

Framtida transportsystem i kris och krig

Ett kunskapsunderlag för
en forskningsansökan

PÄR ERIKSSON, CAMILLA ERIKSSON



Pär Eriksson, Camilla Eriksson

Framtida transportsystem i kris och krig

Ett kunskapsunderlag för en forskningsansökan

Titel	Framtida transportsystem i kris och krig – Ett kunskapsunderlag för en forskningsansökan
Title	Future transport systems in crises and war - A knowledge base for a grant application
Rapportnr	FOI-R--5321--SE
Månad	Maj
Utgivningsår	2022
Antal sidor	74
ISSN	1650-1942
Uppdragsgivare	Trafikverket
Forskningsområde	Krisberedskap och civilt försvar
FoT-område	Inget FoT-område
Projektnr	B1051
Godkänd av	Malek Finn Khan
Ansvarig avdelning	Försvarsanalys

Bild/Cover: Shutterstock

Detta verk är skyddat enligt lagen (1960:729) om upphovsrätt till litterära och konstnärliga verk, vilket bl.a. innebär att citering är tillåten i enlighet med vad som anges i 22 § i nämnd lag. För att använda verket på ett sätt som inte medges direkt av svensk lag krävs särskild överenskommelse.

This work is protected by the Swedish Act on Copyright in Literary and Artistic Works (1960:729). Citation is permitted in accordance with article 22 in said act. Any form of use that goes beyond what is permitted by Swedish copyright law, requires the written permission of FOI.

Sammanfattning

FOI beviljades hösten 2021 medel av Trafikverket för att genomföra en förstudie om framtida transportsystem i kris och krig. Förstudien hade tre mål: att ta fram ett kunskapsunderlag, att formera en intressentgrupp samt att utveckla en ansökan om ett forskningsprogram avseende framtida transportsystem i kris och krig. Föreliggande rapport utgör redovisningen av kunskapsunderlaget och föreslår ett forskningsprogram med det övergripande syftet att bygga kunskap kring hur beredskapshänsyn kan integreras i utveckling och planering av transportsystemet.

Rapporten diskuterar hur transporter kan förstås och analyseras som system av system, med tre olika, men sammanlänkade, systemnivåer: infrastrukturnivån, trafikarbetsnivån och logistiknivån. Utifrån detta analyseras skillnader mellan de olika nivåerna bland annat vad avser tidsperspektiv och sammansättning av aktörer.

I rapporten studeras befintliga scenarier för dels framtida transportsystem, dels framtida hot mot dessa. Det konstateras att det i ett forskningsprogram troligen är nödvändigt att utveckla egna scenarier för framtida transportsystem, medan det finns mer att bygga på vad avser hotscenarier. Teknikutvecklingens påverkan på såväl framtida transportsystem och deras sårbarheter som hoten mot transportsystemen behöver integreras i scenarierna. För att analysera hur beredskapshänsyn kan integreras i nationella och regionala planeringsprocesser såväl för transportsystem som för strukturer för krishantering och civilt försvar behöver förståelsen för hur dessa processer fungerar utvecklas.

Nyckelord: Transportsystem, scenarioanalys, framtidsstudier, krishantering, civilt försvar, totalförsvar

Summary

In the autumn of 2021, the Swedish Defence Research Agency was awarded a research grant from the Swedish Transport Administration for a pilot study on transport systems in crises and war. The pilot study had three principal goals: the development of a knowledge base, the formation of an interest group, and the development of an application for a research programme. This report presents the knowledge base and proposes the establishment of a research programme with the overarching purpose to understand how preparedness can be integrated into the development and planning of transport systems.

The report discusses how transportation can be understood as a system-of-systems consisting of three independent though connected system levels: the infrastructural level, the transport operational level and the logistical level. Important differences between these levels, for instance in time perspectives and involved actors, are examined.

The report examines existing scenarios for future transport systems as well as for possible threats against these. It concludes that a research programme needs to develop further scenarios for future transport systems, while it could base its threat scenarios on existing scenarios. The impact of technological development need to be integrated into the scenarios. In order to analyze how preparedness can be integrated in the regional and national planning processes for transport systems, crisis management, and civil defense, the understanding of how these processes function must be developed.

Keywords: transport systems, scenario analysis, future studies, crisis management, civil defence, total defence

Förord

Trafikverket beviljade hösten 2021 forskningsmedel till Totalförsvarets forskningsinstitut, FOI, för projektet Förstudie framtida transportsystem i kris och krig (FFTIKK). Förstudien har haft tre delmål. För det första, att ta fram kunskapsunderlag avseende bland annat scenarier för framtida transportsystem, scenarier för framtida hot med relevans för transportsystem och metoder för sårbarhetsanalyser av framtida transportsystem. För det andra, att formera en intressentgrupp för beredskapshänsyn i transportsystemet. För det tredje, att utveckla en ansökan om ett forskningsprogram avseende framtida transportsystem i kris och krig.

Det första delmålet, att ta fram kunskapsunderlag, redovisas i föreliggande rapport. FOI har därutöver den 15 mars 2022 skickat in en ansökan till Trafikverket om ett femårigt forskningsprogram med titeln BULT: Beredskapshänsyn i utveckling och långsiktplanering av transportsystem. I ansökan är FOI huvudsökande men programmet söks tillsammans med tre partners: Linköpings universitet, Kungliga Tekniska högskolan och Statens väg- och trafikforskningsinstitut.

En intressentgrupp har bildats under arbetet med förstudien. I intressentgruppen ingår representanter från myndigheter, branschorganisationer och företag. Ett första intressentgruppsmöte hölls den 29 mars där bland annat förstudiens resultat presenterades översiktligt och . Om forskningsprogrammet blir beviljat kommer intressentgruppen att utökas. Avsikten är då att genomföra regelbundna möten i syfte att dels diskutera forskningsprogrammets inriktning och resultat för att säkerställa dess relevans för sektor och bransch, dels sprida forskningsresultat.

Pär Eriksson har varit projektledare för förstudien och haft huvudansvaret för att ta fram kunskapsunderlaget. Camilla Eriksson har lett arbetet med att utveckla en ansökan om ett forskningsprogram, deltagit i förstudien och bidragit till föreliggande rapport.

Vi vill tacka tekn.dr. Thomas Ekström som har granskat rapporten och bidragit med synpunkter och perspektiv som lyft slutprodukten. Eventuella kvarstående brister är dock helt författarnas ansvar.

Pär Eriksson, Camilla Eriksson

Kista

Maj 2022

Innehåll

Förord.....	5
Innehåll.....	6
1 Inledning.....	9
1.1 Bakgrund.....	9
1.2 Syfte	11
1.3 Disposition.....	11
2 Analytiskt ramverk	13
2.1 Resiliens i försörjningskedjor	13
2.2 Definition och avgränsning av transportsystem.....	16
2.2.1 Transporter som ett system av system	17
2.2.2 Helhetsperspektivet.....	19
2.2.3 Aktörsperspektivet.....	20
2.2.4 Tidsperspektivet	21
2.3 Logistik och försörjningskedjor.....	22
2.4 Beredskapsperspektivet.....	24
2.5 Beredskapshänsyn i en ny tid	25
3 Scenarier för framtida försörjnings-och transportsystem	29
3.1 Krav på scenarier för framtida transportsystem i kris och krig	29
3.2 Scenariometodik i identifierad litteratur.....	30
3.2.1 De nio scenarioartiklarna	30
3.2.2 EU-studier, offentliga studier etc.	31
3.2.3 Artiklarna som sållades bort på fulltextnivån	32
3.2.4 Reflektion och slutsatser av litteraturgenomgången.....	33
3.3 Transportsystemscenarier i ett forskningsprogram	33
4 Hotscenarier för försörjnings- och transportsystem	37
4.1 Hot, hotbilder, hotscenarier och typfall	37
4.2 Hur systematisera olika typer av hot.....	38
4.3 Hot och sårbarheter i kontexten transporter	39
4.4 Hot mot transportsystem.....	40
4.5 Hotscenarier i ett forskningsprogram	42
5 Metoder för risk- och sårbarhetsanalyser inom transportsektorn	43
6 Erfarenhetshanteringssystem inom transportsektorn.....	45
7 Planerings- och beslutsprocesser för beredskapshänsyn i transportsystemet.....	46
7.1 Planerings- och beslutsprocesser i transportsystemet.....	46
7.2 Planerings- och beslutsprocesser för det civila försvaret.....	48
7.3 Hur kan beredskapshänsyn tas i transportplaneringen	50

8	Ett framtida forskningsprogram	51
8.1	En bredare ansats krävs.....	51
8.2	Ett systemperspektiv är nödvändigt	52
8.3	Långa och korta tidsperspektiv måste mötas	52
8.4	Resiliens som mål och medel.....	53
8.5	Scenarier för transportsystem och hot	53
8.6	Övergripande syfte för ett forskningsprogram.....	54
8.7	Kompetensbehov	54
8.8	Sekretess	55
9	Slutsatser	56
	Referenser.....	57
	Bilaga 1 Strukturerad litteraturgenomgång – metod och arbetsgång	69
	Bilaga 2 Tabeller	71

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Transporter utgör en grundpelare för att upprätthålla samhällets funktionalitet, såväl i ett normalläge som i kris och krig (Försvarsberedningen, 2017, s. 175; Sveriges Åkeriföretag, 2011; Trafikverket, 2018, s. 49). I princip alla varor och många tjänster, inklusive offentliga tjänster, är beroende av transporter. Vidare är transporter nödvändiga för förflyttning av människor, vilket inbegriper allt från Försvarsmaktens truppförflyttningar till arbetspendling och evakuering.

Med de definitioner som har lagts fast av Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) är transporter både ett exempel på en av de ”samhällsfunktioner som är nödvändiga för samhällets grundläggande behov, värden eller säkerhet” och ett exempel på en samhällsviktig verksamhet ”som säkerställer eller upprätthåller” detta slags funktioner (MSB, 2020, s. 1). Inte alla transporter är samhällsviktiga, men vilka som är det är inte enkelt att avgöra (Helmbring & Arvidsson, 2015, s. 8; Veibäck, Stenérus Dover, & McWilliams, 2021, s. 18). I vissa fall är själva transporten en funktion som upprätthåller samhällsvärden, som pendeltrafik i storstadsområden, och i andra fall är transporten samhällsviktig verksamhet för att den är en förutsättning för andra funktioner, som till exempel drivmedelstransporter (Helmbring & Arvidsson, 2015, s. 8).¹ På ett generellt plan kan således transporter sägas vara samhällsviktiga. Däremot kan vikten av en enskild transport variera med situation och behov. Förändringar i resande eller i efterfrågan på vissa varor kan också över tiden förändra vilka transporter som är samhällsviktiga.

Pandemin är den hittills enskilt svåraste krisen som Sverige har upplevt sedan det andra världskriget. Särskilt i dess inledningsskede, med hög osäkerhet om såväl sjukdom som tillgången på viktig materiel, prövades Sverige och svensk krisberedskap på ett helt annat och mer genomgripande vis än vid tidigare kriser (Eriksson, 2020). Pandemin tydliggjorde att transporters status som samhällsviktiga inte i alla delar fått genomslag i prioritering och finansiering. Till exempel fick regeringen gå in med extra ekonomiska medel under pandemin för att återöppna 17 beredskapsflygplatser, det vill säga flygplatser med förmåga att dygnet runt med kort varsel ta emot flygtransporter, i tillägg till de tio som fanns kvar (Erkenborn, 2021). Vidare underströk pandemin att vad som utgör samhällsviktiga transporter inte nödvändigtvis är detsamma i en kris som i ett normalläge. Under pandemin minskade resandet med kollektivtrafik kraftigt, medan exempelvis bilresor och cykelpendling låg kvar på ungefär samma nivå trots hemarbete (Trafikanalys, 2022a, s. 9). Även om kollektivresandet inte blev mindre samhällsviktigt, så blev bilresor mer samhällsviktiga som ett alternativ för dem som behövde ta sig till sin arbetsplats när samhället uppmanade allmänheten att undvika kollektivtrafik.

Försörjningskedjors funktion är känslig för olika typer av händelser, såväl interna som externa (Christopher & Peck, 2004, s. 4f; Scholten & Schilder, 2015, s. 471). Nedstängningen av luftrummet vid askmolnet från Eyjafjallajökull 2010, bristen på containers under pandemin 2020/21 och effekterna på global handel av fartyget Ever Greens blockering av Suez-kanalen 2021 är tre exempel på hur globala försörjningskedjor kan påverkas av yttre, icke-antagonistiska händelser, det vill säga hot som inte drivs av någon aktör (Alexander, 2013; Berger, 2021; Sharp, 2021). Människors ovilja mot att flyga under perioden direkt efter terrordåden den 11 september 2001 och omläggning och fördyrning av sjötransporter på grund av piratattacker är exempel på hur samma kedjor och flöden kan påverkas av antagonistiska hot, det vill säga medvetet skapade av någon aktör (Sandkamp, Stamer & Yang, 2022; World Bank, 2022).

¹ Inom ramen för Samverkansområdet Transporter (SOTP) har en metod som bygger på analys av beroendeförhållanden tagits fram som ett verktyg för att identifiera samhällsviktiga transporter (MSB, 2015).

Rysslands förnyade invasion av Ukraina den 24 februari 2022 har i skrivande stund fått såväl säkerhets- och försvarspolitiska som ekonomiska konsekvenser för Sverige och Europa. Hur kriget i Ukraina påverkar transporter och flöden är för tidigt för att avgöra, men redan nu syns hur såväl kriget i sig som sanktionerna mot Ryssland har påverkat transportvägar och handelsflöden. Detta kan på både kort och lång sikt få en bred påverkan på försörjningskedjor. Erfarenheterna från Ukraina har vidare understrukt bland annat behovet av fungerande logistik- och försörjningskedjor, både för det militära och civila försvaret (Ekström, 2022; Clausen Mork & Reichel, 2022).

Även i en specifik svensk kontext så finns det, utöver effekter för Sverige av ovanstående internationella händelser, exempel på hur icke-antagonistiska händelser har fått konsekvenser för transport- och logistiksystemen, till exempel vid Södertäljebroens avstängning 2016 och vid arbetskonflikterna i Göteborgs hamn 2016-2019 (Dickson, 2016; Gonzalez-Aregall & Bergqvist, 2019). När det gäller mer renodlat antagonistiska hot finns det få svenska exempel, även om till exempel vägpirater är ett återkommande problem. Däremot har i flera scenarier beskrivits hur antagonistiska angrepp i form av sabotage och/eller militära handlingar mot transportinfrastruktur, eller annan infrastruktur som stöder transportverksamheten, skulle kunna få stora konsekvenser för försörjnings- och transportkedjor (Jonsson, 2018).

Transporter är vidare starkt beroende av fungerande distribution av elektricitet och drivmedel (Försvarsberedningen, 2017, s. 175), men också av fungerande elektroniska kommunikationer för övervakning och styrning (KBM, 2008, s. 45). Det finns också komplexa beroenden mellan olika delar av transportsystemet, som mellan väg och järnväg, men också inom transportsystem, som mellan hamnar och sjöfart (KBM, 2008). I en omfattande kris, som till exempel pandemin, så kan både utbud och efterfrågan av transporttjänster förändras på ett genomgripande, komplext och svårförutsägbart vis (Transportstyrelsen, 2021a; b; c).

Planeringen för civilt försvar återupptogs i praktiken i och med försvarsbeslutet 2015 (Prop. 2014/15:109) och regeringen underströk 2020 i propositionen Totalförsvaret 2021-2025 att det civila försvaret fortsatt ska stärkas (Prop. 2020/21:30, s. 28f). Det civila försvaret ska enligt regeringen bidra till att värna civilbefolkningen, säkerställa de viktigaste samhällsfunktionerna, upprätthålla en nödvändig försörjning, bidra till det militära försvarets förmåga vid väpnat angrepp eller krig i vår omvärld, upprätthålla samhällets motståndskraft mot externa påtryckningar, bidra till att stärka försvarsviljan samt, med tillgängliga resurser, bidra till förmågan att delta i internationella fredsfrämjande och humanitära insatser (Prop. 2020/21:30, s. 89). Det militära försvaret är beroende av det civila samhällets funktioner, inklusive försörjningskedjor och transporter. Det över tid försämrade säkerhetsläget i närområdet, och mer specifikt det förnyade ryska angreppet på Ukraina i februari 2022, har inneburit att arbetet med att återuppbygga totalförsvaret nu forceras, genom ett ökat tempo och genom förstärkta satsningar.

Betydelsen av transporter för samhället och för det civila försvaret betonas i försvarsbesluten från 2015 och 2020, men också genom den utveckling av totalförsvaret och det civila försvaret som dessa försvarsbeslut har resulterat i. Trafikverket fick 2017 inskrivet i sin instruktion rollen att ”med utgångspunkt i ett trafikslagsövergripande perspektiv samverka med andra aktörer och därvid vidta åtgärder i syfte att utveckla och samordna krisberedskap och planering för höjd beredskap inom transportområdet” (SFS 2017:842). Denna samordnande roll understryks ytterligare i de beslut som regeringen har fattat med grund i betänkandet från utredningen om civilt försvar, där Trafikverket föreslogs bli sektorsansvarig myndighet för beredskapssektorn transporter (SOU 2021:25, s. 257). Som sektorsansvarig myndighet föreslogs Trafikverket bland annat få i uppgift att hålla samman förberedelser och planering inom sektorn vad avser beredskapsfrågor samt att inrikta och koordinera verksamheten, inom sektorn och med andra sektorer, under höjd beredskap (SOU 2021:25, s. 312ff).²

² I skrivande stund har den slutliga förordningstexten ännu inte publicerats.

Att anlägga ett trafikslagsövergripande perspektiv på planeringen, som regeringen uppdrar åt Trafikverket att göra, är nödvändigt vid en analys av krisberedskapens och totalförsvarets transportbehov och hur dessa kan tillgodoses. Under arbetet med denna rapport har det emellertid framgått att det finns relativt få studier med ett sådant trafikslagsövergripande perspektiv. Här finns således utrymme att bredda och förstärka kunskapsbasen till stöd för Trafikverkets fortsatta arbete med att utveckla planering och förmåga för krisberedskap och civilt försvar.

En utmaning för studier av framtida transportsystems funktion i kris och krig är att dessa systems framtida konstruktion, och vilket trafikarbete de ska utföra, styrs av en mängd olika faktorer behäftade med stora osäkerheter. Liknande osäkerheter finns också avseende de hot och sårbarheter som kan förväntas. Den långa livstiden för delar av systemen innebär vidare att de beslut som fattas i dag om systemens utformning ska samhället leva med i decennier framöver. Samtidigt har även planeringen för totalförsvaret och det civila försvaret långa tidsperspektiv och behöver förhålla sig till hur framtida transportsystem kan komma att se ut och fungera. Denna utmaning har utgjort en underliggande utgångspunkt för förstudien: Hur kan beredskapshänsyn integreras i den långsiktiga utvecklingen av transportsystemen?

1.2 Syfte

FOI har sedan hösten 2021 arbetat med en förstudie om framtida transportsystem i kris och krig (FFTIKK). Syftet med förstudien har varit att ta fram ett kunskapsunderlag inför ett forskningsprogram, utifrån hypotesen att scenarioanalys kan vara ett användbart verktyg. Syftet var däremot inte att besvara frågeställningarna, det blir uppgiften för ett eventuellt framtida forskningsprogram. Inom ramen för förstudien har en ansökan tagits fram till Trafikverket om ett femårigt forskningsprogram (FOI, 2022). Forskningsprogrammet syftar till att skapa en miljö för trafikslagsövergripande forskning om beredskapshänsyn i utveckling och långsiktspanering av transportsystem.

Syftet med denna rapport är att redovisa ett kunskapsunderlag till stöd för ett framtida forskningsprogram om transportsystem i kris och krig. I rapporten redovisas och analyseras bland annat existerande framtids- och hotscenarier för transportsystemet, metoder för att analysera framtida transportsystems förmåga vid kris och krig, samt behov av och möjligheter för att utveckla nya scenarier och metoder. I rapporten diskuteras vidare hur planeringsprocesserna för transportsystemet ser ut, samt behovet av forskning kring hur beredskapshänsyn kan integreras i dessa. Inom ramen för förstudien har det genomförts en strukturerad litteraturgenomgång som syftat till att identifiera relevanta scenarier för transportsystem. Rapportens huvudsakliga slutsatser har presenterats och diskuteras på intressentgruppsmötet den 29 mars 2022 med deltagande från myndigheter, branschorganisationer och företag. Synpunkterna från mötet har vävts in i det fortsatta arbetet.

1.3 Disposition

Rapporten är disponerad enligt följande. I kapitel 2 förs en diskussion kring hur terminologin kan förstås och avgränsas som ett analytiskt ramverk för såväl förstudien som ett eventuellt kommande forskningsprogram. Kapitlet ramar också in det problemkomplex som ett sådant forskningsprogram behöver ta sig an. I kapitel 3 identifieras existerande scenarier för framtida transportsystem och centrala variabler för dessa diskuteras. I kapitel 4 identifieras existerande hotscenarier och deras relevans för analys av scenarier för framtida transportsystem diskuteras. I kapitel 5 identifieras existerande metoder för risk- och sårbarhetsanalyser och en diskussion förs kring möjligheten att använda sig av dessa i fortsatt forskning. I kapitel 6 identifieras erfarenhetshanteringssystem inom transportsektorn, framförallt sådana som är inriktade på krishantering. En diskussion förs kring vilka, om några, som kan vara användbara i ett framtida forskningsprogram. Kapitel 7 presenterar översiktligt kort- och långsiktiga planeringsprocesser inom transportsektorn där beredskapshänsyn behöver integreras. I kapitel 8 syntetiseras vad detta innebär för inriktning och

avgränsning av ett framtida forskningsprogram. Frågor om behov av olika typer av kompetenser samt avvägningar kring hantering av sekretess lyfts också här. Det avslutande kapitlet, kapitel 9, drar mer allmänna slutsatser utifrån den förstudie som avrapporteras i och med denna rapport.

2 Analytiskt ramverk

I detta kapitel presenteras ett ramverk för resterande delar av rapporten. I avsnitt 2.1 diskuteras begreppet resiliens, särskilt i kontexten försörjningskedjor. Därefter avhandlas i avsnitt 2.2 hur transporter kan definieras och avgränsas som ett system av system. I avsnitt 2.3 definieras begreppen logistik och försörjningskedjor. I avsnitt 2.4 görs några noteringar kring transporters känslighet. I 2.5 diskuteras vad som karaktäriserar beredskapsperspektivet i Sverige och i 2.5 hur förändringarna i samhället har påverkat förutsättningarna för att implementera beredskapshänsyn i samhällets strukturer.

2.1 Resiliens i försörjningskedjor

Resiliens är ett grundläggande begrepp. För det första är resiliens en egenskap som ett transportsystem bör ha för att fungera i normalläge, kris och krig. Därmed blir det en av de variabler utifrån vilka olika framtida system kan bedömas. För det andra så kan resiliens fungera som ett analysfilter i urvalet av aspekter att studera. Det går till exempel inte att studera alla olika framtida teknikområden, däremot de som ur perspektivet resiliens ter sig som mest intressanta. Det är inte heller möjligt att studera alla delar av transportsystemet, däremot de delar vars resiliens anses särskilt viktiga ur perspektivet samhällets och totalförsvarets funktionalitet i kris och krig.

Från början är resiliens ett begrepp i ekologin, som övertagits och anpassats till olika vetenskapliga fält (Mattsson & Jenelius, 2015; Ponomarov & Holcomb, 2009). Det finns ett antal olika definitioner av resiliens, anpassade till olika vetenskapsfält och olika studieobjekt. En elegant och rättfram definition, specifik för transportsystem, och som betonar såväl att motstå störningar som att återhämta sig efter störningar, formuleras av Jenelius & Mattsson (2021, s. 260):

Resilience is the ability of a transport system to prepare for and to withstand, absorb and adapt to shocks, and to recover from the consequences in a timely and efficient manner.

Ponomarov & Holcomb (2009, s. 131) föreslår en i praktiken snarlik definition, då specifikt för försörjningskedjor:

The adaptive capability of the supply chain to prepare for unexpected events, respond to disruptions, and recover from them by maintaining continuity of operations at the desired level of connectedness and control over structure and function.

Christopher & Peck (2004, s. 4) fokuserar i sin definition av resiliens i system på förmågan för systemet att återgå till ett tillstånd minst lika bra som det före händelsen:

the ability of a system to return to its original state or move to a new, more desirable state after being disturbed

Tukamuhabwa *et al.* (2015, s. 5599) kombinerar i sin definition förmågan att kunna stå emot störningar med att betona försörjningskedjans förmåga att kunna återgå till ett nytt, helst bättre tillstånd:

The adaptive capability of a supply chain to prepare for and/or respond to disruptions, to make a timely and cost effective recovery, and therefore progress to a post-disruption state of operations – ideally, a better state than prior to the disruption.

Tukamuhabwas *et al.* definition understryker vidare vikten av att föra in en dimension av kostnadseffektivitet i diskussionen om resiliens. Maximal resiliens behöver inte gynna ett system bäst, om det tar för mycket resurser och fokus från andra aspekter i systemet (Pettit, Fiksel & Croxton, 2010; Tukamuhabwa *et al.*, 2015). Istället krävs en avvägd balans mellan åtgärder för ökad resiliens och den risk som är rimligt att ta.

En central aspekt är mot vad ett system ska vara resilient. Disruptiva händelser kan definieras som händelser som har en negativ konsekvens för ett systems funktion och kan ha såväl systeminterna som systemexterna orsaker (Erol, Sauser & Mansouri, 2010, s. 114).

Som utgångspunkt för ett forskningsprogram föreslås följande definition av resiliens:

Resiliens är ett systems förmåga att förbereda sig för, och på ett flexibelt och adaptivt vis kunna motstå påverkan av, disruptiva händelser, samt dess förmåga att tillräckligt snabbt kunna återställa sin funktionalitet till en acceptabel nivå efter påverkan.

Definitionen betonar förmågan att återställa funktionaliteten till en *acceptabel* nivå. Detta kopplar till hur behoven ser ut i en kris eller i ett krig, där det inte nödvändigtvis är en lika bra eller bättre förmåga som är målet, utan en tillräcklig förmåga för att kunna lösa de kris- eller krigsviktiga rollerna. Sammantaget ska såväl redundans och robusthet som rådighet och snabbhet vara *tillräckliga* för systemets funktion vid kris och krig. Detta kan vara något annat än vad som anses som tillräckligt vid ett normalläge. Denna definition av resiliens bör vidareutvecklas under i ett forskningsprogram.

Definitionerna fokuserar på vad resiliens ska uppnå, men säger mindre om vad resiliens är.³ Bruneau *et al.*, (2003, s. 737f) beskriver hur ett systems resiliens kan förstås som att bestå av fyra olika egenskaper:

- Robusthet (förmågan att motstå en påfrestning utan att systemets funktion försvagas eller förloras).
- Redundans (tillgång till alternativa system eller systemelement som kan ersätta system eller systemelement vars funktion försvagas eller förloras).
- Rådighet (eng. *resourcefulness*, förmågan att identifiera problem, prioritera, mobilisera resurser för att hantera en uppkommen situation där systemets funktion riskerar att försvagas eller förloras).
- Snabbhet (eng. *rapidity*, förmågan att i tid uppnå prioriteringar och mål så att förluster kan begränsas).

Andra egenskaper som används för att beskriva resiliens är agilitet, det vill säga förmågan att förändras snabbt och flexibilitet, det vill säga förmågan att anpassa sig till nya situationer (Erol, Sauser & Mansouri, 2010, s. 115ff). Dessa kan sägas delvis överlappa snabbhet/rapidity respektive rådighet. Scholten & Schilder (2015, s. 478ff) lyfter också förmågan till samverkan mellan olika delar av en försörjningskedja, exempelvis genom informationsdelning och gemensamma mål, som en viktig del av försörjningskedjors resiliens.

Robusthet och redundans är i huvudsak proaktiva och statiska strategier för resiliens, medan rådighet och snabbhet är i huvudsak reaktiva och dynamiska (Jenelius & Mattsson, 2021; Tukamuhabwa *et al.*, 2015, s. 5603). Tukamuhabwa *et al.* (2015, s. 5603) noterar vidare att proaktiva strategier kan vara attraktiva för att de gör systemet förberett att möta en störning, och att de också är vanligast i litteraturen, men att de samtidigt kan vara svåra att få till i praktiken då de innebär att söka finansiering för åtgärder mot händelser som kanske aldrig inträffar. Proaktiva strategier kan också vara svåra att utforma för hot och negativa händelser vilka inte på ett enkelt sätt låter sig på förhand identifieras och beskrivas.

Uppdelningen i proaktiva/statiska respektive reaktiva/dynamiska strategier kan vara användbar såväl i analysen av vilken resiliens ett visst system har som i analysen av vilka åtgärder som effektivast skulle kunna öka systemets resiliens. I en sådan analys bör dock noteras att det finns en gråzon mellan de två typerna av strategier (Tukamuhabwa *et al.*, 2015, s. 5603). Redundans och robusthet kan behöva element av reaktiva/dynamiska strategier, till exempel i form av förmåga att snabbt anpassa ett skydd eller en reservlösning till en ny, oväntad händelseutveckling. På liknande vis kan rådighet och snabbhet behöva innehålla element av proaktiva/statiska strategier, till exempel i form av förberedda, alternativa beslutsvägar för att möjliggöra rådighet vid kris. Detta bör utvecklas vidare i ett kommande forskningsprogram.

³ Bruneau *et al.* (2003) fokuserar på resiliens hos samhällen drabbade av jordbävning. Det är dock papprets resonemang kring vad resiliens är och hur det kan förstås och beskrivas som givit pappret störst uppmärksamhet.

Egenskaperna robusthet, redundans, rådighet och snabbhet är abstrakta och behöver brytas ner och operationaliseras för att bli användbara. Hill, Hijdra & Craviolotti (2017) erbjuder en sådan operationalisering, utifrån effekter av klimathändelser:

- Robusthet: status på resurser, förmåga att stå emot klimatologiska variationer, fysiska beroenden till andra system, geografiska beroenden, andra ("logiska") beroenden som exempelvis fungerande transporter för personalen.
- Redundans: resurser för att ersätta utslagna transportsystem, tillgängliga alternativa rutter, tillgängliga alternativa transportslag.
- Rådighet: tillgång till finansiering för åtgärder, tillgänglighet av expertis och personal, tillgänglighet av utrustning och material.
- Snabbhet: tid som systemet är obrukbart, tid för systemets återställande.

Exakt hur egenskaperna operationaliseras måste bero på bland annat syfte, studieobjekt och kontext. I litteraturen finns olika exempel på faktorer för att beskriva resiliens som kan användas i detta slags operationaliseringar (Tabell 1). En faktor som ibland lyfts som grundläggande för resiliens är information, inom transportområdet kan till exempel information om avbrott och alternativa transportvägar öppna upp för redundans i form av förändrade beteenden (Leviäkangas & Aapaoja, 2015, s. 83).

Leviäkangas & Aapaoja (2015, s. 83ff) erbjuder ett delvis annat perspektiv på hur resiliens specifikt i transportinfrastruktursystem kan förstås och beskriver resiliens som en funktion av exponering (bestående av sannolikhet för hot och egna svagheter), känslighet (bestående av sårbarheter och beroenden) och hanteringsförmåga (bestående av resurser, förmågor, egna styrkor samt olika former av säkerhetsåtgärder som skyddskonstruktioner och försäkringar). Dessa variabler kan sedan ställas upp mot existerande transportsystems linjer, noder, stödstrukturer (till exempel broar) och stödsystem (till exempel elektricitet) för att finna punkter där resiliensen är svag. Utöver att erbjuda en implicit analysmetod så innebär detta perspektiv på resiliens också ett tydliggörande av kopplingen mellan hot och de sårbarheter som hoten kan exploatera.

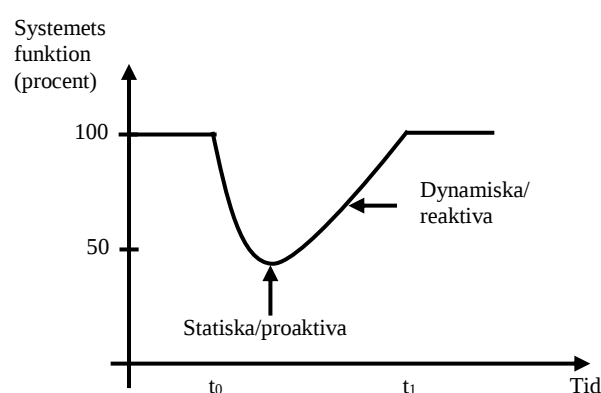
En särskild fråga är hur ett systems resiliens kan mätas och värderas. En mängd olika variabler har föreslagits i litteraturen, där en eller flera tillsammans kan användas för att mäta påverkan av en händelse på systemet (se Tabell 1). Dessa variabler kan också användas för att på olika vis operationalisera de fyra egenskaperna robusthet, redundans, rådighet och snabbhet.

Tabell 1 Exempel på variabler och metoder som har föreslagits i litteraturen för att mäta olika aspekter av resiliens.

Ahmed & Dey (2020)	Sun, Bocchini & Davison (2018)	Hill, Hijdra & Craviolotti (2017)	Pettit Fiksel & Croxton (2010)
Travel time	Connectivity	Status of assets	Flexibility in sourcing
Reliability	Centrality	Capacity to withstand variations	Flexibility in order fulfillment
Vulnerability	Travel time	Physical interdependencies	Capacity
Restoration time	Throughput	Geographical interdependencies	Efficiency
Travel demand	Congestion index	Logical interdependencies	Visibility
Cost/Budget	Resilience triangle	Local workarounds or substitutions	Adaptability
Capacity	Resilience index	Availability and capability of alternative routes	Anticipation
Accessibility	Capacity	Availability and capability of alternative modalities	Recovery
Shortest path	System-based economic resilience	Availability of emergency funding	Dispersion
Resilience triangle	Capital-based economic resilience	Availability of expertise and manpower	Collaboration
		Availability of equipment and materials	Organization
		System downtime	Market position
		Restoration time	Security
			Financial strength
			Turbulence (external)
			Deliberate threats
			External pressures
			Resource limits
			Sensitivity
			Connectivity
			Supplier/customer disruptions

Variabler och metoder i Tabell 1 handlar i stor utsträckning om att specifikt för transportsystem kvantitativt bedöma graden av resiliens mot olika former av störningar. Emellertid är det svårt att kvantitativt analysera de komplexa transportsystemen. Enklare topografiska modeller byggda på grafrepresentation av ett transportsystem kräver visserligen mindre mängd data, men ger också mer översiktliga resultat, medan mer fullödiga systemmodeller kräver stora mängder data om bland annat transportbehov och därför blir svårhanterade (Mattsson & Jenelius, 2015, s. 28).

Den så kallade resilienstriangeln (Bruneau *et al.*, 2003, s. 737) är en metod för att beskriva och illustrera resiliens (Figur 1) som är ofta citerad (Ahmed & Dey, 2020; Mattsson & Jenelius, 2015; Sun, Bocchini & Davison, 2018; Tukamuhabwa *et al.*, 2015). Metoden ger en intuitiv uppfattning om graden av resiliens i ett system, och det går också att använda den för att göra antaganden om lämpligheten av proaktiva respektive reaktiva åtgärder. Samtidigt är metoden i praktiken mer subjektiv än den i förstone ger intryck av (Tukamuhabwa *et al.*, 2015, s. 5600), då till exempel storleken på nedgången i ett systems funktionalitet i de flesta fall får vila på en bedömning snarare än en exakt mätning.



Figur 1 Resiliensen i ett system beskrivs av produkten av djupet i nedgången i förmågan (påverkas av statiska åtgärder) och den tid som nedgången pågår (påverkas av dynamiska åtgärder). Figuren bygger på figurer i Bruneau *et al.* (2003, s. 737) och Mattsson & Jenelius, 2015 (s. 20).

Emellertid kan detta slags *kvalitativa* bedömningar vara fullt tillräckliga för ett kommande forskningsprogram, åtminstone i de delar där det framförallt handlar om att diskutera och jämföra framtida systems sårbarheter och resiliens på ett generellt plan. *Kvantitativa* beräkningar skulle kräva betydligt större arbetsinsatser, både vad gäller datainhämtning och analys, men också som följd av praktiska svårigheter i att göra kvantitativa analyser av system som ännu inte finns. Dessa ökade arbetsinsatser skulle dessutom troligen inte resultera i någon motsvarande ökning i resultatens säkerhet och användbarhet. I ett senare skede kan istället de kvalitativa bedömningarna kompletteras med kvantitativa analyser på några fiktiva men närmare specificerade transportsystem, med hjälp av kvantitativa transportbehovssimuleringar alternativt med en prövning eller fördjupning i spel eller övningar.

2.2 Definition och avgränsning av transportsystem

Denna rapport utgår från ett systemperspektiv. Ett system är en mängd av element som interagerar med varandra (von Bertalanffy, 1968, s. 83). Ett system ska vidare ha någon form av mening och roll, samt en avgränsning mot omvärlden (Ingelstam, 2012, s. 27f; Skyttner, 2005, s. 57). Ett system av system är ett system där de enskilda elementen i sig också är system, vilka kan fortsätta att fungera självständigt om de separeras och som har en viss grad av självständighet även som del av det överordnade systemet (Maier, 1998, s. 269). Graden av central kontroll över de olika ingående delsystemen kan variera (Maier, 1998, s. 278). Detta avsnitt diskuterar hur transporter kan förstås och avgränsas som ett

system, närmare bestämt som ett system av system, och hur transportsystemet kan betraktas utifrån ett helhetsperspektiv, ett aktörsperspektiv och ett tidsperspektiv.

2.2.1 Transporter som ett system av system

Transporter kan betraktas som ett system av system, *transportsystemet*, där olika delar av systemet kan vara utbytbara eller i alla fall kompletterande (Mattsson & Jenelius, 2015, s. 18). Många gånger är systemperspektivet mer implicit genom användandet av termer som transport-, försörjnings- och logistiksystem. Transporter, logistik och försörjning har dock även mer explicit analyserats utifrån teorier om system, system av system och komplexa adaptiva system (Mattsson & Jenelius, 2015; Oughton *et al.*, 2018; Tukamuhabwa *et al.*, 2015; Van Der Lei, Bekebrede, & Nikolic, 2010).

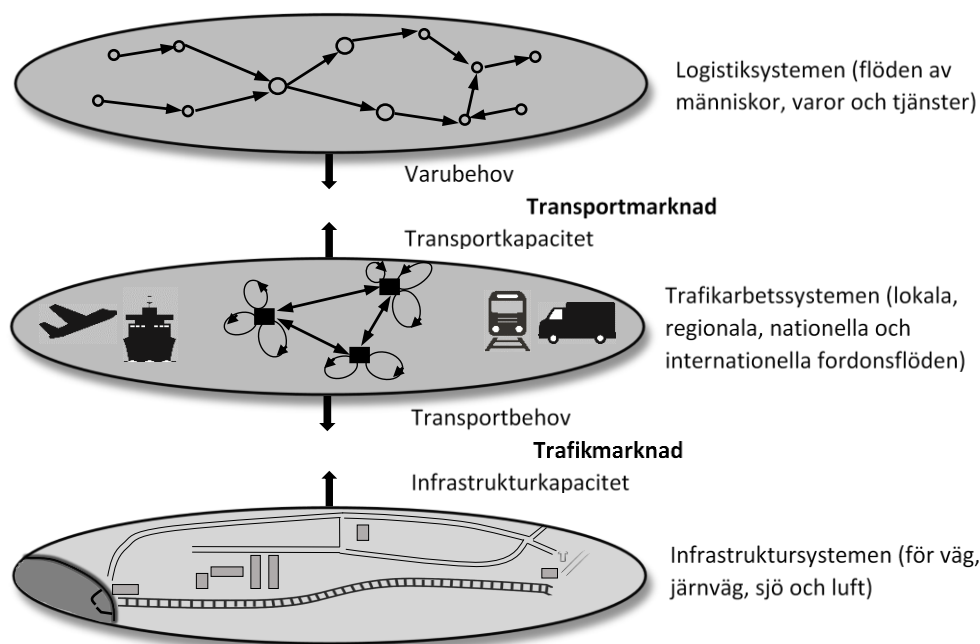
Transportsystemet består av flera nivåer (Figur 2): infrastruktursystemen, trafikarbets-systemen och logistiksystemen (Wandel & Ruijgrok, 1993, s. 236ff). Dessa är överlagrade på varandra och delvis sammanlänkade (Wandel & Ruijgrok, 1993, 236ff). I botten ligger *infrastruktursystemen* för de olika transportslagen. Dessa utgör vart och ett för sig ett system av system. För vägtransporter består detta bland annat av vägar, broar, tunnlar, trafikledningssystem och noder (till exempel terminaler). Sådana trafikslagsspecifika system av system integreras till ett överordnat system av system för den samlade transportinfrastrukturen. I detta ingår nödvändig infrastruktur för samtliga trafikslag och de noder i form av kombiterminaler som binder samman dessa (Wandel & Ruijgrok, 1993, s. 238). I infrastruktursystemen ingår också infrastruktur för informationssystem.

Nästa nivå benämns *trafikarbetssystemen*.⁴ Dessa system består av de resurser och verksamheter som använder transportinfrastrukturen, det vill säga logistikaktörer och de verksamheter som de bedriver på infrastrukturen med hjälp av fordon, flygplan, fartyg, tåg etc. I detta lager pågår också ett flöde av information för att styra verksamheten, men också ett flöde av ekonomiska medel. En aktör kan använda flera olika delar av transportinfrastrukturen och olika transportslag för sin verksamhet, det vill säga multimodala transporter.

På ytterligare en högre abstraktionsnivå kan ett system för flöden av fysiskt gods och människor (det vill säga det som transporteras) urskiljas. Detta är *logistiksystemen*.⁵ Även om flödena är beroende av, och bygger på, infrastruktursystemen och trafikarbetssystemen så kan de också studeras delvis fristående från dessa. Efterfrågan på en vara påverkas av dess kostnad, i vilket även ingår kostnaden för transport. Om ett trafikslag faller bort, helt eller delvis, kan aktörerna inom logistiksystemnivån söka efter alternativa trafikslag för att genomföra transporten. Om sådana finns och uppfyller förväntningar på till exempel tid och kostnad så fortsätter flödet, om än eventuellt med en tidsfördröjning. Annars stannar det av. Verksamheten i detta lager motsvaras av det som i avsnitt 2.3 kallas logistik.

⁴ *Transport operations* i den terminologi som används av Wandel & Ruijgrok (1993, s. 238).

⁵ *Material flows* i den terminologi som används av Wandel & Ruijgrok (1993, s. 239).



Figur 2: Schematisk illustration av de olika nivåerna i transportsystemen. Bygger på figur i Wandel & Ruijgrok (1993).

Försörjningssystemen utgör *inte* en del av transportsystemen, men transportsystemen är oftast en förutsättning för att försörjningssystemen ska fungera. Försörjningssystemen är en abstrakt förståelse av tillgång och efterfrågan på varor och tjänster i olika delar av samhället och de flöden som skapas. I försörjningssystemen ingår också flöden av information och ekonomiska medel nödvändiga för att upprätthålla försörjningskedjorna. Verksamheten i detta lager motsvaras av det som i kommande avsnitt 2.3 kallas försörjningskedjor

Lagren i transportsystemet kan analyseras separat, men också integreras horisontellt (till exempel över trafikslagsgränser inom trafikarbetsnivån) och vertikalt (till exempel att betrakta infrastruktursystemet och trafikarbetsystemet för järnväg tillsammans). De olika systemen kan också ges geografiska avgränsningar och betraktas som system på internationell, nationell, regional och lokal nivå. Medan till exempel flygtransporter i första hand ligger på den internationella och nationella nivån, så finns vägtransporter på samtliga nivåer. Försörjningssystemet är idag i stor utsträckning globalt, men det finns också regionala och lokala försörjningssystem, till exempel av dricksvatten och livsmedel.

Vissa av de olika delsystemen har vuxit fram som ett resultat av en medveten planering (till exempel transportinfrastrukturen) medan andra har utvecklats mer organiskt (till exempel logistiksystemet). Att delar av systemet är planerade är inte en garanti för att de är relevanta. Om verkligheten springer ifrån en del av infrastrukturen så överges den av aktörerna i trafikarbets- och logistiksystemen. Detta kan vara av lönsamhets- och tillförlitlighetsskäl, till exempel i svårigheterna att få godstransporter från lastbil till järnväg (Transportstyrelsen, 2017). Det kan också vara av skäl som har att göra med att infrastrukturen byggdes för trafikflöden som inte uppstår, som i fallet med Luleå flygplats, vars landningsbana förlängdes för en fraktrutt över Ryssland⁶.

Som framgår av Figur 2 och beskrivningarna ovan så verkar logistiknivån inom de ramar som ges av trafikarbetsnivån, vilken i sin tur verkar inom de ramar som ges av infrastrukturnivån. Försörjningssystemnivån bygger på logistiknivån, men kan också finna andra möjligheter

⁶ Med den boom som nu pågår i Norrbotten för olika verksamheter kan detta emellertid komma att förändras igen.

än bara de som logistiksystemet erbjuder, till exempel starta lokal produktion av önskad vara om den inte kan transporteras till rimlig kostnad.

Indelningen i infrastruktur, trafikarbete, logistik och försörjning är bara ett sätt att strukturera transportsystemet. Timms, Tight & Watling (2014, s. 85) erbjuder ett alternativt betraktelsesätt:

In the present context it is defined as being made up of three elements: (1) the mobility of people and goods; (2) the physical aspects (including transport infrastructure, the built environment, vehicles and technology) that facilitate or inhibit such mobility; (3) the system of governance with respect to formulating and implementing transport policy.

En liknande definition ges av Jenelius & Mattsson (2021), som delar in transportsystemet i teknisk och fysisk infrastruktur, direkta och indirekta användare/avnämare av transportsystemet, samt de aktörerna som planerar, upprätthåller och står för drift av infrastruktur och tjänster.

Styrkan i detta slags definitioner är att de understryker samspelet mellan beslutsfattande (för olika delar av systemet), infrastruktur och trafikarbete. Detta samspel bedömdes som viktigt redan i ansökan till denna förstudie och dess betydelse har blivit än tydligare under arbetet med förstudien. Perspektivet är därför centralt att ta med in i ett framtida forskningsprogram. Däremot bedöms Wandel & Ruijgrok (1993) struktur med olika systemlager vara mer fruktbar för att analysera resiliens i olika delar av transportsystemet, då lagren har olika förutsättningar.

2.2.2 Helhetsperspektivet

För att kunna studera ett system måste det avgränsas så att det blir funktionellt för analysen, det vill säga medge att studera det som ska studeras, men också hanterbart, det vill säga inte gripa över för mycket (Ingelstam, 2012, s. 27f; Skyttner, 2005, s. 57). Avvägningen kan vara svår, särskilt för ett system av system som transportsystemet, bestående av så många olika delar med komplexa beroenden mellan varandra, såväl horisontellt (mellan olika infrastruktursystem, mellan olika trafikarbetssystem och mellan olika logistiksystem) som vertikalt (mellan nivåerna för infrastruktursystem, trafikarbetssystem och logistiksystem). Utmaningarna accentueras av de stora skillnaderna i utformning och förutsättningar för olika trafikslag, till exempel mellan deras respektive infrastruktur.

Transportsystemets resiliens kan därför inte bedömas utifrån enstaka infrastruktursystem eller enstaka trafikslag. I kris och krig söker flöden de vägar som finns och då efter en delvis annan logik, och andra ekonomiska förutsättningar, än i ett normalläge (Ekström, 2020, s. 28). Draget till sin spets så kan detta uttryckas som att i kris eller krig så skickas cement med flyg om fartygen inte längre kan segla. Under pandemin uppstod problem i leveranskedjor, till exempel för skyddsutrustning, varvid nya leverantörer och nya vägar behövde sökas. Anpassning och flexibilitet hos såväl offentliga verksamheter som företag blev en avgörande faktor. Det behövs således ett helhetsperspektiv där analysen inte avgränsas till enstaka trafikslag eller enstaka infrastruktursystem.

En helhetssyn kan i ett framtida forskningsprogram inte omfatta alla systemnivåer, alla trafikslag och alla typer av trafikarbeten (flöden). Det skulle inte vara ett hanterbart system, och troligen inte heller funktionellt för analysen. Därför föreslås följande två avgränsningar:

För det första att analysen ska utgå från de transporter och transportsystem vilka bedöms som samhällsviktiga i kris och krig. Denna avgränsning kan vara svår att göra i praktiken, både för att vilka transporter som är samhällsviktiga kan variera från situation till situation och för att olika delar av transportsystemet kan bära mer än en typ av transporter samtidigt. I ett framtida forskningsprogram bör det därför genomföras en fördjupad analys av vilka transporter och transportsystem som är samhällsviktiga vid kris och krig.

För det andra att analysen ska fokusera på ett nationellt perspektiv snarare än på ett internationellt eller regionalt/lokalt perspektiv. Även denna kan vara en i praktiken svår avgränsning. Transportsystem är i hög grad internationellt sammankopplade, ibland på sätt som vid

störningar kan ge konsekvenser som är svåra att förutse. Problematiken med tillgången på containrar för sjötransporter under pandemin är bara en illustration (Berger, 2021). Vidare är sista steget i försörjningskedjor ofta regionala och lokala transporter. Det lokala systemet – *the last mile* – är således minst lika viktigt för att flöden ska fungera som det internationella och nationella. Emellertid bedöms det som möjligt att i ett framtida forskningsprogram i huvudsak fokusera på det nationella perspektivet, med öppningar för att lyfta in aspekter från internationell eller regional/lokal nivå som exempel eller när dessa får särskilt stor påverkan.

Under förstudien har det diskuterats om det vore lämpligt att fokusera enbart på godstransporter och således avgränsa bort persontransporter. En sådan avgränsning skulle uppenbart fokusera arbetet i ett framtida forskningsprogram. Beroendena mellan person- och godstransporter bedöms också vara relativt få, och framförallt handla om pendling för transportsektorns personal samt samutnyttjande av viss infrastruktur. Det finns också exempel på samtransporter, det vill säga där gods och personer använder samma färdmedel. Samtransporter handlar dock inte primärt om ett beroende, då i de flesta fall godstransport kan fortgå även om persontransporten utgår och vice versa.

Samtidigt är persontransporter samhällsviktiga, även i kris och krig. Det gäller kollektivtrafiken på lokal och regional nivå, som är nödvändig för pendling men också för möjligheten för medborgare utan bil att ta del av offentlig och privat service samt övrigt samhällsliv. Det gäller också viss persontrafik på nationell och internationell nivå, men då framförallt i form av resor som är av vikt för kris- och krigsinsatsen, samt mobilisering och evakuering. I kris och krig kan också såväl tillgång till som behov av persontransporter förändras, exempelvis beroende på storskalig evakuering, omprioritering av transportresurser till samhällsviktiga verksamheter eller ransonering av drivmedel eller andra kritiska resurser.

Sammantaget så bedöms det som oklokt att redan i detta skede avgränsa bort persontransporter, men tyngdpunkten i ett framtida forskningsprogram föreslås ligga på godstransporter. Den fortsatta analysen i ett sådant forskningsprogram får ge en tydligare bild av vad detta kan innebära i praktiken, bland annat utifrån vilka persontransporter som måste fungera i kris och krig. Resonemanget ska inte tolkas som en värdering av vad som är viktigast, utan som en strävan att avgränsa ett hanterbart system att studera för ett framtida forskningsprogram.

2.2.3 Aktörsperspektivet

Olika typer av aktörer dominerar i olika delar av transportsystemet. För transportinfrastruktursystemen handlar det i stor utsträckning om offentliga aktörer, såväl staten som regioner och kommuner. Det är dessa som i de flesta fall beslutar om vilken infrastruktur som ska finnas, hur den ska se ut och vilka krav och regelverk den ska uppfylla. Den största delen av infrastrukturen är också offentligt ägd, direkt eller indirekt via offentliga bolag som i fallet med ägarbolagen för Öresundsbrokonsortiet som äger Öresundsbron. Det offentliga ansvarar också för drift och underhåll av stora delar av transportinfrastrukturen, antingen direkt eller via upphandlade kontraktörer.

Offentliga aktörers dominans vad avser transportinfrastrukturen beror inte bara på att det är dessa som generellt sett har nödvändiga ekonomiska resurser, utan också på att infrastrukturen traditionellt, men även idag, har ansetts som central för det offentliga att kontrollera. Det finns dock infrastruktur som ägs och drivs av privata aktörer. Skavsta flygplats och hamnen Brofjorden är två exempel. Längre tillbaka i tiden fanns dock betydligt mer infrastruktur i privat ägo, till exempel var stora delar av järnvägsnätet privat innan det under första hälften av 1900-talet rationaliserades och nationaliserades.

När det gäller trafikarbetssystemen så har privata aktörer en stor roll inom alla transportslag, men dessa aktörer verkar inom ramen för regelverk som beslutats av offentliga aktörer vad

gäller exempelvis konkurrenslagstiftning, miljölagstiftning och särskild transportlagstiftning (till exempel om cabotage⁷⁷). Stora delar av denna lagstiftning är numera EU-gemensam. Relativt få aktörer i transportsystemet är offentliga. På nationell nivå har SJ och SAS starka statliga inslag i ägandet, men deras tidigare monopolställning har avvecklats. På regional och lokal nivå så bedrivs kollektivtrafiken av offentligt ägda bolag eller förvaltningar, ibland genom upphandlade utförare.

Logistik- och försörjningssystemen är helt dominerade av privata aktörer. Ett undantag är det statligt ägda företaget PostNord men också offentliga aktörer som bedriver sin logistik i egen regi.

För en ökad upplösning i aktörsperspektivet så kan för varje nivå en indelning göras efter roller, såsom normgivande, ägande, utförande och avnämare. I vissa fall kombinerar en och samma aktör två eller fler av dessa roller, i andra fall är det olika aktörer för varje roll. Medan normgivandet är i stort förbehållet de offentliga aktörerna vad avser såväl infrastrukturen som transport- och logistiksystemen så är, som framkommit ovan, bilden betydligt mer differentierad vad avser ägande, utförande och avnämare. Det finns också en skillnad i tidsperspektiv mellan de olika rollerna. Medan normgivande och ägande av infrastruktur och materiel för trafikarbete har tidsperspektiv på decennier har utförare, och deras avnämare, tidsperspektiv på dagar eller veckor. I ett eventuellt framtida forskningsprogram behöver skillnaderna mellan aktörerna och deras roller i de olika delarna av det samlade systemet analyseras och förstås för att kunna diskutera hur de kan mötas, särskilt i frågor om beredskapshänsyn för kris och krig.

2.2.4 Tidsperspektivet

En särskild utmaning vad avser transportsystem är att mycket av infrastrukturen inte bara är kostsam, den tar också lång tid att utveckla, förväntas vara relevant under decennier och är svår att förändra när den väl är på plats, vilket kan leda till inlåsnings effekter (Bernadino *et al.*, 2015; Oughton *et al.*, 2018). I praktiken betyder detta att den infrastruktur som planeras idag kan behöva klara utmaningar och behov vilka ligger 50 år, eller mer, framåt i tiden, vilka kan vara svåra eller omöjliga att förutsäga (Blainey & Preston, 2019; Profillidis & Botzoris, 2019). Beslut om inriktning och regelverk för infrastruktur och transportverksamheter kan också ha lång räckvidd i tid. Som konstaterades i avsnitt 2.2.3 fattas beslut om såväl infrastruktur som regelverk i de flesta fall av offentliga aktörer.

Som en kontrast förändras transportutbud, transportbehov och transportflöden snabbt för att möta effekter av samhälls- och teknikutveckling, krav på billiga och effektiva transporter, miljökrav, förändrade produktions- och efterfrågemönster, disruptiva händelser som pandemier och krig etc. (Blainey & Preston, 2019; Jenelius & Mattsson, 2015; Sandberg, 2021). Transportutbudet styrs av leverantörer av transporttjänster, vilka i stor utsträckning utgörs av kommersiella, privata aktörer, och då som reaktion på förändringar – reella eller förväntade – i ekonomiska förutsättningar, efterfrågan, teknologi, regelverk etc. Avnämarna är såväl offentliga som privata aktörer (inklusive individer), och även deras beteende kan förändras snabbt, till exempel på grund av att nya leverantörer eller varor prioriteras (till exempel av miljöskäl eller av ekonomiska skäl) eller på grund av att andra funktioner föredras (till exempel hemleverans av varor).

Transportsystemens utveckling sker således i två olika tidsperspektiv. Det långsiktiga tidsperspektivet omfattar inriktning, planering och utveckling av nödvändig infrastruktur, men också lagstiftning och regelverk för såväl infrastrukturen som trafikarbets- och logistiksystemen. Det kortsiktiga tidsperspektivet utgörs av operativa och affärsmässiga beslut som styr trafikarbets- och logistiksystemen. Infrastrukturens tidsperspektiv ligger därmed långt bortom den ”osäkerhetshorisont” vad avser transportbehov och efterfrågan som finns i den operativa verksamheten. Samtidigt utvecklas trafikarbete och logistik långt snabbare än infrastrukturen.

⁷⁷ Cabotage är när företag genomför transporter i ett annat land än där företaget är registrerat.

Resultatet är en kortsiktig, i huvudsak organisk, utveckling som överlagras på en långsiktig, i huvudsak planerad, utveckling. Samtidigt är dessa nivåer som tidigare konstaterats beroende av varandra. Förändringar i trafikarbetsystemen må vara snabba, men måste ske inom ramen för de möjligheter och begränsningar som infrastruktursystemen har. Detsamma gäller förändringar i logistiksystemen, som måste ske inom ramen för trafikarbetsystemens möjligheter och begränsningar. Däremot är försörjningssystemen inte lika bundna till logistiksystemen och transportsystemens övriga nivåer, utan kan även finna andra strategier som till exempel substitution av varor och tjänster.

Tidsperspektivet blir även relevant i analysen av sårbarheter och hot. För den långsamt föränderliga infrastruktursystemen kan det vara lättare att bedöma hur den kommer att se ut i en framtid och vilka sårbarheter den kan komma att ha än vad som är fallet för trafikarbetsystemen och logistiksystemen. Det kan då vara frestande att fokusera på hur hoten förändras. Samtidigt kan teknikutveckling och förändrad efterfrågan innebära stora förändringar över tiden också av infrastrukturen. Analysen måste således handla både om utvecklingen av systemen och dess sårbarheter och om utvecklingen av hoten. För transport- och logistiksystemen som på ett adaptivt vis anpassar sig till förändringar såväl i omvärlden som i det egna systemets förutsättningar är detta än mer påtagligt.

Det finns därför ett behov av att i analysen närma sig frågan om resiliens i infrastruktur- och transportsystemen från både ett kort och ett långt tidsperspektiv. I det ena fallet handlar det om hur de kortsiktiga besluten för att upprätthålla transportsystem och flöden ser ut och kan bidra till en högre grad av resiliens för såväl transporter som försörjning, och vad som krävs för detta, till exempel i form av regelverk och infrastruktur. I det andra fallet handlar det om hur infrastruktur och regelverk behöver se ut för att även på lång sikt, och mot framtidens hot, vara resilienta.

Dessa två tidsperspektiv möts i flera punkter. Infrastruktur och regelverk utgör förutsättningar för de kortsiktiga operativa beslutens möjlighet att åstadkomma flexibilitet, robusthet och resiliens. I utvecklingen av regelverk och infrastruktur måste därför en förståelse för de operativa aktörernas agerande finnas med. Därutöver måste dessa långsiktiga strukturer utformas på ett sådant vis att de har rimlig förmåga att hantera framtida hot och sårbarheter. Samtidigt så måste de operativa aktörerna ha en förståelse för såväl de förutsättningar, möjligheter och begränsningar för en adaptiv verksamhet som långsiktig inriktning och beslut avseende transportsystemet innebär, som de krav och de förväntningar som finns på dem att fungera vid kris och krig.

Transportsystemets olika nivåer möts också i ett gemensamt kort tidsperspektiv. Såväl infrastruktursystem som trafikarbets- och logistiksystem måste vara resilienta relativt dagens sårbarheter och hot.

Ett eventuellt forskningsprogram behöver fördjupa analysen av var och på vilka sätt som tidsperspektiven möts, och hur detta kan hanteras i analysen av risker och sårbarheter för framtida transportsystem i kris och krig. En särskild utmaning är hur begrepp som resiliens kan förstås och användas för att analysera och diskutera hela systemet givet de skilda tidsperspektiven.

2.3 Logistik och försörjningskedjor

Logistik och ledning av försörjningskedjor (eng. *supply chain management*, SCM) handlar båda om vad transporterna ska uppnå, men termerna har delvis olika betydelse och räckvidd. Forskningsområdet är brett och djupt, och här berörs endast några grundläggande element som stöd för den fortsatta diskussionen. I ett framtida forskningsprogram behöver denna del utvecklas.

Christopher (2016) och Ballou (2007) använder sig av två relativt samstämmiga definitioner av logistik:

Logistics is the process of strategically managing the procurement, movement and storage of materials, parts and finished inventory (and the related information flows) through the organisation and its

marketing channels in such a way that current and future profitability are maximised through the cost-effective fulfilment of orders. (Christopher, 2016, s. 2)

Logistics management is that part of SCM that plans, implements, and controls the efficient forward and reverse flow and storage of goods, services, and related information between the point of origin and point of consumption in order to meet customer requirements. (Ballou, 2007, 338)

Christophers definition är vidare genom att den inkluderar inköp och den strategiska dimensionen i logistikstyrningen, medan Ballous, som är en definition utvecklad av en intresse- och branschorganisation, är mer traditionell och har en explicit avgränsning mot SCM.

SCM är ett bredare begrepp än logistik. SCM beskriver det dubbelriktade flödet av varor och tjänster i hela försörjningskedjan, från råvaruutvinning till slutanvändare, motsvarande flöde av information och pengar, samt omfattar bland annat även relationerna till externa aktörer. Dessa externa aktörer kan vara producenter/leverantörer och avnämare/kunder, men även tredjepartsaktörer, exempelvis externa bolag som sköter transporter (Ballou, 2007; Christopher, 2016). SCM definieras av Christopher (2016, s. 3) som:

The management of upstream and downstream relationships with suppliers and customers in order to deliver superior customer value at less cost to the supply chain as a whole.

Ballou (2007, s. 338) använder en något mer utförlig definition, återigen i grunden formulerad av en intresse- och branschorganisation:

Supply Chain Management encompasses the planning and management of all activities involved in sourcing and procurement, conversion, and all Logistics Management activities. Importantly, it also includes coordination and collaboration with channel partners, which can be suppliers, intermediaries, third-party service providers, and customers. In essence, Supply Chain Management integrates supply and demand management within and across companies.

Ovanstående definitioner är relativt samstämmiga, men det finns även andra. Till exempel inkluderar Lu & Swaminathan (2015, s. 709) även designfas och avfallsfas för en produkt i sin definition av SCM:

Supply chain management is efficient management of the end-to-end process starting from the design of the product or service to the time when it has been sold, consumed, and finally disposed of by the consumer. This complete process includes product design, procurement, planning and forecasting, production, distribution, fulfillment, and after-sales support.

Skillnaden mellan logistik och SCM kan beskrivas som en i SCM ökad helhetssyn på aktiviteter som tidigare bedrivits i enskilda, och ibland konkurrerande, processer inom en verksamhet (Ballou, 2007, 339ff; Christopher, 2016, s. 254f). Exempelvis kan försäljningsavdelningen vilja ha lager på alla nivåer för att snabbt och flexibelt kunna svara upp mot kunders behov, medan ekonomiavdelningen vill ha så få lager som möjligt för att minska kostnaderna (Ballou, 2007, s. 333). I en verksamhet präglad av SCM blir det istället ett sökande efter lösningar som optimerar flödet för att upprätthålla den strategi som har valts. Christopher (2016, s. 6f) beskriver det som ett val mellan att konkurrera med pris- eller värdefördelar: Ett företag som konkurrerar genom pridfördelar kan sträva efter att optimera sitt kapacitetsutnyttjande i varje del av processen, till exempel genom att tillverka där det är billigast, standardisera produktion i stora serier och undvika lagerhållning. Ett företag som konkurrerar genom värdefördelar kan sträva efter att optimera processen för att kunna erbjuda skräddarsydda lösningar, men också för att kunna arbeta med hög tillförlitlighet och snabba svarstider på kunders behov (Christopher, 2016, s. 7).

En situation med kris eller höjd beredskap innebär att aktörer – såväl offentliga som privata – kan behöva omvärdera sin syn på avvägningen mellan pris- respektive värdefördelar i sina försörjningskedjor. Priset får minskad betydelse samtidigt som att snabbt och flexibelt, med hög säkerhet, kunna få rätt vara till rätt plats, och dessutom av rätt kvalitet, i rätt tid och i rätt kvantitet, blir allt viktigare (Ekström, 2020, s. 28f). Här finns paralleller till förutsättningarna för militär logistik och militär försörjning, som måste kunna växla mellan fredstida rationalitet och krigstida operativa krav men också hantera en miljö vid ofred där störningar är normalläge (Ekström, 2020, s. 28f).

Transporters värde ligger inte i själva trafikarbetet i sig, utan i de flöden av varor, tjänster och passagerare som de åstadkommer. Dessa flöden har olika vikt. Ett flöde av pendlare till samhällsviktiga verksamheter har ett större värde än ett flöde av semesterfirare, och ett flöde av vattenreningskemikalier har ett större värde än ett flöde av möbler. Samtidigt kan logistik- och försörjningssystem välja alternativa vägar eller strategier för att säkra flöden när delar av transportsystemen inte längre är tillgängliga. Försörjningskedjor och logistik utgör därför ett viktigt perspektiv i analysen av transportsystem. Det är centralt för att förstå vilka typer av händelser som är verkligt disruptiva för försörjningssystemen men även för att identifiera de transporter som är särskilt viktiga ur perspektivet samhällets funktion i kris och krig. I ett framtida forskningsprogram kommer båda dessa aspekter behöva fördjupas.

2.4 Beredskapsperspektivet

Svensk lagstiftning skiljer mellan förberedelser för och hantering av fredstida kriser respektive väpnade angrepp. Så länge som regeringen inte har beslutat om höjd beredskap är det fredstida lagar och strukturer som styr. Om höjd beredskap råder är det en delvis annan uppsättning lagar som gäller, och samhället övergår till att organisera sig för det som i lagen kallas för *totalförsvar*, vilket består av militärt och civilt försvar (SFS 1992:1403).

Verkligheten är emellertid inte lika svartvit. I den ena änden på en glidande skala finns det som kan kallas för ett *normalläge*. I normalläget kan det uppstå enskilda händelser och hot, icke-antagonistiska såväl som antagonistiska, men dessa kan i de allra flesta fall hanteras av rättsväsende, räddningstjänst, sjukvård och andra institutioner och aktörer. Det tillhör helt enkelt normalbilden i ett samhälle att det inträffar olyckor, begås brott och genomförs påverkansförsök från olika aktörer.

På nästa nivå i den glidande skalan ligger det som av regeringen 2010 definierades som *allvarliga händelser* (Regeringen, 2010). Detta kan vara svårare olyckor eller andra typer av händelser vilka ”avviker från det normala, innebär en allvarlig störning eller överhängande risk för en allvarlig störning i viktiga samhällsfunktioner och kräver skyndsamma insatser” (Regeringen, 2010). Dessa slags händelser kan vara ansträngande för samhället och dess resurser, men ändå i de flesta fall hanteras inom ramen för ordinarie rutiner och strukturer. De senaste decennierna så kan bland annat översvämningar, oljeutsläpp, terrorådet på Drottninggatan och tsunamin karakteriseras som allvarliga händelser.

Kris är ytterligare ett steg upp på skalan. I regeringens skrivelse från 2010 definieras kris som:

en händelse som drabbar många människor och stora delar av samhället och som hotar grundläggande värden och funktioner. Kris är ett tillstånd som inte kan hanteras med normala resurser och organisation. En kris är oväntad, utanför det vanliga och vardagliga. Att lösa krisen kräver samordnade åtgärder från flera aktörer.

Kriser är således av en sådan magnitud och karaktär att normala rutiner och strukturer inte längre räcker till (Boin, 2009; Borodzicz & van Haperen, 2002). Hanteringen av kriser kan därför inte bygga på det slags fasta planer och tillvägagångssätt som ofta är användbara i hanteringen av normallägeshändelser eller av allvarliga händelser. Istället krävs förmåga till anpassning (Eriksson, 2020). Kriser i denna betydelse, som drabbar stora delar av samhället, är också sällsynta. De senaste decennierna är det händelser som finanskrisen 2008, askmolnet från Eyjafjallajökull 2010, skogsbränderna i Västmanland 2014 respektive i olika delar av Sverige 2018, coronapandemin samt, potentiellt, effekter av det pågående kriget i Ukraina som skulle kunna definieras som kriser med denna definition.

Höjd beredskap, och då ytterst krig, innebär den svåraste prövningen för samhället. Lagen (1992:1403) om totalförsvar och höjd beredskap anger att ”Under högsta beredskap är totalförsvar all samhällsverksamhet som då skall bedrivas”. I denna situation förutses således alla delar av samhället att ställa om för att stödja krigsinsatsen och det övergripande målet är statens överlevnad och upprätthållandet av grundläggande värden och behov i samhället.

Det finns emellertid även ett utrymme på skalan mellan det som utgör normalläge eller kris och det som utgör höjd beredskap/krig. Under det kalla kriget så kallades det ibland för skymningsläge, idag används begrepp som gråzonsproblematik eller hybridhot (Appelgren *et al.*, 2020, s. 11ff). Gemensamt för de sistnämnda termerna är att det handlar om att samordnat använda en kombination av olika maktmedel (desinformation, cyberangrepp, ekonomiska påtryckningar, sabotage och störande av ordning, etc.) för att uppnå strategiska mål utan att eskalera situationen till krig (Appelgren *et al.*, 2020, s. 15). Det finns också vissa betydelseskilnader mellan den gamla tidens skymningsläge och de begrepp som används nu. Medan skymningsläge i stor utsträckning handlade om hur en motståndare använder perioden innan en konflikt övergår i öppna väpnade handlingar för att skapa förvirring, försvåra eller förhindra mobilisering och underminera samhällets uthållighet, så har påverkansoperation/hybridoperation också en roll att i egen kraft avgöra konflikten, till exempel genom att tvinga fram eftergifter eller politiska ställningstaganden. I sin mest sofistikerade form uppnås detta utan att allmänheten är medveten om att de har blivit utsatta för en påverkansoperation.

Även transportsektorn utgör ett mål för gråzons- eller hybridoperationer. Veibäck, Stenérus Dover & McWilliams. (2021, s. 26ff) lyfte sex olika kategorier av sårbarheter som kunde utnyttjas i sådana aktiviteter:

1. Den internationaliserade och privatiserade transportmarknaden skapar en spelplan för företag och antagonister.
2. Öppenhet och tillgänglighet i transportsystemet kan nyttjas av antagonister.
3. Anläggningar och system kan vara sårbara för intrång och störningar.
4. Upphandling och nyttjande av varor och tjänster kan skapa säkerhetsrisker.
5. Beroenden av olika resurser skapar sårbarheter som kan nyttjas av en antagonist.
6. Utvecklingen mot en ökad beredskap och robusthet i transportsystemet kan hamna i konkurrens med andra mål, som digitalisering, miljö etc. särskilt då transportsystemet har ett stort antal icke-koordinerade aktörer.

MSB har börjat använda begreppet civil beredskap som en sammanfattande term för beredskap såväl mot fredstida händelser som vid höjd beredskap och krig, för att på så vis understryka att även om bakgrund och kontext kan vara olika så är det i delar samma typer av händelser som ska hanteras och med delvis samma resurser (MSB, 2021b). Exakt hur detta avgränsas är inte tydligt uttalat, till exempel huruvida normallägeshändelser ingår.

Medan normallägeshändelser, allvarliga händelser och kriser kan vara både av antagonistisk och icke-antagonistisk karaktär, så präglas gråzon och krig alltid av närvaron av en antagonist. En antagonist, till skillnad mot en icke-antagonistisk händelse eller kris, agerar medvetet och söker upp sårbarheter. Detta innebär särskilda utmaningar, såväl för analysen av hoten mot, och sårbarheterna hos, de egna systemen, som för skyddet av dessa.

Ett forskningsprogram föreslås fokusera på krig, gråzonsproblematik och det som ovan definieras som kris, det vill säga händelser som på grund av sin storlek och/eller sin karaktär inte kan hanteras inom ramen för ordinarie resurser och rutiner. Däremot avgränsas allvarliga händelser och normallägeshändelser bort. Visserligen kan också dessa få svåra konsekvenser, inklusive för transportsystemet, men i huvudsak kan de ändå hanteras inom ramen för ordinarie resurser och rutiner. I analysen av kriser så bör såväl antagonistiska som icke-antagonistiska hot beröras.

2.5 Beredskapshänsyn i en ny tid

Samhället har genomgått stora förändringar efter det kalla krigets slut och på många vis blivit mer komplext vilket också inneburit nya sårbarheter (Boin, 2009, 369f; OECD, 2015, 19f). *Internationalisering och globalisering* har varit starka globala trender under lång tid och bland annat inneburit att tillverkning och flöden av varor och tjänster har präglats av en

strävan att lägga verksamheter där kostnaderna är som lägst.⁸ Ett starkt beroende av globala flöden skapar emellertid också sårbarheter för hela samhället, från myndigheter och företag till enskilda individer (Lagadec, 2009, 474f; Boin *et al*, 2016, 131; WEF, 2018, 16).

Digitaliseringen genomsyrar i princip alla verksamheter och har sedan länge gått från att vara ett hjälpmedel för processer till att bli processerna, som exempelvis vid näthandel, och finnas med i varje del av processer och verksamheter (Ingemarsdotter, Eidenskog & Swaling, 2020, s. 12ff). Detta har inneburit en rad olika typer av nya sårbarheter, såväl sådana som är känsliga för yttre påverkan som sådana som handlar om systemets inre komplexitet (Ingemarsdotter, Eidenskog & Swaling, 2020, s. 33ff).

En ytterligare trend har varit *privatisering*. I Sverige har denna inneburit att många verksamheter och resurser vilka tidigare ägdes av det offentliga, inklusive sådana som kan betraktas som samhällsviktiga, nu ligger under privata aktörers kontroll. Detta gäller till exempel telekommunikationer, produktion och distribution av elektricitet och delar av vård och omsorg. Även inom transportsektorn har liknande utveckling skett. Flygtrafiken som i stor utsträckning ägdes av staten är nu till största del privat. Järnvägstrafik utförs av SJ, men numera också av ett antal privata aktörer. Drift av kollektivtrafik har i allt högre grad lagts ut på privata, ibland multinationella, bolag. Underhåll och drift av transportinfrastruktur ligger numera många gånger helt eller delvis på privata aktörer. Inom andra områden, som till exempel åkeri- och rederinäringarna, har det privata inslaget alltid varit dominerande. Genom reglering och/eller finansiering behåller det offentliga en viss form av kontroll, men utvecklingen kan generellt antas ha inneburit ett minskat inflytande.

Parallellt med trenderna ovan så har även *miljö- och klimatkrav* drivit på en utveckling för minskade utsläpp genom ny teknik, nya drivmedel, nya logistiklösningar och nya resmönster (Trafikverket, 2018, s. 15f; Veibäck, Stenérus Dover & McWilliams, 2021, s. 38f). Denna omställning erbjuder å ena sidan en möjlighet att i de nya strukturerna också från början bygga in en högre beredskap (Veibäck, Stenérus Dover & McWilliams, 2021, 38f). Å andra sidan kan det också ge sårbarheter, som till exempel att elektrifieringen av fordonsflottan kan innebära en potentiell risk för att det blir svårare att upprätthålla transporter i en störd situation.

Vidare är samhället i ständig förändring när det gäller beteenden som även kan påverka efterfrågan på transporter. Exempel är en ökad e-handel med leverans till dörr, ökat hem- och distansarbete som minskar behovet av personresor och generella krav från kunder (både individer och företag) på effektiva och miljövänliga transporter (Trafikverket, 2018; Transportstyrelsen, 2018).

Sammantaget innebär dessa trender ett förändringstryck på transportsektorn, såväl på transportinfrastrukturer som på utbudet av transporttjänster. Detta leder i sin tur till nya sårbarheter och hot, såväl antagonistiska som icke-antagonistiska (Veibäck, Stenérus Dover & McWilliams, 2021).

För utvecklingen av framtidens transportsystem innebär detta ett slags dubbel osäkerhet. Det handlar för det första om en osäkerhet om hur framtidens transport- och logistiksystem kommer att se ut. Vilka transport- och logistikbehov ska de möta? Vilken infrastruktur ska den bygga på? Vilka koncept ska den använda? För det andra handlar det om att förstå vilka hot som kan uppstå, som följd av samhällets utveckling till exempel vad gäller sociala mönster, handelsmönster och teknologier, men också som en följd av framtida sårbarheter hos transportinfrastrukturer och transportverksamheter. Därmed blir frågan om framtida transportsystems robusthet och resiliens också dubbelt svår att besvara.

Beredskapsrelaterade uppgifter är inte något nytt för myndigheterna inom trafikområdet. Trafikverket har sedan sin start 2010 varit en så kallad *bevakningsansvarig myndighet*, med bland annat ett särskilt ansvar för att planera och skapa förberedelser för såväl krishantering som anpassning av verksamheten vid höjd beredskap (SFS 2006:942; 2015:1052).

⁸ Under senaste åren har emellertid en motsatt trend kunnat skönjas, av återflytt av produktion till där varan ska säljas/användas.

Föregångare till Trafikverket, som Vägverket och Banverket, utgjorde centrala delar i totalförsvaret under det kalla kriget. Emellertid innebar den långa perioden av nedmontering av totalförsvaret, från tidigt nittiotal fram till i praktiken försvarsbeslutet 2015, att dessa frågor prioriterades ned och att det organisatoriska minnet gradvis försvann inom transportmyndigheterna, liksom inom andra sektorer. Nu pågår ett arbete med återtagande av gammal kunskap och genererande av ny kunskap av relevans för den nya tidens beredskapshänsyn i transportsystemet (Trafikverket, 2017; 2018).

Även företag bedriver en daglig operativ verksamhet som innefattar hantering av olika former av störningar, till exempel i form av producenter som inte längre kan leverera, försörjningskedjor som slutar att fungera eller förändrade konkurrensförhållanden (Sandberg, 2021). Kontinuitetsfrågor är centrala, och behovet av flexibilitet och anpassningsförmåga stort (Sandberg, 2021). I pandemin visade det sig också att företag kunde ställa om produktion, men också aktivt gå in och stödja den krishantering som det offentliga bedrev, till exempel med logistikkunnande (KPMG, 2021; Olsson & Käck, 2020).

Under det kalla kriget fanns i förväg utpekade så kallade *krigsviktiga företag* (K-företag). Dessa hade särskilda avtal med myndigheter om att kunna uppfylla specificerade behov av vissa varor eller tjänster (ur sin ordinarie produktion eller efter en omställning) med viss leveranssäkerhet, även under störda förhållanden och krig (Ingemarsdotter *et al.*, 2018, 26f; ÖCB, 1996, passim). För detta fick de ersättning för merkostnader, till exempel för lagerhållning, men de kunde också bli prioriterade i försörjning av kritiska resurser, till exempel bristvaror, elektricitet och personal (Ingemarsdotter *et al.*, 2018, s. 28; ÖCB, 1996, passim). Dessa företag utgjorde en integrerad del av totalförsvaret, även på transportområdet (Ingemarsdotter, 2021, s. 32). Idag finns det inte några K-företag, utan det offentliga relation till företag under kris och krig bygger antingen på kommersiella avtal (både sådana som tecknas i förväg och sådana som tecknas under pågående händelse) eller, under höjd beredskap, på olika former av förfogandelagstiftning (SOU 2019:51, s. 13f).

Globalisering och internationalisering har förändrat ägar- och företagsstrukturer på ett sådant vis att det idag kan vara svårt att upprätta det slags långsiktiga relationer som modellen med K-företag innebar (Ingemarsdotter *et al.*, 2018, s. 37). Detta gäller sannolikt även för transportsektorn, där företag kan ägas internationellt samtidigt som såväl transportresurser (lastbilar, fartyg etc.) som personalen som opererar dessa kan vara utländsk, i form av nyttjanderättsavtal, cabotage etc. Detta blir både en förtroendefråga som handlar om med vilka företag och på vilka sätt som det offentliga kan dela känslig information och en fråga om resurstillgång, det vill säga om de resurser som finns i landet i ett normalläge kommer att finnas kvar i en kris eller vid höjd beredskap. Utöver dessa aspekter så menade Utredningen om totalförsvarets försörjningstrygghet (SOU 2019:51, s. 92) att EU:s regelverk skulle göra det svårt att skapa särskilda relationer mellan staten och vissa företag.⁹

Privatiseringen av verksamheter har således gjort det offentliga mer beroende av näringslivet vid kris och höjd beredskap än vad som var fallet under det kalla kriget. En ytterligare utmaning i denna relation är att det offentliga i sin verksamhet i ett normalläge under lång tid har strävat efter en hög grad av kostnadseffektivitet, vilket bland annat har inneburit ett fokus på att upphandla exakt den mängd resurser som behövs till lägsta möjliga pris. Detta har gått hand i hand med de allmänna trenderna om globalisering, digitalisering, privatisering och rationalisering. I en kris eller vid höjd beredskap där pengar och kostnadseffektivitet inte längre är främsta prioritet, utan istället säker tillgång till nödvändiga resurser, kan detta bli ett problem. Omställning mellan dessa två perspektiv är inte enkelt och behöver förberedas långt innan kris eller höjd beredskap är ett faktum. I ett eventuellt forskningsprogram bör en frågeställning vara hur beredskapshänsyn kan föras in i transport- och försörjningssystemen.

⁹ Kritik har dock framförts mot utredningens slutsatser, se till exempel Säkerhets- och försvarsföretagens yttrande (SOFF, 2019) som pekar på en motsägelse i det att utredningen samtidigt lyfter fram EU-landet Finland där det finns ett nära samarbete mellan stat och näringsliv i dessa frågor.

3 Scenarier för framtida försörjnings- och transportsystem

Scenarioanalys kan användas för att lösa upp och hantera osäkerhet (Jonsson, 2017, s. 12; Lyons *et al.*, 2021, s. 2). Scenarier kan delas in i prediktiva, normativa och explorativa scenarier (Börjesson *et al.*, 2006, s. 725f). Prediktiva scenarier är prognoser för en framtid, antingen genom kvantitativ modellering eller genom att i kvalitativa scenariotråd sätta in sannolikheter för olika möjliga utvecklingar. Normativa scenarier är scenarier som utgör önskade framtidsbilder att uppnå (eller oönskade att undvika) och där analysen handlar om att finna vägar till (eller bort från) dessa. Explorativa scenarier målar upp ett rum av möjliga utfall för den framtida utvecklingen, och kan användas för att pröva robustheten i olika beslutsalternativ, men också för att identifiera scenarier som är önskade eller oönskade (Börjesson *et al.*, 2006, s. 726; Jonsson, 2017, s. 12).

Prediktiva scenarier lämpar sig främst för utvecklingen på kort sikt, där det finns möjlighet att förutse olika händelseutvecklingar (Börjesson *et al.*, 2006, s. 726). Ju längre fram i tiden scenariot tittar, desto större risk är det att hamna bortom vad som kan kallas *osäkerhets-horisonten*, det vill säga den punkt i tiden bortom vilken det i princip är möjligt att tänka sig vilken framtid som helst. Då är det inte längre lönt att arbeta med prediktiva scenarier, utan normativa eller explorativa scenarier är mer användbara.

Förstudien har haft i uppgift att undersöka vilka scenarier som finns nationellt och internationellt vad gäller utvecklingen av framtida transportsystem. I detta kapitel diskuteras först kraven på scenarier för en scenariodrivna framtidsanalys. Därefter presenteras resultatet från den scanning av existerande scenarier som har genomförts under förstudien i form av en strukturerad litteraturgenomgång, tillsammans med en diskussion om dessa scenariers syfte och innehåll, samt deras centrala variabler. Slutligen diskuteras huruvida dessa scenarier är tillräckliga för ett framtida forskningsprogramms behov, eller om det behöver utvecklas nya.

3.1 Krav på scenarier för framtida transportsystem i kris och krig

Att analysera framtida transportsystem i kris och krig utifrån scenarier innebär flera utmaningar. Att scenarierna ska användas som en grund för analys av hot mot och sårbarheter hos framtida transportsystem, utifrån de resonemang om transporter som system som förts i avsnitt 2.2, gör det angeläget att scenarierna har ett transportslagsövergripande anslag. I kris och krig har ekonomisk kostnad inte samma betydelse som i fred, utan fokus bör ligga på att få rätt resurser av rätt kvalitet levererade till rätt plats i rätt tid och i rätt kvantitet. Flödena kan då nyttja transportslag och rutter som inte skulle vara rationella i ett normalläge. Värdefördelarna blir viktigare än prisfördelarna. För att kunna undersöka detta behöver scenarierna vara transportslagsövergripande.

Vidare bör scenarierna vara sådana att de med anpassning kan användas för att illustrera flera eller alla nivåer i transportsystemet (infrastruktur-, trafikarbets- och logistiksystem-nivån). Brist på resiliens på en systemnivå kan påverka övriga nivåer negativt. Samtidigt kan en god resiliens på en systemnivå också kompensera för bristande resiliens på andra. Logistiksystemet kan till exempel kompensera för ett bortfall av transportmöjligheter genom att välja andra transportslag. Därför bör scenarierna medge att bedöma resiliensen för hela systemet, inte enbart för enskilda systemnivåer.

För att kunna användas i analys av framtida transportsystem bör scenarierna ha ett tidsperspektiv som ligger 25-30 år fram i tiden. Detta av i huvudsak tre skäl. För det första för att planeringscykeln inom infrastrukturplaneringen idag är mellan 15-20 år. Med det menas tiden från det att arbetet med att bereda beslutsunderlag för en infrastrukturproposition påbörjas, tills den sedan beslutade infrastrukturpropositionen löper ut. Scenarierna bör ligga

bortom denna tidsram för att inte vara bundna till pågående planeringsprocessers utgångspunkter, men också för att vidga perspektiven i planeringsprocessen, till exempel se hot som inte är aktuella idag. För det andra för att ett tidsperspektiv på minst 25 år är tillräckligt för att, åtminstone i teorin, frigöra sig från den boja som samtidens system, strukturer och uppfattningar kan utgöra (Witzell, 2020, s. 9). Inom denna tidsperiod går det att ställa om ett infrastruktursystem, om än inom det grundläggande systemets huvudsakliga ramar. För det tredje för att den transportinfrastruktur som byggs idag kan ha en livstid på 50 år eller mer. Att ha ett tidsperspektiv som sträcker sig hela denna livstid bedöms som svårt, på grund av de snabbt ökande osäkerheterna. Samtidigt är tiden 25-30 år tillräckligt lång för att medge nyproduktion, utveckling eller omformning av dagens infrastruktur.

Utöver ovanstående bör en generell utgångspunkt vara att scenarierna ska kunna användas för att analysera framtida transportsystems sårbarheter för framtida hot, dessutom ur ett samhällsperspektiv. Detta innebär att det inte räcker med att beskriva hur infrastrukturen ser ut eller hur trafikarbetsystemet fungerar. Det krävs också en kontext som beskriver hur transportsystemets olika delar hänger samman med och bidrar till samhället i övrigt. Detta inkluderar bland annat demografiska, sociala, ekonomiska (samhälls-, företags- och privatekonomiska), tekniska och beteendemässiga faktorer. Därmed krävs scenarier som är bredare än bara transportsystemen.

Få eller inga av de befintliga scenarierna uppfyller samtliga dessa krav. Särskilt svårt har det visat sig vara att finna scenarier specifikt avsedda för analys av transporter i kris och krig. Kravlistan ska således ses som vägledande och behöver utvecklas och förfinas i ett framtida forskningsprogram.

3.2 Scenariometodik i identifierad litteratur

I arbetet med förstudien genomfördes en strukturerad litteraturgenomgång med syfte att identifiera existerande scenarier för framtida transportsystem. Fokus låg på litteratur publicerad 2012 eller senare och resultatet blev nio artiklar som uppfyllde kriterierna (Tabell 1 i bilaga 2), samt ytterligare tre vilka inte fullt ut uppfyllde kriterierna men som ändå ansågs intressanta (de första tre artiklarna i Tabell 2 i bilaga 2). För att komplettera genomfördes också uppföljning av referenserna till ovanstående 12 artiklar, samt mer allmänna sökningar på Google Scholar med hjälp av termer som scenario och transport. Resultatet blev ytterligare 10 vetenskapliga artiklar (resterade artiklar i Tabell 2 i bilaga 2) samt sex arbeten (Tabell 3 i bilaga 2) genomförda inom ramen för EU-studier (motsvarande) och sju rapporter som givits ut av offentliga organ (Tabell 4 i bilaga 2). För närmare beskrivning av metoden se Bilaga 1.

En första övergripande notering är att med några undantag så berör det samlade materialet förhållanden i Europa. Det brittiska perspektivet dominerar.¹⁰ Av de nio artiklar som återstod studerar emellertid endast två den brittiska kontexten. Av resterande sju så har tre en tysk kontext, medan en vardera studerar en svensk respektive en spansk kontext och slutligen två studerar en flerstatlig kontext.

I detta avsnitt redovisas först analysen av de nio artiklar som uppfyllde kriterierna. Därefter diskuteras analyser framtagna i EU-projekt och av offentliga institutioner. I avsnitt 3.2.3 diskuteras de artiklar som sällades bort i det sista steget i litteraturgenomgången, och i det avslutande avsnittet dras några slutsatser från analysen av identifierad litteratur.

3.2.1 De nio scenarioartiklarna

De nio artiklar (Tabell 1 i bilaga 2) som återstod efter sällning på fulltextnivå hade en spridning i sin karaktär och i sitt innehåll. Fem arbetade med renodlat kvalitativa scenarier och fyra med kombinerat kvalitativa och kvantitativa. Ingen av dem redovisade ett renodlat kvantitativt scenario.

¹⁰ En person som återkommer som författare är professor Glenn Lyons som haft en ledande roll i flera brittiska studier.

Tidsperspektiven för scenarierna varierade. För de artiklar som fokuserade på kvalitativa scenarier hade två ett tidsperspektiv på 20 år och tre ett tidsperspektiv på 35 år. För de scenarier som kombinerade kvalitativa och kvantitativa angreppssätt så hade en artikel vardera ett tidsperspektiv på 10, 20, 30 respektive 40-60 år. Tyngdpunkten för artiklarna ligger ändå i spannet 20-40 år.

Huvuddelen av de nio artiklarna fokuserade på konstruktionen av scenarierna. Bara tre diskuterade också explicit hur de kan användas (Bernadino *et al.*, 2015; Johansson *et al.*, 2016; Magnusson *et al.*, 2020).

Tre av de nio artiklarna betonar och diskuterar explicit scenariers roll som verktyg för att identifiera och analysera vägar för övergång, eller transition, från ett socio-ekonomiskt förhållningssätt till ett annat (Brand, Anable, & Morton, 2018; Magnusson *et al.*, 2020; Spickermann, Grienitz & von der Gracht, 2014). Dessa är samtliga knutna till analyser av hur energianvändande och koldioxidutsläppen från transporter kan minska, och diskuterar bland annat hur transporter kan minskas och effektiviseras genom olika förändringar i beteende och planering. Transitionsperspektivet finns också implicit i flera av de övriga artiklarna.

Flera av de nio artiklarna understryker behovet av att ha med aktörer och intressenter i utformningen av scenarier (Magnusson *et al.*, 2020; Soria-Lara & Banister, 2017; Spickermann *et al.*, 2014). Detta handlar både om att få in intressenternas perspektiv och kunskap, och om att utveckla scenarier som har intressenternas acceptans, för att de ska få någon praktisk effekt. Blainey & Preston (2019) betonar vidare beslutsfattarnas roll i att skapa framtiden, oavsett scenarier.

De renodlat kvalitativa artiklarna utgår med ett undantag från ett prognosperspektiv, det vill säga de konstruerar scenarier för framtida transportsystem utifrån en analys av trender. I tre fall, varav två delvis tycks bygga på samma forskning, används Delphimetodik¹¹ för att ta fram scenarierna (Schuckmann *et al.*, 2012; Soria-Lara & Bannister, 2018; Spickermann, Grienitz & von der Gracht, 2014). Soria-Lara & Bannister (2018) utgår istället från ett normativt scenario i form av en vision och använder sedan backcasting¹² för att finna vägar fram till denna.

De kombinerat kvalitativa/kvantitativa artiklarna innebär samtliga att på olika grund ta fram prognosscenarier, exempelvis genom trendanalys, och sedan beräkna dessa i olika typer av modeller. Dessa scenarier är därför tämligen specifika för ett geografiskt område och för de faktorer som råder där.

När det gäller faktorer som grund i scenarierna så finns det ett stort antal i den identifierade litteraturen. En kategori faktorer speglar att scenarierna ofta tar avstamp i en transport-behovsdimension: Ekonomisk utveckling/BNP, demografisk utveckling, kostnad för transporter, tillgänglighet för transporter, teknikutveckling, politiska vägval (som styrande för bland annat kostnader, teknikutveckling och tillgänglighet) samt restid i olika varianter. En annan kategori av faktorer är de som handlar om förutsättningar och begränsningar i marknadens utveckling, som till exempel regelverk för transporter, konkurrens, handelsströmmar etc.

3.2.2 EU-studier, offentliga studier etc.

De scenariobaserade transportstudier som har identifierats från EU-finansierade projekt respektive från offentliga institutioner (Tabell 3 och 4 i bilaga 2) har ofta ett brett anslag. Flera är ambitiösa och omfattande, både i sin analys av olika faktorer och i genomförda modelleringar och simuleringar.

¹¹ Delphimetod innebär att låta en grupp personer bedöma och/eller utveckla en given hypotes genom en process av flera iterationer där alla deltagare får se övrigas reaktioner på hypotesen. Processen avslutas när resultatet har blivit stabilt och inte längre förändras i itereringen.

¹² Backcasting innebär att på ett strukturerat vis beskriva den väg som ett visst scenario har vuxit fram.

I ett par fall berör studierna resiliens i kris. Det ena fallet är en brittisk analys av resiliensen hos transportsystemet vid extrema väderhändelser. Denna har ett systemövergripande anslag, och argumenterar bland annat för att identifiera känsliga punkter i transportsystemet, det vill säga sådana vilka kan innebära stora störningar för hela samhället om de slås ut (Department for Transport, 2014a; b). Denna studie utvecklar dock inga scenarier.

Det andra fallet är den pågående EU-studien MODUS (Modelling and assessing the role of air transport in an integrated, intermodal transport system) som utvecklar scenarier som bland annat ska användas för att studera framtida transportsystems resiliens och känslighet för olika typer av avbrott och disruptiva händelser (Paul *et al.*, 2021). Fokus ligger på kopplingen mellan tåg- och flygtransporter och hur ett framtida transportsystem kan ombalanseras avseende dessa. Detta är ett pågående projekt, som i sin syn på scenarioanalys inte är olikt det som utgör utgångspunkten denna rapport.

Flera av rapporterna innehåller genomgångar av potentiella utvecklingar inom olika tekniska områden, inklusive möjligheter och utmaningar i sådana utvecklingar (Government office for science, 2019; Hoppe & Trachsel, 2018; Trafikverket, 2018). Fokus i dessa studier ligger dock inte på sårbarheter ur ett samhällsperspektiv, även om till exempel Trafikverket (2018) lyfter centrala frågor för vidare analys, som hur avvägningen mellan risker och möjligheter bör se ut för att säkra robusthet i transportsystemet och om det finns delar av transportsystemet som inte bör digitaliseras av säkerhetsskäl.

I den svenska kontexten har Trafikverket vart fjärde år givit ut rapporten *Trender i transportsystemet*, som utgör myndighetens omvärldsanalys. Den senaste publicerades 2018 (Trafikverket, 2018). I denna diskuteras hur utvecklingen inom transportsystemet kan komma att se ut, utifrån trender i samhället i stort, och i transportsystemet specifikt. I trendrapporten utvecklas inte några sammanhängande scenarier, men framskrivningen av de olika trenderna kan ses som delar till ett scenario. Trafikverket diskuterar i analysen effekter och konsekvenser av trenderna och lyfter också för varje trend vägvalsfrågor. Trafikverkets trendrapport är också den enda som lyfter upp beredskapsfrågor och det försämrade säkerhetsläget som en aspekt att ta hänsyn till.

Som ett led i underlagsarbetet inför infrastrukturpropositionen 2022-2033 fick Trafikverket i uppdrag att fram scenarier för att nå klimatmålet (Trafikverket, 2020b). Dessa scenarier är framtagna med ett särskilt scenarioverktyg (Trafikverket, 2020c) och ger för ett urval av utvecklingsvariabler (som till exempel demografi och sammansättning av fordonsflottan) och egna åtgärder (som till exempel reduktionsplikt) resultat i form av en prognos för förväntat trafikarbete och effekter i form av koldioxidutsläpp, energianvändning och skatteintäkter.

Utöver Trafikverket ger även Trafikanalys och Transportstyrelsen ut rapporter med diskussion av trender som kan vara intressanta i ett scenarioarbete. Bland annat har dessa under de senaste åren berört effekter av pandemin på olika transportslag, inklusive möjliga konsekvenser för framtiden (Trafikanalys, 2022a, Transportstyrelsen, 2021a; b; c).

3.2.3 Artiklarna som sällades bort på fulltextnivån

På fulltextnivån sällades 24 av 36 artiklar bort med hjälp av inkluderings- och exkluderingskriterierna. För att ge en bredare bild av hur scenarier hanteras i litteraturen så görs här även en kortfattad analys av dessa artiklar.

Flera av de bortsällade artiklarna hade någon form av scenarioperspektiv, men då för att prova effekter för transportsystem eller transportinfrastruktur av en viss teknologi som till exempel självkörande bilar eller förändrade beteenden, ofta med hjälp av kvantitativ modellering (Bösch, Ciari & Axhausen, 2018; Engholm, Kristoffersson & Pernestål, 2021; Ma *et al.*, 2021). En särskild variant av detta var artiklar som undersökte hur utformning av stad och transporter gemensamt kan påverka bland annat trafikflöde och koldioxidutsläpp (Ustaoglu, Williams & Petrov, 2017; Zawieska & Pieriegud, 2018). Närbesläktade var även de som utifrån normerande scenarier (exempelvis framtida utsläppsmål) sökte vägar att nå dessa (Moradi & Vagnoni, 2018), det vill säga scenarier som kan kallas *shaping*.

En annan kategori bland de bortsorterade artiklarna var kvantitativa modeller för att beskriva framtida landanvändning, transportbehov och transportflöden (Reul, Grube, T. & Stolten, 2021). En sista kategori av artiklar berörde scenarier för att undersöka hot mot infrastruktur som en effekt av klimatrelaterade förändringar (Matulla *et al.*, 2017; Ortega, Martín & Aparicio, 2020).

En stor andel av de 36 artiklar som återstod efter sällning på rubrik- och abstraktnivå fokuserade på klimatrelaterade frågor, men i slutet av den studerade perioden dök det en artikel om berörde effekter av pandemin när det gäller efterfrågan på transporter, och då särskilt persontransporter (Carrese *et al.*, 2021). Denna var dock inte transportslagsövergripande och därmed bara i begränsad mening relevant för här föreliggande förstudie.

3.2.4 Reflektion och slutsatser av litteraturgenomgången

Dominansen i materialet för den europeiska kontexten, och då särskilt den brittiska, kan bero på att infrastrukturrelaterade scenario- och framtidsstudier har varit ett aktivt forskningsfält i Storbritannien, även inom transportområdet (Blainey & Preston, 2019, s. 166f; Lyons *et al.*, 2021, s. 2f). Samtidigt har sökningarna gjorts på engelska vilket i sig begränsar utfallet. Även söktermerna kan ha påverkat den geografiska representationen i urvalet.

Avsaknaden av renodlat kvantitativa scenarier bland de nio artiklar som uppfyllde kriterierna var förväntad. Det är svårt att göra kvantitativa scenarier för framtida transportsystem om de ska göras med helhetssyn och vara trafikslagsövergripande. Det blir för många variabler som ska beskrivas och siffras, och dessutom ökar komplexitetsgraden när tidsperspektivet sträcks ut. Det är också svårt att hitta variabler att siffras utan en kvalitativ beskrivning som grund för scenariot.

I vilka processer, och på vilka sätt, scenarierna kan och ska användas har betydelse för hur de konstrueras. Att utforma scenarier *utan* att beskriva och diskutera i vilken kontext de ska användas, och på vilka sätt, riskerar att leda till scenarier med begränsad användbarhet. Detta kan till exempel bero på att de inte lyfter de viktigaste utmaningarna eller har utformats på ett sådant vis att beslutsfattare har svårt att ta till sig dem.

Att så få av de artiklar som identifierades litteraturgenomgången behandlar hur scenarierna ska användas kan bero på svagheter i metoden för litteraturgenomgången. Hur scenarierna appliceras kan till exempel ha redovisats i separata artiklar. Samtidigt borde åtminstone några av dessa i så fall ha dykt upp bland de bortsorterade artiklarna, något som inte var fallet. Lyons *et al.* (2021, s. 3) noterar också att mycket av forskningen har handlat om scenarioutveckling snarare än om scenarioplanering, och att det är först på senare tid som det inom transportområdet börjat tas fram scenarier för användas direkt i planeringsprocesser. Witzell (2020) diskuterar förutsättningar och svårigheter i användandet av scenarier i planerings- och beslutsprocesser inom transportområdet och vilka krav som ställs på dessa scenarier.

Flera rapporter i det samlade underlaget berör teknikutveckling, men få diskuterar de sårbarheter som sådan teknikutveckling kan föra in i samhället via transportsystemet. Här krävs en fördjupad analys, bland annat av vilken teknikutveckling som kan föra med sig sårbarheter på en samhällsnivå.

3.3 Transportsystemscenarier i ett forskningsprogram

Av litteraturgenomgången framgår att många av de befintliga scenarierna faller i en av två kategorier: antingen prognoser av effekter av ny teknik eller nya beteenden, framförallt relaterat till klimataspekter, eller normativa scenarier som används som utgångspunkt för backcasting för att identifiera beslut för att uppnå önskade scenarier (eller för att undgå oönskade). Även de sistnämnda har ofta ett klimatperspektiv. Få av de identifierade scenarierna är verkligt transportslagsövergripande. Inget av de identifierade scenarierna har

fokus på att finna sårbarheter i kris och krig för framtida transportsystem, med något undantag för sårbarheter som en konsekvens av klimatförändringar som till exempel översvämningar. Få är heller formulerade på ett sådant vis, till exempel i konkretionsgrad, att de kan anpassas för att användas i sådana analyser.

Slutsatsen blir därför att det i litteraturanalysen inte har gått att identifiera scenarier som skulle kunna anpassas för att passa för en analys av framtida transportsystem mot framtida hot i kris och krig i en svensk kontext. Detta accentueras av att det är svårt att översätta scenarier och modeller från en kontext till en annan, när demografi, socio-ekonomiska förhållanden, regelverk etc. varierar (Blainey & Preston, 2019, s. 172). Istället bedöms det i ett framtida forskningsprogram vara nödvändigt att utveckla särskilda scenarier för transportsystemet. De metoder som identifierats i de studerade artiklarna kan användas som en grund i ett sådant scenarioarbete. Även de faktorer och aspekter som lyfts fram i tidigare forskning som byggstenar för scenarier kan utgöra en utgångspunkt för arbetet. Det kan behöva inkluderas en fördjupad förståelse för hur teknikutvecklingen kan påverka transportsystemen, och då framförallt ur perspektivet hur ny teknik kan påverka på systemens resiliens och vilka sårbarheter detta kan föra in i samhället och i försörjningssystemen. En sådan analys bör därför ingå i ett kommande forskningsprogram.

I ett kommande forskningsprogram bör aktörer och intressenter involveras i utvecklingen av scenarierna, men det krävs också en analys av i vilka planerings- och beslutsprocesser, och på vilka sätt, som scenarierna ska användas för att integrera beredskapshänsyn i utvecklingen av transportsystemet.

De långa led- och livstiderna för transportinfrastruktur innebär att i en framtidsanalys för transportsystemet så kan en utgångspunkt vara redan beslutad, eller planerad, utveckling. Detta är dock inte tillräckligt (Lyons & Marsden, 2021, s. 597; Witzell, 2020; s. 9). Transportbehov förändras med omvälvningar i teknik, ekonomi och sociala strukturer (Lyons *et al.*, 2021, sid. 1). Hur transportinfrastruktur och transportsystem förändras på kort, medellång och lång sikt påverkas i sin tur av delvis samma faktorer, såväl direkt som indirekt genom förändringar i transportbehov. Osäkerheten ligger således i flera olika, delvis beroende dimensioner. Utifrån de identifierade artiklarna kan noteras att ett tidsperspektiv på 25-30 år för scenarier i ett framtida forskningsprogram inte ter sig orimligt.

Ett förslag för ett framtida forskningsprogram är att i scenarioarbetet utgå från en tvåstegs-metod, med ett fokus på kvalitativa scenarier. I ett första steg utvecklas scenarier för framtida transportsystem och i ett andra steg genomförs backcasting för att identifiera vägen fram till dessa scenarier. I båda stegen bör intressenter involveras, både för att säkra en kunskapsbas för scenarierna och för att nå en förankring och acceptans för dem. Scenarierna måste också byggas utifrån en förståelse för de planerings- och beslutsprocesser i vilka de ska användas.

Framtagandet av scenarier för framtida transportsystem kan som utgångspunkt ta fram några prognosscenarier utifrån en trendanalys. Dessa kan kategoriseras som önskade, oönskade, troliga, etc. och beskriva såväl transportbehov som hur transportsystemet är utformat för att möta dessa behov. Timms, Tight & Watling (2014, s. 81) noterar emellertid att prognosscenarier, vilka ofta bygger på att skriva fram sen- och nutida trender, riskerar att missa nya trender liksom påverkan på utvecklingen från till exempel beslutsfattare. Därför bör prognosscenarierna kompletteras med en process för att ta fram mer visionära, närmast normativa, scenarier, till exempel *det robusta transportsystemet* och *det sårbara transportsystemet*. I en sådan process kan även ingå att ta fram explorativa scenarier som spänner upp utfallsrummet till stöd utveckling och urval av normativa scenarier.

I utvecklingen av scenarier för framtida transportsystem bör metoder som medger att involvera aktörer och intressenter användas. Delphistudier är ett exempel på en prognosmetod, men även enklare workshopmetoder med en mer explorativ ansats, som till exempel olika former av strukturerad brainstorming, kan användas. Detta kan kompletteras med metoder för att till exempel genom sårbarhets- och känslighetsanalyser beskriva framtida effekter av fattade beslut, planerad utveckling, teknikutveckling eller sociala förändringar.

Det finns utmaningar i att utveckla kvalitativa scenarier för transportsystem. Det kan handla om att de som deltar i utvecklingen av scenarierna har olika intressen och perspektiv, att scenarierna inte tillräckligt väl fångar upp potentiella effekter av oväntade, disruptiva händelser eller att de mentala modeller som scenarierna bygger på är för enkla för att hantera komplexa problem (Halim, Kwakkel, & Tavasszy, 2016, s. 150). För transportsystem kan vad som ses som en acceptabel lösning och prioritering variera med intressena hos olika grupper (till exempel åkare vs bilister vs kollektivtrafiksresenärer) och med intressena hos företrädare för olika trafikslag (till exempel järnväg vs sjötransport).

Utformning av transportsystem är exempel på vad som kallas ”vildvuxna problem” eller *wicked problems* (Lyons & Marsden, 2021, s. 596; Rittel & Webber, 1973, s. 160; Stenström, 2011, s. 12). Vildvuxna problem består av ett antal olika, men länkade dimensioner, berör flera olika aktörer och intressenter och saknar ofta en entydig lösning eftersom svaret beror på betraktarens perspektiv och prioriteringar (Peters, 2017, 388; Ritchey, 2011; Rittel & Webber, 1973, s. 160). Ofta inrymmer de politiska aspekter. En metod för att lösa upp och analysera vildvuxna problem och samtidigt arbeta med olika intressenters perspektiv, är morfologisk analys¹³ (Ritchey, 2011; Stenström, 2011). Detta kan provas för utvecklingen av scenarierna.

Det andra steget i tvåstegsmetoden, *backcasting*, identifierar händelser, processer och handlingsalternativ som leder till, eller bort från, scenarier. Backcastingen har två huvudsakliga syften. Det första är att visa på en trovärdig, om än inte nödvändigtvis trolig, väg fram till ett scenario och därmed också peka på strategier för att nå eller undvika en viss utveckling. Det andra är att medge riskanalyser för det scenario som föreligger vid analysperiodens slut, liksom de varianter som uppstår under vägen fram till analysperiodens slut. Kok *et al.* (2011) och Soria-Lara & Bannister (2017; 2018) beskriver metoder som kombinerar explorativa och normativa framtidsscenarier med backcasting och involverar av aktörer och intressenter. Detta slags metoder bör kunna vara en utgångspunkt för utvecklingen av backcasting i ett framtida forskningsprogram.

En viktig aspekt i utveckling av scenarier för analys av resiliens hos framtida transportsystem är vilka faktorer scenarierna ska grundas på. Flertalet av de studerade scenarierna – såväl de i den akademiska litteraturen som de i EU-studier och offentliga dokument – använder sig av faktorer som ekonomisk utveckling, energipriser och politiska beslut. Dessa är dock kopplade till att beskriva och beräkna framtida transportbehov, ofta för att sedan kunna beräkna till exempel miljöeffekter. I en studie av beredskapshänsyn och resiliens i framtida transportsystem avseende framtida hot är detta slags transportbehovsberäkningar inte lika centrala. Istället skulle mer schematiska behovsbeskrivningar, eventuellt byggda på scenario- eller trendanalyser och simuleringar från andra studier, kunna utgöra en utgångspunkt i scenariokonstruktionen. De centrala faktorerna i ett forskningsprogram blir då istället dels sådana som beskriver systemets utformning som grund för en sårbarhetsanalys, dels sådana som beskriver transporters roll i samhället och i försörjningssystemet som en grund för en vidare analys av resiliens.

Faktorer för systemutformningen kan i sin tur delas in i åtminstone tre olika kategorier. Den första är faktorer knutna till teknisk utveckling. Vilka teknologier får genomslag i olika delar av transportsystemet och vilka potentiella möjligheter respektive sårbarheter bär dessa med sig? Den andra kategorin är faktorer knutna till systemets uppbyggnad och inbegriper fördelning, relation och beroenden dels mellan olika transportslag, dels mellan de olika nivåerna i systemet (infrastruktur, trafikarbete, logistik). Den tredje kategorin är faktorer som berör den fysiska utformningen av transportsystemet, det vill säga aspekter som till exempel närhet och tillgänglighet för transporter. Här bör även kapacitetsfrågor ingå. I

¹³ Morfologisk analys är en metod som medger att sammanhållet strukturera och analysera ett problem innehållande flera olika, och kanske motstridiga, dimensioner. Genom att definiera vilka värden varje dimension kan inta och sedan för varje dimension analysera vilka värden som kan samexistera med värdena i övriga dimensioner så kan ett antal sammanhållna och konsistenta kombinationer av dimensioner skapas. Metoden kan bl.a. användas för att skapa scenarier.

samtliga kategorier av faktorer bör även ingå analys av vägval, förutsättningar och utmaningar för olika grupper av aktörer (normgivande, infrastrukturägare, trafikoperatörer, logistikoperatörer och avnämare).

Transporternas roll i samhället bör utgå från en socio-ekonomisk analys, där vissa av faktorerna kan åsättas värden utifrån till exempel behovsanalyser genomförda inom ramen för andra studier. Dessa kan inbegripa principer för logistik och försörjning, beroendet av transporter etc.

4 Hotscenarier för försörjnings- och transportsystem

Detta kapitel består av fem delar. Den första är en diskussion kring begreppen hot, hotbilder, hotscenarier och typfall och hur dessa förhåller sig till varandra. Den andra diskuterar olika sätt att strukturera hot och hotbeskrivningar. Den tredje delen sätter in framtida hot i kontexten transportsystem och resonerar kring hur hot behöver beskrivas för att vara relevanta i ett forskningsprogramms framtidsanalyser. Den fjärde delen är en sammanställning av en strukturerad lista av exempel på hot mot transportinfrastruktur. Den femte och avslutande delen är en sammanställning av, och diskussion om, existerande hotscenarier som kan ha relevans för transportsystemet. I denna del dras också några slutsatser kring huruvida existerande hotbeskrivningar är tillräckliga.

4.1 Hot, hotbilder, hotscenarier och typfall

Det saknas fastlagda definitioner av begrepp som hot, hotbilder, hotscenarier och typfall. För de fortsatta resonemangen utvecklas därför här en gemensam begreppsapparat.

I denna rapport definieras begreppet *hot* på följande vis:

möjlig, oönskad händelse med negativa konsekvenser för verksamheten (SIS, 2015)

Verksamhet kan här förstås som ett system, och hotet exploaterar någon form av sårbarhet i detta.

I sin enklaste form så definieras risk som produkten av sannolikheten för en oönskad händelse och konsekvensen av samma händelse. Risker förknippad med händelse h_1 för ett specifikt system består av produkten av sannolikheten för att händelsen h_1 ska inträffa och konsekvensen av händelsen h_1 .

$$\text{risk}(h_1) = \text{sannolikhet}(h_1) * \text{konsekvens}(h_1)$$

Hotbild är ett mer vagt begrepp. SIS definierar för informationssäkerhet hotbild som en "Uppsättning hot som bedöms föreligga mot en viss typ av verksamhet" (SIS, 2015). I praktiken används hotbild ofta för att beskriva den *samlade* mängden hot. Ett exempel är Säkerhetspolisen (SÄPO) som i myndighetens årsbok talar om en "breddad och mer komplex hotbild" mot Sverige (SÄPO, 2021, s. 11). Hotbild blir då en mer allmän utsaga om den miljö som en verksamhet har att förhålla sig till, eller som SÄPO uttrycker det, ett verktyg för att "bedöma vilka hot som är relevanta för den egna verksamheten" (SÄPO, 2022).

Hotbild kan också användas för att beskriva ett specifikt hot, som ännu inte har materialiserats, men som verksamheter förutsätts planera utifrån. Så används termen ofta i totalförsvarssammanhang. "Dimensionerande hotbild" är ett begrepp för en specifik typ av angrepp mot vilket totalförsvarets planering ska ske. SÄPO (2022) använder begreppet dimensionerande hotbeskrivning och definierar det som:

En antagen antagonistisk förmåga som säkerhetsskyddsåtgärderna förväntas kunna skydda mot, även om det inte föreligger något faktiskt identifierat hot mot den säkerhetskänsliga verksamheten.

Medan dimensionerande hotbild ger ett konkret värde och målbild att planera mot för verksamheter, så innebär det också uppenbara risker. En sådan risk är att det finns hot som inte ryms inom ramen för den dimensionerande hotbilden och som därför inte uppmärksammas.

I denna rapport används begreppet hotbild i betydelsen den miljö av hot och risker som en verksamhet befinner sig i. Eftersom syftet med arbetet är att titta på transportsystem och hot ur ett framtidsperspektiv så bedöms explorativa eller normativa ansatser vara att föredra framför prediktiva hotbeskrivningar (se kapitel 0). Däremot kan olika typer av beskrivningar

av enskilda hotsituationer kunna vara av värde för att analysera och värdera mer specifika sårbarheter hos både infrastruktur och transportsystem.

Hotscenarier och typfall kan betraktas som sätt att illustrera och operationalisera hotbilden på ett sådant vis att den blir gripbar och användbar för aktörer. Vanligtvis består de av en fond mot vilken det presenteras en sammanhängande beskrivning av en händelseutveckling (Jonsson, 2018; Eriksson & Eckersand, 2019).

Typfall kan vara specifika (som i SÄPOs ”dimensionerande hotbeskrivning”) och utgöra en beskrivning av konkreta hot som bedöms som viktiga att ha förmåga att möta, tillsammans med de kvantifieringar som är nödvändiga för att kunna använda scenariot som ett planeringsunderlag. De kan också vara mer generiska (som till exempel FOI:s typfall¹⁴) och utgöra bilder av den miljö av hot som kan uppstå under olika förutsättningar. Dessa kan sedan en verksamhet bryta ner till sin kontext för att undersöka om organisationen är robust.

Hotbilden uppfattas oftast som externt given snarare än som något som går att aktivt forma. Dock kan *backcasting* även användas vid utveckling av hotscenarier, genom att identifiera beslut och handlingsalternativ för att nå eller undvika ett visst hotscenario (Anderson & Hearn, 1996; Dreborg, 1996; Kok *et al.*, 2011).

4.2 Hur systematisera olika typer av hot

Hot kan systematiseras utifrån flera olika parametrar: tidsperspektiv, förutsägbarhet, antagonistiska/icke-antagonistiska och interna/externa. Tidsperspektivet handlar om hur snabbt hotet kan uppstå. Ett hot kan materialiseras hastigt och oväntat, som terrordåden i USA den 11 september 2001 eller en jordbävning, eller långsamt och krypande, som en pandemi eller klimatförändringar. Detta innebär olika förutsättningar för de system som drabbas, både vad gäller förvarning och möjligheterna att vidta riktade förberedelser.

En särskild kategori av långsamma hot är de som utgör en så långsam förändring att de kan vara svåra att urskilja. Eroderingen av en kustremsa kan vara ett exempel, ackumuleringen av diklordifenyltriklorethan (DDT) i ekosystemet ett annat.

En annan parameter är hur förutsägbara hoten är i tid och rum. I efterhand visar det sig ofta att det har funnits förvarningar som antingen inte har tagits på allvar eller försvunnit i mängden av varningar om olika hot (Boin *et al.*, 2016), s. 23ff). Exakt var och när ett hot uppstår kan däremot vara svårt att förutsäga.

Hot kan också struktureras utifrån om de är antagonistiska, det vill säga medvetet skapade av någon aktör, eller icke-antagonistiska. Den potentiella konsekvensen av ett hot kan vara lika illa oavsett om det är antagonistiskt eller icke-antagonistiskt. Däremot kan en antagonist medvetet söka upp ett systems särskilt svaga eller utsatta punkter. Hot och sårbarheter måste därför kontinuerligt bedömas och värderas då de antagonistiska aktivt försöker söka sig förbi existerande skydd (Fries, Chowdhury & Brummond, 2009, s. 15).

Slutligen kan hot struktureras utifrån huruvida de är interna och externa (Mattsson & Jenelius, 2015, s. 18). Exempel på interna hot är handhavandefel, tekniska fel och insiderbrott. Exempel på externa hot är naturhändelser, stora olyckor, IT-attacker och terrordåd. Såväl interna som externa hot kan vara både antagonistiska och icke-antagonistiska.

Fokus för ett forskningsprogram bör ligga på hot som uppstår så pass snabbt att det inte finns tid för några omfattande förberedelser, utöver sådana som har gjorts tidigare, för att möta dem. Detta är rimligt utifrån perspektivet kris och krig, men betyder inte att hotet som sådant är helt okänt. Tvärtom kan hot många gånger vara välkända, som till exempel risken för jordbävning i ett visst geografiskt område, men exakt var och när en jordbävning kommer kan däremot vara mycket svårt att förutsäga, liksom vilken styrka den kan komma att ha. Hoten behöver således inte vara förutsägbara i tid och rum, men i de flesta fall kan

¹⁴ Se Jonsson (2018) och Lindgren (2014).

de studeras med hjälp av till exempel risk- och sårbarhetsanalyser och analyser av verksamheters beroenden.

Mer långsamma hot, som effekter av klimatförändringar, förväntas istället hanteras i politiska processer. En särskild svårighet i framtidsstudier är dock att inte alla hot som uppstår i en framtid är kända idag. Det måste således finnas utrymme för det *okända hotet*, exempelvis som en effekt av idag okända sårbarheter eller oväntad vidarespridning av kriser via olika former av komplexa beroenden. Detta kräver systematiska metoder för att identifiera kandidater till det okända hotet, till exempel att utgå från tänkbara sårbarheter i ett framtida system och sedan konstruera hot specifikt mot dessa eller att ha någon form av *red team*, det vill säga en grupp som aktivt konstruerar nya hot eller ifrågasätter det egna systemets förmågor.

Såväl antagonistiska som icke-antagonistiska hot kan leda till kris. Medan många kriser har ett icke-antagonistiskt ursprung så är brottsliga handlingar, terrorism och krig alltid antagonistiskt drivna. Ett forskningsprogram bör således arbeta med båda dessa kategorier av hot.

Ett forskningsprogram bör i *huvudsak* fokusera på hot som ur transportsystemets perspektiv är externa. Få interna hot har potentialen att leda till kris i den meningen som begreppet används i denna rapport. Skulle det i ett eventuellt forskningsprogram identifieras exempel på sådana, exempelvis infiltration eller omfattande sabotage, bör det övervägas att ta in dem i arbetet.

Vidare kan i vissa fall yttre hot verka på sårbarheter hos inre system och processer, exempelvis IT-system. Det finns då ett val att antingen utgå från det externa hotet som sådant eller nöja sig med att konstatera att IT-systemet slogs ut, oavsett orsak. Fördelen med detta förhållningssätt är att det också öppnar för det *okända hotet*.

4.3 Hot och sårbarheter i kontexten transporter

Hot mot och sårbarheter hos transportsystem har många likheter med hot och sårbarheter hos andra komplexa socio-tekniska system. För det första så förändras såväl systemen och dess sårbarheter, liksom hoten mot dessa, med den övergripande utvecklingen av teknik, samhällsstruktur, handel etc. För det andra finns det inom ramen för säkerhet, både i meningen *security* (säkerhet mot antagonistiska hot) och i meningen *safety* (säkerhet mot icke-antagonistiska risker), en avvägning mellan bland annat tillgänglighet och användbarhet å ena sidan och säkerhet å den andra (Fries, Chowdhury & Brummond, 2009, s. 14). Det går att skapa transportsystem med få sårbarheter som är i det närmaste fullständigt skyddade, men dessa är förmodligen inte särskilt praktiskt användbara. För det tredje finns det inom ramen för säkerhet i meningen *safety* ett spänningsfält i diskussionen mellan det som La Porte (1996) kallar *high reliability organisations*, det vill säga organisationer och verksamheter med nolltolerans för fel och olyckor, och det som Perrow (1999) kallade *normal accidents*, det vill säga hur komplexiteten i moderna, socio-tekniska system innebär att det i praktiken är omöjligt att helt och hållet skydda sig från fel och olyckor, vilka ibland kan få svåra och oförutsedda förlopp. *De facto* accepteras också ett visst antal olyckor i transportsystemet. Det gäller alla transportslag (väg, räls, sjö och luft). Den svenska nollvisionen för dödsfall i trafiken är i praktiken ouppnåelig, men som vision har den ändå bidragit till ett lyckat långsiktigt trafikarbete som minskat antalet döda i trafiken (Transportstyrelsen, 2022).

När framtida hot och sårbarheter överlagras på framtida transportsystem så handlar det därför om en dubbel osäkerhet. För det första avseende hur transportsystemen kommer att utvecklas som en effekt av till exempel teknikutveckling, ekonomisk utveckling, förändringar i handels- och resmönster, fortsatta klimatförändringar och miljökrav. Denna osäkerhet inbegriper såväl transportbehov som hur dessa i en framtid kan tillgodoses. Förändringarna i sig kan också skapa nya sårbarheter (eller förändra befintliga) i transportsystemets olika lager (infrastruktur, transportsystem, försörjningssystem). En särskild

aspekt är att förändringarna äger rum i olika tempo i de olika lagren, med ett lägre, långsiktigare tempo för infrastrukturen och ett högre, kortsiktigare tempo för transportsystemet och försörjningssystemet.

För det andra handlar det om hur hoten kommer att se ut i framtiden. Även detta är ett resultat av samhällsutvecklingen, men också av de sårbarheter som finns. Hoten och sårbarheterna är således i ett ständigt samspel med varandra. Hot upptäcks när nya sårbarheter uppstår i ett utvecklat transportsystem och sårbarheter upptäcks när nya eller förändrade hot uppstår.

Det långa tidsperspektivet för transportsystemens övergripande utformning och infrastruktur innebär att också risk- och sårbarhetsanalyser måste ha ett långt tidsperspektiv och inbegripa hot och risker som idag kan te sig långsökta, orealistiska eller svåra att ens förutse. För andra delar av transportsystemet, som till exempel företagen som bedriver verksamhet med hjälp av transporter, så är tidsperspektivet betydligt kortare och handlar i första hand om kända hot och risker. Samtidigt utgör det faktum att det även för infrastruktur kan uppstå hot på kort sikt en särskild utmaning. Den infrastruktur som finns idag och bara långsamt förändras, kan således behöva analyseras även utifrån hot som ligger närmare i tiden.

Dessa olika tidsperspektiv för utvecklingen av såväl systemen som hoten mot dessa behöver i ett forskningsprogram relateras till varandra. Samtidigt ser katalogen av hot troligen något olika ut för de olika nivåerna. Till exempel så är fysiska hot mer påtagliga för infrastruktur medan marknadsrelaterade hot kan vara mer påtagliga för transport- och försörjningssystemen.

Utgångspunkten för ett forskningsprogram föreslås därför vara att först analysera och utveckla hoten separat för respektive nivå (infrastruktur, transportsystem, försörjningssystem), dessutom uppdelat på transportslag, för att därefter integrera bilden till en helhet dels över tiden, dels över transportslagen.

4.4 Hot mot transportsystem

Med utgångspunkt i resonemangen i avsnitt 4.1 – 4.3 samlas här en katalog av olika typer av hot som kan prövas mot transportsystem. Katalogen ska inte ses som uttömmande och behandlar inte heller det *okända hotet*. Hoten i listan är både antagonistiska och icke-antagonistiska och kan rikta sig mot en eller flera delar av transportsystemet. De ligger på en relativt hög abstraktionsnivå och behöver konkretiseras i form av specifika händelser som kan påverka transportsystemet. Ett exempel är ett IT-avbrott som kan konkretiseras i hothändelsen ”transportsystemdel X har inte längre kontakt med sina trafikledningssystem”. Ett annat är en isstorm som kan konkretiseras i hothändelsen ”vägarna inom område X kan inte längre nyttjas för tunga vägtransporter”.

För att ytterligare utveckla katalogen av hot kan resultat ur öppna risk- och sårbarhetsanalyser användas. I forskningen diskuteras bland annat hotet mot transportsystem från klimatförändringar (Matulla *et al.*, 2017; Ortega, Martín & Aparicio, 2020) och de sårbarheter som intelligenta transportsystem och självkörande fordon kan medföra (Ganin *et al.*, 2019; Petit & Shladover, 2014). Här kan skönjas diskussioner om framtida hot och i vissa fall även okända hot. Detta skulle kunna kompletteras med ett scenariobaserat arbete där framtida, idag okända, hot identifieras och konkretiseras med hjälp av transportsystemscenarier.

I tillägg till katalogen ska noteras att olika delar av transportsystemen i sig kan utgöra en källa till hot. De kan användas som medel för terrorism (som till exempel vid 11 september), men också genom brister i funktion skapa kriser i andra delar av samhället (till exempel om kollektivtrafiken slutar att fungera).

I litteraturen presenteras en bred palett av olika hot som kan drabba infrastruktur och andra samhällsbärande system i allmänhet och transportsystem i synnerhet. Det har också gjorts försök att koppla sårbarheter till hot på ett mer strukturerat vis för försörjningskedjor och transportsystem (Pettit, Fiksel & Croxton, 2010). Tabell 2 redovisar en lista på hot som

identifierats i litteraturen, indelade i antagonistiska och icke-antagonistiska hot. Listan ska inte ses som fullständig utan som en första ansats. De olika hoten behöver också konkretiseras i ett fortsatt arbete. För varje hot föreslås här en tentativ sannolikhet för att de ska materialiseras med allvarliga konsekvenser i en svensk kontext. Dessa tentativa sannolikheter ska ses som ett första steg inför en fördjupad diskussion om hot mot transportsystem i en svensk kontext.

Tabell 2. Katalog av hot mot transportsystemet. Bygger bland annat på listor av hot i Ahmed & Drey (2020), Fries, Chowdhury & Brummond (2009), Mattsson & Jenelius (2015) samt Pettit, Fiksel & Croxton (2010). De tentativa sannolikheterna för att hoten ska materialiseras i en svensk kontext är uppskattningar gjorda under förstudien.

Typ av hot	Antagonistisk	Icke-antagonistisk	Sannolikhet i svensk kontext
Solstorm		X	Låg
Jordbävning		X	Mycket låg
Tsunami		X	Obefintlig
Jordskred		X	Låg
Vulkanutbrott		X	Obefintlig
Översvämning		X	Hög
Skyfall		X	Hög
Snöstorm		X	Hög
Isstorm		X	Låg-medel
Skogsbrand	X	X	Hög
Pandemi		X	Hög
Tunnelbrand	X	X	Medel
Broras	X	X	Medel
Dammbrott	X	X	Låg
Utsläpp farliga ämnen	X	X	Låg
Brottslig handling	X		Medel
Terrorism	X		Hög
Piratdåd	X		Mycket låg
Angrepp mot infrastruktur (järnvägsspår, vägar etc.)	X		Medel
Cyberangrepp	X		Hög
Strömavbrott	X	X	Hög
Avbrott IT-system	X	X	Hög
Avbrott i annan central infrastruktur (t.ex. VA)			
Demonstrationer	X		Hög
Strejker	X		Hög
Upplopp	X		Medel
Illdåd/"pojkstreck"	X		Låg
Sabotage	X		Kan inte uteslutas
Sanktioner/avspärrning	X		Kan inte uteslutas
Krigshandlingar på svensk mark	X		Kan inte uteslutas
Angrepp med fjärrstridsmedel	X		Kan inte uteslutas
Hastig förändring i efterfrågan	X	X	Medel
Förändrade konkurrensförhållanden	X		Hög
Beteendeförändringar (sociala/kulturell)	X	X	Medel
Förändringar i regelverk	X	X	Medel
Avbrott i leveranskedja av vikt för transportsystemet	X	X	Medel

Sannolikheterna i Tabell 2 ska uttolkas som sannolikheten för att händelsen inträffar i Sverige under den period som transportsystemscenarierna täcker, det vill säga 25-30 år, och får sådana konsekvenser att det är en kris med den definition som används i denna förstudie. För krigshandlingar undviks sannolikhetsbegreppet och istället används Försvarsberedningens (2017) skrivning om att ett väpnat angrepp inte kan uteslutas.

Hotkatalogens olika element är inte ömsesidigt uteslutande, inte heller ligger de alla på samma nivå. Brottsliga handlingar, jordbävning och sabotage kan till exempel alla resultera i broror eller i avbrott i IT-system.

4.5 Hotsscenarier i ett forskningsprogram

Ju mer komplexa och detaljerade scenarier är, desto mer kontextbundna blir de. Detta gäller även för scenarier som beskriver hot och hotbilder. Medan enskilda händelser (brand, IT-attack, översvämning, etc.) går att beskriva generiskt, ställer ett bredare hotscenario eller typfall större krav på att vara relaterat till såväl aktuellt transportsystem som samhällets utformning för att vara trovärdigt och användbart.

Det finns ett antal övergripande och öppna scenarier publicerade i den svenska kontexten, framförallt av FOI, både för krig (Goliath, 2019; Goliath *et al.*, 2021; Jonsson, 2018; Lindgren, 2014; Odell, Welander & Eriksson, 2020) och kris (Eriksson & Eckersand, 2019; Thunholm, 2021; Öhlund, Reichel & Lindgren, 2021).¹⁵ Gemensamt för dessa scenarier är att de inte har tagits fram för att specifikt analysera hot mot, och sårbarheter hos, transportsystem och försörjningskedjor. De bedöms ändå kunna nyttjas för att skapa en bild av hur en kris- eller krigssituation skulle kunna se ut i en svensk kontext och dessutom innehålla händelser och skeenden som kan användas även för att studera konsekvenser även transportsystem.

När det gäller scenarier för enskilda teknologier och enskilda typer av händelser så finns det ett stort antal, framförallt internationellt. Den amerikanska myndigheten Cyber Security & Infrastructure Security Agency (CISA) har till exempel publicerat ett antal scenarier för hot-händelser mot infrastruktur och IT-system (CISA, 2022). Detta slags specifika scenarier, för teknologier som är likartade i olika delar av världen, bedöms kunna användas även i en svensk kontext, med mindre anpassning till exempelvis sociala förhållanden och regelverk.

Sammantaget innebär detta att i ett framtida forskningsprogram så kan de hotbilder och de beskrivningar av specifika hot som tagits fram för andra sammanhang utgöra en utgångspunkt. Det krävs dock en anpassning och komplettering utifrån ett framtidsperspektiv, till exempel för att beakta de möjligheter och sårbarheter som den tekniska utvecklingen kan medföra, för transportsystemet och för försörjningssystemet.

¹⁵ En uppdaterad och fullständig lista på av FOI utgivna öppna scenarier återfinns på <https://www.foi.se/forskning/krisberedskap-och-civilt-forsvar/scenarier-och-typfall/referenser.html>.

5 Metoder för risk- och sårbarhetsanalyser inom transportsektorn

Risk- och sårbarhetsanalyser som idag utgör en viktig del av arbetet inom krisberedskap i Sverige kan också utgöra en grund för att kunna bedöma resiliens hos ett system. Inom ramen för förstudien har därför en scanning genomförts för att finna exempel på metoder för risk- och sårbarhetsanalyser inom transportsektorn, och då med särskilt fokus på risk- och sårbarhetsanalyser för framtida, snarare än samtida, transportsystem.

I den svenska kontexten styrs kommuners, regioners och statliga myndigheters arbete med risk- och sårbarhetsanalyser av lagar och förordningar (SFS 2006:544; SFS 2015:1052). Vidare har MSB givit ut detaljerade föreskrifter för aktörernas konkreta arbete med dessa analyser (MSB, 2022). I stort saknas ett framtidsperspektiv, utöver det som ryms i förslag på åtgärder för att hantera brister i dagens strukturer, det vill säga risk- och sårbarhetsanalyserna fokuserar på dagens system. Eriksson *et al.* (2020, s. 109ff) konstaterar också att den svenska processen för risk- och sårbarhetsanalyser kan behöva utvecklas, bland annat genom att hotanalys bör göras av centrala myndigheter, medan kommuner och regionala aktörer bör fokusera på konsekvenser av detta för den egna verksamheten. I rapporten föreslås också att en tydligare koppling behövs till övrigt beredskapsarbete och ett tydligare fokus på åtgärder.

I MSB:s föreskrifter finns ingen angiven metod för hur risk- och sårbarhetsanalys ska genomföras. Ett stort antal metoder har tagits fram som stöd för myndigheternas och kommunernas arbete med risk- och sårbarhetsanalys. FOI har utvecklat FOI:s modell för risk- och sårbarhetsanalys (FORSA), som utgör en strukturerad metod för risk- och sårbarhetsanalyser (Winehav *et al.* 2011). FOI har även kartlagt befintliga metoder och metodstöd för arbetet med risk- och sårbarhetsanalys (Albinsson & Bengtsson, 2016). I kartläggningen beskrivs FORSA, men också andra aktörers framtagna metoder samt metoder och stöd inom angränsande områden, som exempelvis beroendeanalyser och standarder för arbete med säkerhetsfrågor. Inom ramen för förstudien har inte dessa analyserats vidare, utan här konstateras endast att det finns en stor mängd metoder och analytiska verktyg för att studera risker, sårbarheter och beroenden. Dessa kan vara intressanta att använda i fortsatt forskning om transportsystemet, särskilt gällande bedömningar av transportsystemets framtida resiliens och vilken påverkan införandet av ny teknik kan ha på systemets resiliens. I värderingen av vilka metoder som är intressanta finns också tidigare forskning om risk- och sårbarhetsmetoders analytiska särdrag till stöd, exempelvis Johansson & Jönssons (2007) studie av metoder för risk- och sårbarhetsanalys ur ett systemperspektiv.

De flesta västländer har någon form av struktur för risk- och sårbarhetsanalyser avseende kritisk infrastruktur, inklusive transportinfrastruktur. I USA har Cyber Security and Infrastructure security agency (CISA) tagit fram ett verktyg som aktörer kan använda för att undersöka sina sårbarheter (CISA, odaterat). I Storbritannien har Centre for the Protection of National Infrastructure (CPNI) en liknande roll (CPNI, 2021). I båda fallen handlar det om analys av existerande system eller system under konkret planering och utveckling. I den brittiska kontexten genomfördes vidare en trafikslagsövergripande analys av resiliensen hos transportsystemet utifrån känsligheten för extrema väderhändelser (Department for Transport, 2014a, b). Även om också detta arbete fokuserade på existerande infrastruktur, utgick vissa av slutsatserna från ett perspektiv av samhälls- och försörjningseffekter.

Det finns en flora av vetenskaplig litteratur som beskriver risk- och sårbarhetsanalyser, både allmänt och specifikt för transportområdet (Jenelius & Mattsson, 2015; Taylor, 2017; Zio, 2014). Det har legat utanför förstudiens syfte att göra en större genomgång av denna, men det kan konstateras att även den vetenskapliga litteraturen tycks fokuserad på analys av existerande strukturer, eller system under planering och utveckling. Det har vid en första scanning, med något undantag (Ganin *et al.*, 2019), identifierats få forskningsprojekt som diskuterar hur sårbarheter kan analyseras för *framtida* system ur ett *systemövergripande*

perspektiv, det vill säga sårbarheter som utgör hot ur ett samhälls- eller försörjningsperspektiv. Däremot finns det studier av sårbarheter som en effekt av enskilda framtida teknologier med fokus på sårbarheten för delsystemet snarare än för transportsystemet (Ganin et al., 2019; Petit & Shladover, 2014). De särskilda aspekter och osäkerheter som tillkommer vid analys av framtida system berörs således i liten omfattning i litteraturen.

Sammantaget kan konstateras att det i stort saknas metoder för risk- och sårbarhetsanalyser, med ett fokus på risk ur framförallt samhälls- och försörjningsperspektiv, för *framtida* transportsystem. De metoder för risk- och sårbarhetsanalys som finns i litteraturen kan däremot förmodligen utvecklas, exempelvis med hjälp av scenariometodik, för att kunna användas för sårbarhetsanalyser för framtida system. En viktig del i ett framtida forskningsprogram blir således att utveckla och pröva en sådan metodik, som grund för metoder för att på systemnivå bedöma resiliens mot framtida hot för transportsystem. Därtill kan de risk- och sårbarhetsanalyser som genomförts av olika aktörer ha ett stort värde som empiriskt underlag för analyser av exempelvis vilka åtgärder som bör vidtas för att stärka resiliensen i framtida transportsystem eller vilka processer för beslutsfattande och planering som krävs för en ökad totalförsvarsförmåga.

6 Erfarenhetshanteringssystem inom transportsektorn

Under förstudien har det genomförts en mindre skanning för att identifiera erfarenhetshanteringssystem inom transportsektorn. Fokus har legat på erfarenhetshantering avseende störningar som riskerar transport- och försörjningssystemens funktionalitet, inte endast funktionaliteten hos enskilda delsystem som en bro, en hamn etc. Ett delsystem kan i sig visserligen ha stor betydelse för transportsystemet som helhet, vilket blev tydligt vid avstängningen av Södertäljebro och hamnstrejken i Göteborg, men oftast får det lokala eller regionala effekter.

Erfarenhetshantering kring delsystems utformning, konstruktion och funktion är i första hand en fråga för de enskilda aktörerna. I Sverige sammanfattas sådant arbete på myndighetsnivå i de regelverk och råd för konstruktion, drift och underhåll av infrastruktur, samt för utförandet av olika tjänster kopplade till trafikarbetssystemet, som framförallt myndigheter som Trafikverket och Transportstyrelsen ger ut. För många områden, till exempel för tunnelsäkerhet, ligger det ett europeiskt regelverk i grunden. Trafikverket gör vidare analyser av allvarliga olyckor på väg och järnväg för att finna vägar att öka trafiksäkerheten (Trafikverket, 2022). Liknande utredningar genomförs också av Haverikommissionen (se Havkom.se).

Erfarenhetshantering på en övergripande systemnivå har varit svårare att identifiera i en svensk kontext. Transportstyrelsen har analyserat effekterna av pandemin på transportmarknaderna (Transportstyrelsen, 2021a; b; c) och Trafikanalys har följt upp påverkan av pandemin på samhällsviktiga resor (Trafikanalys, 2022a). Noterbart är att det inte har gått att finna någon utredning av de vidare konsekvenserna av Södertäljebroens avstängning 2016, en av de allvarligaste händelserna i transportsystemet näst pandemin under de senaste åren, eller av askmolnet från vulkanen Eyjafjallajökul. Däremot konstaterade Trafikverkets generaldirektör i myndighetens årsredovisning för 2016 att ”erfarenheterna från dessa händelser använder vi nu för att se hur vi kan förebygga och bättre hantera liknande störningar, för att minska påverkan på trafiken” (Trafikverket, 2016, s. 4). Det finns således en intern erfarenhetsprocess, men det är oklart om denna även inbegriper de vidare aspekterna vad avser påverkan på transport- och försörjningssystemen. På internationell nivå sammanställer och analyserar till exempel International Air Transport Association (IATA) och International Maritime Organization (IMO) enskilda händelser.

Det finns fallstudier genomförda inom forskning, såväl nationellt, exempelvis avseende effekter av hamnstrejken i Göteborgs hamn (Gonzalez-Aregall & Bergqvist, 2019), som internationellt, exempelvis avseende askmolnet från Eyjafjallajökul (Alexander, 2013).

Scanningen har i övrigt identifierat få systematiserade erfarenhetshanteringssystem. Detta kan bero på att dessa inte publiceras offentligt, men också på att det är svårt att bedriva en väl fungerande och kontinuerlig erfarenhetshanteringsprocess (Eriksson *et al.*, 2017, s. 71). För ett framtida forskningsprogram utgör erfarenhetssystem således troligen en svårtillgänglig kunskapsbas.

7 Planerings- och beslutsprocesser för beredskapshänsyn i transportsystemet

Planerings- och beslutsprocesser för utvecklingen av transportsystemet återfinns på nationell, regional och lokal nivå. Utvecklingen av infrastruktur och av regelverk domineras av offentliga aktörer, medan utvecklingen av trafikarbetssystemet och logistiksystemet domineras av privata aktörer. Som konstaterades i avsnitt 2.2.4 skiljer dessa sig åt i tidsperspektiv. Medan utvecklingen av infrastruktur och regelverk har ett långt tidsperspektiv har utvecklingen av trafikarbetssystemet och logistiksystemet i regel ett kort tidsperspektiv.

Det civila försvaret och krisberedskapen utvecklas också i processer på nationell, regional och lokal nivå. I dessa är de offentliga aktörerna dominerande. Processerna för utveckling av transportsystemet och för utvecklingen av förmågor kopplade till civilt försvar och krisberedskap berör varandra i flera punkter. En sådan punkt är integrationen av beredskapsfrågor i planeringsprocesser för infrastruktur och trafikarbetssystemet. En annan är trafikmyndigheternas deltagande i totalförvarsplaneringen. En tredje är utvecklingen av samverkan på regional nivå mellan regionala civila och militära aktörer.

I avsnitt 7.1 presenteras planeringsprocesserna för transportsystemet. Därefter diskuteras i avsnitt 7.2 processerna planeringen för det civila försvaret. I avsnitt 7.3 avhandlas hur processerna berör varandra.

7.1 Planerings- och beslutsprocesser i transportsystemet

Planering av transportinfrastruktur sker på tre olika, men ändå sammanhängande, nivåer: nationell, regional och lokal. På nationell nivå finns en 12-årig infrastrukturplan, vilken beslutas av regeringen och därefter ligger till grund för Trafikverkets genomförande av utveckling och underhåll av infrastrukturen. Planen uppdateras ungefär vart femte år. Processen för att ta fram denna plan inleds med ett inriktningsunderlag från Trafikverket som ligger till grund för en infrastrukturproposition som beslutas av riksdagen (Prop. 2020/21:151, 2021). Formellt inleds beredningen med ett regeringsuppdrag cirka ett år innan propositionen skrivs, men i praktiken har arbetet med underlagsframtagande på Trafikverket då pågått i flera år (Trafikverket, 2020a, s. 20). Riksdagens beslut avseende infrastrukturpropositionen ligger i sin tur till grund för ett mer detaljerat arbete på myndighetsnivå för att ta fram ett förslag till nationell plan.¹⁶

På regional nivå har regionerna ett ansvar för att upprätta och fastställa länsplaner för transportinfrastruktur (SFS 1997:263; SFS 2010:630). Trafikverket lämnar underlag till regionerna för arbetet med länsplanerna, bland annat vad avser nationella planeringsföresättningar, förslag på infrastrukturobjekt, samt kostnadsberäkningar. Regionerna ska också begära in underlag från ”kollektivtrafikmyndigheter, kommuner, länsstyrelsen och andra berörda myndigheter” (SFS 1997:263). Länsplanerna fastställs av varje region, efter samråd med länsstyrelsen och efter inhämtande av yttrande från samma krets av myndigheter som ska lämna förslag och underlag, inklusive Försvarsmakten som kan lämna synpunkter gällande totalförsvarets intressen (SFS 1997:263).

Det finns även regionala kollektivtrafikmyndigheter med ansvar bland annat för att upprätta ett regionalt trafikförsörjningsprogram för kollektivtrafiken (SFS 2010:1065). Beroende på region är det regionen, kommunerna eller kommuner och region tillsammans som ansvarar för kollektivtrafikmyndigheten.

¹⁶ För en närmare beskrivning av den nationella processen se till exempel Eriksson, Isaksson & Witzell (2021), prop. 2020/21:151, 2021, Trafikverket (2021) samt Witzell (2021).

Grunden för planeringsarbetet på nationell och regional nivå är de transportpolitiska målen, vilka är inriktade på hållbarhet, säkerhet för trafikanter och utveckling (Regeringen, 2022).¹⁷ Målen inbegriper alltså inte beredskapshänsyn, däremot understryker regeringen i totalförsvarspropositionen (Prop. 2020/21:30) att transporter är en viktig del av det civila försvaret. Regeringen har också gett ett uppdrag till Trafikverket att redovisa behovet av åtgärder för att utveckla krisberedskap och uppgifter vid höjd beredskap inom transportområdet (Regeringen, 2021b).

I direktiven för arbetet med de nationella och länsvisa planerna efter den senaste infrastrukturpropositionen angav regeringen att utgångspunkterna för arbetet skulle vara fyrstegsprincipen¹⁸, ett trafikslagsövergripande synsätt, regeringens infrastrukturproposition och klimatmålen (Regeringen, 2021a, s. 2f i bilaga 1). Detta gäller alltså utöver de transportpolitiska målen som ska genomsyra arbetet. I direktivet angavs också att arbetet med den nationella planen skulle koordineras med och beakta det parallella arbetet inom Trafikverket med regeringsuppdraget om att redovisa behov av åtgärder för att utveckla krisberedskap och uppgifter vid höjd beredskap inom transportområdet, vilket är ett steg mot att integrera arbetet med beredskapsplanering i transportplaneringen (Regeringen, 2021a; 2021b). Trafikanalys konstaterar emellertid i en analys av Trafikverkets arbete med den nationella planen för transportinfrastruktur att det är svårt att få en bild av hur krisberedskap och civilt försvar har beaktats i utvecklingen av förslaget till nationell plan (Trafikanalys, 2022b, s. 52f).

Inför fastställandet av förslaget till den nationella planen ska Trafikverket samråda kring effekterna av de nationella och länsvisa planerna med länsplaneupprättarna, samt ett antal statliga myndigheter inklusive Försvarsmakten (Regeringen, 2021a, s. 2). Regeringen skickar också ut förslaget till plan på remiss efter att ha mottagit det. Det finns således möjlighet för myndigheter med ansvar och uppgifter inom totalförsvaret att komma med synpunkter på planens utformning vid flera tillfällen i processen.

På lokal nivå har kommunerna inom ramen för sitt planmonopol ett ansvar bland annat för att ta fram översikts- och detaljplaner. Detta regleras i Plan- och bygglagen (SFS 2010:900). Dessa planer ger också förutsättningar för transportinfrastrukturen och Försvarsmakten är remissinstans för bland annat kommunala översiktsplaner (Försvarsmakten, 2022). MSB har också givit ut en vägledning för hur totalförsvarets intressen ska tas tillvara i samhällshälsplaneringen (MSB, 2021a).

Utöver planeringsprocesserna för transportinfrastruktur så finns det även planerings- och beslutsprocesser inom andra områden som har betydelse för utvecklingen av transportsystemet. Det gäller till exempel lagstiftningsprocesser som påverkar trafikarbets- och logistiksystemens funktion, till exempel avseende utländska aktörers tillgång till den svenska transportmarknaden. Dessa föregås av utredningar, samrådsprocesser etc. Det gäller också de pågående diskussionerna om näringslivets roll i totalförsvaret och hur detta ska påverka till exempel avtal och upphandlingar. Även dessa processer behöver beaktas i ett eventuellt framtida forskningsprogram om beredskapshänsyn i transportsystemet, men har inte varit möjliga att utreda under förstudien.

¹⁷ **Övergripande mål:** Transportpolitikens övergripande mål är att säkerställa en samhällsekonomiskt effektiv och långsiktigt hållbar transportförsörjning för medborgarna och näringslivet i hela landet.

Funktionsmål: transportsystemets utformning, funktion och användning ska medverka till att ge alla en grundläggande tillgänglighet med god kvalitet och användbarhet samt bidra till utvecklingskraft i hela landet. Transportsystemet ska vara jämställt, det vill säga likvärdigt svara mot kvinnors respektive mäns transportbehov.

Hänsynsmål: transportsystemets utformning, funktion och användning ska anpassas till att ingen ska dödas eller skadas allvarligt, bidra till att det övergripande generationsmålet för miljö och miljö kvalitetsmålen nås samt bidra till ökad hälsa.

¹⁸ Fyrstegsprincipen är en Trafikverkets arbetsstrategi ”för att säkerställa en god resurshushållning och för att åtgärder ska bidra till en hållbar samhällsutveckling”. Den innebär att i första hand tänka om och fokusera på åtgärder som påverkar behovet av transporter, i andra hand söka lösningar som optimerar användandet av nuvarande infrastruktur, i tredje hand bygga om nuvarande infrastruktur och först i fjärde hand bygga ny infrastruktur. <https://bransch.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/Planera-och-utreda/Planerings--och-analysmetoder/fyrstegsprincipen/>

7.2 Planerings- och beslutsprocesser för det civila försvaret

Totalförsvarsplanering har en lång historia i Sverige och en omfattande sådan bedrevs under större delen av 1900-talet. Totalförsvaret består av militärt och civilt försvar tillsammans, och ska ses som ett svar på det ”totala kriget”, som var en följd av införandet av moderna vapensystem i början av 1900-talet. Flygvapen och artilleri användes redan under det första världskriget, men än tydligare under spanska inbördeskriget och andra världskriget, för att på bredden slå mot motståndarens samhälle, inklusive infrastruktur och civilbefolkning.

Efter det kalla krigets slut avvecklades mycket av den tidigare totalförsvarsplaneringen i Sverige, eftersom ett anfall mot Sverige eller krig i Sveriges närområde bedömdes vara osannolikt inom en överskådlig framtid. Det militära försvaret bantades ner till en slimmad grundorganisation som skulle förstärkas vid behov. Försvarsmaktens grunduppdrag omorienterades i och med detta till att stödja samhället vid stora påfrestningar i fred samt att delta i internationella insatser. Denna avveckling och omorientering påbörjades i och med försvarsbeslutet 1996 (Prop. 1995/96:12). Stora delar av det civila försvaret, särskilt försörjningsberedskapen, var helt avvecklad år 2002.

Ett omtag gjordes dock i och med försvarsbeslutet 2015, som med utgångspunkt i Rysslands annektering av Krim och strider i östra Ukraina fastställde en ny säkerhetspolitisk bedömning (Prop. 2014/15:109, s. 46):

Det går inte att se militära konflikter i vårt närområde som skulle påverka endast ett land. Ett enskilt militärt väpnat angrepp direkt mot Sverige är fortsatt osannolikt. Kriser eller incidenter som även inbegriper militära maktmedel kan dock uppstå och militära angreppshot kan likväl aldrig uteslutas. Rysslands aggression mot Ukraina innebär att risken för dessa har ökat, även i vårt närområde.

I försvarsbeslutet 2015 konstaterades att ”planeringen för totalförsvaret bör således återupptas och genomföras utifrån de planeringsanvisningar som regeringen beslutat” (Prop. 2014/15:109). Under de senaste decennierna har försvarspolitikerna i regel beslutats för femåriga försvarsperioder, utifrån underlag från försvarsberedningen, som är ett forum där regeringen och representanter från samtliga politiska partier i riksdagen samråder kring försvarspolitiska frågor. I försvarsberedningen ingår även sakkunniga och experter, samt ett sekretariat. Försvarsministern beslutar om anvisningar för försvarsberedningens arbete.

Planering för totalförsvarets utveckling genomförs även den på nationell, regional och lokal nivå. Utvecklingen av det militära försvaret styrs av försvarsdepartementet och genomförs av Försvarsmakten med stöd av övriga försvarsmyndigheter. Det civila försvaret är mer komplext, då det omfattar hela det civila samhällets ansträngningar vid förberedelse för och verksamhet under krig. I det civila försvaret ingår därmed både offentliga och privata aktörer. Det civila försvaret styrs av justitiedepartementet och MSB har en samordnande roll för myndigheter med uppgifter inom totalförsvaret, så kallade bevakningsansvariga myndigheter.

Försvarsmakten och MSB har sedan försvarsbeslutet 2015 fått ett antal gemensamma regeringsuppdrag som syftar till att ta fram gemensamma grunder för inriktningen av totalförsvarsplaneringen. Den nu gällande planen, ”Handlingskraft”, färdigställdes 2021 och utgör en plan för en sammanhängande totalförsvarsplanering på nationell nivå (Försvarsmakten & MSB, 2021). På regional nivå pågår en utveckling av samverkan mellan länsstyrelser och militärregioner (Länsstyrelserna & Försvarsmakten, 2022).

När det gäller det civila försvaret har planeringsanvisningar och särskilda regeringsuppdrag givits till de civila myndigheterna inom totalförsvaret, inklusive transportsektorn (Regeringen, 2019; 2020a; b). Som nämnts ovan gav regeringen 2021 ett särskilt uppdrag till Trafikverket att redovisa behovet av åtgärder för att utveckla krisberedskap och uppgifter vid höjd beredskap (Regeringen, 2021b). I och med försvarsbeslutet 2015 tillskötts inga extra medel för utvecklingen av det civila försvaret, utan arbetet med den återupptagna planeringen ansågs då vara möjligt att genomföra inom myndigheternas befintliga budgetram, samt genom de medel som MSB efter ansökan kan tilldela för utvecklingsprojekt inom

krisberedskap.¹⁹ Först i och med budgetpropositionen 2018 (Prop. 2017/18:1) tilldelades medel öronmärkta för planeringen av civilt försvar om 429 miljoner kronor årligen.

I det senaste försvarsbeslutet (Prop. 2020/21:30) som gäller åren 2021-2025 skärptes den säkerhetspolitiska bedömningen ytterligare till att konstatera att "ett väpnat angrepp av Sverige kan inte uteslutas" (s. 67). Omfattande budgettillskott tillskötts för fortsatt utveckling av totalförsvaret, inklusive det civila försvaret. Tillsammans med de medel som redan tilldelats 2018, uppgår den totala budgeten för civilt försvar enligt totalförsvarsbeslutet till 1,4 miljarder år 2021, med en investeringstrappa upp till 4,2 miljarder år 2025 som ny bestående nivå. Sedan kriget i Ukraina bröt ut i februari 2022 har ytterligare beslut fattats, vilka inbegriper såväl utökade som tidigare lagda satsningar, vilka utgörs av både utökade och tidigare lagda satsningar. I skrivande stund är det därför svårt att överblicka vad den långsiktiga årliga budgeten för civilt försvar kommer att bli.²⁰

För tillfället pågår en snabb utveckling av strukturer och processer för planering och verksamhet inom det civila försvaret. Utredningen om civilt försvar (SOU 2021:25), ofta kallad strukturutredningen, lämnade sitt slutbetänkande "Struktur för ökad motståndskraft" i april 2021. Utredningen föreslog dels att beredskapsplaneringen organiseras i tio beredskapssektorer med sektorsansvariga myndigheter, dels att en högre regional ledning införs i form av sex högre regionala civilområden som leds av civilområdeschefer. Civilområdena baseras på en indelning av länsstyrelserna som överensstämmer med bland annat Trafikverkets nuvarande regionala indelning och ett beredskapskansli tillhörande civilområdeschefen ska inrättas vid en av de i civilområdet ingående länsstyrelserna (SOU 2021:25). I båda fallen föreslås också ökade möjligheter till föreskriftsrätt för sektorsansvariga myndigheter, respektive civilområdeschefer. I skrivande stund har regeringen beslutat om nya förordningar, men de exakta skrivningarna är ännu inte kommunicerade.

Utredningen föreslår vidare att Trafikverket ska vara sektorsansvarig myndighet för beredskapssektorn transporter, där även Sjöfartsverket, Transportstyrelsen och Luftfartsverket ska ingå. Trafikverket fick redan 2017 ett uppdrag i sin instruktion att samordna krisberedskap och det civila försvaret inom transportområdet, vilket i delar ligger i linje med det förslag som strukturutredningen sedan presenterade (Regeringen, 2017). Regeringen har aviserat att ett regeringsbeslut avseende utredningens förslag kommer att fattas under 2022, medan förslag som kräver riksdagsbeslut (exempelvis lagändringar) kommer att ta något längre tid.

På regional nivå har länsstyrelserna en central roll för utvecklingen av krisberedskap och civilt försvar. Instruktionen för länsstyrelserna understryker bland annat att de genom sin verksamhet ska reducera sårbarheterna i samhället och bevaka att beredskapshänsyn tas i samhällsplaneringen (SFS 2017:868). Länsstyrelserna är också geografiskt områdesansvariga på regional nivå, det vill säga ansvarig för att på den regionala nivån samordna aktörerna vad gäller såväl planering inför som verksamhet under kris eller höjd beredskap (SFS 2015:1052; 2017:870).

På lokal nivå har kommunerna det geografiska områdesansvaret och är ansvariga för att samordna aktörerna vad gäller såväl planering inför som verksamhet under kris eller höjd beredskap (SFS 2006:544). På regional och lokal nivå har nya avtal skrivits mellan staten och Sveriges Kommuner och Regioner (SKR) avseende regioners och kommuners arbete med krisberedskap (MSB & SKL, 2018; MSB & SKR, 2021a) och civilt försvar (MSB & SKR, 2021a; b).

¹⁹ Anslag 2:4 krisberedskap, som uppgått till ca 1 miljard kronor årligen sedan MSB bildades 2009.

²⁰ Det är exempelvis bl.a. oklart om det beslut som fattats om att den totala försvarsbudgeten ska uppgå till 2 % av Sveriges BNP inbegriper medel även till civilt försvar eller om detta enbart gäller militärt försvar, samt hur stor del av den satsning på förstärkning av det civila försvaret om 800 miljoner kronor under 2022 rör tidigare lagda satsningar respektive hur stor del som avser tillskjutna medel för nya satsningar.

7.3 Hur kan beredskapshänsyn tas i transportplaneringen

Som framgår av genomgången i detta kapitel så finns det ett stort antal olika planerings- och beslutsprocesser som har betydelse för transportsystemet i kris och krig. Det handlar dels om processer som syftar till utveckling av det framtida transportsystemet, dels om processer specifikt kopplade till förmågeutvecklingen avseende krisberedskap och totalförsvar, inklusive civilt försvar. I de förstnämnda handlar det om att integrera beredskapshänsyn i processerna, i de sistnämnda om att finna rimliga avvägningar mellan olika intressen, inklusive krisberedskap och civilt försvar, i vad som kan ses som förhandlingar mellan olika intressen i samhällsplaneringen.

I ett framtida forskningsprogram bör utvecklingen av det samlade transportsystemet stå i fokus. Därmed är det rimligt att i ett spår analysera de nationella planerings- och beslutsprocesserna inom trafikpolitiken och undersöka förutsättningarna för att integrera beredskapshänsyn i dessa. Centrala frågeställningar kan vara exempelvis hur processerna idag redan integrerar, eller i framtiden kan integrera, beredskapshänsyn, vilka intressen som dominerar i processerna och hur dessa processer kan arbeta med framtidsinriktade underlag, som till exempel scenarier. I sådana analyser kan jämförelser göras och lärdomar dras av hur nya, tvärssektoriella och övergripande frågor tidigare har integrerats i trafikpolitiken, som exempelvis jämställdhetsfrågor och miljö- och klimatanpassningsfrågor (Eriksson *et al.*, 2021; Heedegaard Sørensen & Isaksson, 2021a; Witzell *et al.*, 2022;).

Den regionala nivån för totalförsvarsplanering är under snabb förändring och utveckling. Oavsett vilka delar av strukturutredningen som implementeras och på vilket sätt, betyder detta att förutsättningarna även för utvecklingen av det regionala transportsystemet kommer att påverkas. Därmed är det rimligt att i ett andra spår följa hur processen för regioner, länsstyrelser och en eventuell högre regional ledningsnivå tillsammans med de regionala staberna kommer att se ut. I detta spår är centrala frågeställningar hur processerna ser ut, vilka intressen som dominerar i dem och hur kopplingen ser ut till de nationella planerna.

Framtida forskning om beredskapshänsyn i transportsystemets besluts- och planeringsprocesser kan också dra lärdomar av hur coronapandemin har hanterats. Hedegaard Sørensen & Isaksson (2021b) argumenterar för att coronapandemin visar vilken kraft som finns i ett brett krismedvetande och potentialen till förändring av transportsystemet när det finns en politisk vilja och nöden så kräver. Det pågående kriget i Ukraina innebär ett fortsatt läge av pågående kris för Sverige, där snabba beslut och åtgärder kan komma att tas. Hedegaard Sørensen & Isaksson drar tre lärdomar av coronapandemin som är intressanta att ta vidare i ett framtida forskningsprogram. För det första, att människors mobilitet inte är så svår att förändra som tidigare har antagits. För det andra, att politiker och myndigheter kan, om situationen så kräver, radikalt påverka medborgarnas mobilitet. För det tredje, att mjuka styrmedel som rekommendationer och riktlinjer kan ha stor effekt (2021b, sid. 20-21). Det går inte att säga idag hur stor påverkan det pågående kriget i Ukraina kommer att ha på försörjningsflöden i Sverige och i vilken utsträckning det kommer att orsaka kriser i länder som inte är direkt indragna i konflikten. Däremot har kriget redan nu gett upphov till en större krismedvetenhet och legitimitet till totalförsvarsplaneringen hos såväl medborgare som politiker i Sverige.

8 Ett framtida forskningsprogram

Föreliggande rapport utgör ett kunskapsunderlag till stöd för utformning och genomförande av ett forskningsprogram kring framtida transportsystem i kris och krig. Det första steget i en ansökan om ett sådant forskningsprogram, bland annat byggt på preliminära resultat från förstudien, skickades in till Trafikverket i mars 2022 (FOI, 2022).

I detta kapitel sammanfattas de viktigaste slutsatserna för ett framtida forskningsprogram. Fokus ligger på övergripande aspekter. För detaljer hänvisas till tidigare kapitel i rapporten. Därutöver diskuteras i detta kapitel två ytterligare aspekter av relevans för ett kommande forskningsprogram: kompetensbehov och sekretess.

8.1 En bredare ansats krävs

Utgångspunkten för förstudien är att undersöka förutsättningarna för att använda scenarioanalys i studier av framtida transportsystem i kris och krig. Fokus ligger på den långsiktiga och trögrörliga infrastrukturnivån och hypotesen är att scenarioanalys, där scenarier för framtida hot och risker överlagras på scenarier för framtida transportsystem, är en metod som kan tydliggöra och analysera risker och sårbarheter i olika vägval. I linje med detta har också en stor del av arbetet under förstudien fokuserats på att identifiera och diskutera scenarier för framtida transportsystem och för framtida hot vid kris och krig.

En slutsats av arbetet med förstudien är att ett forskningsprogram behöver utgå från en bredare ansats. Denna breddning behöver ske i tre olika dimensioner. Den första handlar om att vidga perspektivet från en analys som fokuserar på infrastruktur och regelverk, det vill säga delar dominerade av offentligt beslutsfattande, till att även inkludera aktörer och verksamheter inom ramen för trafikarbete och logistik, det vill säga delar där företag och privata intressen har en tung roll. De sistnämnda har ett tidsperspektiv som generellt är en bråkdel av det som gäller för transportinfrastruktur och regelverk, liksom förmågan att snabbare förändra sig och sin verksamhet. De utgör båda centrala delar av transportsystemens och försörjningskedjornas potentiella förmåga och resiliens i kris och krig.

Den andra dimensionen i breddningen handlar om behovet av en fördjupad förståelse för utformning och funktion hos de planerings- och beslutsprocesser som styr utvecklingen av transportsystemen, liksom de som styr utvecklingen av totalförsvaret och det civila försvaret. I de förstnämnda handlar det om hur beredskapshänsyn måste analyseras och formuleras för att integreras i processerna. I de sistnämnda handlar det om att finna rimliga avvägningar mellan olika intressen i samhällsplaneringen, inklusive krisberedskap och civilt försvar.

Den tredje dimensionen i breddningen handlar om behovet av att i analysen inkludera hur teknikutveckling påverkar transportsystemens resiliens ur ett totalförsvarsperspektiv i kris och krig. De studier som undersöker vad framtidens teknik (till exempel automatisering, nya drivmedel och informationsteknologi) kan betyda för transporter, fokuserar i de allra flesta fall på risker och sårbarheter hos enskilda delar eller aspekter av transportsystemet snarare än på en övergripande system- eller samhällsnivå. Det som saknas är analyser av sårbarheter och risker för transportsystemet som helhet och för samhället, samt vad införandet av ny teknik kan få för påverkan på systemets samlade resiliens. Existerande studiers teknikanalyser kan användas som en utgångspunkt för en sådan breddad analys.

Ett forskningsprogram fokuserat på beredskapshänsyn i utveckling och långsiktplanering av transportsystem behöver därmed:

- Utveckla scenariometodik för bedömning av hotbilder och framtida transportsystem.
- Undersöka besluts- och planeringsprocesser för att integrera beredskapshänsyn i transportplaneringen, samt totalförsvarsplaneringens omhändertagande av transportfrågor.
- Undersöka privata aktörers resiliens och arbete med kontinuitetshandling och affärslogik i relation till beredskap för kriser och krig och potentiella effekter på försörjningskedjor därav.
- Undersöka införandet av ny teknik och den påverkan på transportsystemets resiliens som ny teknik kan medföra.

8.2 Ett systemperspektiv är nödvändigt

Forskningsprogrammet föreslås utgå från att samhällets resurser för transporter och logistik kan betraktas som tre överlagrade, men också sammanlänkade, system av system. Dessa benämns för infrastrukturen, trafikarbetsystemen och logistiksystemen. Varje trafikslag kan i sig ses som delsystem som skär igenom dessa nivåer, men de är också på varje nivå sammanfogade till ett större system. Trafikarbetsystemen verkar inom de förutsättningar och begränsningar som infrastrukturen ger och logistiksystemen verkar inom de förutsättningar och begränsningar som trafikarbetsystemet ger.

Närbesläktat, men utanför det som definieras som transportsystemen, ligger försörjningssystemen. Transportsystemet utgör ofta en förutsättning för försörjningssystemen, men de sistnämnda verkar inte enbart inom de förutsättningar och begränsningar som transportsystemet ger. Exempelvis kan försörjningssystemen starta egen produktion av en vara eller välja alternativa produkter.

I ett forskningsprogram är det inte möjligt att studera alla delar av transportsystemet. Fokus bör ligga på de delar som är särskilt samhällsviktiga i olika typer av kriser och krig. Vilka dessa är bör identifieras i en inledande analys i forskningsprogrammet, där bland annat ett resiliensperspektiv kan användas för att studera olika delar av transportsystemet i olika typer av kriser och krig. Vidare bör ett eventuellt framtida forskningsprogram *i huvudsak* fokusera på det nationella perspektivet, med öppningar för att lyfta in aspekter från internationell eller regional/lokal nivå som illustrativa exempel, eller när dessa får särskilt stor påverkan. Ett forskningsprogram föreslås också ha sin tyngdpunkt på godstransporter, utan att utesluta persontransporter. Den fortsatta analysen får ge en tydligare bild vad detta innebär i praktiken, bland annat utifrån vilka persontransporter som måste fungera i kris och krig.

8.3 Långa och korta tidsperspektiv måste mötas

Planering och utveckling av transportsystemet sker i två olika tidsperspektiv. Det ena är det långsiktiga tidsperspektivet i form av inriktning, planering, underhåll och utveckling av nödvändig infrastruktur, men också av lagstiftning och regelverk gällande t ex ansvarsförhållanden. Det andra är det kortsiktiga tidsperspektivet i form av de operativa beslut och aktiviteter som styr transportsystem och flöden av varor. Marknader, tjänsteleverantörer och hot förändras således i ett betydligt högre tempo än infrastrukturen. Att transportinfrastrukturen har en lång livslängd samtidigt som framtida transportbehov och efterfrågan i den operativa verksamheten är okända eller svårbedömda innebär en utmaning. Beslut som fattas om infrastruktur idag låser handlingsutrymmet för decennier framåt i tiden. Ett framtida forskningsprogram bör närma sig frågan om transportinfrastrukturens, trafikarbetsystemens och logistiksystemens resiliens från båda dessa tidsperspektiv. Tidsperspektiven möts också i flera punkter. Infrastruktur och regelverk utgör förutsättningar för de kortsiktiga operativa beslutens möjlighet att åstadkomma flexibilitet och resiliens. I utvecklingen av regelverk och infrastruktur måste därför en förståelse för de operativa aktörernas

agerande finnas med. Samtidigt måste de operativa verksamheterna ha en förståelse för de möjligheter och begränsningar som finns i de långsiktiga strukturerna. En särskild utmaning är också hur begrepp som resiliens kan förstås och användas för att analysera och diskutera hela systemet givet de skilda tidsperspektiven.

8.4 Resiliens som mål och medel

Resiliens utgör ett grundläggande begrepp i ett framtida forskningsprogram, både som en egenskap som ett transportsystem bör ha för att fungera i kris och krig och som ett filter i urvalet av aspekter att studera. Det går inte att studera alla olika framtida teknikområden, däremot de som ur perspektivet resiliens ter sig som mest intressanta. Det går inte heller att studera alla delar av transportsystemet, däremot de delar vars resiliens anses särskilt viktiga ur perspektivet samhällets och totalförsvarets funktionalitet i kris och krig.

Följande definition av resiliens föreslås utgöra en utgångspunkt för ett forskningsprogram:

Resiliens är ett systems förmåga att förbereda sig för, och på ett flexibelt och adaptivt vis kunna motstå påverkan av, disruptiva händelser samt dess förmåga att tillräckligt snabbt kunna återställa sin funktionalitet till en acceptabel nivå efter påverkan.

Definitionen understryker förmågan att återställa funktionaliteten till en acceptabel nivå, vilket i kris och krig kan vara något annat än vid ett normalläge. Definitionen bör vidare-utvecklas i ett eventuellt framtida forskningsprogram.

8.5 Scenarier för transportsystem och hot

Under förstudien har scenarier för framtida transportsystem identifierats och analyserats. Det kan konstateras att få är verkligt trafikslagsövergripande och än färre har ett fokus på transportsystemets funktion i framtida kriser och krig. En första slutsats är därför att ett forskningsprogram behöver utveckla nya scenarier för framtida transportsystem, anpassade till svenska förhållanden och utformade för att stödja analyser av dessa systems funktionalitet i framtida kriser och krig. En sådan utvecklingsprocess bör genomföras tillsammans med aktörer och intressenter, för att säkra scenariernas relevans men också för att säkra att scenarierna accepteras av centrala intressenter och aktörer.

Ny teknologi kan påverka transportsystemens resiliens både positivt och negativt. Positivt genom att till exempel erbjuda nya och säkrare lösningar. Negativt genom att föra in nya sårbarheter på systemnivå och samhällsnivå. Emellertid analyseras ny teknologi sällan ur ett sådant perspektiv. Utveckling av scenarier för framtida transportsystemen i kris och krig kräver därför en fördjupad förståelse av hur teknikutvecklingen kan påverka transportsystemen.

Arbetet med att utveckla scenarier kan utgå från metoder som använts i annan scenario-utveckling. Ett upplägg och övergripande metodval redovisas i kapitel 3, och består av en tvåstegsprocess där i ett första steg kvalitativa scenarier för framtida transportsystem tas fram för att beskriva ett tänkbart utfallsrum. I ett andra steg kan sedan metoder för back-casting användas för att beskriva vägarna fram till dessa scenarier. I bägge stegen bör aktörer och intressenter engageras.

I förstudien har vidare scenarier för framtida hot och risker identifierats och analyserats. Den övergripande slutsatsen är att de hotbilder och de beskrivningar av specifika hot som tagits fram för andra sammanhang kan utgöra en utgångspunkt för ett forskningsprogram. Det krävs dock en anpassning och komplettering utifrån ett framtidsperspektiv, till exempel för att beakta de möjligheter och sårbarheter som den tekniska utvecklingen kan medföra, för transportsystemet och för försörjningssystemet.

Det långa tidsperspektivet för transportsystemens övergripande utformning och infrastruktur innebär att analyser av risker och sårbarheter måste ha ett långt tidsperspektiv och inbegripa hot och risker som idag kan te sig långsökta, realistiska eller svåra att ens förutse. Även det okända hotet kan då behöva inkluderas i analysen. Även kortsiktiga risker och

sårbarheter kan vara relevanta att analysera. För andra delar av transportsystemet, till exempel i trafikarbets- och logistiknivåerna, så är tidsperspektivet generellt kortare och handlar i första hand om kända hot och risker.

Fokus för ett forskningsprogram bör ligga på hotscenarier för krig, gråzonsproblematik och kris. Allvarliga händelser och normallägeshändelser avgränsas bort. I analysen av kriser bör såväl antagonistiska som icke-antagonistiska hot beröras, liksom de principiella skillnaderna mellan dessa. Fokus för ett eventuellt framtida forskningsprogram bör vidare ligga på hot som uppstår så snabbt att det inte finns tid för några omfattande förberedelser för att möta dem, utöver sådana som har gjorts tidigare. Ett forskningsprogram bör slutligen i huvudsak fokusera på hot som ur transportsystemets perspektiv är externa.

8.6 Övergripande syfte för ett forskningsprogram

Det övergripande syftet för ett framtida forskningsprogram föreslås vara att *bygga kunskap kring hur beredskapshänsyn kan integreras i utveckling och planering av transportsystemet*, vilket förväntas bidra till att stärka transportsystemets resiliens och därmed dess förmåga att upprätthålla varuförsörjningen i kris och krig. För att kunna uppnå syftet med forskningsprogrammet är det nödvändigt att bygga kunskap om hur beredskapshänsyn kan integreras i beslutsprocesser inom såväl den statliga styrningen som inom näringslivet, samt vad beredskapshänsyn innebär i praktiken.

8.7 Kompetensbehov

I arbetet med förstudien har följande åtta breda kompetensområden identifierats som nödvändiga för ett forskningsprogram om transportsystemet i kris och krig:

- Totalförsvar, civilt försvar och krisberedskap.
- Hot-, risk- och sårbarhetsanalys.
- Resiliens inom transport- och försörjningssystem.
- Scenarier och scenarioanalys.
- Transportsystems utformning och funktion på en trafikslagsövergripande nivå.
- Policy och beslutsprocesser inom totalförsvarsplanering respektive transportområdet.
- Försörjningssystem och privata aktörers affärslogik.
- Teknikutveckling inom transportområdet.

FOI har betydande kompetens vad avser totalförsvar, hot- och riskanalys, scenarioanalys, samt policy och beslutsprocesser gällande totalförsvarsplanering. Vad avser övriga kompetensområden så identifierades tidigt behovet av att samarbeta med andra forskningsutövare med starka forskningsmiljöer inom de områden som identifierats som relevanta. FOI har därför utformat en ansökan till Trafikverket tillsammans med tre partners. Vid Statens väg- och trafikforskningsinstitut finns forskningsmiljöer med en bred kompetens om transportsystemens utformning och funktion, men också vad avser policy och beslutsprocesser inom transportområdet. Linköpings universitet har en stark forskningsmiljö för logistikforskning som bidrar med nödvändig kompetens kring försörjningssystem och privata aktörers affärslogik. Slutligen har Kungliga Tekniska högskolans avdelning för transportplanering bred kompetens avseende teknikfrågor inom transportområdet. Resiliens är ett kompetensområde där samtliga fyra partners bidrar med kunskap.

I skapandet av konsortiet har strävan varit att finna kompletterande kompetenser. Samtidigt finns kompetensmässigt gemensamma grunder hos deltagande individer och institutioner vilket hjälper till att binda samman forskningsprojektets olika delar till en enhet. De forskare som medverkar i ansökan om ett forskningsprogram kännetecknas av att de är seniora inom sina respektive områden, med etablerad expertis inom de frågor som är relevanta för programmet. Samtidigt har de ett intresse för att bidra till forskningsprogrammets utpräglade

fokus på tillämpad forskning till nytta för totalförsvarsplaneringen och transportaktörernas arbete med att stärka beredskapen för kriser och krig.

8.8 Sekretess

FOI har i mars 2022 tillsammans med tre partners (Linköpings universitet, Kungliga Tekniska högskolan och Statens väg- och trafikforskningsinstitut) lämnat in en ansökan till Trafikverket om forskningsmedel för ett forskningsprogram kallat *Beredskapshänsyn i utveckling och långsiktplanering av transportsystem* (BULT).

Avsikten är att forskningsprogrammet ska generera resultat som kan publiceras i form av öppna artiklar och rapporter. Fokus ska därför ligga på ett övergripande perspektiv, det vill säga hur olika trender i utvecklingen av transportsystemen kan påverka deras förmåga och resiliens i framtida kriser och krig, och hur detta kan beaktas i planerings- och beslutsprocesser. BULT ska däremot inte diskutera förmåga och sårbarheter hos enskilda delar i transportsystemen.

Emellertid innebär varje analys av framtida transportsystems funktion, förmåga och resiliens i kris och krig en risk för att komma i kontakt med skyddsvärd information. Vidare kan öppen information när den läggs samman och analyseras resultera i information som är skyddsvärd och olämplig att sprida vidare. Det krävs både medvetenhet och vana för att kunna agera på ett korrekt vis.

Detta innebär att i ett framtida forskningsprogram så behöver det föras en kontinuerlig diskussion om informationssäkerhet och sekretess. En sådan diskussion har påbörjats inom konsortiet och resulterat i en plan som kommer att redovisas för Trafikverket i samband med en fördjupad projektansökan.

9 Slutsatser

Rapportens huvudsakliga slutsats är att det idag saknas forskning om framtida hot mot framtida transportsystem. Särskilt saknas forskning som har en sådan inriktning och bredd att den kan bidra till processer och metoder för integrering av beredskapshänsyn i den långsiktiga utvecklingen av transportsystemen. Samtidigt visar rapporten att det finns scenariometoder och analysmetoder inom såväl transportsystemforskning som forskning om hotutveckling som är intressanta att använda och vidareutveckla till en metodik framtagen specifikt för detta syfte.

Arbetet med rapporten har haft fokus på scenarier för framtida transportsystem och för framtida hot. Eftersom det visade sig finnas relativt få scenarier för framtida transportsystem som är lämpliga för detta slags analyser kom arbetet i hög grad att inriktas på att beskriva hur sådana scenarier kan utformas och tas fram. Rapportens omfångsrika referenslista utgör i sig en bas för fortsatt forskning. Den del av rapporten som behandlar risk- och sårbarhetsanalyser, erfarenhetshantering samt beslutsprocesser och planeringsprocesser inom trafikpolitiken har hanterats mer översiktligt. För den fortsatta forskningen till stöd för transportmyndigheternas totalförsvarsplanering är dessa frågor dock fortsatt viktiga.

Existerande risk- och sårbarhetsanalyser har ett dubbelt värde. För det första som underlag för beslutsfattande. För det andra som en grund för att bedöma resiliens hos olika system eller för forskning om exempelvis infrastrukturens sårbarhet. Detsamma gäller arbete med erfarenhetshantering, som också den har ett värde dels som beslutsunderlag, dels som metod för analys. När det gäller forskning om beslutsprocesser och planeringsprocesser är slutsatsen att metodiken för att analysera hur beredskapshänsyn kan tas i besluts- och planeringsprocesser i sig inte skiljer sig från de metoder och angreppssätt som används inom exempelvis befintlig forskning om hur klimatmål och miljöarbete kan integreras i transportsystemen och trafikpolitiken. I stort saknas dock tidigare forskning och analys om hur beredskapshänsyn kan integreras, vilket gör sådan empirisk forskning angelägen.

Det saknas också i stort forskning om hur roller och ansvar ska fördelas mellan det i huvudsak offentligt kontrollerade totalförsvaret och de i huvudsak privat kontrollerade trafikarbets- och logistiksystemen. De privata aktörerna verkar under affärsmässiga villkor och har förenklat uttryckt mindre möjlighet att ta ansvar ju djupare kris samhället drabbas av, medan de statliga aktörerna förväntas ta större ansvar ju djupare krisen blir. Hur denna ansvarsfördelning ska fungera i praktiken är en central fråga. Framtida forskning behövs därför för att fördjupa förståelsen för hur såväl företagens affärslogik som statens instrument för att ta ansvar och i extrema fall ta över de privata aktörernas roll kan påverka rollfördelning och planering. Som konstaterats i rapporten är utvecklingen av infrastruktur och trafikpolitik i stort långsiktig och därmed trögrörlig, medan tjänstelagret är under snabb förändring. Hur olika tidsperspektiv och tidshorisonter för beslutsfattande och planering kan förstås och hanteras är därför också en viktig fråga för fortsatt forskning.

I skrivande stund pågår fortfarande coronapandemin, samtidigt som Rysslands förnyande angrepp på Ukraina har orsakat en säkerhetspolitisk kris. För forskningen om totalförsvaret ger dessa kriser en möjlighet att studera och skapa en djupare förståelse för frågor som vilka förmågor, vilken infrastruktur, vilka försörjningskedjor och vilka processer för beslutsfattande som är avgörande för att säkra samhällets överlevnad vid kris och krig. Resultatet från sådana studier utgör viktiga kunskapsunderlag även för diskussionen om det framtida transportsystemet och dess utformning och förmågor, liksom om relationen mellan dess olika grupper av aktörer.

Referenser

- Aggelakakis, A., Bernardino, J., Boile, M., Christidis, P., Condeco, A., Krail, M., Papanikolaou, A., Reichenbach, M., & Schippl, J. (2015). The future of the transport industry. JRC EUR 27085 EN.
- Ahmed, S., & Dey, K. (2020). Resilience modeling concepts in transportation systems: a comprehensive review based on mode, and modeling techniques. *Journal of Infrastructure Preservation and Resilience*, 1(1). doi:10.1186/s43065-020-00008-9
- Albinsson, P-A. & J. Bengtsson (2016). Inventering av stöd för kommunalt RSA-arbete. FOI Memo 5669. Stockholm: Totalförsvarets forskningsinstitut.
- Alexander, D. (2013). Volcanic Ash in the Atmosphere and Risks for Civil Aviation: A Study in European Crisis Management. *International Journal of Disaster Risk Science*, 4(1), pp. 9–19. doi:10.1007/s13753-013-0003-0
- Andersson, R. H. & Hearn, A. C. (1996). *An Exploration of Cyberspace Security R&D Investment Strategies for DARPA "The Day After...in Cyberspace II"*. MR-797-RAND. doi.org/10.7249/MR797
- Appelgren, J., Bay, S., Malminen, J., & Zouave, E. (2020). *Strategisk verktygslåda mot hybridhot Ett ramverk för gemensam problemförståelse*. FOI-R--4816--SE.
- Ballou, R. H. (2007). The evolution and future of logistics and supply chain management. *European Business Review*, 4(19), pp. 332-348. <http://dx.doi.org/10.1108/09555340710760152>
- Banister, D., & Hickman, R. (2013). Transport futures: Thinking the unthinkable. *Transport Policy*, 29, 283–293. doi:10.1016/j.tranpol.2012.07.005
- Berger, P. (2021, 4 augusti). Where Did All the Shipping Containers Go? *The Wall Street Journal*. Hämtad 2022-01-28 från <https://www.wsj.com/articles/where-did-all-the-shipping-containers-go-11628104583>
- Bernardino, J., Aggelakakis, A., Reichenbach, M., Vieira, J., Boile, M., Schippl, J., Christidis, P., Papanikolaou, A., Condeco, A., Garcia, H., & Krail, M. (2015). Transport demand evolution in Europe – factors of change, scenarios and challenges. *European Journal of Futures Research*, 3(1), pp. 13-26. doi:10.1007/s40309-015-0072-y
- Bertalanffy von, L. (1968). *General System Theory: Foundations, Development, Applications*. New York, NY: G. Braziller.
- Blainey, S. P., & Preston, J. M. (2019). Predict or prophesy? Issues and trade-offs in modelling long-term transport infrastructure demand and capacity. *Transport Policy*, 74, 165–173. doi:10.1016/j.tranpol.2018.12.001
- Boin, A. (2009). The New World of Crises and Crisis Management: Implications for Policymaking and Research. *Review of Policy Research*, 26, pp. 367-377. doi:10.1111/j.1541-1338.2009.00389.x
- Boin, A., 't Hart, P., Stern, E., & Sundelius, B. (2016). *The Politics of Crisis Management: Public Leadership under Pressure*. Cambridge, UK: Cambridge University Press. doi:10.1017/9781316339756
- Börjeson, L., Höjer, M., Dreborg, K.-H., Ekvall, T., & Finnveden, G. (2006). Scenario types and techniques : Towards a user's guide. *Futures*, 38(7), pp. 723–739. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2005.12.002>

- Borodzicz, E., & Van Haperen, K. (2002). Individual and Group Learning in Crisis Simulations. *Journal of Contingencies and Crisis Management*, 10, pp. 139–147. doi:10.1111/1468-5973.00190
- Bösch, P. M., Ciari, F., & Axhausen, K. W. (2018). Transport Policy Optimization with Autonomous Vehicles. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2672(8), pp. 698–707. doi:10.1177/0361198118791391
- Brand, C., Anable, J., & Morton, C. (2018). Lifestyle, efficiency and limits: modelling transport energy and emissions using a socio-technical approach. *Energy Efficiency*, 12(1), pp. 187–207. doi:10.1007/s12053-018-9678-9
- Bruneau, M., Chang, S. E., Eguchi, R. T., Lee, G. C., O'Rourke, T. D., Reinhorn, A. M., Shinozuka, M., Tierney, K., Wallace, W. A., von Winterfeldt, D. (2003). A Framework to Quantitatively Assess and Enhance the Seismic Resilience of Communities. *Earthquake Spectra*, 19(4), pp. 733–752. doi:10.1193/1.1623497
- Carrese, S., Cipriani, E., Colombaroni, C., Crisalli, U., Fusco, G., Gemma, A., Isaenko, N., Mannini, L., Petrelli, M., Busillo, V., & Saracchi, S. (2021). Analysis and monitoring of post-COVID mobility demand in Rome resulting from the adoption of sustainable mobility measures. *Transport Policy*, 111, 197–215. doi:10.1016/j.tranpol.2021.07.017
- Centre for the Protection of National Infrastructure - CPNI (2021). Critical National Infrastructure. Hämtat 2022-05-02
- Christopher, M. (2016). *Logistics and Supply Chain Management*. New York: Pearson Education.
- Christopher, M., & Peck, H. (2004). Building the Resilient Supply Chain. *The International Journal of Logistics Management*, 15(2), pp. 1–14. doi:10.1108/09574090410700275
- Clausen Mork, J., & Reichel, B. (2022). *When threats materialize – the relevance of the Russian attack on Ukraine for Swedish civil defense planning*. FOI Memo 7835.
- Cyber Security & Infrastructure Security Agency - CISA (2022). *CISA tabletop exercises packages*. Hämtat 2022-04-22 från <https://www.cisa.gov/cisa-tabletop-exercises-packages>.
- Cyber Security & Infrastructure Security Agency – CISA (odaterat). *Infrastructure survey tool*. Hämtat 2022-05-02 från <https://www.cisa.gov/sites/default/files/publications/CISA%20IST%20Fact%20Sheet.pdf>
- Department for Transport. (2014a). *Transport Resilience Review. A review of the resilience of the transport network to extreme weather events*.
- Department for Transport. (2014b). *Government Response to the Transport Resilience Review*.
- Department for Transport. (2018). Road Traffic Forecasts 2018.
- Dickson, B. (2016-08-03). Skadad Södertäljebro får långsiktiga konsekvenser. *Sveriges Radio*. Hämtad 2022-01-31 från <https://sverigesradio.se/artikel/6486666>
- Dreborg, K. (1996). Essence of backcasting. *Futures* 9(28), pp. 813-828. doi.org/10.1016/S0016-3287(96)00044-4

- Ehrenberger, S., Seum, S., Pregger, T., Simon, S., Knitschky, G., & Kugler, U. (2021). Land transport development in three integrated scenarios for Germany – Technology options, energy demand and emissions. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 90, 102669. doi:10.1016/j.trd.2020.102669
- Ekström, T. (2020). *Segmentation and Differentiation in Defence Supply Chain Design – A Dynamic Purchasing Portfolio Model for Defence Procurement*. Dissertation Series No. 058. School of Engineering, Jönköping University.
- Ekström, T. (2022). *Kriget i Ukraina — Ett logistiskt perspektiv*. FOI Memo 7849.
- Engholm, A., Kristofferson, I., & Pernestal, A. (2021). Impacts of large-scale driverless truck adoption on the freight transport system. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 154, pp. 227–254. doi:10.1016/j.tra.2021.10.014
- Eriksson, C., Denward, C., Mickelsson, L., & Hedtjärn Swaling, V. (2020). *Kunskap för beredskap Vad har risk- och sårbarhetsanalys gett för effekt hittills och hur kan nyttan öka?* FOI-R--4804--SE
- Eriksson, L., Isaksson, K., & Witzell, J. (2021). "Nationell transportplanering i ett kritiskt skede." i Eriksson, L., Isaksson, K., & Witzell, J. (red.). *På väg mot hållbar omställning? Kunskap, makt och mening i nationell transportplanering*. Boxholm: Linneförlag. ISBN 978-91-88651-12-9.
- Eriksson, P. (2020). *Glöm pandemin!* FOI Memo 7336. Hämtat 2022-03-07 från <https://www.foi.se/rapportsammanfattning?reportNo=FOI%20Memo%207336>
- Eriksson, P., & Eckersand, U. (2019). *Typfall krisberedskap för länsstyrelserna*. FOI-R--4799--SE
- Eriksson, P., Andersson, D., Hamann, K., Karapidis, A., Dworschak, B., van Rijk, R., van de Ven, J., Griffioen-Young, H., Stålheim, M., Szulejewski, M., Chagas, A., Rigaud, E., Rafalowski, C., Laist, I., & Joyanes, G. (2017). *Lessons Learned Framework Concept, DRIVER D530.1*. <https://www.driver-project.eu/wp-content/uploads/2017/11/Lessons-Learned-Framework-Concept.pdf>
- Erkenborn, K. (2021). Tillfälliga beredskapsflygplatser blir kvar. *Svenska Dagbladet*. 2021-05-12.
- Erol, O., Sauser, B. J., & Mansouri, M. (2010). A framework for investigation into extended enterprise resilience. *Enterprise Information Systems*, 4(2), pp. 111–136. doi:10.1080/17517570903474304
- FOI. (2022). *Projektförslag till Trafikverkets forskning- och innovationsplan - BULT*. FOI 2022-174:2.
- Försvarsberedningen. (2017). *Motståndskraft Inriktningen av totalförsvaret och utformningen av det civila försvaret 2021–2025*. Ds 2017-66.
- Försvarmakten, & MSB. (2021). *Handlingskraft. Handlingsplan för att främja och utveckla en sammanhängande planering för totalförsvaret 2021-2025*. FM2021-17683:2.
- Fries, R., Chowdhury, M., & Brummond, J. (2009). *Transportation Infrastructure Security Utilizing Intelligent Transportation Systems*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons Inc. doi:10.1002/9780470432853
- Ganin, A. A., Mersky, A. C., Jin, A. S., Kitsak, M., Keisler, J. M., & Linkov, I. (2019). Resilience in intelligent transportation systems (ITS). *Transportation Research. Part C, Emerging Technologies*, 100, 318-329. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2019.01.014>

- Geurs, K., van Wee, B. (2004). Backcasting as a tool for sustainable transport policy making: the environmentally sustainable transport study in the Netherlands. *European Journal of Transport Infrastructure Research* 4 (1), pp. 47–69. <https://doi.org/10.18757/ejtr.2004.4.1.4256>
- Goliath M., Lidström K., Nylén T., Sivertsson S. (2021). *Kärnvapenscenario för räddningstjänst*. FOI-R--5131--SE.
- Goliath, M. (2019). *Kärnvapenfall för totalförsvarsplanering*. FOI Memo 6724.
- Gonzalez-Aregall, M., & Bergqvist, R. (2019). The role of dry ports in solving seaport disruptions: A Swedish case study. *Journal of transport geography*. 10(80). doi:10.1016/j.jtrangeo.2019.102499
- Government office for science. (2019). *A time of unprecedented change in the transport system The future of mobility*. www.gov.uk/go-science
- Halim, R. A., Kwakkel, J. H., & Tavasszy, L. A. (2016). A scenario discovery study of the impact of uncertainties in the global container transport system on European ports. *Futures: the journal of policy, planning and futures studies*, 81, pp. 148-160. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2015.09.004>
- Hanping, H., Chaudhry, S., Chen, Y., & Hu, M. (2017). Physical distribution, logistics, supply chain management, and the material flow theory: a historical perspective. *Information Technology and Management*, 18, pp. 107–117. doi 10.1007/s10799-015-0229-1
- Hedegaard Sørensen, C., & Isaksson, K. (2021a). *Omställning till hållbar mobilitet*. VTI rapport 1087. Linköping: VTI.
- Hedegaard Sørensen, C., & Isaksson, K. (2021b). Coronakrisen – lärdomar för omställning till hållbara transporter. I Holm, H., & Kollmann, A. (red.) *Omstart kollektivtrafiken: idéer för en hållbar framtid*, s. 12-25. Lund: K2 Nationellt kunskapscentrum för kollektivtrafiken.
- Helmbring, K., & Arvidsson, U. (2015) *Förstudie: Ansvar och roller i transportsektorn avseende arbete inom krisberedskapsområdet*. Energimyndigheten STEM 2015-3327.
- Hickford, A. J., Nicholls, R. J., Otto, A., Hall, J. W., Blainey, S. P., Tran, M., & Baruah, P. (2015). Creating an ensemble of future strategies for national infrastructure provision. *Futures*, 66, pp. 13–24. doi:10.1016/j.futures.2014.11.009
- Hill, H., Hijdra, A., & Craviolotti, P. (2017). Resilience of Transport Infrastructure Systems. Hämtad 2022-03-14 från <https://www.futureofconstruction.org/solution/resilience-of-transport-infrastructure-systems/>
- Hoppe, M., & Trachsel, T. (2018) *D4.1 Sketch of the future transport system (INTEND)*. Ref. Ares(2018)4084731 - 02/08/2018
- Ingelstam, L. (2012) *System Att tänka över samhälle och teknik*. EB2012:01. Energimyndigheten. Hämtad 2022-02-04 från energimyndigheten.se/w2m.se/FolderContents.mvc/Download?ResourceId=104388
- Ingemarsdotter, J. (2021). *Beredskap att agera. Lärdomar för framtiden från det civila försvarets övningar 1937-1997*. FOI-R--5109--SE.
- Ingemarsdotter, J., Eidenskog, D. & Swaling, V. H. (2020). *Vilse i lasagnen? En upptäcktsfärd i den svenska digitaliseringens mångbottnade problemstruktur*. FOI-R--4814--SE.

- Ingemarsdotter, J., Sparf, A., Karlsson, L., & Lundén, J. (2018). *Näringslivets roll i totalförsvaret – centrala frågor och vägar framåt*. FOI-R--4649--SE.
- Jenelius, E., & Mattsson, L.-G. (2015). Road network vulnerability analysis: Conceptualization, implementation and application. *Computers, Environment and Urban Systems*, 49, 136–147. doi:10.1016/j.compenvurbsys.2014.02.003
- Jenelius, E., & Mattsson, L.-G. (2021). Resilience of Transport Systems. *International Encyclopedia of Transportation*, pp. 258–267. doi:10.1016/b978-0-08-102671-7.10719-5
- Johansson, H. & H. Jönsson (2007). Metoder för risk- och sårbarhetsanalys ur ett systemperspektiv. LUCRAM rapport 1010. Lund: Lunds universitet.
- Johansson, H., Sandvik, K. O., Zsidákovits, J., & Łutczyk, G. (2016). A Need for New Methods in the Paradigm Shift from Mobility to Sustainable Accessibility. *Transportation Research Procedia*, 14, pp. 412–421. doi:10.1016/j.trpro.2016.05.093
- Jonsson D. K. (2017). *Att använda scenarier i planering för civilt försvar*. FOI-R--4434--SE.
- Jonsson, D. K. (2018). *Typfall 5: Utdragen och eskalerande gråzonsproblematik. Komplettering av hotbildsunderlag i utvecklingen av civilt försvar*. FOI MEMO 6338.
- Karlzen, H. (2022). IT när de externa anslutningarna går ner - Konsekvenser och reservalternativ i offentliga verksamheter. FOI-R--5260--SE.
- KBM. (2008). *Faller en – faller då alla?* (Ingen beteckning) Hämtat 2022-04-05 från <https://www.msb.se/siteassets/dokument/amnesomraden/krisberedskap-och-civilt-forsvar/stod-i-att-analysera-beroenden/faller-en---faller-da-alla.pdf>
- Kitchenham, B. (2004). *Procedures for performing systematic reviews*. NICTA Technical report 0400011T.1. July, 2004.
- Kok, K., van Vliet, M., Bärlund, I., Dubel, A., & Sendzimir, J. (2011). Combining participative backcasting and exploratory scenario development: Experiences from the SCENES project. *Technological Forecasting and Social Change*, 78(5), pp. 835–851. doi:10.1016/j.techfore.2011.01.004
- Kok, R., Laparidou, K., Rahman, A., & Dray, M. L. (2011). *Deliverable D8 Scenarios of European Transport Futures in a Global Context*. FP7-TPT-2008-RTD-1.
- KPMG. (2021). *Region Stockholms hantering av covid-19 Oberoende utvärdering av Region Stockholms hantering av det nya coronavirusets effekter (dnr 2020–0384)*.
- La Porte, T. R. (1996). High Reliability Organizations: Unlikely, Deamnding and At Risk. *Journal of Contingencies and Crisis Management* 4(2), pp. 60-71. doi:10.1111/j.1468-5973.1996.tb00078.x
- Lagadec, P. (2009). A New Cosmology of Risks and Crises: Time for a Radical Shift in Paradigm and Practice. *Review of Policy Research*, 26(4), pp. 473–486. doi:10.1111/j.1541-1338.2009.00396.x
- Länsstyrelserna & Försvarsmakten. (2022). *Högre regional grundsyn Mellersta militärregionen 2022-2025*. Hämtad 2022-05-02 från <https://www.lansstyrelsen.se/download/18.4e75588c17f447017bf240a0/1647260454210/H%C3%B6gre%20regional%20grundsyn%20Mellersta%20milit%C3%A4rregionen%202022-2025.pdf>

- Leviäkangas, P., & Aapaoja, A. (2018). Resilience of Transport Infrastructure Systems. *CSID Journal of Infrastructure Development*, 1(1), pp. 80-90. doi:10.32783/csid-jid.v1i1.11
- Lindgren, F. (2014). *Hotbildsunderlag i utvecklingen av civilt försvar*. FOI Memo 5089.
- Lu, L. X., & Swaminathan, J. M. (2015). Supply Chain Management. i Wright, J. D. (red.) *International Encyclopedia of Social and Behavioral Sciences*, 2nd edition, pp. 709–713. doi:10.1016/b978-0-08-097086-8.73032-7
- Lyons, G., & Davidson, C. (2016). Guidance for transport planning and policymaking in the face of an uncertain future. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 88, pp. 104–116. doi:10.1016/j.tra.2016.03.012
- Lyons, G., & Marsden, G. (2021). Opening out and closing down: the treatment of uncertainty in transport planning's forecasting paradigm. *Transportation*, 48(2), pp. 595–616. doi:10.1007/s11116-019-10067-x
- Lyons, G., Cragg, S., & Neil, M. (2018). *Embracing uncertainty and shaping transport for Scotland's future*. Paper presented at European Transport Conference 2018.
- Lyons, G., Davidson, C., Forster, T., Sage, I., McSaveney, J., MacDonald, E., Morgan, A., & Kole, A. (2014). *Future demand. How could or should our transport system evolve in order to support mobility in the future?* Wellington, Ministry of Transport.
- Lyons, G., Rohr, C., Smith, A., Rothnie, A., & Curry, A. (2021). Scenario planning for transport practitioners. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 11 (2021), pp. 1-10. doi:10.1016/j.trip.2021.100438
- Ma, X., Hu, X., Weber, T., & Schramm, D. (2021). Effects of Automated Vehicles on Traffic Flow With Different Levels of Automation. *IEEE Access*, 9, pp. 3630–3637. doi:10.1109/access.2020.3048289
- Magnusson, T., Anderberg, S., Dahlgren, S., & Svensson, N. (2020). Socio-technical scenarios and local practice – Assessing the future use of fossil-free alternatives in a regional energy and transport system. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 5, 100128. doi:10.1016/j.trip.2020.100128
- Maier, M. W. (1998). Architecting Principles for Systems-of-Systems, *Systems Engineering* 4, pp. 267-284. doi.org/10.1002/j.2334-5837.1996.tb02054.x
- Mattila, T., & Antikainen, R. (2011). Backcasting sustainable freight transport systems for Europe in 2050. *Energy Policy*, 39(3), pp. 1241–1248. doi:10.1016/j.enpol.2010.11.051
- Mattsson, L-G., & Jenelius, E: Vulnerability and resilience of transport systems – A discussion of recent research. *Transportation Research Part A*, 81, pp. 16-34, <https://doi.org/10.1016/j.tra.2015.06.002>
- Matulla, C., Hollósi, B., Andre, K., Gringinger, J., Chimani, B., Namyslo, J., Fuchs, T., Auerbach, M., Herrmann, C., Sladek, B., Berghold, H., Gschier, R., & Eichinger-Vill, E. (2017). Climate Change driven evolution of hazards to Europe's transport infrastructure throughout the twenty-first century. *Theoretical and Applied Climatology*, 133(1-2), pp. 227–242. doi:10.1007/s00704-017-2127-4
- Moradi, A., & Vagnoni, E. (2018). A multi-level perspective analysis of urban mobility system dynamics: What are the future transition pathways? *Technological Forecasting and Social Change*, 126, pp. 231–243. doi:10.1016/j.techfore.2017.09.002
- MSB. (2015). *Beroendeanalys för ökad robusthet i samhällsviktig verksamhet*. MSB940. Hämtad 2022-04-05 från <https://rib.msb.se/filer/pdf/27958.pdf>

- MSB. (2020). *Uppdaterad definition samhällsviktig verksamhet*. MSB 2020-11275. Hämtat 2022-01-27 från <https://www.msb.se/contentassets/75e789d780c741cd9c8621eac846ec21/uppdatera-d-definition-samhallsviktig-verksamhet.pdf>
- MSB. (2021a). *Vägledning. Totalförsvarets intressen i samhällsplaneringen*. MSB1646.
- MSB. (2021b) *Kraftsamling – för en stärkt civil beredskap*. MSB1796.
- MSB. (2022). *Risk- och sårbarhetsanalyser*. Hämtat 2022-05-02 från <https://www.msb.se/sv/amnesomraden/krisberedskap--civilt-forsvar/risk--och-sarbarhetsanalyser/>
- MSB & SKL. (2018). *Överenskommelse om kommunernas krisberedskap 2019-2022*. MSB 2018-09779, SKL 18/03101.
- MSB, & SKR. (2021a). *Överenskommelse om regionernas arbete med krisberedskap och civilt försvar. 2018-2020 med revideringar till och med 2022*. SKR 21/01511, MSB 2021-13778.
- MSB, & SKR. (2021b). *Överenskommelse om kommunernas arbete med civilt försvar. 2018-2020 med revideringar till och med 2022*. SKR 21/01510, SKR 21/01510 MSB 2021-13778.
- Odell, A., Welanders, F., Eriksson, P. (2020). *Scenarier för kommuner och kommunal räddningstjänst under höjd beredskap*. FOI-R--4823--SE.
- OECD. (2015). *The Changing Face of Strategic Crisis Management. OECD Reviews of Risk Management Policies*. Paris, FR: OECD Publishing. doi:10.1787/9789264249127-en
- Olsson, E., & Käck, E. (2020). *Företagen som ställer om under coronakrisen*. SvD 2020-03-26. Hämtad 2022-04-25 från <https://www.svd.se/a/WbKO0a/foretagen-som-staller-om-under-coronakrisen>.
- Ortega, E., Martín, B., & Aparicio, Á. (2020). Identification of critical sections of the Spanish transport system due to climate scenarios. *Journal of Transport Geography*, 84, 102691. doi:10.1016/j.jtrangeo.2020.102691
- Oughton, E. J., Usher, W., Tyler, P., & Hall, J. W. (2018). Infrastructure as a complex adaptive system. *Complexity*, 2018, 11. <http://dx.doi.org/10.1155/2018/3427826>
- Paul, A., Cook, A., Bolic, T., Gurtner, G., Schmalz, U., Valput, D., Laplace, I., Arich, P., Pilon, N., Pérez, V., Lenoir, N., Gendrot, C., & Setta, F. (2021). *Modus D3.2: Demand and supply scenarios and indicators*.
- Perrow, C. (1999). *Normal Accidents: Living with High-Risk Technologies*. Princeton, N.J.: Princeton University Press.
- Peters, B. G. (2017). What is so wicked about wicked problems? A conceptual analysis and a research program. *Policy and Society*, 36(3), pp. 385–396. doi:10.1080/14494035.2017.1361633
- Peters, J., Lyons, G., Marsden, G., Mitchel, K., Holt, R., Perkins, G., (2020). *Future Travel Scenarios Adaptive planning to deliver our strategic vision in an uncertain future*. transportforthenorth.com
- Petersen M.S., Enei R., Hansen C.O., Larrea E., Obisco O., Sessa C., Timms P.M., Uljed A. (2009). *Report on Transport Scenarios with a 20 and 40 year Horizon, Final report*. Funded by DG TREN, Copenhagen, Denmark.

- Petit, J., & Shladover, S. E. (2014). Potential Cyberattacks on Automated Vehicles. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, pp. 1–11. doi:10.1109/tits.2014.2342271
- Pettit, T. J., Fiksel, J., & Croxton, K. L. (2010). Ensuring supply chain resilience: Development of a conceptual framework. *Journal of Business Logistics*, 31(1), 1–21. doi:10.1002/j.2158-1592.2010.tb00125.x
- Ponomarov, S. Y., & Holcomb, M. C. (2009). Understanding the concept of supply chain resilience. *The International Journal of Logistics Management*, 20(1), pp. 124–143. doi:10.1108/09574090910954873
- Profillidis, V. A., & Botzoris, G. N. (2018). *Modeling of transport demand: Analyzing, calculating, and forecasting transport demand*. Amsterdam: Elsevier. doi:10.1016/c2016-0-00793-3
- Prop. 1995/96:12. (2015). *Totalförsvaret i förnyelse*.
- Prop. 2014/15:109. (2015). *Försvarspolitisk inriktning – Sveriges försvar 2016–2020*.
- Prop. 2017/18: 1. (2017). *Budgetpropositionen för 2018*.
- Prop. 2020/21:30. (2020a). *Totalförsvaret 2021–2025*.
- Prop. 2020/21:151. (2021). *Framtidens infrastruktur – hållbara investeringar i hela Sverige*.
- Regeringen. (2010). *Samhällets krisberedskap – stärkt samverkan för ökad säkerhet*. Skr. 2009/10:124 hämtad 2022-02-10 från <https://www.regeringen.se/49bb6a/contentassets/6a75199f352c4fe8b3b0aeef6023b6ad/samhallets-krisberedskap---starkt-samverkan-for-okad-sakerhet-skr.-200910124>
- Regeringen. (2017). *Trafikverket ska samordna krisberedskap och det civila försvaret inom transportområdet*. Hämtat 2022-01-27 från <https://www.regeringen.se/pressmeddelanden/2017/06/trafikverket-ska-samordna-krisberedskap-och-det-civila-forsvaret-inom-transportområdet/>
- Regeringen. (2019). *Uppdrag till bevakningsansvariga myndigheter att inkomma med underlag för den fortsatta inriktningen av det civila försvaret*. Hämtat 2022-05-02 från <https://www.regeringen.se/regeringsuppdrag/2019/07/uppdrag-till-bevakningsansvariga-myndigheter-att-inkomma-med-underlag-for-den-fortsatta-inriktningen-av-det-civila-forsvaret/>
- Regeringen. (2020a). *Anvisningar för det civila försvaret för försvarsbeslutsperioden 2021–2025*. <https://www.regeringen.se/regeringsuppdrag/2020/12/anvisningar-for-det-civila-forsvaret-for-forsvarsbeslutsperioden-20212025/>
- Regeringen. (2020b). *Uppdrag till Myndigheten för samhällsskydd och beredskap att göra en samlad bedömning av förmågan inom det civila försvaret*. Hämtat 2022-05-01 från <https://www.regeringen.se/regeringsuppdrag/2020/12/uppdrag-till-myndigheten-for-samhallsskydd-och-beredskap-att-gora-en-samlad-bedomning-av-formagan-inom-det-civila-forsvaret/>
- Regeringen. (2021a). *Uppdrag att ta fram förslag till nationell plan för transportinfrastrukturen och möjlighet att ta fram länsplaner för regional transportinfrastruktur (rskr. 2020/21:409)*. Hämtad 2022-04-29 från <https://regeringen.se/49e930/contentassets/ac4f48a1483e41568d65b0473077986a/uppdrag-att-ta-fram-forslag-till-nationell-plan-for-transportinfrastrukturen.pdf>
- Regeringen. (2021b). *Uppdrag att redovisa behovet av åtgärder för att utveckla krisberedskap och uppgifter vid höjd beredskap*. Diarienummer: I2021/01905

- Regeringen. (2022). *Målen för transportpolitiken*. Hämtad 2022-04-28 från <https://www.regeringen.se/regeringens-politik/transporter-och-infrastruktur/mal-for-transporter-och-infrastruktur/>
- Reul, J., Grube, T., & Stolten, D. (2021). Urban transportation at an inflection point: An analysis of potential influencing factors. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 92, 102733. doi:10.1016/j.trd.2021.102733
- Ritchey, T. (2011). *Wicked Problems – Social Messes: Decision Support Modelling with Morphological Analysis*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag. doi:10.1007/978-3-642-19653-9
- Rittel, H. W. J., & Webber, M. M. (1973). Dilemmas in a general theory of planning. *Policy Sciences*, 4(2), pp. 155–169. doi:10.1007/bf01405730
- Rohr, C., Ecola, L., Zmud, J., Dunkerley, F., Black, J., & Baker, E. (2015). *Travel in Britain in 2035. Future scenarios and their implications for technology innovation*. RAND Europe.
- Sandberg, E. (2021). Dynamic capabilities for the creation of logistics flexibility: a conceptual framework. *International Journal of Logistics Management*, 32(2), pp. 696–714. <https://doi.org/10.1108/IJLM-07-2020-0266>
- Sandkamp, A., Stamer, V., & Yang, S. (2021) Where has the rum gone? The impact of maritime piracy on trade and transport. *Review of World Economics*. <https://doi.org/10.1007/s10290-021-00442-1>
- SÄPO. (2021). *SÄPO 2020*. Hämtad 2022-05-18 från https://sakerhetspolisen.se/download/18.310a187117da376c6601ddd/1637581090097/sakerhetspolisens_arsbok_2020.pdf
- SÄPO. (2022). *Hotbild och dimensionerande hotbeskrivning*. Webb sida kontrollerad 2022-02-18, <https://www.sakerhetspolisen.se/sakerhetsskydd/sakerhetsskyddsanalys/hotbild-och-dimensionerande-hotbeskrivning.html>
- Scholten, K., & Schilder, S. (2015). The role of collaboration in supply chain resilience. *Supply Chain Management: An International Journal*, 20(4), pp. 471–484. doi:10.1108/scm-11-2014-0386
- Schuckmann, S. W., Gnatzy, T., Darkow, I.-L., & von der Gracht, H. A. (2012). Analysis of factors influencing the development of transport infrastructure until the year 2030 — A Delphi based scenario study. *Technological Forecasting and Social Change*, 79(8), pp. 1373–1387. doi:10.1016/j.techfore.2012.05.008
- SFS 1992:1403 *Lag om totalförsvar och höjd beredskap*.
- SFS 1997:263 *Förordning om länsplaner för regional transportinfrastruktur*
- SFS 2006:544 *Lag om kommuners och landstings åtgärder inför och vid extraordinära händelser i fredstid och höjd beredskap*.
- SFS 2006:942 *Förordning om krisberedskap och höjd beredskap*. (Upphävd)
- SFS 2010:1065 *Lag om kollektivtrafik*
- SFS 2010:630 *Lag om regionalt utvecklingsansvar*
- SFS 2010:900 *Plan- och bygglagen*
- SFS 2015:1052 *Förordning om krisberedskap och bevakningsansvariga myndigheters åtgärder vid höjd beredskap*.
- SFS 2017:868 *Förordning med länsstyrelseinstruktion*.

- Sharp, N. (2021). *The Ever Given & the future of supply chain management*. Hämtat 2021-01-31 från <https://www.jjsmanufacturing.com/blog/ever-given-future-supply-chain-management>
- SIS. (2015). *Terminologi för informationssäkerhet*. SIS-TR 50:2015 (webresurs)
- Skyttner, L. (2005). *General systems theory: Problems, perspectives, practice*. Singapore: World Scientific. doi.org/10.1142/5871
- SOFF (2019). *Näringslivets roll inom totalförsvaret*. Hämtad 2022-04-25 från <https://soff.se/2019/12/03/naringslivets-roll-inom-totalforsvaret/>.
- Soria-Lara, J. A., & Banister, D. (2017). Dynamic participation processes for policy packaging in transport backcasting studies. *Transport Policy*, 58, 19–30. doi:10.1016/j.tranpol.2017.04.006
- Soria-Lara, J. A., & Banister, D. (2018). Collaborative backcasting for transport policy scenario building. *Futures*, 95, pp. 11–21. doi:10.1016/j.futures.2017.09.003
- SOU 2019:51. (2019). *Näringslivets roll inom totalförsvaret*. Betänkande från utredningen om totalförsvarets försörjningstrygghet.
- SOU 2021:25. (2021). *Struktur för ökad motståndskraft*. Betänkande från utredningen om civilt försvar.
- Spickermann, A., Grienitz, V., & von der Gracht, H. A. (2014). Heading towards a multimodal city of the future? *Technological Forecasting and Social Change*, 89, pp. 201–221. doi:10.1016/j.techfore.2013.08.036
- Stenström, M. (2011). *Morfologisk analys i grupp: En personlig handledning*. FOI-R--3215--SE.
- Sun, W., Bocchini, P., & Davison, B. D. (2018). Resilience metrics and measurement methods for transportation infrastructure: the state of the art. *Sustainable and Resilient Infrastructure*, 5(3), pp. 168–199. doi:10.1080/23789689.2018.1448663
- Sveriges Åkeriföretag. (2011). *En vecka utan lastbilar – en undersökning på 6 orter i Sverige*. HE 2011-10-24.
- Taylor, M. (2017). *Vulnerability analysis for transportation networks*. Elsevier.
- Thunholm, P (2021). *Hybrida hot - Scenarier och exempel som stöd för utbildning inom Polismyndigheten*. FOI-R--5137--SE.
- Timms, P., Tight, M. R., & Watling, D. (2014). Imagineering Mobility: Constructing Utopias for Future Urban Transport. *Environment and Planning A: Economy and Space*, 46(1), pp. 78–93. doi:10.1068/a45669
- Trafikanalys. (2022a). *Samhällsviktiga resor under coronapandemin*. Trafikanalys rapport 2022:6.
- Trafikanalys. (2022b). *Kvalitetsgranskning av Trafikverkets förslag till nationell plan för transportinfrastrukturen 2022–2033*. Trafikanalys rapport 2022:7.
- Trafikverket. (2016). Årsredovisning 2016. Hämtat 2022-05-06 från https://trafikverket.ineko.se/Files/sv-SE/19581/Ineko.Product.RelatedFiles/2017_095_TRV_%C3%85rsredovisning_2016.pdf
- Trafikverket. (2017). *Särskild redovisning om krisberedskap och totalförsvar – Underlagsrapport till Nationell plan för transportsystemet 2018-2029*. Trafikverket 2017:166.
- Trafikverket. (2018). *Trender i transportsystemet*. Trafikverket 2018:180.

- Trafikverket. (2020a). *Inriktningsunderlag inför transportinfrastrukturplaneringen för perioden 2022-2033 och 2022-2037*. TRV 2020:186.
- Trafikverket. (2020b). *Scenarier för att nå klimatmålet för inrikes transporter*. TRV 2020:080.
- Trafikverket. (2020c). *Beskrivning av Scenarioverktyget Verkygets uppbyggnad, antaganden och effektsamband*. TRV 2020:085
- Trafikverket. (2021). *Förslag till nationell plan för transportinfrastrukturen 2022-2033*. TRV 2021:186.
- Trafikverket. (2022). Så utreder vi olyckor. Hämtat 2022-05-05 från <https://bransch.trafikverket.se/om-oss/var-verksamhet/sa-har-jobbar-vi-med/Vart-trafiksakerhetsarbete/Sa-utreder-vi-olyckor/>
- Transportstyrelsen. (2017). *Väg eller järnväg vid transporter av gods – vad säger litteraturen? En förstudie*. TSJ 2017:3780.
- Transportstyrelsen. (2018). *Omvärldsanalys 2040-2070*. TSG 2018-2620.
- Transportstyrelsen. (2021a). *Luftfartsmarknadens utmaningar En rapport om effekter av pandemin covid-19*. TSL 2020-6861.
- Transportstyrelsen. (2021b). *Covid-19-pandemins påverkan på transportmarknaden*. TSG 2021-355.
- Transportstyrelsen. (2021c). *Sjöfartsmarknadens utmaningar En rapport om effekter av pandemin covid-19*. TSS 2021-102
- Transportstyrelsen. (2022). *Nollvisionen*. Webbsida kontrollerad 2022-02-18, <https://www.transportstyrelsen.se/sv/vagtrafik/statistik/olycksstatistik/statistik-over-vagtrafikolyckor/nollvisionen/>
- Tukamuhabwa, B. R., Stevenson, M., Busby, J., & Zorzini, M. (2015). Supply chain resilience: definition, review and theoretical foundations for further study. *International Journal of Production Research*, 53(18), pp. 5592–5623. doi:10.1080/00207543.2015.1037934
- Ustaoglu, E., Williams, B., & Petrov, L. (2017). Scenario Analysis of Alternative Land Development Patterns for the Leipzig-Halle Region: Implications for Transport-Land-Use Sustainability. *Urban Planning*, 2(1), pp. 108–129. doi:10.17645/up.v2i1.838
- Van Der Lei, T. E., Bekebrede, G., & Nikolic, I. (2010). Critical infrastructures: A review from a complex adaptive systems perspective. *International Journal of Critical Infrastructures*, 6(4), 380-401. <https://doi.org/10.1504/IJCIS.2010.037454>
- Veibäck, E., Lindgren, J., Nevhage, B., & Larsson, P. (2014). *Underlag till nationell risk- och förmågebedömning 2013. Analys av fem scenarier till den svenska nationella risk- och förmågebedömningen 2013 och två nyframtagna scenarier inför kommande år*. FOI-R--3767--SE.
- Veibäck, E., Stenérus Dover, A-S., & McWilliams, A. (2021). *Gråzonsproblematik och hybrida hot i transportsystemet*. FOI-R--5118--SE.
- Wandel, S. and Ruijgrok, C. (1993). Innovation and structural changes in logistics: A theoretical framework. In *Transportation and Communication Innovation in Europe*, Edited by: Giannopoulos, G. and Gillespie, A. 233–258. London: Belhaven Press.

- Winehav, M., Nevhage, B., Lusua, J., Clausen Mork, J., Lindgren, J., & Erdeniz, R. (2011). *Handbok FOI:s modell för risk- och sårbarhetsanalys (FORSA)*. FOI-R--3288--SE.
- Witzell, J. (2020). Assessment tensions: How climate mitigation futures are marginalized in long-term transport planning. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 87, 102503. doi:10.1016/j.trd.2020.102503
- Witzell, J., Henriksson, M., Håkansson, M., & Isaksson, K. (2022). Transformative capacity for climate mitigation in strategic transport planning – principles and practices in cross-sectoral collaboration. *Journal of Environmental Policy & Planning*, DOI: 10.1080/1523908X.2022.2037414
- World Bank. (2022). *Air transport, passengers carried 2000-2020*. Hämtat 2022-04-25 från <https://data.worldbank.org/indicator/IS.AIR.PSGR>.
- World Economic Forum. (2018). *The Global Risks Report 2018 13th Edition*. Geneva, CH: World Economic Forum.
http://www3.weforum.org/docs/WEF_GRR18_Report.pdf
- World Energy Council. (2011). *Global Transport Scenarios 2050*.
- Zawieska, J., & Pieriegud, J. (2018). Smart city as a tool for sustainable mobility and transport decarbonisation. *Transport Policy*, 63, pp. 39–50.
doi:10.1016/j.tranpol.2017.11.004
- Zio, E. (2016). Challenges in the vulnerability and risk analysis of critical infrastructures. *Reliability Engineering & System Safety*, 152, 137–150.
doi:10.1016/j.ress.2016.02.009
- ÖCB (Överstyrelsen för civil beredskap). (1996). *Allmänna råd och Handbok om Planläggning av Företag*. ÖCB AR 1996:1.
- Öhlund, E., Reichel, B. och Lindgren, J. (2021). *Scenarier till stöd för planeringen av försörjningsberedskap. Med exempel på beredskapsåtgärder*. FOI-R--5144--SE.

Bilaga 1 Strukturerad litteraturgenomgång – metod och arbetsgång

För att få en bild av existerande scenarier så har inom ramen för förstudien genomförts en strukturerad litteraturgenomgång. Denna byggde på en förenklad version av en metod beskriven av Kitchenham (2004), vilken innebär att utifrån ett sökresultat sortera ut artiklar efter inkluderings- och exkluderingskriterier på först titelnivå, därefter abstraktnivå och till sist fulltextnivå.

Sökningen gjordes i SCOPUS efter artiklar som i titel, abstrakt eller nyckelord hade termerna *scenario* och *future* samt minst en av termerna *transport system* och *transport infrastructure*. Fokus låg på artiklar publicerade 2012 eller senare. Upplägg och arbetsgång för litteraturanalysen beskrivs mer i detalj i bilaga 1.

Efter genomförd sällning med hjälp av inkluderings- och exkluderingskriterier så återstod endast nio artiklar (Tabell 2). Utöver dessa noterades även tre artiklar som diskuterade transportsystemscenarier på ett mer ingående vis, men utan att utveckla egna scenarier (se Tabell 3, de första tre artiklarna).

För att komplettera artiklarna ur litteratursökningen gjordes uppföljningar av referenserna till ovanstående 12 artiklar, samt mer allmänna sökningar på Google Scholar med hjälp av termer som *scenario* och *transport*. Resultatet blev ytterligare ett antal artiklar (Tabell 3, övriga artiklar). I detta urval tilläts även artiklar som var äldre än 2012 att ingå. Institutsstudier (EU, RAND, etc., Tabell 4) och studier från departement och myndigheter (Tabell 5) redovisas separat.

Den förenklade metoden byggde på Kitchenham (2004) och bestod av följande steg:

- Val av databas att söka i och definition av sökvillkor.
- Utveckling av ett protokoll för genomgång av artiklarna.
- Definition av kriterier för inkludering och exkludering.
- Inkludering och exkludering med hjälp av kriterierna på tre nivåer: Rubrik/nyckelord, abstrakt och fulltext.
- Läsning av fulltext och notering i analysprotokollet.
- Analys av resultaten.

Sökningen genomfördes i artikeldatabasen SCOPUS, som har ett brett anslag med såväl renodlat tekniska journaler till samhällsvetenskapliga. Dessutom länkar SCOPUS i vissa fall till icke-akademisk litteratur, till exempel tidningsartiklar och grålitteratur²¹. Nackdelen med bredden i SCOPUS är att utan väl avgränsade söktermer så kan sökningen resultera i ett ohanterligt antal sökträffar. Efter flera provsökningar valdes följande söksträng:

(TITLE-ABS-KEY (*scenario*) AND TITLE-ABS-KEY (*future*) AND TITLE-ABS-KEY (*transport system*) OR KEY (*transport infrastructure*))

Söksträngen ska utläsas som att söka efter dokument som i titel, abstrakt eller nyckelord har termerna *scenario* och *future* samt minst en av termerna *transport system* och *transport infrastructure*. De sistnämnda tolkas i sökningen som exakta fraser.

Detta är en relativt enkel sökning. Ett alternativ skulle kunna vara att ha ett *eller* mellan *scenario* och *future*. Antalet träffar ökar då emellertid till 6 200, vilket i praktiken är ohanterligt, samtidigt som en första besiktning av dessa träffar visar att en mycket hög andel av dem kan avfärdas som irrelevanta för studiens syfte redan på rubriknivå. Genom att bibehålla ett *och* kan antalet träffar således hållas på en hanterbar nivå samtidigt som det är

²¹ Med grålitteratur menas rapporter och studier utgivna av myndigheter och andra aktörer utanför akademi och media.

en ökad sannolikhet för att identifierade artiklar använder scenarier i ett framtidsanalysperspektiv. Samtidigt finns det en risk för att ett antal intressanta artiklar då inte kommer med i sökningen.

I förberedelsearbetet hade ett antal inkluderings- respektive exkluderingskriterier arbetats fram. Inkluderingskriterier är villkor som ska uppfyllas för att artikeln ska bibehållas. Exkluderingskriterier är villkor som om de uppfylls innebär att artikeln ska exkluderas.

Inkluderingskriterier

I1 Transportslagsövergripande

I2 Utvecklade framtidsscenarier för transportsystem eller transportinfrastruktur

Exkluderingskriterier

E1 Uppenbart irrelevant artikel, t.ex. för att den inte berör transportsystem eller scenarier i denna rapports mening.

E2 Fokus på ett enskilt transportslag eller del därav.

E3 Fokus på enbart persontransport.

Närbesläktat med E2.

E4 Scenarier som enbart syftar till att modellera trafikflöden/transportbehov.

E5 Scenarier vilka är renodlat hypotestestande (om teknik X införs vad händer då med trafiksystemet).

E6 Annat språk än svenska, engelska eller franska.

Först genomfördes en exkludering på rubriknivå med hjälp av exkluderingskriterierna. De artiklar där rubriknivån inte gav någon klar vägledning om huruvida artikeln uppfyllde sökkriterierna bibehölls i detta skede. Detta resulterade i en lista på 102 artiklar.

I nästa steg genomfördes en exkludering med hjälp av abstrakt och nyckelord, utifrån samma exkluderingskriterier. Efter denna rensning återstod det 36 träffar. Även i detta skede behölls de artiklar som inte gick att bedöma med säkerhet.

I ett sista steg genomlästes de 36 artiklarna i sin helhet, och en sista utgallring skedde. Efter detta steg så återstod nio artiklar.

Bilaga 2 Tabeller

I denna bilaga redovisas de tabeller över artiklar och annat underlag som har identifierats i den strukturerade litteraturenömgången.

Tabell 1 Artiklar avseende framtidsscenarier för transportsystemet som identifierats i den strukturerade

Författare	Titel	År	Typ av scenarier	Tidsperspektiv	Land/region	Metod	Faktorer i scenarierna
Winkler C., Mocanu T.	Impact of political measures on passenger and freight transport demand in Germany	2020	Kombinerat kvalitativa/kvantitativa	20 år	Ty	Explorativa där kvalitativa scenarier för samhälle/transporter modelleras för att beskriva det framtida transportarbetet.	Mode choice, trip purpose, trip duration, access time, cost, availability
Magnusson T., Anderberg S., Dahlgren S., Svensson N.	Socio-technical scenarios and local practice – Assessing the future use of fossil-free alternatives in a regional energy and transport system	2020	Kombinerat kvalitativa/kvantitativa	10 år	Sv	Forecast där ett BaU och tre andra scenarier beräknas i en modell för att få fram effekter för bl.a. CO ₂ -utsläpp.	Olika nivåer av fossilfria transporter – samma behov i alla scenarier.
Blainey S.P. , Preston J.M.	Predict or prophesy? Issues and trade-offs in modelling long-term transport infrastructure demand and capacity	2019	Kombinerat kvalitativa/kvantitativa	40-60 år	UK	Forecast där strategier för eget agerande och scenarier för omvärldens utveckling tas fram med bl.a. trendanalys och kombineras samt siffrsatts i modell.	Demografi, bränslekostnad, ek. utveckling, klimatförändring, politiska strategier
Brand C., Anable J. , Morton C.	Lifestyle, efficiency and limits: modelling transport energy and emissions using a socio-technical approach	2019	Kombinerat kvalitativa/kvantitativa	30 år	UK	Forecast där tre olika scenarier tas fram för utvecklingen och sedan räknas på för att finna transportarbete och effekter	Utv. av socio-demografi, ekonomi, teknologi, kostnad policy samt transportbehov.
Soria-Lara J.A. , Banister D.	Collaborative backcasting for transport policy scenario building	2018	Kvalitativa	35 år	Sp	Backcast där författarna utifrån en vision tar fram olika vägar och åtgärder.	Teknikutveckling, kostnad, trafikvolym, multimodalitet, stadsutformning, investering i infrastruktur, allm. medvetenhet
Johansson H., Sandvik K.O., Zsidákovits J. , Łutczak G.	A Need for New Methods in the Paradigm Shift from Mobility to Sustainable Accessibility	2016	Kvalitativa	35 år	Multipla	Forecast/backcast metod där trender och gap till mål ligger till grund för åtgärder/scenarier. Inget eget scenario.	Trafikvolym, teknikutveckling, transporteffektivitet
Bernardino J. , Aggelakakis A. , Reichenbach M. , Vieira J. , Boile M. , Schippl J. , Christidis P. , Papanikolaou A. , Condeco A. , Garcia H. , Krahl M.	Transport demand evolution in Europe – factors of change, scenarios and challenges	2015	Kvalitativa	35 år	EU/ multipla	Forecast som baserad på trendanalys och trendframskrivning identifierar fem framtidsscenarier för utvecklingen och transportarbetet.	Klimatförändringar, energi (pris och säkerhet), ekonomisk utv., globalt samarbete, sociala val var de som användes i alla scenarier. Andra användes i vissa scenarier.
Spickermann A., Grientitz V. , Von Der Gracht H.A.	Heading towards a multimodal city of the future: Multi-stakeholder scenarios for urban mobility	2014	Kvalitativa	20 år	Ty	Forecast grundad på trender som används i en Delphistudie vars resultat ligger till grund för ett scenario.	Teknologi, kundval, affärsmodeller, regler och styrning, off. Transporter
Schuckmann S.W. , Gnatzy T. , Darkow I.-L. , von der Gracht H.A.	Analysis of factors influencing the development of transport infrastructure until the year 2030 – A Delphi based scenario study	2012	Kvalitativa	20 år	Ty	Forecast som baserad på Delphistudie tar fram och värderar olika utvecklingstrender och bygger ett scenario på dessa	Utveckling av infrastruktur utifrån tillgång och efterfrågan, finansiering, konkurrenskraft och hållbarhet.

Tabell 2 Artiklar ur den strukturerade litteraturanalysen som inte fullt uppfyllde inkluderingskriterierna men som ändå var värdefulla att ta med (de tre översta) samt artiklar identifierade i en vidare litteratursökning (övriga).

Författare	Titel	År
Lyons, G., Rohr, C., Smith, A., Rothnie, A., Curry, A.	Scenario planning for transport practitioners	2021
Witzell, J.	Assessment tensions: How climate mitigation futures are marginalized in long-term transport planning	2020
Timms, P., Tight, M., & Watling, D.	Imagineering mobility: Constructing utopias for future urban transport	2014
Ehrenberger, S., Seum, S., Pregger, T., Simon, S., Knitschky, G., & Kugler, U.	Land transport development in three integrated scenarios for Germany – Technology options, energy demand and emissions.	2021
Lyons, G., & Marsden, G.	Opening out and closing down: the treatment of uncertainty in transport planning's forecasting paradigm.	2021
Lyons, G., Cragg, S., & Neil, M.	Embracing uncertainty and shaping transport for Scotland's future.	2018
Soria-Lara, J. A., & Banister, D.	Dynamic participation processes for policy packaging in transport backcasting studies.	2017
Lyons, G., & Davidson, C.	Guidance for transport planning and policymaking in the face of an uncertain future.	2016
Hickford, A. J., Nicholls, R. J., Otto, A., Hall, J. W., Blainey, S. P., Tran, M., & Baruah, P.	Creating an ensemble of future strategies for national infrastructure provision.	2015
Banister, D., & Hickman, R.	Transport futures: Thinking the unthinkable.	2013
Kok, K., van Vliet, M., Bärlund, I., Dubel, A., & Sendzimir, J.	Combining participative backcasting and exploratory scenario development: Experiences from the SCENES project.	2011
Mattila, T., & Antikainen, R.	Backcasting sustainable freight transport systems for Europe in 2050.	2011
Geurs, K., & Van Wee, B.	Backcasting as a tool for sustainable transport policy making: the Environmental Sustainable Transport study in the Netherlands.	2004

Tabell 3 Identifierade institutstudier (EU-projekt, RAND etc.).

Projekt/ organisation	Författare (om angivet)	Titel	År	Metod	Faktorer i scenarierna
MODUS	Paul, A., Cook, A., Bolic, T., Gurtner, G., Schmalz, U., Valput, D., Laplace, I., Arich, P., Pilon, N., Pérez, V., Lenoir, N., Gendrot, C., & Setta, F.	Modus D3.2: Demand and supply scenarios and indicators	2021	Ett pågående EU-projekt som kanske är det som är mest likt forslagens koncept med scenarionanalys för framtida transportsystem. Troligen möjligt att mer än ett scenario och deras utfall. Fokus ligger på kopplingen mellan flyg och tåg med tidsperspektivet 2040. Scenarierna baseras bl.a. på vägval i övergripande EU-strategier. Framtagna scenarier ska nu analyseras kvantitativt. I analysen ingår att utsätta scenarierna för avbrott eller andra typer disruptiva händelser. Diskuterar även redundans och hur denna kan kostnads sättas i systemen.	Parametrar är socio-ekonomiska, miljöpolitiska, transportutbud och kapacitet, teknologi samt utformningen av transportsystemet vad gäller t.ex. efterfrågan och närhet till system.
INTEND	Hoppe, M., & Trachsel, T.	INTEND D4.1: Sketch of the future transport system	2018	Scenarier som bygger på trendanalys. Delar in systemet i teknologi (fordon, infrastruktur), policy (lagstiftning, styrning), ekonomi för transportsektorn (efterfrågan, produktions- och organisationsstruktur), samhället (grundläggande behov, institutioner som ramverk för normer och värderingar, rörlighetsmönster), transportsektorn (finansiella aspekter, transportprodukter och –tjänster), rumsliga frågor (organisering, fysisk infrastruktur).	Transportteknologier (fordon, motor, material), infrastruktur och driftteknologi (laddinfrastruktur, innovativa transportinfrastrukturer, intelligenta transportsystem), fysisk infrastruktur, nya mobilitetsprodukter och tjänster, påverkan av policy, samhällsutveckling, ekonomi (produktions- och organisationsstrukturer), rumslig organisation och struktur
RAND	Rohr, C., Ecola, L., Zmud, J., Dunkerley, F., Black, J., & Baker, E.	RAND: Travel in Britain in 2035. Future scenarios and their implications for technology innovation.	2016	Scenarier framtagna för att studera politikutveckling avseende transportteknologi och transportsystem. Tre olika kvalitativa scenarier för transportsystemet utvecklas baserat på identifierade "kritiska faktorer", som bl.a. inkluderar teknikutveckling men också faktorer som BNP, demografi etc. Genom att utveckla scenariebeskrivningarna utifrån fem olika transportdrivande aktiviteter (arbete, handel, hälsa, långdistansresande, gods) ges en fördjupad kvalitativ bild av transportsituationen i de olika scenarierna. Såväl teknikkapitel som scenarierna är intressanta.	Teknikutveckling, BNP, demografi, kostnad, restid och pundets värde. Man studerar flera olika teknikområden av betydelse för transporter (autonoma fordon, utveckling av IT-baserade lösningar för t.ex. hälsa, IoT etc.).
JRC	Aggelakakis, A., Bemandino, J., Boile, M., Christidis, P., Condeco, A., Krail, M., Papanikolaou, A., Reichenbach, M., & Schippl, J.	The future of the transport industry (JRC technical report)	2015	Utifrån analys av megatrender identifieras ett stort antal sociala, ekonomiska, teknologiska, miljömässiga och politiska faktorer (inklusive analys av ömsesidiga beroenden). Med hjälp av dessa så konstrueras tre olika scenarier. Dessa scenarier appliceras sedan på en rad utmaningar kopplade till resande och transporter som t.ex. globalisering, ökning av passagerartrafik, urbanisering, fraktyolymor, öppenhet för internationella marknader, konsumtionsmönster, ägande/delnings ekonomi etc.	(Urfall) Befolkningsökning, åldersstruktur, migration, ökad flexibilitet i boende, utbildningsnivå, jämlikhet i kulturellt kapital, konsumism, miljömedvetenhet, ägande, hur hälsa värderas, hur säkerhet värderas, förmåga att hantera utmaningar vad gäller energi, miljö etc., BNP, ekonomisk stabilitet, ekonomisk jämlikhet, energipriser, urbanisering, klimatförändringar, föroreningar, globalt samarbete, styrkan i det offentliga, civilsamhällets inflytande etc.
TOSCA	Kok, R., Lapididou, K., Rahman, A., & Dray, M. L.	TOSCA: Deliverable D8 Scenarios of European Transport Futures in a Global Context. FP7-TPT-2008-RTD-1.	2011	TOSCA skapar ett basscenario (fortsatt utveckling som idag) och två nya (utmanande och gynnsamt) genom att variera tre faktorer: BNP, oljepris och mängden CO ₂ från elektricitet. Utifrån dessa beräknas i en modell hur efterfrågan på olika transportslag kommer att utvecklas. Det intressanta är att de också gör en känslighetsanalys med en "disruptiv" händelse år 2020 som påverkar transportarbetet.	BNP, oljepris och mängden CO ₂ från elektricitet
TRANSvisions	Petersen M.S., Enei R., Hansen C.O., Larrea E., Obisco O., Sessa C., Timms P.M., Ullied A.	TRANSvisions: Report on Transport Scenarios with a 20 and 40 year Horizon, Final report	2009	Skapar två uppsättningar scenarier. Tre kvantitativa scenarier baserade på fortsatt utveckling som idag, hög tillväxt och låg tillväxt. Med hjälp av kvantitativa faktorer beräknas transportbehoven för 2030. Fyra kvalitativa, explorativa scenarier för vägen mot ett CO ₂ -neutralt samhälle 2050 tas fram genom bl.a. Delphistudie baserat på externa faktorer, interna faktorer och politiska faktorer. Scenarierna analyseras för att finna handlingsalternativ för att nå acceptabla CO ₂ -nivåer. Intressant modell med en blandning av kvantitativa och kvalitativa scenarier.	Kvantitativa: Befolkningsutveckling, BNP, transportsystemutveckling, transportkostnader, biljettpriser, länkar och noder i systemet etc. Kvalitativa: Externa faktorer (demografi, ekonomisk utveckling, energi, teknisk utveckling, social utveckling), interna faktorer (infrastruktur, drivmedel, etc.) och politiska faktorer (beslut avseende transportsektorn).

Tabell 4 Studier från departement och myndigheter

Land	Organisation	Författare (om angivet)	Titel	År	Metod	Faktorer i scenarierna
Sverige	Trafikverket		Scenarier för att nå klimatmålet för inrikes transporter, TRV 2020/43	2020	Utifrån diskussion om strategiska vägval vad avser styrning av fordonsflotta, förnybara drivmedel samt minskning av trafikarbetet konstrueras fyra olika kvantitativa scenarier (med underscenarier). Grundskenariot (business as usual) når inte klimatmålen, men övriga konstrueras så att det tydliggörs vad som krävs för att nå målen.	Politiska styrmedel, bränsleskatter, kilometerskatt, bonus-malus, "transporteffektivt samhälle".
Scotland	Transport for the North	Peters, J., Lyons, G., Marsden, G., Mitchell, K., Holt, R., Perkins, G.	Future Travel Scenarios Adaptive planning to deliver our strategic vision in an uncertain future.	2020	Utifrån fem strategiska faktorer identifieras de viktigaste drivkrafterna för utvecklingen. Dessa ligger till grund för utveckling av scenarier. Scenarierna beräknas sedan t.ex. avseende utsläpp och trafikarbetet för olika trafikslag. Ska användas bl.a. som grund för resonemang om olika vägval i utvecklingen.	Strategiska faktorer: Utveckling av befolkning och ekonomi, samhällsplanering och ekonomisk fördelning, teknikutveckling, sociala och beteendemässiga förändringar, policy vad avser miljö och hållbarhet.
United Kingdom	Government office for science		A time of unprecedented change in the transport system The future of mobility. www.gov.uk/go-science	2019	En ambitiös rapport som utifrån analys av trender i transport-system, människors beteenden och teknisk utveckling identifierar "kritiska osäkerheter" och tar fram fyra scenarier som en grund för att diskutera behovet av policybeslut. En slutsats är att se transporter som ett system och se vad transporter levererar i form av jobb, hälsa etc.	Kritiska osäkerheter var resenärsers vilja att dela data och ta till sig ny teknik, om transporter delas, grad av automatisering och elektrifiering, ersättning för fysiskt resande, andra transport-medel, roller hos olika aktörer, social jämlikhet och synen på individuella val kontra miljövärdet.
England/Wales	Department for Transport		Road Traffic Forecasts 2018	2018	I rapporten konstrueras ett basscenario (dagens trender) och sedan varierar vissa faktorer, som BNP, drivmedelspris, migration/befolkningsutveckling för att ta fram ytterligare scenarier. Därutöver görs bl.a. ett scenario där alla bilar har bytts ut mot nollutsläppsfordon i referensscenariot. 2051. Räknar ut trafikarbetet, utsläpp och förändringar av trängsel, hur detta påverkar ekonomisk utveckling samt hur ny teknik som t.ex. självkörande bilar kan påverka.	BNP, inkomst, drivmedelspris, befolkningsutveckling.
Sverige	Trafikverket		Trender i transportsystemet.	2018	Utifrån trender i samhället i stort, och i transportsystemet specifikt, diskuteras hur utvecklingen av transportsystemet kan komma att se ut. I rapporten utvecklas inte några sammanhängande scenarier, men framskrivningen av de olika trenderna kan ses som byggstenar i ett scenario. Trafikverket diskuterar i analysen effekter och konsekvenser av trenderna och lyfter också för varje trend vägvalsfrågor.	Digitalisering, automatisering, miljökrav, tillgänglighetskrav, kopplingen mellan transporter och samhällsutvecklingen samt ökade krav på samhällssäkerhet och robusta transportsystem.
Nya Zeeland	Ministry of Transport	Lyons, G., Davidson, C., Forster, T., Sage, I., McSaveney, J., MacDonald, E., Morgan, A., & Kole, A.	Future demand. How could or should our transport system evolve in order to support mobility in the future?	2014	Intressenter tog fram 16 faktorer vilka ansågs kunna forma samhället och transportbehov. Med hjälp av ett scenariokryss (energikostnad mot hur man vill nå saker – fysiskt eller virtuellt) skapas fyra kvalitativa scenarier för 2042, och vägen fram till dessa. I modelleringen beräknas hur resandet förändras. Utifrån detta noteras/analyseras ett antal aspekter som t.ex. behovet av att se förändrigheten, bygga flexibilitet i systemet och investera i tillgänglighet. Teknik är en tung faktor i rapporten.	Urbanisering, åldrande befolkning, decentralisering av shopping, digitalt samhälle, svara upp mot miljöutmaningar samt Asiens ökade roll var alla eniga om. Olika åsikter fanns om resiliens mot klimatförändringar, råvarubrist, tekniskdriven, välstånd och jobb, normgivning. Stor osäkerhet fanns om värderingar och identitet, grad av fundamentalism, utveckling av smart infrastruktur, säkerhet för nation och individ samt ägarskap av internet.
Flera	World Energy Council.		Global Transport Scenarios 2050.	2011	Utifrån en diskussion kring drivkrafter för transportbehov och transportsystemet så konstrueras två kvalitativa scenarier, ett där marknadskrafterna styr transportsystemet, ett med offentlig reglering. Utifrån dessa beräknas genom modellering bl.a. bränslebehov och CO ₂ -utsläpp.	I modelleringen så varierades bränslepriser, urbanisering, fordonens bränsleeffektivitet, digitaliserings påverkan och (i ett scenario) befolkningsutvecklingen. Drivkrafter: Ekonomisk utveckling, demografiska trender, urbanisering, geopolitik, tillgång och efterfråga på olja, miljö- och hälsohänsyn, politik och regelverk, livsstil, alternativa drivmedel, bränsleeffektivitet och innovationer.

FOI är en huvudsakligen uppdragsfinansierad myndighet under Försvarsdepartementet. Kärnverksamheten är forskning, metod- och teknikutveckling till nytta för försvar och säkerhet. Organisationen har cirka 1000 anställda varav ungefär 800 är forskare. Detta gör organisationen till Sveriges största forskningsinstitut. FOI ger kunderna tillgång till ledande expertis inom ett stort antal tillämpningsområden såsom säkerhetspolitiska studier och analyser inom försvar och säkerhet, bedömning av olika typer av hot, system för ledning och hantering av kriser, skydd mot och hantering av farliga ämnen, IT-säkerhet och nya sensorers möjligheter.



FOI
Totalförsvarets forskningsinstitut
164 90 Stockholm

Tel: 08-55 50 30 00
Fax: 08-55 50 31 00

www.foi.se