

Registrering av aksellast

Erfaringer med veiing i fart (WIM) 2011-2015

STATENS VEGVESENS RAPPORTER

Nr. 613



Knut Opède / Tomas Rolland



Tittel

Registrering av aksellast

Undertittel

Erfaringer med veiing i fart (WIM) 2011-2015

Forfatter

Jorunn Riddervold Levy

Avdeling

Trafikksikkerhet, miljø- og teknologiavdelingen

Seksjon

ITS

Prosjektnummer

603594

Rapportnummer

Nr. 613

Prosjektleder

Torbjørn Haugen / Jorunn Riddervold Levy

Godkjent av

Anders Godal Holt

Emneord

Veiing i fart, WIM, aksellast

Sammendrag

Denne rapporten beskriver aktiviteter og tester på veiing-i-fart, gjennomført i perioden 2011-2015, med de viktigste resultatene.

Testene inkluderer noen få varianter av sensorer og dataloggere, over en relativt kort tidsperiode, slik at vi ikke kan gi en entydig anbefaling av utstyr. Flere typer strip sensorer kunne vært med i testene. Av det utstyret som er testet gir Kistler sensorer klart mest nøyaktige resultater, og den holder seg også mest stabil over tid.

Valg av utstyr må gjøres på bakgrunn av aktuelle behov for nøyaktighet, og kostnader bør sees over hele levetiden. Dersom man velger det alternativet som er billigst i innkjøp og installasjon (piezokabler), vil det kreve tett oppfølging og hyppig kalibrering.

Levetiden på sensorene har vært under to år, på grunn av stor vegslitasje. Det bør vurderes alternativer som kan legges dypere.

Antall sider 76

Dato Juni 2016

Title

Registration of axle loads

Subtitle

Experience with weigh-in-motion (WIM) 2011-2015

Author

Jorunn Riddervold Levy

Department

Traffic Safety, Environment and Technology Department

Section

ITS

Project number

603594

Report number

No. 613

Project manager

Torbjørn Haugen / Jorunn Riddervold Levy

Approved by

Anders Godal Holt

Key words

Weigh in motion, WIM, axle loads

Summary

This report describes tests performed on weigh-in-motion equipment from 2011 to 2015, with a summary of the most important results.

The tests include only a few varieties of sensor types and data loggers, over a relatively short time span. Several other types of strip sensors on the market could have been included in the tests. Of the tested equipment, Kistler gave the best results, both in accuracy and stability over time.

Selection of equipment must be made on the basis of current needs for accuracy as well as lifetime costs. The least expensive alternative in purchase and installation will need close monitoring and frequent calibrations during the life cycle of the sensors.

Lifetime of the sensors has been under two years due to heavy wear and tear on the roads. Alternatives with a deeper installation should be considered.

Pages 76

Date June 2016



Registrering av aksellast

Erfaringer med veiing i fart 2011–2015

Innhold

| | |
|---|-----------|
| INNLEDNING | 3 |
| BAKGRUNN | 3 |
| MÅLSETTING | 3 |
| SYSTEMER FOR VEKTREGISTRERING | 4 |
| PIEZOKABLER – VIPERWIM OG TMU4 | 4 |
| LINEAS QUARTS – KISTLER..... | 6 |
| ANDRE SYSTEMER OG BAKGRUNN FOR VALG AV UTSTYR..... | 7 |
| MÅLESTASJONER | 8 |
| BESKRIVELSE AV BELIGGENHET FOR MÅLESTEDENE..... | 8 |
| INSTALLASJON OG UTSTYR | 13 |
| <i>ViperWIM og Kistler (2011/2012)</i> | 13 |
| <i>Teststrekning for WIM på Verdal (2014)</i> | 13 |
| HVA ER GJORT/FINNES AV MÅLINGER/REGISTRERINGER..... | 17 |
| <i>Kalibrering av ViperWIM punkter og Kistler på Klett</i> | 17 |
| <i>Sensortilstand ViperWIM juni 2014</i> | 17 |
| <i>NonStop på Klett (Kistler)</i> | 17 |
| <i>Analyser av vektregistrering</i> | 18 |
| <i>Teststrekning for WIM på Verdal</i> | 19 |
| PROBLEMER, NØYAKTIGHET OG KALIBRERING | 20 |
| PROBLEMER MED REGISTRERING AV AKSELLAST MED BRUK AV PIEZOKABLER OG LINEAS QUARTS SENSORER.... | 20 |
| UTFØRTE KALIBRERINGER..... | 22 |
| <i>Kalibrering av ViperWIM</i> | 22 |
| <i>Kalibrering av Kistler (EzBox)</i> | 25 |
| <i>Kalibrering på Verdal</i> | 26 |
| SAMMENLIGNING AV WIM MOT REGISTRERING PÅ VEKTSTASJON OG ANDRE APPARATER | 29 |
| <i>NonStop på Klett (Kistler)</i> | 29 |
| <i>Analyser av vektregistrering med ViperWIM og Kistler</i> | 31 |
| <i>Gjennomføring av kontroller på Verdal</i> | 41 |
| <i>Resultater fra Verdal</i> | 42 |

| | |
|--|-----------|
| VURDERING AV NØYAKTIGHET OG PÅLITELIGHET | 53 |
| <i>Erfaringer med drift av ViperWIM</i> | 53 |
| <i>Antall registrerte passeringer</i> | 54 |
| <i>Gjennomsnittsvекter</i> | 58 |
| <i>Temperaturkorrigering</i> | 60 |
| LEVETID/VARIGHET FOR INSTALLASJONER | 64 |
| <i>Sensortilstand ViperWIM juni 2014</i> | 65 |
| ØNSKET NØYAKTIGHET OG KRAV TIL KALIBRERING..... | 70 |
| DATAPROGRAM FOR ANALYSE AV REGISTRERTE AKSELLASTDATA FRA VIPERWIM | 71 |
| VIDERE ARBEID | 74 |
| VIDERE KOMPETANSEOPPBYGGING | 74 |
| SAMARBEID MED ANDRE MILJØER/LAND..... | 74 |
| ANBEFALINGER FOR VALG AV UTSTYR..... | 74 |
| KONKLUSJONER | 75 |
| REFERANSER | 76 |

Innledning

Bakgrunn

Høsten 2011 og våren 2012 ble det installert sensorer for veiing-i-fart (weigh-in-motion, WIM) på åtte steder rundt i landet. Dette var ViperWIM fra Applied Traffic, basert på piezoelektriske sensorer (av typen RoadTrax Brass Linguini, BL). Høsten 2012 ble det også gjort en installasjon på Klett med Lineas Quarts sensorer fra Kistler med EzBox datalogger. Dette er sensorer som er basert på en annen piezoelektrisk teknikk. Begge sensortypene er såkalte strip sensorer.

Høsten 2014 ble det opprettet en ny teststrekning for WIM på Verdal. Tre sett med sensorer ble installert, en Lineas Quarts med datalogger fra Kistler og to sett med piezoelektriske kabler for dataloggerne TMU4 fra TDC og ViperWIM fra Applied Traffic. Planen var å sammenligne ulike sensortyper, og dataloggere fra forskjellige leverandører, for å få erfaring med datakvalitet, etablering og drift, behov for kalibrering, levetid osv. for ulike WIM-systemer.

Statens Vegvesen har tidligere brukt utstyr fra Aanderaa, Datarec 410, som også kan registrere akselvekter. Disse benyttet vibracoax piezokabler (runde). Dette utstyret er gammelt og vanskelig å vedlikeholde, og trenger å skiftes ut. Tidligere tester har dessuten vist at den registrerer vekter som er 15–30 % høyere enn statisk vekt.

Denne rapporten inneholder ikke detaljerte bakgrunnsdata og beregninger, men oppsummerer de viktigste resultatene og erfaringene fra aktiviteter og tester som er gjort i forbindelse med WIM-installasjonene i perioden fra første installasjon i 2011, til og med 2015. Arbeidet er utført i samarbeid med Trafikkteknisk senter ved NTNU.

Målsetting

Statens vegvesen ønsker å finne utstyr som kan registrere aksellast på kjøretøyer som passerer.

Informasjon om akselvekter kan brukes både for å effektivisere kontroll av tunge kjøretøy med mer målrettet utvalg på kontrollstasjonene, i tillegg til å gi viktig informasjon for planlegging, drift og vedlikehold av vegene våre.

Det er viktig å få data med kjent kvalitet, og ha utstyr som er enkelt å bruke og vedlikeholde. Vi ønsket å teste nøyaktighet og spredning på WIM-data og kalibreringsbehovet til utstyret. Dersom registrert vekt i fart drifter i forhold til statisk vekt på kjøretøyene, kreves det oftere kalibrering av utstyret.

Systemer for vektregistrering

Piezokabler – ViperWIM og TMU4

ViperWIM og TMU4 bruker samme type sensoroppsett. Det består av to piezoelektriske kabler på tvers av vegen for å registrere akselvekt, og en induktiv sløyfe i midten for å registrere tilstedeværelse og skille mellom ulike kjøretøy. Figur 1 viser layout på sensorene, og Figur 4 viser eksempel på registrering av et kjøretøy med 6 akslinger.

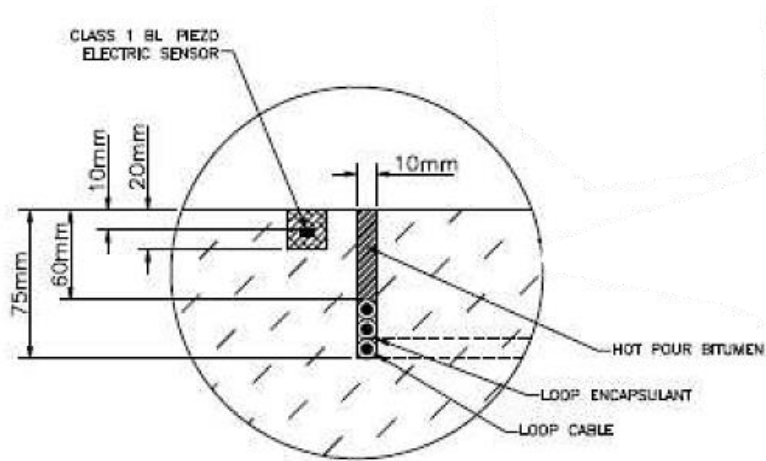
Piezokablene gir ulike signaler ved forskjellige temperaturer. Det installeres derfor en termistor for automatisk kompensering for temperaturavhengigheten. Det beregnes TNL-kurver (Temperature Non Linearization) for linearisering av signalene fra hver sensor.

Typisk nøyaktighet for totalvekt er oppgitt fra en leverandør (Applied Traffic) å være $\pm 10\%$, $\pm 15\%$ for akselvekt. Dette er for sensoroppsett med piezo-loop-piezo, og sensorer av klasse I (WIM) [1]. Andre leverandører har opplyst at de regner med inntil 20 % avvik for samme type sensorer.

Fordeler med piezokabler er at det er relativt billige sensorer og det tar kort tid å installere, så det blir kun en kortvarig stenging av vegen. Ulempene er at sensorene påvirkes mye av temperaturendringer og slitasje, og de må kalibreres relativt ofte for å holde brukbar nøyaktighet. Sensorene har ikke lang levetid.



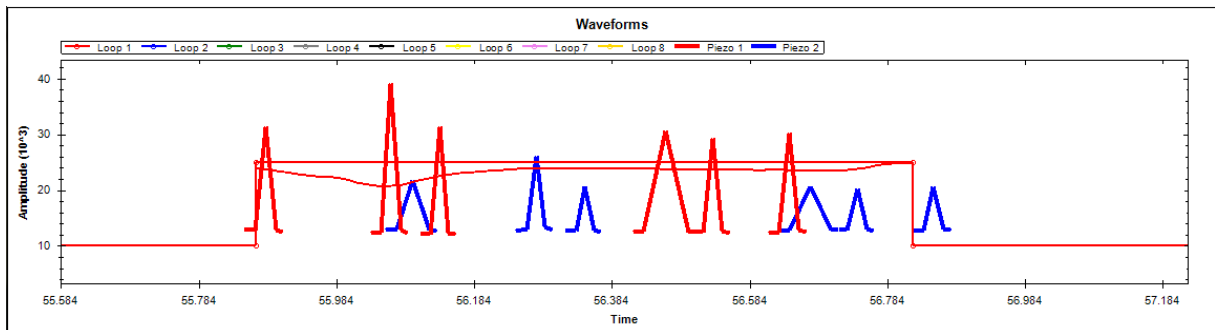
Figur 1 ViperWIM sensor layout, piezo-loop-piezo



Figur 2 ViperWIM – installasjon av sensorer [1]



Figur 3 ViperWIM datalogger, forside og bakside



Figur 4 Eksempel på registrering med ViperWIM, kjøretøy med 6 akslinger

Lineas Quarts – Kistler

Kistler leverer Lineas Quarts sensorer. Dette er en annen type piezoelektriske sensorer som ikke er temperaturavhengig. Selve sensoren har veldig små endringer på grunn av temperatur, men som alle strip sensorer er den avhengig av underlaget og asfalten. Når dette blir hardere eller mykere med temperaturen kan det påvirke resultatene.

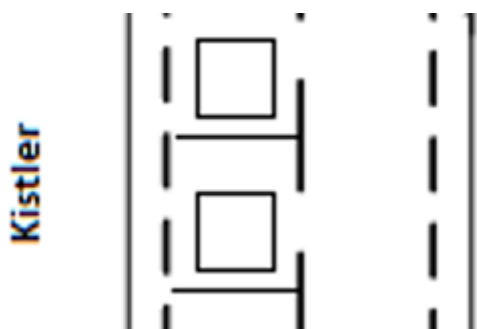
Nøyaktigheten er oppgitt fra leverandøren å være bedre enn 5 %. [2]

Fordeler med Lineas Quarts er at den ikke er temperaturavhengig, enkel installasjon i forhold til platesensorer, ikke så stort behov for kalibrering, den kan registrere skjevfordeling av last, det er god levetid på sensorene, med mulighet til å slipe ned toppen etter hvert som vegen rundt blir slitt. Ulemper er at den er dyrere enn vanlige piezokabler og man må stenge vegen for å slipe toppen dersom det har vært stor slitasje på vegen.



Figur 5 Kistler – EzBox, forsterker og sensor

Det er flere leverandører av WIM-systemer som bruker Kistler-sensorer sammen med egne dataloggere. På Klett ble det brukt et oppsett med EzBox fra TDS, med forsterker og sensorer fra Kistler. Kistler utviklet en egen datalogger med innebygd forsterker i 2014, denne ble tatt i bruk på Verdal.



Figur 6 Kistler – sensor layout (loop-piezo-loop-piezo)

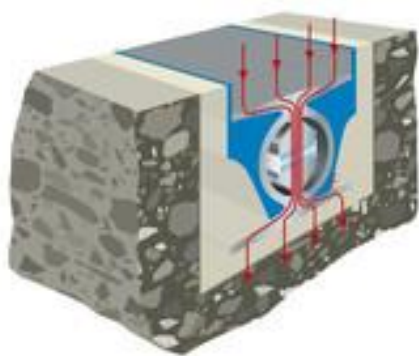
Andre systemer og bakgrunn for valg av utstyr

Det finnes flere typer sensorer for å registrere akselvekter i fart. I denne sammenhengen er det snakk om high speed WIM, som registrerer akselvektene uten å forstyrre den normale trafikkflyten.

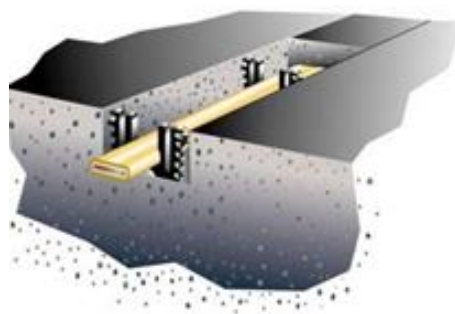
Ulike teknologier er basert på ulike piezoelektriske sensorer (blant annet keramiske kabler, polymer og Lineas Quarts), bending plate, load cell, og fiberoptiske kabler.

De billigste sensorene er strip sensorer basert på piezokabler, de dyreste er varianter av bending plate. En stor del av kostnaden med etablering av WIM-systemer er stenging av vegen og selve installasjonen. Strip sensorer har fordelen at de er raske å legge. De dyrere variantene gir som regel bedre nøyaktighet, men det er også andre faktorer som spiller inn, for eksempel vegens underbygning og hvor hard asfalten er. Dersom det er mye slitasje på stedet kan det være bedre å velge sensorer som ikke er så kostbare å skifte ut når det likevel må legges ny asfalt. Det vil alltid tilkomme dynamiske effekter fra faktorer avhengig av kjøretøyet og egenskaper ved vegen og omgivelsene. Dette er for eksempel fjæring, dekktrykk, akselerasjon og bremsing, overflate på asfalten, kurvatur og temperatur. En platesensor vil kunne gi bedre nøyaktighet, men den demper under halvparten av de dynamiske effektene [3].

Ved valg av system må man se på hvilke krav og begrensninger det er til nøyaktighet, pris, arbeidsomfang og inngrep i vegen ved installasjonen. I tillegg må man ta hensyn til hastigheten på stedet, vedlikeholdsbehov, levetid, hvor tidkrevende kalibreringen er og hvor ofte det er behov for kalibrering i løpet av levetiden.



Figur 7 Lineas Quarts sensor



Figur 8 Piezoelektrisk kabel (BL)

Målestasjoner

Beskrivelse av beliggenhet for målestedene

Kartet i Figur 9 viser ViperWIM–installasjonene som ble gjort i 2011 og 2012. På alle punktene ble ViperWIM installert i begge kjørefelt. På E6 Klett ble det i tillegg installert Kistler sensorer i nordgående kjørefelt. Det var også planlagt et WIM–punkt på E18 ved Ringdalskrysset, men dette ble ikke realisert.

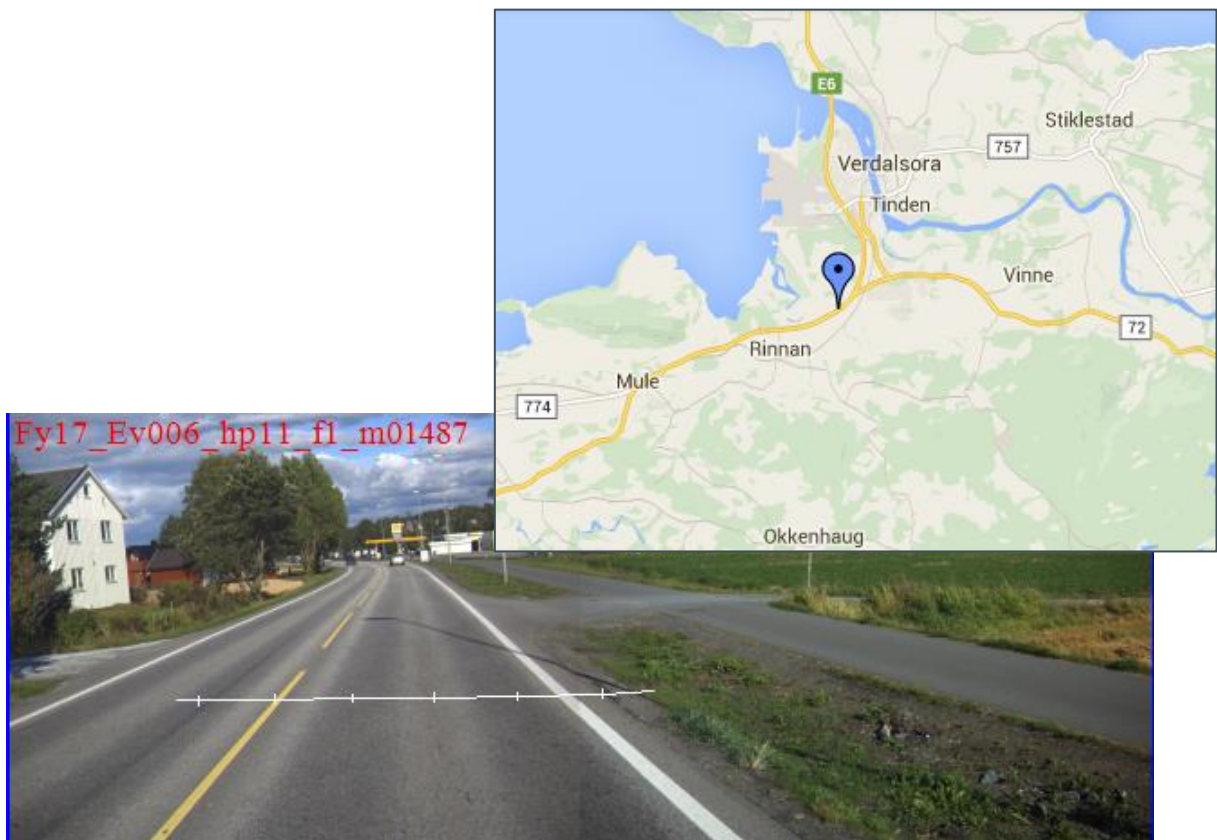
Teststrekningen for WIM på Verdal ble etablert i 2014, på samme punkt som det tidligere ViperWIM–punktet på E6 Stamphusmyra.



Figur 9 Plassering av WIM–punktene installert 2011/2012



Figur 10 E10 Sørdalstunnelen



Figur 11 E6 Stamphusmyra



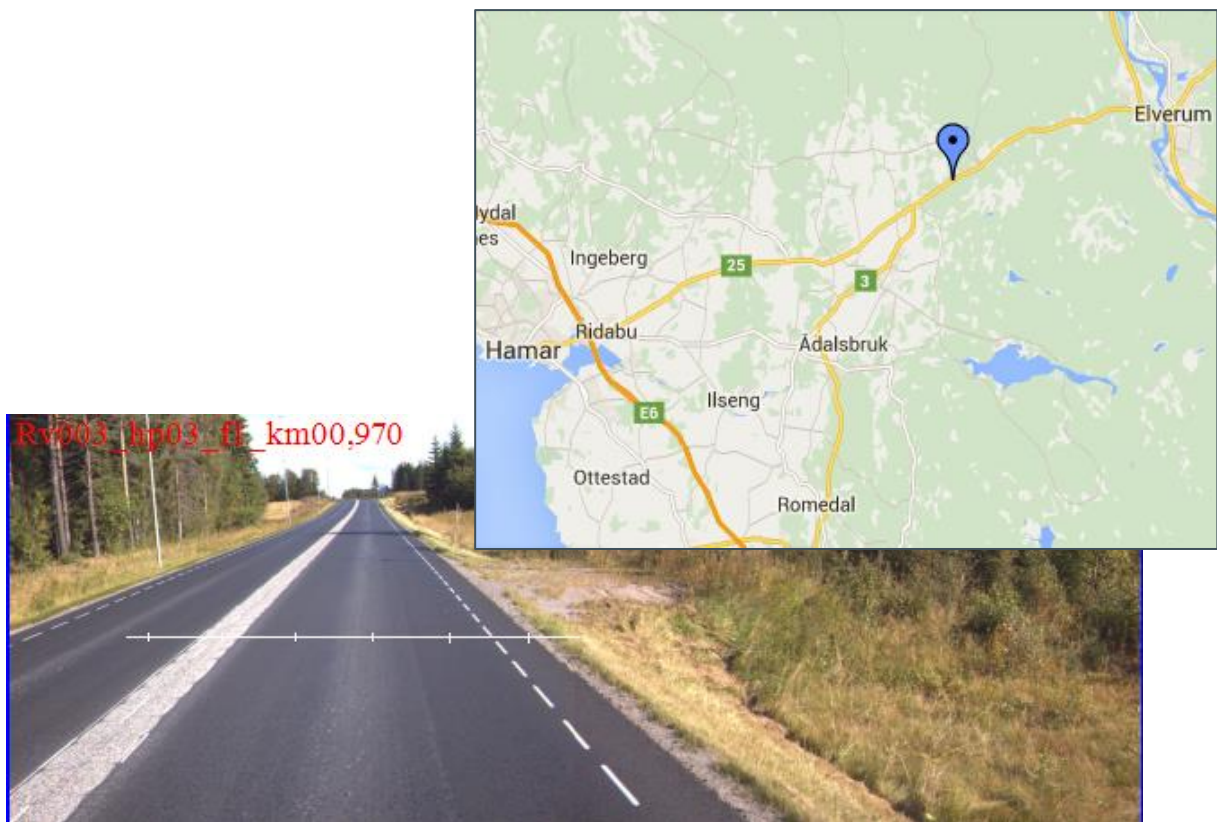
Figur 12 E6 Klett



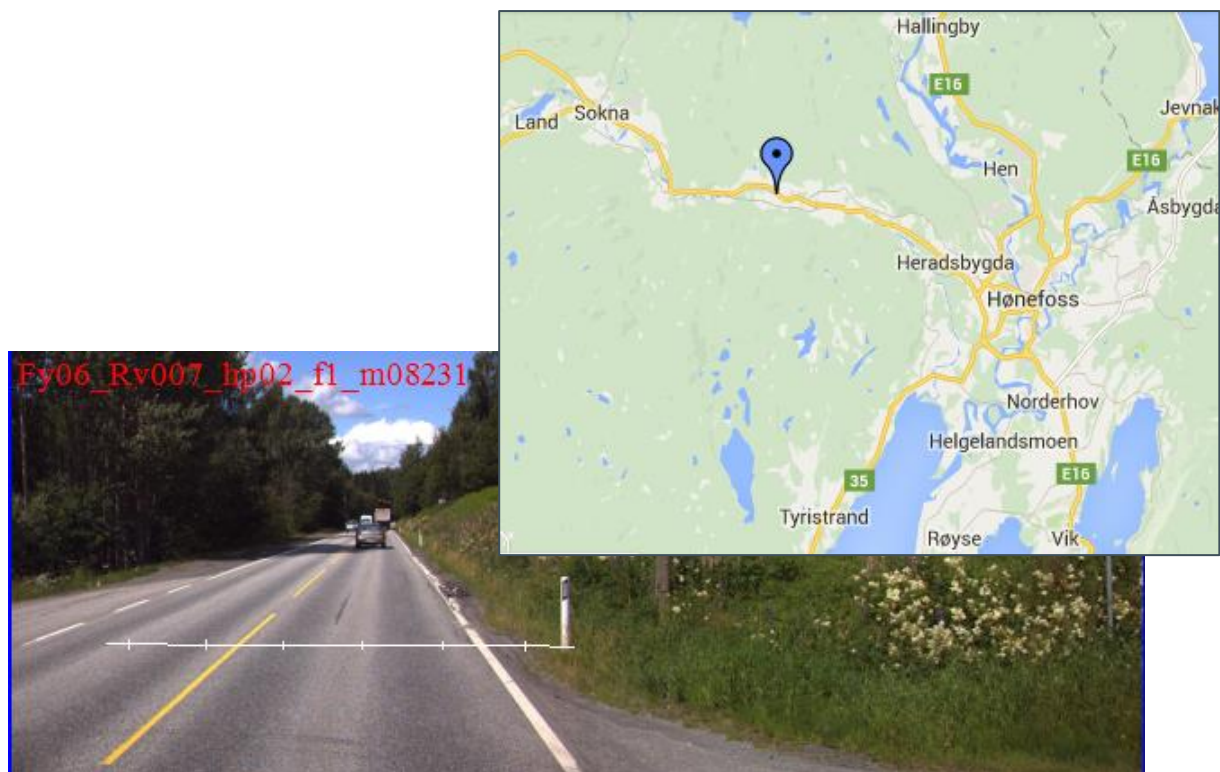
Figur 13 E136 Horgheim



Figur 14 E39 Ørskogfjellet



Figur 15 Rv3 Husum



Figur 16 Rv7 Veme



Figur 17 E6 Taraldrud

Figur 18 E18 Ringdalskrysset

Installasjon og utstyr

ViperWIM og Kistler (2011/2012)

Piezosensorene for ViperWIM ble lagt i henhold til beskrivelsen fra leverandøren [1] med 1 cm dybde (som vist i Figur 2). I april 2014 gikk de ut og informerte om at de kan legges dypere. Tester viser at de kan legges 7,5 cm dypt dersom det ikke er ulike sjikt i asfalten. Det gir samme signalform, men lavere amplitude. [4]

Software på ViperWIM apparatet var i utgangspunktet versjon 1.0. I april 2014 ble to av dataloggerne oppgradert til versjon 2.0 (Klett og Horgheim). Det ble gjennomført ny kalibrering av de oppgraderte punktene og noen av de andre etter at tilstanden på sløyfer og sensorer var sjekket i juni 2014.

Tabellen under viser vegreferanse og feltretninger for de ulike ViperWIM installasjonene. På Klett er det en teststrekning for trafikkregistrering med flere typer utstyr, både Kistler og ViperWIM ble installert her.

Tabell 1 Plassering av målestasjoner med ViperWIM

| | Vegreferanse | Felt 1 (og 3) | Felt 2 (og 4) |
|----------------------------|------------------|---------------|---------------|
| E10 Sørdalstunnelen | Ev10 HP11 m12417 | Mot Svolvær | Mot Evenes |
| E6 Stamphusmyra | Ev6 HP11 m1490 | Mot Steinkjer | Mot Værnes |
| E6 Klett | Ev6 HP9 m273 | Mot Trondheim | Mot Oslo |
| E136 Horgheim | Ev136 HP2 m2090 | Mot Åndalsnes | Mot Dombås |
| E39 Ørskogfjellet | Ev39 HP17 m9785 | Mot Vestnes | Mot Ålesund |
| Rv7 Veme | Rv7 HP2 m8230 | Mot Gol | Mot Hønefoss |
| Rv3 Husum | Rv3 HP3 m950 | Mot Elverum | Mot Hamar |
| E6 Taraldrud | Ev6 HP5 m8200 | Mot Oslo | Mot Sverige |

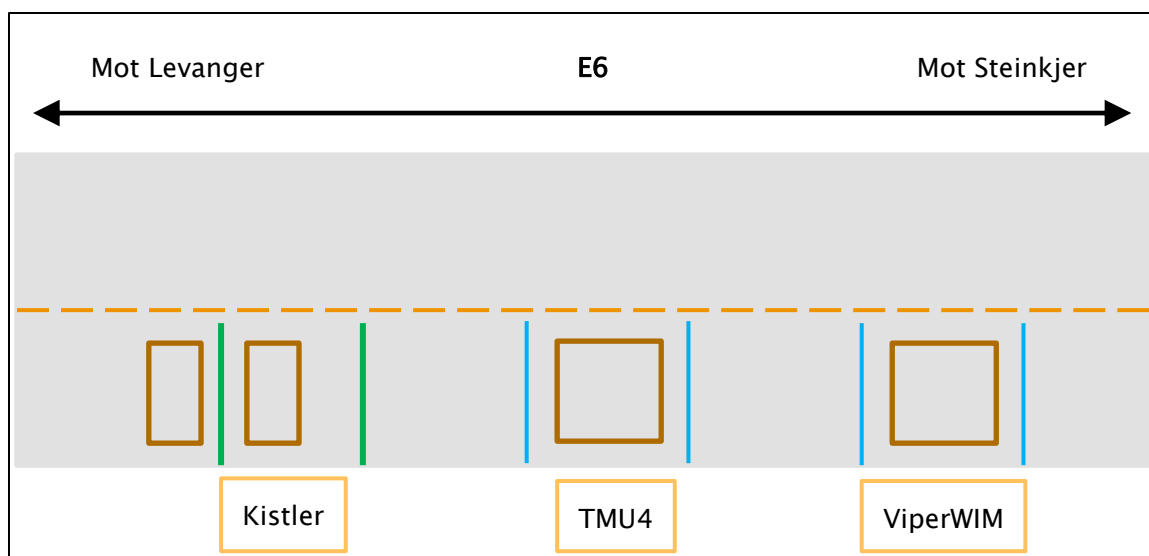
Teststrekning for WIM på Verdal (2014)

Det var tidligere et registreringspunkt med ViperWIM på Stamphusmyra på Verdal. Det ble lagt ny asfalt¹ før etableringen i 2011, men den sprakk opp etter litt over ett år. I 2014 ble det lagt ny asfalt av en sterkere type², og en teststrekning for WIM med plass til utstyr fra flere leverandører ble etablert.

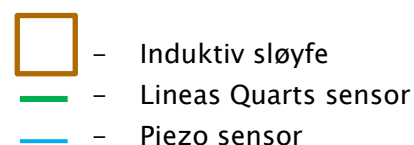
Figur 19 viser layout på sensorene på teststrekningen. Det er bare installert utstyr i nordgående felt, slik at de samme kjøretøyene kan kontrolleres på vektstasjonen som ligger litt nord for dette punktet.

¹ Ska11 (skjelettasfalt med 11 mm steinstørrelse) (5,5 cm)

² Ska16pmb (skjelettasfalt med 16mm steinstørrelse og polymermodifisert bindemiddel) (5,5 cm)



Figur 19 Layout på teststrekning Verdal

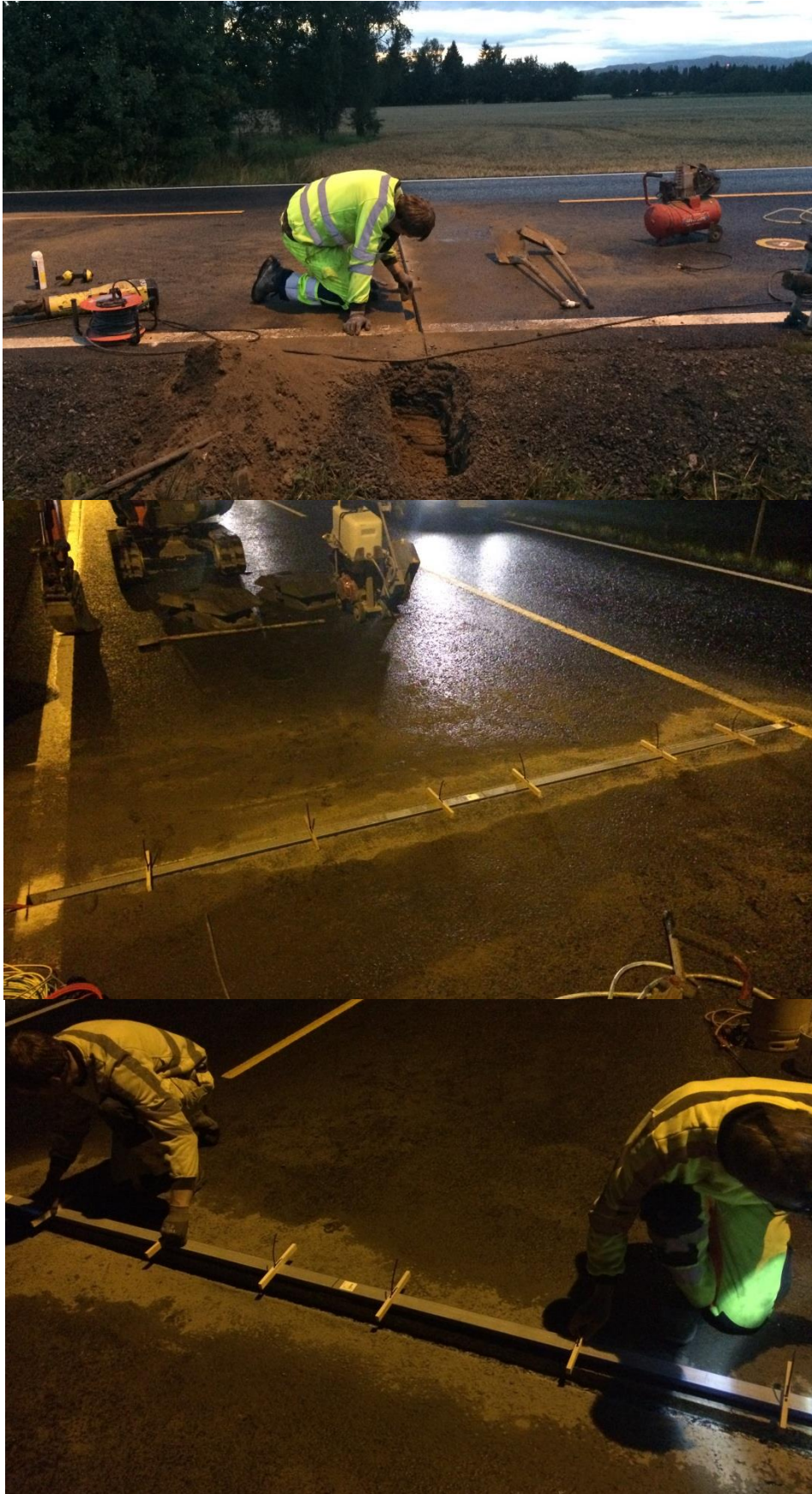


I mai–juni 2014 ble det lagt ny asfalt på en strekning på ca. 6 km, 4 km før WIM-sensorene og 2 km etter punktet. Alle sensorene i vegen ble installert 18. – 21. august 2014 av JVS Holding ApS v/Jes Søe.

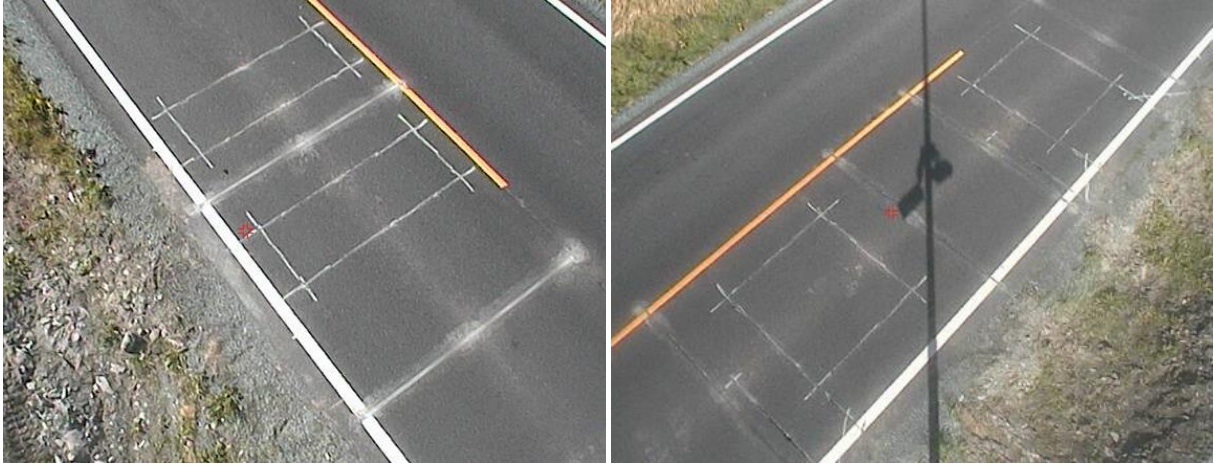
Det ble lagt ned sensorer i nordgående kjørefelt (felt 1) for Kistler, TMU4 og ViperWIM. TMU4 og ViperWIM har samme oppsett med induktive sløyfer og piezokabler (BL). Disse sensorsettene kan også kobles til samme datalogger om vi ønsker å teste et slikt oppsett. Piezokablene ble lagt 2,5 cm dypt, tidligere er det brukt 1 cm dybde på slike sensorer. Kistler bruker induktive sløyfer og Lineas Quarts sensorer.

Fra tidligere var det et domekamera på stedet, i tillegg til ANPR kameraer som blir brukt på kontrollstasjonen. Det er også et kontinuerlig registreringspunkt for trafikkdata (uten vekt) på samme strekning (Datarec 7) som gir timesdata, men den er også satt opp til å registrere enkeltkjøretøy. Den ble byttet med en LoopMonitor koblet til Datainn i mars 2015, og gir nå enkeltpasseringer i sanntid.

Installasjon av dataloggere ble gjort 15. september for TMU4 og ViperWIM, de ble da justert etter øyemål på vekten av personbiler. Datalogger for Kistler ble installert 7. oktober. TMU4 og Kistler ble installert av leverandørene.



Figur 20 Installering av Kistler sensorer



Figur 21 Kistler sensorer til venstre, to sett med piezo-loop-piezo til høyre (TMU4 og ViperWIM)

Hva er gjort/finnes av målinger/registreringer

Kalibrering av ViperWIM punkter og Kistler på Klett

Tabellen under viser en oversikt over datoer for kalibrering av utstyret, og tilstanden til sensorer og overflate på vegen når det ble kontrollert i mai–juni 2014.

Tabell 2 Status 2014, kalibreringsdato og tilstand på sensorer og asfalt

| | Kalibrert | Status 2014 |
|---------------------|------------------------|---|
| E10 Sørdalstunnelen | 21.6.2012 | Ukjent |
| E6 Stamphusmyra | 15.5.2012 | Dårlig asfalt, reetablert som ny teststrekning 2014 |
| E6 Klett | 18.10.2012 | Sporslitt, sensorer ødelagt |
| E136 Horgheim | 30.4.2014 | Asfaltert over sensorene mai 2014 |
| E39 Ørskogfjellet | 9.7.2014 | Sensorer ser ok ut, for høy vekt etter kalibrering |
| Rv7 Veme | – | Sporslitt, sensorer ødelagt |
| Rv3 Husum | 26.6.2014 | Temperatursensor fungerer ikke, merkelige resultater etter kalibrering |
| E6 Taraldrud | 16.8.2012 | Feil på en sensor, sporslitt. Asfaltering planlagt 2015 |
| E6 Klett, Kistler | 18.10.2012 8.5.2014 | Installert oktober 2012. Sensor ok, men vegen rundt er veldig sporslitt |

Sensortilstand ViperWIM juni 2014

Ved en befaring på Klett i april 2014 så vi at sensorene lå helt oppe i dagen, og de var også brutt flere steder. Det ble besluttet å gjøre en mer omfattende kontroll av tilstanden på sensorene på de andre teststedene også. På grunn av arbeidsmengde og geografisk spredning ble det ikke foretatt kontroll på Sørdalstunnelen og Taraldrud.

I tillegg til en visuell inspeksjon ble det gjort målinger av induktans, impedans, kapasitans og resistans på piezosensorer, temperatursensorer og induktive sløyfer.

Det ble brukt en isolasjonsmåler (Megger) og et multimeter for disse målingene. Resultatene er oppsummert i Tabell 25 på side 65. Tilstand på asfalten er også beskrevet i Tabell 2.

Det ble også hentet ut data om antall registreringer fra piezokablene og sløyfene, i tillegg til kurver for temperatur korrigering (TNL–kurver), for å vurdere statusen på de ulike WIM–installasjonene.

NonStop på Klett (Kistler)

NonStop var et prosjekt finansiert av Statens Vegvesen og Forskningsrådet, hvor målet var å effektivisere kontroller av tunge kjøretøy på kontrollstasjonene. Det ble samlet inn data om akselvekter fra WIM, og informasjon om blant annet manglende forsikring og EU–kontroll via oppslag i kjøretøyregisteret ved hjelp av ANPR. Systemet gir informasjon til kontrollørene som dermed kan drive mer målrettet kontrollvirksomhet.

I forbindelse med dette prosjektet ble det utført kontroller på Sandmoen over flere dager, hvor det blant annet ble registrert statistisk vekt for akselgrupper og akselavstander på kjøretøyer. Disse ble koblet mot data fra WIM-utstyret på Klett (Kistler), og vi har derfor gode data for å vurdere nøyaktigheten på Kistler installasjonen [5].

Analyser av vektregistrering

Registreringsutstyr for WIM har blitt brukt i flere studentoppgaver på NTNU, og WIM-data har også blitt analysert av sommerstudenter og utvekslingsstudenter i SVV.

Tabell 3 Studentoppgaver med WIM-data

| Tittel | | Skrevet av |
|---|---------------------------------------|----------------|
| Test av registreringsutstyr for WIM | Prosjektoppgave høst 2011 | Aslak Heggland |
| Vurdering av klassifiseringssystem for kjøretøy | Prosjektoppgave høst 2011 | Erlend Aakre |
| Evaluering av kvaliteten på trafikkdata | Masteroppgave vår 2012 | Erlend Aakre |
| Test av utstyr for veiing-i-fart | Prosjektoppgave EVU-kurs høst 2012 | Jorunn R Levy |
| Report on WIM-system data analysis | Utsvekslingsstudent høst 2014 | Maria Tello |
| Vektkontroll Verdal | Sommerstudenter SVV 2012 | |

Tabell 4 Andre analyser av vektdata

| | Beskrivelse |
|-----------------|---|
| Kistler | |
| | Gjennomsnittsvekt over tid, drifting |
| | Maksvekt per dag - utvikling over tid |
| | Minste registrerte vekt per dag - utvikling over tid |
| ViperWIM | |
| | Vektjustering uten manuell kalibrering |
| | Gjennomsnittsvekt per døgn (personbiler) |
| | Gjennomsnittsvekt per døgn - tunge kjøretøy |
| | Sammenligning med annet utstyr (Dr7) og manuelle registreringer |
| | Utvikling over tid - drifting |
| | Kalibrering på Taraldrud WIM-punkt (16.8.2012) |

Teststrekning for WIM på Verdal

For å se hvor god kvalitet det er på vektdata fra de ulike dataloggerne, og hvor ofte de eventuelt trenger kalibrering, gjør vi flere tester hvor vi sammenligner resultatene fra sensorene med statisk vekt målt på kontrollstasjonen. Tabell 5 viser en oversikt over aktivitetene på Verdal.

Tabell 5 Installasjon, kalibrering og kontroller på Verdal teststrekning

| Dato | Hva ble gjort | Kommentar |
|-----------------|--|---|
| 18. – 21.8.2014 | Installering av sensorer for Kistler, ViperWIM og TMU4 | |
| 15.9.2014 | Installasjon av TMU4 og ViperWIM dataloggere | |
| 7.10.2014 | Installasjon av Kistler datalogger | |
| 8.10.2014 | Kalibrering av Kistler og ViperWIM | |
| 4.11.2014 | Kontroll av tungbiler på vektstasjonen | Fikk data fra Kistler (+Dr7) |
| 26.11.2014 | Kontroll av tungbiler på vektstasjonen | Fikk data fra ViperWIM og TMU4 (+Dr7) |
| 27.01.2015 | Kontroll av tungbiler på vektstasjonen | Fikk data fra ViperWIM, TMU4 og Kistler |
| 12.05.2015 | Bytte av Kistler datalogger og ny kalibrering av Kistler og ViperWIM | |
| 23.06.2015 | Kontroll av tungbiler på vektstasjonen | Data fra ViperWIM, TMU4 og Kistler |
| 11.9.2015 | Kontroll av tungbiler på vektstasjonen | Data fra ViperWIM, TMU4 og Kistler |

Problemer, nøyaktighet og kalibrering

Problemer med registrering av aksellast med bruk av piezokabler og Lineas Quarts sensorer

Underveis i testingen har vi gjort oss erfaringer om drift, møtt en del problemstillinger som bør følges opp videre, og sett funksjonalitet som vi kan ønske oss endring på. Det viste seg at utstyret ikke var så ferdig utviklet som vi trodde ved oppstart av teststrekningen på Verdal. Det gjelder spesielt Kistler og TMU4. ViperWIM har også forbedringspotensial for å få en intuitiv brukeropplevelse, men denne kjente vi litt til fra før med en eldre versjon.

De følgende punktene er en oppsummering av status i juni 2015. Problemer med utsyr og software kan ha blitt rettet etter dette.

Kistler

- Stoppet uten grunn med ujevne mellomrom. Dette problemet løste seg etter flere forsøk og programvareoppdateringer fra leverandøren.
- Det var vanskelig å sammenstille data fra 4.11.2014 med registreringen på statisk vekt. Er det noe feil med klokkeslettet?
- Software og brukergrensesnitt virker uferdig. Eksempler:
 - Utskrift av Vehicle Details viser ikke fornuftig informasjon
 - Historiske data blir ikke oppdatert ved justeringer av filteret, man må slette og legge til nytt filter.
 - Datafiler som lastes ned mangler overskrifter på en del av kolonnene
 - Datafiler som lastes ned inneholder data som er forskjøvet en time i forhold til filteret som ble brukt ved nedlastning. Sannsynligvis koblet til bruk av sommertid.
- Datakvaliteten var mye dårligere enn det vi erfarte med forrige versjon av Kistler på Klett, og dårligere enn kalibreringen skulle tilsi. Registrerte verdier drifter mye på kort tid. På Klett holdt resultatene seg ganske stabile. Leverandøren fant ut at dette skyldes en elektronikkfeil, sensorene er kontrollert og i orden. Dataloggeren ble byttet og kalibrert 12.05.2015. Nye kontroller må gjøres for å kontrollere om problemet er løst.
- Nedlastning av data og dataformat:
 - Data ble hentet manuelt fra web-grensesnittet (Fungerer ikke med IE, bruk for eksempel Firefox)
 - Data lastes ned som csv-filer
 - Det er mulig å lage eget system for automatisk nedlastning

TMU4

- Har ikke kalibrert dataloggeren (juni 2015)
- Registrering stopper om man går inn i menyen på boksen, og når man bruker Engineering mode via web-grensesnittet, selv om man ikke skal endre noen verdier.
- Det er bare mulig med en tilkobling i gangen på web

- Det må gjøres en firmware oppdatering for å kunne bruke NTP-server for klokkesynkronisering. Denne skulle vært klar for installering i februar, men vi har ikke hørt mer fra leverandøren etter at tidspunktet måtte flyttes.
- Vanskelig å få tak i de data som trengs til kalibrering
 - Ny softwaroppdatering i januar 2015 gjorde det mulig å kopiere nødvendige data fra Real Time View
- Mangler oppdatert brukermanual. Fremgangsmåte for kalibrering er for eksempel ikke godt forklart.
- Brukergrensesnittet er vanskelig å sette seg inn i. For å endre på verdier må man gå inn i Engineering mode.
- Nedlastning av data og dataformat:
 - Data hentes manuelt med programmet HI_COMM 100
 - Det konverteres til mdb-format i det samme programmet.

ViperWIM

- Det må følges med på at disken ikke går full, for da stopper registreringen.
- Det blir ulik rekkefølge på registrerte passeringer om man sorterer på tid eller serienummer. Dette gjør det vanskeligere å sammenstille data med de andre dataloggerne, og gir en usikkerhet på hva som er riktig rekkefølge.
- Det ser ut som serienummeret blir nullstilt når apparatet startes på nytt.
- Ofte mangler tilhenger, eller den blir registrert som et eget kjøretøy
- Nedlastning av data og dataformat:
 - Data kan lastes ned automatisk med programmet ViperWIM Data Server
 - Det må konverteres manuelt fra vbv2c til mdb eller csv, med det samme programmet.

Datrec7

- Kontinuerlig registreringspunkt (1700001 Stamphusmyra)
- Gir data på timebasis og enkeltkjøretøy. Dette kan brukes for å se på fulltallighet.
- Dataloggeren ble byttet med Loop Monitor, og satt i drift i Datinn i mars 2015.

Kamera

- Det er et domekamera ved sensorene, hvor vi kan se trafikken i sanntid, men vi har ikke gjort opptak.
- Ved bruk av kamera er det en stor fordel å ha klokkeslettet i bildet.

Utførte kalibreringer

Det vil alltid være litt forskjell på de ulike sensorene som blir installert, dybde, fasthet på vegdekket, og andre faktorer som kan påvirke resultatene fra sensorene. Det er derfor viktig å kalibrere utstyret etter installasjon. Noen typer sensorer og dataloggere krever kalibrering på nytt med ulike intervaller for å holde akseptabel nøyaktighet, andre holder seg stabile. Noen typer har også automatisk kalibrering, hvor de bruker noen faste variable for å holde verdiene på riktig nivå over tid. Kalibrering gjøres med et eller flere kjøretøy med kjent vekt.

Kalibrering av ViperWIM

Fremgangsmåte

Før kalibrering må ViperWIM stå 2–4 uker (avhengig av trafikkmengde) for å bygge opp TNL-kurver. Dette brukes for å korrigere for temperaturendringer, siden sensoren påvirkes av temperaturen.

Ved kalibreringene i 2012 ble det leid inn tre tunge biler med 2-, 3- og 6 akslinger, som anbefalt av leverandøren. Disse ble veid på en kontrollstasjon, hver aksling for seg. Alle bilene passerte så sensorene ti ganger i hvert felt, og registrerte WIM-data ble samlet inn underveis. Registrerte akselvekter ble satt inn i et Excel-ark for kalibrering som var mottatt fra leverandøren. Nye faktorer ble beregnet og lastet opp til apparatet. Deretter ble bilene kjørt fem nye ganger over sensorene for kontroll. Dette var veldig tidkrevende, på Taraldrud hvor det er fire felt rakk vi ikke å kjøre alle kontrollrundene.

Ved kalibrering på Husum og Ørskogfjellet i 2014 ble det brukt en tung bil med 3 akslinger. På Horgheim brukte vi to biler med 3- og 6 akslinger.

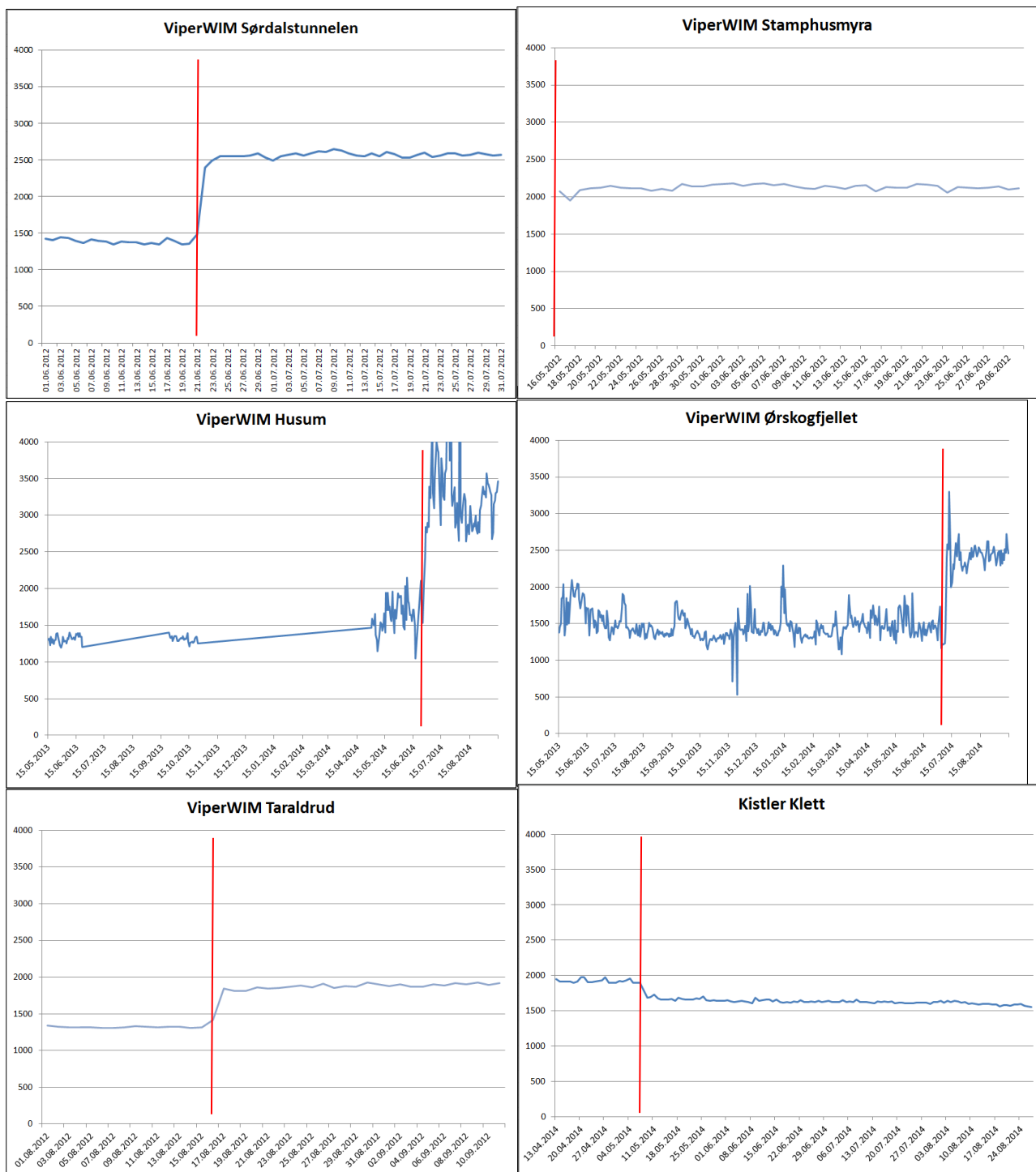
Anbefalingene fra leverandøren om antall biler baseres på COST 323 [3], men vi fikk flere ulike forklaringer på hvorfor det skulle være akkurat tre kjøretøy. Det ble sagt at det var for å dekke hele spekteret med ulike typer akslinger osv. En annen forklaring var at det kun var praktiske hensyn, der det er høy trafikk er det lettere å kjenne igjen riktige passeringer dersom man har kolonnekjøring med kjente akselkonfigurasjoner. På våre testpunkter er det lav trafikk, derfor ble det brukt færre biler i de siste kalibreringene.

Erfaringer

Fremgangsmåten for kalibrering som var anbefalt av leverandøren var tidkrevende. På noen lokasjoner må bilene kjøre et stykke før de har mulighet til å snu. Enkelte steder kan det være vanskelig å komme utpå vegen igjen, spesielt på ettermiddagen når det er mye trafikk. Når det er mye trafikk kan det også være vanskelig å registrere passering fra riktig kjøretøy. Det var spesielt utfordrende å koble kjøretøy mot riktig registrering i de to borteste feltene på Taraldrud der det var fire felt, og en jordvoll mellom kjøreretningene. Det var vanskelig å plukke riktig passering til riktig kjøretøy når det var en liten forsinkelse før den kom opp på skjermen. Her var det en fordel å ha tre kjøretøy med kjent akselkonfigurasjon som kjørte i kolonne.

Resultater

Figurene under viser gjennomsnittsvekten for personbiler per dag. De røde strekene markerer tidspunkt for kalibrering. For ViperWIM øker den fra rundt 1500 kg til mellom 2000 og 3000 kg. For Kistler reduseres den fra rett under 2000 til rundt 1600 kg.



Figur 22 Gjennomsnittsvekt per dag for personbiler, før og etter kalibrering

Det er ulik lengde på tidsrommene i disse figurene, men skalaen for vekt er den samme. Husum mangler data for flere perioder. Det vises som en rett strek.

Kalibrering på Stamphusmyra ble gjort rett før denne grafen starter. De andre inkluderer data både før og etter kalibrering.

Det ser ut til at registrert vekt blir for høy etter kalibrering for alle ViperWIM apparatene. Her er det hentet data fra passeringer som er registrert som personbiler, siden vekten på disse er mindre variabel enn vekten på tunge kjøretøy.

Mulige forklaringer på høy vekt:

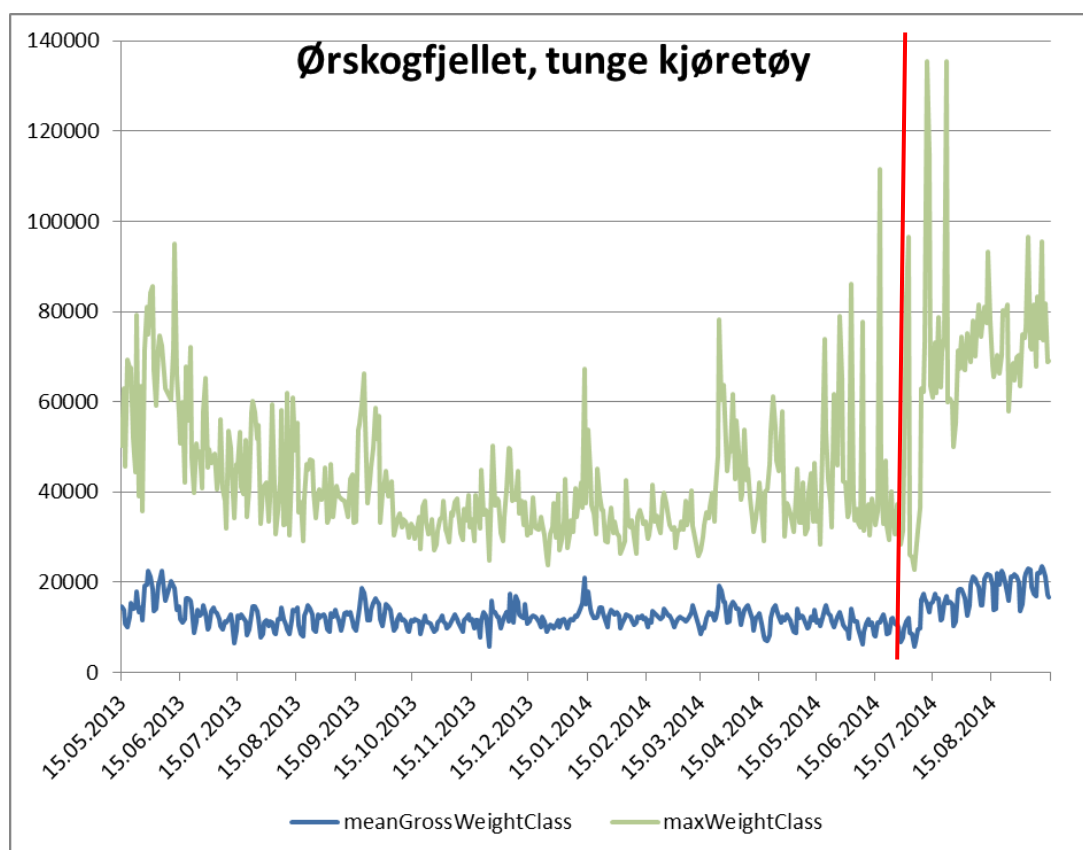
1. Klassifisering er feil, slik at tyngre kjøretøy også blir klassifisert som personbil
2. Feil i utregning av kalibreringsfaktorer (Excel-ark fra leverandøren)
3. Kjøremåte under kalibrering er forskjellig fra vanlig trafikk (sideplassering, akselerasjon, retardasjon osv.)
4. Unøyaktighet ved installering (sensoren blir ikke liggende helt rett etter at resinen er fylt på, kan gi større utslag på forskjellig sideplassering
5. Slitasje på sensorer (telehiv, frost og tine sykluser, sprekker i fyllmassen og vanninntrenging)

Endringen ved kalibrering ser konstant ut over levetiden, og endringen skjer brått. Kalibreringer i 2012 og 2014 gir samme resultat med sprang i gjennomsnittsverker. De tre første forklaringene er derfor mest sannsynlig.

På Ørskogfjellet ble det observert flere passeringer hvor tungbilen kom langt ut på kanten av vegen, over hvitstripa, og den registrerte vekten ble altfor lav. Disse passeringene ble ikke tatt med i beregningen av kalibreringsfaktorene, men det kan være at de passeringene som ble godkjent også var for lette på grunn av sideplasseringen, selv om det ikke var så tydelig ved gjennomføringen.

Husum kan ha blitt truffet av lynet på ettermiddagen etter kalibreringen. Det var problemer med kamera og annet utstyr på stedet etter uværet.

Figur 23 viser gjennomsnittlig og maksimal registrert vekt per dag for alle kjøretøy med ViperWIM på Ørskogfjellet. Den røde streken viser dato for kalibreringen. Vi ser den samme effekten som for personbiler, selv om den ikke vises like tydelig. Maksvekt øker fra mellom 40 og 60 tonn til mellom 60 og 80 tonn.



Figur 23 Tunge kjøretøy før og etter kalibrering, Ørskogfjellet

Kalibrering av Kistler (EzBox)

Programvaren for kalibrering av Kistler sensoren var lagt opp til å bruke 16 passeringer av en tungbil med kjent vekt for å beregne nye faktorer. Det er veldig arbeidskrevende, og det er lett å gjøre feil i brukergrensesnittet.

Ved den første kalibreringen ble det brukt en tungbil med kjent vekt. Når den hadde passert 16 ganger ble det trykket på feil knapp, og alt forsvant. Hele prosessen måtte gjøres på nytt.

Ved den andre kalibreringen ble det brukt en personbil med kjent vekt. Den passerte sensoren tre ganger. For å få beregnet en ny kalibreringsfaktor ble det registrert vekt av 16 ukjente personbiler som passerte stedet. Vi beregnet en gjennomsnittlig statistisk vekt på disse ut fra forholdet mellom registrert dynamisk og statistisk vekt på den kjente bilen.

Nøyaktigheten ble verifisert i påfølgende NonStop test med tunge kjøretøy (se eget kapittel side 29). Resultatene ved kontroll av tungbiler ble veldig bra (2,73 % for alle kjøretøy), selv om kalibreringen ble gjennomført med en mye lettere bil, og den passerte sensorene færre ganger enn beskrevet av leverandøren.

Kalibrering på Verdal

8. oktober 2014 var det planlagt kalibrering av alle tre dataloggere. På grunn av feil i hardware på TMU4 var ikke denne klar for kalibrering denne dagen.

Det ble brukt to biler, en med 4 akslinger og en med 6 akslinger. De ble først veid på kontrollstasjonen. Kjøretøyene passerte vekta tre ganger, gjennomsnittet for disse passeringene ble brukt som referansevekt. Det var en offset på 50 kg på vekta på kontrollstasjonen, dette ble trukket ifra referanseverdien for hver aksling. Etter innveiging kjørte de 12 ganger over sensorene, de første passeringene ble brukt til kalibrering, de siste for kontroll.



Figur 24 Kjøretøy brukt til kalibrering på Verdal

Kistler

Dataloggeren kan kalibreres rett etter installering, det er ikke nødvendig å vente på oppbygging av temperaturkurver. Kistler ble kalibrert av leverandøren 8. oktober 2014.

Det legges inn nøyaktige mål og avstander på sensorene slik de er installert, i tillegg til vekt per aksling og akselavstand på kalibreringskjøretøyene. Det ble brukt 7 passeringer av hvert kjøretøy for kalibrering, og 2 til kontroll.

Referanseverdien er litt forskjellig fra det som ble brukt for Viper, det er ikke tatt hensyn til offset på vekta på ca. 50 kg.

Tabell 6 Referansevekt for kalibrering, Kistler

| Kjøretøy | Aksel 1 | Aksel 2 | Aksel 3 | Aksel 4 | Aksel 5 | Aksel 6 | Totalvekt |
|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|
| 4-akslinger | 6370 | 6890 | 8600 | 8280 | | | 30140 |
| 6-akslinger | 7910 | 6980 | 7440 | 5780 | 5920 | 6140 | 40170 |

Utskrift av kontrollpasseringene er vist i tabellen under. Det gir et samlet resultat på bedre enn 1 % avvik.

Marked

| | No. | Time | Gross Weight | Axles | Speed | Left / Right | Vehicle Length | Wheel Base | Error |
|-----------------|------|----------|--------------|-------|-----------|---------------|----------------|------------|----------------------|
| Wed Oct 08 2014 | | | | | | | | | total: 0.97 % |
| Q ★ | 6446 | 14:33:37 | 40100 kg | 6 | 58.5 km/h | 49.4% / 50.6% | 15.38 m | 13.10 m | - 0.47 % |
| Q ★ | 6447 | 14:33:45 | 30440 kg | 4 | 58.8 km/h | 49.5% / 50.5% | 9.20 m | 6.17 m | + 0.99 % |
| Q ★ | 6588 | 14:46:11 | 39810 kg | 6 | 58.5 km/h | 49.7% / 50.3% | 15.58 m | 13.10 m | - 1.19 % |
| Q ★ | 6589 | 14:46:20 | 30510 kg | 4 | 60.3 km/h | 50.5% / 49.5% | 9.24 m | 6.17 m | + 1.22 % |

Figur 25 Kontrollpasseringer Kistler
TMU4

Det viste seg å være noe feil på profiler-kortet til TMU4, så dette måtte byttes. Etter utskifting 13.10.2014 måtte det gå litt tid for å bygge opp temperaturkurvene før kalibrering.

Planen var å kalibrere denne på den første kontrollen 4. november, men da fikk vi ikke registrert data fra TMU4. På den andre kontrollen 26.11. var det ikke mulig å kopiere de dataene som trengs for kalibrering (piezo 1 og piezo 2) fra sanntidsdataene. Disse er heller ikke med i de lagrede dataene som kan lastes ned fra dataloggeren i ettertid.

Data samlet inn 27.01 ble analysert, og resultatene viste seg å være såpass bra at vi har valgt å la være å justere kalibreringsfaktorene. Da kan vi se på om registrert vekt drifter over tid.

ViperWIM

ViperWIM på Verdal ble kalibrert 8. oktober 2014. Regnearket for kalibrering er tilpasset 2-, 3- eller 6-akslinger. Derfor ble det bare brukt tre av akslingene på bilen med fire akslinger. Vekten på aksel 4 er trukket fra den registrerte totalvekten.

Tabell 7 Referansevekt for kalibrering, ViperWIM

| Kjøretøy | Aksel 1 | Aksel 2 | Aksel 3 | Aksel 4 | Aksel 5 | Aksel 6 | Totalvekt |
|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|
| 4-akslinger | 6323 | 6837 | 8553 | | | | 21713 |
| 6-akslinger | 7860 | 6930 | 7407 | 5830 | 5873 | 6087 | 39987 |

Resultater før og etter kalibrering er vist i figurene under. Etter kalibrering er gjennomsnittlig avvik på 1,7 %.

| Sensor A calculations | | | Sensor B calculations | | |
|-----------------------|--------------|-------------|-----------------------|--------------|-------------|
| Old Impact Factor | 1400 | | Old Impact Factor | 1100 | |
| Average current error | 1.263 | Fail | Average current error | 1.318 | Fail |
| Overall STDev | 0.09 | | Overall STDev | 0.07 | |
| Overall COV | 7.11 | Pass | Overall COV | 5.03 | Pass |
| Average Temp | 5 | | Average Temp | 5 | |

Figur 26 ViperWIM resultater før kalibrering

| Calibration certificate calculations | | |
|--------------------------------------|--------------|-------------|
| Average Error | 1.017 | Pass |
| Overall STDev | 0.05 | |
| Overall COV | 5.35 | Pass |
| Average Temp | 2 | |

Figur 27 ViperWIM resultater etter kalibrering

| | | |
|--|--|--|
| Average error must be greater than 0.90 and less than 1.10 | | |
| Overall Standard Deviation should be less than 0.18 | | |
| Overall Coefficient of Variation should be less than 18.00 | | |
| Average confirmation temperature | | |

Figur 28 ViperWIM, godkjenningsskrav fra leverandøren

Avvik mellom referanseverdien og gjennomsnittet av sensor A og B er vist i tabellen under. Det er stor forskjell på nøyaktigheten for enkeltakslinger og totalvekten.

Tabell 8 Avvik per aksling etter kalibrering, ViperWIM Verdal

| Run | Aksler | Avvik aksel 1 | Avvik aksel 2 | Avvik aksel 3 | Avvik aksel 4 | Avvik aksel 5 | Avvik aksel 6 | Totalvekt |
|-----|--------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-----------|
| 1 | 3 | 1 % | 0 % | -5 % | | | | -2 % |
| 2 | 3 | 10 % | 8 % | -11 % | | | | 1 % |
| 1 | 6 | 7 % | -2 % | -3 % | 6 % | 2 % | -1 % | 1 % |
| 2 | 6 | -2 % | 1 % | 2 % | 11 % | 4 % | 5 % | 3 % |

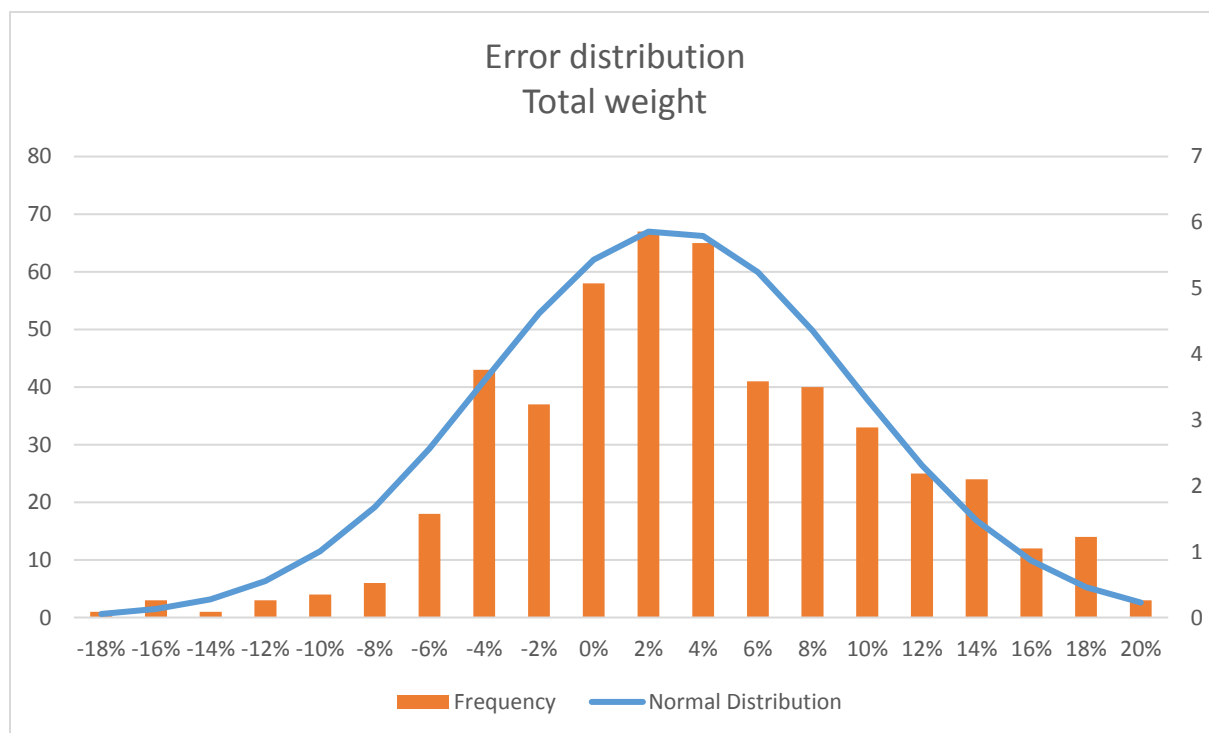
Sammenligning av WIM mot registrering på vektstasjon og andre apparater

NonStop på Klett (Kistler)

Dette delkapittelet er en oppsummering av hovedpunktene fra rapporten skrevet av Maria Elena Palma Tello [5].

Etter vektkontrollen i forbindelse med NonStop prosjektet (mai 2014) ble det gjort analyser av nøyaktigheten for WIM-systemet (Kistler) for totalvekt, akselvekter, og nøyaktighet for gruppen med veldig tunge kjøretøy (over 46 tonn).

På kontrollstasjonen ble det registrert vekt for akselgrupper, ikke enkeltakslinger, og det manglet informasjon om hvilken konfigurasjon de enkelte kjøretøyene hadde. Dette gir noe usikkerhet i tallene.

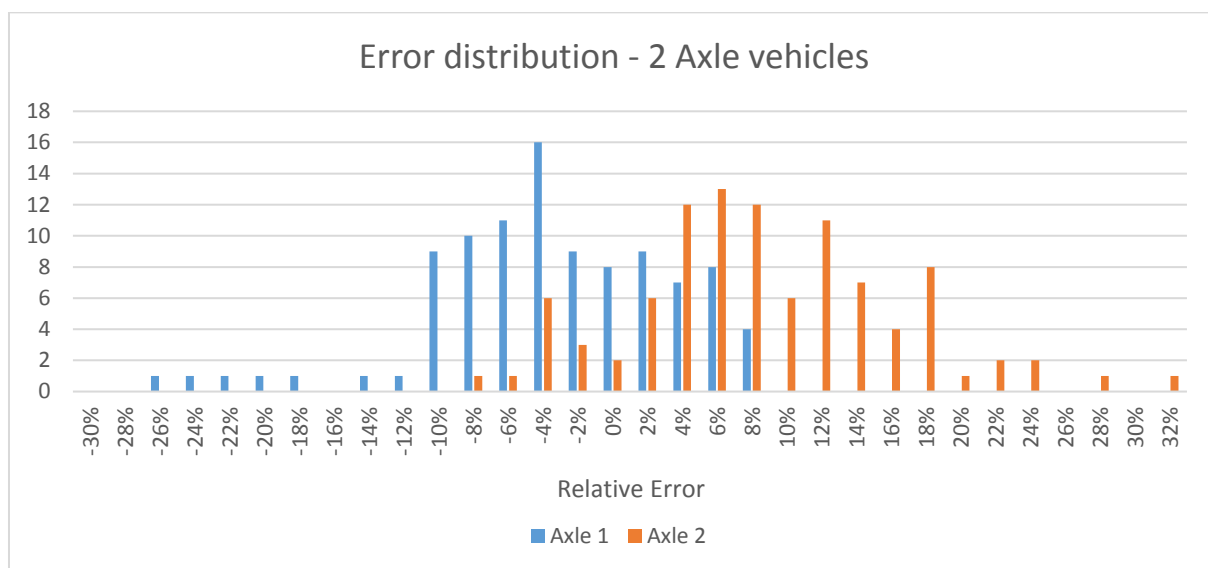


Figur 29 Distribution of total weight [5]

Som Tabell 9 og Figur 30 viser, er det en tendens til at første aksling underestimeres og andre aksling overestimeres. For kjøretøyer med flere enn to akselgrupper blir de to første registrert med størst gjennomsnittlig avvik.

Tabell 9 Avvik og standardavvik for akselgrupper [5]

| Static weight | Average | Std. Dev. |
|---------------|---------|-----------|
| Reading 1 | -5,21 % | 10,07 % |
| Reading 2 | 8,65 % | 11,26 % |
| Reading 3 | 2,38 % | 12,8 % |
| Reading 4 | 3,62 % | 14,31 % |



Figur 30 Histogram of relative error for two axle vehicles [5]

Total nøyaktighet er oppsummert i Tabell 10. For hele utvalget tilfredsstillersystemet kravet i COST 323 [3] til klasse C(15). For gruppen av veldig tunge kjøretøy (over 46 tonn) oppfyller det kravet til klasse B(10).

Tabell 10 Accuracy of the WIM-system [5]

| Gross weight | n | Relative error | | δ (%) | | π_0 (%) | π (%) | |
|-------------------|-----|----------------|--------------------|--------------|------|-------------|-----------|---------|
| | | Mean (%) | Std. Deviation (%) | B | C | | B (10) | C (15) |
| All vehicles | 511 | 2,73 % | 6,77 % | 10 % | 15 % | 95 % | 80,1 % | 95,2 % |
| Heaviest vehicles | 99 | -0,24 % | 3,37 % | 10 % | 15 % | 92,2 % | 99,3 % | 100,0 % |

Analyser av vektregistrering med ViperWIM og Kistler

Kistler sammenlignet med Datarec 410

Det er gjort flere studentprosjekter som ser på nøyaktigheten til Datarec 410 på Klett [6] [7] [8]. Resultatene viste at det ble registrert 15–30 % for høy vekt i forhold til statistisk registrert vekt.

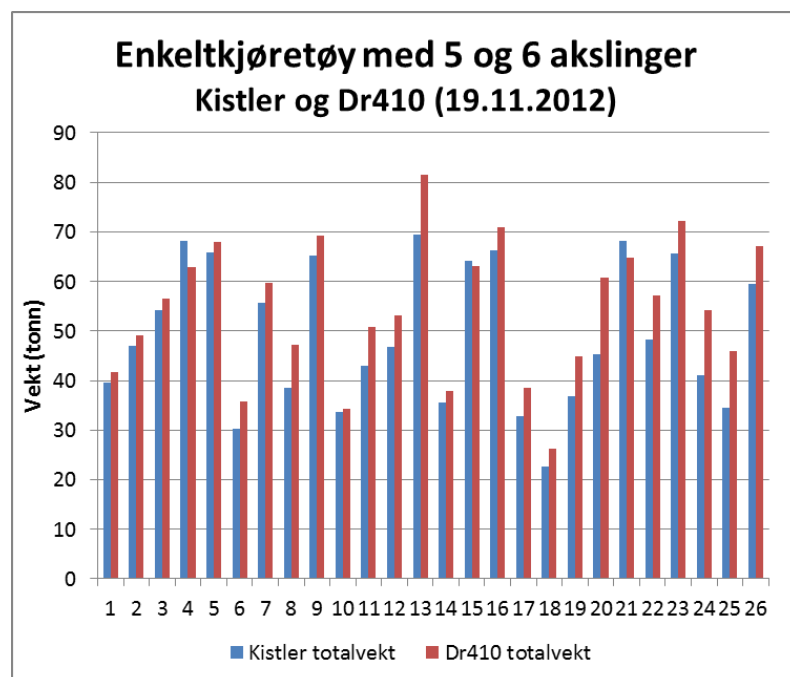
Det ble gjort en sammenligning av resultater fra Kistler og Datarec 410 på Klett [9]. Ved hjelp av et dataprogram ble registrerte passeringer på de to apparatene koblet til samme kjøretøy. Det var en del registreringer som manglet hos Kistler, og det var mange passeringer hos Datarec 410 som manglet vektdata.

| Registreringsapparat | Antall kjøretøy |
|----------------------|---------------------|
| Kistler | 4148 |
| Dr410 | 4229 |
| Differanse: | 81 kjøretøy (1,9 %) |

Tabell 11 Manglende vektdata for Datarec 410

| Dr410 | Mangler vektdata | Antall akslinger | | | | | |
|-----------------|------------------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Antall kjøretøy | 2307 | 1645 | 86 | 40 | 55 | 91 | 4 |
| Andel | 54,6 % | 38,9 % | 2,0 % | 0,9 % | 1,3 % | 2,2 % | 0,1 % |

Differansen på gjennomsnittet av registrert vekt var ca. 10 %. Datarec registrerer noe høyere vekt enn Kistler. Det betyr at Kistler ligger litt nærmere statistisk vekt på kjøretøyene.

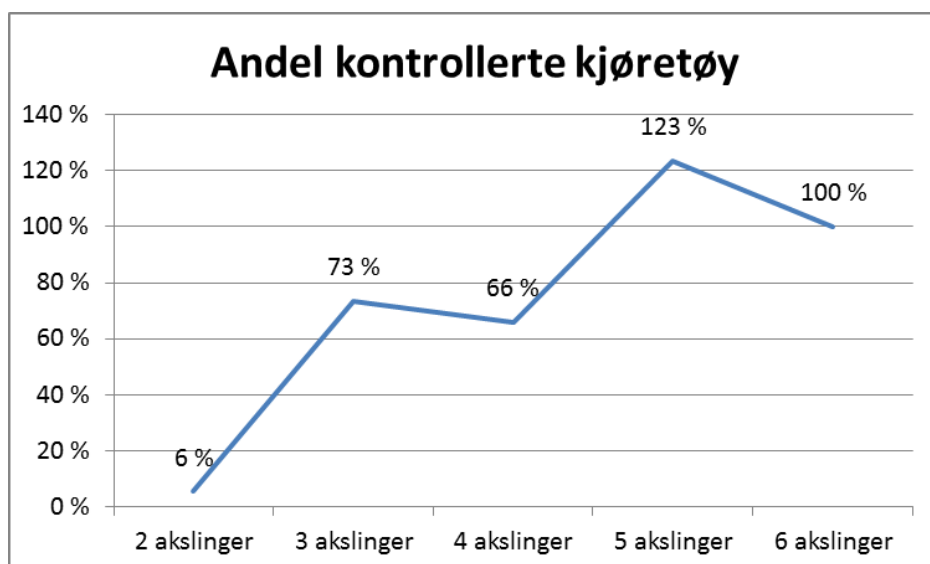


Figur 31 Vekt for enkeltkjøretøy med 5 og 6 akslinger, Kistler og Dr 410 (19.11.2012)

Kistler og manuell vektkontroll, 19.11.2012

Det ble samlet inn data fra en vektkontroll på Sandmoen som en del av en prosjektoppgave på NTNU [9]. Planen var å sammenligne enkeltkjøretøyer, men på grunn av problemer med videoutstyret var ikke det mulig å få til. Det ble derfor gjort en sammenligning av gjennomsnittsvekten for kjøretøy fordelt på antall akslinger.

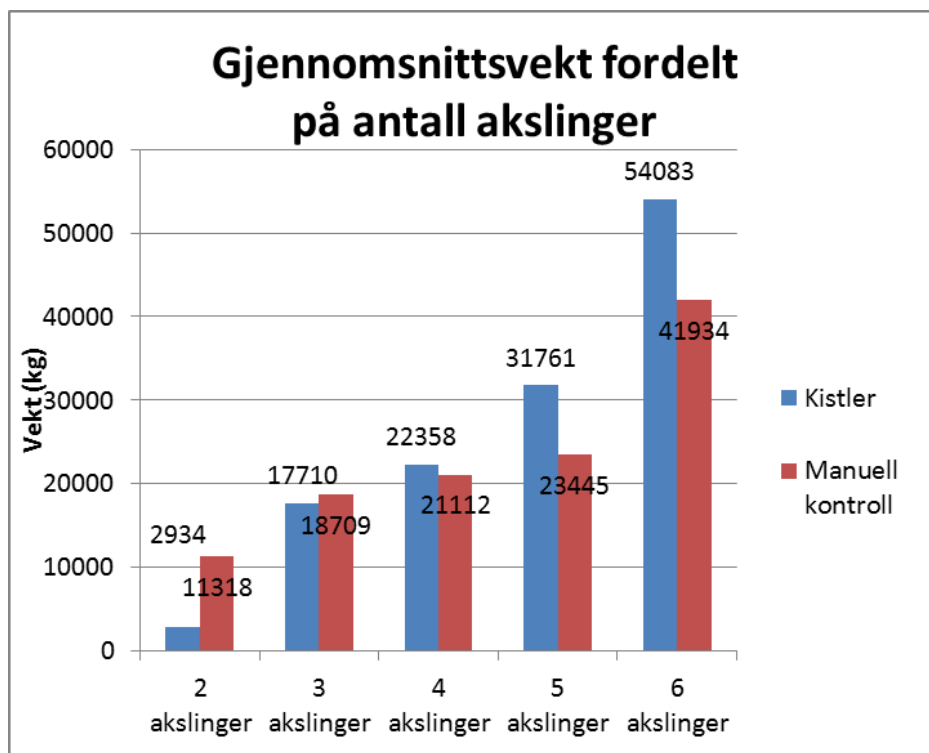
Det var ikke alle kjøretøyene som passerte Kistler sensoren som ble vinket inn på Sandmoen, derfor er det stor usikkerhet i tallene. Gruppen med to akslinger består av flest personbiler, disse kommer ikke inn til kontroll. Derfor er gjennomsnittsvekten for denne gruppen mye høyere på kontrollstasjonen enn på Kistler. For kjøretøy med 3 eller flere akslinger er utvalget mer representativt. Perioder med pause på Sandmoen er trukket ifra disse tallene. For gruppen med 5 akslinger er det registrert flere kjøretøy på kontrollstasjonen enn det som passerte sensoren. Dette kan skyldes feil i registreringene slik at antall akslinger ble forskjellig, unøyaktighet i tiden når pauser er filtrert ut, eller at bil med henger er registrert som to mindre kjøretøy på Kistler sensoren.



Figur 32 Andel kontrollerte kjøretøy av totalt antall passeringer

Tabell 12 Antall passeringer og kontrollerte kjøretøy

| | Antall | Fordelt på antall akslinger | | | | |
|------------------|--------|-----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | 2 akslinger | 3 akslinger | 4 akslinger | 5 akslinger | 6 akslinger |
| Kistler WIM | 1781 | 1572 | 79 | 47 | 30 | 53 |
| Manuell kontroll | 269 | 88 | 58 | 31 | 37 | 53 |

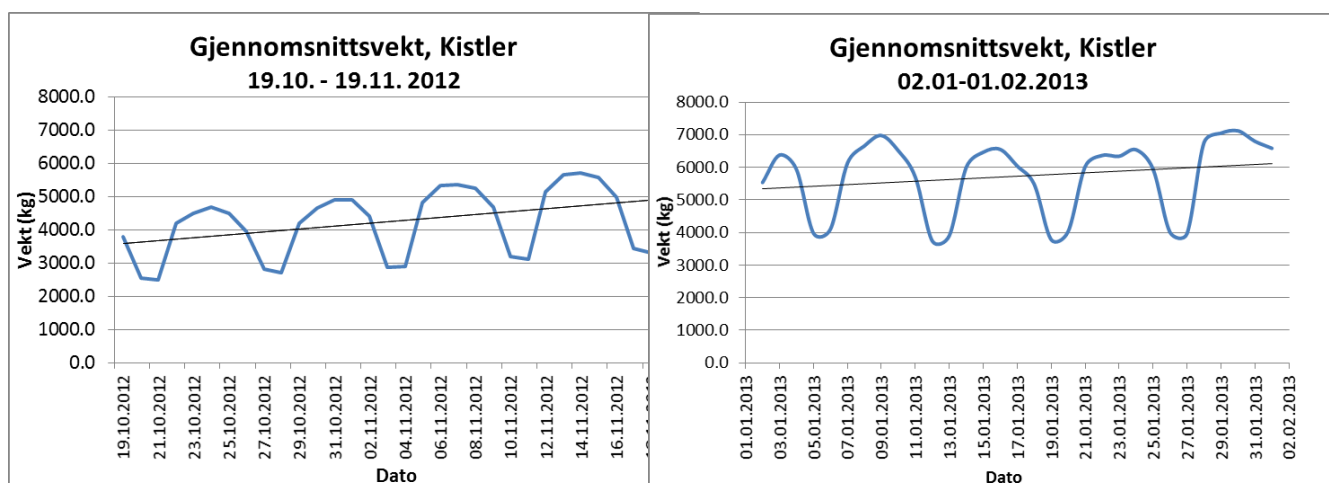


Figur 33 Gjennomsnittsvekt registrert med Kistler og fra manuell kontroll

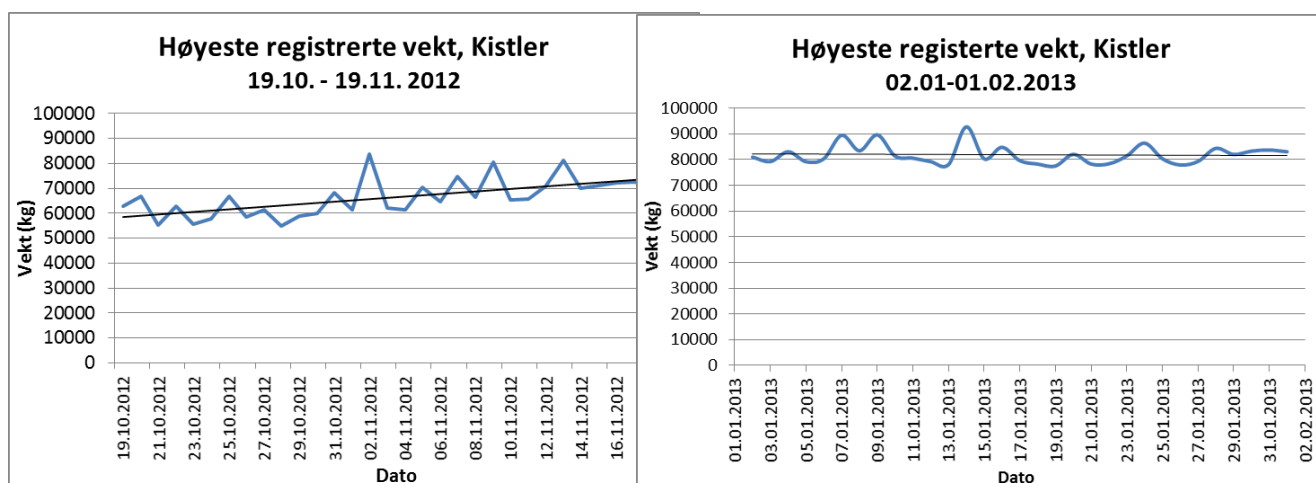
Utvikling over tid for Kistler på Klett

Figurene nedenfor viser hvordan Kistler har registrert vekt i to ulike perioder. Periodene har vart omtrent like lange, og var i tidsrommet 19.10–19.11.2012 og 02.01–01.02.2013. Gjennomsnittsvekten øker gjennom begge periodene, men økningen har flatet ut i den siste perioden.

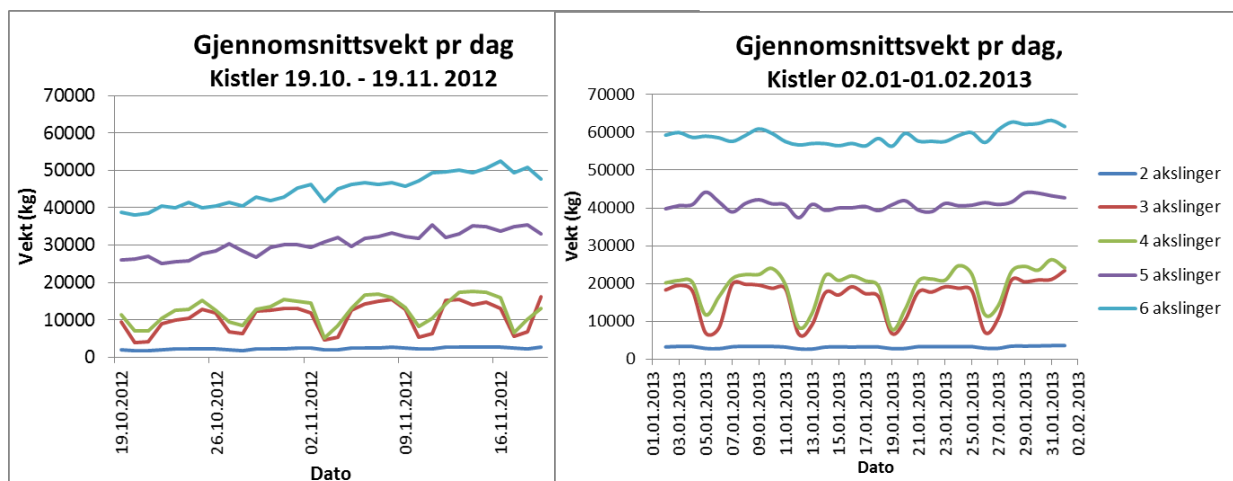
Høyeste registrerte vekt i januar er på rundt 80 tonn, det tyder på at apparatet registrerer for høy vekt.



Figur 34 Gjennomsnittsvekt Kistler, okt–nov 2012 og jan 2013

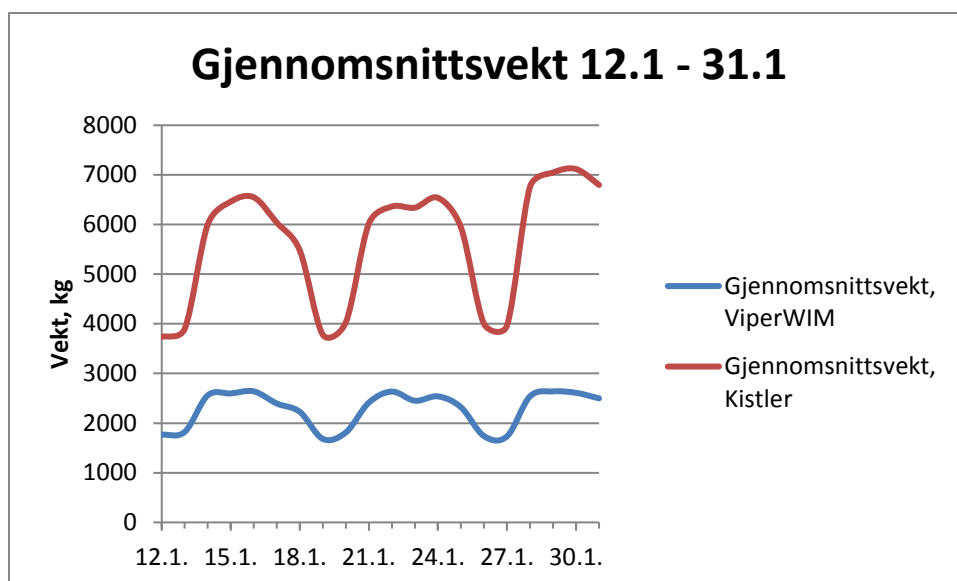


Figur 35 Høyeste registrerte vekt Kistler, okt–nov 2012 og jan 2013

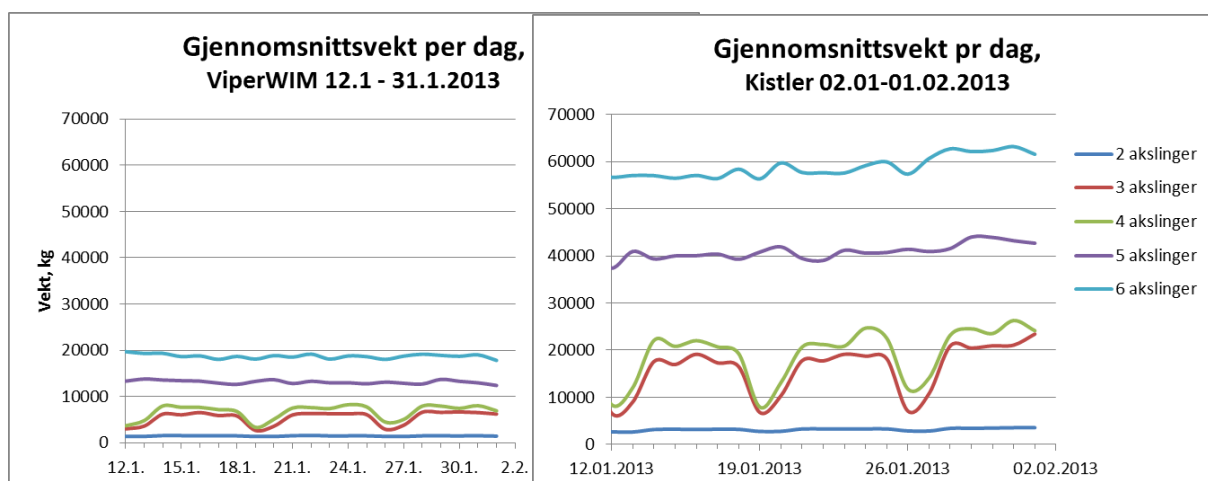


Figur 36 Gjennomsnitt per dag Kistler, okt–nov 2012 og jan 2013

Figur 37 og Figur 38 viser en sammenligning av registrert vekt fra ViperWIM og Kistler i samme tidsperiode. Uten å ha en referanse å sammenligne med ser det ut som ViperWIM registrerer for lavt og Kistler for høyt. Det er spesielt tydelig for gjennomsnitt av kjøretøy med 6 akslinger.



Figur 37 Gjennomsnittsvekt ViperWIM og Kistler, 12.1. – 31.1.2013



Figur 38 Gjennomsnittsvekt ViperWIM og Kistler fordelt på antall akslinger, 12.1. – 31.1.2013

Justering av vekt fra ViperWIM uten manuell kalibrering

Det er sagt at ViperWIM må kalibreres hvert halvår, men undersøkelser tyder på at behovet kan være oftere enn det. Etter fire måneder hadde gjennomsnittsvekten per dag sunket til halvparten av det den var ved kalibrering (Målinger på Klett oktober 2012 – februar 2013).

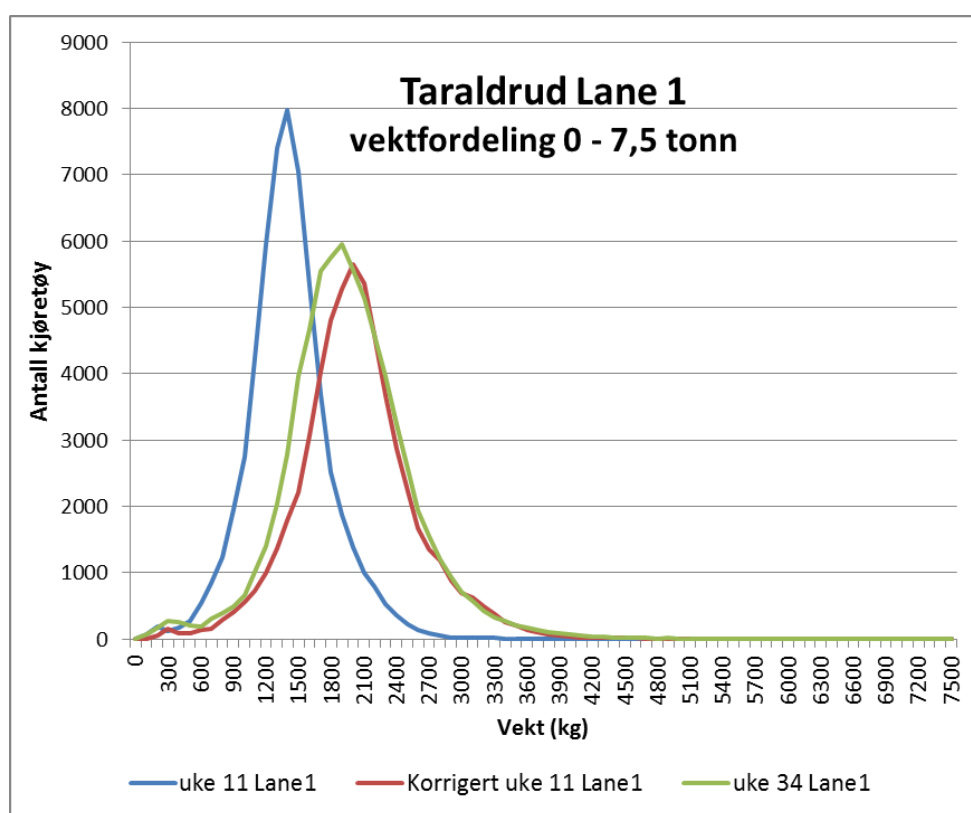
Dersom man kunne finne en metode for å beregne nye kalibreringsfaktorer uten å foreta en full kalibrering, ville det spare mye arbeid. Det ble derfor sett på statistikk fra før og etter kalibrering av ViperWIM installasjonene, og de kalibreringsfaktorene som ble funnet.

Det kan være mulig å bruke median vekt (toppen av grafen som viser vektfordeling) til å korrigere verdiene fra ViperWIM. Det ble forsøkt flere alternative korreksjonsmetoder, både median og gjennomsnitt av lette kjøretøy. Det ble brukt lette kjøretøy som referanse, siden

de har mindre spredning i vekt enn tunge kjøretøyer, og det er et større antall å bygge statistikken på. Om man vet gjennomsnittsvekt for kjøretøyparken kan det utnyttes for å finne en korreksjonsfaktor for datamaterialet, i stedet for å gjennomføre en full kalibrering.

For hvert registreringspunkt er det hentet data før og etter kalibrering, i tillegg er det gjort en korreksjon av data før kalibrering med korreksjonsfaktoren som ble funnet for hvert felt. Som et eksempel viser figuren under vektfordelingen for registreringer mellom 0 og 7,5 tonn, for felt 1 på Taraldrud.

Det er tydelig at formen på den korrigerte grafen blir mer lik resultatene etter kalibrering. For å kunne bruke denne metoden må man vite hva vekten skal ligge på (for eksempel median av lette kjøretøy). Korreksjonsfaktoren vil variere ettersom resultatene fra sensoren drifter over tid.



Figur 39 Taraldrud felt 1, vektfordeling 0–7,5 t

Sammenligning av ViperWIM og Datarec 7

Resultater fra ViperWIM ble sammenlignet med resultater fra Datarec 7. For punktene Sørdalstunnelen og Stamphusmyra ble antall passeringer og klasseinndeling sammenlignet

med registreringer fra en Datarec 7 på samme strekning. Det er sett på to perioder, rett før og rett etter kalibrering av ViperWIM. Figurene under viser resultatene i den siste uken på hvert punkt.

Begge systemene registrerer total lengde basert på induktive sløyfer.

Tabell 13 Perioder med sammenligning av data, ViperWIM og Datarec 7

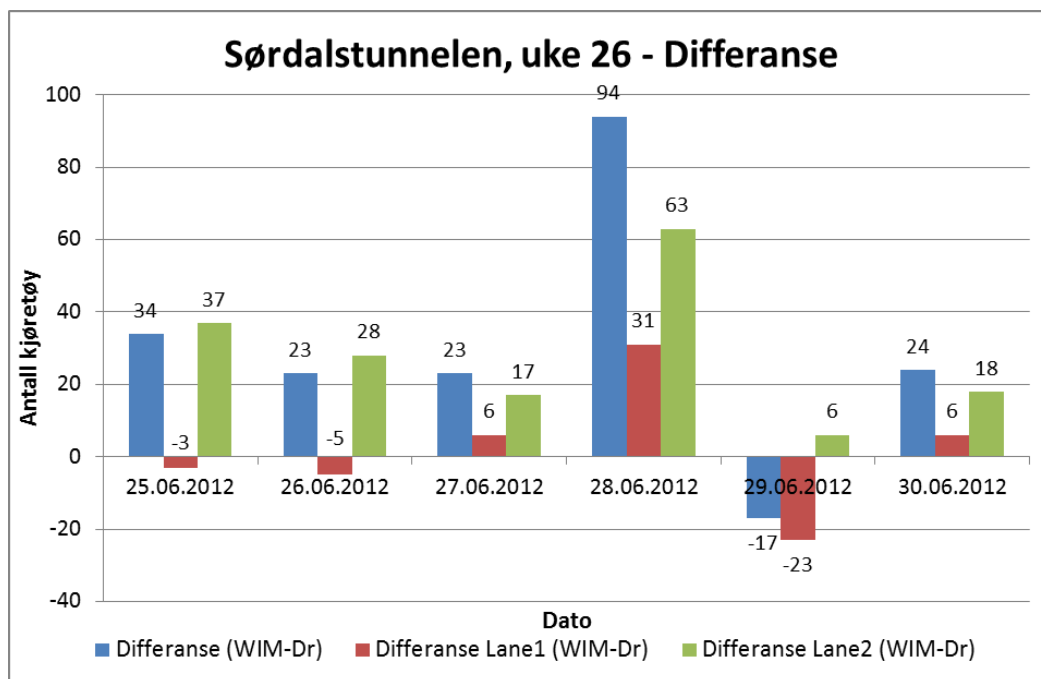
| Registreringspunkt | Kalibreringsdato | Data før kalibrering | Data etter kalibrering |
|-------------------------|------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 1801011 SørDALstunnelen | 21.6.2012 | Uke 23 4.6. – 10.6.2012 | Uke 26 25.6. – 30.6.2012 |
| 1700611 Stamphusmyra | 15.5.2012 | Uke 11 12.3. – 18.3.2012 | Uke 23 4.6. – 10.6.2012 |

Tabell 14 Trafikkmengde i de valgte periodene

| Registreringspunkt | Trafikkmengde første periode (ViperWIM) | Trafikkmengde andre periode (ViperWIM) |
|-------------------------|---|--|
| 1801011 SørDALstunnelen | 7661 | 9496 |
| 1700611 Stamphusmyra | 91544 | 104424 |

Tabell 15 SørDALstunnelen uke 26, 2012

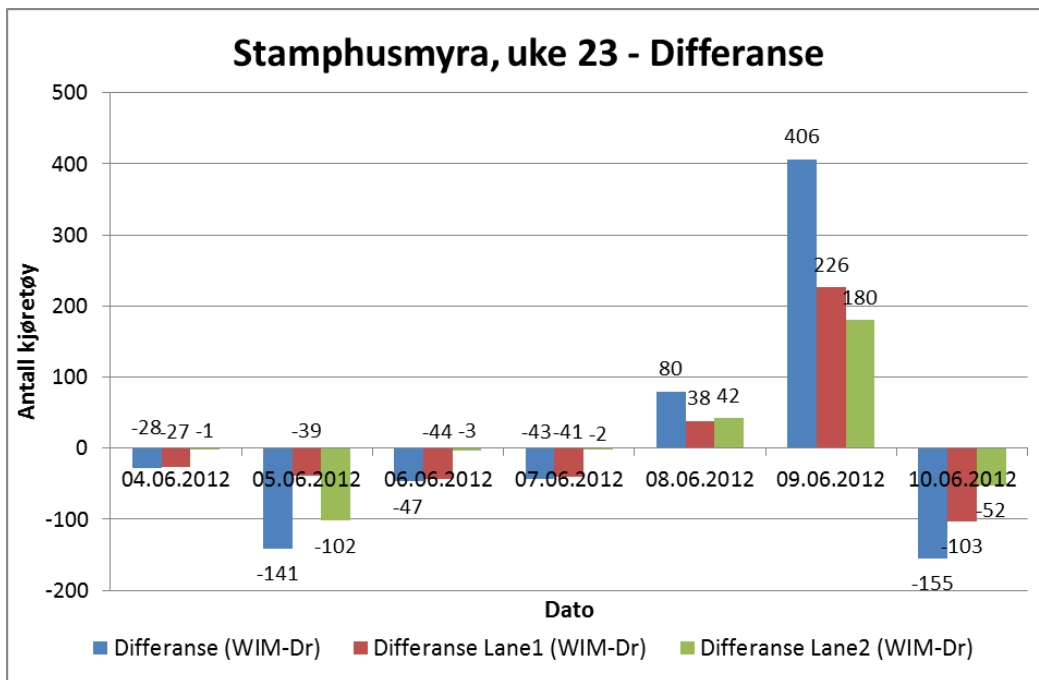
| Dato | Antall Dr7 | Antall WIM | Differanse (WIM-Dr) | Differanse % |
|---------------|-------------|-------------|---------------------|--------------|
| 25.06.2012 | 1479 | 1513 | 34 | 2,2 % |
| 26.06.2012 | 1408 | 1431 | 23 | 1,6 % |
| 27.06.2012 | 1438 | 1461 | 23 | 1,6 % |
| 28.06.2012 | 1576 | 1670 | 94 | 5,6 % |
| 29.06.2012 | 1949 | 1932 | -17 | -0,9 % |
| 30.06.2012 | 1465 | 1489 | 24 | 1,6 % |
| Totalt | 9315 | 9496 | | |



Figur 40 Sørdalstunnelen uke 26 2012, differanse mellom Datarec7 og ViperWIM

Tabell 16 Stamphusmyra uke 23, 2012

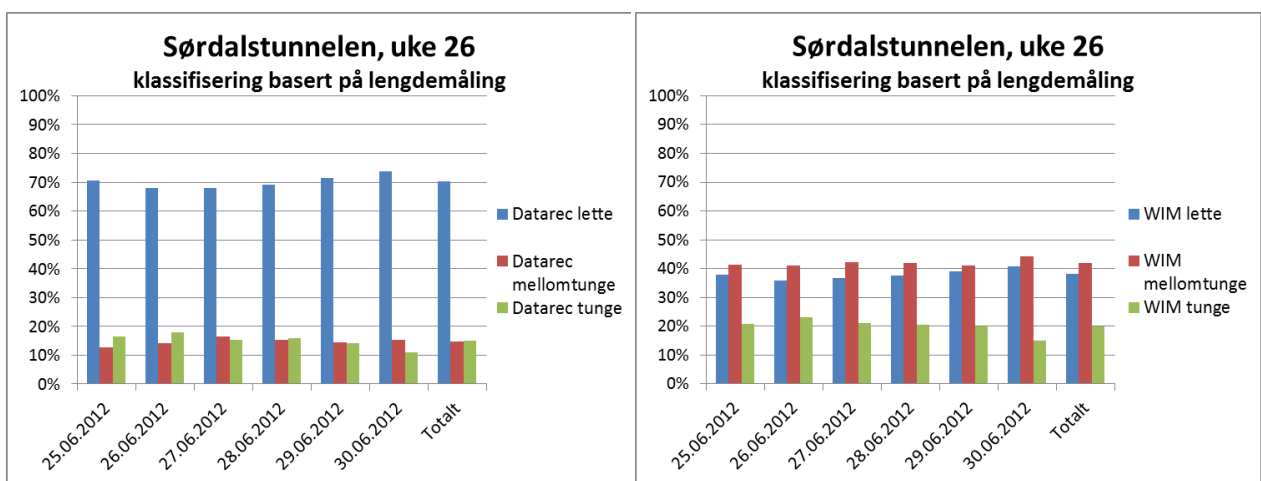
| Dato | Antall Dr7 | Antall WIM | Differanse (WIM-Dr) | Differanse % |
|---------------|---------------|---------------|---------------------|--------------|
| 04.06.2012 | 16471 | 16443 | -28 | -0,17 % |
| 05.06.2012 | 16410 | 16269 | -141 | -0,87 % |
| 06.06.2012 | 15969 | 15922 | -47 | -0,30 % |
| 07.06.2012 | 16860 | 16817 | -43 | -0,26 % |
| 08.06.2012 | 17263 | 17343 | 80 | 0,46 % |
| 09.06.2012 | 10101 | 10507 | 406 | 3,86 % |
| 10.06.2012 | 11279 | 11124 | -155 | -1,39 % |
| Totalt | 104353 | 104425 | 72 | |



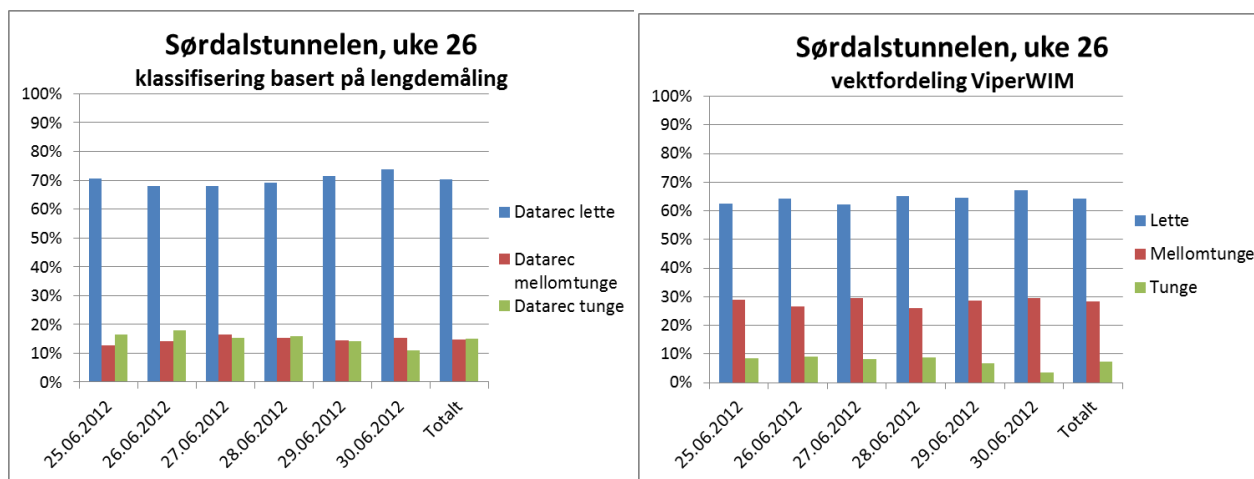
Figur 41 Stamphusmyra uke 23 2012, differanse mellom Datarec7 og ViperWIM

Klassifisering av kjøretøyene gjøres på bakgrunn av målt lengde eller vekt. Grensene mellom lett, middels og tunge kjøretøy er 3500kg og 7500kg. De tilsvarende lengdene som brukes som en tilnærming er 5,6 m og 12,4 m.

Datarec7 måler kun lengde, ViperWIM registrerer både lengde og vekt. Figurene under viser fordelingen mellom lette, mellomtunge og tunge kjøretøy dersom vi ser på lengde eller vekt fra ViperWIM.



Figur 42 Klassifisering Sørdalstunnelen uke 26 2012, Datarec7 og ViperWIM, basert på lengde



Figur 43 Klassifisering Sørðalstunnelen uke 26 2012, Datarec7 (lengde) og ViperWIM (vekt)

Når det gjelder antall passeringer gir de to systemene ganske like resultater.

Ved klassifisering basert på lengde er det tydelig at det ikke blir registrert samme verdier på de passerende kjøretøyene. ViperWIM får en mye høyere andel mellomtunge kjøretøy enn Datarec7.

Med målinger basert på lengde fra Datarec7 og vekt fra ViperWIM blir det bedre samsvar i klassifiseringen. Vi ser at det kan være vanskelig å sammenligne data fra ulike apparater, selv om de registrerer samme parameter.

Gjennomføring av kontroller på Verdal

Vi ble med på vektkontroller på Verdal, og noterte registreringsnummer, vekt per aksling og totalvekt for de kjøretøyene som var innom kontrollstasjonen. Det ble også filmet på kontrollstasjonen, slik at vi senere kunne kjenne igjen de samme kjøretøyene på video ved passering av sensorene.

På alle kontrollene satte vi opp et videokamera ved WIM-punktet som filmer sensorene. Dette ble gjort for å lettere sammenstille data fra WIM og kontrollstasjonen, vi fikk ikke gjort opptak fra domekameraet.

Data fra dataloggerne ble hentet inn i ettertid, også timesdata fra Dr7.

Klokkeslett for utstyret sjekkes på forhånd, klokke på videokameraene stilles etter klokka.no. Det er en stor fordel om man får vist klokkeslettet i videobildet.

4.11.2014

Det ble notert kjennetegn som farge og tekst på bilene for å kjenne igjen de samme kjøretøyene ved sensorene. Tidspunktene for passering ble funnet fra videoen, dette ble koblet mot passeringer registrert av Kistler.

Det var veldig mye jobb med sammenligning av videoer for å finne de samme kjøretøyene på sensorene og på kontrollstasjonen.

Vi fikk ikke data fra ViperWIM fordi den hadde full disk. I tillegg var det feil på en port på minisvitsjen i skapet, så vi fikk ikke kontakt med den. (I ettertid var det mulig å hente data fra 4.11. men denne fila har data dobbelt opp, og det er usikkert om innholdet er riktig.) Det ser også ut som serienummeret nullstilles når apparatet startes på nytt.

TMU4 fikk vi ikke data fra fordi vi hadde sjekket klokka før vi begynte kontrollen, uten å gå ut av menyen. Vi var ikke klar over at den stopper registreringen når man er i menyene. I ettertid er det lagt inn en time-out, slik at man ikke mister fullt så mye data om man glemmer å gå ut av menyen.

Fra Kistler fikk vi hentet ut data, men det var veldig vanskelig å sammenstille passeringene med passeringene på videoen. Under kontrollen så vi at den gikk på sommertid, men ellers nøyaktig. Det viste seg å være et avvik på 58 min 58 sek for tidlig i forhold til passering på videoen.

26.11.2014

Som sist ble det notert nummer, akselvekt og totalvekt på kjøretøyene som ble kontrollert på vektstasjonen. I tillegg noterte vi registreringsnummer og tidspunkt på tunge kjøretøy når de ble registrert av ANPR systemet. Dette ble notert manuelt, siden vi ikke kan få lagret dette. Dermed kan kjøretøyene kobles uten å se på video fra passering av sensorene, og vi sparer mye jobb i etterkant.

Kistler har hatt mye problemer med at dataloggeren stopper registrering med ujevne mellomrom. Det ble derfor gjort en firmwareoppgradering. Dessverre ble det ikke tatt vare

på data i denne oppgraderingen, og vi hadde ikke lastet ut data fra kontrollen 26.11. Dermed mistet vi alt av data fra Kistler denne dagen.

ViperWIM fungerte og nedlastning av data gikk som det skulle. Ved analyse av data ble det klart at det er forskjellig rekkefølge om man sorterer på tid eller serienummer. Dette gjorde det vanskeligere å sammenstille med data fra ANPR.

TMU4 fungerte denne dagen. Vi prøvde å få til kalibrering av denne, men det var veldig vanskelig å få kopiert de verdiene vi trengte. På grunn av kalibreringen hadde vi satt på opptak av sanntidsdata, der det ble lagret en fil for hver passering. Når datafilene ble lastet ned i etterkant av testen så vi at det ikke var noen verdier i kolonnene for vekt, bare 0. Det manglet en avkryssing for lagring av vekt i oppsettet (dette ble satt opp av leverandøren). De har nå endret defaultverdiene slik at vekt blir lagret. Det er mulig å se akselkonfigurasjon fra den nedlastede filen, og dette ble brukt for å finne ID på passeringene. Vekt kunne da hentes fra de enkeltfilene vi hadde lagret. Dette ble mer jobb enn nødvendig, men vi fikk i hvert fall noe data fra kontrollen.

27.01.2015

Nummer, akselvekt og totalvekt ble notert på kontrollstasjonen. ANPR ble brukt for å notere registreringsnummer og tidspunkt for passering av tunge kjøretøy ved sensorene. Som sist ble det satt opp videokamera ved sensorene og på kontrollstasjonen for å kunne sjekke koblinger i ettertid. Denne gangen fikk vi lastet ned data fra alle tre dataloggerne.

12.05.2015

Kistler sensorer ble kontrollert, og dataloggeren ble byttet. Ny kalibrering av Kistler og ViperWIM.

23.06.2015

Kontroll på vektstasjonen ble gjennomført som tidligere, for å se om Kistler holder samme nøyaktighet som ved kalibreringen. Data fra alle tre dataloggere ble lastet ned i etterkant.

11.09.2015

Ny kontroll på vektstasjonen, for å kontrollere om Kistler er stabil over tid. Data fra alle tre dataloggere ble lastet ned i etterkant.

Resultater fra Verdal

Dette kapittelet viser de viktigste resultatene fra aktivitetene på Verdal.

Fulltallighet november 2014

Vi har sett under kalibrering og andre kontroller at det kan være problemer med at WIM-sensorene registrerer et langt kjøretøy som to små, eller at flere små slås sammen til et langt.

Antall registrerte passeringer sammenlignet med registreringer fra Dr7 (aggregert per time) er vist i tabellen under. Kistler sluttet å registrere kl. 13:33 4.november (dvs. 14:33 siden den gikk på sommertid), derfor har vi ikke data fra hele dagen.

Ved analysen av data fra ViperWIM var det mange kjøretøy som manglet to akslinger. Det ser ut som tilhenger ikke er registrert, eller den registreres som et eget kjøretøy. Totalt antall er likevel lavere enn for Dr7.

Tabell 17 Fulltallighet (Verdal november 2014)

| Time | Dr7 4.11. | Kistler 4.11. | Dr7 26.11. | TMU4 26.11. | ViperWIM 26.11. |
|-------------------|--------------|------------------|---------------|----------------|--------------------|
| 00-01 | 39 | - | 22 | 23 | 22 |
| 01-02 | 13 | 13 | 16 | 16 | 16 |
| 02-03 | 19 | 18 | 20 | 20 | 20 |
| 03-04 | 9 | 11 | 6 | 6 | 7 |
| 04-05 | 16 | 15 | 20 | 21 | 18 |
| 05-06 | 66 | 63 | 57 | 57 | 56 |
| 06-07 | 355 | 341 | 315 | 320 | 305 |
| 07-08 | 629 | 634 | 521 | 524 | 513 |
| 08-09 | 423 | 433 | 409 | 422 | 413 |
| 09-10 | 418 | 411 | 387 | 393 | 382 |
| 10-11 | 404 | 398 | 404 | 411 | 397 |
| 11-12 | 425 | 438 | 436 | 447 | 439 |
| 12-13 | 434 | 428 | 448 | 458 | 443 |
| 13-14 | 519 | 506 | 543 | 552 | 531 |
| 14-15 | 641 | 317 | 644 | 662 | 640 |
| 15-16 | 910 | - | 960 | 979 | 946 |
| 16-17 | 556 | - | 529 | 541 | 529 |
| 17-18 | 452 | - | 459 | 460 | 449 |
| 18-19 | 335 | - | 343 | 351 | 337 |
| 19-20 | 288 | - | 271 | 271 | 269 |
| 20-21 | 291 | - | 258 | 264 | 260 |
| 21-22 | 198 | - | 196 | 197 | 192 |
| 22-23 | 139 | - | 171 | 174 | 172 |
| 23-24 | 72 | - | 76 | 77 | 77 |
| Totalt | 7651 | 4026 | 7511 | 7646 | 7433 |
| Time 01-14 | 3730 | 3709 | | | |

Vekt november 2014

Det ble gjort et utvalg av de kjøretøyene som var identifisert mest sikkert på sensorene og vektstasjonen, hvor alle akslingene var med. De ble også utelatt dersom det var åpenbare feilkilder som lav hastighet i forhold til de som passerte rett før og etter, det vil si at kjøretøyet sannsynligvis akselererte over sensorene.

Avvik i gjennomsnittsvekt registrert av sensorene i forhold til statisk vekt på kontrollstasjon er vist i tabellen under.

Tabell 18 Resultater Verdal november 2014: Gjennomsnittlig avvik på WIM i forhold til registrering på kontrollstasjon

| | Gross Weight | Axle 1 | Axle 2 | Axle 3 | Axle 4 | Axle 5 | Axle 6 |
|---------------------------|-----------------|----------|---------|----------|---------|----------|----------|
| Kistler (4.Nov.) | | | | | | | |
| Av. error | 11.62 % | 14.05 % | 10.31 % | 13.23 % | 9.19 % | 12.66 % | 12.01 % |
| St. dev | 4.52 % | 30.92 % | 13.30 % | 20.39 % | 11.02 % | 6.61 % | 3.97 % |
| TMU4 (26.Nov.) | | | | | | | |
| Av. error | -5.25 % | -4.19 % | -4.02 % | -3.05 % | -3.99 % | -2.08 % | -6.99 % |
| St. dev | 4.08 % | 5.25 % | 10.21 % | 12.22 % | 11.99 % | 12.24 % | 9.60 % |
| ViperWIM (26.Nov.) | | | | | | | |
| Av. error | -11.86 % | -11.78 % | -8.59 % | -14.95 % | -8.03 % | -10.28 % | -15.28 % |
| St. dev | 5.74 % | 11.52 % | 10.65 % | 18.15 % | 15.09 % | 9.52 % | 8.13 % |

Som vist i tabellen over og i Figur 44 registrerer Kistler for høy vekt, mens TMU4 og ViperWIM registrerer for lav vekt. I disse testene var TMU4 ikke kalibrert, bare justert etter øyemål. Den gjør det likevel bedre enn de to andre dataloggerne.

Kistler

Det er 33 kjøretøy i utvalget.

Dersom vi legger til 50 kg på hver aksel på referansevekten, på grunn av offset under kalibreringen, får vi følgende resultater:

Tabell 19 Resultater korrigert for offset på statisk vekt (Kistler Verdal)

| | Totalvekt | Aksel 1 | Aksel 2 | Aksel 3 | Aksel 4 | Aksel 5 | Aksel 6 |
|--|----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Kistler (4.11.) - referansevekt + 50 kg per aksel | | | | | | | |
| Av. error | 10.59 % | 12.98 % | 9.55 % | 11.63 % | 7.66 % | 11.07 % | 10.86 % |
| St. dev | 4.26 % | 30.09 % | 13.15 % | 19.64 % | 10.68 % | 6.14 % | 3.48 % |

Feilen blir noe mindre, men er fortsatt betydelig større enn resultatet oppnådd under kalibrering.

En grunn til at vi kan forvente dårligere nøyaktighet i forhold til kalibreringen er at vi ikke har kontroll på hastigheten. Dersom det er noen som akselererer eller bremses kraftig når de

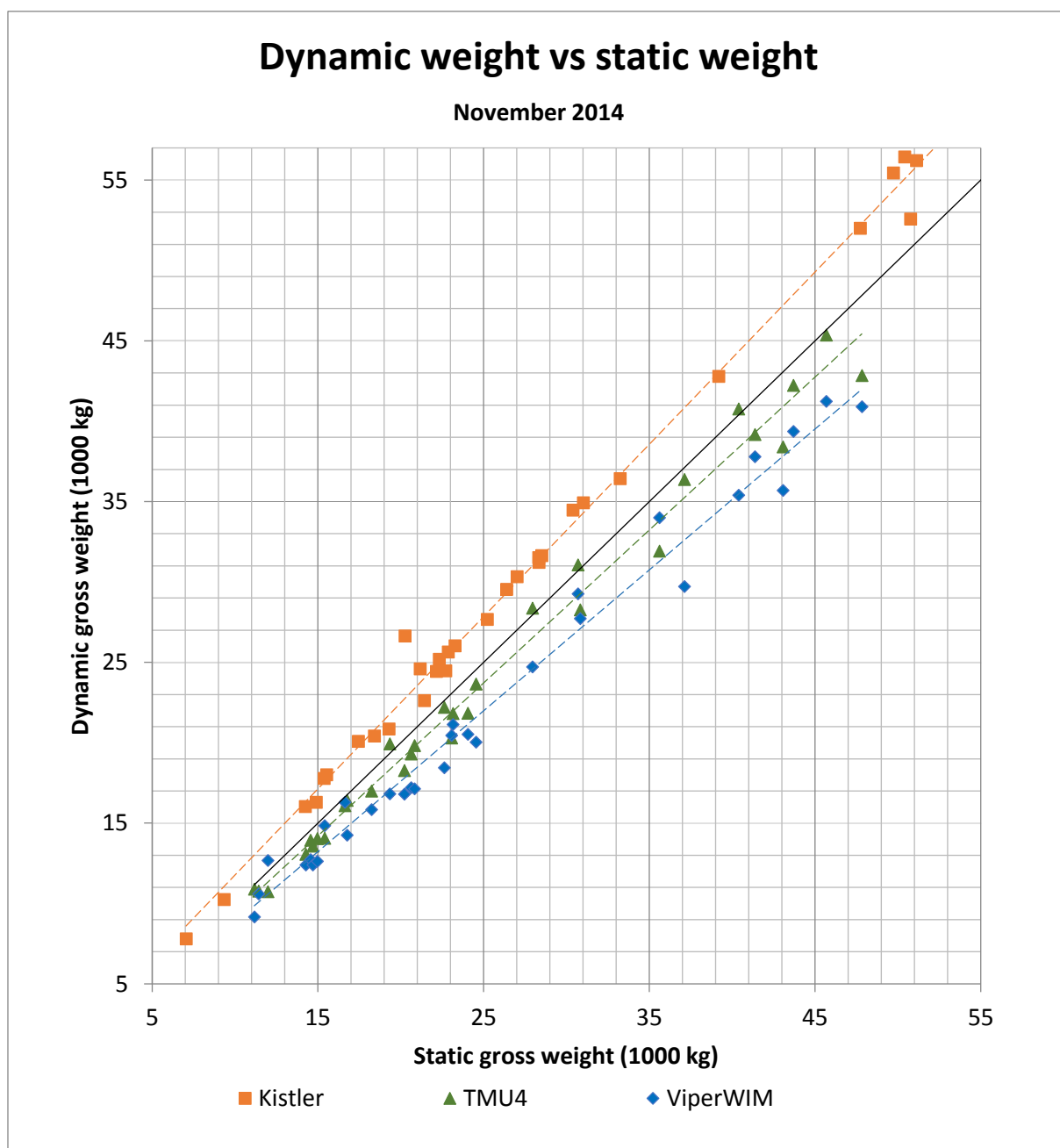
passerer sensorene vil den registrerte vekten bli feil. Det er ikke undersøkt hvor mye dette kan ha å si for resultatene.

TMU4 og ViperWIM

Det er 31 kjøretøy i utvalget. Dette er de kjøretøyene som ble registrert med riktig antall akslinger av begge dataloggerne.

Det var noen kjøretøy med store avvik som ikke er tatt med i utvalget. Avviket kan skyldes akselerasjon, de hadde mye lavere hastighet enn de andre, og det er stor forskjell på vekten registrert på de to sensorene. Det er en avkjørsel like før målepunktet, tunge kjøretøy som kommer på her rekker ikke å komme opp i fart før de passerer sensorene.

ViperWIM hadde ganske mange registreringer hvor det manglet noen akslinger. Sannsynligvis er tilhengere registrert som et eget kjøretøy. Disse kjøretøyene er ikke tatt med. Her er nøyaktigheten på registrert vekt sammenlignet, ikke fulltallighet på antall kjøretøy og akslinger. Det kan også være avvik på antall akslinger dersom noen sjåfører løfter eller senker en aksling mellom WIM-punktet og veiing på kontrollstasjonen. Dette påvirker også vektfordelingen på de andre akslingene.



Figur 44 Resultater november 2014, Kistler (4.11.2014), TMU4 og ViperWIM (26.11.2014)

Vekt januar 2015

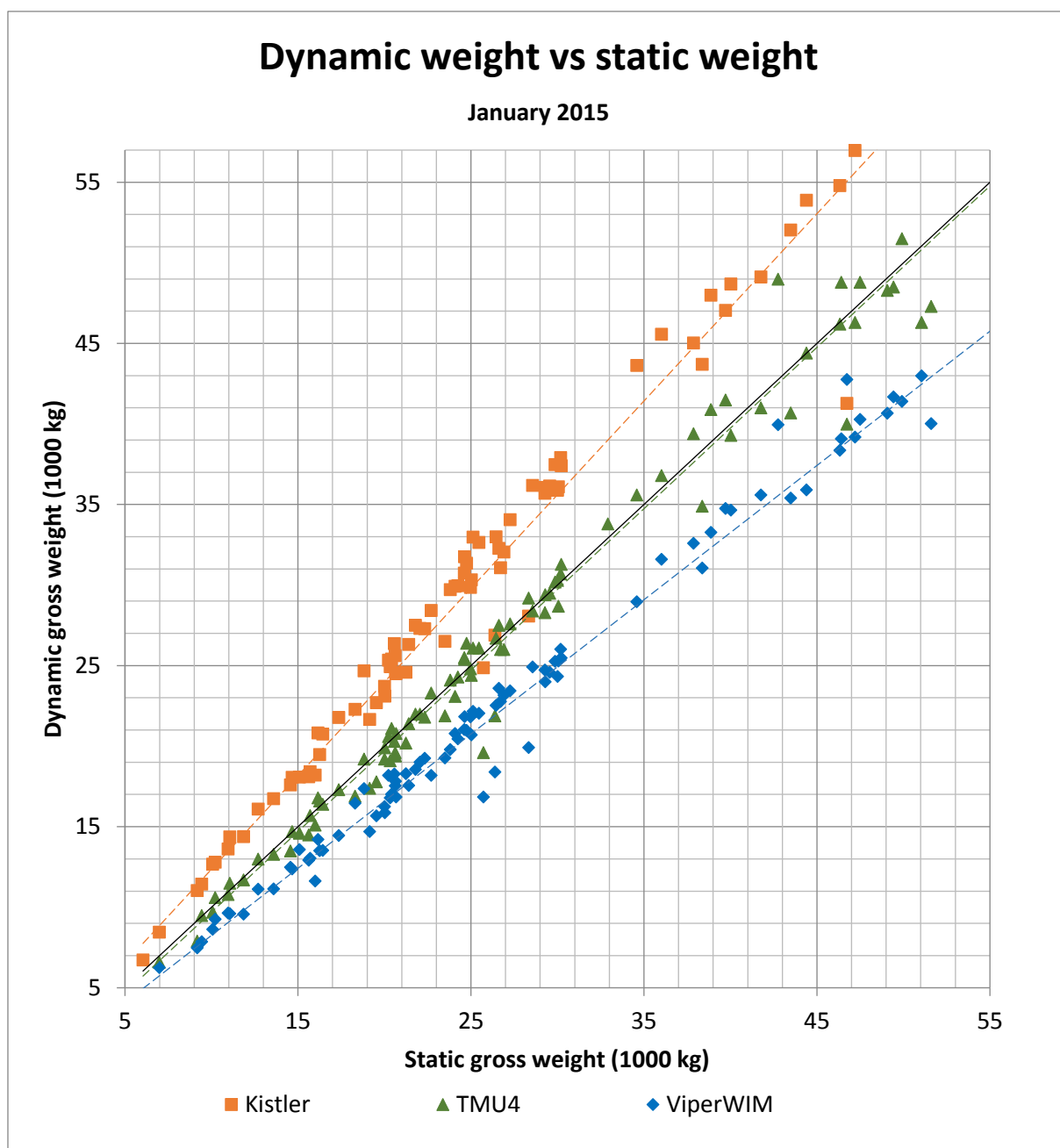
Tabellen og figuren under viser resultatene fra kontrollen 27.januar 2015. Avvik i gjennomsnittsvekt registrert av sensorene i forhold til statistisk vekt på kontrollstasjonen er vist i tabellen under.

Tabell 20 Resultater Verdal januar 2015: Gjennomsnittlig avvik på WIM i forhold til registrering på kontrollstasjon

| | Gross Weight | Axle 1 | Axle 2 | Axle 3 | Axle 4 | Axle 5 | Axle 6 |
|-----------------|-----------------|----------|----------|----------|----------|---------|----------|
| Kistler | | | | | | | |
| Av. error | 21.72 % | 18.27 % | 24.09 % | 21.72 % | 24.92 % | 23.27 % | 22.30 % |
| St. dev | 4.88 % | 6.20 % | 10.19 % | 12.91 % | 8.67 % | 8.55 % | 7.80 % |
| TMU4 | | | | | | | |
| Av. error | -1.33 % | 0.96 % | -1.82 % | -3.96 % | 0.72 % | -1.02 % | -1.37 % |
| St. dev | 4.77 % | 6.18 % | 8.02 % | 10.62 % | 7.24 % | 8.22 % | 8.04 % |
| ViperWIM | | | | | | | |
| Av. error | -15.69 % | -16.66 % | -15.78 % | -17.07 % | -11.65 % | -13.73% | -12.78 % |
| St. dev | 3.79 % | 5.67 % | 6.59 % | 9.07 % | 7.35 % | 7.11 % | 8.22 % |

Utvalget er på 83 kontrollerte kjøretøy. Bare kjøretøy som er registrert med riktig antall akslinger av alle tre dataloggere er tatt med i utvalget.

Kistler viser for høy vekt, og avviket er mye større enn ved forrige kontroll. ViperWIM har også større avvik enn sist og registrerer 15 % lavere enn referanseverdien. TMU4 er fortsatt det systemet som gir best resultater med under 2 % avvik. Spredningen er ganske lik for de tre apparatene.



Figur 45 Resultater januar 2015, Kistler, TMU4 og ViperWIM 27.01.2015

Vekt juni 2015

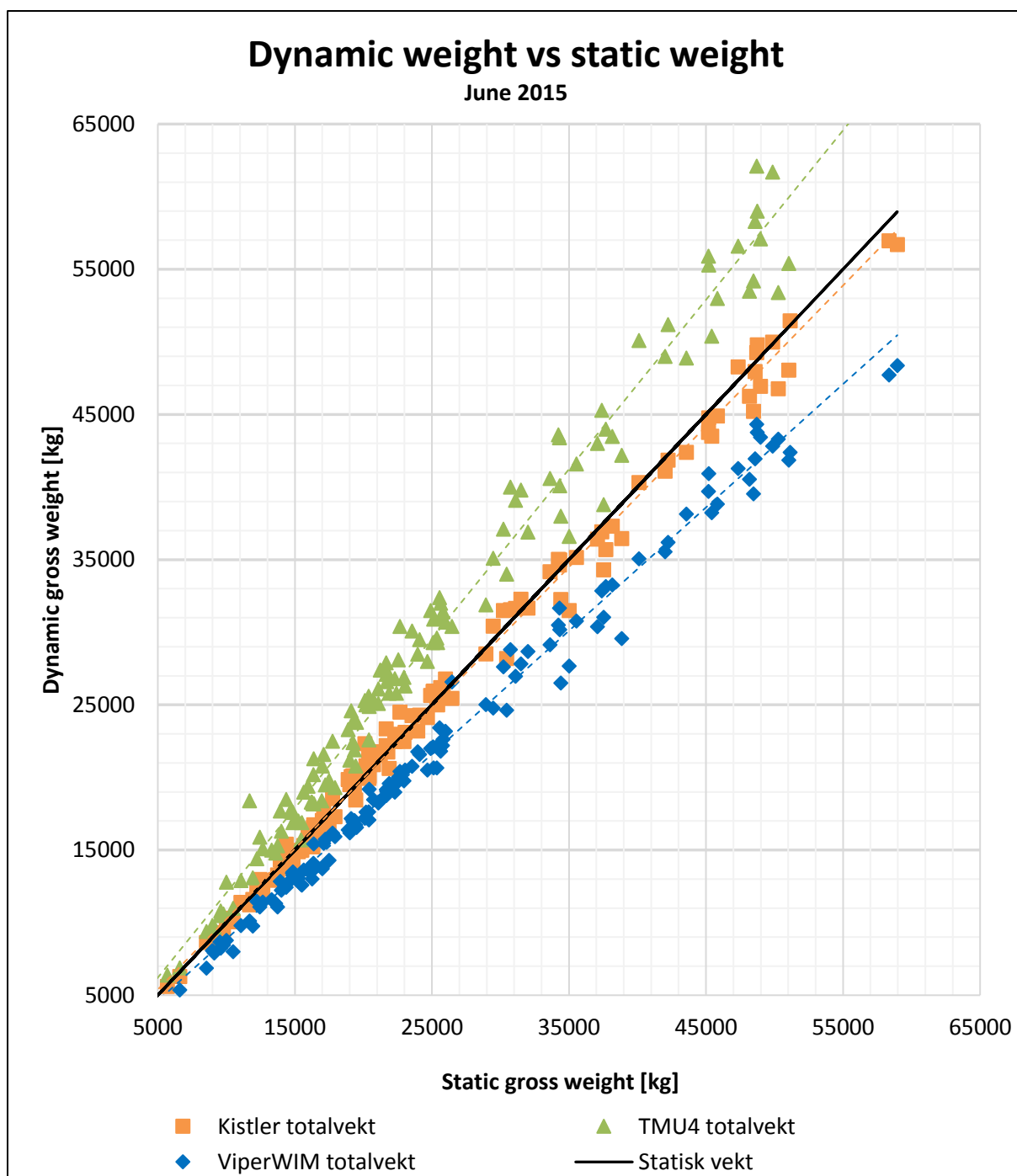
Tabellen og figuren under viser resultatene fra kontrollen 23.juni 2015. Avvik i gjennomsnittsvekt registrert av sensorene i forhold til statistisk vekt på kontrollstasjonen er vist i tabellen under.

Tabell 21 Resultater Verdal juni 2015: Gjennomsnittlig avvik på WIM i forhold til registrering på kontrollstasjon

| | Gross Weight | Axle 1 | Axle 2 | Axle 3 | Axle 4 | Axle 5 | Axle 6 |
|-----------------|-----------------|----------|----------|----------|---------|----------|----------|
| Kistler | | | | | | | |
| Av.error | -0.61 % | -2.31 % | 0.98 % | 0.51 % | 0.46 % | 0.78 % | 0.02 % |
| St.dev | 3.79 % | 4.70 % | 5.33 % | 8.13 % | 8.23 % | 6.46 % | 7.35 % |
| TMU4 | | | | | | | |
| Av.error | 18.05 % | 21.52 % | 15.85 % | 16.75 % | 19.25 % | 19.63 % | 20.23 % |
| St.dev | 7.98 % | 10.32 % | 7.88 % | 12.68 % | 13.44 % | 11.05 % | 13.39 % |
| ViperWIM | | | | | | | |
| Av.error | -13.55 % | -11.62 % | -14.69 % | -15.83 % | -9.78 % | -13.69 % | -13.08 % |
| St.dev | 4.26 % | 5.13 % | 7.12 % | 9.47 % | 11.36 % | 9.01 % | 6.69 % |

Utvalget er på 131 kontrollerte kjøretøy. Bare kjøretøy som er registrert med riktig antall akslinger av alle tre dataloggere er tatt med i utvalget.

Resultatene fra Kistler viser høyere nøyaktighet enn tidligere. Her ligger det mer i forventet område ut i fra tidligere erfaring med Kistler på Klett, og resultater ved kalibreringen. Enkeltakslinger og enkeltkjøretøy har større avvik enn gjennomsnittet vist i tabellen. TMU4 har mye høyere avvik enn ved kontrollen i januar. Vi vet ikke når og hvordan dette har endret seg over tid, og kan derfor ikke si noe om hvor ofte den trenger kalibrering. TMU4 har også større spredning enn de andre apparatene. ViperWIM ligger i samme område som i januar, med et gjennomsnittlig avvik på 13 % en måned etter kalibrering.



Figur 46 Resultater juni 2015, Kistler, TMU4 og ViperWIM 23.06.2015

Vekt september 2015

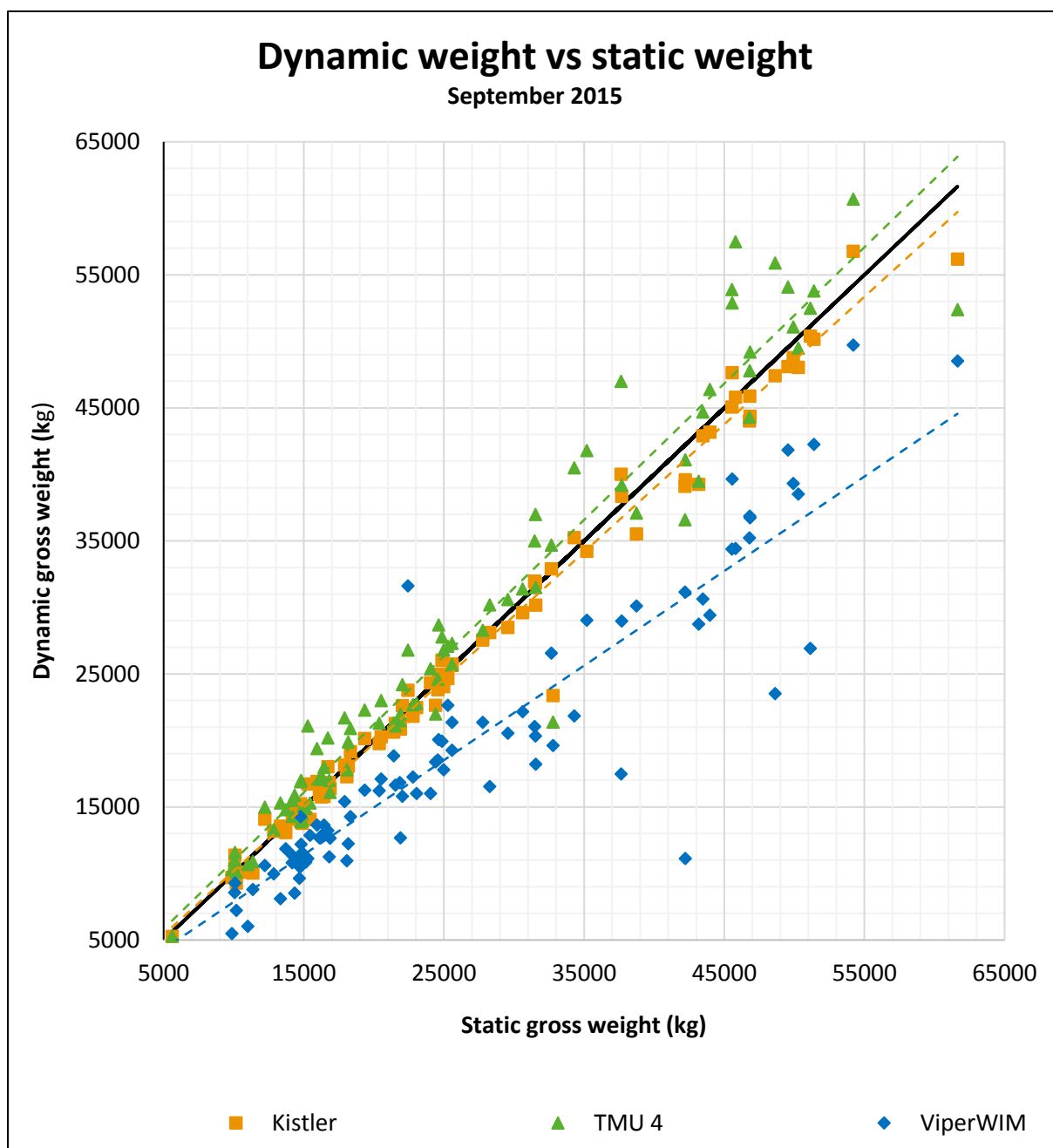
Tabellen og figuren under viser resultatene fra kontrollen 11. september 2015. Avvik i gjennomsnittsvekt registrert av sensorene i forhold til statistisk vekt på kontrollstasjonen er vist i tabellen under.

Tabell 22 Resultater Verdal september 2015: Gjennomsnittlig avvik på WIM i forhold til registrering på kontrollstasjon

| | Gross Weight | Axle 1 | Axle 2 | Axle 3 | Axle 4 | Axle 5 | Axle 6 |
|-----------------|-----------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Kistler | | | | | | | |
| Av.error | -1.50 % | -3.33 % | -0.62 % | 0.31 % | -0.85 % | -2.21 % | -3.23 % |
| St.dev | 5.32 % | 7.19 % | 8.80 % | 6.55 % | 7.10 % | 7.26 % | 8.37 % |
| TMU4 | | | | | | | |
| Av.error | 5.47 % | 8.06 % | 4.17 % | 5.57 % | 5.42 % | 4.33 % | 4.38 % |
| St.dev | 10.16 % | 14.46 % | 13.01 % | 11.06 % | 12.04 % | 14.23 % | 14.76 % |
| ViperWIM | | | | | | | |
| Av.error | -25.36 % | -24.87 % | -28.32 % | -20.98 % | -19.26 % | -21.96 % | -19.20 % |
| St.dev | 13.36 % | 17.34 % | 19.22 % | 44.89 % | 25.02 % | 30.32 % | 35.03 % |

Utvalget er på 89 kontrollerte kjøretøy. Bare kjøretøy som er registrert med riktig antall akslinger av alle tre dataloggere er tatt med i utvalget.

ViperWIM har større gjennomsnittlig avvik enn tidligere, på 25 %. Dette stemmer med tidligere observasjoner på andre lokasjoner med ViperWIM, når de har stått lenge uten kalibrering har vi sett avvik på 30 – 50 %. TMU4 har mindre avvik enn på kontrollen i juni, men spredningen er mye større. Den er over 10 % både for TMU4 og ViperWIM. Kistler holder seg på et lavt avvik og relativ lav spredning i resultatene fire måneder etter kalibrering.



Figur 47 Resultater september 2015, Kistler, TMU4 og ViperWIM 11.09.2015

Vurdering av nøyaktighet og pålitelighet

For teststrekningen på Verdal viser resultatene fra ViperWIM et avvik som øker over tid. Størrelsen på avviket er som forventet, men den drifter raskere enn vi hadde håpet ut i fra informasjon om behov for kalibrering som leverandøren oppgir.

TMU4 viste seg å gi veldig gode resultater i starten, selv om den også bruker samme type piezokabler som ViperWIM. Dette viser at det er viktig å se på både sensortype og datalogger når man vurderer utstyr. Avviket øker etter en tid så den må kalibreres ofte dersom man ønsker å holde god nøyaktighet, kanskje hvert halvår. Spredningen er relativt høy, dette begrenser bruksmulighetene til statistikkformål.

Resultatene fra Kistler var gode ved kalibrering, men avviket økte raskt til 20 %. Det stemmer ikke med erfaringene fra tidligere Kistler–installasjon på Klett. Dette skyldes en hardware feil på dataloggeren, og den ble byttet 12. mai 2015. Kontroller med ny datalogger viser gode resultater både på avvik og spredning etter fire måneder. Flere kontroller er nødvendig for å undersøke hvor stabil den er over tid.

Sensorer og utstyr på Verdal har vært i drift i litt over ett år, her har vi ikke så lang erfaring med drift og pålitelighet. Vi ser at det begynner å bli sporslitt. Resten av dette delkapittelet tar for seg noen erfaringer som vi har gjort med nøyaktighet og pålitelighet for de første ViperWIM installasjonene.

Erfaringer med drift av ViperWIM

På Husum sluttet apparatet i flere perioder å registrere nye passeringer fordi disken var full. Dersom det er noe feil på sensorer eller registreringer, blir disken fylt opp av feilmeldinger, og det blir mindre plass til registreringsdata. Full disk og stopp i registreringen var et problem som dukket opp på flere av lokasjonene.

På Husum var resultatene etter siste kalibrering veldig merkelige. Det er høye topper i gjennomsnittlig totalvekt for personbiler, noen dager ble det registrert vektor på over 20 tonn. Det kan ha oppstått problemer på grunn av lynnedslag på ettermiddagen etter kalibreringen. Tabellen under viser data for personbiler fra to representative dager før og etter kalibreringen.

Tabell 23 Vektfordeling på Husum

| Husum | 1.10.2013 Antall før kalibrering | 22.7.2014 Antall etter kalibrering |
|----------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|
| Under 500 kg | 31 | 0 |
| Under 1500 kg | 6212 | 10 |
| Under 3500 kg | 9550 | 366 |
| Over 10 tonn | 0 | 3137 |
| Over 20 tonn | 0 | 124 |
| Totalt antall personbiler | 9550 | 8439 |

På Taraldrud var det feilkobling av sensorer (piezo koblet mot loop i et annet felt), vi så også tilfeller av krysstale mellom sløyfene i tilstøtende felt. Det var vanskelig og tidkrevende å kalibrere systemet når det var høy trafikk.

På Ørskogfjellet kan kalibreringen ha blitt feil på grunn av sideplasseringen til kjøretøyet som ble brukt under kalibreringen. Dette er vanskelig å observere om de ikke er veldig langt ute på kanten.

Antall registrerte passeringer

Antall passeringer registrert av induktive sløyfer og piezosensorer er vist i Tabell 24. Sløyfene viser antall kjøretøy, mens piezo viser antall akslinger som har passert. Piezo bør derfor ha mer enn dobbelt så mange registreringer som sløyfene, og de to piezosensorene i samme felt bør ha registrert like mange passeringer.

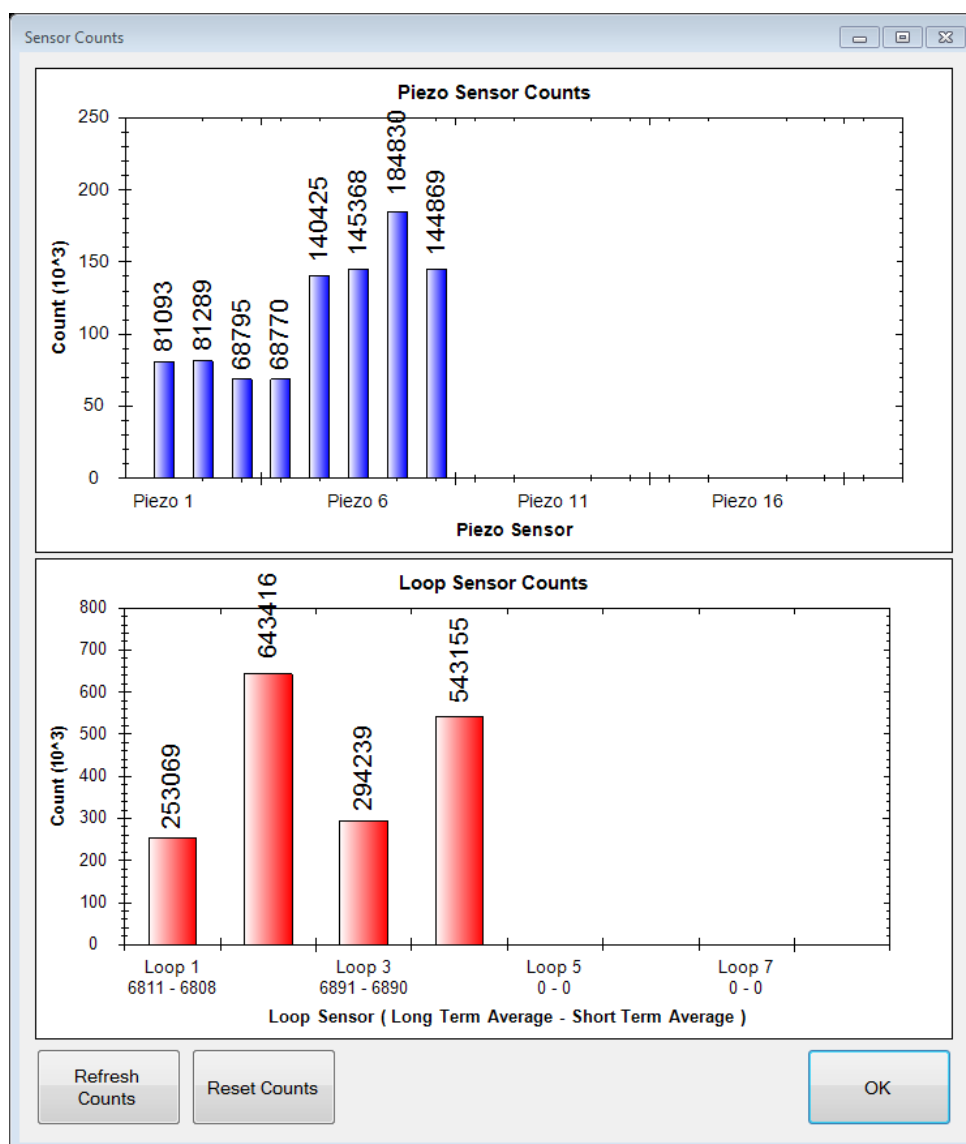
Tabell 24 Antall registrerte passeringer på sløyfer og piezo

| | Termistor | Passeringer sløyfe | Passeringer piezo |
|----------------------------|---|--------------------|-------------------------------|
| E10 SørDALstunnelen | Fikk ikke kontakt med dataloggeren | | |
| E6 Stamphusmyra | Ute av drift, mangler både boks og sensorer | | |
| E6 Klett | 2: 25 °C | Felt 1: 10163 | 1: 23 418 |
| | 4: 20 °C | Felt 2: 8760 | 2: 22 834 |
| E136 Horgheim | 1: 36 °C | Felt 1: 474 | 1 257 |
| | 2: 28 °C | Felt 2: 409 | 1 162 721 977 |
| E39 Ørskogfjellet | 1: 66 °C | Felt 1 (3): 8 610 | 22 084 |
| | 2: 42 °C | Felt 2: 8 782 | 22 603 20 357 20 515 |
| Rv7 Veme | Fikk ikke kontakt med dataloggeren | | |
| Rv3 Husum | 2: 34 °C | Felt 1: 139 713 | 282 267 |
| | | Felt 2: 129 468 | 281 876 277 178 502 821 |
| E6 Taraldrud | 1: 20 °C | Felt 1: 253 069 | 81 093 |
| | 2: 18 °C | Felt 2: 643 416 | 81 289 68 795 68 770 |
| | (Mange registrert med verdien -32768) | Felt 3: 294 239 | 140 425 145 368 |
| | | Felt 4: 543 155 | 184 830 144 869 |

Taraldrud

På Taraldrud var det tidligere en feilkobling av sensorene, slik at en induktiv sløyfe var koblet sammen med piezokablene i et annet felt. Dette ble rettet opp ved kalibrering i 2012, men registreringene her tyder på at det er noe feil med en eller flere sensorer.

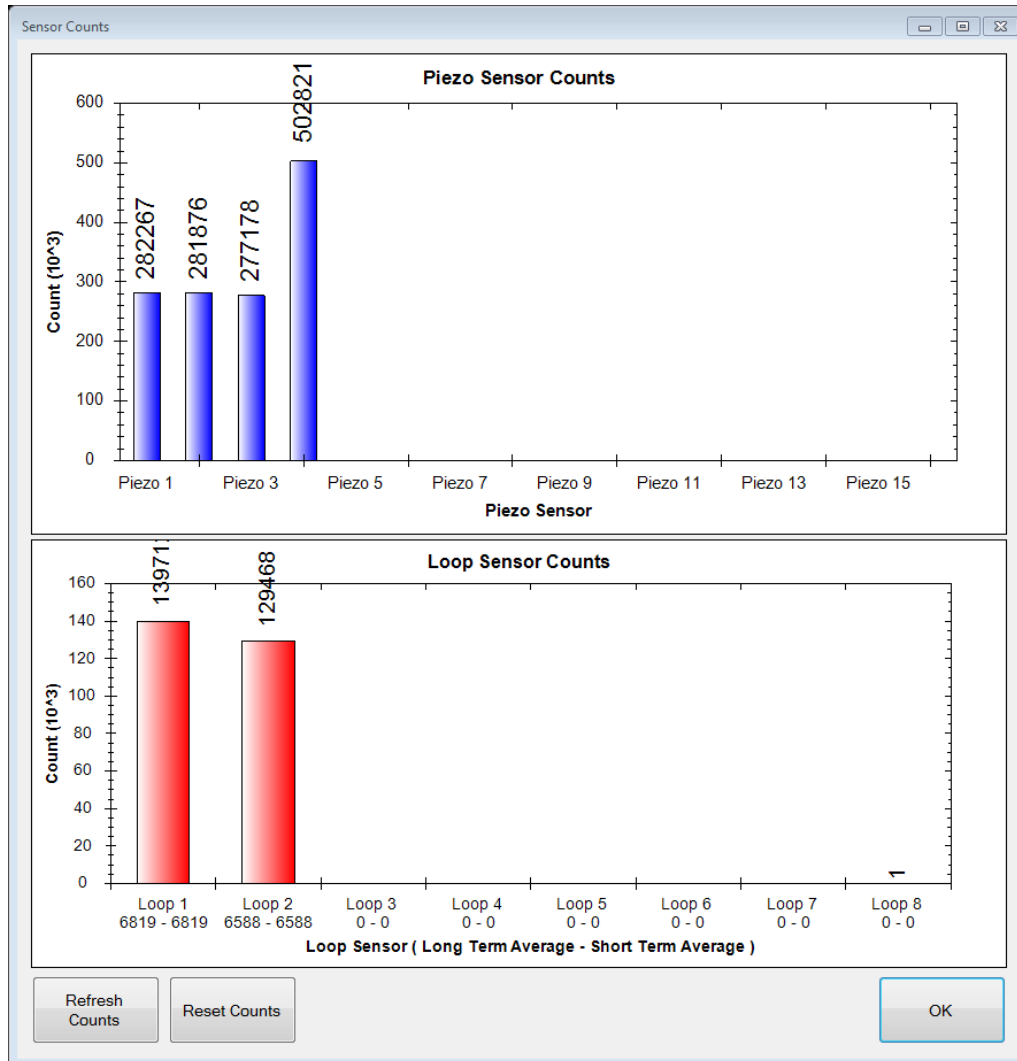
Hvert par med piezo sensorer har ganske likt antall registreringer, bortsett fra piezo 7 som har en del flere. Dette er en firefelts veg, så det ser rimelig ut at felt 1 og 2 har minst trafikk som registrert med piezo. Sløyfene har registrert minst trafikk i felt 1 og 3.



Figur 48 Registrerte passeringer på Taraldrud

Husum

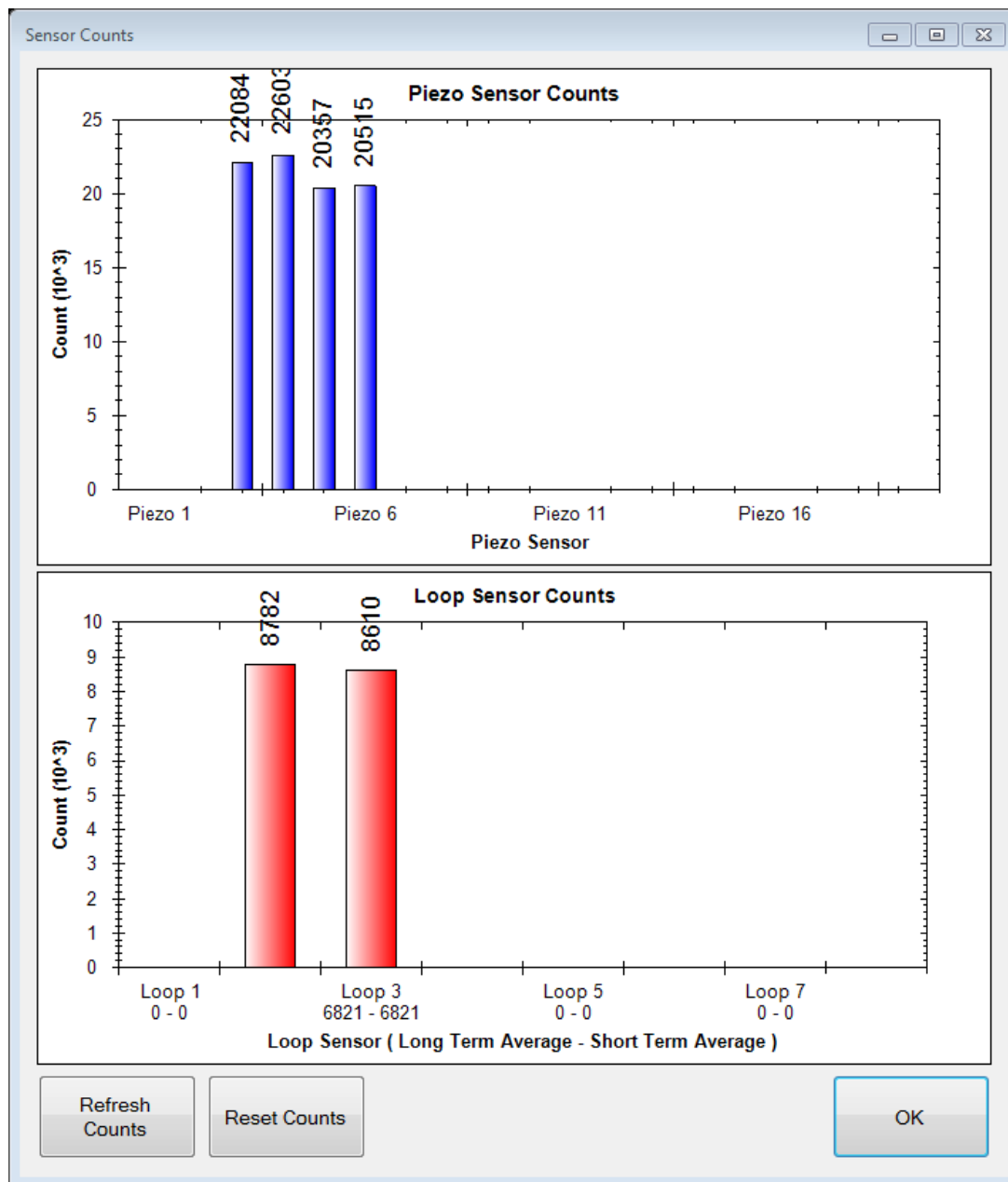
På Husum er det stor forskjell på registreringer fra de to piezokablene i felt 2. Her er det sannsynligvis noe feil med sensoren. For de andre sensorene ser både antall og fordeling rimelig ut.



Figur 49 Registrerte passeringer på Husum

Ørskogfjellet

På Ørskogfjellet ser antallet registreringer på piezo i forhold til sløyfer bra ut.

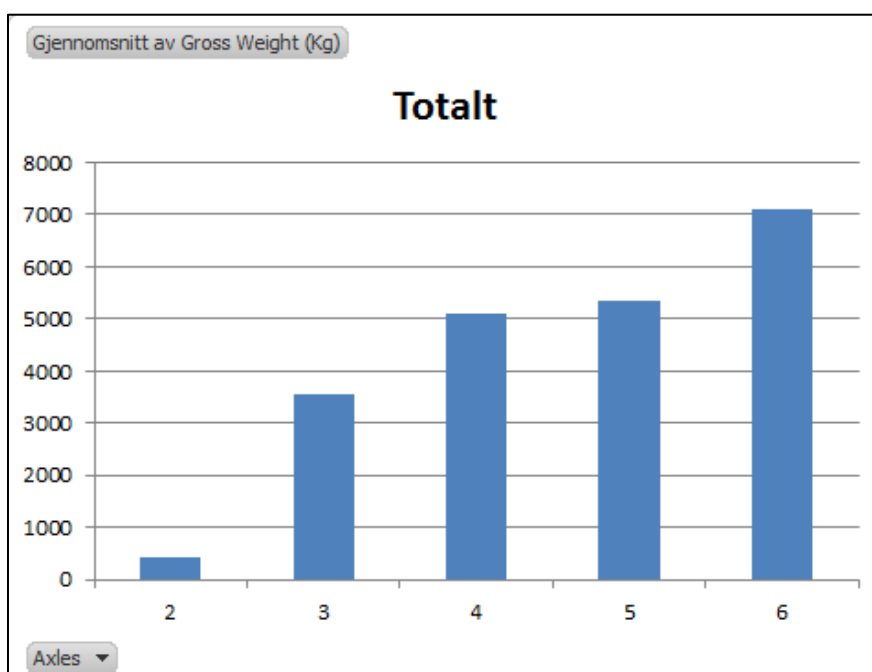


Figur 50 Registrerte passeringer på Ørskogfjellet

Gjennomsnittsvекter

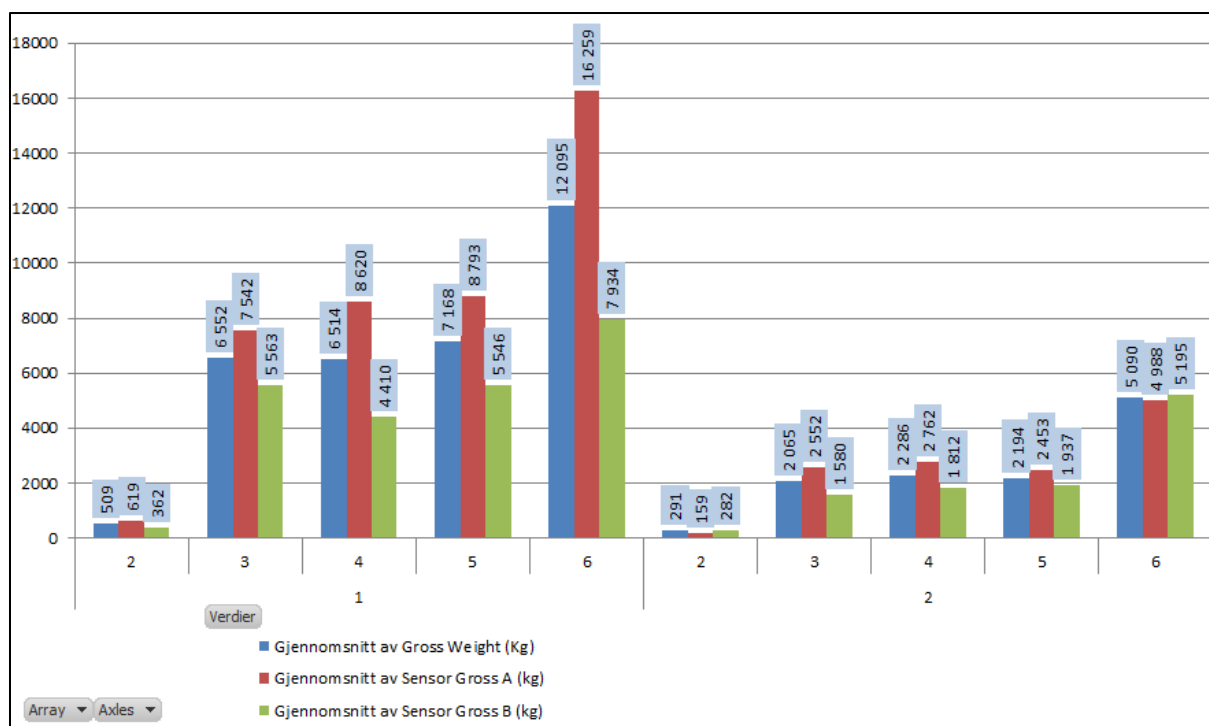
På Horgheim ble det asfaltert kort tid etter oppgradering av software og kalibrering. Det ser ut som sensorene fortsatt fungerer (juni 2015), men de gir mindre utslag fordi de ligger dypere enn tidligere. Det kan være forskjell på hvor dypt sensorene nå ligger i forhold til hverandre og i forhold til tidligere, eller andre påvirkninger på grunn av asfalteringen som gir forskjellig registrert vekt på de ulike sensorene.

Dersom det er feil på en piezosensor vil det ha stor påvirkning på resultatet, siden resultatet er basert på gjennomsnittet av de to sensorene. Figur 52 viser gjennomsnittsvekt per felt fordelt på antall akslinger på kjøretøyene. Det viser stor forskjell mellom sensorene i felt 1, spesielt for tunge kjøretøy, mens sensorene i felt 2 gir mer like resultater. I felt 1 er gjennomsnittlig totalvekt for kjøretøy med 6 akslinger dobbelt så stor registrert med sensor A som med sensor B.



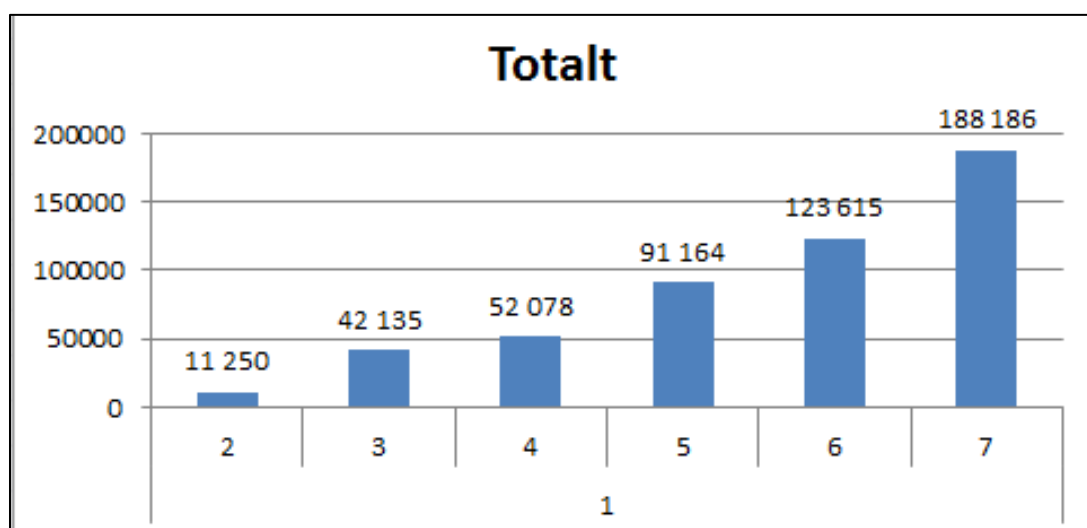
Figur 51 Horgheim – gjennomsnittsvekt for kjøretøy fordelt på antall aksler 21.5.2014

Registrering av aksellast: Erfaringer med veiing i fart 2011–2015



Figur 52 Horgheim – gjennomsnittsvekt (kg) per felt og sensor, fordelt på antall akslinger 21.5.2014

Gjennomsnittsvekten som registreres på Klett er alt for høy. Det er naturlig når sensoren ligger oppe i dagen på grunn av stor slitasje.

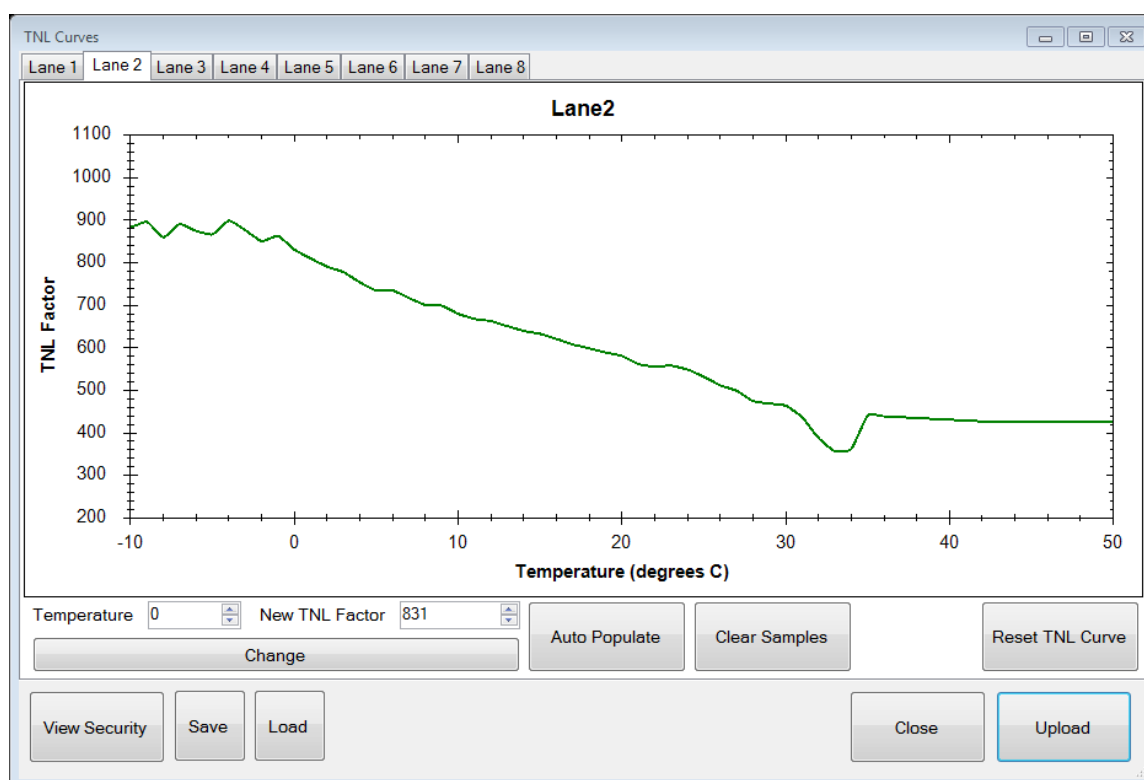


Figur 53 Klett – gjennomsnittsvekt fordelt på antall akslinger (felt 1)

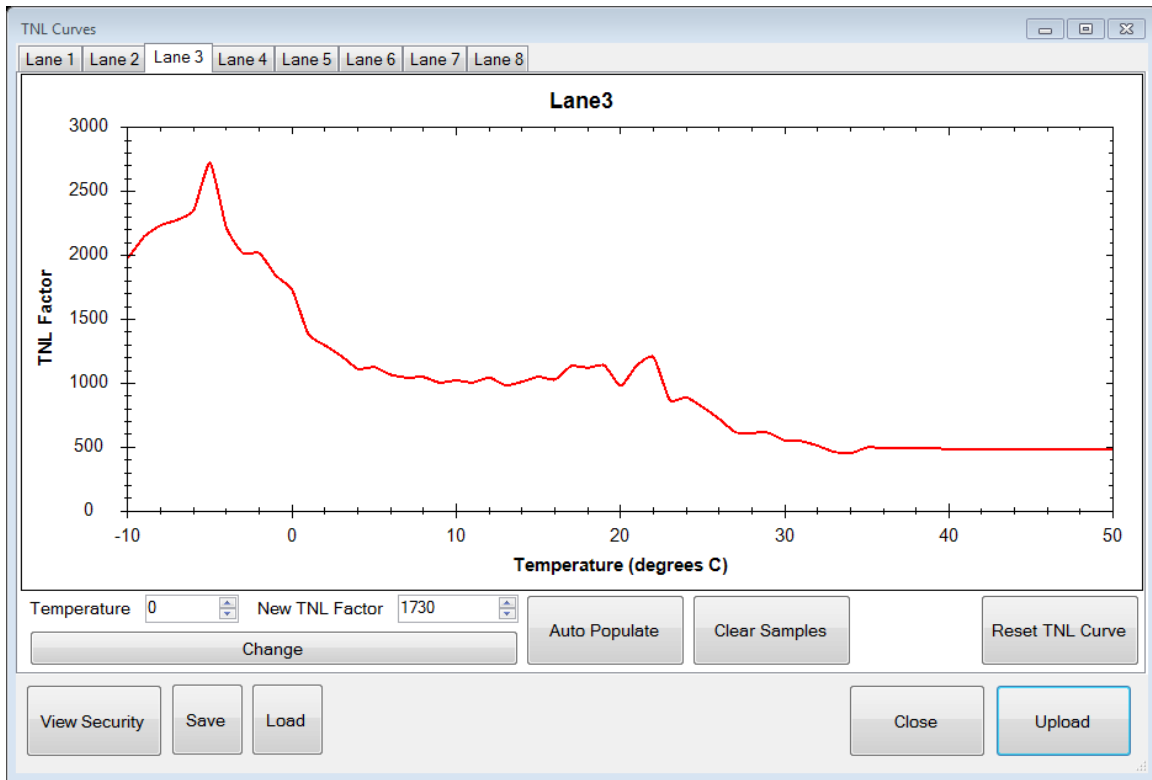
Temperaturkorrigering

TNL-kurvene skal bli jevnere etter hvert som datagrunnlaget øker. Det er naturlig at små endringer i temperaturen ikke skal gi store utslag i vekt. Det ser ikke ut til at det skjer på alle registreringspunktene. Ingen av kurvene ligner på den forventede kurven. Leverandøren opplyser at systemet er testet på vegger med trafikk helt ned i 5000 kjøretøy per døgn. På noen av våre registreringspunkter er det under 500 passeringer i døgnet. Dette er ikke undersøkt nærmere, men det kan være at man bør ha en annen metode for temperaturkorrigering for bruk på lavtrafikkerte vegger.

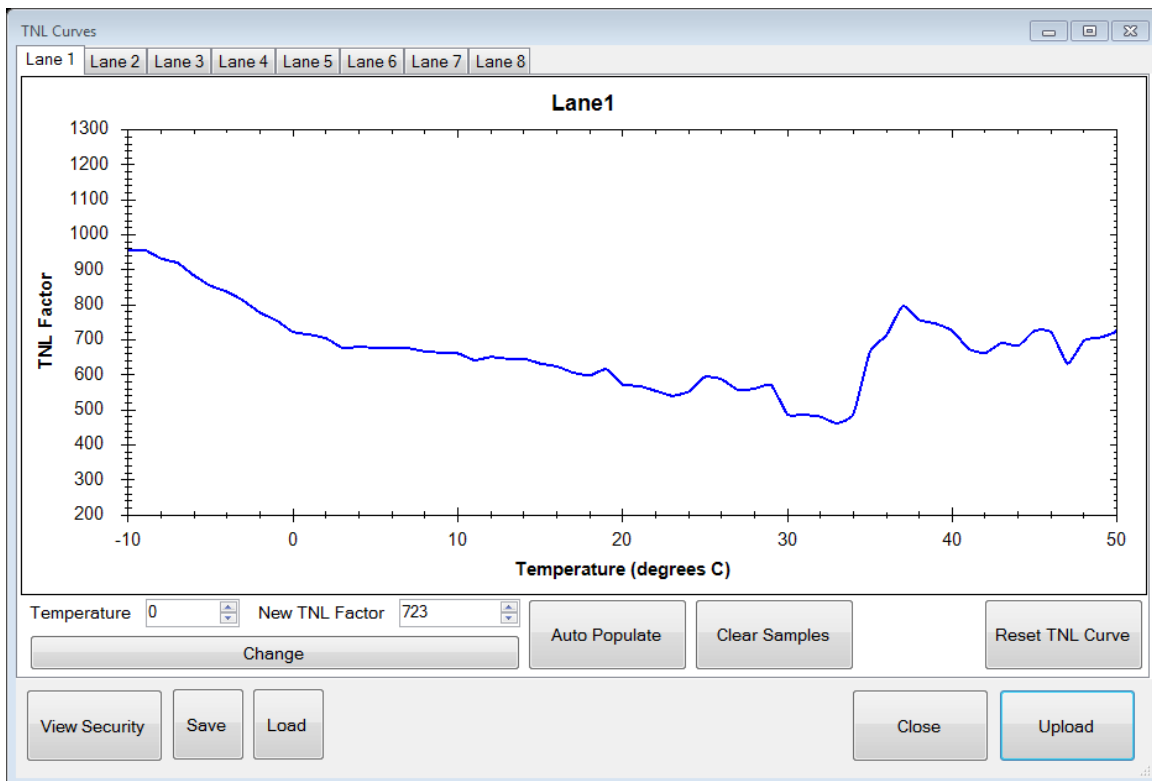
Figurene under viser et utvalg av TNL-kurver fra de ulike stedene, hentet 21.5.2014. Horgheim ble oppgradert til versjon 2.0, og har egen kurve for hver sensor, de andre har en TNL-kurve per felt.



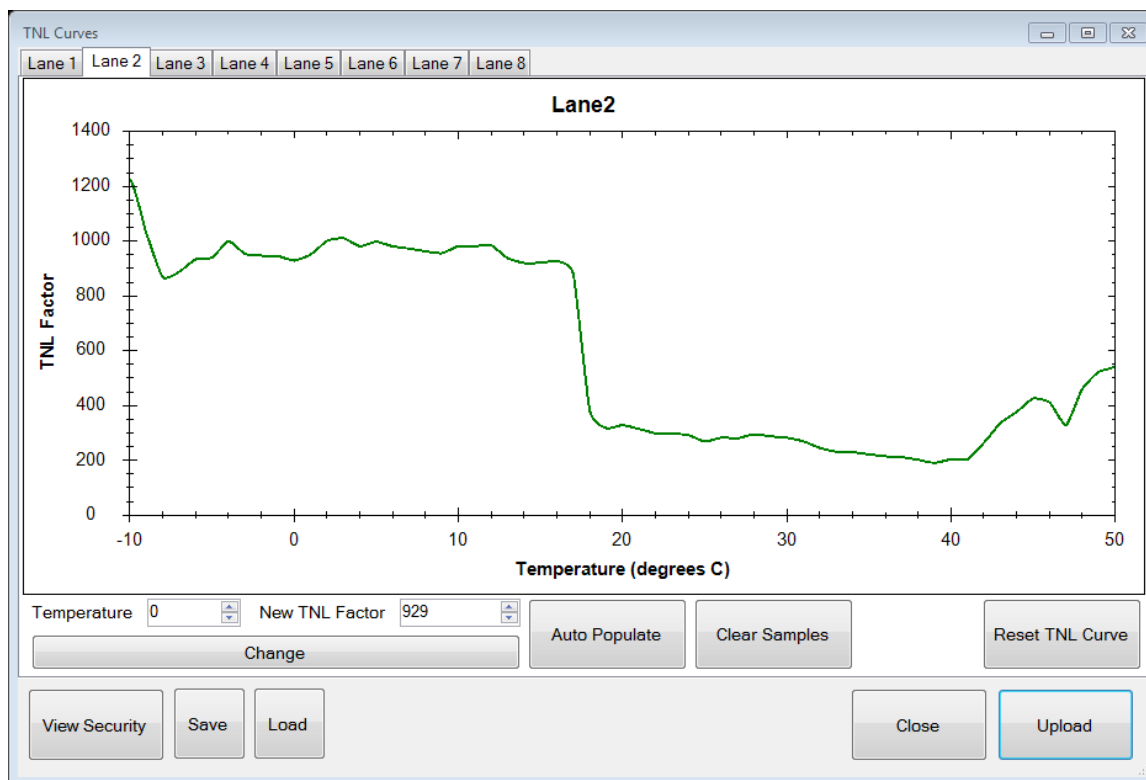
Figur 54 Taraldrud, lane 2



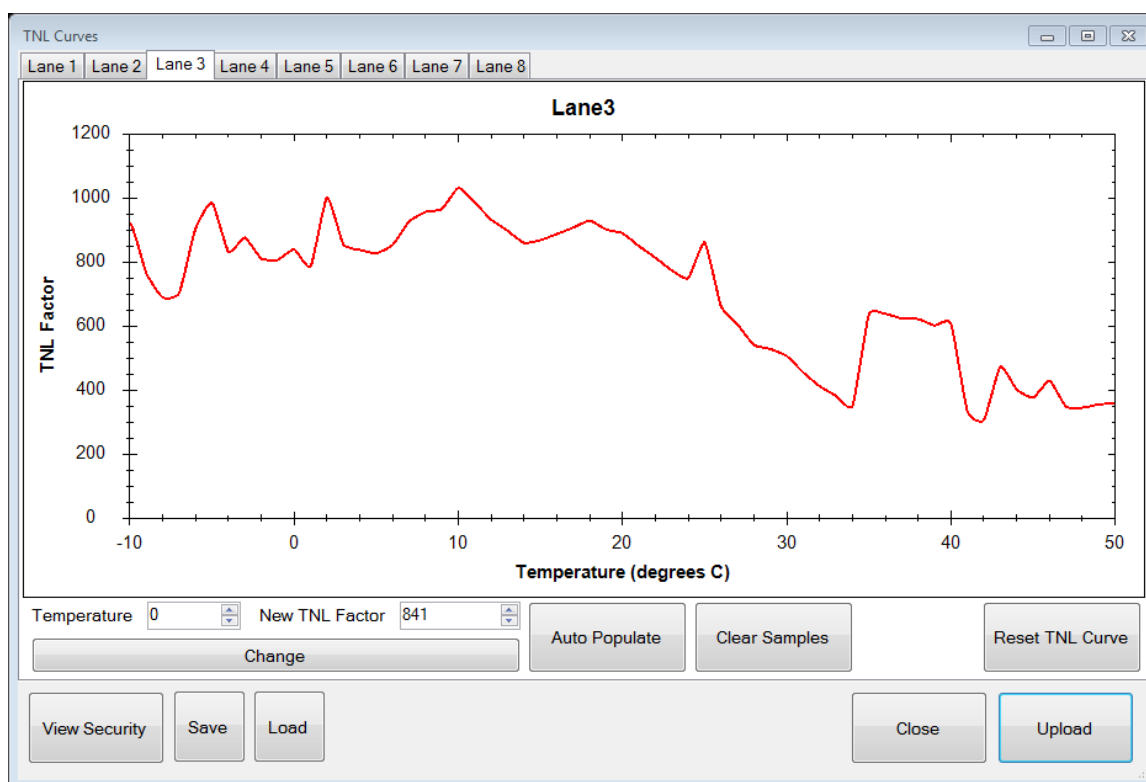
Figur 55 Taraldrud, lane 3



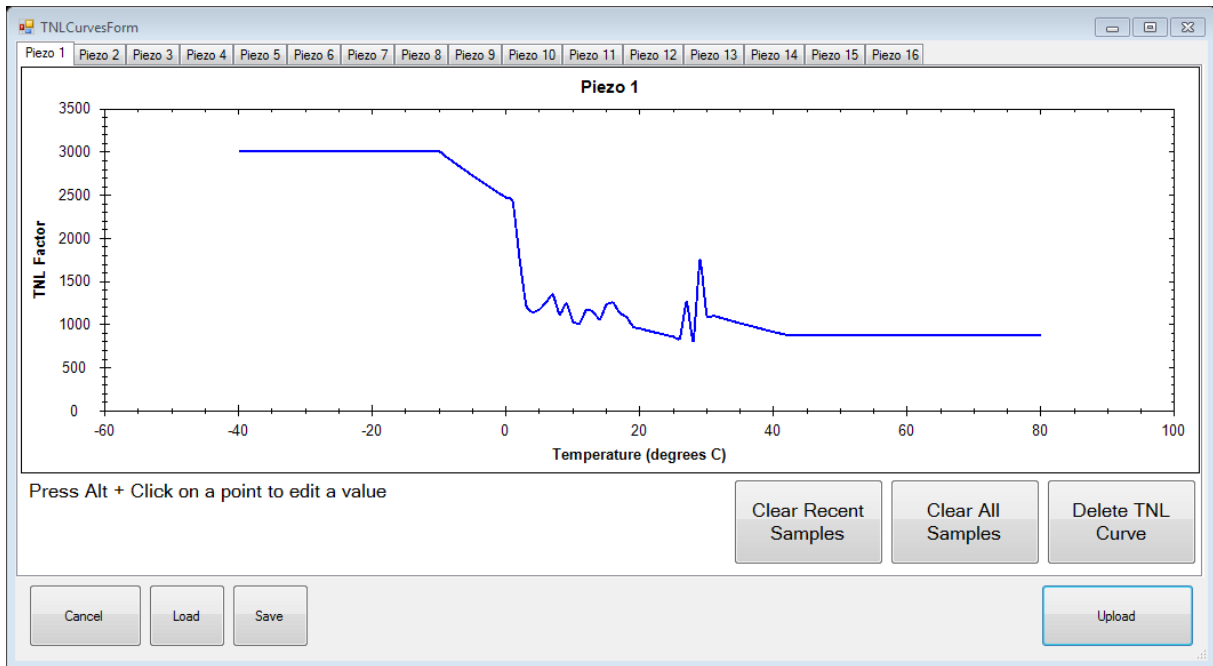
Figur 56 Husum, lane 1



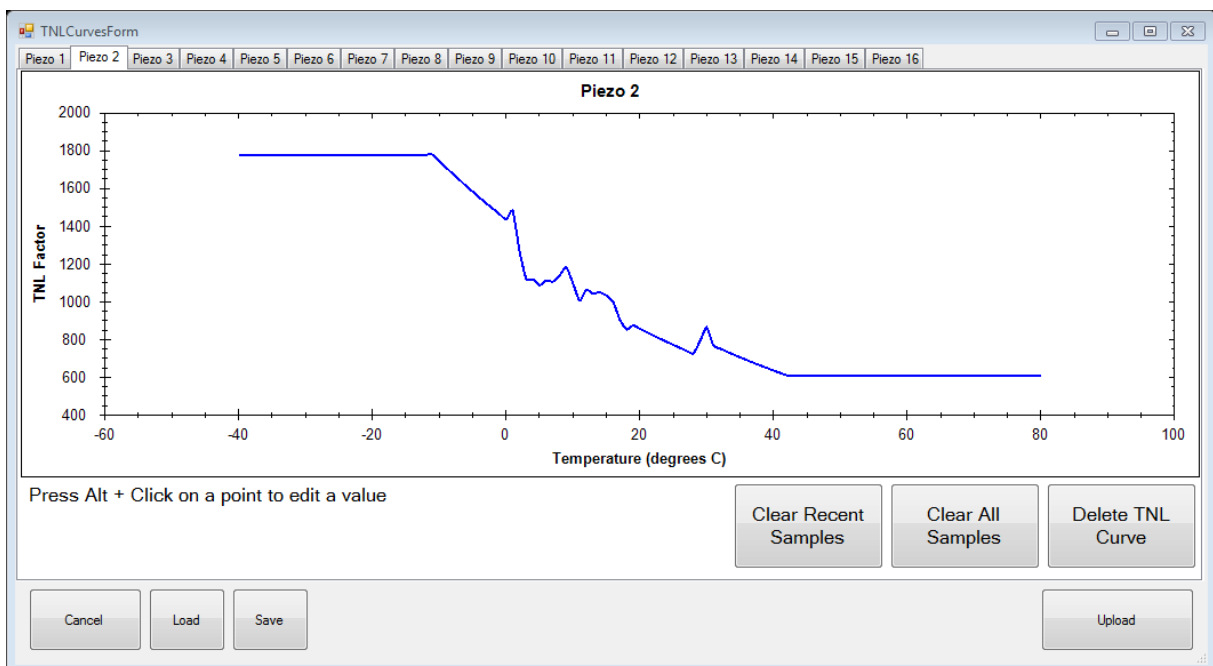
Figur 57 Ørskogfjellet, lane 2



Figur 58 Ørskogfjellet, lane 3 (felt 1)



Figur 59 Horgheim, lane 1, piezo 1



Figur 60 Horgheim, lane 1, piezo 2

Levetid/varighet for installasjoner

Holdbarheten for WIM-systemer og sensorer er avhengig av flere faktorer. Det viktigste er type og tilstand på asfalt/dekke og hele oppbygningen av veggen på stedet. Der det er mye trafikk og bruk av piggdekk blir det raskt sporslitt.

På Stampusmyra ble det i 2011 lagt 5,5 cm tykt lag med Ska11 (skjelettasfalt med 11 mm steinstørrelse). Dette viste seg å ikke være holdbart, den sprakk opp i løpet av få år. I mai 2014 ble det asfaltert på nytt, et like tykt lag med Ska16pmb (skjelettasfalt med 16 mm steinstørrelse og polymermodifisert bindemiddel). Denne typen asfalt skal være mer holdbar, men gir noe mer støy, så det er flere avveininger som må tas når man velger type asfalt.

For å få nøyaktige resultater er man avhengig av at det blir gjort nøyaktig arbeid ved installasjon.

Kistler:

Sensorene ser ut til å holde godt, selv om veggen på Klett er veldig sporslitt. Dette vil påvirke målingene, siden bilene kan få svingninger når de passerer sensorene. Det er mulig å slipe ned sensorene inntil 10 mm, slik at de er i flukt med veggen. På Klett var slitasjen større enn dette, og noe ble slipt allerede ved installasjonen for å få jevn overflate.

På Verdal ser vi i april 2016 at slitasjen er så stor at slitelaget på sensoren allerede er borte. Leverandøren oppgir en levetid på ti år, men dette er vanskelig å oppfylle med den slitasjen vi opplever spesielt ved bruk av piggdekk.

ViperWIM:

Piezokablene varer ikke like lenge som forventet, på grunn av klima (vinterforhold) og større slitasje fra piggdekk. Temperatursensorene fungerer ikke like lenge som resten av utstyret.

Kalibrering og oppfølging av punktene er viktig for å få pålitelige resultater. Det er behov for kalibrering relativt ofte, avhengig av bruksområde.

Sensorene ble lagt med en dybde på 1 cm. Det har vi sett er for lite, på grunn av høy slitasje. Når veggen er så sporslitt at sensorene kommer opp i dagen er det fortsatt ikke nok til å oppfylle kravene til når det må asfalteres på nytt. Sensorene ligger også mer utsatt når det er så tynt lag med resin over dem. Den kan sprekke opp og det kommer vann inn. Under norske vinterforhold gir det mer bevegelse og slitasje.

Piezokablene blir påvirket av temperaturendringer. For å få bra nøyaktighet er det derfor viktig å måle temperaturen i asfalten. Termistorene som ble lagt ned så ikke ut til å holde like lenge som resten av utstyret. Om det var dårlig kvalitet på termistorene, feil under montering, eller om de påvirkes mer av vinter og slitasje på veggen er ukjent.

Sensortilstand ViperWIM juni 2014

Tabell 25 viser oppsummerte resultater fra kontrollmåling av sensorene i 2014. Det viste seg at der det så bra ut på overflaten kunne det være feil på sensorene, mens det kunne være ok sensorer der det ikke så spesielt bra ut på overflaten.

På termistorene ble det målt motstand mellom de to lederne og mellom ledere og jord. For induktive sløyfer ble resistans og induktans målt med et multimeter, mens en isolasjonsmåler (Megger) ble brukt for måle impedansen til jord. På piezokablene ble impedansen mellom senterkabel og skjerm og mellom skjerm og jord testet med Megger. Kapasitansen ble målt med multimeter. Motstand over 10 MΩ er markert som inf (uendelig).

Resultatene er vist under i en tabell for hver installasjon, med fargemarkering av gode og dårlige resultater.

Horgheim og Klett ble kontrollert i forbindelse med oppgradering av software i april 2014. Det så også ut til å være ok sensorer på Husum og Ørskogfjellet, og disse ble kalibrert på nytt i juni.

Tabell 25 Status på ViperWIM–installasjonene juni 2014

| | Piezo | Loop | Temp. | Kommentar |
|----------------------------|-----------------------------|------|---------------------------|---|
| E10 SørDALstunnelen | – | – | – | Ikke kontrollert |
| E6 Stamphusmyra | – | – | – | Asfalt ødelagt, venter på nyetablering |
| E6 Klett | Alle piezo defekt | Ok | 1 defekt, 1 ok | Piezosensorene ligger helt opp i dagen, og er brutt flere steder |
| E136 Horgheim | Ok | Ok | 1 defekt, 1 ok | En sensor vises gjennom fyllmassen, men fungerer greit |
| E39 Ørskogfjellet | Ok | Ok | 1 defekt, 1 trolig defekt | Sensorene ser bra ut, lite sporslitt |
| Rv7 Veme | Nr 1 ok, resten virker ikke | Ok | 1 defekt, 1 trolig defekt | Fyllmasse stort sett ok, litt slitasje på sløyfene |
| Rv3 Husum | Ok | Ok | Ingen virket | En del fyllmasse var borte på sløyfer og tilførselskabel til piezo. Display på datalogger virker ikke |
| E6 Taraldrud | – | – | – | Ikke kontrollert |



Figur 61 Klett, brutt piezosensor

På Klett var sensorene brutt flere steder. De blanke strekene på bildet er sensoren som stikker opp. Det er høy trafikk på stedet, og det hadde blitt veldig sporslitt.

Tabell 26 Sensortilstand Klett, 29.4.2014

| | | Termistor | | | Induktive sløyfer | | | Piezokabler | | |
|--------------------|---|----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|------------------------|----------------------|--|--|-----------------|
| Klett 29.4.2014 | | Motstand A-B (K Ω) | Motstand A-jord (K Ω) | Motstand B-jord (K Ω) | Impedans til jord (M Ω) | Resistans (Ω) | Induktans (μ H) | Impedans signal til skjerm (M Ω) | Impedans skjerm til jord (M Ω) | Kapasitans (nF) |
| Sensornummer | 1 | 0 | 0,13 | 0,11 | inf | 1,22 | 111,5 | inf | 0,01 | 10,78 |
| | 2 | 12,43 | inf | inf | inf | 1,01 | 106,5 | 0,03 | 0,02 | 10,96 |
| | 3 | | | | | | | 0 | 0,03 | 23,5 |
| | 4 | | | | | | | 0 | 0,09 | 0 |



Figur 62 Ørskogfjellet

Tabell 27 Sensortilstand Ørskogfjellet, 17.6.2014

| | | Termistor | | | Induktive sløyfer | | | Piezokabler | | |
|----------------------------|---|----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|------------------------|----------------------|--|--|-----------------|
| Ørskogfjellet 17.6.2014 | | Motstand A-B (K Ω) | Motstand A-jord (K Ω) | Motstand B-jord (K Ω) | Impedans til jord (M Ω) | Resistans (Ω) | Induktans (μ H) | Impedans signal til skjerm (M Ω) | Impedans skjerm til jord (M Ω) | Kapasitans (nF) |
| Sensornummer | 1 | 0,82 | inf | inf | inf | 0,83 | | inf | inf | |
| | 2 | 2,28 | inf | inf | inf | 0,69 | | 1,66 | inf | |
| | 3 | | | | | | | inf | inf | |
| | 4 | | | | | | | inf | inf | |



Figur 63 Veme

Tabell 28 Sensortilstand Veme, 22.6.2014

| | | Termistor | | | Induktive sløyfer | | | Piezokabler | | |
|-------------------|---|----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|------------------------|----------------------|--|--|-----------------|
| Veme 22.6.2014 | | Motstand A-B (K Ω) | Motstand A-jord (K Ω) | Motstand B-jord (K Ω) | Impedans til jord (M Ω) | Resistans (Ω) | Induktans (μ H) | Impedans signal til skjerm (M Ω) | Impedans skjerm til jord (M Ω) | Kapasitans (nF) |
| Sensornummer | 1 | 6,14 | inf | inf | inf | 0,6 | 86 | inf | inf | 8,43 |
| | 2 | 0 | inf | inf | inf | 0,65 | 90 | 0,01 | 0,04 | 0 |
| | 3 | | | | | | | 0,02 | 0,01 | 0 |
| | 4 | | | | | | | 0,01 | inf | 8,73 |



Figur 64 Husum

Tabell 29 Sensortilstand Husum, 20.6.2014

| | | Termistor | | | Induktive sløyfer | | | Piezokabler | | |
|--------------------|---|----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|------------------------|----------------------|--|--|-----------------|
| Husum 20.6.2014 | | Motstand A-B (K Ω) | Motstand A-jord (K Ω) | Motstand B-jord (K Ω) | Impedans til jord (M Ω) | Resistans (Ω) | Induktans (μ H) | Impedans signal til skjerm (M Ω) | Impedans skjerm til jord (M Ω) | Kapasitans (nF) |
| Sensornummer | 1 | 0 | 0,02 | 0,07 | inf | 0,57 | 83 | inf | inf | 8,74 |
| | 2 | 0 | 0,03 | 0,02 | inf | 0,66 | 87 | inf | inf | 8,43 |
| | 3 | | | | | | | inf | inf | 8,66 |
| | 4 | | | | | | | inf | inf | 8,31 |

Tabell 30 Sensortilstand Horgheim, 30.4.2014

| | | Termistor | | | Induktive sløyfer | | | Piezokabler | | |
|-----------------------|---|----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|------------------------|----------------------|--|--|-----------------|
| | | Motstand A-B (K Ω) | Motstand A-jord (K Ω) | Motstand B-jord (K Ω) | Impedans til jord (M Ω) | Resistans (Ω) | Induktans (μ H) | Impedans signal til skjerm (M Ω) | Impedans skjerm til jord (M Ω) | Kapasitans (nF) |
| Horgheim 30.4.2014 | | | | | | | | | | |
| Sensornummer | 1 | 9,1 | inf | inf | inf | 0,98 | 113,3 | inf | inf | 7,17 |
| | 2 | 12,04 | inf | inf | inf | 1,12 | 115,2 | inf | inf | 7,21 |
| | 3 | | | | | | | inf | inf | 8,14 |
| | 4 | | | | | | | inf | inf | 7,49 |

Ønsket nøyaktighet og krav til kalibrering

- Vi ønsker et system med kjent nøyaktighet
- Vi ønsker minst mulig behov for kalibrering. Et system som er stabilt over tid gir mindre usikkerhet på nøyaktigheten i perioden mellom hver kalibrering, og er mindre arbeidskrevende å vedlikeholde.
- Vi ønsker et system med lav spredning på målt dynamisk vekt i forhold til statisk vekt

Hvor nøyaktig systemet må være er avhengig av hva det skal brukes til. Statistikk for drift og vedlikehold trenger ikke å være så nøyaktig som når man ser på enkeltkjøretøy og enkeltakslinger for kontroll. Ved preselektering av kjøretøy før kontrollstasjoner, det vil si som en forhåndsortering av de som skal inn til kontroll, er det ikke så høye krav som for bruk til direkte bøtelegging.

Resultatene fra gjennomførte tester viser akseptabel nøyaktighet for preselektering med Kistler sensorer og EzBox datalogger [5]. For installasjonen med Kistler datalogger på Verdal så vi først store avvik på grunn av en hardwarefeil i apparatet. Når dette ble byttet har vi sett en nøyaktighet på nivå med EzBox. ViperWIM viste seg å være vanskelig å bruke, for å levere brukbare resultater krever den tettere oppfølging enn vi har hatt. Den krever jevnlig kalibrering, har relativt kort levetid på sensorene, det var problemer med temperaturpåvirkning, og sensorene bør inspiseres og vedlikeholdes jevnlig [10]. Drifting over tid gjør datamaterialet vanskelig å bruke, det er ikke et kjent nivå på avviket over en lengre tidsperiode. Det samme gjelder for drift av TMU4, selv om dette apparatet leverte mer nøyaktige data i starten etter installasjon og justering.

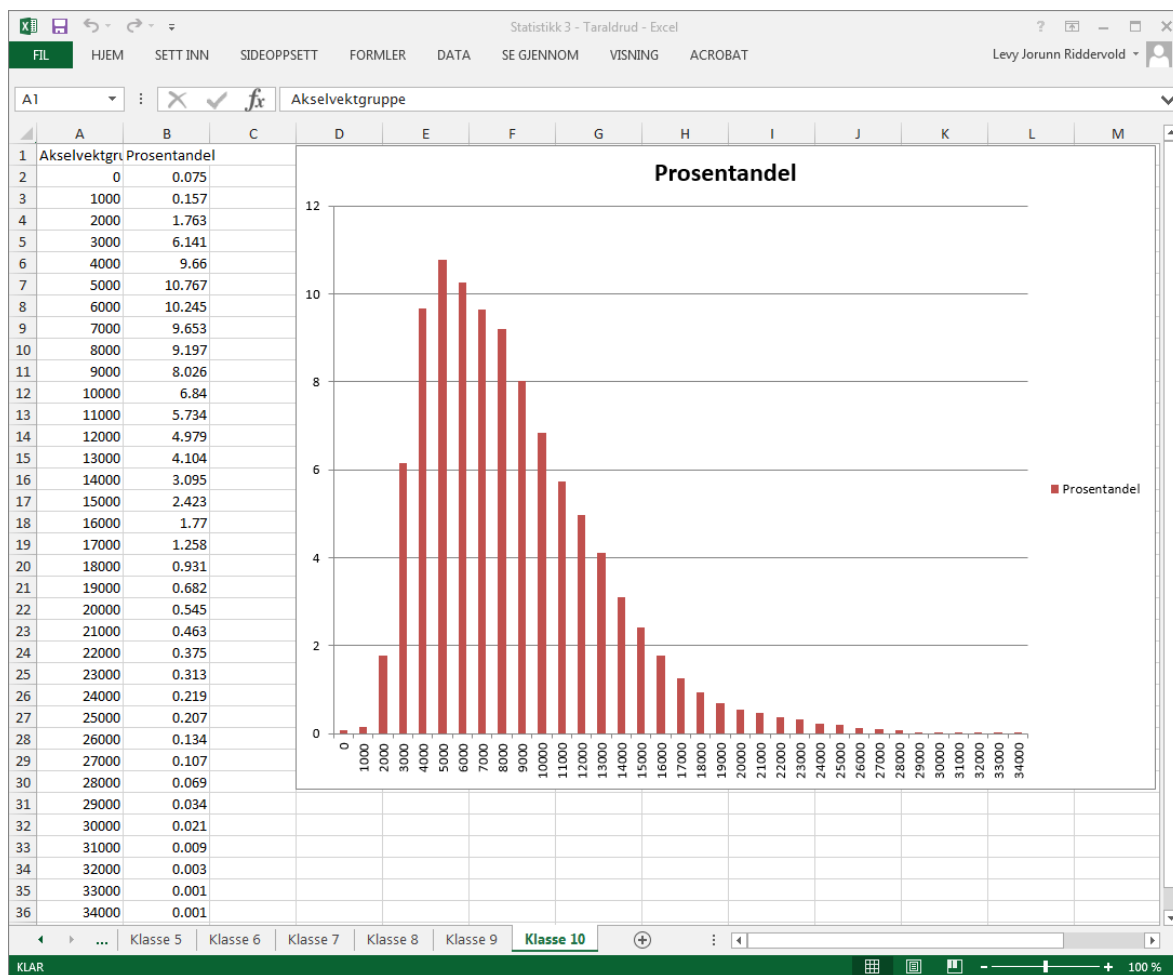
Dataprogram for analyse av registrerte aksellastdata fra ViperWIM

Det ble utviklet et program for analyser av registrerte aksellastdata fra ViperWIM. Figurene under viser eksempler på analyser.

Det viste seg at kvaliteten på registrerte data var for dårlig til at de kunne brukes. Det ble planlagt og gjennomført en ny kalibrering, men det var problemer med at noen av sensorene ikke fungerte lenger, eller at det var asfaltert over sensorene. Resultatene etter kalibrering var heller ikke gode nok.

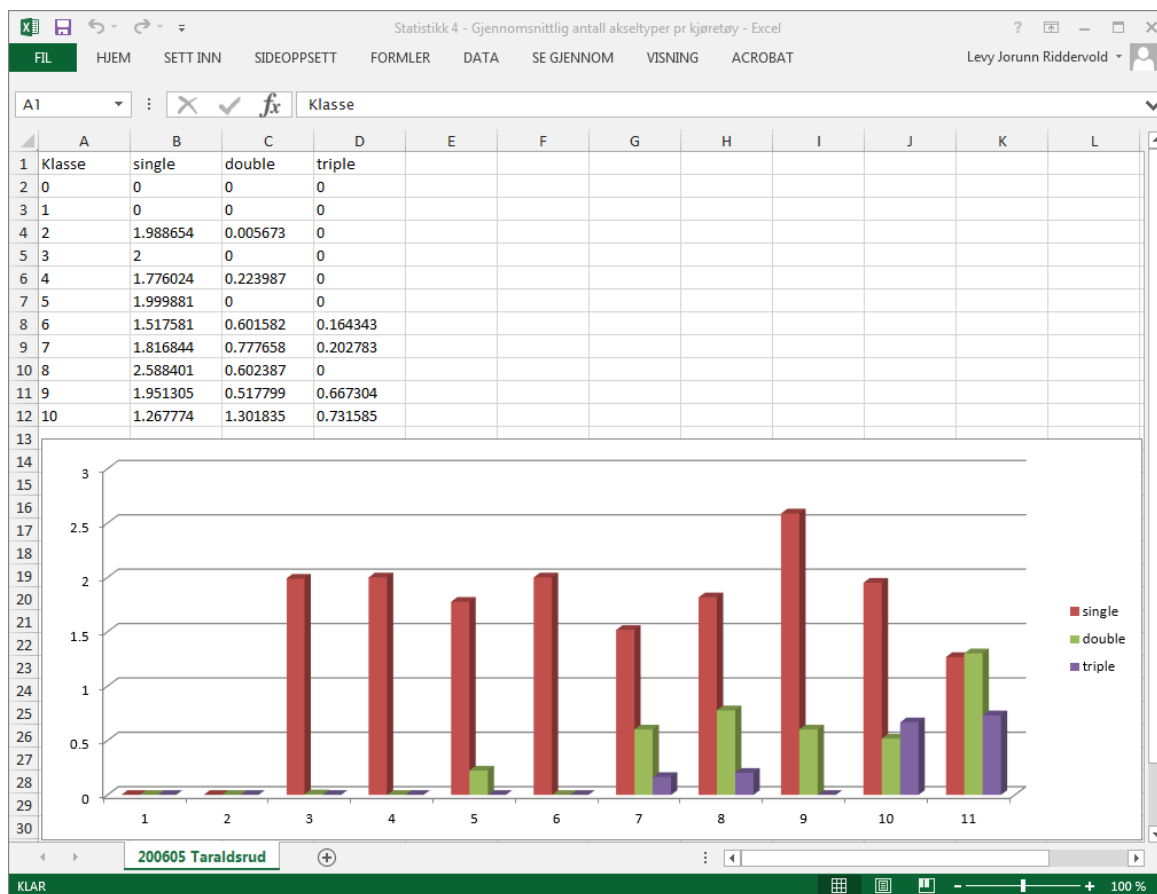
Det er vanskelig å sammenligne resultater fra ulike leverandører, siden data kommer på ulikt format. For å legge til rette for dette måtte programmet skrives om, dette ble ikke gjort siden grunnlagsdataene var så usikre.

De følgende figurene viser noen eksempler på rapporter fra analyseprogrammet.

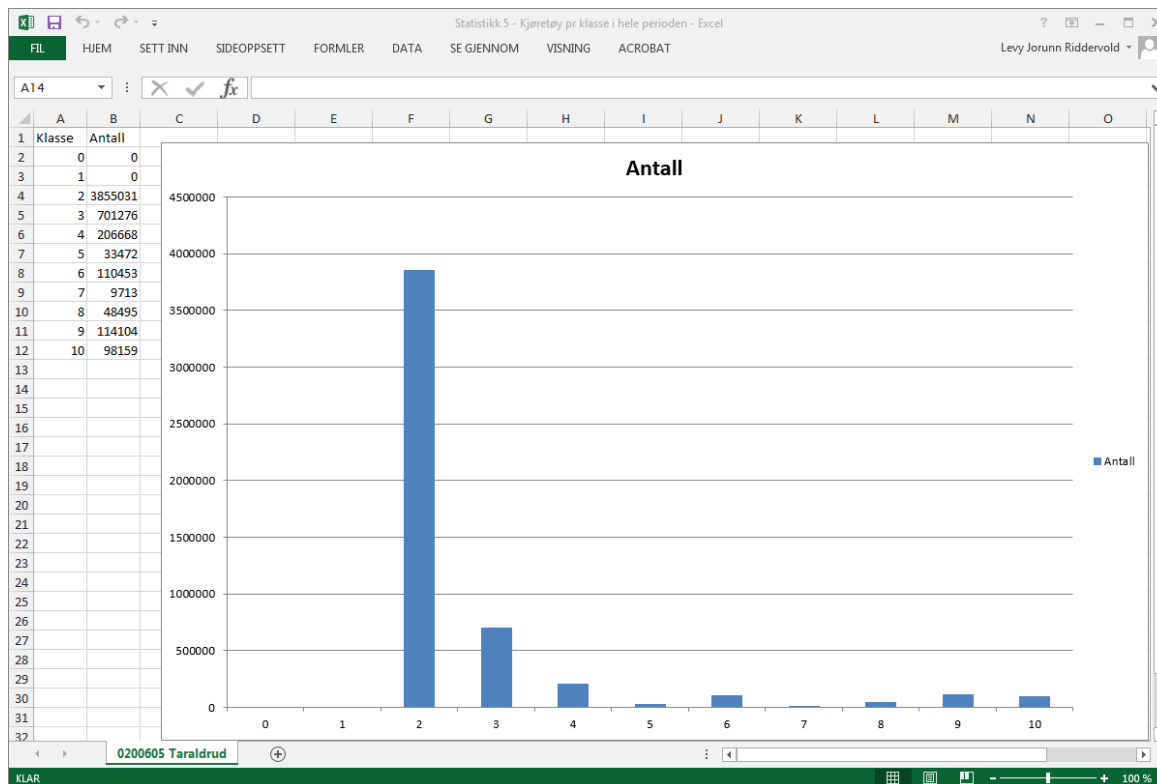


Figur 65 Skjermbilde akselvektgruppe – eksempel fra Taraldrud

Registrering av aksellast: Erfaringer med veiging i fart 2011–2015

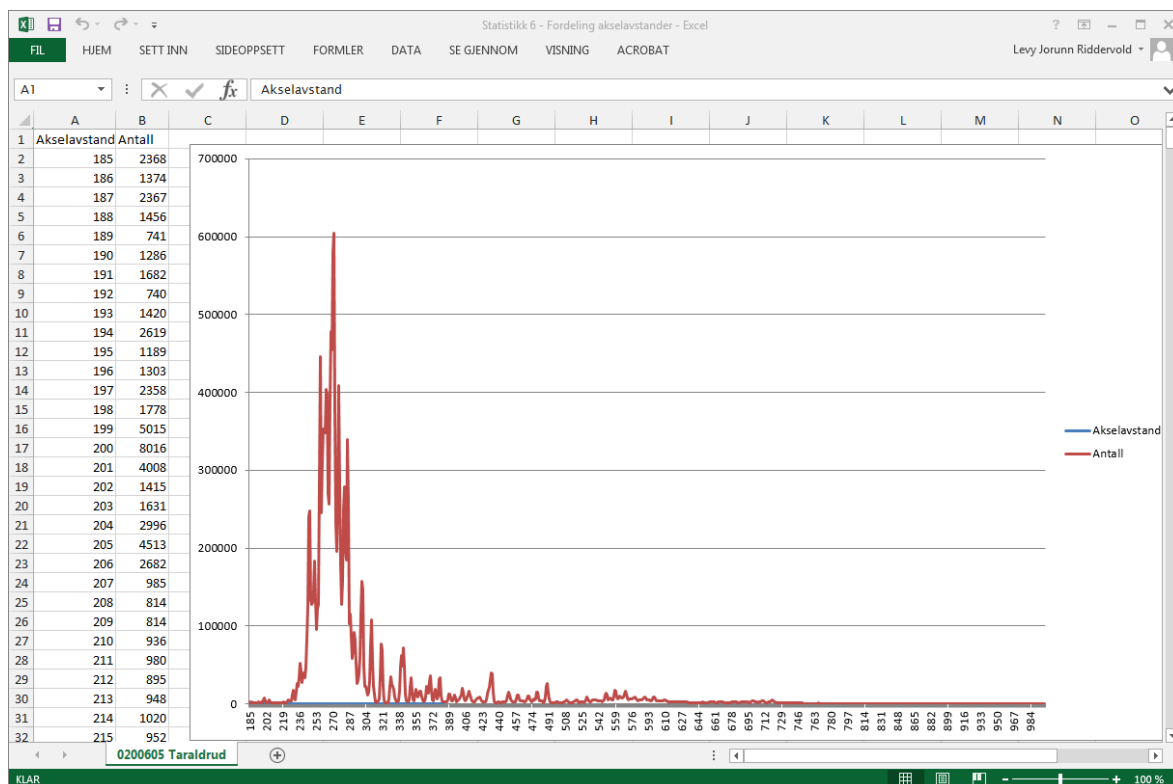


Figur 66 Gjennomsnittlig antall akseltyper pr kjøretøy – eksempel fra Taraldrud



Figur 67 Kjøretøy pr klasse i hele perioden – eksempel fra Taraldrud

Registrering av aksellast: Erfaringer med veiing i fart 2011–2015



Figur 68 Fordeling akselavstander – eksempel fra Taraldrud

Videre arbeid

Videre kompetanseoppbygging

Pågående og planlagte aktiviteter:

- Teststrekning for WIM på Verdal, sammenligning av ulike teknologier og utstyr fra ulike leverandører
- Non-stop Truck – et prosjekt som ser på muligheten til å hente vektdata direkte fra sensorer på kjøretøyene
- Undersøke muligheten for å legge informasjon om tillatt totalvekt i bombrikker
- Singel/dobbel/supersingel dekk på tunge kjøretøy – testing av registreringsutstyr
- Etablering av ny teststrekning for ITS på E39 Øysand

Videre planer for teststrekning for WIM på Verdal og E39 Øysand:

- Nye kontroller med sammenligning av alle tre dataloggere, for å finne ut hvor ofte det er behov for ny kalibrering (alle dataloggerne), og kontroll av stabilitet for Kistler
- Analysere registrerte data for å se på utviklingen av gjennomsnittlig avvik på registrert vekt over lengre tid
- Teste et oppsett med to sett av piezokabler koblet til samme datalogger (ViperWIM eller TMU4), og sammenligne nøyaktigheten med Lineas Quarts sensorer
- Effekter av sideplassering, akselerering og bremsing med en bil med kjente akselvekter

Samarbeid med andre miljøer/land

Det planlegges et nordisk prosjekt for WIM, slik at vi kan bygge på hverandres erfaringer i Norden.

Anbefalinger for valg av utstyr

Erfaringene fra WIM installasjonene viste at resultatene ikke nødvendigvis samsvarer med det leverandørene lover. Det var mange feilkilder og plunder for å få systemene opp, og enda mer for å holde dem i drift. Det var ikke så enkelt som det burde være å få gode resultater, selv etter kalibrering.

Valg av utstyr må gjøres på bakgrunn av aktuelle behov for nøyaktighet. Man bør se på hele livsløpet til prosjektet i vurderingen. Dersom man velger det alternativet som er billigst i innkjøp og installasjon (piezokabler), vil det kreve tett oppfølging og hyppig kalibrering. Av de variantene vi har testet ser vi at Kistler sensorer med ulike dataloggere holder god nøyaktighet over en lengre periode enn de andre variantene som ble testet. Få sensorer har hatt en levetid på mer enn to år, på grunn av stor vegslitasje. Her bør det vurderes alternativer som kan legges dypere.

Konklusjoner

Veiing i fart er veldig avhengig av lokale forhold, tilstand og oppbygging av vegen, jevn hastighet over sensorene, sideplassering, slitasje på vegen, vinterforhold osv.

Det kreves nøyaktig arbeid ved installering av sensorer. Temperatursensorer bør ha bedre kvalitet enn de som ble installert her, siden piezokablene er avhengige av korreksjon for temperaturendringer for å gi gode resultater. Det vil være en fordel å velge sensorer som ikke varierer med temperaturendringer. Det var vanskelig å få til regelmessig oppfølging av installasjonene når de var så spredt geografisk som de første ViperWIM–installasjonene. På Verdal var det en del problemer med både hardware og software i oppstarten, slik at vi ikke fikk registrert de dataene vi hadde planlagt. Utstyret var mer uferdig enn vi hadde forventet.

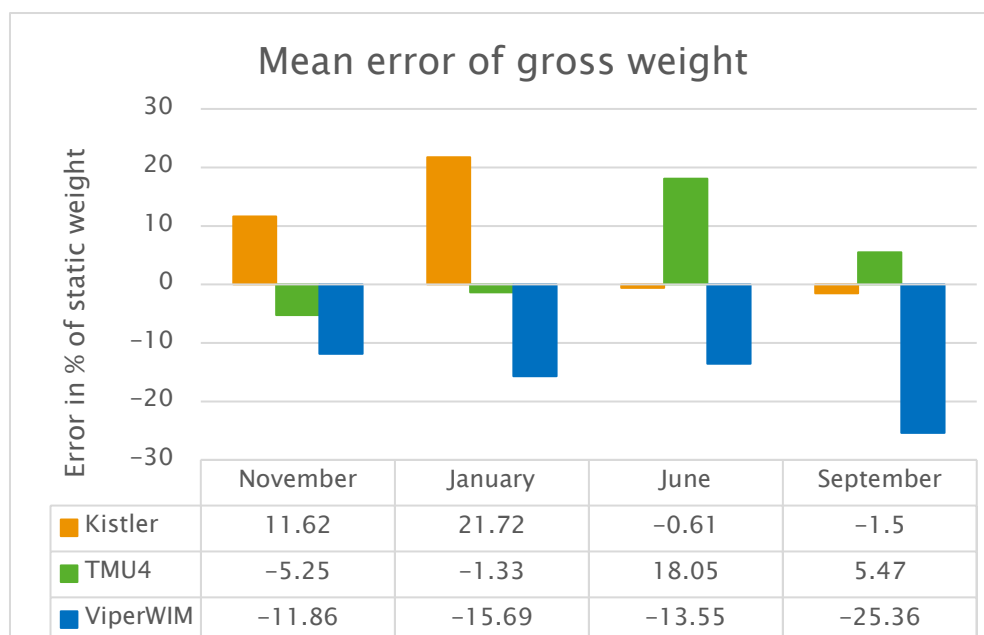
På grunn av dynamiske effekter er registrert totalvekt for et kjøretøy mer nøyaktig enn vekt for enkeltakslinger, og et enkelt kjøretøy kan ha store avvik selv om gjennomsnittlig feil er akseptabel. For Kistler sensor med EzBox datalogger ble det funnet at den er nøyaktig nok for preselektering av kjøretøy ved kontrollstasjoner [5] [3]. Testene med Kistler datalogger hadde for lite utvalg til å bekrefte dette, men den ser ut til å gi tilsvarende gode resultater på avvik og stabilitet, med 1,5 % avvik fire måneder etter kalibrering. Kistler er nå sertifisert under OIML R–134 for hastigheter mellom 3 og 65 km/t (15.april 2015)³. Som vi har sett kan det likevel oppstå problemer på grunn av feil på utstyr. Dette kan være vanskelig å oppdage dersom det ser bra ut ved installering, og feilen øker over tid.

ViperWIM har et gjennomsnittlig avvik på rundt 15 % etter tre måneder, dette er som forventet ut i fra tidligere erfaringer og datablad fra leverandøren (± 10 %). Avviket øker over tid, og kalibrering bør gjøres flere ganger i året.

TMU4 ble ikke kalibrert på riktig måte, men gav likevel gode resultater til å begynne med. Vi avventet kalibrering av TMU4 for å se på utviklingen over tid. Den bruker samme sensortype som ViperWIM, og forventet gjennomsnittlig avvik var på ± 10 %. Det viser seg at resultatene var mer nøyaktig enn for ViperWIM, og de holder seg stabile noe lenger, men etter hvert øker avviket til samme nivå som ViperWIM. Resultatene var mer uforutsigbare over tid enn for de andre apparatene. Kalibrering bør gjøres minst hvert halvår.

Testene inkluderer noen få varianter av sensorer og dataloggere, over en kort tidsperiode, slik at vi ikke kan gi en entydig anbefaling av utstyr. Det finnes flere varianter av strip sensorer som kunne vært med i testene. Av det utstyret som vi har testet gir Kistler klart mest nøyaktige resultater, og den holder seg også mer stabil over tid.

³ https://www.oiml.org/en/publications/bulletin/pdf/oiml_bulletin_april_2015.pdf/view



Figur 69 Gjennomsnittlig avvik av totalvekt (Verdal 2014–2015) (Hardware feil på Kistler i november og januar, kalibrering av Kistler og ViperWIM i oktober og mai.)

Referanser

- [1] Applied Traffic Limited, "ViperWIM Manual, V1.4".
- [2] Kistler group, "Instruction Manual EZBox Traffic Unit, type 5275A".
- [3] B. Jacob, "COST 323 "Weigh-in-Motion of Road Vehicles" Final Report," 2002.
- [4] D. Halvorsen, "Increased BL Sensor Installation Depth," Measurement Specialties Inc, 2006.
- [5] M. E. P. Tello, "Report on WIM-system data analysis," 2014.
- [6] E. Aakre, "Prosjektoppgave NTNU," 2011.
- [7] E. Aakre, "Masteroppgave NTNU," 2012.
- [8] A. Hegglund, "Test av registreringsutstyr for WIM, Prosjektoppgave NTNU," 2012.
- [9] J. R. Levy, "Test av utstyr for veiing-i-fart, EVU-kurs NTNU," 2012.
- [10] D. Halvorsen, *Making Piezo Sensors Last,, Measurement Specialities Inc*, 2011.



Statens vegvesen
Vegdirektoratet
Publikasjonsekspedisjonen
Postboks 8142 Dep 0033 OSLO
Tlf: (+47 915) 02030
publvd@vegvesen.no

ISSN: 1893-1162

vegvesen.no

Trygt fram sammen