

SLUTRAPPORT

Säkrare fyrhjulingar, etapp 2 teknologi

- Projekt 2017/94373, (Skyltfonden – för trafiksäkerhet)

Lars Drugge, Robert Gröning, Mikael Hellsten & Peter Lundqvist

2019-01-31

Innehåll

	Sida
Sammanfattning	3
1. Bakgrund och syfte	4
2. Metod och material	5
2.1 Prototyputveckling	5
2.2 Experimentell utvärdering	7
2.3 Modellering och simulering av vältningsförebyggande system	7
3. Resultat	8
3.1 Experimentell utvärdering av vältvarningssystem	8
3.2 Fordonsdynamiska simuleringar av vältningsförebyggande system	9
4. Slutsatser och diskussion	11
5. Presentation av projektresultat	12

SAMMANFATTNING

Slutrapporten är framtagen med ekonomiskt bidrag från Trafikverkets skyltfond. Ståndpunkter, slutsatser och arbetsmetoder i rapporten reflekterar författarna och överensstämmer inte med nödvändighet med Trafikverkets ståndpunkter, slutsatser och arbetsmetoder inom rapportens ämnesområde.

Fyrhjulingar (ATV / Quadbikes etc) blir allt vanligare både i yrkesmässig och privat användning. Dessa fordon innebär nya risker och ökat antal olycksfall med personsador allt eftersom försäljningen ökar. En stor andel av olycksfallen med fyrhjulingar sker i samband med vältning och vältningsrisken är stor då tyngdpunkten ofta är hög i förhållande till fordonens spårvidd och axelavstånd.

Syftet med detta projekt var att utveckla och utvärdera praktiska tekniska lösningar för ett vältvarningssystem som varnar förare vid risk för vältning med små vältningsbenägna fordon såsom fyr- och sexhjulingar m.fl. Valet av den tekniska lösningen är baserad på ett tidigare projekt, Skyltfonden 2015/83068, där projektresultatet visade att den högst prioriterade tekniska lösningen var ett auditivt varningssystem för vältning.

Fordonsdynamiska modeller av en fyrhjuling har tagits fram och modellernas grundläggande beteende har verifierats med hjälp av experiment. Fordonsmodellerna har sedan simulerats i olika manövrar för att bland annat studera vältningsförloppet och analysera aktiveringen av en varningsfunktion. En inledande studie har även utförts för att utreda nyttan med ett aktivt system som kan applicera bromsverkan på enskilda axlar eller hjul för att förhindra vältning. De preliminära simuleringsresultaten visar på en reducerad risk för vältning vid bromsningrepp för de studerade manövrarna, även då relativt låga bromskrafter används.

I projektet har olika prototyper av ett vältvarningssystem utvecklats och funktionerna för vältvarningen har testats, utvärderats och justerats för att uppnå en säker och robust funktion. De praktiska testerna har utförts både under kontrollerade former på testbanor och med representativa grupper av användare under körning i sitt dagliga arbete. Resultaten från testerna med vältvarningssystemet visar att övervägande majoriteten av testförarna upplevde att vältvarnaren fungerade ganska bra eller mycket bra och varningssignalen upplevdes också vara tillräckligt stark.

I framtida studier finns det anledning att ytterligare utforska möjligheten att öka säkerheten med aktiva system som påverkar fordonet och även att undersöka hur signalsystemet bäst kan utformas.

1. Bakgrund och syfte

Bland små fordon som fyrhjulingar, ATVer, Quadbikes m.fl. är vältning en påtaglig risk då tyngdpunkten ofta är hög i förhållande till spårvidden och vältning är ofta den vanligaste orsaken till svåra skador och dödsfall.¹ För att förebygga vältning och motverka konsekvenserna av vältningsolyckor tillämpas det olika strategier bland annat i form av utbildning och information, ökad användning av hjälm och annan personlig skyddsutrustning samt olika fysiska vältskydd. Passiva vältskydd som störtbågar i olika former väljs ofta bort då de utgör hinder i arbetet.

Trafikverket tillsammans med olika intressenter har utarbetat en nationell strategi för säkrare användning av fyrhjulingar, där man tydligt pekar på utvecklingsbehovet av olika lösningar för att minimera antalet dödsolyckor och andra personskador.²

Syftet med detta projekt var att utveckla en teknisk lösning av ett system för vältvarning efter förslag från projektets första etapp, projekt 2015/83068, från 2016. Ett vältvarningssystem med en auditiv varning till föraren var den högst rankade prioriteten för den grupp intressenter som medverkade i föregående projektetapp.

Målet har varit att utveckla och utvärdera praktiska tekniska lösningar (teknologi) för ett vältvarningssystem som varnar förare vid risk för vältning med små vältningsbenägna fordon såsom fyr- och sexhjulingar m.fl. En säker och robust funktion kan uppnås genom att systemets funktion utvecklas, testas, utvärderas och justeras under kontrollerade former på testbana och med representativa grupper som använder fyrhjulingar såväl på väg som i terräng. Med hjälp av fordonsdynamiska simuleringar kan vältningsförloppet studeras och aktiveringen av varningsfunktionen kan analyseras.

Den primära hypotesen är att ett vältvarningssystem ökar trafiksäkerheten genom en pedagogisk effekt eftersom föraren får en direkt återkoppling om att fordonet befinner sig i en säkerhetskritisk situation och att förare därmed lär sig att hantera sitt fordon på ett säkrare sätt. Liknande effekter uppvisas för bilar med backvarning, parkeringsvarning med flera liknande sensorbaserade system. En andra hypotes är att larm med positionsangivelse som utlöses av inträffad vältning påskyndar räddning. En tredje hypotes är att försäkringsbolagen väntas subventionera säkerhetsutrustning som reducerar deras kostnader.

Behovet av ökad säkerhet är stort, det finns bara i Sverige fler än 100 000 fyrhjulingar som har behov av en varnings- och larmfunktion. Problemet med vältande fyrhjulingar är globalt och lösningar har möjlighet att spridas över stora marknader.

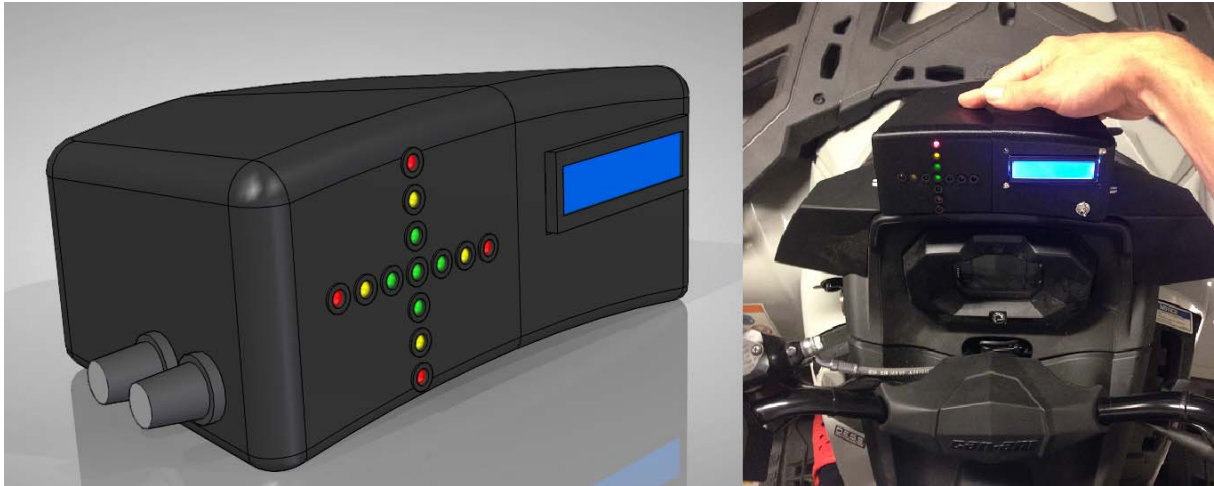
¹ Trafikverket, 2013. Ökad säkerhet på fyrhjulingar Gemensam strategi version 1.0 för åren 2014-2020. Rapport 2013:153. https://trafikverket.ineko.se/Files/svSE/10931/RelatedFiles/2013_153_okad_sakerhet_pa_fyrhjulingar.pdf

² Trafikverket, 2013. Rapport 2013:153.

2. Metod och material

2.1 Prototyputveckling

Utgångspunkten har varit den initiala prototyp som byggdes och demonstrerades i projektets första etapp 2016 (Figur 1).



Figur 1 Initial prototyp i projektets första etapp, 2016.

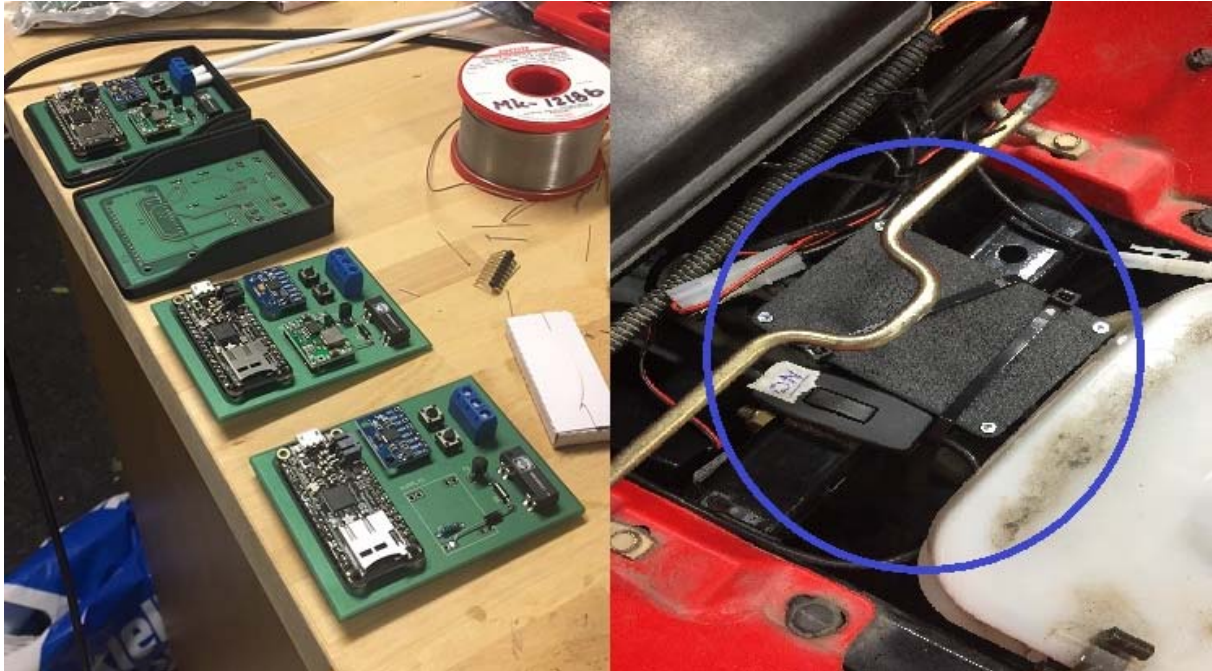
Efter teoretiska och praktiska laboratorieförsök i denna senare etapp av projektet byggdes en andra avsevärt mindre prototyp med förändrad sensoruppsättning. Denna bestod av accelerometer, gyroskop och kompass, se figur 2.



Figur 2 Första prototypen i denna etapp av projektet, 2018.

Senare har prototypen fått ytterligare förändrad sensoruppsättning och ytterligare förminskats. Denna bestod av accelerometer och gyroskop. Under huvuddelen av testerna har prototyperna haft måtten 90*65*16 mm i form av en ask i plast med lock. Den ansluts till fordonets batteri via en kabel med säkring och strömbrytare. Högtalaren är extern och ansluts även den via kabel.

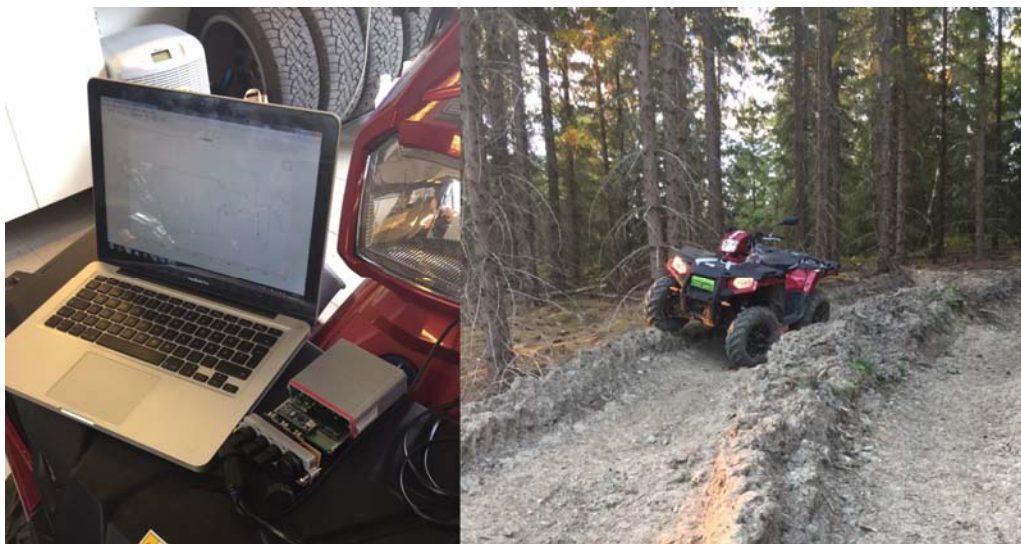
Prototyperna har monterats med speciell kardborre och eller buntband på stabil del av aktuellt fordon, se figur 3. Kalibrering sker på plan mark efter montering.



Figur 3 Slutgiltiga prototypen i denna etapp av projektet, 2018.

Initiala fältförsök indikerade frekventa och svårbemästrade falsklarm. Därefter har förändringar i programvaran gällande tillvägagångssätt för nyttjandet av sensorerna i kombination med varandra och behandlingen av dess signaler succesivt arbetats fram för att göra systemet mindre känsligt för vibrationer.

Detta utvecklingsarbete bestod till stor del av tester med den omprogrammerbara utrustningen monterad på en fyrhjulig som utsattes för en variation av tänkbara Extremsituationer, se figur 4, kombinerat med den värdefulla återkopplingen från de många tester där användare i sitt dagliga arbete utvärderat utrustningen, närmare beskrivet i 2.2 Experimentell utvärdering.



Figur 4 Utvecklingsprocess för programvara.

2.2 Experimentell utvärdering

Den experimentella utvärderingen har baserats på ett brett urval av testförare från olika kategorier användare och representerar bland annat räddningstjänst, samer, kraftledningsbyggare, service, utbildningsföretag, medlemsföretag i ATV leverantörernas förening (ALF), återförsäljare, lantbrukare och skidanläggningsföretag.

Personer som testat har studerats genom observation och i en del fall även filmats för dokumentation. Testförare har intervjuats på plats och per telefon efter avslutad testperiod. Ett tiotal prototyper har tillverkats och ingått i studien och över 20 förare har haft utrustningen på sitt fordon under flera veckor, ibland månader, dessutom har minst lika många förare under utbildning fått prova prototyper under en eller två dagar. Efter avslutad testperiod har förarna fått en enkät skickad via mejl och i denna kunna svara på frågor och komplettera med egna synpunkter. I mån av resurser har de som provat en tidig prototyp som sedan uppdaterats erbjudits att prova på nytt.

2.3 Modellering och simulering av vältningsförebyggande system

Inom projektet har ett examensarbete utförts där aktiva säkerhetssystem för att förhindra vältning har studerats.³ Fordonsdynamiska simuleringsmodeller med olika detaljeringsgrad har utvecklats för en fyrhjuling. Simuleringsresultaten har sedan jämförts med mätdata från praktiska experiment för att verifiera modellerna.

Olika typer av körmanövrar på väg har därefter simulerats för att analysera och utvärdera ett vältvarningssystem som ska varna föraren vid risk för vältning. Även olika aktiva system som reglerar bromskrafterna på individuella hjul för att stabilisera fordonet och därmed undvika vältning har utvärderats.

³ Nikyar, E., Venkatachalam, V.: *Development of active safety systems for rollover prevention of all-terrain vehicles*. KTH Department of Aeronautical and Vehicle Engineering, Stockholm (2018).

3. Resultat

3.1 Experimentell utvärdering av vältvarningssystem

Ett tiotal olika fyr- och sexhjulingsmodeller av sju olika fabrikat ha ingått i testerna med vältvarningssystemet. Testerna har genomförts hos en lång rad olika användare och har utförts i olika miljöer: på trafikövningsplatser, i teknisk liftservice, ledningsbyggnad och underhåll, skogs- och terrängkörning och under testkörningar. Användare har studerats genom observationsstudier och även dokumenterats på film. Användarna har intervjuats på plats eller per telefon efter tester samt fått fylla i en enkät.

Av de förare som besvarat enkätfrågorna så har flertalet mångårig erfarenhet av fyrhjulingar och närmare 85 % har en formell utbildning. Mer än hälften har testat vältvarnaren under mer än 10 timmars körning. Ungefär en tredjedel av förarna har någon gång tidigare råkat ut för en vältningsolycka eller ett vältningstillbud, ofta vid körning i sidled i svår terräng.

Enkätresultaten visar att en övervägande majoritet av testförarna upplevde att vältvarnaren fungerade ganska bra eller mycket bra. Ungefär en fjärdedel av användarna tyckte att vältvarnaren fungerade ganska dåligt. Enligt enkäten så upplevdes varningssignalen vara tillräckligt stark och de flesta förarna ansåg att prototypens ljudsignal var lämplig.

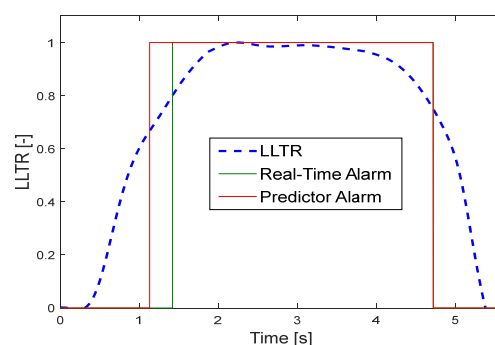
Nedan redovisas några uttalanden om vältvarnaren från förare som testat:

- Bra att veta när läget är farligt.
- Trygghet i situationer där jag känner mig osäker om jag kan åka.
- En tydlig signal/varning till föraren när man närmar sig gränsen för när det föreligger risk för att tippa i sidled, framåt eller bakåt.
- Bra att få en tankeställare att det är på väg att gå snett.
- Att ge oerfarna förare uppmärksamhet över sin körning och varna för farliga lägen.
- Ett perfekt hjälpmedel för att bli uppmärksammad när maskinen är nära att välta.
- Ge en tidig varning för att förhindra ett olyckstillfälle.
- Principen och grundfunktionen på vältvarnaren är i det stora hela väldigt bra. Filtrering av de hastiga rörelser som uppstår vid körning över plötsliga hinder som inte utgör en vältrisk bör göras för att inte orsaka ett irritationsmoment för föraren då den annars aktiveras i tid och otid.
- Att ha rätt inställningar på vältvarnaren, så kan det vara en fantastisk hjälp.
- Göra varningssignal stegvis i samband med varningslampa och siren. Att lampan lyser upp när du befinner dig i utsatt lutning eller tar skarpa svängar och sirenen ljuder när det är en riskzon. Ett alternativ är också olika steg på det t. ex nybörjare och avancerad. Samt att anpassa varnaren för miljön. T. ex tillämpa olika inställningar om du befinner dig i skog alternativt på fjället.
- Mer tillförlitlig vid körning / Högre tolerans vid vägkörning.
- Fungerar bra.
- Ljud är kanon. Ljussignal eller liknande tror jag man lätt skulle missa då blicken ofta är fokuserad på terrängen och inte på hjulingen.
- Fungerar bra som den gör!

- Om jag förstod det rätt så finns även möjlighet med GPS-tracker i modulen? Detta borde vara intressant för försäkringsbolag, vänner/anhöriga samt räddningstjänst/polis både i avseende på stölder, minskning av olyckor samt i händelse av olycka kunna få en exakt position av var fordonet befinner sig.
- Bra ide men som sagt viktigt att den piper på rätt ställe annars finns risk att man misstror varnaren.
- En vältvarnare kan aldrig ersätta ens eget omdöme och kännedom för maskinen man kör men kan ha betydande effekt hos en ovan förare och där göra stor skillnad.
- Jag tycker den har fungerat bra. Efter omprogrammeringen så har vältvarnaren jobbat mer efter min egen körförmåga och varnar när jag själv anser att det är dags att vara försiktig. Den fyller större funktion när du anpassar den efter körförmågan så den blir ett hjälpverktyg istället för ett irritationsmoment.
- Vid första testet för något år sedan med version 1 är denna version 3 som jag hade nu mycket bättre mot slutmålet, men tror att den behöver innehålla mer än bara vältning för att någon skall köpa denna produkt.
- Tyckte den var bra.
- Jag blev positivt överraskad. Jag trodde att systemet skulle vara väldigt "snålt" ställt, och därför varna mycket tidigare och på så sätt bli ett irritationsmoment. Men det krävdes rejäl lutning för att få det att tjuta.
- Ett bra hjälpmedel för ännu säkrare körning i terräng.

3.2 Fordonsdynamiska simuleringar av vältningsförebyggande system

Fordonsdynamiska simuleringar har bland annat utförts för att analysera effekten av olika strategier för aktivering av vältvarningssystemet.⁴ Simuleringsresultaten i figur 5 illustrerar vältförloppet för en fordonsmodell i en hastighet av 60 km/h vid en styrmanöver som motsvarar en halv period av en sinusformad styrsignal med frekvensen 0.1 Hz. Risken för vältning beskrivs av värdet på den laterala normalkraftfördelningen mellan ytter- och innerhjulen, i figuren betecknad med LLTR (Lateral Load Transfer Ratio). Om absolutbeloppet av LLTR antar värdet 1 så innebär det att innerhjulen inte längre har kontakt med marken och risken för vältning är mycket hög.



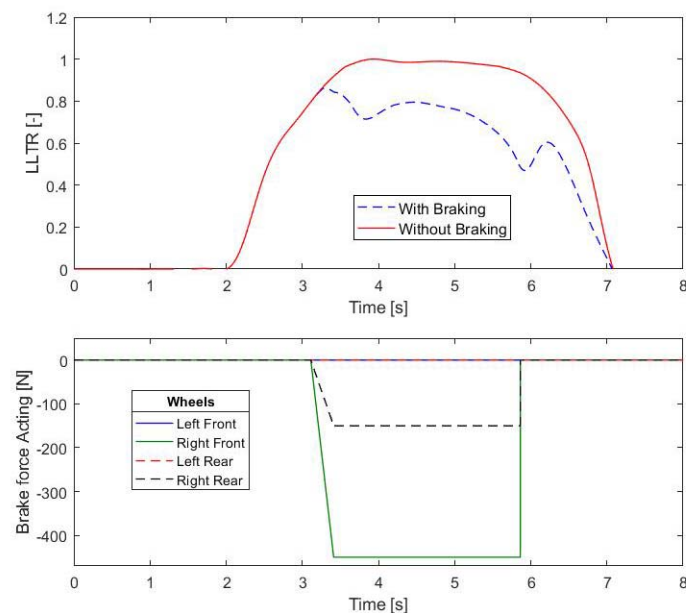
Figur 5 Aktivering av varningssystem utan (Real-time alarm) och med vältriskprediktion (Predictor alarm).

⁴ Nikyar, E., Venkatachalam, V.: *Development of active safety systems for rollover prevention of all-terrain vehicles*. KTH Department of Aeronautical and Vehicle Engineering, Stockholm (2018).

Resultaten i figur 5 visar att fordonet kommer att nå LLTR = 1 vid ca 2,2 s och tiden från starten av manövern till dess att fordonet välter är ca 1,9 s. I figur 5 jämförs även två olika varningsstrategier, "Real-time alarm" och "Predictor alarm". För strategin "Real-time alarm" aktiveras varningen då värdet på LLTR överstiger 0,8, vilket motsvarar 80 % av fordonets vältgräns. Den återstående tiden från varning till vältning är i detta fallet ca 0,8 s, dvs det motsvarar den tid som föraren har på sig att vidta åtgärder för att undvika vältning. För den andra strategin ("Predictor alarm") så görs en förutsägelse av framtida värden av LLTR baserat på förändringshastigheten (derivatan) av nuvarande värde på LLTR. Med en prediktionstid på 0,3 s (figur 5) kommer varningssystemet i detta fallet att aktiveras när det återstår ca 1,1 s till vältning. Det innebär att för denna manöver kommer föraren få en varning ca 0,3 s tidigare med prediktionsvarningen och har därmed mer tid på sig att undvika en vältning. En tänkbar nackdel med prediktionsmetoden är att risken för falsklarm ökar, speciellt om prediktionstiden är lång eller vid snabba förlopp då derivatan för LLTR kan anta höga värden.

En simuleringsstudie har också utförts för att analysera nyttan med ett aktivt bromssystem som kan reglera bromskrafterna hos en fyrhjulig för att därigenom undvika vältning. Ett sådant system kan hjälpa föraren att undvika en vältolycka, speciellt för manövrar där tiden från vältvarningen till dess att fordonet välter inte är tillräckligt lång för att föraren själv ska kunna undvika vältning.

Två olika bromsstrategier har jämförts där bromsningen aktiveras när $LLTR \geq 0,8$ och inaktiveras när $LLTR < 0,5$; en där båda framhjulen bromsas och den andra där båda ytterhjulen bromsas. De preliminära simuleringsresultaten visar att även mindre bromsningrepp ($1,5 \text{ m/s}^2$) kan medföra att vältningsrisken kan reduceras för de studerade manövrarna och att det är mer effektivt att bromsa ytterhjulen, eftersom det också medför ett stabiliserande girmoment som ytterligare reducerar vältrisen. Figur 6 illustrerar effekten av ett bromsningrepp i 60 km/h, där båda ytterhjulen bromsas vid en styrmanöver som motsvarar en halv period av en sinusformad styrsignal ($f = 0.1 \text{ Hz}$).



Figur 6 Inverkan av bromsning av båda ytterhjulen på ett fordons vältrisk (LLTR). Övre figuren: LLTR med bromsning (blå streckad linje), LLTR utan bromsning (röd linje). Undre figuren: applicerade bromskrafter.

4 Slutsatser och diskussion

Resultaten från den experimentella utvärderingen av vältvarningssystemet visar att såväl prototyp som upplevelsen av nyttan av en vältvarnare på fordonet har förbättrats parallellt. Trots en del inledande problem med falsklarm har ingen förare förkastat nyttan av vältvarning. Den övervägande majoriteten av användarna har upplevt att vältvarnaren fungerade ganska bra eller mycket bra och de senare testerna med de omprogrammerade prototyperna har varit mycket positiva.

Vältvarning har visat sig ha en god pedagogisk effekt i utbildning och träning att köra fyrhjuling. I detta sammanhang har det visats på behov att kunna justera varningsvinkel beroende på maskin, miljö och person. Synpunkter har framkommit att ovana förare kan behöva tidigare larm och svåra miljöer med mycket branta backar kräver senare larm liksom erfarna förare. Maskinerna är dessutom olika. En kommersiell produkt har därför behov av inställningsmöjlighet för att fungera optimalt. Några förare har också framfört att den auditiva varningsfunktionen kan kombineras med en visuell varning, samt med graderad auditiv signal av typen backvarnare som gäller även den visuella signalen. Det senare tros vara värdefullt för oerfarna förare som har mycket att lära när de börjar köra fyrhjuling. Erfarna förare har blicken riktad framåt och har mindre nytta av visuell varning.

Aktiva säkerhetssystem för att förhindra vältning har också studerats och utvärderats inom projektet med hjälp av fordonsdynamiska modeller som har simulerats i olika körmanövrar. Vältningförloppet har bland annat analyserats med avseende på den tid som föraren har på sig att vidta åtgärder för att undvika vältning efter att ett vältvarningssystem aktiverats. Aktivering av vältvarningen baserat på en förutsägelse av vältrisen har utvärderats med positiva resultat på tiden som föraren har tillgänglig för att undvika en vältning. Ett aktivt bromssystem som reglerar bromskrafterna på individuella hjul för att stabilisera fordonet har också utvärderats och simuleringsresultaten visar på en minskad risk för vältning vid bromsingrepp, även då relativt låga bromskrafter appliceras.

5 Presentation av projektresultat

Projektresultatet presenteras i form av rapport samt praktiskt i samband med att intressenterna inbjuds till möte med muntlig redogörelse och praktisk demonstration i fält.

Kontaktuppgifter

Lars Drugge
KTH Farkost & Flyg
Teknikringen 8
100 44 Stockholm
Tel: +46 8 7907604
E-post: larsd@kth.se

Robert Gröning
Herberts väg 6
610 73 Vagnhärad
Tel: 0707785233
E-post: robert.groning@gmail.com

Mikael Hellsten
MHAB
Båtakåsvägen 2
311 92 Falkenberg
Tel: +46 70 5153100
E-post: t.mikael.hellsten@mhab.se

Peter Lundqvist
SLU Arbetsvetenskap, Ekonomi & Miljöpsykologi
Box 88
230 53 Alnarp
Tel: +46 40 415495
E-post: peter.lundqvist@slu.se