

**Nedfräst givare för
sidolägesmätning 2022**

vti

Håkan Wilhelmsson

Nedfräst givare för sidolägesmätning 2022

Håkan Wilhelmsson

Förord

Projektet är finansierat genom BVFF (Bana väg för framtiden) och kontaktperson är Ulf Söderström hos Trafikverket.

Författare: Håkan Wilhelmsson, VTI

Diarienummer: 2021/0275–9.3

Denna avrapportering ingår inte i någon av VTI:s publikationsserier och publiceras därmed inte av VTI.

Datum: 2023-11-30

Innehållsförteckning

Förord.....	4
Sammanfattning	7
1. Inledning	8
1.1. Bakgrund.....	8
1.2. Syfte	8
1.3. Omfattning och begränsningar.....	8
1.4. Teknisk utveckling av mätsystem med nedfräst kabel samt testning i trafikmiljö	9
2. Mätning av sidoläge med tejpade sensorer	10
2.1. Mätsystem	10
2.2. Fysikalisk funktion.....	10
2.3. Exempelkurvor.....	11
2.4. Exempel på sidolägesfördelning	11
3. Tillverkning av mätutrustning.....	12
3.1. Signalbehandling.....	12
3.2. Konstruktion av laddningsförstärkare	12
4. Framtagande av metod för installation	14
4.1. Testning av olika fyllnadsmaterial	14
4.2. Försök med fyllnadsmaterial 2019-10-15	14
4.2.1. Fyllnadsmaterial 1: MSK flytande asfalt, Flexsell.....	15
4.2.2. Fyllnadsmaterial 2: Asfaltslagare med primer, Biltema	16
4.2.3. Fyllnadsmaterial 3: BT Multibond Rapid, Biltema	17
4.2.4. Fyllnadsmaterial 4: Sikaflex pro 3-SL, Sika primer 3 N, Ahlsell	18
4.2.5. Fyllnadsmaterial 5: Refug 100 Asfaltonline	19
4.2.6. Fyllnadsmassa 6: Ankarmassa vinter Biltema.....	20
4.2.7. Sammanfattning av försök med fyllnadsmaterial	20
4.3. Försök med fyllnadsmaterial 2019-11-08	21
5. Del 3: Test av systemet på testväg.....	22
5.1. Testväg VTI:s provhallar	22
5.2. Kurvformer vid passage av Volvo 850	23
6. Del 4: Långtidstest av systemet på trafikerad väg	24
6.1. Montering.....	24
6.2. Pulsformer väg 34 nedfrästa givare.....	26
6.2.1. Startkabeln	26
6.2.2. Stoppkabeln	27
6.2.3. Diagonalen 45 grader	28
6.3. Mätresultat	30
6.3.1. Sidolägesdata från väg 34	30
6.3.2. Analys	32
6.4. Sammanfattning av resultaten från fas 1 – fas 4	33
7. Mätning av shoretal	Fel! Bokmärket är inte definierat.34
7.1. Shoretal vs temperatur	35

7.2. Försök i wheeltracker	36
7.3. Svecias termoplast 40	37
7.4. Bearbetning mätkabel	38
7.5. Montering av kabel på väg 34 2022-10-10	38
7.6. Erfarenheter termoplast.....	39
8. Fortsatt arbete	41

Godkänd avrapportering

Denna avrapportering har genomgått peer review 7 december 2023 -av ansvarig chef *Håkan Carlsson* som godkänt denna avrapportering för leverans till uppdragsgivare.

Sammanfattning

Koaxialkabel av typen RG178 av teflontyp har använts under lång tid som sensor vid sidolägesmätningar utförda av Statens Väg- och Transportforskningsinstitut. Effekten som utnyttjas är triboelektrisk effekt.

Denna sensor har tejpats ovanpå vägbanan så användandet är begränsad till icke vintertid.

Hållbarheten har visat sig genom åren vara cirka 100 000 passager.

Detta projekt syftar till att få en hållbarare sensor som går att använda året runt.

En variant av kabeln som har högre känslighet är RG316.

Denna kabel frästes ned på 2 cm djup och sedan fylldes spåret igen.

Det svåra visade sig vara att det behövs väldigt hög förstärkning för de små signaler som alstras vilket löste sig med modifierad signalomvandlare.

Genom att mangla kabeln erhålls också högre känslighet.

Det svåraste i detta projekt har varit att hitta ett lämpligt fyllnadsmaterial som är ”lagom” elastiskt att föra över däckkraften till sensorn över ett brett temperaturområde (-25C till +50C). Mängder av försök har gjorts med olika fyllnadsmaterial som har verkat lovande men vid varma vägbanor har de blivit för mjuka så kraften har inte överförts på önskat vis.

Vissa material har stelnat för snabbt och luft har bildats runt sensorn. Detta gäller framför allt vägmarkeringsfärg.

Tester har dock visat sig lovande med några material så VTI har beslutat att satsa egna anslagsmedel för att undersöka dessa vidare.

1. Inledning

1.1. Bakgrund

Ett nordiskt certifieringssystem för vägmarkeringsmaterial, *NordicCert*, tillämpas i Danmark, Norge och Sverige. Systemet innebär att de statliga vägmyndigheterna i dessa länder i sina upphandlingar kan ställa krav på att vägmarkeringsmaterial som används i entreprenad ska vara certifierat, dvs materialen måste ha klarat funktionskrav för ett visst antal hjulpassager vid provning på allmän väg. För närvarande finns en provplats i Norge (i Haslemoen, drygt 18 mil norr om Oslo) och en i Danmark (Havnstrup, 10 mil väster om Århus).

Vägmarkeringsmaterial som ska provas läggs ut i nio längsgående linjer (0,15 x 2,5 m) placerade tvärs körfältet. De nio linjerna utsätts för olika grad av slitage från trafiken, där de som ligger i hjulspåren utsätts för mest slitage. Uppföljande funktionsmätningar av retroreflexion, luminanskoefficient, friktion och färgkoordinater görs efter ett respektive två år. Materialen certifieras i relation till hur många hjulpassager de tål med bibehållen funktion.

Noggranna mätningar av trafikens sidoläge är en förutsättning för att kunna avgöra hur många hjulpassager varje linje utsätts för. Idag mäts sidoläget med VTI:s system TA89, där koaxialkablar limmas fast på vägytan. Systemet har hög upplösning (1 cm) och fungerar vanligtvis bra, men det kan endast användas under sommarhalvåret eftersom kablarna förstörs av dubbdäck och snöplogning.

Idag mäts trafikens sidoläge under en vecka varje höst på de nordiska provplatserna. Tyvärr har det vid mätningarna uppstått problem där kablarna körts sönder av fordon med dubbdäck (trots att mätningarna görs vid tidpunkter då dubbdäck inte är tillåtna). Vidare innebär detta tillvägagångssätt vissa begränsningar genom att mätdata avspeglar inte de variationer i sidoläge över året som kan förväntas, t ex relaterat till snövallar och till variationer i ljusförhållanden. Vidare kan vi inte mäta variationer i trafikflöde över hela året.

1.2. Syfte

Syftet med projektet är att vidareutveckla och testa en variant av den befintliga mätmetoden TA89 för att mäta trafikens sidoläge, där kablarna fräses ned i vägbeläggningen, i stället för att limmas fast på ytan.

Projektets föreslås genomföras i två steg:

1. Teknisk utveckling av systemet samt testning i trafikmiljö
2. Anpassning av systemet för användning på provfält

Föreliggande rapport omfattar steg 1 av projektet, som mer specifikt syftar till att besvara följande frågeställningar:

- Hur ska fräsningen göras och vilken typ av fyllnadsmaterial som ska användas?
- Fungerar den nya nedfrästa sensorn, dvs ger den signaler?
- Ger den nya sensorn samma resultat som det befintliga mätsystemet?
- Fungerar den nya sensorn över en längre tid?

1.3. Omfattning och begränsningar

Fördelen med det föreslagna systemet är att det kommer vara möjligt att mäta sidoläge året om. En begränsning är att det, på samma sätt som för TA89, krävs antaganden om däcksbredder (dvs däcksbredder mäts ej av systemet). Det kan vara möjligt att få viss information om däcksbredder från det föreslagna systemet, men det skulle kräva mycket utvecklingsarbete och utelämnas därför tills vidare.

1.4. Teknisk utveckling av mätsystem med nedfräst kabel samt testning i trafikmiljö

Den föreslagna metoden fungerar på samma sätt som den nuvarande metoden TA89, med skillnaden att kablarna fräses ned i asfalten istället för att limmas på ytan. Kablarna som används är vanliga koaxialkablar RG178 som placeras i körfältet i form av ett Z och de kopplas till en datainsamlingsenhet som placeras intill vägen. När ett fordon passerar registreras pulser från kablarna, vilka förstärks med en speciell typ av förstärkare och därefter räknas om till sidoläge för både vänster och höger framhjul. Utöver sidoläge kan även andra parametrar såsom hastighet och axelavstånd beräknas. Fordonet klassificeras utifrån dess hjulantal och hjulpositioner (personbil, personbil med släp, olika typer av tunga fordon med olika hjulkonfigurationer).

I projektet utvecklas och testas sensorn, dvs kabeln som ska fräsas ned, och tillhörande elektronik. Den befintliga TA89-loggern används för att logga data (kapacitet ca 25 000 fordon).

I projektet ingår fem faser

1. Tillverkning av mätutrustning

Tillverkning/modifiering av givare och annan nödvändig utrustning.

2. Framtagande av metod för installation

Kablarna läggs i botten på frästa spår. Spåret behöver fyllas igen för att trycket från hjulen ska komma ner till givaren (kabeln). Dessutom skyddas vägen från skador. Lämpliga fyllnads-material testas och utvärderas med hjälp av VTI:s asfaltslab. Testerna görs på trafikerad väg på VTI:s bakgård. Med den framtagna metoden ska det vara möjligt att mäta kontinuerligt i minst 2–3 år utan underhåll eller ominstallation.

3. Test av systemet på testväg

Sensorn installeras och testas på VTI:s bakgård. Testerna syftar till att säkerställa att systemet ger korrekta signaler.

4. Långtidstest av systemet på trafikerad väg

Systemet installeras på en riktig väg med förhållandevis mycket trafik, t ex väg 23/34 eller väg 35. Systemet testas över en längre tid – gärna över en vintersäsong – för att säkerställa att det fungerar som tänkt. Vid behov görs justeringar i metoden.

5. Jämförelse med befintligt mätsystem

Det befintliga mätsystemet med kabel som limmas på vägytan installeras intill den nedfrästa installationen (fas 4). Resultaten från de två systemen jämförs.

2. Mätning av sidoläge med tejpade sensorer

2.1. Mätsystem

VTI har under lång tid använt sensorer som tejpas ovanpå vägbanan för att på ett enkelt och snabbt sätt kunna mäta sidoläge på valfri väg, [Figur 1](#)~~Figur 4~~. Nackdelen med denna metod är slitage av kabeln orsakat av många överfarter och problem med att klara av dubbdäck. Som sensor används koaxialkabel RG178



Figur 1. Mätning av sidoläge med tejpade sensorer.

2.2. Fysikalisk funktion

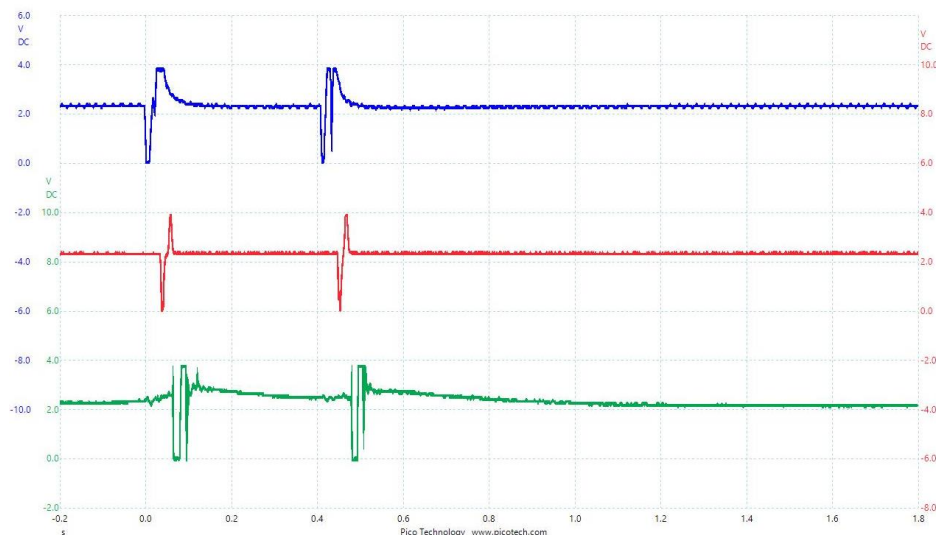
Triboelektrisk effekt uppstår när material gnids mot varandra och elektroner hoppar mellan anliggningsytorna. Är dessa av olika material, kommer den ena ytan att få överskott av elektroner, medan den andra får underskott. Det leder till en elektrostatisk uppladdning av ytorna. Är ytresistiviteten tillräckligt hög eller om ytorna är skilda från jord, kommer överskottet respektive underskottet av den elektriska laddningen att bestå. Detta fenomen har traditionellt illustrerats med kattsinn och ebonitstav.

Beroende på var i den triboelektriska serien som de två materialen ligger, kommer de att få positiv eller negativ laddning. Det är i första hand utträdesenergin för elektronerna i det yttersta elektronskalet som avgör var i den triboelektriska serien som materialet hamnar. Andra egenskaper som påverkar utträdesenergin är aggregationstillstånd och ytans krökning. Således kan två partiklar av samma material erhålla olika laddning om de är av olika storlek. Detta är troligen en av anledningarna till att åskväder bildas. Där utbyter iskristaller, stora och små vattendroppar elektroner med varandra, när dessa gnids mot varandra.

Denna funktion uppstår i koaxialkabeln genom att innerledaren nöts mot ytterledaren när en axel passerar kabeln.

2.3. Exempelkurvor

Figur 2 visar när en Volvo 850 passerar en sensor och den triboelektriska effekten förstärks med en laddningsförstärkare. Ström omsätts till spänningspulser i förstärkaren. 2 volt/ruta vertikalt och 200ms/ruta horisontellt.



Figur 2. Signaler från 3 efterföljande sensorer

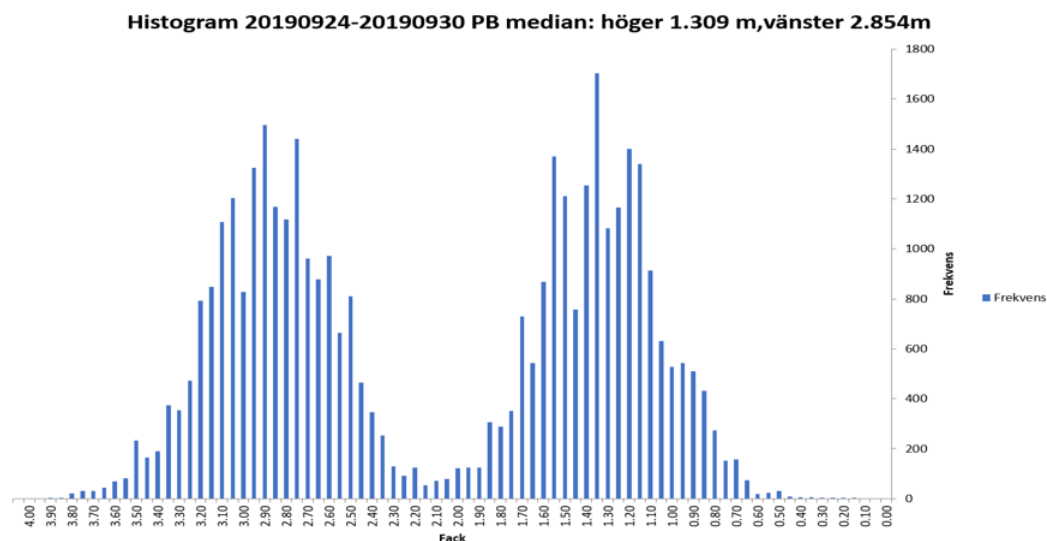
Blå kurva: -Efter förstärkningssteg 2

Röd kurva: -efter förstärkningssteg 1.

Grön kurva: -digital ut till logger.

2.4. Exempel på sidolägesfördelning

Figur 3 visar ett histogram över sidolägesfördelningen för personbilar under fälttester Väg 34 hösten 2019.

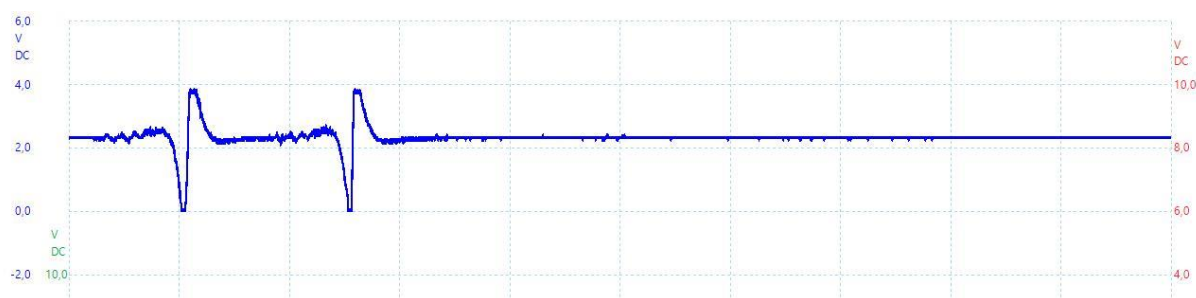


Figur 3. Sidolägesfördelning personbilar Väg 34

3. Tillverkning av mätutrustning

3.1. Signalbehandling

Den blå kurvan i Figur 4 är en registrering av när en Volvo 850 passerar en 45 graders snedställd nedfräst givare efter andra förstärkningssteget. 200 ms./ruta horisontellt.



Figur 4. Blå kurva signal från personbil

För att erhålla en mätbar amplitud modifierades de förstärkare som används till VTI:s sidolägesmätssystem där kablarna är tejpade ovanpå vägen. I befintligt system mäts registreringen på den nedåtgående flanken vilket är detsamma som när däckets högerkant passerar givaren. Denna flank är alldeles för diffus och långsam när sensorn fräses ned så i detta fall ska istället den uppåtgående flanken registreras. Detta innebär att registrering sker när mitten av däckets passerar givaren.

Dessa iakttagelser ledde till följande modifieringar av befintlig mätutrustning:

- Förstärkning och filtrering konstruerades om i sensorförstärkaren
- Trafikanalysatorn konstruerades om så att registrering sker på negativ flank

Figur 5 visar mätutrustningen.

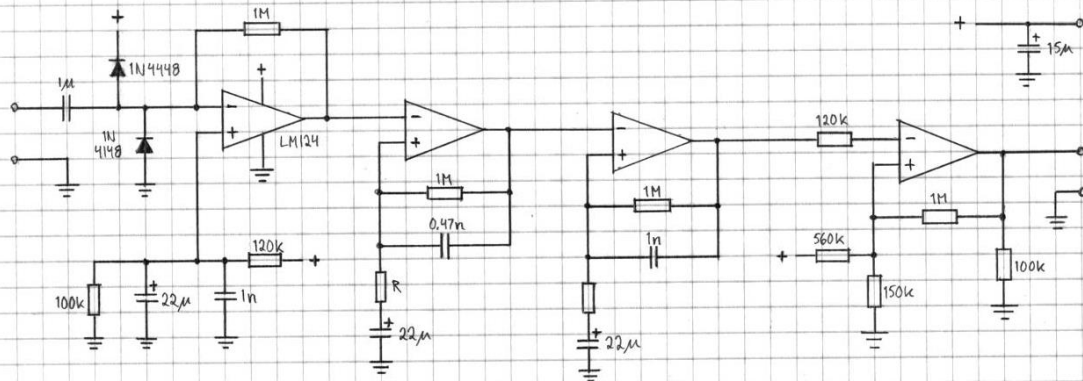


Figur 5. Sensorförstärkare, trafikanalysator, batteri.

3.2. Konstruktion av laddningsförstärkare

För att omvandla laddningarna som kommer från kabeln modifierades en laddningsförstärkare enligt Figur 6. Ingångssteget omvandlar laddning till spänning. Därefter följer två förstärkare med lågpasfiltrering och sedan sist en komparator.

FÖRSTÄRKARE F055, Signalomvandlare till klassongivare



Figur 6. Laddningsförstärkarens ingående delar.

4. Framtagande av metod för installation

4.1. Testning av olika fyllnadsmaterial

Ett omfattande testupplägg av olika fyllnadsmaterial gjordes vid VTI:s testanläggning för vägbyggnation. Kravbilderna på ett fyllnadsmaterial är omfattande då den ska vara lagom elastisk för att däckkraften ska gå ner i väggkroppen så att mätkabeln som arbetar enligt triboelektrisk effekt kan detektera kraften och omsätta den till en laddning som sedan förstärks av en laddningsförsärkare.

Detta ska fungera i ett temperaturintervall -25C till +50C

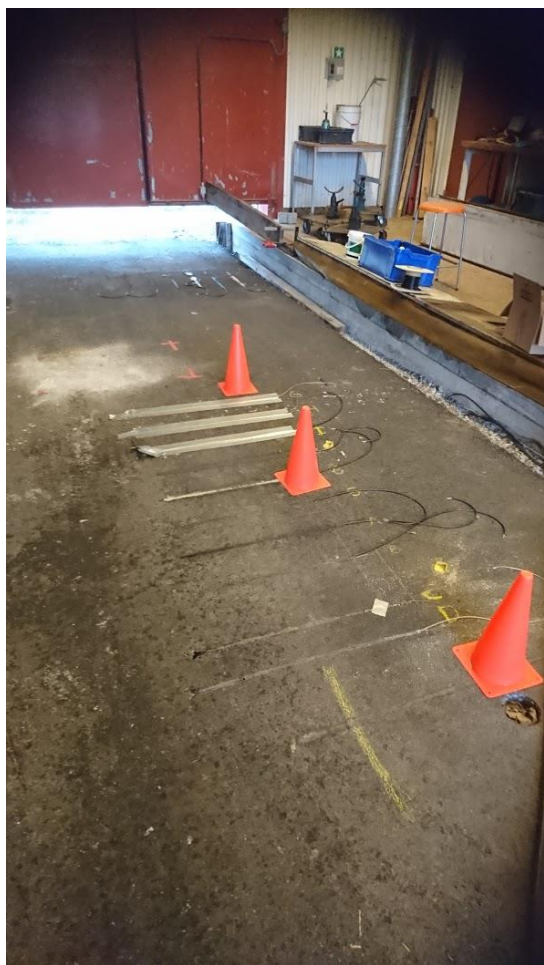
Fyllnadsmaterialets härdtid måste vara max 30 minuter då längre avstängning av vägvägsnitt vill undvikas.

Det som skiljer detta system jämfört med de på marknaden är att mätkabeln är väldigt billig vilket ger en väldigt kostnadseffektiv lösning. Kostnad för mätsensorn är 25 kr/meter jämfört med 1000 kr/meter för de som finns på marknaden.

Dessutom är applicering enklare och påverkar ej vägbanan lika mycket.

4.2. Försök med fyllnadsmaterial 2019-10-15

I den första försöksomgången i oktober 2019 testades sex olika fyllnadsmassor, som redovisas nedan. Figur 7 visar försöksuppställning i VTI:s provhall.



Figur 7. Försöksuppställning.

4.2.1. Fyllnadsmaterial 1: MSK flytande asfalt, Flexsell



För lång härdtid och svårt att få rätt proportioner av allt. Glöm ej att tillsätta lite vatten
Ej möjligt att stänga av vägen under hela härdtiden.

4.2.2. Fyllnadsmaterial 2: Asfaltslagare med primer, Biltema



För grov för att få ned i spåret med god vidhäftning på kabeln.

4.2.3. Fyllnadsmaterial 3: BT Multibond Rapid, Biltema



Ganska bra, lite för elastisk, lång härdtid.

4.2.4. Fyllnadsmaterial 4: Sikaflex pro 3-SL, Sika primer 3 N, Ahlsell



För elastisk. Lång härdtid.

4.2.5. Fyllnadsmaterial 5: Refug 100 Asfaltonline



Ganska OK. Testa igen.

4.2.6. Fyllnadsmassa 6: Ankarmasssa vinter Biltema



Härdar fort, blir för styvt.

4.2.7. Sammanfattning av försök med fyllnadsmaterial

De testade materialen var antingen för styva eller elastiska för att kraften på optimalt sätt ska gå ner i väggkroppen till mätkabeln.

Enda undantaget Refug 100 som bör testas vidare.

4.3. Försök med fyllnadsmaterial 2019-11-08

Ytterligare försök med olika fyllnadsmassor genomfördes i november 2019. Följande massor testades: Siffror/bokstäver för internt bruk.

3 Multibound

6 Ankarmassa

5 refug 100 2 komponent

A flytande asfalt, Flexsell med vatten

B refughink med vatten, Afaltonline

C Rg178 Vanlig Bitumen med småsten

D RG316 Vanlig bitumen med småsten

E Rg316 med oxiderad bitumen

F RG58 med oxiderad bitumen

G Bitumen 50/70

Efter omfattande analys av signaler från dess sensorer beslutades att gå vidare med material G bitumen 50/70.

5. Fas 3: Test av systemet på testväg

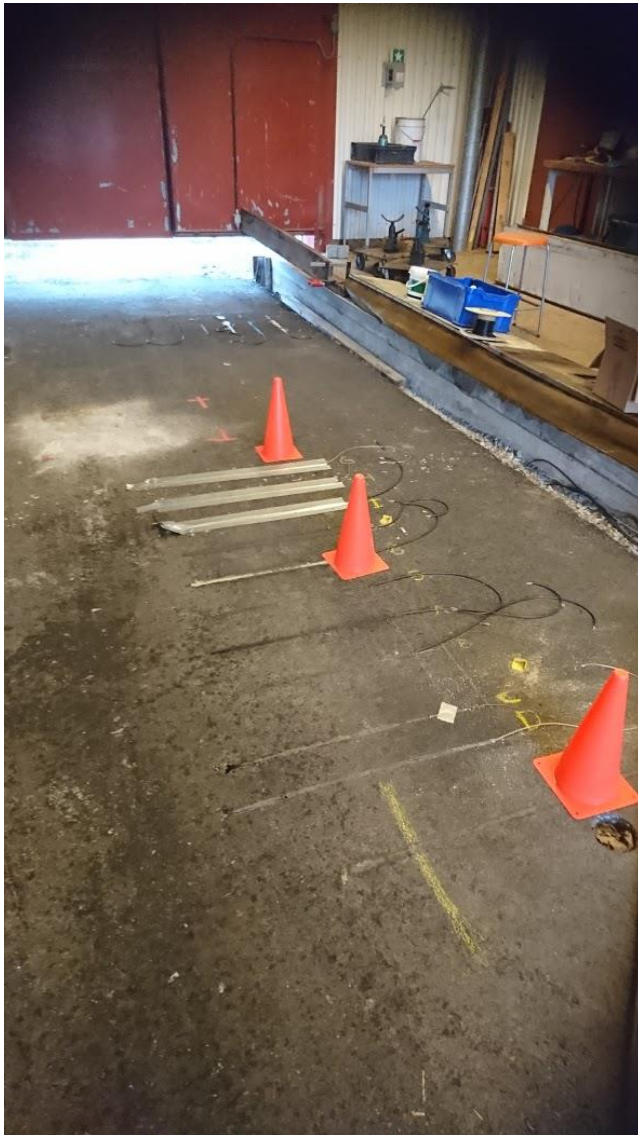
5.1. Testväg VTI:s provhallar

En testväg simulerades vid VTI:s provhallar där försök med olika fyllnadsmassor gjordes tidigare.

Vid försöket användes bitumen 50/70 som fyllnadsmaterial.

Mätkabeln kördes över i 50 km/h med en Volvo 850.

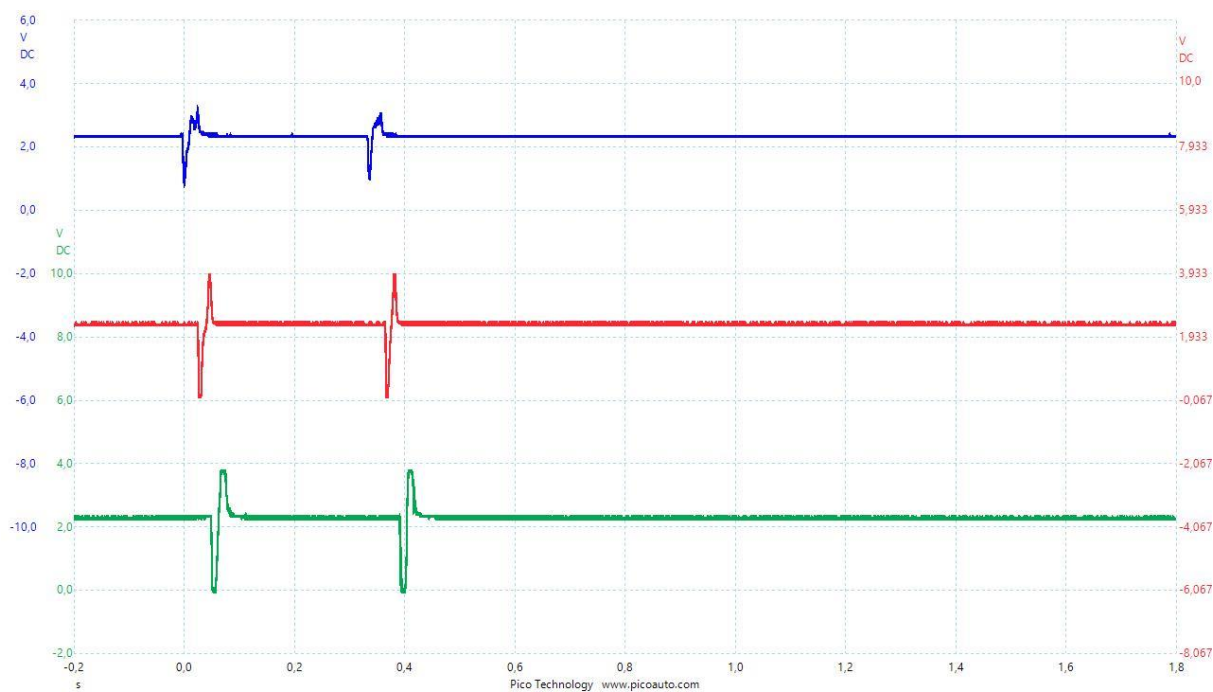
Allt såg bra ut i detta skede då lufttemperaturen var +8C.



Figur 8. Provhall med testväg.

5.2. Kurvformer vid passage av Volvo 850

Figur 9 visar ett exempel på signalen från sensorn när fram och bakaxel passerar över den. Respektive färg representerar olika steg i förstärkningskedjan.



Figur 9. Signal efter varje steg i förstärkningskedjan i ordning uppifrån och ner.

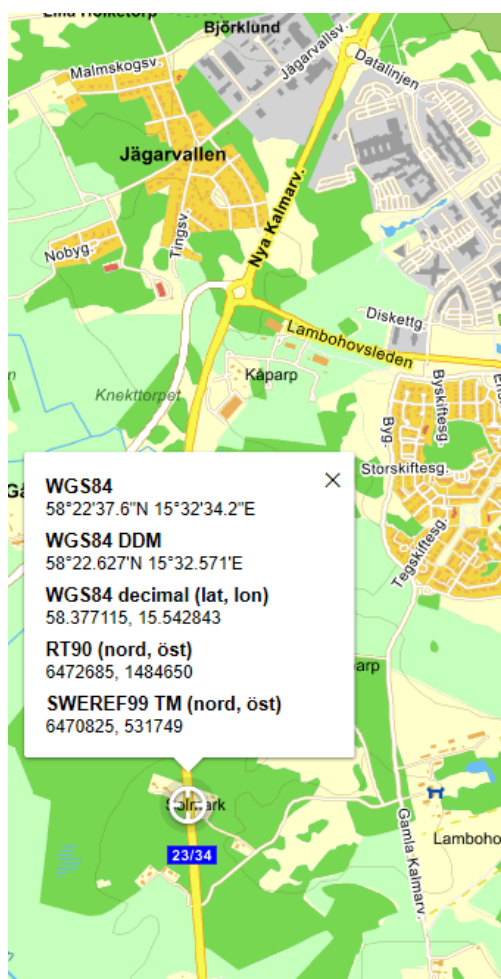
Ibland har pulserna väldigt låg eller ingen amplitud alls. En hypotes är att det beror på var fordonet kör i sidled då det verkar ha bildats luftficka runt kabeln. Det beror troligen på ett för trögflytande fyllnadsmaterial.

6. Fas 4: Långtidstest av systemet på trafikerad väg

En komplett mätuppsättning med nedfrästa givare av typen RG178 (~~Figur Figur 10~~) monterades på väg 34 söder om Linköping i januari 2020, ~~Figur Figur 11~~.



Figur 10. Kabel RG178.



Figur 11. Mätplats på väg 34 strax söder om Linköping.

6.1. Montering

~~Figur Figur 12~~ ~~FigurFigur 14~~ visar monteringen av sensorn på mätplatsen.



Figur 12. 20 mm djupt spår sågas.



Figur13. Kabel RG178 i spår som sedan fylls igen med bitumen 50/70.



Figur14. Slutresultat efter montering.

6.2. Pulsformer väg 34 nedfrästa givare

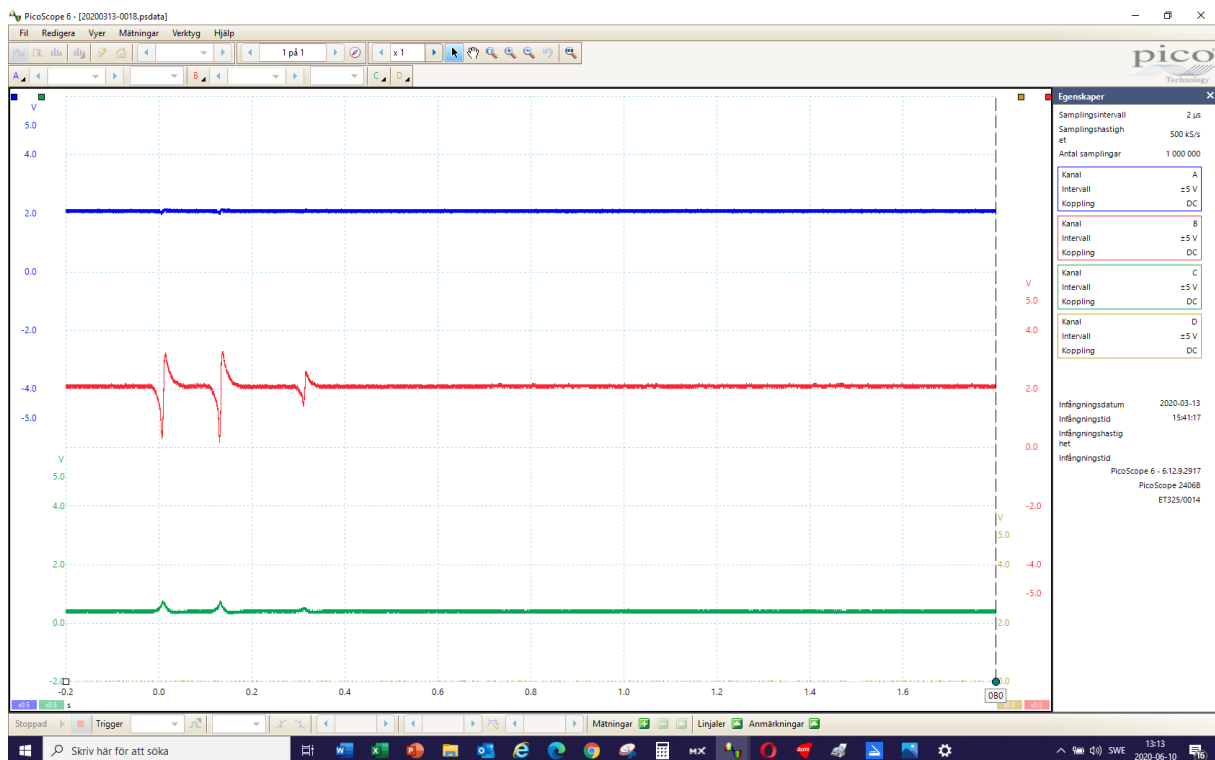
Med hänsyn till operationsförstärkarens egenskaper i konstruktionen med avseende på förstärkning-bandbreddsprodukt förstärks signalen i 2 steg om vardera 31ggr. Detta ger en total förstärkning på 961 gånger

Blå kurva: Förstärkning 31 ggr

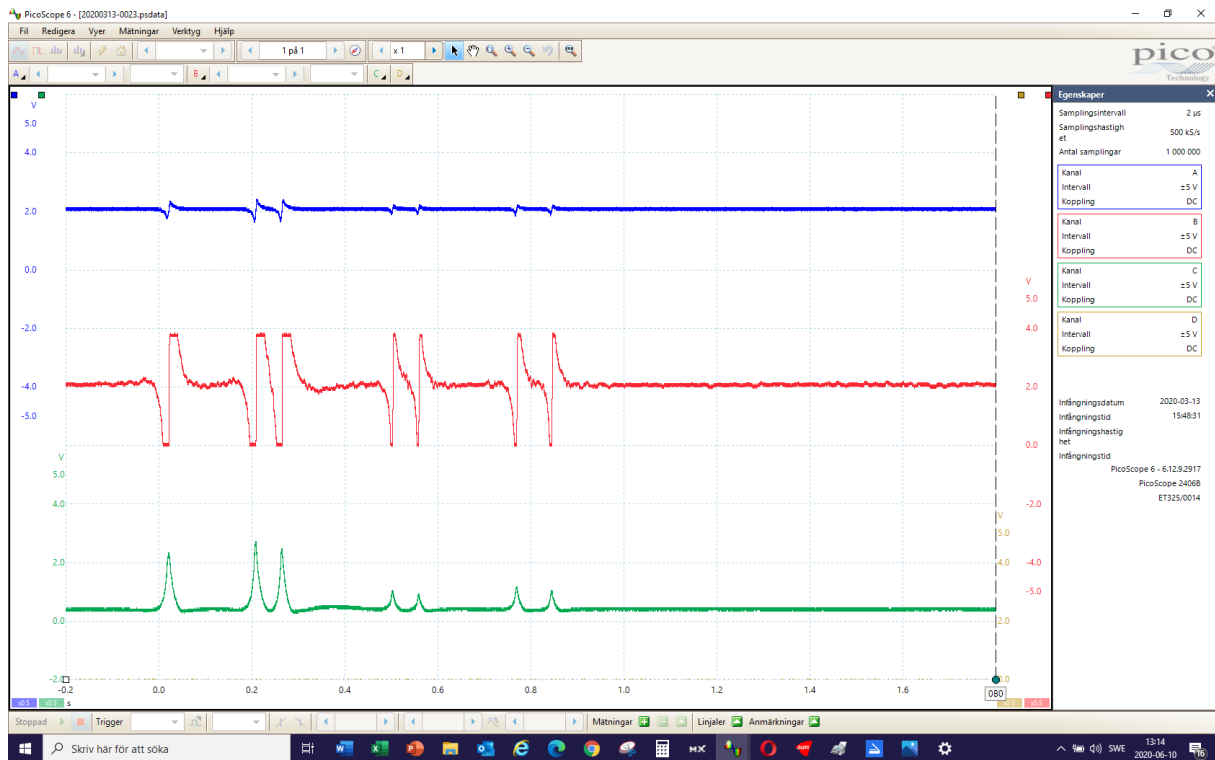
Röd kurva: Förstärkning 961ggr

Grön Kurva: Integralen av signalen (mått på däckstryck).

6.2.1. Startkabeln

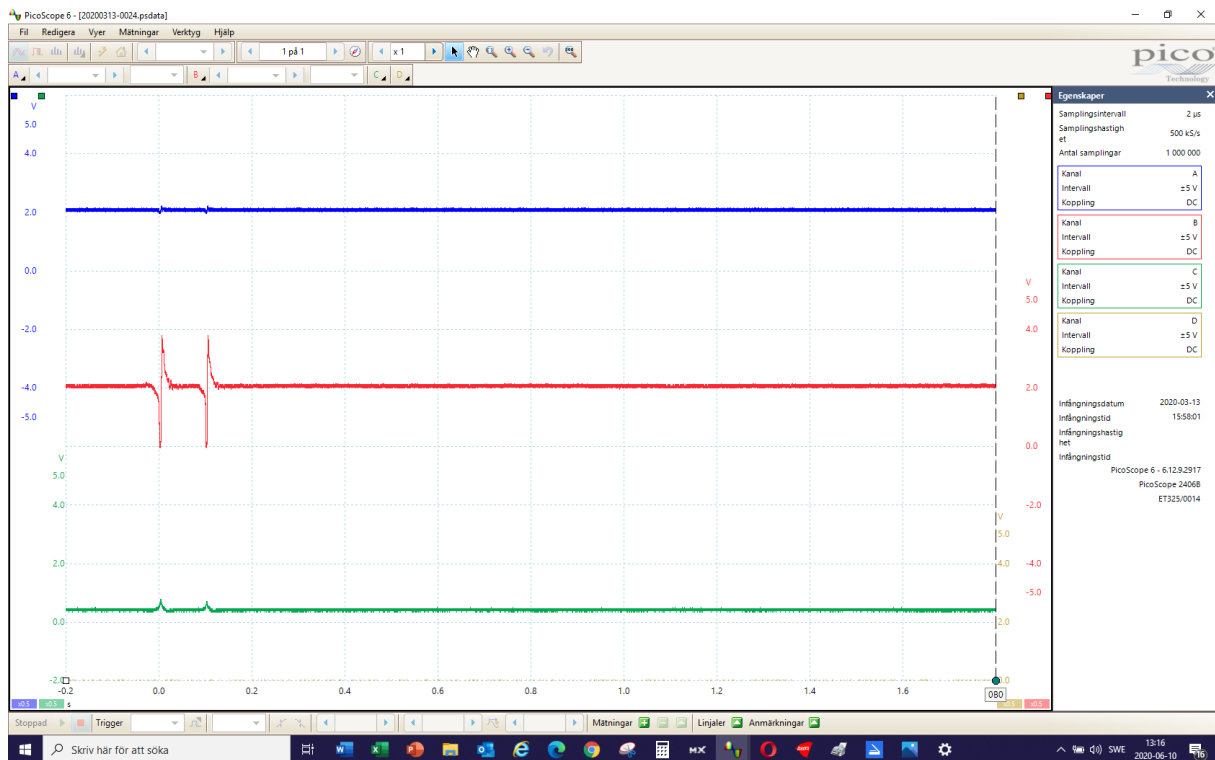


Figur15. Personbil VW Caddy med släpkärre.

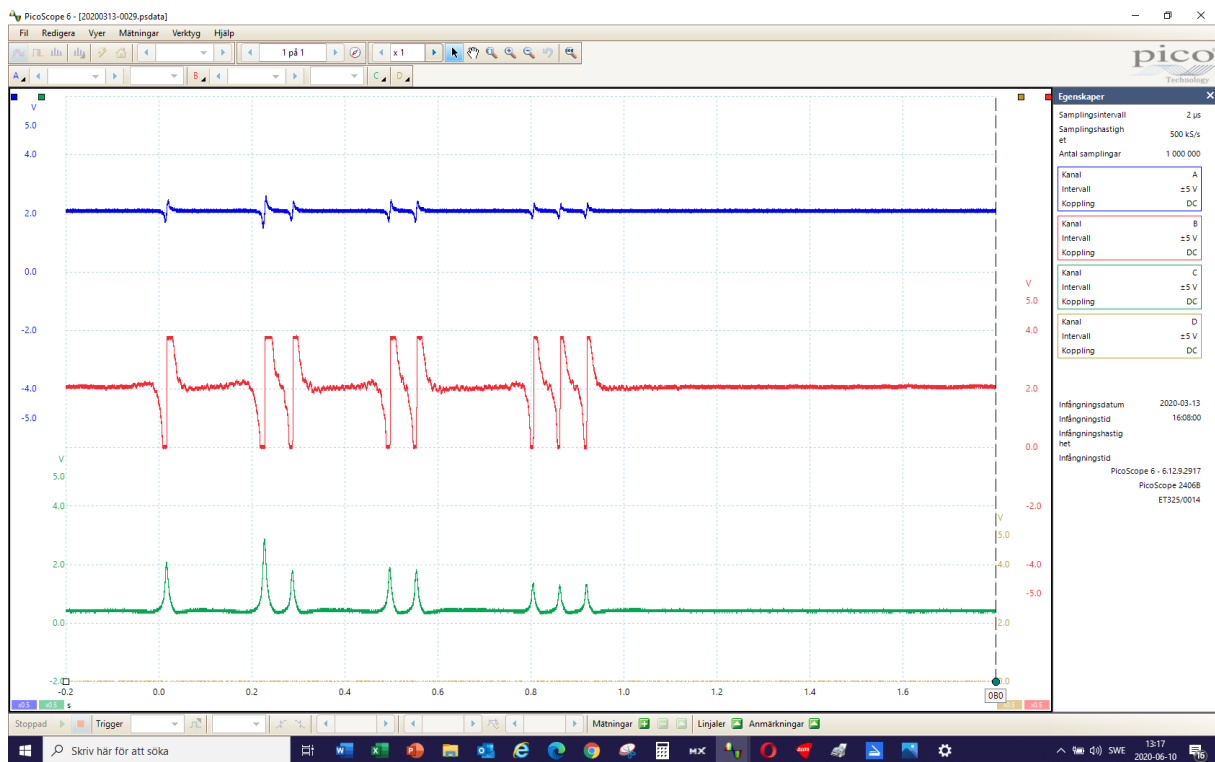


Figur16. Tom Timmertransportbil.

6.2.2. Stoppkabeln

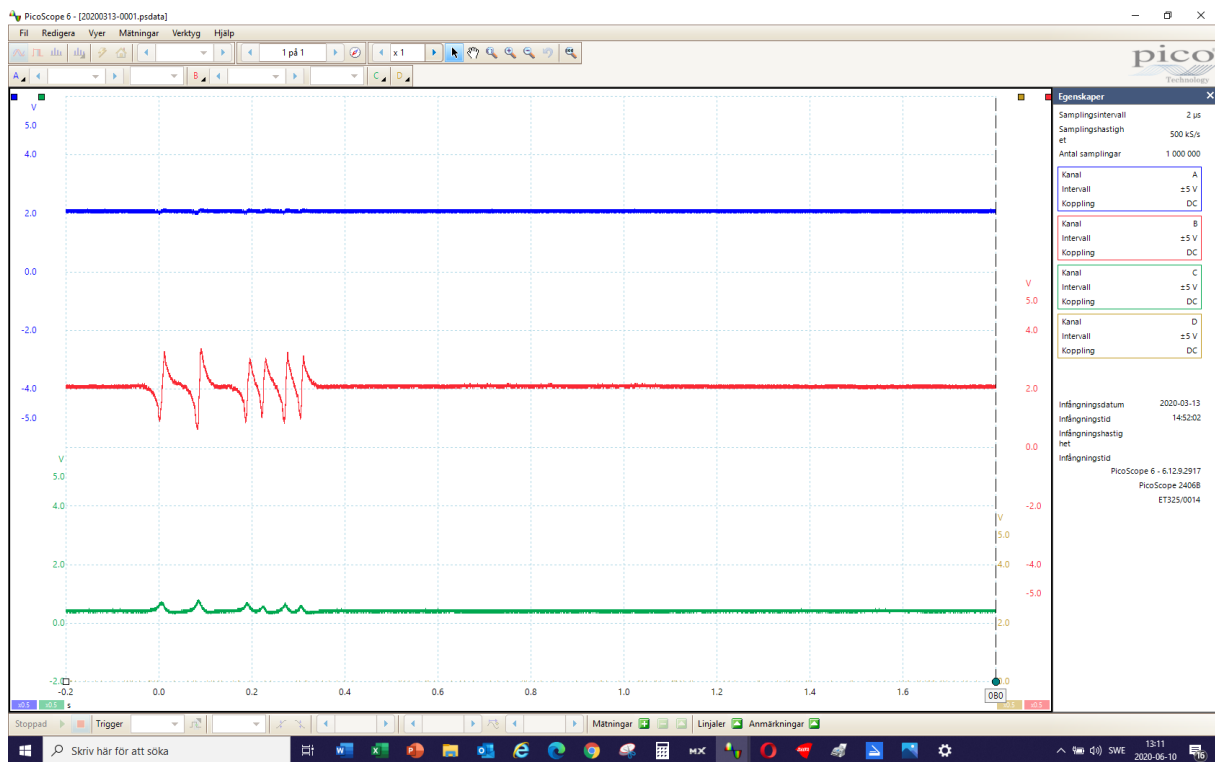


Figur 17¹⁰. Personbil SAAB 9-5.

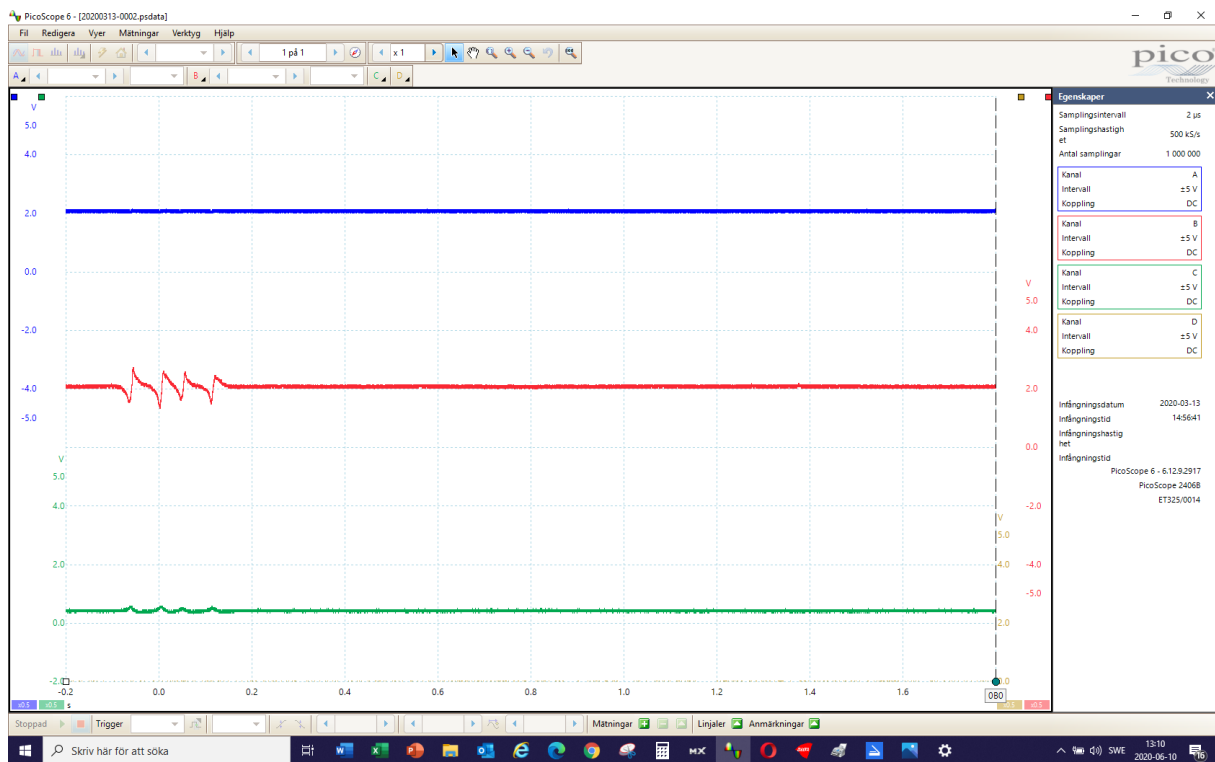


Figur18. Lastbil 3 axlar med släp 5 axlar.

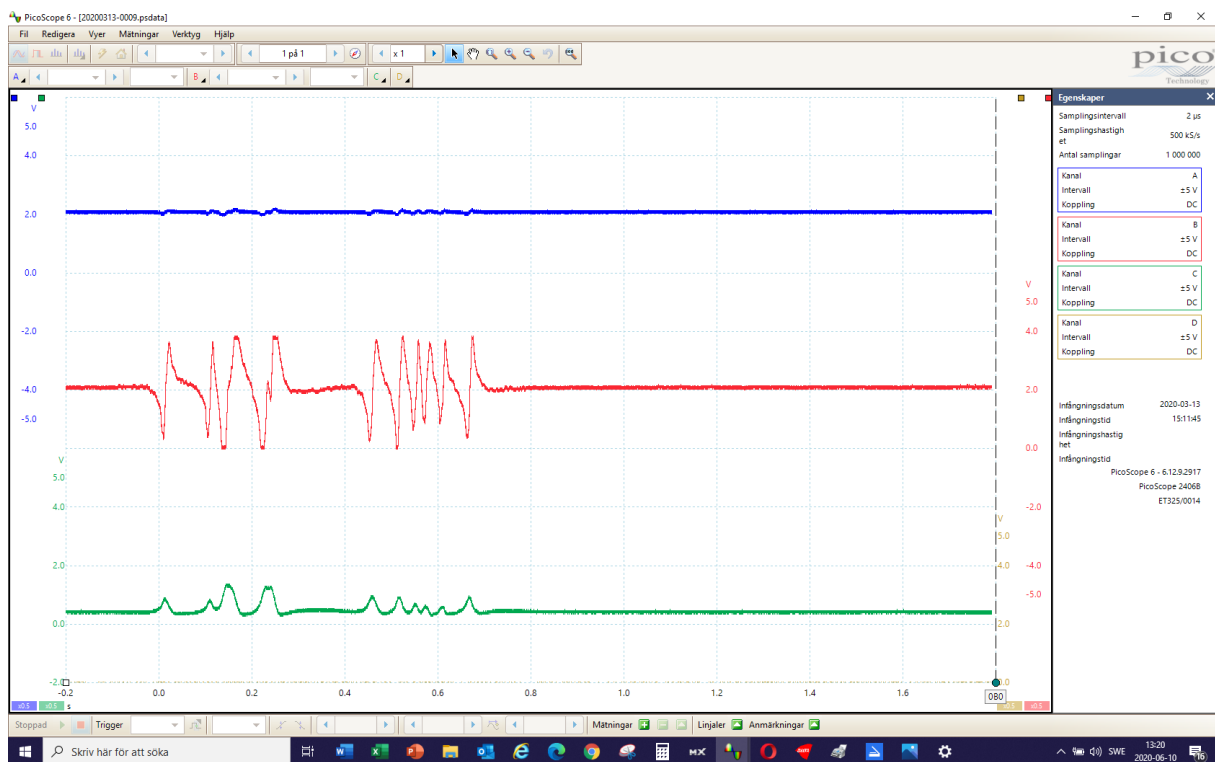
6.2.3. Diagonalen 45 grader



Figur19. Husbil.



Figur 20. Personbil VW Passat.



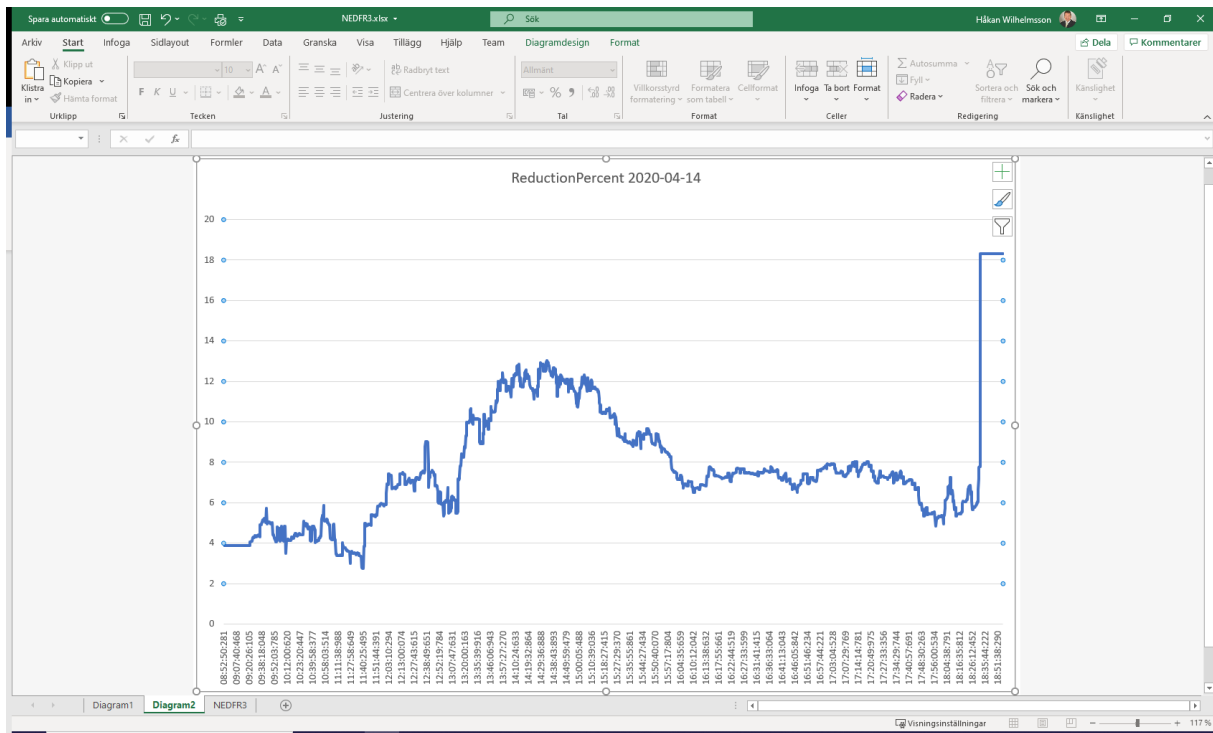
Figur 1121. Lastbil med 2 axlar fram och 3 axlar bak.

6.3. Mätresultat

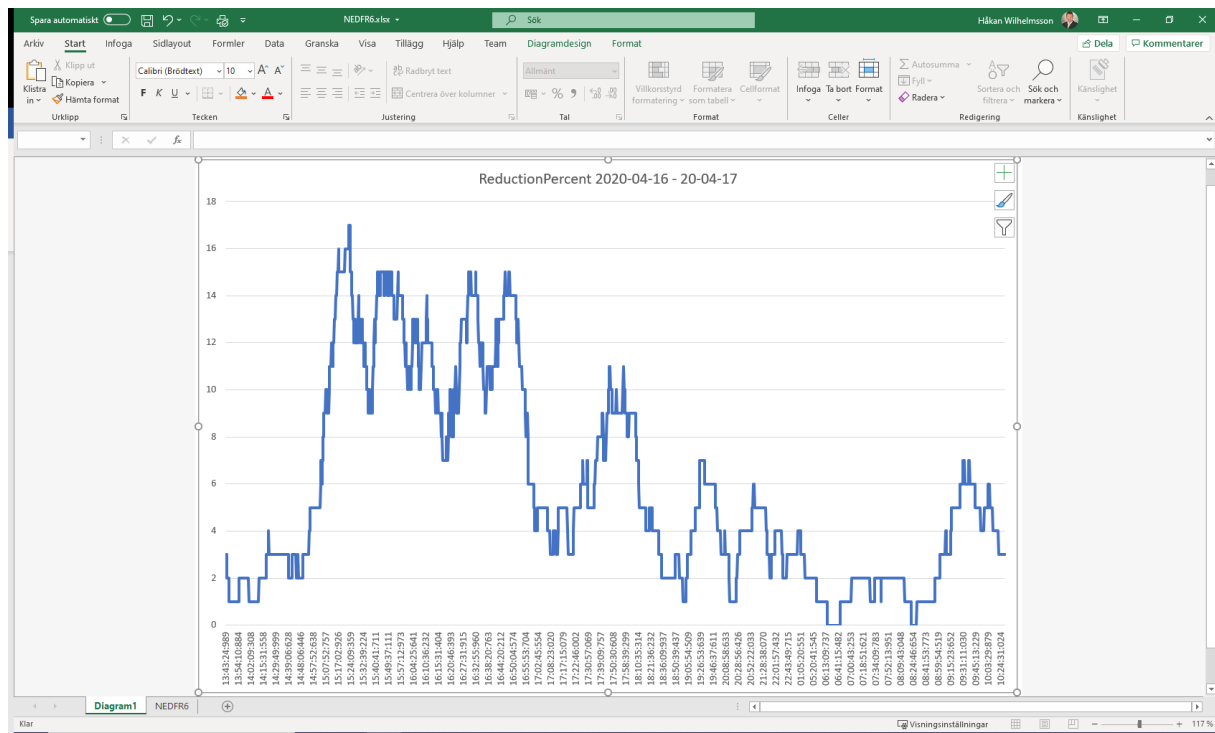
6.3.1. Sidolägesdata från väg 34

Efter insamling av mätdata görs en kvalitetskontroll av uppmätta mätvärden. Kontroll sker av att sidoläge axel1 och sidoläge axel2 inte har för stor diskrepans. Dessutom sker kontroll av att spårvidd axel1 och spårvidd axel2 inte har för stor diskrepans.

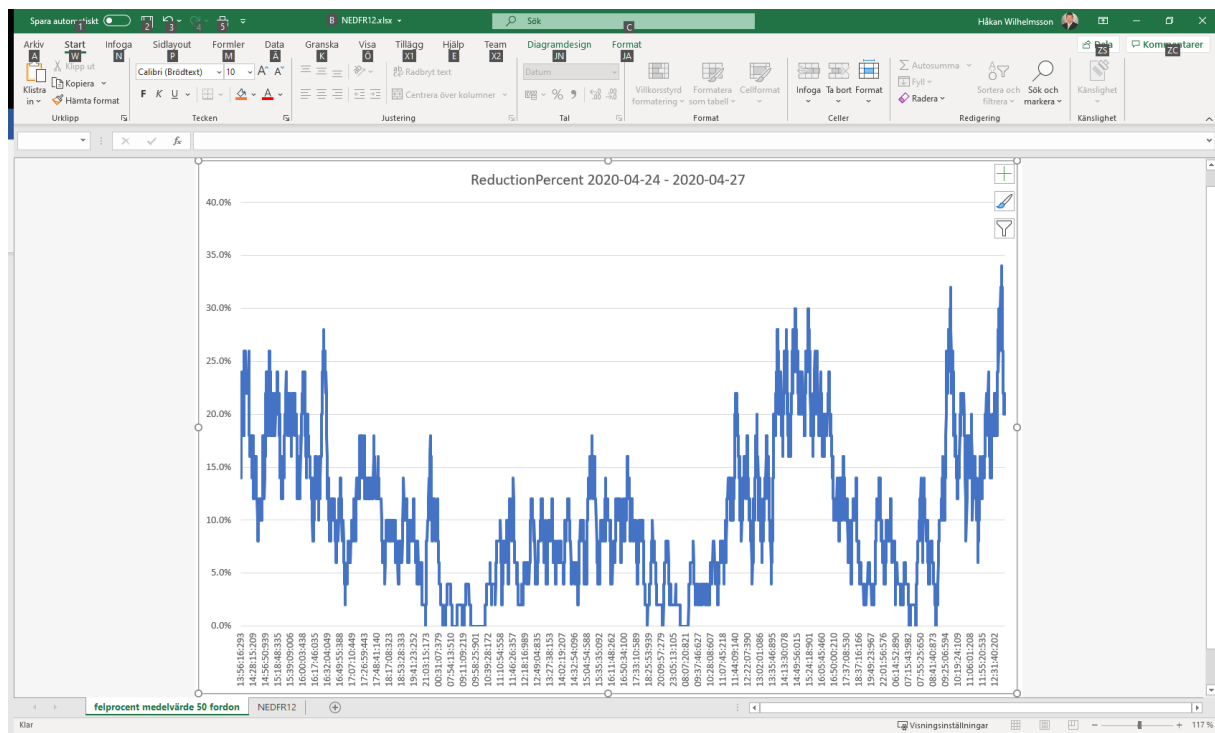
Figur 22 visar andel felaktiga data för fyra olika tidsperioder. Borttagande av felaktiga data kallas ReductionPercent i graferna.



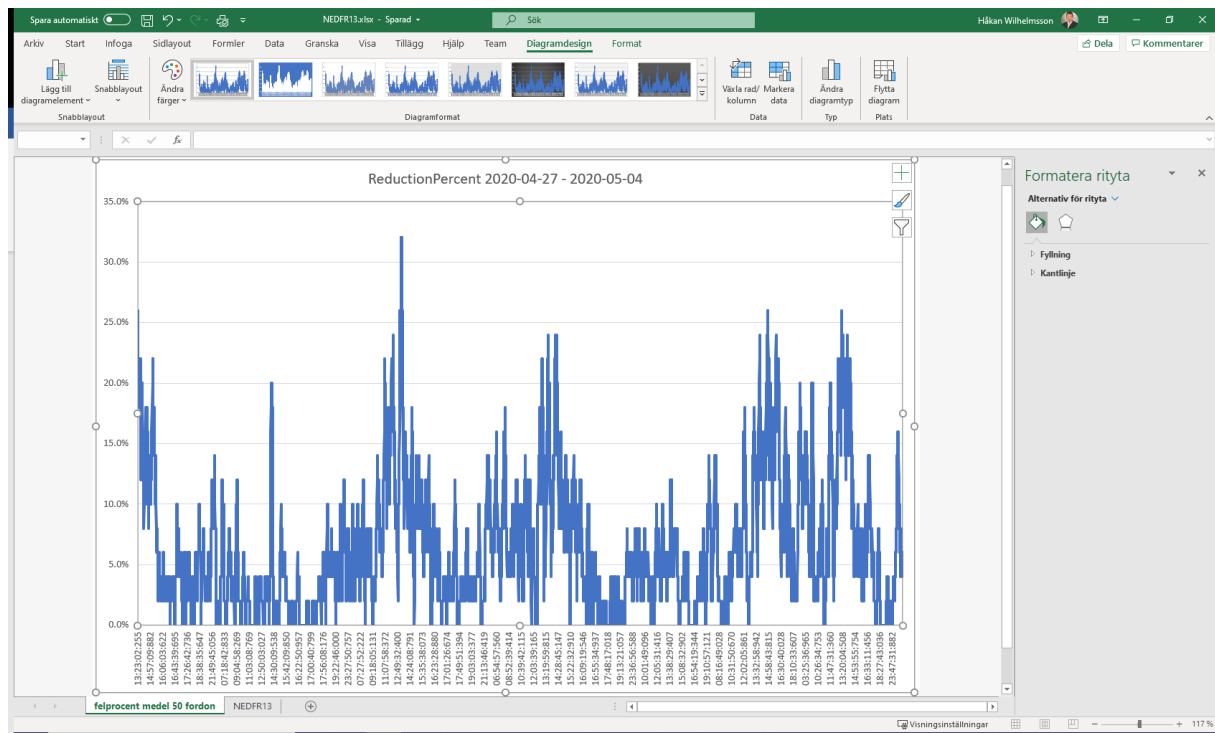
Figur 22



Figur23.



Figur24.



Figur25.

6.3.2. Analys

VTI har genomfört 100-tals sidolägesmätningssupdrag med systemet med tejpade sensorer. Normalt brukar datareduktionen ligga mellan 2,5%-5%. I det nya systemet med nedfrästa givare ligger felprocenten inom detta intervall vissa tider men ökar sedan till över 20% vid vissa tidpunkter. Denna ökning har kunnat kopplas till tidpunkter då beläggningen blir varmare. 50/70 bitumen blir då för mjuk och däckkraften transporteras ej ned till sensorn på adekvat sätt.

Sidoläge kontrollerades även genom att lägga ut en sträng tandkräm och notera dücksavtrycket. Dessa värden jämförs med uppmätta värden i [Tabell 1](#)[Tabell 1](#).

formater

Tabell 1. Jämförelse mellan sidoläge mätt med tandkrämssträng och sidoläge mätt med nedfräst givare.

Fordonstyp	Sidoläge tandkräm [cm]	Sidoläge system nedfrästa givare [cm]	Diskrepans[cm]
Personbil	116	127	11
Personbil	78	91	13
Lastbil	49	58	11
Lastbil	70	89	19
Lastbil	48	64	16
Personbil	84	95	11
Personbil	151	162	11
Personbil	102	111	9

Diskrepansen måste analyseras vidare men en delförklaring är att vi med det nedfrästa systemet får avståndet till mitten av däckets medan avtrycket i tandkrämen noterades för höger däck sida.

6.4. Sammanfattning av resultaten från fas 1 – fas 4

Systemet är robust och fungerar i verklig trafik.

Diskrepans i mätdata mot förväntade värden finns men kan delvis förklaras av att vi nu mäter till däckets mittpunkt.

Ett grundläggande problem är dock att bitumen 50/70 blir för mjukt vid temperaturstegring och överför ej däckkraften till sensorn på ett tillfredsställande sätt.

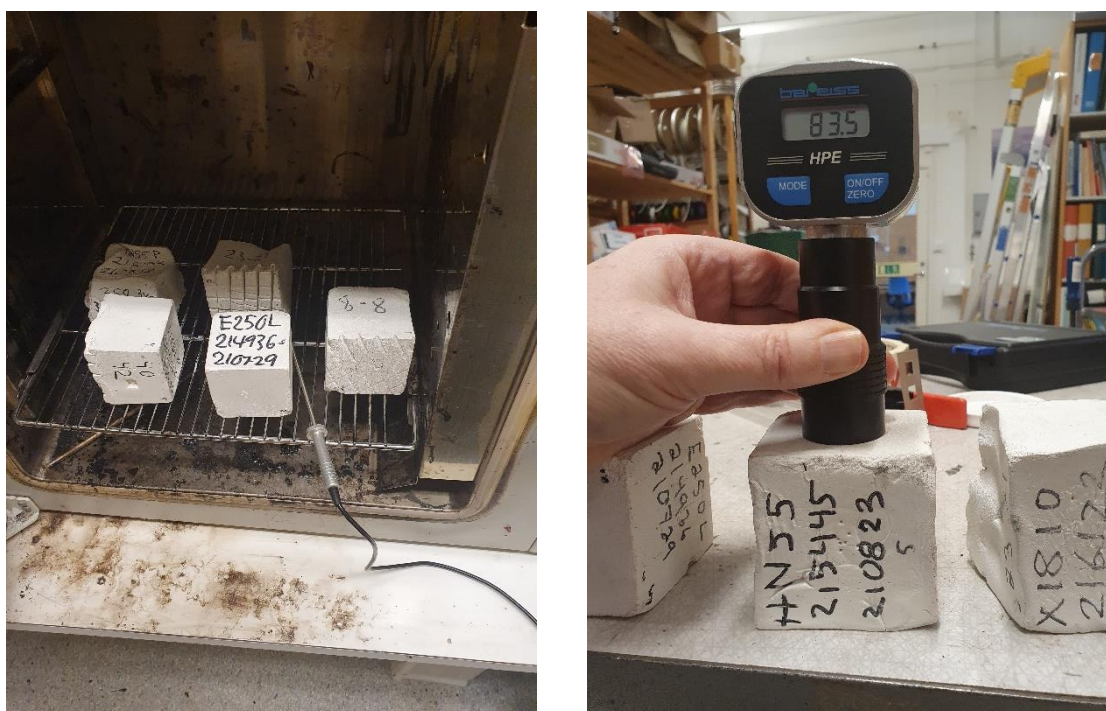
Eftersom den använda fyllnadsmassan inte fungerade tillfredsställande genomfördes inte fas 5 av projektet. I stället gjordes nya tester för att undersöka om vägmarkeringsmaterial (termoplast) i olika hårdhetsgrader kunde användas som fyllnadsmassa. Tester med termoplast som fyllnadsmaterial med olika hårdhetsgrad tillhandahölls av Svevias väglaboratorium.

7. Termoplast för vägmarkering

7.1. Mätning av shoretal

Vägmarkeringslabbet hos Svevia tillhandahöll termoplast för vägmarkering med olika värden enligt stämpelmetoden. Materialen hade följande värden i shoretal: 8, 22, 41, 342, hard.

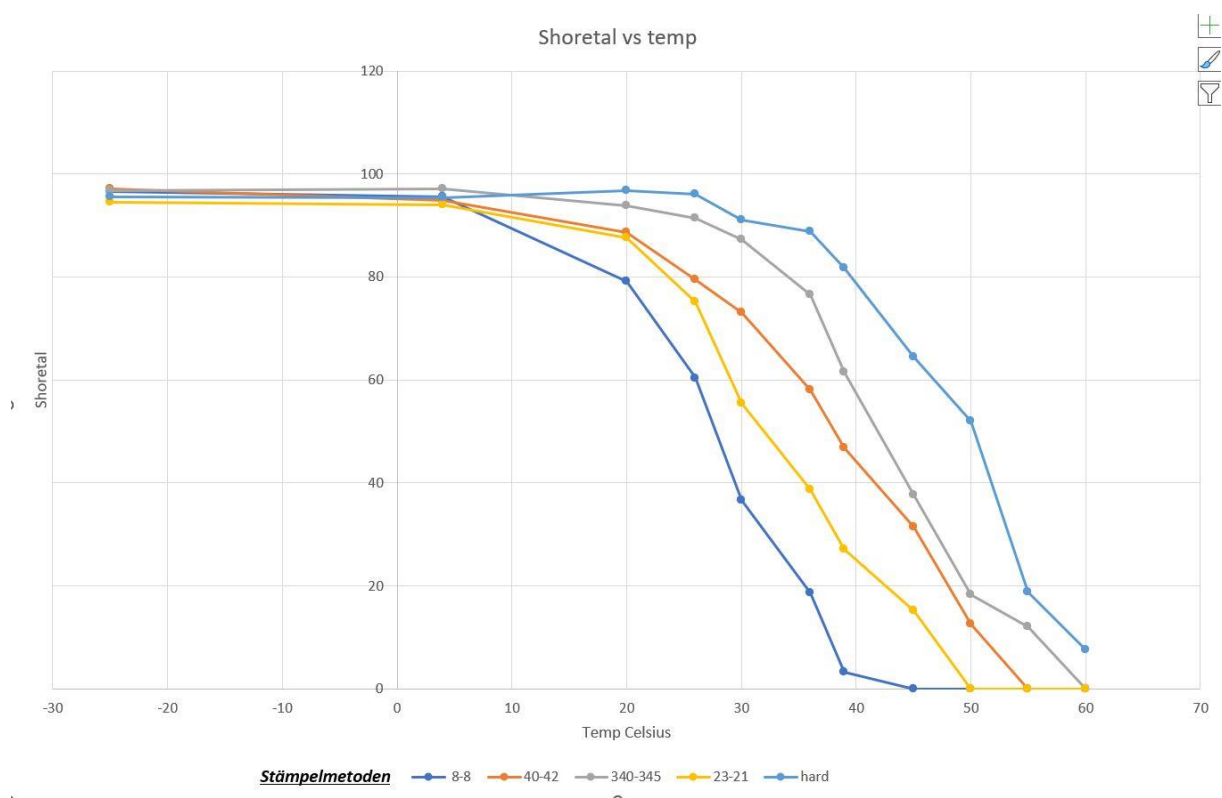
Shoretal A mättes för de olika materialen under temperaturstegring, ~~Figur~~Figur 26.



Figur26. Till vänster: vägmarkeringsmaterialen i ugn. Till höger: shoremätning.

7.2. Shoretal vs temperatur

Figur 27 visar uppmätt shoretal vid olika temperaturer. Vägbanetemperaturen kan på sommaren ligga runt +50C så material med hårdhet >41 enligt stämpelmetoden bör användas.



Figur 27. Shoretal vid olika temperaturer för de fem olika materialen.

7.3. Försök i wheeltracker

RG316 kablar frästes ner i en asfaltkassett för att prova en kabel som ger högre signal. Försöket gjordes i VTI:s wheeltracker utrustning, ~~Figur~~Figur 28. Termoplast med olika hårdhetsgrad användes som fyllnadsmassa. Signal/brusförhållandet blev för dåligt pga. störningar från utrustningens drivelektronik. Denna idé förkastades och fokus lades på fälttester i stället.



Figur28. Test i wheeltracker.

7.4. Sveglias termoplast 40

Termoplast med hårdhet 40 ansågs optimalt med tanke på vägtemperatur sommartid. VTI beställde därför termoplast med hårdhet 40 från Svevia. Svevia levererade 20 liter termoplast i pulverform med recept enligt stämpelmetoden hårdhet 40. Detta pulver smältes ner och fördelades i kastruller för vidare tester, [Figur 29](#).



Figur 29. Termoplast i pulverform smältes ned.

7.5. Bearbetning mätkabel

Empiriskt har det visat sig att kabeln får bättre känslighet allteftersom den får fordonspassager på sig. För att skynda på denna känslighetsprocess och erhålla ökad känslighet plattas kabeln till i en vals med avståndet 1,6 mm samtidigt som en penna markerar sidan på kabeln som är valsad, ~~Figur~~ Figur 30.



Figur 30. Tillplattning av kabel.

7.6. Montering av kabel på väg 34 2022-10-10

I oktober 2022 gjordes ett nytt försök med nedfräst kabel på väg 34, med den utvalda termoplasten som fyllnadsmassa, ~~Figur~~ Figur 31 ~~Figur~~ Figur 32.



Figur 31. Till vänster: spårsågning. Till höger: upphettning av termoplast till 180C.



Figur 32. Till vänster: 230 V generator. Till höger: fyllning av frässpår.

7.7. Erfarenheter termoplast

Signalstyrkan beroende var på kabeln trafiken gick skilde väldigt mycket. Detta beror troligtvis på att termoplasten blev väldigt trögflytande fort och att luftfickor runt sensorkabeln lätt uppstod. Trots att

termoplast med rätt shoretal kan fås förkastas den som fyllnad då den ger för ojämn signal från sensorn.

8. Fortsatt arbete

Eftersom de utförda provningarna har visat att mätsystemet fungerar utmärkt när temperaturförhållande är sådana att fyllnadsmaterialet kan föra över kraften från däckens till mätkabeln på ett effektivt sätt. Problemet är det att de fyllnadsmaterial som testats har uppvisat för stora variationer i hårdhetsgrad vid temperaturförändringar mellan -20C och +55C.

Som fortsättning har därför VTI beslutat att satsa egna anslagsmedel på att framgent testa andra fyllnadsmaterial för att hitta ett material som ger en bra sensorsignal över ett stort temperaturområde. Att hitta lämpligt fyllnadsmaterial är helt avgörande för att få ett robust och pålitligt system.

OM VTI

VTI, Statens väg- och transportforskningsinstitut, är ett oberoende och internationellt framstående forskningsinstitut inom transportsektorn. Vår huvuduppgift är att bedriva forskning och utveckling kring infrastruktur, trafik och transporter. Vi arbetar för att kunskapen om transportsektorn kontinuerligt ska förbättras och är på så sätt med och bidrar till att uppnå Sveriges transportpolitiska mål.

Verksamheten omfattar samtliga transportslag och områdena väg- och banteknik, drift och underhåll, fordonsteknik, trafiksäkerhet, trafikanalys, människan i transportsystemet, miljö, planerings- och beslutsprocesser, transportekonomi samt transportsystem. Kunskapen från institutet ger beslutsunderlag till aktörer inom transportsektorn och får i många fall direkta tillämpningar i såväl nationell som internationell transportpolitik.

VTI utför forskning på uppdrag i en tvärvetenskaplig organisation. Medarbetarna arbetar också med utredning, rådgivning och utför olika typer av tjänster inom mätning och provning. På institutet finns tekniskt avancerad forskningsutrustning av olika slag och körsimulatorer i världsklass. Dessutom finns ett laboratorium för vägmateriäl och ett krocksäkerhetslaboratorium.

I Sverige samverkar VTI med universitet och högskolor som bedriver närliggande forskning och utbildning. Vi medverkar även kontinuerligt i internationella forskningsprojekt, framförallt i Europa, och deltar aktivt i internationella nätverk och allianser.

VTI är en uppdragsmyndighet som lyder under regeringen och hör till Infrastrukturdepartementets verksamhets-/ansvarsområde. Vårt kvalitetsledningssystem är certifierat enligt ISO 9001 och vårt miljöledningssystem är certifierat enligt ISO 14001. Vissa provningsmetoder vid våra laboratorier för krocksäkerhetsprovning och vägmateriälprovning är dessutom ackrediterade av Swedac.

