

Aktiv stabilisering av lantbruksvagnar

Teknisk marknadsundersökning
inom ramen för projektet Smart Agtech

Edvin Ljungstrand



Teknisk marknadsundersökning

AKTIV STABILISERING AV LANTBRUKSVAGNAR

Edvin Ljungstrand



Innehållsförteckning

1. Inledning	2
<i>Syfte</i>	<i>2</i>
2. Metod	2
3. Teknik för stabilisering av tunga fordon.....	3
<i>Dämpare med variabel dämpfaktor.....</i>	<i>3</i>
<i>Luft-pneumatiska upphängningar.....</i>	<i>3</i>
<i>Hydro-pneumatiska upphängningar</i>	<i>4</i>
<i>Hur hydropneumatiska system styrs</i>	<i>4</i>
<i>Möjligheter som öppnas upp med aktiv styrning.....</i>	<i>5</i>
4. Branscher	6
5. Aktörer.....	7
<i>Leverantörer av system</i>	<i>7</i>
<i>Producenter med implementerade aktiva stabiliserande system</i>	<i>7</i>
6. Analys och slutsatser	11
7. Litteraturförteckning	12

1. Inledning

Att framföra fordon i över varierande underlag, såväl på väg som ”off highway”, medför krav på krängningshämning och balansering av fordonet inklusive last. Olika system för stabilisering har funnits i en mängd branscher under lång tid för att uppfylla kraven som finns för framkomlighet. Traditionellt har upphängningar för fordon varit helt passiv och baserats på en fjäder-dämpar-kombination för att minska krängningar vid ojämnt underlag. I dagsläget finns det andra typer av upphängningar som det är möjliga att styra elektroniskt för att uppnå balansering och krängningshämning av last för att uppnå ett större värde för slutanvändaren. Mervärdet kan bland annat bestå av ökad framkomlighet, ökad säkerhet, minskade driftstopp, ökad kapacitet och produktivitet. För aktörer i branschen är det intressant hur aktiv stabilisering av lantbruksvagnar är representerat på marknaden i dag. Vilka framstående leverantörer av system för stabilisering som är närvarande på marknaden samt inom närliggande branscher kan påverka hur marknaden ser ut i framtiden. Samtidigt kan ny funktionalitet som ökar lantbruksvagnars förmågor komma från funktioner och teknik som finns i andra branscher eller från forskningens framkant.

Syfte

Syftet med denna rapport är att ge en övergripande bild av aktiv stabilisering för lantbruksvagnar. I detta ingår tekniker för stabilisering liksom en undersökning av leverantörer inom området liksom hur marknaden för aktivt stabiliserade lantbruksvagnar ser ut i dagsläget.

2. Metod

En kvalitativ, övergripande studie har utförts genom att utgå från idén om stabilisering med nytta för lantbruksvagnar. Stabilisering av lantbruksvagnar har angripits från flera håll för att få en övergripande bild av nuläget i branschen och angränsande sådana. Detta undersöks genom att undersöka vilka tekniker som används för liknande fordon och hur aktiv stabilisering sker där. De tekniker som används för stabilisering diskuteras och en övergripande förklaring till dessa system ges. Information har inhämtats genom sökning i databaser för akademiska artiklar och annan öppen information. De källor som använts har varit branschinformation liksom information direkt från tillverkare av produkter som ingår i studien. Dessa har ansetts vara trovärdiga med informationen som lämnas men då affärshemligheter föreligger kan det finnas information som utelämnas eller som nedtonas av vissa av dessa.

I denna rapport används främst begreppet lantbruksvagn. Med detta syftas på ett efterfordon till en traktor eller annat fordon som har vikt på dragfordonets kula som ena punkt och på efterfordonets hjul som andra punkt. Detta kan vara utbytbart med en kärra för lantbruk, ett begrepp som används i delar av Sverige för denna typ av efterfordon. I denna rapport används begreppet lantbruksvagn utbytbart med ordet kärra.

3. Teknik för stabilisering av tunga fordon

Moderna upphängningssystem kan ha varierande uppbyggnad men de flesta har gemensamt att de består av ett fjädrande element samt ett dämpande element. Den fjädrande delen ser till att kraft tillförs uppåt på den uppburna massan så att denna utan yttre påverkan når en viss höjd. Vid rörelse jobbar denna kraft för att återföra massans tyngd mot denna jämviktspunkt. Utöver fjäderkraften används dämparkraften vid kompression eller extraktion av hjulupphängningen i motsatt riktning av rörelsen. Helt passiva system med någon typ av fjädrar och passiva dämpare har avgränsats från studien. Variablerna för en upphängning varierar beroende på lasten och vid kraftigt varierande last kan en varierbar upphängning ge stor nytta. Tre huvudsakliga system som alla kan vara mer eller mindre aktivt kontrollerade har funnits vara de huvudsakliga inom de branscher för tunga fordon som undersökts. Dessa tre system är pneumatisk, hydropneumatisk upphängning samt dämpare med variabel dämpfaktor. Utifrån dessa tre system har sedan en indelning av systemen gjorts i tre delar där det första är den fysiska delen och vad den består av så som dämpare, ledningar, ackumulatorer, och fjädrar. Den andra delen är vad och hur systemet styrs så som en solenoid som reglerar hydraulflödet till en dämpare. Den tredje delen som identifierats är signalbiten av systemen som samlar in data med sensorer vilken analyseras för att sedan ge signaler till de styrbara delarna av systemet i del 2.

Dämpare med variabel dämpfaktor

Dämpare med variabel dämpfaktor där dämpkraften kan varieras finns i huvudsak i två typer. Den första fungerar genom att en ventil kopplad till dämparen kan varieras för att justera flödet av hydraulolja i dämparen och därmed reglera dämparkraften. Den andra typen av system fungerar genom att hydraulolja i dämparen ändrar viskositet då den utsätts för ett magnetiskt fält. Genom att använda sig av elektromagneter kan därför vätskans viskositet ändras mycket snabbt och i ett sådant system kan dämpkraften ändras mycket snabbt. För båda dessa typer av dämpare som ibland benämns som semi-aktiv upphängning finns det en begränsning för hur mycket dämpkraften kan varieras. Dessutom är fjäderkraften för dessa system ej varierbar i sig självt. [1]

Luft-pneumatiska upphängningar

Luft-pneumatiska upphängningar består av luftbälgar som trycksätts varpå dessa kan användas som fjädrar hos ett upphängningssystem och därmed bestämmer fjädringsfaktor och höjden för fordonet. Utöver luftbälgarna ingår också en passiv dämpare eller en dämpare med variabel dämpfaktor samt en kompressor och en tank för att hålla en reserv av komprimerad luft. Systemet varieras genom att olika tryck tillförs luftbälgarna för att variera dess fjädringsfaktor och höjd för fordonet. Genom att ha en lufttank finns en buffert vilket gör att ventiler kan styras för att snabbt fylla på eller släppa ut luft från bälgarna. Vid större laster krävs dock relativt stora volymer luft vilket gör att systemet då blir långsammare. Luft är komprimerbart och därför krävs större volymer luft i bälgarna då lasten ökar. Utöver detta kan också de variabla dämparna varieras så som i ovanstående avsnitt om dessa finns integrerade i systemet för att kunna styra systemet striktare. Genom att styra bälgarna för varje hjul individuellt kan olika funktioner för stabilisering, krängningshämning och ökad komfort uppnås. Det finns vidare specialapplikationer där två luftbälgar används för varje hjul för att kunna justera höjd och fjädring individuellt. [2]

Hydro-pneumatiska upphängningar

Den tredje typen av styrbara upphängningar som lämpar sig för tyngre fordon är hydro-pneumatisk eller hydraulisk upphängning. Denna typ av system kan skilja sig i komplexitet, utformning och vara passiva, utan styrning, ha manuell styrning eller olika grad av automatisk styrning.

Systemens gemensamma nämnare är att de består i hydraulcylindrar med hydraulolja vilka är uppkopplade med ett hydrauliskt system på båda sidor av dämpcylinderns delar. Dessa system kan göras stumma utan fjädring då hydrauloljan inte är komprimerbar. Genom att införa en tryck-ackumulator, oftast innehållande komprimerbart kväve till systemet införs en möjlighet för fjädring. Trycket i ackumulatorn eller ackumulatorerna i systemet kan sedan varieras för att förändra hårdheten för fjädringen. Till skillnad från de tidigare nämnda upphängningssystemen så är höjden för en dämpare inte beroende av fjäderkonstanten utan dessa är här i stort frånskilda. Höjden för en hydraulcylinder, eller "dämpare" varieras genom att hydraulolja förs in i den övre kammaren och tappas från den undre, eller tvärt om. Genom att hydraulcylindrarna för de olika hjulen kopplas ihop kan även helt passiva system styras till att stabilisera ett fordon. Detta genom att då en hydraulcylinder komprimeras av yttre krafter trycks hydraulolja ut från den undre delen av dämparen vilken kan ledas till den övre delen av cylindrar för andra hjul och därmed sänka höjden för även denna dämpare vilket kan konstrueras till en krängningshämmande effekt. Genom att dessutom koppla ihop systemen för fordonets axlar med varandra kan krängningshämning ske även i längdled och diagonalt för fordonet. [3]

Ett hydropneumatiskt system kan styras på ett antal sätt. Dämpfaktorn kan ändras genom att begränsa flödet av hydraulolja i systemets slangar med styrbara mynnningar. Hela systemet kan höjas eller sänkas genom att mer hydraulolja tillförs eller tappas. Genom att införa solenoider till olika delar av systemet kan det styras med relativt stor precision där höjd för varje hjul, dämpning för varje hjul och genom att reglera trycket i ackumulatorerna ändra även fjädringskraften för systemet. [3]

Genom ökad komplexitet hos systemet kan också ökad kontroll över det uppnås. Då det går att konstruera hydropneumatiska system som tål både stora laster och som har en krängningshämmande effekt även passivt samt går att styra i detalj passar detta bra till krav för "off highway" applikationer. Nackdelar med hydropneumatiska system är att de är dyra att utveckla, producera, installera och underhålla jämfört med många andra typer av upphängningssystem vilket leder till en avvägning för en potentiell kund om den större förmågan hos dessa system är tillräckligt stor för att investeringen skall göras.

Hur hydropneumatiska system styrs

Ett hydropneumatiskt system har ett flertal ventiler som påverkar systemet på olika sätt enligt föregående avsnitt. Utöver det fysiska systemet som kan styras, antingen manuellt för att styra över hydraulolja till respektive dämpare för att justera höjd och lutning kan också dämpfaktor och fjädringsfaktor. Detta kan utnyttjas för att öka framkomlighet och anpassa vagnen för nuvarande last men kräver konstant bevakande av en tränad operatör för att maximera värdet. För att ytterligare öka förmågan hos hydropneumatiska system kan de styras elektroniskt. För att en sådan styrning skall kunna ske mer eller mindre automatiskt krävs datainsamling kring vagnens miljö och läge för att kunna tolka data och sedan agera på

denna genom att ge signaler till solenoider och aktuatorer som input till det hydropneumatiska systemet. Nedan följer en lista på sensorer som användas till datainsamling till ett aktivt upphängningssystem inom olika branscher.

Sensor	Data
Höjdsensor	Mäter höjden från flak till axel, per hjul eller per axel.
Gyroskop	Lutning för flak
Accelerometer	Acceleration av flak
Hastighetssensor	Mäter hastigheten för fordonet
Trycksensorer	Mäter tryck i olika delar av det hydropneumatiska systemet kan mäta lastvikt och lastbalans samt förändringar i terrängen genom hastigt ökat eller minskat tryck.
Rotationssensor / MEMS gyroskop	Mäter rotationen för flaket
Kameror	Kan se ojämnheter innan de påverkar fordonet
Styrvinkelsensor	Hur mycket styrvinkel som tillförs fordonet
Temperatursensor	Mäter temperaturen för hydraulvätskan

[4], [5]

Utifrån olika sensorer kan sedan insamlad fusioneras för att räkna ut hur det fysiska systemet skall påverkas. Höjdsensor möjliggör automatisk nivåreglering samt för systemet att veta i vilket läge respektive hydraulcylinder befinner sig i. För en klassisk reglering enligt en variabel kan ett relativt standardiserat reglertekniskt system implementeras men vid större komplexitet med flera parametrar blir detta mer utmanande samtidigt som fler involverade parametrar innebär att styrningen kan leda till ett system som ger ett bättre resultat.

Möjligheter som öppnas upp med aktiv styrning

Genom att kombinera inkommande data från sensorerna och effektivt utföra reglering av det styrda systemet kan ytterligare förmåga uppnås hos systemet. Detta kan medföra att det stabiliserande systemet i högre grad kan balansera en last då fordonet rör sig över en sluttning genom att behålla tyngdpunkten mitt över hjulbasen. I och med att aktiv styrning införs kan intressanta tekniker så som maskininlärning användas. Maskininlärning skulle kunna användas för att förbättra det reglertekniska problemet med flera in och utparametrar och en målbild man vill uppnå genom styrningen [6].

4. Branscher

Olika branscher har legat i framkant för olika delar av de tidigare nämnda systemen. Då hydropneumatiska system har identifierats vara passande för tunga transporter "off highway" liksom på väg så koncentreras de första delarna av systemet, de fysiska, främst på dessa system.

Hydropneumatisk upphängning introducerades av Citroën 1952 med deras system Hydractive suspension [7]. Därefter har ett stort antal tillverkare av lyxbilar och offroadbilar använt sig av olika hydropneumatiska system, däribland Rolls Royce, Mercedes och Toyota. Därutöver har också andra branscher använt sig av hydropneumatiska upphängningar. Bland annat har det under lång tid funnits på pansarvagnar som därigenom ges en bättre framkomlighet [8]. Hydropneumatisk upphängning var redan som passiva system mycket framgångsrika och utvecklades sedan vidare för att kunna styras av Williams F1-team 1993 vilket gjorde bilen överlägsen och tekniken förbjöds till året efter [9]. Det blev senare också förbjudet inom Rally efter att systemet också där dominerat.

För att se vad som används främst i dagsläget inom olika branscher har en sammanställning gjorts över de styrbara system som är vanligast inom respektive område. Traditionella, passiva system bestående av fjädrar och dämpare har här utelämnats.

Bransch	Vanligaste styrbara system	Mindre vanliga
Bilar	Pneumatisk upphängning aktiv / variabel dämpning aktiv	Hydropneumatisk upphängning
Lastbilar	Pneumatisk upphängning	Hydropneumatisk upphängning
Pansarvagnar	Hydropneumatisk upphängning, aktiv och passiv	
Militärfordon	Hydropneumatisk upphängning, aktiv och passiv	
Lastvagnstrailer	Pneumatisk upphängning inklusive höjdjustering	Hydropneumatisk upphängning aktiv och passiv
Lantbruksvagnar	Hydropneumatisk upphängning	

Här konstateras att ju tyngre fordonet är, desto mer troligt är det att den vanligaste tekniken för ett styrt upphängningssystem är ett hydropneumatiskt sådant och ju lättare fordonet är ju mer troligt är det att upphängningen baseras på luftdämpning. Undantaget är lastbilar och lastbilstrailers där luftbälgar används. Detta kan antas då dessa främst används för att reglera fjäderkonstanten baserat på lasten som finns för tillfället och därmed uppnå önskad höjd och inte primärt för att ta upp krängningar eller balansering i sidled.

5. Aktörer

I detta avsnitt undersöks vilka aktörer som i dagsläget arbetar med aktiv stabilisering av lantbruksvagnar. Aktörerna delas i två grupper, de som säljer system för aktiv stabilisering och därmed levererar till den andra gruppen, det vill säga de som använder systemen i sina produkter, färdiga lantbruksvagnar.

Leverantörer av system

Aktivt styrda hydropneumatiska system antas vara ett system som på något sätt är automatiskt eller aktivt styr vad som skall hända med systemet så som att till exempel motverka lutning hos lasten genom att automatiskt hålla den plant genom att justera hydraulflödet i upphängningssystemet.

Tillverkare	Namn på hydropneumatiskt system	Aktivt styrt/automatiserat
VSE	DTS	Ja
BPW	Hydro-pneumatic suspension units	ja
Hendrickson	Hydro-pneumatic suspension	ja
Hydac	Hydropneumatic suspension	ja
Agro hytos	Hydro-pneumatic suspension	ja
Tridec	All terrain hydrualic axle suspension	Ja
ADR system	Flera olika hydrualiska upphängningar med möjlighet till att koppla på "Automatic control system".	Ja
Colaert Essieux	Suspension Hydralique First V2	Nej

Det finns ett antal olika leverantörer som levererar aktivt styrda hydropneumatiska system som marknadsförs mot lantbruksvagnar. Utöver detta finns det ett mycket stort antal tillverkare av passiva hydropneumatiska system som inte är fokus för denna rapport.

Producenter med implementerade aktiva stabiliserande system

För att få en överblick av vad som i dagsläget finns på marknaden för lantbruksvagnar har en sammanställning av ett stort antal företag i branschen gjorts. De företag som har undersökts är de företag som ställt ut på mässan Agritecnica och ger en överblick över de aktörer som finns på marknaden. Även om inte alla aktörer medverkar på Agritecnica så är urvalet tillräckligt stort för att slutsatser skall kunna dras kring förhållanden på marknaden.

Tillverkarens namn	Land	Erbjuder lantbruksvagnar med elektroniskt styrd hydropneumatisk upphängning.	Övriga kommentarer kring företagets erbjudande
Wilson Engineering	Irland	Nej	Vagnar utan fjädring och dämpning.
Agrarsysteme Hornung GmbH & Co.	Tyskland	Nej	
Anderson Group Co.	Kanada	Nej	
Annaburger Nutzfahrzeug GmbH	Tyskland	Nej	Lantbruksvagnar med passiv hydropneumatisk och pneumatisk upphängning.
Arcusin S.A	Spanien	Nej	
Beck AG Fahrzeugbau	Schweiz	Nej	
B.V. BECO	Nederländerna	Ja (Tridec)	Erbjuder för Serien Maxim automatisk balansering för dess hydropneumatiska system. Detta system är tillverkat av Tridec.
Ludwig Bergmann GmbH Maschinenfabrik	Tyskland	Nej	Tillverkar lantbruksvagnar med passiv hydropneumatisk upphängning med manuell balansering och nivåkompensation.
Bobruiskagromash OJSC Holding management company	Belarus	Nej	Erbjuder en modell med passiv hydraulisk upphängning.
B.O.B Sistemi Idraulici S.p.A	Italien	Nej	Erbjuder lantbruksvagnar med hydropneumatisk upphängning. Även med manuell styrning av höjd och nivå.
Bossini S.r.l	Italien	Nej	Tillverkar lantbruksvagnar med passiv hydropneumatisk upphängning. Erbjuder också system för att läsa av lastvikt och lastfördelning från systemet.

Hans Brantner & Sohn Fahrzeugbaugesellschaft mbH	Österrike	Delvis med luftfjädring (okänd leverantör)	Erbjuder lantbruksvagnar med luftfjädring med automatisk höjdjustering och balansering av vagnen.
BSA GmbH	Tyskland	Nej	Erbjuder vagnar med passiv luftfjädring (manuell höjdjustering).
Chevance Remorques	Frankrike	Nej	
Johann Demmler KG Fahrzeugbau	Tyskland	Nej	
Dometal Oy Multiva	Finland	Nej	Erbjuder lantbruksvagnar med passiv hydropneumatisk upphängning.
ECKART Maschinenbau GmbH	Tyskland	Nej	
Euro Jabelmann Maschinenbau GmbH	Tyskland	Nej	
Farktech d.o.o.	Slovenien	Nej	
Fiegl Agrartechnik GmbH	Tyskland	Nej	
Fors MW	Estland	Nej	
Fortuna Fahrzeugbau GmbH	Tyskland	Nej	Erbjuder lantbruksvagnar med hydropneumatisk eller pneumatisk(BPW) upphängning.
S.A Gourdon Freres	Frankrike	Nej	
GMB Güstrower Maschinenbau GmbH	Tyskland	Nej	
HAWE Wester GmbH & Co. KG Maschinenbau	Tyskland	Nej	Erbjuder lantbruksvagnar med passiv hydropneumatisk upphängning.
JEANTIL	Frankrike	Nej	
JOSKIN S.A.	Belgien	Nej	Erbjuder lantbruksvagnar med hydropneumatisk upphängning som är styrbar manuellt i höjd och nivå.
Kaweco	Nederländerna	Nej	Erbjuder lantbruksvagnar med hydropneumatisk upphängning.
KNIES Fahrzeugbau GmbH & co. KG	Tyskland	Nej	Erbjuder lantbruksvagnar med hydropneumatisk upphängning.

Kotte Landtechnik GmbH & Co. KG	Tyskland	Nej	
Krampe Fahrzeugbau GmbH	Tyskland	Ja	Erbjuder lantbruksvagnar mer automatisk balansering av en hydropneumatisk upphängning som tillval.
KUMM Technik GmbH	Tyskland	Nej	
Larrington Trailers	Storbrittanien	Nej	
Laumetris UAB	Litauen	Nej	
Liliani LLC	Ryssland	Nej	
Metal-Fach Sp. Z.o.o.	Polen	Nej	
Ivarssons i Metsjö AB	Sverige	Nej	Erbjuder lantbruksvagnar med hydropneumatisk upphängning som kan styras manuellt för höjd och balans.
Müller Mitteltal Karl Müller GmbH & Co. KG Fahrzeugwerk	Tyskland	Nej	Erbjuder lantbruksvagnar med pneumatisk upphängning med manuell nivåbalansering vid tippning.
Pronar Sp. Z.o.o.	Polen	Nej	
Martin Reisch GmbH	Tyskland	Nej	
Rolland SA	Frankrike	Nej	Erbjuder lantbruksvagnar med hydropneumatisk upphängning.
STAPEL GmbH	Tyskland	Nej	Erbjuder lantbruksvagnar med pneumatisk upphängning.
B. Strautmann & Söhne GmbH u. Co. KG	Tyskland	Nej	
Albert Tebbe GmbH	Tyskland	Nej	Erbjuder lantbruksvagnar med hydropneumatisk upphängning med manuell höjd- och nivå-balansering.
Thyregod A/S	Danmark	Nej	
TopLiftStaja	Nederländerna	Nej	Erbjuder lantbruksvagnar med hydropneumatisk upphängning.
Trentmann Systemberatung GmbH	Tyskland	Nej (endast höjjustering automatisk)	Erbjuder lantbruksvagnar med hydropneumatisk upphängning med automatisk höjjustering.

Jan Veenhuis Machinefabriek B.V	Nederländerna	Nej	Erbjuder lantbruksvagnar med hydropneumatisk upphängning.
Wielton S.A	Polen		
Landmaschinen Wienhoff GmbH	Tyskland		
Zaccaria S.r.l	Italien		
Zavod Kobzarenko Ltd.	Ukraina		

Utöver de tillverkare som listats ovan fanns också ett antal tillverkare av skogsbruksvagnar på plats. Dessa finns inte med då de är betydligt enklare i sin konstruktion och är ofta helt utan dämpning och fjädring. Utöver dessa finns också tillverkare som enbart tillverkar mindre lantbruksvagnar med liknande egenskaper som skogsbruksvagnarna vilka också har uteslutits från denna undersökning.

Sammantaget finns det ett relativt stort antal tillverkare av lantbruksvagnar som medverkade vid Agritecnica och visar på ett att det finns många aktörer på marknaden. Av aktörerna erbjuder relativt många passiva hydropneumatiska system, eventuellt med manuell kontroll, som tillval eller standard på vissa av deras modeller. Det är enbart Beco som använder och marknadsför ett system från Tridec med automatisk nivå och höjdbalansering med ett hydropneumatiskt system. Utöver detta erbjuder Hans Brantner & Sohn Fahrzeugbaugesellschaft mbH ett pneumatiskt system med automatisk nivå och höjjustering. Detta är anmärkningsvärt då en tillverkare av hydropneumatiska liksom pneumatiska system, Colaert Essieux, avråder från användning av pneumatiska system i lantbruksapplikationer [10].

6. Analys och slutsatser

Efter undersökningen av marknaden visar det på att det finns relativt många aktörer på marknaden för lantbruksvagnar med en hög konkurrens. Då produkterna är stora och tunga blir de också dyra att frakta längre sträckor vilket begränsar konkurrens från andra världsdelar så som Asien. Vid undersökning av olika typer av upphängningar som går att styra och som dessutom blir tillräckligt stabila för att klara påfrestningar från laster och terräng som krävs för lantbruksvagnar så är hydropneumatiska upphängningar effektiva för att passivt göra ekipaget mer stabilt och minska marktryck då det hela tiden kan fördelas lika över systemet. Det visar sig också då marknaden undersöks att det finns ett stort antal tillverkare av lantbruksvagnar som erbjuder produkter med passiva hydropneumatiska system. En del av dess erbjuder även ytterligare funktionalitet så som manuell höjjustering och balansering samtidigt som det i dagsläget inte är utspritt med automatisk balansering vid körning. Detta kan bero på flera saker men det finns i dagsläget ett flertal aktörer som erbjuder sådana automatiska system riktat mot tillverkare av lantbruksvagnar. Det är också anmärkningsvärt att endast ett fåtal tillverkare använder sig av pneumatiska system för såväl lantbruksvagnar som andra tunga fordon för användning "off highway". Då dessutom tillverkaren Colaert Essieux som tillverkar båda typer av system avråder från användning av pneumatiska system för användning i lantbruksutrustning bör en ordentlig analys utföras innan ett sådant system appliceras för produktion.

Denna studie har inte undersökt hur kostnaderna för en tillverkare av lantbruksvagnar ser ut för att kunna erbjuda sådana system men de ökade kostnaderna och den ökade

komplexiteten för produkten skulle kunna vara anledningar till att det inte är utbrett bland leverantörerna. Lika så kan det finnas en skepticism hos kunderna för denna typ av system. Ett tredje alternativ skulle kunna vara att tekniken ännu inte är utbredd på marknaden vilket skulle innebära möjligheter för de aktörer som tidigt ger sig in för att konkurrera om kunderna då det ännu finns få konkurrenter. Vad dessa anledningar är något som skulle vara intressant att undersöka djupare i en vidare studie.

7. Litteraturförteckning

- [1] A. Soliman och M. Kaldas, "Semi-active suspension systems from research to mass-market- Areview," *Journal of low frequency noise, vibration and active control*, p. 40, October 2019.
- [2] P. Karimi Eskandary, A. Khajepour, A. Wong och M. Ansari, "Analysis and optimizaxtion of air suspension system with independent height and stiffness tuning," *International journal of automotive technology*, pp. 807-816, 2016.
- [3] H. Zhang och X. Fang, "Research on damping characteristics of interconnected hydropneumatic suspension considering the effects of hose and check valve," Hindawi, 2021.
- [4] *Audi TechTalk: Suspension*. [Film]. Tyskland: Audi MediaTV, 2020.
- [5] S. F. van der Westhuizen, "Slow active suspension control for rollover prevention," University of pretoria, Pretoria, 2012.
- [6] Y. Shao och Y.-T. Hu, "Using Machine Learning Classifiers to Recognize the Mixture Control Chart Patterns for a Multiple-Input Multiple-Output Process," *Mathematics*, p. 102, 8 2020.
- [7] Citroen car club, "citroen car club," [Online]. Available: <https://citroencarclub.org.uk/hydractive-suspension/>. [Använd 05 08 2021].
- [8] S. Ławniczak och P. Simiński, "Hydropneumatic suspension modelling for wheeled armoured fighting vehicle," *Journal of KONES powertrain and transport*, pp. 286-297, 2009.
- [9] M. Hughes och G. Piola, "Formula1.com," 25 09 2018. [Online]. Available: <https://www.formula1.com/en/latest/article.tech-tuesday-wizardry-behind-williams-fw15c.6lzOXYuuPYOWyaaGGS4AgS.html>. [Använd 05 08 2021].
- [10] C. E. system, "ColaertEssieux," 2021. [Online]. Available: <http://www.colaertessieux.fr/en/products/suspensions>. [Använd 04 08 2021].

