



Ville Kudjoi

# Tractor pullingin mittausjärjestelmä

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Maanmittaustekniikka

Insinöörityö

3.5.2021



## Abstract

Author: Ville Kudjoi  
Title: Tractor Pulling Measurement System  
Number of Pages: 39 pages  
Date: 3 May 2021

Degree: Bachelor of Engineering  
Degree Programme: Land Surveying  
Instructors: Ilkka Partonen, Senior Lecturer

The aim of this final year project was to develop a new, fast, easy-to-use, reliable and accurate measuring system for measuring and announcing tractor pulling competition results, together with a user guide for the end user of the system.

The Bachelor's thesis looked into the history and present situation of tractor pulling competitions and the measuring systems used in competitions. The thesis showed that the present measuring practices had problems because there were some variation in the results and delays in providing the jury with the results.

The development of the new measuring system included instrument comparisons, performance tests, plans for software layout and working process. The measuring application was created by a programmer.

As a result of the bachelor's thesis, a new measuring system with user guide was developed and tested in real competition environment. The system was shown to function as planned and to be reliable.. The system can be developed further on the basis of the ideas presented in the thesis.

Keywords: pulling, surveying, totalstation, motorsport

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Lajiesittely	2
2.1	Historia	2
2.2	Säännöt	4
3	Vedon pituuden mittaus	5
3.1	Säännöt	5
3.2	Mittausten nykytila	6
4	Uusi mittausjärjestelmä	10
4.1	Kokoonpano	10
4.2	Toimintaperiaate	12
4.3	Mittalaitteen valinta	12
4.4	Koemittaukset	13
4.5	Varajärjestelmä	19
5	Mittausohjelman suunnittelu	21
5.1	Tarpeiden määrittely	21
5.2	Ohjelman layout	22
5.3	Sijainnin mittaus	23
5.4	Välimittojen ilmoittaminen	23
5.5	Lopputuloksen ilmoittaminen	24
5.6	Mittavirheiden tunnistaminen ja eliminointi	24
5.7	Tulosten tallentaminen ja tiedonsiirto	25
5.8	Ohjelmointi	25
6	Järjestelmän käyttöohjeet	28
6.1	Mittauksen valmistelu	28
6.2	Takymetrin tiedonsiirtoasetukset	28
6.3	Yhdistäminen sovellukseen	31
6.4	Vedon mittaus	33
6.5	Tuloksen ilmoittaminen	34

6.6	Mittausten tallentaminen ja poistaminen	34
7	Jatkokehittely	36
7.1	Käyttökokemukset	36
7.2	Kehityskohteet	37
7.3	Integrointi digilavettiin	37
	Lähteet	38

## Lyhenteet

ETPC	<i>European Tractor Pulling Committee.</i> Tractor pullingin kattojärjestö Euroopassa.
FTPA	<i>Finnish Tractor Pulling Association.</i> Suomen Traktoriurheiluliitto FTPA ry on Suomen tractor pullingin kattojärjestö.
GNSS	<i>Global Navigation Satellite System.</i> Maailmanlaajuinen satelliittipaikannusjärjestelmä. Sisältää mm. Yhdysvaltojen, Venäjän, Euroopan ja Kiinan paikannussatelliittijärjestelmät.
GPS	<i>Global Positioning System.</i> Yhdysvaltojen puolustusministeriön kehittämä ja ylläpitämä maailmanlaajuinen satelliittipaikannusjärjestelmä.
RTK	<i>Real Time Kinematic.</i> Reaaliaikainen kinemaattinen mittaus.

## 1 Johdanto

Tämän insinööriyön tavoitteena oli kehittää uusi nopea, toimiva ja luotettava mittausjärjestelmä tractor pulling kilpailujen suoritusten mittaamiseen. Järjestelmän tarkoituksena on tuottaa reaaliaikaista tietoa kilpailuorganisaation käyttöön.

Vetopituuksien mittauksen kehitystyö sai käytännössä alkunsa jo vuosia ennen varsinaista tilausta. Olin nähnyt televisiosta joitakin lajin SM-osakilpailuja ja kiinnittänyt huomiota jarruvaunun perässä pitkän sauvan päässä heiluneeseen prismaan ja todennut, että mittauksen voisi suorittaa paremmin ja luotettavamminkin.

Syksyllä 2017 päädyin erinäisten yhteensattumien seurauksena mittaamaan Kangasalla järjestettyyn Kuhmalahti Pulling -kilpailuun vetopituuksia ja kyseinen työsuoritus vakuutti jarrulavetin käyttäjät siinä määrin, että minuun otettiin myöhemmin yhteyttä ja tiedusteltiin mittausmenetelmää tulevan kauden kilpailuihin. Tähän mennessä olen ollut mittaamassa parissakymmenessä kilpailussa.

## 2 Lajiesittely

### 2.1 Historia

Tractor pulling on Yhdysvalloista lähtöisin oleva moottoriurheilulaji. Ennen maatalouden koneellistumista kilpailtiin hevosilla vetokyvystä ja traktoreiden kehityksen myötä oli luonnollista alkaa kilpailemaan niiden voimista. Vanhimmat säilyneet vetokilpailujen viralliset tulokset ovat Yhdysvalloista vuodelta 1929 Ohi-ossa ja Missouriissa pidetyistä kilpailuista.

Eurooppaan tractor pulling saapui Englannin ja Hollannin kautta 1977, ja Suomeen laji rantautui 1985. Euroopassa on kilpailtu mestaruudesta Eurocup-sarjassa vuodesta 1993 lähtien.

Lajin alkuaikoina vetomatka oli alle kymmenen metriä, ja monesti traktorit hajosivat silti jo kesken matkan. Ajan saatossa matka on kasvanut 100 metriin ja tietyssä tilanteessa 110 metriin.

Myös vedettävien jarruvaunujen kehitys on ollut huomattavaa. Jarruvaunut olivat alkuun teräslevyjä, joiden päälle lastattiin kaikenlaista painavaa tavaraa lisäämään vetovastusta. Myöhemmin traktoreiden tehojen kasvaessa kehiteltiin jarrulavetteja, joissa vastus kasvaa vedon aikana. Alkuun ratkaisuna olivat radan varrella tasavälein seisovat avustajat, jotka hyppäsivät lavetin kyytiin sen tullessa kohdalle.

Traktoreiden tehojen edelleen kasvaessa päädyttiin nykyisen kaltaiseen ratkaisuun (kuva 1), jossa lavetin etureunassa on kitkalevy maata vasten ja lavetin päällä liikkuva painolaatikko siirtyy vedon edetessä lavetin takaosasta kitkalevyä kohden, jolloin vastus kasvaa koko vedon ajan. Laatikon liike saadaan vaihteiston välityksellä lavetin renkailta ja sen liikkeen nopeutta voidaan muuttaa vetokaluston mukaan. Lisäksi lavettia painotetaan lisäpainoilla isompia vetokoneita varten. Lavetti painaa täyteen painotettuna yli kaksikymmentä tonnia. [1.]



Kuva 1. Nykyaikainen jarrulavetti. [2.]



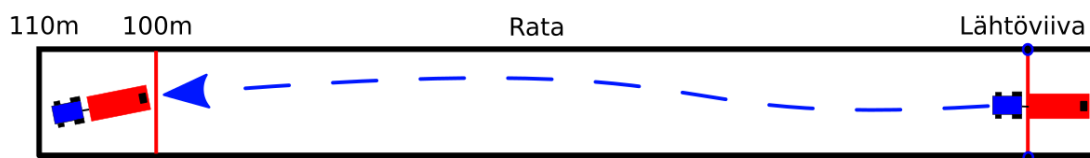
Kuva 2. Heavy Modified -luokan vetotraktori Whispering Giant, jossa neljä neuvostoliittolaista turbiinimoottoria, jotka tuottavat noin 7600 hevosvoimaa [3].

## 2.2 Säännöt

Tractor pullingissa kilpaillaan traktoreilla, kuorma-autoilla ja muilla vetoajoneuvoilla. 2019 vuoden SM-sarjassa kilpailtiin 12 eri luokassa [4], vakiotraktoreista täysin vetokilpailuja varten rakennettuihin traktoreihin ja kuorma-autoihin (kuva 2). Tehokkaimmissa koneissa voi olla tehoa lähes 10 000 hevosvoimaa. Eri luokissa vetokoneiden painoa ja virittämistä on rajoitettu eri tavoin. [5.]

Kilpailut käydään vähintään 10 metriä leveällä ja 140 metriä pitkällä maaradalla. Varsinainen rata on 100 metriä pitkä, ja sen lisäksi on 40 metrin turva-alue. Rata kunnostetaan jokaisen vedon jälkeen lanaamalla ja jyräämällä tasapuolisen kilpailun varmistamiseksi. [6.]

Tractor pullingin perusideana on vetää jarrulavettia mahdollisimman pitkälle. Tavoitteena on 100 metrin veto eli *full pull*. Jokaisella kilpailijalla on käytettävissä kaksi vetoyritystä, joista pidempi huomioidaan. Mikäli useampi kuin yksi kilpailija luokassaan saa vedettyä full pullin, siirrytään pull offiin, jossa jarrulavetin vastusta lisätään ja full pullin vetäneet kilpailijat saavat kaksi uutta yritystä, mikäli eivät ensimmäisellä yrityksellä onnistu vetämään yli 20 metriä. Pull offissa radan pituus voidaan kasvattaa 110 metriin (Kuva 3). Pull offissa pisimmän vedon vetänyt kilpailija on oman luokkansa voittaja. [7.]



Kuva 3. Kilpailun perusidea [8].

### 3 Vedon pituuden mittaaminen

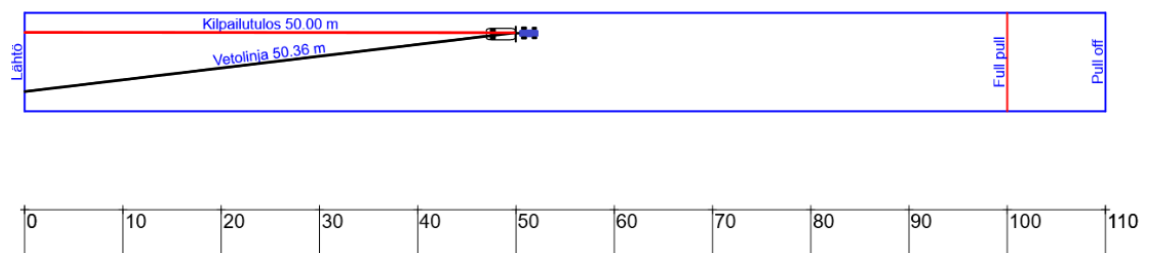
#### 3.1 Säännöt

Tractor pullingin sääntöjen mukaan vedon pituus mitataan lähtöviivalta jarruvauunun keulaan. Siten vedon pituus mitataan radan suuntaisesti, vaikka veto olisi-kin tapahtunut diagonaalisesti rataa nähden (kuva 4). [9, s. 68.]

Käytännössä lähtöviivana pidetään kunkin vedon todellista lähtöpaikkaa, eikä radalle merkittyä lähtöviivaa. Tällä tavalla kilpailun kulku saadaan jouheamaksi, koska aikaa ei kulu jarrulavetin tarkkaan kohdistamiseen lähtöviivalle.

Pieni vaihtelu lähtöpaikassa ei kuitenkaan käytännössä vaikuta vedon lopputulokseen, koska jokaisen vedon lähtöpiste mitataan erikseen. Jarrulavetin painolaatikko lähtee liikkeelle heti vedon alkaessa riippumatta lavetin sijainnista radalla.

Säännöissä ei oteta kantaa mittaustapaan muuten, paitsi Eurocup-osakilpailujen osalta mittaukset tulee suorittaa ETPC:n hyväksymällä lasermittalaitteella. Mittauksen tarkkuudelle säännöt eivät kuitenkaan anna mitään absoluuttisia vaatimuksia. Vaaditaan ainoastaan, että mittalaitteen tulee olla toimiva ja luotettava. [9, s. 74.]



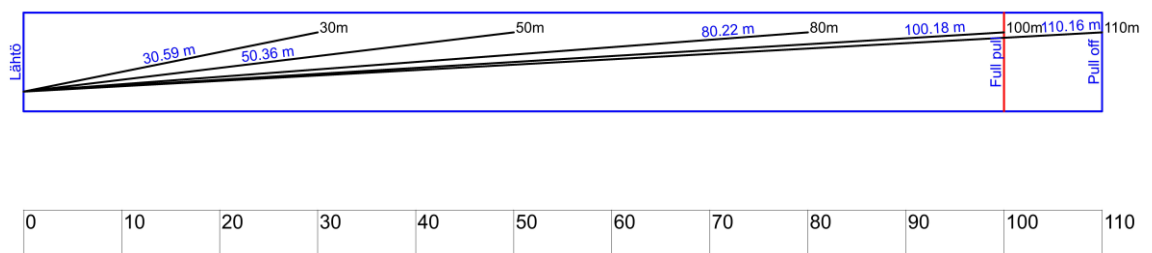
Kuva 4. Vedon pituuden mittaaminen [8].

### 3.2 Mittausten nykytila

Aiemmin vetopituuksien mittauskäytännöt ovat olleet kirjavia ja usein virallisten sääntöjen vastaisiakin. Kilpailujen järjestäjillä on ollut myös vaikeuksia ammattitaitoisten mittaajien saamisessa kilpailuihin. Toisinaan vetojen mittaamisen ongelmat ovat aiheuttaneet viivytyksiä koko kilpailun etenemiseen. [10.]

Tyypillisesti mittaukset on suoritettu takymetrimittauksena jarrulavetin takaosaan kiinnitetyn prisma-auvan päässä olevasta prismasta. Toisinaan mittauksia on suoritettu myös perinteisellä mittanauhalla, laser-etäisyysmittarilla ja jopa RTK GNSS -mittauksena. [10.]

Sääntöjen vaatima radan suuntainen pituuden mittaus hankaloittaa mittanauhan ja laser-etäisyysmittarin käyttöä huomattavasti. Koska kilpailija saa halutessaan valita lähtöpaikan lähtöviivalta radan leveyssuunnassa täysin vapaasti. Tällöin voi syntyä tilanne, jossa veto lähtee esimerkiksi radan vasemmasta reunasta ja päättyy radan oikeaan reunaan. Tällaisen vedon radan ja vedon suuntaisten mitausten tuloksissa on jo niin suuri ero, että suoraan ja vinoon vetäneiden kilpailijoiden tulosten järjestys voi kääntyä väärinpäin. Mittauksen suunnan vaikutusta lopputulokseen eri etäisyyksillä havainnollistetaan kuvassa 5.



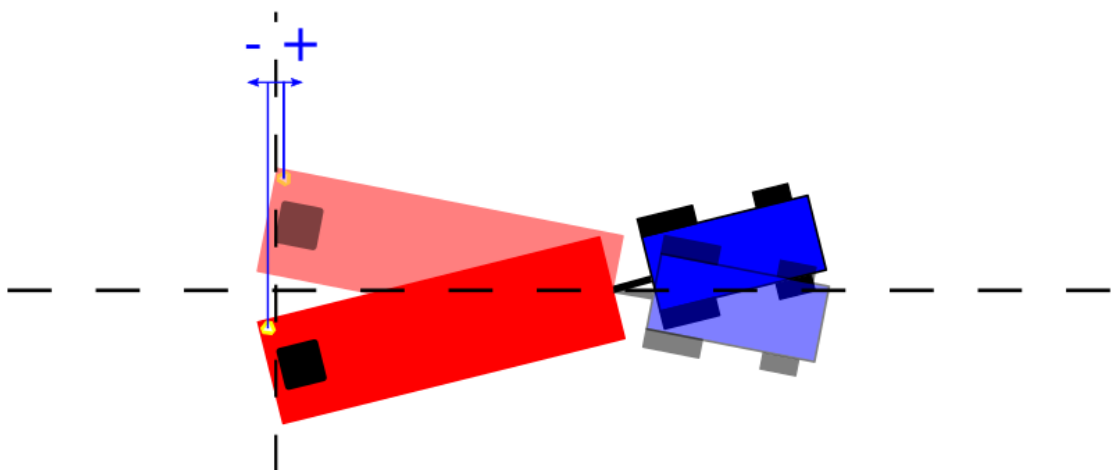
Kuva 5. Suunnan vaikutus tulokseen [8].

Kummallakin menetelmällä on kuitenkin huolellisesti toteutettuna mahdollista mitata vertailukelpoisia tuloksia.

RTK GNSS -mittauksen ongelmaksi muodostuu puolestaan mittausten luotettavuus. Tekniikan kehittymisen myötä satelliittimittauksen paikannustarkkuus on

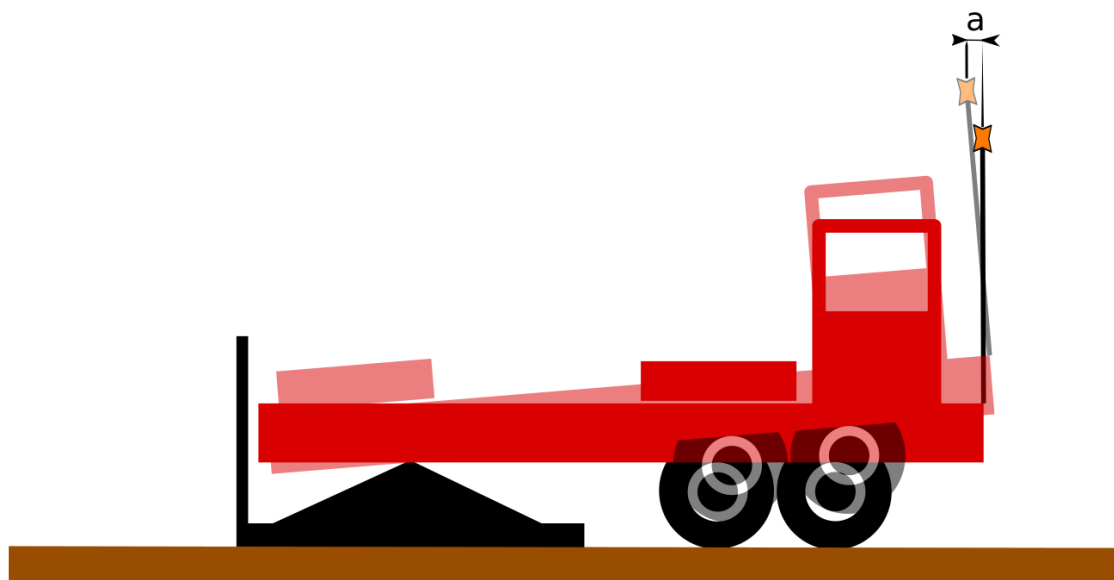
jo senttimetritarkkuudessa reaaliaikaisessa mittauksessakin [11, s. 22]. Tarkkuus ja mittaussnopeus olisivat periaatteessa riittävät tractor pullingin vetojen mittaamiseen. Sen käyttäminen on kuitenkin vähintään kyseenalaista, koska satelliittimittaus on edelleenkin häiriöaltista. Esimerkiksi hetkellinen muutos ilmakehässä, katkos korjaussignaalin tai radan ympärillä olevista rakenteista tuleva monitieheijastus saattaa aiheuttaa mittaukseen pienen virheen tai jopa estää mittaukset kokonaan [12, s. 16-21]. Yleensä muutama sentti ei vielä vaikuta kilpailun lopputulokseen, mutta tiukassa tilanteessa se saattaa olla jo ratkaiseva ero. Mittaustulos ei myöskään ole yhtä helposti kontrolloitavissa kuin muilla menetelmillä saadut tulokset.

Takymetrimittausten osalta on aikaisemmin oltu jo oikeilla jäljillä, mutta mittausjärjestelyistä johtuen niidenkin tulosten todenmukaisuus on ollut vaihtelevaa. Mittaukset on suoritettu yleensä jo lähtökohtaisesti sääntöjen vastaisesti lavetin peräpäästä eikä keulasta. Prismasauvan kiinnityspisteen sijainti lavetin takaosassa poissa keskilinjalta asetti kilpailijat epätasa-arvoiseen tilanteeseen, sillä se aiheuttaa virhettä aina kun veto ei ole täysin radan suuntainen. Vedon sivusuuntainen liike kääntää lavettia suhteessa radan keskilinjaan, ja samalla prisma liikkuu sivuliikkeen suunnasta riippuen radan suuntaisesti joko eteen- tai taaksepäin (kuva 6). Tällöin vedon mitattu pituus on vastaavasti todellista pidempi tai lyhyempi.



Kuva 6. Prisman siirtymä lavetin kääntyessä [8].

Lisäksi sauvan kiinnityspisteen sijainti lavetin rungossa aiheuttaa sitä suuremman mittavirheen, mitä pidempi veto on. Kun vedon lähtöpiste mitataan, lavetin painolaatikko on taka-asennossa akseliston päällä ja kitkalevy sekä lavetin renkaat maassa. Vedon aikana painolaatikko siirtyy eteenpäin, jolloin painopiste siirtyy lavetin etupäätä kohti, jolloin painopiste siirtyy renkailta kitkalevylle. Aivan vedon lopussa ilmapusseilla painatetaan kitkalevyä niin, että lavetin renkaat ovat lopulta kokonaan ilmassa. Tämän painonsiirron aikana lavetin runko kallistuu eteenpäin, ja sen seurauksena lavetin perään kiinnitetty prisma sauva kallistuu eteenpäin. Pitkän sauvan päässä jo pienikin kallistus näkyy selvänä siirtymänä lavetin etupäätä kohti. Tästä aiheutuva virhe on lähes tasapuolinen kilpailijoita kohtaan ja aiheuttaa lähinnä mittakaavavirheen mittaustuloksiin. Mitä pidempi veto on, sitä enemmän tulos on todellista vetopituutta pidempi. Merkityksellinen virhe syntyy tilanteessa, jossa toisen kilpailijan veto mitataan välittömästi vedon päätyttyä ja toisen vasta kun lavetin painolaatikko on vedetty takaisin taka-asentoon. Sadan metrin vedossa Suomessa käytössä olevalla jarrulavetilla ero mittaustuloksissa on lähes 10 cm (a, kuva 7).



Kuva 7. Prisman siirtymä vedon aikana painon siirron vuoksi [8].

Takymetrimittausten ongelmana on ollut lisäksi mittauskaluston ja mittaajien kirjavuus sekä vaihtuvuus. Mittauksia on suoritettu niin robotti- kuin manuaalitakymetreillä ja tähyksinä on käytetty tarroja sekä prismoja, joskus jopa useampia prismoja samassa sauvassa (kuva 8), jotta sijainti on saatu mitattua useammasta suunnasta. Myös mitattavan matkan määritelmästä on ollut eriäviä näkemyksiä. Toiset ovat mitanneet radan suuntaisesti ja toiset vedon suuntaisesti. [10.]



Kuva 8. Kahden prisman järjestelmä [13].

Vallitsevan tilanteen yhteenvedona voidaan todeta, että mittaukset on pyritty hoitamaan niin hyvin kuin kyetty, mutta tulokset eivät ole olleet täysin vertailukelpoisia keskenään edellä mainituista syistä.

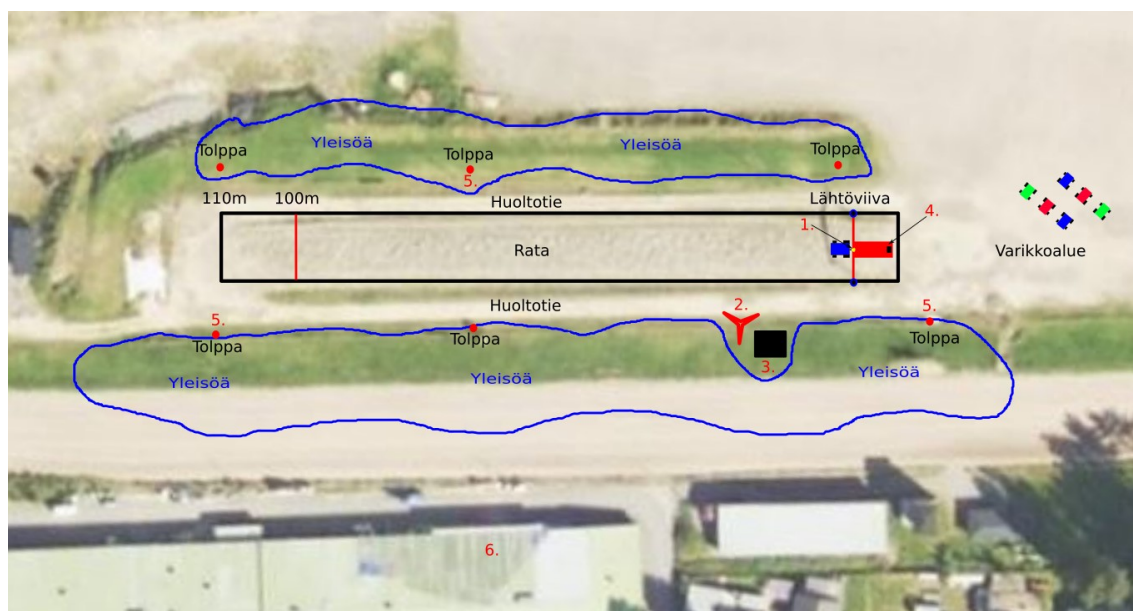
## 4 Uusi mittausjärjestelmä

Uuden mittausjärjestelmän kehittäminen lähti liikkeelle jarrulavetin omistajan halusta saada mittaustoiminta osaksi omaa palveluaan. Tavoitteena oli kehittää sellainen toteutus, että mittaustoiminta olisi sujuvaa ja luotettavaa ja ettei kilpailupaikalla tarvittaisi varsinaista mittamiestä ollenkaan, vaan mittaukset saataisiin suoritettua lavettihenkilöstön voimin.

Tulevalle kaudelle jarrulavettiin oli lisäksi tulossa led-näytöt, joihin haluttiin yleisön nähtävälle vedon pituus näkymään juoksevana lukemana koko vedon ajan. Tämän vuoksi pelkkä robottitakymetrin hankinta ja käyttökoulutus ei olisi ollut riittävä ratkaisu, vaan aloin kehittämään järjestelmää, jossa mitattu tieto siirtyy suoraan takymetrilta tietokoneelle ja sieltä edelleen tulospalvelun käyttöön.

### 4.1 Kokoonpano

Järjestelmän kokoonpano ja sijoittuminen kilpailualueelle on esitetty kuvassa.



Kuva 9. Järjestelmän sijoittuminen kilpailualueelle [8; 14].

1. Prisma

Mittauksessa käytetään 360° prismaa, koska jatkuva radan suuntainen mittaus ei ole mahdollista. Edestäpäin mittaamisen estävät vetokoneiden rakenteet ja etenkin niiden nostattaman pölyn ja savun aiheuttamat näköesteet. Takaapäin mittaamisen estää puolestaan jarrulavetin ohjaamon aiheuttama katvealue sekä lähtöviivan takana varikkoalueella tapahtuva liikenne.

## 2. Takymetri

Takymetri on järjestelmän toiminnan kannalta oleellisin osa. Riittävän nopealla seurannalla ja mittauksella varustettu servotakymetri.

## 3. Mittaustietokone

Mittaustietokone on säänkestävä tietokone, joka vastaanottaa mittaustiedon takymetriltä, käsittelee sen ja lähettää edelleen tulospalveluun sekä tallentaa mahdollista jatkokäyttöä varten.

## 4. Kuljettajan tietokone

Jarrulavetin kuljettaja hallitsee mittaustapahtumaa ohjaamoon asennetulla tabletilla.

## 5. Kontrollipisteet

Kontrollipisteinä ovat kiinteät prismat, jotka on sidottu radan koordinaatistoon. Prismojen avulla voidaan kontrolloida mittausten luotettavuutta.

## 6. Tulospalvelu

Tulospalvelu vastaanottaa mittaustulokset ja ylläpitää virallista tulosluetteloä.

## 4.2 Toimintaperiaate

Ennen kilpailun alkua takymetri asemoidaan koordinaatistoon, jonka origo sijaitsee lähtöviivan keskellä ja x-akseli kulkee radan suuntaisesti. Tämän jälkeen takymetri mittaa jatkuvasti jarrulavettiin kiinnitetyn prisman sijaintia ja lähettää mitatun tiedon sarjaportin kautta tietokoneelle.

Tietokoneella oleva ohjelma vastaanottaa mittaustiedon ja esittää mitatun sijainnin näytöllä graafisesti sekä numeerisesti. Kun jarrulavetti on saatu asemoitua lähtöviivalle, lavetin kuljettaja nolaa mittauksen ohjaamossa sijaitsevalla tabletilla. Samalla lähtöpisteen koordinaatit tallentuvat muistiin, ja ohjelma alkaa laskemaan seuraavista takymetrillä mitatuista havainnoista radan suuntaista etäisyyttä lähtöpisteeseen, kunnes lavetin kuljettaja kuittaa vedon päättyneeksi.

Jokaisen havainnon jälkeen ohjelma tarkistaa, onko mitattu sijainti laskennallisesti mahdollinen vai onko saatu mittaustulos virheellinen, esimerkiksi takymetrin ja prisman väliin osuneen heijastimen aiheuttamana.

Mikäli havainto todetaan hyväksytyksi, ohjelma lähettää lasketun vedon pituuden tulospalveluun. Lisäksi havaittu sijainti esitetään lavetin tabletin näytöllä sekä tallennetaan tiedostoon jatkokäyttöä varten. Virheellisestä havainnosta ohjelma ilmoittaa kuljettajalle, jotta tuloksen oikeellisuus voidaan varmistaa vedon päätteeksi. Tällä tavoin estetään lavetin liikuttaminen ennen virallisen tuloksen saamista.

## 4.3 Mittalaitteen valinta

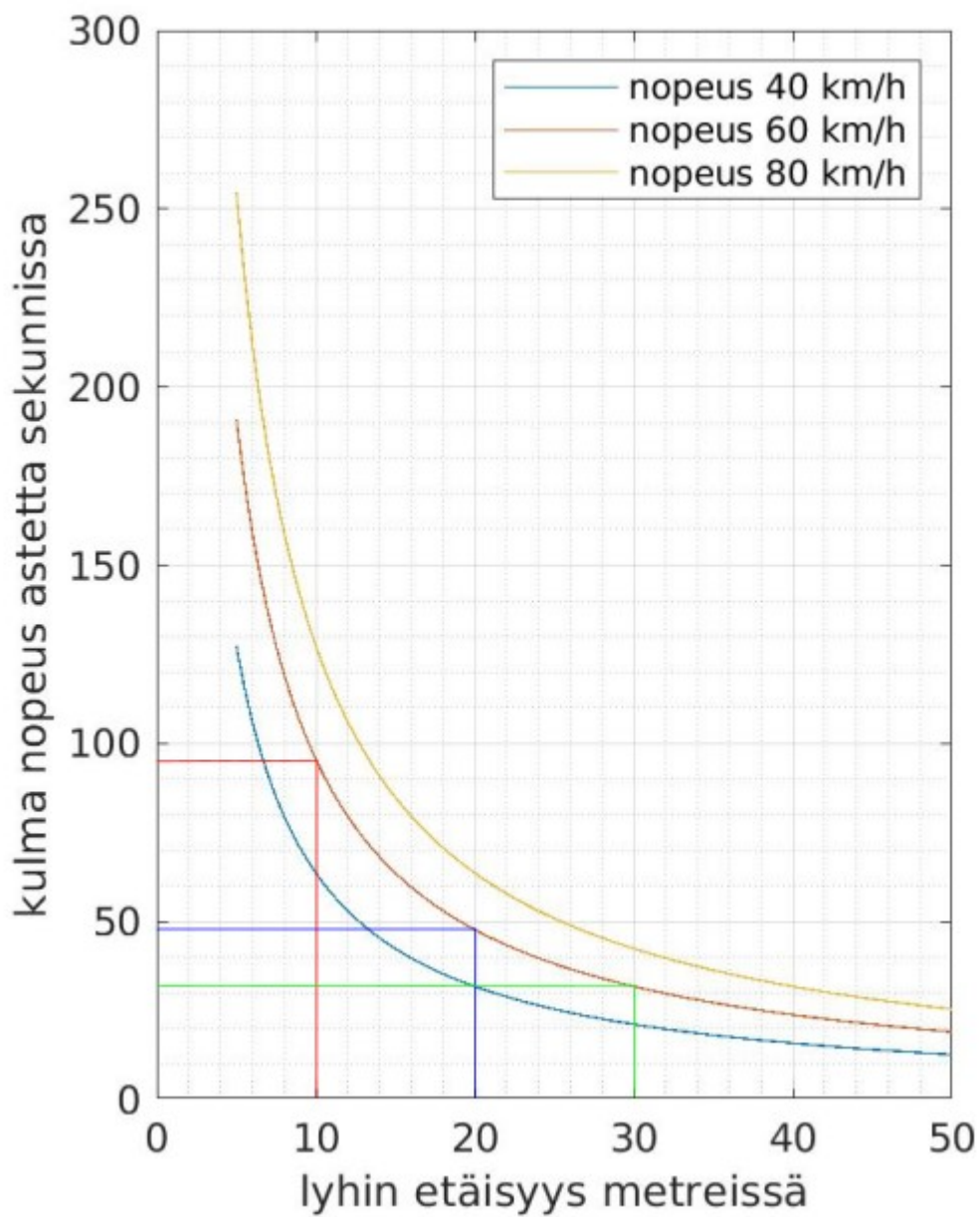
Mittalaitteeksi olisin valinnut Leica TS16 -robottitakymetrin erinomaisen prismanseurannan, luotettavuuden ja tietokoneen kanssa hyvän yhteensopivuuden vuoksi. Koska hankkeen taloudelliset resurssit olivat rajalliset ja laitteelle ei ollut tiedossa mitään käyttöä kilpailujen väliseksi ajaksi, valinta kohdistui käytettyihin laitteisiin.

Trimblen S-sarjan takymetrit olivat vahva vaihtoehto niiden käyttämän aktiivisen prisman seuranta-tekniikan vuoksi. Aktiivinen seuranta olisi parantanut takymetrin kykyä seurata prismaa heikoissa olosuhteissa, mutta tekniikka ei kuitenkaan takaa oikeita mittaustuloksia. Ne karsiutuivat kuitenkin pois ensisijaisesti liian korkean hinnan vuoksi. Lisäksi passiivisella seurannalla saatiin vähennettyä järjestelmästä yksi akku ja särkyvän tekniikan määrää pienennettyä.

Mittalaitteeksi valikoitui lopulta Leican TCRP 1205. Tämä käytetty yksilö oli saatavilla sopivaan hintaan ja käytännön testiin ennen lopullista valintaa. Kokeiluun saadulla laitteella suoritettiin koemittaukset riittävän seuranta- ja mittaussnopeuden varmistamiseksi.

#### 4.4 Koemittaukset

Lavetin omistajalta saatujen tietojen mukaan huippunopeudet vedon aikana ovat jopa 60 km/h. Ennako-oletuksena oli, että suurimmaksi ongelmaksi muodostuisi radan ympäristön näköesteiden pakottama suhteellisen lyhyt sivuetaisyys radalta mittauspisteelle. Laskennallisesti 10 metrin etäisyydeltä 60 km/h nopeudella ohi kulkevan kohteen seuraamiseksi laitteen tulisi kyetä kääntymään nopeimmillaan  $\sim 95^\circ$  sekunnissa (punainen viiva, kuva 10). Teknisten tietojen perusteella valittu takymetri kuitenkin kykenee kääntymään maksimissaan vain  $45^\circ$  sekunnissa [15, s. 6]. Ongelman kiertämiseksi takymetrin paikka radan varrella pitää saada mahdollisimman lähelle lähtöviivaa, missä nopeudet ovat vielä maltillisia, mutta mahdollisimman kauas sivusuunnassa, jottei jarrulavetti jää radan loppupuolella näköesteeksi prisman ja takymetrin väliin. Muutamalla radalla on mahdollisuus saada takymetri yleisön yläpuolelle, jolloin takymetri saadaan riittävän kauaksi radasta ja molemmat ongelmat poistettua kokonaan.



Kuva 10. Etäisyyen ja nopeuden suhde kulmanopeuteen [16].



Kuva 11. Koemittausten mittausjärjestelyt [8].

1. Auto



Kuva 12. Testiauto [17].

2. Autoon kiinnitetty 360°:n prisma



Kuva 13. 360°:n prisma [17].

### 3. Takymetri



Kuva 14. Takymetri [2].

### 4. Tietokone



Kuva 15. Tietokone, jossa on mittausohjelma [2].

Koemittaukset suoritettiin ajamalla autolla kuvan mukaisesti takymetrin ohitse ja mittaamalla autoon kiinnitetyn prisman sijaintia jatkuvalla mittauksella ohiajon aikana (kuvat 11-15). Ajot suoritettiin 10, 20 ja 30 m sivuetaisyyksillä ajolinjasta noin 20, 40, 50 ja 60 km/h nopeuksilla. Vertailun vuoksi samat mittaukset suoritettiin myös Leica TS16:lla ja Trimble S6:lla.

Testimittauksista selvitettiin, kuinka tiheään laite kykenee mittaamaan pisteitä liikkuvaan kohteeseen eri mittausetäisyyksillä. Kilpailupaikan ahtaista olosuhteista johtuen mittaukset joudutaan suorittamaan epäedullisesti radan sivusta ja huomattavan läheltä.

Testimittausten lopputulos oli hieman yllättävä. Mittausten pullonkaulaksi ei muodostunutkaan odotetusti kääntymisnopeus, vaan etäisyyden mittaaminen. Hietaammilla nopeuksilla takymetrit kykenivät seuraamaan kohdetta riittävän nopeasti yli 10 m:n etäisyyksiltä, mutta kohteen nopeuden noustessa yli 50 km/h Leican takymetrit lakkasivat antamasta etäisyysmittaustuloksia. Trimblen kohdalla puolestaan testiautona käytetyllä Fiatilla ei saanut suoralla niin kovaa nopeutta,

että tulokset olisi saatu katkeamaan. Hitaammilla nopeuksilla TS16 antoi useita lukemia sekunnissa, kun taas TCRP 1205 ja S6 antoivat vain sekunnin välein. Myöhemmin testikäytössä ollut uudempi S6 antoi lukemat noin neljän kymmenesosasekunnin välein.

Kuitenkin kun Trimblen tuloksista piirsi nopeuskäyrän, siitä oli havaittavissa tulosten epäluotettavuus suurissa nopeuksissa. Peräkkäisten mittausten tuloksista lasketut nopeudet vaihtelivat sahalaitaisesti. ~70 %:n muutos nopeudessa puolen sekunnin aikana ei ole uskottavan kuuloinen tulos, kun huomioidaan vetokoneen perässä oleva jarruvaunu ja radan renkaille tarjoama suhteellisen heikko pito. Lisäksi jo kolmen peräkkäisen havainnon liukuva keskiarvo piirtää erittäin tasaisen nopeuskäyrän. Vaikuttaisi siltä, että etäisyyden ja kulman mittaustulos sekä aikaleiman merkintä ei tapahtunut synkronoidusti vaan mittaustulos oli osin ”valveutunut arvaus”. (Kuva 16)



Kuva 16. Testivedon nopeuskäyrä, josta käy ilmi tulosten sahalaitaisuus [8].

Koemittausten perusteella lopulliseksi valinnaksi päättyi Trimble S6 suurempien nopeuksien seuranta- ja mittauskäytön ja aktiiviprisman vuoksi.

## 4.5 Varajärjestelmä

Jos järjestelmä pettää kesken vedon, voidaan kyseisen sekä seuraavien vetojen pituus selvittää manuaalisesti laskemalla, mikäli takymetri on säilynyt toimintakuntoisena. Muussa tapauksessa mittaukset suoritetaan täysin manuaalisesti. Kesken jääneen mittauksen lopputulos saadaan tarkistamalla kirjattu lähtöpisteen sijainti ja mittaamalla siitä matka loppupisteelle.

Takymetrin toimiessa vetojen pituudet saadaan yksinkertaisesti kirjaamalla paperille takymetrillä mitattujen lähtöpisteen ja loppupisteen x-koordinaatit ja vähentämällä loppupisteestä alkupisteen lukema, joiden erotuksena saadaan vedon pituus radan suuntaisena. Samaan tulokseen päästään hyödyntämällä takymetrin omaa ohjelmistoa, mutta poikkeustilanteessa päästään varmemmin oikeaan lopputulokseen pitämällä toimenpiteet yksinkertaisina.

Tilanteiden, joissa takymetrimittausta ei voida suorittaa lainkaan, varalle kilpailupaikalle tulee varata kameralla ja kulmakompensaattorilla varustettu laseretäisyysmittari, tähyslevy, kaksi rullamittaa, laskin sekä merkkitikkuja vetojen manuaalista mittausta varten.

Vedon pituuden mittaamista varten lähtöpiste pitää merkitä lavetin molemmin puolin kitkalevyn kohdalle merkkitikuilla. Vedon jälkeen pysähtymispaikka merkitään myös tikulla. Tämän jälkeen lavetti irrotetaan vetokoneesta ja peruutetaan sivuun. Pysähtymispisteen asetetaan tähyslevy, jonka etäisyys radan reunasta mitataan ja laseretäisyysmittari asetetaan vastaavalle etäisyydelle radan reunasta merkitylle lähtöviivalle, jotta saadaan mitattua radan suuntainen vedon pituus. Etäisyysmittarin kulmakompensaattori korjaa puolestaan pystysuuntaisen kohdistusvirheen. Mittarin kamera puolestaan helpottaa huomattavasti tähtäämistä ja kohteen varmistamista pitkillä etäisyyksillä ja päivänvalossa.

Kesken kilpailun mittausten menetelmää vaihdettaessa tulee tuloksissa huomata manuaalisen mittaustavan heikompi tarkkuus verrattuna takymetrimittaukseen, mikäli vaihto tapahtuu jonkin luokan vetojen välissä. Jos takymetrillä ja laseretäisyysmittarilla mitattujen tulosten ero samassa sarjassa on vain senttejä, tulee

kilpailun johtajan tehdä päätös tulosten käsittelystä. Koska lähtö- ja loppupisteen tarkka määrittely on erittäin haastavaa lavetin rakenteista ja pehmeästä maa-aineksesta johtuen. Luokkien ja saman luokan sisällä 1. ja 2. kierroksen tai 2. kierroksen ja Pull offin välissä tapahtuva mittaustavan vaihto puolestaan asettaa kilpailijat keskenään samalle viivalle asian suhteen.

## 5 Mittausohjelman suunnittelu

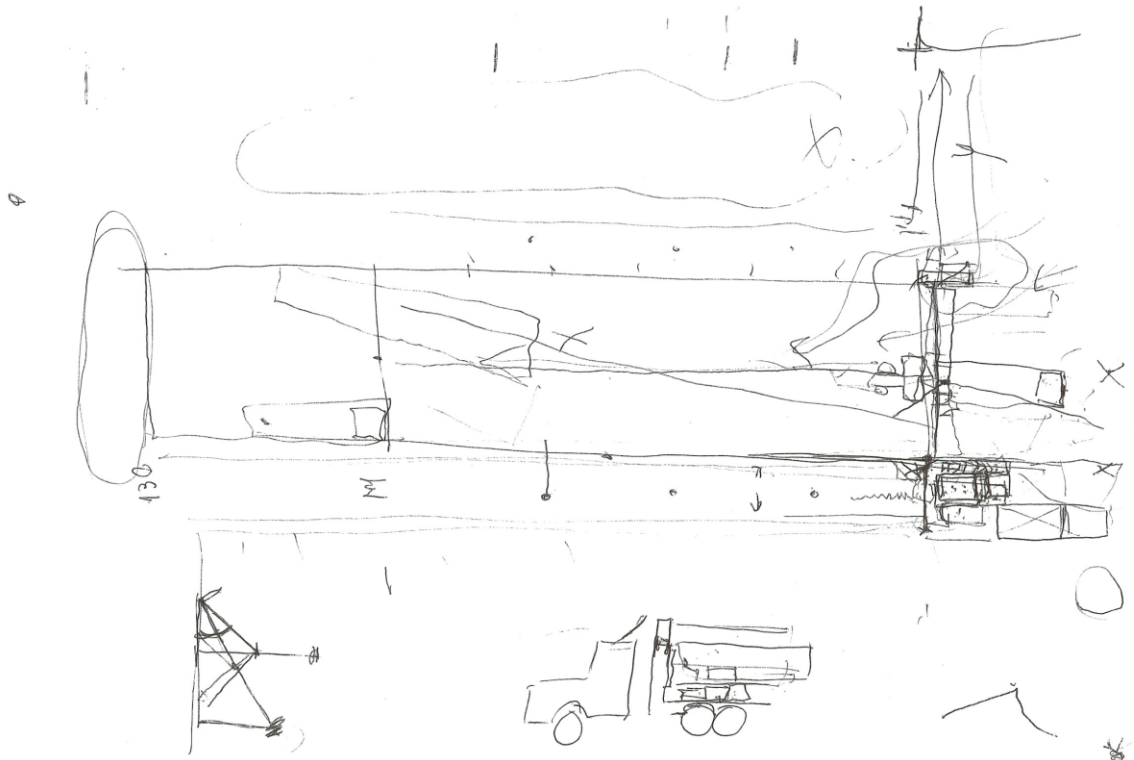
### 5.1 Tarpeiden määrittely

Suunnittelun lähtökohdat määriteltiin suunnittelupalaverissa jarrulavetin omistajan kanssa. Palaverissa käytiin läpi kilpailujen kulku, ratajärjestelyt, mittaustavat ja tulevaisuuden suunnitelmat. Joiden pohjalta ohjelman ja mittauksen käytännön toteutuksen suunnittelu alkoi.

Palaverin tuloksena syntyi lista vaatimuksista uudelle järjestelmälle. Ohjelman tulisi olla helppokäyttöinen sekä kyetä tekemään seuraavat asiat:

1. Sijainnin mittaus
2. Välimittojen ilmoittaminen
3. Lopputuloksen ilmoittaminen
4. Mittavirheiden tunnistaminen ja eliminointi
5. Tiedonsiirto ja tulosten tallentaminen

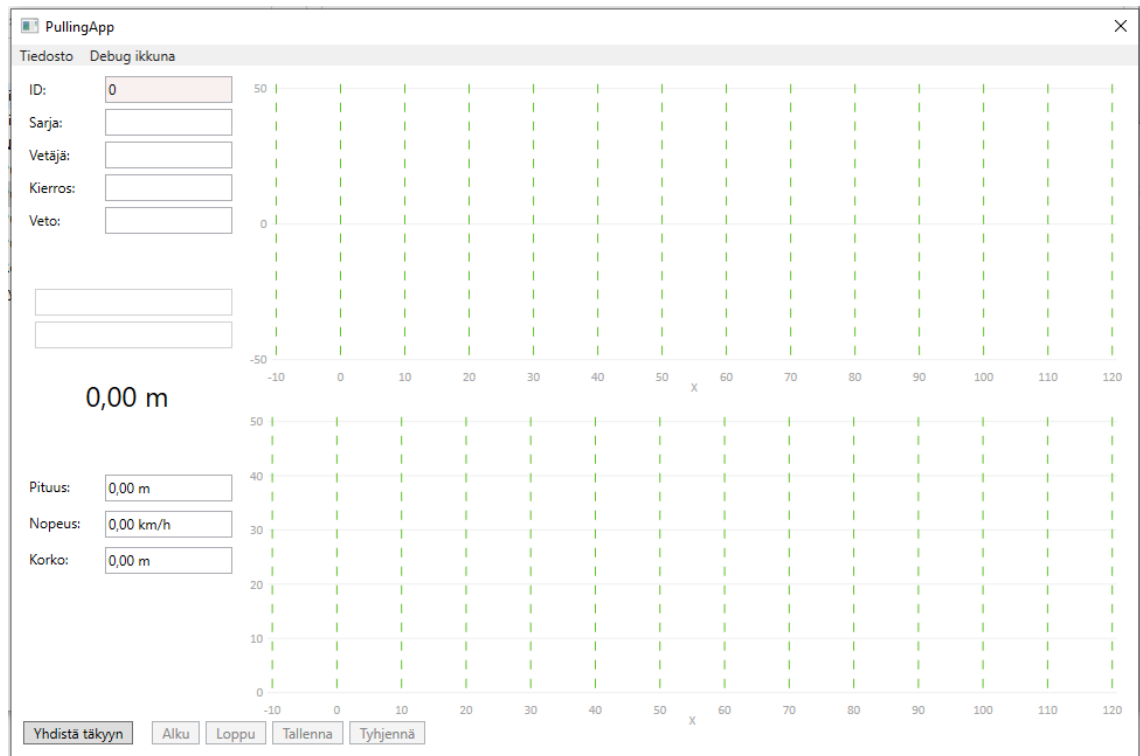
Suunnittelupalaverin aikana piirrettiin paperille kaikki oleellinen kilpailutilanteesta, ohjelmasta ja tulevaisuuden visioista. (Kuva 17)



Kuva 17. Palaverin aikana syntynyt piirros nykytilasta ja tulevaisuuden visioista [17].

## 5.2 Ohjelman layout

Ohjelman ulkoasu on tarkoituksella erittäin yksinkertaistettu ja pelkistetty (kuva 18). Käyttäjä syöttää ohjelmaan vedon ja kilpailijan tiedot ja painaa alku-painiketta kun lavetti on lähtövalmiina. Vedon päätyttyä käyttäjän tarvitsee painaa vain loppu-painiketta sekä tallentaa tulos. Ohjelma suorittaa kaiken muun tarpeellisen.



Kuva 18. Ohjelman layout [8].

### 5.3 Sijainnin mittaus

Varsinaisen tuloksen, eli alku- ja loppupisteiden radan suuntaisen eromitan, lisäksi takymetrilla mitataan jatkuvasti prisman sijaintia, myös vetojen välillä. Takymetrilta tietokoneella siirtyy mittapisteen koordinaatit ja aikaleima. Tasokoordinaateista  $x$  ja  $y$  piirretään vedon aikana lavetin reittiä radalla esittävä kuvaaja ylempään ruutuun ja  $x$ -koordinaattien ja aikaleimojen perusteella lasketaan alempaan ruutuun nopeuskäyrä. Vedon kokonaispituuden lukema päivittyy joka mittauksen jälkeen näytölle. Samoin päivittyy kahden viimeisimmän mittauksen väliltä laskettu välimatka, nopeus ja korkeusero.

### 5.4 Välimittojen ilmoittaminen

Ohjelma lähettää jokaisen mittauksen jälkeen tulokset tekstimuodossa annettuun verkko-osoitteeseen. Välimittojen avulla voidaan halutessa esittää yleisölle lähes reaaliaikainen tieto vedon pituudesta.

## 5.5 Lopputuloksen ilmoittaminen

Kun veto on saatu päätökseen ja käyttäjä painaa loppu-painiketta, ohjelma py-säyttää lukemat viimeiseen mittaustulokseen.

## 5.6 Mittavirheiden tunnistaminen ja eliminointi

Karkeiden virheiden tunnistamiseksi ohjelmaan on sisällytetty seuraavat lasken-nalliset tarkistukset:

### 1. Lähtöpisteen sijainti

Lähtöpisteen nollauksen aikana sijainnin tulee sijaita lähtöviivalla määriteltyjen toleranssien sisällä. Sijainti saa poiketa teoreettisesta lähtöviivasta radan pi-tuussuunnassa +/-1 m, keskilinjasta sivusuunnassa +/-4 m ja asemoinnin yhtey-dessä määritetystä mittapisteen korkeudesta +/-0,15 m. Mikäli arvot ylittyvät, ohjelma antaa kuljettajalle virheilmoituksen.

### 2. Vedon suunta

Peräkkäisten havaintojen välillä mitattu sijainti ei saa siirtyä radalla taaksepäin enempää kuin 5 cm. Mikäli arvo ylittyy, ohjelma antaa kuljettajalle virheilmoituk-sen.

### 3. Vedon nopeus

Peräkkäisten havaintojen väliltä lasketaan vedon nopeus, joka ei saa ylittää 18 m/s. Mikäli arvo ylittyy, ohjelma antaa kuljettajalle virheilmoituksen.

### 4. Mittapisteen korkeus

Mitatun sijainnin korkeuden tulee olla +/-0,2 m asemoinnin yhteydessä määritel-lystä mittapisteen korkeudesta. Mikäli arvo ylittyy, ohjelma antaa kuljettajalle vir-heilmoituksen.

Mikäli jokin näistä arvoista ylittyy, ohjelma näyttää virheilmoituksen.

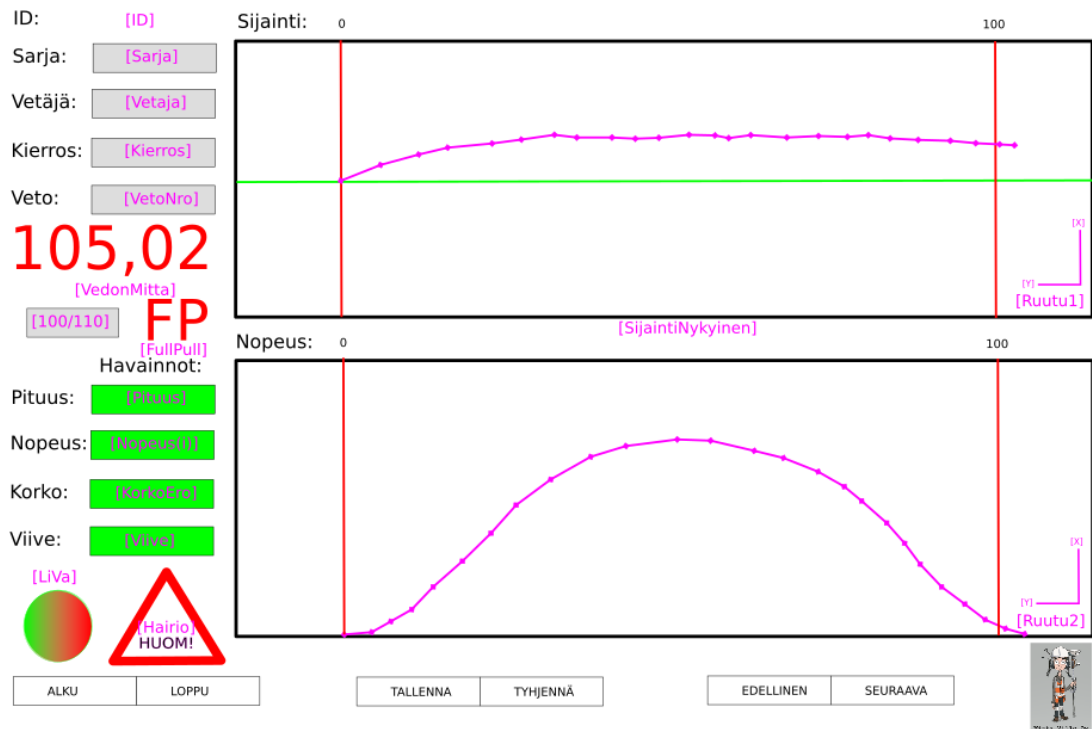
## 5.7 Tulosten tallentaminen ja tiedonsiirto

Jos ohjelman asetuksista on valittuna tiedonsiirto päälle, lähettää ohjelma jokaisen mittauksen jälkeen tulokset määriteltyyn verkko-osoitteeseen. Lisäksi vedon päätyttyä käyttäjä voi pyytää ohjelmaa tallentamaan vedon painamalla tallennapainiketta. Ohjelma tallentaa jokaisen mitatun havainnon sekä vedon perustiedot tekstitiedostoon, joka nimetään automaattisesti kasvavan juoksevan tunnistenumeron mukaisesti. Tuloksia voidaan siten jatkojalostaa tarvittaessa jällenpäin.

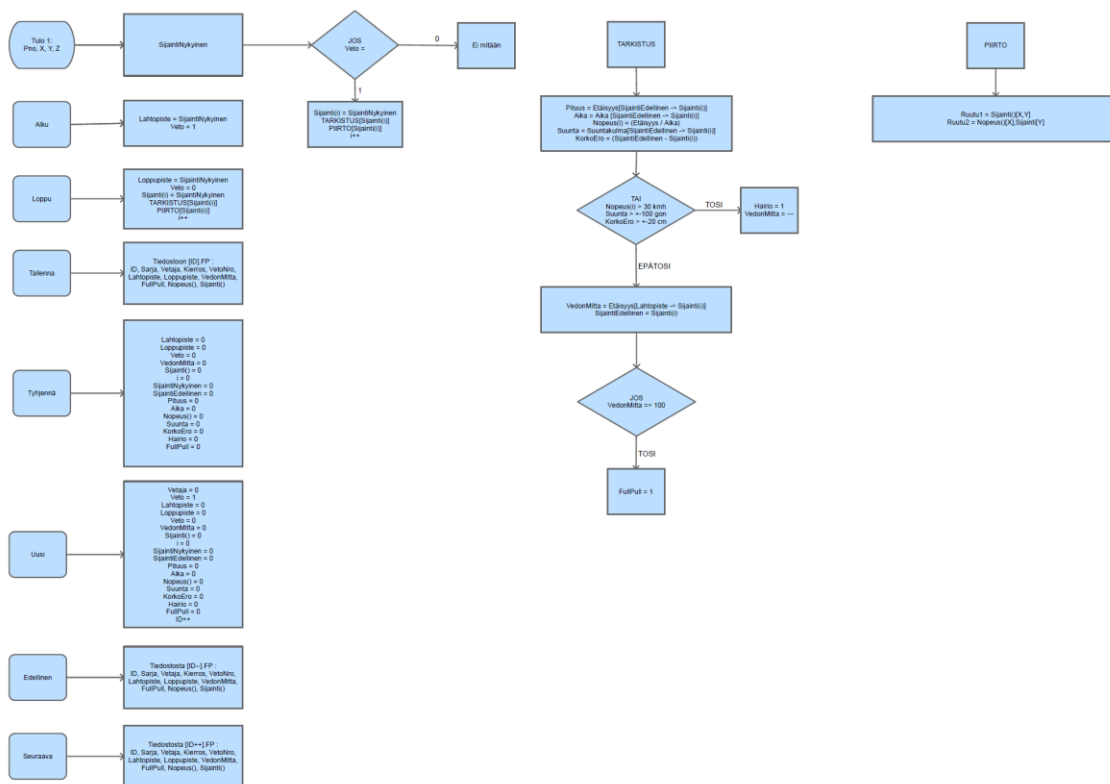
## 5.8 Ohjelmointi

Tiukan aikataulun vuoksi ohjelman varsinainen toteutus päätettiin ulkoistaa yhteistyökumppanille Prohelp Ay:lle. Ohjelmoinnin ohjeistukseksi laadin ohjelman ulkonäöstä layoutin (kuva 19) sekä vuokaavion (kuva 20) ohjelman toiminnasta. Järjestelmän koekäyttövaiheessa ohjelmaa jouduttiin muokkaamaan hieman toiminnan varmistamiseksi. Esimerkiksi lähtöpisteen ohjelmallinen tarkistus poistettiin, koska lähtöpaikkaa saatettiin radan olosuhteista johtuen muuttaa kesken kilpailun ja ohjelma olisi sen seurauksena antanut aiheettomia virheilmoituksia. Myös lavetin kuljettajan tietokone jätettiin toistaiseksi pois järjestelmästä.

# FULL PULL



Kuva 19. Layoutin suunnitelma [17].

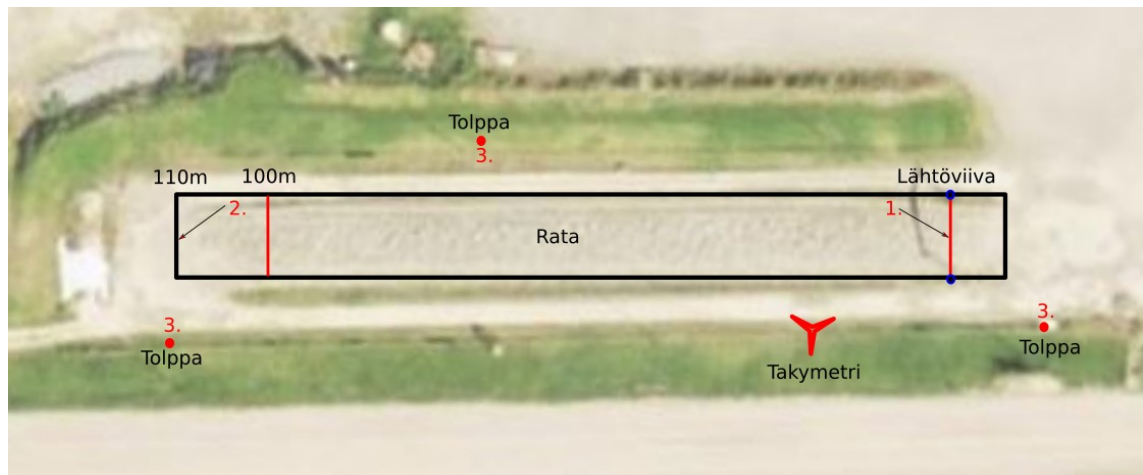


Kuva 20. Vuokaavio ohjelman toiminnasta ohjelmointia varten [17].

## 6 Järjestelmän käyttöohjeet

### 6.1 Mittauksen valmistelu

Mittavirheiden välttämiseksi tulee koko mittaustapahtuma suorittaa harkiten ja huolellisesti. Takymetri tulee pystyttää tukevalle jalustalle ja vakaalle pohjalle. Asemapisteltä tulee olla esteetön näkymä koko radan pituudelta, mukaan lukien turva-alue radan lopussa ja lähtöviivan takapuoli, jotta lukitus prismaan säilyy jatkuvasti. On tärkeää huomioida myös tyypillisesti radan reunoilla olevien valo-, äänentoisto- ja mainospylväiden aiheuttamat katvealueet, etenkin lähtöviivan, 100 m:n ja 110 m:n kohdalla. Takymetri asemoidaan käyttäen takymetrin omaa Vertailulinja-toimintoa, jolla takymetrin paikka määritellään suhteessa haluttuun vertailulinjaan. Lähtöviivan keskeltä mitataan piste 1 (1. kuva 21) ja radan päätylinjan keskeltä mitataan piste 2 (2. kuva 21). Linjan suunnaksi valitaan pohjois-akseli. Asemoinnin jälkeen mitataan kiinteät kontrollipisteet (3. kuva 21) ja asemoinnin säilyminen tarkistetaan säännöllisesti sekä tarpeen tullen näistä pisteistä.



Kuva 21. Takymetrin asemointi kilpailupaikalle [8; 14].

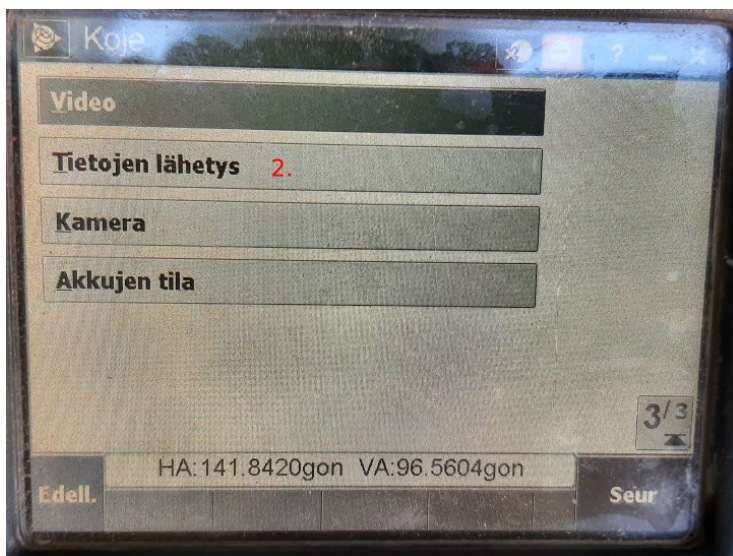
### 6.2 Takymetrin tiedonsiirtoasetukset

Asemoinnin jälkeen takymetrin ohjelmistossa siirrytään tietojen lähetyksen asetuksiin (1. kuva 21 ja 2. kuva 22). Asetuksista valitaan oikea tiedonsiirtoformaatti

ja portin asetukset sekä aikaleiman tarkkuus (3. kuvat 23, 24, 25, 26 ja 27). Lopuksi käynnistetään tietojen lähetys Aloita-painikkeesta (4. kuva 26).



Kuva 22. Päävalikko [19].



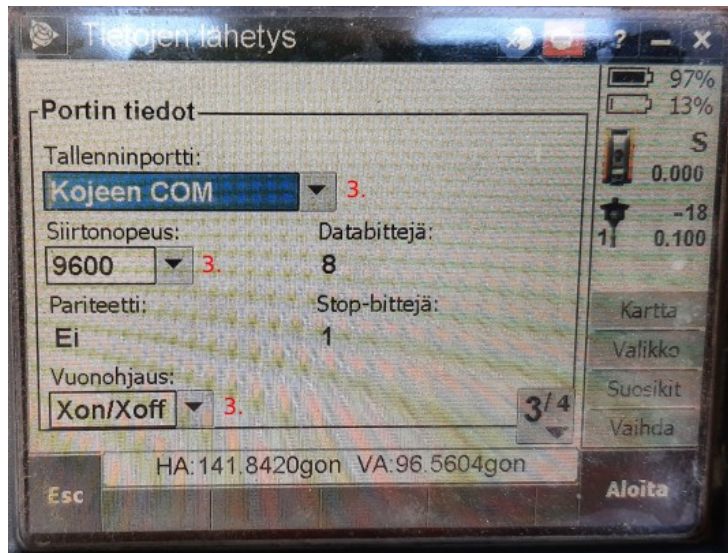
Kuva 23. Koje-valikko [8].



Kuva 24. Tietojen lähetys asetusten sivu 1 [8].



Kuva 25. Tietojen lähetys asetusten sivu 2 [8].



Kuva 26. Tietojen lähetys asetusten sivu 3 [8].



Kuva 27. Tietojen lähetys asetusten sivu 4 [8].

### 6.3 Yhdistäminen sovellukseen

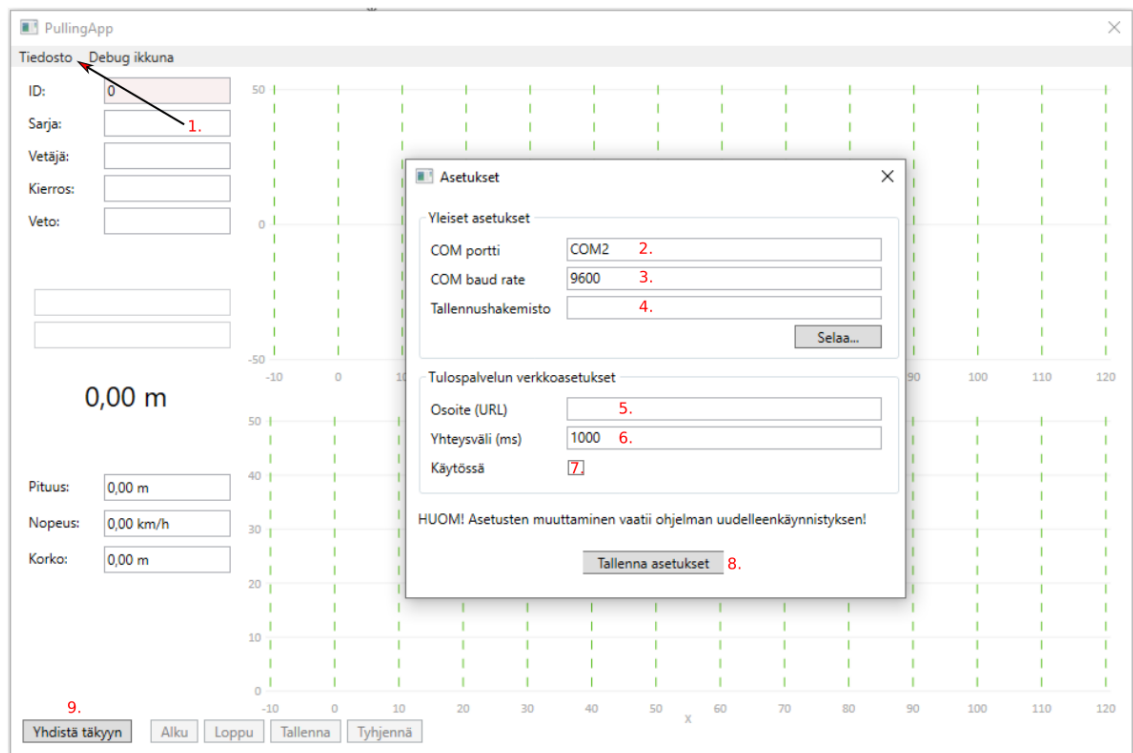
Asemoinnin ja tietojen lähetyksen käynnistämisen jälkeen takymetri yhdistetään tietokoneeseen sarjakaapelilla ja käynnistetään PullingApp-sovellus (kuva 28).

Sovelluksen Tiedosto-valikosta avataan Asetukset (1.) ja syötetään käytetyn sarjaportin numero (2.) ja nopeus (3.). Tallennushakemistoksi luodaan jokaista

kilpailua varten oma hakemisto (4.), johon tallentuvat kaikki mittaustiedot. Tulosten eteenpäin lähetystä varten annetaan tulospalvelun verkko-osoite (5.) ja tietojen lähetysväli (6.). 1 000 ms eli 1 s on toimivaksi havaittu taajuus. Mikäli verkko-yhteyttä ei ole käytössä, tulee poistaa rasti Käytössä-ruudusta (7.). Lopuksi asetukset tallennetaan (8.) ja käynnistetään ohjelma uudelleen asetusten käyttöön ottamiseksi.

Uudelleen käynnistyksen jälkeen aloitetaan takymetrin mittaustulosten vastaanotto painamalla Yhdistä takyyn -painiketta (9.) ohjelman vasemmassa alakulmassa.

Lopuksi järjestelmän toiminta testataan koevedolla.

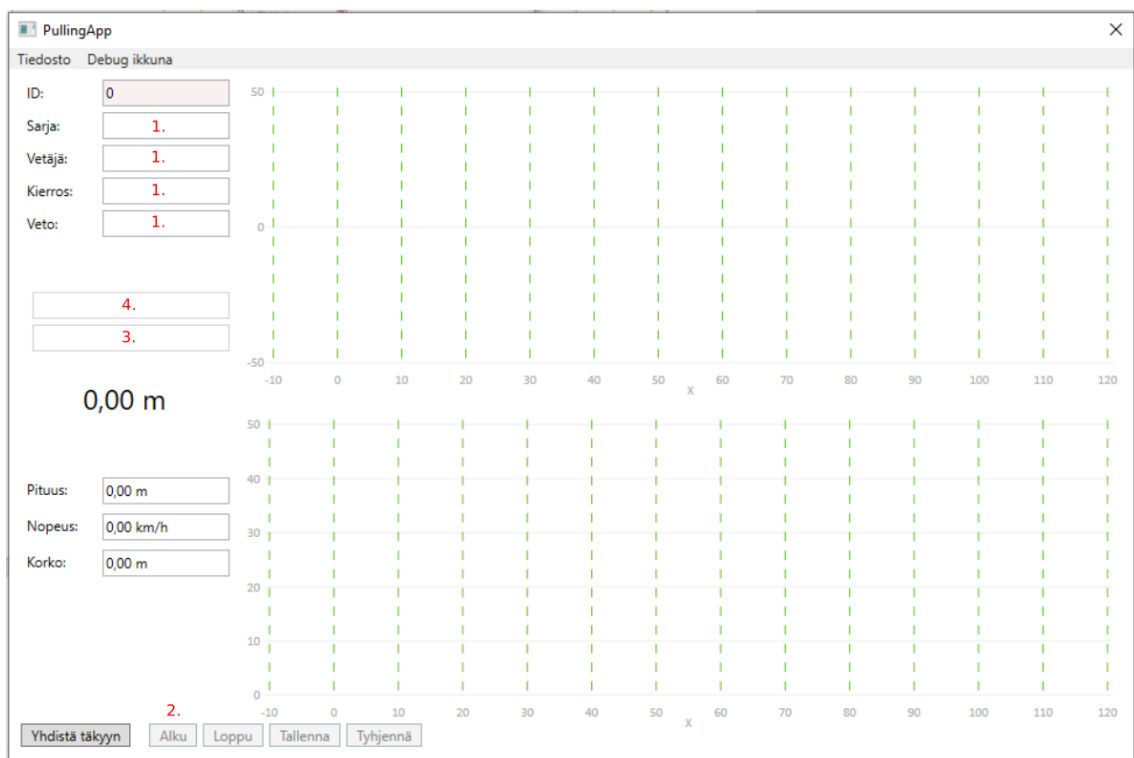


Kuva 28. PullingApp-sovelluksen asetusvalikko [8].

## 6.4 Vedon mittaus

Vedon ja vetäjän tiedot syötetään ohjelman (kuva 29) vasemman yläkulman ruutuihin (1.).

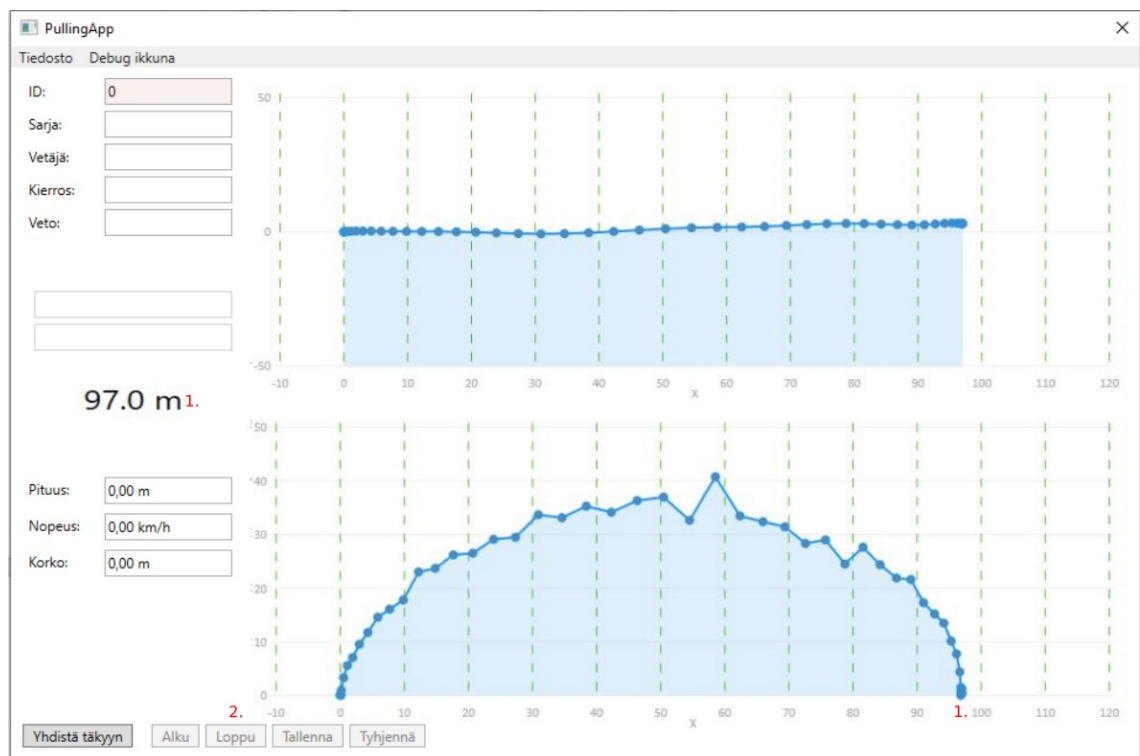
Lavetin ollessa lähtövalmiina käännetään takymetri käsin prismaa kohti. Tämän jälkeen varmistetaan takymetrin tallentimen näytöltä, että laite on lukittunut kohteeseen. Lukituksen varmistamisen jälkeen painetaan Alku-painiketta (2.), tarkistetaan koordinaattilukemien vaihtuminen vasemman reunan alemmassa ruudussa (3.) ja ilmoitetaan mittauksen olevan valmiina vetoa varten. Lähtöpisteen x-koordinaatti (4.) voidaan kirjoittaa talteen varmuuden maksimoimiseksi. Tällöin tekniikan pettäessä voidaan mitata manuaalisesti vedon pituus. Koordinaatti kertoo lähtöpisteen etäisyyden teoreettisesta lähtöviivasta.



Kuva 29. Sovelluksen pääikkuna [8].

## 6.5 Tuloksen ilmoittaminen

Vedon aikana välimitat siirtyvät automaattisesti tulospalvelulle, mikäli verkkoyhteys on valittu käyttöön. Vedon päätyttyä tarkistetaan, että takymetri on edelleen lukittuneena prismaan ja viimeisin tulos on näkyvillä ohjelmassa (1. kuva 30). Mikäli lukitus on katkennut, käännetään takymetri manuaalisesti prismaa kohden ja odotetaan, että lopputulos päivittyy sovellukseen. Sen jälkeen painetaan Loppu-painiketta (2. kuva 30) ja ilmoitetaan mittauksen päätyminen lavetille sekä tulospalvelulle. Loppu-painikkeen painaminen näkyy myös tulospalvelulle lähteivissä tiedoissa, jolloin vastaanottaja näkee lopputuloksen varmistumisen myös suoraan siitä.



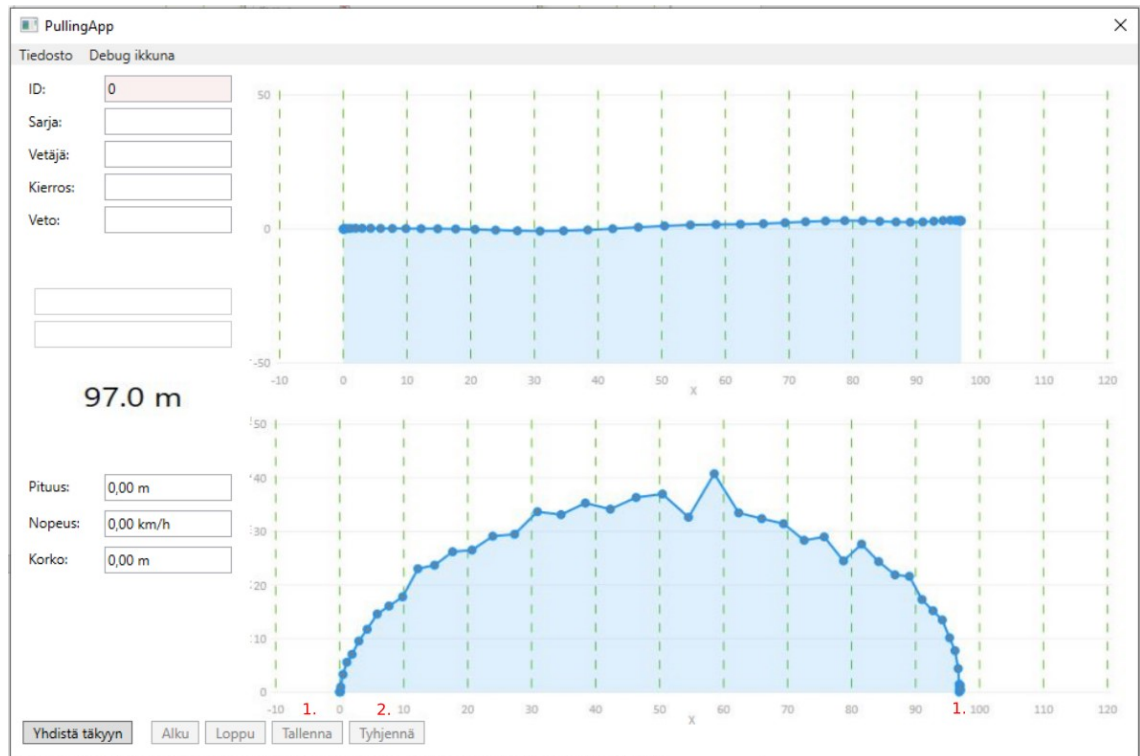
Kuva 30. Sovelluksen näkymä vedon jälkeen [8].

## 6.6 Mittausten tallentaminen ja poistaminen

Kun vedolle on saatu tulos (kuva 31), se voidaan tallentaa painamalla Tallenna-painiketta (1.). Syötetyt vedon ja vetäjän tiedot, lopputulos, sekä kaikki mitatut

havainnot Alku- ja Loppu-painikkeiden painamisen väliltä tallentuvat tekstitiedostoon tallennushakemistoon. Lopuksi painetaan Tyhjennä-painiketta (2.), jonka jälkeen ohjelma on valmiina seuraavaan vetoon.

Testivetojen jälkeen tai mikäli vetoa ei jostakin muusta syystä haluta tallentaa, painetaan vain Tyhjennä-painiketta.



Kuva 31. Tulosten tallentaminen ja poistaminen [8].

## 7 Jatkokehittely

### 7.1 Käyttökokemukset

Järjestelmää testattiin kesän 2019 SM-sarjan kilpailuissa takymetrimittauksen rinnalla ja alun yhteensopivuusongelmien jälkeen sovelluksesta saatiin lopulta toimiva. Tulokset tulevat nopeasti ja luotettavasti. Välitulokset tosin ovat käytettävän takymetrin mittausnopeudesta riippuen enemmän tai vähemmän viihteellisiä.

Heti alkuun todettiin, ettei mittausvastuuta pystytä siirtämään lavetin kuljettajalle takymetrimittausta käytettäessä. Poikkeustilanteita varten tarvitaan joka tapauksessa ihminen kääntämään takymetri takaisin prismaa kohden.

Luotettavan toiminnan takaamiseksi tietokoneessa tulee olla aito sarjaportti, USB-sovittimet aiheuttivat huomattavan paljon sattumanvaraisia ongelmia tiedonsiirron kanssa ja saivat ohjelman jumittumaan. Suoraan sarjaporttiin liitetynä samoja ongelmia ei ilmennyt.

Toimiessaan ohjelma teki vetojen mittaamisesta erittäin yksinkertaista ja kilpailun kulusta jouhevaa aiempaan verrattuna. Tosin ammattitaitoinen mittamies kykenee takymetrin omalla ohjelmallakin tuottamaan vähintään yhtä nopeasti ja tarkasti tuloksia.

Suurimmat käytännön ongelmat aiheutuivat radan varrella olevista näköesteistä ja eräiden vetokoneiden nostattamasta sankasta savupilvestä. Molemmat aiheuttavat tietyissä tilanteissa prisman lukituksen katkeamisen ja viiveen lopputuloksen saamisessa. Pari kertaa kauden aikana vedon lopussa vetokone ja lavetti päätyivät poikkeuksellisen vinoon rataan nähden ja peittivät näkyvyyden prismaan. Tilanteista selvittiin pitkän kartoitussauvan avulla, joskin pitkähköllä viiveellä tuloksen saamisessa.

## 7.2 Kehityskohteet

Sovelluksen virheiden tunnistusta tarvitsee kehittää, jotta muuttuvat lähtöpaikat voidaan huomioida. Sitä varten tarvitaan lähtöpisteen nollaustoiminto, jolla saadaan siirrettyä teoreettista lähtöviivaa haluttu matka.

Tiedonsiirto tulospalvelun kanssa tarvitsee kaksisuuntaisen yhteyden, jotta vedon ja vetäjän tiedot tulisivat tulospalvelulta sovellukseen. Tällöin välttyttäisiin kaksinkertaiselta tietojen syötöltä, ja usein tulospalvelulla on parempi tietokin asiasta, koska lähtöjärjestys vaihtuu toisinaan ennalta ilmoitetusta.

Tallennetuista mittaustuloksista tulisi saada helposti tulostettua raportti yksittäisestä vedosta sekä yhteenveto kaikista vedoista.

Välitulosten laskentaan voisi ottaa käyttöön kolmen havainnon liukuvan keskiarvon, jolloin sekunnin välein ilmoitettava tulos olisi lähempänä todellista tulosta takymetrin suurissa nopeuksissa antamien havaintojen hajonnasta huolimatta.

## 7.3 Integrointi digilavettiin

Jo suunnittelun lähtövaiheessa oli tiedossa omistajan visio lavetin päivityksestä ”digilavetiksi” tulevaisuudessa. Päivityksen jälkeen lavetti tuottaisi tietoa vedosta, ja silloin olisi mittausjärjestelmä hyvä saada integroitua lavetin järjestelmän kanssa. Mittauksen, lavetin ja tulospalvelun järjestelmien yhdistämisellä saataisiin monia etuja. Tieto kaikkien osapuolten tilanteesta olisi jatkuvasti kaikkien tiedossa, välttyttäisiin moninkertaisilta samojen asioiden kirjaamisilta, lavettia ei voisi vahingossa siirtää ennen tuloksen varmistumista jne. Lisäksi kaikesta kerätystä datasta saataisiin koostettua kerralla kattava raportti arvokasta tietoa kilpailijalle omaa kehitystä varten.

## Lähteet

- 1 Tractor pulling – historia. Verkkoaineisto. Suomen traktoriurheiluliitto. <<http://www.tractorpulling.fi/?sivu=viewpage&pageid=3>>. Luettu 27.3.2021.
- 2 Kudjoi, Ville. 2020.
- 3 Dennis, Vos. 2019. Verkkoaineisto. <<https://tractorpulling.com/wp-content/uploads/2019/03/Whispering-Giant-2018.jpg>>.
- 4 Ajettavat luokat kaudella 2019. Verkkoaineisto. Suomen traktoriurheiluliitto. <<http://www.tractorpulling.fi/?sivu=uutiset&uutinenid=218>>. Luettu 27.3.2021.
- 5 Tractor pulling - Luokat. Verkkoaineisto. Suomen traktoriurheiluliitto. <<http://www.tractorpulling.fi/?sivu=viewpage&pageid=4>>. Luettu 27.3.2021.
- 6 Kilpailutoimintaohjeistus 2021. 2021. Suomen Traktoriurheiluliitto ry.
- 7 Tractor pulling - Lyhyesti. Verkkoaineisto. Suomen traktoriurheiluliitto. <<http://www.tractorpulling.fi/?sivu=viewpage&pageid=5>>. Luettu 27.3.2021.
- 8 Kudjoi, Ville. 2021.
- 9 European Tractor Pulling Committee. 2020. ETPC Rulebook 2020.
- 10 Kudjoi, Ville & Teppo, Pertti. 2018. Suunnittelupalaveri.
- 11 Häkli, Pasi & Koivula, Hannu. 2005. Reaaliaikaisen GPS-mittauksen laatu. Geodeettinen laitos.
- 12 Raunu, Lauri & Halkola, Hannu. 2007. VRS-GPS-Mittauksen tarkkuus Helsingin kaupungin alueella. Helsingin kaupunki, Kiinteistövirasto.
- 13 Tilus, Hannu. 2014. Verkkoaineisto. <[https://htphoto.1g.fi/kuvat/Tractor+Pulling/Tractor+pulling+SM-Osakilpailut+Tyrm%C3%A4v%C3%A4+2014/DSC\\_0078.jpg](https://htphoto.1g.fi/kuvat/Tractor+Pulling/Tractor+pulling+SM-Osakilpailut+Tyrm%C3%A4v%C3%A4+2014/DSC_0078.jpg)>. Luettu 27.3.2021.
- 14 Maanmittauslaitoksen ortokuva.
- 15 Leica TPS1200 Series Technical Data. 2005. Leica Geosystems AG.
- 16 Ali-Löytty, Simo. 2021.
- 17 Kudjoi, Ville. 2018.
- 18 Maanmittauslaitoksen ortokuva.

19 Lukkarinen, Veli-Matti. 2021.