

Miika Hietanen

PUIMURIN ELEVAATTORIN KAPASITEETIN MITTAUS

Automaatiotekniikan koulutusohjelma

2014

## PUIMURIN ELEVAATTORIN KAPASITEETIN MITTAUS

Hietanen, Miika  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Automaatiotekniikan koulutusohjelma  
marraskuu 2014  
Ohjaaja: Suvela, Timo  
Sivumäärä:23  
Liitteitä:1

Asiasanat: puimuri, elevaattori, valokenno anturi, mittaus

Opinnäytetyön aiheena oli tutkia puimurin viljaelevaattoriin sopivaa anturia, joka mittaa kuljetettavan materiaalin määrää. Tavoitteena oli rakentaa kokonaisuus, jonka avulla puimurin kuljettaja saa tiedon viljaelevaattorissa kulkeutuvan viljan määrästä. Tämän tiedon avulla puimurin kuljettaja pystyisi puimaan aikaisempaa tarkemmin ja taloudellisemmin.

Työ tehtiin kahdessa osassa. Ensimmäisessä vaiheessa tutkittiin sopivaa anturia viljaelevaattoriin. Toisessa vaiheessa siirryttiin käytännön testeihin. Ensiksi hankittiin sopiva anturi ja tämän jälkeen se asennettiin viljaelevaattorin kylkeen. Tämän jälkeen anturin toiminta testattiin pellolla oskilloskoopin avulla. Oskilloskoopin avulla mitattiin anturin lähettämää signaalia, joka oli kaikkein tärkein asia kokonaisuuden rakentamisen kannalta.

Lopputuloksena saatiin tuotettua opinnäytetyö, jota Sampo Rosenlew pystyy jatkossa hyödyntämään leikkuupuimureissaan.

## MEASURES THE VOLUME OF THE COMBINE HARVESTER GRAIN ELEVATOR

Hietanen, Miika

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Automation Technology

november 2014

Supervisor: Suvela, Timo

Number of pages:23

Appendices:1

Keywords: combine harvester, elevator, photo electric sensor, measurement

The purpose of this thesis was to select a correct sensor to the combine harvester grain elevator. The sensor measures the volume of the transferred material. The objective was to build a system which enables the combine harvester driver to monitor crop volume in the grain elevator. That information helps the driver of the combine harvester to harvest more accurately and more economically than before.

This thesis was made in two phases. In the first phase I made a study to select a correct sensor to the grain elevator researched correct sensor in grain elevator. In the second phase I focused on practical tests. First I was procured the correct sensor and it was installed to the grain elevator. Then I tested the sensor in the field with oscilloscope. I used oscilloscope to measure sensor`s signal, which was the most important thing in building the whole system.

As a result I produced the thesis, which Sampo Rosenlew can utilize in the combine harvester business.

# Sisällys

1 JOHDANTO.....	5
1.1 Yritys.....	5
2 JÄRJESTELMÄ.....	6
2.1 Elevaattori.....	6
2.2 Comvision-näyttö.....	7
3 ANTURI.....	9
3.1 Anturin valinta.....	9
3.1.1 Anturin toiminta periaate.....	9
3.1.2 Tehon syöttö .....	10
3.1.3 Anturin tyyppi .....	10
3.1.4 Tunnistus etäisyys .....	11
3.1.5 Käyttölämpötila .....	11
3.1.6 IP-Luokitus .....	11
3.1.7 Fyysiset ominaisuudet.....	11
3.2 Anturin sijainti .....	12
3.3 Mittaus .....	12
3.4 Kalibrointi .....	12
4 KOEKÄYTTÖ JA MITTAUKSET .....	13
4.1 Mittausvälineet .....	13
4.2 Mittaukset käytännössä.....	14
4.3 KytKentä.....	14
4.4 Koeajot.....	16
4.5 Mittausdata.....	16
4.5.1 Mittausdata tyhjällä puimurilla.....	18
4.5.2 Mittausdata normaaleissa olosuhteissa.....	20
4.6 Mittaustulosten analysointi.....	21
4.7 Johtopäätökset.....	22
LÄHTEET .....	24
LIITTEET .....	

## *1 JOHDANTO*

Työn tarkoituksena on selvittää leikkuupuimurin elevaattorin kuljettaman materiaalin määrän mittausta optisen anturin avulla. Aluksi tutkitaan, millainen anturi sopisi kyseiseen tehtävään ja tämän jälkeen testataan valitun anturin toiminta oikeissa puintiolosuhteissa. Anturilta vaaditaan tiettyjä ominaisuuksia ja kriteereitä, jonka mukaan anturi valitaan. Anturin pitää kestää lämpötilaeroja, vettä, pölyä ja fyysistä kuormitusta, sen täytyy olla npn-tyyppinen anturi ja sen täytyy olla yhteensopiva 12 voltin tasajännite piiriin.

Elevaattori on leikkuupuimurin oikealla puolella sijaitseva ”hissi”, jonka tehtävänä on siirtää jyvät puintikoneistosta viljasäiliöön. Tällä hetkellä puintikoneiston kuormituksesta ja säädöistä ei saada riittävää tietoa, mikä aiheuttaa sen, että leikkuupuimuria kuormitetaan helposti liikaa tai liian vähän. Suuresta kuormituksesta seuraavat suuri polttoaineen kulutus, satotappiot ja vaara, että puintikoneisto menee tukkoon. Lisäksi ei tiedetä kuinka nopeasti viljasäiliö on täyttymässä. Liian pienen kuormitettavuuden ongelma on lähinnä ajan kulumisen esimerkiksi alhainen puintivauhti, kun ajetaan liian hitaasti.

Anturilta saatavan tiedon avulla leikkuupuimurin kuljettajan olisi helpompi seurata koneen kuormitusta ja viljasäiliön täyttymistä. Etuna olisi siis polttoainetaloudellisempi puinti, satotappion minimointi, optimaalinen puintinopeus sekä tukosten ennakoitavuus.

### *1.1 Yritys*

Opinnäytetyö tehdään Sampo Rosenlew Oy:lle, joka suunnittelee ja valmistaa leikkuupuimureita ja metsäkoneita Porissa. Leikkuupuimurien valmistus Porin tehtaalla on alkanut vuonna 1957, mutta teollinen toiminta on alkanut paljon aikaisemmin jo vuonna 1853. Nykyinen yhtiö perustettiin vuonna 1991. (Sampo Rosenlewin [www](http://www.sampo-rosenlew.fi) sivut 2014)

Sampo-konserni muodostuu Sampo Rosenlew Oy:n lisäksi Sampo Hydraulics Oy:stä, joka on Jyväskylässä hydraulikkamoottoreita ja -rootoreita valmistava yritys. Lisäksi konserniin kuuluu Sampo Components Oy, joka on Nakkilassa metallirakenteita- ja -komponentteja valmistava yritys. (Sampo Rosenlew www sivut 2014)

## *2 JÄRJESTELMÄ*

### *2.1 Elevaattori*

Elevaattori (kuva 1.) koostuu ketjupyöristä, ketjusta ja siihen kiinnitettävistä kumilapuista. Lisäksi elevaattori käsittää runko-osan, joka on suljettu ja jonka sisällä ketju ja laput kulkeutuvat. Molemmissa päässä ylhäällä ja alhaalla on ketjupyörät, joiden välillä ketju kulkee. Yläketjupyörään on liitetty hihnapyörä, joka saa pyörimisliikkeensä moottorilta hihnojen välityksillä. Kumilappujen tehtävänä on kuljettaa viljaa puintikoneistosta täyttökairalle, joka vie ne puolestaan viljasäiliöön. Kumilaput ovat mitoiltaan 10 mm x 149 mm x 74 mm. Kumilappujen etäisyys toisiinsa nähden on 165 mm.



Kuva 1. Elevaattori ylhäältäpäin kuvattuna

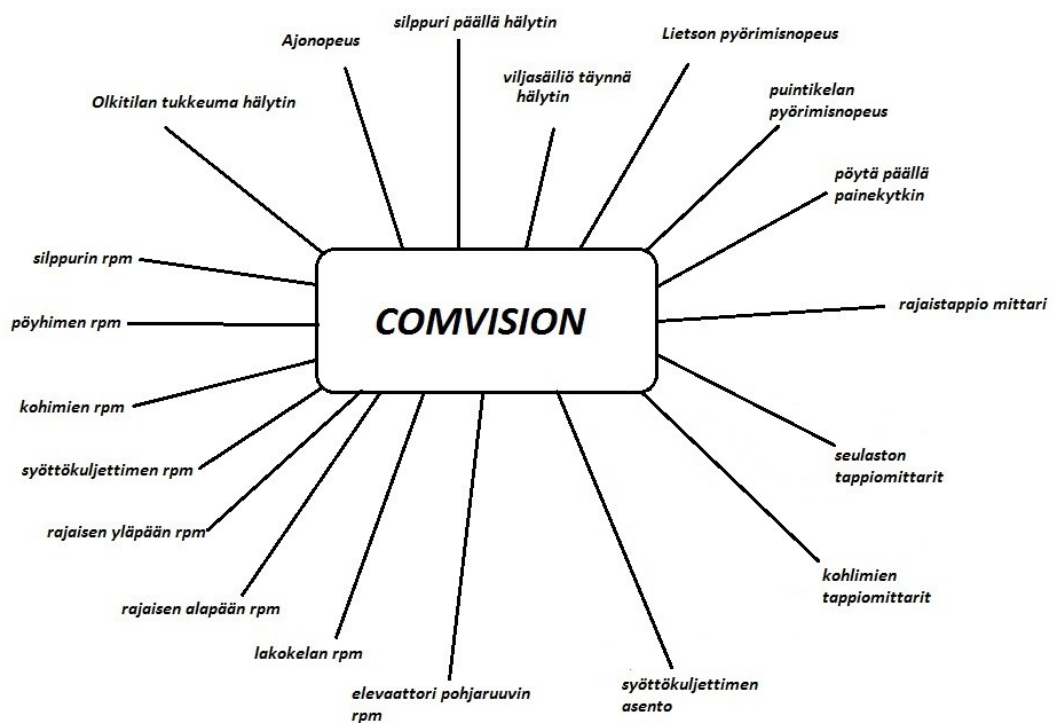
## 2.2 Comvision-näyttö

Puimuri on varustettu Comvision-näytöllä (kuva 2), jonka tehtävänä on pitää kuljettaja ajantasalla puimurin toiminnoista. Se kerää lähes kaiken puimurilta saatavan informaation (kuva 3). Se esimerkiksi saa tiedon moottorin toiminnoista, puintikoneiston akselien pyörimisnopeuksista, leikkuupöydän liikkeistä ja monesta muusta. Se myös vahtii, että kaikki toimii niin kuin pitääkin.

Elevaattorin optinen anturi on tarkoitus liittää Comvision-näyttöön muiden toimintojen lisäksi. Itse Comvisionin ohjelmaa ei pystytä itse muokkaamaan, koska

sen toimittaa tanskalainen yhtiö Teejet Technologies räätälöidysti Sampo Rosenlewin tarpeen mukaan.

Anturilta saatava, kapasiteetiksi muutettu informaatio on tarkoitus saada sellaiseen muotoon, että puimurin kuljettaja pystyy sitä mahdollisimman hyvin seuraamaan. Tieto voidaan tuoda näytölle pylväsdiagrammina, joka ilmaisee elevaattorin täyttymisen prosentuaalisesti. Toinen vaihtoehto on tuoda tieto numeraalisesti muodossa, joka ilmaisee puidun viljan määrän esimerkiksi tonnia tuntia kohden, X tonnia/tunti, jossa X on muuttuva tekijä, eli X on jokin reaalityttö nollasta ylöspäin.



Kuva 2. Comvisionille tulevat tiedot



Kuva 3. Comvision-näyttö (Urakointiutiset www-sivut)



### 3 ANTURI

#### 3.1 Anturin valinta

Anturiksi valitaan optinen anturi eli valokenno, jossa on lähetin ja vastaanotin erikseen. Kyseisellä anturilla tunnistetaan lähettimen ja vastaanottimen välissä kulkeutuva materiaali. Optinen valokennoanturi valitaan siitä syystä, että se pystyy mittaamaan lähettimen ja vastaanottimen väliin tulevan materiaalin korkeutta riittävällä tarkkuudella.

Anturin lähetin lähettää ihmissilmälle näkymätöntä signaalia, jonka vastaanotin tunnistaa tietyn matkan päästä lähettimeltä. Lähettimen tehtävänä on tuottaa signaali, jonka vastaanotin tunnistaa vaikutusalueellaan. Anturilta saatava tieto on pulssitietoa eli jännite-eroja tietyin väliajoin, kun elevaattori on käynnissä. Anturilla on kaksi tilaa: joko anturi kytkee jännitteen päälle tai pois päältä. Riippuen anturin tyypistä, kytkee se jännitteen päälle tai pois päältä tunnistessaan kappaleen vaikutusalueellaan.

##### 3.1.1 Anturin toimintaperiaate

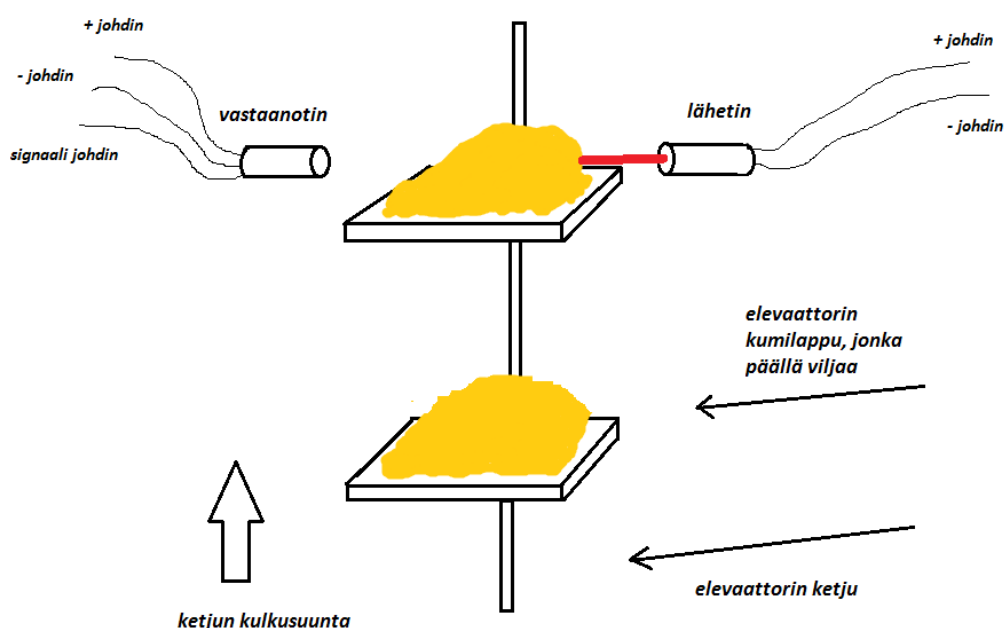
Tässä tapauksessa tutkitaan normaalista valokennosovelluksesta poiketen pulssin pituutta. Tällä hetkellä tiedetään, kuinka nopeasti elevaattorin ketjut kulkevat anturin ohi, joten signaalin vaihteluväli on vakio. Elevaattorin pohjaruuvien päässä on anturi, joka mittaa akselin pyörimisnopeutta. Tämä tieto näkyy kuljettajalle Comvisionin näytöllä. Ainoastaan signaalin päälläoloaika vaihtuu sen mukaan, kuinka paljon elevaattorissa liikkuu tavaraa.

Tavoitteena on tutkia, kuinka suuri määrä viljaa kulkee elevaattorin kumilapun päällä. Anturi mittaa jyväkasan korkeutta elevaattorin lapun keskiosasta (kuva 4). Tämä antaa tyydyttävää tietoa jyvien määrästä ja elevaattorin täyttyvyydestä. Tuon tiedon perusteella puimurin kuljettaja saisi tärkeää tietoa puintikoneistosta ja sen käyttökapasiteetista.

Elevaattorin käydessä tyhjänä anturi lähettää suurimmaksi osaksi ajasta 0-tilatietoa, koska anturin lähettimen ja vastaanottimen välissä ei ole muuta kuin ohi kulkeutuvat kumilaput. Näin ollen 0-tilatietoa ajasta on noin 95 % (Liite 1).

Jos taas elevaattori on puolillaan viljaa eli kumilappujen päällä on jyviä puolet matkasta yläpuolella olevaan lappuun nähden, niin silloin 0-tilatietoa ajasta on 50 % ja 1-tilatietoa myös se 50 % ajasta.

Lisäksi on huomioitava elevaattorin kumilaput ja niiden paksuus, koska anturi tunnistaa viljakasan lisäksi myös kumilaput ja siksi ne onkin kalibroitava pois Comvisionista.



Kuva 4. Havainnollistava kuva anturista ja elevaattorin toiminnasta

### 3.1.2 Tehon syöttö

Puimurin jännitelähteenä on 12 voltin akku, joka syöttää jännitettä kaikille puimurin sähkökomponenteille. Anturi saa tehonsa samaiselta akulta, joten valitaan anturi, joka toimii kyseisellä jännitteellä.

### 3.1.3 Anturin tyyppi

Anturiksi valitaan sähköiseltä kytkennältään npn-tyypin anturi, jossa on lähetin ja vastaanotin erikseen. Npn-anturi vaaditaan, koska Comvision pystyy lukemaan vain npn-tyyppisen anturin informaatiota eli miinussignaalia. Lähettimeen kytketään 2 johdinta, joista toiseen positiivinen jännite ja toiseen negatiivinen jännite.

Vastaanottimeen kytketään näiden kahden johtimen lisäksi kolmas johdin, joka toimii signaalijohtimena. Signaalijohtimen tehtävänä välittää anturilta saatavat tiedot Comvisionille jänniteviestillä. Anturin tyypiksi valitaan sellainen, joka on sulkeutuvalla koskettimella, tällöin valonsäteen katkeamisen seurauksena vastaanotin kytkee virrat signaalijohtimeen ja sitä myöten comvisionille. (Machinedesign [www-sivut](#); Sensortech [www-sivut](#))

#### 3.1.4 Tunnistusetäisyys

Elevaattorin mitta ulkoseinästä ulkoseinään on 180 mm. Anturin tunnistusetäisyys valitaan seinämien etäisyyksien perusteella toisistaan. Näin ollen vaadittava tunnistusetäisyys on noin 180 mm. Valitaan kuitenkin sellainen anturi, jonka tunnistusetäisyys on moninkertainen vaadittavaan etäisyyteen, koska elevaattorissa saattaa olla roskaa ilmassa, jotka häiritsevät anturin toimintaa. Pitkän kantaman anturin signaali on voimakkaampi, joten se on helpommin vastaanottimen havaittavissa.

#### 3.1.5 Käyttölämpötila

Käyttölämpötila määräytyy ilmaston mukaan. Käyttöalueeksi valitaan laaja alue, sillä etelässä aurinkoisella säällä auringon lämpötila voi nousta korkealle ja toisaalla voidaan olla lähellä nollaa tai jopa sen alapuolella, joten käyttölämpötila-alueeksi valitaan -10...+70 °C.

#### 3.1.6 IP-luokitus

Anturi joutuu kosketuksiin pölyn ja mahdollisesti vedenkin kanssa. Tämän vuoksi valitaan anturi, jolla on mahdollisimman suuri suojaus eli vähintään IP65. Tällöin se on täydellisen pölytiivis ja kestää vesisuihkun joka suunnasta.

#### 3.1.7 Anturin fyysiset ominaisuudet

Valitaan sylinterikotelon muotoinen anturi, jossa ovat lähetin ja vastaanotin erikseen. Tämä on helppo asentaa elevaattorin kylkeen tekemällä elevaattoriin kaksi reikää vastakkaisille puolille kohtisuoraan toisiinsa nähden. Anturin halkaisija valitaan elevaattorin ketjun kumilapun paksuuden perusteella sen mukaan halutaanko anturin tunnistavan tyhjiä kumilappuja vai ei. Valitaan 10 mm halkaisijalla oleva anturi, jonka halkaisija on sama, kun kumialapun paksuus.

Anturin päät suojataan suoralta kosketukselta, jotta anturin tärkeät osat eivät vahingoittuisi käytössä. Tämän vuoksi suojataan anturin päät sellaisella läpinäkyvällä suojakotelolla (pleksillä), joka ei myöskään häiritse anturin toimintaa.

### *3.2 Anturin sijainti*

Anturi asennetaan elevaattorin yläpäähän niin, että valokennon lähettimen valosäde läpäisee elevaattorin lapun keskikohdasta. Anturi asennetaan mahdollisimman ylös, koska osa jyivistä pääsee varisemaan lappujen päältä elevaattorin pohjalle. Lisäksi jyväkasa pääsee tasoittumaan matkalla ylöspäin elevaattorissa ja tämä varmistaa näin paremman mittaustuloksen.

### *3.3 Mittaus*

Mittausten tarkoituksena on saada selville ensinnäkin se, toimiiko anturi ja saadaanko siitä ulos minkäänlaista tietoa. Toisekseen tarkoitus on mitata anturin pulssien pituuksia riittävän tarkalla laitteella, jotta pystytään erottamaan selvästi viljaelevaattorin kumilappujen päällä kulkeutuvien kasojen korkeudet.

Mittaustulos perustuu vain jyväkasan korkeuteen, joka kulkee elevaattorin lapun päällä valokennon ohi, joten mittaustuloksen tarkkuuden kannalta on erityisen tärkeää, että vilja jakaantuisi tasaisesti kumilappujen päälle.

### *3.4 Kalibrointi*

Kalibrointi on erityisen tärkeää ottaa huomioon, jotta järjestelmästä saadaan mahdollisimman tarkka. Järjestelmä on kalibroitava niin, että anturilta saatavaa informaatiota pystytään käsittelemään oikealla tavalla. Elevaattorin käydessä anturi havaitsee ohi kulkeutuvat laput ja lähettää signaalitietoa käsittelevään järjestelmään. Järjestelmä tällöin ”luulee”, että elevaattorissa kulkee pieni määrä viljaa. Siksi käsittelevältä järjestelmältä vaaditaan ominaisuutta, joka pystyy käsittelemään viivettä.

Viiveen avulla saadaan elevaattorin laput ”näkymättömiksi” järjestelmälle, jolloin vain viljan määrä näkyy järjestelmään. Anturin tarvitsee vain todeta elevaattorin kumilappu ja sen päällä kulkeva vilja, mutta järjestelmän on pystyttävä erottamaan

laput viljasta. Jokainen lappu on paksuudeltaan samankokoinen, joten viive tulee olemaan vakion pituinen aika.

Toinen vaihtoehto viiveen korvaamiseksi on valita sellainen anturi, jonka valosilmä on keilamainen. Keilamainen valokenno on valittava elevaattorin kumilapun paksuuden mukaan niin, että anturi ei huomioi kumilappua, vaan ainoastaan sen päällä kulkeutuvan kuorman. Näin ollen valosilmän on oltava vähintään kumilapun paksuinen valokeila, silloin teoriassa anturissa itsessään on lapun anturin näkökentästä poistava ominaisuus, jolloin Comvisionilta ei vaadita viiveen laskemista.

Kalibroinnin kannalta oleellisin asia on se, kuinka kauan anturi havaitsee yksittäisen lapun. Tähän vaikuttavat lapun paksuus, ketjun nopeus ja anturin tunnistus alue. Kalibrointilaskelmat on laskettu liitteessä 1.

#### *4 Koekäyttö ja mittaukset*

##### *4.1 Mittausvälineet*

Anturilta saatavaan informaation mittaamiseen päädyttiin käyttämään oskilloskooppia, koska sillä voidaan mitata jännitettä ja signaalin päälläoloaikkaa lyhyellä aikavälillä, tässä tapauksessa millisekunneissa tapahtuvista asioista. Oskilloskooppi on fluken 196C, joka on akkutoiminen ja siinä on muistipaikka 15:lle eri tapahtumalle, lisäksi se on helppo liittää tietokoneeseen. (Jorma Tuomela, henkilökohtainen tiedonanto)

Anturiksi mittauksiin ja testeihin valittiin sama anturi, jota käytetään ceres PS8000i satokartoituslaitteessa. Kyseistä laitetta myydään erikseen puimureihin omana kokonaisuutenaan ja sen tarkoituksena on kartoittaa satoa nimensä mukaisesti. Koska laitetta myydään omana kokonaisuutenaan niin tästä syystä anturista ei saatu teknisiä tietoja. (Rdstec [www-sivut](http://www.rdstec.com). 2014)

Varmaksi voidaan kuitenkin todeta, että valittu anturi sopii hyvin puintitesteihin. Anturi on tyypiltään NPN normal open -tyyppinen eli se synnyttää jännite-eron kytkeytyessään päälle plussan ja signaalin välille. Valokeilan tunnistusetäisyys on riittävä ja kaikki vaaditut ominaisuudet löytyvät anturista.

#### *4.2 Mittaukset käytännössä*

Mittaukset suoritettiin muiden puintitestien ohella Eurajoella 5.9.2014. Puintitesteihin oli valittu vuoden 2014 mallin Sampo Rosenlew Comia C8 -puimuri, jossa oli 4,5 metrin levyinen leikkuupöytä. Puintitestien aikana ilmanlämpötila oli +20 Celsiusta ja pellon viljalajina oli vehnä. Pelto oli tasainen ja sijaitsi suoralla maalla.

#### *4.3 KytKentä*

Oskilloskooppiin liitettiin kaksi johtoa. Toinen johdoista liitettiin +12 voltin tasajännitepistokkeeseen, koska anturi kytkee signaalin negatiiviselle puolelle (potentiaaliero syntyy signaalin ja positiivisen puolen välille) ja toinen anturin vastaanottimen signaalijohtoon. Oskilloskoopissa oli oma akku, josta se sai virtansa. Valokennoanturi oli liitetty puimurin 12 voltin akun jännitepiiriin. Anturin signaalijohdin jatkettiin elevaattorilta puimurin hyttiin noin viisi metriä ja johtona tässä käytettiin R2 x 1,0 mm<sup>2</sup> johdinta. 12 voltin tasajännitepistoke oli valmiina puimurin hytissä. Kuvissa 5 ja 6 anturi on asennettuna elevaattorin kylkeen.



kuva 5. Anturi on asennettuna elevaattorin kylkeen



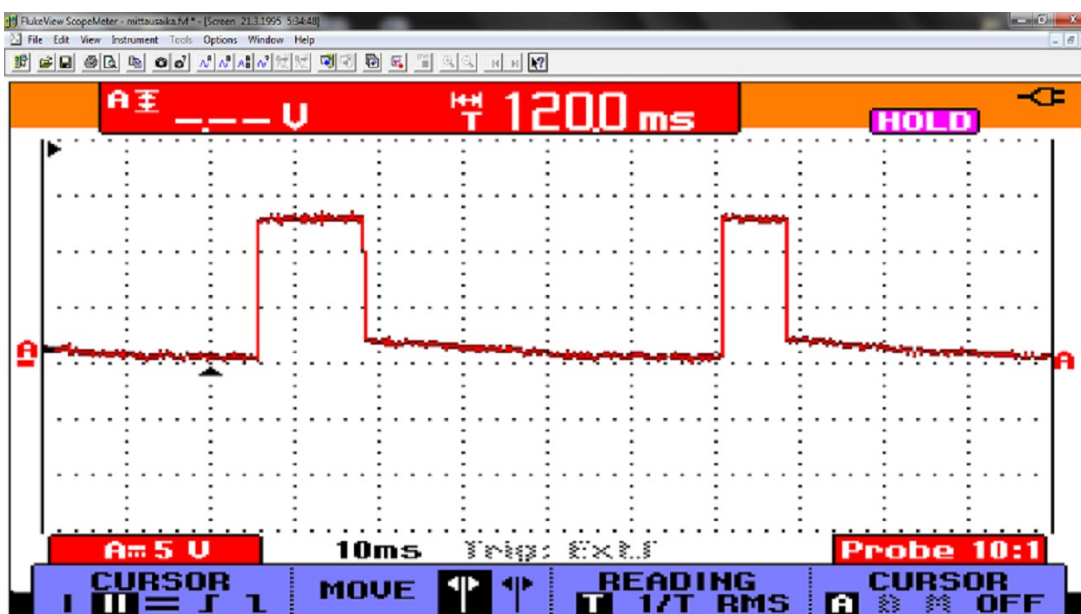
kuva 6. Anturi elevaattorin sisäpuolelta

#### 4.4 Koeajot

Puimurilla ajettiin noin 100 metriä pitkä kaistale kerrallaan koko pöydän leveydeltä. Testaus vaati kahden ihmisen työpanoksen. Puimurin kuljettajan tehtävä oli viljan puiminen, kun toinen suoritti samanaikaisesti mittaukset oskilloskooppilla ja tallentamalla anturilta saatavan informaation oskilloskoopin muistiin. Puinti suoritettiin kolme kertaa keskinopeuden vaihdella 5,7 km/h – 6,5 km/h välillä. Ensimmäinen veto ajettiin 5,7 km/h keskinopeudella ja toiset kaksi 6,5 km/h keskinopeudella. Lisäksi puintikoneistoa pyöritettiin tyhjänä täysillä, jotta saatiin mitattua elevaattorin lappujen vaikutus valokennoanturiin.

#### 4.5 Mittausdata

Mittaukset onnistuivat hyvin ja niistä saatiin selkeät tulokset aikaiseksi. Ongelmana oli, että Mittausaika rajautui 120 millisekunnin ajalle (kuva 7) ja tässä ajassa piti saada tuloksia aikaiseksi. Mittaustarkkuus oli 0,4 millisekuntia, mikä oli täysin riittävä mittauksiin. Kuten kuvasta nähdään niin yhden ruudun aika on aina 10 millisekuntia ja koko mittauksen aika aina 120 millisekuntia kerrallaan. Mittauksessa ratkaisevaa on pulssin pituus, joka on kursorien välinen aika. Jännite-erolla ei tässä mittauksessa ole niin paljon väliä.

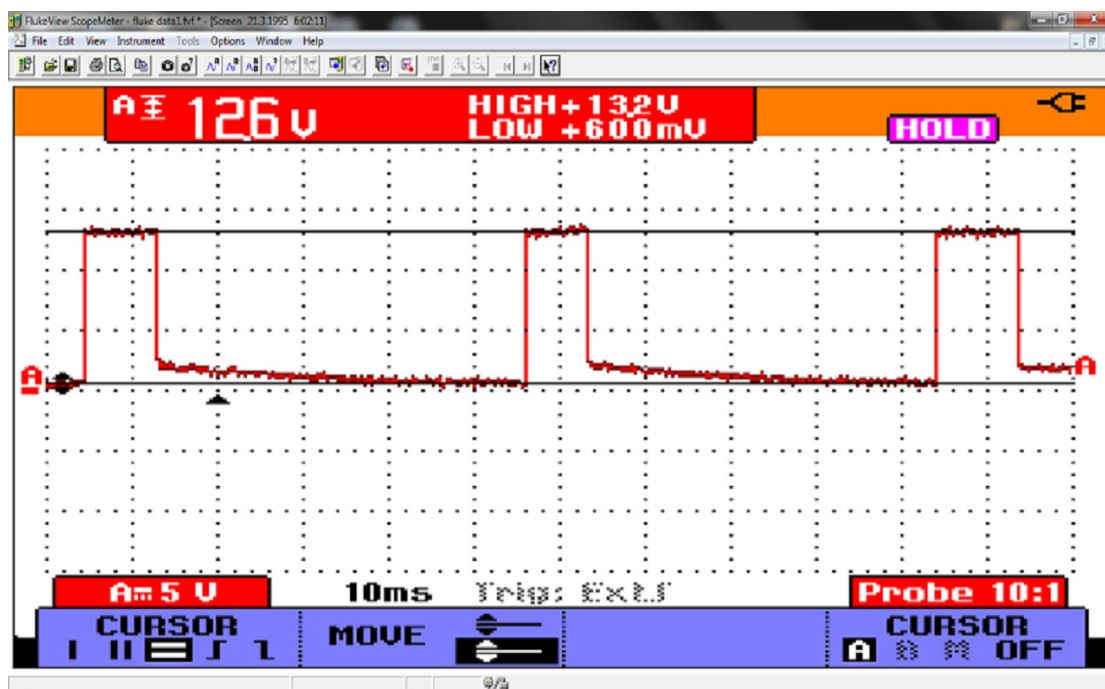


Kuva 7. Oskilloskoopista kaapattu kuva

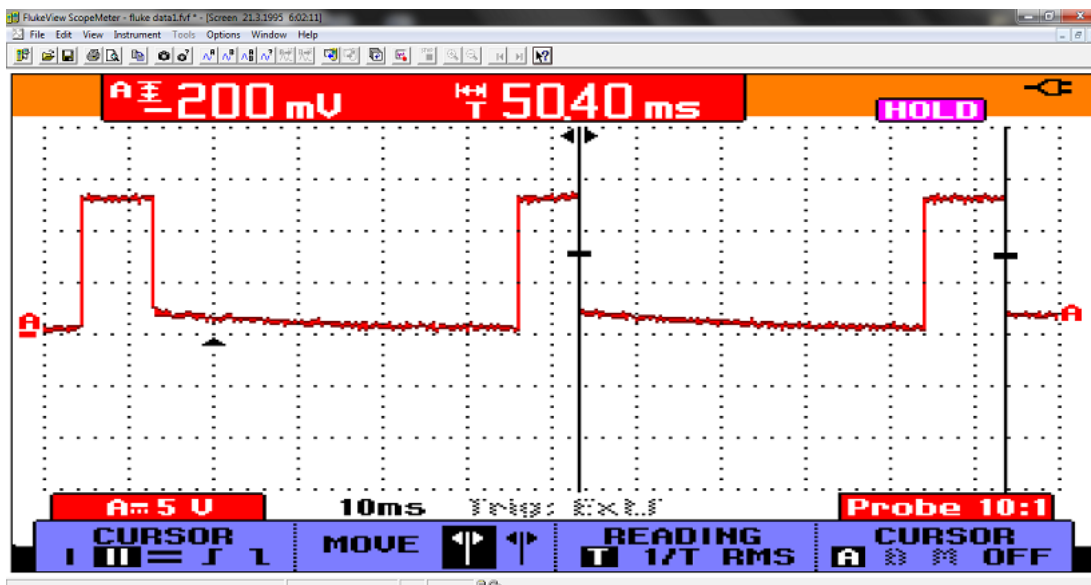


Aina kun viljalevaattorin kumilappu ohitti anturin, syntyi hieman yli 12 voltin potentiaaliero (kuva 8). Jännite-ero ja sen kesto kertoo, kuinka kauan elevaattorin kumilappu on anturin vaikutuksen alaisena.

Pulssin taajuus ja kesto ovat vakioita, koska elevaattorin pyörimisnopeus on vakio. Pientä eroa oli havaittavissa ilman kuormaa ja kuorman kanssa. Kuorman kanssa nopeus putosi hieman, tästä todisteena pulssin aika (elevaattorin kumilapun pohjasta seuraavan kumilapun pohjaan), joka oli mittausten mukaan 50,0 ms – 51,2 ms. Tyhjänä nopeus oli 49,2 ms – 49,6 ms (kuva 9).



Kuva 8. Jännite-erot

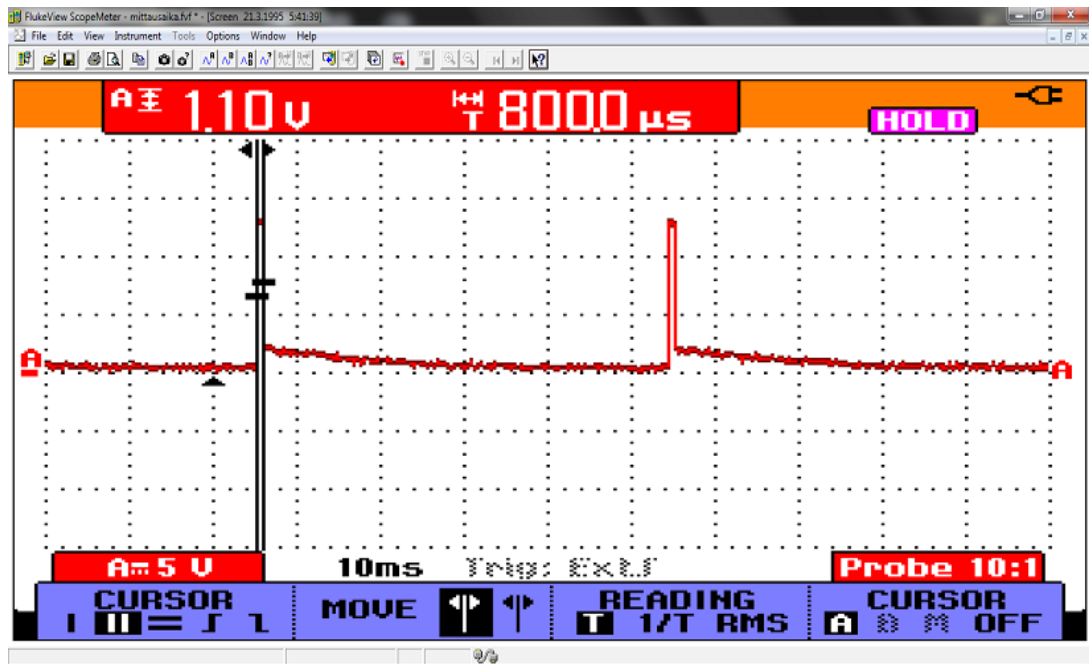


kuva 9. Pulssin pituus

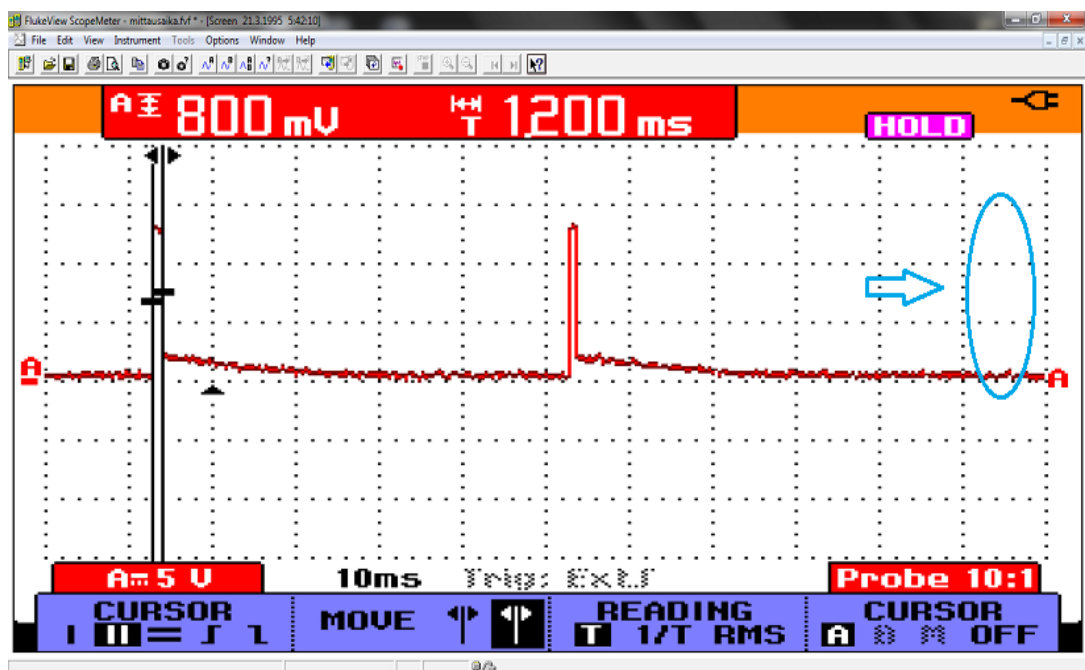
#### 4.5.1 Mittausdata tyhjällä puimurilla

Oleellista valokennoanturin kalibroinnin kannalta on se, miten elevaattorin kumilappu vaikuttaa anturin toimintaan. Mittausdatan mukaan anturi huomioi osittain elevaattorin kumilaput, sillä kun kumilappu ohitti anturin syntyi 0,8 millisekunnin pituinen pulssi kuten kuvasta 10 nähdään. Toisaalta anturi huomioi kumilaput välillä 1,2 millisekunnin pituisella pulssilla ja toisaalta anturi ei huomionut edes kumilappuja kuten kuvasta 11 nähdään.

Mittaustulos eroaa lasketuista arvoista paljon. Laskennallisesti elevaattorin kumilapun pitäisi olla anturin vaikutuksen alaisena 3,4 millisekuntia (liite). Mittausten mukaan anturi havaitsi kumilapun maksimissaan 1,2 millisekunnin pituisella ajanjaksolla, kuten ylempänä oli kerrottu. Mitattujen ja laskettujen arvojen erot johtuvat anturin lähettimen ja vastaanottimen välisestä keilamaisesta valonsäteestä.



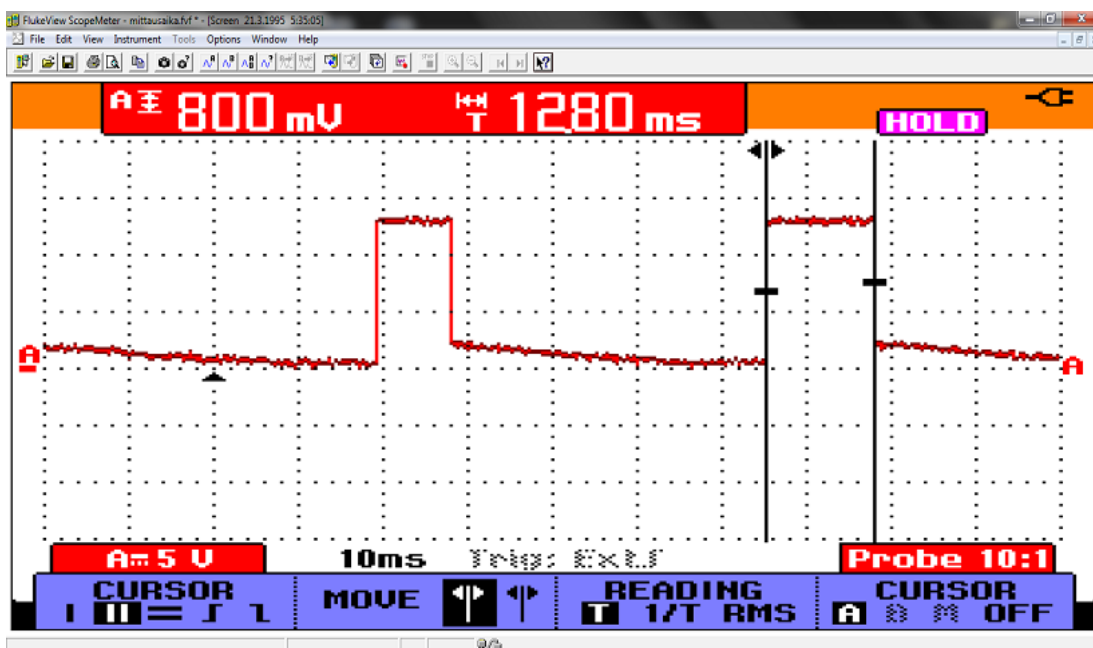
Kuva 10.



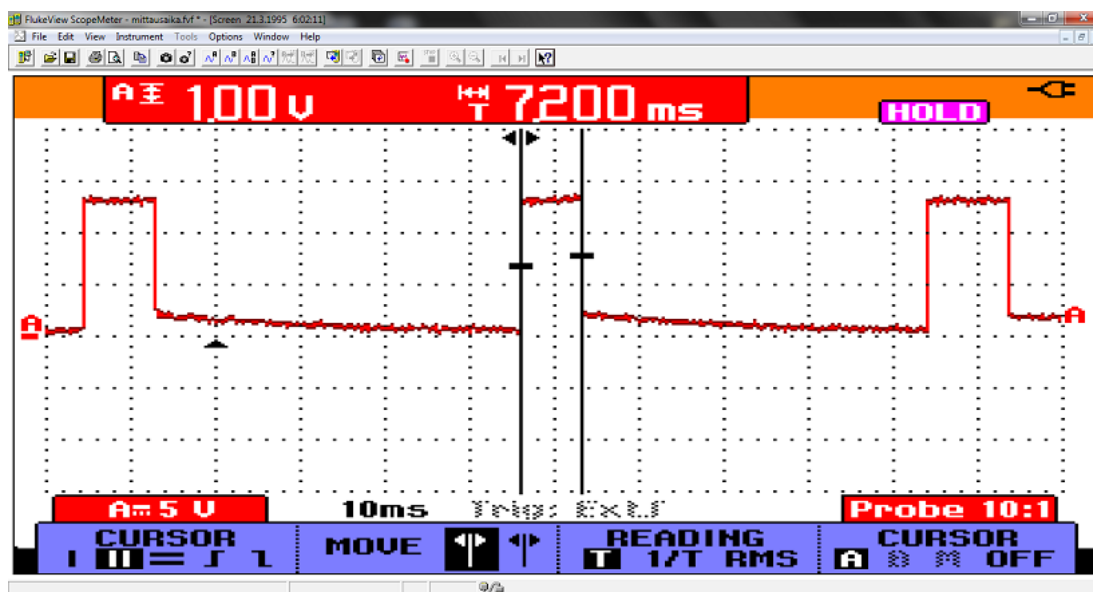
Kuva 11. Anturi ei ole huomionnut kolmatta pulssia

#### 4.5.2 Mittausdata normaaleissa olosuhteissa

Mittausdata normaaleissa olosuhteissa on merkitykseltään sama asia kuin viljan puiminen pellolta reaaliolosuhteissa. Mittaustulokset erosivat tyhjästä puimurista selvästi, niinkuin pitikin. Pulssien pituudet vaihtelivat mittauksen aikana hyvinkin paljon. Pulssien pituudet vaihtelivat 7,20 millisekunnista aina 12,80 millisekuntiin asti, kuten kuvista 12. ja 13. nähdään.



Kuva 12.



kuva 13.

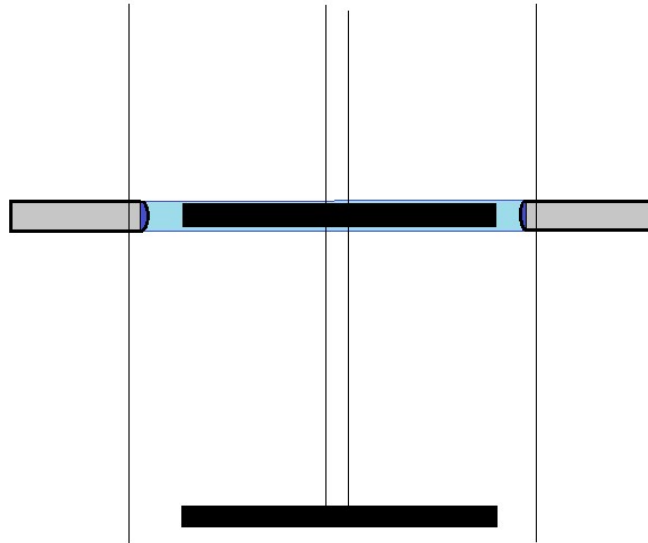
#### *4.6 Mittaustulosten analysointi*

Ongelmana mittauksissa oli se, ettei päässyt näkemään, mitä puimurin puintikoneistossa ja elevaattorissa todellisuudessa tapahtui, eikä pystytty todentamaan, paljonko elevaattorissa kulkee oikeasti tavaraa.

Pulssien pituuksissa oli suuria vaihteluita. Tämä johtuu monestakin syystä. Esimerkiksi siitä, että vilja ei jakaannu tasaisesti puintikoneistossa, minkä seurauksena elevaattorin pohjaruuvi syöttää viljaa elevaattorille erisuuruisina määrinä. Toiseksi elevaattorin kumilappujen päälle kasautuvat jyvät eivät asetu aina samanlaiseen profiiliin toisiinsa nähden. Tämän seurauksena anturi saa ”virheellistä tietoa.” Esimerksi tilavuudeltaan samankokoiset kasat eivät välttämättä ole anturin ”silmissä” samankokoiset, kaikki riippuu kasan korkeudesta.

Mittaukset tyhjän puimurin mitatuista arvoista sekä lasketuista arvoista johtuneet erot johtuivat anturin ominaisuuksista. Anturin lähettimen ja vastaanottimen välinen valoverho on mittausten mukaan keilamainen. Tämän ominaisuuden myötä anturi ei tunnista elevaattorin kumilappuja, kun lappu on tullut osittain lähettimen ja vastaanottimen väliin. Kun kumilappu on vielä ohittamassa anturia, tunnistaa vastaanotin lähettimen valonsäteen, vaikka kumilappu on anturin vaikutuksen alaisena (kuva 14).

Lisäksi elevaattorin kumilaput ovat hieman ylöspäin kaartuvia reunoista eli kumilappuun jää pieni ”kuppi” viljan jyviä varten. Myös kumilapun tukirauta osuu ikävästi anturin vaikutusalueelle osittain. Tukiraudan paksuus on noin 1,5mm luokkaa.



Kuva 14. Valonsäde (sinisellä) ei katkea vaikka kumilappu on välissä

#### 4.7 Johtopäätökset

Onnistuneista mittauksista ja anturin asennuksesta voidaan olettaa, että elevaattorin kylkeen sopii monia erilaisia valokennoantureita, joissa on lähetin ja vastaanotin erikseen. Jokainen anturi malli pitää kuitenkin testata erikseen oskilloskoopin tai jonkun muun mittalaitteen avulla, jotta tiedetään varmuudella kumilappujen vaikutus anturin toimintaan.

Anturisovellus toimii hienosti tasaisella pellolla silloin, kun puimuri on pystyasennossa. Kun puidaan rinnettä niin, että puimuri on kallistuneena johonkin suuntaan, niin viljan jakaantuminen elevaattorin kumilapun päällä ei mene tasaisesti, vaan jyväkasa kerääntyy elevaattorin seinämää vasten. Tämä saattaa aiheuttaa arvaamattomia virheitä mittauksiin. Vaihtoehtoisesti voisi käyttää kahta vierekkäin asennettavaa valokennoanturia, jolloin jyväkasan profiili selviäisi paremmin kuin yhdellä anturilla, eikä rinnepuintikaan aiheuttaisi suuria arvaamattomia virheitä mittauksissa. Vieläkin hienompi, mutta kalliimpi ja haastavampi vaihtoehto, olisi käyttää koko matkan kattavaa valoverhoa (mittaa elevaattorin lapun koko

leveydeltä), tällöin pystyttäisiin mittaamaan jyväkasan profiilia ja jyvien määrää huomattavasti tarkemmin aikaisempiin vaihtoehtoihin verrattuna.

Lopulta voidaan todeta, että yksi valokennoanturi antaa oikein asennettuna riittävää tietoa kuljettajalle puimurin puintikoneistosta ja toiminnoista, ja tällöin kuljettaja pystyy puimaan entistä optimaalisemmin. Näin anturin hankintakustannukset pysyvät maltillisissa rajoissa, jolloin lopputuotteen hintakin pysyy kohtuullisena.

## LÄHTEET

*Seskon www-sivut. 2014. Viitattu 12.10.2014.*

[www.sesko.fi/attachments/testaa\\_tietosi/ip-taulukko.pdf](http://www.sesko.fi/attachments/testaa_tietosi/ip-taulukko.pdf)

*Rdstec www-sivut. 2014. Viitattu 12.10.2014.*

<http://www.rdstec.com/standard-solutions/products.asp?>

[PMaction=product\\_view\\_details&RecordID=17&P\\_D\\_Short=ceres&P\\_C\\_ID2=0&P\\_C\\_ID1=0&P\\_D\\_Code=](http://www.rdstec.com/standard-solutions/products.asp?PMaction=product_view_details&RecordID=17&P_D_Short=ceres&P_C_ID2=0&P_C_ID1=0&P_D_Code=)

*Machinedesign www-sivut. 2014. Viitattu 12.10.2014*

<http://machinedesign.com/sensors/sensor-sense-photoelectric-sensor-outputs>

*Sensortech www-sivut. 2014. Viitattu 12.10.2014*

<http://sensortech.wordpress.com/2011/01/18/industrial-sensing-fundamentals-%E2%80%93-back-to-the-basics-npn-vs-pnp/>

*Urakointiuutiset www-sivut. 2014. Viitattu 12.10.2014*

<http://www.urakointiuutiset.fi/uutiset/uusia-malleja-sampo-comia-c10-ja-c12/>

*Sampo Rosenlew in www-sivut.2014. Viitattu 16.10.2014*

<http://www.sampo-rosenlew.fi/fi/yritys/sampo-rosenlew-oy.html>



**Laskettuja arvoja****Kumilapun aika anturin vaikutusalueella**

Elevaattorin lapun paksuus = 10 mm

Ketjun nopeus saadaan saadaan laskemalla. Anturi mittaa pyörimisnopeutta pohjakairan päässä, joka on kiinnitettyä ketjupyörään. Pyörimisnopeus on vakio, noin 600 rpm. Ketjupyörän halkaisija on 94 mm.

Ketjupyörän kierrosnopeus sekunnissa: 600 rpm/60 sekuntia = 10 kierrosta sekunnissa

Ketjupyörän piiri:  $2\pi r = 2\pi \cdot (94\text{mm}/2) = 295\text{mm}$

Ketjun kulkema matka sekunnissa:  $295\text{mm} \cdot 10 = 2950 \text{ mm/s} = 2,95 \text{ m/s}$

Seuraavaksi lasketaan, että kuinka kauan anturi havaitsee elevaattori kumilapun anturin tunnistusalueella.

$s = v \cdot t$ , jossa

- $s$  = Matka (lapun paksuus)
- $v$  = Nopeus (ketjun kulkema matka sekunnissa)
- $t$  = aika (lapun aika anturin tunnistusalueella)

$$t = s / v$$

$$t = 0,01 \text{ m} / 2,95 \text{ m/s} = 0,003389 \text{ sekuntia}$$

$$t = 3,4 \text{ millisekuntia}$$

Laskennallisesti elevaattorin kumilappu ehtii olla anturin tunnistus alueella vain 0,0034sekuntia. Tämä vaatii järjestelmältä tarkkuutta

**Kumilapun etäisyys ajallisesti seuraavaan kumilappuun**

kumilappujen etäisyys toisiinsa: 165 mm

samalla kaavaalla:

$$t = s / v$$

$$t = 0,165\text{m} / 2,95 \text{ m/s} = 0,0559$$

$$t = 54,2 \text{ millisekuntia}$$

**Prosentuaalinen aika tyhjänä, jolloin anturin tila on 1 ja 0**

1-tila

$$10\text{mm} / 175 \text{ mm} = 0,057 = 5,7 \% \text{ (jossa 10 mm on kumilapun paksuus ja 175 mm on kumilappu + lappujen etäisyys toisiinsa)}$$

kun taas

0-tila

$$100\% - 5,7\% = 94,3 \%$$