

Saimaan ammattikorkeakoulu  
Tekniikan koulutusala Lappeenranta  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma  
Kunnossapito

Ari Martikainen

## **Extruusiopäällysteisten tuotteiden vianilmaisun parantaminen**

Opinnäytetyö 2011

## **Tiivistelmä**

Ari Martikainen

Extruusiopäällysteisten tuotteiden vianilmaisun parantaminen, 58 sivua, 8 liitettä

Saimaan ammattikorkeakoulu

Tekniikka, Lappeenranta

Kone- ja tuotantotekniikka

Kunnossapito

Opinnäytetyö, 2011

Ohjaajat: Tuntiopettaja Di Heikki Liljenbäck, Saimaan ammattikorkeakoulu, tuotantopäällikkö Di Jani Sund, Stora Enso Oyj

Tämän työn aiheena on extruusiopäällysteisten tuotteiden vianilmaisun parantaminen. Opinnäytetyö on tehty Stora Enso Oyj:lle

Testauksessa käytin testinäytteitä, joihin oli painettu värillisiä täpliä. Täplien koko ja tummuus muuttuivat asteittain näytteissä. Nämä näytteet oli pinnoitettu PE- ja PET-muoveilla. Näytteet edustivat lopputuotetta päällystyksen jälkeen. Videokäyristä analysoin, mitä vikoja ja kuinka hyvin nykyinen vianilmaisjärjestelmä kykenee niitä havaitsemaan. Nykyjärjestelmässä käytetään IR- ja fluorivaloja.

Havaitsin testeissä heikkouden fluorivalossa, joka ei antanut kunnon kontrastieroa vioista. Löysin uuden ajattelumallin, jossa laajaspektrinen fluorivalo korvataan kapea-aaltopituisella LED-valolähteellä. Samoilla näytteillä ajoin uudella LED-valolähteellä vastaavat vertailuvideokäyrät, joista analysoin, kuinka hyvin laitteisto nyt kykeni havaitsemaan viat. Vikojen kontrastieroa saatiin parannettua merkittävästi. Kaikki ongelmalliset viat pystytään nyt ilmaisemaan luotettavasti. Uudella valopalkilla saavutetaan myös energiasäästöjä. Valolähde on erittäin pitkäikäinen ja se vaatii minimaalisen kunnossapidon. Fluorivalojen korvaaminen LED-valolähteillä on vianilmaisunkannalta erittäin tärkeää. LED-valolähteellä voidaan korvata myös IR-valolähteet.

Avainsanat: extruusiopäällystys, fluorivalo, IR-valo, LED-valo, PE, polyeteeni muovi, PET, polyetyleenitereftalaatti, spektri

## **Abstract**

Ari Martikainen

Improval of fault detection in extrusion coated products, 58 of Pages, 8 of Appendices

Saimaa University of Applied Sciences

Technology, Lappeenranta

Mechanical and Manufacturing Technology

Maintenance

Final year project 2011

Instructors: Mr Heikki Liljenbäck, Lecturer, Saimaa University of Applied Sciences; Mr Jani Sund, Master of Science in Technology, Stora Enso Oyj

The subject of this thesis is the improvement of the fault detection in extrusion covered products. The customer for the thesis is Stora Enso Plc.

For testing purposes samples were used with coloured spots printed on them. The size and opacity of the spots were varied. These samples were coated with PE and PET plastics. Thus they represented the end product after coating. Recorded video was used to determine the degree and resolution of the fault detection system. The current system uses infrared and fluorescent lights for this purpose.

A weakness was found in using fluorescent light, which failed to provide sufficient contrast in spot detection. A new approach was introduced, with narrow-band LED light source. Comparative runs were made using both current fluorescent and LED lights. The resulting video material was analyzed for spot detection. Using LED lights offered significant marked improvement in spot detection, resulting in the detection of all faults in the test material. The new LED light source also offered energy savings. This light source has a very long operating life and it requires minimal maintenance. For improvement of fault detection it is essential to replace fluorescent and infra-red light sources with LED lights.

Keywords: extrusion coating, fluorescent light, infra-red light, PE, plastics, PET, polyethyletherefthalate, spectrum

## Sisällys

1	Johdanto.....	6
1.1	Lähtötilanne .....	6
1.2	Rajaus.....	6
1.3	Testausmenetelmä .....	7
2	Muovipäälystysprosessi.....	8
3	Vianilmaisintekniikka .....	9
3.1	Mittaus .....	9
3.2	CCD-kamera.....	10
4	Testausmenetelmä.....	10
4.1	Testaus.....	10
4.2	Videokäyrän tulkinta .....	13
4.3	Vianilmaisin extruusiopäälystyskoneilla .....	14
5	Markkinoilla olevia vianilmaisin laitteistoja.....	15
5.1	Ulma® .....	15
5.2	Prosemex.....	18
5.3	Lasor.....	18
6	Nykytilanne.....	19
6.1	GLF.....	19
6.2	Matta.....	21
6.3	Samettimatta.....	24
6.4	PET-muovi .....	27
6.5	Harmaat täplät .....	31
7	Johtopäätökset ja testitulokset .....	31
7.1	Värilliset täplät .....	31
7.1.1	GLF .....	42
7.1.2	Matta .....	43
7.1.3	Samettimatta .....	45
7.1.4	PET-valkoinen .....	46
7.1.5	PET-musta.....	47
7.2	Harmaat täplät .....	48
7.3	Objektiivi .....	48
7.4	CCD-kamera.....	51
7.5	Jäähdytys.....	52
8	Parannusehdotukset .....	52
9	Pohdinta .....	54
10	Yhteenveto .....	55
	Kuvat.....	56
	Lähteet.....	58

## Liitteet

- Liite 1 Videokurvit lähtötilanteessa GLF
- Liite 2 Videokurvit lähtötilanteessa matta
- Liite 3 Videokurvit lähtötilanteessa samettimatta
- Liite 4 Videokurvit lähtötilanteessa PET-valkoinen
- Liite 5 Videokurvit LED-valolla GLF
- Liite 6 Videokurvit LED-valolla matta
- Liite 7 Videokurvit LED-valolla samettimatta
- Liite 8 Videokurvit LED-valolla PET-valkoinen

# 1 Johdanto

## 1.1 Lähtötilanne

Stora Enso Oyj Kaukopään extruusiopäälystyskoneilla PE3 ja PE5 suoritettiin alkuvuodesta 2011 investointi, jolla laajennettiin ajettavien pinnoitteiden valikoimaa. Mukaan lajivalikoimaan tuli BARR-, PET-valkoinen, PET-musta sekä BIO-muovi. Tällä investoinnilla siirrettiin PE4:llä ajettavat tuotteet ajettavaksi PE3:lle. Karhulan PE4 pysäytettiin kesällä 2011.

Pinnanlaatuina on GLF, samettimatta ja matta. Pinnanlaadut määräytyvät jäähdytystelän pintakäsittelystä. Jäähdytystelassa on paksu kuparivaippa, joka on viimeistely ennen kromausta halutulla tavalla. Viimeistelyllä saadaan jäähdytystelaan haluttu pinta, joka kopioituu muoviin ja muodostaa halutun pinnanlaadun lopputuotteeseen.

Vianilmaisoin päivitettiin loppuvuodesta 2010 niin, että vanha mittaustapa säilytettiin ennallaan. Vanhat 5-version kamerat säilytettiin valopalkkeineen muuttumattomina. Kaikki muu järjestelmässä uusittiin aina sähkösyötöistä operointiasemiin. Tällä investoinnilla saavutettiin laitteistoon lisäominaisuuksia. Laitteisto kykenee näkemään viat harmaatasokuvina, myös vikaluokkamäärittelyihin tuli lisäominaisuuksia.

Sain tehtäväksi selvittää, mitä muutoksia vianilmaisinlaitteisiin täytyisi tehdä, jotta ne kykenisivät löytämään viat luotettavasti värillisistä muoveista huolimatta. Laitteen herkkyyttä tulisi parantaa myös harmaitten täplien osalta, koska nykyään nähdään vain mustat täplät eikä varmuutta harmaiden täplien tasosta ole.

Värillisten vikojen löytymistä tulee tehostaa, koska asiakasvalituksia on tullut kellertävistä täplistä. Vianilmaisoin muutostarpeet tulee olla suunniteltu niin, että laitteisto toimii pitkälle tulevaisuuteen. Nykyisiä ominaisuuksia ei saa heikentää.

## 1.2 Rajaus

Tällä opinnäytetyöllä on tarkoitus löytää keinot, kuinka nykyinen vianilmaisinlaite saadaan muutetuksi tai viritetyksi niin, että se kykenee löytämään myös jatkos-

sa kaikista laaduista kaikki viat. Vianilmaisimen uudessa kombinaatiossa tulee ottaa huomioon se, että PE-muoveilla nykyistä suorituskykyä ei saa heikentää. Laitteiston pitää kyetä toimimaan luotettavasti PET-valkeilla ja PET-mustilla muoveilla. Mittalaitteiston tulee löytää viat luotettavasti. PE-muovi on polyeteenimuovi, joka on läpinäkyvää. PET-muovi on polyetyleenitereftalaattimuovi, jossa väriaine on joko mustaa hiiltä tai valkeaa titaanidioksidia.

Opinnäytetyössä tulee myös keskittyä löytämään kombinaatio, jolla kyetään löytämään harmaat täplät luotettavammin kirkkaiden muovien osalta. Tämä ominaisuus on ollut aiemmin hieman heikolla tasolla, koska harmaista vioista ei ole ollut ennen investointia omaa vialuokkaa.

Rajauksia tehtiin testien osalta siten, että testinäytteet ajetaan vain WIS ULMA-laitteilla. Testit päätettiin tehdä PE5-tuotantolinjalla, koska ABB:n Pitäjänmäen testilaboratoriossa ei ollut enää mahdollista saada 5-version kameraa testilaitteistoon kiinni. Kamera- ja valopalkkien kulmia ei lähdetty testaamaan uudelleen, koska mittalaitteiston kulmat oli haettu optimaalisiksi aiemmassa investoinnissa. Selvityksen tulee keskittyä nykyisten laitteistojen kehitykseen ja optimointiin.

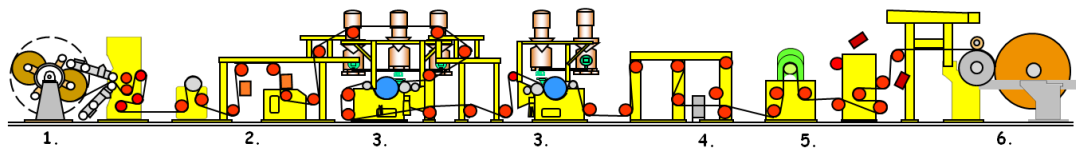
Opinnäytetyössä on tuotava esille myös muita merkittäviä vianilmaisinlaitteistoja ja näiden valmistajat. Näiden laitteistojen mittaperiaatteet ja ominaisuudet tulee esitellä pääpiirteittäin.

### **1.3 Testausmenetelmä**

Tässä testissä käytetään testinäytteitä, jotka on painettu digitaalisella painolla. Näitä näytteitä on kuusi eri väriä (musta, vihreä, sininen, punainen, ruskea ja keltainen), jotka sisältävät erikokoisia pyöreitä täpliä. Täplät himmenevät linjoittain ja täplän koko muuttuu asteittain pienemmäksi. Näytteet on pinnoitettu ekstruusiopäällystyskoneilla PE3, PE4 ja PE5. Pinnoitteina on käytetty PE- ja PET-muoveja. Näytteistä otetaan videokäyrät ennen muutosta ja muutoksen jälkeen. Videokäyristä analysoidaan muutokset, joista päätellään parantuneet ominaisuudet.

## 2 Muovipäälystysprosessi

Stora Enso Oyj Kaukopään tehtailla on PE3- ja PE5-extruusiopäälystyskoneet (kuva 1), joilla päälystetään kartonkia PE-, PET- ja BIO-muoveilla. PE3-koneen kapasiteetti on 80 000 tonnia päälystettyä kartonkia vuodessa. PE5-koneella kapasiteetti on 100 000 tonnia vuodessa. Päätuotteet ovat neste-, kuppi-, kertakäyttö- ja erikoispakkauksien raaka-aineen valmistus. PE3:n tuotantoleveys on 2,3 metriä ja PE5:llä se on 2,8 metriä.



Kuva 1. Extruuksiopäälystyskone (Stora Enso Oyj)

Pääkomponentit muovipäälystyskoneella ovat:

1. Aukirullaus
2. Esikäsitteily
3. Päälystys
4. Profiilimittaus ja -säätö
5. Jälkikäsitteily
6. Kiinnirullaus

Aukirullauspukkiin asetetaan päälystettävä raaka-aine, joka on yleensä kartonki- tai paperirulla. Aukirullauspukissa rullanvaihto suoritetaan konetta hidastamatta tai pysäyttämättä eli "lentävänä liitoksena". Markkinoilla on myös kehittyneimpiä rullanvaihtomenetelmiä. (Partanen 2004, 10.)

Esikäsitteilyssä valmistellaan päälystettävän raaka-aineen adheesio-ominaisuuksia, jotta päälystys onnistuisi mahdollisimman hyvin. Käsitelijöinä käytetään yleensä liekki- tai coronakäsitteilyä. Myös sulaa muovia voidaan käsitellä otsonilla, jolloin saadaan paremmat adheesio-ominaisuudet. (Partanen 2004, 10.)



Päälystysyksikössä sulatetaan muoviraaka-ainerakeet sulaksi muoviksi. Tämä vaihe tapahtuu extruudereissa, joista se johdetaan suuttimelle. Muovi valuteaan suuttimesta ohuena filminä jäähdystelän ja puristintelän väliin, jossa myös päälystettävä raaka-aine kulkee. Puristintelalla sulamuovi puristetaan raaka-aineeseen kiinni. Kiinnitys raaka-aineeseen tapahtuu joko adheesion tai mekaanisen sidoksen tai näiden yhteisvaikutuksen avulla. Jäähdystelalla jäähdytetään päälystetty muovi, jotta sidos olisi riittävän luja.

Profiilimitauksessa mitataan muovikalvon paksuutta ja profiilia. Sääto tapahtuu muovisuuttimen ja syöttökairojen avulla. Tämä yksikkö on tärkein laadun varmistuksen osa. (Partanen 2004, 10.)

Jälkikäsitelyssä parannetaan päälystetyn tuotteen ominaisuuksia asiakkaalle sopiviksi. Yleensä käytetään liekki- tai coronakäsittelijää. Tällaisia ominaisuuksia ovat painettavuus, liimattavuus ja saumattavuus. Jälkikäsitelyssä voidaan myös vaikuttaa pintajännityksiin ja pintaenergiämäärään. (Partanen 2004, 10.)

Vianilmaisinlaitteisto on yleensä sijoitettu jälkikäsitelyn ja kiinnirullauksen väliin. Nämä laitteistot ovat toinen tärkeä osa laadunvalvonnan kannalta. Laitteistot valvovat tuotteen puhtautta ja virheettömyyttä. (Partanen 2004, 10.)

Kiinnirullauksessa valmis pinnoitettu raaka-aine rullataan kiinni konerulliksi, jonka jälkeen ne siirretään pituusleikkurille. Pituusleikkurilla konerulla leikataan asiakasrulliksi. (Partanen 2004, 10.)

### **3 Vianilmaisintekniikka**

#### **3.1 Mittaus**

Mittauksen päätarkoitus on valvoa tuotteen puhtautta ja etsiä siitä vikoja. Vianilmaisin etsii yleensä reikiä, ohentumia, likatäpliä ja pinnoitusvirheitä. Laitteisto pyrkii myös löytämään prosessista rikkinäisen komponentin, joka antaa tuotteeseen jaksollisen vian. Tällaisia vikojen aiheuttajia ovat yleensä pyörivät telat ja viirat. Vianilmaisimella valvotaan tuotantokoneen puhtautta pitkäaikaisella trendillä, josta nähdään koneen likamäärän kehittyminen. Laitteisto raportoi viat halutulla tavalla.

Mitattava kohde valaistaan halutulla tavalla ja oikealla valomäärällä. Mittaus tapahtuu CCD-kameralla. Kameratekniikassa käytetään joko CCD-viivakameraa tai CCD-matriisikameraa. Tässä kohteessa käytetään CCD-viivakameraa.

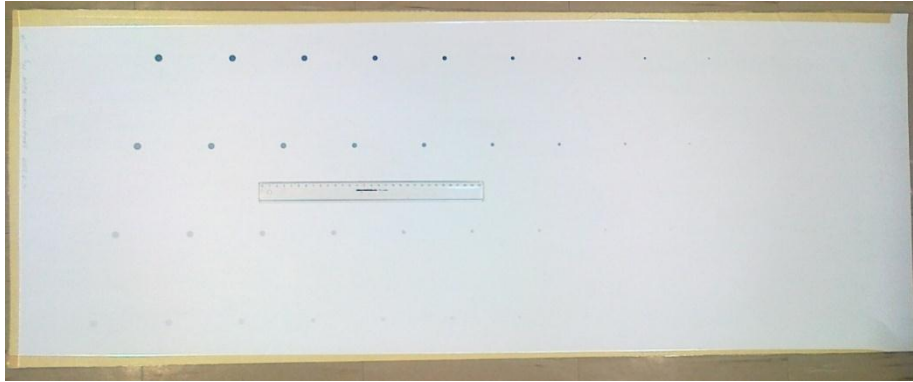
### **3.2 CCD-kamera**

CCD-viivakamera muodostaa 2049 yksittäistä pistettä, jotka saavat yksilöllisen jännitearvon suoraan suhteessa valon määrään (valotusaika). Kamerassa jännitearvo muutetaan digitaaliseen muotoon, jotta analogiset ryömimisongelmat saadaan poistettua. Tästä eteenpäin kaikki toimenpiteet ovat matemaattisia toimenpiteitä digitaalisessa muodossa, jossa yhdistetään pikseleitä niin sivu- kuin pituussuunnassakin. Erilaisilla parametreilla saadaan tästä kartasta analysoitua poikkeamat normaaleista tasoista. Nämä poikkeamat ovat etsittäviä vikoja. Parametreihin määritellään ne tarvittavat asetukset ja raja-arvot, joiden perusteella tehdään päätös, ylittykö minimivoimakkuus ja -koko. Tällöin käynnistyy vikalaskenta- ja analysointiohjelma. Raja-arvojen ylittyessä merkitään vika löydetyksi ja tallennetaan tiedostoihin. (Peltonen, Perkiö, Vierinen 2000, 248.)

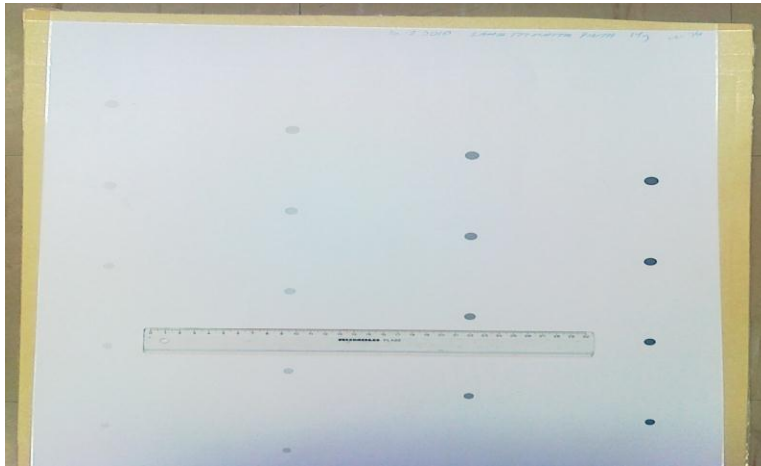
## **4 Testausmenetelmä**

### **4.1 Testaus**

Tässä testissä käytettiin testinäytteitä (kuvat 2 ja 3), joihin on painettu digitaalisella painolla värillisiä täpliä. Näytteiden koko on 500 X 1200 mm. Linjassa 1 on 80 % painoväriä, linjassa 2 on 50 %, linjassa 3 on 20 % ja linjassa 4 on 10 %. Koko muuttuu asteittain 10:stä 1 mm:iin (Timo Lankinen, Stora Enso Oyj).



Kuva 2. Testinäytteestä Nro 76



Kuva 3. Testinäytteestä Nro 76

Nämä näytteet on pinnoitettu PE- ja PET-muoveilla ja jokaiselle jäähdytystelalle on ajettu omat näytteet. Teloja on kolmea eri tyyppiä: GLF, matta ja samettimattatela. GLF-tela on täysin kiiltävä tela, samettimattatela on puolikiiltävä tela ja mattatela on mattapintainen tela. Näytteitä PE-muoveille on ajettu 18 kpl ja PET-valkoiselle muoville 6 kpl. Nämä PE-pinnoitetut näytteet on ajettu Stora Enso Oyj Kaukopään tehtailla PE3- ja PE5-linjoilla. PET-valkoinen muovinäytteet on ajettu Stora Enso Oyj Karhulan tehtailla PE4-linjalla.

Kaikki videokäyrätestit suoritin Stora Enso Oyj Kaukopään tehtailla PE5-linjalla. Näytteet teippasin mittatelan ympärille niin, että se edusti normaalia mittaolosuhdetta koneella (kuva4).



Kuva 4. Testitilanne

Mittalaitteena käytin vianilmaisimen 5-version kameraa, johon yhdistin erillisellä Curve-adapterilla kannettavan tietokoneen, jossa pyöritettiin Curve-ohjelmistoa. Kannettavatietokone oli IBM ThinkPad T41, johon oli asennettu Windows XP ja Curve-ohjelmisto (kuvat 5 ja 6). Curve-adapteri oli kytketty tietokoneen sarjaporttiin. Tämä kytkentäpalikka ja ohjelmisto kykenivät lukemaan videosaalia suoraan kameralta.



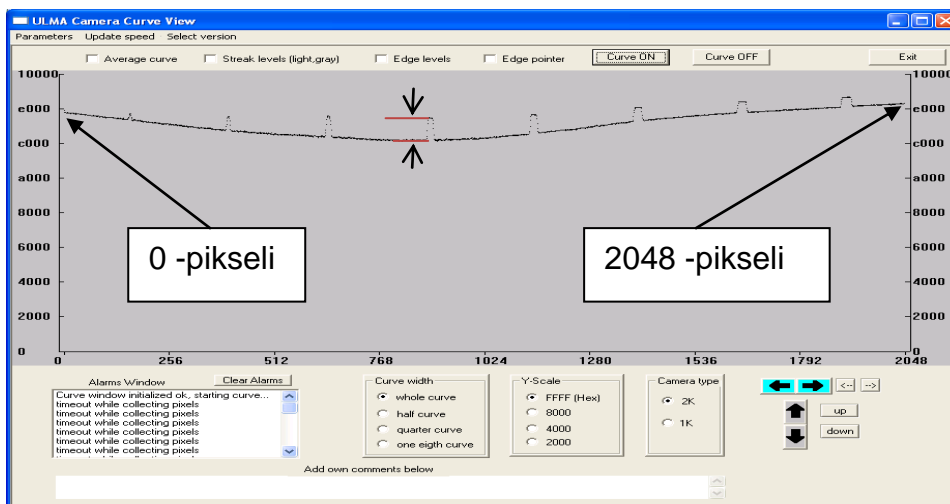
Kuva 5. Kannettava tietokone ja Curve-liityntäyksikkö



Kuva 6. Curve-liityntäyksikön kytkentä kameraan

## 4.2 Videokäyrän tulkinta

Testissä analysoin videokurvia ja sen poikkeamia vian kohdalta (kuva 7). Poikkeaman korkeuserosta saadaan vertailuarvo, josta voidaan päätellä, kuinka suuri kontrastiero viasta saadaan.



Kuva 7. Näyte Nro 67 Linja 1

Videokäyrän tulkinta on avainasemassa haettaessa parannuksia laitteistoon. Videokäyrän vasen reuna on CCD-elementin ensimmäinen pikseli (0) ja oikea

reuna viimeinen pikseli (2048). Valon voimakkuusarvo pikseliä kohden on vertikaalisuunnassa. Alareuna on maksimi valomäärä ja yläreuna minimi valomäärä. Videokäyrän kokonaisvalomäärässä pyritään sopivaan arvoon. Yleensä kokonaisvalomäärä vaihtelee abb-c00:n välillä. Vian valomäärän poikkeama pystysuunnassa kertoo suoraan kontrastieron, jonka kamera näkee viasta. Mitä suurempi kontrastiero saadaan viasta, sen varmemmin se voidaan ilmaista. Korkeusero kertoo suoraan myös vian tummuusasteen.

### **4.3 Vianilmaisoin extruusiopäällystyskoneilla**

Vianilmaisinta käytetään extruusiopäällystyskoneilla, koska asiakasvaatimukset ovat erittäin tiukkoja. Lopputuote menee yleensä elintarvikepakkauksiin.

Vianilmaisimen tärkein tehtävä on löytää likatäplät raakakartongista sekä kaikki muovituksessa syntyvät viat. Näitä vikoja ovat muovissa olevat reiät, painumat, paakut, vanat, geelit, täplät, epäpuhtaudet ja muut poikkeamat.

Nämä ovat merkittäviä poikkeamia laatuvaatimuksista, eikä asiakkaan tarvitse näitä hyväksyä. Asiakkaalla on sopimuksen mukaan oikeus korvaukseen tai vaihtaa tuote laatuvaatimuksien mukaiseksi. Nämä korvaukset tai tuotteen vaihdosta johtuvat kustannukset ovat merkittäviä. Kustannukset heikentävät tuotantokoneen kannattavuutta hyvin nopeasti.

PE3- ja PE5-koneilla vianilmaisinmittaus perustuu kehittämääni kombinaatioon. Kombinaatiolla löydetään sekä raaka-aineviat että päällystyksessä muodostuvat viat kahdella kamerapalkilla. Toinen kamerapalkki on sijoitettu tuotteen pinta-puolelle ja toinen pohjapuolelle.

Laitteistossa käytetään CCD-viivakameroita ja mittaus tapahtuu kromatun telan päällä. Kamerate on sijoitettu 30 asteen kulmaan rataa nähden. IR-valopalkki on myös sijoitettu 30 asteen kulmaan, mutta vastakkaiseen suuntaan. Kamera ja valopalkki on sijoitettu peilikiltoon toisiaan nähden. Kulma on valittu taittumiskulmaraja-arvon alapuolelle, jotta valo heijastuisi pois päin kahden materiaalin rajapinnasta. Näin valo ei pääse taittumaan muovin sisään, vaan heijastuu kohti kameraa. Tällöin ollaan kiiltokulmassa, jossa valo taittuu samassa kulmassa pois päin, kun se tulee heijastamaan materiaaliin (Peltonen, Perkiö, Vier-

nen 2000, 192 - 194). Muovipinta ei koskaan ole täysin sileää, joten valoa pääsee aina taittumaan muovin sisään ja ulos. Tämä tuo aina hieman pohjaa näkyviin. Tällä tekniikalla saadaan kiillossa tapahtuvat muutokset näkyviin kameralla. Yleensä muovin reiät, painumat, geelit, vanat näkyvät tällä tekniikalla.

Fluorivalopalkki on sijoitettu kohtisuoraan rataa kohden, jossa mittalinja on. Fluorivalo tunkeutuu muovikalvon läpi kohtisuorassa eikä tämä aiheuta valossa taittumista (Peltonen, Perkiö, Vierinen 2000, 192 - 194). Valo heijastuu takaisin sirottuneena kartongin pinnasta lähes kaikkiin suuntiin ylöspäin. Sirottunut valo taittuu kuitenkin muovikalvosta niin, että kamera kykenee näkemään tämän valon. Vikatäplän paikka on teoriassa aavistuksen eri paikassa, kuin mitä kamera näkee. Muovikalvo tässä tapauksessa on niin ohut, että tällä ei ole mitään merkitystä mittauksen kannalta. Tällä tekniikalla saadaan esille kartongin pinnassa olevat likatäplät.

## **5 Markkinoilla olevia vianilmaisin laitteistoja**

### **5.1 Ulma<sup>®</sup>**

ABB Industry Oy myi ULMA<sup>®</sup>-vianilmaisinjärjestelmiä rekisteröidyllä tuotemerkillä. Ensimmäisen sukupolven laitteenkehittäjät olivat Peter Uljens, Pentti Mannonen ja Veikko Ilmast. (Juhani Tarvainen, ABB)

Ensimmäinen tuote oli ULMA I / II (1970 - 1979). Järjestelmä oli ensimmäinen kaupallinen online-vianilmaisinjärjestelmä maailmassa, joka toimitettiin Tervakoski Oy:lle. Toimittajana oli Ulmaelektro Oy. Tämän sukupolven ULMA-laitteet perustuivat patentoituun fototransistoritekniikkaan. (ABB.)

Seuraava tuote oli ULMA 100 / 200 (1980 - 1985). Tämäkin laite käytti edelleen fototransistoritekniikkaa, mutta siinä kehitettiin visuaalista käyttöliittymää. Käyttöliittymässä saatiin näytölle ”elävä” vikakartta sekä trendi- ja profiilinäytöt. Ensimmäinen ULMA 100 otettiin käyttöön vuonna 1980. (ABB.)

Seuraava tuote oli ULMA 2010 / 2020 (1986 - 1996). Vuonna 1986 ABB otti käyttöön uuden sukupolven fototransistori-ilmaisinyksikön ja toimittajan ase-

man. Tämä mahdollisti sen, että ULMA 2010/2020 kykeni ilmaisemaan pieniä vikoja myös suurilla nopeuksilla ajettavissa paperikoneissa. (ABB.)

Seuraava tuote oli ULMA 2000, AUI (1993 - 1997). Tässä versiossa saatiin käyttöön ensimmäisen sukupolven CCD-kameraan. Käyttöliittymässä siirryttiin teollisuustietokoneen käyttöön. Näin saatiin täydellinen historiatietokanta ja voitiin ottaa analysointiohjelmistoja käyttöön. Ulkopuolinen LAN-yhteys saatiin käyttöön. (ABB)

Seuraava tuote oli ULMA 3D, AUI (1993 - 1997). Tämä järjestelmä tuli ULMA 2000 rinnalle samaan aikaan. Tämän järjestelmän tärkein lisäominaisuus oli käyttöliittymä uudistus ja pikselitasoinen kuva viasta. Käyttöliittymä sai uuden ja selkeämmän ulkoasun, mikä helpotti käyttäjiä ja kunnossapitohenkilöitä. (ABB.)

Seuraava tuote oli ULMA NTi, (1999 - 2003). Tähän järjestelmään saatiin uusi kamera, jossa oli nopea CCD-elementti. Käyttöliittymään saatiin viasta myös harmaatasokuva, joka vastasi lähes valokuvaa viasta. (ABB.)

Seuraava tuote oli HDI8, (2005 - 2007). HDI8:ssa käytettiin täysin uutta kameraa, joka oli herkkyydeltään ja nopeudeltaan edeltäviä kameroita huomattavasti parempi. Kuvaprosessointi oli toteutettu modernimmalla tekniikalla. (ABB.)

Viimeisin tuote on HDI800, (2007). Kamerana käytetään e2v-kameraa, johon on saatavilla erittäin nopea 512-pikselin elementti. Tätä elementtiä käytetään erittäin nopeissa paperikoneissa. Kameraan on saatavilla myös 1024- ja 2048-pikseliset elementit, jotka soveltuvat keskinopeille ja nopeille koneille. Tuoteperheessä on myös 4096-pikselinen elementti, jota käytetään hitaissa koneissa ja jolla voidaan puolittaa kameroiden kokonaismäärä. (ABB.)

Pääsääntöisesti näitä laitteita käytetään paperi-, kartonki- ja jatkojalostusteollisuudessa. Joitakin sovelluksia on myös toteutettu terästeollisuudessa. Nykyään laitteistosta käytetään enemmän WIS-lyhennettä (Web Imaging System). Uusin tuoteversio ABB:llä on Web Imaging HDI800. (ABB.)

Mittaustekniikka perustuu CCD-viivakameraan. Kamerat katsovat joko tuotteen pintaa heijastusvalon avulla tai tuotteen läpi vastavaloa hyväksi käyttäen. Kamerat on sijoitettu samaan linjaan ja kamerat kuvaavat vain yhden pikselilinjan



radasta. Tämä tekniikka vaatii kameroilta erittäin suuren pyyhkäisy nopeuden, jotta koneen pituussuunnassa voidaan ilmaista pieniä vikoja. Vian pituus määräytyy, kuinka paljon rata ehtii liikkua eteenpäin, kunnes seuraava luku tapahtuu. Tämä voidaan laskea kaavasta 1:

$$\text{Viankoko (metreinä)} = \frac{\text{Radan kulkunopeus } \left(\frac{\text{metriä}}{\text{sekunti}}\right)}{\left(\frac{1}{\text{pyyhkäisy aika (sekunteina)}}\right)} \quad (1)$$

Tyypillinen minimikoko pituussuunnassa on millimetrin kymmenesosa. Kuitenkin täytyy ottaa huomioon se, että vika voi asettua pyyhkäisyjen välille, siksi kokonaismitta täytyy kertoa vielä kahdella. Tämä ei ole kuitenkaan pienin mahdollinen vika, jonka järjestelmä kykenee löytämään. Pienimmän vian havaitsemiseen vaikuttaa myös vian kontrasti. Jos kontrasti on riittävän suuri, se laukaisee vian.

Vian koko sivuttaissuunnassa määräytyy kameran katselualueen leveyden mukaan. Tämä voidaan laskea seuraavasta kaavasta 2:

$$\text{Viankoko (metreinä)} = \frac{\text{Katselualue (metrinä)}}{\text{CCD-elementin pikseleitten lukumäärä (kpl)}} \quad (2)$$

Kuitenkin täytyy ottaa huomioon se, että vika voi asettua pyyhkäisyjen välille, siksi kokonaismitta täytyy kertoa vielä kahdella. Tämä ei ole kuitenkaan pienin mahdollinen vika, jonka järjestelmä kykenee löytämään. Pienimmän vian havaitsemiseen vaikuttaa myös vian kontrasti. Jos kontrasti on riittävän suuri, se laukaisee vian.

Valolähteinä käytetään aliherkutettua halogeenivaloa tai fluorivaloa. Myös valkoisen valon alueella olevia LED-valoja on viime aikoina kehitetty.

Referenssejä löytyy yli 1000 kappaletta ympäri maailmaa. Laitteisto on Suomessa markkinajohtaja.

## **5.2 Prosemex**

Prosemex LTD on uusi kotimainen vianilmaisinlaitteita markkinoiva yritys, joka valmistaa ja myy ratakatkovalvonta- ja vianilmaisinlaitteita Suomessa. Prosemex on toiminut Suomessa vuodesta 2004 alkaen ja sen pääpaikka on Jyväskylässä.

Prosemex käyttää 1.3 megapikselin matriisi TCP/IP-kameraa, joka on erittäin valoherkkä ja suunniteltu ainoastaan tähän mittalaitteeseen. Kamerat on sijoitettu rinnakkain poikkirataan nähden, ja ne on lomitettu siten, että reuna-alueet katsovat hieman päällekkäin. Kamerat ottavat valokuvia radasta, ja nämä valokuvat on synkronoitu ratanopeuteen. Kamerat on aina sijoitettu 90 asteen kulmassa rataa nähden. Valolähteenä käytetään yleensä LED-valolähteitä (valkoinen valo), jotka ovat heijastuskulmassa tai läpivalaisussa. Valot on synkronoitu keskenään niin, etteivät ne välähdä samalla hetkellä. Valot antavat voimakkaan hetkellisen valopulssin, jolla valaistetaan rata, ja kamerat ottavat kuvat. Tämä tekniikka mahdollistaa laitteen toimivuuden. Laitteistoon on rakennettu automaattinen tason kalibrointi, jolla saadaan laite stabiloitua mittatilanteessa.

Ratakatkojärjestelmä on integroitu vianilmaisinjärjestelmään niin, että ratakatkokuvat siirtyvät vianilmaisinjärjestelmään. Näin voidaan etsiä tarkempi syy ratakatkon aiheuttajasta ja selvittää, missä kohtaa konetta vian aiheuttaja mahdollisesti on.

Referenssejä on yli 200 ympäri maailmaa. Lähin referenssi löytyy Stora Enso Oyj Kaukopään tehtailta KA4:ltä.

## **5.3 Lasor**

Lasor käyttää täysin erilaista mittaustekniikkaa kuin muut vianilmaisimien valmistajat. Idea perustuu laservaloon, jota poikkeutetaan kiinteiden peilien ja pyörivän peilin avulla. Laservalona Lasor käyttää yleensä punaista laservaloa, mutta yrityksellä on myös tarjota mittaukseen vihreä laservalo. Laservaloa poikkeutetaan radan poikkisuunnassa radan leveyden verran. Mittaus tapahtuu kokoo-

japutken avulla. Heijastuva laservalo heijastuu kokoojaputkeen ja kulkeutuu putken päähän asti, jossa on varsinainen ilmaisinyksikkö. Tämä muodostaa videokäyrän, josta ilmaistaan vika. Laservalo tulee hieman viistossa kulmassa rataa, ja kokoojaputki on hieman peilikiillosta sivussa.

Referenssejä on ympäri maailmaa. Lähin laitteisto löytyy Karhulan PE4-tuotantolinjalta, joka on nyt siirretty Stora Enso Oyj:n Ruotsin tehtaille.

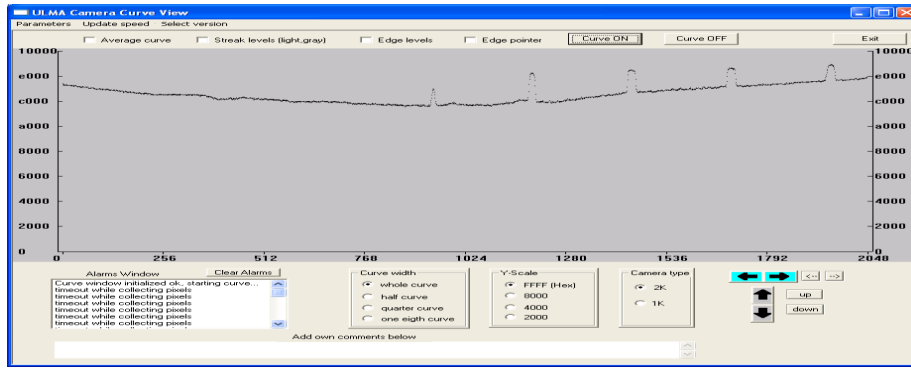
## **6 Nykytilanne**

### **6.1 GLF**

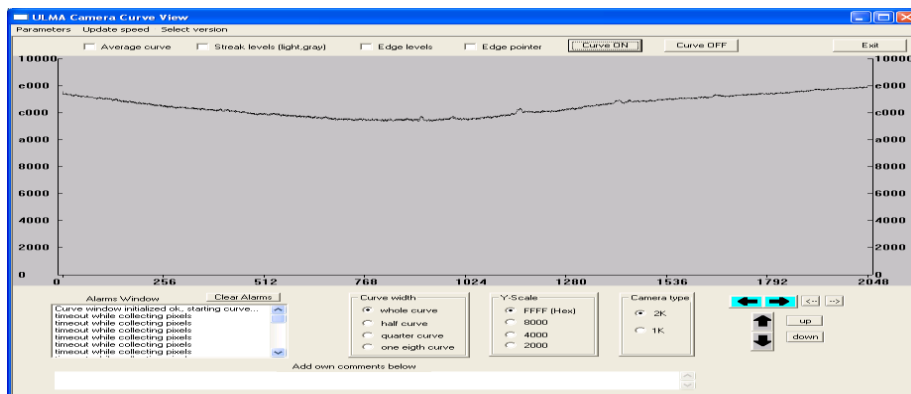
Näyte on pinnoitettu PE-muovilla ja ajettu GLF-telalla. Herkkyystaso käytettäessä GLF-pintaviimeistelyä jäähdystelaa on varsin hyvä. Laitteistoa ei ole helppo säätää tälle tuotteelle, koska kiiltävä tuote muodostaa kohtalaisen kohinan videokurviin. Tämä tekee herkkyystason säädön haasteellisemmaksi, koska tällöin ei päästä kovin korkeisiin herkkyysparametreihin.

Vikoja, jotka näkyvät peilikiillossa, en testannut, koska peilikiiltoon ja sen kulmiin en tehnyt muutoksia. Peilikiillossa näkyvien vikojen kannalta GLF-telalla ajettut tuotteet ovat kaikista haastavimmat.

Laitteisto kykeni näkemään hyvin kuudesta näytteestä neljä: ruskea (näyte 52), vihreä (näyte 53), sininen (näyte 54) ja musta (näyte 56), (kuva 8). Näytteistä sain aikaan hyvät kontrastierot videokurviin. Voimakkaiden vikojen löytämisessä ei ollut ongelmia. Linjassa 4, jossa painoväriin määrä on 10 %, en saanut kunnollista kontrastieroa (kuva 9). Näiden vikojen havaitsemisessa oli merkittäviä ongelmia. Suureksi tekijäksi nousi pohjakohina, joka häiritsi vikojen ilmaisua. Tämä yhteisvaikutus aiheutti sen, että haaleita vikoja ei kyetä luotettavasti ilmaisemaan. Kameroiden reuna-alueilla ei voida ilmaista heikkoja vikoja.

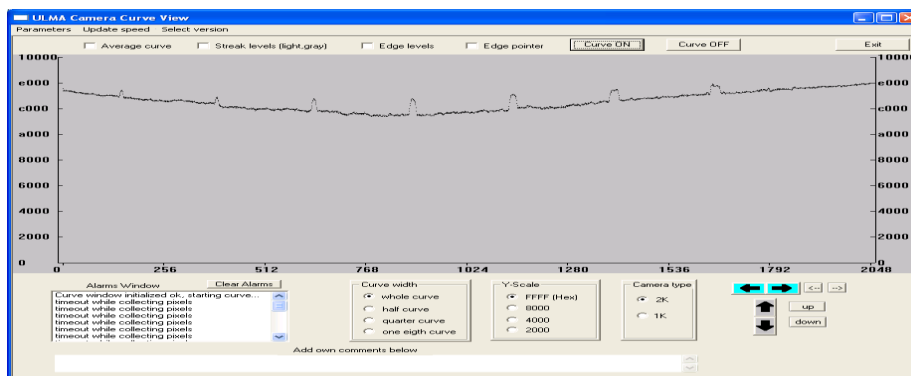


Kuva 8. Näyte Nro 56 Linja 1 musta

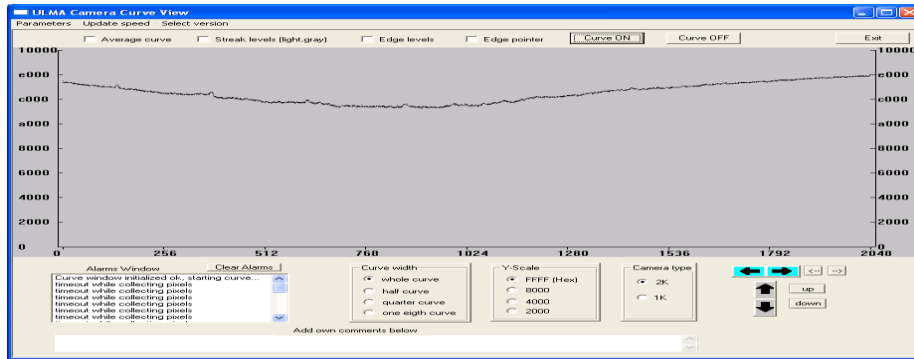


Kuva 9. Näyte Nro 56 Linja 4 harmaa

Heikkoutta herkkyydessä löysin punaisen vian osalta (Näyte 57), (kuva 10). Tämän kontrastiero videokurvissa oli pienentynyt merkittävästi. Tummat viat vianilmaisinallaiteisto kykeni löytämään. Linjassa 4, jossa painovärin määrä oli 10 %, en saanut kunnollista kontrastiero (kuva 11). Näitä vikoja ei kyetä ilmaistamaan. Kameroiden reuna-alueilla ei voida ilmaista heikkoja vikoja.

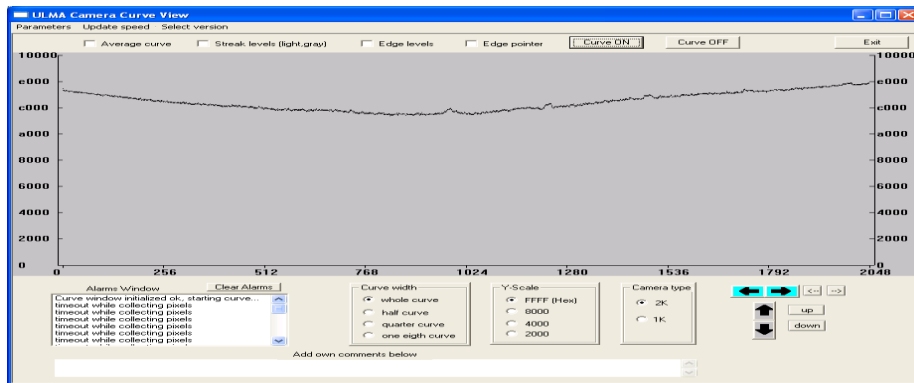


Kuva 10. Näyte Nro 57 Linja 1 punainen



Kuva 11. Näyte Nro 56 Linja 4 haalean punainen

Varsinaisen ongelman löysin keltaisen vian osalta. Havaitsin, ettei laitteisto kykene löytämään keltaisia vikoja (näyte 55), (kuva 12). Tämä puute aiheuttaa suuren ongelman laitteistossa, tämän tyyppiset viat menevät tuotteeseen ja näitä vikoja ei kyetä havaitsemaan laitteistolla.



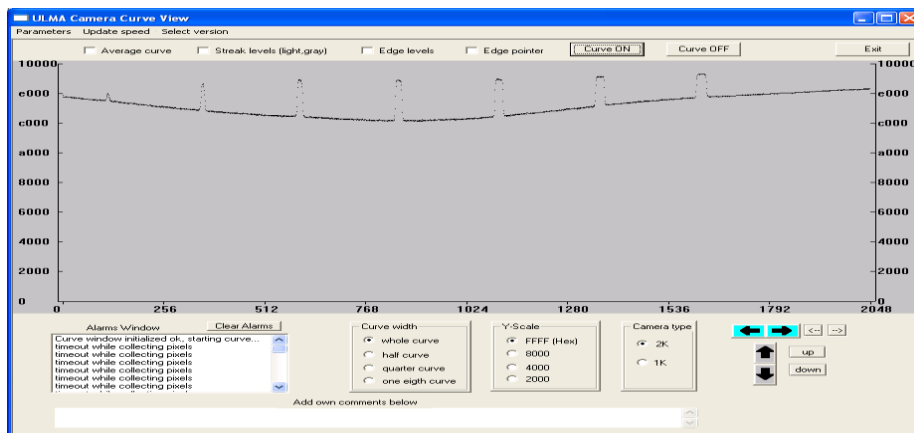
Kuva 12. Näyte Nro 55 Linja 1 keltainen

## 6.2 Matta

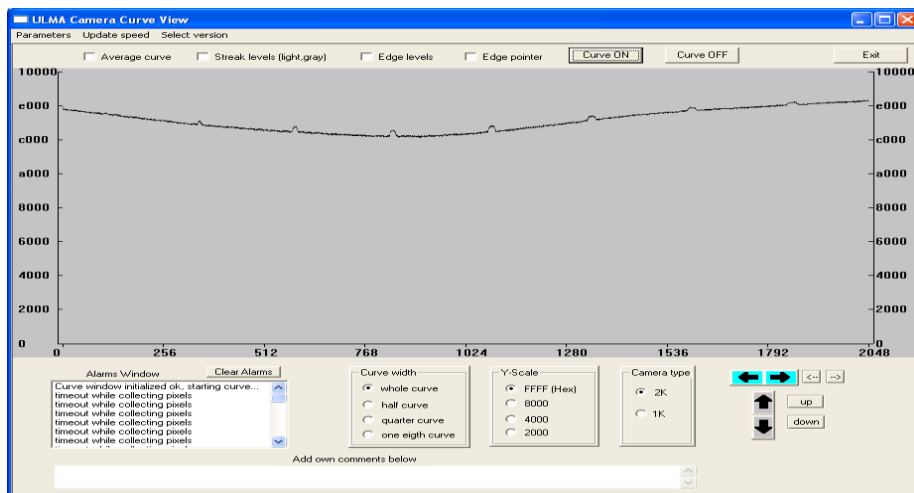
Näyte on pinnoitettu PE-muovilla ja ajettu mattatelalla. Herkkyystaso käytettäessä mattapintaista jäähdytystelaa on varsin hyvä. Laitteisto on erittäin helppo säätää tälle tuotteelle, koska mattapintainen tuote muodostaa erittäin pienen kohinan videokurviin. Tämä antaa mahdollisuuden säätää herkkyystasoja erittäin korkealle, koska kohinasta ei aiheudu virheilmaisuja laitteella.

Vikoja, jotka näkyvät peilikiillossa, en testannut, koska peilikiiltoon ja sen kulmiin en tehnyt muutoksia. Peilikiillossa näkyvien vikojen kannalta mattatelalla ajettut tuotteet antavat erinomaisen kontrastin.

Laitteisto kykeni näkemään hyvin kuudesta näytteestä neljä: ruskea (näyte 62), vihreä (näyte 63), sininen (näyte 64) ja musta (näyte 66), (kuva 13). Näytteestä sain aikaan hyvät kontrastierot videokurviin. Voimakkaiden vikojen löytämisessä ei ole ongelmia. Linjassa 4, jossa painoväriin määrä on 10 %, ei kuitenkaan saada kovin korkeaa kontrastieroja (kuva 14). Näiden vikojen havaitsemisessa merkittäväksi tekijäksi nousee pohjakohina, mutta tämä ei aiheuta ongelmia ilmaisussa. Kameroiden reuna-alueilla on ongelmia heikkojen vikojen löytymisessä.



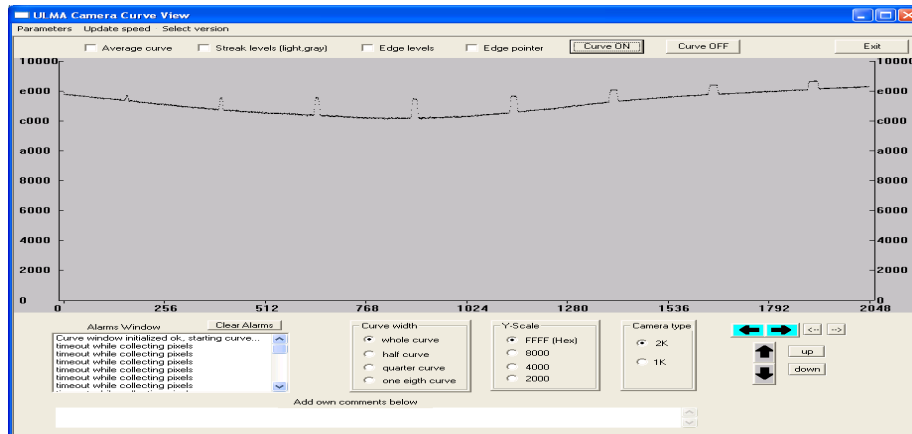
Kuva 13. Näyte Nro 66 Linja 1 musta



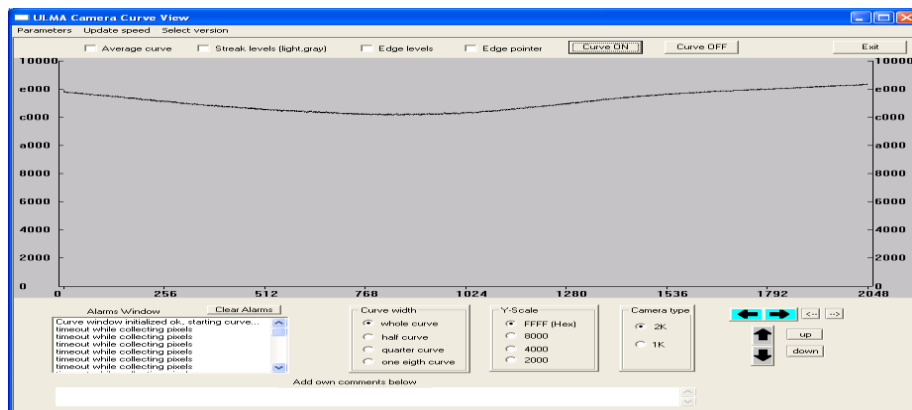
Kuva 14. Näyte Nro 66 Linja 4 harmaa

Heikkoutta herkkyydessä löysin punaisen vian osalta (näyte 67), (kuva 15). Voimakkaan värieron omaavan vian löytämisessä ei ollut ongelmia. Haaleasta

viasta (linja 4) en saanut kontrastieroa ollenkaan (kuva 16). Tämä on selvä heikkous vianilmaisilaitteistossa. Kameroiden reuna-alueilla on ongelmia heikkojen vikojen löytymisessä.

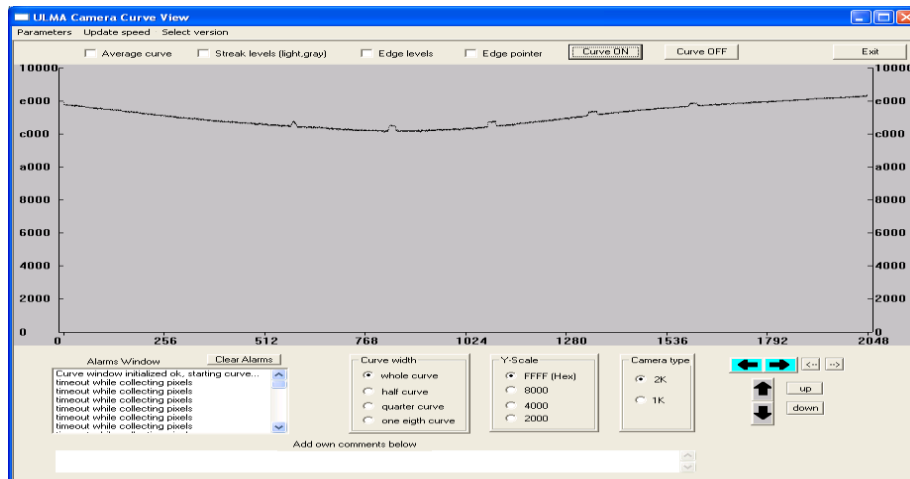


Kuva 15. Näyte Nro 67 Linja 1 punainen

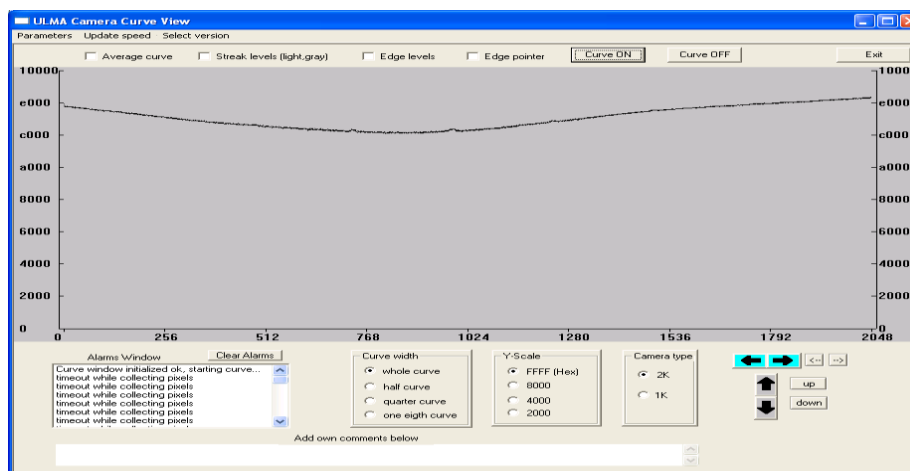


Kuva 16. Näyte Nro 67 Linja 4 haalean punainen

Varsinaisen ongelman löysin keltaisen vian herkkyudessa. Havaitsin, ettei laitteisto kykene löytämään keltaisia vikoja luotettavasti (näyte 65), (kuva 17). Himmeämmät keltaiset viat (linja 4) jäivät täysin löytymättä, koska videokurviin en saanut riittävää kontrastieroa (kuva 18). Tämä puute aiheuttaa suuren ongelman laitteessa, koska tämän tyyppiset viat menevät tuotteeseen ja näitä vikoja ei kyetä havaitsemaan laitteistolla.



Kuva 17. Näyte Nro 65 Linja 1 keltainen



Kuva 18. Näyte Nro 65 Linja 3 haalean keltainen

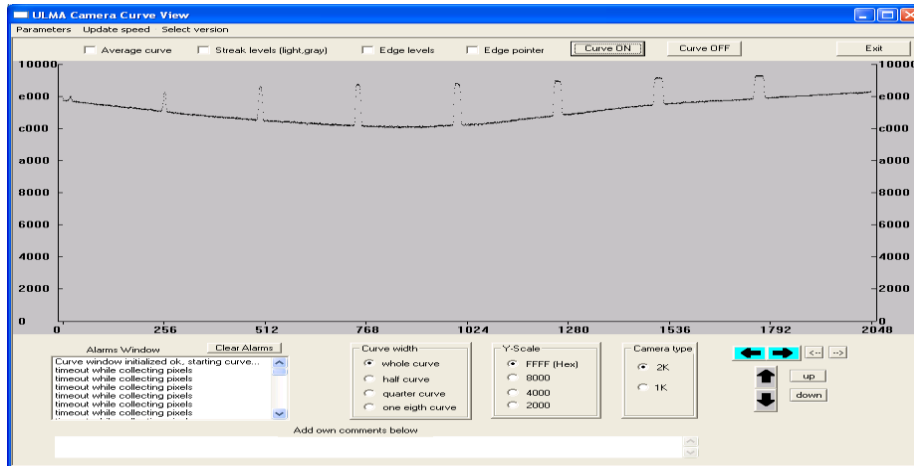
### 6.3 Samettimatta

Näyte on pinnoitettu PE-muovilla ja ajettu samettimattatelalla. Herkkyystaso käytettäessä samettimattapintaista jäähdytystelaa on varsin hyvä. Laitteisto on erittäin helppo säätää tälle tuotteelle, koska mattapintainen tuote muodostaa erittäin pienen kohinan videokurviin. Tämä antaa mahdollisuuden säätää herkkyystasoja erittäin korkealle, koska kohinasta ei aiheudu virheilmaisuja laitteelle.

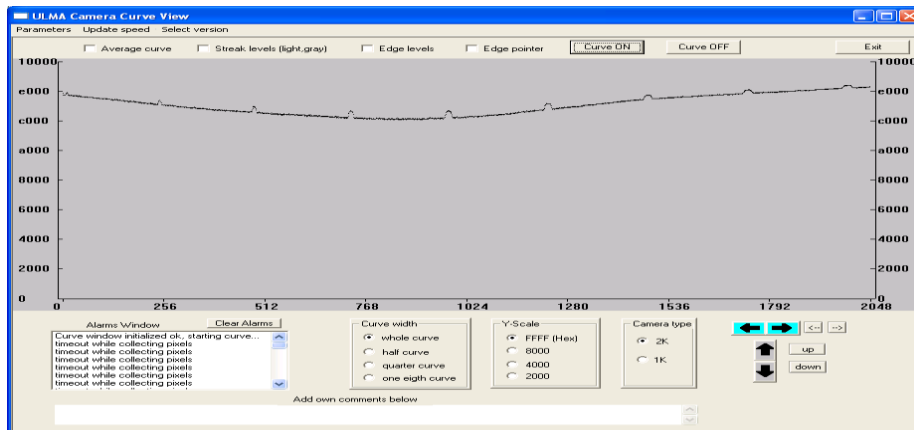
Vikoja, jotka näkyvät peilikiillossa, en testannut, koska peilikiiltoon ja sen kulmiin en tehnyt muutoksia. Peilikiillossa näkyvien vikojen kannalta samettimattatelalla ajettut tuotteet antavat erinomaisen kontrastin.



Laitteisto kykeni näkemään hyvin kuudesta näytteestä neljä: ruskea (Näyte 72), vihreä (Näyte 73), sininen (Näyte 74) ja musta (Näyte 76), (kuva 19). Näytteestä sain aikaan hyvät kontrastierot videokurviin. Voimakkaiden vikojen löytämisessä ei ollut ongelmia. Linjassa 4, jossa painoväriin määrä on 10 %, en kuitenkaan saanut kovin korkeaa kontrastieroja (kuva 20). Näiden vikojen havaitsemisessa merkittäväksi tekijäksi nousi pohjakohina, joka häiritsi vikojen ilmaisua. Kame-roiden reuna-alueilla on ongelmia heikkojen vikojen löytämisessä.

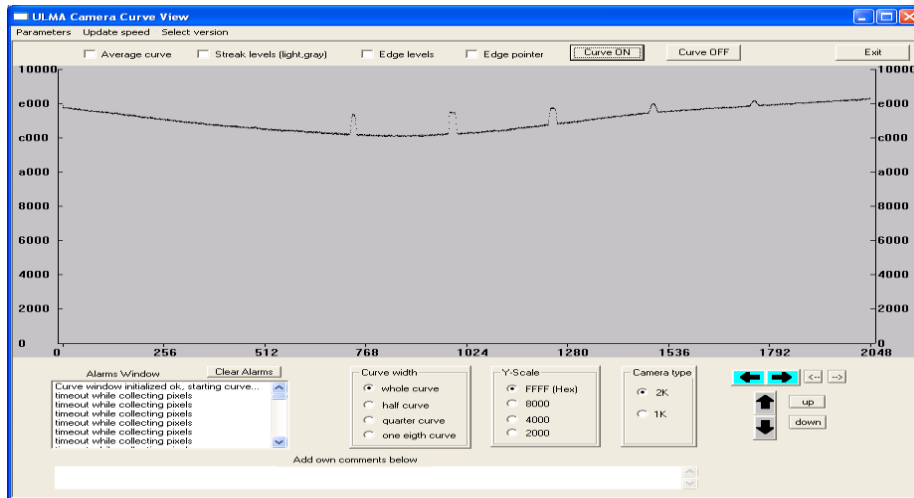


Kuva 19. Näyte Nro 76 Linja 1 musta

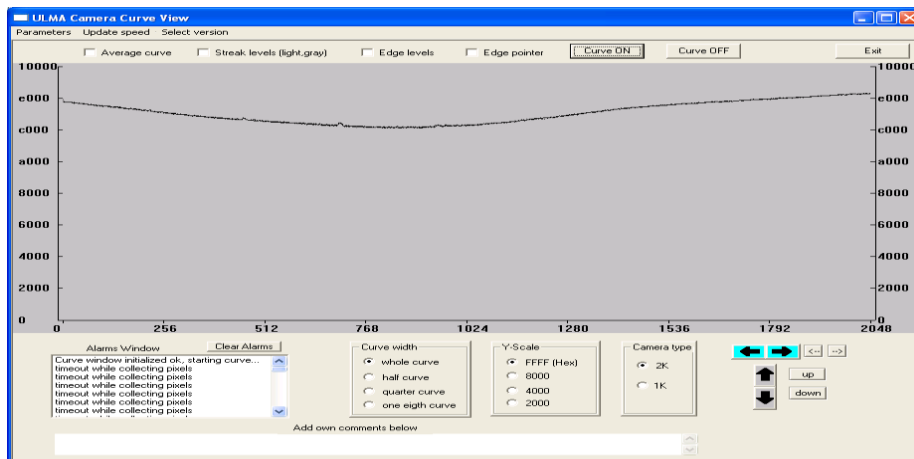


Kuva 20. Näyte Nro 76 Linja 4 harmaa

Heikkoutta herkkyydessä löysin punaisen vian osalta (Näyte 77), (kuva 21). Voimakkaan värieron omaavan vian löytämisessä ei ollut ongelmia. Haaleasta viasta (linja 4) en saanut kontrastieroja ollenkaan (kuva 22). Tämä on selvä heikkous vianilmaisulaitteistossa.

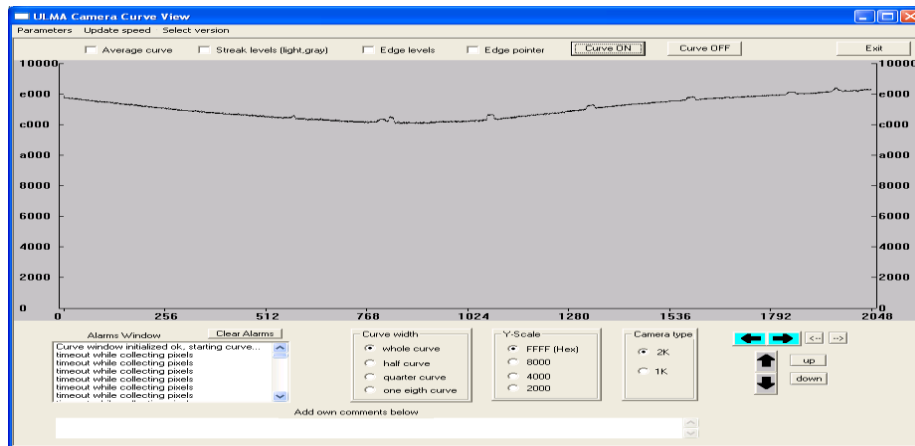


Kuva 21. Näyte Nro 77 Linja 1 punainen

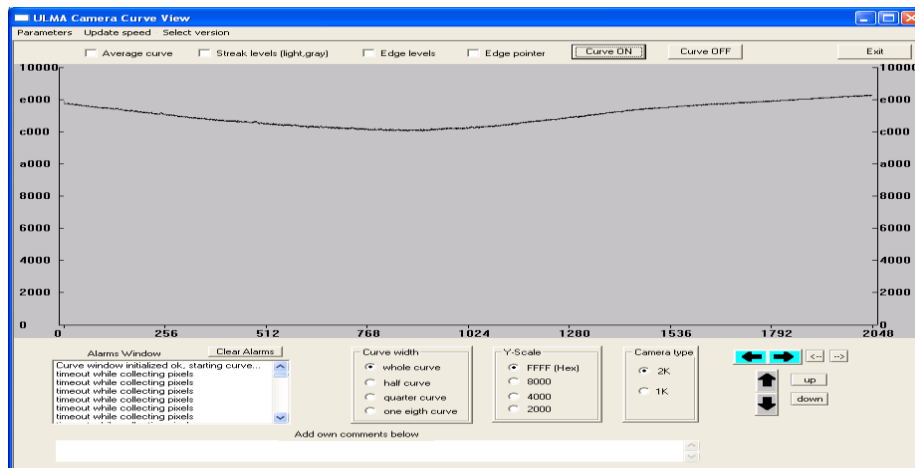


Kuva 22. Näyte Nro 77 Linja 4 haalean punainen

Varsinaisen ongelman löysin keltaisen vian herkkyydessä. Havaittiin, ettei laitteisto kykene löytämään keltaisia vikoja luotettavasti (näyte 75), (kuva 23). Himmeämmät keltaiset viat (linja 4) jäivät täysin löytämättä, koska videokurviin en saanut kontrastieroa (kuva 24). Tämä puute aiheuttaa suuren ongelman laitteistossa, koska tämän tyyppiset viat menevät tuotteeseen ja näitä vikoja ei kyetä havaitsemaan laitteistolla.



Kuva 23. Näyte Nro 75 Linja 1 keltainen



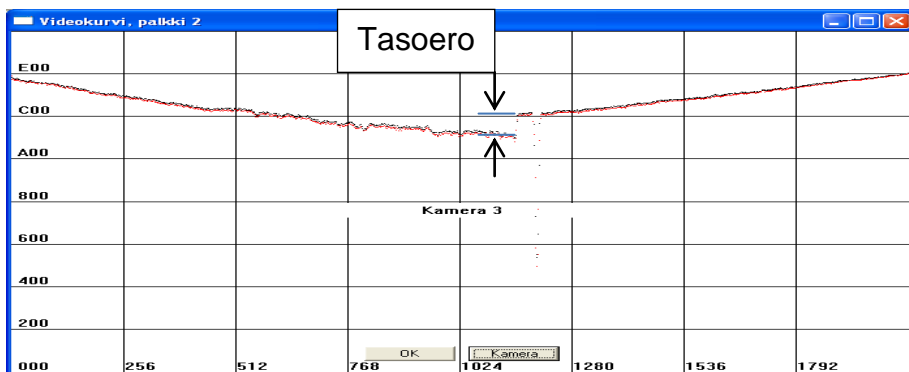
Kuva 24. Näyte Nro 5 Linja 3 haalean keltainen

## 6.4 PET-muovi

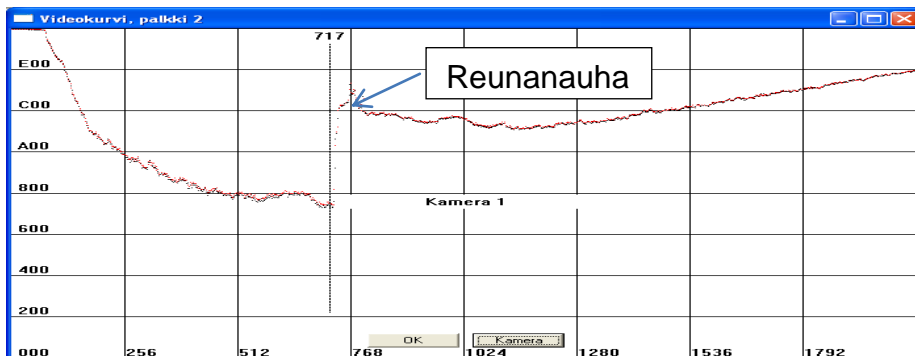
Näyte on pinnoitettu valkoisella PET-muovilla ja ajettu GLF-telalla. GLF-pintaviimeistely jäähdytystela heikensi tilannetta merkittävästi. PET-valkoinen muovipinnoite vaikeutti edelleen ilmaisua merkittävästi, koska se muutti vikojen värisävyä ja tummuusastetta. Viat muuttuivat pinnoituksen jälkeen harmaan eri asteiksi. PET-muoviin on lisätty titaanidioksidiä, jolla saadaan muovin väri valkoiseksi (kuva 25). Tämä muovi peitti jonkin verran vikoja, mutta ei kokonaan. Tämä teki herkkyystason säädön todella haasteelliseksi, koska kohinasta oli merkittävästi enemmän haittaa ja viat olivat kontrastiltaan todella heikkoja. Herkkyystasoja ei voida asettaa kovin herkälle kohinan takia.

Vikoja, jotka näkyvät peilikiillossa, en testannut, koska peilikiiltoon ja sen kulmiin en tehnyt muutoksia. Peilikiillossa näkyvien vikojen kannalta GLF-telalla ajettut tuotteet ovat kaikista haastavimmat.

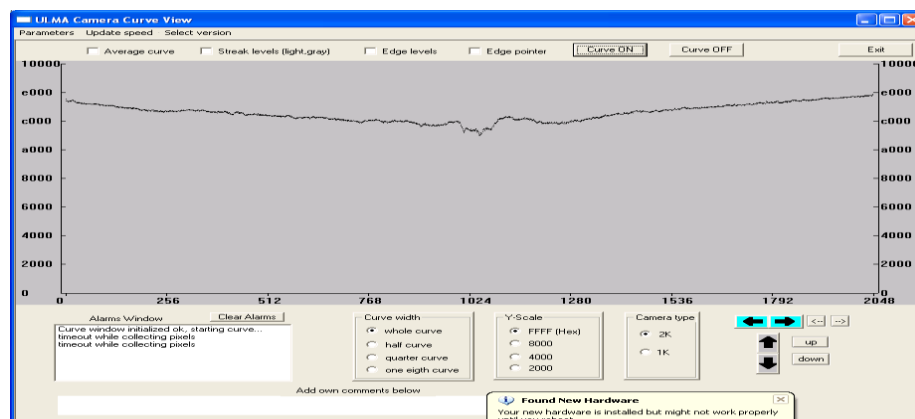
Tein kuitenkin tuotteella pari perustestiä, jolla testasin, että uudella tuotteella myös peilikiiltomittaus toimii suunnitellulla tavalla (kuvat 26 ja 27).



Kuva 25. Tasoero peruspahvi / PET-muovi

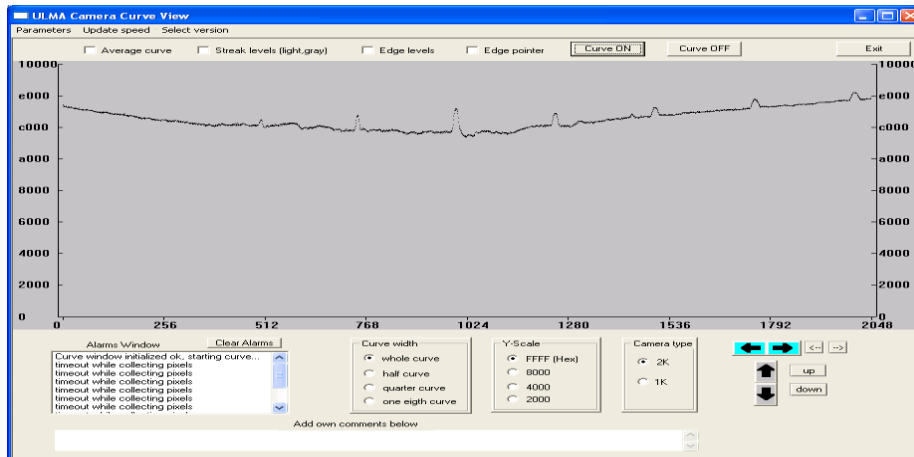


Kuva 26. Reunanauha PET-muovi

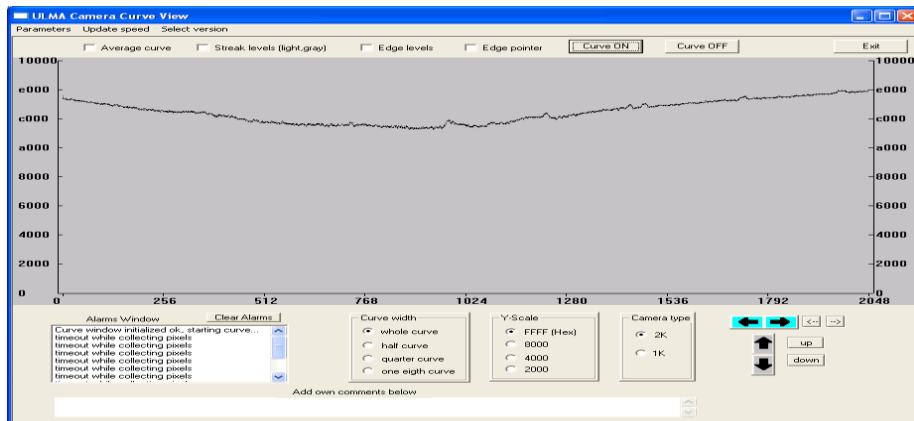


Kuva 27. Reikä muovissa PET-muovi

Laitteisto kykeni näkemään kuudesta näytteestä kolme: vihreä (näyte 3), sininen (näyte 4) ja musta (näyte 6), (kuva 28). Näytteistä sain aikaan kohtalaiset kontrastierot videokurviin. Voimakkaiden vikojen löytämisessä ei ollut suuria ongelmia. Linjassa 4, jossa painoväriin määrä on 10 %, en saanut kuitenkaan riittävää kontrastieroaa (kuva 29). Näiden vikojen havaitseminen käytännössä on erittäin vaikeaa tai mahdotonta.

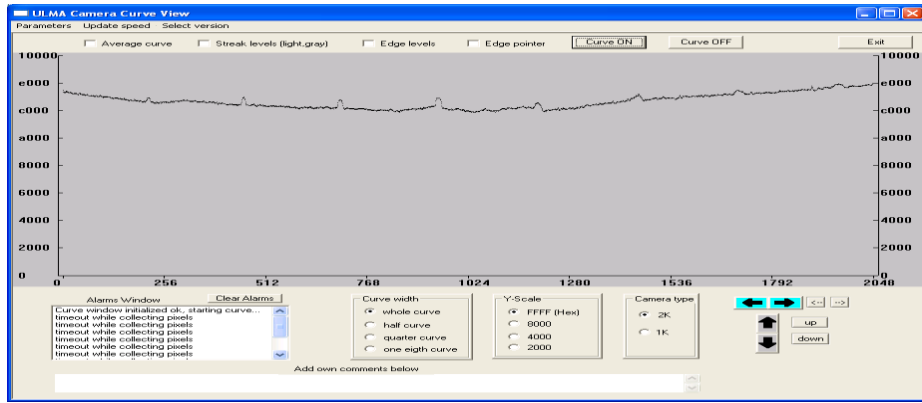


Kuva 28. Näyte Nro 6 Linja 1 tumman harmaa

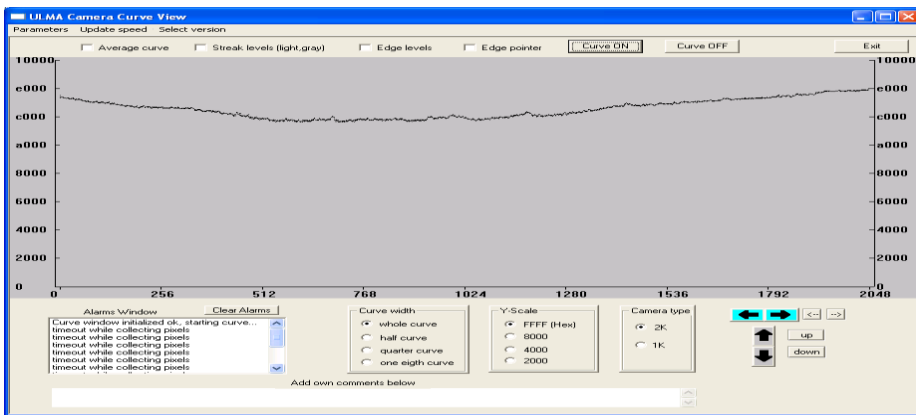


Kuva 29. Näyte Nro 6 Linja 4 haalean harmaa

Heikkoutta herkkyydessä löysin punaisen vian osalta (näyte 7), (kuva 30). Voimakkaan värieron omaavan vian löytämisessä oli ongelmia. Kameran reuna-alueella ei kyetä löytämään vikoja. Haaleasta viasta (linja 4) en saanut kontrastieroaa ollenkaan (kuva 31). Tämä on selvä heikkous vianilmaisilaitteistossa.

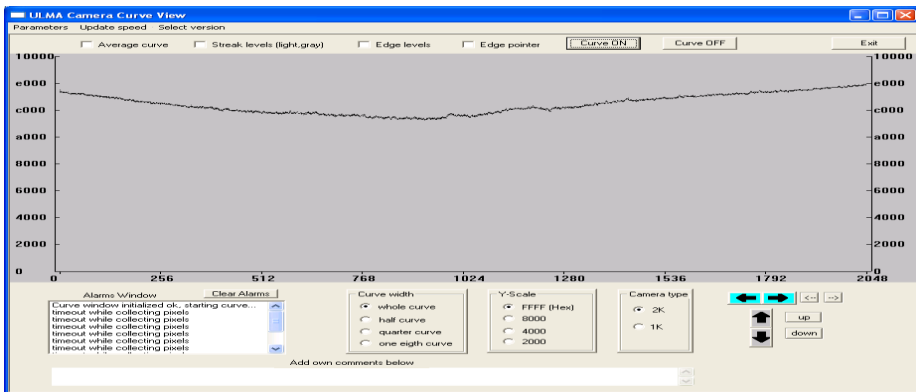


Kuva 30. Näyte Nro 7 Linja 1 harmaa



Kuva 31. Näyte Nro 7 Linja 4 haalean harmaa

Varsinaisen ongelman löysin keltaisen (haalean harmaa) vian herkkydessä. Havaitsin, ettei laitteisto kykene havaitsemaan keltaisia (haalean harmaa) vikoja (näyte 5), (kuva 32). Tämä puute aiheuttaa suuren ongelman laitteessa, koska tämän tyyppiset viat menevät tuotteeseen.



Kuva 32. Näyte Nro 5 Linja 1 haalean harmaa

## 6.5 Harmaat täplät

CCD-kamera näkee kaikki viat harmaan eri sävyinä. Mitä huonompi kontrastiero viasta saadaan, sitä haaleampana harmaana kamera näkee sen. Tämä seikka täytyy sisäistää, jotta ymmärtää kameran ja vian yhteyden.

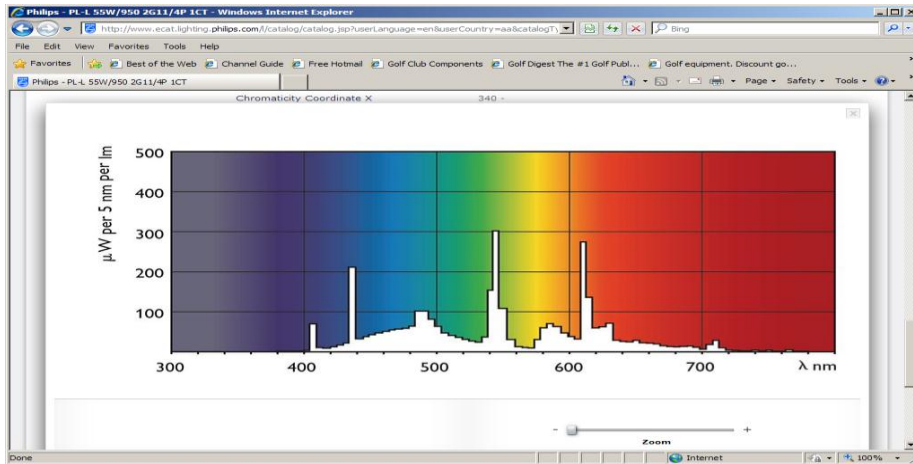
Harmaiden täplien osalta tilanne on varsin huono niin vianilmaisun kuin parametrisoinninkin kannalta. Haaleita harmaita vikoja ei kyetä löytämään nykyisellä kombinaatiolla. Lisäksi vianilmaisimessa on tällä hetkellä vain tummien täplien vikaluokka. Harmailla täplillä ei ole vikaluokkia käytössä, joka mahdollistaisi erottelemaan tummat täplät harmaista. Uusi ohjelma antaa tähän mahdollisuuden, mutta ominaisuutta ei ole otettu vielä käyttöön.

## 7 Johtopäätökset ja testitulokset

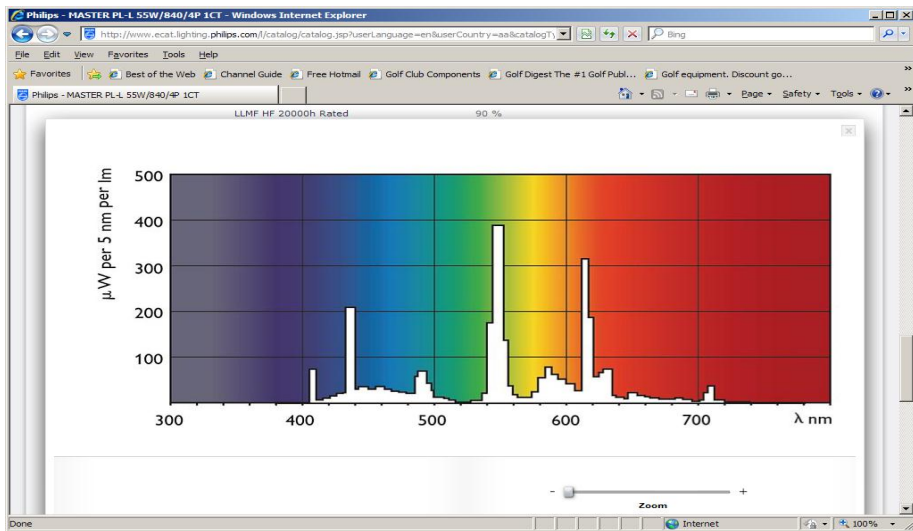
### 7.1 Värilliset täplät

Värillisten vikojen osalta havaitsin, että tietyt värilliset viat muodostavat erittäin pienen kontrastieron videokurviin. Kamera ei kykene erottamaan värillisiä vikoja, vaan se näkee ne eri harmausasteina (Peltonen, Perkiö, Vierinen 2000, 248). Valolähteinä käytetään fluorivaloja, joissa on ohjaimena elektroniset korkeataajuiset kuristimet. Vanha ajattelumalli oli, että kohde valaistetaan valkoisella valolla. Tällä tekniikalla kyetään löytämään valkoisesta pohjasta poikkeavat viat.

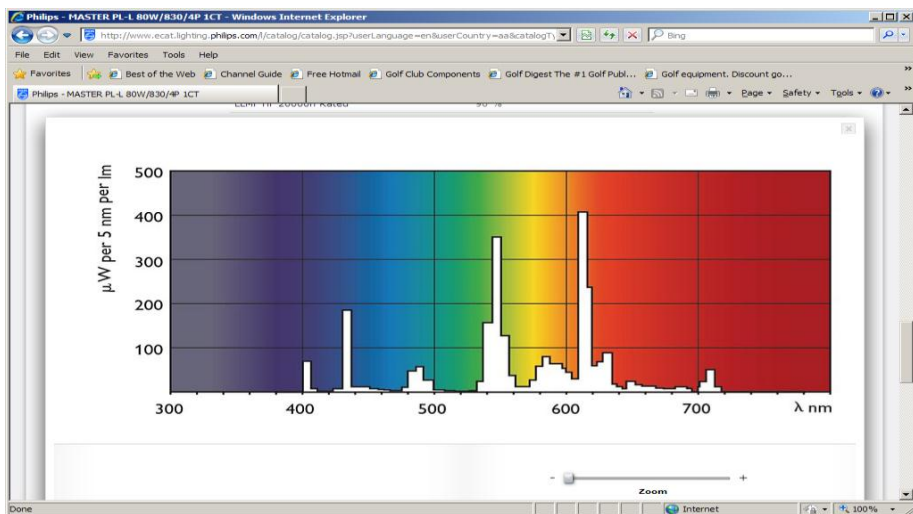
Havaitsin, että tällä ajattelumallilla ei saavuteta optimaalista tilannetta kameran näkökulmasta. Kamera näkee takaisin heijastuvan valon viasta. Täytyi löytää uusi ajattelumalli, joka tukisi paremmin kameran toimintaa. Lähdin ajattelemaan, kuinka silmä ja kamera havaitsevat vian. Vika itse asiassa absorboi tiettyjä aallonpituuksia itseensä ja heijastaa loput aallonpituudet pois itsestään. Kamera havaitsee tämän heijastuvan valon ja muodostaa tästä valosta kuvan. Kun tutkin fluorivalon valospektriä, havaitsin, että se on erittäin laajaspektristä ja epätasaisesti jakautunut (kuva 34). Selvitin myös monien erityyppisten fluorivaloputkien valospektrejä, jotka valmistaja on antanut (kuvat 33 ja 35). Havaitsin saman ongelman kaikissa fluorivaloissa.



Kuva 33. PL-L / 950 valospektri (Philips)



Kuva 34. PL-L / 840 valospektri (Philips)

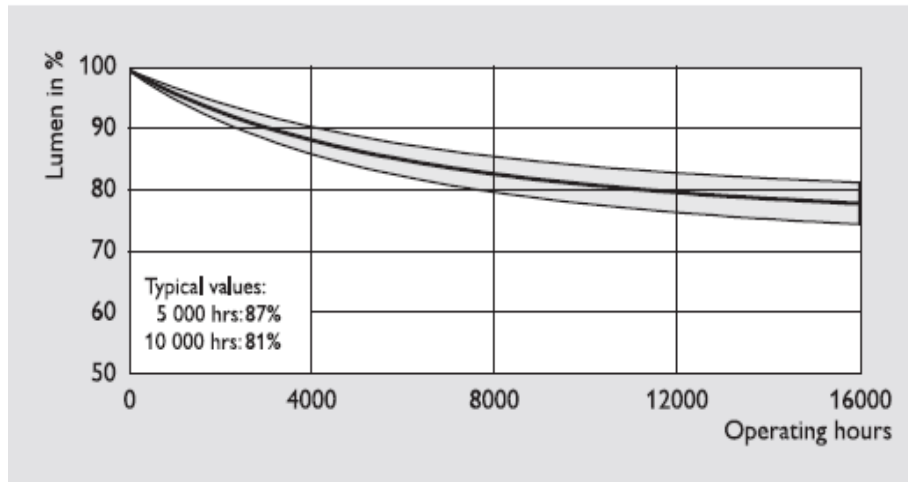


Kuva 35. PL-L / 830 valospektri (Philips)



Tarkastelin myös fluorivalon elinikää valmistajan sivustoilta. Eliniäksi valmistaja antaa noin 20 000 tuntia (kuva 36). Käytännössä tuotantokoneella elinikä on noin 1 - 2 vuotta riippuen tuotantolinjasta. Putken elinaikana sen valon tuottamiskyky heikkenee merkittävästi. Tämä tuottaa säätötarvetta järjestelmässä määrääjain.

### Lumen maintenance diagram



Kuva 36. Valontuotto käyttötunteina (Philips)

Etsin myös LED-valojen valospektrin, ja vastaavia ongelmia on myös niissä (kuvat 37, 38 ja 39).

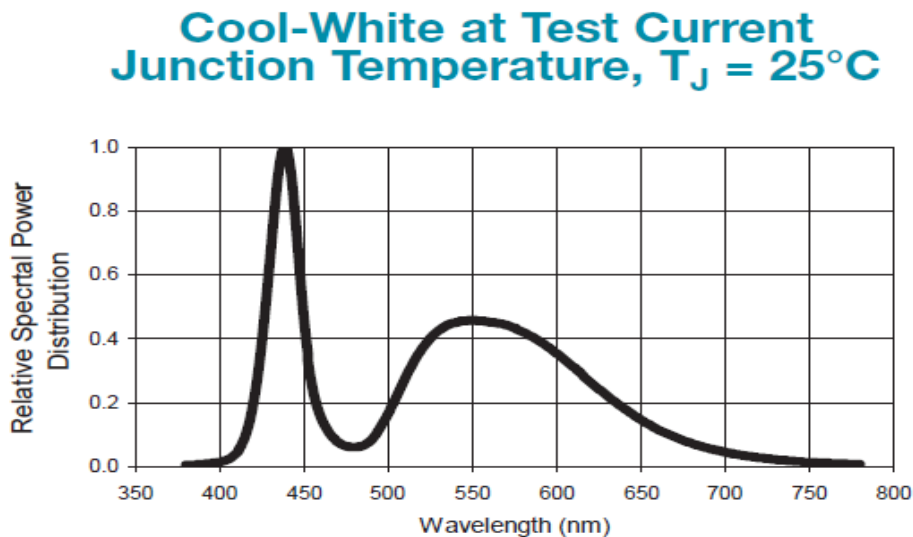


Figure 11a. Cool-White color spectrum of typical CCT part, integrated measurement.

Kuva 37. Taajuusvastekäyrä kylmän valkoinen LED-yksiköllä (Lexon)

**Neutral-White at Test Current  
Junction Temperature,  $T_J = 25^\circ\text{C}$**

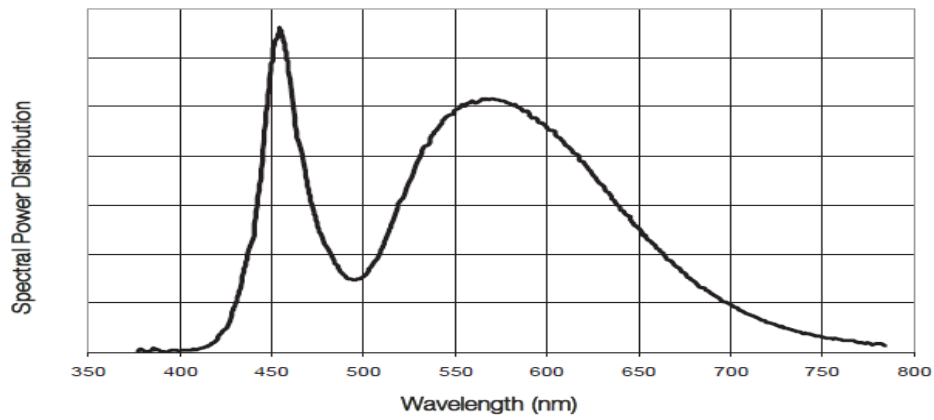


Figure 11b. Neutral-White color spectrum of typical CCT part, integrated measurement.

Kuva 38. Taajuusvastekäyrä neutraali valkoinen LED-yksiköllä (Lexon)

**Warm-White at Test Current  
Junction Temperature,  $T_J = 25^\circ\text{C}$**

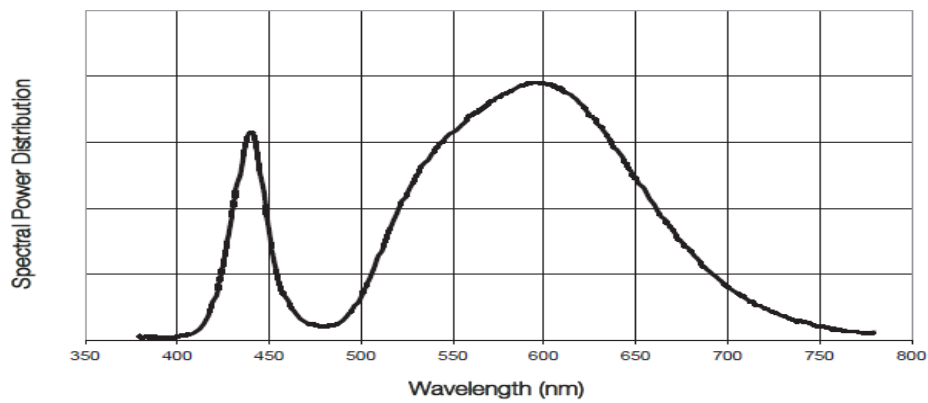


Figure 11c. Warm-White color spectrum of typical CCT part, integrated measurement.

Kuva 39. Taajuusvastekäyrä lämmin valkoinen LED-yksiköllä (Lexon)

Tavoitteena oli löytää täysin uusi ajattelumalli ja tapa, kuinka tämä ongelma ratkaistaan. Päädyin uuteen ajattelumalliin, jossa ajatuksena oli löytää sellainen valotaajuus, joka antaisi parhaimman kontrastieron vioista (kuva 40).

Sain idean kapean aallonpituuden omaavaan valolähteestä, joka lähettää sellaista aallonpituutta, jota viat emissioivat itseensä ja perusvalkoinen raaka-aine heijastaa pois päin itsestään.

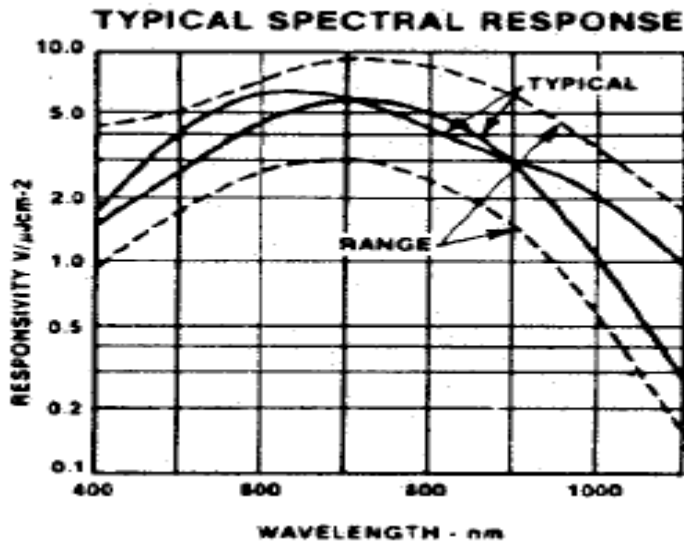
Perinteiset LEDit on tehty epäorgaanisista puolijohdekomponenteista. Seuraava taulukko esittää väreit, aallonpituuden jännitealenneman ja materiaalin:

Väri	Aallonpituus [nm]	Jännite [V]	Puolijohdemateriaali
Infrapuna	$\lambda > 760$	$\Delta V < 1.9$	Gallium arseeni (GaAs) Alumiini gallium arseeni (AlGaAs)
Punainen	$610 < \lambda < 760$	$1.63 < \Delta V < 2.03$	Alumiini gallium arseeni (AlGaAs) Gallium arseeni fosfaatti (GaAsP) Alumiini gallium indium fosfaatti (AlGaInP) Gallium(III) fosfaatti (GaP)
Oranssi	$590 < \lambda < 610$	$2.03 < \Delta V < 2.10$	Gallium arseeni fosfaatti (GaAsP) Alumiini gallium indium fosfaatti (AlGaInP) Gallium(III) fosfaatti (GaP)
Keltainen	$570 < \lambda < 590$	$2.10 < \Delta V < 2.18$	Gallium arseeni fosfaatti (GaAsP) Alumiini gallium indium fosfaatti (AlGaInP) Gallium(III) fosfaatti (GaP)
Vihreä	$500 < \lambda < 570$	$2.18 < \Delta V < 4.0$	Indium gallium nitridi (InGaN) / Gallium(III) nitridi (GaN) Gallium(III) fosfaatti (GaP) Alumiini gallium indium fosfaatti (AlGaInP) Alumiini gallium fosfaatti (AlGaP)
Sininen	$450 < \lambda < 500$	$2.48 < \Delta V < 3.7$	Sinkki seleeni (ZnSe) Indium gallium nitridi (InGaN) Pii karbidi (SiC) substraattina Pii (Si) — (kehitteillä)
Violetti	$400 < \lambda < 450$	$2.76 < \Delta V < 4.0$	Indium gallium nitridi (InGaN)
Purppura	monia eri tyyppiä	$2.48 < \Delta V < 3.7$	Tupla sini/puna LED, sininen punaisella fosforipäällysteellä, valkoinen LED purppura muovilla
Ultravioletti	$\lambda < 400$	$3.1 < \Delta V < 4.4$	timantti (C) Alumiini nitridi (AlN) Alumiini gallium nitridi (AlGaIn) Alumiini gallium indium nitridi (AlGaInN) — (down to 210 nm <sup>[7]</sup> )
Valkoinen	laaja spektri	$\Delta V = 3.5$	Sini/UV diodi keltaisella fosforipäällysteellä

Kuva 40. Taajuusalueet eri väreille (Näkyvän valon spektri)

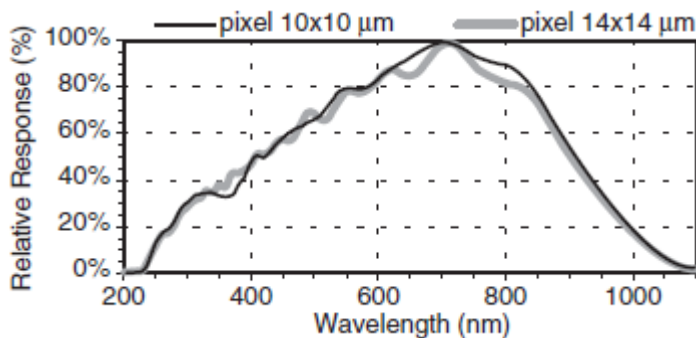
Ongelmallisimmat värit vioissa olivat keltainen, ruskea ja punainen. Nämä viat siis piti saada näkymään paremmin. Löysin aallonpituuden 460 - 480 nm (sininen valo), jolla nämä muodostivat parhaimman mahdollisen kontrastieron.

Kamera ei ole tälle aallonpituudelle läheskään täydellisesti optimissa (kuva 41). Ollaan kuitenkin vielä kohtuullisella vahvistusalueella.



Kuva 41. CCD-elementin taajuusvastekäyrä 5-verion kamerasta (ABB)

Uusi kamera HDI800 ei myöskään ole optimissa tähän valon aallonpituuteen (kuva 42). Olemme noin 55 - 60 % herkkyysoptimista. Tämä aiheuttaa sen, että valon määrää on kasvatettava. Tämä ei kuitenkaan ole ongelma.



Kuva 42. CCD-elementin taajuusvastekäyrä HDI800 kamerassa (ABB)

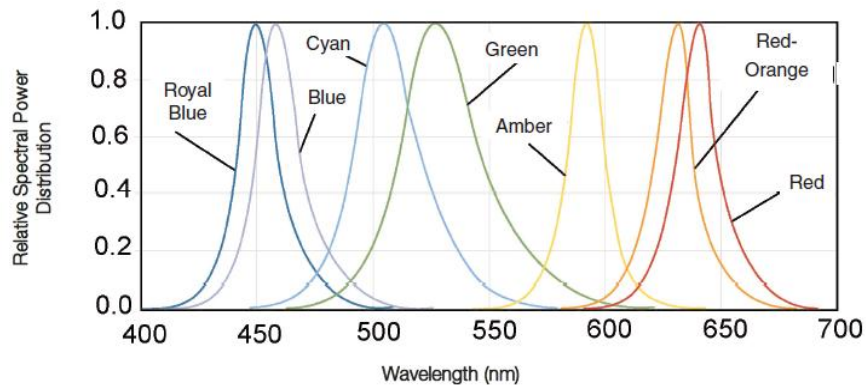
Korkeampiin taajuuksiin ei kannattanut mennä, koska kameras CCD-elementin taajuusvahvistus laskee voimakkaasti taajuuden noustessa. Haittana ovat myös hyttysset, jotka alkavat hakeutua valoon, kun taajuutta kasvatetaan. Tämä on sellainen tilanne, jota tuotantolinjalla ei haluta missään olosuhteissa.

Aallonpituus aiheuttaa ongelman. Jos vika heijastaa käytettävää aallonpituutta saman verran kuin perustuote, niin kamera ei kykene tätä vikaa havaitsemaan. Testeissä ja kyselyissä ei esiintynyt yhtään sellaista vikaa, joka heijastaisi juuri tätä aallonpituutta. Nämä olivat ne ratkaisevat tekijät, joiden perusteella päädyin juuri tähän aallonpituuteen.

Selvityksessä ei löytynyt fluorivaloa, joka tuottaisi juuri tätä aallonpituutta. LED-tekniikasta löytyi juuri oikea LED-yksikkö (kuva 43), joka tuotti hyvin kapeaa ja haluttua aallonpituutta.

### Wavelength Characteristics

#### Green, Cyan, Blue, Royal Blue, Red, Red-Orange and Amber at Test Current Junction Temperature, $T_J = 25^\circ\text{C}$



Kuva 43. LED-yksiköiden taajuusvastekäyrät (Led-teck)

Kyselyistä kävi ilmi, ettei valmiita valopalkkeja ole saatavilla. Jouduin suunnittelemaan ja toteuttamaan itse tällaisen testivalopalkin.

Tehtäväni oli löytää oikeanlainen LED-yksikkö, joka tuottaisi paljon valoa. Monilla LED-yksiköiden valmistajilla oli tarjolla erilaisia vaihtoehtoja, mutta päädyin lopuksi Luxeon K2 LED-yksikköön (kuva 44).



Kuva 44. Luxeon K2 LED-yksikkö (Led-teck)

Tämä LED-yksikkö kykeni tuottamaan paljon valoa lämmöntuotannon jäädessä minimaaliseksi (kuva 45). Tämä oli merkittävä tieto, kun suunnittelin uutta LED-valopalkkia.

### Electrical Characteristics

#### Electrical Characteristics at 350mA Part Numbers LXX2-xxx2-xxx, Junction Temperature, $T_J = 25^\circ\text{C}$

Table 4.

Color	Forward Voltage $V_f$ (1)			Typical Dynamic Resistance (2) $R_D$ ( $\Omega$ )	Typical Temperature Coefficient of Forward Voltage (3) $\Delta V_f / \Delta T_J$ (mV/°C)	Typical Thermal Resistance Junction to Case (°C/W) $R_{\theta J-C}$
	Min.	Typ. (V)	Max.			
Cool-White(4)	2.79	3.42	4.23	1.0	-2.0	9 (13 for Star)
Neutral-White(4)	2.79	3.42	4.23	1.0	-2.0	9 (13 for Star)
Warm-White(4)	2.79	3.42	4.23	1.0	-2.0	9 (13 for Star)
Green(4)	2.79	3.42	4.23	1.0	-2.0	9
Cyan(4)	2.79	3.42	4.23	1.0	-2.0	9
Blue(4)	2.79	3.42	4.23	1.0	-2.0	9
Royal Blue(4)	2.79	3.42	4.23	1.0	-2.0	9
Red	2.31	2.95	3.51	2.4	-2.0	12
Red-Orange	2.31	2.95	3.51	2.4	-2.0	12
Amber	2.31	2.95	3.51	2.4	-2.0	12

Notes for Table 4:

1. Philips Lumileds maintains a tolerance of  $\pm 0.06\text{V}$  on forward voltage measurements.
2. Dynamic resistance is the inverse of the slope in linear forward voltage model for LEDs. See figures 14 and 15.
3. Measured between  $25^\circ\text{C} = T_J = 110^\circ\text{C}$  at  $I_f = 350\text{ mA}$ .
4. The forward voltage of the LUXEON K2 LED will reduce by up to 0.30V at 350mA during the first few hours of operation after SMT reflow. Due to this effect, Philips Lumileds recommends current source drive for consistent and reliable performance. Cross connected series/parallel arrays or voltage drivers which could result in current hogging or variation in drive current are not recommended. Please consult your Philips Lumileds authorized distributor or Philips Lumileds Sales Representative for further information.

Kuva 45. Lämmöntuotto LED-yksiköillä (LEXON)

Tällä LED-yksiköllä oli muitakin hyviä ominaisuuksia. Valontuottokyky pysyi vakiona lämpötilan muutoksista huolimatta (kuva 46).

### Blue at Test Current

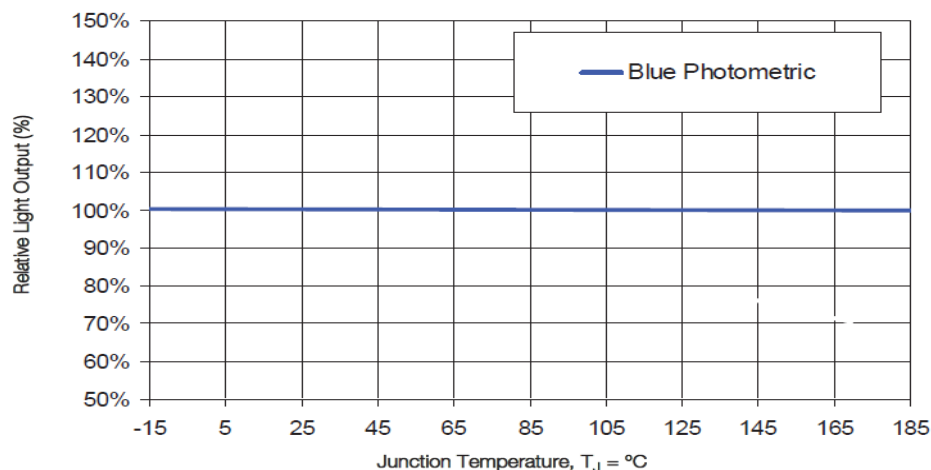
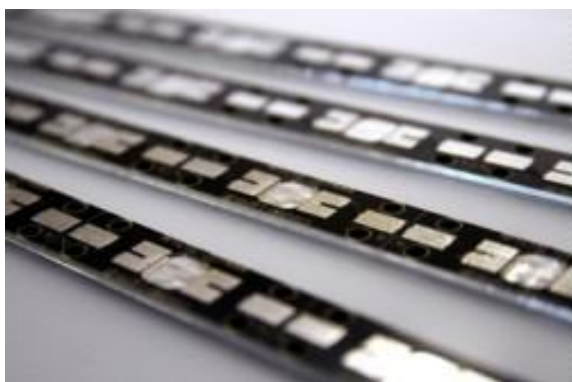


Figure 12d. Relative light output vs. junction temperature for blue.

Kuva 46. Valontuoton muutos lämpötilansuhteen (LEXON)

Valon tarve edellyttää 200 LED-yksikön sijoittamista juoksumetrille. Näin tiheästi ei kuitenkaan voida sijoittaa näitä yksiköitä lämmöntuoton ja mekaanisten mittojen takia. Vaikka yksittäisen yksikön lämmöntuotto on vähäinen, niin näin monen yksikön lämmöntuotto näin tiheästi asennettuna aiheuttaisi ongelman. Minun piti ottaa huomioon tämä seikka suunnittelussa ja mitoituksessa.

Löysin valmiin piirilevyn (**MultiLine Aluminium Circuit Board for 8 high power LEDs**), (kuva 47). Piirilevy oli suunniteltu niin, että yksiköt tulevat kolmen senttimetrin välein ja ovat sarjakytettynä. Piirilevyt voitiin tarvittaessa katkaista pienempiin osiin.



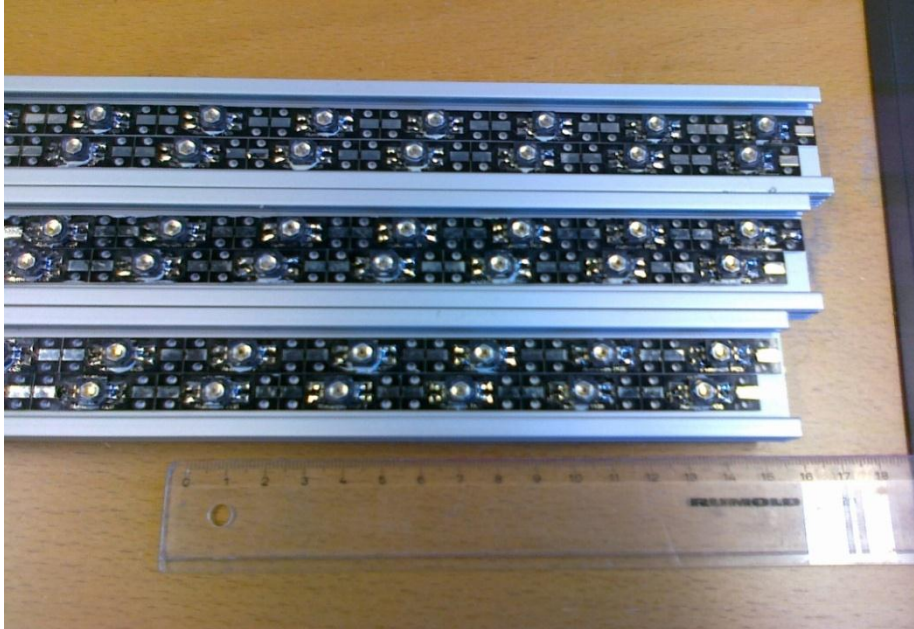
Kuva 47. Piirilevyt (Led-teck)

Jäähdytysrimat (**CoverLine Aluminium LED Profile**) olivat hyvä lähtökohta palkin suunnittelussa (kuva 48). Näin sain jäähdytyksen riittäväksi. Nämä jäähdytysrimat toimivat samalla myös suojakouruina.



Kuva 48. Jäähdytyskisko (Led-teck)

Tarve oli saada yksiköt 0,5 senttimetrin välein. Tästä syystä laitoin kaksi piirikorttia yhteen jäähdytysrimaan (kuvat 49 ja 50). Näin sain kaksinkertaisen määrän yksiköitä mahtumaan yhteen jäähdytysrimaan. Tällä toimenpiteellä sain rajattua rinnakkaisten valokourujen määrän kolmeen mittapalkkia kohden.



Kuva 49. LED-yksiköiden sijoittelu jäähdytysrimaan

Mitoitus mahdollisti sen, että palkkeja ei tarvinnut ohjata nimellisviralla, vaan saatoin pienentää ohjausvirtaa merkittävästi. Alustavien testien perusteella pystyin ajamaan yksiköitä noin 300 - 400 milliampeerin virralla.

Laskennallinen käyttöikä LED-valolle oli valmistajan mukaan 50 000 tuntia yhden ampeerin nimellisviralla (Lexon). Laskennallinen elinikä on noin 5,7 vuotta 100 %:n käyttöasteella kaavasta 3:

$$KÄYTTÖAIKA = \frac{\text{käyttöikä tunteina}}{(365 \cdot 24)} \quad (3)$$

Suurella ylimitoituksella saavutin suuria etuja: käyttöikä voidaan jatkaa merkittävästi ja palkeille saadaan säätövaraa. Pelkästään elinikä kasvaa nelikertaiseksi ohjausvirran puolittuessa.



LED-yksikön valontuotto laskee ajanfunktiona. Tämä ominaisuus täytyi ottaa huomioon valopalkkia suunniteltaessa, jotta säätövara riittäisi koko elinkaaren ajan.

Elinkaarikustannusta tarkasteltaessa investointi LED-valoihin olisi myös taloudellisesti järkevää. Pelkästään energian käyttökustannusten kautta ei saavuteta merkittäviä säästöjä fluorivaloon verrattuna, koska valontuotto tällä yksiköllä ei ole riittävän korkea. Kun huomioidaan huoltotarve ja fluoriputkien vaihtohinta, saavutetaan myös taloudellisia säästöjä.

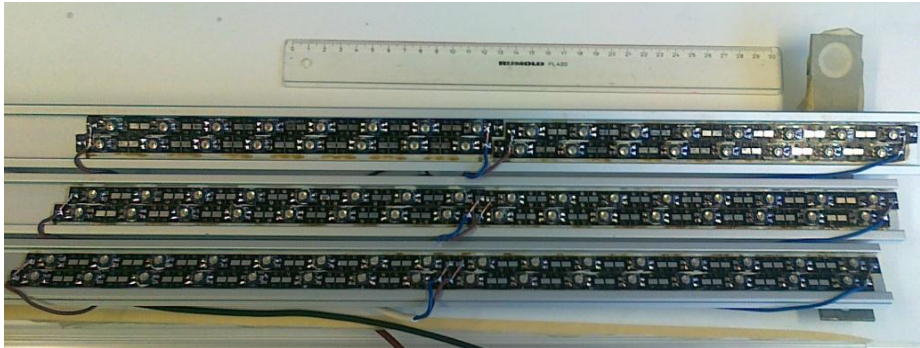
Mikäli IR-valopalkit korvattaisiin LED-valopalkeilla, olisi mahdollista saavuttaa merkittävät energiasäästöt, joilla olisi myös taloudellista merkitystä investoinneissa (vaatii testejä ja lisäselvityksiä).

Näiden LED-valojen huoltotarve on minimaallinen. LED-valon rikkoutuessa sammuu vain kaksi peräkkäistä moduulia, joissa on kahdeksan LED-yksikköä moduulia kohti. Valotaso laskee vain 16,7 % noin 50 cm matkalta, jos käytössä on 60 voltin syöttöjännite. Lisäaikaa saadaan akuuttikorjaukselle, koska valoteho ei vähene merkittävästi. Korjaustoimenpide voidaan suorittaa varsin nopeasti vaihtamalla kokonainen valoyksikkö, joka on maksimissaan yhden metrin mittainen. Tämä yksikkö on aina kahdella pultilla kiinni rungossa.

Sähkönsyöttö rakennetaan niin, että nykyisellä 0 - 10 V:n ohjauksella pystytään ohjaamaan 0 - 750 mA virtaa LED-yksiköille. Tämä ohjausjännite on aseteltavissa parametreista fluorivaloille, eikä tätä ominaisuutta haluta menettää.

Sarjakytkennässä sama virta menee kahdeksan LED-yksikön läpi ja tämä taas nostaa syöttöjännitettä kahdeksankertaiseksi nimellisjännitteestä (nimellisjännite 3,75V). Tässä kytkennässä on kytketty kaksi piirikorttia sarjaan. Tämä nostaa syöttöjännitetarvetta kaksinkertaiseksi. Syöttöjännite tulee olemaan noin 60 voltia. Tästä ominaisuudesta oli vain hyötyä, koska pääsin suurempiin jännitteisiin ja pienempiin kokonaisvirtoihin. Kun syöttöjännite on 60 voltia ja ohjausvirta on maksimissaan 750 mA, niin kolmen metrin mittainen valopalkki ottaa ohmin lain perusteella noin 27 A:n virtaa, tämä voidaan laskea kaavasta 4. Käytännössä ohjausvirta tulee olemaan noin 400 mA ja kokonaisvirta 14,4 A.

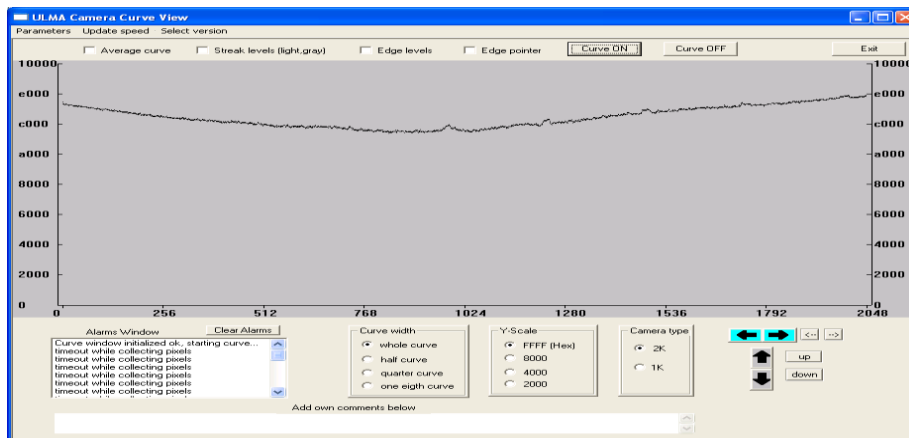
$$I = \frac{U}{R} \quad (4)$$



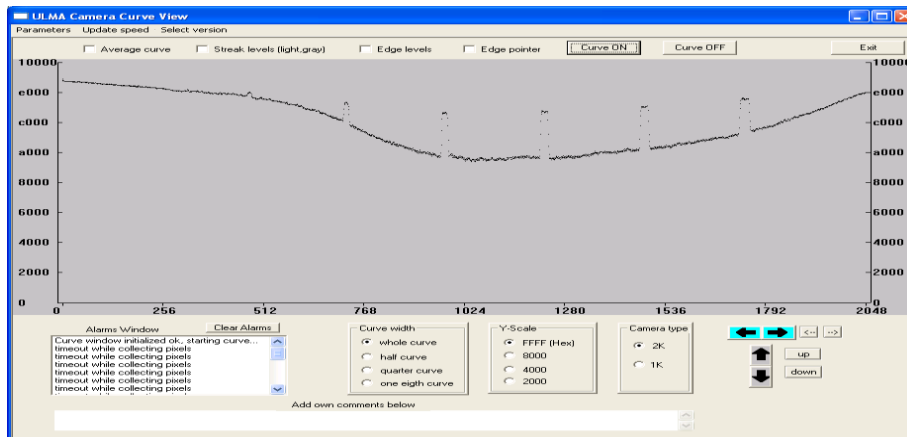
Kuva 50. Valmis testivalo

### 7.1.1 GLF

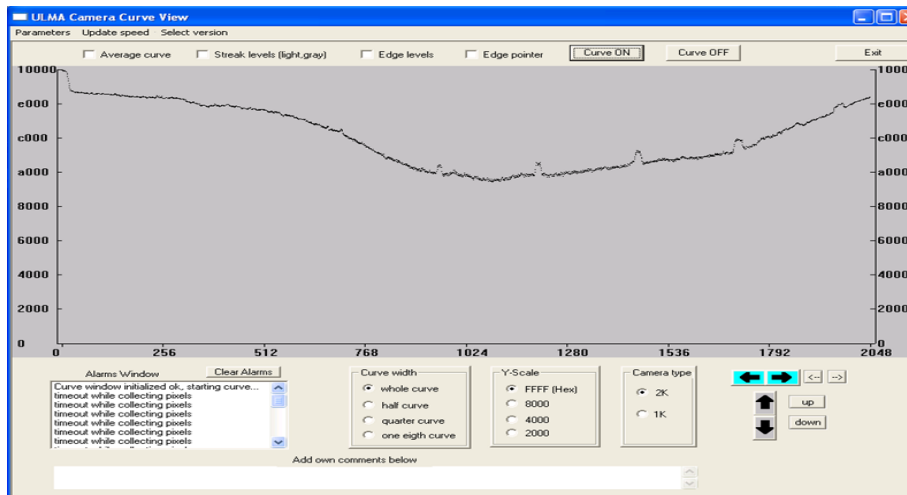
Tarkastelin PE-muovilla päällystettyjä näytteitä (näytteet 52,53,54,55,56 ja 57), (näyte 51), jotka olin ajanut GLF-telalla. Saavutin merkittävän parannuksen vianilmaisussa. Videokurvi esittää (kuvat 52 ja 53), kuinka hyvin viat tulivat esille, kun käytin uutta valolähdettä. Tämä mahdollistaa luotettavan vianilmaisun laitteella.



Kuva 51. Näyte Nro 55 Linja 1 fluorivalolla keltainen vika



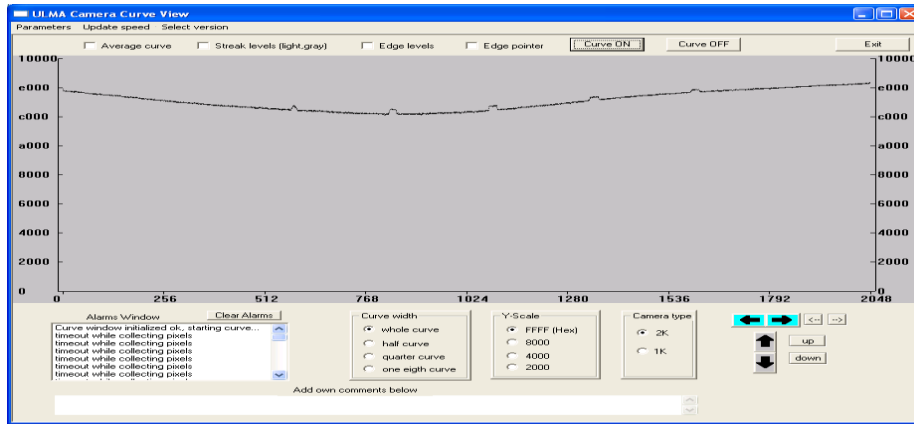
Kuva 52. Näyte Nro 55 Linja 1 LED-valolla keltainen vika



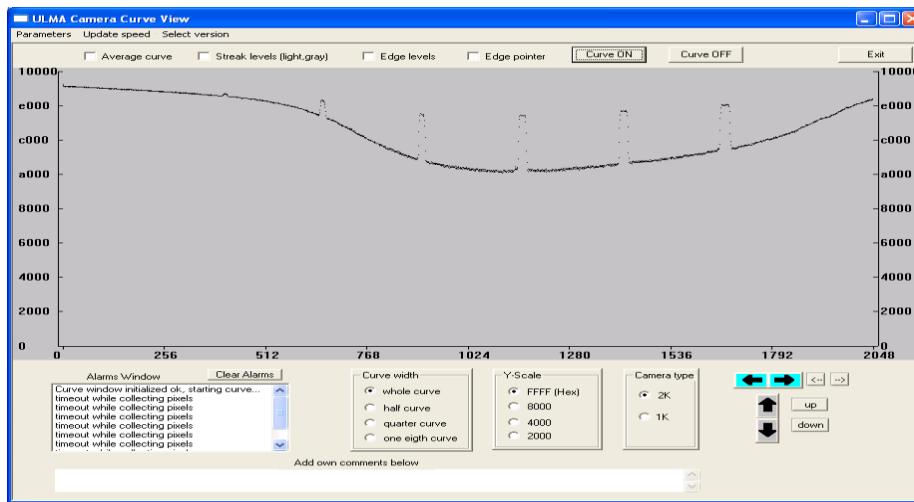
Kuva 53. Näyte Nro 55 Linja 4 LED-valolla heikko keltainen vika

## 7.1.2 Matta

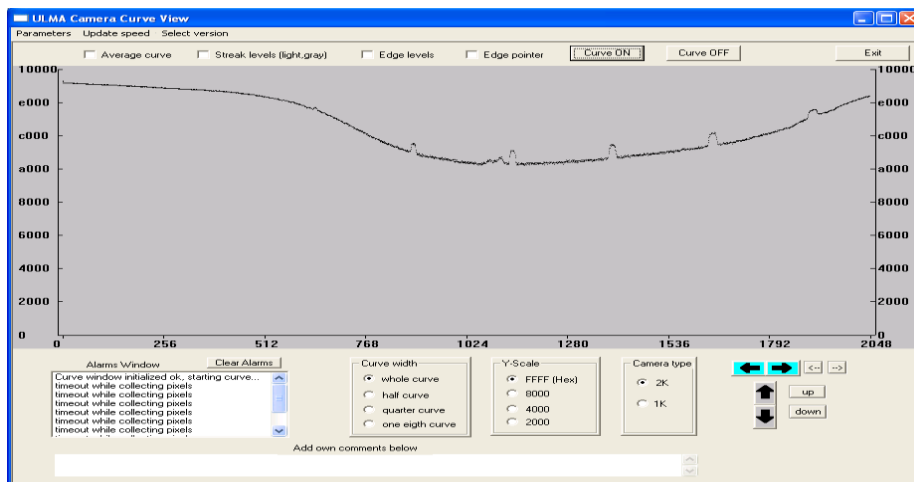
Tarkastelin PE-muovilla päällystettyjä näytteitä (näytteet 62,63,64,65,66 ja 67), (kuva 54), jotka olin ajanut mattatelalla. Saavutin merkittävän parannuksen vianilmaisussa. Videokurvi esittää (kuvat 55 ja 56), kuinka hyvin viat tulivat esille, kun käytin uutta valolähdettä. Tämä mahdollistaa luotettavan vianilmaisun laitteilla.



Kuva 54. Näyte Nro 65 Linja 1 fluorivalolla keltainen vika



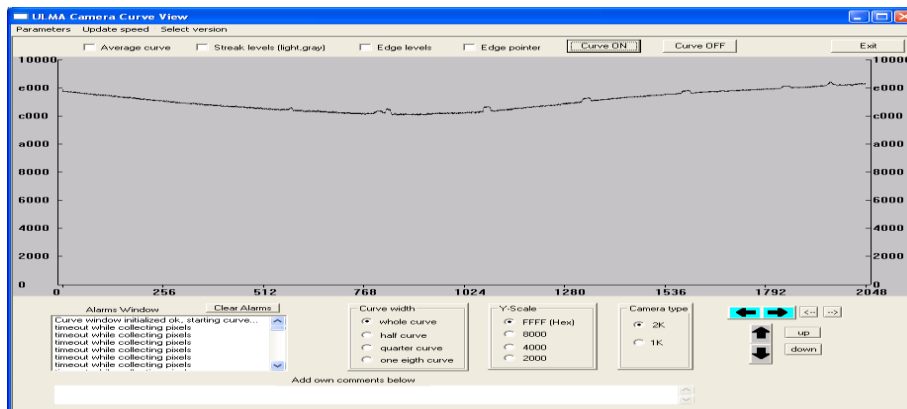
Kuva 55. Näyte Nro 65 Linja 1 LED-valolla keltainen vika



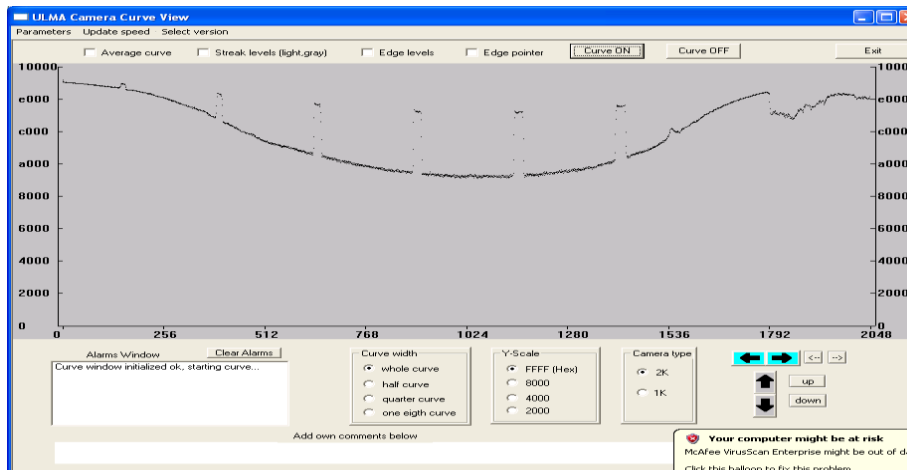
Kuva 56. Näyte Nro 65 Linja 4 LED-valolla heikko keltainen vika

### 7.1.3 Samettimatta

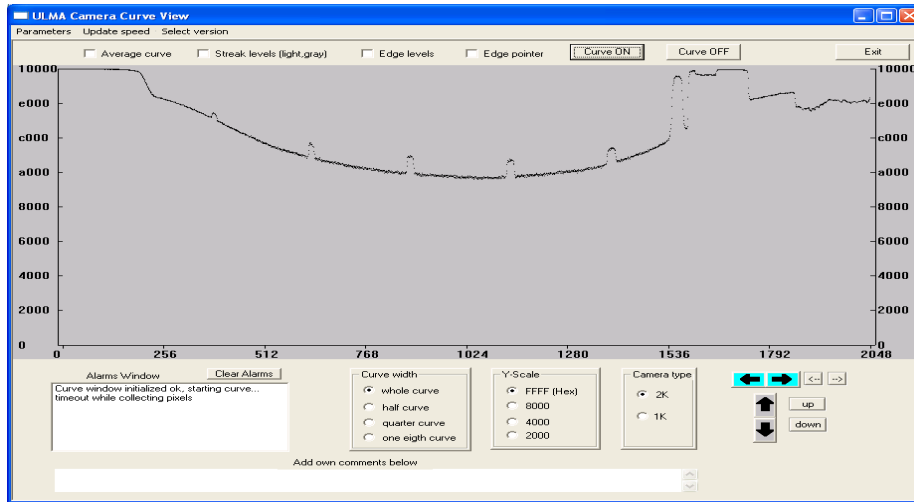
Tarkastelin PE-muovilla päällystettyjä näytteitä (näytteet 72,73,74,75,76 ja 77), (kuva 57), jotka olin ajanut samettimattatelalla. Saavutin merkittävän parannuksen vianilmaisussa. Videokurvi esittää (kuvat 58 ja 59), kuinka hyvin viat tulivat esille, kun käytin uutta valolähdettä. Tämä mahdollistaa luotettavan vianilmaisun laitteella.



Kuva 57. Näyte Nro 75 Linja 1 fluorivalolla keltainen vika



Kuva 58. Näyte Nro 75 Linja 1 LED-valolla keltainen vika

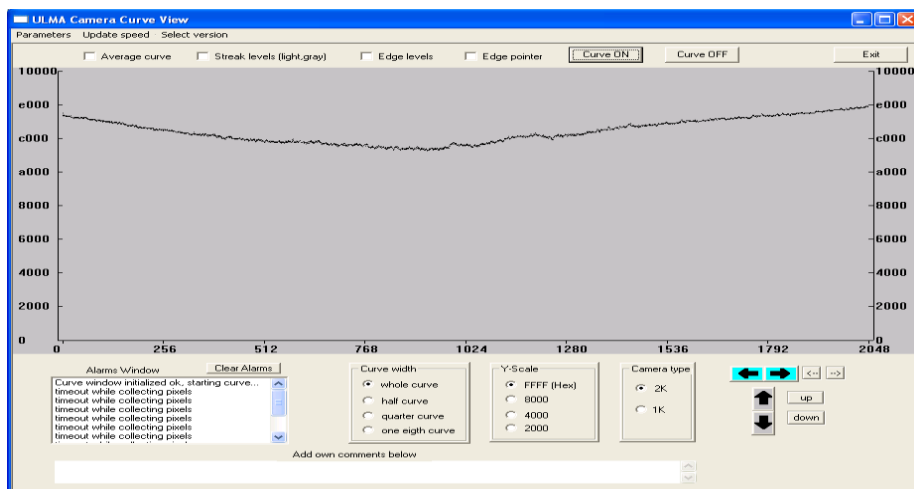


Kuva 59. Näyte Nro 75 Linja 4 LED-valolla heikko keltainen vika

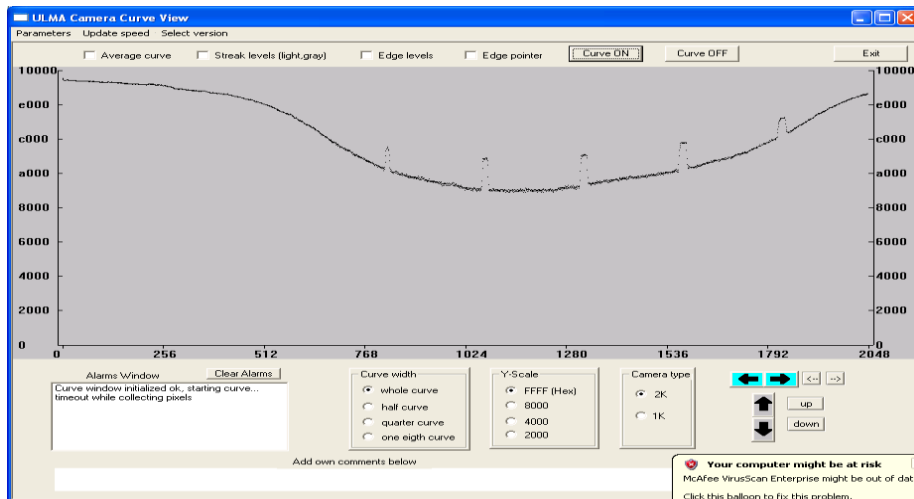
## 7.1.4 PET-valkoinen

Tarkastelin valkoisella PET-muovilla päällystettyjä näytteitä (Näytteet 2,3,4,5,6 ja 7). Saavutin merkittävän parannuksen vianilmaisussa. Videokurvi esittää (kuvat 61 ja 62), kuinka hyvin viat tulivat esille, kun käytin uutta valolähdettä. Tämä mahdollistaa luotettavan vianilmaisun laitteella.

Keltaista vikaa (haalean harmaa) (Näyte 5) linjassa 1 en havaittu fluorivalolla (kuva 60), mutta LED-valolla sain erittäin hyvän kontrastieron näkyviin (kuvat 61 ja 62).

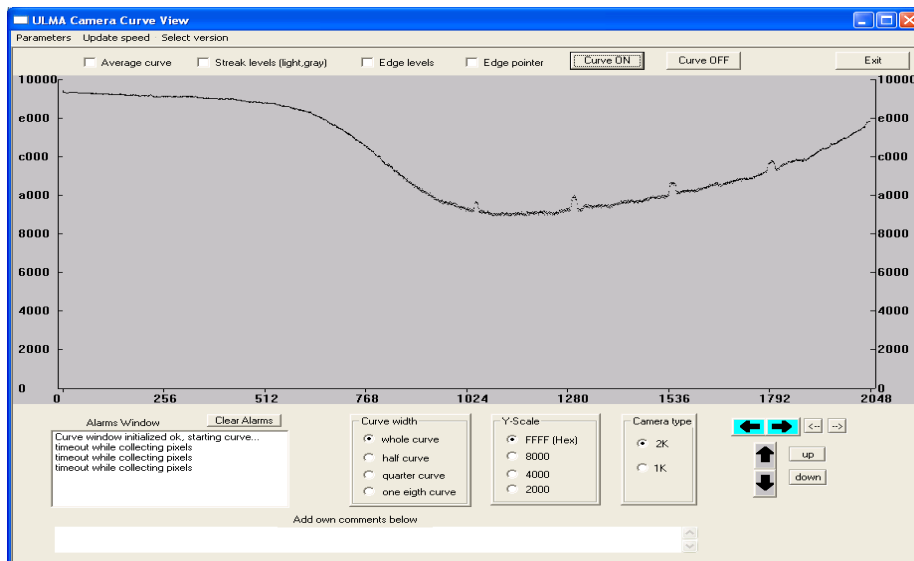


Kuva 60. Näyte Nro 5 Linja 1 fluorivalolla



Kuva 61. Näyte Nro 5 Linja 1 LED-valolla

Keltaista vikaa (Näyte 5) linjassa 4 en havainnut fluorivalolla (en ottanut videokurvia talteen), mutta LED-valolla sain erittäin hyvän kontrastieron näkyviin.



Kuva 62. Näyte Nro 5 Linja 4 LED-valolla

### 7.1.5 PET-musta

Mustaa PET-muovia ajettaessa tulee ottaa huomioon se, että musta emissioin valon lähes kokonaan itseensä. Videotaso tulee katsoa reuna-alueen heijastuksesta. Heijastusvalon (LED) kokonaismäärän tulee olla samaa luokkaa, kuin muillakin valkoisilla tuotteilla. Tämä ehkäisee CCD-elementti ylioheijauksen.

## 7.2 Harmaat täplät

Harmaiden täplien osalta havaitsin, että vikaluokkia ei löydy. Vikaluokkia löytyy vain tummille täplille. SEITTI-järjestelmässä löytyy kuitenkin vikaluokat myös harmaille täplille. Tämä ominaisuus on käytössä jo esimerkiksi KA4:llä. Siirto-ohjelma, joka siirtää tiedot ULMA-tietokannasta SEITTI-tietokantaan, tulee muokata niin, että se tukee myös harmaiden täplien vikaluokkia. Uudesta ohjelmistosta löytyi harmaille täplille oma luokkansa, joka täytyy ottaa käyttöön.

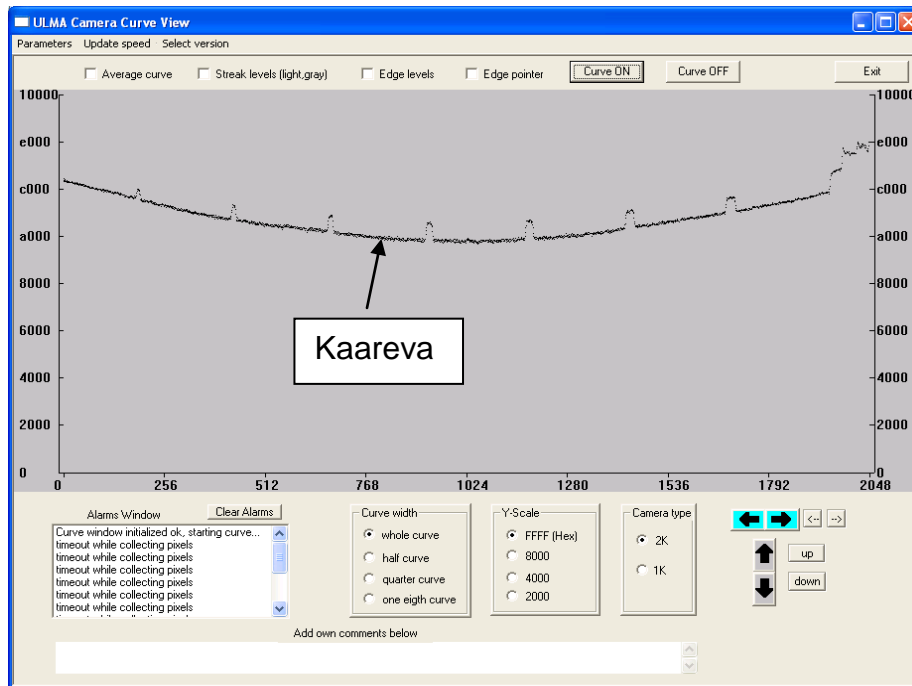
Varsinaista herkkyysparannusta ei kuitenkaan saada, koska musta vika emissioi kaikkia taajuuksia itseensä ja antaa näin maksimaalisen kontrastieron. Kamera näkee kaikki viat, myös värilliset viat, mustavalkoisina kuvina. Fluorivalon määrällä on vaikutusta kontrastieroon, ja tämä on merkittävä tekijä vikojen löytymisessä. Mitä enemmän fluorivaloa on, sitä suurempi kontrastiero on. Kontrastieroa voidaan kasvattaa valoa lisäämällä, mutta samalla aiheutetaan tilanne, jossa valo kompensoi peilikiillossa olevan valon kontrastieroa. Näiden valojen suhde tulee olla oikea, jotta päästään optimaaliseen tilanteeseen.

Kameran herkkyyskäyrässä on suuri ongelma. Herkkyys kameran keskellä on erilainen kuin reuna-alueella. Tämä ongelma liittyy objektiivin aiheuttamaan virheeseen.

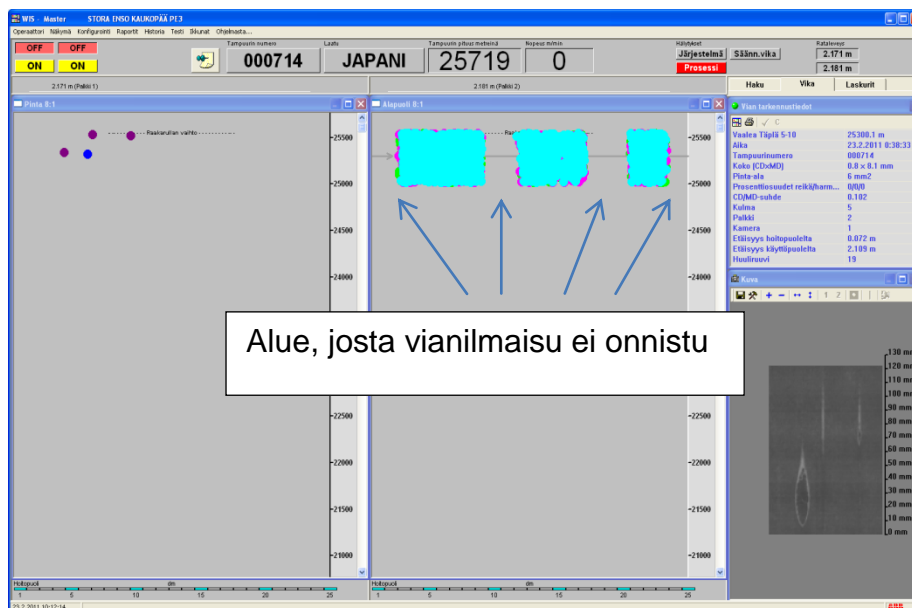
## 7.3 Objektiivi

Objektiivia tarkastellessani havaitsin videokäyrässä kaarevuutta. Tämä aiheuttaa suuria ongelmia vianilmaisussa. Sama vika voidaan löytää kameran keski-alueelta, mutta ei luotettavasti kameran reuna-alueelta. Tämä ilmiö käy hyvin esille alla olevista kuvista (Kuvat 63, 64 ja 65), jotka on otettu 22.2.2011 PE3-konelinjalla, kun koneella ajettiin BIO-muovia.



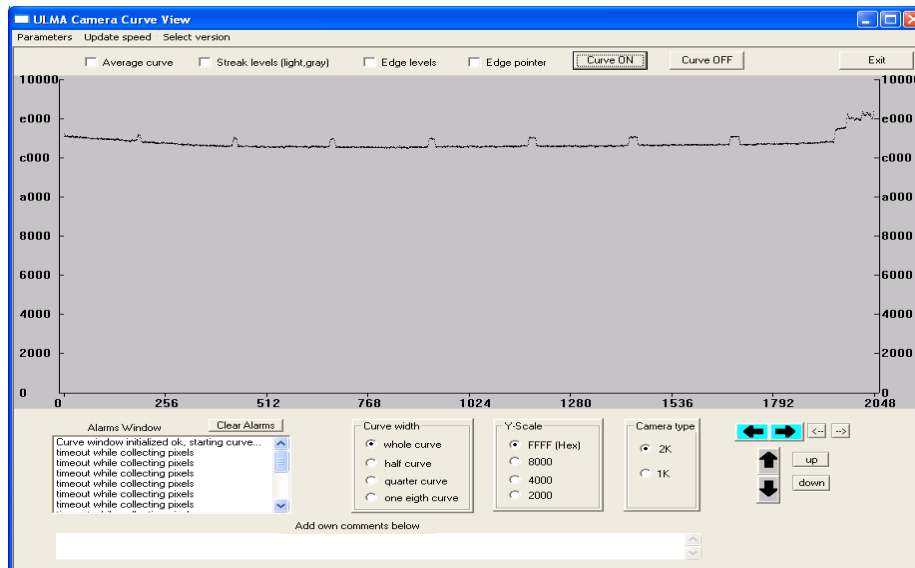


Kuva 63. Objektiivin aiheuttama kaarevuusvirhe



Kuva 64. Vianilmaisu ei toimi objektiivin reuna-alueilla





Kuva 66. Videokäyrä objektiivin säätömuutoksen jälkeen

Objektiivin säätömuutos pienentää CCD-elementtien kokonaisvalomäärää. Valomäärää täytyy kasvattaa, jotta saavutetaan oikea valomäärä CCD-elementeille. Tämä muutos aiheuttaa lisäkuormitusta IR- ja fluorivalolähteelle.

## 7.4 CCD-kamera

CCD-kameroitten toiminnassa on todettu ajoittain epävakautta. Kameran alkavat piirtää juovia, vaikka juovia ei ilmene tuotteessa. A- ja B-kanavien tasoero saa tämän aikaiseksi ja ongelma johtuu kameran sisäisistä asioista. On myös pohdittu CCD-elementin ikääntymistä ja sen vaikutusta elementin suorituskykyyn. Tähän en löytänyt kuitenkaan suoraa vastausta lähteistä.

Kameroiden päivityksellä saavutettaisiin monia hyviä ominaisuuksia. Uuteen kameraan tulisi valita 4096-pikselinen elementti. Nykyisessä 5-version kamerassa on 2048-pikselinen elementti. Muutoksella saavutettaisiin monia hyviä etuja. Päästäisiin puolet pienempään vikaan kiinni kuin nykyisellä kameralla. Harmaatasokuvat olisivat huomattavasti selkeämmät ja luettavammat. Uusi kamera olisi valoherkempi kuin vanha kamera. Samalla tuotantolinjalle saataisiin viimeisimmän versio järjestelmästä.

## 7.5 Jäähdytys

Valolähteen kannalta on tärkeää parantaa valolähteen jäähdytystä lisäämällä syöttöpainetta ja jäähdytysilman virtausta. On pidettävä huolta myös, että ilma pääsee poistumaan valopalkista ja näin saadaan kuljetettua lämpökuormaa pois valopalkista.

Uudet säädöt tulevat aiheuttamaan lisäkuormaa IR-valopalkille ja säätövaraa tulisi aina olla sen verran, että muutostarpeisiin prosessin kannalta jää riittävä pelivara. Paloriski ei ole kovin korkea, vaikka ollaan lähellä 80:tä celsiusastetta. Käyttöhenkilökunnan kannalta kuuma palkki on kuitenkin aina riski saada palovammoja. Tämä riski tulee ottaa huomioon ja tiedottaa henkilökunnalle määrävälein esimerkiksi turvallisuusinfotilaisuuksissa. Näin voidaan tehokkaimmin ennaltaehkäistä lieviä palovammoja.

## 8 Parannusehdotukset

### Värilliset täplät

Värilliset vikojen löytymiseksi suosittelen hankkimaan ja asentamaan fluorivalojen tilalle LED-valopalkit, joiden aallonpituus on 460 - 480 nm. Tällä saavutetaan herkkyystasoissa merkittävä parannus. Valopalkit kannattaa hankkia alihankkijalta asennusvalmiina tai asennettuna. Tällä investoinnilla parannetaan vianilmaisimen toimivuutta ja samalla energiatehokkuus kasvaa.

### Harmaat täplät

Harmaiden täplien osalta suosittelen käyttämään mahdollisimman paljon LED-valoa, tällä saavutetaan suurempi kontrastiero videokurviin. Tässä kuitenkin tulee ottaa huomioon, kuinka paljon painotetaan kiillosta löytyviä vikoja. Valojen suhde tulee olemaan aina kompromissi. Ajettaessa tuotetta, jossa ei ole mittauspuolella muovipäälylystettä, suosittelen säätämään IR-valon mahdollisimman pienelle tai jopa sammuttamaan lepotilaan. Tällä toimenpiteellä saavutetaan paras mahdollinen täplien erottelukyky raaka-aineesta. SEITTI-järjestelmään vientiin tarvittavat muutokset tulee toteuttaa, jotta uudet ominaisuudet voidaan ottaa käyttöön.

## **Objektiivi**

Objektiivin säätöihin suosittelen pienentämään aukkoa kaksi pykälää. Tämä poistaa objektiivista aiheutuvan videokurvin kaareutumisen. Tällä toimenpiteellä saavutetaan tilanne, jossa kamera on herkkyydeltään yhtä hyvä keskellä ja reuna-alueella. Tämä toimenpide lisää laitteen suorituskykyä ja luotettavuutta.

## **Jäähdytys**

Jäähdytystä tulee parantaa, jotta päästään IR-valoissa kohtuullisimpiin lämpötiloihin. Objektiivin muutoksen takia tämä on lähes välttämätöntä. Tällä parannustoimella saadaan hieman enemmän säätövaraa valopalkeille. Tämä tulisi toteuttaa vaihtamalla puhaltimet ja tuomalla ilmasyöttö kovalla putkella mahdollisimman lähelle palkkeja. Palkin poistoaukkoja suosittelen lisäämään ja suurentamaan, jotta saadaan riittävä ilmanvirtaus palkeille.

## **Vikakartta**

Vikakartan kehittämisen kannalta tärkeitä muutostarpeita on saada ulkopuolisten signaalien aiheuttamat tekstit näkyviin, niin etteivät ne mene päällekkäin missään tilanteessa.

## **Vikaraportti**

Raportointiin tulisi saada raja-arvon ylittävät tiedot punaisella tekstillä. Viat tulisi merkitä raporttiin samoilla väreillä kuin vikakartalla.

## **Leikkurinäyttö**

Leikkurin näyttöön tulisi rakentaa valinta, jolla voidaan näyttää vain valittu vika-luokka. Tämä pikavalinta palautuisi normaalinäytöksi määritellyn ajan jälkeen. Tällä nopeutettaisiin ajomiesten toimintaa ja päätöksen tekoa.

## **CCD-kamera**

Kamerat tulee päivittää uusiin HDI800-kameroihin (4096-pikselisiin). Tällä saadaan suorituskykyä ja luotettavuutta lisää. Myös valon määrä pienenee näillä uusilla kameroilla, tällöin tulee ottaa huomioon ympäristövalo ja sen vaikutus

mittaukseen. Käytännössä mittauspaikka tulee suojata ulkopuolisesta hajavalosta ja säteilystä.

### **IR-valopalkki**

IR-valopalkin korvaamista LED-valopalkilla tulisi harkita myös energiasäästön takia. Tämä vaatii kuitenkin LED-valopalkin kehittämistä niin, että se soveltuu peilikiiltopalkiksi. Mahdollisuudet tähän investointiin ovat erinomaiset. Peilikiilto ei ota kantaa mitään aallonpituutta käytetään valolähteessä. Tällä toimenpiteellä mahdollisesti autetaan edelleen laitteiston suorituskykyä. Käytännössä tämä vaatii näytetestauksen, jotta hyödyt saadaan selville.

### **Koulutus**

Henkilöstön koulutus järjestelmästä tulee suorittaa mahdollisimman pikaisesti. Koulutus tulee sisältää työturvallisuusosion, peruskäyttäjäosion ja syvällisen koulutuksen. Tärkeintä on saada ihmiset ymmärtämään, kuinka vianilmaisun ilmaisee vian ja mihin se perustuu. Tämä on erityisen tärkeää, koska näin saadaan henkilökunta sitoutettua paremmin huolellisuuteen ja ehkäisemään reklamaatioita.

## **9 Pohdinta**

Tällä työllä löydettiin uusia innovaatioita vianilmaisinjärjestelmiin. Aiemmin ei ole kiinnitetty riittävästi huomiota valolähteeseen, joka on merkittävä tekijä vianilmaisun kannalta.

Mittausolosuhde tulee muodostaa aina kameran ja mitattavan vian kannalta optimaaliseksi. Tämä työ antaa suuntaviivoja tulevaisuuteen ja siihen, kuinka ajattelumallia täytyy muuttaa vianilmaisun osalta.

Tulevaisuudessa tulee huomioida enemmän myös hajavalon vaikutus mittausolosuhteisiin. Tämä käytännössä tulee tarkoittamaan sitä, että mittauskohta täytyy suojata ulkopuoliselta valolta tai säteilyltä. Tämä asia korostuu, koska uuden sukupolven kamerat ovat erittäin herkkiä ja vaativat huomattavasti vähemmän

valoa. Hajavalon osuus prosentteina mittausvalaistuksesta kasvaa ja näin heikentää merkittävästi herkkyyttä.

Ajattelutavan muutos antaa avaimet uuden sukupolven suorituskyvylle laitteistoissa, jota tulisi hyödyntää parhaimmalla mahdollisella tavalla. Tästä hyötyisivät laitteentoimittajat, tuotantolaitokset, jatkojalostuslaitokset ja loppukäyttäjätkin.

Kameran valmistajalle tulee uusia vaatimuksia taajuusspektrin osalta niin, että maksimiherkkyys kameralla on siirrettävä 460 - 480 nm alueelle. Näin saadaan noin 50 - 60 % herkkyyskasvu. Hyötynä saavutetaan pienempi valontarve, jonka kautta saavutetaan merkittävät energiasäästöt.

Koulutuksen merkitystä on korostettava koko henkilökunnalle aina johdosta ajomieheen. Nämä laitteistot ovat avainasemassa, kun ehkäistään reklamaatioita vikojen osalta tai halutaan kehittää prosessia.

Havaitsin, että periaatteessa laitteisto tunnetaan, mutta ei kuitenkaan ymmärrettä riittävän hyvin, mihin vianilmaisimen teoreettinen vianilmaisuus perustuu. Syvälinen tuntemus auttaa myös investoinneissa, jotta voidaan hankkia juuri oikeanlaiset laitteet tuotannon kannalta.

Uusina käyttösovelluksina valosta löytyy helposti pituusleikkureilta, valopöydiltä ja laboratorion. Hyötykäyttöä löytyy todennäköisesti painokoneilla, joissa voidaan helpommin hallita konenäköjärjestelmiä. Tämä valolähde helpottaa myös vikojen havainnointia silmillä.

Energiakustannusten takia on tärkeää saada korvattua huonon hyötysuhteen omaavat valolähteet uusilla valolähteillä. LED-valonlähde antaa tähän oivan mahdollisuuden. LED-teknologia on vasta alkumetreillä ja näiden komponenttien kehityskaari on vasta alkusuoralla.

## **10 Yhteenveto**

PE3- ja PE5-koneille oli tehty investoinnit, joilla laajennettiin ajettavien tuotteiden valikoimaa. Myös vianilmaisimien oli saanut päivityspaketin. Uusia tuotteita ei

oltu testattu vianilmaisimen kannalta lainkaan. Oli siis ilmeistä, että vianilmaisimien tarvitsi päivityksen lisäksi joitakin muutoksia, jotta laitteisto olisi optimissa uusille tuotteille.

Ajoin testinäytteet extruusiopäälylystyskoneilla, jotka edustivat ajettavia tuotteita. Testasin eri muovipinnoituksilla laitteiston herkkyytason ja havaitsin suuria puutteita näissä asioissa. Testasin myös objektiivin vaikutusta ilmaisuun.

Löysin uuden ajattelumallin vianilmaisussa. Käytetään kapeaa aallonpituutta olevaa valolähdettä, jota viat absorboivat itseensä ja näin saadaan paras mahdollinen kontrastiero vioille verrattuna perustuotteeseen. Tämä tuo herkkyyttä merkittävästi laitteistoon lisää. Sain rakennettua uudentyyppisen testivalopalkin LED-tekniikkaa hyväksikäyttäen. Valo on erittäin energiatehokas ja suoraan sovellettavissa käytännön sovellutuksiin.

Objektiivin aiheuttaman vääristymän videokuvissa, joka aiheuttaa ongelmia ilmaisussa, voidaan korjata muuttamalla objektiivin asetuksia. Tämä toimenpide aiheuttaa muita toimenpiteitä jäähdytyksen osalta, jotta valopalkkien lämpötila ei nousisi liian korkeaksi.

## Kuvat

- Kuva 1. Extruusiopäälylystyskone, s. 8
- Kuva 2. Testinäytteestä Nro 76, s. 11
- Kuva 3. Testinäytteestä Nro 76, s. 11
- Kuva 4. Testitilanne, s. 12
- Kuva 5. Kannettava tietokone ja Curve-liityntäyksikkö s. 12
- Kuva 6. Curve-liityntäyksikön kytkentä kameraan, s. 13
- Kuva 7. Näyte Nro 67 Linja 1, s. 13
- Kuva 8. Näyte Nro 56 Linja 1 musta, s. 20
- Kuva 9. Näyte Nro 56 Linja 4 harmaa, s. 20
- Kuva 10. Näyte Nro 57 Linja 1 punainen, s. 20
- Kuva 11. Näyte Nro 56 Linja 4 haalean punainen, s.21
- Kuva 12. Näyte Nro 55 Linja 1 keltainen, s. 21
- Kuva 13. Näyte Nro 66 Linja 1 musta, s.22
- Kuva 14. Näyte Nro 66 Linja 4 harmaa, s. 22
- Kuva 15. Näyte Nro 67 Linja 1 punainen, s. 23
- Kuva 16. Näyte Nro 67 Linja 3 haalean punainen, s. 23
- Kuva 17. Näyte Nro 65 Linja 1 keltainen, s. 24
- Kuva 18. Näyte Nro 65 Linja 3 haalean keltainen, s. 24
- Kuva 19. Näyte Nro 76 Linja 1 musta, s. 25



Kuva 20. Näyte Nro 76 Linja 4 harmaa, s. 25  
Kuva 21. Näyte Nro 77 Linja 1 punainen, s. 26  
Kuva 22. Näyte Nro 77 Linja 4 haalean punainen, s. 26  
Kuva 23. Näyte Nro 75 Linja 1 keltainen, s. 27  
Kuva 24. Näyte Nro 5 Linja 3 haalean keltainen, s. 27  
Kuva 25. Tasoero peruspahvi / PET-muovi, s. 28  
Kuva 26. Reunanauha PET-muovi, s. 28  
Kuva 27. Reikä muovissa PET-muovi, s. 28  
Kuva 28. Näyte Nro 6 Linja 1 tumman harmaa, s. 29  
Kuva 29. Näyte Nro 6 Linja 4 haalean harmaa, s. 29  
Kuva 30. Näyte Nro 7 Linja 1 harmaa, s. 30  
Kuva 31. Näyte Nro 7 Linja 4 haalean harmaa, s. 30  
Kuva 32. Näyte Nro 5 Linja 1 haalean harmaa, s. 30  
Kuva 33. PL-L / 950 valospektri, s. 32  
Kuva 34. PL-L / 840 valospektri, s. 32  
Kuva 35. PL-L / 830 valospektri, s. 32  
Kuva 36. Valontuotto käyttötunteina, s. 33  
Kuva 37. Taajuusvastekäyrä kylmän valkoinen LED-yksiköllä, s. 33  
Kuva 38. Taajuusvastekäyrä neutraali valkoinen LED-yksiköllä, s. 34  
Kuva 39. Taajuusvastekäyrä lämmin valkoinen LED-yksiköllä, s. 34  
Kuva 40. Taajuusalueet eri väreille, s. 35  
Kuva 41. CCD-elementin taajuusvastekäyrä 5-verion kamerasta, s. 36  
Kuva 42. CCD-elementin taajuusvastekäyrä HDI800 kamerassa, s. 36  
Kuva 43. LED-yksiköiden taajuusvastekäyrät, s. 37  
Kuva 44. Lexon K2 LED-yksikkö, s. 37  
Kuva 45. Lämmöntuotto LED-yksiköillä, s. 38  
Kuva 46. Valontuoton muutos lämpötilansuhteen, s. 38  
Kuva 47. Piirilevyt, s. 39  
Kuva 48. Jäähdytyskisko, s. 39  
Kuva 49. LED-yksiköiden sijoittelu jäähdytysrimaan, s. 40  
Kuva 50. Valmis testivalo, s. 42  
Kuva 51. Näyte Nro 55 Linja 1 fluorivalolla keltainen vika, s. 42  
Kuva 52. Näyte Nro 55 Linja 1 LED-valolla keltainen vika, s. 43  
Kuva 53. Näyte Nro 55 Linja 4 LED-valolla heikko keltainen vika, s. 43  
Kuva 54. Näyte Nro 65 Linja 1 fluorivalolla keltainen vika, s. 44  
Kuva 55. Näyte Nro 65 Linja 1 LED-valolla keltainen vika, s. 44  
Kuva 56. Näyte Nro 65 Linja 4 LED-valolla heikko keltainen vika, s. 44  
Kuva 57. Näyte Nro 75 Linja 1 fluorivalolla keltainen vika, s. 45  
Kuva 58. Näyte Nro 75 Linja 1 LED-valolla keltainen vika, s. 45  
Kuva 59. Näyte Nro 75 Linja 4 LED-valolla heikko keltainen vika, s. 46  
Kuva 60. Näyte Nro 5 Linja 1 fluorivalolla, s. 46  
Kuva 61. Näyte Nro 5 Linja 1 LED-valolla, s. 47  
Kuva 62. Näyte Nro 5 Linja 4 LED-valolla, s. 47  
Kuva 63. Objektiivin aiheuttama kaarevuusvirhe, s. 49  
Kuva 64. Vianilmaisuu ei toimi objektiivin reuna-alueilla, s. 49  
Kuva 65. Vianilmaisuu ei toimi objektiivin reuna-alueilla, s. 50  
Kuva 66. Videokäyrä objektiivin säätömuutoksen jälkeen, s. 51

## Lähteet

ABB 2011. Historia.

<http://www.abb.com/industries/db0003db001873/378a91f59c017947c12579f90029c1d.aspx?productLanguage=fi&country=FI&tabKey=7>. Luettu 24.02.2011

ABB huoltokoulutus Juhani Tarvainen (1995-2004)

ABB 2011. Kotisivu.

<http://www.abb.com/industries/us/AAC123379.aspx?country=FI>. Luettu 24.02.2011

Peltonen H., Perkiö J. & Vierinen K. 2000. Insinöörin (AMK) fysiikka osa II 4. painos; Gummerus Kirjapaino Oy

Lasor huoltokansi Karhula PE4 toimitus Kto.No. 6287

Partanen A. 2004. PE3:n ja PE5:n adheesio katkon jälkeisessä tuotannossa. Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu, muovitekniikan koulutusohjelma. Joensuu. Opinnäytetyö

Philips Technical Datasheet DS51 sivu1

Philips 138446 Specs

Philips 2011. Kotisivu

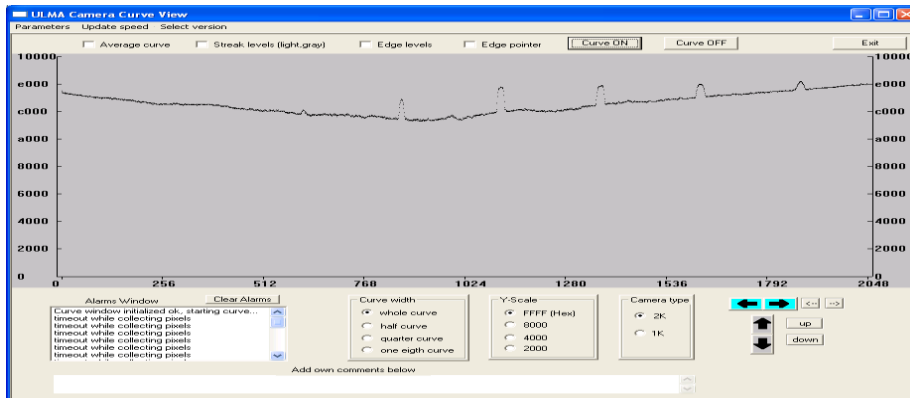
[www.lighting.philips.com/us\\_en/.../download/p-5768.pdf](http://www.lighting.philips.com/us_en/.../download/p-5768.pdf) Luettu 29.03.2011

PROSEMEX 2011. Kotisivu.

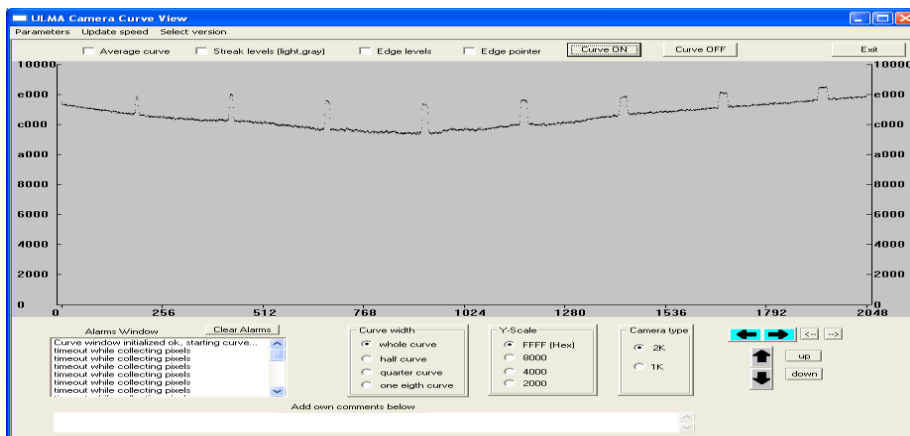
[http://www.prosemex.fi/index.php?option=com\\_content&task=view&id=5&Itemid=43](http://www.prosemex.fi/index.php?option=com_content&task=view&id=5&Itemid=43). Luettu 24.02.2011

# Liitteet

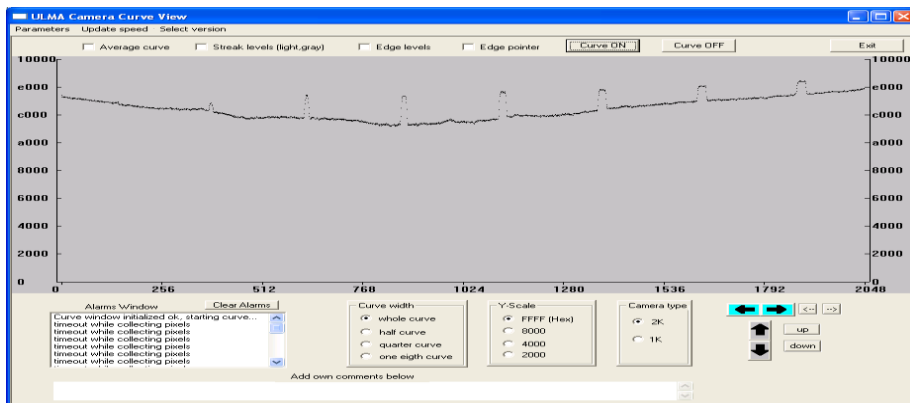
## Liite 1 Videokurvit lähtötilanteessa GLF



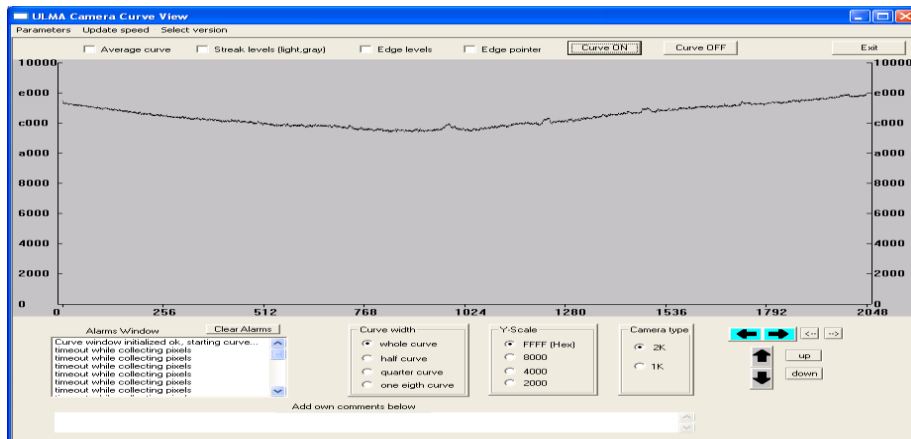
## Näyte Nro 52 Linja 1



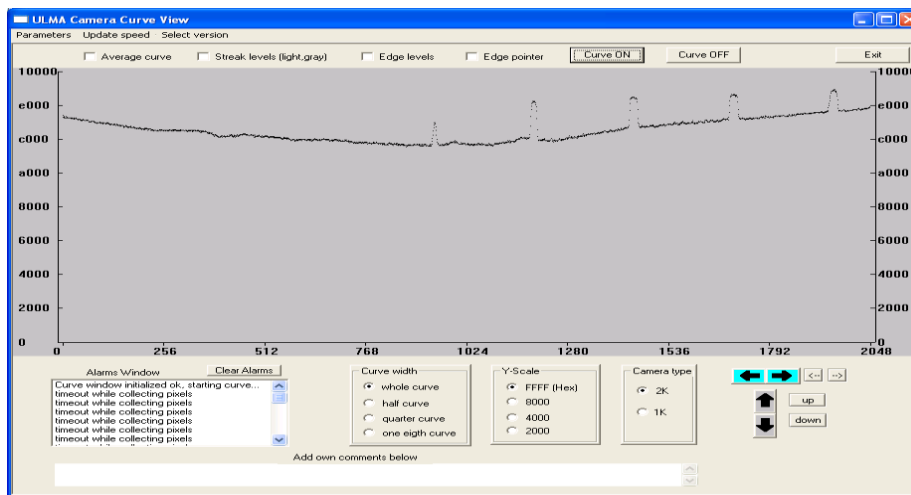
## Näyte Nro 53 Linja 1



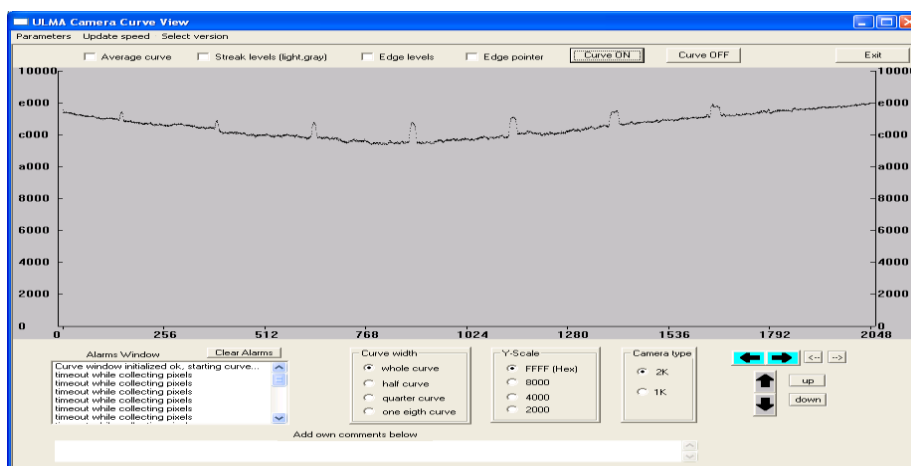
## Näyte Nro 54 Linja 1



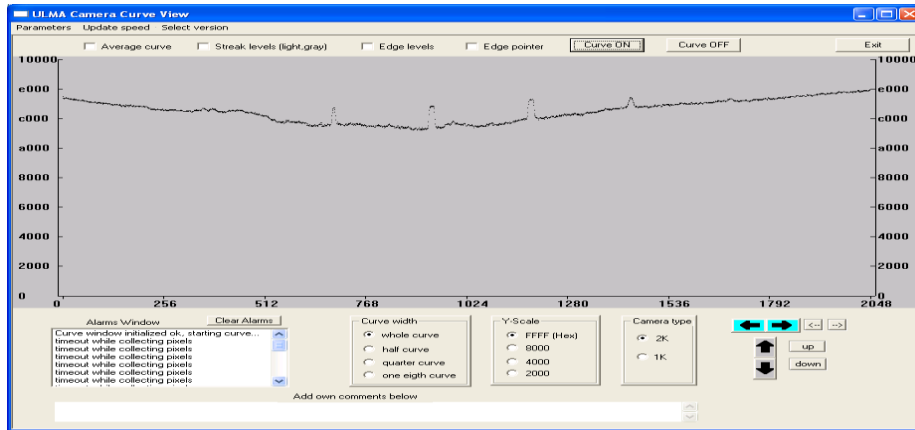
Näyte Nro 55 Linja 1



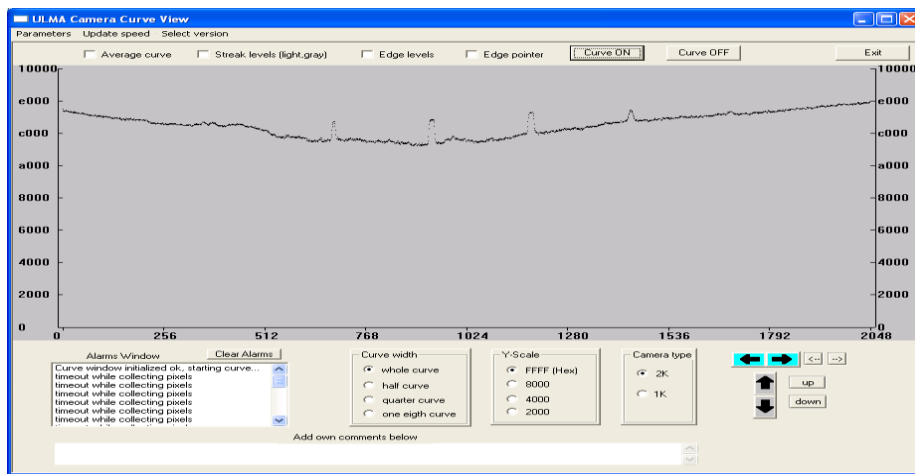
Näyte Nro 56 Linja 1



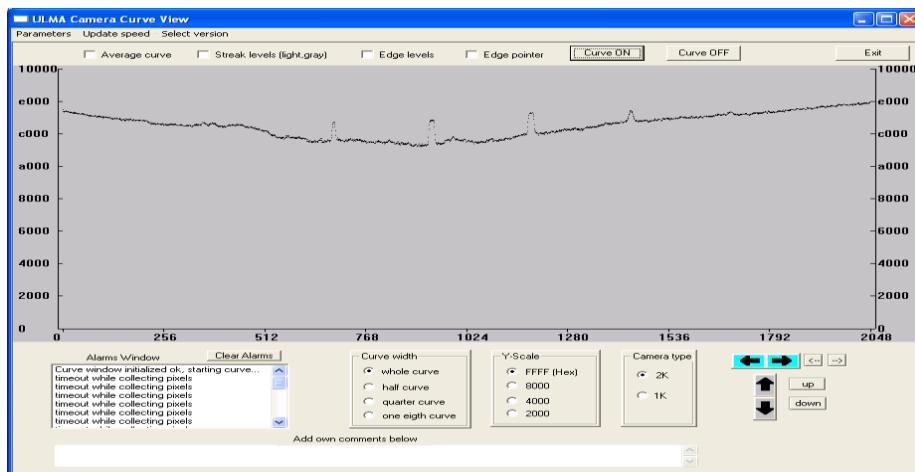
Näyte Nro 57 Linja 1



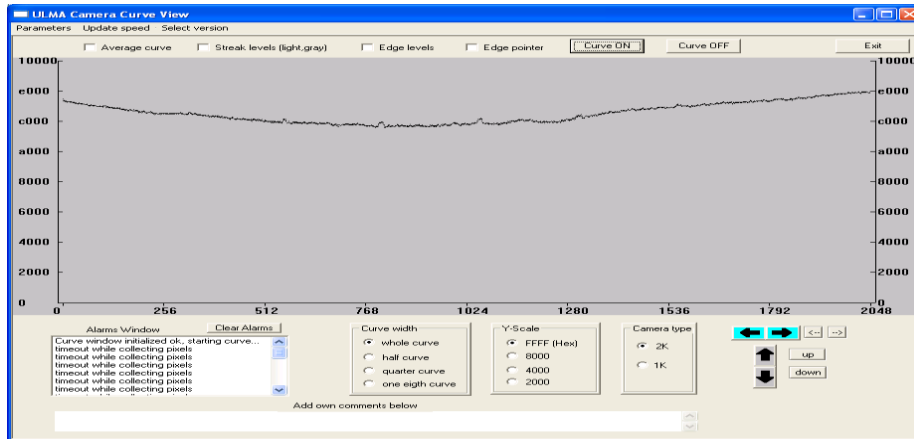
Näyte Nro 52 Linja 2



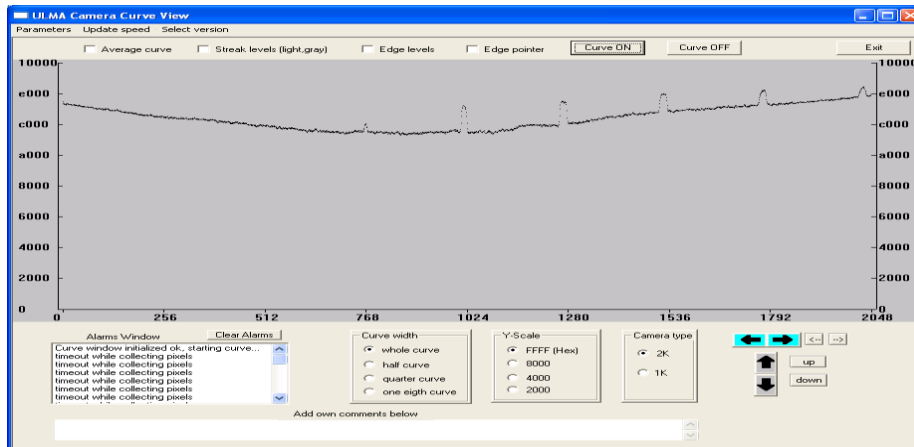
Näyte Nro 53 Linja 2



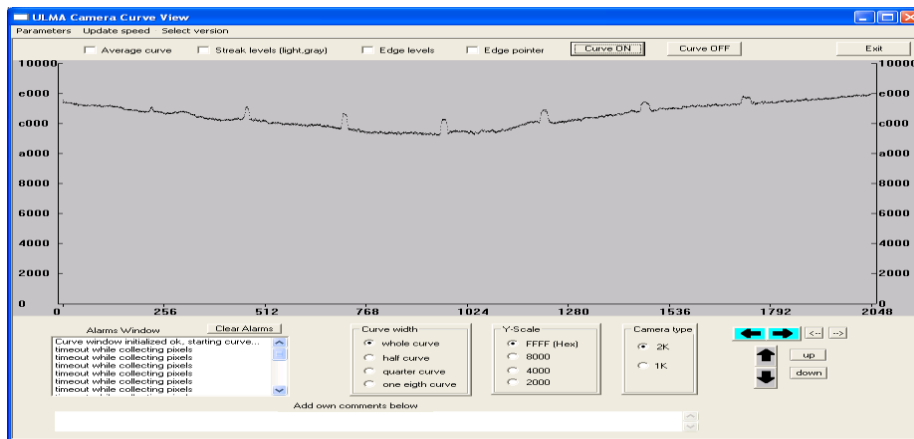
Näyte Nro 54 Linja 2



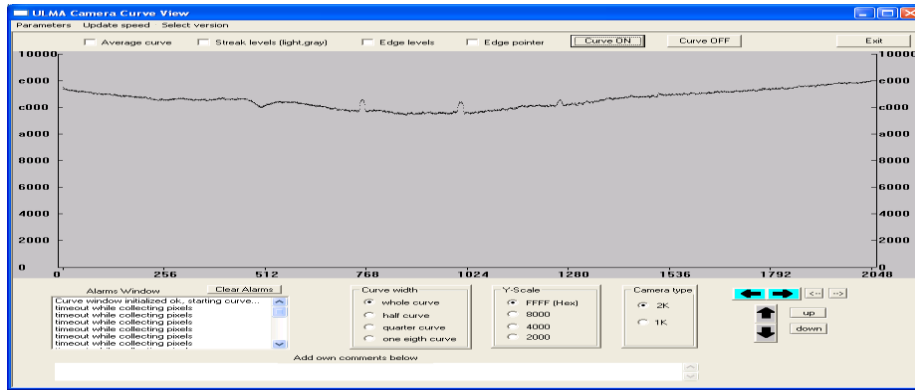
Näyte Nro 55 Linja 2



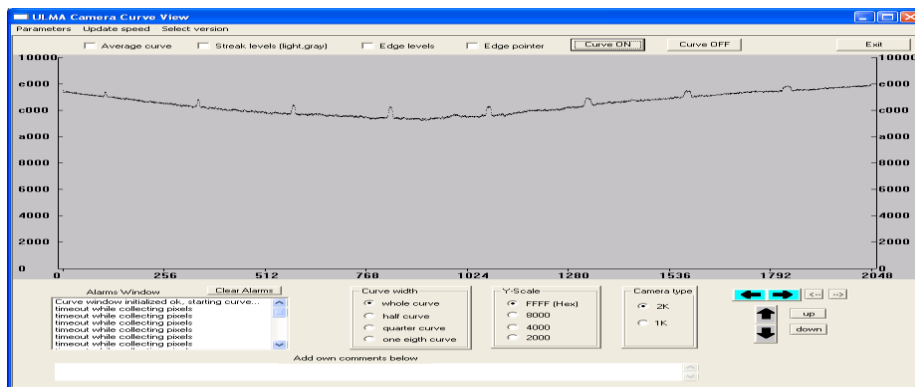
Näyte Nro 56 Linja 2



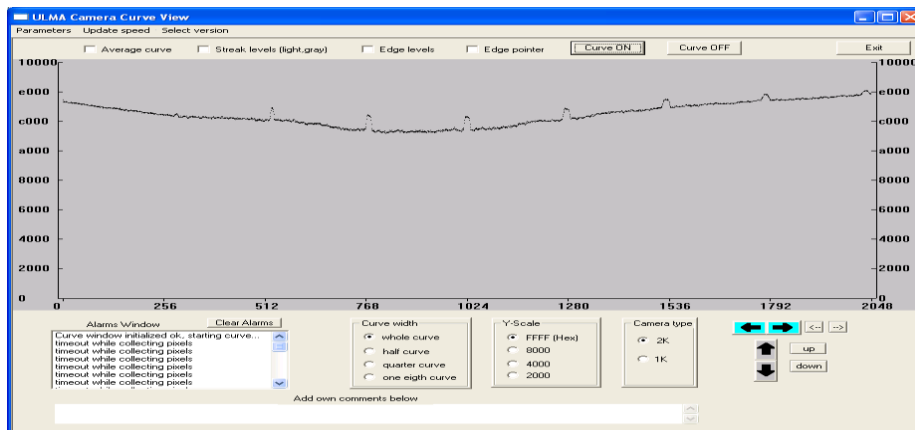
Näyte Nro 57 Linja 2



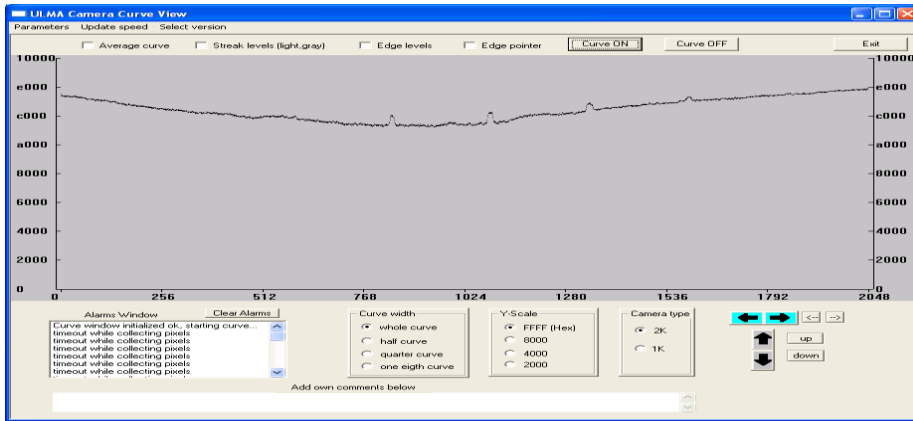
Näyte Nro 52 Linja 3



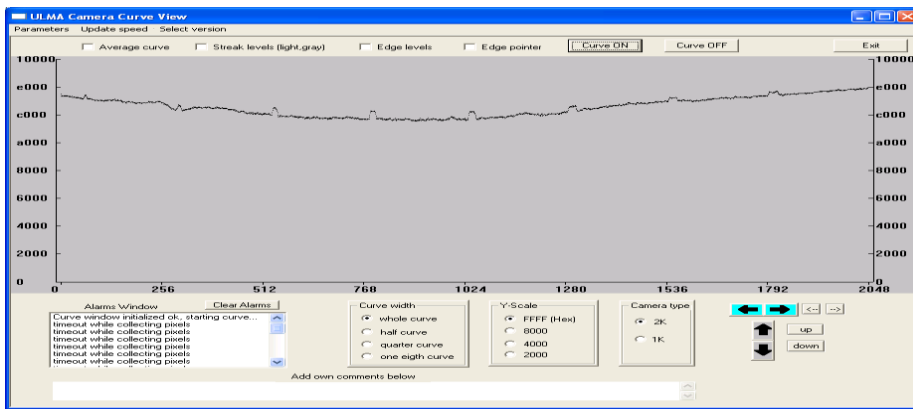
Näyte Nro 53 Linja 3



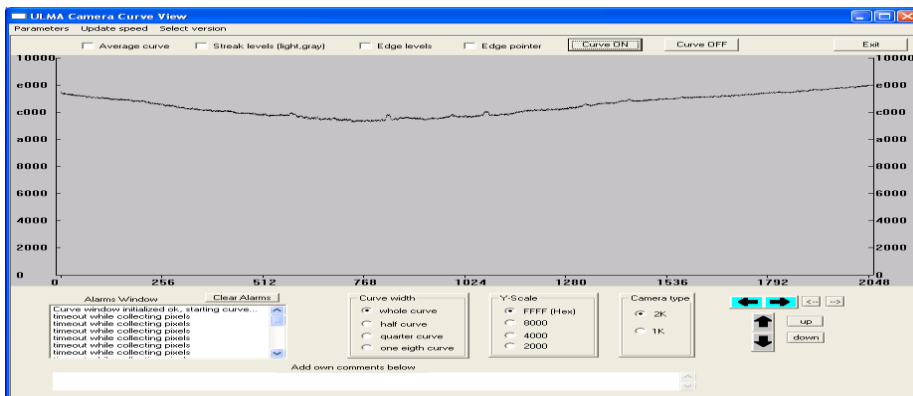
Näyte Nro 54 Linja 3



Näyte Nro 56 Linja 3

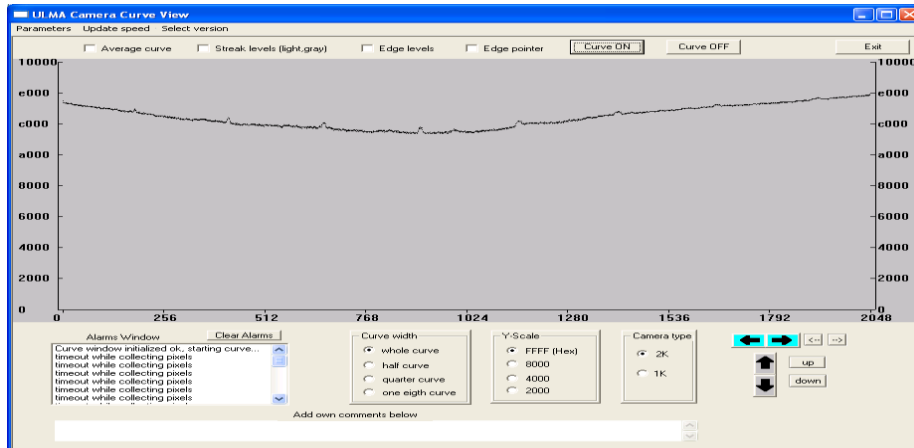


Näyte Nro 57 Linja 3

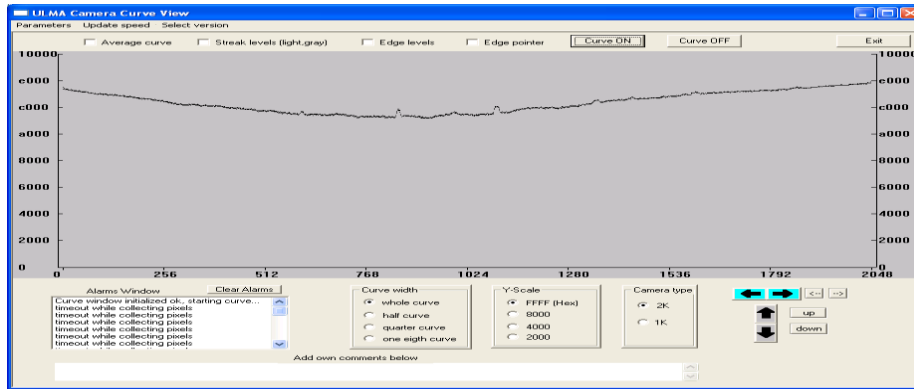


Näyte Nro 52 Linja 4

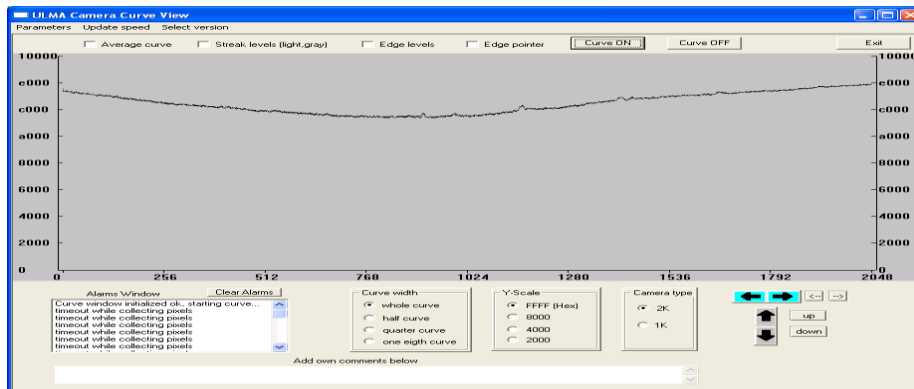




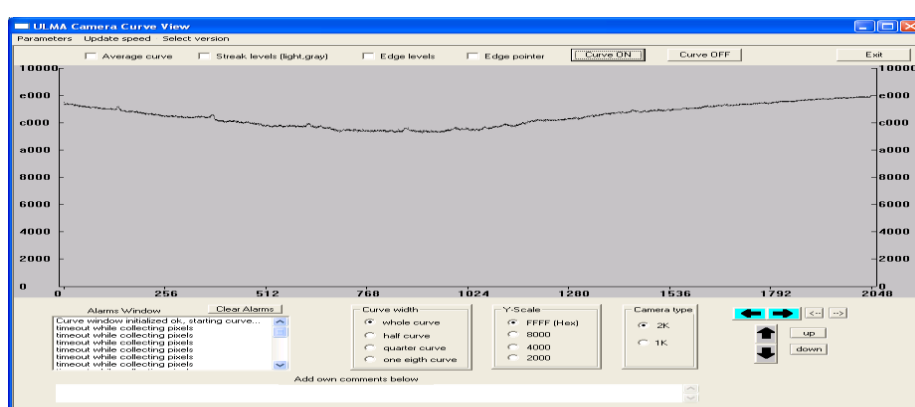
Näyte Nro 53 Linja 4



Näyte Nro 54 Linja 4

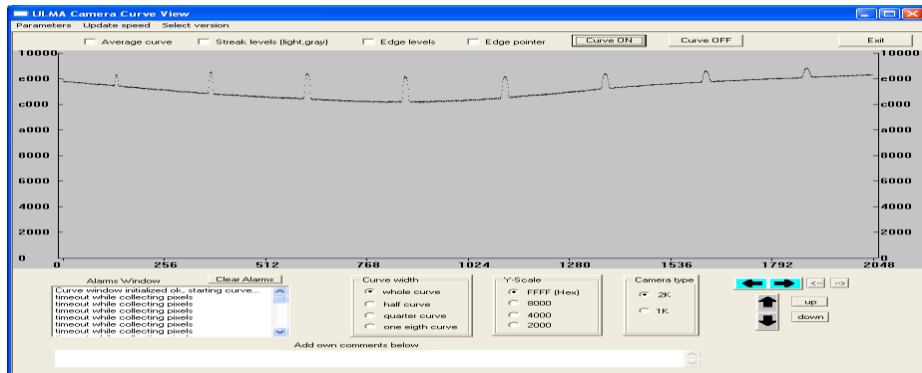


Näyte Nro 56 Linja 4

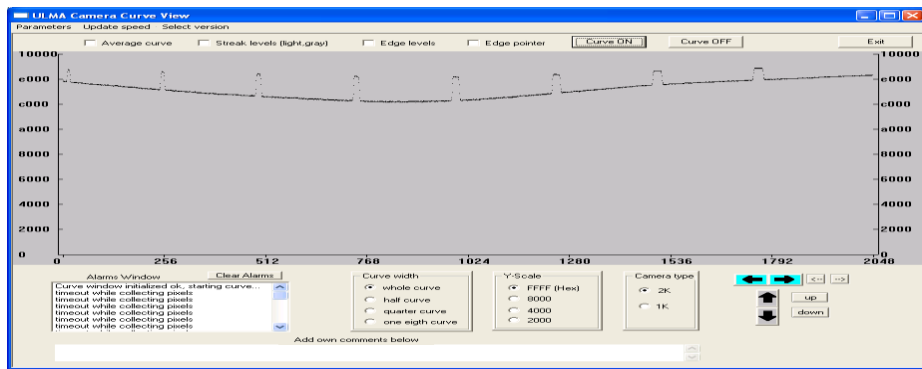


Näyte Nro 57 Linja 4

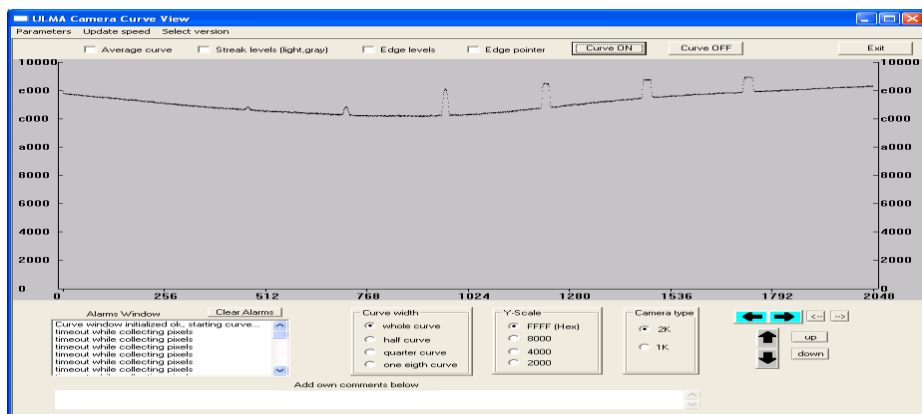
## Liite 2 Videokurvit lähtötilanteessa matta



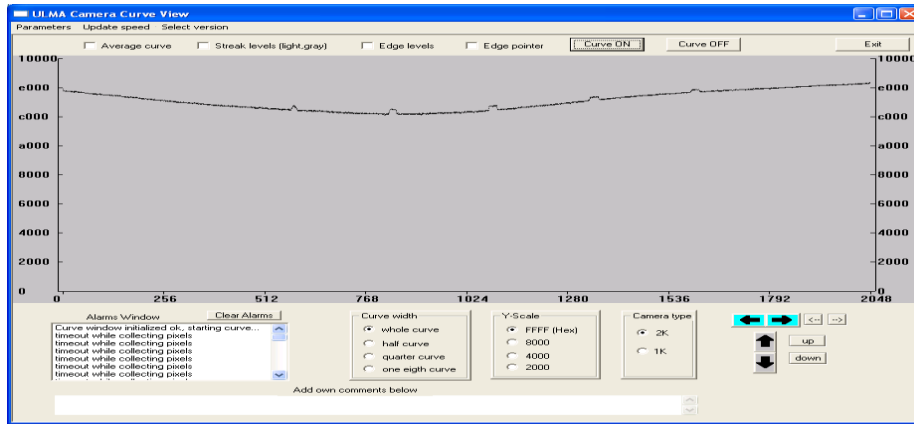
## Näyte Nro 62 Linja 1



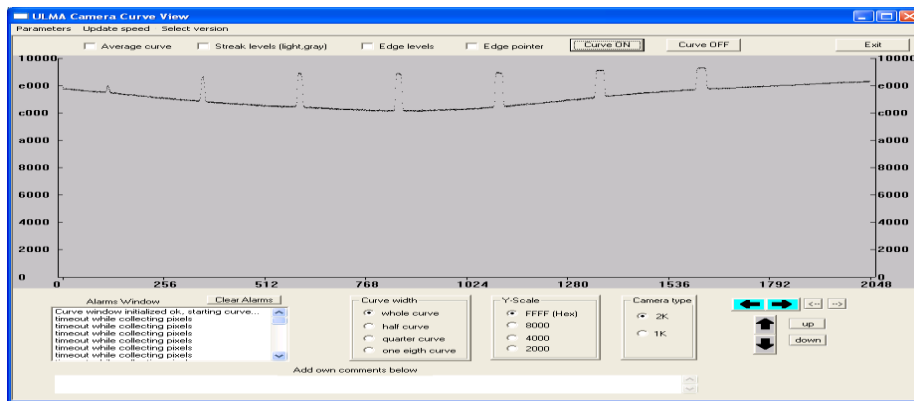
## Näyte Nro 63 Linja 1



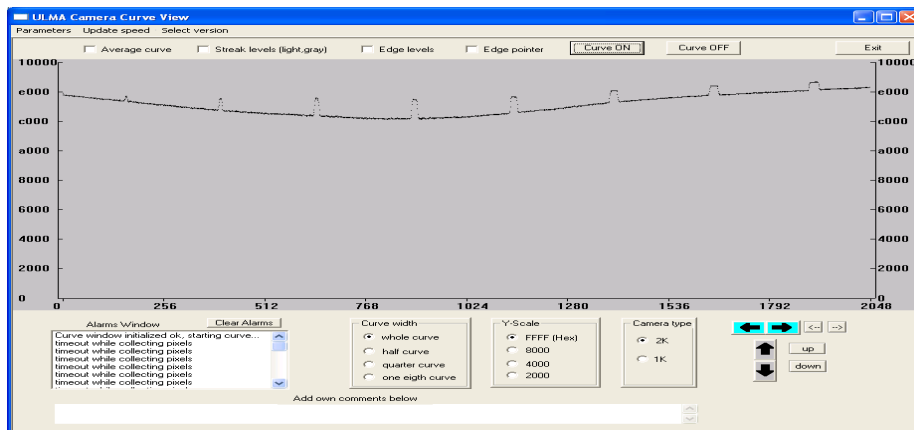
## Näyte Nro 64 Linja 1



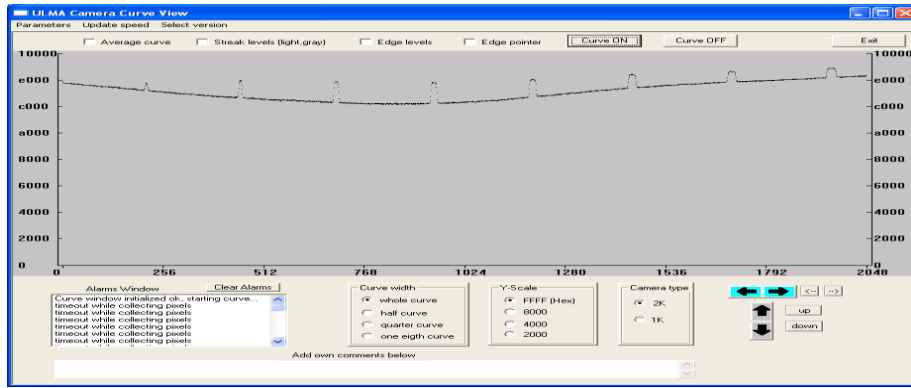
Näyte Nro 65 Linja 1



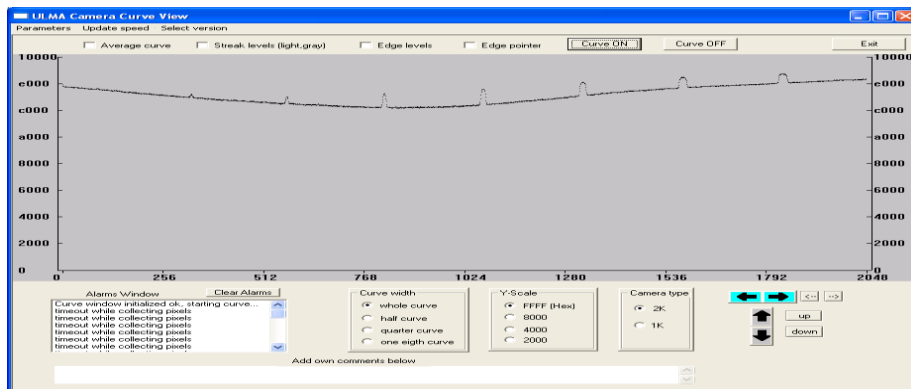
Näyte Nro 66 Linja 1



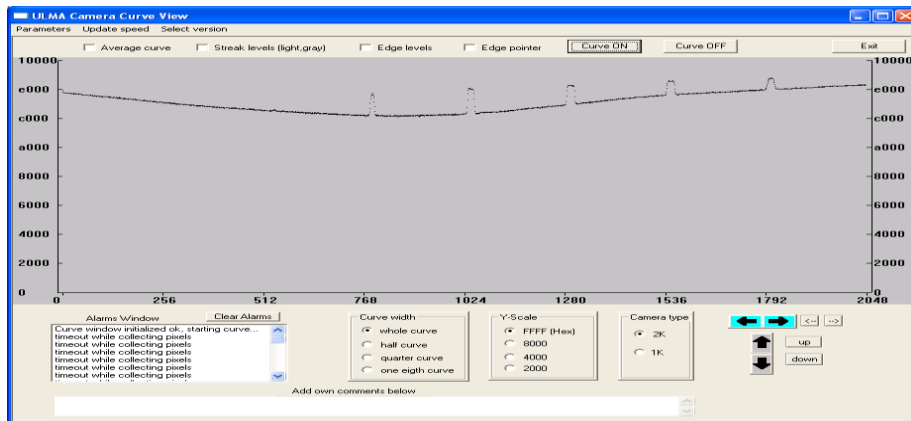
Näyte Nro 67 Linja 1



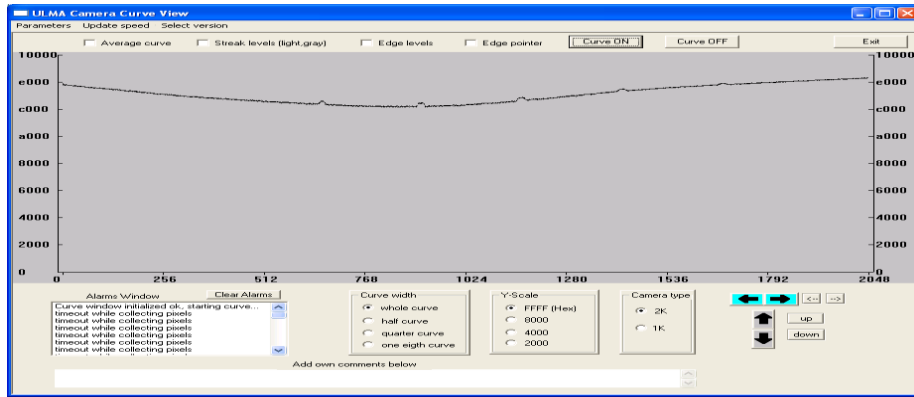
Näyte Nro 62 Linja 2



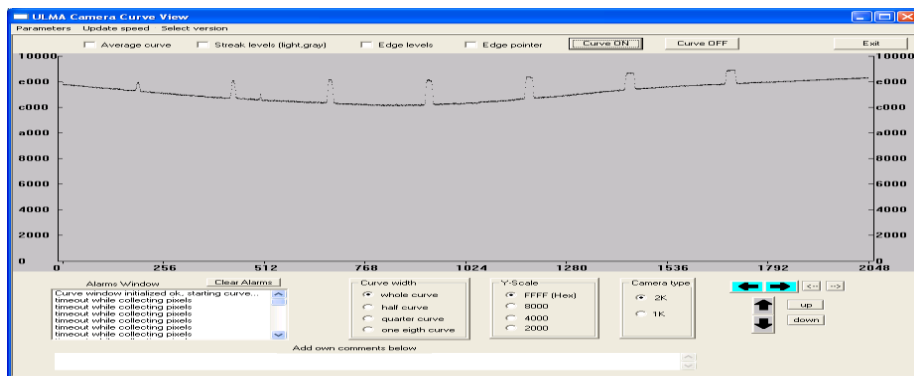
Näyte Nro 63 Linja 2



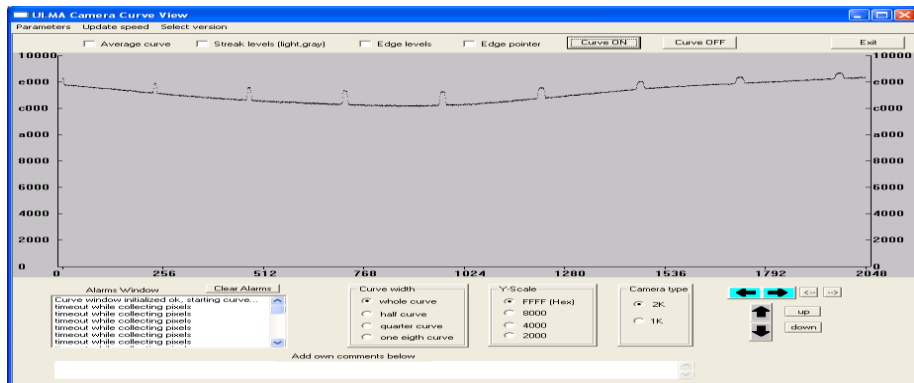
Näyte Nro 64 Linja 2



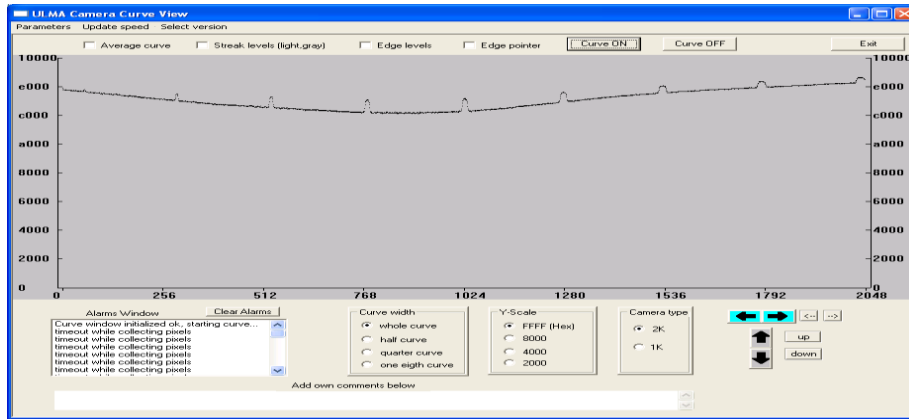
Näyte Nro 65 Linja 2



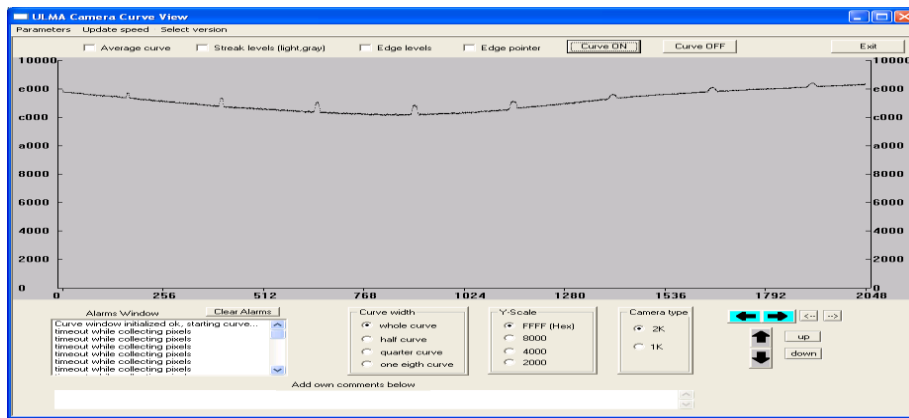
Näyte Nro 66 Linja 2



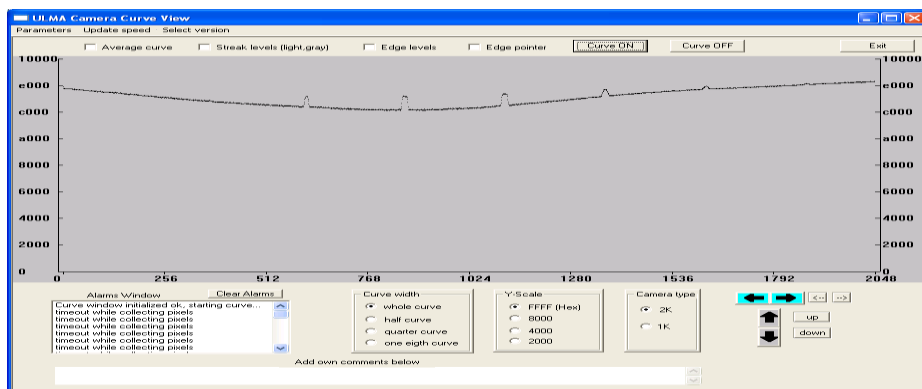
Näyte Nro 67 Linja 2



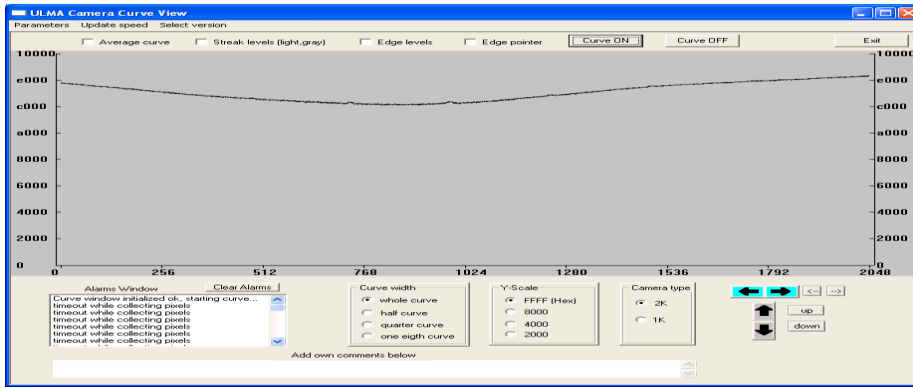
Näyte Nro 62 Linja 3



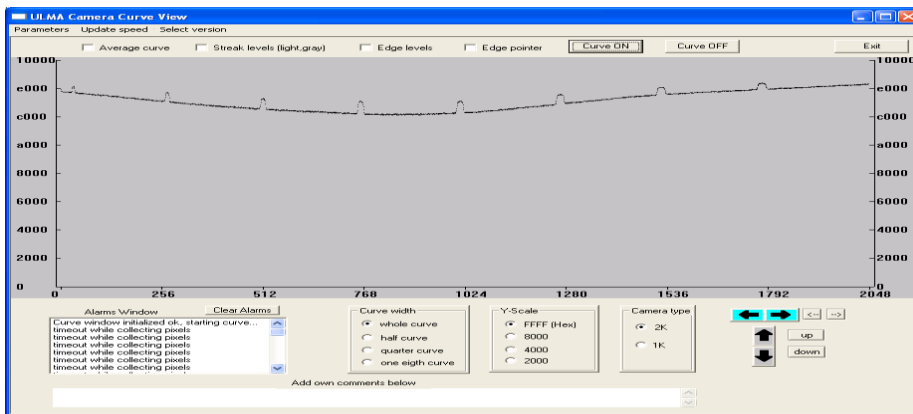
Näyte Nro 63 Linja 3



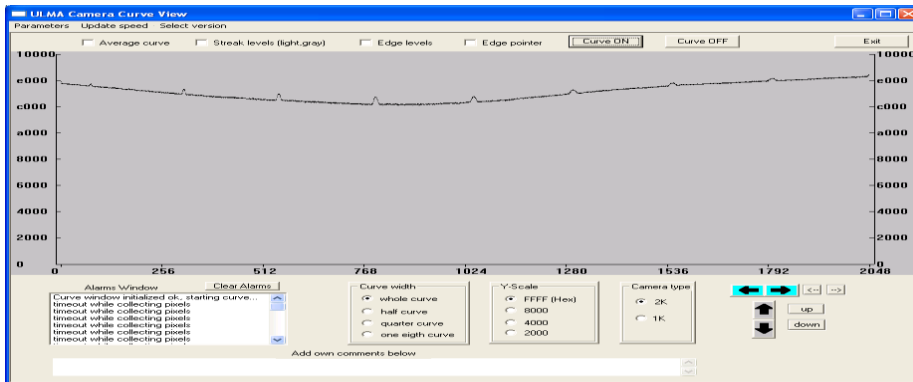
Näyte Nro 64 Linja 3



Näyte Nro 65 Linja 3

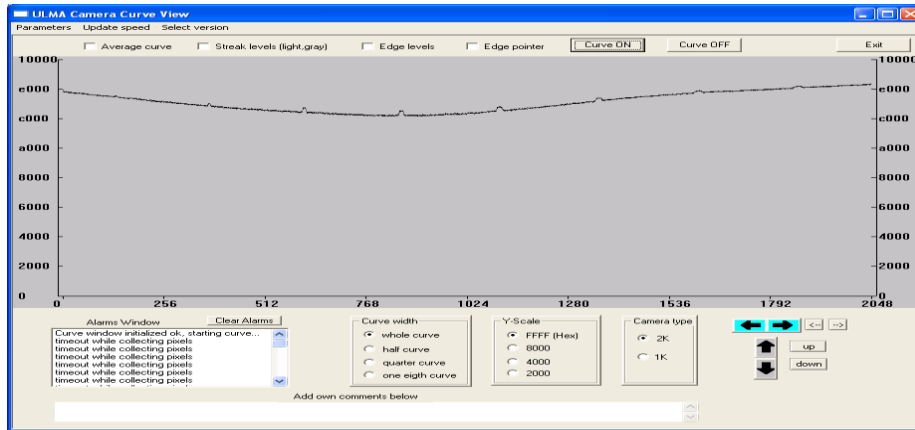


Näyte Nro 66 Linja 3

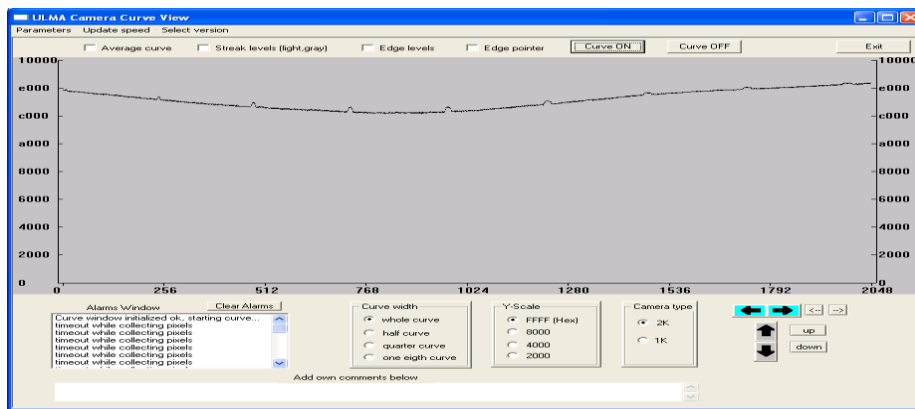


Näyte Nro 67 Linja 3

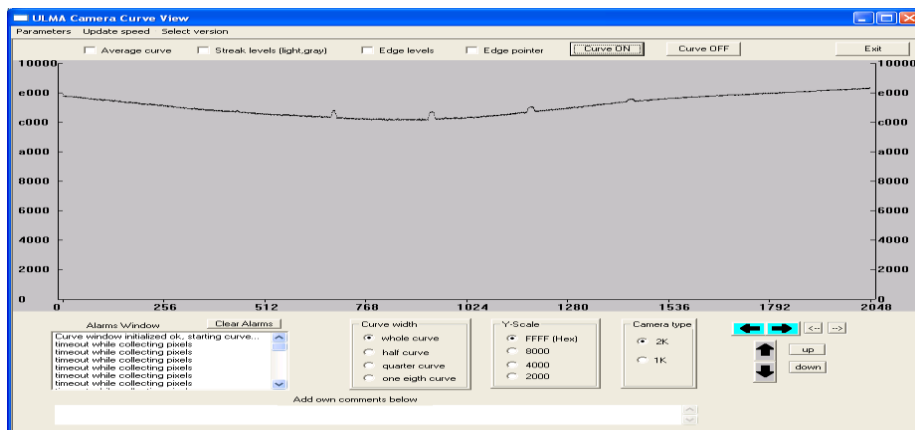




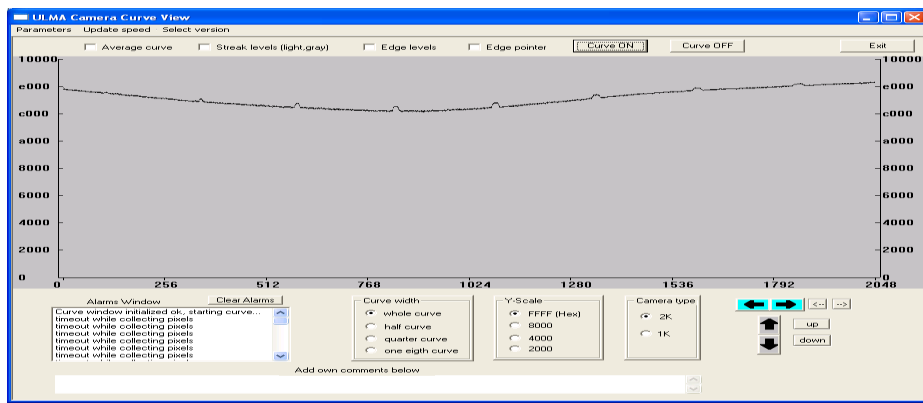
Näyte Nro 62 Linja 4



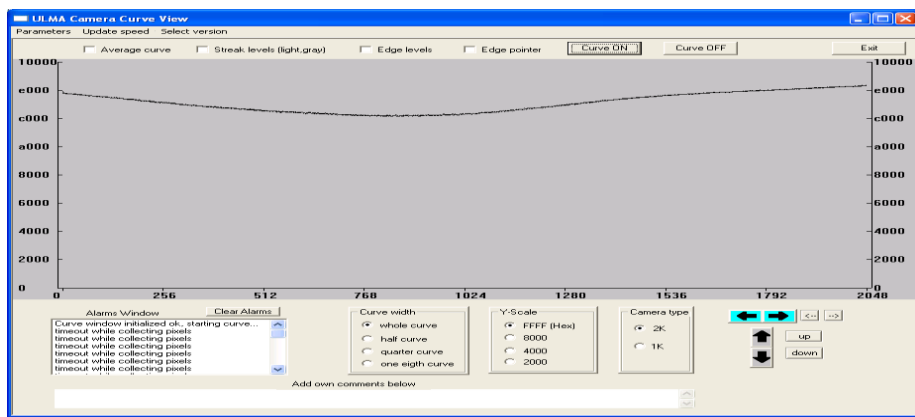
Näyte Nro 63 Linja 4



Näyte Nro 64 Linja 4

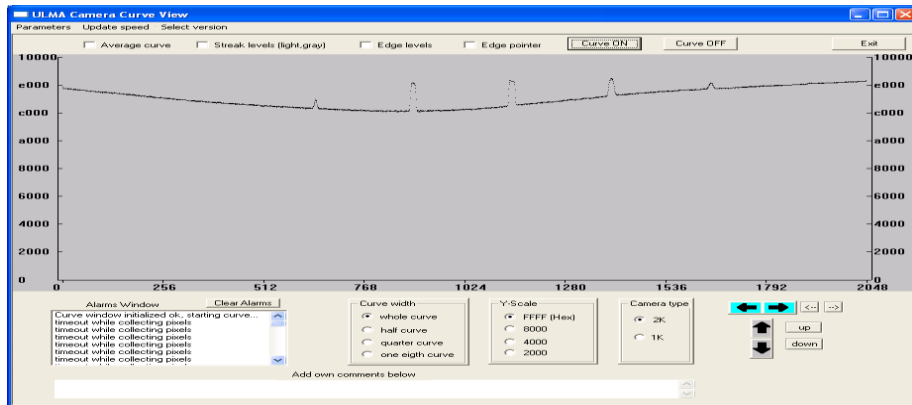


Näyte Nro 66 Linja 4

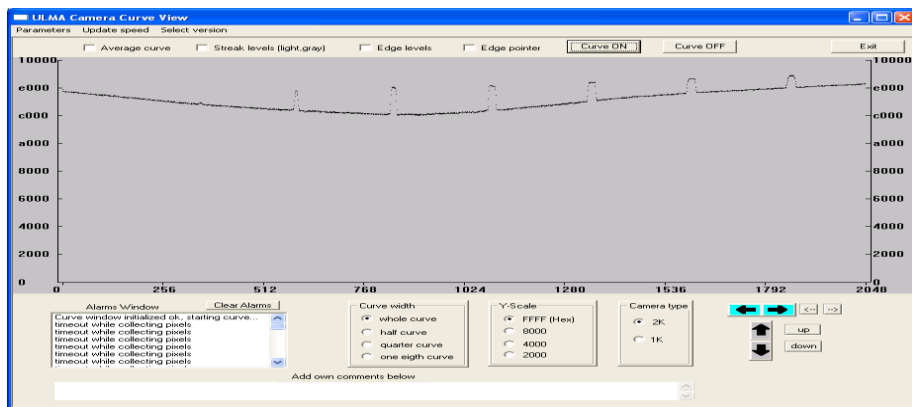


Näyte Nro 67 Linja 4

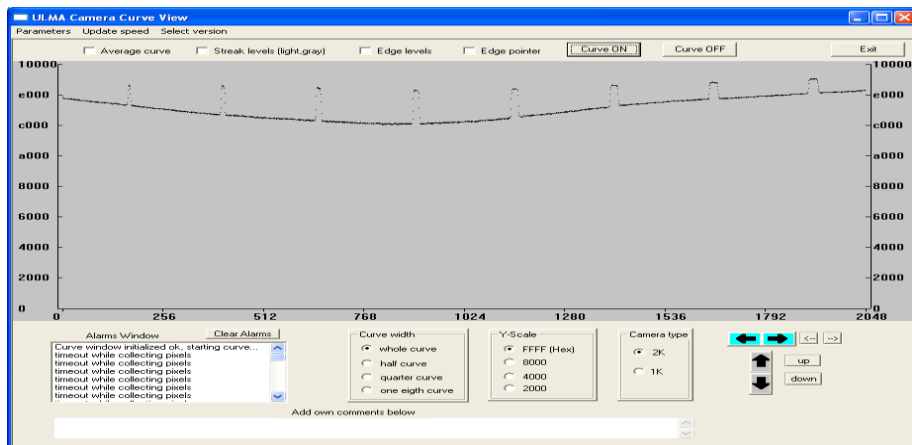
### Liite 3 Videokurvit lähtötilanteessa samettimatta



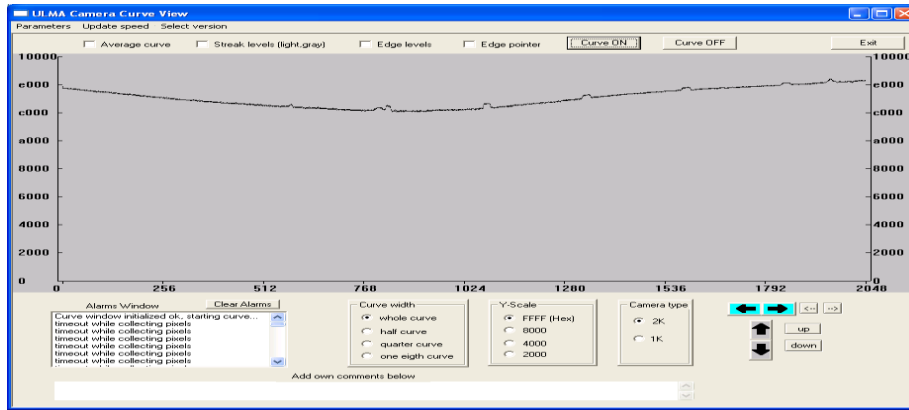
### Näyte Nro 72 Linja 1



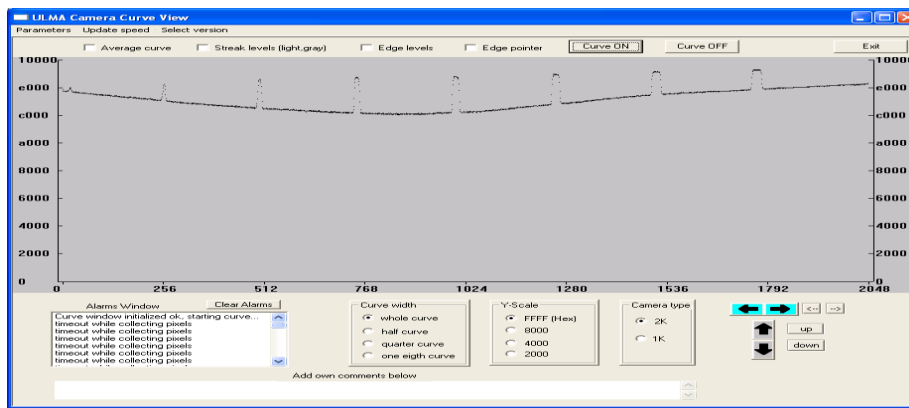
### Näyte Nro 73 Linja 1



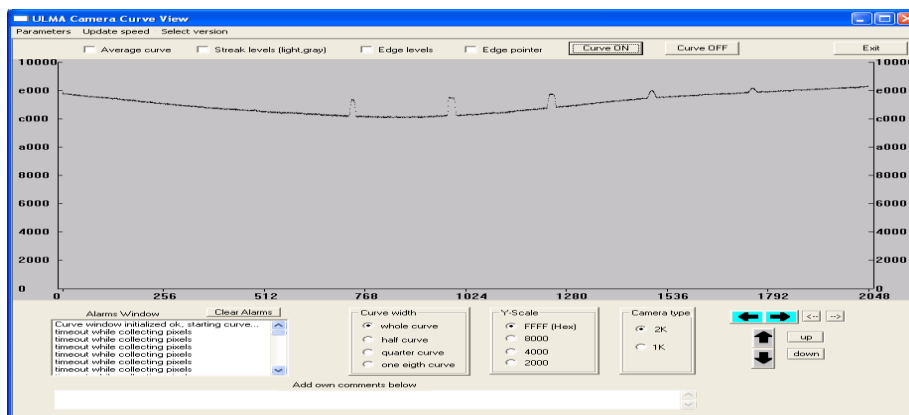
### Näyte Nro 74 Linja 1



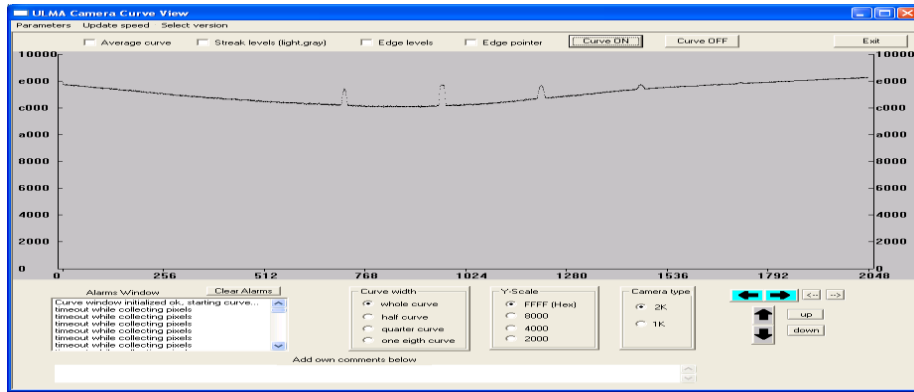
Näyte Nro 75 Linja 1



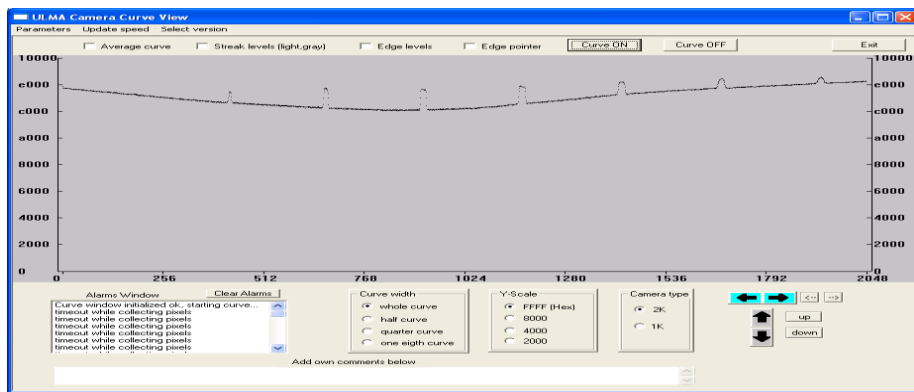
Näyte Nro 76 Linja 1



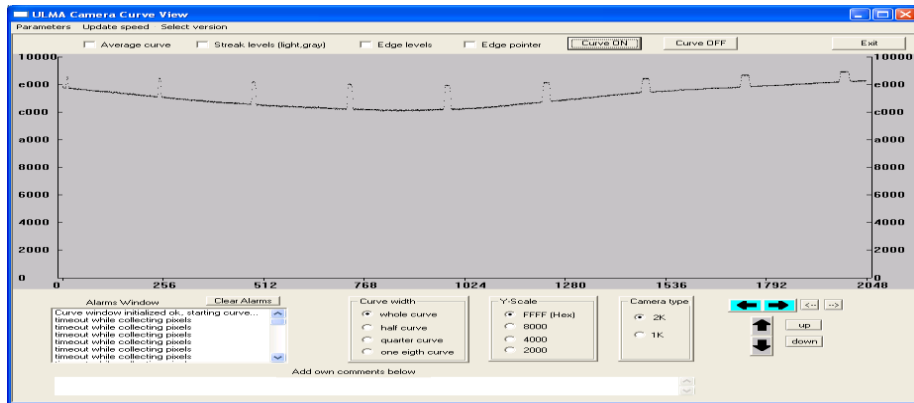
Näyte Nro 77 Linja 1



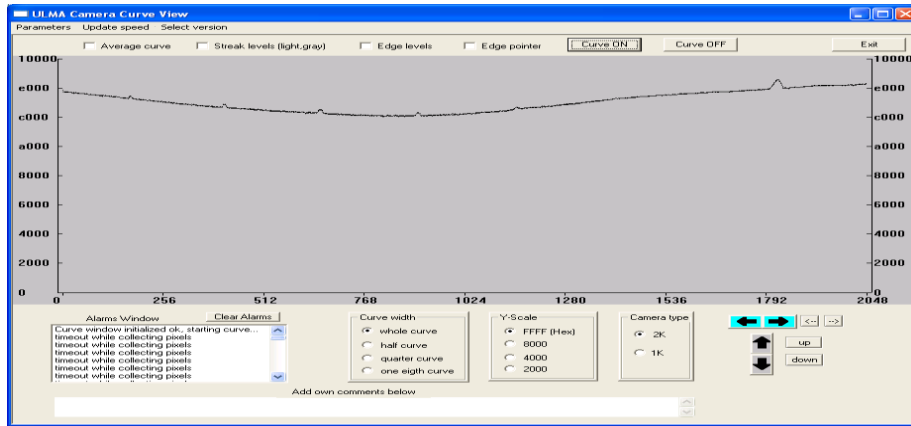
Näyte Nro 72 Linja 2



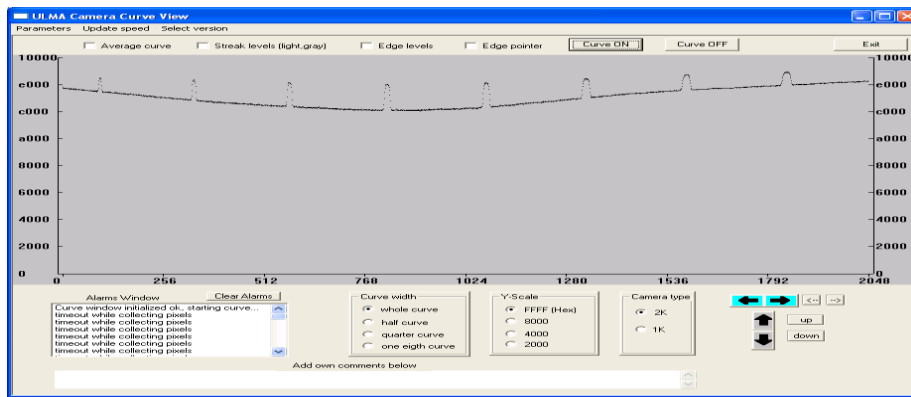
Näyte Nro 73 Linja 2



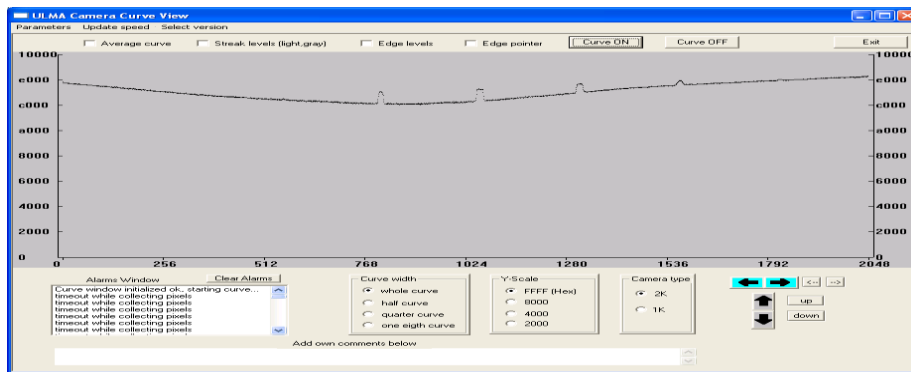
Näyte Nro 74 Linja 2



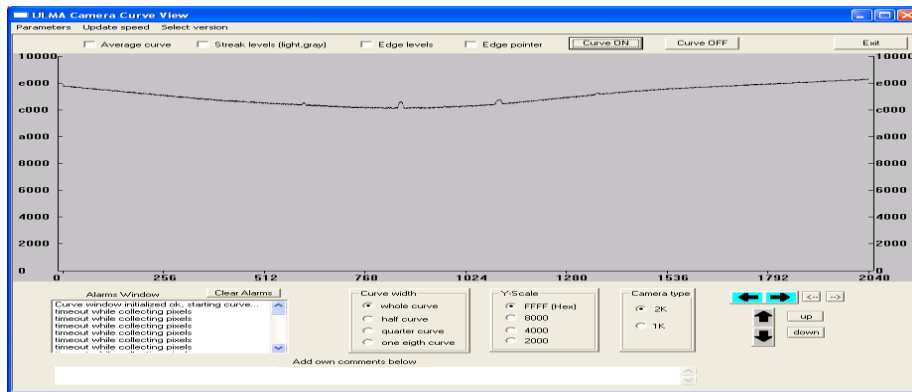
Näyte Nro 75 Linja 2



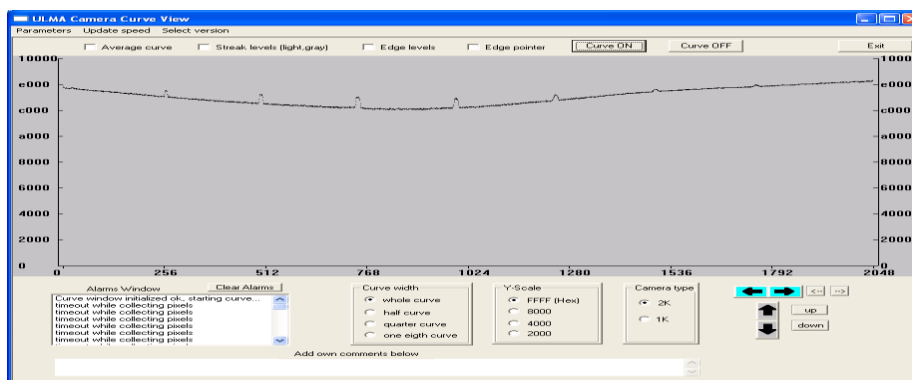
Näyte Nro 76 Linja 2



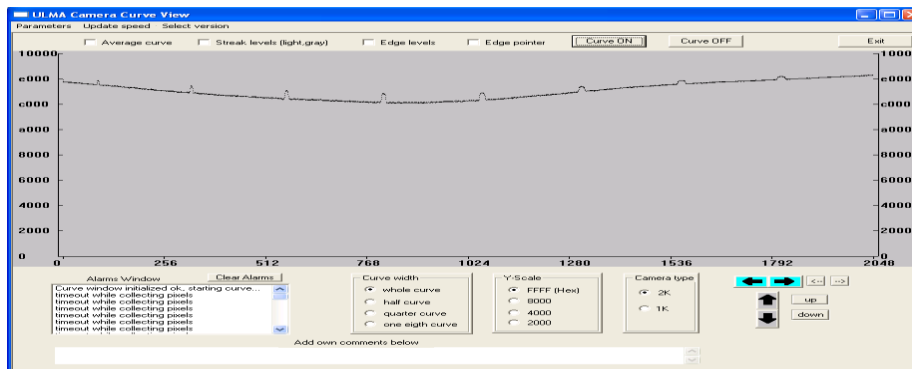
Näyte Nro 77 Linja 2



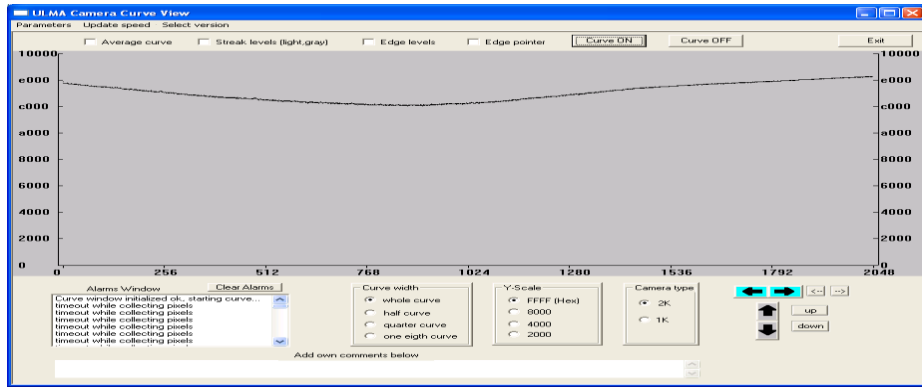
Näyte Nro 72 Linja 3



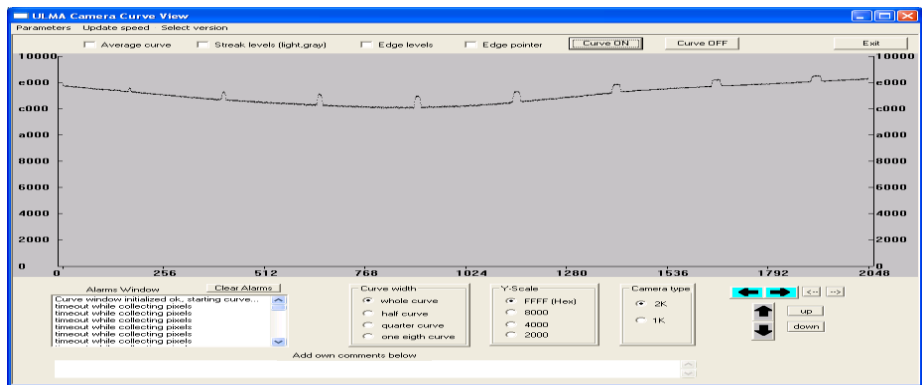
Näyte Nro 73 Linja 3



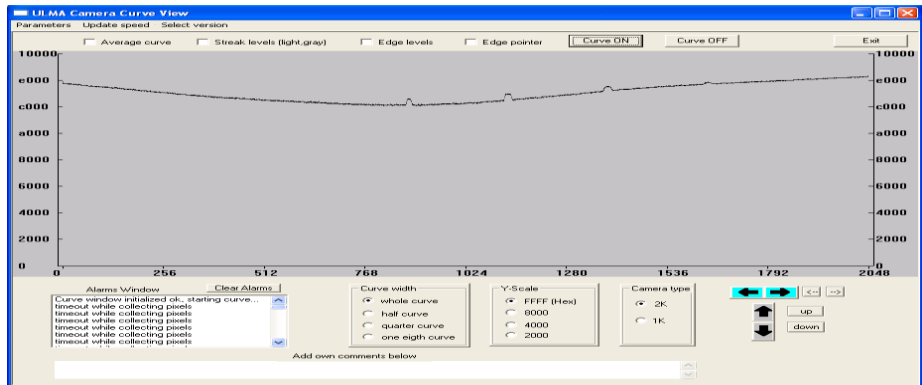
Näyte Nro 74 Linja 3



Näyte Nro 75 Linja 3

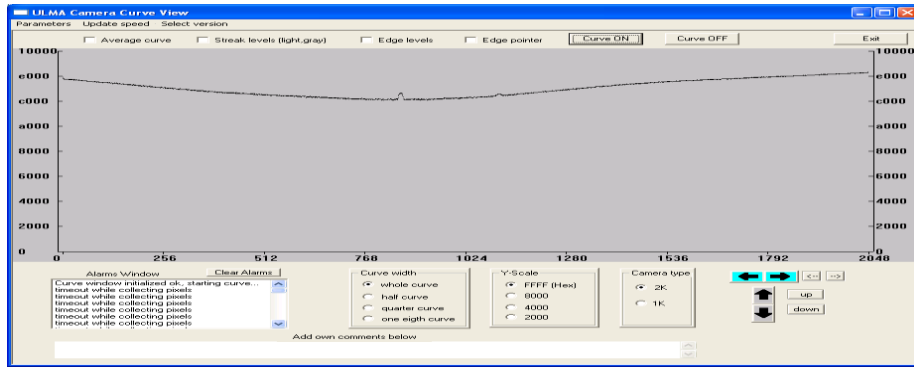


Näyte Nro 76 Linja 3

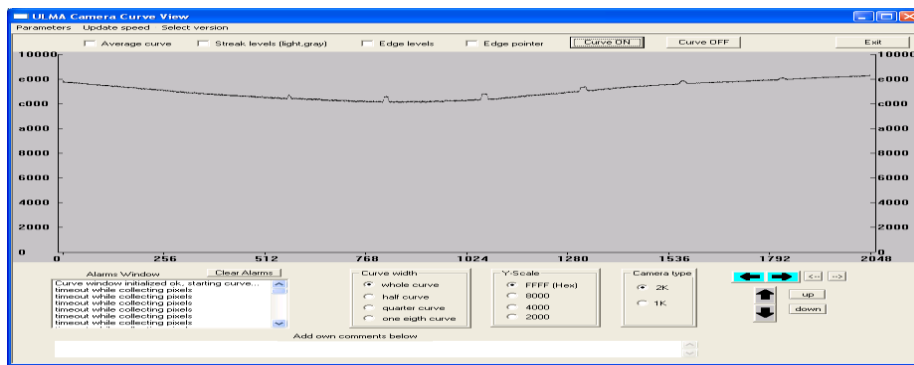


Näyte Nro 77 Linja 3

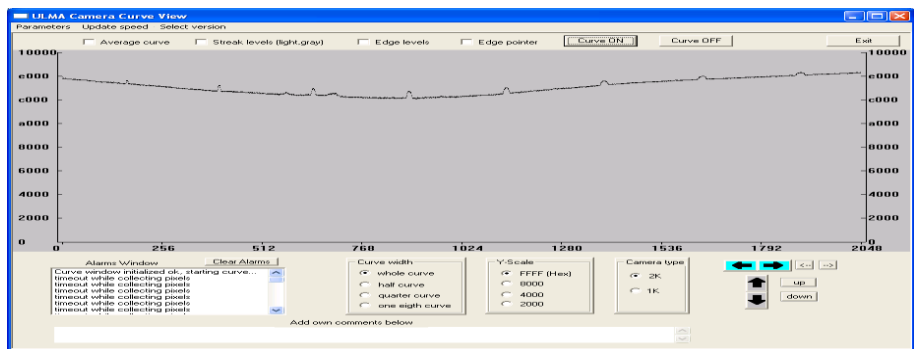




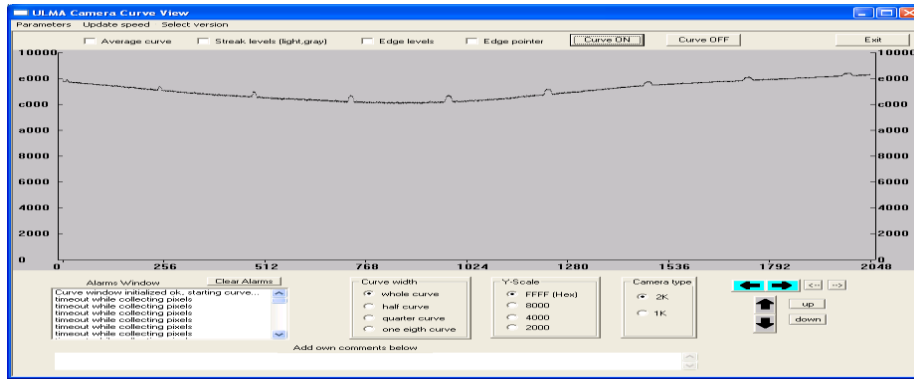
Näyte Nro 72 Linja 4



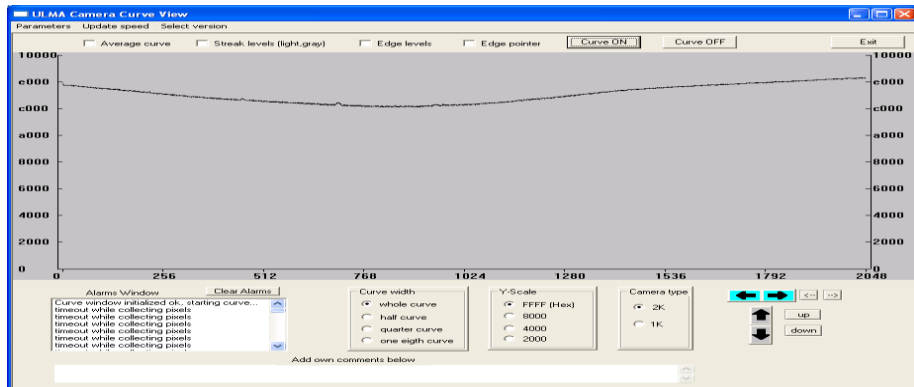
Näyte Nro 73 Linja 4



Näyte Nro 74 Linja 4

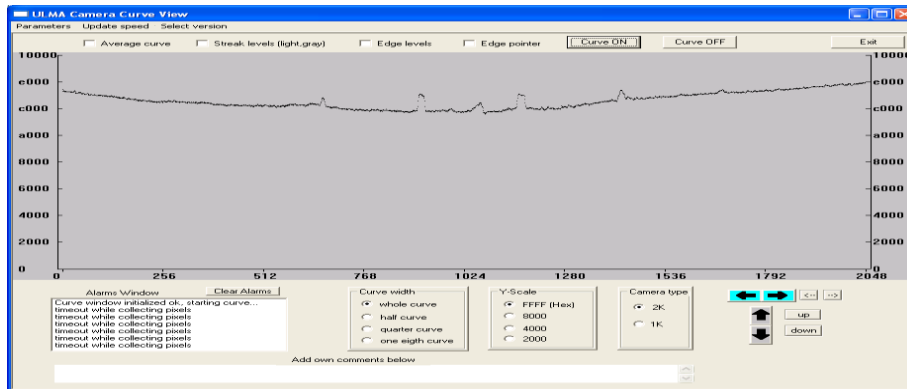


Näyte Nro 76 Linja 4

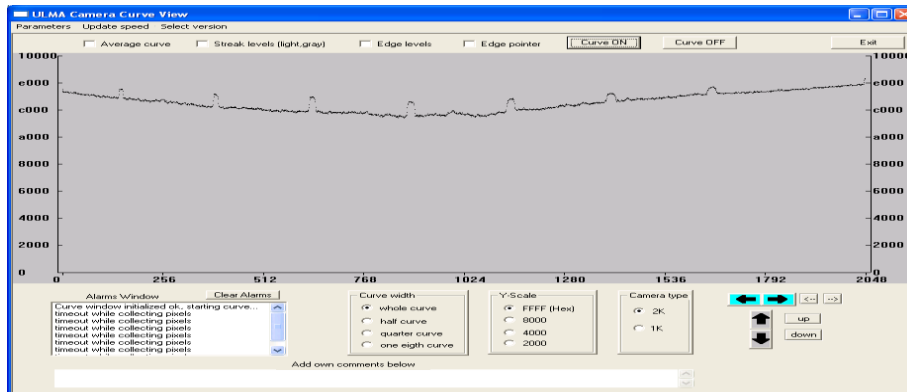


Näyte Nro 77 Linja 4

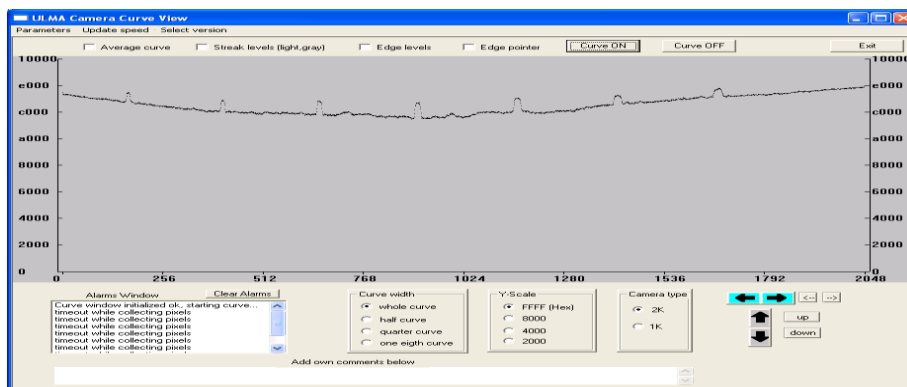
## Liite 4 Videokurvit lähtötilanteessa PET-valkoinen



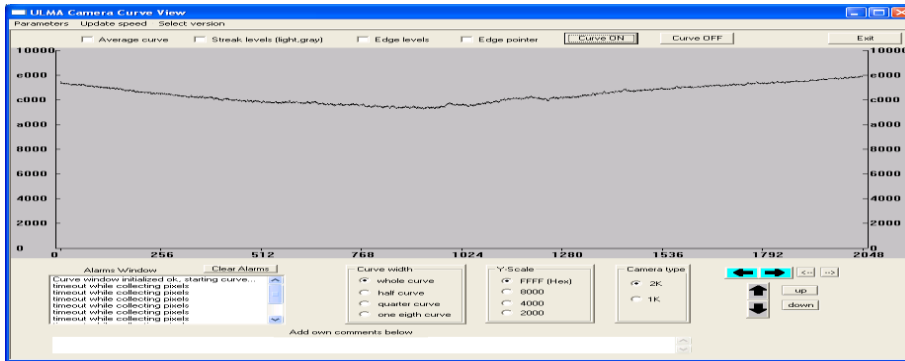
## Näyte Nro 2 Linja 1



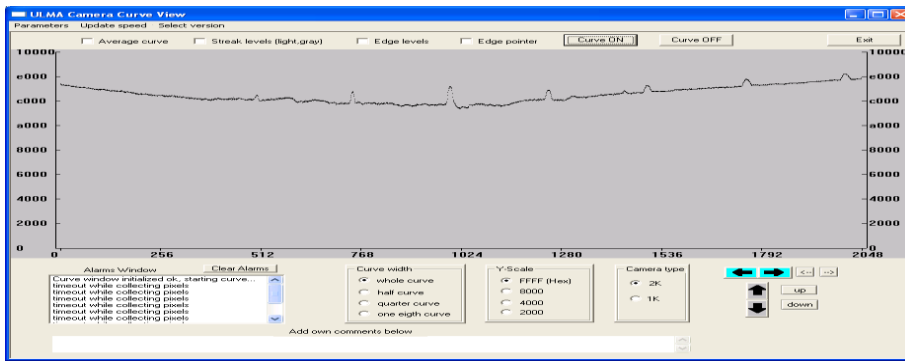
## Näyte Nro 3 Linja 1



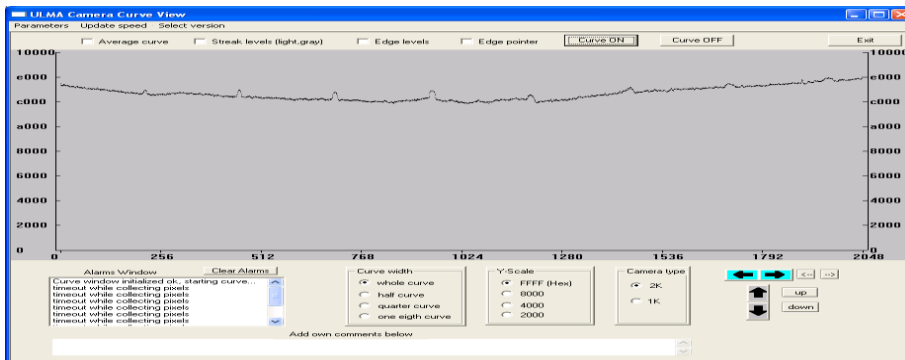
## Näyte Nro 4 Linja 1



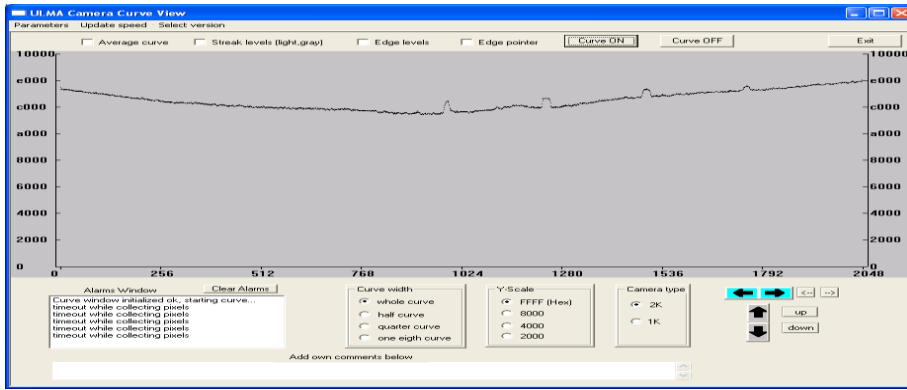
Näyte Nro 5 Linja 1



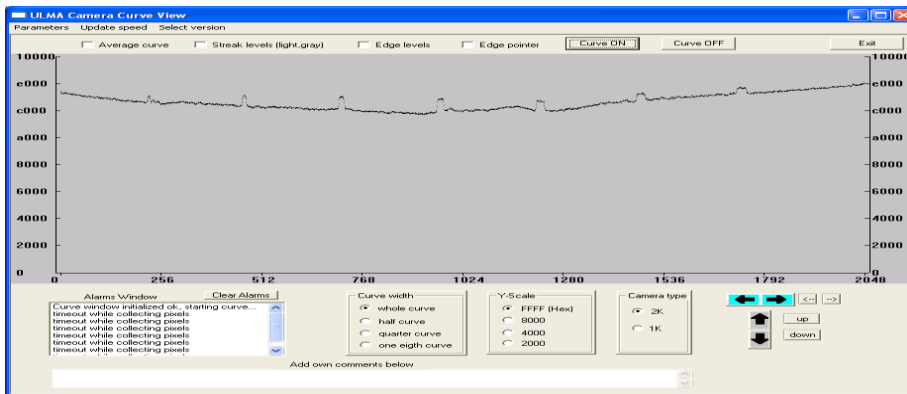
Näyte Nro 6 Linja 1



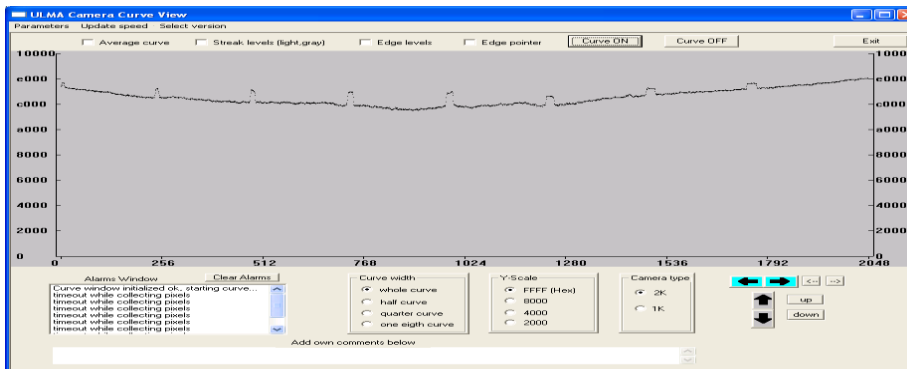
Näyte Nro 7 Linja 1



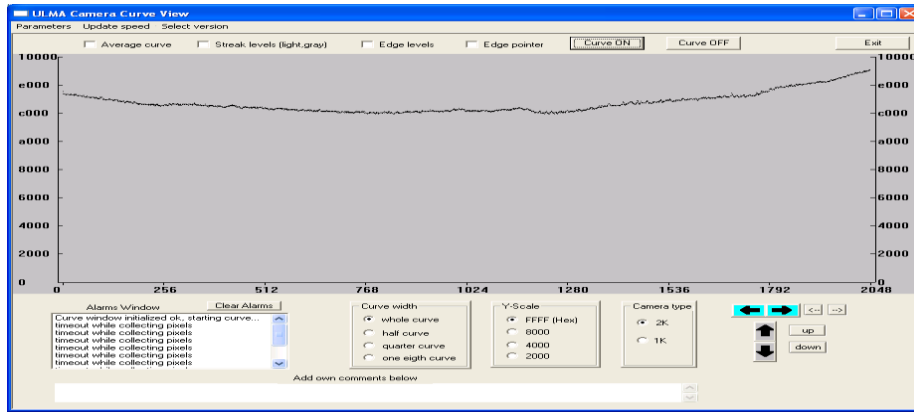
Näyte Nro 2 Linja 2



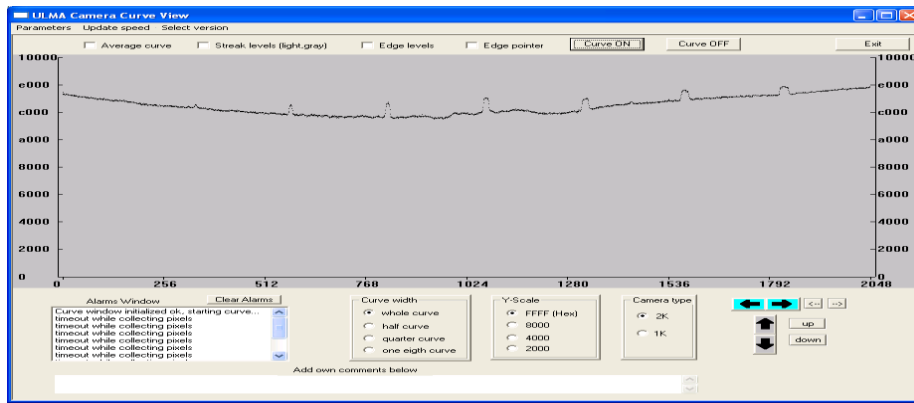
Näyte Nro 3 Linja 2



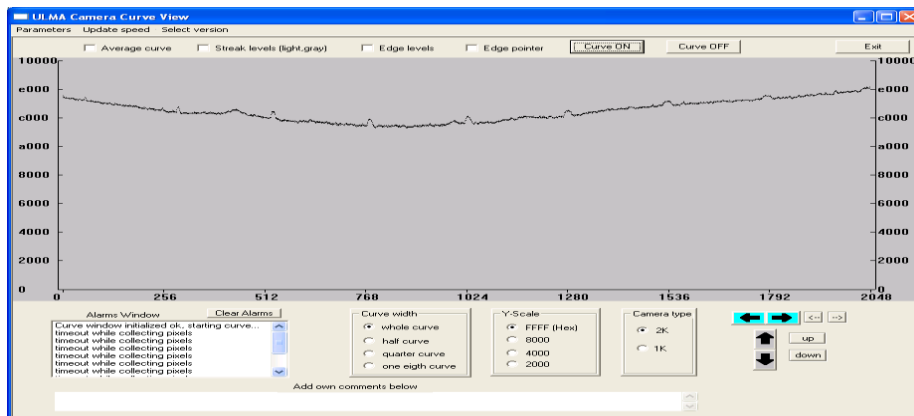
Näyte Nro 4 Linja 2



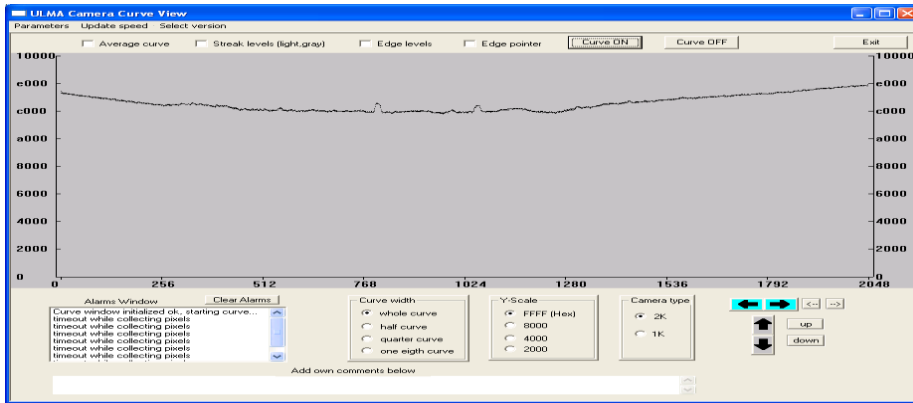
Näyte Nro 5 Linja 2



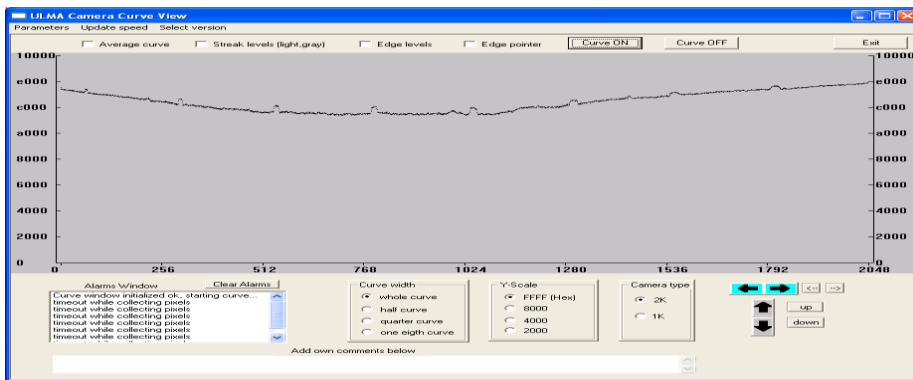
Näyte Nro 6 Linja 2



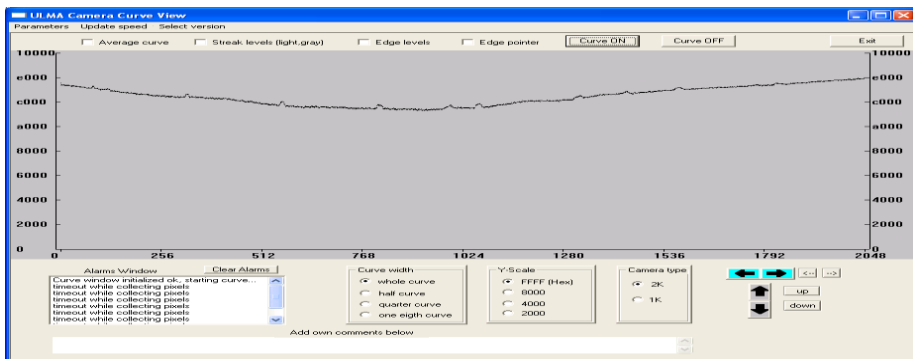
Näyte Nro 7 Linja 2



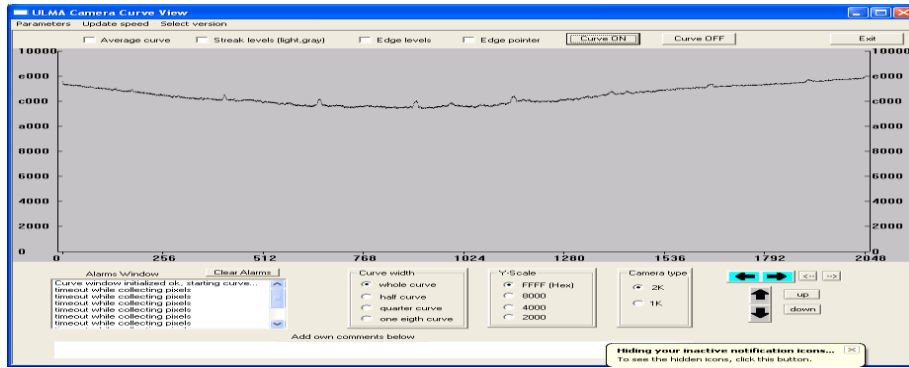
Näyte Nro 2 Linja 3



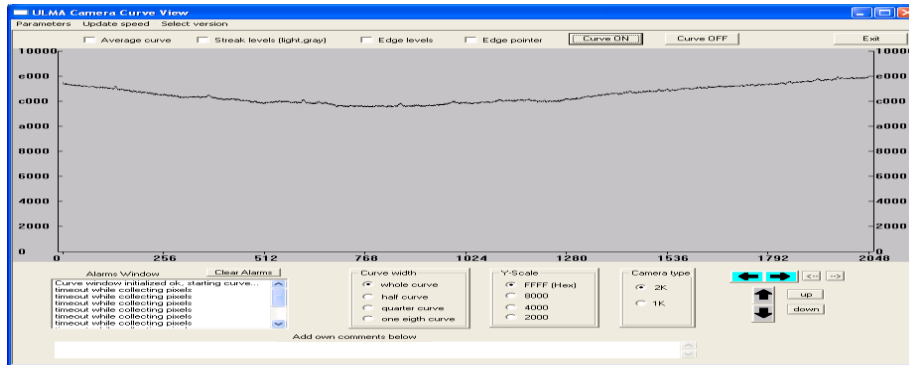
Näyte Nro 3 Linja 3



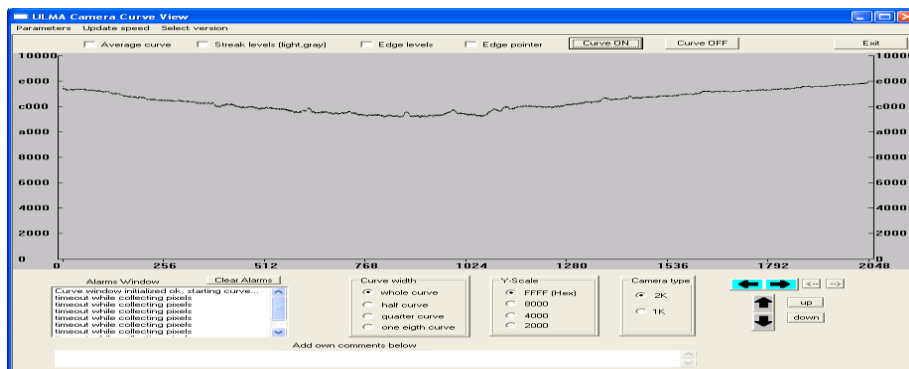
Näyte Nro 4 Linja 3



Näyte Nro 6 Linja 3

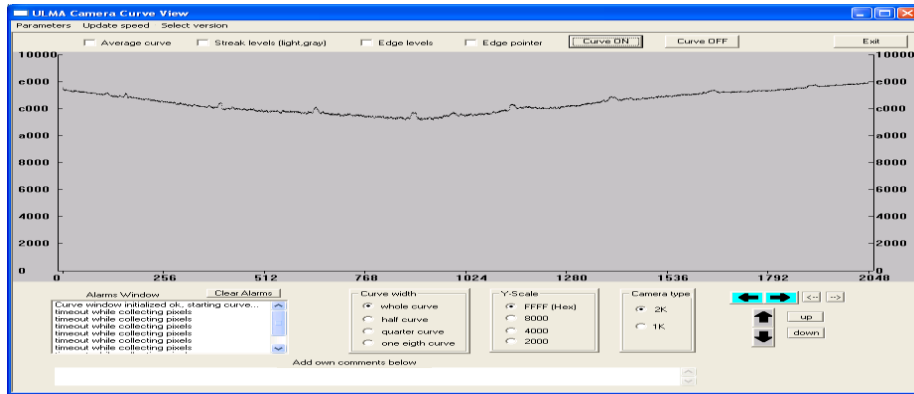


Näyte Nro 7 Linja 3

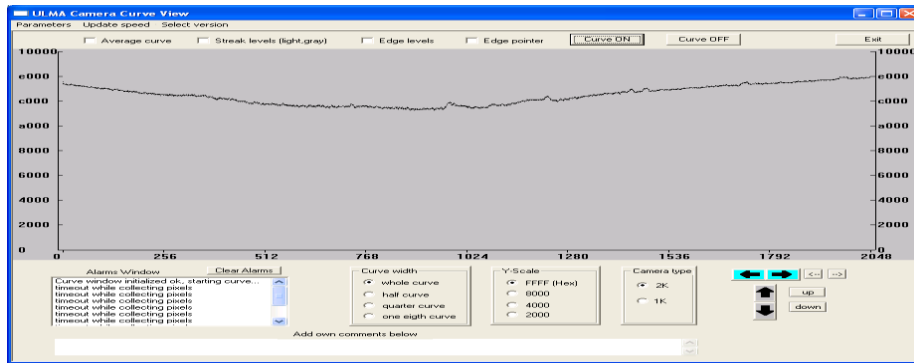


Näyte Nro 3 Linja 4

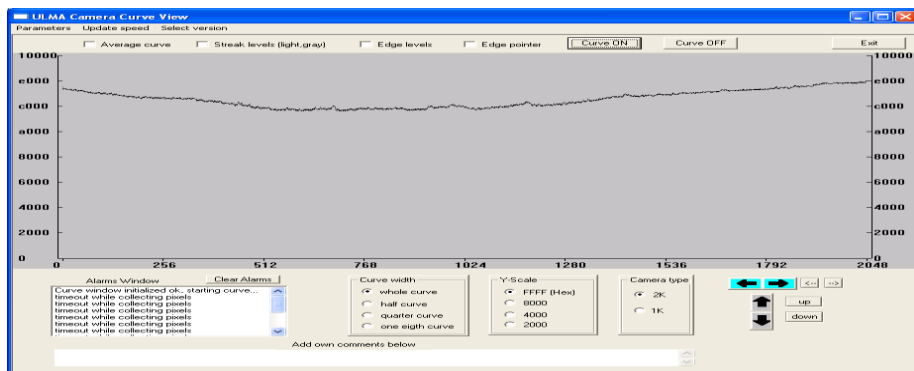




Näyte Nro 4 Linja 4

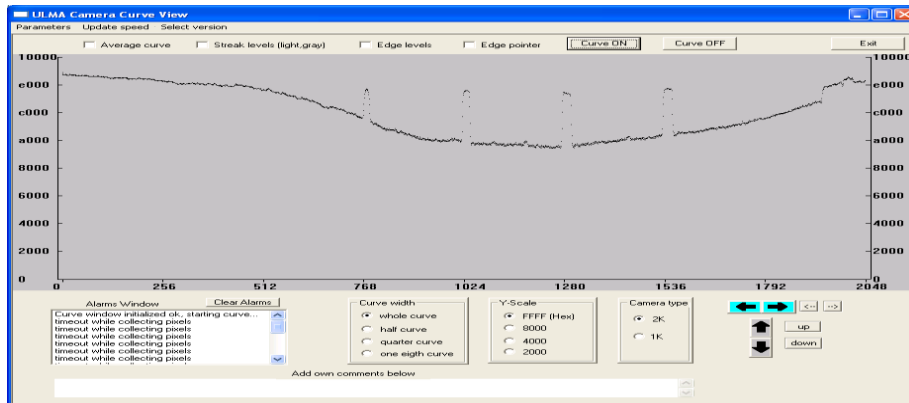


Näyte Nro 6 Linja 4

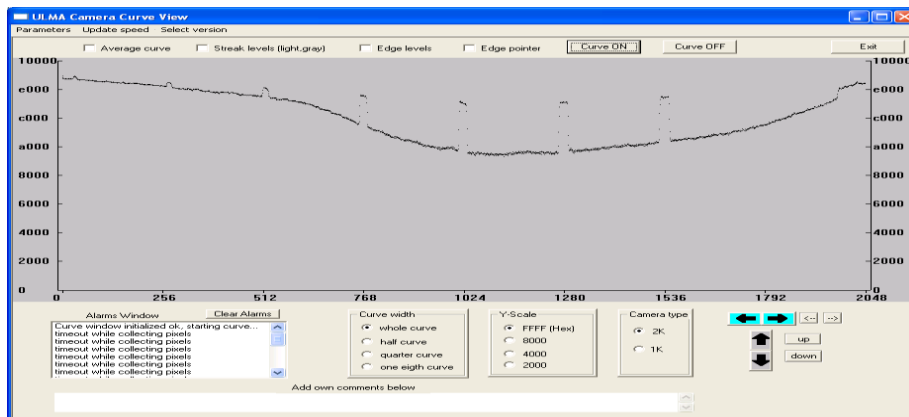


Näyte Nro 7 Linja 4

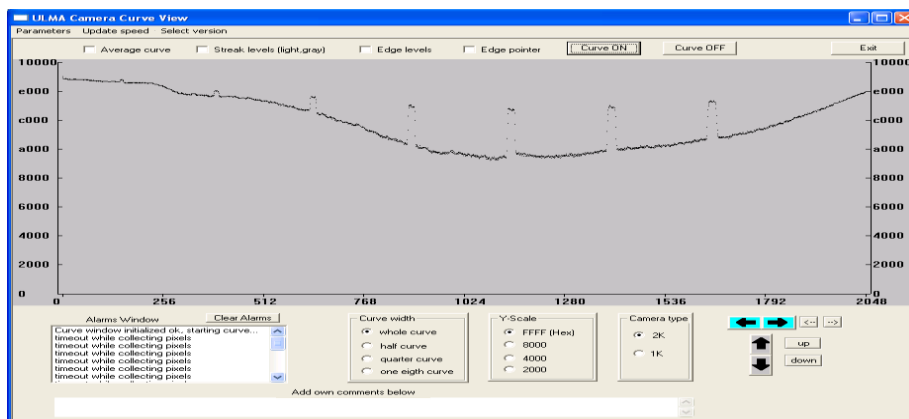
## Liite 5 Videokurvit LED-valolla GLF



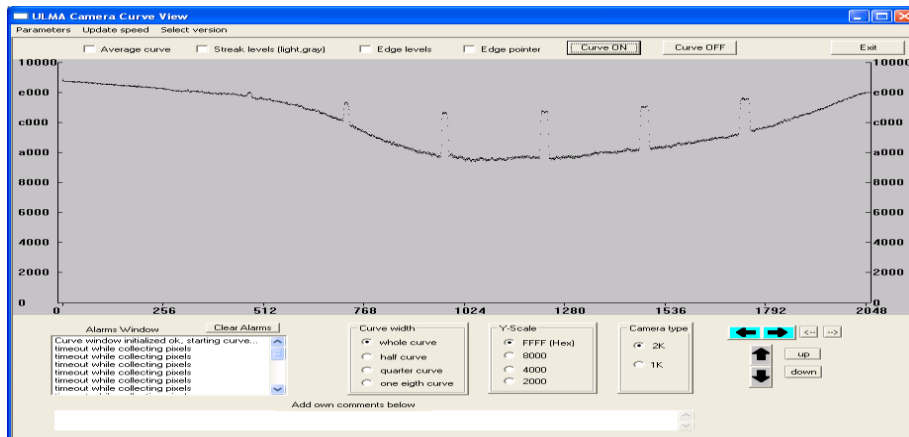
## Näyte Nro 52 Linja 1



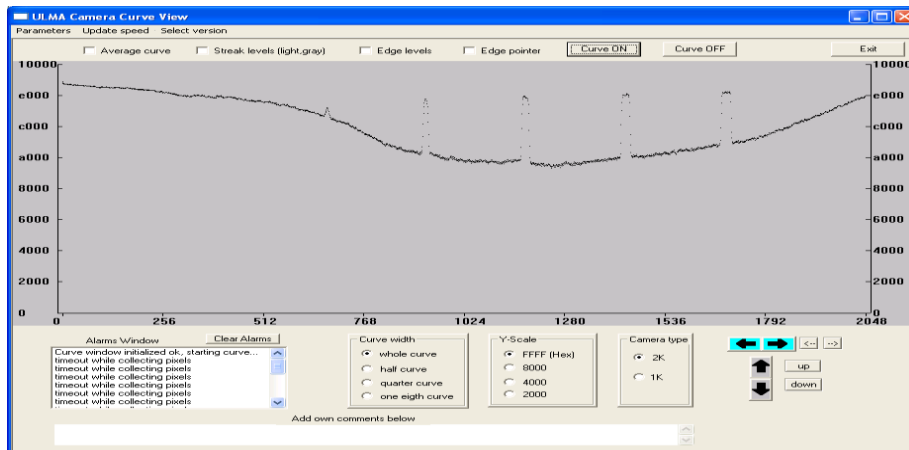
## Näyte Nro 53 Linja 1



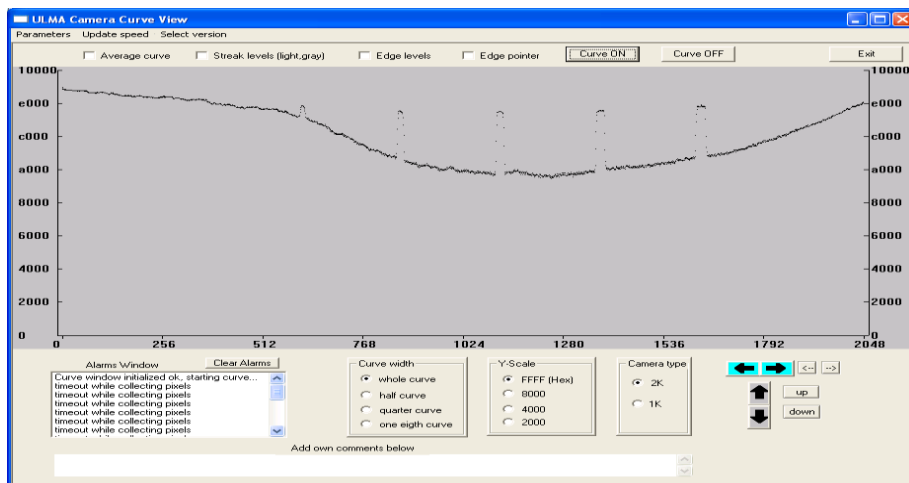
## Näyte Nro 54 Linja 1



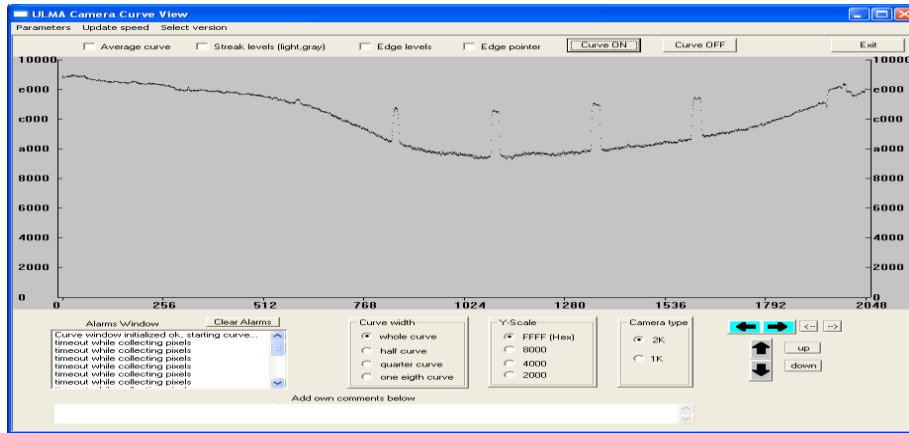
Näyte Nro 55 Linja 1



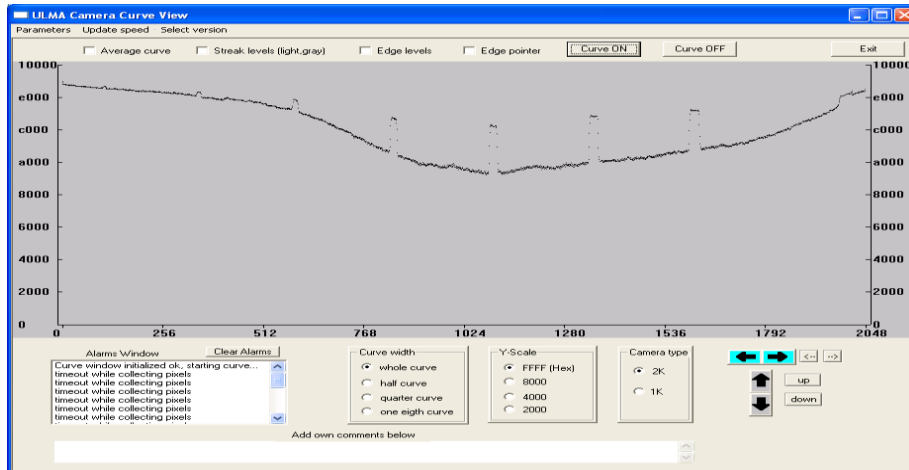
Näyte Nro 56 Linja 1



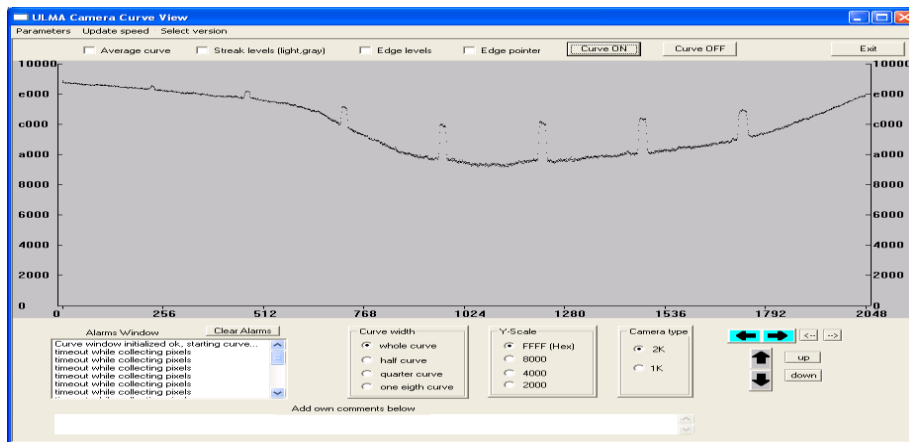
Näyte Nro 57 Linja 1



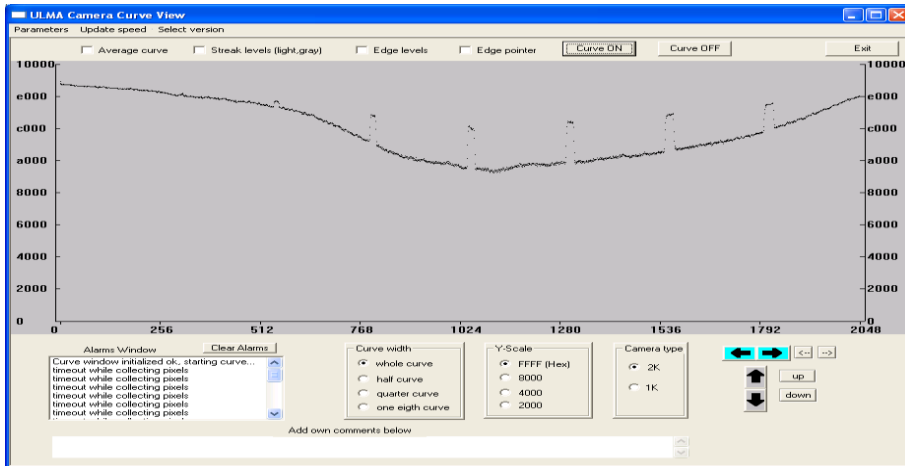
Näyte Nro 52 Linja 2



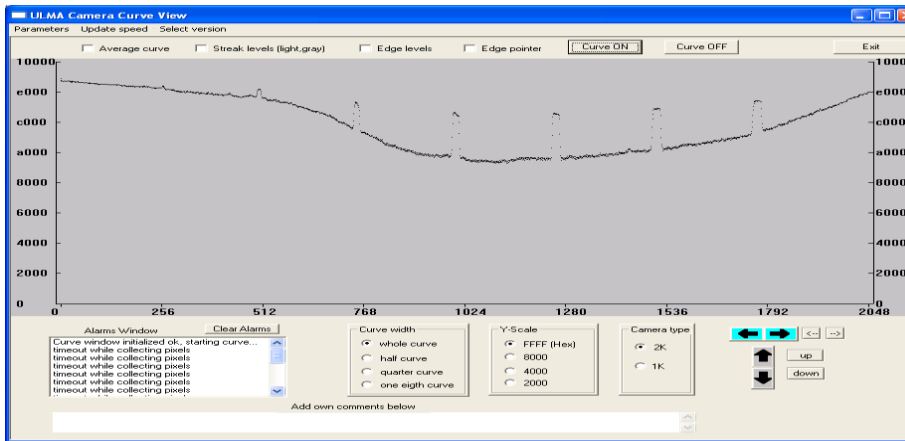
Näyte Nro 53 Linja 2



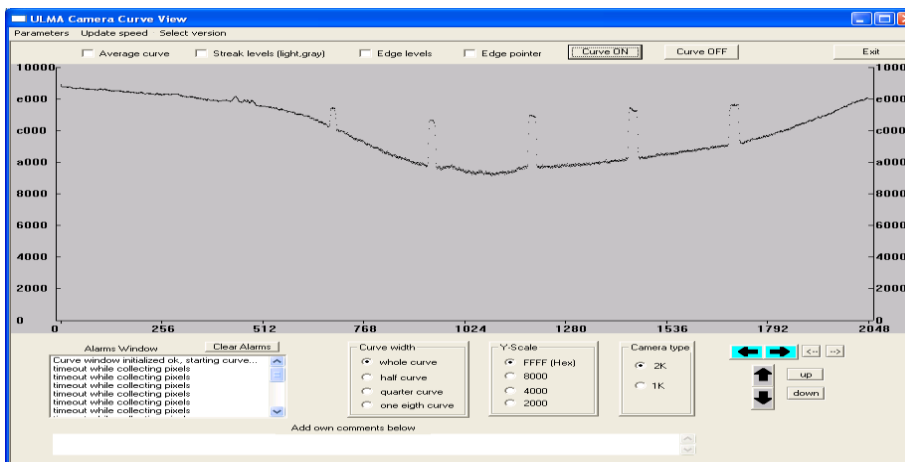
Näyte Nro 54 Linja 2



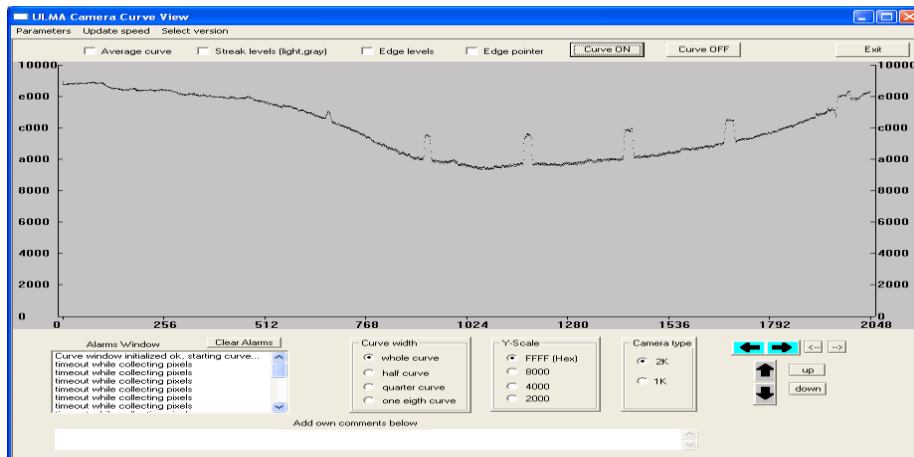
Näyte Nro 55 Linja 2



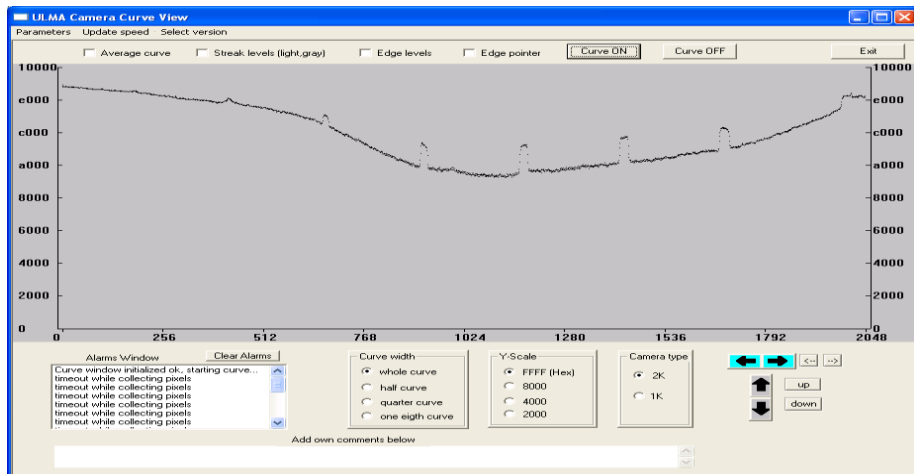
Näyte Nro 56 Linja 2



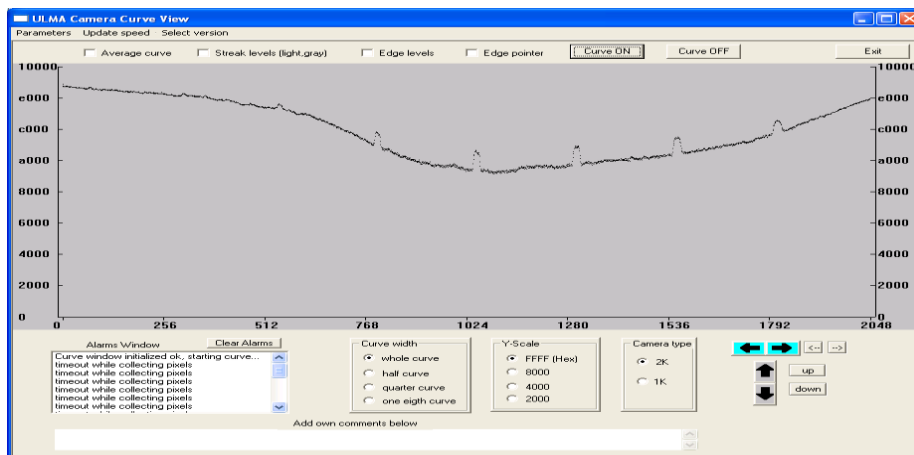
Näyte Nro 57 Linja 2



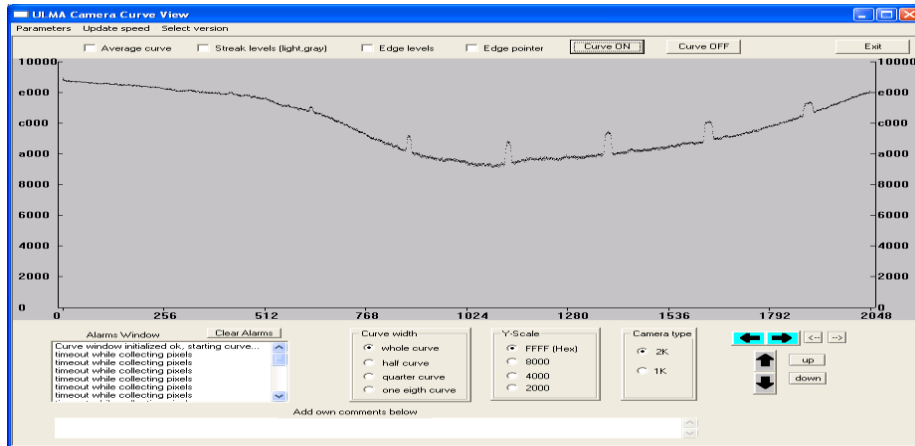
Näyte Nro 52 Linja 3



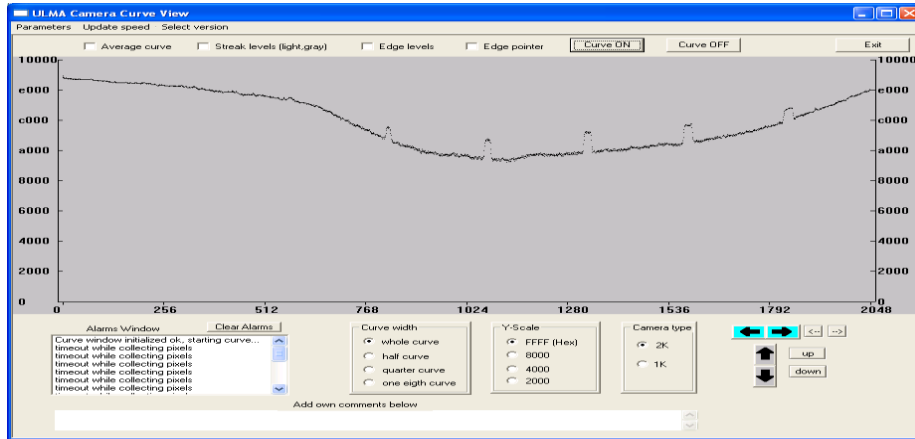
Näyte Nro 53 Linja 3



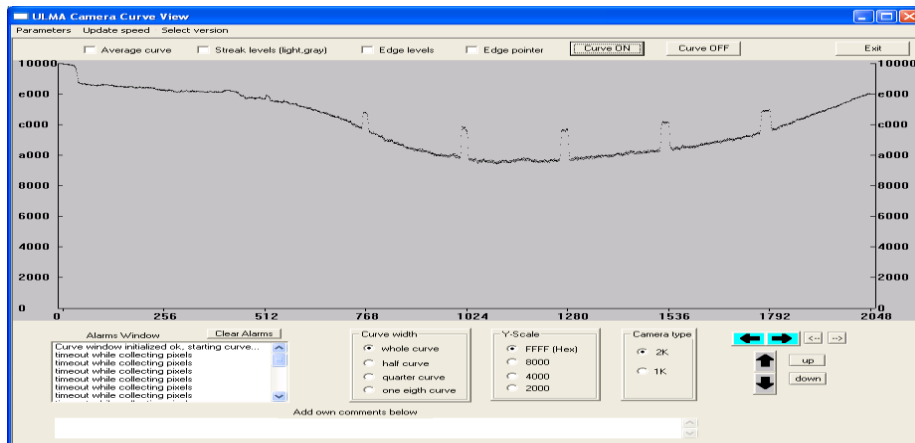
Näyte Nro 54 Linja 3



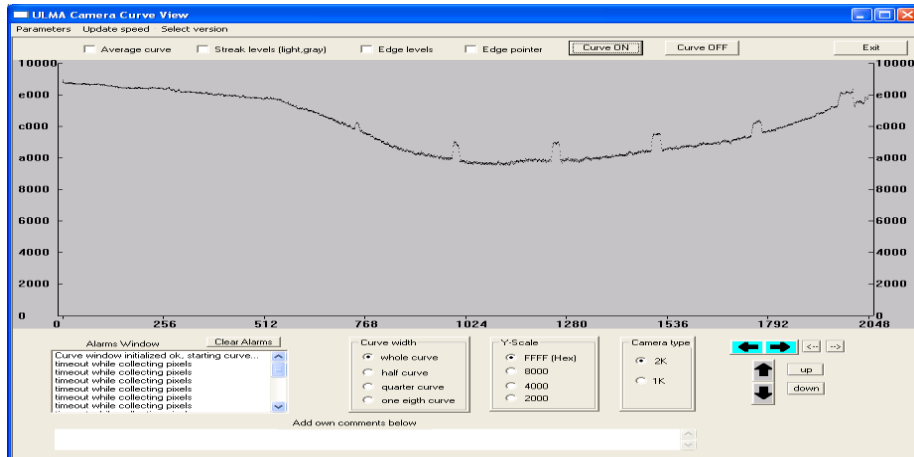
Näyte Nro 55 Linja 3



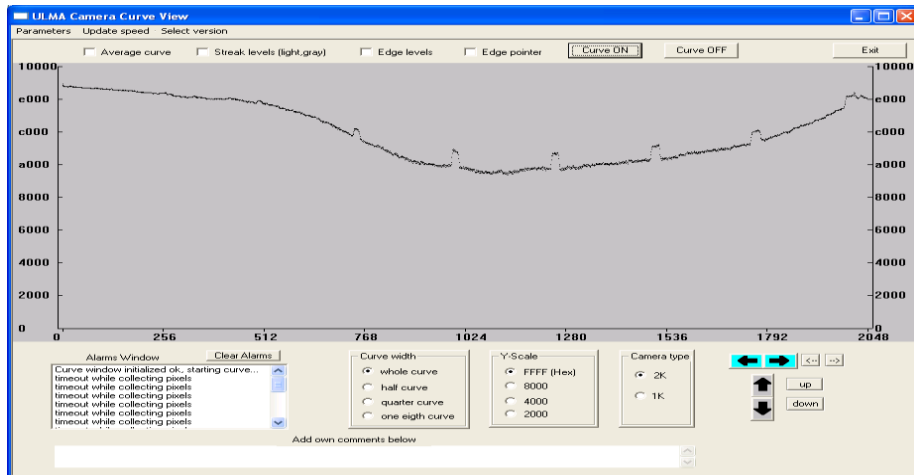
Näyte Nro 56 Linja 3



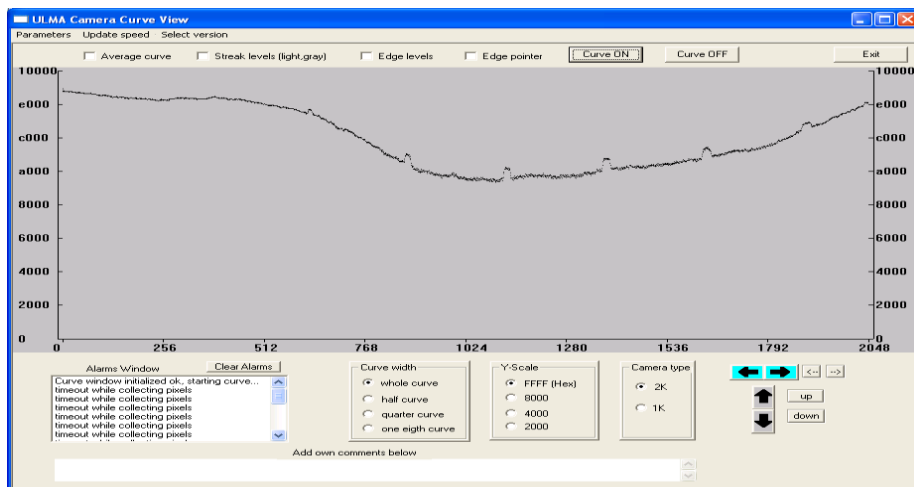
Näyte Nro 57 Linja 3



Näyte Nro 52 Linja 4

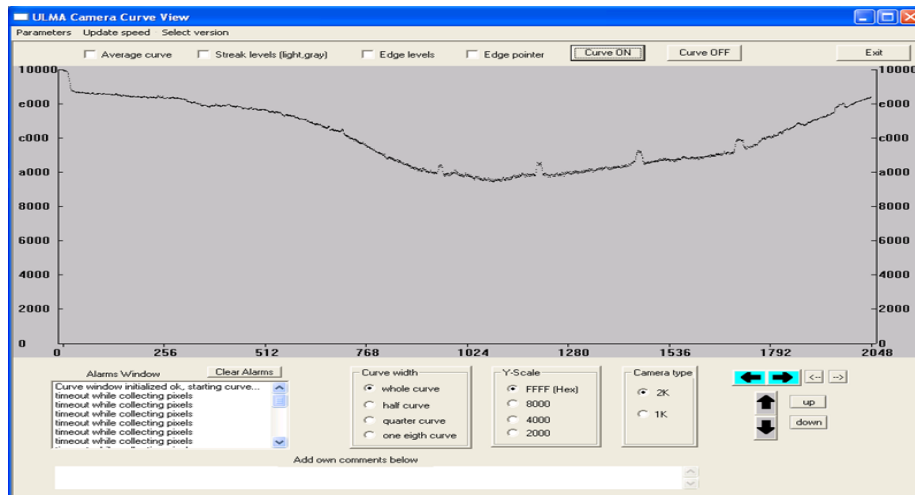


Näyte Nro 53 Linja 4

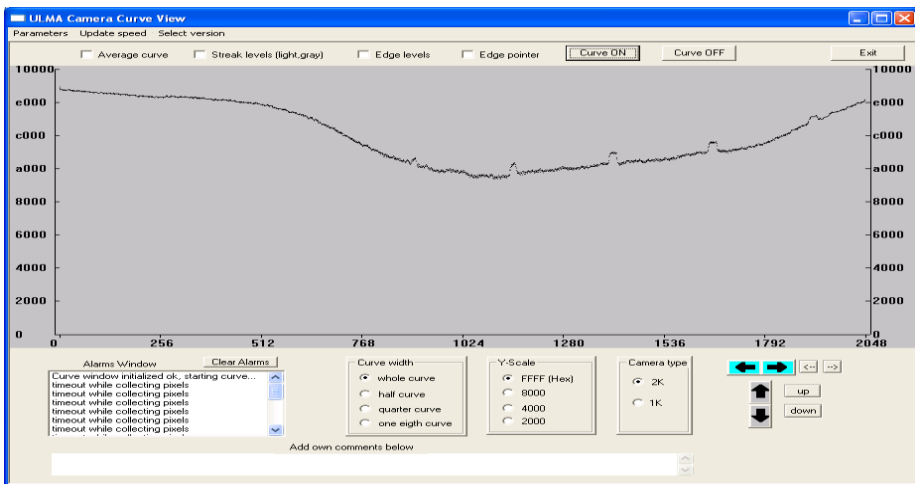


Näyte Nro 54 Linja 4

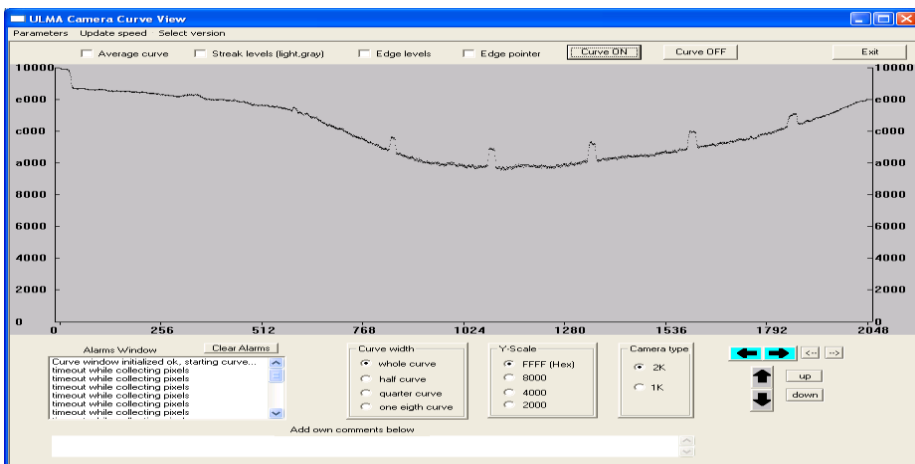




Näyte Nro 55 Linja 4

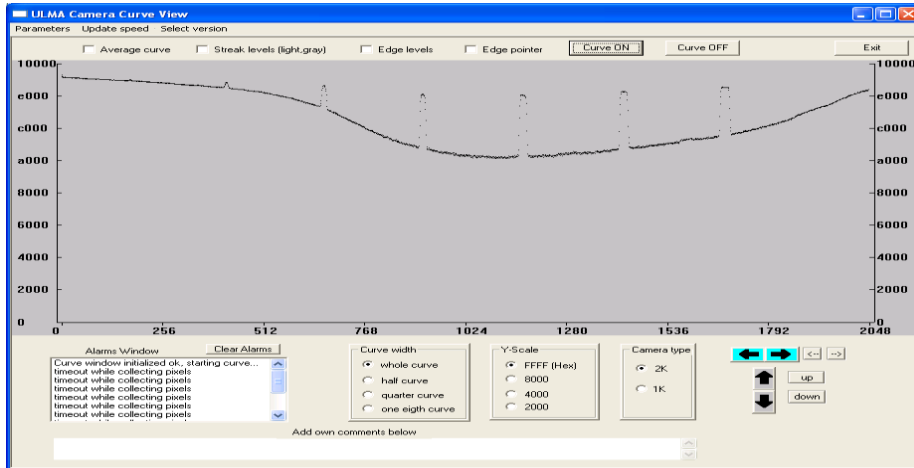


Näyte Nro 56 Linja 4

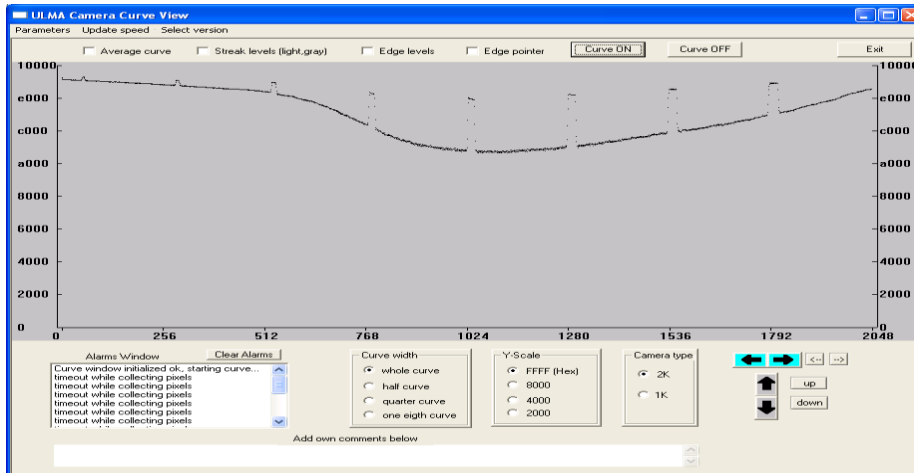


Näyte Nro 57 Linja 4

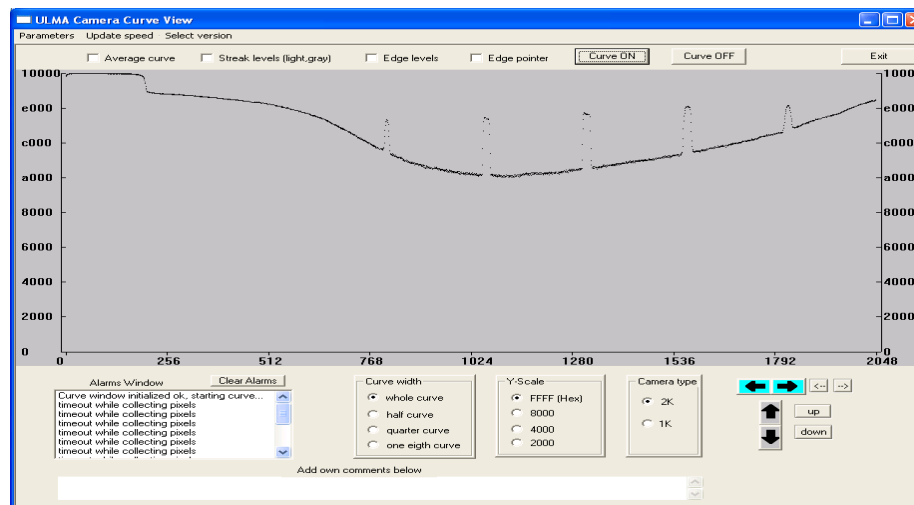
## Liite 6 Videokurvit LED-valolla matta



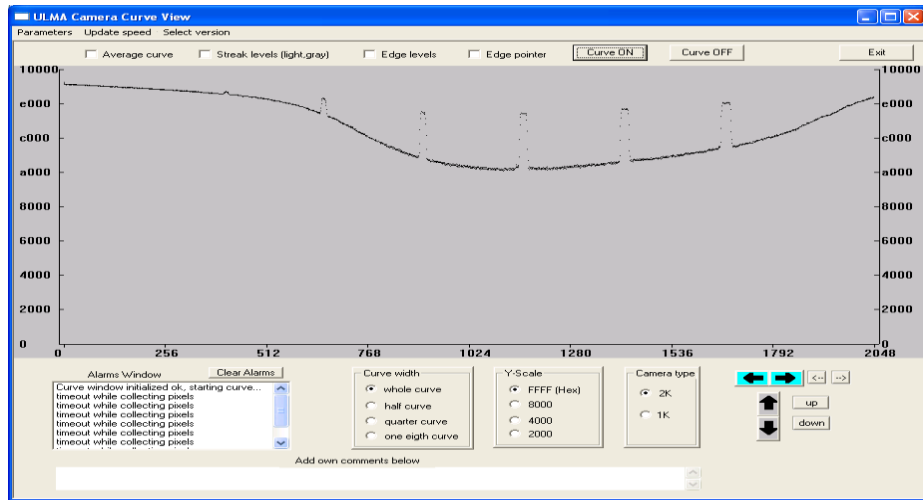
## Näyte Nro 62 Linja 1



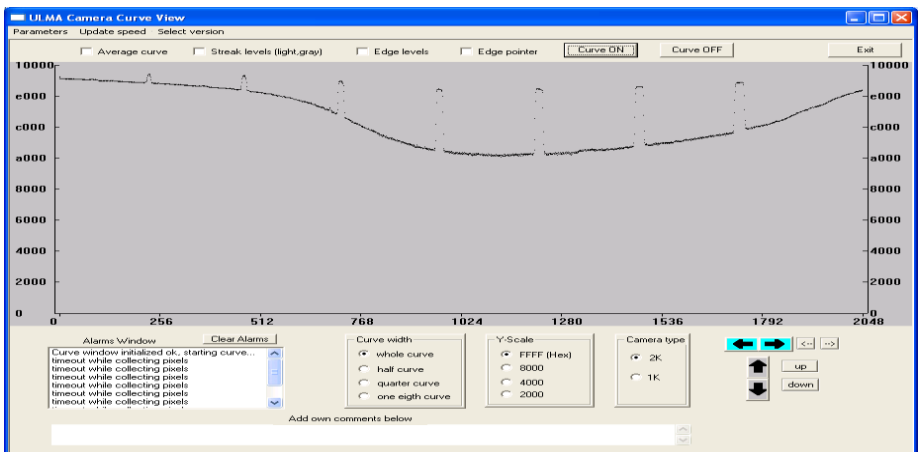
## Näyte Nro 63 Linja 1



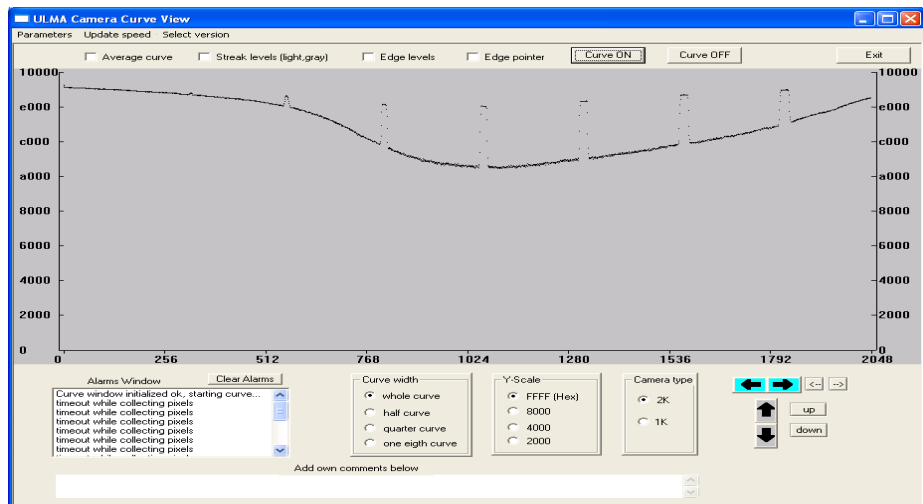
## Näyte Nro 64 Linja 1



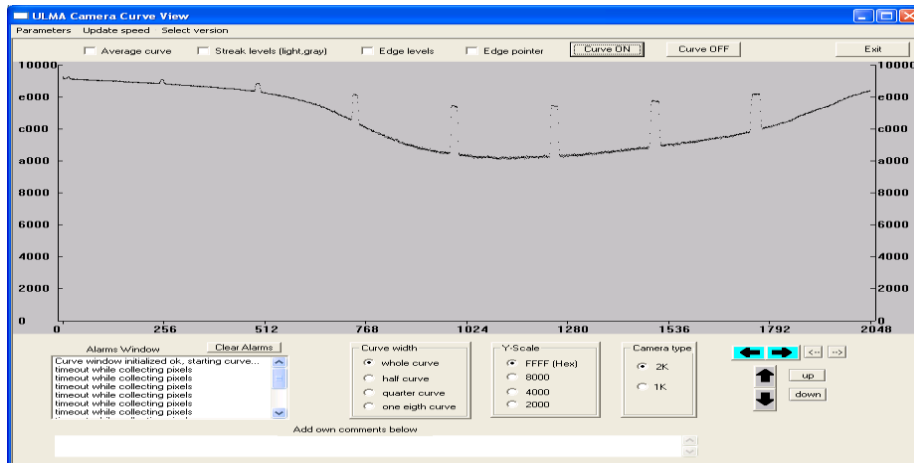
## Näyte Nro 65 Linja 1



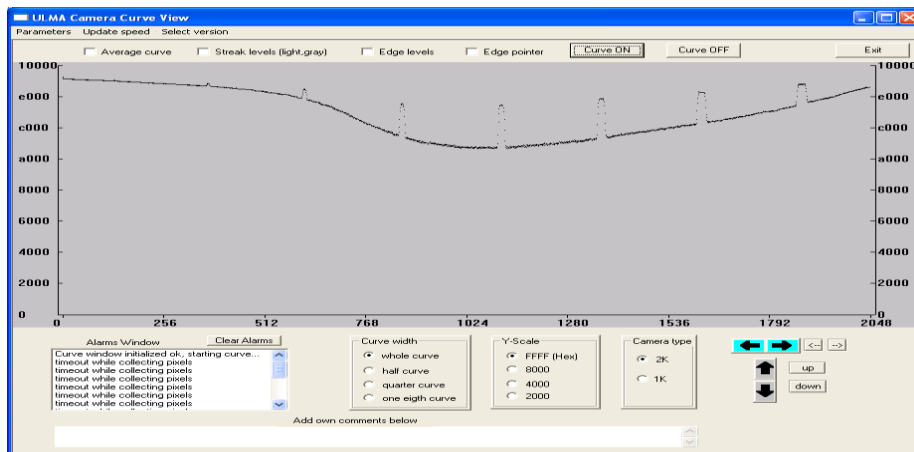
## Näyte Nro 66 Linja 1



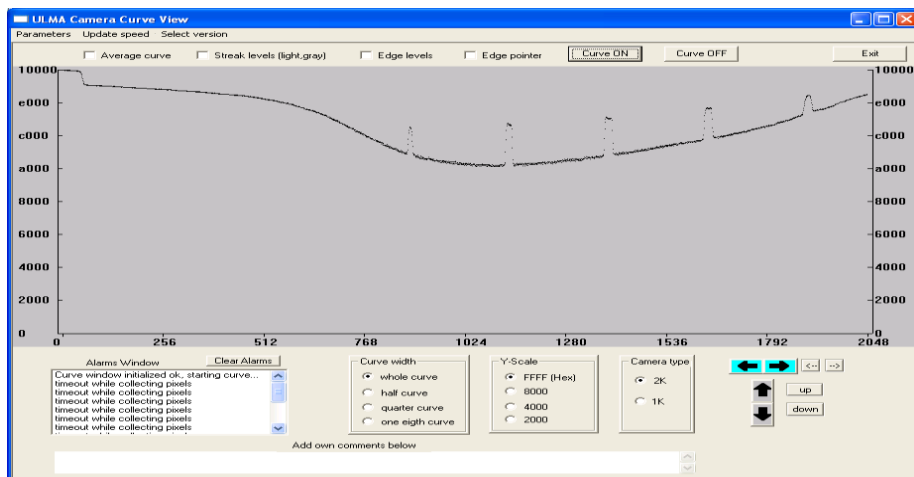
## Näyte Nro 67 Linja 1



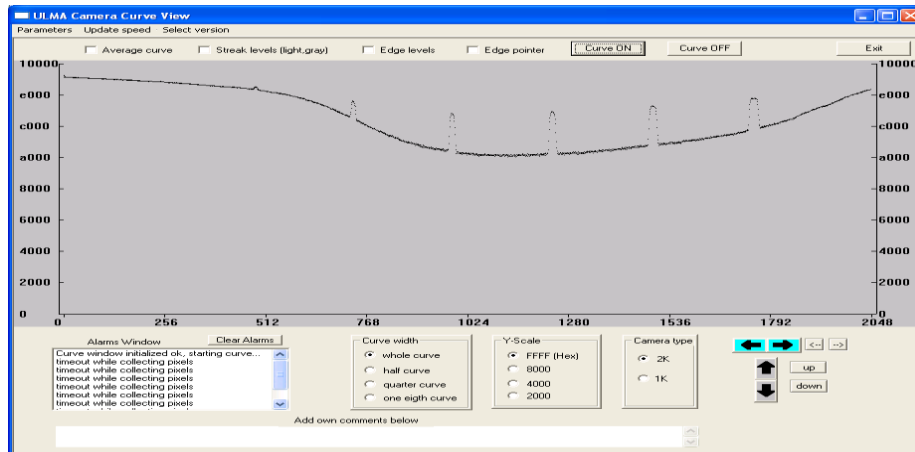
## Näyte Nro 62 Linja 2



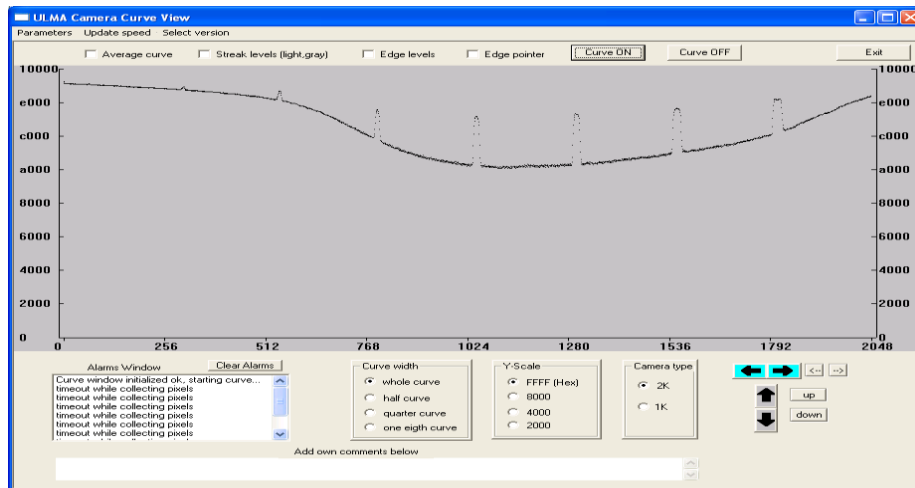
## Näyte Nro 63 Linja 2



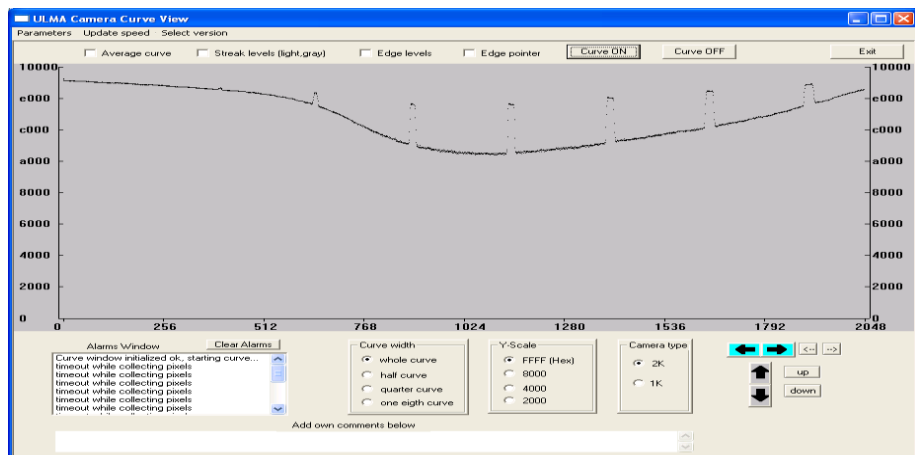
## Näyte Nro 64 Linja 2



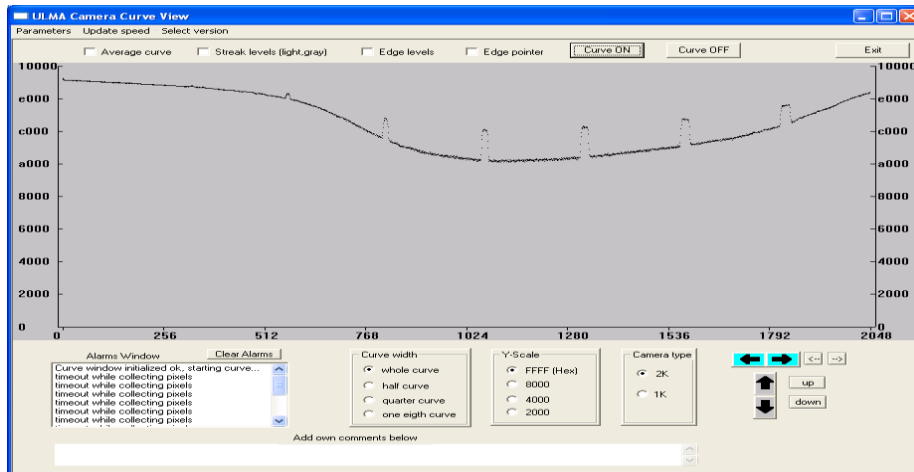
## Näyte Nro 65 Linja 2



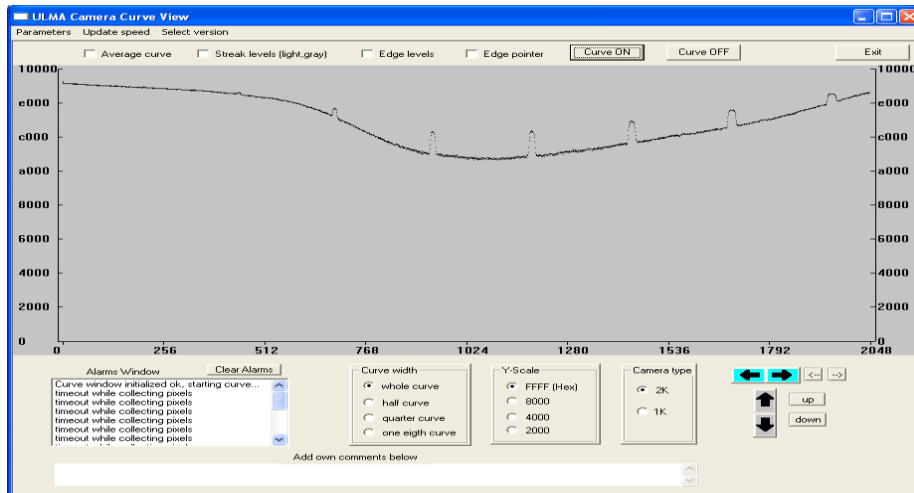
## Näyte Nro 66 Linja 2



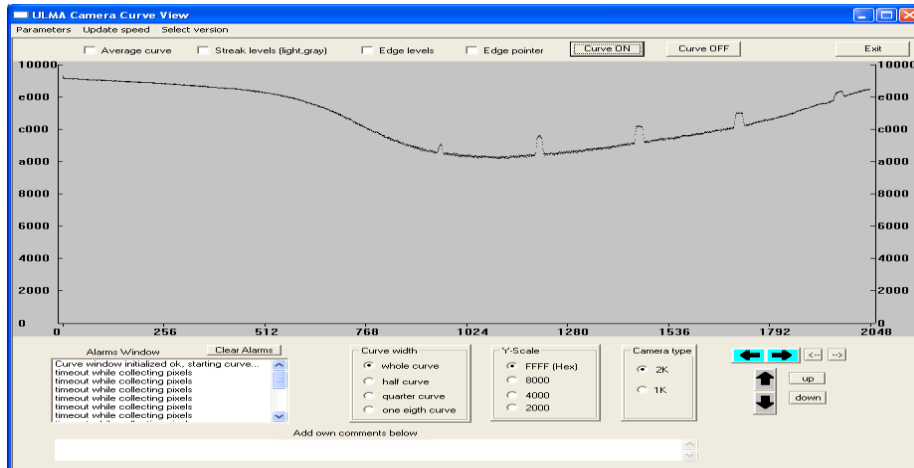
## Näyte Nro 67 Linja 2



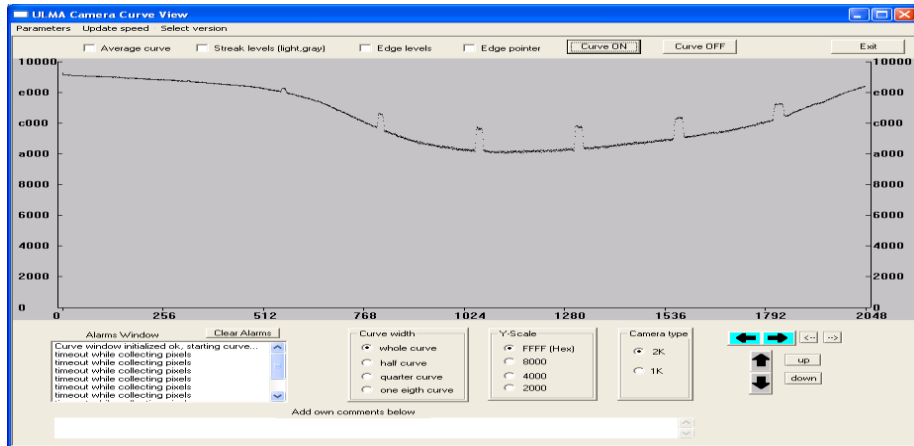
## Näyte Nro 62 Linja 3



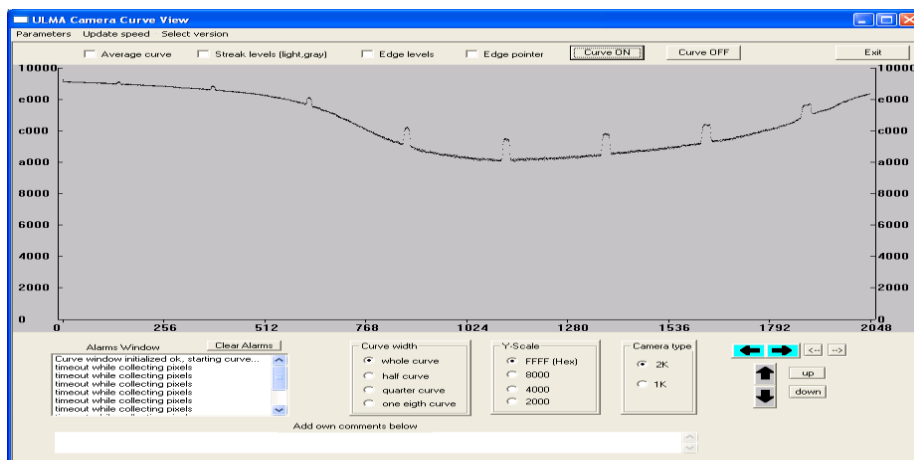
## Näyte Nro 63 Linja 3



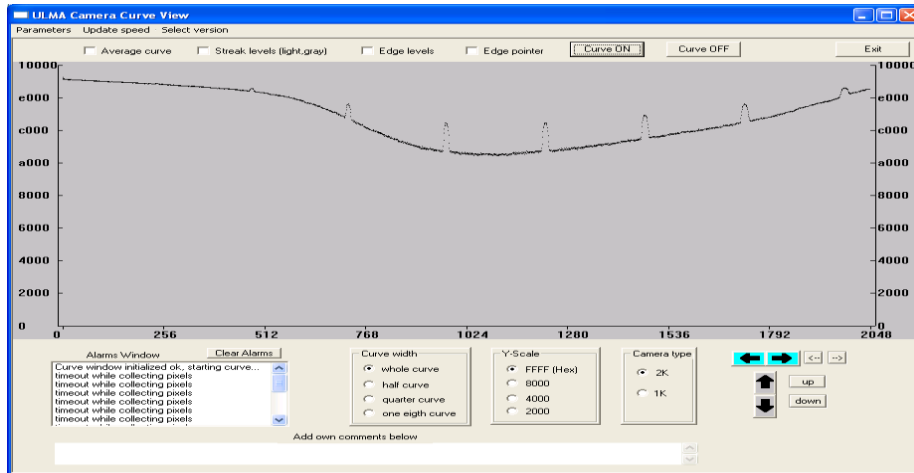
Näyte Nro 64 Linja 3



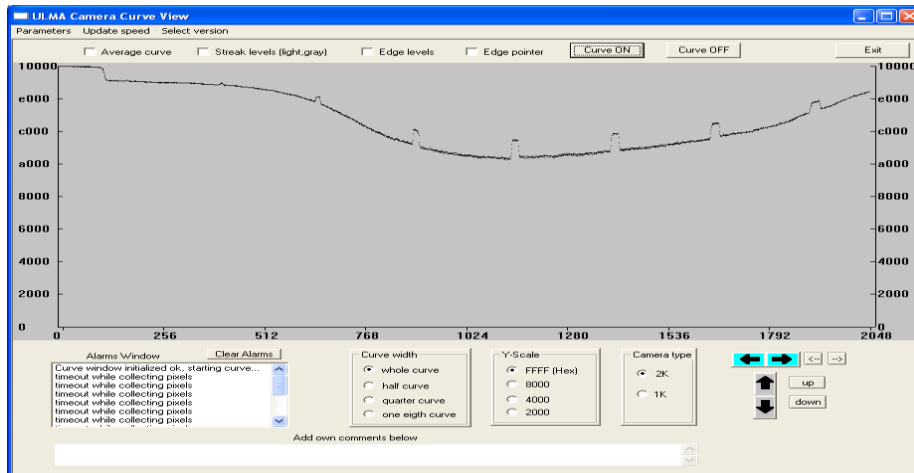
Näyte Nro 65 Linja 3



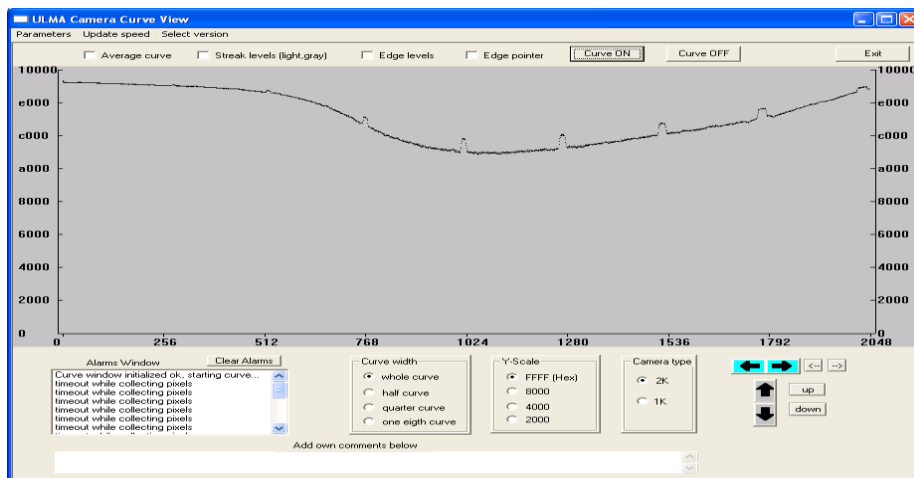
Näyte Nro 66 Linja 3



Näyte Nro 67 Linja 3

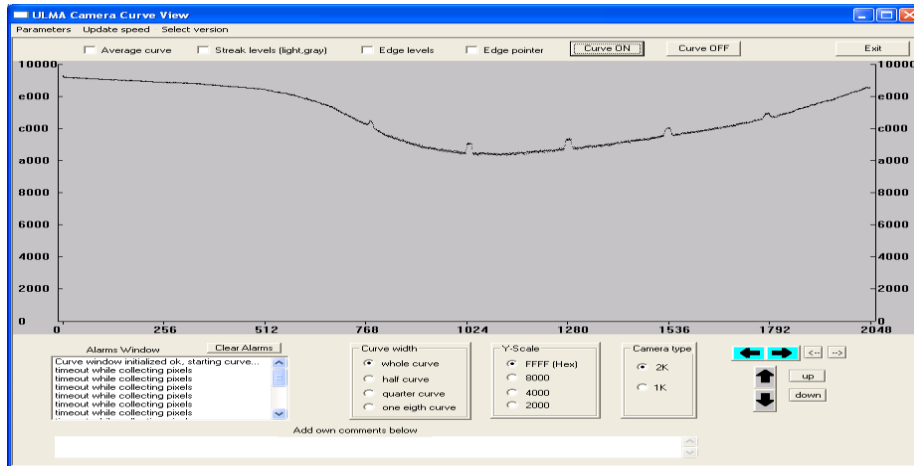


Näyte Nro 62 Linja 4

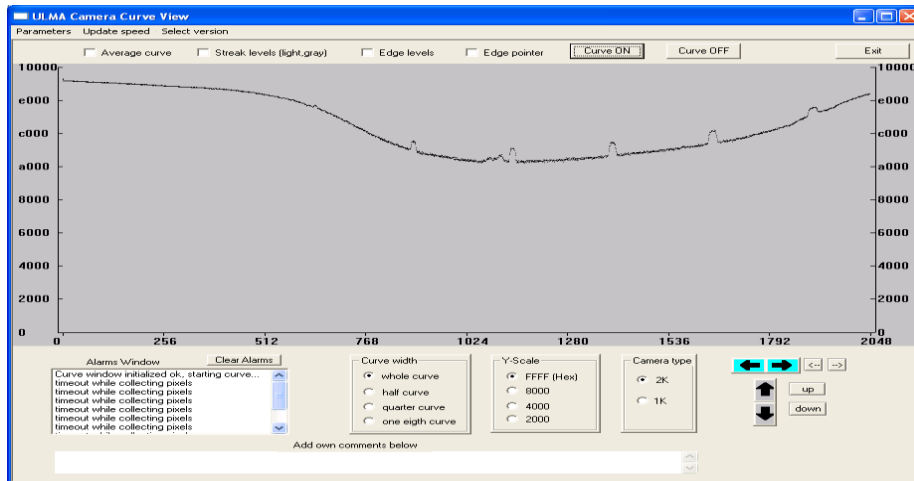


Näyte Nro 63 Linja 4

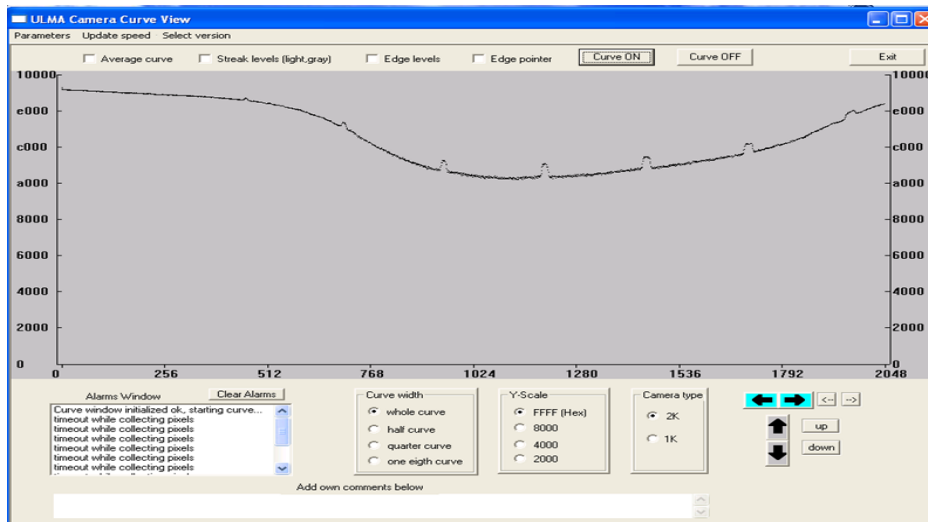




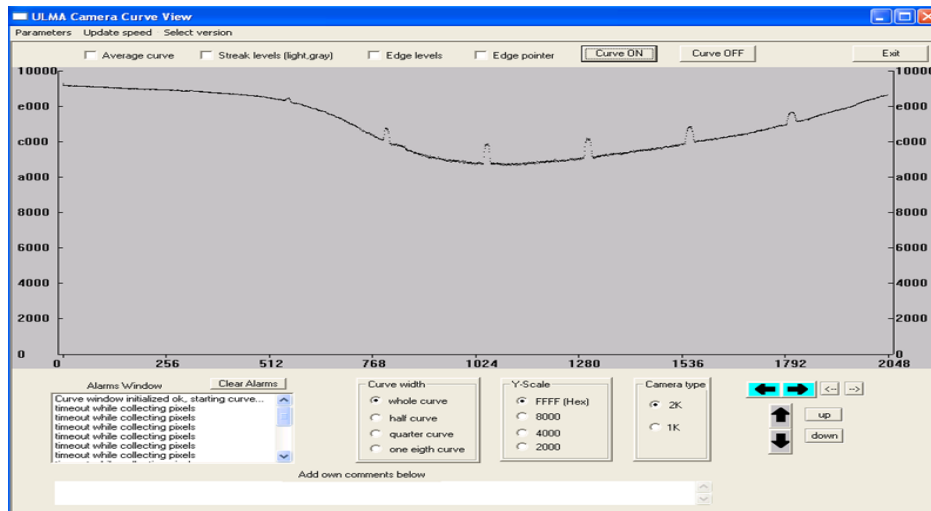
Näyte Nro 64 Linja 4



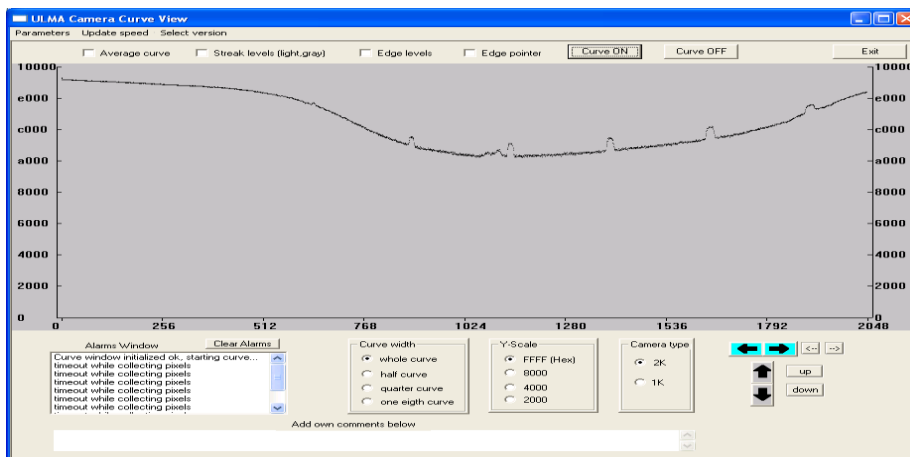
Näyte Nro 65 Linja 4



Näyte Nro 66 Linja 4

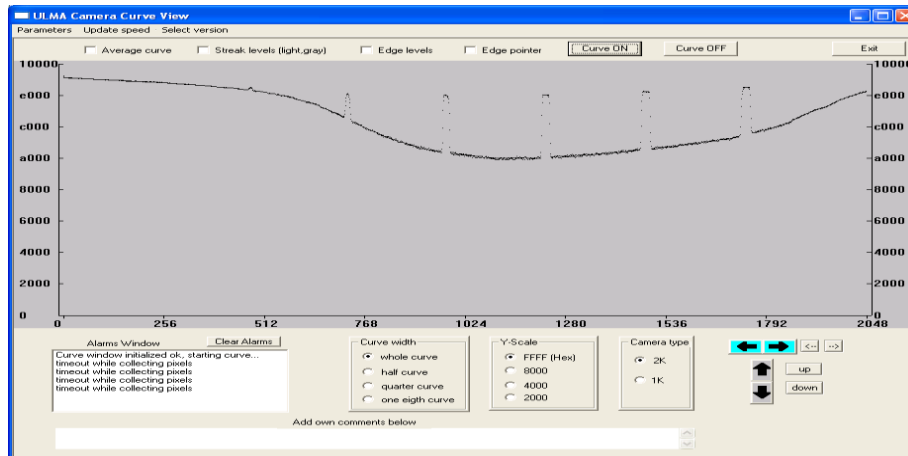


Näyte Nro 67 Linja 4

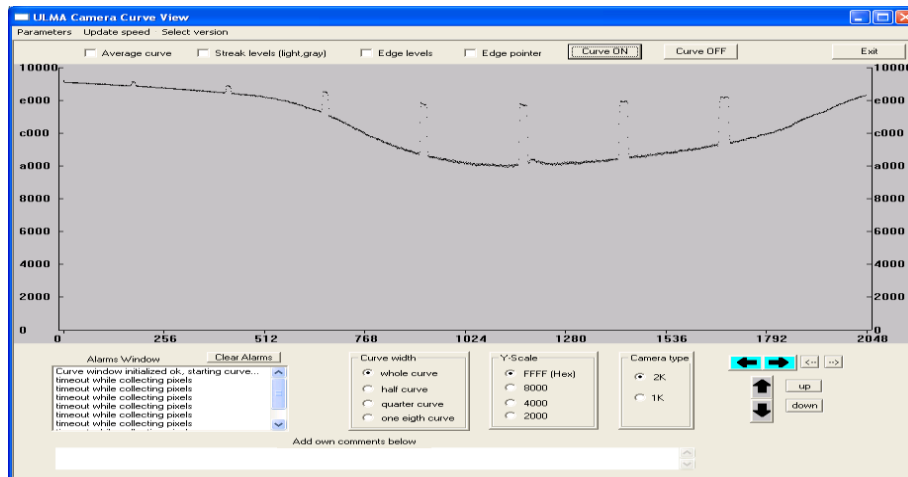


Näyte Nro 65 Linja 4

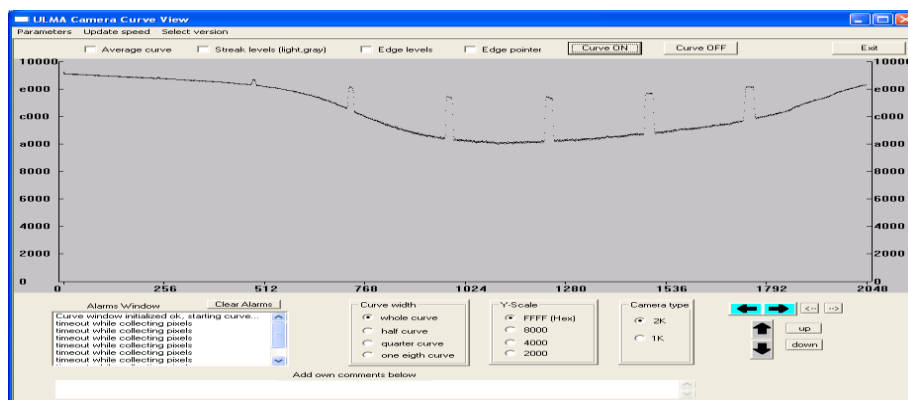
## Liite 7 Videokurvit LED-valolla samettimatta



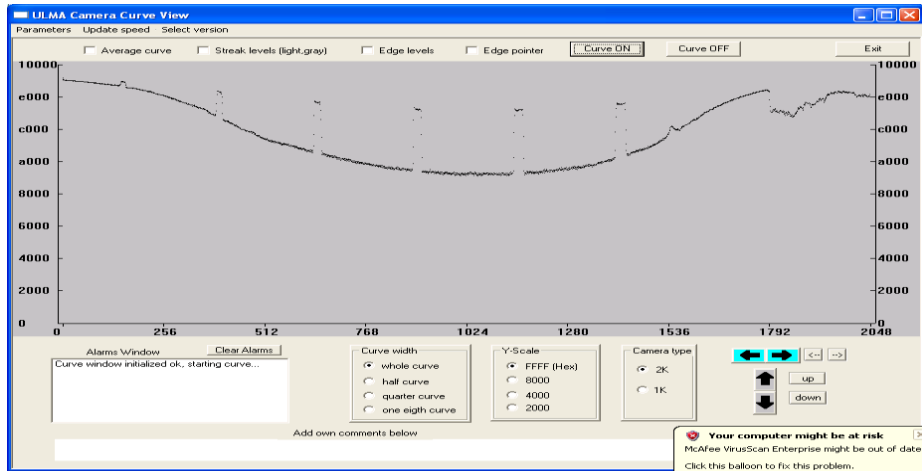
## Näyte Nro 72 Linja 1



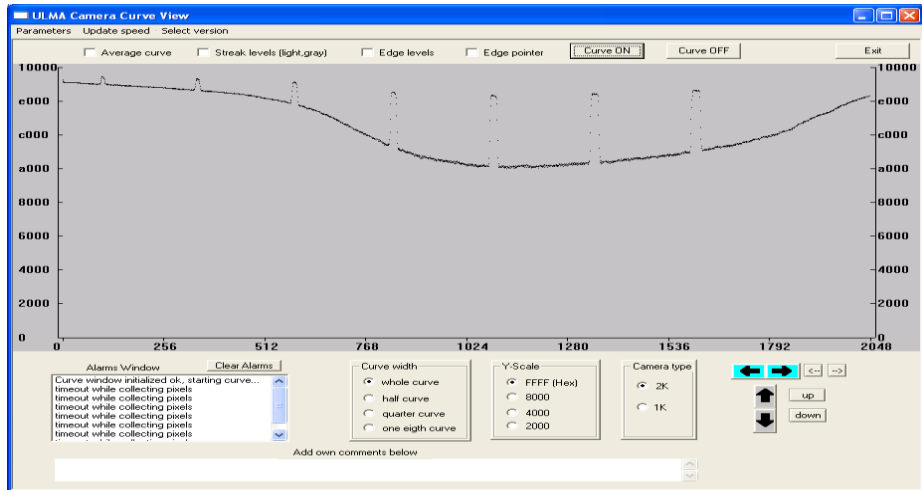
## Näyte Nro 73 Linja 1



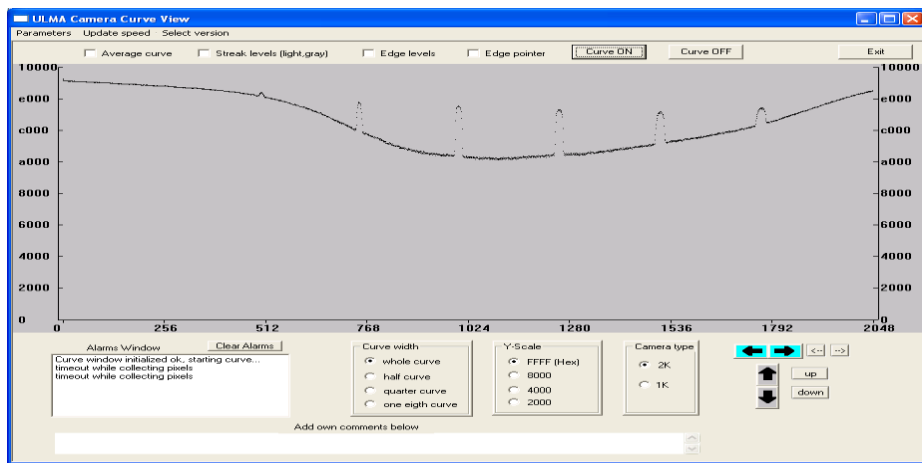
## Näyte Nro 74 Linja 1



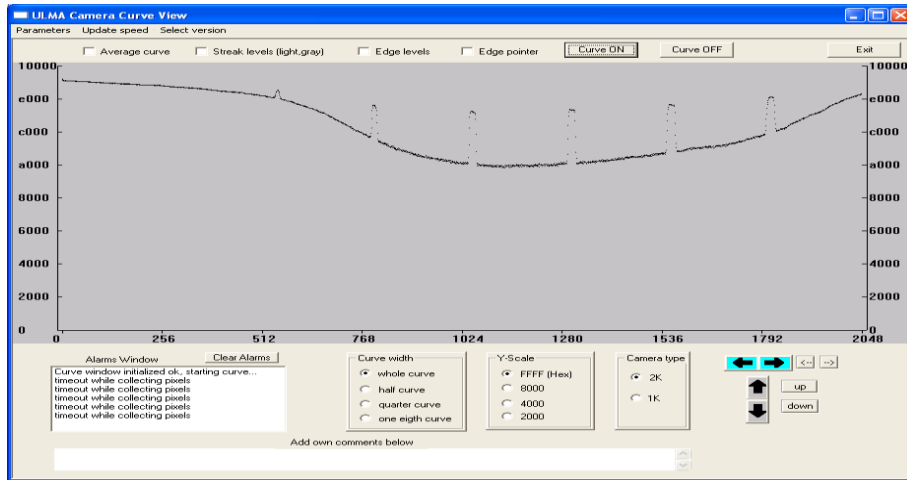
Näyte Nro 75 Linja 1



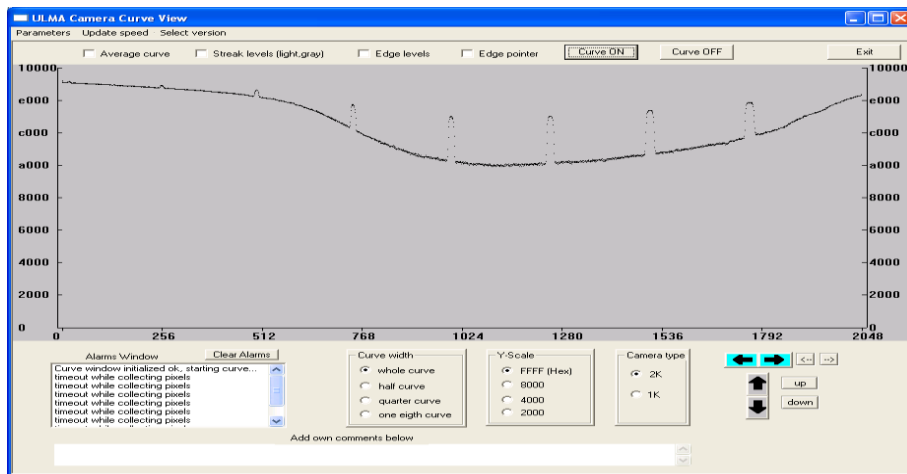
Näyte Nro 76 Linja 1



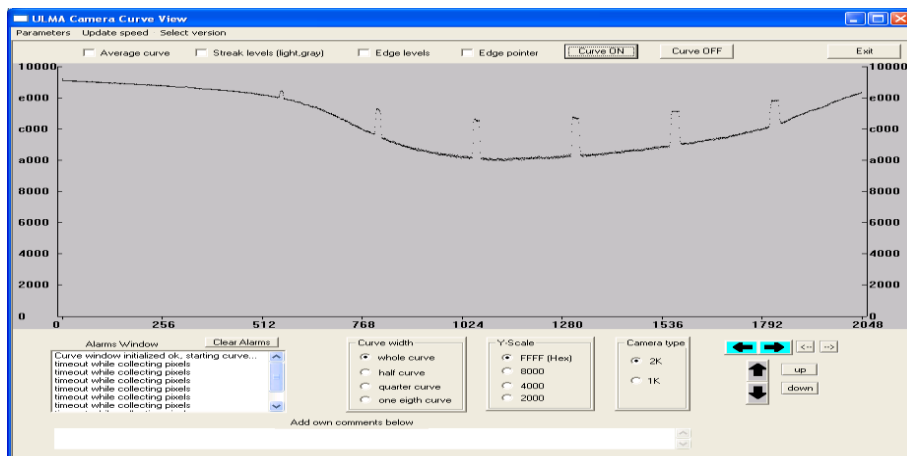
Näyte Nro 77 Linja 1



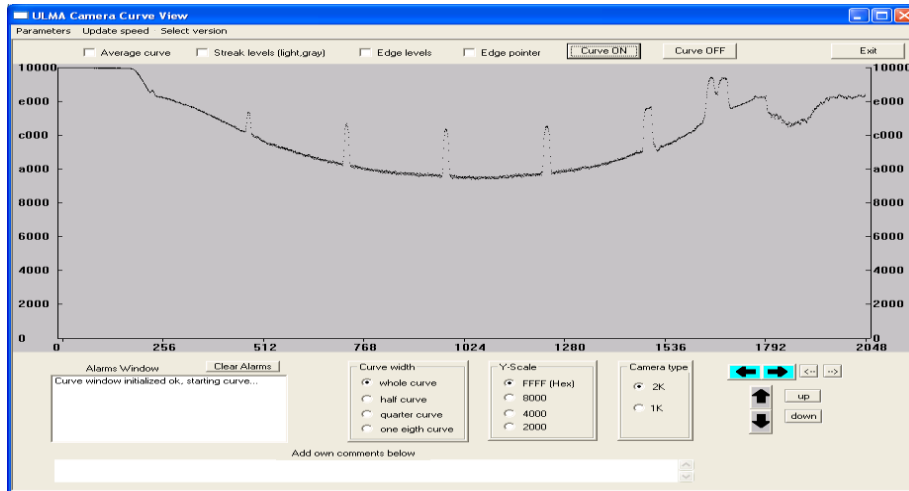
Näyte Nro 72 Linja 2



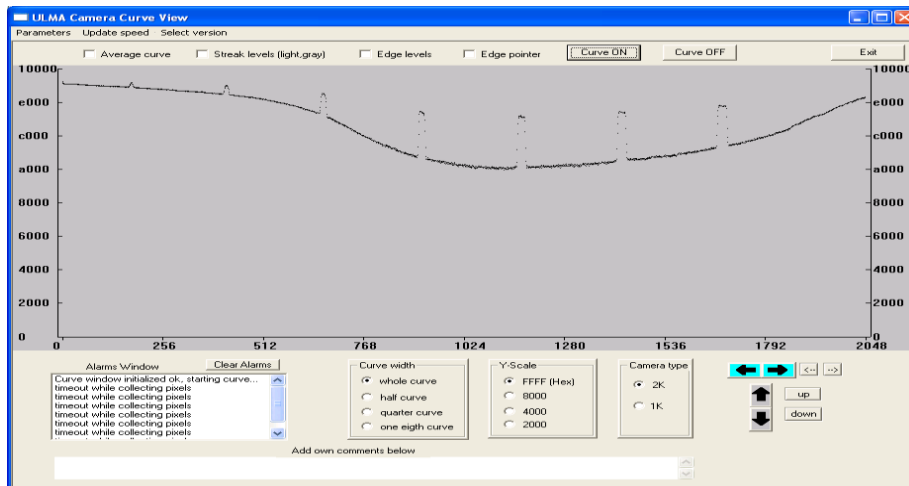
Näyte Nro 73 Linja 2



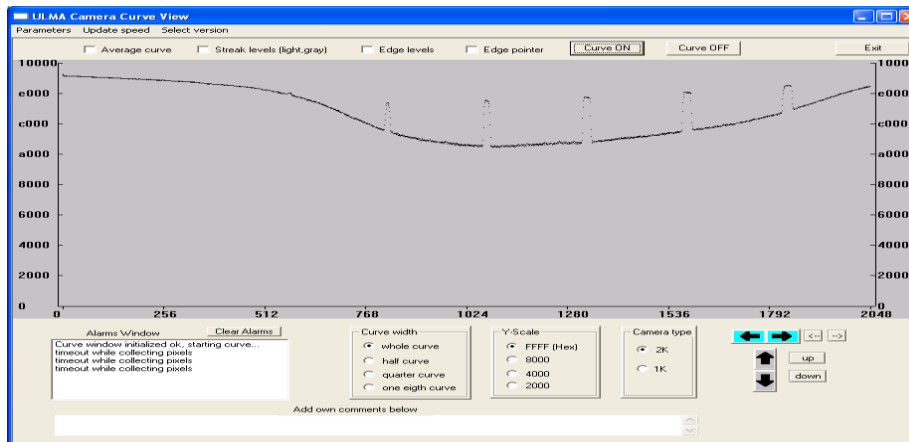
Näyte Nro 74 Linja 2



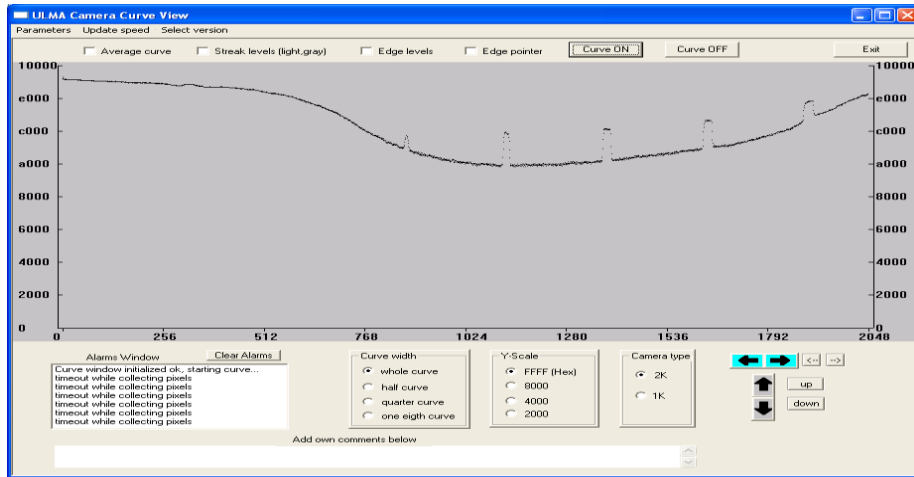
Näyte Nro 75 Linja 2



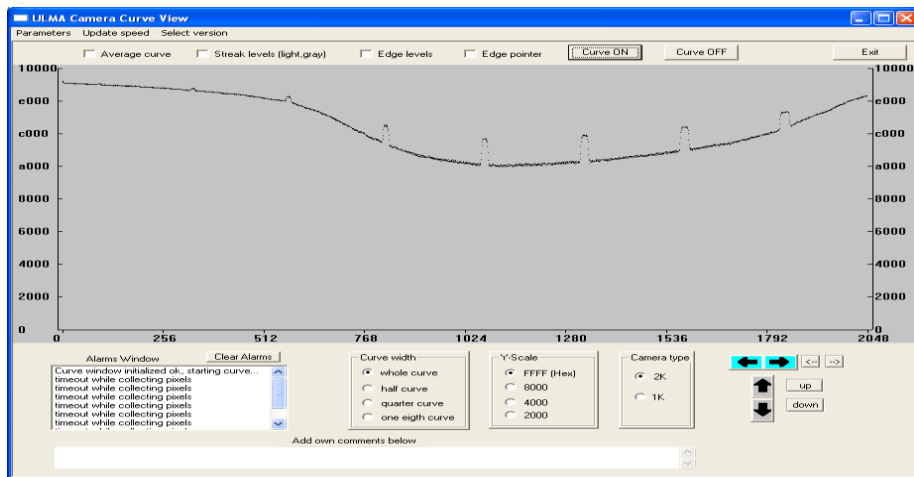
Näyte Nro 76 Linja 2



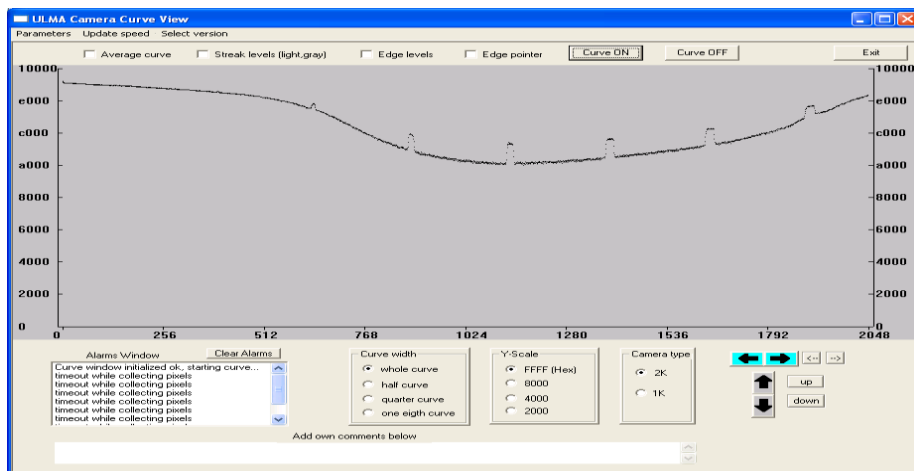
Näyte Nro 77 Linja 2



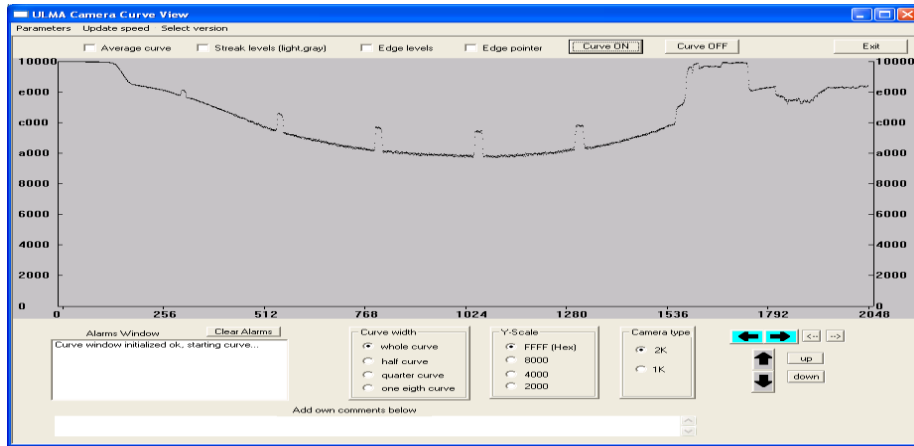
Näyte Nro 72 Linja 3



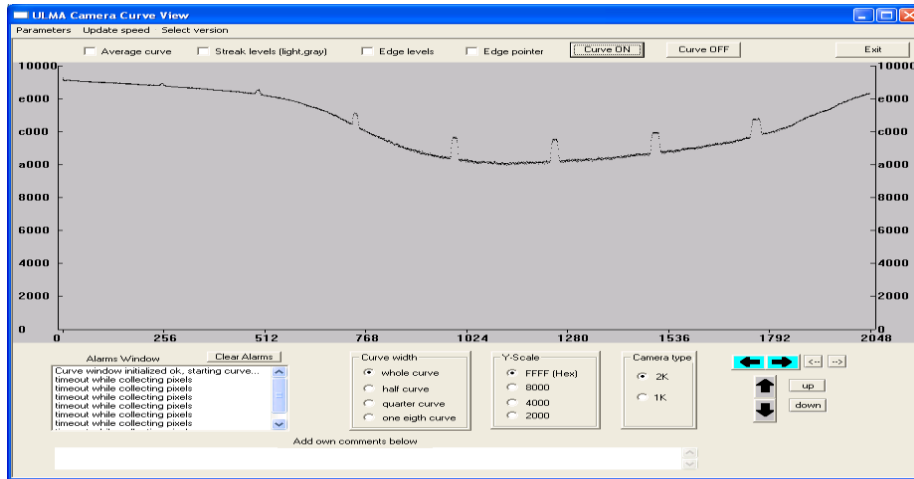
Näyte Nro 73 Linja 3



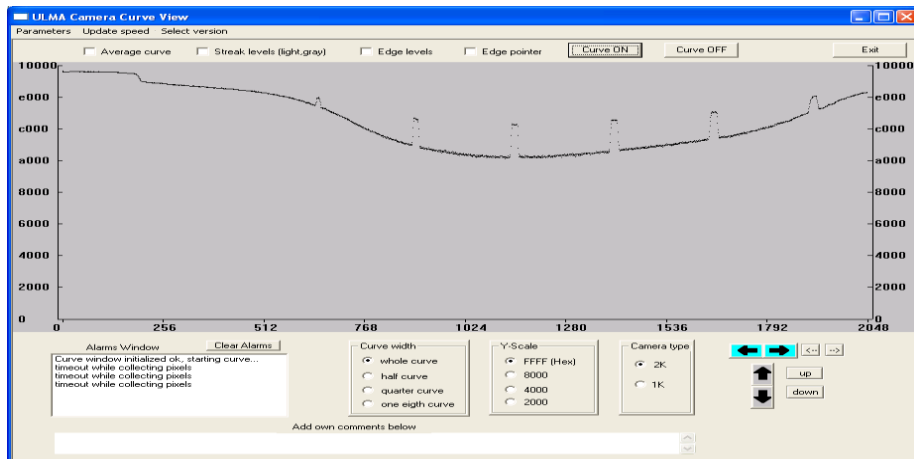
Näyte Nro 74 Linja 3



Näyte Nro 75 Linja 3

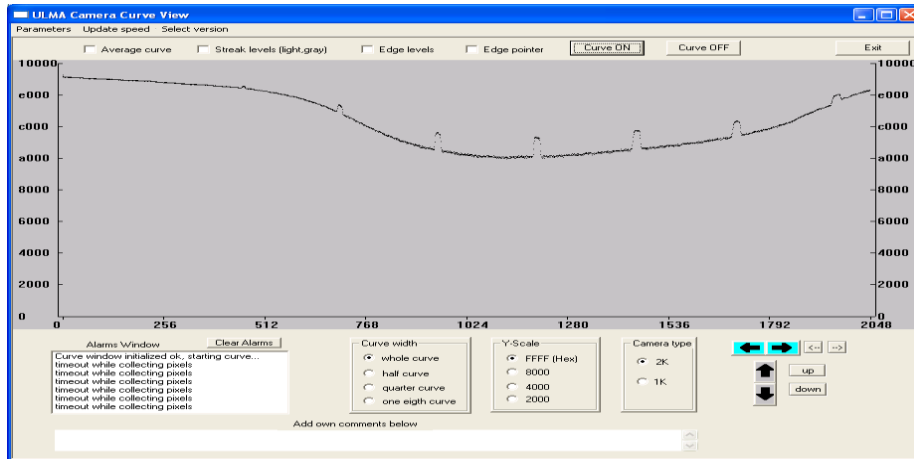


Näyte Nro 76 Linja 3

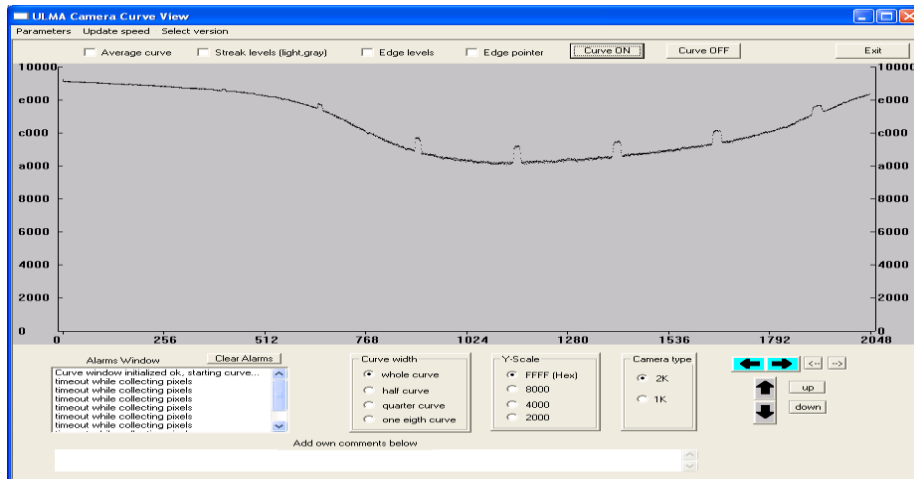


Näyte Nro 77 Linja 3

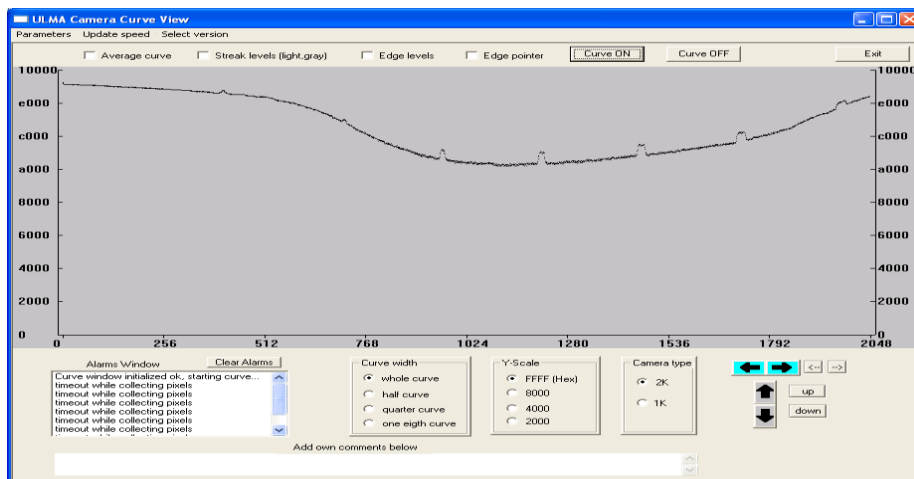




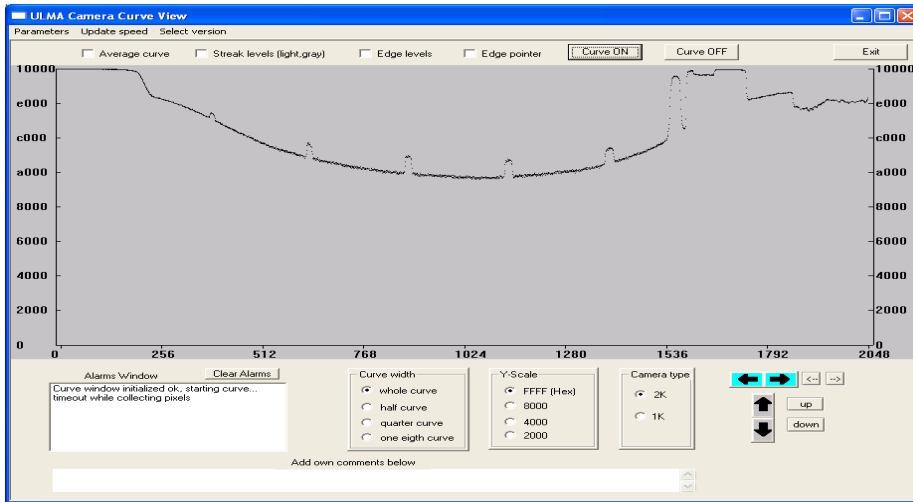
Näyte Nro 72 Linja 4



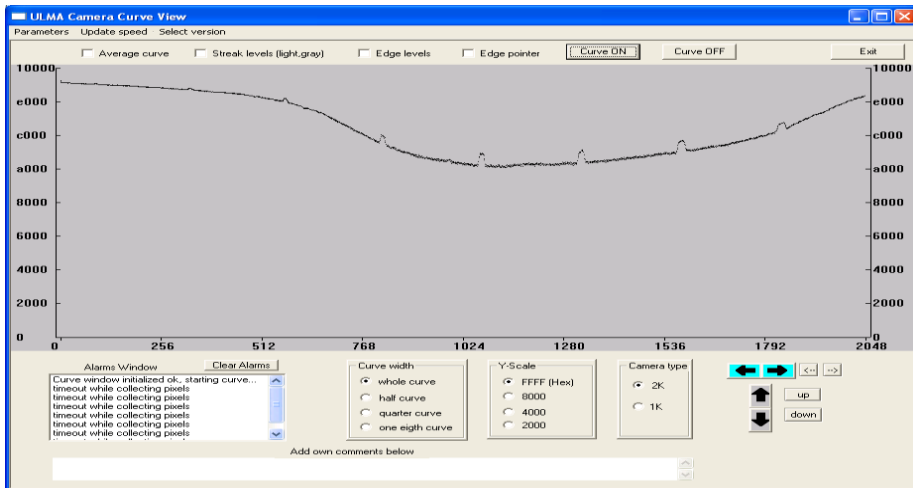
Näyte Nro 73 Linja 4



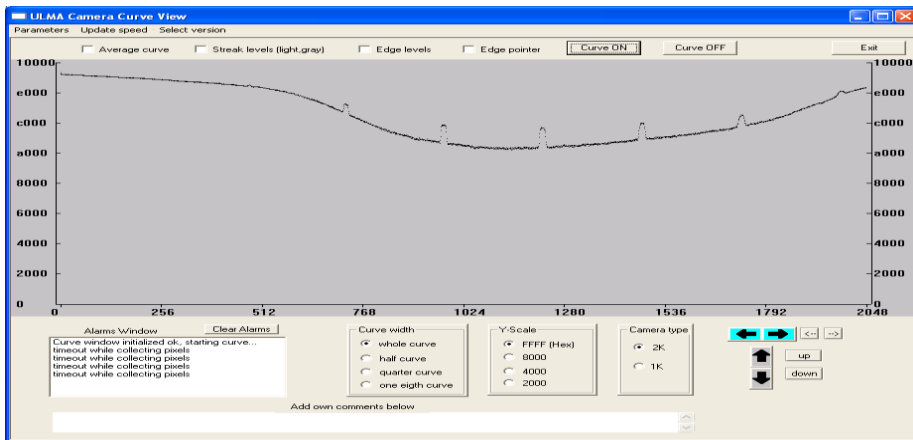
Näyte Nro 74 Linja 4



Näyte Nro 75 Linja 4

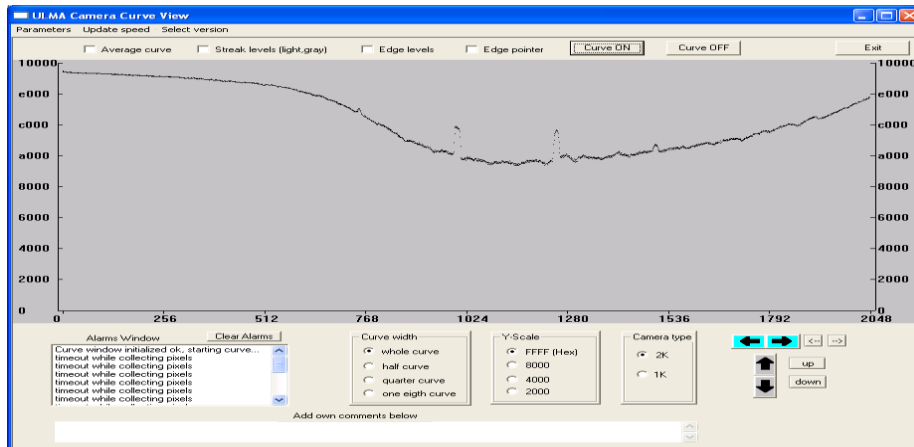


Näyte Nro 76 Linja 4

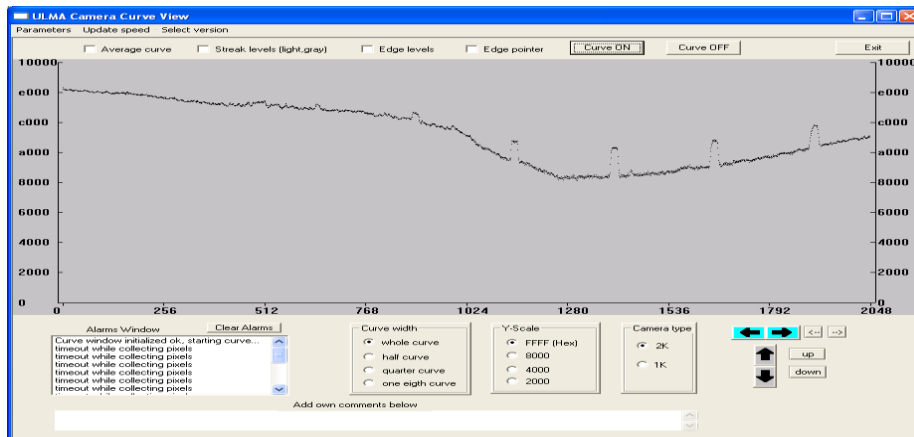


Näyte Nro 77 Linja 4

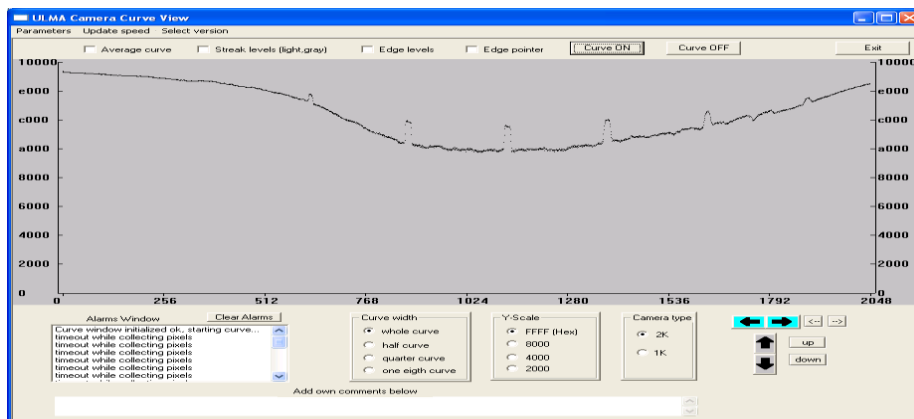
## Liite 8 Videokurvit LED-valolla PET-valkoinen



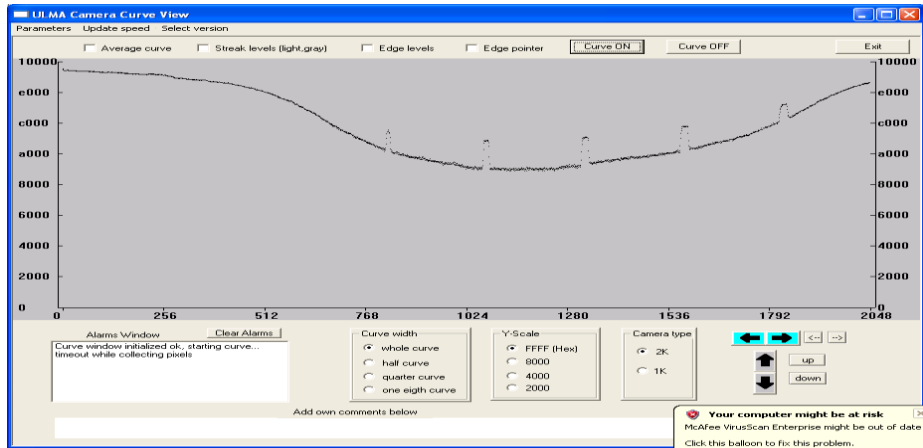
## Näyte Nro 2 Linja 1



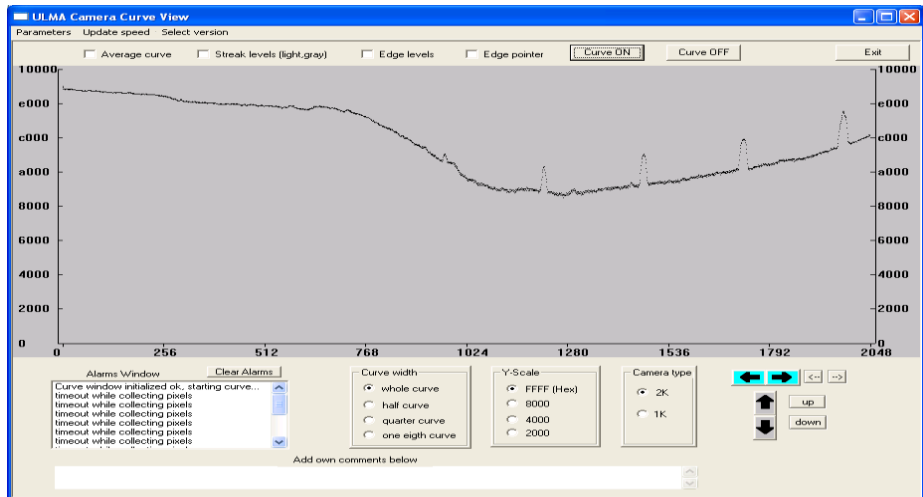
## Näyte Nro 3 Linja 1



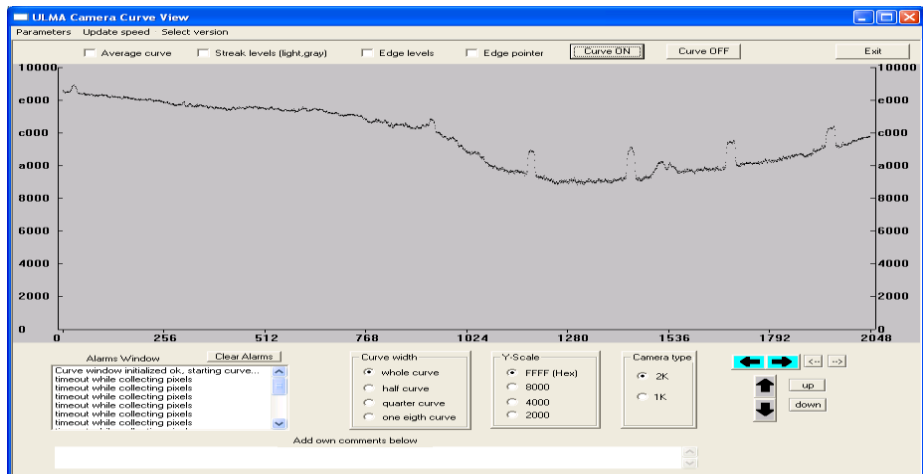
## Näyte Nro 4 Linja 1



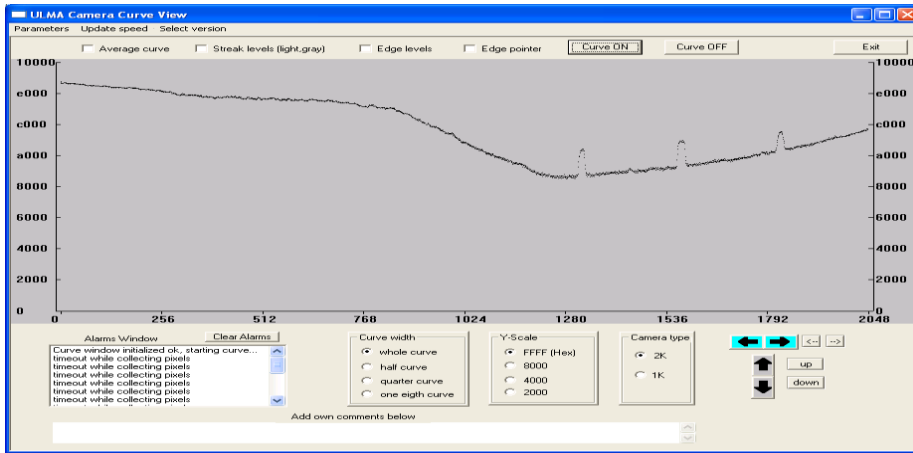
Näyte Nro 5 Linja 1



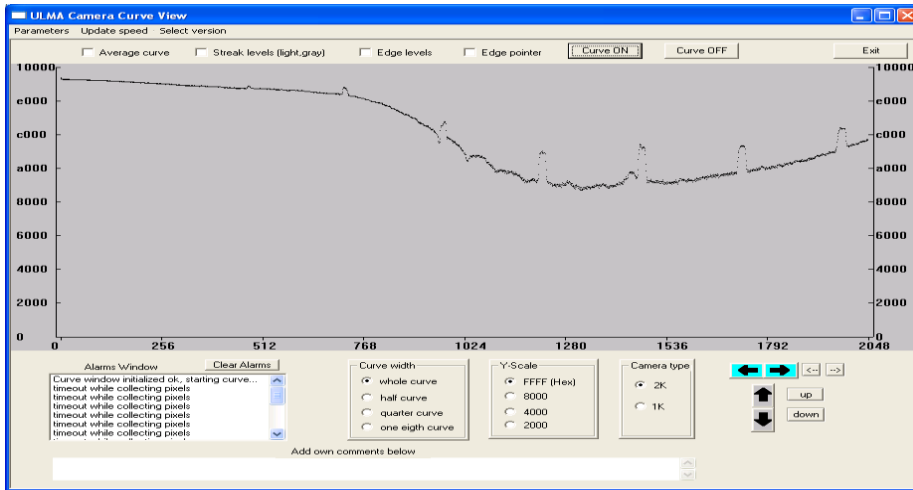
Näyte Nro 6 Linja 1



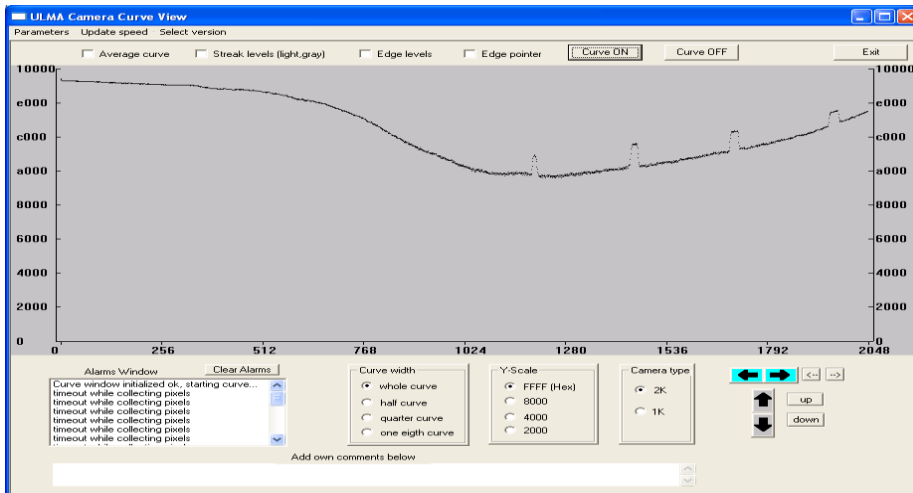
Näyte Nro 7 Linja 1



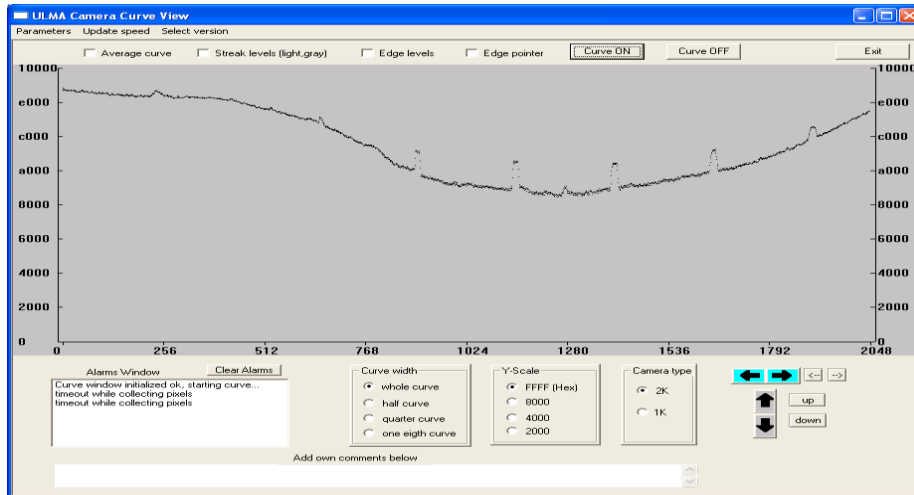
Näyte Nro 2 Linja 2



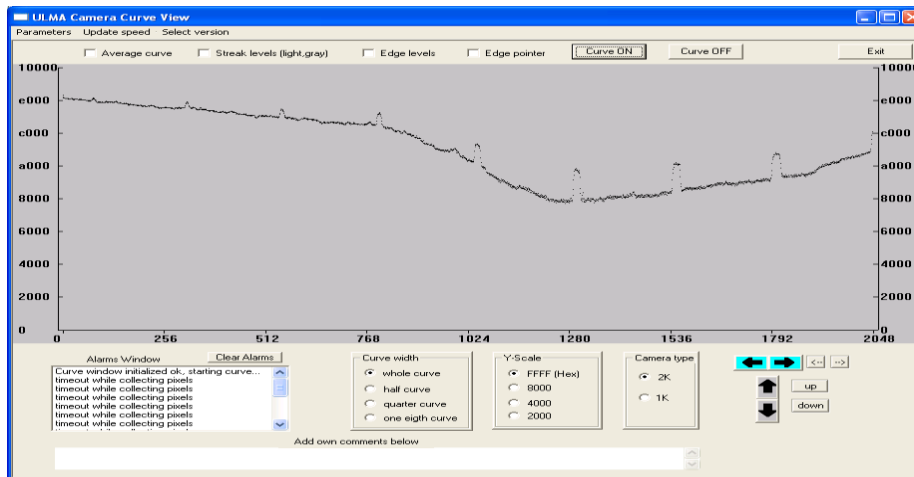
Näyte Nro 3 Linja 2



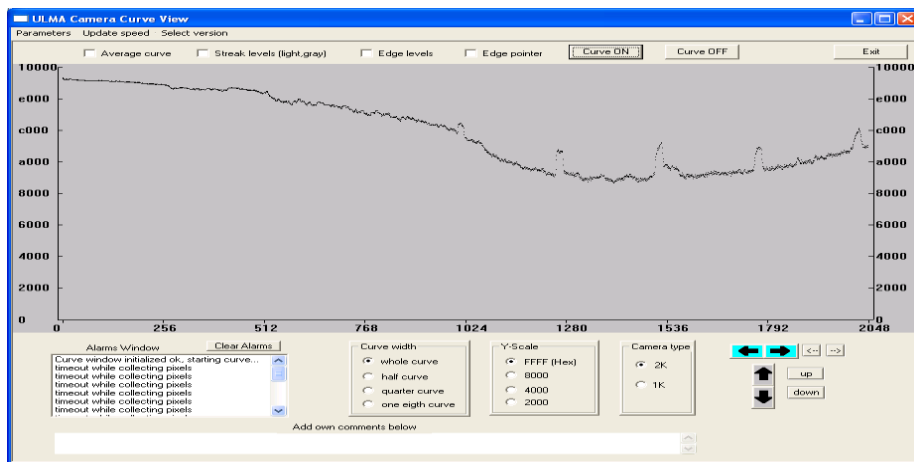
Näyte Nro 4 Linja 2



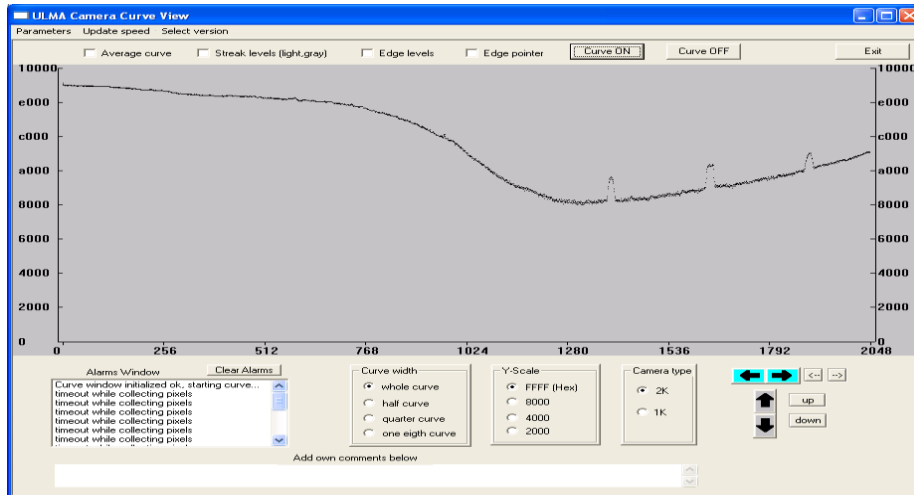
Näyte Nro 5 Linja 2



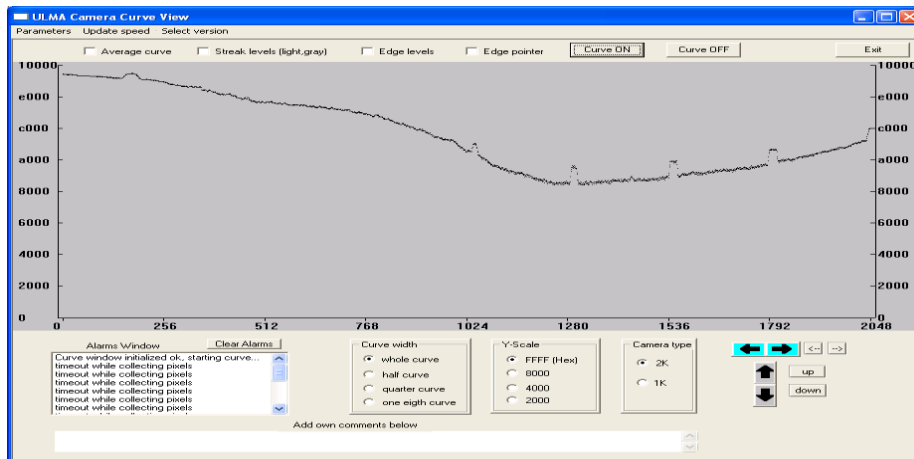
Näyte Nro 6 Linja 2



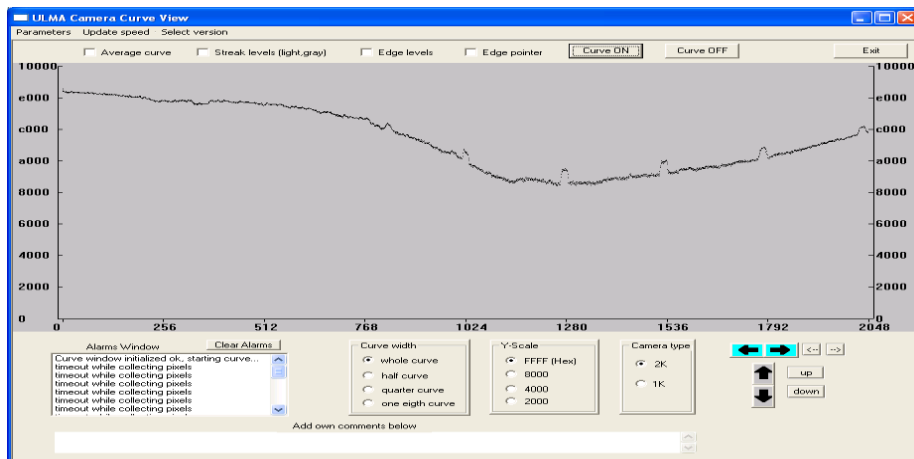
Näyte Nro 7 Linja 2



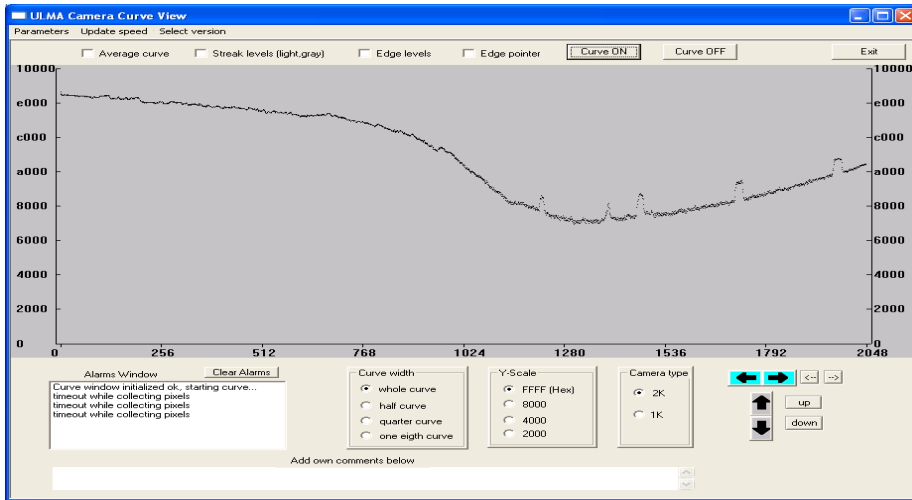
Näyte Nro 2 Linja 3



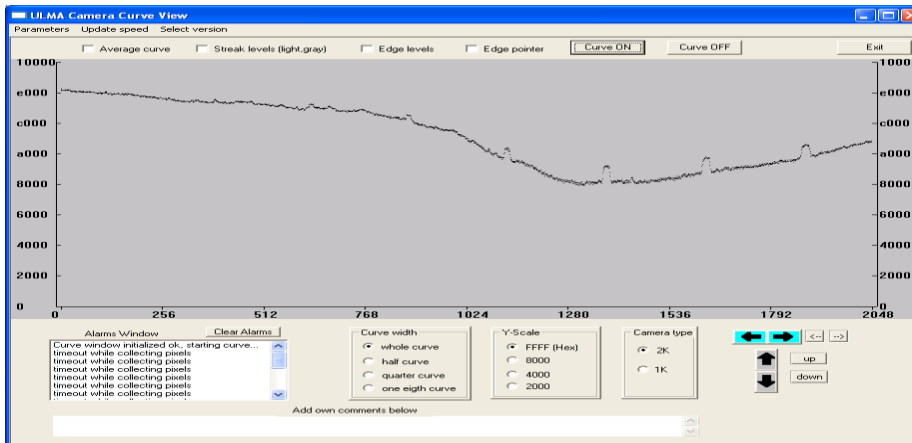
Näyte Nro 3 Linja 3



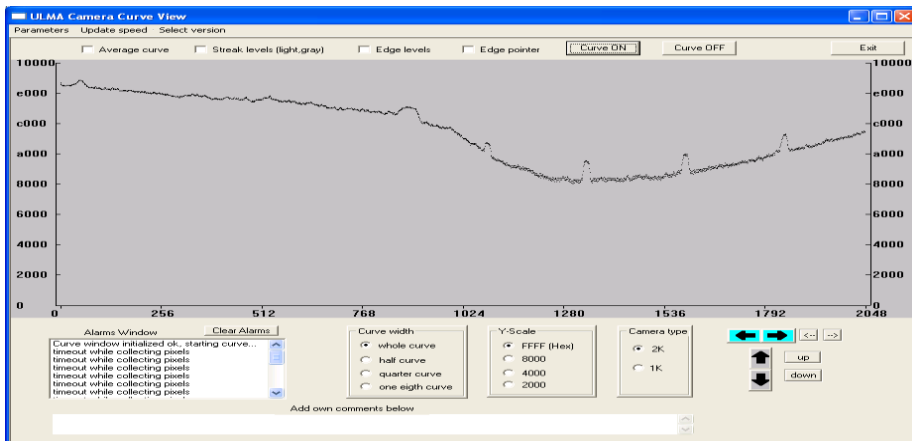
Näyte Nro 4 Linja 3



Näyte Nro 5 Linja 3

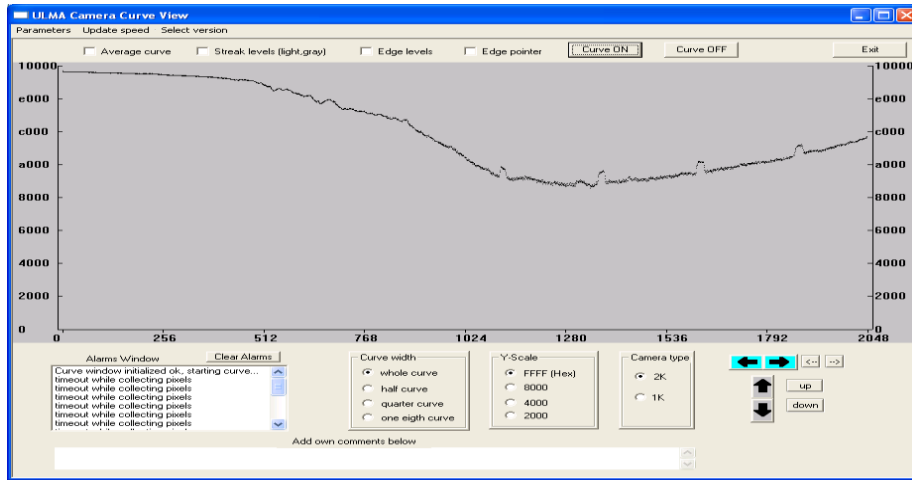


Näyte Nro 6 Linja 3

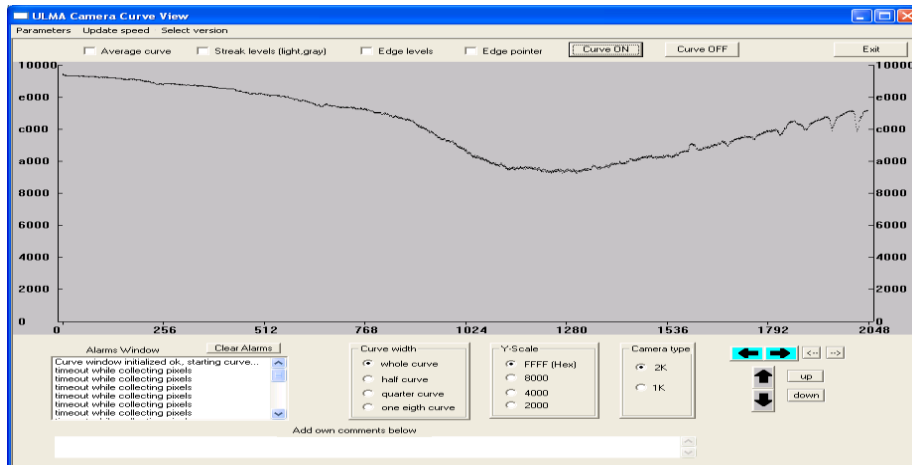


Näyte Nro 7 Linja 3

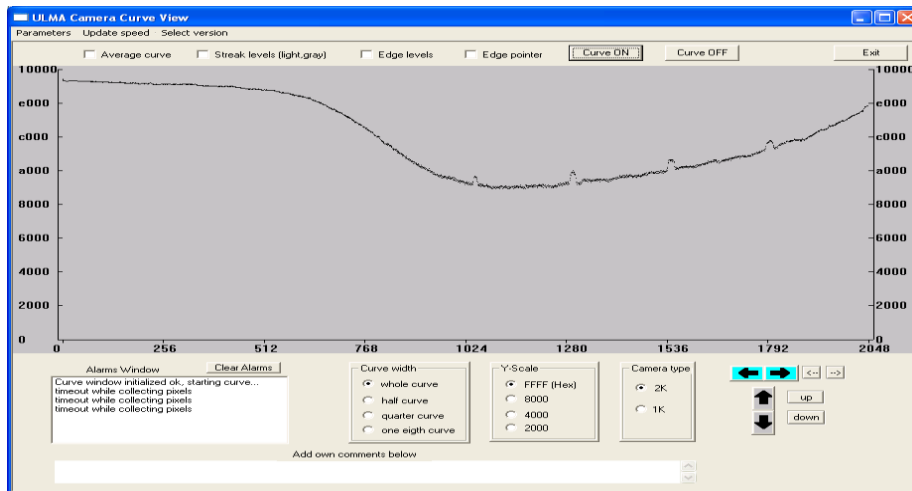




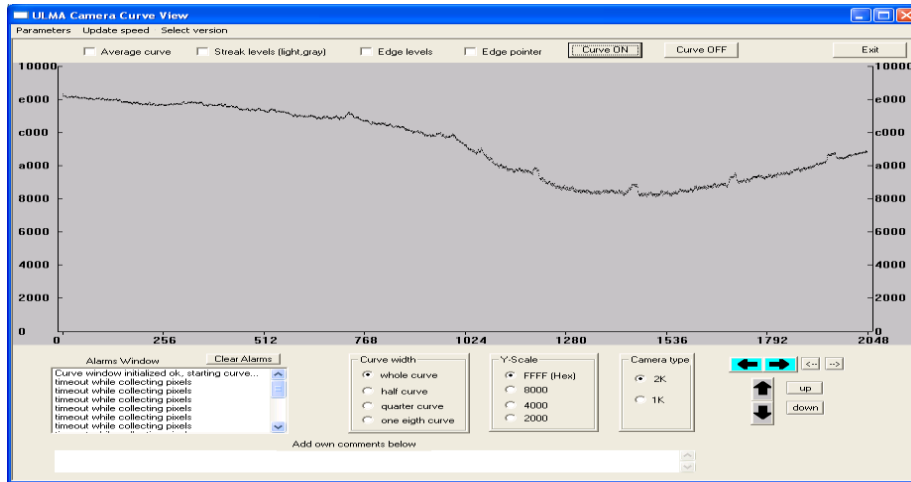
Näyte Nro 3 Linja 4



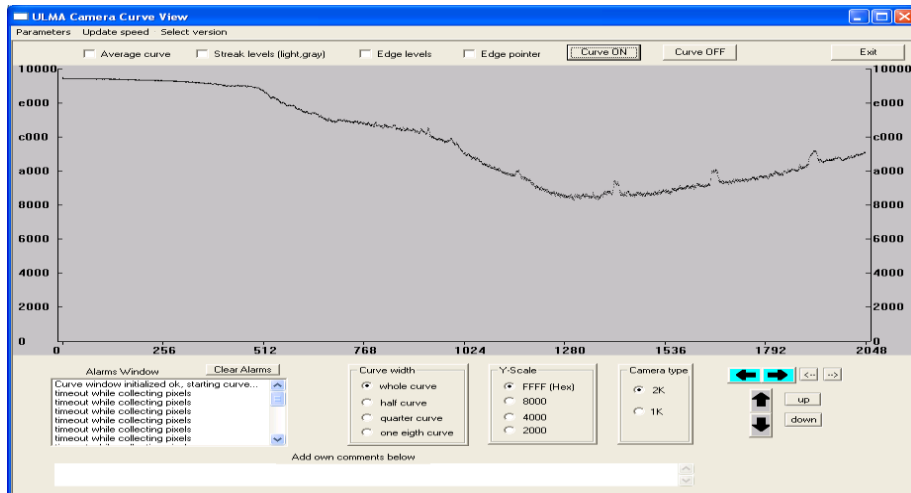
Näyte Nro 4 Linja 4



Näyte Nro 5 Linja 4



Näyte Nro 6 Linja 4



Näyte Nro 7 Linja 4