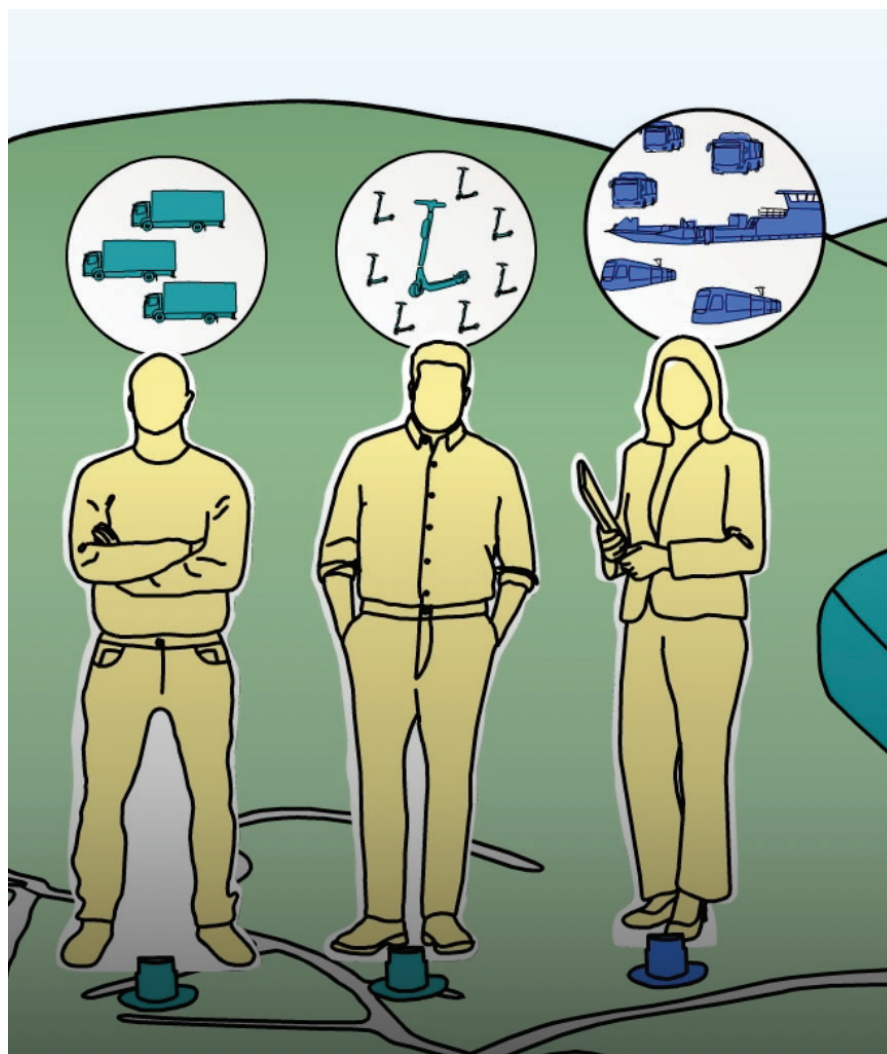


# Mot framtidens transportlösningar — med hjälp av system-av system



V1. Denna handbok är ett resultat av ett forskningsprojekt finansierat inom programmet för Fordonsstrategisk forskning och innovation (FFI). Deltagande projektparter har varit RISE, Volvo Cars och AFRY.



## Innehållsförteckning

<b>1</b>	<b>Introduktion .....</b>	<b>5</b>
1.1	<i>MAUS-projektet .....</i>	5
1.2	<i>Läsangivelser.....</i>	5
1.3	<i>Övrig dokumentation .....</i>	5
<b>2</b>	<b>Vad är ett system-av-system (SoS)?.....</b>	<b>7</b>
2.1	<i>Inledning .....</i>	7
2.2	<i>Den smarta staden .....</i>	8
2.3	<i>Lärdomar från tidigare SoS-projekt inom mobilitet.....</i>	9
<b>3</b>	<b>En framtidsvision .....</b>	<b>11</b>
3.1	<i>Ett tänkt problemområde .....</i>	11
3.2	<i>En tänkt lösning av transporterna.....</i>	12
<b>4</b>	<b>Att lösa ett problem genom att använda SoS .....</b>	<b>15</b>
4.1	<i>Inledning .....</i>	15
4.2	<i>Problemområden och probleminstanser .....</i>	15
4.3	<i>Design av interventionssystemet .....</i>	15
4.4	<i>SoS-effekter .....</i>	17
4.5	<i>Konsortier .....</i>	18
<b>5</b>	<b>SoS-begreppen .....</b>	<b>21</b>
5.1	<i>Inledning .....</i>	21
5.2	<i>CS och konstellationer .....</i>	21
5.3	<i>Roller .....</i>	22
5.4	<i>Förmågor och oberoende.....</i>	23
5.5	<i>Flera roller .....</i>	24
5.6	<i>Mediatorer.....</i>	25
5.7	<i>SoS-strukturer och vyer: vad är CS?.....</i>	27
<b>6</b>	<b>Affären.....</b>	<b>29</b>
6.1	<i>Inledning .....</i>	29
6.2	<i>Matematisk modellering av värdeflödesanalysen.....</i>	29
6.3	<i>Business model canvas – för varje CS-driftare.....</i>	31
6.4	<i>BMC<sup>2</sup> – total bild av samtliga CS driftare.....</i>	32
<b>7</b>	<b>Styrning.....</b>	<b>35</b>
7.1	<i>Inledning .....</i>	35
7.2	<i>Vägledning: Beslut i SoS och vilken nivå som kan hantera dem .....</i>	36

<b>8 Designprocessen.....</b>	<b>40</b>
8.1 Inledning .....	40
8.2 Metoden.....	40
<b>9 Optimering.....</b>	<b>42</b>
<b>10 Sammanfattningar av externa publikationer som tagits fram under MAUS-projektet .....</b>	<b>47</b>
10.1 SoSE2020 Situation Awareness and Decision Making for Constituent Systems .....	47
10.2 INCOSE_Symp 2021 Final How do we know? .....	48
10.3 SoSE 2021 A design method for collaborative systems of systems applied to Metropolitan Multi-Mode Transport System .....	50
10.4 SoSE 2021 Resilience in systems of systems: Electrified transport systems .....	51
10.5 SoSE 2021 Should i Stay or Should i Go? How Constituent Systems Decide to Join or Leave Constellations in Collaborative SoS .....	52
10.5.1 Bakgrund: .....	53
10.5.2 Resultat och slutsats: .....	53
10.6 Transportforum 2021 System av system för urban mobilitet – litteraturstudie och ontologi .....	53
10.6.1 Bakgrund.....	53
10.6.2 Metod .....	54
10.6.3 Resultat och slutsats .....	54
10.7 Transportforum 2022 Resiliens i det fossilfria godstransportsystemet 54	
10.7.1 Bakgrund: .....	54
10.7.2 Metod: .....	55
10.7.3 Resultat och Slutsats:.....	55
10.8 SoSE2022 Constituent Systems Quality Requirements Engineering in Co-opetitive Systems of Systems .....	55
10.8.1 Resultat och slutsats: .....	56
10.9 SoSE2022 Initiation and Formation of Constellations in Systems of Systems .....	57
10.9.1 Bakgrund: .....	57
10.9.2 Resultat och slutsats: .....	58
10.10 SoSE 2022 On the Concepts of Capability and Constituent System Independence in Systems-of-Systems .....	58
10.10.1 Bakgrund: .....	58
10.10.2 Resultat och slutsats: .....	59
10.11 SoSE 2022 Systems-of-Systems Design Patterns: A Systematic Literature Review and Synthesis .....	59

10.12 INCOSE IS 2022 What Systems Engineers Should Know About  
Emergence ..... 60

# 1 Introduktion

## 1.1 MAUS-projektet

MAUS-projektet har genomförts inom ramen för Vinnovas program Fordonstrategisk forskning och innovation (FFI) och haft som mål att ta fram ny kunskap om lösningar för system-av-system (SoS) inom urban mobilitet med fokus på områdena arkitektur, affärsmodeller, incitamentsstrukturer, ledning och styrning, samt metoder för analys av säkerhet och trovärdighet. I detta dokument redogör vi för de viktigaste resultaten från projektet i ett handboksformat i syfte att stödja andra som jobbar med dessa frågor i ett SoS.

Projektpartners var RISE, Volvo Cars och AFRY och i projektgruppen ingick Anders Alminger, Matilda Anttila, Jakob Axelsson, Terese Besker, Frida Reichenberg, Charlotta Glantzberg, Lars Jakobsson, Mats Lundin, Niklas Mellegård, Robert Nilsson, Magnus Ohlsson, Niklas Palm och Pontus Svenson. Huvudförfattare till detta dokument är Charlotta Glantzberg, Robert Nilsson och Pontus Svenson. MAUS har Vinnova diarienummer 2019-05100.

## 1.2 Läsangivelser

Målet med detta dokument är att

- Introducera SoS-koncept och klargöra hur utvecklingen av ett SoS skiljer sig från utvecklingen av ett integrerat system
- Förklara hur SoS kan bidra till att realisera affärsmässigt hållbar systeminnovation, det vill säga gå från att betrakta allt som ett system som flera oberoende aktörer ska ta fram tillsammans, till att betrakta lösningen som något som sätts samman av oberoende, samverkande system – där aktörerna som ingår kan ha olika mål och till och med vara konkurrenter.

Målgruppen är personer som arbetar med framtidens mobilitets-system och har viss teknisk förståelse. Handboken kompletteras av dels tolv externa vetenskapliga publikationer, projektintern dokumentation.

MAUS projektparter sökte och fick en utökning av MAUS-projektet i Vinnovas utlysning Kraftsamling för systeminnovation. Under perioden november 2021-november 2022 genomförs projektet ORM – Det offentliga roll i mobilitets-SoS (Vinnova diarienummer: 2021-04771) Detta projekt utökar MAUS genom att bland annat forska ytterligare om betydelsen av policyer och regelverk för SoS.

Resultat från ORM kommer att presenteras i en uppdaterad version av denna handbok.

Resultat från såväl MAUS som ORM presenteras på webbsidan [sos-4-mobility.se](https://sos-4-mobility.se).

## 1.3 Övrig dokumentation

Många huvudresultat från Maus har publicerats i vetenskapliga publikationer:

Svenson, P., & Axelsson, J. (2020). Situation Awareness and Decision Making for Constituent Systems. In SOSE 2020 - IEEE 15th International Conference of System of Systems Engineering, Proceedings (pp. 361–366). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/SoSE50414.2020.9130539>

Svenson, P., & Axelsson, J. (2021). Should i Stay or Should i Go? How Constituent Systems Decide to Join or Leave Constellations in Collaborative SoS. In 2021 16th International System of Systems Engineering Conference, SoSE 2021 (pp. 179–184). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/SOSE52739.2021.9497474>

Svenson, P., Reichenberg, F., & Axelsson, J. (2021). A design method for collaborative systems of systems applied to Metropolitan Multi-Mode Transport System. In 2021 16th International System of Systems Engineering Conference, SoSE 2021 (pp. 13–18). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/SOSE52739.2021.9497488>

Svenson, P., Eriksson, K., & Janhall, S. (2021). Resilience in systems of systems: Electrified transport systems. In 2021 16th International System of Systems Engineering Conference, SoSE 2021 (pp. 162–167). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/SOSE52739.2021.9497485>

J. Axelsson, "Systems-of-Systems Design Patterns: A Systematic Literature Review and Synthesis," *2022 17th Annual System of Systems Engineering Conference (SOSE)*, 2022, pp. 171-176, doi: 10.1109/SOSE55472.2022.9812681.

P. Svenson, T. Olsson and J. Axelsson, "Constituent Systems Quality Requirements Engineering in Co-opetitive Systems of Systems," *2022 17th Annual System of Systems Engineering Conference (SOSE)*, 2022, pp. 347-352, doi: 10.1109/SOSE55472.2022.9812663.

P. Svenson and J. Axelsson, "Initiation and Formation of Constellations in Systems of Systems," *2022 17th Annual System of Systems Engineering Conference (SOSE)*, 2022, pp. 340-345, doi: 10.1109/SOSE55472.2022.9812675.

J. Axelsson and P. Svenson, "On the Concepts of Capability and Constituent System Independence in Systems-of-Systems," *2022 17th Annual System of Systems Engineering Conference (SOSE)*, 2022, pp. 247-252, doi: 10.1109/SOSE55472.2022.9812682.

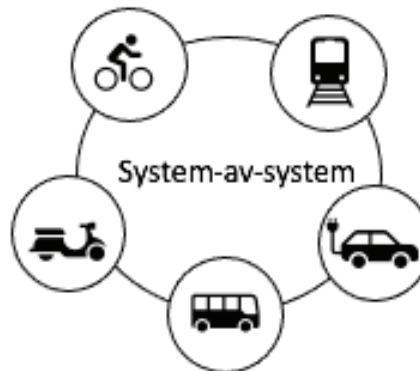
J. Axelsson, What Systems Engineers Should Know About Emergence, INCOSE International Symposium 2022, <https://doi.org/10.1002/iis2.12982>

Sammanfattning av dessa vetenskapliga publikationer finns i appendix.

## 2 Vad är ett system-av-system (SoS)?

### 2.1 Inledning

Ett SoS är en uppsättning självständiga system (CS – Constituent Systems) som interagerar för att skapa förmågor som inget av de ingående systemen kan åstadkomma på egen hand. Ett CS kan samtidigt ingå i flera SoS. Självständigheten hos de ingående systemen är en viktig och central ingrediens i ett SoS. En viktig fråga när man studerar och designar SoS är vilka CSen egentligen är. Är det *fordonen som utför transporter* eller *transportföretagen som äger olika transportmedel* som bör vara CS i ett mobilitets-SoS? För mobilitets-SoS är det oftast *fordonen* som bör betraktas som CS, men detta kan variera beroende på vilka aspekter av SoSet som studeras. Förutom fordonen kommer ett mobilitets-SoS också att behöva ha stödtjänster av olika slag, som reseplanerare och betalningsförmedlare. Sådana stödtjänster kallas för *mediatorer*.



Figur 1. Exempel på ett mobilitets-SoS som består av ett antal fordon (CS) som samverkar för att leverera en resa.

I standarder finns det definierat olika typer av SoS som exempelvis beror på hur mycket central styrning som finns i typen av SoS. I SoS som är av typen *Directed* eller *Acknowledged* underordnas CS en central styrning. Detta dokument och MAUS-projektet har främst fokuserat på *Collaborative* SoS. Vi har i simuleringar kunnat påvisa att denna typ av SoS kan ge fördelar över de centralstyrda för tillämpningen mobilitet. I denna handbok redogörs det för arbete med SoS där det inte nödvändigtvis finns så mycket centraliserad styrning utöver de ramar som ett samhälle ger.

Följande typer av SoS var i fokus för MAUS:

- Ett *öppet* SoS är ett SoS till vilket nya aktörer kan ansluta sina CS, medan ett *stängt* SoS består av de CS som ingick vid start;
- Ett *co-opetitive* SoS är ett SoS vars CS samtidigt både samarbetar och konkurrerar.

Framtidens mobilitets-SoS behöver vara öppna och co-opetitive för att möjliggöra kombinerad mobilitet (MaaS) på riktigt. Om konkurrens mellan CS inte tillåts så kommer nya aktörer att välja att konkurrera med SoSet istället för att bli en del av det. Om en ny aktör utvecklar mycket bättre fordon eller bättre sätt att hitta transportlösningar åt användarna måste den aktören ha möjlighet att ingå i SoSet och ta marknadsandelar från andra aktörer. På detta sätt sporras aktörerna till ständig förbättring – jämför med den hälsosamma sparringen i idrott. Denna konkurrens betyder inte att ett mobilitets-SoS kan vara helt marknadsstyrt – i vissa fall måste aktörer gå in och stödja SoSet

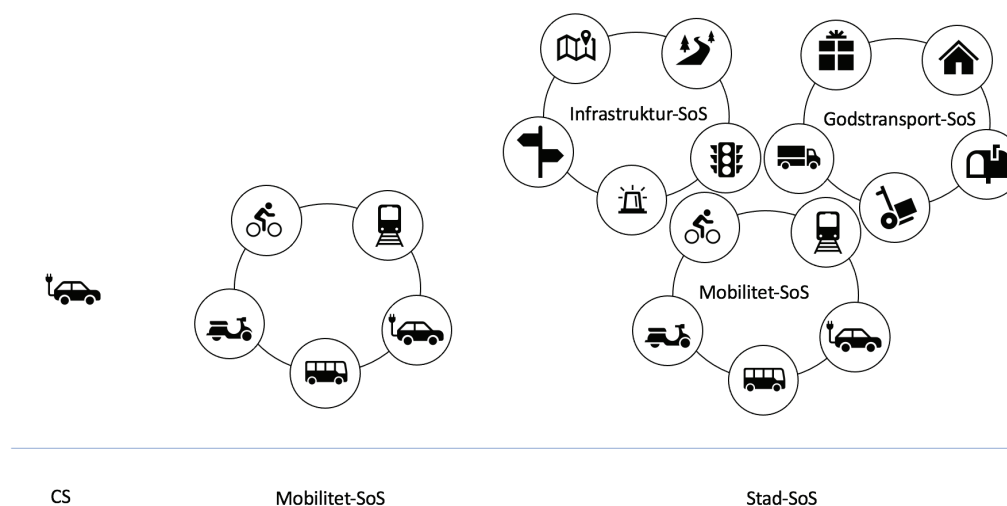


så att de eftersökta fördelarna med det uppnås. En offentlig aktör som vill uppnå tillgänglig mobilitet för alla invånare kan till exempel behöva stödja SoSet med pengar så att tillräckligt många fordon avsätts för transporter i glesbygd. SoSet kan sedan använda dessa pengar för att säkerställa att rätt effekter uppnås. Genom att stödja SoSet i stället för en direktupphandlad transportlösning tillhandahållen av ett utvalt företag kan fördelarna med konkurrens fortfarande uppnås.

## 2.2 Den smarta staden

Det finns ett antal definitioner som cirkulerar runt den framtida smarta staden men i grunden handlar det om att ha ett helhetsperspektiv i byggandet av en stad som är ekonomiskt, socialt och ekologiskt hållbar med hjälp av teknik. En viktig del i den smarta staden kommer att bli smart mobilitet och transportlösningar. De senaste åren har mobilitet varit på mångas läppar, städerna har översvämmats av elsparkcyklar och ett stort antal olika bildelningstjänster har hunnit passera revy. Trots detta så ser vi inga stadsövergripande tjänster som ger invånare möjlighet att boka en resa från A till B med en kombination av tjänster. Det vi ser på våra gator är snarare ett sammelsurium av tjänster som många gånger inte överlever särskilt länge, medan det sammankopplade systemet av transporttjänster som skulle utgöra verklig systeminnovation saknas. En anledning till detta är bristen på språk att formulera system av system-lösningarna med.

Forskningen som bedrivs om mobilitets-SoS är avsedd att ge städerna och dess aktörer de verktyg och det språk som behövs för att ta klivet från enskilda färdmedel till ett sammankopplat system av transportmedel som förverkligats med hjälp av SoS. Språket kan underlätta att hitta rätt finansieringskrafter och politiska drivkrafter för att realisera systeminnovationen.



Figur 2. Framtidens smarta stad förverkligad genom ett antal System av system.



### 2.3 Lärdomar från tidigare SoS-projekt inom mobilitet

Initialt i projektet genomfördes drygt 10 intervjuer med projekt som finansierats inom den strategiska satsningen System-av-system för mobilitet i städer (SoSSUM) inom ramen för programmet Fordonstrategisk forskning och innovation (FFI) som startades 2018.

Syftet med intervjuerna var att inhämta kunskap om hur avslutade och pågående projekt har använt begreppet SoS i praktiken. Projekten har i många fall genomfört viktiga demonstrationer som visar hur viktiga steg mot framtidens mobilitets-system kan implementeras, men ingen bedömning gjordes av dessa utan fokus låg på om SoS-begrepp varit nyttiga för utförandet. ~~Det var alltså inte frågan om att på något sätt bedöma projekten eller dess innehåll.~~

Flera av respondenterna lyfte att det saknas ett etablerat språkbruk runt SoS. Detta innebar att det finns en tröskel i att först ta till sig själva SoS-konceptet för att sedan lära ut till andra samt förstå och hitta en fungerande metodik. Någon uttryckte en önskan över att ha haft ett SoS ramverk tillhanda under projektet, då hade man fått lite mer på köpet och kommit i gång med projektet tidigare. Best practice är också något som efterfrågades.

Däremot märks tydligt att de projekt som lyckats identifiera de ingående systemen (CS) och relationen i ett SoS ramverk hade lättare att ta ett steg tillbaka från koncepten och anta en mer holistisk syn på sitt system-av-system och dess förmågor.

Ett par av projekten är dock väldigt trygga i ramverket SoS och är under uppfattningen att SoS inte är något nytt, vilket också delvis stämmer då de underliggande principerna bygger på redan etablerade ramverk som tex systems engineering, devops et cetera.

*”Man är inte bättre än de parter som ingår”*

Gällande affärsmodeller var det få av projekten som hade detta område i sin ursprungliga målsättning men flera konstaterade att det nog skulle ha varit bra att ha tittat närmare på affärsmodellerna för alla inblandade parter. De få projekt som hade gjort ansatser inom affärsmodellering saknade en modell som visar hur alla parter kan komma ut som vinnare i systemet-av-system.

Vi intervjuade projekt som hade mellan 3 och 17 parter/stakeholders. En lärdom här är att när det blir för många parter är det svårt att komma framåt och det kan resultera i att några aktörer inte är så aktiva vilket leder till utmaningar för de övriga.

*”Svårt att realisera något långlivat och bra”* Vissa av projekten hade börjat med att studera tekniska aspekter genom att bygga upp sitt SoS i en it-miljö. Vissa av projekten hade lyckats med att definiera

en bra it-arkitektur som är redo att tas till nästa steg (verklig implementation) medan andra upplevde att resultatet blev en skraddarsydd lösning som hölls uppe av ett projekt. Ett par av

projekten hann inte med eller valde att avgränsa projektet, det vill säga de gick inte in på tekniska aspekter.

Några av projekten konstaterade att det saknas en grund i form av öppna data som man kan börja analysera och bygga vidare på. Utan data i en gemensam informationsstruktur blir det inget system-av-system.

Samtliga projekt som vi intervjuade hade en målsättning att ta sig från att arbeta som separata system till en konstellation av system som samverkar. Vi ser också att städerna kämpar med samma utmaning men utifrån ett annat perspektiv.

Vi tror att en lösning kan vara denna handbok som ger läsaren riktlinjer för hur man kan tänka då ett SoS-projekt startas och genomförs. Denna handbok innehåller ett gemensamt språkbruk för tekniken såväl som för hur man skapar en affärsmodell där alla parter kan se sina värdeströmmar i ett större sammanhang samt även ge riktlinjer för till exempel legala och etiska aspekter.

### 3 En framtidsvision

Hur kan en SoS-lösning för mobilitet se ut? I MAUS-filmen (se [sos-4-mobility.se](https://www.sos-4-mobility.se)) försöker vi visa detta för några konkreta personers transportbehov och i det här kapitlet beskriver vi i lite mer detalj hur en sådan lösning skulle kunna se ut.

#### 3.1 Ett tänkt problemområde

MAUS-projektet använde området runt Harestad norr om Göteborg som ett konkret fall att arbeta med. Följande lista av transportbehov är avsedd att illustrera möjliga resetyper som ett mobilitets-SoS behöver hantera:

- Martin och Juni bor i Harestad och har behov att ta sig till arbete respektive skola
- Sophie ska på morgonen åka från hemmet i Harestad till jobbet i Göteborg.
- Jamali behöver åka från tågstationen i Göteborg till sommarstugan i Rörtången
- Ingegerd bor i Harestad och ska till vårdcentralen i Kärna och därefter till bingon i Kungälv
- Jila som bor utanför Harestad ska besöka sin mor på äldreboendet Fridhemskullen.
- Johan, Fredrik och Mikael är kompisar och ska tillsammans vandra en del av Bohusleden under veckoslutet. De vill resa tillsammans från sina olika bostäder i Harestadsområdet till naturområdet Fontin. Efter 2 dygn vill de plockas upp på annan plats för gemensam hemresa. De behöver vara säkra på att få plats med all sin packning i fordonet och på att fordonet kan framföras på grusväg.
- Rolf är pensionerad musiker och ska hämta sin kontrabas som varit på service på Musikboden i Kungälv. Han vill själv vara med under transporten och behöver därför ett fordon som klarar av transporter av både person och gods (ömtåligt och skrymmande).
- Monica bor i Harestad och ska göra ett antal korta ärenden inne i Kungälv. Hon ska besöka Kakboden, Ost&Delikatess-butiken, Blomsterhandeln och Big Fish Tattoo. Hon vill inte bära runt på de varor hon ska införskaffa utan vill kunna lämna av dem i ett fordon som efter att samtliga ärenden är avklarade kör henne hem. Monica kan tänka sig att dela fordon med andra in till stan, men vill åka ensam hem
- Max ska åka hem från jobbet och på vägen dels handla, dels hämta barn vid ridskola.

Listan av probleminstanser som ska lösas för ett riktigt mobilitets-SoS är förstås längre och behöver baseras på resebehoven som finns inom området. Den som ska designa ett mobilitets-SoS behöver ta höjd för

många olika sorters resor och dessutom ta hänsyn till att många resor kommer behöva genomföras samtidigt.

Hur skulle personerna ovan lösa sina transportbehov idag? Många av dem skulle slentrianmässigt välja egen bil, eftersom "alla andra sätt är så jobbiga". Några skulle kolla möjligheterna att åka kollektivt. Någon skulle ringa olika taxibolag för att få priser. Några skulle cykla.

Gemensamt för dessa lösningar är att personerna fokuserar på transportmedlet i stället för på själva transporten. Den som vill göra ett optimalt val av transport behöver kontakta flera olika transportföretag och jämföra deras erbjudanden. Många kommer då välja resa med egen bil eftersom det är enklast.

Maus vill visa hur man i stället för att välja transportmedel kan välja transport.

I nästa avsnitt visar vi hur en tänkt sådan lösning skulle kunna se ut.

### 3.2 En tänkt lösning av transportererna

Med en SoS-lösning för Harestad skulle resorna i föregående sektion kunna lösas på följande sätt.

Eftersom SoSet vet om att Martin och Juni oftast åker från Harestad till Kärna tisdagar och torsdagar kl 7:40 så skickas en liten podd från Nisses Taxi dit i lagom tid. När Martins telefon kopplar upp sig mot SoSet för att som vanligt boka resan ser assistentprogrammet att det finns en liten podd i närheten och bokar därför resan med SoS. Assistentprogrammet har en stående instruktion att jämföra resa med SoS:et och egen bil och välja det alternativ som ger snabbast resa. Martin och Juni åker gemensamt i en liten podd till Kärna, där Juni går till skolan och Martin hoppar på en mellanstor podd från Ahmeds Robotar AB (som också plockat upp några andra passagerare) till Backaplan, tar sedan stomlinjen från Västtrafik in till Göteborg

Sophie hämtas vid bostaden av en autonom podd från Nisses Taxi som redan har tre passagerare och lämnas i Kornhall, där hon tar färjan över Nordre älv och därefter går på en buss som tar henne till arbetsplatsen.

Jamali får följande alternativ för sin resa:

- Först med stomlinje (Västtrafik) till Kode, sedan liten podd (Nisses Taxi) till stugan
- Först med mellanstor podd (Ahmeds Robotar) till Tjuvkil och sedan med liten podd (Stinas Poddresor AB) till stugan
- När SoSet tar fram förslag och priser för resan tittar den på hur många andra som den mellanstora podden kan ta med på vägen till Tjuvkil och vart den kan åka sedan, om det kommer finnas någon liten podd nära Tjuvkil, om det kommer finnas någon liten podd nära Kode. Samordningen med övriga resebeställningar och prediktioner av resebeställningar gör att den snabbaste vägen blir dyrare för Jamali, som därför just idag

väljer den lite långsammare, eftersom han inte har någon större brådska till sommarstugan.

Ingegerd och hennes ledsagare hämtas av en liten podd från Stinas Poddresor AB och kör till Kärna. När läkarbesöket är slut dyker en mellanstor podd från Ahmeds Robotar som redan har fem passagerare upp och åker direkt till Kungälv.

Jila hämtas av en mellanstor podd (samma podd som tidigare kört Jamali till Tjuvkil).

En liten podd från Nisses Taxi hämtar först Johan, sedan Fredrik och kör direkt till Fontinområdet. En mellanstor podd från Stinas Poddresor som redan plockat upp Olof hämtar Mikael och kör först till Fridhemsullens äldreboende där Olof går av, sedan till Fontinområdet och lämnar Mikael. Två dygn senare körs en mellanstor podd från Stinas Poddresor tom från Romelanda till Barbaras café där kompisarna plockas upp. Podden kör via Kungälv där Rolf med kontrabas plockas upp innan alla fyra lämnas av på sina hemadresser.

En liten podd från Nisses Taxi hämtar först Rolf i hemmet och därefter Monica och kör dem in till Kungälv där de stiger av på olika ställen. När Rolf hämtat sin kontrabas får han vänta en stund innan den mellanstora podden som Johan, Fredrik och Mikael åker i hämtar honom.

Monicas assistentprogram har bedömt att hon får bära sakerna från Bräckboden själv, men när hon också varit inne i Ost&Delikatessboden dyker en självgående robot från Ahmeds Robotar upp som tar hand om hennes varor och följer efter henne på gågatan. Roboten har ett kylfack för chark-varorna. Efter att hon också besökt blomsterhandeln och en klädbutik är Hugo full. Monica gör sitt sista ärende på tatueringssalongen samtidigt som roboten lämnar av varorna i en mellanstor podd från Västtrafik som sedan möter Monica vid rondellen och kör hem henne. Monica får betala extra för att få åka ensam hela vägen hem.

Max hämtas vid arbetsplatsen av en autonom podd som kör honom till matbutiken och därefter till dotterns ridskola och hem. Eftersom hans resa just idag inte passar med andras resebehov har han ensam tillgång till podden. Alla resor i ett mobilitets-SoS måste inte vara delade.

Vad krävs för att en sådan här lösning ska kunna realiseras? Förutom det futuristiska antagandet att det finns självkörande poddar för transporter och det assistentprogram som nämns ovan så behövs också lösningar för att ta betalt av resenären och fördela pengarna till alla deltagare. I den möjliga lösningen ovan skrev vi överallt ut vilka företag som fordonen kommer ifrån, i syfte att illustrera att det finns många aktörer. För användaren av SoSet ska det förstås vara egal vilket företag en podd kommer ifrån. För att detta ska vara möjligt behövs avtal som reglerar servicenivåer och tjänster som samlar in data om resornas kvaliteter och måluppfyllelse. Det är också viktigt att alla aktörer som ingår i SoSet har förtroende för varandra och att avtal

finns som reglerar till exempel ersättningsnivåer och konsekvenser av förseningar och andra problem.

Det behövs också lösningar för att möjliggöra för användarna av SoSet att formulera sina resebehov och för SoSet att matcha dessa mot möjliga lösningar. Här är det viktigt att specificera vad som är acceptabla väntetider och utreda balansen mellan kostnad och måluppfyllelse. Det stora optimeringsproblemet som matchningen utgör kommer inte att kunna lösas exakt, vilket gör det viktigt att studera vilka kompromisser som är acceptabla.

Framtidens mobilitets-lösningar utgår inte från *tabula rasa*, utan måste förhålla sig till dagens lösningar. Även detta måste SoSet ta hänsyn till.

I resten av det här dokumentet ska vi gå igenom hur en SoS-designer kan resonera för att påbörja framtagandet av en SoS-lösning för mobilitet.

## 4 Att lösa ett problem genom att använda SoS

### 4.1 Inledning

Detta kapitel ger en överblick av hur system-av-system kan användas för att lösa problem, hur systemeffekter kan uppkomma till följd av detta och hur konsortier kan användas för att utveckla, äga och drifta system-av-system.

### 4.2 Problemområden och probleminstanser

Allt startar med att det finns ett problemområde som berör aktörer (individer eller organisationer). Dessa problemområden kan man bryta ned till ett antal probleminstanser – problemområdet kan ses som en abstrakt beskrivning av probleminstanserna.

För att lösa probleminstanserna inom problemområdet behövs en socioteknisk lösning. Vi kallar denna lösning för "interventionssystem".

Interventionssystemet sätts in för att åstadkomma förändringar som löser problemen. Samtidigt som problemen löses kan bieffekter uppstå. Ett interventionssystem kan inte bedömas bara utifrån hur väl det löser problemen, utan andra effekter av det måste också tas hänsyn till. Sådana effekter kan till exempel vara utsläpp, buller, trängsel. Vissa sådana bieffekter kan förutses i förväg – vi kan till exempel räkna ut hur stor trängseln blir om det finns ett visst antal fordon. Andra bieffekter kan inte förutspås – de är emergenta.

För mobilitets-SoS är problemområdet mobilitet. De probleminstanser som ska lösas är olika aktörers resor. I exemplet i sektion 0 ovan är alla de enskilda resor som ska genomföras probleminstanser och problemområdet är att tillhandahålla hållbar och tillgänglig mobilitet i Harestadsområdet.

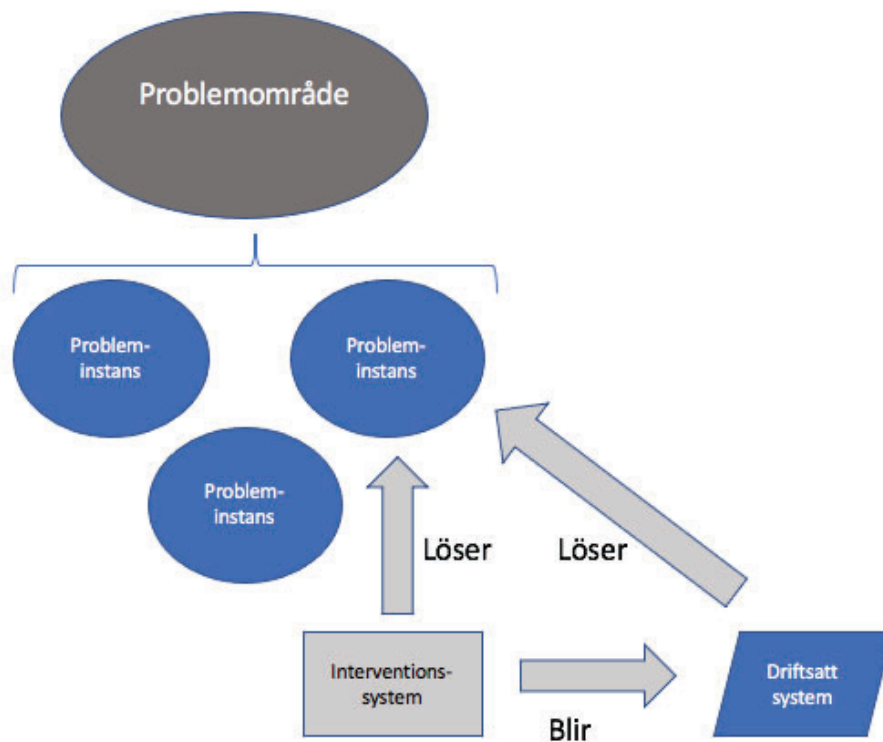
### 4.3 Design av interventionssystemet

Den som designar interventionssystem har (minst) fyra olika aspekter att ta hänsyn till:

- Teknisk lösning
- Affärsmodell
- Organisation
- Användarbehov

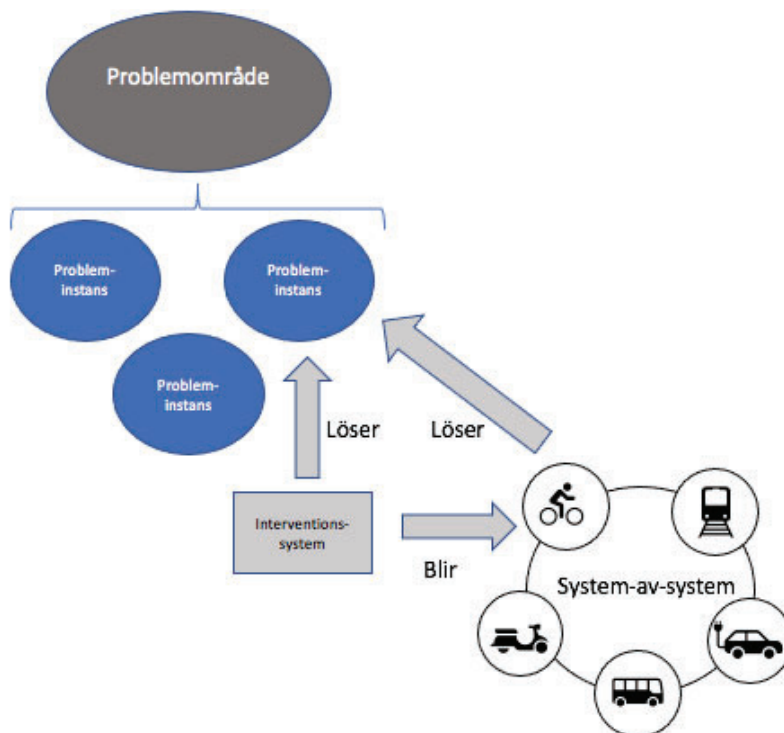
Interventionssystemet är den lösning som utvecklas för att lösa problemet och ofta utgår från en existerande lösning. När lösningen installeras så blir den ett driftsatt system som förhoppningsvis löser problemet.





Figur 3. Problemområde, probleminstanser, interventionssystem och driftsatt system.

När det driftsatta systemet är ett SoS så blir allt betydligt mer komplicerat, inom alla områden – teknik, affär, organisation och användarbehov. Detta på grund av det "självständiga" i ett CS som gör att det inte finns en enskild juridisk entitet utan flera, som behöver samarbeta. I denna handbok beskrivs begrepp, råd och riktlinjer för att designa och utveckla system i form av ett SoS.

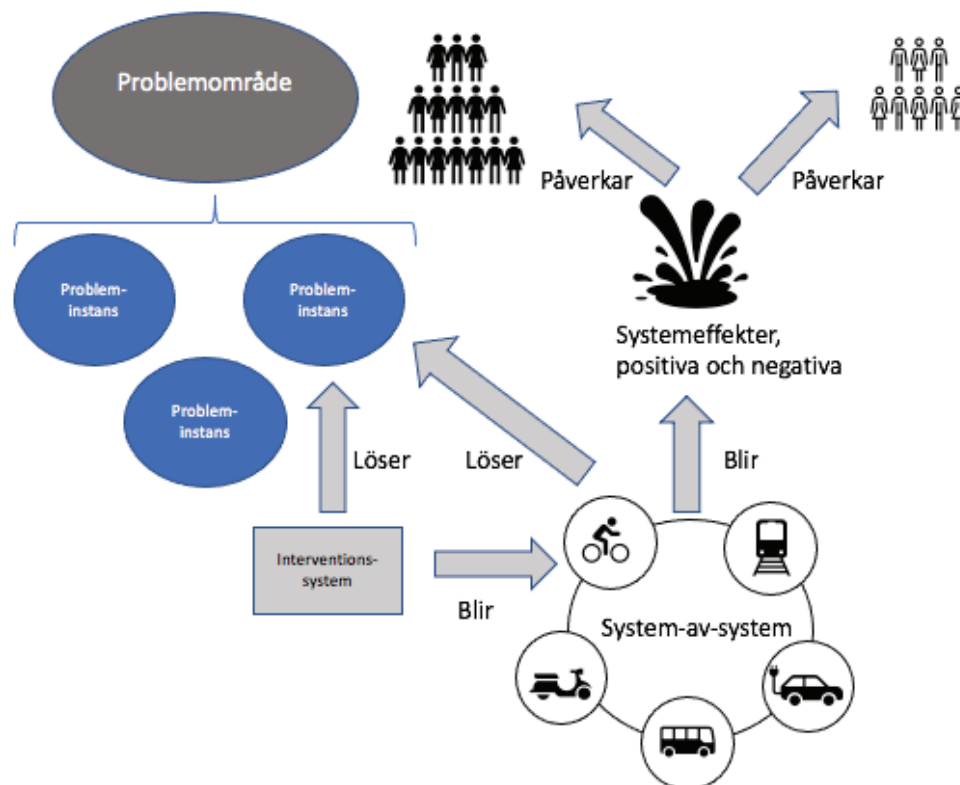


Figur

För mobilitets-SoSet i Harestad är existerande lösningar som man kan utgå från till exempel kollektivtrafiken och existerande transportföretag. Utvecklingen mot ett fullskaligt mobilitets-SoS kommer att behöva ske stegvis.

#### 4.4 SoS-effekter

Alla driftsatta system skiljer sig lite från det tänkta interventionssystemet när det blir operativt. Förhoppningsvis löser systemet problemen som man utvecklade interventionssystemet för att lösa, men det kan också uppkomma andra effekter, både negativa och positiva. Fler människor påverkas av effekterna, dels de som hade de ursprungliga problemen, dels andra som kan påverkas.



Figur 5. Systemeffekter, både negativa och positiva påverkar både de målgrupper som SoSet var ämnat lösa problemet för och andra tidigare okända målgrupper.

När det gäller fallet då ett driftsatt system har realiserats med ett SoS går det inte att ha fullständig kontroll av alla systemeffekter utan man får förlita sig på att varje enskilt CS gör sina egna effekter och riskanalyser. Samtidigt krävs också en övervakande funktion på SoS-nivå, som säkerställer att eventuella negativa emergenta effekter hanteras.

Emergens kan sägas vara när de olika CS enskilda beslut resulterar i oplanerade effekter på SoS-nivå. Ett sätt att hantera oförutsedda effekter är att underlätta och kräva kommunikation mellan CS (peer-to-peer kommunikation), ett annat sätt är rutsättningar mellan CS, att säkerställa att information delas och CS synkroniseras så att potentiella problem undviks eller nya önskade effekter förstärks. Tillit

och förtroende mellan ingående aktörer är viktigt för att åstadkomma detta.

För mobilitets-SoSet i Harestad är effekterna som ska uppnås tillgängliga, hållbara och resurseffektiva resor. Effekter som ska undvikas är till exempel utsläpp, trängsel, buller och olyckor.

Möjliga emergenta effekter som behöver tas hänsyn till är exempelvis genuseffekter och inlåsningsmekanismer på grund av teknik- och policyval.

#### 4.5 Konsortier

Aktörer i ett SoS kan ha olika mål. Exempelvis så vill en sparkcykelaktör tjäna pengar på sin produkt och en kommun vill skapa mobilitet åt sina invånare och medborgarna vill kunna resa på ett smidigt sätt.

Ett bra SoS för mobilitet erbjuder alla aktörer möjlighet att jobba mot sina mål tillsammans samtidigt som de övre gemensamma målen uppnås. Detta kräver att aktörerna skapar konsortier byggda på gemensamma samarbetsformer och optimerade värdekedjor som möjliggör att alla blir nöjda. Nyckeln är att dela information och kunskap.

Ett konsortium är en sammanslutning av aktörer som agerar för att göra något tillsammans. En aktör jämställs här med en juridisk entitet eller representant för staten eller stater där SoS förväntas operera. En aktör behöver kunna svara på frågan hur aktören förhåller sig till SoS juridiskt, det vill säga under vilken lagstiftning aktören opererar i ett SoS.

För att kunna bygga ett konsortium är det först nödvändigt att klargöra de olika aktörerna och deras roller. Ett företag kan betraktas som en aktör och kan ha olika roller i SoS. För varje CS (fordon) som ingår i mobilitets-SoS finns åtminstone följande roller

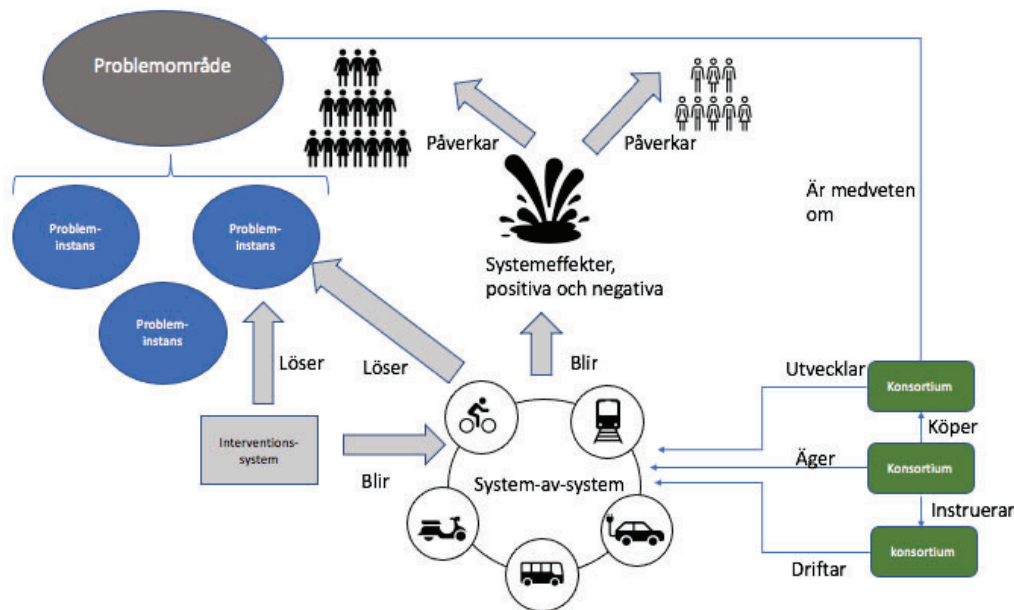
- CS-utvecklare – det konsortium som konstruerar ett CS
- CS-ägare – det konsortium som äger ett CS
- CS-driftare – det konsortium som ansvarar för den operativa driften av fordonet (CSet) i SoSet

I vårt exempel i sektion 3 är de företag som har poddare CS-driftare. CS-utvecklare kan vara företag som Volvo och Koenigsegg. Ägar-rollen för ett CS kan ofta innehas av samma konsortium som driftar CSet, men det måste inte vara så.

Även CSet i sig har konsortiet kopplade till sig, med olika roller. Dessa kan till exempel vara

- SoS-initiator – aktörer som vill uppmuntra framtagandet av ett SoS inom ett problemområde kan ta initiativet till att skapa det
- SoS-stödjare – aktörer som får indirekta fördelar av SoS-lösningen kan välja att stödja det på olika sätt. Ett exempel på sådant stöd idag är de subventioner som ges till kollektivtrafiken

- SoS-driftare – det konsortium som tar ansvar för driften av SoSet. Uppgifter för detta kan till exempel vara att fördela eventuella stöd, förhandla fram avtal med CS-driftare, och lösa konflikter som kan uppstå mellan aktörer inom SoSet. Här fattas gemensamma beslut om SoSet. Alla aktörer som ingår i SoSet måste inte ingå i driftar-konsortiet – ett litet företag som inte har resurser att avsätta för detta kan välja att bara delta utan att delta i besluten
- SoS-designer – det konsortium som tar fram den initiala planen för SoSet



Figur 6. Konsortium för SoS.

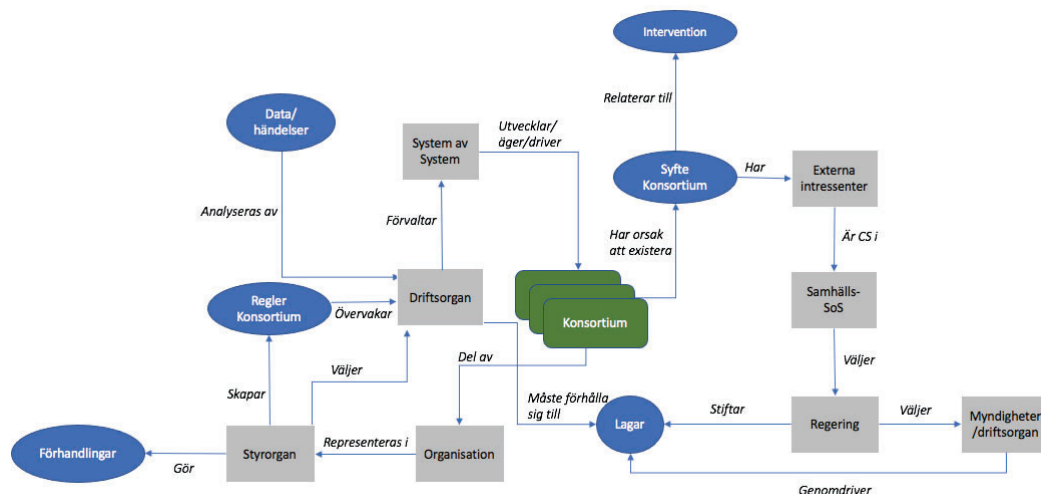
Aktörer kan ansluta sig till ett konsortium och konsortiet påverkas av de mål som de olika aktörerna har och de lagar som finns. Konsortiet har också gemensamt överenskomna regler. Det är inte ett krav att alla ingående parter i ett konsortium har samma mål, och de är inte heller förhindrade att konkurrera med varandra. System av system där de ingående parterna samtidigt är både konkurrenter och samarbetspartner kallas "co-opetitive". I den tänkta lösningen presenterad i sektion 3 är Nisses Taxi, Ahmeds Robotar och Stinas Poddresor exempel på företag (aktörer) som samarbetar inom SoSet men samtidigt konkurrerar.

För att aktörerna inom ett SoS ska kunna samarbeta och dela information krävs det att det finns mekanismer för informationsdelning. Förutom tekniska lösningar för detta (interoperabilitets-standarder) krävs det avtal och procedurer för att ändra avtalen. Exakt vilka standarder som ska följas för till exempel kommunikation inom SoSet behöver avgöras i SoS-designen, men det måste också finnas möjligheter att förändra dessa. Nya tekniska lösningar tas fram, som gör det möjligt för SoSet att förbättras. Beslut om sådana förändringar tas av SoS-driftar-konsortiet.

När SoS-konsortiet genomför förändringar är det viktigt att inte alltför stor hänsyn tas till någon ingående parts intressen. Fokus behöver vara på förutsättningarna och åtagandena för SoSet. Om innovationer gör det möjligt att lösa problemen bättre så måste de införas, även om något av företagen som ingår i SoS-konsortiet riskerar att gå i konkurs eller tjäna mindre pengar.

I mobilitets-SoSet i Harestad så kanske Nisses Taxi ursprungligen tar en stor andel av transporterna eftersom de har bra fordon. När sedan Ahmeds Robotar går med i SoSet och tack vare bättre fordon som orsakar mindre utsläpp får fler transporter så är det viktigt att SoSet inte agerar för att låta Nisses Taxi behålla sin andel. Om SoSet till exempel ger garantier att Nisses Taxi ska få ett visst antal resor så förhindras innovationen, vilket leder till att Ahmeds Robotar startar ett eget SoS.

Vi ser här hur öppenheten och konkurrensen inom SoSet möjliggör förbättringar. Det är denna öppenhet som gör att SoS-lösningen överlever på lång sikt: en aktör som inte längre levererar bra lösningar kommer att bli utkonkurrerad.



Figur 7. En konceptuell bild på hur Konsortium skapas, styrs och driftas.

En viktig funktion för ett konsortium är att kunna skapa konstellationer. En konstellation är en grupp av CS som tillsammans löser en probleminstans.

## 5 SoS-begreppen

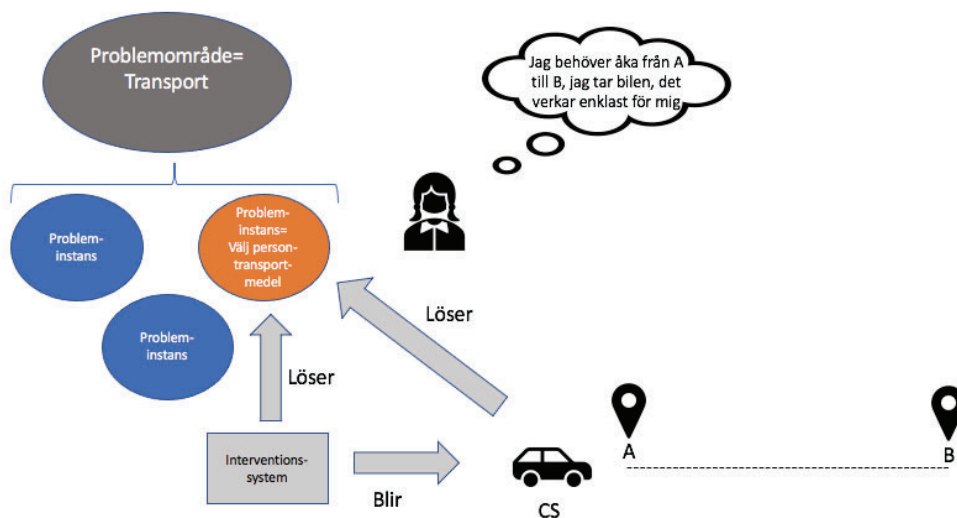
### 5.1 Inledning

Detta kapitel ger en övergripande förklaring runt de begrepp som användas för att utveckla system-av-system för transportområdet, såsom CS (constituent systems) konstellationer, mediatorer, roller och förmågor samt ger exempel på några applikationsområden.

### 5.2 CS och konstellationer

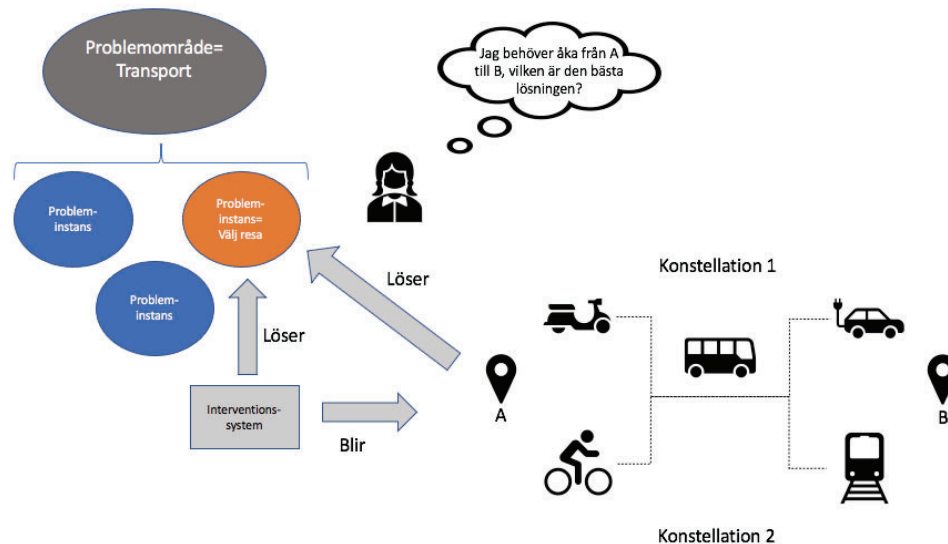
Ett SoS består som tidigare nämnts av ett antal CS, konstituerande system, vilka agerar självständigt för att lösa probleminstanser i ett eller flera SoS.

En konstellation är en uppsättning av en eller flera CS som sätts samman av SoSet för att lösa en probleminstans.



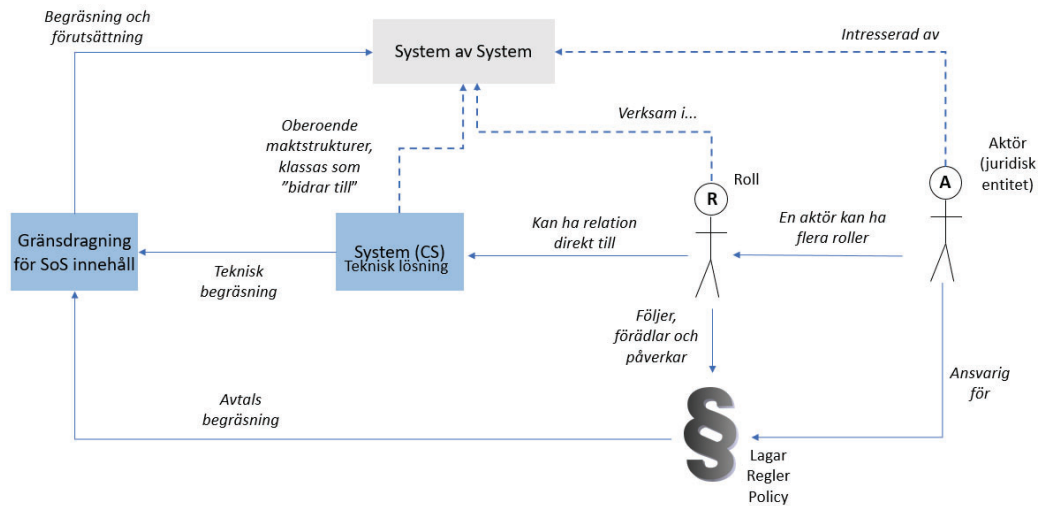
Figur 8. Probleminstansen löses med ett CS.

Förenklat så förser dig ett CS med transportmedel medan en (SoS) konstellation förser dig med en resa. Probleminstansen ändras från att handla om transportmedel till att välja en resa där SoSet löser problemet genom att skapa konstellationer som är en uppsättning av CS.



Figur 9. Probleminstansen löses med en konstellation av CS.

När en konstellation etableras är det lämpligt att identifiera förutsättningar och begränsningar. Figur 10 nedan visar hur ett SoS kan sättas upp med olika beståndsdelar vilka syftar till att förklarar hur CS bidrar. Att ha en gemensam bild av detta i SoS underlättar "över bordet förhandlingar" mellan representanter för CS och styrande aktörer och roller för ett SoS.



Figur 10. Olika beståndsdelar i ett SoS.

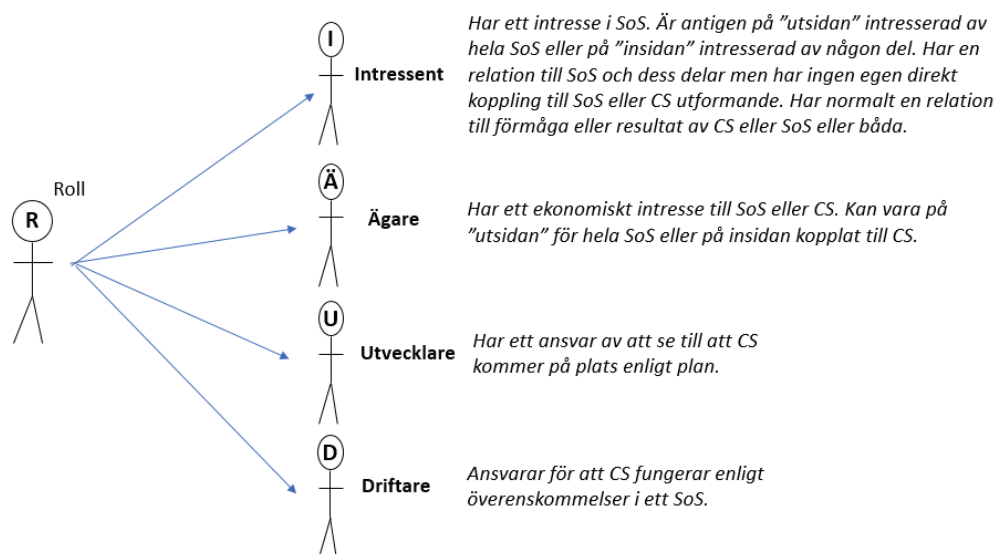
### 5.3 Roller

I ett SoS finns det flera olika roller som behöver klargöras. Den som äger ett CS behöver inte vara samma som utvecklar och/eller driftar det i en eller flera SoS, men det är viktigt att de som utvecklar är väl insatta i interventionssystemets förutsättningar och åtagande.



Roller behöver klargöras för att etablera en tydlig ansvarsstruktur som svarar på frågan vem är ansvarig för vad. För att ansvar ska kunna tas behöver de juridiska gränserna vara tydliga. Därför är det särskilt viktigt att särskilja mellan aktörer som genom roller kan påverka SoS definitionen i sig själv, det vill säga påverka tekniska eller juridiska förutsättningar, och roller som opererar inom ramen för ett SoS. I de SoS vi kallar co-opetitive inom mobilitet antas ett antal lagar inom landet samt styrande beslut från myndighet och regioner gälla som underlag. Trots dess antaganden om existens är det lämpligt att dessa klarläggs inom resonemang av ett SoS för att skapa tydliga underlag för inriktning av SoS. Det kan exempelvis vara bra om vissa policyer som anses styrande lyfts in.

I figur 11 nedan ges exempel på roller i ett SoS. Det kan finnas andra roller men dessa bör klaras ut för att få en tydlig start av ett SoS.



Figur 11. Roller i ett SoS.

Genom att tillhandahålla tydliga och genomarbetade beskrivningar kan en effektiv SoS-modellering uppnås. Genom att tydliggöra roller utifrån aktörer samt begränsningar, i kombination med definitioner av uppgifter som löses av konstellationen, ges förutsättningar för analys och beslut under både design och drift.

#### 5.4 Förmågor och oberoende

Ett annat viktigt begrepp inom SoS är förmåga. Förmåga hos en CS eller en konstellation beskriver hur den kan ändra omvärlden, till exempel genom att genomföra en transport från en position till en annan. För att utföra detta används resurser, till exempel drivmedel. Matematiskt kan förmåga kan modelleras som en tillståndsomvandlande process som använder olika typer av resurser. Det är förmågorna hos CS som gör att de kan lösa problem. Förmågan hos en konstellation är sammansättningen av förmågorna i de ingående CSen. Det svåra problemet att hitta lösningar av alla transportbehov kan formuleras som ett *matchningsproblem* där det

gäller att hitta kombinationer av förmågor som löser alla transportbehoven.

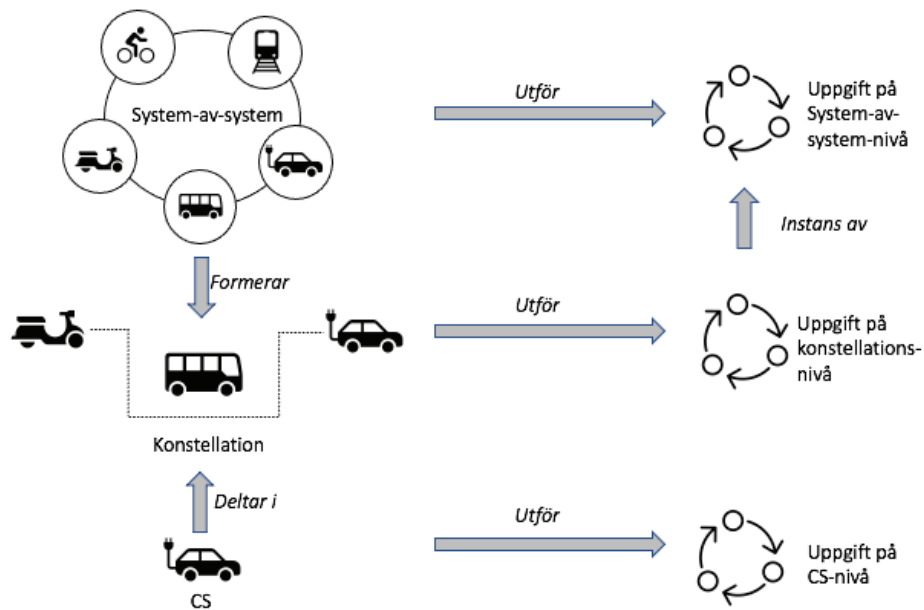
Oberoendet hos CS innebär att en CS själv kan välja hur den ska aktivera sina förmågor. Detta kräver att den är en intelligent agent med perception, en världsmodell, en föreställning om nytta och en förmåga att fatta beslut. I ett SoS bildas konstellationer av CS för att tillhandahålla framväxande kapacitet, och ett SoS-uppdrag kan delas upp i uppdrag som utförs av CS med lämpliga förmågor.

## 5.5 Flera roller

Som nämnts kan ett CS lösa flera olika uppdrag samtidigt. En och samma aktör kan också samtidigt ha flera olika roller i ett SoS. Exempelvis kan en fordonstillverkare på en och samma gång ha rollerna:

- CS-utvecklare – tillser att ett CS tas fram enligt önskemål
- Tillverkare – specialisering av utvecklare - som över tid tillser att ett CS som används av flera olika aktörer inom SoSet finns som resurs
- CS-driftare – sköter den dagliga verksamheten för ett CS som ingår i SoSet (tex. en bildelningstjänst)
- Intressent - deltar i standardiseringsorganen som definierar standarder för t ex kommunikation
- Intressent - deltar i gruppen som designar själva konstellationen av SoSet

Eftersom dessa olika roller ibland kan ha motstridiga önskemål är det viktigt att särskilja på dem. Det går inte att prata om "Företaget A":s intressen i SoSet, utan man behöver specificera att "aktör A" har i rollen B följande intressen...". Därav blir det väsentligt att skilja mellan problemområdet för SoSet, uppgifterna som konstellationen ska lösa t samt ett CS uppgift. De deltagande CS i systemet kan göra flera saker samtidigt, de kan lösa probleminstanser för både SoSet och sina egna CS-probleminstanser.



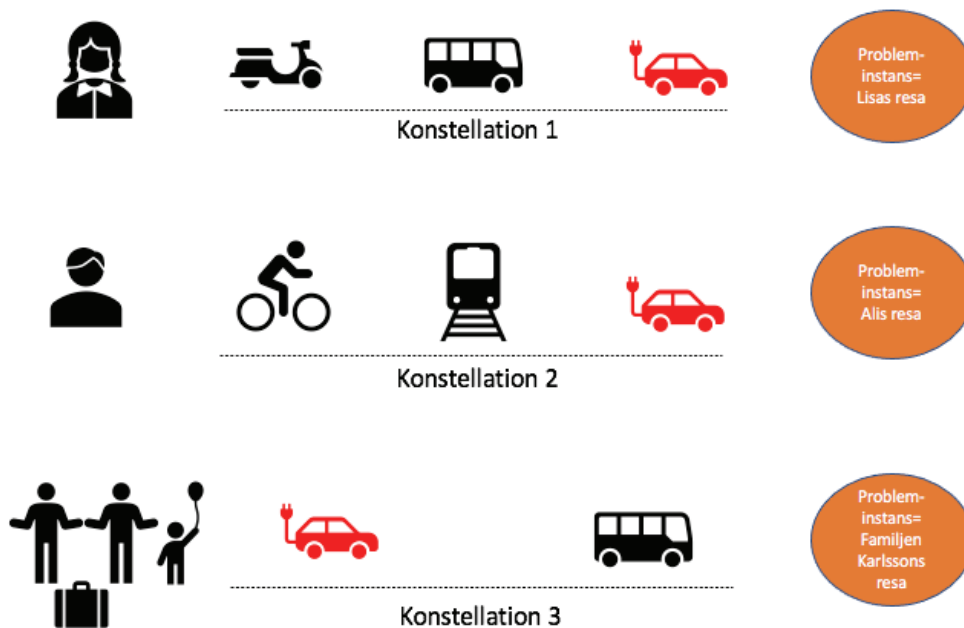
Figur 12. Relationen mellan CS, konstellation och SoS och de uppgifter de utför.

Två viktiga roller för livscykelhantering av ett SoS är SoS-initiator och SoS-stödjare. En SoS-initiator är en aktör som tar på sig att sätta igång SoSet. Det kan till exempel vara en offentlig aktör som ser ett behov av ett mobilitets-SoS och därför sätter samman ett konsortium för att skapa det.

En SoS-stödjare är en aktör som får indirekt nytta av SoSet och därför är villig att stödja det. Det kan till exempel vara ett företag som vill säkerställa att dess anställda kan ta sig till arbetet, eller en offentlig aktör som vill säkerställa att invånarna i ett visst område har tillgång till mobilitet. För att uppnå dessa mål kan SoS-stödjaren subventionera SoSet. Subventioner bör då inte ges direkt till ett företag, utan till SoS-et i sin helhet. Det är sedan upp till SoSet att hantera hur olika aktörer inom det ska kompenseras. Ett konkret exempel på ett sådant behov är att en kommun eller region kanske kan behöva subventionera ett mobilitets-SoS med en viss summa pengar per invånare, för att säkerställa att invånarna har tillgång till mobilitet.

## 5.6 Mediatorer

En CS kan samtidigt delta i flera olika konstellationer, och alltså använda sina förmågor för att lösa flera olika uppgifter. För att åstadkomma detta kan det krävas *mediatorer* som koordinerar förmågeanvändningen.



Figur 13. Den röda elbilen är med i samtliga konstellationer för att lösa tre olika probleminstanser.

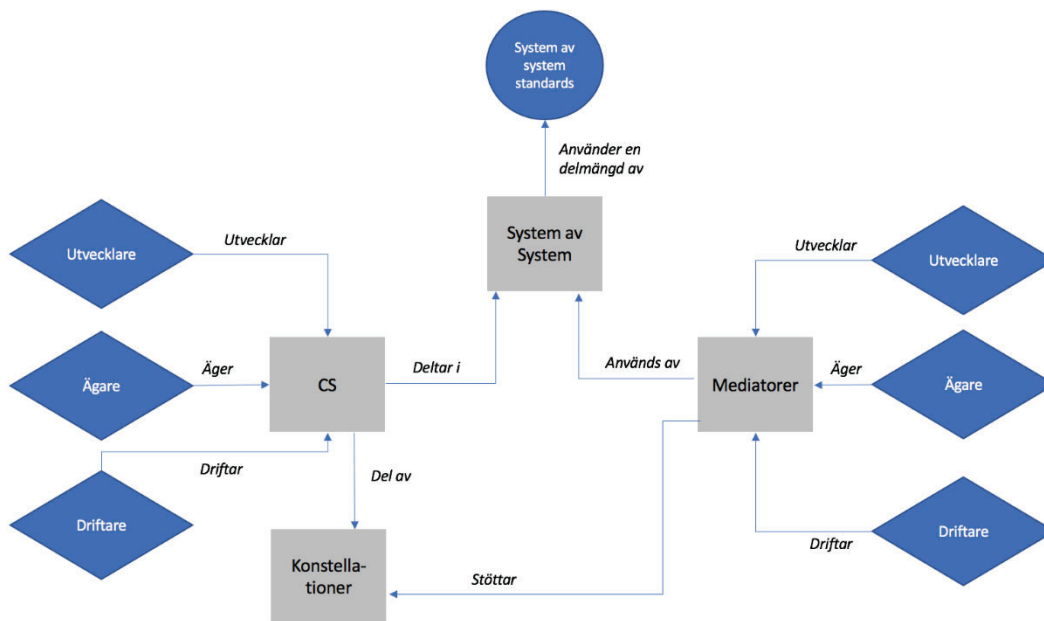
En mediator kan ses som ett specialfall av CS och är något som tillhandahåller tjänster som krävs för att organisera samarbetet, men som inte har samma grad av oberoende som en CS. I ett mobilitets-SoS är en någon som sköter en immaterial tjänst, till exempel för informationsdelning, betalningsförmedling eller att ta fram förslag på konstellationer vars kombinerade förmågor löser transportuppgifterna – en reseplanerare.

Exempel på en mediator kan vara att tillse att resan kan bokas och betalning kan ske. I exemplet ovan kan de tre olika konstellationerna ha bokats och betalats för via olika mediatorer.



Figur 14. Resorna kan bokas och betalas via olika mediatorer och samtidigt innehålla samma CS.

Figur 15 visar ytterligare en konceptuell bild av ett SoS med ingående CS och dess olika roller.



Figur 15. En konceptuell vy av SoS och dess begrepp.

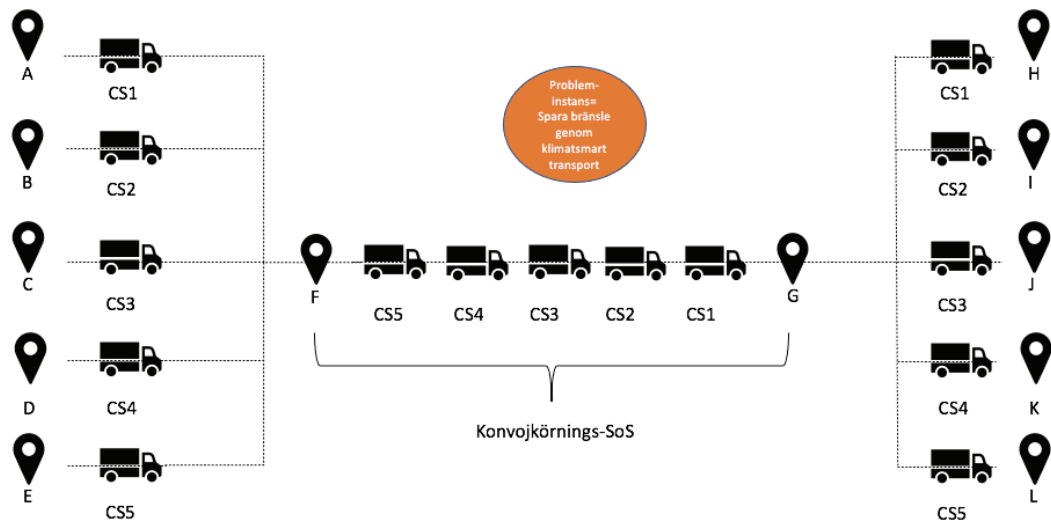
## 5.7 SoS-strukturer och vyer: vad är CS?

Som nämntes i tidigare kapitel kan ett SoS betraktas på olika sätt och vilket vy man väljer beror på vad man vill göra. Ett konkret exempel på detta är vilka delar av SoSet som man väljer att betrakta som CS. Här finns det två olika synsätt att välja mellan när det gäller mobilitets-SoS:

1. Det är företaget som äger fordonen som är ett CS, t ex till exempel ett taxiåkeri
2. Det är själva fordonet som är ett CS, till exempel den enskilda taxibilen

När det gäller SoS inom mobilitet så visar våra optimeringsmodeller att mönster 2 är bättre lämpad. Det är viktigt att vid diskussion om ett SoS tydligt indikera vilka CS är.

Ett annat exempel då själva fordonet måste vara ett CS är vid platooning, konvojkörning på svenska. Det är en metod för att låta en grupp av fordon kopplas ihop via trådlös kommunikation till ett fordonståg. Föraren i det första fordonet kör som vanligt medan de övriga fordonen följer efter automatiskt. Därmed kan man köra närmare varandra och samtidigt minska luftmotstånd och bränsle. Detta innebär att de olika lastbilstillverkarna behöver samarbeta så att de olika fordonstyperna kan kopplas ihop i samma SoS samt att även åkerierna måste öppna upp för samarbete. Men det är inte åkerierna eller lastbilstillverkarna som är CS. Vart och ett av dessa äger respektive tillverkar hundratals eller tusentals fordon, och det är dessa som är de självständiga system som utgör CS.



Figur 16. Ett SoS som uppstått för att lösa problemet med klimatsmart transport.

## 6 Affären

### 6.1 Inledning

Att mycket handlar om affärsmodeller för att lyckas med SoS är helt fastställt. Många av projekten/initiativen vi har tittat närmare på saknar helt affärsperspektivet. Detta beror många gånger på att man helt enkelt tycker att tekniken är intressantare och kanske var det även tekniken som var i fokus när man sökte finansiering för sitt projekt. Att tekniken fungerar är ju också en grundförutsättning för att SoSet ska kunna fungera.

För att få ett SoS att tippa över till att bli en färdig tjänst på marknaden krävs dock något mer, ett sätt att arbeta fram hur alla parter i ett SoS konsortium blir en vinnare på något sätt. Det vill säga att man ger ska också innebära att man får. Men det måste också löna sig för de ingående aktörerna att delta i SoSet.

Utmaningen med SoS är att det ofta krävs en initial investering och därför krävs stort fokus på affärsmodellering för att tidigt identifiera de framtida inkomstströmmarna och när ROI kan uppnås. Det räcker inte med att komma fram till en lösning där alla aktörer får positivt kassaflöde långt in i framtiden – analysen måste ta hänsyn till att den negativa kassan inte blir för stor. Företagen måste kunna överleva och inte gå i konkurs.

För samtliga aktörer i SoSet finns det tre kriterier som är viktiga att beakta:

- Det måste löna sig att delta. För företag kan detta beräknas genom investeringskalkyl. För offentliga aktörer, vilkas värde från SoSet inte är pengar utan att viktiga samhällseffekter uppnås, måste en beräkning göras så att värdet av dessa effekter är större än investeringen.
- Det måste gå att delta utan att råka ut för alltför stora förluster på vägen. Även om det långsiktigt lönar sig att delta i SoSet så är det viktigt att det inte kostar alltför mycket på kort sikt att delta.
- Det får inte heller dröja alltför länge innan de positiva värdena av SoSet syns.

I nästa sektion går vi igenom en modell för att analysera dessa tre faktorer för olika SoS-aktörer.

### 6.2 Matematisk modellering av värdeflödesanalysen

Låt  $i$  indexera aktörer och  $C_{ij}(t)$  beteckna värdeflödet (betalning eller annat värdefullt) från  $j$  till  $i$  vid tiden  $t$ .

Vid tiden  $t$  kommer då aktör  $i$ :s totala värdeflöde från andra aktörer vara

$$I_i(t) = \sum_{j \neq i} C_{ij}(t)$$



*Anmärkning 1: förutom betalningen (i form av pengar eller annat värdefullt, t ex "tillgång till data" eller "goodwill") flödar också värdet av att "saker utförs" mellan aktörer. En betalning på 10 kr från resenär till företag motsvaras av att företaget transporterar resenären. Detta kan ses som att resenären betalar för att företaget ska använda sina förmågor för att åstadkomma en förändring i världstillståndet (resenären förflyttas).*

Aktören har också interna kostnader: personal, drivmedel, skatter, direktbetalda investeringar, räntor, amorteringar. Även dessa varierar med tiden. Låt  $U_i(t)$  beteckna utgifterna vid tiden  $t$  för aktör  $i$ .

Differensen  $I_i(t) - U_i(t)$  är kassaflödet vid tiden  $t$  för aktör  $i$ . För att få nuvärdet av detta diskonterar vi med en räntefaktor  $(1+r)^t$ .

*Anmärkning 2:  $I_i(t) - U_i(t)$  kan vara negativ, eftersom man kan acceptera tillfälliga förluster. Men om aktören har liten kassa eller svårt att få lån så kan inte alltför stora förluster accepteras.*

För att avgöra om det lönar sig för aktör  $i$  att delta räknar vi ut två storheter

$$\text{NPV} = \text{nuvärdet av total vinst i framtiden} = \sum_t \frac{(I_i(t) - U_i(t))}{(1+r)^t}$$

$$\text{Ackumulerad vinst/förlust vid tid } t = \sum_{t' < t} (I_i(t') - U_i(t'))$$

Aktör  $i$  behöver avgöra om

- NPV är tillräckligt stort för att verksamheten ska löna sig
- Blir den ackumulerade förlusten vid någon tidpunkt  $t$  i framtiden alltför stor för att företaget ska överleva?
- Dröjer det för länge tills NPV blir tillräckligt stort?

*Anmärkning 3: det är inte bara den ackumulerade förlusten som är viktig, utan företagets totala balansräkning. Vinster som överförs till andra verksamheter eller delats ut måste också räknas med.*

Vissa aktörer kanske är rena SoS-stödjare, som subventionerar antingen SoSet i sin helhet eller vissa aktörer, utan att få något direkt utbyte. (Utbytet kommer i form av systemeffekter som uppnås, t ex minskad trängsel eller tillgänglighet för kommuninvånarna.)

SoS-stödjare behöver avgöra om

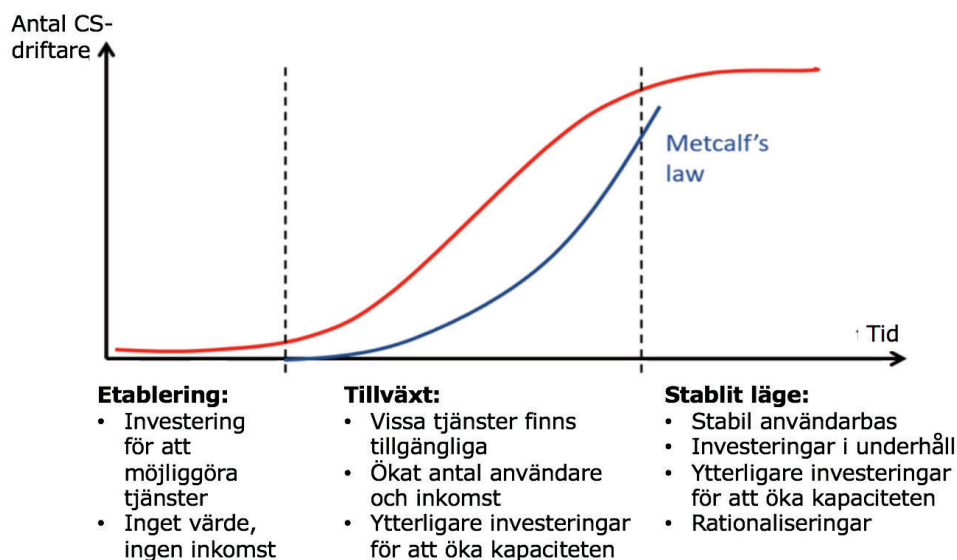
- De externaliserade vinsterna (systemeffekterna) som den får uppväger kostnaderna
- På samma sätt som för den kommersiella aktören finns ett kassaflödesproblem, max-förlusten får inte vara alltför stor.
- Om de positiva värdena för SoS-stödjaren kommer långt in i framtiden och kostnaden tidigt måste även detta tas hänsyn till

Sannolikt kommer SoS-stödjaren att behöva lägga in mer pengar i början (establishment, kanske även growth) medan SoSet kan klara sig självt i steady state. (Fast jämför kollektivtrafik, som idag subventioneras till åtminstone hälften. Om mobilitets-SoS ersätter

kollektivtrafiken är det rimligt att subventionen kanske fördelas även till icke-kollektivtrafikaktörer)

→ Det räcker inte att NPV är positivt för alla aktörer. Det måste också gälla att alla aktörer har acceptabla maxförluster.

→ i praktiken har knappast aktörerna (deras banker) tålamod att låta summeringen gå över alla t, utan affärsmodellen måste visa vinst inom 5 eller 10 år?



Figur 17. Investeringar i förhållande till antal CS-driftare och tid.

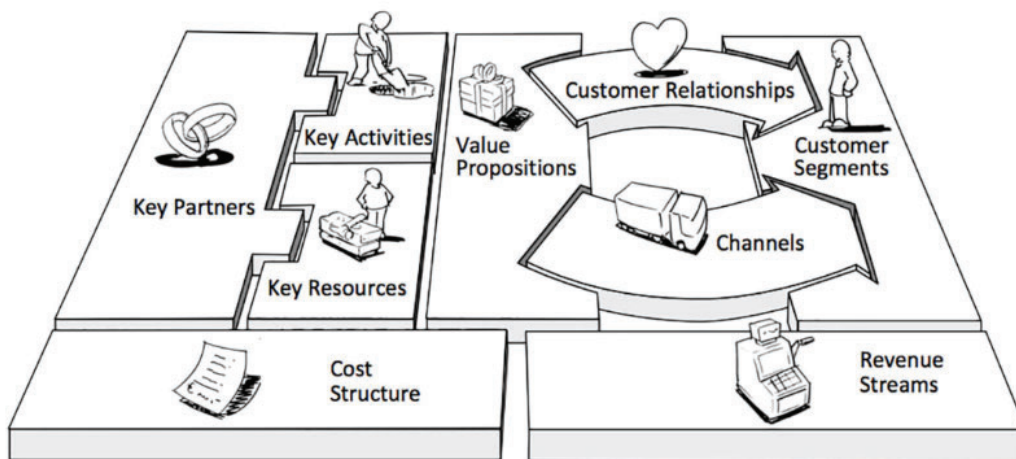
### 6.3 Business model canvas – för varje CS-driftare

Ett bra verktyg att använda vid affärsmodellering har tagits fram av en forskare som heter Alexander Osterwalder och det verktyget heter Business Model Canvas (BMC)

(<http://www.businessmodelgeneration.com/>) och är ett agilt (lättroligt) sätt att beskriva en affärsmodell i nio block.

Förutom att det är ett bra sätt att strukturera begreppen och visa på varför man faktiskt ska genomföra ett initiativ är det också ett mycket bra sätt att synliggöra för övriga organisationen syftet och vilket värde som skapas och hur intäkterna genereras.

Detta verktyg är användbart när man vill simulera ett värdeerbjudande från en tjänst/ett system, däremot har det visat sig svårare att simulera en SoS miljö där flera parter samverkar.



Adapted from 'Business Model Generation', Alexander Osterwalder, Wiley 2012.  
 www.businessmodelgeneration.com  
 Licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 3.0 Unported License.

Figur 18. Business model canvas.

Vår rekommendation är därför att BMC används i processen för att utforska vilket värde varje CS-driftare tillför till SoSet, dvs. en BMC per CS-driftare.

#### 6.4 BMC<sup>2</sup> – total bild av samtliga CS driftare

Under MAUS har en metodik arbetats fram för att kunna arbeta med affärsmodeller i flera dimensioner för att kunna simulera en SoS miljö där flera aktörer samverkar. Detta behövs för att kunna analysera de totala värdeströmmarna för samtliga deltagande CS driftare och ta fram en modell av det totala kassaflödet.

Grundtanken med BMC<sup>2</sup> är att använda ontologin som ligger bakom BMC för att hitta de roller och interaktioner som behövs i en SoS affärsmodell.

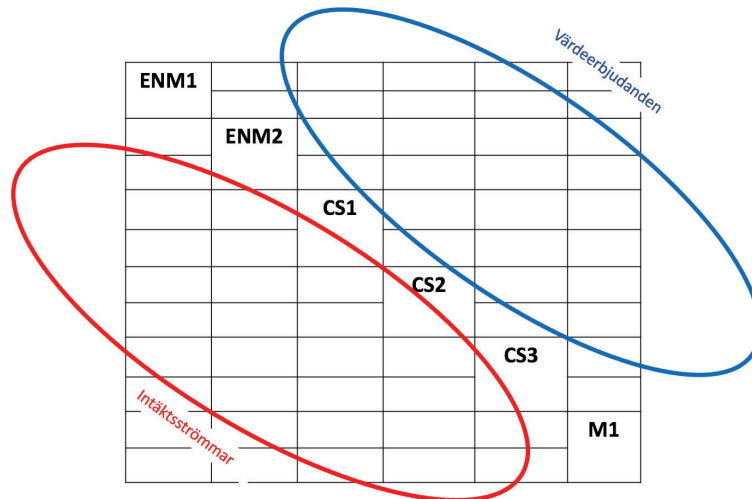
Metoden går ut på att kartlägga de roller som identifierar relationerna mellan olika CS-driftare i ett N<sup>2</sup>-diagram men även de externa nyttomottagarna (ENM) och mediatorerna (M) som får värde av SoSet. N<sup>2</sup>-diagramcellerna är uppdelade i en speciell struktur som fångar vissa av BMC-elementen. Som utgångspunkt till detta arbete krävs att varje CS-driftare har gjort var sin BMC för att identifiera vilket värde de tillför SoSet (se kapitel **Fel! Hittar inte referensälla.**).

Under detta arbete kan det hända att man upptäcker att värdeflödena för SoSet inte går ihop – något saknas. När detta händer behöver man analysera om det är en ny CS som behövs eller om det kanske är en mediator som behövs för att få affärsmodellen att fungera.

I BMC<sup>2</sup> fokuserar vi på värdeströmmarna, både monetära men också andra typer av värden som tex. information och vilka värdeerbjudanden som CS-driftarna tillför de andra delarna i SoSet, dvs. det som kallas för Värdeerbjudanden (Value proposition) och Intäktsströmmar (Revenue streams) i BMC.

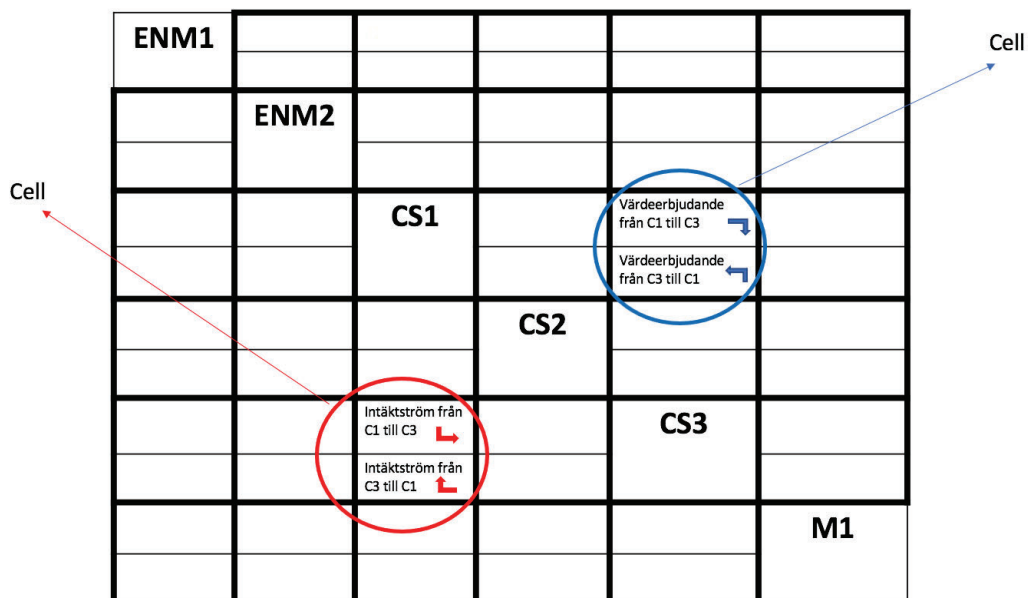
I BMC<sup>2</sup> placeras initialt CS-driftarna, de externa nyttomottagarna och mediatorerna diagonalt i varsin ruta/cell. Som tidigare beskrivits kan mediatorerna identifieras under detta iterativa processteg.

Sedan börjar arbetet med att definiera värdeströmmar. Den högra sidan i BMC<sup>2</sup>-canvasen representerar värdeerbjudandeströmmarna och den vänstra sidan representerar intäktströmmarna.



Figur 19. BMC<sup>2</sup>-canvas, där CS-driftarna, externa nyttomottagarna och mediatorerna är placerade diagonalt och värdeerbjudanden ska definieras till höger och intäktströmmarna till vänster.

Varje cell består av två rutor, en övre och en undre. Den övre rutan representerar värde/intäktflöde från ett system som ligger högre upp i diagonalen till det system som ligger nedanför i diagonalen.



Figur 20. BMC<sup>2</sup>-canvasen med celler.

I den första iterationen så användes det BMC-underlaget som tagits av varje CS driftare. Börja med att fylla i de värdeerbjudandeströmmar som är identifierade och sedan fylls intäktströmmarna in i rätt

celler/rutor. Notera att inte alla celler och rutor kommer att fyllas med information.

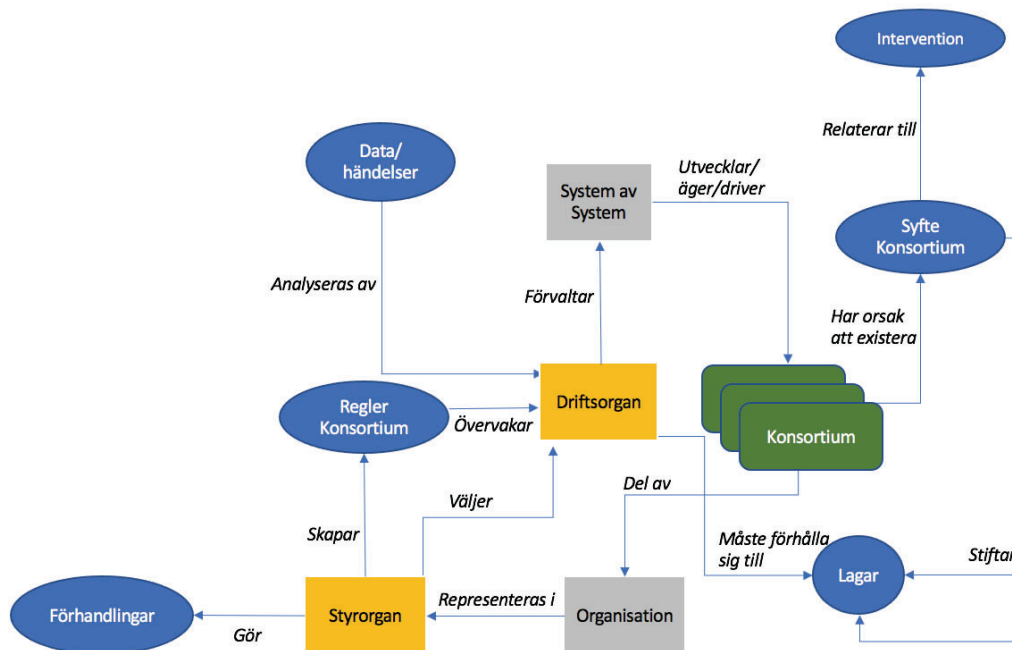
Det brukar behövas flera iterationer med de olika CS-driftarna till dess att alla värdeströmmar är identifierade och alla parter är nöjda. Den stora vinsten med att få alla strömmar i samma översiktsbild är att det blir tydligt att i ett SoS kan tex. CS1 ge värde till CS2 men intäkten kommer från CS3. Under dessa iterationer brukar det också bli tydligt om det behövs en eller flera meditorer för att hantera gemensamma funktioner som tex. betalningsflöden eller annan koordinering.

Efter att BMC<sup>2</sup>-canvasen är ifylld behöver de olika CS-driftarnas BMC:er uppdateras.

## 7 Styrning

### 7.1 Inledning

I kapitel 4.5 beskrevs hur konsortiet var uppbyggt och hur SoSet styrs och driftas. I detta kapitel ges vägledning på vem som tar vilka beslut i SoSet, det vill säga huruvida det är Styrorganet eller Driftsorganet som hanterar dessa beslut.



Figur 21. Vilka beslut tar Styrorganet respektive driftsorganet.

Det generella rådet för styrning av SoS är att [subsidiaritetsprincipen](#) följs, det vill säga beslut ska fattas på lägsta ändamålsenliga nivå. Högre nivå fattar beslut om inom vilka ramar lägre nivå får fatta beslut. Ramarna kan gälla till exempel "omfattning av åtgärden som krävs" eller "omfattning av förändringen som skett". Lägre nivå måste konsultera högre nivå om ramarna bryts.

För att samarbetet ska fungera krävs det tydliga spelregler och någon form av beslutsprocess för att ändra i dessa.

Vi exemplifierar genom att undersöka på vilka sätt SoSet kan utökas. Detta kan ske på åtminstone tre sätt:

- En CS som redan är med i SoS anmäler att det har en ny förmåga (fordonet X får ett större batteri => längre körsträcka)
- En CS-driftare som redan är med i SoS anmäler att det har en ny CS som ska vara med
- En ny aktör vill komma med i SoSet

Beroende på hur man definierar CS kan de två sista båda beskrivas som "Nytt CS vill vara med", jämför diskussionen ovan. Vi ser nu ett

exempel på varför det är viktigt att särskilja en aktörs olika roller: för att möjliggöra öppna och konkurrens-utsatta SoS får ingen aktör ha veto-rätt när nya ska släppas in.

## 7.2 Vägledning: Beslut i SoS och vilken nivå som kan hantera dem

Nedanstående tabell ger en vägledning på vilken nivå olika beslut ska hanteras gällande frågor som uppkommer i SoSet.

Beslutstyp eller situation	När ska detta hanteras av driftsorganet	När ska detta hanteras av styrorganet
Målen för SoS		Styrorganet och SoS-initiator bestämmer målen och hur dessa kan ändras
Behov att ändra målbeskrivning för SoS		Styrorganet och ägar-fråga
Mediator lägger till ny förmåga	Om ändringen är <i>liten</i> och kan beskrivas med nuvarande ontologi	Om ändringen är <i>stor</i> eller inte kan beskrivas i nuvarande ontologi
Ett CS har fått en ny förmåga	Om ändringen är <i>liten</i> och kan beskrivas med nuvarande ontologi	Om ändringen är <i>stor</i> eller inte kan beskrivas i nuvarande ontologi
Ett CS förlorar en förmåga	Om ändringen är <i>liten</i> och kan beskrivas med nuvarande ontologi	Om ändringen är <i>stor</i> eller inte kan beskrivas i nuvarande ontologi
En CS-driftare anmäler att ett nytt CS ska ingå i SoS	Om ändringen är <i>liten</i> och kan beskrivas med nuvarande ontologi	Om ändringen är <i>stor</i> eller inte kan beskrivas i nuvarande ontologi

Beslutstyp eller situation	När ska detta hanteras av driftsorganet	När ska detta hanteras av styrorganet
En ny aktör vill gå med som CS-driftare	<p>Om aktören accepterar standardregler och förmågorna hos dess CS kan beskrivas i nuvarande ontologi</p> <p>Dvs om dimensionerande krav och SoS-accepterade randvillkor uppfylls</p>	Om särskilda villkor krävs; om nya förmågor introduceras; om befintlig SoS-medlem kan påverkas kraftigt negativt
En ny aktör vill gå med som mediator-driftare	<p>Om aktören accepterar standardregler och förmågorna hos dess CS kan beskrivas i nuvarande ontologi</p> <p>Dvs om dimensionerande krav och SoS-accepterade randvillkor uppfylls</p>	Om särskilda villkor krävs; om nya förmågor introduceras; om befintlig SoS-medlem kan påverkas kraftigt negativt
Avsedd effekt av SoS uppnås inte längre – dvs målbeskrivningen uppfylls inte.	Kan detta åtgärdas genom enkel hantering – t ex be CS-driftare sätta in fler fordon?	Om mer komplicerad åtgärd krävs, t ex att hitta helt nya förmågor.
Negativa systemeffekter ökar	Kan detta åtgärdas genom enkel hantering – t ex be CS-	Om mer komplicerad åtgärd krävs, t ex att hitta helt nya förmågor.



Beslutstyp eller situation	När ska detta hanteras av driftsorganet	När ska detta hanteras av styrorganet
	driftare sätta in fler fordon?	
Positiva bieffekter (ej avsedd effekt som är positiv) minskar	Kan detta åtgärdas genom enkel hantering – t ex be CS-driftare sätta in fler fordon?	Om mer komplicerad åtgärd krävs, t ex att hitta helt nya förmågor.
SoS fungerar inte eftersom deltagarna inte får värde (värde kan vara: pengar, quality of service, ...)	Små-optimering inom (av Styrorganet givna) marginaler ligger på management.	Justering av villkoren behöver eskaleras till Styrorganet.
Konflikt mellan parter	Klara avtalsbrott	Allt annat
SLA-brott, någon part drabbas pga en annans fel	Om avtalen täcker detta, se till att boten utdöms	Styrorganet behöver hantera dessa frågor vid upprepade förseelser eller om avtal saknas.  Styrorganet har ansvar att se till att avtalen täcker så mycket som möjligt, och uppdateras vid behov.
Nya behov hos nyttomottagarna – nya målbeskrivning önskas	Om det kan lösas genom enkla åtgärder – t ex större fordon – så hanteras det av management.	Om befolkningen önskar stor minskning i energianvändning så måste nya förmågor tillföras.

Beslutstyp eller situation	När ska detta hanteras av driftsorganet	När ska detta hanteras av styrorganet
Förändringar i förutsättningar – t ex kraftigt ökat snöfall på vintrarna, nya sorters transportförmågor behövs		
Lagändringar		Hanterar
Förändringar i regler för management		Hanterar
Förändringar i management		Hanterar
Management kan tillföras ny förmåga/åtgärds möjlighet		Hanteras

Den styrande principen för när en ändring kan hanteras inom management är om den bryter randvillkoren.

## 8 Designprocessen

### 8.1 Inledning

Detta kapitel beskriver en process för hur system-av-system kan användas för att realisera transportbehovet i framtiden. Metoden adresserar värdeflöden, styrning, systemeffekter och arkitektur.

### 8.2 Metoden

Vi har i tidigare kapitel förklarat hur SoS, som är skapade av konsortium, i sin tur kan skapa konstellationer för att utföra interventioner, dvs. lösa problem.

Denna process kan brytas ned till ett antal steg, kortfattat beskrivna nedan

1. Identifiera och avgränsa problemområdet, vilka intressenter finns, vem har behov, drivkrafter och problem? (se kapitel 4.2)
2. Vad är det som interventionen ska utföra och inte utföra? Vilka är de värden som intressenterna är villiga att både ge och emotta för att få interventionen utförd? (se kapitel 4.2)
3. Vilka förmågor behövs för att lösa problemet? (se kapitel 5.24.2)
  - a. Om uppsättningen förmågor kan lösas av ett enskilt system, bygg då detta istället för att designa ett SoS
  - b. Om uppsättningen förmågor kan lösas under styrning av en enskild part, bygg då ett riktat (directed) SoS.
  - c. Om inte a. eller b. är möjligt, hitta då en uppsättning med CS som tillsammans har de förmågor som krävs för att lösa problemet.
4. Definiera roller för att tydliggöra SoS-gränser (enligt punkt 1, exempelvis var börjar en resa, börjar den hemma eller på en knutpunkt? (se kapitel 5.24.2)
5. Nu ska vi konstruera själva SoSet, och vi behöver då iterera:
  - a. Har vi CS med rätt förmågor – om inte, hur kan vi få in sådana i SoSet?
    - i. Finns det företag som har CS med rätt förmågor och som kan övertygas om att delta i SoSet?
    - ii. Behöver vi få någon att bygga ett CS med rätt förmåga, och hur gör vi i så fall det?
  - b. Behöver vi några mediatorer för att CSen ska kunna samarbeta?
    - i. Finns det produkter på marknaden som kan användas som en sådan mediator? (Dvs: det finns ett företag som har skapat en mediator som använts i ett annat SoS, eller en produkt som med smärre anpassningar kan användas i vårt SoS)
      1. Om inte, kan SoS-konsortiet självt se till att det utvecklas en sådan mediator
    - ii. Vem ska drifta mediatorsen? Finns det någon kommersiell aktör som kan göra detta och vilket värde kräver den i så fall?

1. Om inte, kan SoS-konsortiet självt se till att drifva mediatoren?
  - c. Ta reda på vilka värden som behövs för att utföra interventionen. Utforska sedan vilket värde varje CS tillför till SoSet. (se kapitel **Fel! Hittar inte referensälla.**)
  - d. Analysera de totala värdeströmmarna för samtliga deltagande CS driftare. Behövs ytterligare förmågor för att utföra interventionen? (se kapitel **Fel! Hittar inte referensälla.**)
  - e. Uppstår några oönskade systemeffekter som behöver hanteras? (se kapitel **Fel! Hittar inte referensälla.**)
  - f. Har vi nu tillräckligt med förmågor för att lösa problemet? Om inte, börjar om i steg 4.
6. Utifrån ovan information, identifiera vem som ska designa/skapa och drifva SoSet och skapa konsortium därefter. Här är det viktigt att ingen organisation dominerar för att undvika att fokus blir snedvridet ur ett konkurrensperspektiv. (se kapitel **Fel! Hittar inte referensälla.**)

## 9 Optimering

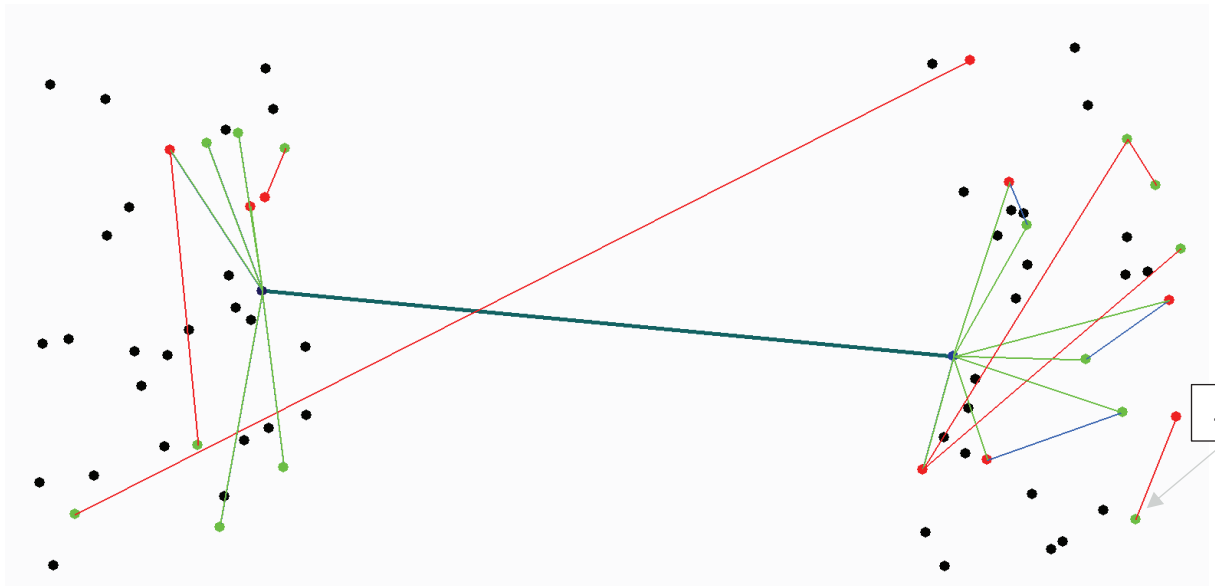
### **Omfattning/Scenario**

Strukturen som undersöks i optimeringsmodellen är ett scenario med två områden (A och B). Mellan de två områdena går en buss vid givna tidpunkter. I varje område arbetar ett antal fordon som kan transportera personer inom fordonets arbetsområde. I varje område finns ett antal personer har transportbehov både inom området och till det andra området. Personerna kan antingen ta sin egen bil, eller åka med fordonet som arbetar i området. Om personen ska till det andra området kan personen antingen ta sin egen bil eller åka med ett fordon till busstationen, åka med bussen och sen åka med ett nytt fordon från busstationen. I de fall som personen ska till och från busstationen kan personen även beroende på avstånd välja att gå till bussen.

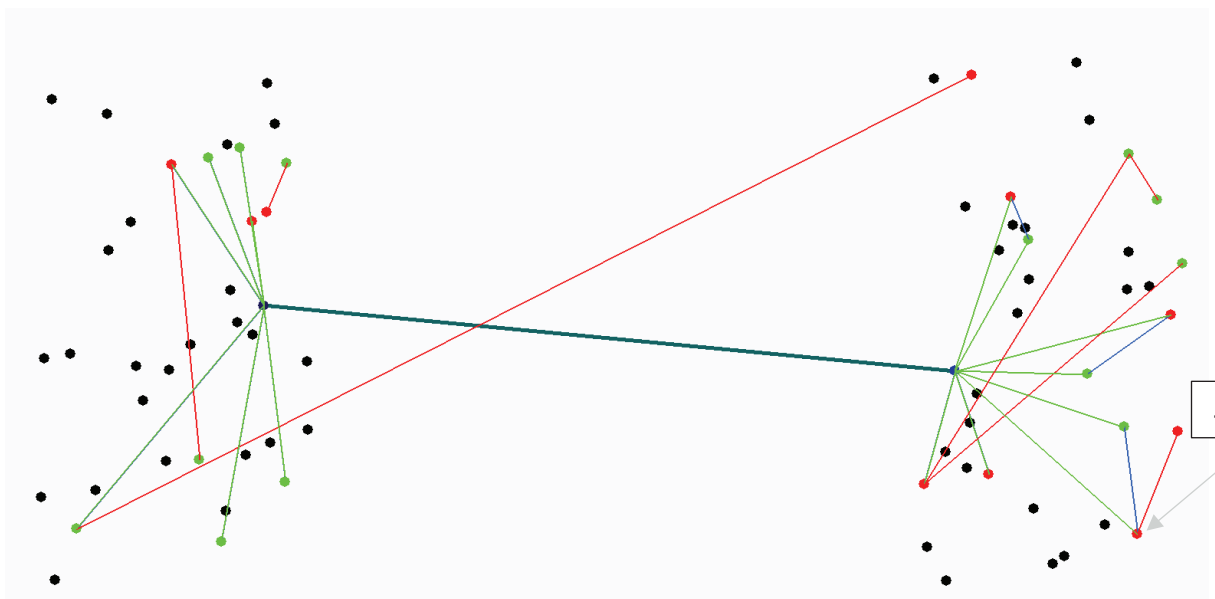
Optimeringsmodellen avser att undersöka hur fordonen i två områden kan koordinera sina transporter och välja vilka transportbehov som är värdefulla att utföra. Optimeringsmodellen läser in alla transportbehov från början och fattar beslut för varje person om de ska ta egen bil eller åka med fordonen.

### **Scenario 1**

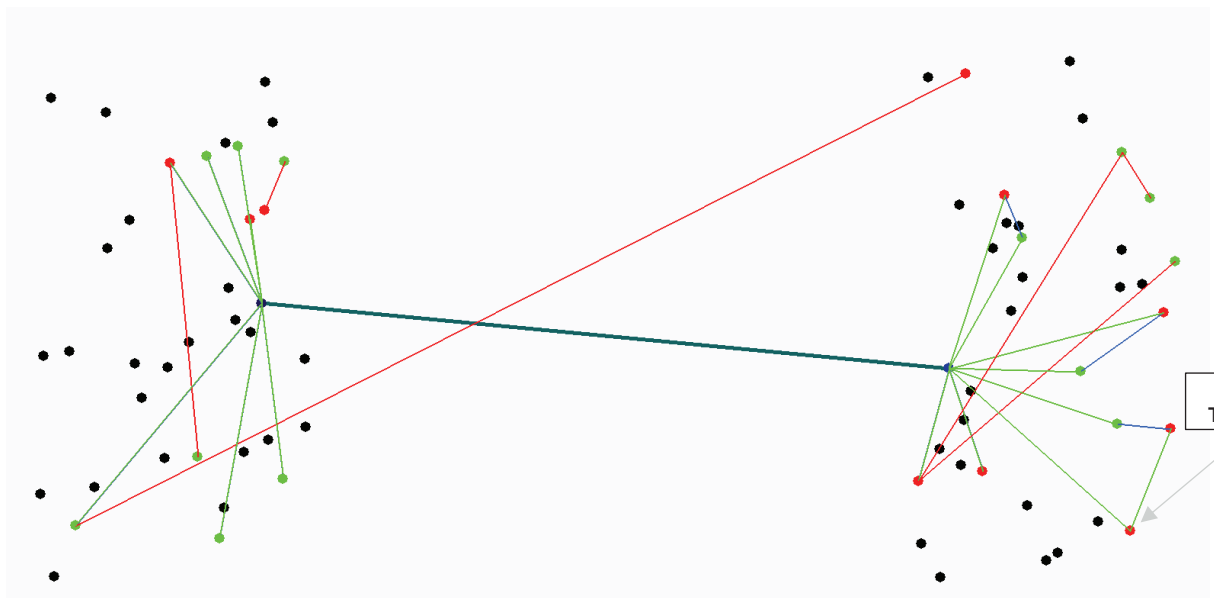
Det är morgon och ett flertal personer ska från hemmet till jobbet. En stor mängd personer har med framförhållning registrerat sina transportbehov. Systemet har registrerat deras behov och erbjudit transporttjänst som har bekräftats och nekats av användarna. Systemet är nu bunden att utföra de uppdrag som har bokats. Bland de som dokumenterade deras transportbehov var Johanna som både bor och jobbar i område B. När Johanna registrerade körde systemet en optimering men meddelade Johanna att hennes behov inte sammanfaller väl med övriga transporter. Hennes transport skulle medföra en ökning av total transportsträcka, det är mer miljövänligt för Johanna att ta egen bil och transporten med fordon skulle förmodligen vara dyr. Bild nedan visar transporter med bil (rött) och transporter med fordon (grönt) samt busslinjen.



Tidigt på morgonen registrerar Niklas sitt transportbehov från A till B. Modellen kör en ny optimering där den förhåller sig till vad den tidigare lovat och konstaterar att systemet kan hinna få med Niklas på bussen samt att detta medför en reduktion i total transportsträcka. Niklas kan få en relativt billig resa och väljer att boka den.

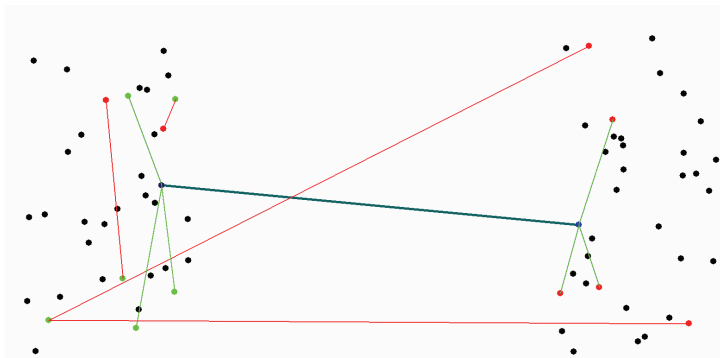


Nu när Niklas resa är bokad kollar modellen igenom de tidigare transportbehov som har registrerats men som inte bokades. Niklas resa innebär nya förutsättningar. Systemet kör en ny optimering och konstaterar att Johannas resa nu sammanfaller väl med de transporter som fordonen i område B måste utföra. Om Johanna väljer att ta fordonen istället för bilen kommer den totala körsträckan minska. En push notis kan nu skickas till Johanna som erbjuds en billig "sista minuten".

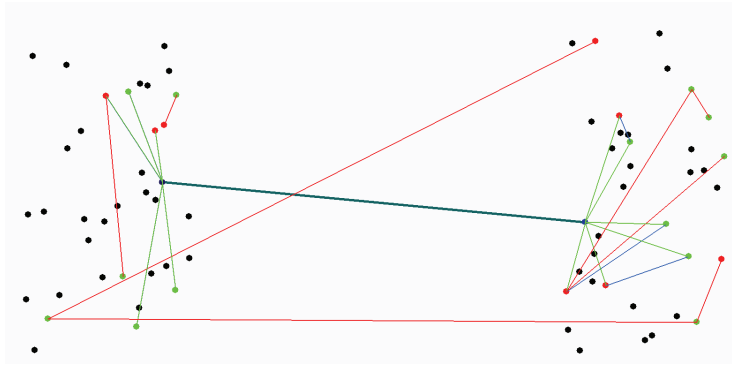


## Scenario 2

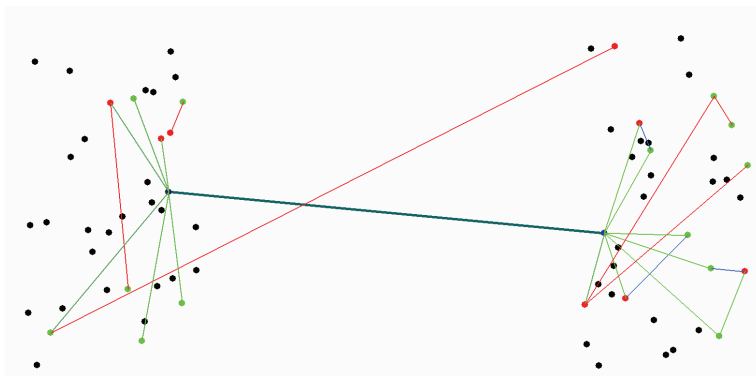
Med modellen kan vi även påvisa vikten av att alla transportaktörer delar information om sina transportuppdrag. Nedan följer ett exempel där tre optimeringar utfördes stegvis. I det första exemplet utfördes en optimering som bara tog hänsyn till transportbehoven från område A och då räknade med en standardkostnad på resan i område B.



Efter optimeringen adderades transportbehoven i område B, optimeringen kördes om men modellen tvingades nu att använda den lösning den valde för uppdragen i område B. Aktören i Område B måste nu lösa de transporter som påtvingats och får göra det bästa av situationen med de övriga uppdragen som finns i område B. Resultatet av denna optimering gav en total körsträcka på 8117 pixlar.



En tredje optimering utfördes där låsningarna i område A släpptes, således optimerade nu modellen med avseende på samtliga transportuppdrag. Modellen kan nu finna synergier mellan behoven i område A och B. Resultatet från denna optimering var 7775.



Optimeringarna visar på något som kan verka självklart med den är ändå värt att notera, ett överordnande styrsystem som ser helheten är en förutsättning för att synergier ska kunna upptäckas. Ju fler transportbehov vi tar hänsyn till desto fler möjligheter får modellen och därmed en potentiell förbättring. Värt att notera är att vid andra optimeringen är det personer i både område A och B som tar bilen. I den tredje optimeringen åker dessa med fordonen. Dvs både aktören i område A och B gynnas av att dela information.

### Vidare arbete

Optimeringsmodellen som används har inte möjlighet att transportera mer än en person i taget. Om denna begränsning arbetas bort kommer modellen få mycket mer möjligheter och kunna finna fler synergier. Ett problem med att arbeta bort denna begränsning är att optimeringsproblemet kan växa enormt om man inte formulerar problemet på ett smart sätt. Formuleringen som används i denna optimering kanske inte längre är lämplig, man kanske måste välja en annan approach. Ett alternativt sätt att formulera problemet skulle vara att modellera transportbehov som två noder. En nod med en matris full med nollor utom i en position med en etta som motsvarar den plats den personen vill till. Den andra noden motsvarar slutpositionen, denna nod har motsvarande matris med -1 i den position som motsvarar platsen. Varje fordon utrusas med motsvarande matris som visar antalet personer som finns i bilen.



Modellen ska nu avgöra i vilken ordning fordonet ska besöka noderna. Varje gång fordonen lämnar en nod får ingen position i matrisen vara mindre än noll (Vi kan inte lämna av någon på noden om vi inte har någon i bilen som vill av här). Liknande får inte summan av fordonets matris vara större än 4 (vi kan inte ha mer än 4 personer i fordonet).

## 10 Sammanfattningar av externa publikationer som tagits fram under MAUS-projektet

### 10.1 SoSE2020 Situation Awareness and Decision Making for Constituent Systems

Svenson, P., & Axelsson, J. (2020). Situation Awareness and Decision Making for Constituent Systems. In SOSE 2020 - IEEE 15th International Conference of System of Systems Engineering, Proceedings (pp. 361–366). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/SoSE50414.2020.9130539>

#### Bakgrund:

Allt fler system som tidigare drevs självständigt börjar nu samverka och blir mer och mer synkroniserade. Samtidigt gör framstegen inom artificiell intelligens att systemen blir mer och mer autonoma. Allt detta ger upphov till ökade fördelar för användarna och möjliggör även nya affärsanvändningsfall. I de fall där systemen är, helt eller delvis, autonoma har de ett behov av att vara medvetna om sin omgivning – de behöver ha situationsmedvetenhet. Dessa I detta dokument introducerar vi begreppet situationsmedvetenhet för ingående system och beskriver en inledande analys av de olika medvetenhetsbehoven för olika faser av CS.

#### Resultat och slutsats:

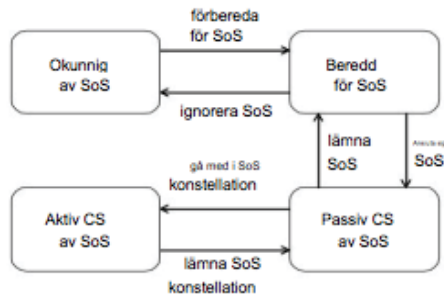
Konstituerande system av system av system har dock ett behov av att fatta andra beslut än helt fristående system. En CS måste också bestämma om den ska ingå i en konstellation, och i så fall vilken konstellation som bäst tjänar dess egna mål. När ett resultat av förhandlingen har fastställts måste varje CS bestämma om den ska följa detta beslut eller lämna konstellationen. Notera att i de flesta fall kan en underlåtenhet att följa det gemensamma beslutet innebära böter eller någon annan "straff" enligt de avtal som styrsystemet; detta måste beaktas innan beslutet fattas.

För att undvika att enskild CS måste fatta sådana beslut omedelbart och för att säkerställa ett konsekvent beteende, bör riktlinjer och verksamhetsregler utarbetas som täcker de vanligaste fallen. Även om konsekvent beteende inte är ett mål i sig för en SoS, hjälper det till att korrekt förutsäga CS-svar, vilket gör det lättare att hitta bra förhandlingsstrategier.

För att en CS ska ha situationsmedvetenhet måste den ha en världsmodell. En världsmodell är en representation av den verkliga

världen i en form som den intelligenta agenten kan använda för att resonera kring den. Det kan jämföras med det ibland använda "digitala tvillingkonceptet" och är agentens interna representation av sin situationsmedvetenhet. Världsmodellen konstrueras och uppdateras genom att använda alla tillgängliga datakällor. En databas med policyer och regler som CS måste följa skulle också kunna inkluderas; Observera att vissa regler och förordningar också är en del av världsmodellen, till exempel de som kan ändras beroende på CS:s geografiska position. En komplicerande faktor är att en CS kan vara en del av flera SoS samtidigt. Utöver informationen om miljöns nuvarande tillstånd, behöver världsmodellen även inkludera förutsägelser om framtiden och förutsägelser om de interna tillstånden i andra CS.

För att ha en korrekt världsmodell och få situationsmedvetenhet är det nödvändigt att veta vilken information som behöver representeras i modellen. I det här avsnittet bestämmer vi informationsbehoven för en CS i olika faser av dess livscykel.



## 10.2 INCOSE\_Symp 2021 Final How do we know?

INCOSE symposium 2021 – Robert Nilsson, How do we know that we know? - A Model-Based-Knowledge-Management Concept supporting digital effectiveness,

### Bakgrund:

Kombinationen av datorer som blir mindre och ökad mängd uppkoppling är en av de främsta bidragsgivarna till förstärkt komplexitet i produktutvecklingen. Antalet produkt-noder som samt kopplingar mellan dem ökar samtidigt som ny funktion blir en vara i högre hastighet. Prisvärda produkter genom väldesignade tjänster såväl som kontinuerliga anpassningar och ständiga förbättringar blir en naturlig del av förväntningarna på produkter och tjänster.

I arbetet med arkitekturer utmanar den ökade komplexiteten uppgiften att skapa en helhet (gör rätt sak) ur bitar (gör saken rätt). I större komplexa system betyder detta att antalet potentiella lösningar på ett problem ökar samtidigt som vi inte känner till problemet utrymmer sig tillräckligt bra. Denna speciella situation var t.ex. hittats i ett forskningsprojekt (kallat MAUS) hantera affärsmodeller och

arkitekturmönster relaterade till urban mobilitet i ett system av system (SoS) sammanhang.

### Resultat och slutsats:

Så snart den traditionella världen av arkitekturprinciper och potentiella affärscases var in i problemutrymmet exploderade bokstavligen. Efter att ha intervjuat 10 andra SoS relaterade projekt liknande resultat hittades. Att arbeta i ett SoS-sammanhang i ett siloformat är hanterbart och definitioner och SoS-typer kan hittas och ibland till och med tillämpas. Men, gå in i en värld av gemensamma värderingar, tydliga affärscases och att sätta gränser på ett samarbetsätt är fortfarande utmanande. Att hantera den komplexa situationen i MAUS ett koncept för Model-Based Knowledge Management (MBKM) inspirerat av INCOSE Knowledge Ledningsarbetsgruppen testades.

Arkitekturen of Systemology används som grund för att organisera och definiera en uppsättning systemiska principer som identifierades som nödvändigheter för att hantera komplexitet (mycket inspirerade av utveckling av ISO/IEC/IEEE-42010). Uppsättningen principer identifieras som möjliggörare för att hantera problem med tillämpningen abstraktioner, nedbrytningsstrukturer och aspekter på ett konsekvent sätt. Principerna används sedan i sin tur att förklara ramverket som definierar MBKM-konceptet. Ramverket möjliggör ett systematiskt förhållningssätt till att hantera komplexa områden med hjälp av taxonomi, ontologi, arkitekturbeskrivning och klassisk information modellering. Som ytterligare ett försök till vetenskaplig förankring kommer presentationen också att innehålla resultat av jämför MBKM-konceptet med arkitekturen för systemvetenskap som presenterades på International Society for Systems Sciences av Gary Smith (2021, ISSS, <https://vimeo.com/519125085>).

MBKM-konceptet har potential för att hantera företagsarkitekturer som täcker både den organisatoriska och affärsaspekter samt produktarkitekturer och verktygsmetamodeller. Det anses vara en viktig del av den stora uppgiften att reda ut okända om vad Internet of things erbjuder. Om vi vill förstå beroenden i ett system över flera domäner av systemkontext ett ramverk som MBKM-koncept behövs. När Volvo Cars gick in i ett storskaligt agilt set-up 2017 flera utmaningar för anpassning av företagsomfattande angelägenheter har övervägts och i detta sammanhang möjligheten att hantera med kunskapshantering har visat sig vara avgörande. Med en storskalig agilt uppsättning och MAUS som en bakgrundskunskapshantering på ett modellbaserat sätt anses vara en väsentlig del för att kunna digitalisera och komma in i framtida möjligheter för industri 4.0. Nyckeln till denna presentation är MBKM-konceptet som kan användas för att hantera kunskap med hands on modellering. "Oh my" - med MBKM-konceptet förvirringarna av skattelinor, ontologier och metamodeller kan förtydligas och lösas. Konceptet kan appliceras var man vill och har inga krav på verktyg även om grafdatasteknik

rekommenderas. Ett exempel på applikation är definition av gränser för SoS som möjliggör arkitekturarbete som i sin tur kan bearbetas enligt principerna i ISO/IEC/IEEE-42010, som i forskningsprojektet MAUS. Ett annat exempel på applikation är hantering av en organisationsprocesser och verktyg. Organisationer är traditionellt högt beroende av verktyg från olika leverantörer som alla har unika styrkor och gränser. Om dessa verktyg ska användas på ett effektivt sätt, t.ex. i ett stort agilt sammanhang är det av stor vikt att veta vilket problem som ska lösas samt valt tillvägagångssätt och att kontinuerligt kunna se över den utvecklande situationen.

### 10.3 SoSE 2021 A design method for collaborative systems of systems applied to Metropolitan Multi-Mode Transport System

Svenson, P., Reichenberg, F., & Axelsson, J. (2021). A design method for collaborative systems of systems applied to Metropolitan Multi-Mode Transport System. In 2021 16th International System of Systems Engineering Conference, SoSE 2021 (pp. 13–18). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.  
<https://doi.org/10.1109/SOSE52739.2021.9497488>

#### Bakgrund:

System av system uppstår när självständigt ägda, drivna och utvecklade system kan uppnå ömsesidiga fördelar genom att arbeta tillsammans. I samarbetande system av system finns det ingen styrande enhet som instruerar andra hur och när de ska samarbeta. Samarbetet förlitar sig istället på oberoende beslut av de ingående systemen för att bilda samverkande konstellationer, och fördelarna är framväxande egenskaper av detta. I denna artikel beskrivs en designmetod för att konstruera samarbetande system av system.

#### Resultat och slutsats:

En designmetod för samverkande system av system

1. Bestäm problemdomänen. Vilka är förmånstagarna/intressenterna, vilka är behoven?
2. Vilket är det önskade värdet som insatsen ska skapa? Vilka är de värden som stödmottagare/intressenter är villiga att ge insatsen?
3. Vilka förmågor behövs för att lösa problemet/utföra interventionen?
  - a. Om uppsättningen av förmågor kan tillhandahållas av ett enda system, bygg detta istället för att designa ett system av system.

- b. Om uppsättningen av kapacitet kan användas för att lösa problemet under ledning av en part, konstruera ett riktat system av system.
  - c. Annars, hitta en uppsättning av ingående systemkombinationer som kan lösa problemet.
4. Bestäm för varje ingående system från föregående steg vilka värden det skapar. Vilka är de värden som de ingående systemen (dess operatör och ägare) skulle kräva för att delta i insatsen?
5. Analysera värdeflödena hittills. Passar de alla ihop eller behövs ytterligare funktioner? Kan dessa nya funktioner fyllas av ytterligare ingående system, infrastruktur eller medlare? Beskriv de förmågor som behövs.
6. Vilket värde skapar dessa nya element och vilka värden behöver de för att delta?

Metodens fokus ligger alltså på de ingrepp som konstellationer ska utföra. Systemet bör utformas för att underlätta skapandet av sådana konstellationer.

#### 10.4 SoSE 2021 Resilience in systems of systems: Electrified transport systems

Svenson, P., Eriksson, K., & Janhall, S. (2021). Resilience in systems of systems: Electrified transport systems. In 2021 16th International System of Systems Engineering Conference, SoSE 2021 (pp. 162–167). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/SOSE52739.2021.9497485>

##### Bakgrund:

Transportsystemet är ett stort SoS som står inför utmyntningar på grund av klimatförändringarna. Målet att mildra klimatförändringarna medför utmaningar för transportsystemet och detta innebär i sin tur utmaningar för systemets motståndskraft. Med resiliens menar vi ett systems anpassningsförmåga på grund av störningar och överraskningar och detta papper beskrivs en aspekt av godstransportsystemet, nämligen bränsleförsörjningssystemet och i synnerhet infrastrukturen för elektrifierade godstransportsystem och hur man kan identifiera krav för att utveckla en metod för att öka resiliens i detta system.

##### Resultat och slutsats:

Resiliens kan inte ses som en extra funktionalitetsbox som kan läggas till ett system. Istället måste det beaktas från början vid utformningen av systemet. Resiliens är en framväxande egenskap hos ett system och som sådan kan den inte förutsägas utifrån de specifika komponenterna som utgör systemet. Dessutom kan ansvaret för att göra ett system av

system motståndskraftigt inte läggas på en aktör. De framväxande egenskaperna och samverkan i systemet av system kräver att alla aktörer deltar i resiliens tekniken.

På en hög nivå kan de design- och driftsprinciper som kan ändras för att förbättra motståndskraften/resiliensen delas in i tre områden: teknik; organisation; beteende.

**Teknik:** De teknologikomponenter som ökar motståndskraften kan vara antingen på en ingående systemnivå eller på SoS-nivå. Exempel på det förstnämnda kan vara införandet av reservbatterier i bilar. Att tillhandahålla den tekniska funktionaliteten för att inte bara ladda bilbatterier utan även använda bilbatterierna som reservoar för energisystemet när produktionen är mindre än energianvändningen är en teknisk komponent på ingående systemnivå som måste matchas med tekniska, organisatoriska och affärsresilienskomponenter på systemnivå.

**Organisation:** Det behövs också förändringar i organisationsstrukturen, det kan tex. vara införandet av nya roller eller funktioner på det ingående systemet eller SoSet. Det finns ett stort behov av utbildning för att göra det möjligt för berörda parter att internalisera åtgärder som ska vidtas i händelse av kris. För detta behövs nya regler och doktriner. Alla intressenter som är involverade i det elektrifierade godstransportsystemet bör delta i regelbundna övningar.

**Beteende:** När det gäller de andra områdena kan beteendeförändringar ske på SoS- eller CS-nivå, men en ytterligare komplikation är att beteenden hos användare såväl som andra intressenter också är viktiga. Införandet av ny teknik och nya transportsätt driver på förändringar av beteende eller kultur. I det elektrifierade godstransportsystemet införs en stor del av beteendeförändringen av e-shopping, där lasten för närvarande levereras i en butik och förs till slutstationen av köparen till ett system där lasten levereras direkt på privata hem. Således ägdes varorna fram till nu av kunden under den senaste transporten från butiken till kundens hem, och det nya systemet ändrade äganderätten till varan när den levereras hem till kunden. Detta introducerar nya transportsätt och ett beroende av ett system som levererar mest last hela vägen hem, jämfört med det nuvarande systemet där de flesta transporterar varorna den sista milen själv.

## 10.5 SoSE 2021 Should i Stay or Should i Go? How Constituent Systems Decide to Join or Leave Constellations in Collaborative SoS

Svenson, P., & Axelsson, J. (2021). Should i Stay or Should i Go? How Constituent Systems Decide to Join or Leave Constellations in Collaborative SoS. In 2021 16th International System of Systems

Engineering Conference, SoSE 2021 (pp. 179–184). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.  
<https://doi.org/10.1109/SOSE52739.2021.9497474>

#### 10.5.1 Bakgrund:

Ett CS kan ha två olika syften, ett syfte är att lösa en probleminstans som de problem den som CS den är designad för att lösa och ett annat syfte är att CSet deltar i en konstellation som löser en annan typ av problem som en del av ett SoS.

Frågan är hur CSet bestämmer för att delta i en konstellation, lämna en konstellation och delta i en annan konstellation eller helt enkelt lämna konstellationen för att lösa problem själv som CS.

#### 10.5.2 Resultat och slutsats:

Forskning visar att besluten kan tas på tre olika sätt:

- CS kan diskutera och ta beslut tillsammans med sin CS driftare
- CS kan konsultera med andra element i SoSet, ex. mediatorer
- CS bestämmer själv, men det kräver att CSet är medveten om situationen och har möjlighet att resonera fram till ett beslut
- 

Det finns många faktorer som påverkar besluten:

- Målen för CS
- Målen för ägar- och driftorganisationerna
- Vilka fördelar som finns i att vara med i en konstellation
- Lagar och regler i samhället
- Lagar och regler i SoSet (ex. viten för att lämna konstellation etc)
- Data om världen/miljön
- Medvetenheten om situationen, vilket omfattar alla ovanstående punkter

Slutsatserna är att CS opererar självständigt och man måste som SoS driftare vara medveten om att de ingående CSen måste ta beslut hela tiden.

### 10.6 Transportforum 2021 System av system för urban mobilitet – litteraturstudie och ontologi

Författare: Pontus Svenson RISE, Reseach Institute of Sweden

#### 10.6.1 Bakgrund

Dagens urbana mobilitet och transporter präglas av förändringar och ett stort antal aktörer. Mobilityas-a-Service (MaaS) blir allt vanligare. En stadsbo kan idag välja mellan flera olika transportsätt för såväl persontrafik som godstrafik. Det saknas dock samverkan mellan alla dessa transportsätt och aktörer, vilket leder till ineffektiva transporter.



Förutom längre res- och transporttider än önskat (ineffektivitet i mobilitetssystemen) leder detta också till ökad miljöpåverkan, trängsel och frustration hos kunder. Ökade förväntningar på tillgänglighet och t ex möjligheten att enkelt returnera varor inköpta genom internethandel kommer att öka dessa problem i framtiden. En lösning som kan bidra till förbättrad effektivitet och minskad miljöpåverkan är att öka graden av samverkan mellan olika transporter. Projektet MAUS arbetar med hur sådana system av system-lösningar kan konstrueras för att på bästa möjliga sätt skapa tillämpningar inom mobilitet i städer. MAUS första resultat vad gäller användningsfall och terminologi/ontologier presenteras här.

#### 10.6.2 Metod

MAUS använder flera use case för att ta fram generella mönster och designprinciper för arkitektur och affärsmodeller för decentraliserade system av system för urban mobilitet. Huvudfokus är att förtydliga skillnaden mellan decentraliserade och centraliserade lösningar, samt att undersöka vilka kriterier som kan användas för att avgöra vilken sorts lösning som passar bäst för ett givet problem. Intervju- och litteraturstudier har genomfört

#### 10.6.3 Resultat och slutsats

Intervju- och litteraturstudier som genomförts visar att det saknas ett gemensamt språkbruk för system av system. Vidare syns det att förutsättningar för affärsmässighet i framtagna lösningar ofta saknas. Det behövs ett större fokus på affärsmodeller och en gemensam terminologi som möjliggör återanvändning av designmönster för system av system-lösningar.

### 10.7 Transportforum 2022 Resiliens i det fossilfria godstransportsystemet

Presentatör: Sara Janhäll, RISE, Reseach Institute of Sweden, Borås/Lund/Stockholm, Sverige

Författare: Sara Janhäll RISE, Reseach Institute of Sweden, Borås/Lund/Stockholm, Sverige, Kerstin Eriksson RISE, Reseach Institute of Sweden, Borås/Lund/Stockholm, Sverige, Pontus Svenson RISE, Reseach Institute of Sweden, Borås/Lund/Stockholm, Sverige

#### 10.7.1 Bakgrund:

Med ökade hållbarhetskrav, klimatförändringar och ett försämrat säkerhetspolitiskt läge behöver framtidens fossilfria godstransportsystem designas så att det också blir resilient, dvs har en förmåga att hantera överraskningar. Om det fossilfria godstransportsystemet inte kan göras åtminstone lika resilient som dagens fossilberoende godstransportsystem så går det inte att implementera det.

### 10.7.2 Metod:

Intervjuer med domänexperter inom områdena transportsystem, transporters energiförsörjning samt kris och säkerhet har genomförts, liksom litteraturstudier av både vetenskaplig och grå litteratur. Baserat på detta har en system av system-modell av det fossilfria godstransportsystemet utvecklats.

### 10.7.3 Resultat och Slutsats:

En preliminär system av system-modell av det fossilfria godstransportsystemet. Designregler för funktionalitet hos olika aktörer i det fossilfria godstransportsystemet. Slutsatser om brister i dagens organisering av godstransportsystemet. Bland de viktigaste slutsatserna kan nämnas: Ökad samverkan och samordning mellan olika aktörer inom godstransport och transporterens elförsörjning behövs. Detta kräver såväl tekniska som organisatoriska och processrelaterade förändringar, liksom att avtal finns som säkerställer aktörers möjlighet att dela information som kan vara affärskritisk och att fatta beslut på plats. Ansvarsfördelningen är idag oklar! Dagens godstransportsystem har utvecklats under lång tid och i förhållandevis långsam takt, medan omställningen till fossilfritt transportsystem idag går snabbt. De snabba förändringarna leder till att viktiga frågor kan hamna mellan stolarna. Speciellt när aktörer förlitar sig på att gamla lösningar fortfarande fungerar, trots förändringar i angränsande system. Det är tydligt att samtliga energislag som kan vara aktuella för fossilfri godstransport behöver ingå i arbetet med att utveckla ett resilient godstransportsystem. Det finns ett stort behov av att öva och träna krisberedskap inom de sammankopplade energi- och transportsystemen.

## 10.8 SoSE2022 Constituent Systems Quality Requirements Engineering in Co-opetitive Systems of Systems

P. Svenson, T. Olsson and J. Axelsson, "Constituent Systems Quality Requirements Engineering in Co-opetitive Systems of Systems," *2022 17th Annual System of Systems Engineering Conference (SOSE)*, 2022, pp. 347-352, doi: 10.1109/SOSE55472.2022.9812663

### Bakgrund:

System av system består av oberoende ägda, drivna och utvecklade ingående system som arbetar tillsammans för ömsesidig nytta. Samarbetande system av system består av ingående system som dessutom konkurrerar. I detta papper fokuserar vi på kvalitetskravsteknik för en ingående systemutvecklare i sådana SoS. Vi diskuterar behoven och kraven för en strukturerad kvalitetskravskonstruktionsprocess, med exempel hämtade från transportdomänen, och finner att det finns ett behov av medlare och

avtal mellan ingående systemutvecklare för att möjliggöra kvalitetsdatautbyte.

#### 10.8.1 Resultat och slutsats:

En SoS består av oberoende ägda, drivna och utvecklade CS. En CS-ägare skaffar en CS från en CS-utvecklare och instruerar sedan CS-operatören. SoS innehåller flera CS, som i alla utom de enklaste fallen kommer att ha olika ägare, operatörer och utvecklare. I inledningen nämnde vi konstellationer som de uppsättningar av CS som utför faktiskt arbete med att lösa en specifik uppgift som presenteras för SoS. Att göra det möjligt för konstellationerna att tillsammans lösa dessa uppgifter på konstellationsnivå är orsaken för att bygga SoS i första hand. Men CS:s oberoende gör det möjligt för dem att samtidigt lösa uppgifter på CS-nivå som inte kräver samarbete med andra. För att återgå till de olika CS-relaterade rollerna, noterar vi att det för våra syften är särskilt viktigt att skilja mellan utvecklare och operatör av CS. Det är de kvalitetskravsutmaningar som induceras av konkurrensen mellan olika CS-utvecklare och CS-operatörer som är i fokus för detta dokument.

Det är användbart att samla in data om kvalitetsaspekter för att förstå problemen och sammanhanget för CS. Sådan data behövs också för att förstå bildandet av de konstellationer som löser uppgifterna på SoS-nivå. Det finns alltså behov för både CS-utvecklare och CS-operatörer att dela vissa data och genom att göra detta kommer både CS och SoS prestera bättre. I ett SoS kan inte bara utvecklaren och operatören av ett system vara olika organisationer, utan det finns många organisationer som utvecklar ingående system och det finns många organisationer som driver olika konstellationer av ingående system. Därför krävs övervakning av verksamheten för att förstå kvalitetsbehoven delning av data mellan ett konsortium av behov organisationer – kanske till och med konkurrenter.

Det är nyckeln till att kunna koppla kvaliteten i användningen till tekniska åtgärder som kan vidtas för att en systemutvecklare ska förstå hur man åtgärdar specifika problem med användningskvaliteten. Möjligheten att bestämma kvaliteten vid användning vid designtillfället beror mycket på driftsmiljön och på intressenterna. Att modellera verksamhetsmiljön och intressenter kan dock vara utmanande. Att förlita sig på designtidsaktiviteter som fokusgrupper och expertutlåtanden kanske inte nödvändigtvis fångar den faktiska relevanta kvaliteten som används. Det finns därför ett behov av att hitta sätt att mäta produktkvalitet i drift och relatera dem till kvalitet i användning – som vanligtvis inte kan mätas direkt på användningen.

Kvalitetsdata kan samlas in både på konstellationsnivå och på CS-nivå. För konstellationsnivån är kvalitetsdata ett mått på hur väl konstellationen tillfredsställer användarna/mottagarna av SoS. Förutom direkta fördelar för användarna av SoS finns det också samhällsnytta (t.ex. mindre föroreningar och trängsel, bidrag till minskning av CO<sub>2</sub>-utsläpp). Även dessa samlas på konstellationsnivå. Det är SoS:s ansvar att samla in denna konstellationsnivådata. För detta skulle en medlartjänst kunna användas. Denna medlare måste samla all data och skicka lämpliga sammanfattningar av den till CS-operatörer och utvecklare samt andra intressentroller. Som förklarats ovan finns det också ett behov av att dela data mellan olika CS-operatörer och utvecklare, som båda kan samla in kvalitetsdata från CS.

## 10.9 SoSE2022 Initiation and Formation of Constellations in Systems of Systems

P. Svenson and J. Axelsson, "Initiation and Formation of Constellations in Systems of Systems," *2022 17th Annual System of Systems Engineering Conference (SOSE)*, 2022, pp. 340-345, doi: 10.1109/SOSE55472.2022.9812675.

### 10.9.1 Bakgrund:

System av system syftar till att utveckla lösningar som ger möjlighet att uppfylla behov som inte kan uppfyllas av ett integrerat system. I många SoS finns det ett behov av att lösa flera uppgifter samtidigt. Varje uppsättning av ingående system som samarbetar för att lösa en sådan uppgift är en konstellation. I detta dokument diskuterar vi processen att bilda sådana konstellationer. Vi fokuserar på samverkande system av system och beskriver konceptuella modeller för bildandet av konstellationer. Även om det finns en litteratur om SoS, fokuserar den för det mesta på SoS där CS samarbetar fullt ut och delar samma mål mer eller mindre helt. Vi hävdar att så ofta inte är fallet: i många intressanta SoS har CS flera mål, varav bara några är i linje med målen för de andra CS och SoS som helhet. Det finns också många intressanta SoS där det enda gemensamma målet är att tjäna pengar: i sådana SoS samarbetar CS eftersom detta gör det möjligt för dem att få fler affärsmöjligheter än att arbeta helt själva. För att en sådan samling system korrekt ska kunna kallas ett SoS måste det naturligtvis finnas starka incitament för de enskilda systemen att samarbeta – CS kan inte ha helt andra och motstridiga mål. I denna artikel och vår pågående forskning är vi intresserade av SoS där CS samtidigt både samarbetar och konkurrerar. I denna artikel diskuterar vi några aspekter av hur samarbete i sådana SoS kan beskrivas.

### 10.9.2 Resultat och slutsats:

I samverkande SoS måste varje CS själv bestämma om den ska gå med i en konstellation eller inte. Som diskuterats ovan kan en passiv CS i ett samarbete SoS aktivt leta efter en konstellation, i motsats till att gå med i en konstellation, eller vara likgiltig. När en aktör i SoS föreslår en möjlig konstellation måste alla föreslagna medlemmar av den analysera situationen och avgöra om det är fördelaktigt för dem att gå med i den. En konstellersbildande förmedlingstjänst måste kunna se möjligheter där att bilda en konstellation skulle vara fördelaktigt för alla agenter som behövs i konstellationen. Det är av avgörande betydelse att alla inblandade aktörer litar på medlaren. Om användare tror att medlaren inte kommer att hitta den mest kostnadseffektiva lösningen för dem kommer de att sluta använda den.

För att kunna se möjligheter till konstellationer behöver medlaren ha information om CS:ns möjligheter samt information om behoven hos användarna av SoS. Observera att medlaren generellt sett bör få föreslå konstellationer som skulle kräva att några av CS lämnar en annan konstellation som de för närvarande befinner sig i. Därför är det nödvändigt att ha en ontologi också för att uttrycka användarnas behov. Observera att denna ontologi inte behöver vara densamma som förmågor-ontologin – det räcker att den konstellersbildande förmedlaren förstår båda.

Det räcker inte att bara hitta möjliga konstellationer: medlaren bör också göra en viss optimering för att säkerställa att de föreslagna konstellationerna är bra. Detta optimeringsproblem kan i allmänhet inte lösas exakt, istället måste en ungefärlig optimering användas.

## 10.10 SoSE 2022 On the Concepts of Capability and Constituent System Independence in Systems-of-Systems

J. Axelsson and P. Svenson, "On the Concepts of Capability and Constituent System Independence in Systems-of-Systems," 2022 17th Annual System of Systems Engineering Conference (SOSE), 2022, pp. 247-252, doi: 10.1109/SOSE55472.2022.9812682.

### 10.10.1 Bakgrund:

System-of-systems är utformade för att tillhandahålla en förmåga som deras ingående system inte kan uppnå individuellt. En nyckelegenskap är att de ingående systemen har en viss grad av operativt och ledningsmässigt oberoende. Begreppen förmåga och oberoende är således centrala inom området system-of-systems. Ändå ger den samtida litteraturen och standarderna bara vaga definitioner av dessa termer. Denna vaghet är ett hinder för framsteg på området, och denna artikel syftar till att bidra med en mer detaljerad

konceptualisering. Den beskriver en systemkapacitet som en tillståndsomvandlande process som använder vissa resurser. Oberoende innebär att systemet har ett val om när och hur dess funktioner ska aktiveras. Detta kräver att systemet är en intelligent agent med en idé om nytta, en uppfattning om omvärlden och en förmåga att fatta beslut. När det ges ett uppdrag kan systemet slutföra det uppdraget genom att aktivera lämpliga kombinationer av förmågor.

#### 10.10.2 Resultat och slutsats:

Genom att tillhandahålla tydligare och mer genomarbetade beskrivningar förväntas det att mer effektiv SoS-modellering kan uppnås, vilket leder till bättre analys och beslut under design och drift.

Kapacitetskonceptet som föreslås avfärdar tanken att ett mål ska vara en del av definitionen. Istället ser den kapaciteter som tillståndsomvandlande processer som använder olika typer av resurser. Oberoendet innebär att en CS själv kan välja hur den ska aktivera sina förmågor. Detta kräver att den är en intelligent agent med perception, en världsmodell, en föreställning om nytta och en förmåga att fatta beslut. I ett SoS bildas konstellationer av CS för att tillhandahålla framväxande kapacitet, och ett SoS-uppdrag kan delas upp i uppdrag som utförs av CS med lämpliga förmågor.

### 10.11 SoSE 2022 Systems-of-Systems Design Patterns: A Systematic Literature Review and Synthesis

J. Axelsson, "Systems-of-Systems Design Patterns: A Systematic Literature Review and Synthesis," *2022 17th Annual System of Systems Engineering Conference (SOSE)*, 2022, pp. 171-176, doi: 10.1109/SOSE55472.2022.9812681.

#### Bakgrund:

Designmönster är ett etablerat tillvägagångssätt för att återanvända kunskap om bra lösningar på återkommande problem. Mönster kan ses som ett sätt att beskriva bästa praxis och har använts inom många olika områden, allt från byggnadsarkitektur och stadsplanering till mjukvaruutveckling. Det finns också spridda resultat som rör mönster för system av system. Syftet med denna artikel är att sammanfatta och granska litteraturen om mönster för system-av-system och göra en syntes av ett rekommenderat tillvägagångssätt för området. Specifikt är de nya bidragen från tidningen att föreslå en konsoliderad struktur för att beskriva individuella mönster och föreslå de dimensioner längs vilka en mönsterkatalog kan organiseras. Uppsatsen sammanfattar också de konkreta mönster som föreslås i den befintliga

litteraturen och klassificerar dem enligt den rekommenderade strukturen.

Resultat och slutsats:

Denna artikel har presenterat en systematisk litteraturgenomgång om SoS-mönster, med fokus på hur man beskriver mönster; hur kataloger av mönster bör struktureras; och vilka konkreta mönster som presenterats. Resultaten för varje forskningsfråga kan sammanfattas enligt följande:

- 1) Mönsterbeskrivning. Vi rekommenderar att SoS-mönster beskrivs med hjälp av strukturerad text enligt mallen som visas i Tabell I kombinerat med informella figurer för att illustrera lösningarna.
- 2) Mönsterkategorier. Vi rekommenderar en tvådimensionell struktur. En dimension är förmågan, med de initiala kategorierna Kommunikation, Konvertering och Kontroll. Den andra dimensionen är abstraktionsnivån, med kategorierna System-av-system, Constellation och Constituent system.
- 3) Konkreta mönster. Vi kunde identifiera nästan 40 olika mönster, som täckte de flesta kombinationer av förmåga och abstraktionsnivå. Majoriteten av mönstren täcker dock SoS-nivån, och det finns mindre forskning om specifika mönster för konstellationer och för anpassning av CS.

## 10.12 INCOSE IS 2022 What Systems Engineers Should Know About Emergence

J. Axelsson, What Systems Engineers Should Know About Emergence, INCOSE International Symposium 2022, <https://doi.org/10.1002/iis2.12982>

Bakgrund:

Begreppet emergens syftar på fenomen som inträffar på systemnivå utan att vara närvarande på nivån av element i systemet. Eftersom ett system skapas för att uppnå visst beteende på emergent systemnivå, samtidigt som man undviker andra framväxande egenskaper, är en djupare förståelse av emergens avgörande för att främja området för systemteknik. Det har också identifierats som en av nyckelaspekterna av system-av-systems. Begreppet har dock varit föremål för mycket debatt inom filosofi, systemvetenskap och komplexitetsvetenskap under lång tid, och det finns ännu ingen exakt karaktärisering som det råder allmän enighet om. I denna artikel granskas ett urval av litteraturen om emergens för att identifiera några nyckelegenskaper.



## Resultat och slutsats:

Denna artikel förespråkar en subjektiv syn på emergens och komplexitet, där emergens styrka beror på förkunskaper och erfarenheter hos en observatör. Emergens är alltså starkt relaterat till representation och bearbetning av information. Utifrån det introducerades en konceptuell modell av observatören som en kognitiv agent och diskuterade de roller som abstraktion och världsmodeller spelar för hur den uppfattar emergenta fenomen. Samma modell av en kognitiv agent tillämpades sedan på nivån för en SE-organisation, och några taktiker som organisationer kan använda för att hantera uppkomsten föreslogs.