemismootori põhimõttel energia tootmine.	2000W 230V 4L bensiin 8h tööaeg (50%)	Daewoo - GDA 2500Si	(Daewoo Power Products, 2023)
Pingeregulaator – elektrivõrgu sisendpinge reguleerimine ja stabiilse väljundpinge tagamine.	Võimsus kuni 360W DC-DC Sisendpinge 8-40V Väljundpinge 12V	RCNUN	

Komponent, tööühimõte	Parameetrid, tehnilised näitajad	Tootja, seeria, nimetus	Allikas
Akulaadija – elektrivoolu kasutamine tühjenenud akude energiataseme taastamiseks.	Sisendpinge 230V 12V/25A 7-astmeline laadimine 1,9 kg Töökindlus temp. -40 kuni +60 kraadi Tõhusus 94%	Victron Energy – Blue Smart Charger IP65	(Victron Energy, 2023)
Päikeseenergia laadimiskontroller – päikesepaneelist saadava elektrienergia juhtimine akude laadimiseks ja päikeseenergia süsteemi töö reguleerimine.	MPPT Maksimaalne PV avatud vooluahela pinge - 100V Nimilaadimisvool - 30A PV nimivõimsus - 440W Tõhusus - 98%	Victron Energy – SmartSolar MPPT 100/30	(Victron Energy, 2023)
Ruuter – mitme seadme ühendamine üheks võrguks, andmete edastamine ning internetiühenduse jagamine.	4G (LTE) WiFi Dual-SIM	Teltronika Networks	(Teltronika, 2023)
Arvuti töötleb ja salvestab andmeid ning võimaldab kommunikatsiooni internetiühenduse ja serveri abil.	2.9 GHz protsessor 16 GB RAM-mälu Max 2 TB SSD kaart 2 USB ja HDMI porti Wifi 5G Bluetooth 4.0	Beelink Mini S	(Beelink, 2023)
UHR RFID kiibilugeja – raadiosagedusliku identifitseerimistehnoloogia	-84 dBm vastuvõtu sensitiivsus	Impinj R2000 Indy Series UHR RFID	(Impinj, 2023)

Komponent, tööühimõte	Parameetrid, tehnilised näitajad	Tootja, seeria, nimetus	Allikas
abil UHR-RFID kiipide lugemine.	900 kiipi sekundis maksimum 1.5W tarbimine		
Numbrituvastuskaamera loeb ja tuvastab autonumbrimärke ning salvestab logid andmebaasi koos informatsiooni ja piltidega.		Hikvision numbrituvastuskaamera	(BK Eesti, 2023)
Pöördkaamera ehk PZT valvekaamera võimaldab kaamerat pöörata läbi arvuti või tahvelarvuti ning on varustatud optilise zoomiga.	4MP 25x optiline zoom IR LED 50m Smart tracking	Hikvision IP mini pöördkaamera	(BK Eesti, 2023)

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks¹

Mina Kristin Kahu

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „Ehitusmaavarakarjääri juhtprotsesside digitaliseerimine“,

mille juhendajad on Martin Valvur ja Veiko Karu,

1. reprodutseerimiseks lõputöö säilitamise ja elektroonse avaldamise eesmärgil, sh Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. Olen teadlik, et käesoleva lihtlitsentsi punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ning muudest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

[allkirjastatud digitaalselt]

19.01.2024 (kuupäev)