

Klimatanpassning av svensk järnväg ur ett riskperspektiv – Var står vi och vart är vi på väg?

Pontus Gersne | Avdelningen för Riskhantering och Samhällssäkerhet | LTH | Lunds universitet



**Klimatanpassning av svensk järnväg ur ett riskperspektiv – Var står vi
och vart är vi på väg?**

Pontus Gersne

Lund 2023

Klimatanpassning av svensk järnväg – Var står vi och vart är vi på väg?

Pontus Gersne

Number of pages: 64 incl. appendix

Keywords

Climate Change, Climate Change Adaptation, Critical infrastructure, Railways, weather events, extreme weather, Critical Entities, Sweden

Abstract

The world faces significant climate changes with potential societal disruptions and risks to critical infrastructure like railways. This study explores the topic of climate change, extreme weather, and changing travel patterns for Swedish railways. It describes the vulnerability of the railway system with emphasize on the need for climate adaptation. It also includes a comparison between Swedish Transport Administration (Trafikverket) and British Network Rail's climate adaptation efforts. The study employs literature reviews and interviews, revealing the railway's vulnerability to climate change in combination with increasing popularity and strained capacity. It stresses the importance of both physical and organizational climate adaptation efforts, suggesting an evaluation of Trafikverket's organizational strategies. Based on available material, Trafikverket seem to lack a clear climate adaptation strategy in contrast with British Network Rail's more comprehensive approach. Additionally, the study scrutinizes selected Swedish railway plans, exposing inconsistencies in addressing climate risks compared to other risks, such as those related to land-use planning. This indicates a lack of guidelines for integrating climate risks into railway project planning, leading to project inequalities. The thesis highlights challenges in understanding Trafikverket's approach and proposes the need for systematic climate adaptation plans in Sweden to drive concrete adaptation measures. Conclusively, the study advocates for a comprehensive climate vulnerability analysis for the Swedish railways, integrating capacity utilization assessments to prioritize effective measures.

© Copyright: Division of Risk Management and Societal Safety, Faculty of Engineering
Lund University, Lund 2023

Avdelningen för Riskhantering och samhällssäkerhet, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet, Lund 2023.

Riskhantering och samhällssäkerhet

Lunds tekniska högskola

Lunds universitet

Box 118

221 00 Lund

<http://www.risk.lth.se>

Telefon: 046 - 222 73 60

Division of Risk Management and Societal Safety

Faculty of Engineering

Lund University

P.O. Box 118

SE-221 00 Lund

Sweden

<http://www.risk.lth.se>

Telephone: +46 46 222 73 60

Förord

Detta examensarbete påbörjades under sommaren 2023, men kom inte att bli klart förrän till juledigheten samma år. Efter de väldigt tydliga klimathändelserna och påverkan på järnvägen som observerades under sommaren 2023 på järnvägen var det dock extra intressant att sätta sig in i dessa effekter och analysera och redovisa här. Jag vill också rikta ett stort tack till min handledare Jonas Johansson, för hjälp längs hela vägen i arbetet, från en lång uppstartsperiod till att slutligen kunna presentera och titulera mig civilingenjör. Vidare vill jag tacka min examinator Henrik Hassel för att arbetet faktiskt blivit godkänt. Ett stort tack ska också riktas till mina intervjupersoner, Carl-William Palmqvist och mina kontakter på Trafikverket och HS2 vars namn jag inte kan publicera, utan vilka kritisk kontext och kunskap hade gått mig förbi. Dessutom vill jag rikta ett stort tack till Lars Martinsson och mina övriga kollegor på AFRY, för stöd, betryggande ord och en utmärkt arbetsplats de dagar jag så önskat. För att inte nämna fredagsfrukostarna!

Sammanfattning

Världen står inför omfattande klimatförändringar som hotar med samhällsstörningar och betydande påverkan. Dessutom finns det stora risker för påverkan på kritisk infrastruktur, såsom järnvägen som behandlas i examensarbetet. I rollen som kritisk infrastruktur är också samhället beroende av järnvägens transportfunktion, vilket gör störningar av järnvägen till viktiga samhällsstörningar. För att tackla effekterna av klimatförändringarna kan man därför arbeta med klimatanpassning, för att bygga resiliens och motverka för stor påverkan. Detta examensarbete syftar därför till att undersöka hur effekterna av klimatförändringar och extremväder kan påverka järnvägen, i kombination med förändrade resandemönster och den ökning av personer som förlitar sig på järnvägen för sina resor. Vidare undersöks också hur riskerna från järnvägen i form av till exempel olycksrisker eller farlig godsolyckor avvägs mot risker mot järnvägen i form av klimatrisker i planläggningen av ett par järnvägssträckor i Sverige. Dessutom görs en jämförelse av klimatanpassningsarbetet på myndighetsnivå i Sverige genom Trafikverket och brittiska Network Rail.

Genom litteraturstudier och kompletterande intervjustudier undersöks dessa områden ur flera olika perspektiv, vilket redovisas i resultatet. Järnvägen kan påverkas på många sätt och den utgör en relativt sårbar infrastrukturtyp då den byggda infrastrukturen kan skadas på många olika vis från olika extrema väderhändelser. Dessutom ökar tågresa i popularitet och kapaciteten är redan pressad, vilket sätter press på systemet och leder till stora sårbarheter. För att bemöta de risker som finns och kan komma för järnvägen så måste man därför arbeta med klimatanpassning, både av den byggda infrastrukturen och organisatorisk sådan. Fysisk klimatanpassning av infrastrukturen syftar till att bemöta sårbarheter kopplat till för extremväderhändelser och andra klimateffekter. Organisatorisk klimatanpassning är något som starkt förordas av International Union of Railways (UIC) och syftar till att stärka den egna organisationen och utveckla hur den arbetar med klimatanpassning. I Sverige är det Trafikverket som utvärderas utifrån dessa organisatoriska ramar. Det verkar inte finnas någon tydligt uppsatt strategi för hur Trafikverket arbetar med de här frågorna, och hur klimatanpassning ska prioriteras och investeras i.. Det material som Trafikverket har kring dessa frågor är svåråtkomligt, svårtytt och utan en klar hierarki. Det sticker ut i jämförelse med brittiska Network Rail, som har ansvar för den brittiska järnvägsinfrastrukturen, som regelbundet redovisar hur de arbetar med att prioritera bland klimatanpassningsåtgärder i omfattande och lätttydda dokument. Vidare undersöks hur ett par planläggningar i Sverige har prioriterat mellan risker som uppkommer från järnvägen och klimatrisker mot järnvägen, och

visar att i de valda järnvägsplanerna (Fyrspår Malmö-Lund, delar av Norrbottniabanan och delar av Västlänken) har klimatrisker beaktats på olika sätt och i olika utsträckning. Olycksrisker och dylikt hanteras dock systematiskt, tydligt och samstämmigt mellan de tre projekten i välorganiserade risk-PM kopplade till Miljökonsekvensbeskrivningen, men inget sådant systematiskt arbete återfinns i klimatriskarbetet, om det utförs alls. Detta tyder på att det saknas tydliga riktlinjer och arbetssätt för hur det ska tas hänsyn till klimatrisker i järnvägsprojektering, vilket leder till ojämlikhet mellan olika projekt.

Vidare förs diskussion kring utmaningar som uppstod i arbetet och hur framtida arbete och forskning kan utvecklas inom området. Djupare diskussion går också in på svårigheterna med att tyda hur Trafikverket arbetar med de här frågorna, och vad som skulle kunna utvecklas mer praktiskt. Sammanfattningsvis kan det också sägas att det verkar finnas ganska god förståelse för hur väderhändelser till följd av klimatförändringar kan påverka järnvägen, men arbetet med klimatanpassning behöver konkretiseras och systematiseras i Sverige, speciellt då inga omfattande åtgärder planeras eller budgeteras för på järnvägssidan, som det ser ut nu. Dessutom borde en grundlig klimatsårbarhetsanalys göras för svenska järnvägar för att öka förståelsen för vilka delar av systemet, och vilka områden i Sverige som är mest utsatta. Detta bör sammanvägas med att analysera dagens och framtidens kapacitetsnyttjande för dessa sträckor och därefter prioritera åtgärder.

Summary

The world is facing extensive climate changes that threaten societal disruptions and significant impacts. More specifically, there are substantial risks related to critical infrastructure, such as the railway addressed in this thesis. In its role as critical infrastructure, society is also dependent on the railway's transportation function, making disruptions to the railway substantial societal disturbances. To address the effects of climate change, climate adaptation is essential to build resilience and mitigate excessive impact. Therefore, this thesis aims to examine how the effects of climate change and extreme weather can impact the railway, in combination with changing travel patterns and the increase in people relying on the railway for their journeys. Additionally, the risks associated with the railway, such as accident risks or hazardous goods accidents, are examined in relation to risks to the railway in the form of climate risks in the planning of a three railway sections in Sweden. Furthermore, a comparison of climate adaptation work at government authorities in Sweden and Britain, by the Swedish Transport Administration (Trafikverket) and British Network Rail, is made.

Through literature studies and complementing interview studies, above areas are examined from several perspectives. The areas of impact are numerous, and the railway constitutes a relatively vulnerable type of critical infrastructure, as the built infrastructure can be damaged in many ways by various weather events. Additionally, train travel is increasing in popularity, and capacity is already under pressure, putting stress on the system and leading to additional significant vulnerabilities. To address the risks directed towards the railway, one must, therefore, work on climate adaptation, both relating to the built infrastructure and organizational aspects. Physical climate change adaptation of the infrastructure aims to address vulnerabilities to extreme weather events and other climate effects or hazards. Organizational climate adaptation is strongly advocated by the International Union of Railways (UIC) and aims to strengthen the organization itself and develop how it works with climate adaptation. In Sweden, this would, therefore, involve evaluating Trafikverket based on these organizational frameworks. There further seems to be no clearly established strategy for how Trafikverket works on these issues and how climate adaptation should be prioritized and invested in. The limited material available is difficult to access, difficult to interpret, and without a clear hierarchy. This seems to stand out among Swedish authorities, where several others have clearer and more actionable plans and strategies. It stands out especially in comparison with British Network Rail, responsible for the British railway infrastructure, which regularly reports on how they work with and prioritize climate adaptation measures in extensive and easily

understandable documents. Furthermore, an examination is made of how a couple of planning projects in Sweden have prioritized between risks arising from the railway and climate risks to the railway, showing that in the selected railway plans (Four-track Malmö-Lund, parts of Norrbottniabanan and parts of Västlänken), climate risks have been considered very differently. Accident risks and the like are, however, handled systematically, clearly, and comparatively between the three projects in well-organized risk management plans linked to the Environmental Impact Assessment. Still, no such systematic process is found in climate risk work, if performed at all. This suggests a lack of clear guidelines and methods for how climate risks should be considered in railway project planning, leading to differing approaches between different projects.

Furthermore, a discussion is presented about the challenges that arose in the thesis work and how future work and research can develop in the field. A deeper discussion also addresses the difficulties in understanding how Trafikverket works on these issues and what could be developed. In summary, it can also be said that there seems to be a fairly good understanding of how weather events due to climate change can affect the railway, but the work on climate adaptation needs to be concretized and systematized in Sweden, especially as no extensive measures are planned or budgeted for, as it looks now. Moreover, a more comprehensive climate vulnerability analysis is suggested to be conducted for Swedish railways to increase understanding of which parts of the system and which areas in Sweden are most exposed. This should be balanced with analyzing the capacity utilization for these stretches and then prioritizing measures.

Begreppsförklaring

AR6 – IPCC Sixth Assessment Report

ARP – Adaptation Reporting Power

FN – Förenta nationerna (även UN – United Nations)

HS2 – High Speed 2 (i England)

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change

JP – Järnvägsplan

MKB – Miljökonsekvensbeskrivning

MSB – Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap

NR – Network Rail

PM - Promemoria

RCP – Representative Concentration Pathways

RIKTSAM – Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen

SDG – Sustainable Development Goals

SGI – Statens Geotekniska Institut

SIS – Svenska Institutet för Standarder

SJ – Statens Järnvägar (även Kungliga järnvägsstyrelsen)

SMHI – Statens Meteorologiska och Hydrologiska Institut

SSP – Shared Socioeconomic Pathways

SVT – Sveriges Television

TDOK – Trafikverksdokument

TRV – Trafikverket

UIC – Union Internationales des Chemines de fer (International Union of Railways)
(Internationella järnvägsunionen)

Innehållsförteckning

1	Introduktion.....	1
1.1	Bakgrund till arbetes relevans	2
1.2	Syfte och Frågeställningar.....	2
1.3	Avgränsningar	3
2	Bakgrund och centrala koncept.....	5
2.1	Järnvägsresandet i Sverige	5
2.2	Systembeskrivning	6
2.3	Centrala koncept.....	7
2.3.1	Risk	7
2.3.2	Resiliens.....	7
2.3.3	Sårbarhet	8
2.3.4	Samhällsplanering.....	8
3	Bakgrund kring klimatförändringar och klimatanpassning	9
3.1	Klimatförändringar allmänt.....	9
3.2	Klimatförändringar och potentiella väderhändelser i Sverige.....	10
3.3	Klimatanpassning i Sverige.....	11
4	Metoder.....	13
4.1	Metod för litteraturstudie	13
4.2	Metod för intervjustudie.....	14
4.3	Metod för sammanställning och analys av materialet.....	15
5	Analys och Resultat	17
5.1	Klimatförändringarnas påverkan på järnvägen	17
5.2	Kapacitet och reseutveckling	21
5.3	Klimatsårbarheter	24
5.4	Klimatanpassning av järnväg	26
5.5	Riskhänsyn och klimatanpassning för pågående projekt i Sverige.....	29

5.6	Jämförelse mellan klimatanpassningsarbete i Sverige och Storbritannien	32
6	Diskussion	36
6.1	Resultaten utifrån forskningsfrågorna	36
6.2	Tillvägagångssätt och metoder	37
6.3	Kunskapsläge och Trafikverket	38
6.4	Framtida forskning och arbete	40
7	Slutsats	41
7.1	Vilken påverkan kan framtida klimatförändringar innebära för järnvägssystemet och relaterade aktörer?	41
7.2	Hur kan klimatförändringarnas effekter tillsammans med ändrat utnyttjande påverka järnvägssystemet tillförlitlighet och sårbarhet?	42
7.3	Hur hanteras klimatanpassning vid projektering och nybyggnation idag, vilka utmaningar existerar, samt hur kan det arbetet utvecklas?	42
7.4	Hur arbetar ansvariga myndigheter med klimatanpassning av järnväg i Sverige kontra Storbritannien?	43
7.5	Med järnvägen som riskobjekt, hur kan man ta hänsyn till både påverkan på järnvägen och påverkan från järnvägen, speciellt kopplat till RIKTSAM?	43
8	Litteraturförteckning	45
Appendix A.	Ställda intervjufrågor	51
	Forskare på Lunds tekniska högskola	51
	Kontakt på Trafikverket	52
	Kontakt på HS2	53

1 Introduktion

Detta examensarbete utgör en kulmen för ingenjörstudier på LTH för författaren. Dessa studier påbörjades hösten 2017 med en något vilse, förvirrad och ärligt talat tveksam brandingenjörstudent, men som under studiernas gång kände sig mer och mer hemma på sitt program. Under de senare delarna av utbildningen väcktes intresset för urbanisering, hållbar utveckling, samhällsplanering och anpassad riskhänsyn, så ett avslutande civilingenjörsprogram inom riskhantering blev ett naturligt nästa steg då tre år genomförts på brandingenjörsprogrammet. Inom denna utbildning fanns stor flexibilitet och många valbara kurser, vilket möjliggjorde att fokus kunde läggas på kritisk infrastruktur, hållbar samhällsutveckling, klimatpåverkan och klimatrisker, samtidigt som intresset för hållbar transportinfrastruktur och samhällsutveckling växte fram mer och mer. Hela studietiden präglades också av ett väldigt tydliggörande av de effekter som klimatförändringarna medför, inte minst genom brandmannapraktik hos MSB under rekordsommaren 2018, då Sverige drabbades av några av historiens värsta skogsbränder. Genom åren observerades dessutom skogsbränder i USA, Kanada, Australien med flera, översvämningar runt Europa och flertalet andra klimatrelaterade samhällsstörningar. Dessutom påbörjade jag en anställning på konsultfirman AFRY i februari 2022, då jag fick helt nya perspektiv på samhällsbyggande och infrastrukturens samhällsfunktion, vilket också eldade på intresset. Då de första stapplande stegen togs mot examensarbetets påbörjande i februari 2023 var beröringspunkterna därför tydliga; det skulle handla om kritisk infrastruktur, hållbar samhällsutveckling och/eller anpassning till klimatförändringarnas effekter, och helst av allt spårbunden trafik. I samråd med handledare Jonas Johansson, universitetslektor inom kritisk infrastruktur, blev snart fokuset tydligt; klimatanpassning av svensk järnväg.

Det är detta examensarbete du nu håller i handen (eller mer sannolikt, har uppe på datorskärmen). Längs vägen har jag stött på världsledare inom sina områden, läst rapporten inom allt vad klimatförändringar, klimatpåverkan och klimatanpassning heter och spant följt nyheterna för att hela tiden uppdateras kring klimatförändringarnas påverkan på järnvägsinfrastrukturen. Därmed har jag lärt mig otroligt mycket längs vägen. Om arbetets omfång ska sammanfattas i någon slags tes så skulle en sådan kunna vara: ”Klimatförändringarna är här och påverkar vårt samhälle och vår kritiska infrastruktur. Hur och till vilken grad bör ansvariga aktörer och samhället i stort ta ansvar för att anpassa sig till de effekter som uppkommer därav”. Detta blir inte minst viktigt som en del av den gröna

omställningen då fler av Sveriges transporter måste gå via spår för att nå de klimatmål som riket har satt upp. För att det ska vara attraktivt, smidigt och säkert att resa med vår järnväg är det därför viktigt att den inte allt för ofta sätts ur funktion till följd av väderhändelser som uppstått som en effekt av ett förändrat klimat. Det är denna problematik som examensarbetet hoppas kunna delvis utröna, happy reading.

1.1 Bakgrund till arbetes relevans

Sverige, och världen, står nu skarpt inför effekterna av klimatförändringarna, och de tar till synes ut sin rätt mer och mer för varje år som passerar. I att bemöta klimatförändringarnas effekter finns flera aspekter, dels det mer traditionella området att minska sitt klimatavtryck och tillsammans motverka utsläpp av växthusgaser och dels att anpassa samhället och våra byggda infrastrukturer för att bemöta de effekter som kan tänkas uppstå. Som en del i Sveriges arbete med att minska sitt utsläpp är järnvägstransporten mycket viktig, då den är markant mindre utsläppsintensiv än något annat jämförbart transportslag (Ritchie, 2023). Dessutom är järnvägen djupt sammanflätad med Sveriges integrering och urbanisering, och en stor drivare av tillväxt och social mobilitet, alla otroligt viktiga faktorer. Dock står järnvägen inför utmaningar för att möta effekterna av klimatförändringarna, och mer frekventa och allvarliga extremvädershändelser. Därför blir det mycket viktigt att utvärdera hur klimatförändringarna kan påverka den samhällskritiska svenska järnvägsinfrastrukturen, och dess sårbarhet och tillförlitlighet. Liknande utvärderingar har gjorts av bland andra Martynova (2021) och Fransson (2023) för andra kritiska infrastruktursystem i Sverige, men en förståelse för vilka utmaningar Sverige står inför och hur hennes statliga myndigheter och andra aktörer inom just järnvägsområdet är också högrelevanter.

1.2 Syfte och Frågeställningar

Syftet med examensarbetet är att undersöka hur klimatförändringarnas effekter kan påverka järnvägens funktion. Därtill kan denna information användas för att utvärdera hur trafikering på våra järnvägar kan komma att påverkas sett till tillförlitlighet och förändrade resandemönster. För resandemönster och klimatpåverkan på järnvägssystemet sätts år 2040 som ett år för framtida analys, då många befintliga analyser och rapporter kopplar till detta årtal. Utifrån den negativa påverkan som kan ses på infrastrukturens tillförlighet diskuteras

även klimatanpassningsåtgärder. Målsättningen är att undersöka hur framtida tågresa i Sverige kan se ut på systemnivå, utifrån ett riskhanteringsperspektiv kopplat till klimatförändringarnas påverkan och klimatanpassningsarbetet. Dessutom tas perspektiv på nybyggnation med, genom en kartläggning av klimatanpassningsarbetet vid nybyggnation och järnvägens roll i samhällsplaneringen i Skåne samt till del i Sverige. Detta anknyter till Länsstyrelsernas riktlinje RIKTSAM, som är en riktlinje för riskhänsyn med risker där riskerna kommer från järnvägen, som olycksrisker och olyckor med farligt gods. Denna jämförelse är intressant för att se hur olika typer av risker prioriteras mellan och hur systematiska de olika arbetssätten är. Vidare kompletteras detta med en jämförelse mellan hur svenska kontra brittiska myndigheter arbetar med klimatanpassning, då författaren anser att Storbritannien har ett mer välutvecklat klimatanpassningsarbete än Sverige. Storbritannien har arbetat aktivt inom området under en längre tid än Sverige, och har tydliga ansvar och mandat givna till den nationella myndigheten i lagstiftning. Sverige har liknande lagstiftning, men inte riktigt samma rapporteringsansvar, och Storbritanniens Network Rail har gett ut flera rapporter inom området. Dessutom publiceras denna typ av myndighetsrapporter i Storbritannien på engelska, ett språk författaren behärskar varpå risken för missförstånd i informationsbearbetningen minskar. Som vägledning för att nå dessa mål avser examensarbetet besvara följande frågeställningar:

1. Vilken påverkan kan framtida klimatförändringar få för järnvägssystemet och relaterade aktörer?
2. Hur kan klimatförändringarnas effekter tillsammans med ändrat utnyttjande påverka järnvägssystemet framtida tillförlitlighet och sårbarhet?
3. Hur hanteras klimatanpassning vid projektering och nybyggnation idag, vilka utmaningar existerar, samt hur kan det arbetet utvecklas?
4. Hur arbetar ansvariga myndigheter med klimatanpassning av järnväg i Sverige kontra Storbritannien och vilka skillnader finns?
5. Med järnvägen som riskobjekt, hur kan man ta hänsyn till både påverkan på järnvägen och påverkan från järnvägen, speciellt kopplat till RIKTSAM?

1.3 Avgränsningar

Klimatförändringar och klimatanpassning är otroligt breda områden som slår mot och påverkar mer eller mindre hela samhället. Därtill kommer att klimatanpassning utförs och kan utföras inom otroligt många sektorer, inom olika områden, och på alla möjliga nivåer, från individuella

fastigheter till rikstäckande eller global planering. Därför försöker detta examensarbete titta så snävt som möjligt på klimatförändringar och klimatanpassning kopplat specifikt till järnvägsproblematiken, och undviker att expandera till andra områden som tangerar. Detta är i praktiken i princip omöjligt, så vissa utsvävningar blir nödvändigt. Vidare lyfter examensarbetet främst svenska perspektiv på de utmaningar riket står inför, men även här blir det nödvändigt att ta in internationella perspektiv för att beskriva den forskning som existerar. Vissa internationella fall blir också intressanta som jämförelsefall för svensk planering och infrastruktur, här i form av en jämförelse som görs med infrastrukturbyggande i Storbritannien. Vidare behandlar examensarbetet inte heller mer långsiktig tillgångshantering (Eng. asset management), livscykelanalys eller samberoenden mellan infrastrukturer (Eng. interdependencies) i särskilt stor utsträckning, även om dessa också är viktiga aspekter att lyfta in i en helhetsbild av järnvägens och svenska transportsystems utveckling. Dessutom finns det ett stort behov och intresse av utökning kring intermodala transporter och att förflytta godstransporter till järnväg av effektivitetsskäl, samt det logistiska *'last mile problem'*, men detta diskuteras inte heller djupare i arbetet då fokus istället hålls på persontransporter. Historiskt har det också varit ett stort fokus, inte minst hos transportorganisationer och organisationer kopplade till konstruktion, att minska sina utsläpp och att själva ha en minskad klimatpåverkan. Detta är naturligtvis en mycket viktig del av den gröna omställningen, men undersöks inte heller i detta arbete, häri ligger fokus på, utifrån de mer klagörande engelska begreppen, *Adaptation* och inte *Mitigation*.

2 Bakgrund och centrala koncept

2.1 Järnvägsresandet i Sverige

De första järnvägarna i Sverige byggdes i mitten av 1800-talet, och järnvägen har sedan dess används både för persontrafik och godstransport. Sverige investerade också tidigt skattemedel i stambanor mellan storstäderna, för att effektivisera transporten mellan landets befolkningscenter. I begynnelsen drevs tågen av ånglok i med dagens mått mätt låga hastigheter, och upplevde en glansålder fram tills femtiotalet, då personbilen successivt tog över transportbehovet. Sedan nittiotalet har dock elektrifiering, en rad investeringar och inte minst en ökad efterfrågan från resenärerna lett till ett stort uppsving för persontransporter på järnvägen (Tellerup, u.d.).

Sedan 1990 har resandet med tåg i Sverige ökat markant, år 2022 genomfördes 50% fler långväga resor och 270% fler resor i regionaltrafiken jämfört med 1990. Liknande ökning kan observeras på antalet framförda tåg, samt antalet transporterade personkilometer, trots att det idag finns något färre kilometer statliga banor gentemot 1990 (Carlsson, 2023). Detta innebär alltså ett markant ökat resande på existerande infrastruktur, med fler operatörer och fler tåg som går varje dag. Tidigare drev SJ i princip alla tåg i Sverige, men idag är ansvaret delat mellan ungefär ett dussin operatörer, till följd av liberaliseringar på marknaden. Detta innebär att infrastrukturägare (huvudsakligen Trafikverket) och operatörer i princip är helt separata. Dock har inte underhåll, reinvesteringar och utbyggnad av det svenska järnvägssystemet skett i samma takt som reseökningen de senaste årtiondena, och underhållsskulden på svensk järnväg uppskattades 2021 till 43 miljarder kronor (Höök, 2021).

Vidare fanns fram till årsskiftet 2022/2023 planer på införande av höghastighetsjärnväg i Sverige, till stor del i syfte att bidra med kompletterande kapacitet längs spåren, samt för att möjliggöra snabbt, bekvämt och miljövänligt resande mellan landets storstadsregioner och gynna godstrafiken på den existerande järnvägen. Detta skulle i princip utföras som nya kompletterande stambanor byggda för höghastighetståg för att sammanbinda Malmö, Göteborg och Stockholm som en del av den så kallade Sverigeförhandlingen (Wessberg et al., 2017). Strax innan jul 2022 meddelade dock regeringen att arbetet med detta projekt skulle avbrytas, och Trafikverket skulle omfokusera sina resurser. Fokus skulle i stället ligga på att färdigställa Ostlänken i Stockholm, utreda andra alternativ för att stärka arbetspendlingen mellan Göteborg och Borås, samt belysa andra kapacitetsökande åtgärder på sträckan Lund-Hässleholm för att

förbereda för den ökade trafik som Fehmarn-Bält-förbindelsen kommer innebära (Regeringskansliet, 2022).

2.2 Systembeskrivning

Trafikverket är idag den svenska myndighet som ansvarar för järnvägen och tågtrafik (men sköter ingen egen linjetrafik), som tog över den tidigare järnvägsverksamheten som Banverket bedrev fram till 2010. Därtill ansvarar Trafikverket även för långsiktig planering av infrastrukturen för vägtrafik, sjöfart och luftfart, efter en myndighetskonsolidering 2010. Myndigheten beskriver sin vision som ”Alla kommer fram smidigt, grönt och tryggt” (Trafikverket, 2023a). Därtill utger Transportstyrelsen regler, ger tillstånd och agerar översynsmyndighet för Trafikverkets verksamhetsområden (Transportstyrelsen, 2023). I Sverige finns totalt 15 600 km järnvägsspår, varav Trafikverket äger och förvaltar drygt 90 % (14 200 km) (Carlsson, 2023). Andra ägare är till exempel Arlandabanan, Saltsjöbanan och Öresundsförbindelsen. Därtill är 84 % av Trafikverkets spår elektrifierade, och totalt sett är spåren i Sverige till 74 % elektrifierade. Detta beskrivs som betydligt högre än europasnittet på cirka 50 %. Dessutom äger Trafikverket 165 tunnelanläggningar och 4 100 broar i hela Sverige, tillsammans med nästan 10 000 korsningar varav 3 500 är planskilda. Därtill rapporteras att cirka 90 % av svenska passagerartåg anses vara punktliga, vilket definieras som att de ska nå sin destination inom 5 minuter och 59 sekunder av angiven tid (ibid.).

Gällande signalsystem driver Sverige genom Trafikverket just nu ett projekt för att implementera det europeiska systemet ERTMS (European Rail Traffic Management System) (Trafikverket, 2022). Signalsystemet syftar till att sammankoppla och öka interkompatibiliteten i det europeiska järnvägssystemet, vilket också anses göra systemet mer konkurrenskraftigt och driftsäkert samt billigare och enklare att underhålla (European Union Agency for Railways, n.d.). Systemet håller på att byggas ut runtom i Europa.

Då järnvägssystemet utgör en av samhällets kritiska infrastrukturer (European Commission, 2023) finns det flera sätt att vidare analysera dess inverkan på samhället. En viktig sådan är konceptet beroenden, *dependencies* på engelska. Ett av de viktigaste beroenden som järnvägen har är, i samband med hög elektrifieringsgrad, beroendet av tillförlitlig elförsörjning. Rinaldi et al. (2001, s. 13) kallar denna typ av beroende för *unidirectional*, enkelriktad, då järnvägen är beroende av elförsörjning men inte tvärtom. Över tid har det ömsesidiga beroendet mellan olika kritiska infrastrukturer vilket samspekar med att samhällets

komplexitet också ökat. Detta medför att ett systems sårbarhet kan fortplanta sig till flera samhällskritiska system. Det har till exempel hänt i Sverige att tillgänglig elförsörjning inte räcker för att driva tågen (Efendic, 2008), varpå tågstopp blir oundvikligt. Faramehr (2020) beskriver vidare hur järnvägen utgör ett komplext kritiskt system med flera stora beroenden. Det mest välförstådda är beroendet till elsystemet, men genom att ta upp exempel som spåröversvämning vid ett brustet vattenrör visar avhandlingen på att många kritiska beroenden saknar kartläggning och viktig förståelse. Med detta resonemang kan till synes orelaterade skador på samhället även påverka järnvägens leveransfunktion, som en del av den komplexa förståelsen för infrastruktursystemens samverkan.

2.3 Centrala koncept

2.3.1 Risk

Aven et al. (2018) sammanställer flera olika termer som är viktiga för riskbegreppet. Ett klassiskt synsätt som framhävs är att se en risk som en sammanvägning av sannolikhet och konsekvens för en potentiell händelse. Ett annat riskperspektiv är sammanvägningen av exponering mot en riskkälla samt sårbarhet, då något som inte är exponerat, trots riskkälla och sårbarhet, inte utgör en risk, som ju alltid är kopplat till en osäker framtida händelse. Ett tredje synsätt är att behandla risk som osäkerhet direkt, där själva osäkerheten är risken, att sammanväga dessa begrepp så riskhanteringsarbetet blir beroende av att hantera osäkerheterna i ett system och för en systemförmåga. För att ens diskutera risk behöver hotet vara riktad mot något som människan värderar, i detta fall järnvägssystemets funktion. Om inget värdefullt utsätts för risken är inte risken värd att beakta, från ett teoretiskt perspektiv. I detta examensarbete används begreppet risk som oavsiktlig skada på något som anses värdefullt (ibid.).

2.3.2 Resiliens

Resiliens är ett viktigt begrepp som ofta används, men det är inte alltid självklart vad begreppet betyder. I en rapport från MSB listas olika betydelser och användningsområden för begreppet (Alfredsson, Frisell, & Harrami, 2013). Främst relevant för detta arbete är det som beskrivs som 'Resilience Engineering', 'Disaster resilience', och 'Klimatförändringar och resiliens'. Sammanvägningen av dessa definitioner ger definitionen av resiliens som används i detta

examensarbete som ett system som har förmåga att absorbera och hantera störningar, särskilt kopplat till naturliga störningar och händelser som uppstår eller förvärras av effekterna av klimatförändringar. Andra viktiga aspekter är *anticipation* och *adaptation*, hur möjlig påverkan förutspås och sedan hanteras vilket anknyts till av bland annat UIC. Även Aven et al. (2018) beskriver resiliens i termer som är förenliga med denna definition.

2.3.3 Sårbarhet

Konceptet sårbarhet kopplar an till hur utsatt en viss funktion eller system är för anträffade risker och händelser (Aven et al., 2018). Konkret för detta arbete kan detta betyda att åldrande infrastruktur är mer sårbar vilket gör att olika väderhändelser sannolikt påverkas värre än ny och underhållen sådan, till exempel för att kvaliteten har försämrats över tid eller att konstruktionsstandarden var lägre förr i tiden. Sårbarhet kopplar också till de olika typerna av påverkan som kan observeras från väderhändelser, lågt belägen infrastruktur eller sådan placerad i tunnlar kan till exempel vara mer sårbar mot översvämningar och extrema regn. Att identifiera och analysera sårbarheter i system är en ansats till att skapa mer resilienta system och minska samhällspåverkan vid störningar.

2.3.4 Samhällsplanering

Samhällsplanering är ett centralt koncept i hur vi strukturerar våra samhällen och bygger robusta system. Inom ramen för detta examensarbete är därtill främst fysisk planering avsedd, då det är denna som mest direkt anknyter till järnvägen. Järnvägen planeras för då städer och samhällen byggs upp, för sin funktion att transportera personer och gods, men också då järnvägen kan vara en riskkälla mot omkringliggande samhällen, så det finns riktlinjer för vilka länsstyrelserna ansvarar kring hur marken kring järnväg kan användas. I huvudsak är det kommunerna som har planmonopol när det kommer till samhällsplaneringen, men då järnvägsplaner och detaljplaner etableras agerar länsstyrelserna remissinstans för statens intressen och pröva miljöpåverkan, bland annat.

3 Bakgrund kring klimatförändringar och klimatanpassning

Då detta examensarbete är djupt grundat i förståelse för klimatförändringarna och deras effekter vigs detta kapitel till en introduktion till området. Nedanstående bakgrund är inte på något sätt heltäckande då detta är ett mycket stort och komplext område, men syftar att ge en introduktion till den som inte är så väl berest inom området. Det råder idag ingen tvekan om att klimatet är under förändring, och att det är på grund av människors påverkan på vår planet (IPCC, 2022). Det är naturligtvis komplicerat och osäkert att försöka förutspå vilken framtid vi går till mötes, men enligt Parisavtalet från 2015, som Sverige skrivit under, är målet att den globala temperaturökningen ska begränsas till mindre än 2°C, och man ska anstränga sig för att begränsa den till 1,5°C (UNFCCC, u.d.). Detta är ett globalt samarbete för att minska riskerna och effekterna från klimatförändringar, som kommer drabba oss alla, som tyvärr mött en del komplikationer och svårigheter sedan överenskommelsen trädde i kraft 2016.

3.1 Klimatförändringar allmänt

Globala utsläpp och framtida klimatscenarier sammanställs av IPCC, som 2022 publicerade sin sjätte Adaptation Report ("AR6") (IPCC, 2022). Rapporten är mycket omfattande, med cirka 3000 sidor, och anses vara den mest auktoritativa rapporten om pågående och framtida klimatförändringar. Boehm & Schumer (2023) sammanfattar vad de anser vara tio huvudpunkter från rapporten. Detta inkluderar bland annat det faktum att den globala temperaturökningen om 1,1°C har medfört omfattande, aldrig tidigare skådade, klimatförändringar redan idag. Detta inkluderar att det är det varmaste decenniet på cirka 125 000 år. Dessutom medför varje halv grads ökning stora ökningarna i allvarlighetsgraden och frekvensen av till exempel värmeböljor, i en slags exponentiell ökning. Effekterna av klimatförändringarna på människor och ekosystem har varit mer omfattande än vad man tidigare räknat med, och att begränsa ökningen till 1,5°C är inte ens säkert för alla jordens invånare. Värmeböljor, havsnivåökningar, bränder och översvämningar blir alla mer vanliga och allvarliga (ibid.).

I AR6 används klimatförändringsscenarier kallade SSPer (Shared Socioeconomic Pathways), som samspelar med de tidigare RCPerna (Representative Concentration Pathways) i tidigare Adaptation Reports. I korthet beskriver Climate Data Canada (2023) skillnaden som att SSP försöker fånga en mer raffinerad klimatanalys samlad kring fler samhällsfaktorer, där RCP fokuserar strikt på olika utsläppsscenarioer, utan standardiserade socioekonomiska effekter.

SSP definierar vidare hur olika samhällsval och socioekonomiska faktorer inverkar på klimatförändringarnas effekter, på ett mer standardiserat sätt.

Det finns totalt fem olika SSP, som representerar varierande grad av ambitiösa och lyckade minskningar av miljöpåverkan och klimatanpassning. Climate Data Canada (2023) beskriver då olika scenariona som SSP1: *Hållbarhet*, SSP2: *Medelvägen*, SSP3: *Regional rivalitet*, SSP4: *Ojämlighet*, och SSP5: *Fossildriven utveckling*. Vidare återfinns en elegant visualisering av SSP:erna i Figure 1 på Climate Data Canadas hemsida (ibid.) De olika ambitionsnivåerna och hur mycket mänskligheten lyckas minska klimatförändringarna och deras effekter kan agera underlag till hur olika samhällssystem dimensioneras. I de värre scenarierna behöver naturligtvis större åtgärder vidtas för att upprätthålla de efterfrågade funktionsbehoven för olika system, då större klimatpåverkan enligt ovan resonemang medför mer allvarliga och frekventa extremväderhändelser som riskerar att påverka systemets funktion.

3.2 Klimatförändringar och potentiella väderhändelser i Sverige

Sverige är naturligtvis inte undantagna från effekterna från klimatförändringar och extremväder, och har i flera omgångar upplevt det senare. Det är väsentligt att hålla isär klimatförändringar och extremväder som fenomen, men att bejaka att extremväder blir vanligare med ökade klimatförändringarna som det tydligt redogörs för i AR6. SMHI ansvarar som svensk myndighet för att övervaka och kartlägga klimatförändringar och diverse extremväder i Sverige. Därtill har de till exempel en kunskapsbank för extremväder (SMHI, 2023), och bejakar att samhällsplaneringen historisk förutsatt att klimatet inte kommer förändras, vilket inte längre kan antas vara giltigt. SMHI tillhandahåller också en klimatscenariotjänst (SMHI, n.d.) baserad på tre RCP-nivåer för att underlätta för planering utifrån de olika scenarierna. Då dessa är projektioner är naturligtvis resultaten av de olika scenarierna inte att betrakta som säkra, och därför finns en vägledning till de inneboende osäkerheterna (Strandberg, 2020). Osäkerhet är ett viktigt begrepp inom risk, och vägledningen diskuterar hur scenarierna kan användas för att på ett effektivt sätt kommunicera kring klimatförändringar och använda de verktyg som finns för att utvärdera dess effekter.

Extremväder i Sverige är något SMHI har stort fokus på, och utkom 2019 med en rapport kring just extremväder i Sverige (Belusic, et al., 2019). Bland annat beskrivs hur IPCC skiljer mellan väder- och klimatextremer såsom skyfall, vind och temperatur och påverkan på

de naturliga fysiska processerna, såsom översvämningar, torka, havsnivåhöjningar och så vidare. Rapporten gör i övrigt ganska övergripande beskrivningar av hur klimatet historiskt har förändrats och beskriver hur olika väderhändelserna kan komma att utvecklas i framtiden utifrån den kunskap som fanns 2019. Därtill finns det stora variationer i hur väderhändelserna påverkar olika delar av Sverige, och det är svårt att ta ut generella trender för hela landet inom flera områden. Vidare presenteras en sammanställning av vanliga väderhändelser, deras nuvarande trender, eventuella framtida trender och nivån på kunskapsdifferenser och förståelsenivå. Vissa områden verkar någorlunda säkra som skyfall och snönivåer, medan andra visar stora regionala differenser och osäkerheter.

De senaste tjugo åren har Sverige drabbats av flera händelser som kan vara att betrakta som extremväder. Stormen Gudrun år 2005 hade stora konsekvenser på svenska samhället, inte minst i skador på elkraftsystem och förstörelse av skog. 2006 skedde omfattande översvämningar kring Göteborgsområdet. 2018 gav oss några av historiens mest omfattande skogsbränder i Sverige och stormen Hans har skapat ödeläggelse under sommaren 2023. I skrivande stund pågår räddningsarbetet alltjämt kring det mycket omfattande skredet som slog ut E6:an utanför Stenungssund.

3.3 Klimatanpassning i Sverige

Klimatanpassning beskrivs av Naturvårdsverket (u.d.) som arbete med att minska samhällets sårbarhet och öka motståndskraften (resiliensen) mot klimatförändringar. Givetvis är det viktigt att vi fortsatt arbetar för att minska våra utsläpp och således vår påverkan på klimatet, men vissa effekter av klimatförändringarna är redan här, och därför måste vi anpassa våra samhällssystem för att möta dessa utmaningar. Dessutom medför uppvärmning en del nya möjligheter, inte bara svårigheter, såsom förlängda odlingssäsonger, så en aspekt av klimatförändringar är också att ta tillvara på de möjligheter som ett förändrat klimat medger. Det framkommer från Klimatförordningen från 2018 (SFS 2018:1428) att ingen enskild central myndighet ansvarar för klimatanpassning i Sverige, utan alla myndigheter har ett eget ansvar för sin verksamhet. Från samma förordning definieras också klimatanpassning som ”åtgärder som skyddar miljön, människors liv och hälsa samt egendom genom att samhället anpassas till de konsekvenser som ett förändrat klimat kan medföra” (SFS 2018:1428 1 Kap 3 §). Som meteorologisk myndighet samordnar dock SMHI hemsidan klimatanpassning.se, samt är drivande i att utveckla verktyg för att utvärdera effekterna av klimatförändringar enligt olika

RCP, som beskrivet ovan. Ur detta följer att klimatanpassning sker i hela samhället och kräver en multisektoriell approach, och att klimatanpassningsarbetet är viktigt inom väldigt många delar av samhället.

Det finns också en SIS-standard, SS-EN ISO 14090:2019 (Svenska Institutet för Standarder, 2019) som innehåller principer, krav och riktlinjer för hur organisationer kan arbeta med klimatanpassning. Denna standard är mer allmänt skriven för att i princip vara allmängiltig för alla organisationer som är med och hanterar klimatförändringarnas effekter, och innehåller ingen specifik koppling till järnväg (annat än ett exempel på beroendeförhållanden som redan diskuterats ovan). Intressant är också att SMHI har avtalat med SIS att standarden ska vara gratis att hämta för flera aktörer under 2023, vilket belyser den vikt myndigheten lägger vid klimatanpassningsarbete. Klimatanpassning rör också i princip alla samhällssektorer och syftar till en stor omställning i hur samhället hanterar de effekter som klimatförändringarna medför. Standarden beskriver till exempel fysiska, sociala, ekonomiska, politiska, lagstiftningsmässiga och anseendemässiga effekter, så hanteringsarbetet behöver också beakta dessa perspektiv. De områden som standarden förespråkar i sin arbetsprocess är förplanering, bedömning av påverkan inklusive möjligheter, planering av anpassningen, tillämpning, övervakning och utvärdering samt rapportering och kommunikation.

Denna process är därmed väldigt snarlik en riskhanteringsprocess (ISO 3100:2018). SS-EN 14090:2019 diskuterar också klimatanpassning som en iterativ och adaptiv process, och bejakar att olika organisationer och olika processer medför olika anpassningsförmåga, beroende på systemet i fråga. Även i denna standard lyfta begreppen som fara, exponering och påverkan, vilket också direkt ankopplar till riskbegrepp. Vidare beskriver standarden att robusthet och flexibilitet i organisationer, och beskriver hur riskbedömning och sårbarhetsanalyser kan vara viktiga delar i klimatanpassningsarbetet. Dessutom beskrivs anpassningsåtgärder som antingen hårda eller mjuka, mjuka åtgärder handlar om anpassning av beteende, policyer, utbildning, försäkring med mera. Hårda åtgärder blir då så kallade grå eller gröna insatser, som anknyter till vår byggda miljö. Gråa åtgärder kan vara invallning eller skyddsvallar mot havsnivåhöjningar eller passiv nedkylning av hus genom arkitekturlösningar, där gröna åtgärder kopplar an till ekosystembaserad anpassning, grönområden, växtlighet och agroekologi till exempel. Det beskrivs också att åtgärder kan variera i storlek och omfattning, där viss anpassning kan innebära små iterativa förändringar av en organisations processer, där större och mer radikala åtgärder ibland kan krävas, med exempel på strategisk anpassning som

omlokalisering av infrastruktur. Därtill kopplas anpassningsplaner och dokumentation därav, samt övervakning och utvärdering. I led med den iterativa processen utvärderas syfte, beskrivningar, ansvarsåläggande, övervakning, tillämpning och utvärdering av insatsernas utfall. Dessutom medföljer en beskrivning av systemtänkande som blir centralt i systemanpassning av klimatanpassning för att få ett holistiskt perspektiv på de effekter och typer av påverkan som är relevanta för de åtgärder som föreslås (ibid.).

Att investera i felaktiga eller felbedömd klimatanpassning kan leda till det som kallas *maladaptation*, missanpassning. Schipper (2020) beskriver missanpassning som effekterna av en avsaknad av respons till klimatförändringarna, vilket leder till större sårbarheter eller felaktig respons genom processer som varit avsedda att gynna anpassningen. Mycket av riskerna anses dyka upp ur osäkerhetshanteringen, och missanpassning är inte bara då anpassningsstrategier misslyckas, utan då de aktivt bidrar till att öka sårbarheterna, tillsammans med att ha kostat tid, pengar och kanske anseende. Dessutom beskrivs att missanpassning kommer vara en risk för anpassningsstrategier som inte direkt attackerar rötterna till systemens sårbarheter. Dessutom blir förståelse för sårbarheter kritiskt för att utvärdera risken för missanpassning, och ett holistiskt perspektiv på anpassningsprocessen blir kritiskt. Genom missförstånd eller bristande kunskap om vad som driver sårbarheter blir också riskerna för missanpassning större, och det går redan nu att se exempel på missanpassning runt om i sårbara områden. Ett exempel kommer från Fiji där havsmurar konstruerades för att skydda folk från översvämningar (från högvatten), vilket i praktiken ökade sårbarheten för och konsekvenserna av översvämningar då murarna hindrade stormvatten från att dräneras (Schipper, 2020). Det är också vanligt med att strategier inte enbart medför bra effekter, till stor del på grund av de stora osäkerheterna, och så kallade no-regretsstrategier är något som sällan är möjligt i verkligheten när det gäller klimatanpassning.

4 Metoder

4.1 Metod för litteraturstudie

Inom området klimatanpassning av järnväg finns relativt mycket material publicerat från runt om i världen. Det finns litteratur både från myndigheter samt kopplat till forskning inom området. Till exempel, vilken typ av påverkan som väderhändelser kan ha, hur väderhändelsers frekvens och allvarlighet kan förändras i framtiden, samt vilka typer av klimatanpassningsåtgärder som kan antas vara mer eller mindre effektiva. Litteratursökning

relaterade till dessa områden har skett kontinuerligt under arbetets gång via olika kanaler, främst med hjälp av söktjänsterna Google Scholar och LUBcat för vetenskapliga skrifter, samt Google och myndigheters hemsidor för att identifiera grå litteratur. En del nyhetsartiklar används också för nutida och aktuell exemplifiering. Huvudsakligen utfördes sökningen på engelska för att bredda mängden material som identifierades, och huvudsakliga sökord inkluderar "railway climate resilience", "railway climate disruption", "railway climate adaptation", "climate change adaptation", "railway weather disruption" och "railway weather delay". För att identifiera litteratur på svenska användes ord såsom "klimatförändringar", "klimatanpassning Trafikverket", "Trafikverket branschlitteratur", "klimatanpassning", "kapacitet järnväg" med flera. Den litteratur som bedömdes som relevant för arbetets inriktning refereras sedan löpande i texten och återges i referenslistan. Därtill mottogs vissa tips och rekommendationer från handledare och intervjupersoner kring specifika rapporter, utredningar eller forskningsartiklar som skulle kunna vara av intresse för arbetet. Dessa kompletterande källor var ibland nya och ibland kända sedan tidigare, och anspelade naturligtvis på respektive persons specifika expertområde inom ramen för examensarbetet.

Till en början var litteratursökningen relativt bred för att fånga relevant litteratur kring klimatförändringar och forskning kring påverkan på järnvägsinfrastruktur, för att med arbetets gång riktas mer specifikt mot forskningsfrågorna. En bred kunskapsbas kring klimatförändringar och deras påverkan var nödvändig för arbetet, för att sedan kunna specificera sökningarna mot frågorna i sig. Där frågorna överlappar kunde bredare information inhämtas, men i de mer specifika frågorna, till exempel kopplat till kapacitet och resandeprognoiser, fanns tydliga källor som kunde anknytas direkt till frågorna. Själva analysen av materialet skedde sedan kontinuerligt i skrivandefasen utifrån dess relevans av att adressera frågeställningarna. Ett något mer strukturerat tillvägagångssätt hade varit önskvärt, vilket tas upp i diskussionen.

4.2 Metod för intervjustudie

Som komplement till litteraturstudien genomfördes också intervjuer med utvalda personer inom branschen. Det som Gill et al. (2008) beskriver som en semi-strukturerad intervju nyttjades för att samla in denna kompletterande information. Genom bruk av intervjuer kunde exempelvis argumentation från litteratur styrkas eller motsägas av expertkommentarer inom respektive område, och riktade, mer specifika frågor ställas kring de områden som var relevanta i just den

intervjun. Genom användande av semistrukturerade intervjuer fick respondenterna möjlighet att svara på ett antal frågor i fritt tal, vilket spelades in och transkriberades. Genom att öppna för mer flytande, semistrukturerade svar på frågorna fick respondenterna själva möjlighet att prioritera de delar av sina svar som de ansåg vara mest relevanta inom de områden som frågorna berörde. Detta anses bidra positivt då respondenterna är experter inom sina egna områden och sålunda kan lyfta perspektiv som riskerar att tappas i en strukturerad intervju. Med övergripande intervjufrågor kan ändå fokus väljas på förhand och relevanta svar för de områden som intervjun undersöker kan framlyftas. Frågorna delades inte med respondenterna på förhand, i syfte att kunna fånga respondenternas initiala tankar under intervjun, vilket då blir vad de prioriterar högst. Genom att eftersöka denna önskade bredd och hitta relevanta personer kunde frågor besvaras som kopplar till examensarbetets centrala frågeställningar.

Bredden försökte säkerställas genom att identifiera personer med kunskap och erfarenhet från akademien och den aktuella forskningen på området, någon med myndighetsöverblick kring arbetet i Sverige samt någon med perspektiv på klimatanpassning i stora nybyggnationer av järnvägsinfrastruktur, både nationellt och internationellt (särskilt Storbritannien då bedömningen gjorts att klimatanpassningen av järnväg i detta land är längre kommen än i Sverige). För att få kontakt med respondenter på myndighetssidan kontaktades Trafikverkets kundtjänst för att få kontaktuppgifter för någon som arbetade med aktuellt område för examensarbetet, klimatanpassning av järnväg. För forskningskontakt erhöles en personlig kontakt via handledaren för examenarbetet och för det internationella perspektivet skickades en "General Enquiry" till High-Speed 2 Ltd. med önskan att intervju någon som arbetar med klimatanpassning i HS2-projektet. Detta resulterade i en respondent som arbetar som nationell samordnare kring klimatanpassning på Trafikverket, en forskare från avdelningen för Trafik och Väg på Lunds Tekniska Högskola samt en person som arbetar med klimatförändringar i HS2 Ltd.

4.3 Metod för sammanställning och analys av materialet

Informationssökning skedde kontinuerligt under arbetets gång och kompletterades då det krävdes. Utifrån både litteratursökningen och intervjuerna genomfördes analyser i form av sammanvägningar och jämförelser för att få fram resultatet som besvarare de centrala frågorna som examensarbetet behandlar. Inför analysen delades materialet upp, både litteratur och intervju, till de delar av rapporten och forskningsfrågor som det var relevant för, och redovisas

som underkapitel i resultatdelen. Genom kontinuerlig informationssökning inom de områden som berörs av olika rapporter och forskningsartiklar stärks arbetet successivt med flera perspektiv inom respektive område. Detta tillåter att på förhand inte behöva finna alla källor som krävs, utan att komplettera med information inom de områden som ansågs behöva det genom en mer iterativ process.

Kopplat till den jämförande analysen av Storbritannien och Sverige utgick materialinhämtningen från respektive myndighets hemsida om klimatanpassning, då bedömningen gjordes att det var denna information som respektive myndighet tydligast ville visa upp. Djupare analys gjordes dock även för den svenska kontexten för att kunna djupare utvärdera specifika forskningsfrågor. Mycket av den jämförande analysen skedde genom direkta studier av Network Rails ARP och Trafikverkets redovisningar av anpassningsstrategier och regeringsuppdrag.

För de i arbetet studerade svenska järnvägssträckorna gjordes jämförelser i respektive järnvägsplans offentliga handlingar, främst miljökonsekvensbeskrivningar, för att undersöka hur olika typer av risker tas om hand och redovisas i respektive projekt. Projekten i sig valdes då de befann sig i olika skeden. Fyrspåret Lund-Malmö som var väldigt nära färdigställande, Norrbottniabanan som då låg ute på samråd och Västlänken där järnvägsplanerna vunnit laga kraft och arbetet var pågående. Dessutom var projekteringen olika daterad vilket ansågs kunna ge en fingervisning kring hur arbetet med risker kopplat till ett förändrat klimat har utvecklats över tid.

5 Analys och Resultat

I detta kapitel presenteras de resultat som fått fram från analys av material från både litteraturstudien och intervjustudien. Allt arbete med klimatanpassning och klimatförändringar är komplext och mångfacetterat. Klimatanpassning har varit på tapeten i Sverige under någorlunda lång tid, redan 2007 utkom en offentlig utredning som belyste klimatförändringarnas sannolika framtida effekter på bland annat järnvägssystemet (SOU 2007:60). Denna utredning lyfter bland annat effekterna av stormen Gudrun och lyfter påverkan från nederbörd, ökade flöden och högre temperaturer. Dessutom rekommenderar rapporten att dåvarande Banverket ska få i uppdrag att ansvara för klimatanpassning av sin infrastruktur, kartlägga och åtgärda risker kopplade till olyckor som uppstår av förändrad nederbörd och ökade flöden samt se över standarder för dimensionering för sina viktigaste fysiska tillgångar såsom kontaktledningar och trädsäkring. Vidare skriver MSB (Alfredsson, Frisell, & Harrami, 2013) mer allmänt om att klimatförändringarna kommer påverka samhällets resiliens, oavsett hur mycket utsläppet av växthusgaser minimeras. Rapporten beskriver tre huvudsakliga kategorier av påverkan på samhället i stort som direkta effekter i form av temperaturförändringar, nederbörd och extrema väderhändelser, indirekt interna effekter som påverka ekosystemens förmåga att producera varor och tjänster samt indirekta globala effekter som är svåra att förutspå och påverkar Sverige som ett led i en effektkedja. Därtill beskrivs att klimatanpassning för minskad sårbarhet innebär att samhällets och ekosystemens förmåga att förbereda sig för, klara av och återhämta sig från klimatrelaterade förändringar måste stärkas.

5.1 Klimatförändringarnas påverkan på järnvägen

Diverse väderhändelser kan ha påverkan på järnvägens funktion. Dels har väderhändelser en direkt påverkan på järnvägens funktion och dels kommer påverkan från de samberoenden till andra infrastrukturer som även kan påverkas, till exempel om samhället skulle drabbas av en omfattande elförsörjningsstörning på grund av en storm kan inte den elektrifierade järnvägen fortsätta vara i drift. Bara under sommaren 2023 har till exempel dussintals tåg i Sverige av olika anledningar behövts senareläggas eller ställas in. Ett särskilt allvarligt fall skedde utanför Hudiksvall i augusti då ett tåg spårade ur då kraftigt skyfall hade underminerat banvallen under spåren (Olsson, 2023). Lyckligtvis blev ingen allvarligt skadad vid olyckan. På andra sträckor har tågen stoppats på grund av skredvarning och blivit stående i flera timmar, vilket motsvarar en omfattande störning av leveransförmågan och funktionen för systemet (Gelin & Larsson,

2023). Dessutom satte stormen Hans stopp för både Krösatåg och Västtåg på grund av översvämningar i augusti (Abrahamsson, 2023), och i juni påverkade en omfattande markbrand utanför Ljusdal tågtrafiken längs ostkustbanan som dock kunde ledas om via Sundsvall (Arborén & Eriksson, 2023). Alla dessa händelser belyser existerande sårbarheter i det svenska järnvägssystemet, och visar på att det inte är ovanligt med vädersrelaterade störningar av järnvägstrafiken. Flera artiklar som legat till grund för detta examensarbete analyserar också väderhändelser i olika länder, men medför påverkan genom liknande eller identiska väderfenomen.

Forskningen kring vilken typ av väderhändelser som påverkar järnvägen är någorlunda omfattande, och kan ha stor påverkan på spårinfrastrukturen, och därmed systemets funktion. Palin et al. (2021) aggregerar flera källor och beskriver flertalet väderfenomen som har påverkat järnvägssystem runt om i världen, och detaljerar vilka effekter som kan uppkomma beroende på väderfenomen. Rapporten baserar sin analys på en vedertagen definition av risk som trefacetterad, en sammanvägning av *sårbarhet* och *exponering* mot en *riskälla*, där en förståelse för riskbilden kräver en djup förståelse av alla tre delar. Vidare beskriver Palin et al. (ibid.) att många kritiska delar av järnvägssystemet (i Europa, inte Sverige specifikt), designats och byggts för över hundra år sedan och därtill konstruerats utan modern förståelse för risk och påverkan eller modern tillämpning av designstandard. Däremot inte säkert att dessa äldre delars motståndskraft mot väderhändelser per definition är sämre, men definitivt mer osäker (ibid., s.2).

Artikeln (ibid.) presenterar också fyra huvudkategorier för väderpåverkan: temperatur, nederbörd, vind och havsnivå/atmosfärtryck. Dock måste dessa fenomen inte ha negativ påverkan i sig, utan det är när de manifesterar i former som kan orsaka fara, till exempel långvariga temperaturer under nollan, extremt skyfall eller varaktiga vindoväder. Därtill exemplifieras faktiskt påverkan från väderhändelser på olika järnvägsdelar, såsom ras och skred som slog ut tunnlar i Slovenien och Kroatien, skred som förde bort järnvägsspår i Storbritannien och stenar som föll på spåret i Slovenien. Därtill tas det upp isbildning i en järnvägstunnel, solkurvor och ett bortfall av en banvall, även detta i Slovenien. Dessutom beskrivs påverkan på broar, såsom "bridge scour", där sedimentering av grundläggningen runt bropelare bortfaller vilket påverkar stabiliteten (ibid.). Just detta fenomen är också något som Nasr (2022) undersökt i stor omfattning i en svensk kontext.

Ochsner & Palmqvist (2022) beskriver vidare vikten av ett fungerande järnvägssystem som kritisk infrastruktur i utvecklade samhällen, och analyserar de väderfenomen som slagit mot järnvägen i Sverige under perioden 2011 – 2019. Artikeln poängterar också att järnvägssystemet idag är sårbart för väderhändelser, och att denna känslighet sannolikt kommer öka över tid, vilket troligen är dels eftersom infrastrukturen i sig åldras och blir mer skör, men också eftersom väderhändelserna i sig troligen kommer bli mer allvarliga. Dessutom beskrivs att järnvägssystemet är mer sårbart mot störningar än väginfrastruktur på grund av kapacitetsbegränsningar och begränsad möjlighet att leda om trafiken. Annars är de väderfenomen som beskrivs som farliga för järnvägssystemen som väldigt liknande de från Palin et al. (2021), med is, ras och skred, översvämningar, solkurvor, fallna träd och skadade banvallar, för att nämna några. Ochsner & Palmqvist (2022) gör en statistisk undersökning kring olika vädertypers påverkan, snarare än Palin et al. (2021) som mer kvalitativt beskriver påverkan. Ochsner & Palmqvist (2022) tar också upp exempel på tidigare forskning som korrelerar kinesiska tågförseningar med extremväder kopplat till regn och snöfall mot regn och höga vindar på Irland som leder till tågstörningar och att ökad snö och regn på spåren i Kanada leder till fler störningar av tågtrafiken. Nederländerna, Norge och Sverige ser liknande effekter på järnvägen till följd av väderhändelser, och det uppmärksammas en korrelation mellan låga temperaturer eller starka vindar och procentuella tågförseningar. Detta belyser att klimateffekterna inte är unika för en del av världen eller egentligen särskilt annorlunda för olika länder i norra hemisfären. Däremot är det troligt att sårbarheterna ser olika ut mellan olika delar av världen, då bland annat infrastrukturens ålder, underhållsnivå under sin livslängd och ambition på klimatanpassning kan variera med politiska prioriteringar och investeringsvilja.

Ochsner & Palmqvists (2022) huvudsakliga resultat är dock att påvisa hur de fyra vädervariablerna påverkade mängden störningar i den svenska järnvägstrafiken över den studerade perioden. Rapporten definierar störning som inställda ankomster eller tåg som är mer än 60 minuter försenade. Dock redovisar resultatet både person- och godståg, där godståg är överrepresenterade och därför förskjuter datan något då förseningar av godståg anses mer acceptabelt, och tröskeln för att försena ett godståg då blir lägre än för ett persontåg, organisatoriskt styrningsmässig. Rapportens exakta resultat återfinns för den intresserade i Figure 1 i Ochsner & Palmqvist (2022, s.117). Datan är också översiktlig för Sverige och definierar inte särskilda spår eller korridorer som är extra känsliga. Rapportens resultat visar på att snödjup har påverkat störningar men att dessa inte varierat alltför mycket då snödjupet överstiger ca 0,5 meter, regn har inte haft någon större påverkan, lägre temperaturer har

påverkat mycket mer än höga temperaturer och vindhastigheten mest påverkat då den är mycket låg eller mycket hög. Det framkommer inte direkt i rapporten varför låg vindhastighet påverkar förseningar i tågtrafiken, så rapporten beskriver att detta skulle kunna vara ett exempel på ett rent sammanträffande. Ling et al. (2018) påvisar att det även i Kina är mängd snö och isregn som har störst påverkan på tågförseningar.

Wang et al. (2020) analyserar också diverse påverkan på järnvägen ur ett systemfunktionsperspektiv, från klimathändelser och klimatförändringar med basis i Storbritannien. Artikeln beskriver till exempel hur övergripande klimatriskanalys och -anpassning för järnvägssektorn ännu är i ett tidigt skede, då effekterna av klimateffekterna beskrivs som kaleidoskopiska och det länge saknats precis väderdata. Dessutom beskrivs hur mycket forskning har fokuserats på andra delar av transportsektorn, och att det inte är förrän nyligen som analyser av påverkan på järnvägssektorn också börjat ta fart. I övrigt är de typerna av påverkan som beskrivs i artikeln väldigt lika de som diskuterats ovan, och att de mest extrema händelserna leder till de största effekterna på infrastrukturen, även totalt sett. Vidare beskriver rapporten att nederbörd och snabba temperaturförändringar är de väderfenomen som påvisat störst påverkan för det brittiska järnvägssystemet, vilket inte är förvånande utifrån vad som redovisats i andra källor. Effekterna därav beskrivs i huvudsak som solkurvor, hur många dagars rälsunderhåll som krävs åt gången, värmepåverkan på personal och kraftledningar för elförsörjning av tågen som tappar beständighet i dåligt väder. Dessutom nyttjade rapporten statistiska modeller och storskaliga enkätstudier för att analysera hur olika branschaktiva och övriga intressenter värderar de olika effekterna. De viktigaste effekterna och största riskerna som rapporten hittade var skador på brofundament och ras och skred som ökar riskerna för urspårning, samt översvämningar till följd av att avvattningsystem överväldigas eller att högvattenskydd slås ut. Totalt sett anses översvämningar och ras och skred vara de vanligaste klimathotet i samtliga brittiska regioner.

Intervjurespondenter delar också bilden att det finns uppenbara sårbarheter för järnvägen. Kontakt på Trafikverket (personlig intervju, 2023) framhåller specifikt påverkan från erosion, ras och skred och speciellt översvämningar som bedöms vara en särskilt stor risk. Dessutom framlyfts osäkerheten i framtidens klimat och väderhändelser som ett klurigt område för djupare analys. Det framlyfts också en önskan om att fördjupa kunskaperna kring värmens påverkan. Palmqvist (personlig intervju, 2023) framlyfter också främst påverkan från temperatur och nederbörd som särskilt viktiga faktorer, och Kontakt på HS2 (personlig intervju,

2023) lägger extra fokus på den påverkan som redan observerats från klimatförändringar, samt att förseningar i Storbritannien redan har lett till att hundratals miljoner pund har behövts betalas ut som kompensation till de påverkade. Palmqvist (personlig intervju, 2023) tar också upp ett närliggande exempel då tåg på Österlen ställdes in på grund av kraftiga vindar, och att även skogsbränder och underminerade banvallar som följd av höga flöden och skyfall ofta kan komma att ställa in tåg.

Som ovan beskrivits är klimatförändringarnas påverkan på järnvägen många, och då järnvägen utgör ett komplext system kan skada på en del av systemet ha stor påverkan på systemfunktionen som helhet. En frusen kontaktledning, översvämmad banvall eller räls påverkad av solkurvor gör alla att tågen inte kan gå som de ska på den påverkade sträckan och kan därmed även påverka tågföringen för andra sträckor. Därtill blir en ordentlig riskanalys helt nödvändigt mångfacetterad och djupgående, vilket måste tillämpas på hela det studerade systemet. Med accelererande frekvenser för extremväderhändelser belyses också vikten av att detta arbete fungerar effektivt och med ett helhetsperspektiv. Det framgår också tydligt av de studerade rapporterna att historisk påverkan från extrema väderhändelser är någorlunda väl förstådda och studerade, men att det saknas viss kunskap kring hur detta kommer se ut i framtiden, och inte minst kopplat till de sårbarheter som påvisar mest påverkan. Sammantaget kan därför sägas att järnvägssystemet är utsatt för stora risker kopplade till klimatförändringarnas påverkan. Flera typer av väderhändelser kan ha mycket stor påverkan på systemet, men förståelsen för hur dessa manifesterar som risker är under uppbyggnad. Att veta hur ett väderfenomen ter sig betyder inte nödvändigtvis stor förståelse för hur och vilka delar av infrastrukturen som påverkas.

5.2 Kapacitet och reseutveckling

Trafikverket publicerar årligen rapporter om järnvägssystemets kapacitetsutnyttjande. För 2022 uppkom ett par tåglinjer till 100% kapacitetsutnyttjande, och på de tyngst trafikerade linjerna avgår hundratals tåg per dygn. Under dygnets maxperiod på 2 timmar för resande bedöms stora delar av stambanorna och andra viktiga järnvägsleder överstiga 80% kapacitetsutnyttjande (Lundström et al., 2023). Ett sådant kapacitetsutnyttjande beskrivs med att ”[s]tora kompromisser måste göras i tågplanarbetet avseende restid och avgångstider. Stor risk för utträngning av vissa trafiktyper t.ex. godståg runt storstäder” (ibid., s. 8). Rodrigue (2020) beskriver att järnvägssystem i hög grad kan ses som linjära system, med begränsad redundans

och möjligheter till omledning av trafik vid störningar. Därtill följer att störningar eller olyckor i trafiken får större konsekvenser då kapaciteten är som mest pressad, det finns inte utrymme att leda om tåg då en järnvägssträcka störs. Detta ter sig också naturligt då ett tåg inte kan passera ett annat på en linjär sträcka, för att möjliggöra detta måste förbipassager konstrueras, som till exempel görs på stationer.

För den framtida utvecklingen av järnvägen publicerar Trafikverket resenärsprognoser över tid, där den senast publicerade bland annat behandlar året 2040 (Trupina Dreven, 2023). Ur basprognoserna analyseras att det långväga tågresandet kan öka med 1,7% årligen fram till 2040, och det regionala tågresandet med 2% under samma tid. Detta skulle då leda till en total ökning med 46% för långväga tågresor och 58% för de regionala år 2040, jämfört med basåret 2017. Vidare analyseras scenarier där kostnaden för privatbilsägande varierar, där en dubblerad körkostnad ger att tågresorna ökar med 2,4% årligen, eller totalt 13,4% mer än basprognosen. Då körkostnaden i stället halveras minskar då tågresandet med 10,4% gentemot basprognosen (ibid.). Även Palmqvist (personlig intervju, 2023) belyser att den historiska ökningen av resande har varit mycket viktig för järnvägens status, och att det inte finns några tecken på att den kommer sakta ner. Kontakt på Trafikverket (personlig intervju, 2023) nämner dessutom att reseökningen varit mycket större än förväntat. Kombinationen med ökat resande och de redan nu existerande kapacitetsbristerna belyser behovet av investeringar för att öka kapaciteten i systemet, även om prognosen för 2040 inte analyserar individuella sträckor utan ger en helhetsanalys över landet.

Trafikverket har redovisat förslag på åtgärder som kommer krävas, och identifierat olika kapacitetshöjande insatser, inte minst genom Skåne, för att möta kapacitetsbehovet som uppstår då Fehmarn-Bält-förbindelsen öppnar (Wedin, et al., 2023) Även denna rapport har visst fokus på 2040, likt ovan diskuterade reseutvecklingsprognos (Trupina Dreven, 2023). Rapporten rangordnar de kapacitetshöjande åtgärderna i ordningen (Wedin, et al., 2023, p. 104):

1. två nya spår Hässleholm–Lund (Södra stambanan)
2. utbyggnad Malmö C (SVEDAB-paketet)
3. utbyggnad Ramlösa station samt spår Helsingborg–Ramlösa
4. utbyggnad Hässleholm C

5. dubbelspår Hässleholm–Kristianstad (Skånebanan) samt fler plattformsspår Kristianstad C
6. utredning av nya spår Alvesta–Hässleholm (Södra stambanan)
7. partiellt dubbelspår Rydsgård–Skurup (Ystadbanan)

Rapporten framhåller att kapacitetsproblemen i Skåne kan bli mycket allvarliga 2040 om inte de föreslagna åtgärderna vidtas. Denna dystra prognos räknar med färdigställandet av planerade och nu pågående nationella projekt (såsom Ostlänken, Fyrspåret Malmö-Lund), men utan de projekt som rapporten själv föreslår (ibid., s. 45). Inget beslut har ännu fattats av regeringen kring de föreslagna åtgärderna, men de överlämnade i augusti ett nytt regeringsuppdrag till Trafikverket där myndigheten ska arbeta för att stärka tågens punktlighet och tillförlitlighet (Regeringskansliet, 2023). Resultatet av detta uppdrag rapporteras senast i februari 2024. Palmqvist (personlig intervju, 2023) belyser också att resenärernas tillit till att tågen kommer i tid är mycket viktigt för reseviljan, och om tåg upplevs som mycket fulla blir också resenärsviljan mindre. Då tågen tappar i punktlighet eller deras kapacitet överbelastas väljer fler andra resemedel. Om det främst är punktligheten som brister väljer sannolikt också fler långsiktigt bort tåget, vilket gör att kundunderlaget minskar och man hamnar i en ond cirkel av minskat resande, motsatt den goda cirkel som observerats de senaste trettio åren.

I skrivande stund är också Trafikverket i slutskedet av en utbyggnad av spårsystemet mellan Malmö och Lund till fyra spår från det tidigare två, i uttalat syfte att öka kapacitet och minska risken för störningar på denna ytterst tungt trafikerade sträcka (Trafikverket, 2023b). Detta specifika projekt undersöks också djupare i detta examensarbete, utifrån ett hållbarhets- och klimatriskhanteringsperspektiv. Det stora fokuset från flera aktörer på södra Sverige, inte minst södra stambanesträckan Malmö – Nässjö, belyser verkligen de kapacitetsproblem som existerar i denna korridor. Om Trafikverkets rekommenderade åtgärder inte accepteras av regeringen enligt ovan är det mycket sannolikt att Lund C i framtiden kommer utgöra en stor flaskhals i järnvägskopplingen mellan Sverige och Europa.

Vidare redovisar en rapport (Kåregård et al., 2023) som Malmö stad beställt av konsultfirman AFRY, att Öresundsbron sannolikt kommer nå sitt kapacitetstak för persontrafik i samband med Fehmarn-Bältförbindelsens öppnande. Denna rapport är en del av utredningen kring konstruktionen av ett Öresundsmetrosystem för att sammanbinda Malmö och Köpenhamn. Rapporten vidhåller att en avlastning av Öresundsbrons passagerartrafik behöver

görs för att tillåta de godsflöden som anses önskvärda över bron. För år 2040 antar rapporten att fyrspårsutbyggnaden är färdig mellan Malmö och Hässleholm, i enlighet med Trafikverkets egna förslag. Med införande av ett gemensamt metrosystem städerna emellan beräknas regionalstågsresandet minska kraftigt då fler ser möjligheten att åka med metron mellan respektive stadskärna, vilket minskar risken för störningar på bron (ibid., s. 32). För att säkerställa transportsystemets resiliens behöver dock den eventuella metrons klimatsårbarhet utvärderas vidare då planen är längre kommen. Då metron utgör ett ytterligare system mot järnvägen ökar också redundansen för systemfunktionen med passagerarresor över Öresund.

Detta pekar tillsammans på att det är mycket sannolikt att tågresandet kommer fortsätta öka i en hög takt, vilket ställer stora krav på järnvägssystemets framtida funktionalitet. Mer människor än någonsin vill resa med järnväg och förlitar sig på dess funktion som en del av vardagen, en utveckling som med största sannolikhet kommer fortsätta. I alla scenarier som Trupina Dreven (2023) framhåller ökar tågresande, även vid omfattande kostnadssänkningar för privatägda motorfordon, vilket visar på järnvägens oerhört viktiga status i samhället även i framtiden. Därför måste den också fungera för de hundratusentals resenärer som nyttjar den svenska järnvägen varje dag. Med redan hårt pressade kapacitets- och infrastrukturinvesteringar kan därför framtidens tågtrafik bli än mer sårbar för störningar och leda till ökande förseningar och tågstopp.

5.3 Klimatsårbarheter

Klimatsårbarhet definieras enligt IPCC's som "den grad ett system är mottaglig samt oförmögen att hantera negativa effekter av klimatförändringarna, inklusive klimatvariationer och extrema naturhändelser" (Englund, Mehvar, André, & Barquet, 2022, p. 6). Denna definition kan tolkas som att begreppet sårbarhet är ett motsatsord till begreppen resiliens eller motståndskraft. I relativt enkla termer kan man därför beskriva att klimatanpassning syftar till att minska klimatsårbarheter och öka resiliensen. Aktuella sårbarheter blir därför också ofta direkt kopplade till den påverkan som väderhändelser har på infrastrukturen. Lågt liggande järnväg vid vattendrag kan till exempel vara mer sårbar för översvämningar och skyfall, men även uppbyggd banvall kan vara känslig för skyfall, såsom observerades utanför Hudiksvall i somras (Olsson, 2023). Sveriges riksdag (Mejern Larsson, o.a., 2018) utpekade särskilt järnvägen som sårbar för effekterna av klimatförändringar, och bekänner att fokus länge har varit på att minska den egna klimatpåverkan, men att det också är viktigt att anpassa

infrastrukturen till de klimateffekter som blir aktuella. Ett exempel som framhävs i denna rapport (ibid.) är sårbarheten för översvämningar hos Citytunneln i Malmö, där dagvattenssystemet inte kunde omhänderta de mycket stora regnmängderna som föll, varpå tunneln var nära att översvämma under stormen Sven. Sedan 2017 har Trafikverket tagit över beredskapsplaneringen för tunneln och arbetar med klimatanpassning och stormskydd här.

Vidare utkom MSB och SGI gemensamt med en kartläggning av riskområden kopplat till ras, skred, erosion och översvämning runt om i riket efter ett regeringsuppdrag (SGI och MSB, 2021). Analysen i rapporten sker dock kring samhällsviktig transportinfrastruktur i stort, vilket då utöver järnväg och järnvägsstationer inkluderar flygplatser, hamnar och vägar. Riksintresset i stort som analyseras är alltså transportförmågan i svenska samhället. Av dessa riksintressen är absolut flest hotade av skred, men det noteras också att järnvägsstationer i regel byggs på plan mark, vilket minskar skredrisken avsevärt. Då rapporten har en någorlunda fin indelning geografiskt och kring typer av händelser kan den därför vara till stor nytta för att utvärdera samhällsnyttan med klimatanpassning, men då den sammanväger olika resurstyper blir nyttan begränsad för att utvärdera just järnvägen.

Nationella Expertrådet för klimatanpassning (Schultze, o.a., 2022) exemplifierar ett par historiska sårbarheter, till exempel för ras och skred, skyfall och solkurvor, som har lett till stora negativa konsekvenser på svenska transportsystem historiskt. Dessa historiska sårbarheter stämmer väl överens med den framtida klimatpåverkan som analyserats i 5.1. Rapporten räknar med att sårbarheterna kommer öka i framtiden, inte minst kopplat till den tidigare beskrivna underhållsskulden. Speciellt sårbarheter kring broar utpekas också som riskgivare till mycket stora potentiella effekter, vilket till exempel lyfts av Nasr (2022) och SGI och MSB (2021), vilken pekar ut att det finns stora sårbarheter i tunnlar och lågt liggande områden. Ur internationellt perspektiv framhäver kontakt på HS2 (personlig intervju, 2023) att klimatanpassningsarbetet i Storbritannien varit trögstartat och att osäkerheterna är många, likt ovan diskuterat. Dock har projekt som HS2 arbetat aktivt med att undanröja de klimatsårbarheter som ofta inte finns med i klassiska dimensioneringsprinciper, till exempel genom att dimensionera anläggningen för 1000-årsregn snarare än 100-årsregn. Något som är mycket svårt med att analysera klimatsårbarheter är just osäkerhetsaspekterna i framtida händelser och sårbarheter. För detta är också viktigt att ha i åtanke att framtidens 100-årsregn inte är samma som dagens, och att systemen därför bör dimensioneras med hänsyn till sin totala

livslängd. Dock blir det viktigt att effektivt kunna analysera klimatsårbarheter då en viktig del i att bygga resiliens är att motverka sårbarheter.

5.4 Klimatanpassning av järnväg

Det finns olika typer av anpassning av järnvägen, i huvudsak kopplad till den fysiska infrastrukturen och kopplad till de organisatoriska åtgärderna som kan vidtas inom olika järnvägsorganisationers operativa verksamhet. Denna koppling uppkommer från de olika typer av påverkan som kan uppstå för järnvägen. Englund et al. (2022) nämner till exempel tre typer av klimatanpassning som IPCC anger, *Institutionell anpassning* (likställs med organisatorisk anpassning), *Strukturell anpassning* (likställs med fysisk anpassning) och *Social anpassning* (hur människor anpassar sig till systemets funktion, ett mindre tillförlitligt system lockar färre användare). Fysisk klimatanpassning handlar om att åtgärda de fysiska klimatsårbarheter som existerar eller växer fram, medan organisatorisk anpassning handlar om organisationerna själva och de regelverk och finansiering som de styr över.

Internationella järnvägsunionen UIC utkom 2017 med Rail Adapt (Quinn, et al., 2017), en slags genomgång för möjliga vägar framåt för att anpassa järnvägar till de klimatförändringar vi sannolikt går till mötes. Mycket i denna rapport handlar om hur järnvägsorganisationer behöver utvecklas för att anpassa till klimatförändringarna, och hur detta påverkar infrastrukturen. Rail Adapt innehåller också definitioner på vad som menas med, och vad som kan anses vara, effektivt klimatanpassade järnvägssystem. Inte minst framhåller rapporten fyra faktorer som är kritiska för att ett järnvägssystem ska anses vara klimatanpassat, nämligen att de ska:

1: be operated by organisations which are themselves adaptive, and embed the capacity for adaptation in all their functions, not just asset management;

2: comprehend the range of current and future weather conditions which will affect it and have operational and management strategies in place which enable it to respond both in the present and over time to weather challenges;

3: comprehend how climate change may affect its range of operating conditions over time and be evolving its operating and management strategies at least at the same rate as the climate affecting it;

4: adapt to climate change as part of business as usual such that the cost of adaptation has only marginal impact on its financial performance.

The well adapted railway therefore has enhanced anticipatory capacity, adaptive capacity and absorptive capacity to deal with the changing world. (Quinn, et al., 2017, p. 2)

Detta belyser vikten av att inte bara anpassa den byggda infrastrukturen och där tillhörande tillgångar, men också att ansvariga myndigheter och operatörer inarbetar ett effektivt riskhanteringsarbete och adaptivt arbetssätt. Vidare definierar rapporten resiliensbegreppet som en järnvägsorganisations förmåga att leverera sin tjänst på ett effektivt och hållbart sätt, även om klimatet förändras. Detta sker efter ledorden Robusthet (*robustness*), Redundans (*redundancy*), och Återhämtning (*recovery*) (ibid., s. 3). Rapporten använder därför ibland lite olika definition på resiliensbegreppet. Rapporten delar också in olika grader av förberedelse för järnvägsorganisationer, där nivå 1 är den lägsta och betonas av att organisationen reagerar på oförutsedda händelser, nivå 2 medför ett identifieringsarbete kring aktuella faror, men att hanteringen är reaktiv. Nivå 3 betonas av kortsiktig förberedelse och planering, och nivå 4 anses eftersträvansvärd med långsiktig, hållbar planering för att bemöta störningar. Detta innefattar flera olika områden som en järnvägsorganisation måste arbeta med, från *asset management* och *staff training* till *stakeholder co-operation* och adaptivt lärande och utveckling (ibid., s. 5). I detta framlyfter rapporten sitt fokus på organisatoriska åtgärder inom ansvariga järnvägsorganisationer som en kritisk del av effektivt klimatanpassningsarbete.

Ferranti et al. (2022) diskuterar hur klimatförändringarna sannolikt kommer påverka järnvägens tillförlitlighet. Artikeln är enig med att extremväder sannolikt kommer bli mer frekvent och allvarligt i framtiden, och belyser att järnvägsorganisationer inte är ovana vid att hantera sådana händelser, men att vidare förbättringar också måste ske. Dessutom har järnvägsinfrastrukturen en lång byggtid, inställningstid och livslängd, och dessa organisationer måste därför planera långsiktigt för att motverka klimatriskerna, om en tillfredsställande tillförlitlighet ska kunna uppnås. Fokuset i artikeln ligger på att motivera och beskriva hur järnvägsorganisationer med hjälp av data, forecasting och planering kan säkra sina egna intressen och deras intressenters intressen även i ett föränderligt klimat, och lägger vidare fokus vid de organisatoriska åtgärder som blir nödvändiga för att organisationerna ska uppnå de anpassningsmål som krävs för att gå framtiden till mötes. Artikeln beskriver också ett exempel ut brittisk lagstiftning, 2008 års Climate Change Act, som ger rapporteringsmandat till statliga

infrastrukturägare genom *'Adaptation Reporting Power'* (ARP) och de dokument som dessa aktörer tar fram för att rapportera kring sitt klimatanpassningsarbete.

Network Rail, Storbritanniens motsvarighet till gamla Banverket, agerar infrastrukturägare till Storbritanniens konventionella järnvägsinfrastruktur. Företaget för utveckling av High Speed 2, landets höghastighetsbana som just nu byggs för att förbinda London med Birmingham, ägs av brittiska Department for Transport. Dessa anpassningsrapporter kan användas för att undersöka praktiska exempel på klimatanpassning av existerande infrastruktur genom Network Rail, och hur man kan tänka kring projektering och nybyggnation av specialiserad infrastruktur genom HS2. Viktigt är naturligtvis att ha i åtanke det brittiska perspektivet på dessa infrastruktur Anpassningar, då Storbritannien (och särskilt England) är ett mer tätbefolkat land än Sverige, med en geografi som är något mer gynnsam för spårinfrastruktur (mindre land med närmre mellan befolkningscentrum och mindre kupering och vattendrag däremellan). Vidare är HS2 en av Europas största infrastruktursatsningar och syftar på att utvidga kapaciteten på en av Englands mest trafikerade rutter för att möjliggöra klimatneutrala, effektiva och pålitliga persontransporter med god kapacitet. Därför är syftet med HS2 inte helt olik de nu nedlagda planerna kring svenska höghastighetsbanorna mellan Göteborg, Malmö och Stockholm genom Sverigeförhandlingen. Därtill arbetar HS2 aktivt med att integrera klimatanpassning i alla delar av projektet, vilket presenteras i deras ARP-rapporter, den senaste från 2021 (HS2, 2021). Häri redovisas bland annat svagheter och möjligheter i klimatanpassningsarbetet, samt hur projektet prioriterar sina åtgärder och dimensioneringar. HS2 är unikt i sitt genomförande och projektering, då det utförs som ett separat projekt från ordinär järnvägsinfrastruktur i Storbritannien, och vid slutförandet inte kommer hanteras av Network Rail utan av en separat organisation under brittiska Department for Transport, enligt Kontakt på HS2 (2023, intervjustudie). Därtill har HS2 haft möjligheter att ta extra höjd för klimatförändringar, och att bygga en järnväg som är mer anpassad till framtiden än vad som är vanligt i branschen. Då HS2 består av högteknologisk och avancerad infrastruktur för att uppnå uppställda mål, kring bland annat hastigheter och samhällsnytta, ställs också högre krav än ordinärt på denna järnvägs tillförlitlighet och anpassningsförmåga. HS2's anpassningsstrategier kan jämföras med de krav och anpassningar som ställs på 'ordinär' järnvägsinfrastruktur, och kan anses vara mer ambitiös i sitt utförande. Denna jämförelse görs vidare och i mer detalj senare i detta examensarbete.

Exempel på effektiv fysisk klimatanpassning framträder till exempel genom det arbete som Trafikverket historiskt gjort med trädsäkring kring sårbara bansträckor för stormar. Man har också prioriterat att minska risken för och konsekvenserna av solkurvor, vilka fick ett rekordår under brandåret 2018. Detta arbete har fått goda effekter och konsekvens- och sannolikhetsminskande åtgärder för uppkomsten av solkurvor har inarbetats i hur räl byggs och planeras. Det finns kunskap om och behov av effektiv klimatanpassning för att motverka de sårbarheter som finns i järnvägens funktion, och därför är det också viktigt med effektiva investeringar och politisk vilja till förbättring.

5.5 Riskhänsyn och klimatanpassning för pågående projekt i Sverige

Att betrakta järnvägen som en samhällsviktig kritisk infrastruktur innebär också att dess placering måste noggrant planeras i samhällsbyggandet, speciellt då den utvecklas eller nyetableras. Det i skrivande stund mest aktuella järnvägsprojektet i Sverige är expansionen till fyra spår mellan Malmö och Lund som nu är i slutfasen. Därav är också viktigt att utvärdera potentiell påverkan på järnvägen, såsom från effekterna av klimatförändringar, såväl som påverkan från järnvägen, till exempel kopplat till risker från farligt gods. Båda dimensioner är nödvändiga för att uppfylla järnvägens samhällsnytta och kritiska leveransförmåga. Det är Länsstyrelserna i respektive län som ansvarar för att ta fram riktlinjer kring riskhänsyn i detaljplaner, och i Skåne används RIKTSAM (Stenberg, 2007). Denna riktlinje syftar i huvudsak till att vägleda användandet av mark i detaljplaner som antas kring järnvägen, men då järnvägen genomgår utvidgning, såsom på fyrspåret, blir det intressant att diskutera hur nyetableringen påverkar bebyggelsen runtomkring. RIKTSAM vägleder kring effekterna av farligt-godsolyckor på väg och järnväg, för att påvisa att de negativa effekterna på närliggande bebyggelse inte blir för stora. Utvärderingen av dessa risker kan enligt vägledningen ske med tre metoder, antingen rent genom skyddsavstånd, med deterministiska kriterier eller genom både deterministiska och probabilistiska kriterier med avseende på individ- och samhällsrisk. Exempelvis anges lämpliga avstånd till järnvägen och farligt godsled för olika typer av bebyggelse i RIKTSAM: mer än 30 meter för industri, lager och bilservice, mer än 70 meter för småhusbebyggelse, centrum, kontor och idrottsanläggningar utan betydande åskådaranstal samt mer än 150 meter för vård, skola, flerfamiljsbostäder och kontor.

Hur skyddsavstånden förhåller sig till existerande bebyggelse redovisas som en del av järnvägsplanen, förkortat JP, som är en del av den miljökonsekvensbeskrivning, MKB. Som

jämförelse framhålls skillnaden mellan att bygga en anläggning eller att inte göra det, vilket kallas att jämföra mot nollalternativet. För fyrspårets delsträcka Lund – Flackarp konstateras i MKB (Sweco, 2017) att en del bebyggelse befinner sig inom 150 meter, men att inga vidare åtgärder behöver vidtas mer än att en dagvattensbrunn anordnas, då effekterna av den nybyggda järnvägen inte medför någon markant ökad risk bortom nollalternativet. I samma MKB nämns inte klimatförändringar mer än att projektet har en liten miljöpåverkan och är positivt för framtida utsläpp vilket stämmer överens med FN:s ramkonvention kring klimatförändringar. MKB:n för delsträckan Flackarp – Arlov (Tyréns AB, 2014) förhåller sig också till RIKTSAM, och har gjort en identifiering kring olycksrisker inom och utanför planområdet som medför påverkan på eller från järnvägen. För den då befintliga järnvägen, innan fyrspårets slutförande, ansågs inte olycksrisken för farligt gods som hög. Som en del av bullerutredningen inom MKB framkommer dock att påverkan från järnvägen i form av buller blir över tillåtna gränser (som kommer från annat håll än RIKTSAM), och delar av järnvägen sänks ned för att minska påverkan från buller. MKB:n medger då att denna nedsänkning kan ge större risk för översvämningar än nollalternativet, men annars är likvärdig.

Ingen av MKB:erna tillhörande de två järnvägsplanerna går särskilt mycket in på effekterna av ett förändrat klimat och de högre riskerna detta medför, Sweco (2017) nämner det inte alls. En utlämningsbegäran lämnad till Trafikverket har inte heller resulterat i att något separat PM för risker kopplat ett förändrat klimat skulle ha tagits fram för de två järnvägsplanerna. Trots upprepade förfrågningar till Trafikverket under en månads tid är det därmed oklart om inget sådant PM tagit fram eller om det existerar men inte har kunnat lämnas ut. Detta tyder på att analys av klimatförändringarnas effekter inte har efterfrågats vid projekteringen av denna sträcka, och då blir det naturligt att riskreducerande eller åtminstone bullerreducerande åtgärder prioriteras. Klimatförordningen trädde i kraft först 2018 och mycket av forskningen kring klimatförändringarnas effekter på järnvägen som detta examensarbete refererar till är daterat till 2020 eller senare. Därmed är det troligt att kunskapen ej vid denna tid nått en mognadsgrad så att det har en påverkan på projekteringen av järnvägsanläggningar. Jämförelsen mot nollalternativen medger visserligen att riskerna inte nämnvärt ökar med anläggningen av fyrspåret, och då kanske kan anses acceptabla då de relaterar till en existerande anläggning, men då framträder istället en missad möjlighet att klimatanpassa då ändå en ny anläggning uppförs. Att fyrspåret sedan inte stod färdigt förrän 2023 (vilket var enligt plan) utifrån de första projekteringarna 2017 visar på den långa tidsrymd som järnvägsprojekt tar i anspråk, och varför

det då är så viktigt att få fram effektiva klimatanpassningsstrategier som kan få genomslag i så många om- eller nybyggnadsprojekt som möjligt.

Som jämförelse till ovan ligger i skrivande stund också samrådshandlingar ute för sträckan Gryssjön – Robertsfors på Norrbottniabanan, en ny järnväg i norra Sverige. MKB för detta samråd (WSP, 2020) innehåller dock ett kapitel för klimatanpassning. Denna rapport refererar till Trafikverkets regeringsuppdrag kring klimatanpassning från 2018, och analyserar främst klimatförändringar kopplat till översvämningsrisk, höga flöden och solkurvor. Enligt MKB:ns valda framtidsscenario RCP4,5 väntas framtida vattenflöde öka 10-20% mot slutet av seklet. Därtill har bedömningen gjorts att Trafikverkets gällande dimensioneringsprinciper i deras dimensioneringsregelverk (TDOK) är tillfredsställande för väntade framtida scenarier. Detsamma gäller för solkurvor. Ett undantag är att alla broar dimensioneras för 100-årsflöden, inga för 50-årsflöden vilket tillåts i regelverket. Kring olycksrisker och olyckor med farligt gods konstateras att järnvägen bidrar till att minska samhällsrisken i stort då järnvägstransporter är säkrare än vägtransporter (både för personsäkerhet och godsolyckor). Vidare har järnvägen lokaliserats enligt Länsstyrelsens (Västerbotten) riktlinje för skyddsavstånd för farligt gods, så närmaste bostadshus är mer än 65 meter från järnvägen. Därtill kommer att trummor för flödeshantering dimensioneras utefter denna lokalisering, efter ett 200-årsflöde. Vidare tas större hänsyn till klimatförändringar i projektet för byggnation av Västlänken i Göteborg, där MKB medför ett kompletterande PM för risker kopplade till klimatförändringar och översvämningsrisker (Cowi, 2014), men detta PM är i huvudsak kopplat till översvämningsrisker och vattennivåhänsyn. Detta tyder på att det saknas tydliga krav på redogörelse och inriktning för klimatanpassning i de centrala krav som Trafikverket ställer, och förutsättningar för klimatanpassning bestäms på projektnivå. Å ena sidan är detta positivt för järnvägsbyggandet då de olika projekten kan anpassas efter de individuella projektförutsättningarna, men samtidigt bidrar det till variationer i ambitionsnivå i olika delar av riket.

Tillvägagångssätten för de olika klimatriskanalyserna verkar också vara olika, där till exempel fyrspåret Malmö – Lund använder en jämförelse mot nollalternativ och andra projekt använder mer fördjupade analyser. Visserligen är Västlänken till stor del förlagd i tunnel och därför mindre känslig för väderpåverkan från till exempel vind, men att mer eller mindre bara utgå från översvämningsrisker ger inte heller en heltäckande översyn av hotbilden. Detta knyter också an till Trafikverkets handbok i vald järnvägssträcka, och hur riskhänsyn kan tas för olika

händelser. Fokus i denna handlingsplan ligger dock på just områden kring bortspolning, erosion, översvämning och ras och skred, vilket också speglas i de diskuterade järnvägsplanerna. Tillvägagångssätt för riskanalys för fysisk påverkan från järnvägen är dock konsekvent mellan projekten och visar på att det finns tydliga metoder och praxis för denna typ av analys, men att ingen tydliga metoder eller praxis verkar finnas för klimatriskanalyser.

5.6 Jämförelse mellan klimatanpassningsarbete i Sverige och Storbritannien

Detta kapitel jämför de dimensioneringsprinciper och analysmetoder som används för att utvärdera och planera klimatanpassningsåtgärder i Sverige kontra Storbritannien. I Storbritannien har myndigheten Network Rail ("NR") motsvarande ansvar för järnvägsinfrastrukturen som Trafikverket har i Sverige. Enligt ett pågående förslag från brittiska staten kommer Network Rail tillsammans med flera andra aktörer i Storbritannien omarbetas i en ny myndighet kallad Great British Railways under 2024 (Johnson, 2023). Med allra största sannolikhet tar då Great British Railways över ansvaret för klimatanpassning. I sitt arbete med klimatanpassning publicerar Network Rail, likt HS2, Adaptation Reports (Network Rail, 2021). Trafikverket å andra sidan hänvisar till sin klimatanpassningsstrategi och genomförandeplan.

Network Rail antog sin nuvarande anpassningsstrategi 2017, med fem viktiga beröringspunkter som sammanfattar deras viktigaste åtaganden för klimatanpassning och väderresiliens. Dessa kan liknas vid Trafikverkets myndighetsmål och kan sammanfattas som att NR;

1. ska integrera klimatförändringarna i den dagliga driften och myndighetens vardag,
2. agera mot risker som uppkommer av klimatförändringar baserat på robust planering och investering,
3. analysera och rapportera både inom områden de lyckas och områden de kan förbättra,
4. strömlinjeforma och utveckla sin förmåga att möta och återhämta sig från extremväder, inte minst säsongsbetonat sådant
och
5. involvera intressenter runtom i landet och branschen för att ordentligt kunna förstå sina gemensamma relationer och samberoende risker samt se till att de hanteras på ett effektivt sätt. (Anpassat från (Network Rail, 2021, s. 39)).

Trafikverkets tre myndighetsmål från aktuell handlingsplan lyder;

1. Trafikverkets klimatanpassning vid byggande, drift och underhåll av vägar och järnvägar är kostnadseffektiv,
2. Trafikverkets personal har god kunskap om klimatförändringar och klimatanpassning *samt*
3. Trafikverkets klimatanpassningsarbete har kontinuitet (Lundkvist, 2020, ss. 5 - 6).

Vidare presenterar Liljegren (2017) tre strategier för klimatanpassning (med flera delmål);

1. Skapa förutsättningar för effektivt arbete med klimatanpassning
2. Förebygga negativa följder av klimatets påverkan genom att skapa robusta anläggningar *och*
3. Hantera effekter av klimatets påverkan (Liljegren, 2017, ss. 5-6)

Hierarki och organisation kring dessa dokument är något oklar, och påverkades stort av Förordning (2018:1428) om myndigheters klimatanpassningsarbete ("klimatanpassningsförordningen"), som omorganiserade hur myndigheten arbetar med klimatanpassning. En tidigare bedömd viktig rapport är också Liljegren (2018), som tillkom kring myndighetens klimatanpassningsarbete innan klimatanpassningsförordningen. Denna rapport utgör svar till det regeringsuppdrag som myndigheten fick i sitt regleringsbrev, och redovisar hur myndigheten jobbar med effekter från klimatpåverkan. Rapporten innehåller uppföljning till aktiviteter som myndigheten ska konkret arbeta med i uppföljningen av klimatanpassningsarbetet. Rapporten hänvisar till flera beröringsområden och riskfenomen kring väderhändelser, som stämmer väl överens med de påverkans effekter som redovisas i kap. 5.1 i detta examensarbete.

Liljegren (2018), refererar också tillbaka till Statens klimat- och sårbarhetsutredning (SOU 2007:60, 2007) som påverkat mycket av svenska myndigheters klimatanpassningsarbete. Rapporten refererar också tillbaka till myndighetens klimatanpassningsstrategi, och presenterat att detta mynnat ut i 18 aktiviteter i handlingsplanen (Liljegren, 2018, s. 22). Av dessa utpekade tre som viktigast i rapporten, aktivitet 1 "tydligt ansvar och mandat", aktivitet 5 "hänsyn till resurser", och aktivitet 9.1 "Trafikverkets förhållningssätt". Sammanfattat kan man säga att mycket av aktiviteterna syftar kring att analysera vilka möjligheter myndigheten har för ett klimatanpassningsarbete, snarare än att peka ut specifika områden eller åtgärder. Arbetet kring

aktivitet 9.1 får också ett eget kapitel i rapporten, som handlar mycket om hur myndigheten kan samordna sitt arbete för att få en samlad bild för arbetet framåt. Det förklaras dock att då klimatanpassningsförordningen från 2018 trädde i kraft pausades arbetet kring aktiviteterna, för att gå över i de myndighetsmål som beskrevs ovan. Den första handlingsplanen lades då om något, främst tidsplansmässigt, för att i stor del ta hänsyn till större tidsåtgång under hösten 2017, med liknande aktiviteter. Arbetet med detta har sedermera övergått i de myndighetsmål som Lundkvist (2020) refererar till, som då mer tydligt ska utgå från den reglering som skedde i Klimatanpassningsförordningen. Därför är de myndighetsmålen och handlingsplanen som Lundkvist (2020) beskriver mest relevanta för en jämförelse med Storbritannien, även om Liljegren (2018) är mer detaljerad. Därtill är det sannolikt att de dimensioneringsprinciper som redovisas i diverse TDOK:ar och styrande dokument med projekteringsanvisningar till viss del tar hänsyn till klimatologiska variationer i dimensioneringsförutsättningarna. Det ligger dock utanför ramen för detta examensarbete att djupdyka och jämföra olika TDOK:ar.

Network rail planerar mycket av sitt planeringsarbete kring vad de kallar resiliensens fem pelare ("five pillars or 'key workstreams' for resilience"). Dessa fem pelare är *strategi och planering, operationell väderhantering, tillgångshantering och ingenjörskonst, arbetsgruppen för väderrisk* samt *forskning och analys* ("Strategy and planning, Operational weather management, asset management & engineering, Weather Risk Task Force och Research and analysis på originalspråk) (Network Rail, 2021). Dessutom redogör Kontakt på HS2 (2023, intervju) för att man i planeringen för HS2 varit extra noggrann med klimatanpassningsaspekterna, och till exempel projekterat för att motstå 1000-årsregn snarare än det mer konventionella 100-årsregnet. HS2 påbörjade också projekteringen flera år innan det blev praxis i branschen att analysera klimatets påverkan på anläggningar, och var därför på många sätt banbrytande i att leda vägen framåt. Som en av Storbritanniens största infrastruktursatsningar någonsin har också många ögon riktats mot projektet, där klimatpåverkan och klimatanpassning har varit topprioriteringar från start. Ett så pass ambitiöst och kontroversiellt projekt kräver en stor transparens gentemot intressenter och resenärer.

I aktuell genomförandeplan från Trafikverket för perioden 2023 – 2028 (Tervo, Hansson, & Trlicik, 2023) konstateras att myndigheten inte planerar för några större klimatanpassningsåtgärder på järnvägssidan. Mindre anpassningsåtgärder planeras dock där behov har identifierats, såsom visst översvämningsskydd samt erosionsskydd i särskilt utsatta områden. Detta tyder på att det saknas en mer genomarbetad övergripande plan för

klimatanpassning på nationellt plan, då de uppfattade värst utsatta områdena planeras för först. Detta kan kompletteras med att Trafikverket avsätter 1 100 miljoner kr i sitt förslag till ram för nationell plan för transportinfrastrukturen under perioden 2022 – 2033 (Westin, 2021), och flertalet anpassningsåtgärder på vägsidan planeras för, vilket saknas på järnvägssidan. Utifrån detta verkar Storbritanniens statliga arbete med klimatanpassning av järnväg vara mer utvecklat än det svenska, och det kan finnas lärdomar att dra från de tillvägagångssätt och strategier som finns på andra sidan Nordsjön.

6 Diskussion

Diskussion fokuserar på att belysa osäkerheter och validitet för redovisade resultaten och samt att diskutera de metoder som nyttjats. Vidare diskuteras resultatet kopplat till frågeställningarna och till vilken grad de har kunnat besvaras. Dessutom beskrivs lite kring implementeringen och effektiviteten av de använda metoderna. Något som var förvånande då examenarbetet skrevs var hur svårt det är att finna och jämföra de rapporter som Trafikverket förhåller sig till, vilket diskuteras i ett eget underkapitel. Dessutom lyfts potentiella framtida forskning och arbete inom området i ett avslutande underkapitel.

6.1 Resultaten utifrån forskningsfrågorna

De klimathot som anses kunna ge störst konsekvenser för järnvägen framöver var i stort de som observerades sommaren 2023 och tidigare, och därför ledde till intresset att utforska detta område djupare. Det är dock viktigt att komma ihåg att historisk data och händelser inte alltid överensstämmer med framtiden, speciellt kopplat till klimatförändringar. Att i för stor utsträckning basera projektioner på vad som tidigare hänt riskerar att missa helt nya hotbilder, eller underskatta eller överskatta vissa typer av händelser. I detta ligger själva kärnan i varför arbetet med klimatanpassning är både otroligt viktigt och ganska komplicerat. Vidare visade arbetet att fler och fler kommer förlita sig på järnvägen för pendling och nöjesresande (vilket är önskvärt både ur samhällsutvecklingsperspektiv och kopplat till minskad klimatpåverkan) och det därmed är det extra kritiskt att järnvägen ses som tillförlitlig och effektiv, vilket klimatförändringarna hotar. Vad som var svårare att utvärdera var hur och till vilken grad klimatanpassning vid nybyggnation faktiskt görs i Sverige i dagsläget, då det inte fanns tydliga riktlinjer från Trafikverket och då det inte alltid lyftes tydligt i de handlingar som finns tillgängliga vad som är klimatanpassning och vad som följer naturligt ur projekteringen. Därmed har det varit svårt att utvärdera hur Trafikverket arbetar med klimatanpassning, då det hänvisas runt i flertalet dokument och det inte alltid är tydligt vad som är gällande. För Storbritannien var det dock mycket enklare att hitta konkreta klimatanpassningsåtgärder då Network Rail regelbundet redovisar tydligt hur detta arbete går till. Här anser jag att finns det lärdomar att dra för Trafikverket. Kopplingen till RIKTSAM (och liknande regler kring riskhänsyn) och anknuten klimatrisk var dock enklare att analysera i de undersökta järnvägsplanerna, då det oftast inte gjorde någon större jämförelse, orsaken till vilket analyserats i relevant kapitel.

Värdet som examensarbetet bidrar med är att göra en samlad bild av nuläget kring de frågeställningar som är centrala för arbetet. Examensarbetet bidrar där med en bredd kring klimatförändringarnas effekter och påverkan på järnvägen, samt en koppling till leveransförmåga och hur risker avvägs mellan påverkan på och från järnvägen. Denna typ av breda nulägesbild har troligen inte gjorts tidigare, då ej påträffats inom ramarna av efterforskningarna i detta arbete. Vidare bidrar arbetet med utvärderingen av Trafikverkets processer och en internationell jämförelse med Storbritannien. Att processen och strukturen för de respektive organisationerna är så olika välutvecklade är intressant i sig och något som är värt att studera närmre. Andra förslag på framtida arbete inom området återfinns sist i detta diskussionskapitel kopplat till diskussion kring Trafikverket och det nuvarande kunskapsläget i den svenska kontexten.

6.2 Tillvägagångssätt och metoder

Originalplanen var att detta examensarbete i huvudsak skulle skrivas under sommaren 2023 och färdigställas i oktober, vilket av publiceringsdatum kan uträknas inte blev fallet. En stor orsak till detta var att metoderna för hantering av skriftliga källor och intervjuer inte kunde implementeras förrän till hösten, jag hade helt enkelt inte tillräckligt bra koll på mina egna källor och hur jag skulle använda dem, och jag hade inte forskningsfrågorna för ögonen under mycket stora delar av examensarbetets gång, vilket ledde till både förseningar, komplikationer och frustration. I stort anser jag att metoderna var välgrundade och välfungerande för att besvara frågeställningarna, om jag hade följt dem på det sätt jag borde vilket jag inte gjorde initialt. Jag har stor vana att skriva uppsatser utifrån en given struktur såsom uppsatser inom andra kurser, och jag borde ha givit mig själv en sådan struktur tidigt i arbetet så jag faktiskt kunde veta vart jag var på väg och varför jag gjorde vad jag gjorde. Jag borde hängivit mig till forskningsfrågorna redan från början, och strukturerat all undersökning direkt mot dem redan från början. Istället gjordes detta inte förrän mot slutet av arbetet när stora delar av brödtexten var skriven och fick korrigeras för att överensstämma med frågorna så som de var ställda. Materialet som togs fram och bearbetades var i grunden bra och välfungerande, men hade varit i behov av än mer strukturering i ett tidigare skede.

Tanken med arbetet var inte heller att bygga till en särskilt stor del på intervjuerna utan dessa skulle komplettera litteraturstudien. Detta speglas då också i hur frågorna ställdes, hur långa intervjuerna var och hur många som utfördes. Det fungerade dock mycket väl med de

semistrukturerade intervjuerna då respondenterna visade stort intresse för frågeställningarna och kunde bygga vidare på sina egna resonemang på ett effektivt och fördjupande sätt.

Inom arbetet intervjuades endast tre respondenter, Genom att intervjua fler personer hade en bredare kunskapsbas kunnat etableras, och mer tillit etablerats i den information som delgavs. I originalplanen fanns att även intervjua en person som arbetade direkt med risksamordning i fyrsårsprojektet Malmö-Lund, men det visade sig omöjligt att få en sådan intervju till stånd. Vidare hade intervjuerna rörande Storbritannien eventuellt kunnat styrkas genom att intervjua någon som arbetar centralt på Network Rail, då HS2 som sagt är ett separat företag. Dock styrks relevansen av intervjuerna med att respondenterna kan anses vara experter inom sina respektive områden, och kan därför antas presentera en god bild av respektive område.

6.3 Kunskapsläge och Trafikverket

Trafikverket blev sedan sammanslagningen av Banverket och Vägverket år 2010 den myndighet som är ansvarig för svensk järnvägsinfrastruktur, och då även klimatanpassning, och de arbetar med en så kallad fyrstegsprincip för att utvärdera de investeringar som planeras i utveckling av järnvägen. Denna fyrstegsprincip lyder som följer: 1., Tänk om, 2., Optimera, 3., Bygg om, och 4., Bygg nytt. Denna princip är applicerbar till klimatanpassningsåtgärder, men åsyftar egentligen Trafikverkets övergripande planering och resurshållning för hela deras del inom samhällsutvecklingen (Trafikverket, 2021). Trafikverket är också en av de myndigheter som omfattas av klimatförordningen från 2018. Lundkvist (2020) redovisar för myndighetsmål och handlingsplan som är aktuell för Trafikverket fram till 2022, i enlighet med denna förordning. I rapporten framhålls tre myndighetsmål; *”Trafikverkets klimatanpassning vid byggande, drift och underhåll av vägar och järnvägar är kostnadseffektiv”*, *”Trafikverkets personal har god kunskap om klimatförändringar och klimatanpassning”* samt *”Trafikverkets klimatanpassningsarbete har kontinuitet”* (Lundkvist, 2020, ss. 5-6). Dessa tre myndighetsmål kopplar också an till Trafikverkets fyrstegsprincip. Handlingsplanen i samma dokument påvisar att dessa myndighetsmål ska vara uppfyllda under perioden 2020 – 2022. Denna rapport går dock inte längre att hämta från Trafikverkets hemsida (död länk). Ingen uppdatering kring om och hur dessa myndighetsmål har uppnåtts går att hitta på Trafikverkets branschida för klimatanpassning (<https://bransch.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/klimatanpassning/>). I intervju med kontakt på Trafikverket framkom det dock att Trafikverket arbetar för att ta fram

en ny anpassningsstrategi, så det är möjligt att detta arbete i skrivande stund befinner sig i en övergångsfas och därav inte är tillgänglig.

Trafikverket har dock en handbok för riskanalys för järnvägssträckor, *Handbok – Riskanalys vald järnvägssträcka* (Karlsson, 2017), som bygger på en liknande tidigare handbok för väg. Denna handbok utgör ett viktigt verktyg för att utvärdera de naturrisker som järnvägen kan utsättas för. Därtill beskrivs att handboken också syftar till att ge underlag för klimatanpassningsåtgärder, genom att använda riskanalyser, men inte vidare hur detta bör implementeras. Därav kan handboken dock ge en översikt kring de naturrisker som kan påverka en vald järnvägssträcka och då belysa eventuella klimatanpassningsåtgärder. Riskhanteringsmetoderna som beskrivs i denna handbok speglar den beskrivning av riskhanteringsarbete som finns i SS-ISO 31000:2018, med riskidentifiering, riskanalys, riskvärdering och åtgärdsförslag, alltså det systematiska riskhanteringsarbetet. Handboken grundas dock i att utvärdera riskerna på en redan vald sträcka.

Det som återfinns i Englund et al. (2022) är av särskilt intresse då den innehåller en kunskapsöversikt för svenska myndigheters arbete med klimatanpassning. Av undersökning i rapporten var dock endast en mycket liten del kopplad till transport, vilket kan tyda på en viss avsaknad av kunskap inom transportområdet och i stort och inom järnvägsområdet. Rapporten refererar till att åtta myndigheter ansågs särskilt relevanta för den aktuella klimatanpassningsstudien, där bland andra Transportstyrelsen, men Trafikverket omnämns inte. Transportstyrelsen handlingsplan kring klimatanpassning handlar ju naturligtvis om regeltillämpning och att uppnå Sveriges transportpolitiska mål, men konkreta åtgärder kring fysisk anpassning återfinns ej i planen, då detta ej är Transportstyrelsens ansvar (Svensson, 2021).

Utifrån detta anser jag att Trafikverkets arbete med klimatanpassning hade mått bra av en ordentlig omstrukturering och tydligare handlingsplan. Vi har tydligt sett att stora delar av järnvägssystemet är sårbart för klimatförändringarnas effekter, här och nu. Därför är det viktigt att påbörja klimatanpassningsarbetet så snart som alls möjligt. Att det då framkommer i handlingsplaner och förslag till nationella ramar att Trafikverket inte prioriterar några omfattande klimatanpassningsåtgärder mot järnvägen är mycket oturligt. Det skulle också behövas. Det skulle också behöva tydliggöras hur myndighetens strategier och handlingsplaner faktiskt ska implementeras i organisationen. Därtill hade det varit gynnsamt om implementeringen av myndighetsmålen tydligare redovisas och en ordentlig sårbarhetsanalys

för infrastrukturen genomförs och görs tillgänglig. Den rapportering som Network Rail gör i sina ARP-rapporter ger en bra överblick över hur klimatanpassningsarbetet prioriteras, framskrider och stöter på för problem, och en liknande rapportering från Trafikverket hade också varit gynnsamt. Därtill hade det varit positivt att systematisera arbetet inom järnvägsplanerna, för att eftersträva goda förutsättningar mellan projekt. Givetvis är olika järnvägssträckor utsatta för olika utmaningar, men en risköversyn för förändrat klimat inom till exempel miljökonsekvensbeskrivningen för projekt är positivt då analysen görs och allmänheten (och andra intressenter) informeras om de risker ett projekt bemöter.

6.4 Framtida forskning och arbete

Det är förstås möjligt att jag under arbetets gång helt enkelt inte hittat det jag borde i Trafikverkets dokumentkatalog, eller att alla aspekter redan är så väl inarbetade i dimensioneringsprinciper och TDOK:ar att tydligare klimatanpassningsarbete än så inte är nödvändigt. Då inom ramen för arbetet fokus ej varit att djupare granska dessa vore det gynnsamt med en sammanställning av potentiella klimatanpassningsaspekter som finns med i olika TDOK:ar, för någon som är mer van vid järnvägsprojektering än vad jag är. Dessa kan då utvärdera för effektivitet eller utvecklingspotential. I samma anda kan en djupdykning göras i hur klimatanpassningsaspekter har lyfts i järnvägsplaner över åren, och hur detta arbete kan systematiseras och förbättras över tid, då det åtminstone i de järnvägsplaner jag läst är ganska spritt mellan både tillvägagångssätt och hur stor hänsyn som tas till klimatanpassning. Här skulle ett ramverk kunna tas fram för hur man bör projektera för klimatförändringar och klimatanpassning istället för att det avgörs så mycket på projektnivå. Detta kan såklart anspela på Trafikverkets valda klimatscenarioer, men utgå från mer systematiserat sårbarhetsarbete. Därtill kan arbete göras för att mer detaljerat utvärdera de klimatsårbarheter som existerar i svenska järnvägssystem, och systematiskt gå igenom de statliga järnvägarna och deras sårbarheter för olika typer av väderhändelser kopplade till ett förändrat klimat.

7 Slutsats

Klimatförändringarna börjar ta ut sin rätt, det råder det ingen tvekan om. Med de projiceringar som finns från aktuella RCP- och SSP-scenarier (såsom Trafikverkets valda 4.5 RCP-scenario) är det också mycket sannolikt att jorden kommer fortsätta värmas upp och effekterna därav bli mer omfattande. Därför är det viktigt att utvärdera, analysera och prioritera klimatanpassning i alla delar av samhället och på de nivåer som berörs av de aktörer som är ansvariga. Utifrån den relativt breda genomlysningen av klimatanpassning av järnvägen i Sverige idag och framöver kan ett par slutsatser dras; Klimatförändringarna kommer fortsätta ha betydande påverkan på järnvägssystemet och järnvägsresandet och Sverige gör inte nog för att klimatanpassa sin infrastruktur för att motverka detta.

Därtill är det viktigt att skaffa en förståelse för hur Sveriges klimatsårbarheter och möjligheter till anpassning ser ut i konkreta termer. En tydlig kartläggning av vilka klimatrisker som påverkar specifika delar av den svenska järnvägsinfrastrukturen ger noggrann information om vilka sårbarheter som bör undanbyggas för att öka resiliens. I sådant arbete måste scenariernas osäkerheter naturligtvis beaktas och omhändertas, men med uppskattningar av frekvens för störningar som drabbar specifika sträckor, konsekvenserna av dessa och synliggörelse av sårbarheter så att resurser kan fördelas effektivt. Detta kräver dock både systematiskt arbete och politisk vilja, och kräver uppföljning och regelbundna iterationer, likt Network Rails ARPer. Vidare kan följande slutsatser dras kring de specifika forskningsfrågorna;

7.1 Vilken påverkan kan framtida klimatförändringar innebära för järnvägssystemet och relaterade aktörer?

Det är tydligt att klimatförändringarnas effekter redan har, och i framtiden kommer få ännu större, konsekvenser för både den fysiska infrastrukturen och järnvägssystemets leveransförmåga, och i överlappen mellan dessa områden. För infrastrukturägare som Trafikverket innebär det ett ansvar att anpassa infrastrukturen och organisationen för att kunna analysera, hantera och bemöta de förändringar som kan förväntas uppstå, från olika former av extremväder till beslutsfattandekriterier, helt enkelt att bygga resiliens. Det handlar dels om att fysiskt anpassa infrastrukturen till påverkan från extremväder, men också överväga de försiktighetsåtgärder som kan påverka transportförmågan, till exempel att prioritera tågstopp eller omledning i särskilt drabbade områden. Det finns relativt mycket tillgänglig forskning inom området i en svensk kontext och därav god vetenskaplig förståelse kring konsekvenserna

av klimatförändringar och dess effekter på järnvägssystemet. Detta behöver inarbetas mer tydligt i de processer som Trafikverket, andra myndigheter, beredskapsinstanser, och trafikoperatörer använder sig av för att säkerställa och utveckla en resilient järnvägsförsörjning i Sverige.

7.2 Hur kan klimatförändringarnas effekter tillsammans med ändrat utnyttjande påverka järnvägssystemet tillförlitlighet och sårbarhet?

Genom att bara följa nyheterna under 2023 är det tydligt att klimatförändringarna medför störningar på järnvägstrafiken, och att existerande sårbarheter är stora. Dessutom ökar stadigt antalet resenärer, både historiskt och enligt Trafikverkets gällande prognoser. Detta på en infrastruktur som i många fall är gammal, i behov av underhåll och redan lider av kapacitetsbrist. Sveriges tåg håller överlag ganska god punktlighet, men Sverige har också en relativt generös definition av punktlighet, mindre än sex minuters försening. Detta sammanvägt gör att en sårbar järnväg som oftare riskerar störningar, som samtidigt många förlitar sig på för sina transportbehov, blir mindre uppskattad och allmänhetens tillit minskar, vilket riskerar att starta en ond spiral av minskat resande och då färre avgångar. Störningarna som påverkar funktionen påverkar ju i grunden resenärerna, och då störningar blir mer frekventa påverkas också fler resenärer både i det dagliga resandet och i transportbehoven för den gröna omställningen. En effektiv, kapacitetsstark och samhällsnyttig järnväg måste också vara resilient och tillförlitlig för att kunna uppfylla sin samhällsfunktion.

7.3 Hur hanteras klimatanpassning vid projektering och nybyggnation idag, vilka utmaningar existerar, samt hur kan det arbetet utvecklas?

Det existerar naturligtvis stora utmaningar då nya anläggningar planeras, projekteras och faktiskt konstrueras. Inte minst kopplat till osäkerheterna i vad framtiden kommer bringa och de stora sårbarheterna mot väderhändelser generellt. Påverkan på järnvägen är stor kopplat till väderhändelser och extremväder av flera typer kan ha påverkan på järnvägen genom att påverka olika delar av infrastrukturen. Därför är det svårt att planera för och effektivt konstruera åtgärder, och utgör en stor risk för klimatanpassningsarbetet i stort. Detta anknyter också till missanpassningsbegreppet (maladaptation), då felaktiga åtgärder kan få mycket stora konsekvenser. Därför måste också organisationerna som plangör och ansvarar för instruktionen arbeta med organisatorisk anpassning för att kunna effektivt anpassa till sannolika klimatrisker. Vidare verkar det saknas tydliga instruktioner och rutiner för hur klimatanpassning inarbetas i planläggningen, och planeringen sker på projektnivå beroende på projektets utmaningar.

Dessutom verkar det finnas underskott av resurser för klimatanpassning, och sannolikt också politiska utmaningar, vilket faller lite utanför ramen för detta examensarbete.

7.4 Hur arbetar ansvariga myndigheter med klimatanpassning av järnväg i Sverige kontra Storbritannien?

Storbritannien och Network Rails arbete med klimatanpassning bedöms som mycket mer utvecklat och djupgående än vad som finns i Sverige. Inte bara är Trafikverkets dokument och strategier svåröversiktliga, det framgår ur diverse genomförandeplaner och underhållsplaner att det inte planeras några omfattande åtgärder eller investeringar för klimatanpassning av existerande infrastruktur. För framtida eller nutida projektering beskrivs inte heller hur man ska arbeta med klimatanpassning, förslaget för planen för kapacitetsökning i Skåne som analyserats ovan nämner inte klimatanpassning alls till exempel, trots att detta är en viktig del av ett kapacitetsstarkt och tillförlitligt järnvägssystem. Delar av klimatanpassningsarbetet är redan inarbetat i gällande projekteringsförutsättningar, särskilt kopplat till bland annat avvattning, men det hade varit gynnsamt om Trafikverket arbetade för att tydliggöra sina klimatanpassningsstrategier och förutsättningar på ett tydligare sätt. Network Rail i Storbritanniens ARP:er hade kunnat utgöra en förebild där klimatanpassningsarbetet effektivt och tydligt redogörs på ett sätt som är öppet och tillgängligt för aktuella intressenter.

7.5 Med järnvägen som riskobjekt, hur kan man ta hänsyn till både påverkan på järnvägen och påverkan från järnvägen, speciellt kopplat till RIKTSAM?

Utifrån analyserade järnvägsplaner, med extra fokus på fyrsåret Malmö – Lund där RIKTSAM är gällande, verkar fokus helt klart vara på att utvärdera järnvägens påverkan på omgivningen snarare än klimatförändringars påverkan på järnvägen. Flera av de analyserade JP har prioriterat skyddsavstånd över klimatanpassningsåtgärder och då accepterat att vidta större åtgärder för att trygga mot till exempel flöden eller vattenstånd. Det kan finnas flera anledningar till detta, men det bedöms som sannolikt att en stor anledning är att riktlinjerna för skyddsavstånd är någorlunda tydliga och därför relativt enkla att implementera i plansättningen och projekteringen till skillnad från riktlinjer för klimatanpassning. Det finns god förståelse för hur järnvägsolyckor kan påverka omgivningen och det finns utarbetade metoder för att analysera extern påverkan, antingen genom detaljerad riskanalys eller genom tillämpning av skyddsavstånd. Det finns väl spridda och använda metoder för analyserna, och det är inarbetat i de styrande dokumenten att denna typ av riskanalys ska utföras då järnvägsplaner framarbetas. I jämförelse finns det inte lika tydliga och utarbetade data och metoder över påverkan av

klimatförändringar, vilket gör analyser svårare att genomföra. Genom att besluta en preliminär sträckning som fungerar väl med de risker som kommer från järnvägen kan sedan påverkan på järnvägen utvärderas och anpassas för inom rimlig mån, samtidigt som samhällsnyttan tillgodoses. Dock finns det naturligtvis tydligare klimatrisker som kan och ska anpassas mot som en del av projektförutsättningarna, såsom översvänningsrisker för Västlänken.

8 Litteraturförteckning

- Abrahamsson, L. (den 08 augusti 2023). *Krösatåg och Västtåg inställda på grund av ovädret*. Hämtat från SR P4 Halland: <https://sverigesradio.se/artikel/just-nu-viskadalsbanan-stangs-av-risk-att-trad-faller-over-sparen>
- Alfredsson, C., Frisell, F., & Harrami, O. (2013). Resiliens: Begreppets olika betydelser och användningsområden. Karlstad: Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap. Hämtat från <https://rib.msb.se/filer/pdf/27199.pdf>
- Arborén, H., & Eriksson, J. P. (den 23 augusti 2023). *Markbränder norr om Ljusdal - stoppar tågtrafik*. Hämtat från SVT Nyheter Gävleborg: <https://www.svt.se/nyheter/lokalt/gavleborg/markbrander-orsakar-stopp-i-tagtrafiken-mellan-stockholm-och-ostersund--ypw4fd>
- Aven, T., Ben-Haim, Y., Boje Andersen, H., Cox, T., López Droguett, E., Greenberg, M., . . . Zio, E. (2018). *Society for Risk Analysis Glossary*. McLean, VA: Society for Risk Assessment. Hämtat från <https://www.sra.org/wp-content/uploads/2020/04/SRA-Glossary-FINAL.pdf>
- Belusic, D., Berg, P., Bozhinova, D., Barring, L., Döscher, R., Eronn, A., . . . Strandberg, G. (september 2019). *Climate Extremes for Sweden*. Hämtat från DiVA-Portal: <http://smhi.diva-portal.org/smash/get/diva2:1368107/FULLTEXT01.pdf>
- Boehm, S., & Schumer, C. (den 20 mars 2023). *10 Big Findings from the 2023 IPCC Report on Climate Change*. Hämtat från World Resources Institute's webbplats: <https://www.wri.org/insights/2023-ipcc-ar6-synthesis-report-climate-change-findings>
- Carlsson, U. (den 30 augusti 2023). *Järnkoll - fakta om svensk järnväg*. Hämtat från trafikverket.se: <https://www.trafikverket.se/resa-och-trafik/jarnvag/jarnkoll--fakta-om-svensk-jarnvag/> den 1 september 2023
- Climate Data Canada. (den 20 juli 2023). *Understanding Shared Socio-economic Pathways (SSPs)*. Hämtat från Climate Change Canada's webbplats: <https://climatedata.ca/resource/understanding-shared-socio-economic-pathways-ssps/#:~:text=SSPs%20address%20this%20by%20defining,resulting%20levels%20of%20climate%20change.>
- Cowi. (2014). *Olskroken planskildhet och Västlänken - Underlagsrapport Klimatförändringar och översvämningssäkring*. Borlänge: Trafikverket. Hämtat från https://bransch.trafikverket.se/contentassets/1b419f80fcc44e5dbab85341307978c1/mkb/olskroken_vastlanken_klimatforandringar_och_oversvamningssakring.pdf
- Efendic, N. (den 18 november 2008). *Strömmen räcker inte*. Hämtat från Svenska Dagbladets webbplats: <https://www.svd.se/a/0666546f-01d8-38fe-ae1a-3d30c79b267b/strommen-racker-inte>
- Englund, M., Mehvar, A., André, K., & Barquet, K. (2022). *Kunskapsöversikt Klimatanpassning*. Karlstad: Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap. Hämtat från <https://rib.msb.se/Filer/pdf/29891.pdf>
- Ericsson, A. (den 15 november 2023). *Höga flöden bakom låg punktlighet under oktober*. Hämtat från trafikverket.se: <https://www.trafikverket.se/om-oss/nyheter/nationella-nyheter/2023/november/hoga-floden-bakom-lag-punktlighe-ter-under-oktober/>

- European Commission. (2023). *Enhancing EU resilience: A step forward to identify critical entities for key sectors*. Brussels: European Commission. Hämtat från https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_23_3992
- European Union Agency for Railways. (u.d.). *European Rail Traffic Management System (ERTMS)*. Hämtat från Europeiska Unionens webbplats: https://www.era.europa.eu/domains/infrastructure/european-rail-traffic-management-system-ertms_en
- Faramehr, S. (2020). *Investigating dependencies between railway systems and other infrastructure systems: using a scenario-based case study approach*. Doktorsavhandling, University College London, Department of Civil, Environmental and Geomatic Engineering, London. Hämtat från <https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/10098193/1/SamaneFaramehrThesis.pdf>
- Ferranti, E. J., Quinn, A. D., & Jaroszweski, D. J. (2022). Rail resilience to climate change: Embedding climate adaptation within railway operations. i R. Calçada, & S. Kaewunruen, *Rail Infrastructure Resilience: A Best-Practices Handbook* (ss. 37 - 64). Cambridge: Woodhead Publishing.
- Fransson, E. (2023). *Kartläggning och analys av Skånes elförsörjning - Nationella risker och sårbarheter för leveranssäkerheten*. Civilingenjör Examensarbete, Lunds Tekniska Högskola, Avdelningen för Riskhantering och Samhällssäkerhet, Lund. Hämtat från <https://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordId=9111550&fileId=9111788>
- Gelin, L., & Larsson, C. (den 11 augusti 2023). *Skredvarning mellan Norrköping och Kolmården orsakade nytt tågstopp*. Hämtat från SVT Nyheter: <https://www.svt.se/nyheter/lokalt/ost/nytt-stopp-i-tagtrafiken-efter-skredvarning-mellan-norrkoping-och-kolmarden>
- Gill, P., Stewart, K., Treasure, E., & Chadwick, B. (2008). Methods of data collection in qualitative research: interviews and focus groups. *British Dental Journal*, 291 - 295.
- Höök, P. (den 9 mars 2021). *Underhållsskulden till järnvägen växer*. Hämtat från [jarnvagsnyheter.se](https://www.jarnvagsnyheter.se): <https://www.jarnvagsnyheter.se/20210309/11598/underhallsskulden-till-jarnvagen-vaxer-den-1-september-2023>
- HS2. (2021). *Climate Change Adaptation and Resilience: Adaptation Reporting Power (ARP) Report*. Birmingham: High Speed Two (HS2) Limited. Hämtat från <https://assets.hs2.org.uk/wp-content/uploads/2022/01/HS2-Climate-Adaptation-ARP-Report.pdf>
- IPCC. (2022). *Climate Change 2022: Impact, Adaptation and Vulnerability*. Hämtat från IPCC's webbplats: https://report.ipcc.ch/ar6/wg2/IPCC_AR6_WGII_FullReport.pdf
- Johnson, T. (den 8 november 2023). *Disappointment at slow implementation of Great British Railways as King's Speech confirms 'draft' Rail Reform Bill*. Hämtat från New Civil Engineer: <https://www.newcivilengineer.com/latest/industry-disappointed-with-slow-great-british-railways-implementation-as-kings-speech-only-brings-forward-draft-rail-reform-bill-08-11-2023/>
- Kåregård, A., Malmström, E., Lanka, J., Nordefors, R., & Hallberg, K. (den 05 maj 2023). *Öresundsmetron - kapacitet och redundans i järnvägssystemet*. Hämtat från Öresundsmetrons webbplats:

- https://oresundsmetro.com/files/media/document/Rapport-Oresundsmetro-%20Kapacitet%20och%20reduktions%20i%20jarnvagssystemet_230505.pdf
- Karlsson, M. (2017). *Handbok - Riskanalys vald järnvägssträcka*. Borlänge: Trafikverket. Hämtat från <https://trafikverket.diva-portal.org/smash/get/diva2:1375584/FULLTEXT01.pdf>
- Liljegren, E. (2017). *Trafikverkets strategi för klimatanpassning*. Borlänge: Trafikverket. Hämtat från <https://trafikverket.diva-portal.org/smash/get/diva2:1364651/FULLTEXT01.pdf>
- Liljegren, E. (2018). *Regeringsuppdrag om Trafikverkets klimatanpassningsarbete*. Borlänge: Trafikverket. Hämtat från <http://trafikverket.diva-portal.org/smash/get/diva2:1364649/FULLTEXT01.pdf>
- Ling, X., Peng, Y., Sun, S., Li, P., & Wang, P. (2018). Uncovering correlation between train delay and train exposure to bad weather. *Physica*, 1152 - 1159.
- Lundkvist, M. (2020). *Trafikverkets myndighetsmål och handlingsplan för klimatanpassning 2020-2022*. Borlänge: Trafikverket.
- Lundström, F., Söderström, U., Backman, M., & Mattisson, J. (2023). *Järnvägens kapacitetsutnyttjande 2022*. Borlänge: Trafikverket. Hämtat från <http://trafikverket.diva-portal.org/smash/get/diva2:1734939/FULLTEXT02.pdf>
- Mejern Larsson, L., Ottoson, E., Ståhl, J., Svensson Smith, K., Åkesson, A., Wallrup, E., . . . Halef, R. (2018). *Järnvägstunnlar och skogsbilvägar - en uppföljning av klimatanpassningsåtgärder för infrastruktur*. Stockholm: Riksdagstryckeriet. Hämtat från <https://data.riksdagen.se/fil/6EDE1B41-F7A7-458E-8E42-B3CB2F900B37>
- Nasr, A. (2022). *Risk Assessment of Climate Change Impacts to Built Infrastructure*. PhD Thesis, Lund University, Department of Building and Environmental Technology, Lund.
- Naturvårdsverket. (u.d.). *Vad är klimatanpassning?* Hämtat från Naturvårdsverkets hemsida: <https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/klimatomställningen/det-globala-klimatarbetet/parisavtalet/vad-ar-klimatanpassning/>
- Network Rail. (2021). *Network Rail Third Adaptation Report*. London. Hämtat från <https://www.networkrail.co.uk/wp-content/uploads/2022/01/Network-Rail-Third-Adaptation-Report-December-2021.pdf>
- Ochsner, M., & Palmqvist, C.-W. (2022). Weather and Train Disruptions in Sweden, 2011 - 2019. *Computers in Railways XVIII (COMPRAIL)* (ss. 113 - 120). Valencia: WIT Press. doi:10.2495/CR220101
- Olsson, O. (den 23 augusti 2023). *Tåg spårade ur utanför Hudiksvall - banvallen rasade av regnet*. Hämtat från SVT Nyheter: <https://www.svt.se/nyheter/lokalt/gavleborg/tvalindrigt-skadade-tag-sparade-ur-utanfor-hudiksvall--n3o3kp>
- Palin, E. J., Oslakovic, I. S., Gavin, K., & Quinn, A. (2021). Implications of climate change for railway infrastructure. *WIREs Climate Change*. doi:<https://doi.org/10.1002/wcc.728>
- Quinn, A., Jack, A., Hodgkinson, S., Ferranti, E., Beckford, J., & Dora, J. (2017). *Rail Adapt - Adapting the railway for the future*. Paris: International Union of Railways. Hämtat från https://uic.org/IMG/pdf/railadapt_final_report.pdf

- Regeringskansliet. (den 23 december 2022). *Regeringen lägger om växlarna för järnvägsinfrastrukturen*. Hämtat från Regeringskansliets webbplats: <https://www.regeringen.se/pressmeddelanden/2022/12/regeringen-lagger-om-vaxlarna-for-jarnvagsinfrastrukturen/>
- Regeringskansliet. (den 23 augusti 2023). *Regeringen tar nästa steg för att stärka järnvägens punktlighet och tillförlitlighet*. Hämtat från Regeringskansliets webbplats: <https://www.regeringen.se/pressmeddelanden/2023/08/regeringen-tar-nasta-steg-for-att-starka-jarnvagens-punktlighe-och-tillforlitlighet/>
- Rinaldi, S. M., Peerenboom, J. P., & Kelly, T. K. (2001). Identifying, Understanding, and Analyzing Critical Infrastructure Interdependencies. *IEEE Control Systems Magazine*, 11 - 25.
- Ritchie, H. (den 30 augusti 2023). *Which form of transport has the smallest carbon footprint?* Hämtat från Our World in Data: <https://ourworldindata.org/travel-carbon-footprint>
- Rodrigue, J.-P. (2020). *The Geography of Transport Systems* (Fifth uppl.). New York: Routledge. Hämtat från The Geography of Transport Systems: <https://transportgeography.org/contents/chapter9/transportation-and-disasters/> den 1 september 2023
- Schipper, E. L. (2020). Maladaptation: When Adaptation to Climate Change Goes Very Wrong. *Primer*, 409 - 414.
- Schultze, L., Keskitalo, C., Bohman, I., Johannesson, R., Kjellström, E., Larsson, H., . . . Vulturius, G. (2022). *Första rapporten från Nationella expertrådet för klimatanpassning*. Stockholm: Nationella rådet för klimatanpassning.
- SFS 2018:1428. (u.d.). Förordning om myndigheters klimatanpassningsarbete. Hämtat från https://www.riksdagen.se/sv/dokument-och-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/forordning-20181428-om-myndigheters_sfs-2018-1428/
- SGI och MSB. (2021). *Riskområden för ras, skred, erosion och översvämning. Redovisning av regeringsuppdrag enligt regeringsbeslut M2019/0124/KI*. Linköping & Karlstad: Statens geotekniska institut, SGI & Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, MSB.
- SMHI. (den 22 juni 2023). *Extremt väder*. Hämtat från SMHIs webbplats: <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat/extremer/extremt-vader-1.5779>
- SMHI. (u.d.). *Fördjupad klimatscenariotjänst*. Hämtat från SMHIs webbplats: <https://www.smhi.se/klimat/framtidens-klimat/fordjupade-klimatscenarier/met/sverige/medeltemperatur/rcp45/2071-2100/year/anom>
- SOU 2007:60. (2007). *Sverige inför klimatförändringarna - hot och möjligheter*. doi:<https://www.regeringen.se/contentassets/94b5ab7c66604cd0b8842fd6510b42c9/sverige-infor-klimatforandringarna---hot-och-mojligheter-kapitel-4-sou-200760/>
- Stenberg, C.-A. (2007). *Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen - Bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods*. Malmö: Länsstyrelsen i Skåne Län. Hämtat från https://catalog.lansstyrelsen.se/store/18/resource/2007__51
- Strandberg, G. (2020). *Säkert och osäkert i klimatscenerierna*. Karlstad: MSB. Hämtat från <https://rib.msb.se/filer/pdf/29466.pdf>

- Svenska Institutet för Standarder. (2019). Anpassning till klimatförändringar - Principer, krav och riktlinjer. (*ISO 14090:2019*). Hämtat från https://www.sis.se/produkter/miljo-och-halsoskydd-sakerhet/miljoskydd/nedsmutsning-regler-och-skydd/ss-en-iso-1409020192/?_t_id=TnV-dwNNRI-e1IVzsEHFFw&_t_q=14090&_t_hit.id=SIS_se_site_Features_Product_Catalogs_StandardProduct/CatalogContent_c6a169dc-bd41-
- Svensson, I. (2021). *Handlingsplan för Transportstyrelsens arbete med klimatanpassning*. Örebro: Transportstyrelsen. Hämtat från https://www.transportstyrelsen.se/globalassets/global/om_oss/vart-uppdrag-och-arbetssatt/klimatanpassning/handlingsplan-for-transportstyrelsens-arbete-med-klimatanpassning.pdf
- Sweco. (2017). *Miljökonsekvensbeskrivning Samrådshandling Lund-Flackarp, fyra spår*. Borlänge: Trafikverket. Hämtat från <https://bransch.trafikverket.se/contentassets/73725a114664406182a3b282bd419711/lu-flp-mkb-2017-12-06.pdf>
- Tellerup, F. (u.d.). *Kort svensk järnvägshistoria*. Hämtat från www.jarnvag.net/banguide/historia den 1 september 2023
- Tervo, J., Hansson, A., & Trlicik, J. (2023). *Trafikverkets genomförandeplan för åren 2023 - 2028*. Borlänge: Trafikverket. Hämtat från <http://trafikverket.diva-portal.org/smash/get/diva2:1742940/FULLTEXT01.pdf>
- Trafikverket. (den 10 december 2021). *Fyrstegsprincipen*. Hämtat från Trafikverkets branschwebb: <https://bransch.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/Planera-och-utreda/Planerings--och-analysmetoder/fyrstegsprincipen/>
- Trafikverket. (den 11 08 2022). *Om ERTMS*. Hämtat från Trafikverkets branschwebb: <https://bransch.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/teknik/ertms--nytt-signalsystem/om-ertms-ny/>
- Trafikverket. (den 16 januari 2023a). *Vår verksamhet, vision och uppdrag*. Hämtat från Trafikverkets webbplats: <https://www.trafikverket.se/om-oss/var-verksamhet-vision-och-uppdrag/>
- Trafikverket. (den 28 augusti 2023b). *Fyrspåret Malmö-Lund*. Hämtat från Trafikverkets webbplats: <https://www.trafikverket.se/vara-projekt/projekt-i-skane-lan/fyrsparet-malmo-lund/>
- Transportstyrelsen. (den 29 augusti 2023). *Om Transportstyrelsen*. Hämtat från Transportstyrelsens webbplats: <https://www.transportstyrelsen.se/sv/Om-transportstyrelsen/>
- Trupina Dreven, M. (2023). *Prognos för persontrafiken 2040 - Trafikverkets Basprognoser 2023-04-01*. Borlänge: Trafikverket.
- Tyréns AB. (2014). *Miljökonsekvensbeskrivning, Flackarp - Arlöv, fyra spår*. Borlänge: Trafikverket. Hämtat från <https://bransch.trafikverket.se/contentassets/449e349b1ae34e3fa089f0b376b5cee5/miljokonsekvensbeskrivning.pdf>
- UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change). (u.d.). *The Paris Agreement*. Hämtat från UNFCCC's webbplats: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement>

- Wang, T., Qu, Z., Yang, Z., Nichol, T., Dimitriu, D., Clarke, G., . . . Taewoo Lee, P. (2020). Impact analysis of climate change on rail system for adaptation planning: A UK case. *Transportation Research*.
- Wedin, M., Nilsson, S., Backman, M., Lennefors, L., Darelid, M., Söderberg, K., & Schaar, F. (2023). *Kapacitetshöjande åtgärder i järnvägssystemet i Skåne*. Borlänge: Trafikverket. Hämtat från <https://trafikverket.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A1773263&dswid=-7915>
- Wessberg, H., Håkansson Boman, C., Andersson, L., Bauducco, R., Eriksson, S.-Å., Garnert, Å., . . . Römpötti, M. (2017). *Slutrapport från Sverigeförhandlingen: Infrastruktur och bostäder - Ett gemensamt samhällsbyggande*. Stockholm: Statens Offentliga Utredningar.
- Westin, P.-E. (2021). *Förslag till nationell plan för transportinfrastrukturen 2022 - 2033*. Borlänge: Trafikverket. Hämtat från <http://trafikverket.diva-portal.org/smash/get/diva2:1615267/FULLTEXT02.pdf>
- WSP. (2020). *Miljökonsekvensbeskrivning Norrbottniabanan, Gryssjön-Robertsfors*. Borlänge: Trafikverket. Hämtat från <https://bransch.trafikverket.se/contentassets/27143afcbe2c4a43a4e2ada8e398e29b/granskningshandling-29-mars-4-maj/miljokonsekvensbeskrivning20jp03.pdf>

Appendix A. Ställda intervjufrågor

Som en del av de intervjustudier som delar av arbetet baserats på ställdes nedan intervjufrågor till de tillfrågade kandidaterna. Ett par frågor var centrala för examensarbetet och ställdes till samtliga intervjuade, medan andra var mer riktade beroende på vilken organisation och inriktning den intervjuade kom ifrån. Urvalet av personer att intervjuas syftade till att täcka in breda perspektiv på klimatanpassning från ett forsknings (LTH), praktiskt (TRV) och ett internationellt perspektiv (HS2). De gemensamma frågorna är som följer (för intervjukandidaten från HS2 översattes de naturligtvis till engelska):

- Tror du att klimatförändringarna kommer påverka järnvägstrafikens tillförlitlighet och i så fall hur?
- Vad ser du som den största utmaningen med att klimatanpassa järnvägen?
- Vad tror du är järnvägens roll i framtida persontransporter?

Forskare på Lunds tekniska högskola

Följande frågor ställdes till Carl-William Palmqvist, biträdande universitetslektor på institutionen för Trafik och väg på LTH, i en inspelad onlineintervju över programvaran Microsoft Teams den 27-10-2023.

- Varför är det viktigt med klimatanpassning?
- Vilka typer av händelser ser ni som de mest sannolika eller vanliga som stör järnvägstrafiken?
- Vad kan man göra för tekniska eller byggda lösningar mot organisatoriska (t.ex. ställa in tåg)?
- Hur skulle du säga Sveriges järnvägar ligger till, har vi stora sårbarheter och bygger man tillräckligt bra när man projekterar nytt?
- Vad skulle du säga är guldstandarden för klimatresilienta järnvägar? Var byggs dom och är det något särskilt som de gör som vi kan lära oss av?
- Med teknisk utveckling, till exempel införandet av ERTMS, hur tror du att det kommer påverka resandet och punktligheten på järnvägen, och fortplanteringen av störningar?
- Hur kommer troligt nyttjandet av persontrafik komma att förändras i framtiden utifrån resandetrender?

Kontakt på Trafikverket

Följande frågor ställdes till en kontakt på Trafikverket, som inte gett medgivande att få sitt namn publicerat. Personen i fråga arbetar med klimatanpassningsfrågor på myndigheten. Tyvärr gick det inte att arrangera en intervju, så svaren erhöles i skriftlig form över e-post den 23-10-2023.

- Tror du att klimatförändringarna kommer påverka järnvägstrafikens tillförlitlighet och i så fall hur?
- Vad ser du som den största utmaningen med att klimatanpassa järnvägen?
- Vad tror du är järnvägens roll i framtida persontransporter?
- Vilka typer av händelser ser ni som de mest sannolika eller vanliga som stör järnvägstrafiken?
- Ser du att väderhändelser är ett stort hot mot järnvägens tillförlitlighet?
 - Ser det att den hotbilden kommer öka?
 - Analyserar Trafikverket hur väderhändelser kan påverka järnvägens olika delar?
- Vad kan man göra för tekniska eller byggda lösningar mot organisatoriska (t.ex. ställa in tåg)?
- Varför är det viktigt med klimatanpassning?
- Hur skulle du säga Sveriges järnvägar ligger till, har vi stora sårbarheter och bygger man tillräckligt bra när man projekterar nytt?
- Vad skulle du säga är guldstandarden för klimatrelienta järnvägar? Var byggs dom och är det något särskilt som de gör som vi kan lära oss av?
 - Hur prioriterar Trafikverket sina klimatanpassningsstrategier?
 - Sätts förutsättningarna på projektnivå eller finns en nationell strategi?
 - Finns systematiska frameworks så att arbetet görs likadant på projektnivå eller varierar det? Från vad jag kan läsa mig till finns det inga supertydliga nationella mål för klimatanpassning av järnvägen, vad beror det på? Anser ni att trafikverket ska eller kan göra mer?

Vilka utmaningar ser ni med att arbeta effektivt med klimatanpassning av järnväg i Sverige?

Kontakt på HS2

Utöver de allmänna frågorna som ställdes till alla respondenter ställdes följande frågor i intervju med en kontakt på HS2, som önskat att inte få sitt namn publicerat. Personen i fråga arbetar med frågor kopplat till klimatförändringar och klimatanpassning i projektet. Intervjun skedde över programvaran Teams den 06-11-2023, men det fanns tyvärr inte möjlighet att spela in och spara utifrån företagets kommunikationspolicy. Noggranna anteckningar togs dock under intervjuens gång.

- HS2 is quite unique in its design, needing to be very straight and without rapid elevation change. Therefore the railway is being constructed on pillars and in tunnels. Do you consider this to be beneficial or detrimental to the work of climate adaptation?
- As an entirely new and rather controversial construction, in what ways would you say HS2 faces stricter scrutiny and higher standards for climate adaptation?
- What kinds of climate change related events do you see as the biggest threat to HS2 when its running?
- Would you consider HS2 to be more or less resilient to climate events than conventional railways and in what way?
- What would you say is the biggest challenge in climate adapting HS2?
- What would you say are the most significant adaptation measures you have taken?
- Are there any measures you wish could be taken that were ruled impossible, unimportant or otherwise unlikely?