

LUMECOM

Automaattisen tiedontuotannon kokeilu:
Päällystystyön automaattinen toteutuman
mittaus

YHTEISTYÖSSÄ:



Tiivistelmä

| | |
|----------------------------|--|
| Projektin aihe | Automaattisen tiedontuotannon kokeilu: Päällystystyön automaattinen toteutuman mittaus |
| Työn tilaajat | Liikennevirasto - Katri Eskola - Otto Kärki ELY-Keskus - Tuomas Vasama |
| Konsultointi | Ramboll CM Oy - Niklas Nevalainen |
| Yhteistyökumppanit | Asfalttikallio Oy |
| Laatinut | Jouni Rintamäki – Lumecom Oy |
| Hankkeen tiedot | Liikenneviraston digitalisaatiohanke: Automaattisen tiedon tuotannon kokeilut tieverkon ennakoivassa kunnonhallinnassa ja rataverkon kunnon hallinnassa sekä liikenne- ja liikkumistietojen tuottamisessa." |
| Kokeilun aihealueet | P4 Päällystystyön toteutuminen vaatimusten mukaan P12 Jatkuva tiedontuotantoprosessin kehittäminen |
| Tietoa hankkeesta | Hankkeen tarkoituksena on kokeilla uusia tiedonkeruumenetelmiä infra-alan eri osa-alueilta, jotka parantavat tiedon kulun tehokkuutta prosessien seurannassa. Tässä kokeilussa testataan asfalttityömaiden tuotannon reaaliaikaista seurantaa uuden laitteiston prototyypillä. Kokeilun tavoitteena on testata laitteiston toimivuutta käytännössä ja verrata automaattisella mittauksella tuotettua tietoa perinteisin menetelmin mitattuun tietoon levitettävän asfalttimassan toteutuneesta pinta-alasta ja lämpötilasta. |

Sisällys

| | |
|--|----|
| Tiivistelmä..... | 2 |
| Projektin kuvaus | 4 |
| Järjestelmän edut | 4 |
| Mittalaitteisto..... | 6 |
| Tiedonkeruulaite ja mobiilipääte..... | 6 |
| Pituusmittalaite | 7 |
| Leveysanturi | 8 |
| Lämpöanturit | 9 |
| Mittatulokset ja -analyysi | 11 |
| Työmaan toteumamittaus | 11 |
| Pinta-ala..... | 11 |
| Leveystieto ja pinta-alamittaus | 11 |
| GPS-koordinaatit syötettynä karttaohjelmaan..... | 12 |
| Lämpötilamittaus..... | 13 |
| Asfalttilevittimen pysähdys | 13 |
| Uuden massakuorman purkupaikka..... | 14 |
| Lajittuma..... | 15 |
| Yhteenveto | 16 |
| Referenssi mittalaitteisto | 17 |
| Infrapunamittapistooli..... | 17 |
| Mittapyörä..... | 17 |

Projektin kuvaus

Projektissa testataan uudenlaista asfalttityömaan automaattista Pro Road - tiedonkeruujärjestelmää. Järjestelmä kerää tietoa antureiden avulla asfalttityömaalta. Kerätyt tiedot käsitellään siten että järjestelmän käyttäjät saavat niistä täyden hyödyn ja yleiskuvan työmaasta välittömästi. Tietoa kerätään työmaan leveydestä, pituudesta, sekä lämpötilasta levitetyn asfaltin pinnasta. Järjestelmä on yhteydessä pilvipalvelimeen, johon työmaan tiedot päivittyvät reaaliajassa. Kokeilussa käytetyt mittalaitteet ovat prototyyppitestausvaiheessa, joten valmis tuote voi erota ulkonäöllisesti ja teknisesti kuvissa esiintyvistä.

Järjestelmän edut

Lisää tehokkuutta raportointiin

Automaattinen tiedonkeruu nopeuttaa tiedonkulkua, vähentää välikäsiä ja tarpeetonta raportointia eli ehkäisee työmaatoteumista syntyvän tiedon toistuvia kirjauksia. Lisäksi automatisointi estää inhimillisten virheiden mahdollisuuden. Työmaalta antureilla kerättävä data käsitellään siten että se on valmista laskutukseen, että arkistointiin. Toteumat ja POT-ilmoitus tuodaan Harja-järjestelmään automaattisesti rajapinnan kautta. Visiona on, että POT-ilmoituksen tietojen käsin kirjaaminen jäisi kokonaan pois urakan raportointiprosessista.

Vuorovaikutus työmaaprosesseihin.

Järjestelmän käyttäjillä on mahdollisuus päästä tarkastelemaan työmaan edistymistä, massa-, pinta-ala-, sekä asfalttimassan lämpötilatoteumaa. Järjestelmän on tulevaisuudessa mahdollista vaihtaa tietoja ELY-keskuksen oman Harja-järjestelmän välillä. Nyt työnjohdolla on mahdollisuus seurata työmaan edistymistä mistä tahansa, sekä saada täydelliset työmaaraportit helposti ja nopeasti. Järjestelmän perimmäisenä tarkoituksena on olla tehokas työkalu urakoitsijalle työmaaraportoinnissa, ja -seurannassa.

Asfalttimassan lämpötilan seuranta

Uudenlainen mittaustapa mahdollistaa levitetyn asfalttimassan lämpötilan valvonnan. Järjestelmä tallentaa työmaalle levitetyn asfalttimassan lämpötilat koko työmaan pituudelta, sekä ilmoittaa mahdollisista poikkeamista lämpötilassa, asetettujen raja-arvojen mukaan. Tämä helpottaa reklamaatiotilanteiden ratkaisuisissa, sekä tilaajaa että urakoitsijaa. Myös poikkeamat laadussa lämpötilan osalta saadaan paikallistettua, kuormakohtaiset lämpötilan muutokset, esim. huonot peitteet massa-autossa, liian kauan työmaalla seissyt massakuorma, jne.

Lämpöanturien sijoittelussa yritettiin miettiä mistä kohdista levitettyä massaa on tärkeintä saada tietoa. Ensimmäisenä vaihtoehtona oli ehdottomasti asfaltin saumakohdat, jossa kylmä (aiemmin levitetty pinta) ja kuuma massa yhdistyvät.

Saumojen lämpötilatiedon lisäksi on myös tärkeää saada tietää lämpötila levitetyn massan homogeenisimmasta kohdasta eli keskeltä. Kolmesta pisteestä tehtävällä jatkuvalla mittauksella saadaan hyvä yleiskuva levitetyn massan lämpötilasta.

Urakoiden lämpölaadunvalvonta

Mittatulokset pystytään analysoimaan siten että niitä voidaan käyttää tienpäällystys-urakan laadunvalvonnassa. Tuloksista pystytään laskemaan levittäjän tekemät yli 2min pysähdykset ja laskemaan %-määrät parametrien sisällä vaihtelevista lämpötiloista. Järjestelmän on myös mahdollista informoida käyttäjää poikkeamista välittömästi. Luodaan kuvitteellinen tilanne syksyn työmaassa, jossa alustan lämpötila on n. +5 °C, jolloin liian suuri työnopeus näkyy välittömästi levitetyn pinnan lämpötilassa. Liian alhainen lämpötila jää helposti huomaamatta satunnaisia mittauksia (tarkoittaen IR-pistooli mittauksia) tehtäessä. Kolmen pisteen jatkuvalla mittauksella tieto lämpötilamuutoksista saadaan välittömästi perämiehen tietoon, jolloin korjaavat toimenpiteet saadaan suoritettua ja riskialueet paikannettua.

Pinta-alamittaus antureiden avulla

Tavallisesti työmaan pituus mitataan autoon asennettavan trippimittarin avulla tai käsin mittapyörällä. Työmaan leveys on usein annettu säännöllisin välein työmaalla käsin suoritettavien mittausten perusteella. Työmailla joilla työleveys muuttuu usein, on käsin mitattu arvo usein suuntaa antava. Useat variaatiot mittapyörästä myös antavat mittauksilla verrattain erilaisia tuloksia. Kun tulokset on mitattu, ne raportoidaan eteenpäin ja toimivat laskutuksen perusteena. Automatisoimalla pituus- ja leveysmittaus, saadaan toteumatiedot digitaaliseen muotoon helposti ja vaivattomasti, sekä nykyaikaisesti. Pinta-alamittautustieto voidaan yhdistää massakuormien seurantaan, näin saadaan massan kulutuksen keskiarvo levitettyä neliömäärää kohden (kg/m²).

Tietojen tallennus

Työmaalta kerätyt tiedot eivät lähtökohtaisesti saa kadota missään vaiheessa prosessia. Tallennus tapahtuu vaiheittain eri laitteisiin jolloin yhden linkin puuttuessa, tiedot säilyvät muissa laitteissa. Tämä tarkoittaa sitä, että tietojen täydellinen menettäminen ja tuhoutuminen on ehkäisty hyvin tehokkaasti. Tietoturva on myös ollut tärkeänä osana suunnittelussa, minkä ansiosta kolmansien osapuolien ei ole mahdollista päästä käsiksi urakoitsijan tietoihin. Kerätyt tiedot arkistoidaan lopuksi palvelimelle ja ne säilytetään urakkasopimuksessa määritellyn ajan.

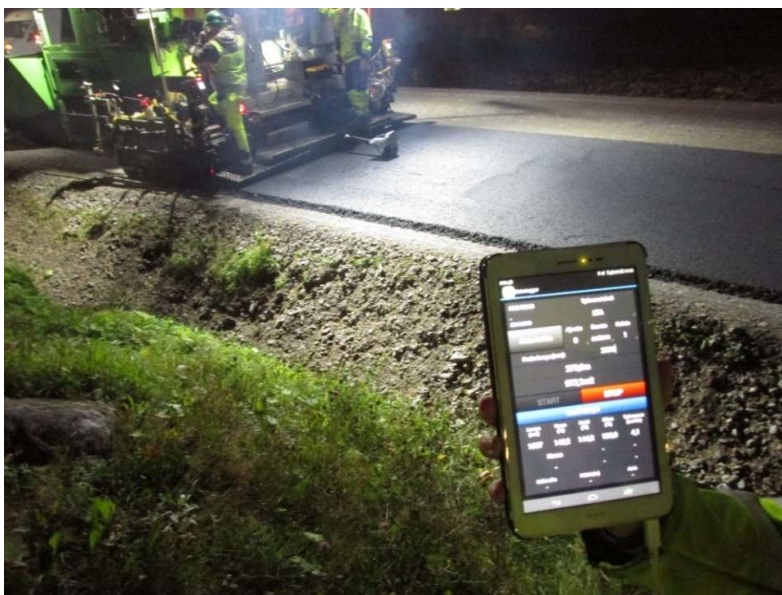
Mittalaitteisto

Tiedonkeruulaite ja mobiilipääte

Tiedonkeruulaite kerää tiedot antureilta talteen sitoen ne aikaan ja paikkaan. Nämä tiedot siirretään langattomasti mobiililaitteeseen (tabletti tai älypuhelin). Mobiililaitte taas näyttää yhteenvetot kerätyistä tiedoista näytöllä, sekä lähettää tiedot pilvipalvelimelle reaaliajassa. Mobiililaitteen ruudulta nähdään mm. seuraavat tiedot: Mitattu matka, pinta-ala, lämpötilat antureilta ja tierekisteriosoite. Jatkossa saadaan näkymään myös massakuormien seuranta, sekä massa-autojen sijainnit.



Kuva 1. Tiedonkeruulaite.



Kuva 2. Mobiililaitte langattomassa yhteydessä tiedonkeruulaitteeseen.

Pituusmittalaite

Projektin kannalta oli erittäin tärkeää saada toimiva mittalaite, joka saa mitattua vakiolaatuista tietoa työmaan pituudesta. Tähän tarkoitukseen kehitettiin täysin uudenlainen anturi joka mittaa toteuman suoraan asfalttikoneen työjäljestä. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että anturi operoi juuri levitetyn tiivistämättömän asfaltin pinnalla. Laite on rakennettu siten että asfalttimassan tarttuminen laitteeseen ei ole mahdollista. Mittalaite lähettää mittapulseja, joiden määrä kerrotaan erikseen määritellyllä luvulla, jolloin saadaan kuljettu matka.



Kuva 3. Prototyyppi-pituusmittalaite asfalttilevittimen perässä.

Leveysanturi

Työleveyden mittaamisessa käytettiin lineaarista liikettä mittaavaa anturia, jonka mittausleveys on 0-3000mm. Ennen työmaatestiä suoritettua kalibroinnissa anturi antoi leveytuloksen +/- 1mm tarkkuudella. Anturilla saadaan pieninkin perän leveyden muutos talteen. Anturi sijoitettiin siten että ulkoiset tekijät eivät häiritse sen toimintaa.

Leveysanturi asennetaan asfalttilevittäjän zoomeihin kiinnitysrautojen avulla.



Kuva 4. Leveysanturi asennettuna.

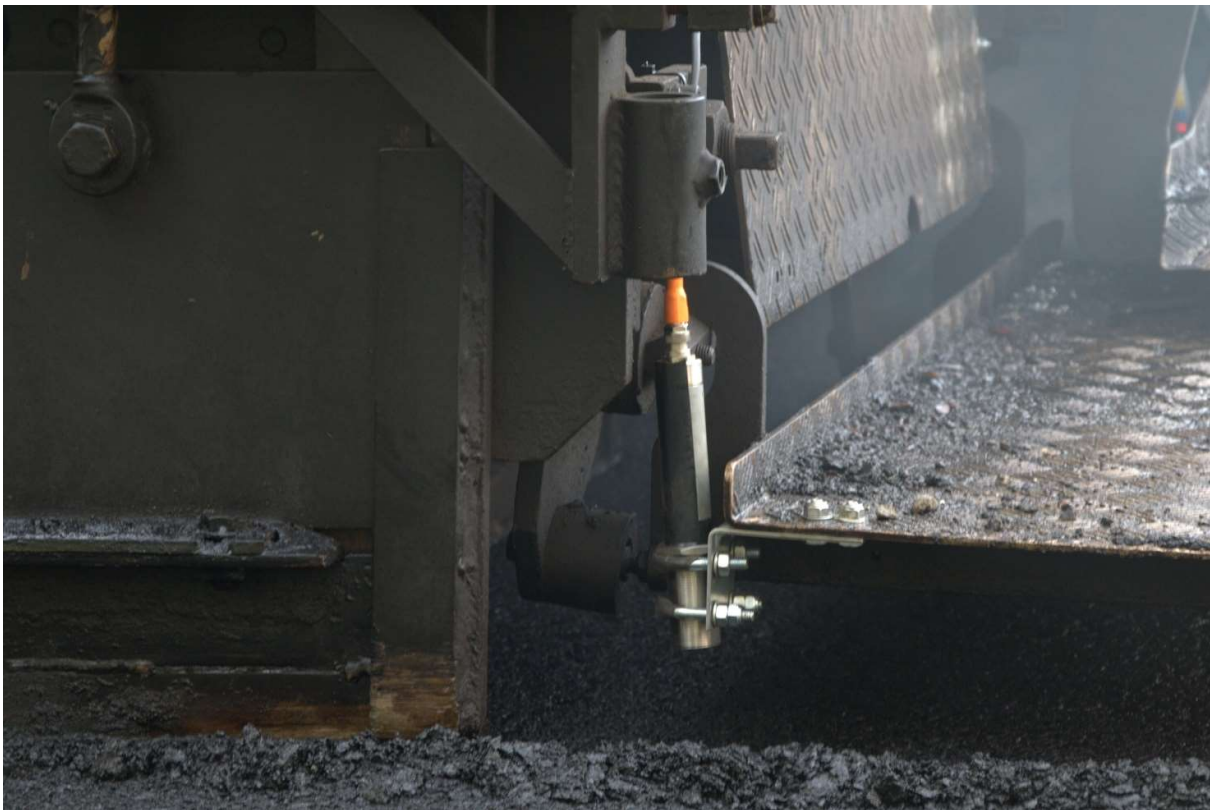
Lämpöanturit

Infrapunälämpöanturi

Lämpötilamittauksessa käytettiin IR (infrapuna) - lämpöantureita, jotka ovat erityisesti suunniteltu asfaltin aallonpituudelle. Laitevalmistaja toimittaa antureita asfalttitehtaille sekä asfalttilevittimiin.

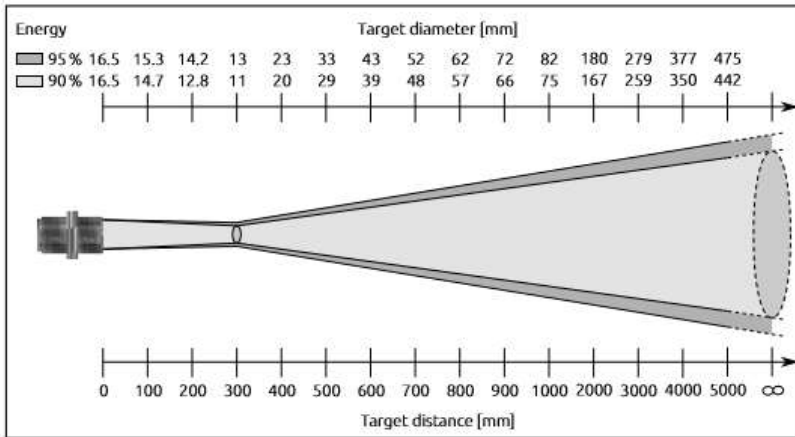
Mittalaitteet asennettiin asfalttilevittimen perän astinlautoihin. Ulommat anturit asennettiin siten että ne liikkuva perän zoomiosien mukana mitaten sekunnin välein massan lämpötilaa sauman vierestä.

Mittalaitteen optisen lukijan sekä asfaltin välinen etäisyys oli 100 mm.



Kuva 5. Lämpöanturi asennettuna asfalttilevittimen vasemmalle puolelle.

| Anturi | Asennuspaikka | Etäisyys asfalttiin |
|--------------|--|---------------------|
| Vasen anturi | Astinlaudan ulkoreuna | 100 mm |
| Keskianturi | Astinlaudan etupuolella perän keskellä | 100 mm |
| Oikea anturi | Astinlaudan ulkoreuna | 100 mm |



Kuva 6. Lämpöanturin mitta-alue. Mittauksissa käytetty etäisyys oli 100mm -> 15,30mm mitta-alueen halkaisija (datalehti).

Single-colour infrared thermometer

| Measuring range | Application |
|-----------------|---|
| 0 - 500 °C | Non-metals in aggressive measuring environment |

Kuva 7. Valmistajalta laitteistotietoja (datalehti).

High optical resolution and accuracy due to wide band anti-reflective precision lenses
 Target sizes from Ø 1.2 mm
 High temperature resolution over large measuring ranges

Kuva 8. Valmistajalta laitteistotietoja (data sheet).

Työmaatestissä lämpöanturin antamaa tietoa verrattiin kahteen eri IR-pistooliin. Ramboll CM Oy:n konsultin mittalaitteeseen oli tuloksessa n. 1 °C:n ero. Referenssilaitteeseen (Ampro) mittaero oli huomattava (n. 10-16 °C), mikä kertoo referenssilaitteen epäluotettavuudesta.

Mittatulokset ja -analyysi

Työmaan toteumamittaus

Pinta-alamittaus suoritettiin mittaamalla [työmaan pituus] x [leveys] jokaisen pituusmittapulssin kohdalta. Tällä tavoin saadaan erittäin lähellä todellista oleva pinta-ala levitetulle asfaltille.

Mittauksessa otettiin kaksi erillistä kontrolliväliä, minkä perusteella suoritettiin mittapyörän kalibrointi. Mittapyörän matemaattinen kehänpituus suhteutettuna varsinaiseen mittapyörän pyörimiseen työmaaolosuhteissa kuuman asfaltin pinnalla on $521,5 \text{ mm} * 1,014 = 596,0 \text{ mm}$. Liitteenä mittatiedostot sekä analyysi mittauksista. Todettakoon että matemaattinen laskukaava soveltuu ainoastaan laboratorio-olosuhteissa vakiolaatuisella erittäin tasaisella pinnalla, jossa kitka ja pyörimisliike ovat vakiot.

| | |
|---|----------|
| Alkuperäinen matka / pyörähdys mittapyörältä | 521,5 mm |
| Mittaeron keskiarvo | 14,29 % |
| Korjattu matka / pyörähdys mittapyörältä | 596,0 mm |

Pinta-ala

Leveystieto ja pinta-alamittaus

Järjestelmään syötetään asfalttikoneen perän minimileveys. Tähän leveyteen lisätään anturin ilmoittama zoomien sijainnista riippuva leveyslukema. Esim. jos perän minimileveys on 2500 mm ja toisen puolen zoomia avataan 1000mm, niin saadaan kokonaistyöleveydeksi 3000mm.

Alla työmaalta mitatut pinta-alat alkuperäisellä laskukaavalla, johon on korjattu kalibroitu pituuslukema, sekä mittapyörän avulla laskettu pinta-ala. Mittapyörämittauksessa käytetty työmaan keskileveys on 3,40 m (perustuu antureilla kerättyyn keskiarvoon, sekä käsintehtyihin mittauksiin).

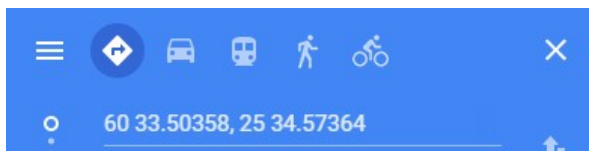
| | Mitattu pinta-ala | Pinta-ala kalibroinnin jälkeen |
|-----------------------------|--------------------------|---------------------------------------|
| Mittaus 1 (760,40 m) | 2266,82 m ² | 2590,71 m ² |
| Mittaus 2 (587,60 m) | 1735,96 m ² | 1984,03 m ² |

Tulokset käsikäyttöisen mittapyörän avulla:

| | Mitattu pinta-ala | Ero kalibroituun mittaukseen |
|------------------|---------------------|------------------------------|
| Mittaus 1 | 2585 m ² | - 0,23 % |
| Mittaus 2 | 1997 m ² | + 0,65 % |

GPS-koordinaatit syötettynä karttaohjelmaan

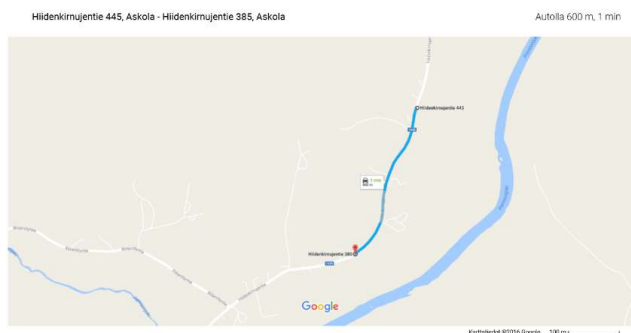
Mittatiedoista poimitut GPS-koordinaatit syötettiin Google-Maps palvelun hakukenttiin. Tuloksena saatiin graafinen näkymä työkonen siirtymästä matkasta. Valmiissa järjestelmässä tullaan käyttämään Open street map -kartastoa. Valmiiseen järjestelmään lisätään myös algoritmi, joka kääntää GPS-koordinaatit tierekisteriosoitteeksi. Testimittaukset osuivat tierekisterivälille 1635/to 3/pl 1845 – pl 490, suuntaan 1.



Kuva 9. Koordinaattien syöttö hakukenttään.



Kuva 10. Mittaus 1 GPS-koordinaatit syötettynä Google-Mapsiin.



Kuva 11. Mittaus 2 GPS-koordinaatit syötettynä Google-Mapsiin.

Lämpötilamittaus

Työmaalta kerätyistä tiedosta pystyttiin paikallistamaan muutokset massan lämpötilassa. Monipuolisen tiedon avulla pystytään päättelemään vaivattomasti mitä työmaalla on tapahtunut milläkin hetkellä. Tiedon tallennusjärjestelmä käyttää UTC/GMT-aikaa, jonka ero Suomen aikaan kesäaikana on 3 h. Alla kuvattuna eri skenaarioita työmaalta. Lämpötilasolut ovat kuvissa värjättyinä oranssi-vihreänä.

Asfalttilevittimen pysähdys

Alla kuvat tiedostosta asfalttilevittimen pysähdyksestä 3.10. klo 17:17 – 17:35 välisenä aikana.

| | | | | | | | | | | | |
|------|----|------|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|------|---|---------|----------|
| 2486 | 10 | 7145 | 03.10.2016 03.10.2016 14.17.40 | 166,8 | 169,6 | 163,6 | 893,7 | 2500 | 0 | 322,29 | 1102,419 |
| 2487 | 10 | 7146 | 03.10.2016 14.17.40 | 166,4 | 168,4 | 164,4 | 893,7 | 2500 | 0 | 322,29 | 1102,419 |
| 2488 | 10 | 7147 | 03.10.2016 03.10.2016 14.17.43 | 165,2 | 164,8 | 163,2 | 893,7 | 2500 | 1 | 322,811 | 1104,189 |
| 2489 | 10 | 7148 | 03.10.2016 03.10.2016 14.17.43 | 167,2 | 166,8 | 163,2 | 893,7 | 2500 | 0 | 322,811 | 1104,189 |
| 2490 | 10 | 7149 | 03.10.2016 14.17.43 | 168 | 164,8 | 162,8 | 893,7 | 2500 | 1 | 323,333 | 1105,959 |
| 2491 | 10 | 7150 | 03.10.2016 03.10.2016 14.17.47 | 166,8 | 166 | 164,4 | 893,7 | 2500 | 0 | 323,333 | 1105,959 |
| 2492 | 10 | 7151 | 03.10.2016 14.17.45 | 168,4 | 168,4 | 161,6 | 893,7 | 2500 | 0 | 323,333 | 1105,959 |
| 2493 | 10 | 7152 | 03.10.2016 03.10.2016 14.17.47 | 167,6 | 166 | 163,2 | 893,7 | 2500 | 1 | 323,854 | 1107,729 |
| 2494 | 10 | 7153 | 03.10.2016 14.17.47 | 168 | 166,4 | 160,8 | 897,9 | 2500 | 0 | 323,854 | 1107,729 |
| 2495 | 10 | 7154 | 03.10.2016 03.10.2016 14.17.49 | 168,8 | 168 | 161,2 | 897,9 | 2500 | 0 | 323,854 | 1107,729 |
| 2496 | 10 | 7155 | 03.10.2016 14.17.49 | 168 | 166 | 164 | 893,7 | 2500 | 1 | 324,376 | 1109,499 |
| 2497 | 10 | 7156 | 03.10.2016 03.10.2016 14.17.51 | 166 | 164,8 | 162,4 | 893,7 | 2500 | 0 | 324,376 | 1109,499 |
| 2498 | 10 | 7157 | 03.10.2016 14.17.51 | 164 | 164,4 | 162,8 | 893,7 | 2500 | 1 | 324,897 | 1111,268 |
| 2499 | 10 | 7158 | 03.10.2016 03.10.2016 14.17.58 | 166 | 164 | 160,8 | 893,7 | 2500 | 0 | 324,897 | 1111,268 |
| 2500 | 10 | 7159 | 03.10.2016 03.10.2016 14.18.00 | 167,6 | 162,4 | 160,4 | 893,7 | 2500 | 0 | 324,897 | 1111,268 |
| 2501 | 10 | 7160 | 03.10.2016 14.17.54 | 168 | 161,6 | 159,6 | 893,7 | 2500 | 0 | 324,897 | 1111,268 |
| 2502 | 10 | 7161 | 03.10.2016 03.10.2016 14.18.02 | 168 | 160,8 | 158,8 | 893,7 | 2500 | 0 | 324,897 | 1111,268 |
| 2503 | 10 | 7162 | 03.10.2016 14.17.56 | 167,6 | 160,4 | 158,4 | 893,7 | 2500 | 0 | 324,897 | 1111,268 |
| 2504 | 10 | 7163 | 03.10.2016 03.10.2016 14.17.58 | 167,2 | 160 | 157,6 | 893,7 | 2500 | 0 | 324,897 | 1111,268 |
| 2505 | 10 | 7164 | 03.10.2016 14.17.58 | 167,2 | 159,6 | 157,2 | 893,7 | 2500 | 0 | 324,897 | 1111,268 |
| 2506 | 10 | 7165 | 03.10.2016 03.10.2016 14.18.00 | 166,8 | 159,2 | 156,8 | 893,7 | 2500 | 0 | 324,897 | 1111,268 |
| 2507 | 10 | 7166 | 03.10.2016 14.18.00 | 166,4 | 158,8 | 156,4 | 893,7 | 2500 | 0 | 324,897 | 1111,268 |
| 2508 | 10 | 7167 | 03.10.2016 03.10.2016 14.18.02 | 166 | 158,4 | 156 | 893,7 | 2500 | 0 | 324,897 | 1111,268 |
| 2509 | 10 | 7168 | 03.10.2016 14.18.02 | 166 | 158,4 | 155,6 | 893,7 | 2500 | 0 | 324,897 | 1111,268 |

Kuva 12. Lämpötila 3.10. klo 14:17, pysähdyksen alku.

| | | | | | | | | | | | |
|------|----|------|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|------|---|---------|----------|
| 3548 | 10 | 8207 | 03.10.2016 03.10.2016 14.35.22 | 115,6 | 120,4 | 100,4 | 893,7 | 2500 | 0 | 324,897 | 1111,268 |
| 3549 | 10 | 8208 | 03.10.2016 14.35.22 | 115,6 | 120,4 | 100,4 | 893,7 | 2500 | 0 | 324,897 | 1111,268 |
| 3550 | 10 | 8209 | 03.10.2016 03.10.2016 14.35.24 | 115,6 | 120,4 | 100,4 | 893,7 | 2500 | 0 | 324,897 | 1111,268 |
| 3551 | 10 | 8210 | 03.10.2016 14.35.24 | 115,6 | 120,4 | 100,4 | 893,7 | 2500 | 0 | 324,897 | 1111,268 |
| 3552 | 10 | 8211 | 03.10.2016 03.10.2016 14.35.26 | 115,6 | 120,4 | 100,4 | 893,7 | 2500 | 0 | 324,897 | 1111,268 |
| 3553 | 10 | 8212 | 03.10.2016 14.35.26 | 115,6 | 120,4 | 100,4 | 893,7 | 2500 | 0 | 324,897 | 1111,268 |
| 3554 | 10 | 8213 | 03.10.2016 03.10.2016 14.35.29 | 115,6 | 120,4 | 100,4 | 893,7 | 2500 | 0 | 324,897 | 1111,268 |
| 3555 | 10 | 8214 | 03.10.2016 03.10.2016 14.35.29 | 115,6 | 120,4 | 100,4 | 893,7 | 2500 | 0 | 324,897 | 1111,268 |
| 3556 | 10 | 8215 | 03.10.2016 14.35.29 | 115,2 | 120,4 | 101,2 | 893,7 | 2500 | 0 | 324,897 | 1111,268 |
| 3557 | 10 | 8216 | 03.10.2016 03.10.2016 14.35.31 | 124,8 | 120 | 117,2 | 893,7 | 2500 | 0 | 324,897 | 1111,268 |
| 3558 | 10 | 8217 | 03.10.2016 14.35.31 | 146,8 | 119,2 | 139,6 | 893,7 | 2500 | 0 | 324,897 | 1111,268 |
| 3559 | 10 | 8218 | 03.10.2016 03.10.2016 14.35.34 | 155,6 | 132,8 | 146,8 | 893,7 | 2500 | 1 | 325,419 | 1113,038 |
| 3560 | 10 | 8219 | 03.10.2016 03.10.2016 14.35.34 | 159,6 | 143,2 | 153,6 | 893,7 | 2500 | 0 | 325,419 | 1113,038 |
| 3561 | 10 | 8220 | 03.10.2016 14.35.34 | 163,2 | 153,2 | 161,6 | 897,9 | 2500 | 0 | 325,419 | 1113,038 |
| 3562 | 10 | 8221 | 03.10.2016 03.10.2016 14.35.38 | 162,8 | 159,6 | 162 | 897,9 | 2500 | 1 | 325,94 | 1114,81 |
| 3563 | 10 | 8222 | 03.10.2016 03.10.2016 14.35.39 | 164 | 161,2 | 157,6 | 897,9 | 2500 | 0 | 325,94 | 1114,81 |
| 3564 | 10 | 8223 | 03.10.2016 14.35.38 | 161,2 | 163,6 | 157,6 | 893,7 | 2500 | 0 | 325,94 | 1114,81 |
| 3565 | 10 | 8224 | 03.10.2016 14.35.39 | 162,4 | 166 | 158,4 | 897,9 | 2500 | 0 | 325,94 | 1114,81 |
| 3566 | 10 | 8225 | 03.10.2016 14.35.39 | 163,6 | 167,2 | 157,2 | 897,9 | 2500 | 0 | 325,94 | 1114,81 |
| 3567 | 10 | 8226 | 03.10.2016 03.10.2016 14.35.39 | 165,2 | 166,8 | 158,8 | 893,7 | 2500 | 1 | 326,462 | 1116,58 |

Kuva 13. Lämpötila 3.10. klo 14:35, uusi liikkeelle lähtö.

Uuden massakuorman purkupaikka

Massakuormien purkupaikat pystytään näkemään massan lämpötilamuutoksesta. Lisäksi purkupaikat saadaan jatkossa massa-autosovelluksen avulla. Tuorempi massakuorma on selvästi kuumempaa kuin edellisen kuorman viimeiset massat. Alla kuvat tiedostosta uuden kuorman kohdalta, samalla voidaan todeta, että asfalttilevitin ei ole pysähtynyt autojen vaihdon välillä.

| | | | | | | | | | | | | | |
|------|----|------|------------|-----------|-----------|-------|-------|-------|-------|------|---|---------|----------|
| 4582 | 10 | 9241 | 03.10.2016 | 6033.6521 | 02534.630 | 161,6 | 150 | 160,8 | 931,5 | 2500 | 0 | 417,725 | 1431,922 |
| 4583 | 10 | 9242 | 03.10.2016 | 6033.6520 | 02534.630 | 159,6 | 150,4 | 161,2 | 931,5 | 2500 | 1 | 418,246 | 1433,712 |
| 4584 | 10 | 9243 | 03.10.2016 | 6033.6518 | 02534.630 | 158,8 | 152 | 159,2 | 931,5 | 2500 | 0 | 418,246 | 1433,712 |
| 4585 | 10 | 9244 | 03.10.2016 | 14.52.38 | | 159,6 | 152 | 159,6 | 931,5 | 2500 | 1 | 418,768 | 1435,501 |
| 4586 | 10 | 9245 | 03.10.2016 | 6033.6514 | 02534.630 | 158,4 | 151,6 | 160,4 | 931,5 | 2500 | 0 | 418,768 | 1435,501 |
| 4587 | 10 | 9246 | 03.10.2016 | 6033.6513 | 02534.630 | 156,8 | 152,4 | 161,6 | 931,5 | 2500 | 0 | 418,768 | 1435,501 |
| 4588 | 10 | 9247 | 03.10.2016 | 14.52.41 | | 157,2 | 153,6 | 161,2 | 931,5 | 2500 | 1 | 419,289 | 1437,291 |
| 4589 | 10 | 9248 | 03.10.2016 | 6033.6511 | 02534.630 | 158,4 | 155,2 | 159,6 | 931,5 | 2500 | 0 | 419,289 | 1437,291 |
| 4590 | 10 | 9249 | 03.10.2016 | 14.52.43 | | 158 | 155,2 | 160,4 | 931,5 | 2500 | 1 | 419,811 | 1439,08 |
| 4591 | 10 | 9250 | 03.10.2016 | 6033.6508 | 02534.630 | 159,6 | 153,2 | 159,6 | 931,5 | 2500 | 0 | 419,811 | 1439,08 |
| 4592 | 10 | 9251 | 03.10.2016 | 14.52.45 | | 159,2 | 153,2 | 157,6 | 931,5 | 2500 | 0 | 419,811 | 1439,08 |
| 4593 | 10 | 9252 | 03.10.2016 | 6033.6505 | 02534.630 | 160,8 | 152,8 | 158,4 | 931,5 | 2500 | 1 | 420,332 | 1440,87 |
| 4594 | 10 | 9253 | 03.10.2016 | 14.52.47 | | 160 | 156,8 | 155,2 | 931,5 | 2500 | 0 | 420,332 | 1440,87 |
| 4595 | 10 | 9254 | 03.10.2016 | 6033.6502 | 02534.630 | 160 | 154,4 | 159,6 | 931,5 | 2500 | 1 | 420,854 | 1442,659 |
| 4596 | 10 | 9255 | 03.10.2016 | 14.52.49 | | 159,2 | 165,6 | 158,4 | 931,5 | 2500 | 0 | 420,854 | 1442,659 |
| 4597 | 10 | 9256 | 03.10.2016 | 6033.6499 | 02534.630 | 155,2 | 160,8 | 158,8 | 931,5 | 2500 | 0 | 420,854 | 1442,659 |
| 4598 | 10 | 9257 | 03.10.2016 | 14.52.51 | | 156 | 155,6 | 158 | 931,5 | 2500 | 0 | 420,854 | 1442,659 |
| 4599 | 10 | 9258 | 03.10.2016 | 6033.6497 | 02534.630 | 158 | 164,8 | 156,4 | 931,5 | 2500 | 0 | 420,854 | 1442,659 |
| 4600 | 10 | 9259 | 03.10.2016 | 14.52.53 | | 157,6 | 164,8 | 156,8 | 931,5 | 2500 | 1 | 421,375 | 1444,449 |
| 4601 | 10 | 9260 | 03.10.2016 | 6033.6494 | 02534.630 | 157,6 | 172 | 156 | 931,5 | 2500 | 0 | 421,375 | 1444,449 |
| 4602 | 10 | 9261 | 03.10.2016 | 14.52.55 | | 158 | 168,8 | 158,4 | 931,5 | 2500 | 0 | 421,375 | 1444,449 |
| 4603 | 10 | 9262 | 03.10.2016 | 6033.6491 | 02534.630 | 157,2 | 175,6 | 156 | 918,9 | 2500 | 1 | 421,897 | 1446,232 |
| 4604 | 10 | 9263 | 03.10.2016 | 6033.6490 | 02534.630 | 157,6 | 172 | 156,8 | 923,1 | 2500 | 0 | 421,897 | 1446,232 |
| 4605 | 10 | 9264 | 03.10.2016 | 14.52.58 | | 157,2 | 178 | 154,4 | 935,7 | 2500 | 0 | 421,897 | 1446,232 |
| 4606 | 10 | 9265 | 03.10.2016 | 6033.6487 | 02534.630 | 158 | 179,6 | 157,2 | 935,7 | 2500 | 1 | 422,418 | 1448,023 |
| 4607 | 10 | 9266 | 03.10.2016 | 14.53.00 | | 158,4 | 173,6 | 156,4 | 944,1 | 2500 | 0 | 422,418 | 1448,023 |
| 4608 | 10 | 9267 | 03.10.2016 | 6033.6485 | 02534.630 | 158 | 174 | 157,2 | 944,1 | 2500 | 1 | 422,94 | 1449,819 |
| 4609 | 10 | 9268 | 03.10.2016 | 6033.6483 | 02534.630 | 157,6 | 175,2 | 154,8 | 944,1 | 2500 | 0 | 422,94 | 1449,819 |

Kuva 14. Uuden kuorman massa alkaa levitä perän keskeltä. 3.10. klo 17:52.

| | | | | | | | | | | | | | |
|------|----|------|------------|-----------|-----------|-------|-------|-------|-------|------|---|---------|----------|
| 4659 | 10 | 9318 | 03.10.2016 | 6033.6414 | 02534.629 | 164,8 | 164,4 | 156,8 | 931,5 | 2500 | 0 | 431,806 | 1480,32 |
| 4660 | 10 | 9319 | 03.10.2016 | 14.53.53 | | 166,8 | 164,4 | 158 | 931,5 | 2500 | 1 | 432,327 | 1482,11 |
| 4661 | 10 | 9320 | 03.10.2016 | 6033.6411 | 02534.628 | 161,2 | 169,2 | 160,8 | 931,5 | 2500 | 0 | 432,327 | 1482,11 |
| 4662 | 10 | 9321 | 03.10.2016 | 6033.6410 | 02534.628 | 161,2 | 162 | 159,6 | 931,5 | 2500 | 0 | 432,327 | 1482,11 |
| 4663 | 10 | 9322 | 03.10.2016 | 14.53.56 | | 162,8 | 167,6 | 162 | 931,5 | 2500 | 1 | 432,849 | 1483,899 |
| 4664 | 10 | 9323 | 03.10.2016 | 6033.6407 | 02534.628 | 167,2 | 169,6 | 164,8 | 931,5 | 2500 | 0 | 432,849 | 1483,899 |
| 4665 | 10 | 9324 | 03.10.2016 | 6033.6406 | 02534.628 | 165,6 | 168,8 | 160,4 | 931,5 | 2500 | 1 | 433,37 | 1485,689 |
| 4666 | 10 | 9325 | 03.10.2016 | 14.53.59 | | 162,4 | 169,6 | 160,4 | 931,5 | 2500 | 0 | 433,37 | 1485,689 |
| 4667 | 10 | 9326 | 03.10.2016 | 6033.6403 | 02534.628 | 172,8 | 170 | 158,4 | 931,5 | 2500 | 0 | 433,37 | 1485,689 |
| 4668 | 10 | 9327 | 03.10.2016 | 14.54.01 | | 172 | 164,4 | 162,8 | 931,5 | 2500 | 1 | 433,892 | 1487,478 |
| 4669 | 10 | 9328 | 03.10.2016 | 6033.6400 | 02534.628 | 172 | 163,6 | 164,4 | 931,5 | 2500 | 0 | 433,892 | 1487,478 |
| 4670 | 10 | 9329 | 03.10.2016 | 14.54.03 | | 172,8 | 166,8 | 161,2 | 931,5 | 2500 | 1 | 434,413 | 1489,268 |
| 4671 | 10 | 9330 | 03.10.2016 | 6033.6398 | 02534.628 | 172,8 | 163,2 | 162,8 | 931,5 | 2500 | 0 | 434,413 | 1489,268 |
| 4672 | 10 | 9331 | 03.10.2016 | 14.54.05 | | 166,8 | 162,4 | 160 | 931,5 | 2500 | 0 | 434,413 | 1489,268 |
| 4673 | 10 | 9332 | 03.10.2016 | 6033.6395 | 02534.628 | 167,2 | 166,4 | 163,6 | 931,5 | 2500 | 1 | 434,935 | 1491,057 |
| 4674 | 10 | 9333 | 03.10.2016 | 14.54.07 | | 165,6 | 168,8 | 156,8 | 931,5 | 2500 | 0 | 434,935 | 1491,057 |
| 4675 | 10 | 9334 | 03.10.2016 | 6033.6392 | 02534.628 | 165,6 | 161,6 | 164,4 | 931,5 | 2500 | 1 | 435,456 | 1492,847 |
| 4676 | 10 | 9335 | 03.10.2016 | 6033.6391 | 02534.628 | 167,6 | 163,2 | 161,6 | 927,3 | 2500 | 0 | 435,456 | 1492,847 |
| 4677 | 10 | 9336 | 03.10.2016 | 6033.6390 | 02534.628 | 168,8 | 159,6 | 163,2 | 931,5 | 2500 | 0 | 435,456 | 1492,847 |

Kuva 15. Uuden kuorman massa on levinnyt koko perän leveydelle.

Lajittuma

Tiedostosta pystytään myös paikallistamaan lajittumat massakuormissa. Yhdistettäessä massa-autoseuranta ja massan lämpötilan tasalaatuisuuden toistuvuus, pystytään todentamaan, onko samalla autolla useammin esimerkiksi viileä tai lajittunut kuorma kydyissään.

Lajittuma massassa 3.10.2016 klo 17:05 ja 16:49

| | | | | | | | | | | | |
|------|----|------|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|------|---|---------|----------|
| 1720 | 10 | 6379 | 03.10.2016(6033.7816 02534.586 | 162,8 | 174,4 | 169,6 | 952,4 | 2500 | 0 | 207,037 | 708,9668 |
| 1721 | 10 | 6380 | 03.10.2016(6033.7816 02534.586 | 162,8 | 172 | 170,8 | 952,4 | 2500 | 1 | 207,559 | 710,7673 |
| 1722 | 10 | 6381 | 03.10.2016 14.04.55 | 162,4 | 166 | 170,8 | 952,4 | 2500 | 0 | 207,559 | 710,7673 |
| 1723 | 10 | 6382 | 03.10.2016(6033.7816 02534.586 | 162 | 165,2 | 174 | 948,3 | 2500 | 0 | 207,559 | 710,7673 |
| 1724 | 10 | 6383 | 03.10.2016 14.04.57 | 165,2 | 165,6 | 171,2 | 952,4 | 2500 | 0 | 207,559 | 710,7673 |
| 1725 | 10 | 6384 | 03.10.2016(6033.7813 02534.586 | 166,4 | 163,6 | 173,6 | 952,4 | 2500 | 0 | 207,559 | 710,7673 |
| 1726 | 10 | 6385 | 03.10.2016 14.04.59 | 167,2 | 167,6 | 171,6 | 952,4 | 2500 | 1 | 208,08 | 712,5678 |
| 1727 | 10 | 6386 | 03.10.2016(6033.7810 02534.587 | 168,4 | 166,4 | 173,6 | 952,4 | 2500 | 0 | 208,08 | 712,5678 |
| 1728 | 10 | 6387 | 03.10.2016(6033.7808 02534.587 | 164,8 | 163,2 | 173,2 | 948,3 | 2500 | 1 | 208,602 | 714,366 |
| 1729 | 10 | 6388 | 03.10.2016 14.05.02 | 165,2 | 158 | 171,6 | 948,3 | 2500 | 0 | 208,602 | 714,366 |
| 1730 | 10 | 6389 | 03.10.2016(6033.7808 02534.587 | 170,4 | 153,6 | 169,2 | 952,4 | 2500 | 0 | 208,602 | 714,366 |
| 1731 | 10 | 6390 | 03.10.2016(6033.7806 02534.587 | 170,4 | 155,2 | 170,4 | 948,3 | 2500 | 1 | 209,123 | 716,1643 |
| 1732 | 10 | 6391 | 03.10.2016 14.05.05 | 170,4 | 147,6 | 171,2 | 948,3 | 2500 | 0 | 209,123 | 716,1643 |
| 1733 | 10 | 6392 | 03.10.2016(6033.7804 02534.587 | 169,6 | 136 | 168 | 952,4 | 2500 | 1 | 209,645 | 717,9648 |
| 1734 | 10 | 6393 | 03.10.2016(6033.7802 02534.587 | 169,2 | 140,4 | 157,6 | 948,3 | 2500 | 0 | 209,645 | 717,9648 |
| 1735 | 10 | 6394 | 03.10.2016(6033.7801 02534.587 | 168 | 148,8 | 152,4 | 952,4 | 2500 | 0 | 209,645 | 717,9648 |
| 1736 | 10 | 6395 | 03.10.2016 14.05.09 | 168,4 | 161,6 | 153,6 | 948,3 | 2500 | 1 | 210,166 | 719,7631 |
| 1737 | 10 | 6396 | 03.10.2016(6033.7800 02534.587 | 172 | 163,6 | 154,4 | 948,3 | 2500 | 0 | 210,166 | 719,7631 |
| 1738 | 10 | 6397 | 03.10.2016(6033.7800 02534.587 | 172,4 | 165,6 | 154,8 | 952,4 | 2500 | 0 | 210,166 | 719,7631 |
| 1739 | 10 | 6398 | 03.10.2016 14.05.12 | 171,6 | 168 | 155,6 | 944,1 | 2500 | 0 | 210,166 | 719,7631 |
| 1740 | 10 | 6399 | 03.10.2016(6033.7799 02534.588 | 171,2 | 168 | 156,8 | 944,1 | 2500 | 0 | 210,166 | 719,7631 |

Kuva 16. Lajittuma massassa 3.10.2016 klo 17:05.

| | | | | | | | | | | | |
|-----|----|------|--------------------------------|-------|-------|-------|--------|------|---|--------|----------|
| 794 | 10 | 5453 | 03.10.2016(6033.8730 02534.623 | 170,8 | 171,2 | 168,4 | 864,3 | 2500 | 1 | 55,279 | 189,5081 |
| 795 | 10 | 5454 | 03.10.2016 13.49.28 | 170,8 | 172 | 172,4 | 864,3 | 2500 | 0 | 55,279 | 189,5081 |
| 796 | 10 | 5455 | 03.10.2016(6033.8728 02534.623 | 167,2 | 169,2 | 173,2 | 876,9 | 2500 | 0 | 55,279 | 189,5081 |
| 797 | 10 | 5456 | 03.10.2016(6033.8727 02534.623 | 168,8 | 172,4 | 172 | 889,5 | 2500 | 1 | 55,801 | 191,2757 |
| 798 | 10 | 5457 | 03.10.2016 13.49.31 | 164,8 | 173,6 | 172,4 | 923,1 | 2500 | 0 | 55,801 | 191,2757 |
| 799 | 10 | 5458 | 03.10.2016(6033.8725 02534.623 | 160 | 171,6 | 169,6 | 969,2 | 2500 | 1 | 56,322 | 193,085 |
| 800 | 10 | 5459 | 03.10.2016(6033.8723 02534.623 | 160 | 169,2 | 171,6 | 1011,2 | 2500 | 0 | 56,322 | 193,085 |
| 801 | 10 | 5460 | 03.10.2016 13.49.34 | 154,8 | 166,8 | 166 | 1057,3 | 2500 | 0 | 56,322 | 193,085 |
| 802 | 10 | 5461 | 03.10.2016(6033.8720 02534.622 | 150,8 | 166,4 | 169,2 | 1099,3 | 2500 | 1 | 56,844 | 194,962 |
| 803 | 10 | 5462 | 03.10.2016 13.49.36 | 142,8 | 169,6 | 168,8 | 1141,3 | 2500 | 0 | 56,844 | 194,962 |
| 804 | 10 | 5463 | 03.10.2016(6033.8718 02534.622 | 138,8 | 168,8 | 169,6 | 1183,2 | 2500 | 1 | 57,365 | 196,8828 |
| 805 | 10 | 5464 | 03.10.2016 13.49.38 | 132 | 168,8 | 170,4 | 1225,2 | 2500 | 0 | 57,365 | 196,8828 |
| 806 | 10 | 5465 | 03.10.2016(6033.8717 02534.622 | 132 | 170 | 169,2 | 1267,1 | 2500 | 0 | 57,365 | 196,8828 |
| 807 | 10 | 5466 | 03.10.2016 13.49.40 | 137,6 | 170,4 | 170 | 1300,7 | 2500 | 1 | 57,887 | 198,8649 |
| 808 | 10 | 5467 | 03.10.2016(6033.8715 02534.622 | 156,4 | 171,6 | 172 | 1304,9 | 2500 | 0 | 57,887 | 198,8649 |
| 809 | 10 | 5468 | 03.10.2016 13.49.42 | 157,6 | 170,8 | 173,6 | 1296,5 | 2500 | 0 | 57,887 | 198,8649 |
| 810 | 10 | 5469 | 03.10.2016(6033.8713 02534.622 | 162 | 171,2 | 173,6 | 1250,3 | 2500 | 1 | 58,408 | 200,8207 |
| 811 | 10 | 5470 | 03.10.2016(6033.8712 02534.621 | 165,6 | 172 | 171,6 | 1225,2 | 2500 | 0 | 58,408 | 200,8207 |
| 812 | 10 | 5471 | 03.10.2016(6033.8711 02534.621 | 171,2 | 172 | 173,6 | 1162,2 | 2500 | 1 | 58,93 | 202,7306 |
| 813 | 10 | 5472 | 03.10.2016 13.49.46 | 172 | 170 | 172 | 1124,5 | 2500 | 0 | 58,93 | 202,7306 |

Kuva 17. Lajittuma massassa 3.10. klo 16:49.

Yhteenveto

Kokeilusta ja sen tuloksista voidaan todeta, että mittaukset onnistuivat odotetusti. Mittalaitteet toimivat halutulla tavalla ja uusi mittaustapa on luotu. Työmaalta saatiin myös käyttäjäpalautetta, joka oli pääosin positiivista. Käyttäjäpalautteen perusteella mittapyörän aisaan tehdään muutoksia, jotka parantavat käyttöturvallisuutta. Lämpötilan ja toteuman reaaliaikainen seuranta työmaalla oli erittäin hyödyllistä. Lämpömittaustuloksista saatiin kattavasti tietoa massan lämpötilan muutoksista ja siitä mistä ne johtuvat. Työmaan mittaaminen ei ole koskaan ollut näin vaivatonta.



Kuva 18. Kuva työmaalta.

Referenssi mittalaitteisto

Infrapunamittapistooli

Lämpötilan manuaalisessa mittauksessa käytettiin *Ampron IR608A Infrared Thermometer*-infrapunamittauspistoolia. Pistooli on yleismallinen infrapunamittalaite. Alla mittalaitteen tekniset tiedot.

Specifications

| Function | Range | Accuracy |
|-------------------------------|---|--|
| | - 18 °C to 400 °C (0 °F to 750 °F) | |
| Temperature display | 0.2 °C or 0.5 °F | |
| Targets | - 1 °C to 400 °C (30 °F to 750 °F) | ± 2 % of reading or ± 2 °C (±3.5 °F), whichever is greater |
| | - 18 °C to - 1 °C (0 °F to 30 °F) | ± 3 °C (± 5 °F) at 23 °C (73 °F) ± 2 °C (± 3.5 °F) |
| Repeatability | | ± 2 % of reading or ± 2 °C (± 3 °F) |
| Response time | 500 mSec, 95 % response | |
| Emissivity | Pre-set 0.95 | |
| Spectral response | 7 to 18 µm | |
| Ambient operating temperature | 0 °C to 50 °C (32 °F to 120 °F) | |
| Relative Humidity | 10 % to 95 % RH non condensing, @ up to 30 °C (86 °F) | |

Kuva 19. Infrapunamittauspistoolin tekniset tiedot.

Mittapyörä

Työmaan pituuden manuaaliseen mittaamiseen käytettiin *Trumeter*-mittapyörää. Mittapyörä kalibroitiin kylmällä asfalttipinnalla 50 metrin matkalla.

| | Rata | Mittapyörä | Ero |
|-----------------|---------|------------|-----|
| Mitattu matka 1 | 50,00 m | 50,50 m | 1 % |
| Mitattu matka 2 | 50,00 m | 50,50 m | 1 % |



Kuva 20. Infrapunamittapistooli ja mittapyörä.