



FOI MEMO

Projekt/Project
Markfordon

Sidnr/Page no
1 (7)

Projektnummer/Project no Uppdragsgivare/Client
E85068 Försvarsmakten
FoT-område
Marksystem

Författare/Author
Niclas Stensbäck

Datum/Date
2022-12-07

Memo nummer/Number
FOI Memo 8051

Markfordon –Rörlighet och Systemintegration – Årsrapport 2022

Titel/Title
Markfordon –Rörlighet och Systemintegration – Årsrapport 2022

Memo nummer/Number
FOI Memo 8051

1 Inledning

Inom FoT-området Marksystem bedrivs verksamhet vid FOI inom projektet *Markfordon – Rörlighet och systemintegration* för att skapa verktyg, modeller och metoder för att studera och värdera nuvarande och framtida markplattformar. Verksamheten inom projektet startade 2020 och har genomgått en period av personell tillväxt sedan dess. Arbetet har syftat till att skapa en övergripande systemförståelse för militära markplattformar, såväl bemannade som framtida obemannade. Utöver det har möda lagts inom projektet på att skapa kontakter inom myndigheten, med potentiella uppdragsgivare och övriga intressenter runt om i landet och internationellt.

Arbetet i projektet har bedrivits i två huvudsakliga spår: Modellering och värdering av rörlighet, samt systemintegration. Verksamheten beskrivs övergripande i detta memo.

Projektet avser under kommande år att fortsätta utvecklingen av modeller, metoder och verktyg för värdering av fordonskoncept, både ur ett rörlighetsperspektiv och ur ett mer allmänt hållet systemintegrationsperspektiv.

1.1 Projektets frågeställningar

I Försvarmaktens FoT-plan definieras projektets frågeställningar som:

- Med vilken detaljnivå bör ett fordon modelleras för att värdera dess framkomlighet och rörlighet?
- Vilka metoder är lämpliga för att värdera stridsteknisk rörlighet hos ett autonomt markfordon?
- Hur påverkar integration av nya tekniska lösningar kopplade till exempelvis framdrivning samt fordonets utformning dess huvudsakliga funktioner och uppgifter?
- Hur bör värdering av fordonskoncept genomföras för att effektivt integrera nya tekniska system och avväga olika förmågor?

1.2 Utökning av verksamheten

Inom ramen för en utökning av projektets verksamhet (FM2021-22823:5) har möjligheten att bedriva experimentell verksamhet med obemannade markfordon, UGV, undersökts. En UGV av modellen *Husky*, tillverkad av Clearpath Robotics [1], har lånats in till projektet från *Obemannade farkoster och autonoma system – teknik och organisation*-projektet inom FoT Autonomi under två veckor, och inledande försök har genomförts. Syftet med verksamheten har varit att undersöka möjligheten att nyttja Grindsjön eller andra provplatser för att validera fordonsmodeller, pröva framkomlighet samt bygga kunskap generellt inom fordonsprovning.

Titel/Title
Markfordon –Rörlighet och Systemintegration – Årsrapport 2022

Memo nummer/Number
FOI Memo 8051

2 Genomförd verksamhet

Inom projektet Markfordon bedrivs verksamhet främst inom två forskningsspår, rörlighet och systemintegration. Nedan redovisas i korthet arbeten som genomförts under året i de respektive forskningsspåren. Konferensbesök och relevanta samverkansmöten som genomförts beskrivs också i korthet.

2.1 Rörlighet

För att besvara projektets forskningsfrågor bedrivs verksamhet för att analysera och förstå fordonstekniska frågor kopplat till framkomlighet och rörlighet. Projektet använder verktyget Project Chrono [2] för att genomföra flerkroppssimuleringar av kompletta fordon, inklusive det bandförsedda trupptransportfordonet M113, experimentplattformen FED-A, pansarskyttefordonet Marder med flera. Utöver detta har flera frågor studerats i separata modeller som utvecklas för att kunna analysera inverkan av olika delsystem i ett fordon.

2.1.1 Terramekanik

Inom projektet har området terramekanik studerats under året. Terramekanik syftar till att beskriva hur markförhållandet under ett fordon förändras (deformeras eller kompakteras) i kontakt med hjul eller band som driver fram ett fordon. Detta fenomen är viktigt att förstå för att analysera framkomlighet i mjuka underlag som till exempel lera eller snö. I projektet har flera metoder för att modellera terramekanik identifierats, däribland semiempiriska eller numeriska metoder (i huvudsak finita elementmetoder). Båda dessa metoder är representerade i verktyget Project Chrono. Det bedöms att frågan för bandfordon är mer komplex än för hjulfordon (som är mer välstuderade i öppen litteratur), men att semiempiriska metoder i huvudsak är tillräckliga för projektets syften.

2.1.2 Farkostmodellering

Modellering av olika delsystem och egenskaper hos markfordon är en viktig fråga för projektet. Därför utvecklas ett flertal olika modeller för att kunna beräkna delsystemprestanda och förstå sambanden mellan olika delsystem och farkosters rörlighet och framkomlighet.

Arbetet med att modellera fordon som flerkroppssystem har fortsatt, med fokus på att fortsätta pröva och utvärdera Project Chrono som verktyg för simulering. Verktyget innehåller många undermodeller som behövs för att värdera ett fordons prestanda i mer komplexa uppställningar, som till exempel modeller för drivlina, hjulupphängning, bromssystem med mera. Hur dessa parametersätts och valideras är ett pågående arbete där vidare undersökningar behöver göras. Sannolikt kan projektintern försök med UGV:er i mindre skala till del användas för att validera utvecklade delmodeller. Försöksdata från externt genomförda prover med fordonet FED-A har också använts för att testa och verifiera modeller.

Under året har framtagning av modeller för att utvärdera energiförbrukningen hos framtida markfordon påbörjats, vilket är av intresse för dimensionering av energilagringssystem och utformning av drivlinor. En förenklad modell av ett hybridsystem av typen seriehybrid har tagits fram och modellerats med körning av standardiserade körcykler från personbilsindustrin. Sådana modeller kan användas för att analysera skillnaden mellan helelektriska och hybridiserade drivlinor i framtida fordon.

2.1.3 Försöksverksamhet med UGV:er

Under året har inledande försök genomförts med UGV:er för att skapa erfarenhet av provmetoder för att genomföra försök med sådana plattformar. Försöksverksamhet har under en vecka bedrivits i Kista med enklare försöksuppställningar följt av en veckas mer avancerade försök i terräng vid

Titel/Title
Markfordon –Rörlighet och Systemintegration – Årsrapport 2022

Memo nummer/Number
FOI Memo 8051

Grindsjön för att identifiera lämpliga provplatser och behov av lämpliga mätinstrument. Försöksverksamhet och praktiska prov är ett sätt för projektet att validera utvecklade modeller mot skarpa försöksdata som tas fram utifrån identifierade behov. Projektet kommer inom projektperioden att undersöka möjligheten och förutsättningarna för att skapa en permanent försöksplats vid Grindsjön som även kan användas av andra forskningsprojekt för studier och värdering av både fjärrstyrda och autonoma farkoster.

2.2 Systemintegration

Systemintegration är det andra av två huvudspår inom projektet, vilket syftar till att utveckla metoder och verktyg för att värdera hur olika plattformars förmåga påverkas av utformning och integration av olika delsystem.

2.2.1 Integration av luftvärnssystem på markstridsfordon

Under året har ett metodutvecklingsarbete genomförts för att studera hur integrationen av olika typer av luftvärnssystem påverkar ett markfordons förmågor och övriga egenskaper. Arbetet har genomförts i huvudsak genom samverkan med FoT Vapen & Skydd och tidigare utvecklade modeller och kunskap kring verkansmodellering har nyttjats för att ta fram data och underlag som behövs för att tillämpa metoden. Arbetet redovisas i en resultatrapport [3].

2.2.2 Verktyg för designrymdsanalys

För att utveckla FOI:s förmåga att analysera fordonskoncept och väga designkrav mot varandra, som sinsemellan kan vara motstridiga, pågår ett förarbete för att ta fram ett verktyg för så kallade ”trade-space”-analyser¹. Denna typ av analyser genomförs ofta inom produkt- och systemutveckling, där fokus är att väga samman krav och önskemål med tillgängliga resurser och förutsättningar. Inom FOI har exempelvis verktyg för multivariatanalys använts för design av ubåtar och ytstridsfartyg. Verktyg av detta slag bygger på sammankoppling eller överföring av information mellan olika underliggande modeller av delsystem, samt en viktning eller optimering för systemprestanda. Det är möjligt att integrera flera av de modeller som utvecklats vid FOI för exempelvis fordonsprestanda, simulering av strid eller verkans- och skyddsförmåga i ett sådant verktyg. Hur detta går till praktiskt kommer undersökas under kommande år. Förmågan att kunna genomföra denna typ av analys bedöms vara av intresse för såväl Försvarets Materielverk, FMV, som Försvarsmakten, FM, och sannolikt finns möjlighet att samverka internationellt och med nationell industri kring denna typ av frågor.

2.3 Samverkan och besök till konferenser

Projektet har utvecklat befintliga kontakter med uppdragsgivare och arbetat med att etablera nya kontakter internationellt. Detta eftersom området och verksamheten är nyetablerat och behöver bygga ett kontaktnät kring de frågor som studeras i området.

- Inom Nato STO är deltagare från projektet sedan ett antal år tillbaka så kallad co-chair för ett samarbetsprojekt som studerar modellering och värdering av autonoma funktioner i framtida markplattformar. Under året har panelmöten genomförts i Rumänien och Bulgarien. I samband med panelmötet i Rumänien deltog projektdeltagare även på en demonstration av Nato:s nya rörlighetsmodell, vilket dokumenterades i en reserapport [4].

¹ Ett tradespace, eller en designrymd, är en utfallsrymd från ett optimeringsproblem där man väger effekt- eller prestandamått mot någon form av kostnad. Sådana utfall tas fram genom att variera och kombinera designvariabler för ett studerat system i parametriska modeller och statistiska samband. På detta sätt kopplas designvariabler, konstanter och variationer till de sökta måtten och kostnaderna.

Titel/Title
Markfordon –Rörlighet och Systemintegration – Årsrapport 2022

Memo nummer/Number
FOI Memo 8051

- I samarbete med FoT Vapen & Skydd anordnades ett seminarium kring framtida stridsvagnar. Syftet med seminariet var främst att främja samverkan internt på myndigheten men mötet hade även deltagare från FM samt FMV. Markfordonsprojektet bidrog med föredrag kring rörlighet och designrymdsanalys.
- Under året har ett flertal workshops och möten genomförts med FM och FMV för att utveckla samarbetsformer och öka samverkan. Under året har ett flertal så kallade IPT²-möten interna för FoT-området formerats på Försvarmaktens initiativ. Representanter från projektet deltar i möten kopplade till framtida markplattformar.
- Medarbetare inom projektet besökte ”Future Armoured Vehicles Weapon Systems 2022”, ”Future Armoured Vehicles Survivability Conference” samt ”Future Armoured Vehicles Power systems 2022”, tre konferenser kopplade till olika delsystemfrågor för framtida stridsfordon. Besöken rapporterades i [5], [6] och [7].
- Tillsammans med FoT Autonomi deltog projektet i en demonstration av autonoma fordon som anordnas av norska FFI, LandX [8], där bland andra Milrem robotics presenterade olika fordonskoncept och integration av autonoma funktioner.

2.4 Examensarbeten

Inom projektet har handledning av fyra examensarbeten genomförts för att vidareutveckla modeller och studera begränsade delfrågor kopplade till verksamhetens forskningsfrågor. De fyra examensarbeten som genomförts har haft titlarna:

- Modelling of soft soil for vehicle-soil interaction – comparison between FEA and Bekker method.
- Influence of soil modelling under prediction of vehicle dynamics and mobility – comparison between FEA and semi-empirical model.
- Active suspension in combat tracked vehicles – influence on vibration, comfort and accuracy.
- Local reachability assessment in an Unmanned Ground Vehicle.

² IPT, eng. Integrerat Product Team, är en multidisciplinär arbetsgrupp.

Titel/Title
Markfordon –Rörlighet och Systemintegration – Årsrapport 2022Memo nummer/Number
FOI Memo 8051

3 Skriftlig dokumentation

Inom projektet har följande rapporter och memon getts ut under året:

- Reserapport från NATO Applied Vehicle Technology Panel Business Meeting (PBM) samt Cooperative Demonstration of Technology (CDT) i maj 2022, FOI Memo 7911
- Systemintegration av luftvärnskoncept på markfordon, FOI-R--5383--SE
- Reserapport från Future Armoured Vehicles Weapon Systems 2022, FOI Memo 7933
- Reserapport från Future Armoured Vehicles Power systems 2022, Under utgivning
- Reserapport från Future Armoured Vehicles Survivability Conference 22, Under utgivning

Titel/Title
Markfordon –Rörlighet och Systemintegration – Årsrapport 2022

Memo nummer/Number
FOI Memo 8051

4 Referenser

- [1] ”Husky UGV - Outdoor Field Research Robot by Clearpath,” Clearpath Robotics Inc., [Online]. Tillgänglig: <https://clearpathrobotics.com/husky-unmanned-ground-vehicle-robot/>. [Läst den 5:e december 2022].
- [2] ”Project Chrono - An Open-Source Physics Engine,” [Online]. Tillgänglig: <https://projectchrono.org/>. [Läst den 5:e december 2022].
- [3] J. Andersen, ”Systemintegration av luftvärnskoncept på markfordon,” FOI-R--5383--SE, Totalförsvarets Forskningsinstitut, FOI, Kista, 2022.
- [4] J. Andersen, ”Reserapport från NATO Applied Vehicle Technology Panel Business Meeting (PBM) samt Cooperative Demonstration of Technology (CDT) i maj 2022,” FOI Memo 7911, Totalförsvarets Forskningsinstitut, FOI, Kista, 2022.
- [5] M. Lyth, ”Reserapport från Future Armoured Vehicles Weapon Systems 2022,” FOI Memo 7933, Totalförsvarets Forskningsinstitut, FOI, Kista, 2022.
- [6] A. Carlstedt, ”Reserapport från Future Armoured Vehicles Power systems 2022,” Under utgivning, Totalförsvarets Forskningsinstitut, FOI, Kista, 2022.
- [7] M. Lyth, ”Reserapport från Future Armoured Vehicles Survivability 2022,” Under utgivning, Totalförsvarets Forskningsinstitut, FOI, Kista, 2022.
- [8] Forsvarets forskningsinstitut, ”Slik kan Hæren bruke dronesvermer,” [Online]. Tillgänglig: https://www.ffi.no/aktuelt/nyheter/slik-kan-haeren-bruke-dronesvermer?link_id=XxGFHvJrmTQjKQ. [Läst den 6:e december 2022].